БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

ФАКУЛЬТЕТ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

МАТЕРИАЛЫ

61-Й НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
АСПИРАНТОВ, МАГИСТРАНТОВ И СТУДЕНТОВ БГУИР

МИНСК 2025

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерного проектирования

Материалы 61-й научной конференции аспирантов,
магистрантов и студентов БГУИР

по направлению

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

(Республика Беларусь, г. Минск, 21–25 апреля 2025 года)

Научное электронное издание

Минск БГУИР 2025

ISBN 978-985-543-817-6

© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2025

УДК 621.38

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

Д. В. Лихачевский – декан факультета компьютерного проектирования, кандидат технических наук, доцент

Заместитель главного редактора:

Г. А. Пискун – заместитель декана факультета компьютерного проектирования, кандидат технических наук, доцент

Члены редколлегии:

В. Ф. Алексеев – доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем, кандидат технических наук, доцент;

Т. В. Казак – заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики, доктор психологических наук, профессор;

В. Л. Ланин – профессор кафедры электронной техники и технологии, доктор технических наук, профессор;

В. Е. Матюшков – начальник центра научно-технических программ и научной работы ОАО «Планар», доктор технических наук, профессор;

А. Н. Петлицкий – директор государственного центра «Белмикроанализ» научно-технического центра «Белмикросистемы» ОАО «ИНТЕГРАЛ», кандидат физико-математических наук.

Опубликованы материалы докладов, представленных на 61-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР по направлению «Электронные системы и технологии». Авторами рассматриваются вопросы имитационного моделирования, численных методов, новых информационных технологий в образовании, радиоэлектронике, телекоммуникациях, вычислительных сетях, а также возможности современных систем автоматизированного проектирования.

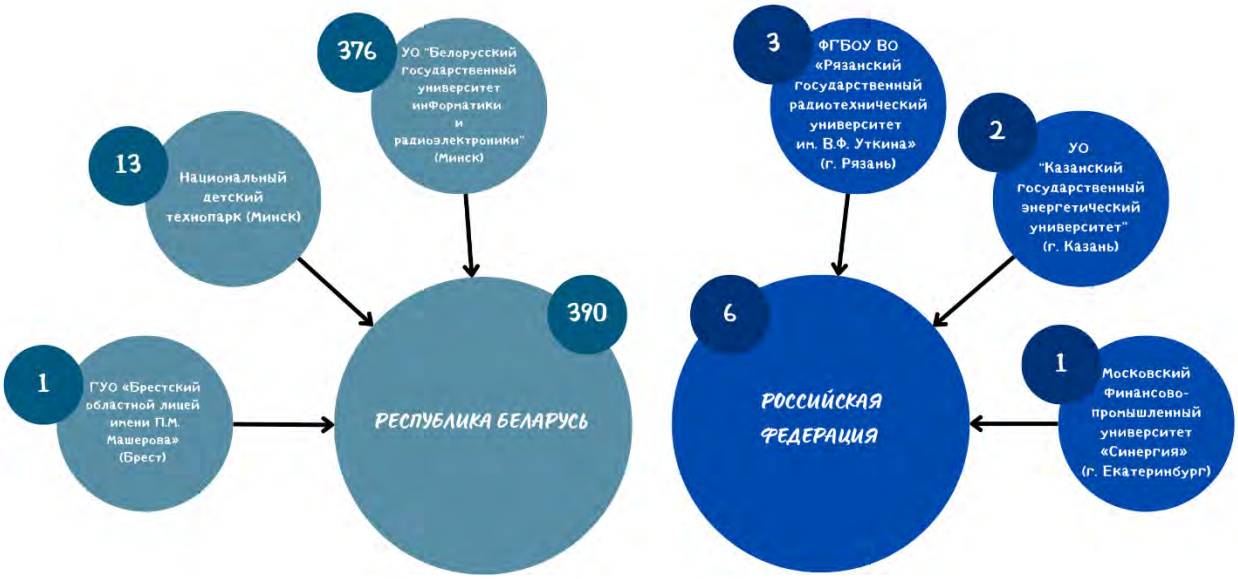
Материалы одобрены оргкомитетом и публикуются с учетом того, что авторская позиция и стилистические особенности публикаций полностью сохранены при соблюдении требований к оформлению.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов в области электронных систем и технологий, а также будет полезен научным и инженерно-техническим работникам, преподавателям, аспирантам, магистрантам и студентам технических вузов.

Системные требования: Adobe Acrobat Reader.
URL: https://www.bsuir.by/ru/fkp/sntk (дата размещения на сайте: 13.05.2025).
URL: https://libeldoc.bsuir.by/handle/ (дата размещения на сайте: 13.05.2025).

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2025

УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ, ПРИНЯВШИЕ УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИИ

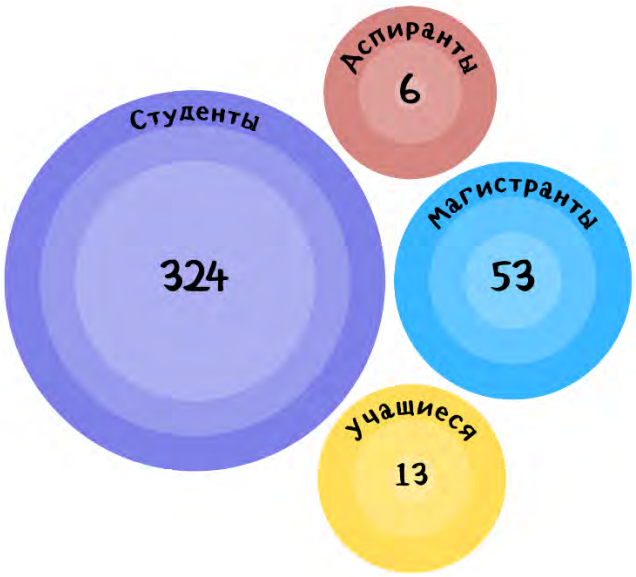


УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ (ПО СЕКЦИЯМ)

УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ ПО КАФЕДРАМ БГУИР

НАУЧНЫЕ РУКОВОДИТЕЛИ

УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ



СЕКЦИЯ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ»

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ
Морозова А.Н., Дударев М.Ю., Калита Е.В. 45

ПЕРСПЕКТИВЫ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кот Я.А. 48

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
Швед Е.Д. 51

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ КАФЕ-КОНДИТЕРСКОЙ
Бычек Е.Н. 54

АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ЗАЯВКАМИ И ИНЦИДЕНТАМИ С IT-ОБОРУДОВАНИЕМ КОМПАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНЦИПА *DDD*
Лесак П.С. 57

FROM WORDS TO VECTORS: TEXT VECTORIZATION TECHNIQUES IN NATURAL LANGUAGE PROCESSING
Krez K.S. 60

GPS-ТРЕКЕРЫ И СИСТЕМЫ МЕСТОПОЛОЖЕНИЙ
Новиков А.В., Мозоль Н.С. 63

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ФОТОШАБЛОНОВ
Тумилович В.В. 66

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЛОКЧЕЙНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ В УПРАВЛЕНИИ ЦЕПОЧКАМИ ПОСТАВОК
Логвинович М.В., Крупенич Е.Г. 70

МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ПРОЦЕСС ЕЕ ИНТЕГРАЦИИ С ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ
Михальков М.Д. 72

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
Швед Е.Д. 76

РЕАЛИЗАЦИЯ МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЫ В УПРАВЛЕНИИ КУРЬЕРСКОЙ СЛУЖБОЙ ДОСТАВКИ
Корделюк Е.В. 78

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ
Крючков Н.К. 80

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОКАТА АВТОМОБИЛЕЙ С ФОРМИРОВАНИЕМ АНАЛИТИКИ
Полуян А.И. 85

АНАЛИЗ ЦВЕТОВОЙ ПАЛИТРЫ РОМАНА Л.Н. ТОЛСТОГО «ВОЙНА И МИР» ПОСРЕДСТВОМ БИБЛИОТЕК ЯЗЫКА PYTHON
Зинковская Е.В., Косович П.В. 88

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
Моховикова Е.А. 91

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЧАСТОТНОСТИ СЛОВ И СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФРАНЦУЗСКОГО И ИСПАНСКОГО ЯЗЫКОВ С ПОМОЩЬЮ *PYTHON*
Ахрамович С.П., Сердюк К.В, Предченко В.М. 94

ПРИМЕНЕНИЕ BIG DATA В ПРОЕКТИРОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ
Стрельцов А.Д., Шамаль В.Н. 97

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЁЖНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ПО ЗНАЧЕНИЯМ ИХ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
Грачёва А.А. 102

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КЛАССА НАДЁЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ МЕТОДОМ ПОРОГОВОЙ ЛОГИКИ
Коляда Е.В. 105

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛОДЕТЕКТОРОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНОГО АРИФМЕТИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА
Денскевич А.Д., Зубрицкий Е.Д., Прорашнева А.Л. 109

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕЛИНЕЙНЫХ ЛОКАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА
Денскевич А.Д., Зубрицкий Е.Д., Прорашнева А.Л. 112

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ГЕМАТОЛОГИИ
Славинский Г.А. 115

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ ПРИВЛЕЧЕНИЯ КЛИЕНТОВ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
Ахриева М.Р. 120

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВЛАДЕЛЬЦЕВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕТА ПАРКОВОЧНЫХ ТРАНЗАКЦИЙ
Куркина М.С., Графкина К.В., Попова А.С. 125

АНТИДЕТЕКТ-БРАУЗЕР ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ *FINGERPRINTS*
Телипко Д.А. 129

ПРОГРАММНАЯ ПОДДЕРЖКА ПОИСКА ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ: ВКЛАД В РАЗВИТИЕ «ЗЕЛЕНОЙ» ЭКОНОМИКИ
Ахриева.М.Р. 135

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ
Бавбель Е.И. 140

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ БПЛА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МИССИЙ НАБЛЮДЕНИЯ
Бавбель Е.И. 145

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЁЖНОСТИ ПО ПОСТЕПЕННЫМ ОТКАЗАМ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
Говса М.В. 149

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗАСЕЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ В ОБЩЕЖИТИЯ УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
Матрашило А.В. 152

МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ПРОЦЕСС ЕЕ ИНТЕГРАЦИИ С ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ
Михальков М.Д. 155

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЗА ЭНЕРГООБЪЕКТАМИ В *SCADA*
Микулич А.В. 159

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ
Русак И.В. 162

ТЕПЛОВОЙ И ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ АДАПТЕРА ДЛЯ МИКРОПРОГРАММИРОВАНИЯ
Сенько Е.В., Кравцов П.А., Трифонова А.Ю. 165

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПУЛЬСОКСИМЕТР ДЛЯ МОНИТОРИНГА КИСЛОРОДНОГО НАСЫЩЕНИЯ
Свиржевский И.В. 168

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНЫХ НАРАБОТОК
Жук Е.В. 171

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ
Гришечкин Е.Д. 175

ИССЛЕДОВАНИЕ *API GOOGLE CLOUD SPEECH-TO-TEXT* И *YANDEX SPEECHKIT* ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПОД ОПЕРАЦИОННУЮ СИСТЕМУ *ANDROID*
Силенкова Д.С., Зацепина М.И. 178

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТОПОЛОГИИ СЕТИ
Котько Е.Н. 181

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА УСИЛИТЕЛЯ НИЗКИХ ЧАСТОТ КЛАССА *D*
Павловская Е.А., Корсак Е.В. 186

АНАЛИЗ ФРАНЦУЗСКОГО ЯЗЫКА С ПОМОЩЬЮ *PYTHON*
Ахрамович С.П., Сердюк К.В, Предченко В.М. 189

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНОВОК ЭЛЕМЕНТОВ
Жевнов И.В., Рагиня Г.В., Зубарь. Д.С. 192

ПРЕИМУЩЕСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИЕМНОЙ КОМПАНИИ ВЫСШИХ И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ 1С
*Ершов Д.Г., Войтех*ович. *Д.К.* 196

АЛГОРИТМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СРЕДЕ *EXIGNER*
Пономарев И.А...... 200

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ»

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛЁНОК ОКСИДА ЦИНКА ИОННО-ЛУЧЕВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ ОКСИДНОЙ И МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МИШЕНЕЙ
Потылкин А.Н. 205

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И УТИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ
Андриенко И.М. 209

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОДНОКАНАЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТОКА
Васильева А.А. 213

ПОРТАТИВНЫЙ ХОЛТЕР С ПЯТЬЮ ОТВЕДЕНИЯМИ И ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ ПО *WI-FI*
Лотенкова Е.С. 216

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЕМ В АВТОМОБИЛЯХ *GEELY*
Гаевский Н.В., Калиновская А.А 219

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ
Сидоров С.И. 223

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ ЛИНИИ
Мышковский М.О. 225

СИСТЕМА ДЛЯ ВЫЗОВА ПАЦИЕНТОВ ВО ВРАЧЕБНЫЕ И ПРОЦЕДУРНЫЕ КАБИНЕТЫ
Дах А.О. 228

ПОРТАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ КРОВОТОКА
Захарова Е.А. 231

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАЯЛЬНЫХ ПАСТ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ
Ковалёв Д.Ю., Слижёва А.В. 234

РАЗРАБОТКА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ
Ярош Е.Б. 237

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ ЕЕ ОБРАБОТКИ
Асиненко А. М. 240

ОБЗОР БЕСПРОВОДНЫХ ПОРТАТИВНЫХ СПИРОМЕТРОВ НА МИРОВОМ РЫНКЕ
Кулеш Р.А. 244

МЕТЕОСТАНЦИЯ ПОРТАТИВНАЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА *ATMEGA*328/P
Козлов И.Н. 248

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СПИРОМЕТРОВ
Бурачевский А.И. 251

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТКАНИ ЧЕЛОВЕКА
Лукащук В.С. Новицкая А.Е. 255

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОККЛЮЗИОННЫХ ШИН У СПОРТСМЕНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТА *T-SCAN*
Грибко А.С., Бондарь В.Г., Бредихина Д.А. 257

МОДЕЛЬ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА
Голубович А. Н. 262

РАЗРАБОТКА СТАЦИОНАРНОГО ДВЕНАДЦАТИКАНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА
Пиньковская Д.И. 265

ПОЛУЧЕНИЕ 3*D*-МОДЕЛИ СРЕДНЕГО УХА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ
Друц Э.В., Смольская Т.С. 268

ВЛИЯНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА НА КОНТАКТНОЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ И ПАЯЕМОСТЬ ПОКРЫТИЙ СПЛАВОМ ОЛОВО-МЕДЬ-УЛЬТРАДИСПЕРСНЫЙ АЛМАЗ
Гульпа Д.Ю., Ордо С.В. 271

РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОГО УСТРОЙСТВА СВЯЗИ НА КОРОТКИЕ ДИСТАНЦИИ
Марченко Т. В. 274

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛОТНОСТИ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЫ В ОБЪЁМЕ СВЧ ПЛАЗМОТРОНА РЕЗОНАТОРНОГО ТИПА
Барковская К.Н. 277

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ
Тапунов И.В. 282

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ СТЕРИЛИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКОГО ИНСТРУМЕНТА
Шебеко В.П. 285

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КВАРЦЕВОЙ КАМЕРЫ В ОБЪЁМЕ ПРИЗМАТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ
Барковская К.Н. 287

СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФЫ, ПРОИЗВОДИМЫЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ
Ажар И.Ю. 292

МЕТОДИКА СБОРА ДАННЫХ О ПОВЕДЕНИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ
Елец Н.М. 296

ТЕХНОЛОГИЯ АТОМНО-СЛОЕВОГО ОСАЖДЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАНОСТРУКТУР
Герасимчук С.Н., Афанасьев А.А., Сухоцкий М.С. 300

БИОНИЧЕСКИЙ ГЛАЗ НА ОСНОВЕ ИОНОГЕЛЕВЫХ И ПЕРОВСКИТНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ
Крымская П.А., Ордо С.В. 303

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОККЛЮЗИОННЫХ ШИН, НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ И АППАРАТА *T-SCAN*
Бондарь В.Г., Грибко А.С., Бредихина Д.А. 307

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ АСПЕКТОВ ПРИМЕНЕНИЯ «*BIG DATA*» В ЗДРАВООХРАНЕНИИ
Смирнов П.О; Максимов Е.Д; Ламака Е.А 311

БЛОК АВТОМАТИЧЕСКОЙ КООРДИНАЦИИ ОКОННЫХ ЖАЛЮЗИЙНЫХ МЕХАНИЗМОВ
Кормилец С.Т. 313

ЭЛЕКТРОННЫЙ МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ 3*D*-ПРИНТЕРОМ
Соколова Д.А. 315

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ МОДУЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ
Миклашевич Е. А. 318

МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ
Павлова А.А. 321

СИНТЕЗ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ Cu2CoSnS4 И ИХ СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА
Лоско Е.В., Мизеркин Н.П. 324

МОДУЛЬ ЭЛЕКТРОННОГО ЛИФТОВОГО ТАБЛО
Винник К.В. 328

МЕТОДИКА СИНХРОННОЙ РЕГИСТРАЦИИ И ФИЛЬТРАЦИИ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВЫХ МЫШЦ И ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ДВИЖЕНИИ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА
Панкевич Р.И. 331

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛОГОПЕДИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ
Митюля Е.С. 335

НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ ТИТАНА И МОЛИБДЕНА ПРЯМЫМ ОСАЖДЕНИЕМ ИЗ ИОННОГО ПУЧКА
Перепечко Е.Ю., Гутенко Н.Д. 338

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДБОРА ТИТАНОВОГО ПРОТЕЗА СЛУХОВЫХ КОСТОЧЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ
Смольская Т.С., Друц Э.В. 341

СИНТЕЗ ФТОРУГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ИОННОГО ПУЧКА
Ракицкий А.А. 344

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДЛОЖКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ФТОРУГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРЯМЫМ ОСАЖДЕНИЕМ ИЗ ИОННЫХ ПУЧКОВ
Шевчик Е.В., Курбако Е.Г. 346

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОГРАММАТОРОВ ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC
Лаврухин В.А. 349

ПОКАЗАТЕЛИ ТРЕВОЖНОСТИ НА ЭЭГ И ЭМГ
Засинец Ю.А., Хуцишвили В.А. 352

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ МЫЩЕЛКА ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА ПО ДАННЫМ КЛКТ
Крисько М.Д. 355

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ ДВУХСЛОЙНОГО ОПТИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ AL_2O_3/MGF_2 МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
Макарцов И.О., Ходяков И.В. 358

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОПУЗЫРЬКОВОЙ КАВИТАЦИИ
Курлюк Е.А., Олешук И.Е., Перхунова А.Ю. 362

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ, КОГНИТИВНАЯ ЭРГОНОМИКА, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ЦЕНТРА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ И МОЛОДЕЖИ Г. МИНСКА
Русакова В.О. 367

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОДБОРА КНИГ С *AR*-ВОЗМОЖНОСТЯМИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Лемешевская Д.И. 370

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА CI/CD ДЛЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ И МОНИТОРИНГА МИКРОСЕРВИСОВ
Валаханович В.А. 373

ВЕБ-РЕСУРС ПО ИЗУЧЕНИЮ *DATA SCIENCE* И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Воронова К.Н. 375

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОДЫ ПОСРЕДСТВОМ ВВЕДЕНИЯ ЦВЕТНЫХ ГЕКСАГОНОВ НА КАРТЕ ГОРОДА МИНСКА
Пантус Р.В. 378

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ЭКИПАЖЕЙ КОММЕРЧЕСКИХ АВИАПЕРЕЛЕТОВ
Хаджинова К.А. 380

ИНСТРУМЕНТЫ ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА В РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ КОМПАНИЙ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ
Курлович М.Н. 384

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В *ANDROID*-ПРИЛОЖЕНИИ МУЗЫКАЛЬНОГО РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОГО СЕРВИСА
Долгая В.В. 389

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ БГУИР
Гимпель А.С. 393

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ТРАНСКРИБИРОВАНИЯ АУДИОФАЙЛОВ В МУЗЫКАЛЬНУЮ НОТАЦИЮ НА БАЗЕ *SPRING FRAMEWORK* И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Красильникова В.В. 396

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРАКТИЧЕСКОГО МАСТЕРСТВА В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Кучмель Д.Д. 399

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ КОММУНИКАЦИИ С ДЕТЬМИ С АУТИЗМОМ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Падунович М.В. 402

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕКОМЕНДАЦИЙ АНИМЕ НА ОСНОВЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Самусенко Е.Б. 406

ПРЕПРОЦЕССИНГ ИЗОБРАЖЕНИЙ В АЛГОРИТМАХ РЕКОЛОРИЗАЦИИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С АХРОМАТОПСИЕЙ
Синицына В.В. 409

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА РЫНКА ТОКЕНИЗИРОВАННЫХ АКТИВОВ
Стрифель А.П. 412

ОПТИМИЗАЦИЯ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПЕДАГОГА В РАМКАХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЕТСКОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ АКАДЕМИИ
Сватко О.А. 415

НЕВИДИМЫЕ ВОЛНЫ, РЕАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ: МОБИЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ЗДОРОВЬЕ
Кондратенко Е.В., Шиш П.А. 419

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА БЕРЕМЕННОСТИ НА *KOTLIN*
Шандроха В.И. 423

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ КУЛИНАРНЫХ БЛОГОВ
Куликов М.А. 426

ВЕБ-РЕСУРС ПО УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ IT КОМПАНИИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
Ушакова П.И. 429

ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА БИБЛИОТЕКИ С АВТОМАТИЗАЦИЕЙ ПОСТРОЕНИЕ ПОДБОРА РЕКОМЕНДАЦИЙ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Бондаронок А.А. 432

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ДЛЯ АДАПТАЦИИ ТЕКСТА: ПОДДЕРЖКА СТУДЕНТОВ С ДИСЛЕКСИЕЙ И КОГНИТИВНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ
Нестерук А.В. 435

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВОДИТЕЛЕЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
Горбачик Н. С. 438

ЭРГОНОМИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА КОЛЛЕДЖА
Белоусова К.А. 440

ВЛИЯНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ
Богданова Ф.А., Кузьмичкина Д.А. 444

КОРПОРАТИВНЫЙ ПОРТАЛ ДЛЯ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Самусевич А.Г. 448

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРАХОВЫХ КОМПАНИЙ И МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ
Каменчук Е.Д. 451

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ
Колесник М.С. 453

ИНТЕРАКТИВНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ 3D-ПРЕЗЕНТАЦИИ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Филиппов К.Е. 455

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СРЕДА ДЛЯ ЖИЛЬЦОВ И СОТРУДНИКОВ ОБЩЕЖИТИЙ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
Готовко В.А. 458

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ БРОНИРОВАНИЯ КЛИЕНТСКОГО ВРЕМЕНИ СТУДИИ ЗВУКОЗАПИСИ
Прохоренко А.В. 461

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ РУКОЙ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Кондратюк М.М. 464

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ АВТОШКОЛ К ЭКЗАМЕНУ В ГАИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Дедов К.К. 467

ДЕСКТОПНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ПЛАНИРОВЩИК РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ»
Ладутько Я.Д. 469

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОИСКОМ И ПОДБОРОМ ПРИЮТОВ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Машков В.В. 471

АДАПТАЦИЯ МЕТОДИК ДИАГНОСТИКИ ВОСПРИЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ
Курганович Н.А. 473

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОИСКА ВАКАНСИЙ И ПОДБОРА ПЕРСОНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Войтович А.А. 476

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ «ПОДБОР ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ МОДДИНГА, ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ АКСЕССУАРАМИ И ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ» И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Горельский Д.С. 479

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ВЛАДЕЛЬЦЕВ СОБАК
Панченко К.И. 483

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ МЕСТНОСТИ
Щербаков Д.С. 486

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ
Русецкий Л.С. 490

СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Антонович А.В. 493

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ И АНАЛИЗА ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПРОСЛУШИВАНИЯ ТРЕКОВ *SPOTIFY API*
Бондаловский Р.С. 496

СИСТЕМА ОНЛАЙН-ЗАПИСИ НА ПРИЕМ И УПРАВЛЕНИЯ ВЫЗОВАМИ ВРАЧА НА ДОМ
Мороз Ю.С. 499

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ: ПОДДЕРЖАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ГИДРАТАЦИИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Терешкевич С.А..... 502

МОДУЛЬ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ
Хоменко М.А. 505

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО ОКАЗАНИЮ СОЦИАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ОБУЧАЮЩИМСЯ
Попова Е.С. 507

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА НА ПРЕДПРИЯТИИ
Остапенко А.И. 509

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
Русаков Е.Д. 511

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В ЦИФРОВОЙ КОММЕРЦИИ
Макеева Е.Н...... 513

ИНТЕРАКТИВНАЯ ОБУЧАЮЩАЯ ПЛАТФОРМА В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ
Виракоон Н.Ч...... 517

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ СИСТЕМЫ УМНОГО ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Турельский О.В. 520

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ГРУЗОВОГО ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ МАЗ
Берговин С. А., Кашляк В.А. 523

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ БГУИР И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Доровко Я.Н. 526

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОВМЕСТНЫХ ПУТЕШЕСТВИЙ ПО БЕЛАРУСИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Ковалевич А.Д. 529

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ АВТО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Малевич В.В. 531

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЕЙСТВИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ИГРАБЕЛЬНОЙ РЕКЛАМЕ
Мишота В.Г. 533

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ РАБОТ В ОБЩЕЖИТИИ БГУИР
Назарук К.Ю. 536

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ПРИМЕРКИ ОДЕЖДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ *AR*-ТЕХНОЛОГИЙ
Пальчевский М.Д., Заяц А.А., Лыфарь К.Р. 539

ИНТЕГРАЦИЯ НЕЙРОСЕТИ YOLO В СРЕДУ ВИРТУАЛЬНОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ
Слесарь А.Ю., Янцукевич А.В., Палитаева В.С. 542

СИСТЕМА ОТСЛЕЖИВАНИЯ, КОНТРОЛЯ И ДМИНИСТРИРОВАНИЯ ИГРОВЫХ СЕРВЕРОВ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Врацкий Н.А. 545

ВЕБ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ И РАЗВИТИЯ МУЗЫКАЛЬНОГО СЛУХА И КООРДИНАЦИИ У НАЧИНАЮЩИХ МУЗЫКАНТОВ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Белячевский М.С. 548

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ЦЕН НА НЕДВИЖИМОСТЬ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Леденев В.С. 551

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ, ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ О ЗАДАЧАХ И АКТИВНОСТИ РАЗРАБОТЧИКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Корчеменко Е.В. 554

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО КОРРЕКЦИИ ПИЩЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Глушакова З.А. 557

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИЗУЧЕНИЯ ЛЕКСИКИ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА С СИСТЕМОЙ ГЕЙМИФИКАЦИИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Натяженко Е.А. 560

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ CRM-СИСТЕМЫ С ДИНАМИЧЕСКИМ РАБОЧИМ ПРОСТРАНСТВОМ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Буян Е.Ю. 563

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ
Мелешко К.В. 566

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАКАЗАМИ И МАРШРУТИЗАЦИЕЙ ДЛЯ СЛУЖБЫ ДОСТАВКИ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Драчиловский А.А. 569

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОСУГОМ ПЕРСОНАЛА
Муравская Д.Н. 572

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Конохов А.П. 576

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ТАЙМ-МЕНЕДЖМЕНТА И ПРОФИЛАКТИКИ ПРОКРАСТИНАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Марголин Г.Л. 579

VR-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНЕНИЯ ЭСКИЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИИ
Валько В.Е., Яницкий А.С. 582

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ «ГИТАРНАЯ МАСТЕРСКАЯ» И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Гусаров Р.Е. 585

ЛИЧНОСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТУДЕНТОВ *IT*-СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ
Куприянович В.В. 588

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ САМОПОМОЩИ В УПРАВЛЕНИИ СТРЕССОМ НА ОСНОВЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДИК И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Шенец Ю.А. 591

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО ПОДБОРУ КУЛЬТУРНО-ДОСУГОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
Куйко К.И. 595

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПИСЯМИ И РАСПИСАНИЕМ В КЛУБЕ ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ГИМНАСТИКИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Штайда М.С. 598

МУЛЬТИПЛАТФОРМЕННОЕ МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ *JAVA*
Семак Д.А. 601

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ТЕХНИЧЕСКОМУ СОБЕСЕДОВАНИЮ НА ДОЛЖНОСТЬ *IOS* РАЗРАБОТЧИК И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Боловинцев А.С. 604

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОТИВАЦИИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПЕРСОНАЛА В *IT*-КОМПАНИИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Клевец А.А. 607

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ СПОРТИВНЫХ КЛУБОВ
Петрачков В.Л. 610

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ МЕНТОРСТВА ПРИ ПОВЫШЕНИИ КВАЛИФИКАЦИИ СОТРУДНИКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Дранкович Н.С. 613

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИЕМКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ЛЕСОСЫРЬЯ
Дмитрук А.Г. 616

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖАНРОВ МУЗЫКИ НА ЗАПОМИНАНИЕ И ПОНИМАНИЕ ИНФОРМАЦИИ
Огиенко Н.Д., Хоружик Е.В. 619

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО МОНИТОРИНГА МАССИВОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ
Некрашевич М.К. 622

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Бердник П.В. 625

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ СИМУЛЯЦИИ СБОРОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ПРИМЕРЕ КОНВЕЙЕРА МАЗ
Болбас К.В., Сакович А.П., Щербин Я.Ф. 628

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «СЕРВИС-ПОМОЩНИК ВЛАДЕЛЬЦЕВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ» И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Резник Н. 631

ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА НА УЧЕБНУЮ УСПЕВАЕМОСТЬ СТУДЕНТОВ
Александрова В.В., Кривоносова М.А. 635

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОДБОРА ВЕЛОМАРШРУТОВ В МИНСКЕ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Свороб А.В. 639

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ И ЭКСПЕРТОВ КОННОГО СООБЩЕСТВА И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
Новак Д.О. 642

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ В УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБСПЕЧЕНИЕ
Новик М.А. 645

СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕДИЦИНСКОГО ВЕБ-САЙТА
Нгуен Т.З. 649

РАССМОТРЕНИЕ ПРОЦЕССА КОНСТРУИРОВАНИЯ ОСНАСТКИ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШТАНЦФОРМЫ ДЛЯ КАРТОННОЙ УПАКОВКИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ
Родак Н.А. 652

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА И КОМПЬЮТЕРА И ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ОПЫТ
Русина А.В. 655

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНИМАЦИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ В СРЕДЕ КОМПАС-3*D*
Нгуен Т.Ж. 658

ВВЕДЕНИЕ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ ГИДРОДИНАМИКУ (*CFD*) И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОТОКА В *SOLIDWORKS FLOW SIMULATION*
Нгуен В.Б. 662

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ADOBE SUBSTANCE ДЛЯ СОЗДАНИЯ РЕАЛИСТИЧНЫХ ТЕКСТУР ДЛЯ 3D МОДЕЛЕЙ В *3DS MAX*
Худер Л.Д. 665

ЦВЕТ КАК ИНСТРУМЕНТ ВЛИЯНИЯ НА ПОТРЕБИТЕЛЯ РЕКЛАМЫ
Туницына П.И. 668

ОСНОВЫ ГРАФИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВЕБ-САЙТА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФРЕЙМВОРКА *DJANGO*
Леонов А.Н. 671

СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
Неверо Н.В., Цывис Д.В. 674

СОЗДАНИЕ 3*D*-МОДЕЛИ ИГРОВОГО ОРУЖИЯ В *BLENDER*: ПОШАГОВОЕ РУКОВОДСТВО
Гук Д.А., Бернат М.А. 677

НЕЙРОННЫЕ ФИЛЬТРЫ В *ADOBE PHOTOSHOP* 2025
Криващёкая А.Д., Пешко Д.В., Щурко А.А. 679

РОЛЬ *FIGMA* В СОВРЕМЕННОМ ВЕБ-ДИЗАЙНЕ: ШИРОКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОЕКТОВ РАЗЛИЧНОГО РОДА
Дубовик А.В. 683

ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВИЗУАЛИЗАЦИИ КОНТЕНТА В СФЕРЕ ДИЗАЙНА ИНТЕРЬЕРА
Борсук А.О., Рудецкая А.В. 686

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРИЕМЫ ДЛЯ АНИМАЦИИ СБОРКИ КУБИКА-РУБИКА В ПРОГРАММЕ *INVENTOR*
Колосун Н.Д. 690

ОСНОВНЫЕ АЛГОРИТМЫ РЕНДЕРИНГА: МЕТОД ТРАССИРОВКИ ЛУЧЕЙ НА ПРИМЕРЕ 3*D*-ИГР
Рутковская В.М., Острейко А.В. 694

ПОДГОТОВКА В ВУЗЕ СПЕЦИАЛИСТОВ 3*D* ЦИФРОВОГО ПОКОЛЕНИЯ
Миннутридинов Т.Р. 697

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛА В ГРУНТЕ
Уткин М.О. 700

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЮРИДИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ: АВТОМАТИЗАЦИЯ, АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
Кормильцева Е.Д. 703

СЕКЦИЯ
«ИНОСТРАННЫЕ ЯЗЫКИ»

USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES IN MEDICAL REHABILITATION AND DIAGNOSTICS
Khouder L.D. 707

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR MUSIC GENERATION
Likhachou A.A. 709

AUTOMATED TRANSLATION TOOLS: EFFICIENCY AND PROSPECTS
Zhivitskiy I.A. 711

СЕКЦИЯ «ПЕРВЫЙ ШАГ В НАУКУ»

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АВТОМОТИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМУ ТЕСТИРОВАНИЮ
Тарасевич К.В. 715

API КАК ПРОДУКТ В РАЗРАБОТКЕ КОМПЛЕКСНЫХ *IT*-РЕШЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАКУПОК И УПРАВЛЕНИЯ КРОСС-ПРОДАЖАМИ
Тиунчик Д.Р. 718

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЁТА МАТЕРИАЛЬНЫХ АКТИВОВ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ
Ершов Д.Г., Шамаль В.Н. 720

ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТЕЙ И УГРОЗ В СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ: МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АТАК
Ализода С.С. 723

ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ И ОБЛАЧНЫХ СИСТЕМАХ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ
Ализода С.С. 726

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И ОПОВЕЩЕНИЯ О ПОЖАРЕ
Деусова Е.С. 729

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И ВОПРОСЫ НАУЧНОЙ МЕТОДОЛОГИИ
Валюкевич В.О., Сурженко А.Д. 732

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКТА
Нуансенгси Д.В. 737

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ БПЛА
Бородич А.А., Крень М.А. 741

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ КРЫЛА БПЛА
Коляда Е.В. 744

ПОСТРОЕНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ МАРШРУТОВ БПЛА В СИМУЛЯТОРЕ
Крень М.А., Бородич А.А. 747

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЕБ-ФРЕЙМВОРКОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
Пухальский А.Ю. 750

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ И РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОГО ТУРИЗМА
Попова А.С., Графкина К.С., Куркина М.С. 753

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ АУДИОИНФОРМАЦИИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ ЕЕ ОБРАБОТКИ
Асиненко А. М. 757

AGILE-ПОДХОДЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ
Пащук Е. О. 760

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЕБ-АНИМИРОВАНИЯ НА ЯЗЫКЕ *JAVASCRIPT*
Жук Н.Е. 764

ВИДЕОКОНТРОЛЬ КАССОВЫХ ОПЕРАЦИЙ
Дударев М.Ю., Дударева О.В., Морозова А.Н. 767

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРСОНАЛА В ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМАХ
Варвашеня А.С. 770

МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ
Багинский Д.С. 772

МОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭКСТРЕННОГО ОПОВЕЩЕНИЯ О ПОЖАРЕ
Стома А.Д., Околотович Е.Г. 775

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ. ВАЛИДАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ
Куделич К.С. 777

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
Аламов А.У., Ситников А.В. 780

ОЦЕНКА ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ *COMPACTTOOL* 1000B
Андриевская А.В., Куделич К.С. 783

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
Кот Я.А. 788

ПОДБОР ПЕРСОНАЛА В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА СПЕЦИАЛИСТОВ НА РЫНКЕ ТРУДА
Зиневич В.П. 791

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
Дроздов Н.А., Трутнев Н.А., Быстров М.Ю. 794

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ОРГАНИЗАЦИИ СОВМЕСТНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОЕЗДОК
Смирнова А.С. 797

ЭФЕКТИВНОСТЬ *ARC* И *GARBAGE COLLECTOR*: ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПАМЯТЬЮ
Половой А.А. 799

ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОГО РАСЧЁТА: *ELCUT, ANSYS, COMSOL MULTIPHYSICS, SOLIDWORKS FLOW SIMULATION*
Сидоревич М.В. 801

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИЙ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ПРОЕКТАХ
Вергель И. В., Барсукевич С.Н. 804

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ
К ИССЛЕДОВАНИЮ ЛЕКСИКИ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА
Карлюк П.А., Коршов М.И., Кранцевич В.С. 807

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОБСТВЕННОЙ
ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ *USB-UART* АДАПТЕРА
В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ *SOLIDWORKS* И *ANSYS*
Ходас В.А., Мерзляков Д.П. 810

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
Аламов А.У., Ситников А. В. 813

МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОХРАНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ
Богомолов Д.А., Бордан Д.В. 816

ИННОВАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ
Маханьков Д.Д., Кулеш А.А. 819

ПРОЕКТНЫЙ МИНИМАЛИЗМ: *P3.EXPRESS* СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ПРОЕКТАМИ
Галяк И.П. 821

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫБРАННОЙ СИСТЕМЫ
ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
НА ШИМ-КОНТРОЛЛЕРЕ *TL494*
Лубенков Е.А. Маякин Г.О. 826

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ
КУПЛИ-ПРОДАЖИ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ ЧЕРЕЗ
РИЭЛТОРСКОЕ АГЕНТСТВО
Прихожая А.В. 830

ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ КУПЛИ-ПРОДАЖИ
НЕДВИЖИМОСТИ
Прихожая А.В. 833

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОЩНОГО *HI-FI*
УСИЛИТЕЛЯ ЗВУКА НА ОСНОВЕ МИКРОСХЕМЫ *STK*4231
В ГЕРМЕТИЧНОМ КОРПУСЕ
Коротков А.А. Василевский П.А. 836

ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗВИТИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
Федорович В.Г. 841

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКЦИОННЫХ ПЕТЕЛЬ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ ГАРАЖЕЙ-СТОЯНОК
Капустина С. А. 844

РОЛЬ И ПРИМЕНЕНИЕ «1С:ШИНА» ПРИ ИНТЕГРАЦИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ 1С
Ершов Д.Г., Новиков Н.Ю. 847

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛАЧНЫХ СЕРВЕРОВ 1С ПРИ РАЗРАБОТКЕ КАДРОВОГО УЧЕТА
Ершов Д.Г., Степанчук А.А. 850

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ГЕНЕРАЦИИ МЕДИАКОНТЕНТА
Навойчик И.Б. 853

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ НИЗКОЧАСТОТНОГО САБВУФЕРА В ПЕРФОРИРОВАННОМ И ГЕРМЕТИЧНОМ КОРПУСАХ
Петкевич Д.В, Насанович М.В. 857

ПРИМЕНЕНИЕ *ZERO TRUST* ПОДХОДА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ *ANDROID*-УСТРОЙСТВ В КОРПОРАТИВНОЙ СРЕДЕ
Агапова В.О. 860

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ *ANDROID*-ПРИЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ПОПУЛЯРНЫХ МОБИЛЬНЫХ БАНКОВ
Агапова В.О. 862

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБКИХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В ЭЛЕКТРОНИКЕ
Маханьков Д.Д. 865

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ОПЕРАТОРОМ В УСЛОВИЯХ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
Рудько В. Н. 869

ХИМИЯ В ДИСПЛЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ
Левоненко Ю.И., Ляшко М.С. 873

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИАНИЛИНА В ЭЛЕКТРОНИКЕ
Мечай И.А. 876

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОГЕЛЕЙ В ТКАНЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ
Гладких А.П., Сакович М.С., Соловьев А.Я. 879

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ АТАК ПОДМЕНЫ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ
Герасимчук С.Н., Афанасьев А.А., Сухоцкий М.С. 882

ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ФАКТОР УСПЕШНОГО ЛИДЕРСТВА
Близнюк А.А., Борейко А.А. 885

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА. ЗАЩИТА ОТ СМОГА И ЗАГРЯЗНЕНИЙ
Галяк И.П., Манкевич Р.С. 888

ВОЗГОРАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАК ИСТОЧНИК ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УГРОЗЫ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И АВТОМОБИЛЕЙ С ДВС
Касперец Е.А., Бельский М.Д. 892

ВЛИЯНИЕ НЕПРАВИЛЬНО ПОДОБРАННОЙ ОБУВИ НА ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА
Хлистунова К.В., Свиридович С.А. 895

ЭРГОНОМИКА ИГРОВЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ КРЕСЕЛ В СТИЛЕ СИДЕНИЙ ГОНОЧНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
Колосович И.А., Шевченко Д.Л. 898

ИННОВАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ
Маханьков Д.Д., Кулеш А.А. 902

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Неменко А.А. 905

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ОБЪЕМОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ В МИНСКЕ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
Рута А.М. 908

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ЭКСТРЕННОЙ ДОСТАВКИ ЖИЗНЕННО ВАЖНЫХ ГРУЗОВ
Шматкова А.В., Краснов Н.А., Василюк Д.В 911

УМНЫЕ ГОРОДА КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ В БЕЛАРУСИ
Третьяк М.В. 916

ОЦЕНКА ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА МИНСКА
Волынец М.А., Левчук А.О. 919

СТРУКТУРА ОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ
Жолобова А.В. 922

КОГНИТИВНЫЕ И ЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ВОСПРИЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАБОТЕ С БОЛЬШИМИ ДАННЫМИ
Малецкий А.С. 925

ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕРСОНАЛА В ПЕРИОД ПЕРЕХОДА НА НОВЫЕ МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
Яскевич В.И. 929

ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА И УТИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ В ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ
Драб А.А. 932

ОЦЕНКА ОБРАЗОВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ И ОТХОДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ
Павлюкович В.А. 935

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ОТ МОБИЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ
Пупкевич С.С., Романович С.А. 938

ЭРГОНОМИКА ОСВЕЩЕНИЯ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА
Павлова А.Д., Филимонюк А.А. 941

ОТ СТЕРЕОТИПОВ К ДАННЫМ: ЦИФРОВЫЕ ИННОВАЦИИ В ПСИХИАТРИИ
Ахмед Сохайб А.Ф. 944

ЭПИТАФИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА: ИСКУССТВЕННЫЙ РАЗУМ КАК ПОСЛЕДНИЙ АЛГОРИТМ СОЗНАНИЯ
Ахмед Сохайб А.Ф. 948

БИОМОНИТОРИНГ: КАК АНАЛИЗ ВОЛОС И КРОВИ ВЫЯВЛЯЕТ УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОРГАНИЗМА
Аракелян П.А. Лаптева А.С. 952

BIG DATA В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИИ
Стрельцов А.Д., Войтехович Д.К 956

ОПАСНОСТЬ РАДОНА И РАДОНОВЫХ РАЗЛОМОВ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ
Новик А. Ю, Кадол А. П. 960

АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ 3*D*-МОДЕЛЕЙ
Смертьев В.В., Литвинович А.А. 963

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕОРИИЛИНЕЙНОЙ ПЕРСПЕКТИВЫ БОРИСА РАУШЕНБАХА
Писарева Е.А., Федорович В.Г. 967

ИСТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЕЁ РАЗВИТИИ
Брокар В.С., Самуйлик Е.А. 971

МАРКЕТИНГ В КОМПЬЮТЕРНОМ ГРАФИЧЕСКОМ ДИЗАЙНЕ
Ковалев М.А., Таберко А.Д. 974

НАЗНАЧЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ МОДЕЛЕЙ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ
Мощина В.А., Кизь А.А. 978

ADAPTING EDUCATION IN ELECTRONIC SYSTEMS TO MEET THE CHANGING DEMANDS OF THE IT SECTOR
Akhrieva M. R. 983

THE SIGNIFICANT ROLE OF MEMES IN SOCIAL INTERACTIONS
Artsiushkevich H.D. 985

THE IMPACT OF AUTOMATION ON JOB MARKET AND SOCIETY
Biza G.A. 987

ONLINE PLATFORM FOR STORING AND PRESENTING BSUIR HISTORY
Bobrovskaya V.E., Herasimovich A.Y. 989

ARTIFICIAL INTELLIGENCE LEARNING METHODS
Bregid R.D., Anisckovets A.R. 992

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION
Buravskiy Y.D. 994

BLOCKCHAIN-BASED DATA INTEGRITY FOR DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS
Chernenko K.S. 996

DEEPFAKE TECHNOLOGIES IN IT-SPHERE
Deikalo I.S, Volfovich V.D. 999

EXPANSION OF IOT (INTERNET OF THINGS)
Dingilevskaya A.A. 1001

THE ROLE OF AI IN PROTECTING AGAINST CYBERATTACKS AND IN DEVELOPING NEW METHODS OF INFORMATION SECURITY
Dolmatovich A.A., Buzanovskaya S.V. 1003

THE ROLE OF AI IN FOSTERING CRITICAL THINKING AMONG STUDENTS
Dyubkin K.S. 1005

APPLICATION OF MATRIX IN PROGRAMMING
Grenberg O.K. 1007

THE PSYCHOLOGICAL AND BEHAVIORAL IMPACT OF CONTACTLESS PAYMENT SYSTEMS ON CONSUMER DECISION-MAKING
Gurman V.A. 1009

THE IMPACT OF ADVANCED TECHNOLOGIES ON BUSINESS TRANSFORMATION AND FUTURE STRATEGIC DIRECTIONS
Habrukovich R.S., Slizhik K.S. 1012

THE IMPACT OF VIRTUAL REALITY ON IMPROVING HEALTH CARE SERVICES
Kalugina V.A. 1014

N*EURAL NETWORKS: APPLICATION IN THE EDUCATIONAL PROCESS*
Karas E.D. 1016

MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR PREDICTING USER BEHAVIOR
Latyshev A.T. 1018

NANOTECHNOLOGY AS A MEANS OF SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS
Leonchik E.D. 1020

COMPUTER VISION TECHNOLOGY
Linnik M.V. 1022

MAGIC LEAP
Pehota Y.V. 1024

AUGMENTED REALITY (AR) AND VIRTUAL REALITY (VR) IN MODERN EDUCATION
Raspopov A.V., Siz R.V. 1026

TWISTRONICS
Romanovich S.A. 1028

ELECTRONIC LEARNING SYSTEMS
Sarachinsky A.A. 1030

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AGRICULTURE
Savchenko M.E. 1032

NEW MATERIALS FOR CREATING FLEXIBLE ELECTRONIC DEVICES
Siomchena D.V. 1036

VIRTUAL REALITY IN LEARNING FOREIGN LANGUAGES
Skworetz I.S., Zamatai M.S. 1039

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS OF A SMART HOME
Soltan E.S., Lazareva E.D. 1041

ELECTRONIC SYSTEMS IN CINEMATOGRAPHY
Titova D.S. 1043

QUANTUM BREAKTHROUGH: HOW MICRISOFT CREATED A NEW STATE OF MATTER FOR THE MAJORANA CHIP 1
Veko D.A. 1045

SOFT SKILLS: THE INVISIBLE CODE FOR SUCCESS IN AN IT CAREER. ANALYSIS OF SOCIO-PSYCOLOGICAL FACTORS AND CORPORATE TRENDS
Vitkovsky M.A. 1047

AI IN STUDENT'S LIFE
Zhukova S.V. 1049

STRUCTURE AND APPLICATION OF VIRTUAL REALITY HEADSETS: MODERN TECHNOLOGIES AND FUTURE PROSPECTS
Zhytko A.Y., Muliar A.D. 1051

ECONOMIC BENEFITS OF USING ADDITIVE TECHNOLOGIES
Shabolda P.A., Pomaho A.V. 1053

СЕКЦИЯ
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ»

УДК 621.397.3–048.24:004.056.5

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Морозова А. Н., Дударев М.Ю., Калита Е.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алефиренко В.М. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В работе рассмотрены основные технические средства физической защиты, применяемые для предотвращения несанкционированного доступа к компонентам систем видеонаблюдения. Приведены подходы к защите видеокамер, кабельных трасс, регистраторов и серверного оборудования. Особое внимание уделено мерам предотвращения доступа к критическим элементам системы, основанным на конструктивных и инженерных решениях. Представленный анализ может быть использован при проектировании охранных комплексов для различных объектов с повышенными требованиями к безопасности.

Ключевые слова: системы видеонаблюдения, физическая защита, антивандальные камеры, защита кабелей, СКУД.

Введение. Современные системы видеонаблюдения являются важнейшим инструментом обеспечения безопасности объектов различного назначения. Однако сама система видеонаблюдения может быть уязвима при отсутствии надлежащей защиты её элементов от несанкционированного физического доступа. Такие воздействия могут привести к умышленному отключению камер, перерезанию кабелей, кражам видеорегистраторов или повреждению оборудования хранения данных. В условиях высокой степени угроз, особенно в общественных местах, на промышленных объектах и в транспортной инфраструктуре, физическая защита компонентов системы становится критически значимой.

Основная часть. Одним из важнейших элементов системы видеонаблюдения являются видеокамеры, особенно те, которые размещаются на улице или в местах с возможным доступом посторонних лиц. Их защита обеспечивается использованием антивандальных корпусов с ударопрочным исполнением. Наиболее надёжные камеры имеют степень защиты *IK10*, что позволяет выдерживать удары значительной силы. В случае уличного размещения применяются кожухи с климатическим исполнением и пылевлагозащитой уровня *IP66* или выше, что гарантирует устойчивость к атмосферным воздействиям [1]. В зависимости от характера потенциальных угроз применяются различные технические средства физической защиты. Подробная классификация угроз и соответствующих им решений представлена в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Классификация угроз и соответствующие средства физической защиты

Тип угрозы	Средства физической защиты
Механическое повреждение камер	Антивандальные кожухи, *IK10*-корпуса, усиленные крепления
Отключение питания	Источники бесперебойного питания, защищённые электрощиты
Перерезание или повреждение кабеля	Металлические гофры, бронированные кабели, скрытая прокладка
Несанкционированный доступ в серверную	СКУД, электронные и механические замки, биометрия
Кража или демонтаж оборудования	Металлические шкафы, крепление к полу/стенам, видеонаблюдение внутри

Для оценки приоритетов в защите системы полезно учитывать, какие типы угроз встречаются чаще всего. На основании анализа инцидентов, описанных в источниках [1, 2], а также типовых угроз, фиксируемых при эксплуатации систем видеонаблюдения в образовательных учреждениях и на промышленных объектах, была составлена обобщённая диаграмма (рисунок 2).

Она демонстрирует, какие типы угроз встречаются наиболее часто на практике и требует приоритетного внимания при проектировании физической защиты.

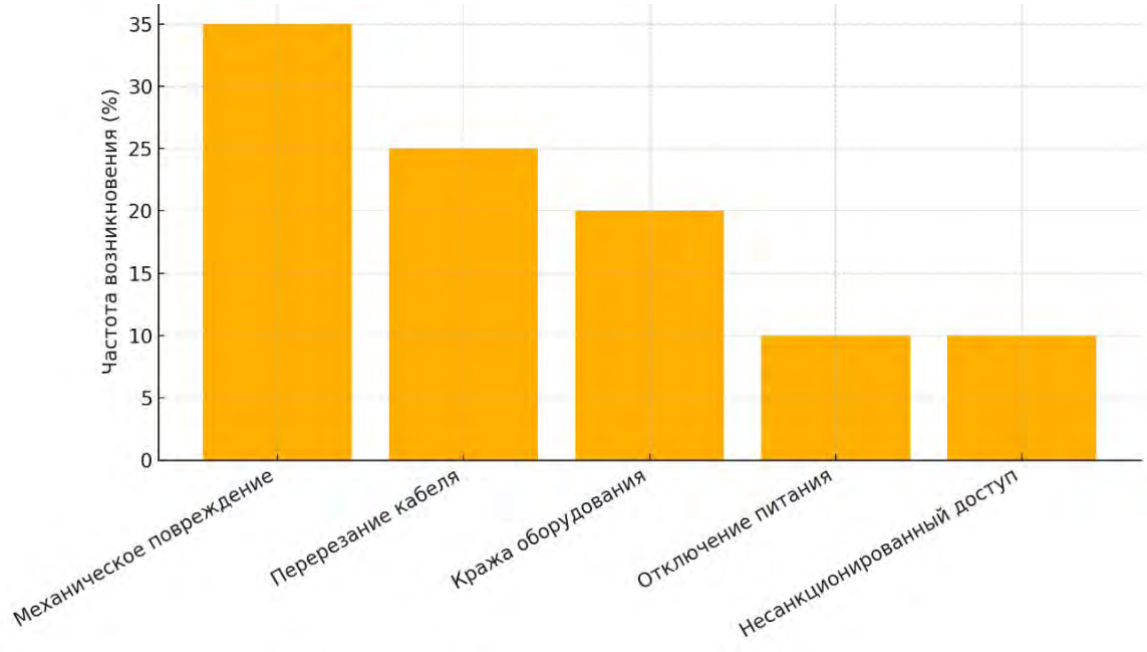


Рисунок 2 – Распределение типов угроз по частоте возникновения

Линии передачи сигнала и электропитания также подвержены физическим угрозам. При прокладке кабелей целесообразно использовать металлические гофры, бронированные кабели и скрытые маршруты – например, внутри стен или технологических коробов [2]. Это предотвращает возможность перерезания, замыкания или несанкционированного подключения.

Центральные устройства системы – видеорегистраторы и серверы хранения – требуют отдельного уровня физической защиты. Их размещают в металлических шкафах или сейфах с замками, а также в отдельных помещениях с контролируемым доступом. Такие шкафы могут быть оснащены вентиляцией, а также системой крепления к полу или стенам, чтобы исключить возможность кражи [1].

На рисунке 3 представлена логическая структура физической защиты, где видеокамера связана с серверной через защищённый кабель, а все ключевые элементы расположены в ограниченной зоне с контролем доступа.

Для ограничения доступа в технические помещения используются системы контроля и управления доступом (СКУД) [3]. Это могут быть кодовые панели, магнитные карты, биометрические устройства. Внутри помещений может дополнительно устанавливаться система внутреннего видеонаблюдения, фиксирующая действия обслуживающего персонала.

Дополнительно используются технические средства сигнализации вскрытия и демонтажа. Герконы, датчики открывания и тревожные входы на видеорегистраторах позволяют фиксировать попытки вмешательства и немедленно уведомлять охранные службы.

Рисунок 3 – Схема физической защиты компонентов системы видеонаблюдения

Следует также предусмотреть резервирование оборудования. Установка дополнительных камер и резервных регистраторов позволяет сохранить видеоданные даже в случае повреждения или саботажа основной системы. Размещение дублирующего оборудования в других помещениях с отдельным контролем доступа повышает надёжность.

Заключение. Физическая защита является важнейшей составляющей устойчивости систем видеонаблюдения к внешним воздействиям. Надёжность работы системы в значительной мере определяется тем, насколько грамотно реализованы меры защиты её элементов от прямого доступа. Применение антивандальных камер, защищённых линий связи, серверных шкафов, ограничение доступа к техническим помещениям и использование средств сигнализации вскрытия позволяют обеспечить высокий уровень безопасности. Комплексный подход к физической защите способствует эффективному функционированию системы видеонаблюдения даже в условиях повышенной угрозы.

Современные тенденции включают интеграцию систем видеонаблюдения с алгоритмами искусственного интеллекта, технологиями распознавания лиц и прогнозной аналитикой. Это требует не только надёжной цифровой защиты, но и усовершенствованной физической безопасности всей инфраструктуры.

Список литературы

1. Системы физической защиты. Основы теории / В.В. Волхонский. – СПб. : Изд-во ИТМО, 2016. – 108 с.
2. Системы видеонаблюдения: основы построения, проектирования и эксплуатации / А.Е. Пескин. – М. : Солон-Пресс, 2015. – 304 с.
3. Справочник по технике для видеонаблюдения: планирование, проектирование, монтаж / М. Гвоздек. – Минск : БНТУ, 2019. – 142 с.

UDC 621.397.3–048.24:004.056.5

TECHNICAL MEANS OF PHYSICAL PROTECTION AGAINST UNAUTHORIZED ACCESS IN VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS

Morozova A.N., Dudarev M.Y., Kalita E.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alefirenko V.M. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The paper discusses the main technical means of physical protection used to prevent unauthorized access to components of video surveillance systems. Approaches to protecting video cameras, cable routes, recorders, and server equipment are presented. Special attention is paid to measures to prevent access to critical system elements based on structural and engineering solutions. The presented analysis can be used in the design of security systems for various facilities with increased security requirements.

Keywords: video surveillance systems, physical protection, vandal-proof cameras, cable protection, access control system.

УДК 621.391.8, 621.396.96

ПЕРСПЕКТИВЫ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кот Я.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ящук В.А. – магистр, ассистент кафедры ПИКС

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные признаки кризиса кремниевых технологий, обусловленного физическими и технологическими ограничениями дальнейшего уменьшения размеров транзисторов. Анализируются перспективы квантовых технологий на примере топологического квантового компьютера *Majorana 1* от *Microsoft*, а также выявляются его ключевые недостатки, ограничивающие промышленное применение.

Ключевые слова: микроэлектроника, квантовые технологии, кубит, майорановский фермион.

Введение. Современная микроэлектроника столкнулась с рядом фундаментальных проблем, связанных с предельными возможностями кремниевых технологий. В условиях растущих вычислительных мощностей и уменьшения размеров транзисторов традиционные кремниевые чипы приближаются к своим физическим ограничениям.

Развитие кремниевой микроэлектроники долгое время шло в рамках закона Мура, согласно которому число транзисторов на кристалле удваивается каждые 24 месяца. Однако по мере приближения к нанометровым размерам транзисторов начинают проявляться фундаментальные ограничения [1]:

1 Квантовые эффекты, которые появляются при толщине затвора менее 5 нм, тогда возрастает вероятность туннелирования электронов, что приводит к утечке тока и снижению энергоэффективности;

2 Тепловые проблемы – увеличение плотности транзисторов на единицу площади приводит к росту тепловыделения, что требует применения сложных систем охлаждения;

3 Ограничения фотолитографии – современные технологии производства на основе экстремального ультрафиолетового (*EUV*) излучения достигли предела своей точности, усложняя дальнейшее уменьшение размеров структур.

4 Переход к более совершенным технологическим нормам требует значительных капиталовложений, что делает массовое производство менее рентабельным.

Все эти факторы усложняют дальнейшее масштабирование и требует поиска альтернативных решений.

В данной статье рассматриваются перспективы развития микроэлектроники по пути квантовых технологий и новых материалов с особыми свойствами.

Основная часть. Квантовые вычисления рассматриваются как одно из перспективных решений для повышения производительности вычислительных устройств.

Компания *Microsoft* активно развивает это направление, делая акцент на топологических кубитах. В отличие от традиционных битов, принимающих значения 0 или 1, кубит способен находиться в состоянии суперпозиции, одновременно представляя и 0, и 1. Основные преимущества топологических кубитов заключаются в их потенциальной стабильности и упрощённой коррекции ошибок. Квантовая информация в таких кубитах кодируется топологическими свойствами физической системы, что теоретически обеспечивает их высокую устойчивость к шуму. [2].

Microsoft разрабатывает топологические кубиты, в которых квантовая информация кодируется на концах сверхпроводящего нанопровода. На самом базовом уровне устройства состоят из алюминиевых нанопроводов шириной всего 60 нм, расположенных на

полупроводнике. При охлаждении алюминий становится сверхпроводящим, создавая идеальные условия для появления майорановских нулевых мод (*MZMs*). Эти частицы, уникальные своей природой, являются собственными античастицами и способны проводить ток. Когда устройство настроено на определённые значения магнитного поля и напряжения, майораны теоретически возникают на концах нанопроводов. Управление топологическими кубитами Microsoft осуществляется цифровым способом – путём простого включения и выключения напряжения, что дополнительно повышает удобство работы с ними.

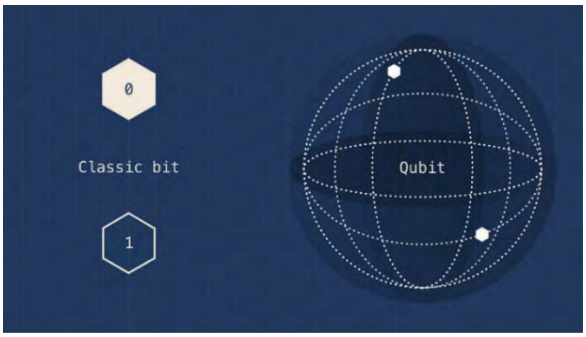


Рисунок 1 – Условное изображение бита и кубита от *Microsoft*

Архитектура, разрабатываемая *Microsoft*, в частности, чип *Majorana 1*, спроектирована для масштабирования до миллионов кубитов на одном чипе, что необходимо для решения сложных промышленных и научных задач [3].

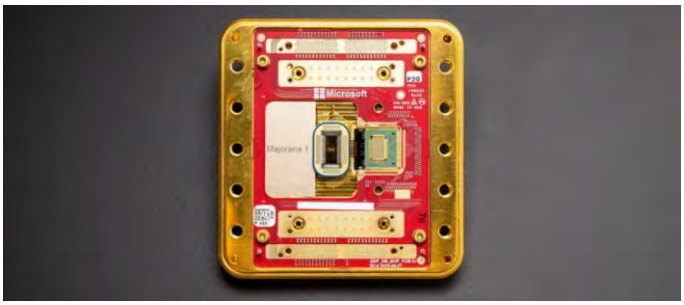


Рисунок 2 – Чип *Majorana 1* от *Microsoft*

Тем не менее, многие эксперты выражают сомнения в том, что наблюдаемые *Microsoft* сигналы действительно являются *MZMs*, а не какими-либо другими, более тривиальными эффектами, связанными с несовершенством материалов или измерений. Протокол топологической щели (*TGP*), который использует *Microsoft* для подтверждения наличия *MZMs*, также подвергается критике за возможность ложноположительных результатов, зависящих от параметров измерения.

Несмотря на потенциальные преимущества топологических кубитов в плане стабильности и масштабируемости, подход *Microsoft* сталкивается со значительными научными и техническими трудностями. Отсутствие независимого подтверждения результатов и критика со стороны экспертов указывают на то, что эта технология пока находится на ранней стадии разработки и требует дальнейших исследований для подтверждения своей жизнеспособности.

Подход *Microsoft* к квантовым вычислениям с использованием топологических кубитов является лишь одним из нескольких направлений в этой области. Другие ведущие архитектуры включают сверхпроводниковые кубиты, кубиты на захваченных ионах, фотонные кубиты, кубиты на нейтральных атомах и спиновые кубиты (на квантовых точках). Каждая из этих технологий имеет свои преимущества и недостатки. Однако всех их объединяет общий ряд проблем:

– отсутствие стабильных кубитов, большинство квантовых процессоров требует сверхнизких температур (около 10 мК), что делает их промышленное применение сложным и дорогостоящим;

– ошибки квантовой декогеренции: время когерентности кубитов остается недостаточным для выполнения длительных вычислений;

– сложность масштабирования: существующие квантовые процессоры включают лишь десятки или сотни кубитов, тогда как для практического применения требуется миллионы;

– отсутствие универсальных алгоритмов: разработка программного обеспечения для квантовых компьютеров находится на ранней стадии, а практическое применение остается ограниченным специализированными задачами, такими как моделирование квантовых систем или криптография.

Несмотря на существующие ограничения, развитие квантовых технологий продолжается, поскольку их потенциал для решения сложных вычислительных задач остается высоким.

Заключение. Современная микроэлектроника подошла к критической точке, где традиционные кремниевые технологии сталкиваются с фундаментальными физическими и технологическими ограничениями. Это требует поиска альтернативных решений, среди которых ключевую роль могут сыграть квантовые технологии. Разработка топологических кубитов, активно продвигаемая Microsoft, демонстрирует перспективы преодоления существующих барьеров благодаря их потенциальной стабильности и масштабируемости. Однако многочисленные научные и технические трудности, включая подтверждение теоретических моделей и преодоление ошибок декогеренции, свидетельствуют о ранней стадии развития данной технологии.

Тем не менее, продолжающиеся исследования в области квантовых вычислений, наряду с развитием других архитектур, таких как сверхпроводниковые и ионные кубиты, указывают на огромный потенциал этой отрасли. Несмотря на текущие ограничения, такие технологии способны трансформировать вычислительную технику, открывая возможности для решения задач, недоступных традиционным компьютерам.

Список литературы

1. Exploring Types of Quantum Computers: Which Technology Leads … [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – https://www.quandela.com/resources/blog/exploring-types-of-quantum-computers-which-technology-leads/.

2. Moore's Law [Electronic resource] // Investopedia. – Date of access: March 26, 2025. – Available at: https://www.investopedia.com/terms/m/mooreslaw.asp.

3. Microsoft's Majorana 1 chip carves new path for quantum computing ... [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – Available at: https://news.microsoft.com/source/features/innovation/microsofts-majorana-1-chip-carves-new-path-for-quantum-computing .

UDC 621.391.8, 621.396.96

PROSPECTS OF QUANTUM TECHNOLOGIES

Kot Y.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Yaschuk V.A. – master of tech. sci., assistant of the department of ICSD

Annotation. This article examines the main signs of the crisis in silicon technologies, caused by physical and technological limitations on the further reduction of transistor sizes. The prospects of quantum technologies are analyzed using the example of Microsoft's Majorana 1 topological quantum computer, and its key shortcomings limiting industrial application are identified.

Keywords: microelectronics, quantum technologies, qubit, Majorana fermio.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Швед Е.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, декан ФКП

Аннотация. В статье рассмотрены современные подходы к оценке эффективности автоматизированного мониторинга бизнес-процессов. Анализируются ключевые параметры эффективности, такие как точность анализа данных, скорость обработки информации, снижение затрат и возврат инвестиций (*ROI*). Представлены графические данные, демонстрирующие влияние автоматизированного мониторинга на производительность бизнеса. Обоснована важность внедрения таких систем для повышения конкурентоспособности и устойчивости организации в условиях цифровой трансформации.

Ключевые слова: автоматизированный мониторинг, бизнес-процессы, ключевые показатели эффективности, *ROI*, *BI*-системы, цифровая трансформация.

Введение. Автоматизированный мониторинг бизнес-процессов становится неотъемлемой частью современных организаций, стремящихся к оптимизации своей деятельности. В условиях динамичного рынка компании вынуждены оперативно анализировать ключевые показатели эффективности (*KPI*), выявлять узкие места и прогнозировать возможные риски. Внедрение автоматизированных систем мониторинга позволяет значительно сократить затраты времени на анализ данных, минимизировать человеческий фактор и повысить точность принимаемых решений. Однако эффективность таких решений необходимо оценивать на основе объективных критериев, включая точность анализа, скорость обработки данных, снижение затрат и улучшение показателей производительности.

Основная часть. Оценка эффективности автоматизированного мониторинга бизнес-процессов осуществляется по нескольким ключевым параметрам. В первую очередь, анализируется точность сбора и интерпретации данных. Важно, чтобы система обеспечивала корректное извлечение информации из различных источников, исключая дублирование и потери данных. Ошибки в данных могут привести к неверным управленческим решениям, что в конечном счете негативно сказывается на всей бизнес-стратегии.

Вторым значимым критерием является скорость обработки информации. В условиях высокой конкуренции способность оперативно реагировать на изменения рынка играет решающую роль. *BI*-системы и процессный майнинг позволяют в реальном времени анализировать поступающие данные и формировать рекомендации по корректировке бизнес-процессов. Например, системы мониторинга в ритейле позволяют оперативно отслеживать изменения спроса на товары и корректировать логистические цепочки в соответствии с динамикой потребления.

Помимо этого, существенное значение имеет влияние автоматизированного мониторинга на операционные затраты компании. Внедрение таких решений позволяет сократить расходы на ручной анализ, повысить эффективность использования ресурсов и оптимизировать бизнес-процессы. Например, компании, использующие автоматизированные системы мониторинга в производстве, сокращают затраты на контроль качества и выявление дефектов продукции, так как системы могут оперативно выявлять отклонения в параметрах работы оборудования.

Одним из важных аспектов оценки эффективности является сравнение результатов работы до и после внедрения автоматизированного мониторинга. Для оценки эффективности автоматизированного мониторинга рассмотрим опыт компании *Amazon*, которая активно внедряет системы анализа данных и BI-инструменты для оптимизации своих бизнес-процессов. Например, внедрение автоматизированных аналитических платформ позволило *Amazon* сократить время обработки заказов, оптимизировать складские процессы и снизить операционные затраты на 20%. Рисунок 1 демонстрирует снижение затрат и времени выполнения заказов после интеграции *BI*-решений в систему управления складскими запасами.

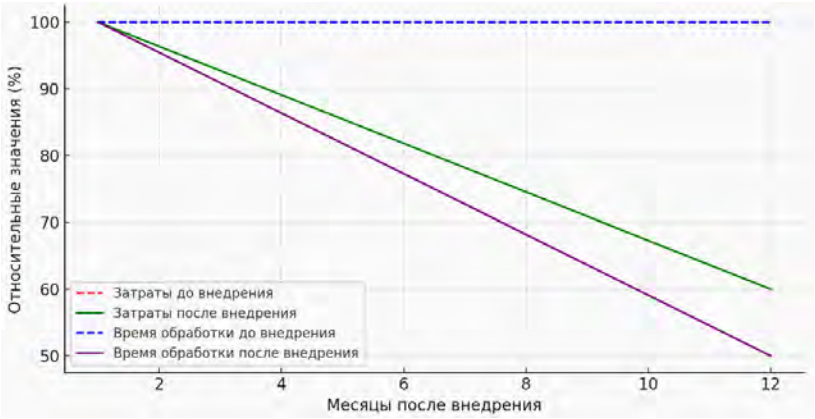


Рисунок 1 – Изменение операционных затрат

Кроме того, оценка эффективности автоматизированного мониторинга может включать показатели возврата инвестиций (*ROI*). Для этого сравниваются расходы на внедрение системы и экономия, достигнутая благодаря снижению ошибок, улучшению качества данных и повышению скорости анализа. График зависимости *ROI* от времени эксплуатации системы показывает, что через определенный период после внедрения инвестиции начинают окупаться, а выгоды становятся очевидными. На рисунке 2 представлено изменение *ROI* после внедрения системы мониторинга. Видно, что к 12-му месяцу система окупает первоначальные затраты, а дальнейшее использование приносит чистую прибыль.

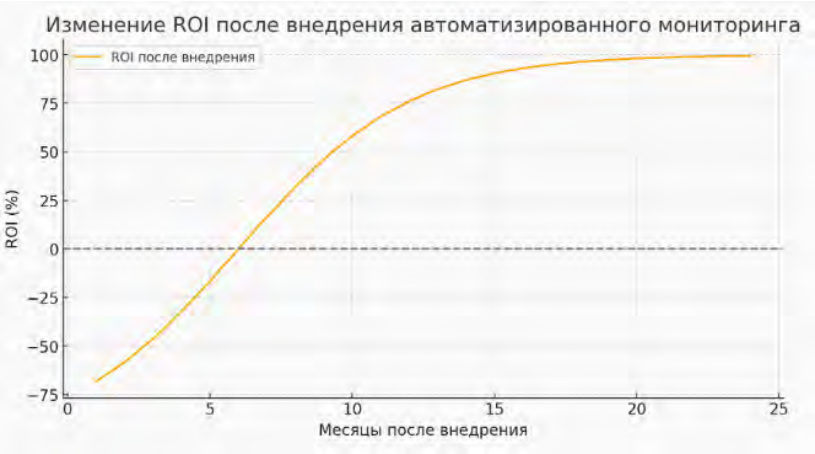


Рисунок 2 – Изменение *ROI*

Дополнительно можно учитывать и косвенные выгоды от внедрения автоматизированных систем мониторинга, такие как повышение прозрачности бизнес-

процессов, сокращение времени на принятие решений и улучшение взаимодействия между подразделениями компании. В долгосрочной перспективе такие системы способствуют росту общей конкурентоспособности организации за счет повышения эффективности управления.

Заключение. Автоматизированный мониторинг бизнес-процессов оказывает значительное влияние на производительность и эффективность управления. Рассмотрим пример компании *Amazon*, которая активно использует *BI*-системы для анализа данных, управления складскими процессами и оптимизации логистики. После внедрения автоматизированных аналитических платформ *Amazon* смогла сократить время обработки заказов на 35%, снизить затраты на логистику на 20% и повысить точность прогнозирования спроса. Это демонстрирует, что автоматизированные системы позволяют оперативно выявлять проблемы, анализировать ключевые показатели в режиме реального времени и принимать обоснованные управленческие решения.

Основные критерии оценки эффективности включают точность анализа данных, скорость их обработки, снижение затрат и повышение уровня производительности. Графические показатели подтверждают, что после внедрения таких систем затраты уменьшаются, а скорость принятия решений увеличивается. *ROI* также показывает положительную динамику, начиная с 6-го месяца эксплуатации системы, а к концу первого года внедрения система полностью окупается.

Таким образом, автоматизированный мониторинг является важным инструментом для компаний, стремящихся к цифровой трансформации и повышению конкурентоспособности на рынке. Он позволяет не только снизить операционные затраты, но и повысить эффективность управления, улучшить качество данных и ускорить процесс принятия решений. В долгосрочной перспективе такие системы способствуют более устойчивому развитию бизнеса, снижению рисков и увеличению общей продуктивности компании.

Список литературы

1. *Blackman, S. Design and Analysis of Modern Tracking Systems / S. Blackman, R. Popoli // Artech House. Boston – London, 1999.*
2. *Van der Aalst, W.M.P. Process Mining: Data Science in Action / W.M.P. Van der Aalst // Springer, 2016.*
3. *Few, S. Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data / S. Few // O'Reilly Media, 2013.*
4. *Power, D.J. Decision Support, Analytics, and Business Intelligence / D.J. Power // Business Expert Press, 2013.*
5. *Laursen, G.H.N., Thorlund, J. Business Analytics for Managers: Taking Business Intelligence Beyond Reporting / G.H.N. Laursen, J. Thorlund // Wiley, 2016.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF AUTOMATED MONITORING OF BUSINESS PROCESSES

Swede E.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V. – Cand. of Sci., Associate Professor, Dean of the FCAD

Annotation. The article discusses modern approaches to evaluating the effectiveness of automated monitoring of business processes. Key performance parameters such as data analysis accuracy, information processing speed, cost reduction and return on investment (ROI) are analyzed. Graphical data demonstrating the impact of automated monitoring on business productivity is presented. The importance of implementing such systems to increase the competitiveness and sustainability of an organization in the context of digital transformation is substantiated.

Keywords: automated monitoring, business processes, key performance indicators, ROI, BI-systems, digital transformation.

УДК 004.423

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ КАФЕ-КОНДИТЕРСКОЙ

Бычек Е.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Бруй Н.М. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ПИКС

Аннотация. Разработано веб-приложение для автоматизации работы кафе-кондитерской на языке программирования *Java* с использованием фреймворка *Spring Boot*. Программа обеспечивает запуск веб-приложения и переход на разные страницы в операционных системах с доступом к интернету и веб-браузером.

Ключевые слова: веб-приложение, автоматизация работы, языки программирования, *Java*, фреймворки, *Spring Boot.*

Введение. В условиях роста рынка электронной коммерции и онлайн-услуг все больше компаний обращаются к разработке веб-приложений для управления данными и оптимизации взаимодействия с клиентами. Рынок общественного питания и доставки еды – одна из наиболее быстрорастущих сфер, где цифровые решения обеспечивают удобство, скорость и качество услуг. Внедрение технологий в работу ресторанов и кафе позволяет автоматизировать рутинные задачи и снизить влияние человеческого фактора, что повышает удовлетворенность клиентов. Разработка веб-приложений с возможностью администрирования меню, обработки заказов и управления клиентскими взаимодействиями упрощает ведение бизнеса, улучшает качество сервиса и оптимизирует взаимодействие между администраторами системы и пользователями.

Основная часть. При разработке веб-приложения необходимо решить следующие задачи: проанализировать предметную область и определить основные требования к системе; разработать логическую модель данных для представления сущностей приложения и их взаимосвязей; создать базу данных для хранения информации о пользователях, заказах, меню и их статусах; реализовать серверную часть на базе *Spring Boot* для взаимодействия с базой данных и обработки запросов; разработать клиентскую часть с интерфейсом для администраторов (управления меню, заказами и пользователями) и пользователей (просмотра меню, оформления заказов и управления учетными данными); провести тестирование приложения для проверки его функциональности, производительности и удобства использования.

Для создания веб-приложения кафе-кондитерской выбран язык программирования *Java*, что обусловлено высокой производительностью, безопасностью, масштабируемостью и богатой экосистемой [1], фреймворк *Spring Boot*, так как он обладает высокой скоростью разработки, гибкостью и возможностью интеграции с другими технологиями, а также *Hibernate* для связи с базой данных [2], база данных *MySQL*, так как она представляет собой оптимальный выбор для веб-приложения кафе-кондитерской благодаря своей структуре, производительности, простоте использования и надежности [3].

В программном средстве используется архитектурный паттерн *MVC* (*Model-View-Controller*), разделяющий приложение на три логических слоя: модель, представление и контроллер. Создано семь моделей: модель товара, изображения, элемента корзины, заказа, связи заказа и продукта, пользователя.

При проектировании архитектуры и описании состояний программного средства составлена диаграмма вариантов использования программного средства. Администратор имеет возможность входить в систему, просматривать меню, добавлять товары, редактировать товары, удалять товары, просматривать заказы пользователей,

редактировать статус заказов, просматривать пользователей, блокировать их и изменять их роль, выйти из аккаунта и удалить аккаунт. Пользователь имеет возможность регистрироваться, входить в систему, просматривать меню, добавлять товары в корзину и удалять из нее, оформлять заказ, отменять заказ, просматривать историю заказов, выйти из аккаунта и удалить аккаунт.

Разработан графический интерфейс *GUI* веб-приложения для автоматизации работы кафе-кондитерской, представляющий собой удобный способ просмотра меню, добавления товара в корзину и оформление заказа, а также добавление и редактирование товаров для администратора. Пример страницы меню в режиме пользователя представлен на рисунке 1.

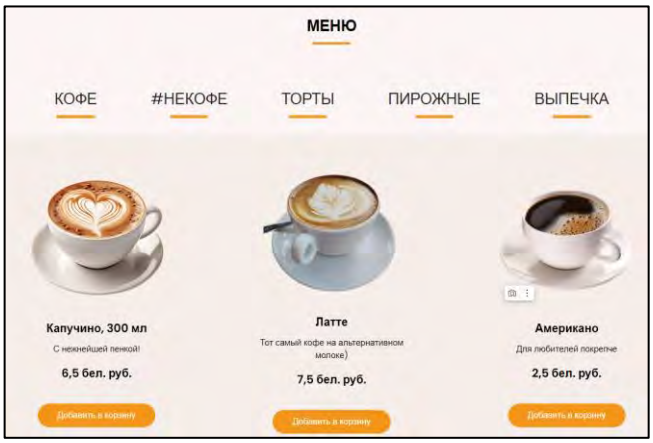


Рисунок 1 – Страница меню в режиме пользователя программного средства

Одним из ключевых этапов при разработке программного обеспечения является реализация алгоритмов. Для примера на рисунке 2 представлен алгоритм регистрации и авторизации пользователя в программном средстве. Веб-приложение предоставляет широкий спектр возможностей пользователям, открывая перед ними множество инструментов и функций.

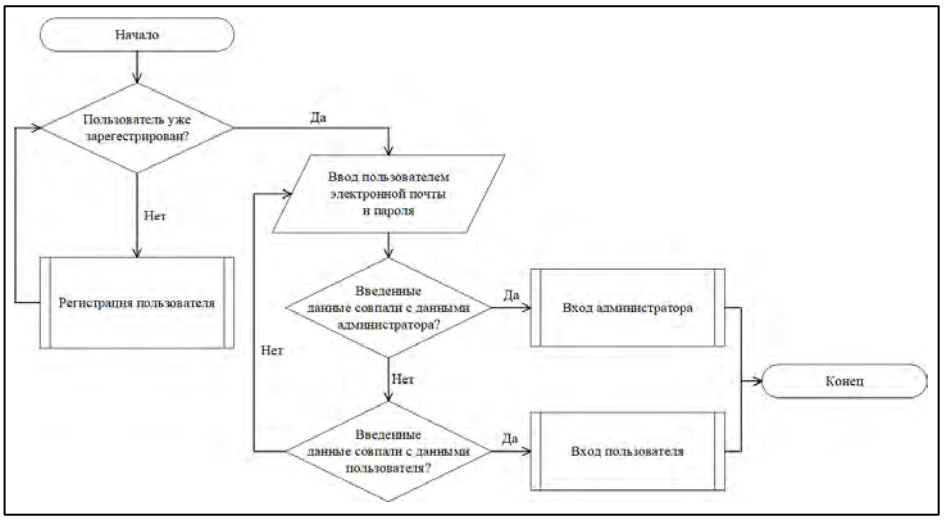


Рисунок 2 – Алгоритм регистрации и авторизации пользователя

Для проверки корректности обработки различных ситуаций, возникающих при регистрации пользователей и оформлении, проведены *JUnit*-тесты. Рассмотрены следующие ситуации при регистрации: пользователь уже зарегистрирован, сбой в системе и успешная регистрация. При оформлении заказа проверены ситуации: если нет товаров в корзине, в корзине товаров больше, чем на складе, и успешный заказ.

Веб-приложение для кафе-кондитерской предназначено для автоматизации процессов приема заказов, управления складскими запасами, учета продаж и взаимодействия с клиентами. Для успешного внедрения необходимо провести грамотную подготовку, установить минимальные и рекомендуемые системные требования, а также определить платформы для распространения программного обеспечения [4].

Таким образом, разработанное веб-приложение функционирует в режиме пользователя и администратора и служит для упрощения управления товарами, пользователями и заказами. Программа позволяет пользователям легко взаимодействовать с меню, оформлять заказы и управлять своим аккаунтом, а администраторам эффективно управлять ассортиментом, пользователями и заказами. Благодаря удобному интерфейсу, четкому разделению ролей и обеспечению безопасности через авторизацию, приложение демонстрирует надежность и удобство использования. Такое решение особенно полезно для предприятий, которым необходимо автоматизировать процессы работы с клиентами и внутреннее администрирование.

Заключение. Разработано функционирующее веб-приложение, которое автоматизирует процессы управления меню, заказами и учетными записями пользователей, обеспечивая удобный интерфейс и централизованное хранение данных. Реализация данной системы позволяет значительно сократить временные затраты как администраторов, так и пользователей, а также повысить эффективность работы с информацией. Для детального описания и визуализации работы приложения построены диаграммы *UML*, включая диаграммы классов, вариантов использования и состояний.

Созданное веб-приложение позволяет одновременно взаимодействовать с системой как администраторам, так и пользователям. Администраторы получили эффективные инструменты для управления меню, пользователями и заказами, в то время как пользователи могут легко взаимодействовать с меню, оформлять заказы и управлять своей учетной записью.

Список литературы

1. *Сравнение Python, JavaScript и Java [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dzen.ru/a/ZVzpAPjfHF5g2bQw. – Дата доступа: 28.03.2025.*

2. *Популярные языки и фреймворки для разработки микросервисов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cloud.vk.com/blog/populjarnye-jazyki-i-frejmvorki-dlja-razrabotki-mikroservisov/. – Дата доступа: 28.03.2025.*

3. *Сравнение современных СУБД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://drach.pro/blog/hi-tech/item/145-db-comparison. – Дата доступа: 28.03.2025.*

4. *Системные требования к серверу веб-приложения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://help.fsight.ru/9.2u13/ru/mergedProjects/Setup/uiwebsetup/02_systemreq/websetup_sysreq_webserver.htm. – Дата доступа: 28.03.2025.*

UDC 004.423

WEB APPLICATION FOR AUTOMATION OF WORK OF A CAFE-CONFECTIONERY

Bychek E.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Brui N.M. – Master of technical sciences, Senior lecturer of the department of ICSD

Annotation. A web application for automation of the work of a cafe-confectionery has been developed in the Java programming language using the Spring Boot framework. The program provides launching of the web application and transition to different pages on Android and Windows operating systems.

Keywords: web application, automation of work, programming languages, Java, frameworks, Spring Boot.

УДК 004.4

АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ЗАЯВКАМИ И ИНЦИДЕНТАМИ С IT-ОБОРУДОВАНИЕМ КОМПАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНЦИПА DDD

Лесак П. С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, декан ФКП

Аннотация. Обосновано применение принципа *DDD* для построения архитектуры программного средства управления заявками и инцидентами с *IT*-оборудованием компании. Предложен вариант построения такой архитектуры. Выделены преимущества доменно-ориентированной архитектуры, включая адаптивность, масштабируемость, легкость внедрения нового функционала.

Ключевые слова: архитектура, домен, *DDD,* оборудование, моделирование, программное средство, микросервис, масштабирование.

Введение. В современных компаниях эффективное управление заявками и инцидентами, связанными с *IT*-оборудованием, играет ключевую роль в обеспечении стабильной работы информационных систем. Отсутствие централизованного подхода к обработке заявок, несогласованность процессов и недостаточная автоматизация могут привести к задержкам в обслуживании, росту эксплуатационных затрат и снижению продуктивности сотрудников.

Одним из подходов к созданию надежного и гибкого программного средства для управления такими процессами является использование принципов *Domain-Driven Design* (*DDD*). *DDD* позволяет моделировать программное средство на основе предметной области, что способствует лучшему пониманию бизнес-процессов и упрощает дальнейшее развитие программного обеспечения.

Основная часть. В отличие от традиционных подходов, где первостепенное внимание уделяется техническим аспектам, таким как базы данных или протоколы взаимодействия, *DDD* делает акцент на моделировании бизнес-процессов и концепций, характерных для конкретной области.

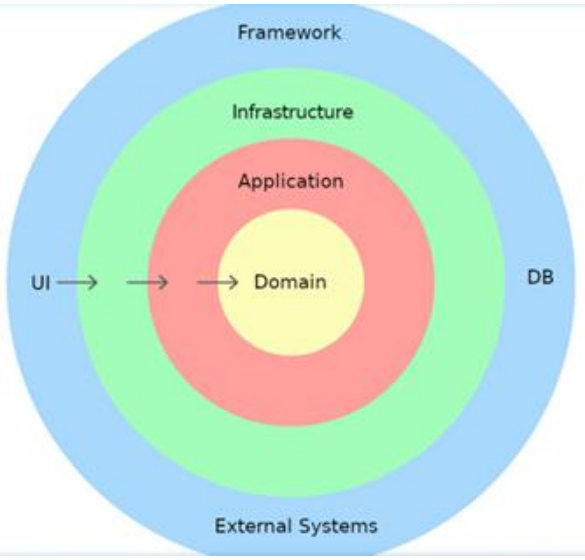


Рисунок 1 – Схема многослойной архитектуры

Основная идея заключается в построении программного средства вокруг доменной модели – набора объектов, сущностей и бизнес-правил, отражающих структуру и динамику предметной области. Для этого используется многослойная архитектура, изображенная на рисунке 1, где каждый уровень программного средства отвечает за свою зону ответственности: слой *API* обрабатывает внешние запросы, слой приложения управляет бизнес-процессами, слой домена содержит основную бизнес-логику, а слой инфраструктуры отвечает за взаимодействие с базами данных и внешними сервисами. Такой подход позволяет отделить бизнес-логику от технических деталей, делая программное средство гибкой, легко расширяемой и удобной для сопровождения. Для того чтобы уравнять разработчиков и экспертов предметной области, чтобы было гораздо проще обмениваться полезными знаниями о предметной области, подход *DDD* предлагает применять общий набор терминов, понятий и фраз, который будет использоваться в общении между членами команды, и который позже отразится в исходном коде результирующей программы.

Применение *DDD* в архитектуре проекта проявляется через несколько ключевых особенностей: разделение программного средства на предметные контексты, использование слоеной структуры сервисов, применение агрегатов для управления целостностью данных, асинхронное взаимодействие через брокер сообщений, а также изолированное хранение данных для каждой предметной области. Эти принципы позволяют построить гибкую, отказоустойчивую и легко масштабируемую программное средство.

Разделение программного средства на предметные контексты минимизирует зависимости между модулями и облегчает управление бизнес-логикой. В архитектуре проекта каждый микросервис представляет отдельный контекст, выполняя строго определенные функции. Сервис авторизации занимается исключительно управлением учетными записями пользователей, сервис заявок отвечает за обработку запросов, а сервис товаров управляет каталогом оборудования. Благодаря такому разделению каждый модуль остается независимым, что не только упрощает разработку и поддержку, но и повышает отказоустойчивость всей программного средства: сбой в одном сервисе не приводит к отказу всей платформы.

Каждый микросервис включает несколько уровней, это позволяет четко разграничить логику работы программного средства и технические детали, такие как взаимодействие с базой данных или брокером сообщений. Сервис заявок не просто сохраняет информацию о новых запросах, а применяет доменные правила, проверяя корректность данных и связывая заявки с пользователями через доменные объекты. Таким образом, архитектура проекта остается чистой и понятной, а изменения в одном слое не затрагивают другие.

Для обеспечения целостности данных в программном средстве активно используются агрегаты, они объединяют связанные сущности в единую структуру и позволяют гарантировать согласованность изменений. В сервисе комплектации товаров каждая заявка может включать несколько позиций, и программное средство должна отслеживать, чтобы все изменения в составе заказа происходили корректно. Агрегаты помогают предотвратить ошибки, связанные с несогласованными изменениями, и обеспечивают предсказуемое поведение программного средства, так как изменения в одном объекте автоматически распространяются на все связанные сущности.

Асинхронное взаимодействие между сервисами реализовано через брокер сообщений *ActiveMQ*. Вместо жестких зависимостей между сервисами используется событийная модель, позволяющая каждому компоненту работать автономно. При оформлении заявки информация сначала отправляется в сервис заявок, который публикует событие о новом заказе в *ActiveMQ*. Другие сервисы, такие как сервис комплектации товаров, подписываются на это событие и обрабатывают его независимо. Такой подход снижает

нагрузку на программное средство, исключает задержки при обработке запросов и повышает масштабируемость архитектуры.

В организации хранения данных, каждая предметная область имеет собственную базу или схему данных. Это исключает избыточные зависимости между сервисами и гарантирует целостность информации внутри каждого контекста. Сервис авторизации хранит данные о пользователях отдельно от сервиса товаров, что позволяет изменять модель пользователей без влияния на структуру каталога оборудования. Такой подход не только упрощает развертывание обновлений, но и снижает риск конфликтов при внесении изменений в программное средство.

Заключение. Архитектура проекта, построенная на основе принципов *DDD*, обеспечивает четкое разделение ответственности, модульность и гибкость программного средства. Использование доменных моделей, агрегатов и событийной архитектуры позволяет создать надежную и масштабируемую платформу для управления заявками и инцидентами с *IT*-оборудованием. Такой подход не только облегчает разработку и поддержку программного средства, но и делает её более устойчивой к изменяющимся требованиям бизнеса, позволяя легко адаптировать логику обработки заявок, добавлять новые модули и расширять функциональность без риска нарушить работу существующих компонентов.

Список литературы

1. Предметно-ориентированное проектирование (DDD) / Эванс, Э. // Структуризация сложных программных систем. – Изд-во Вильямс, 2015. – 448 с.

2. Learning Domain-Driven Design: Aligning Software Architecture and Business Strategy / V. Khononov // O'Reilly Media Inc, 1005 Gravenstein Highway North, 2021. – P. 3-17.

UDC 004.04

BUILDING THE ARCHITECTURE OF A SOFTWARE APPLICATION AND INCIDENT MANAGEMENT TOOL FOR THE COMPANY'S IT EQUIPMENT USING THE DDD PRINCIPLE

Lesak P.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V. – Cand. of Sci., Associate Professor, Dean of the FCAD

Annotation. The application of the DDD principle to build the architecture of a software application and incident management tool with the company's IT equipment is substantiated. A variant of building such an architecture is proposed. The advantages of domain-oriented architecture are highlighted, including adaptability, scalability, and ease of implementation of new functionality.

Keywords: architecture, domain, DDD, hardware, modeling, software, microservice, scaling.

УДК 004.051

FROM WORDS TO VECTORS: TEXT VECTORIZATION TECHNIQUES IN NATURAL LANGUAGE PROCESSING

Krez K.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus

Research Supervisor: Shneiderov E.N. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of PICS

Annotation. This paper discusses the process of text vectorization, which is a key step in Natural Language Processing (NLP). The main vectorization methods are described, including One-Hot Encoding, Bag of Words, TF-IDF and Word Embeddings. The advantages and disadvantages of each method are analyzed, as well as their application in various NLP tasks. Text vectorization converts textual data into numerical vectors that can be processed by machine learning algorithms. This is necessary because computers cannot directly interpret text.

Keywords: encoding, vectorization, text, algorithm, analysis

Natural Language Processing (hereinafter – NLP) is a branch of artificial intelligence dealing with the development of algorithms for analyzing and generating human speech. Since computers are unable to interpret text in its original form, the data must be converted into a numerical format suitable for machine processing. This process of converting text into numerical vectors, known as vectorization, is a fundamental step in modern NLP systems [1].

Text vectorization is the process of transforming linguistic units (words, phrases or documents) into numerical vectors [2] structured sets of numerical values encoding semantic and syntactic features of text data for their subsequent processing by machine learning algorithms.

Since classical machine learning algorithms, including neural networks, work only with numbers, text needs to be converted into numerical form for processing.

In the process of vectorization, text data are transformed into multidimensional numerical representations encoding their linguistic characteristics - from superficial syntactic structures to deep semantic relationships. The resulting vector spaces serve as input to ML models that solve a wide range of NLP tasks, from text classification to natural language generation.

Word vectorization works analogously to a cataloging system in a library. Suppose a librarian has the goal of quickly selecting literature in a given area. Of course, it is possible to analyze each publication manually, but this approach would be extremely time inefficient. Therefore, he creates a system that systematizes the topics for him:

– analyzes the content of each text;

– assigns numerical labels to the texts that reflect the topics.

Text vectorization works in a similar way: each word is encoded with a numeric vector that reflects its meaning and features.

For example, if you represent subject labels as numbers, books on history will be highly weighted by the tag «history» and books on programming will be highly weighted by the tag «programming». Similarly, in the vector representation, words are described not by categories but by multidimensional numerical values that capture their semantic properties.

Main vectorization methods:

– One-Hot Encoding;

– Bag of Words;

– TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency);

– Word Embeddings.

Direct encoding is the most basic approach to transforming text data. In this technology, each word in the dictionary is assigned a unique identifier (index). The words are then mapped in a vector space, where each vector has zero values of all elements except one, whose position corresponds to the index of the represented word.

For an example of direct encoding, consider a dictionary of three lexemes: [«giraffe», «elephant», «animal»]. Accordingly, the vector representation of the word «giraffe» will be [1, 0, 0], of the word «elephant» - [0, 1, 0], and of the word «animal» - [0, 0, 1].

The bag-of-words model represents a text as a multiset of its constituent tokens. The order of these lexemes is not taken into account, and the significant characteristic is their frequency. For each text document, a frequency vector is formed, where each component corresponds to the number of occurrences of a certain word from the dictionary. This method, being simple to implement, allows taking into account the statistics of word occurrence.

As an example of applying the bag-of-words model, consider a corpus of two sentences: «The elephant eats watermelon» and 'The elephant swims in the river'. The lexicon of this corpus is: [«elephant», «eats», «watermelon», «bathes», «in», «river»]. The vector representation of this text in the «bag of words» model would be as follows: [2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1], where each number corresponds to the frequency of occurrence of a word from the dictionary.

TF-IDF is an improved approach compared to bag-of-words. Its peculiarity is that when determining the importance of a word, not only its frequency in a given document (TF), but also its rarity in the general corpus of texts (IDF) is taken into account. This approach reduces the influence of common but unimportant words (e.g., prepositions and conjunctions) and, on the contrary, increases the importance of rare and important terms.

This means that the word «elephant», although it may occur frequently in an individual document (high TF), would not be considered as important for distinguishing between documents as the word «watermelon». Since «watermelon» is rare, its high IDF value will outweigh its potentially low TF in those documents where it is present, making it more significant in terms of TF-IDF.

This method estimates the importance of words by considering their distribution throughout the document collection. However, it still ignores the order of words and their semantic relationship with each other. In addition, the accuracy of TF-IDF strongly depends on the size of the analyzed set of texts.

Embeddings represent the most recent and frequently used method in the field of NLP. They encode words as small vectors, with the semantic proximity between words reflected in the proximity of their vector representations. Embeddings are trained on extensive textual data using neural networks to obtain these representations. This approach demonstrates a number of significant advantages over alternative techniques:

– embeddings allow to take into account semantic relations between lexemes - the vector representation of the word «cat» will be close to the vector of the word «cat»;

– embedding vectors are characterized by low dimensionality, which is a significant advantage compared to high-dimensional vectors of direct encoding;

– over vector representations of words in embeddings it is possible to perform algebraic operations reflecting semantic analogies, for example: the vector «queen» minus the vector «woman» plus the vector «man» is approximately equal to the vector «king».

However, unlike other methods, embeddings are difficult to implement and computationally expensive to train a neural network. Their accuracy also strongly depends on the quality and size of training data.

Table 1 – Text vectorization methods

Characterization	One-Hot Encoding	Bag of Words (BoW)	TF-IDF	Word Embeddings
Presentation	A vector with 0 and 1, where 1 indicates the presence of a word in the text	Vector, where each value is the number of occurrences of the word in the text	Vector, where each value is the weighted frequency of a word given its rarity in the corpus	A dense vector representing the semantics of a word
Dimensionality	Equal to the size of the dictionary	Equal to the size of the dictionary	Equal to the size of the dictionary	Set manually (usually 100-300)
Application	Categorical data, simple NLP tasks	Simple NLP tasks, information retrieval	Information retrieval, text classification	Complex NLP tasks, machine translation, tone analysis
Example	[0, 1, 0, 0, 0, 0, 1] (if dictionary = [cat, dog, mouse, elephant, lion])	[1, 2, 0, 0, 0, 1] (if dictionary = [cat, dog, mouse, elephant, lion])	[0.1, 0.5, 0, 0, 0, 0.2] (weighted frequencies)	[0.2, -0.5, 0.8, ...] (vector of semantic representation of a word)

Thanks to embeddings, which are used in almost all advanced NLP models and large language models (LLMs) for text encoding, these models are able to understand the semantic content of text and generate logical and coherent sentences.

Among the various embedding technologies, Word2Vec and GloVe stand out for their popularity.

Word2Vec technology is based on two different architectures, each of which analyzes text data to extract meaning. However, their approaches to analysis differ:

– the Continuous Bag-of-Words (CBOW) architecture works on the principle of predicting the center word based on the surrounding words (context);

– in contrast, the skip-gram architecture uses the target word to predict its context, i.e., the words that surround it.

GloVe is a method that assumes that semantic relations between words can be determined by analyzing a co-occurrence matrix. This matrix reflects how often different words appear in the same context.

The training process of the GloVe model involves the factorization of this matrix, i.e., its decomposition into its components. The result is vector representations of words that contain information about how often these words occur together.

Converting text into numerical vectors, known as vectorization, is an integral part of NLP, allowing text to be analyzed using machine learning. Different vectorization methods offer different capabilities and are applied depending on the task at hand.

The choice of method, whether simple One-Hot Encoding or «bag-of-words» for basic classification tasks, or more advanced Word Embeddings for machine translation and tone analysis, is determined by the complexity of the task and the resources available.

List of references

1. Lee A, Auli M, Ranzato MA. Discriminative reranking for neural machine translation. In: ACL-IJCNLP 2021 – 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing, Proceedings of the Conference, 2021. P. 7250–7264.

2. Bengfort B., Bilbro R., Okheda T. Prikladnoy analiz tekstovykh dannykh na Python. Mashinnoe obuchenie i sozdanie prilozheniy obrabotki estestvennogo yazyka [Applied analysis of text data in Python. Machine learning and building natural language processing applications]. Saint Petersburg: Piter, 2019, 368 p.

УДК 629.056.8

GPS-ТРЕКЕРЫ И СИСТЕМЫ МЕСТОПОЛОЖЕНИЙ

Новиков А.В., Мозоль Н.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Сыс А.Д. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ПИКС

Аннотация. Глобальная система позиционирования (GPS) – спутниковая технология для точного определения местоположения. Работает на принципе трилатерации, измеряя время прохождения радиосигнала от спутников к приемнику. Использует три сегмента: спутниковый, наземный и пользовательский. Высокоточные атомные часы и алгоритмы коррекции минимизируют ошибки, вызванные атмосферными помехами и релятивистскими эффектами. Развитие GPS улучшает навигацию, транспорт и научные исследования.

Ключевые слова: глобальная система позиционирования (GPS), спутниковая навигация, местоположение, радиосигнал, трилатерация, частоты L1 и L2, атомные часы, релятивистские эффекты, коррекция ошибок, точность координат.

Введение. Глобальная система позиционирования (*GPS*) – это спутниковая система определения местоположения. Эта технология, первоначально разработанная для навигации по Земле, с тех пор была адаптирована и разработана для внеземных применений, таких как определение местоположения на Луне. Система, состоящая из группировки космических аппаратов, расположенных в шести плоскостях орбиты, использует свойства сложно модулированного радиоволнового диапазона *UHF* (сверхвысоких частот), электромагнитного излучения, распространяющегося со скоростью света, для определения местоположения приемника *GPS*. При использовании этого частотного диапазона достигаются минимальные атмосферные помехи; с указанными сигналами, несущими точные временные данные, необходимые для расчета местоположения.

По инициативе Министерства обороны США в 1973 году физики Уильям Гайер и Джордж Вайффенбах заложили основы технологии *GPS*, используя эффект Доплера для точного отслеживания местоположения спутника. Первая спутниковая навигационная система с функцией определения времени и дальности полета (*NAVSTAR*) была запущена в 1978 году для использования правительством США.

GPS-спутники передают сигналы на двух частотах: *L*1 (1575,42 МГц) и *L*2 (1227,60 МГц). Частота *L*1 содержит два кода – точный (ограниченный в использовании) и грубый (общедоступный). Частота *L*2 содержит зашифрованный код для военных. Эти псевдослучайные коды позволяют приемникам точно определять местоположение, отслеживая несколько спутников одновременно. Код должен генерироваться на спутнике и приемнике одновременно.

Проект *GPS* состоит из трех ключевых подсистем: космического сегмента (спутники), сегмента управления (наземные операции) и пользовательского сегмента (приемники), которые применяются в различных областях – от транспорта, современного сельского хозяйства до спасательных операций.

Основная часть. При определении местоположения в системе *GPS* используются несколько основных систем расчета, одной из которых является спутниковая трилатерация. Трилатерация – это метод, используемый *GPS* для определения местоположения приемника, для этого требуется прямая видимость как минимум трех спутников. Одно измерение укажет положение на поверхности сферы. При наличии второго спутника измерения пересекаются в круге, а третье измерение дает две возможные точки. Расстояние до спутников определяется по времени прохождения радиосигнала. Для этого необходимо знать момент отправки сигнала. Четвертый спутник позволяет точно определить

местоположение, поэтому в каждой плоскости он имеет решающее значение для коррекции времени.

Вычисление расстояния от каждого известного местоположения спутника до неизвестного приемника отражает его точное местоположение, как показано на рисунке 1.

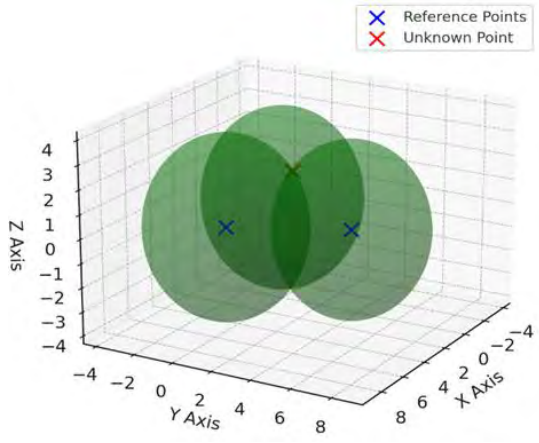


Рисунок 1 – Трилатерация, при которой время, преобразуется в пространственный радиус

Этот метод имеет значительное сходство с методом триангуляции, при котором для определения местоположения используется угловое смещение, в соответствии с рисунком 2, однако есть несколько причин, по которым предпочтение отдается трилатерации.

Прежде всего, трилатерация менее подвержена ошибкам на больших расстояниях, поскольку небольшие угловые погрешности при триангуляции, вызванные ошибочными расчетами или атмосферной рефракцией, могут привести к значительным неточностям в определении местоположения.

Расстояния, рассчитанные с помощью трилатерации, зависят от точного знания времени, необходимого для прохождения сигнала от спутника до приемника. Это требует точного знания времени передачи сигнала, а для этого необходимо учитывать сложности, связанные с релятивистскими эффектами.

При определении координат важно учитывать ошибки, такие как задержки в ионосфере и тропосфере. Скорость сигнала в вакууме постоянна, но при прохождении через атмосферу снижается, что приводит к ошибкам. Современные *GPS*-приемники используют алгоритмы коррекции этих задержек.

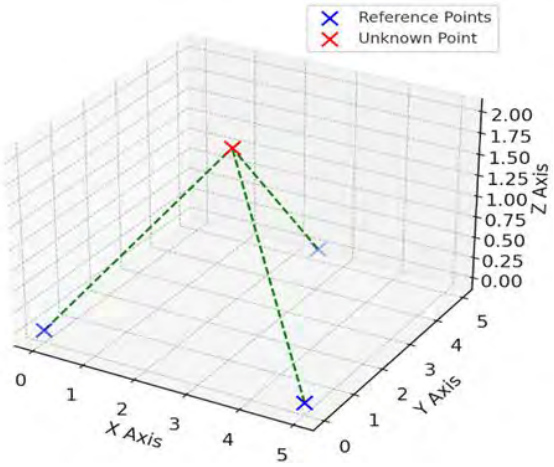


Рисунок 2 – Триангуляция, где известные положения спутников и тригонометрические законы применяются для вычисления положения неизвестной точки

Учитывая важность точного хронометража в технологии *GPS*, используются высокоточные атомные часы. Эти часы обычно используют определение известной и постоянной частоты микроволнового излучения, испускаемого при падении уровня энергии электронов в изотопе цезия-133, в качестве индикатора того, сколько времени прошло. Это намного точнее, чем сравнительный механический механизм, используемый в традиционных хронометражных устройствах, который теряет всего около секунды за период в пятьдесят миллионов лет. Ошибки в работе атомных часов все же возможны, но они незначительны и отслеживаются станциями мониторинга.

Однако без коррекции показания *GPS*-хронометра все равно будут смещаться вперед, как указывалось ранее, что приведет к ошибкам в расчетах местоположения на десятки метров.

Чтобы предотвратить это, часы на спутниках *GPS* предварительно настраиваются перед запуском и работают немного медленнее, чем наземные часы. А также *GPS*-приемники и сегмент управления системой постоянно отслеживают показания спутниковых часов, при этом любые незначительные отклонения корректируются четвертым из четырех плоских спутников, как упоминалось ранее. ***Заключение.*** Развитие технологии *GPS* значительно продвинуло вперед не только системы общественного транспорта, но и методы определения местоположения в целом. Переход от традиционной триангуляции к более точному методу трилатерации позволил добиться значительного прогресса в отслеживании местоположения на больших расстояниях.

Со временем надежность, точность и удобство использования *GPS* только возросли. Новые направления исследований, особенно в области изучения слоев атмосферы Земли, их нелинейного поведения и потенциального взаимодействия с сигналами *GPS*, могут привести к дальнейшим разработкам.

Список литературы

1. *Bichard, B. Langley The GPS Observables / B. Langley Bichard. – University of New Brunswick : GPS World, Vol. 4, №4, 1993. – 55 – 69 pp.*

2. *S Bize et al, (2005), Cold Atom Clocks and Applications, Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics, Vol 38, №9, DOI: 10.1088/0953–4075/38/9/002*

3. *Kouba, J. Improved Relativistic Transformations in GPS. GPS Solutions Vol 8 / J. Kouba. – New York : J. Kouba, 2004. – 170–180 pp.*

UDC 629.056.8

GPS TRACKERS AND LOCATION SYSTEMS

Novikov A.V., Mozol N.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Sys A.D. – Master of technical sciences, senior lecturer

Annotation. The Global Positioning System (GPS) is a satellite technology for precise location determination. It operates on the principle of trilateration, measuring the transit time of a radio signal from satellites to a receiver. It uses three segments: satellite, terrestrial and user. High-precision atomic clocks and correction algorithms minimize errors caused by atmospheric interference and relativistic effects. The development of GPS improves navigation, transportation, and scientific research.

Keywords: global positioning system (GPS), satellite navigation, location, radio signal, trilateration, L1 and L2 frequencies, atomic clocks, relativistic effects, error correction, coordinate accuracy.

УДК 621.313.13

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ФОТОШАБЛОНОВ

Тумилович В.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пискун Г.А. – к. т. н. доцент, доцент кафедры ПИКС, Юдицкий В. А. – главный специалист-начальник лаборатории ОАО «Планар»

Аннотация. В статье анализируются ключевые этапы процесса производства фотошаблонов, в ходе которых возникают дефекты. Описаны основные виды дефектов и возможные причины их возникновения. Рассматривается метод исправления дефектов с использованием лазера. Также указаны недостатки лазерного метода при коррекции элементов топологического рисунка фотошаблонов.

Ключевые слова: дефект; шаблон; фотошаблон; микроэлектроника; методика; метод; электроника; вырыв; топология; исследования.

Введение. Изготовление интегральной микросхемы представляет собой длительный и трудоемкий процесс. Для создания даже простой схемы одна полупроводниковая пластина проходит примерно десять ключевых этапов. Одной из таких операций, помимо нанесения различных пленок, является фотолитография. Все эти виды литографии объединяет один оптический инструмент – фотошаблон. Фотошаблоном называют плоскую прозрачную пластину, на которой изображен узор, состоящий из комбинации прозрачных и непрозрачных для света определенной длины волны участков, формирующих топологию устройства или группы повторяющихся элементов в пределах рабочего поля пластины [2]. Качество фотошаблонов влияет на технико-экономические характеристики всего процесса производства интегральных микросхем. К таким характеристикам относятся: минимальные размеры компонентов, их точность и воспроизводимость; конечная стоимость продукции, определяемая трудозатратами и затратами на проектирование, а также стоимость производства и процент годных интегральных микросхем.

Целью работы является анализ маршрута изготовления фотошаблонов, их основные дефекты, которые появляются по мере изготовления, а также способы исправления дефектов элементов топологического рисунка.

Основная часть. Производство фотошаблонов начинается с изготовления стеклянных пластин. В качестве исходного материала используется оптическое боросиликатное стекло.

После плавления стекло формуется, чтобы придать ему определенную форму и размер. В качестве подложек для фотомасок обычно используются квадратные пластины следующих размеров, мм: 76х76х3, 102х102х3, 127х127х3 [3].

Затем осуществляется нанесение маскирующего покрытия. В качестве материала для пленок обычно используются хром и оксид железа. Перед нанесением металлического слоя стеклянная пластина подвергается химической очистке и промывке в деионизированной воде. Металлический слой наносят с помощью следующих методов: вакуумная металлизация, термическое испарение или катодное распыление, а также химическое осаждение пленок.

Завершают процесс создания заготовки для фотошаблона нанесением слоя фоточувствительного материала. Его наносят различными методами: распылением, вытягиванием, заливкой, накаткой и центрифугированием. После нанесения необходимо провести сушку при температурах 80-100 °С в течение 10-30 минут.

Поскольку фотошаблоны бывают нескольких типов (промежуточные, проекционные, эталонные и рабочие), формирование топологического рисунка на поверхности заготовки также различается. Для промежуточных и проекционных рисунков, преимущественно хромированных, формирование изображения осуществляется с использованием лазерных генераторов изображений [4,7]. Эталонные и рабочие фотошаблоны, в основном с покрытием из оксида железа, используют вторичную съемку с окончательным уменьшением и увеличением изображения, установка – фотоповторитель.Химическая обработка проходит в три этапа: проявление, травление и снятие слояфоторезиста. При проявлении используют два способа: погружение в раствор и центрифугирование.

Основным технологическим методом удаления пленки фотопластика является обработка подложек в соответствующих растворителях. Пленки положительных фотопластиков легче всего растворяются в ацетоне, диизопропиловом эфире, диметилформамиде и водных щелочных растворах.

Проверка фотошаблонов представляет собой достаточно сложную и важную процедуру. Она включает в себя: измерение геометрических параметров проверяемых элементов, оценку совместимости комплектов фотошаблонов, анализ рабочего поля шаблона и проверку топологического рисунка.

Дефекты, возникающие в фотошаблонах:

Существуют различные виды дефектов фотошаблонов. Они делятся непрозрачные и прозрачные. Данные дефекты соответсвенно делятся на: дефекты формы, дефекты размера, дефект пропускания, дефект смещения, отсутствие непрозрачной топологии.

В настоящее время наблюдаются следующие трудности при устранении прозрачных дефектов:

1 Выбор материала осаждения, который соответствует типу подложки, и его адаптация для использования на всех типах подложек.

2 «Дополнение» топологии с высокой степенью точности (менее 50 нм) между элементами, расположенными близко друг к другу [5].

Непрозрачные дефекты корректируются путем испарения лишнего материала или дефектной зоны путем испарения (абляции) под воздействием импульсного лазера [8].Он исправляет такие дефекты как: островок (1), краевой выступ (2), угловой выступ (3), непрозрачный мостик (4), увеличенный размер на непрозрачной топологии (5), уменьшенный размер на непрозрачной топологии (6), удлинение на непрозрачной топологии (7), усечение на непрозрачной топологии (8), смещение на непрозрачной топологии (9), дефект пропускания на прозрачной топологии (10), островок произвольной формы (11), смещение на непрозрачной топологии (12). На рисунке 1 ниже показано схематичное изображение непрозрачных дефектов фотошаблона.

А прозрачные дефекты коректруются ионно-лучевым травлением и лазерно-химическим осождением материала на прозрачный дефект [6]. Он исправляет такие такие дефекты как: прокол (13), краевой вырыв (14), угловой вырыв (15), прозрачный мостик (16) увеличенный размер на прозрачной топологии(16), уменьшенный размер на прозрачной топологии (17), удлинение на прозрачной топологии (18), усечение на прозрачной топологии (19), смещение на прозрачной тропологии (20), дефект пропускания на непрозрачной тропологии (21), отсутствие прозрачной тропологии (22), краевой выступ произвольной формы (23), непрозрачный мостик (24). На рисунке 2 ниже показано схематичное изображение прозрачных дефектов фотошаблона.

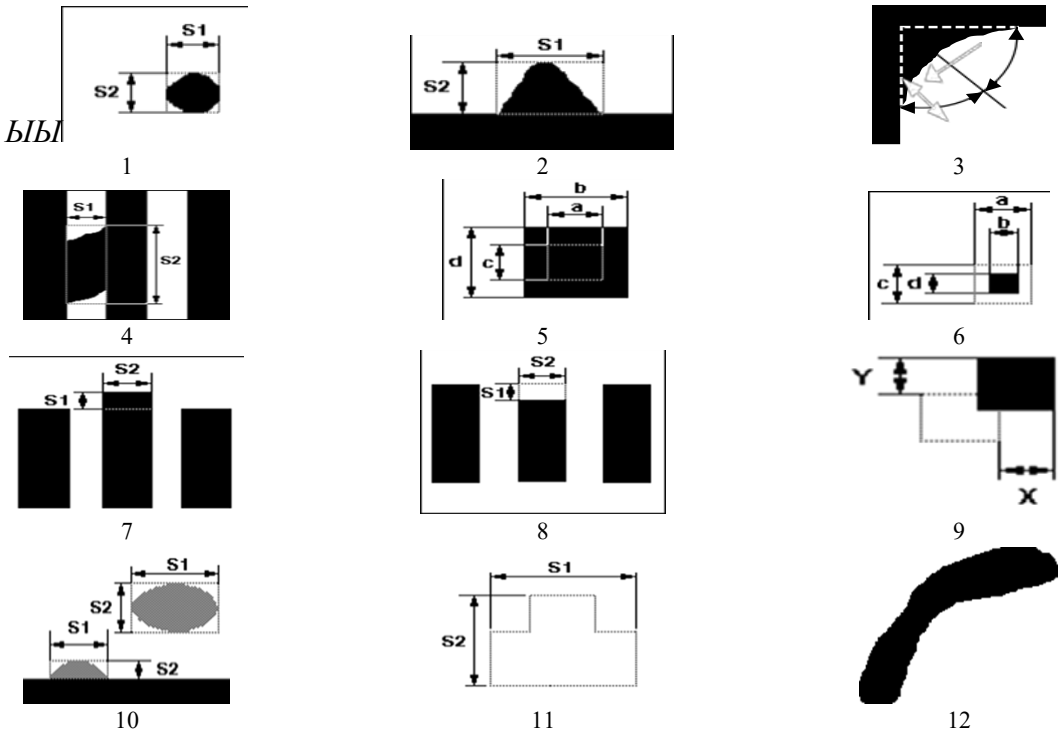


Рисунок 1 – Непрозрачные дефекты : краевой выступ (2), угловой выступ (3), непрозрачный мостик (4), увеличенный размер на непрозрачной топологии (5), уменьшенный размер на непрозрачной топологии (6), удлинение на непрозрачной топологии (7), усечение на непрозрачной топологии (8), смещение на непрозрачной топологии (9), дефект пропускания на прозрачной топологии (10) , островок произвольной формы (11), смещение на непрозрачной топологии (12)

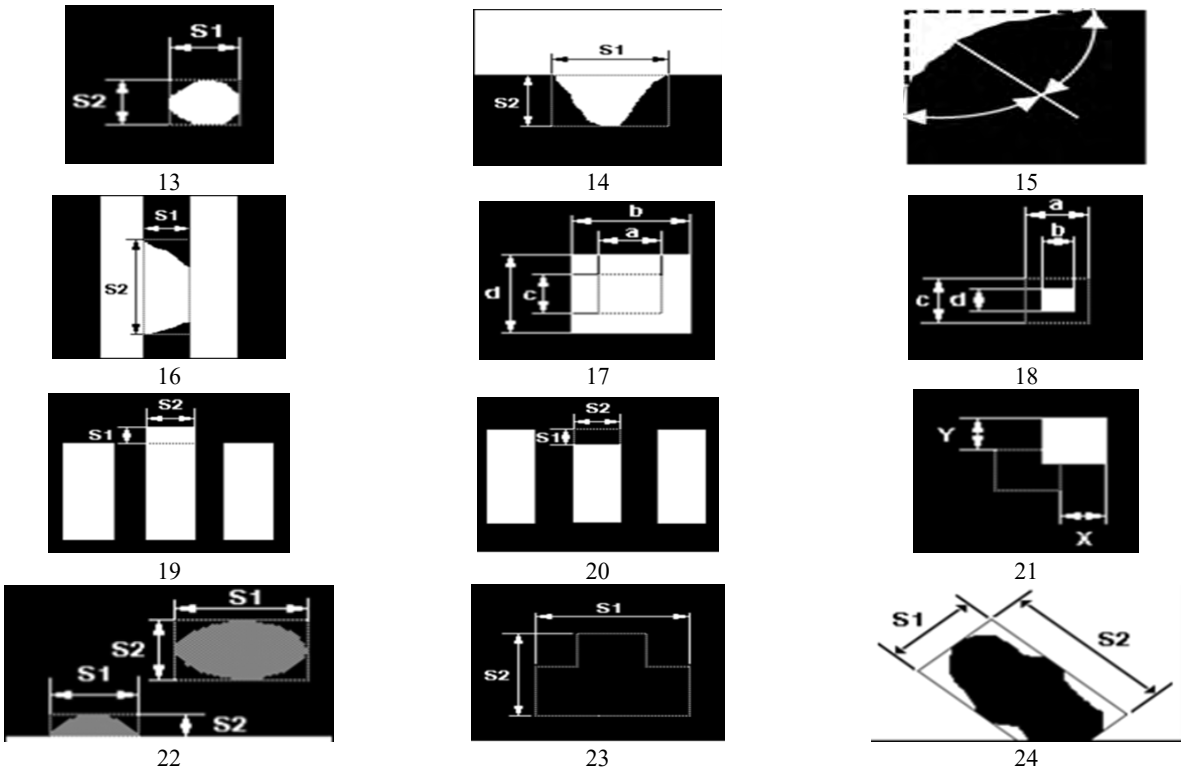


Рисунок 2 – Прозрачные дефекты: прокол (13), краевой вырыв (14), угловой вырыв (15), прозрачный мостик (16) увеличенный размер на прозрачной топологии (16), уменьшенный размер на прозрачной топологии (17), удлинение на прозрачнойтопологии (18), усечение на прозрачной топологии (19), смещение на прозрачной тропологии (20), дефект пропускания на непрозрачной тропологии (21), отсутствие прозрачной тропологии (22), краевой выступ произвольной формы (23), непрозрачный мостик (24)

ОАО *«Планар»* предлагает оптимальное решение данной проблемы, применяя свои высокотехнологичные машины, которые гарантируют высокую степень надежности и точности на каждом этапе производственного цикла [9]. Производственный процесс начинается с начальной стадии, где закладываются основы изделия, и завершается на этапе коррекции дефектов, обеспечивая тем самым высокое качество и надежность конечного продукта (рисунок 3).

Рисунок 3 – Система производства фотошаблонов

Заключение. Анализ процесса производства фотошаблонов демонстрирует, что на современном этапе технологического развития появление дефектов является неизбежным. Для увеличения доли качественной продукции необходимо внедрение процедуры коррекции дефектов. Наиболее действенным способом устранения дефектов, проявляющихся в виде элементов топологического рисунка, является лазерный метод. Исследования, сосредоточенные на улучшении лазерного метода, остаются актуальными.

Список литературы

1. Лапшинов. Б. А. Технология литографических процессов [Текст]: Лапшинов Б.А. Л 24 Технология литографических процессов: учеб. пособие. – М .: Московский государственный институт электроники и математики, 2011. – 87с.

2. Русецкий В.А. Технология изготовления фотошаблонов, основанная на оперативном моделировании параметризованных процессов фотолитографии [Текст] // Наука и техника, 2013. – № 4. – С. 43– 48.

3. Карпович Р.А. Изготовление фотошаблонов для микроэлектроники / Сост. Р.А. Карпович. — Москва : Б. и., 1973. – 95 с.

4. Кручинин Д. Ю. Фарафонтова Е. П. Фотолитографические технологии в производстве оптических деталей [Текст]: Кручинин, Д. Ю. Фотолитографические технологии в производстве оптических деталей: учеб. пособие. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 51 с.

5. Стецик В. М. Основы оптических технологий в микроэлектронике [Электронный ресурс]: Стецик, В. М. Основы оптических технологий в микроэлектронике: учеб. материалы / В. М. Стецик; БГУ, Факультет радиофизики и компьютерных технологий. – http://elib.bsu.by/handle/123456789/7660.

6. Вейко В. П. Лазерные микро– и нанотехнологии в микроэлектронике [Текст]: Вейко В.П. «Лазерные микро– и нанотехнологии в микроэлектронике»: опорный конспект екций. – СПб: НИУ ИТМО, 2011. – 132 с.

7. Руководство по классификации дефектов фотошаблонов и определению размеров, 2020. – 2– 7 с.

8. ГОСТ ИСО 14644-1-2002. Межгосударственный стандарт. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Ч. 1–7. М. : Изд-во стандартов, 2003.

9. Готра З.Ю. Технология микроэлектронных устройств [Текст] : Справочник. – М. :Радио и связь, 1991. – 511 с.

10. Аваков С., Пушкин Л., Русецкий В., Трапашко Г., Юдицкий В. Лазерное оборудование для изготовления фотошаблонов [Электронный ресурс]: Журнал: электроника: наука, технология, бизнес, 2010. – № 3 (101). – С. 26–31. – https://elibrary.ru/item.asp?id=16535245

UDC 621.3.10.33764

OCCURRENCE OF DEFECTS THE PRODUCTION OF MASKS

Tumilovich V.V

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Piskun G.A. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Yuditsky Valeryan Alexandrovich – The chief specialist of the laboratory Planar KBTEM

Annotation. The article analyzes the key stages of the photomask production process, during which defects occur. It describes the main types of defects and possible causes of their occurrence. The method of correcting defects using a laser is discussed. The drawbacks of the laser method for correcting elements of the photomask's topological pattern are also noted. Additionally, the article highlights the importance of minimizing defects at the design and production stages to achieve a quality result.

Keywords: Defect; template; photo template; microelectronics; methodology; method; electronics; breakout; topology; research.

УДК 004.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЛОКЧЕЙНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ В УПРАВЛЕНИИ ЦЕПОЧКАМИ ПОСТАВОК

Логвинович М.В., Крупенич Е.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Скиба И.Г. – ассистент кафедры ЭВМ

Аннотация. В данной статье рассматривается применение технологии блокчейн в управлении цепочками поставок, анализируются основные проблемы традиционных систем управления, такие как недостаточная прозрачность, высокий уровень мошенничества и сложность отслеживания товаров.

Ключевые слова: блокчейн, управление цепочками поставок, прозрачность, децентрализация.

Введение. Управление цепочками поставок (*Supply Chain Management*, *SCM*) представляет собой комплексный процесс координации и интеграции всех этапов движения товаров, информации и финансовых потоков от поставщиков сырья до конечных потребителей [1]. Современные системы *SCM* сталкиваются с рядом проблем, таких как отсутствие доверия между участниками, подделка товаров, сложность верификации происхождения продукции и задержки в обработке транзакций. Одной из наиболее перспективных технологий, позволяющих решить эти проблемы, является блокчейн.

Основная часть. Традиционные системы управления цепочками поставок часто страдают от недостатка прозрачности и высокой зависимости от посредников. Внедрение такой технологии, как блокчейн, помогает решить эти проблемы, обеспечивая неизменяемость записей, децентрализацию данных и возможность отслеживания продукции в реальном времени. Блокчейн представляет собой распределенный реестр, в котором каждая транзакция записывается в виде блока и связывается с предыдущими, образуя хронологическую последовательность. Эта структура обеспечивает высокую степень защиты и прозрачности, поскольку данные, однажды внесенные в блокчейн, не могут быть изменены без согласия всех участников сети.

Одним из ключевых преимуществ блокчейна является его гибкость, позволяющая адаптировать технологию под различные бизнес-процессы. В зависимости от уровня открытости и управления доступом, блокчейны можно классифицировать на несколько типов, каждый из которых имеет свои особенности и применяется в разных сценариях управления цепочками поставок. Публичные блокчейны (*Bitcoin*, *Ethereum*) открыты для всех участников сети и обеспечивают высокий уровень безопасности, но требуют значительных ресурсов и могут быть менее эффективными для бизнеса. Частные (*Hyperledger Fabric*, *R3 Corda*) предназначены для корпоративного использования, обеспечивая более быструю обработку данных и контроль доступа. Консорциумные управляются группой организаций и сочетают преимущества частных и публичных блокчейнов. Они обеспечивают совместный доступ и контроль, что способствует повышению доверия и эффективности между партнерами.

Применение блокчейна в цепочках поставок охватывает различные аспекты, включая автоматизацию контрактов, проверку подлинности товаров и оптимизацию логистики. Смарт-контракты, реализованные в блокчейне, способны снижать операционные затраты и повышать скорость выполнения сделок за счет автоматического исполнения условий без посредников.

В таблице 1 приведены основные характеристики блокчейна и их потенциальное влияние на системы контроля цепочек поставок.

Таблица 1 – Основные характеристики блокчейна и их влияние на управление цепочками поставок

Характеристика	Влияние на *SCM*
Неизменяемость	Данные практически невозможно изменить или удалить после их одобрения узлами в блокчейне, что защищает от мошенничества и повышает доверие между участниками
Безопасность	Криптографические алгоритмы обеспечивают защиту данных от несанкционированного доступа, включая транзакции и информацию о продукции
Надежность	Система позволяет партнерам по бизнесу работать без личного знакомства, что увеличивает доверие при взаимодействии
Децентрализованность	Отсутствие центрального института и равенство узлов сети снижает затраты и повышает эффективность, исключая необходимость верификации третьими сторонами
Прозрачность	Валидация на всех узлах и невозможность скрытия транзакций увеличивает доверие и ценность бизнес-системы
Устойчивость к подделке данных	Невозможность изменения информации после генерации блока повышает надежность цепочки поставок
Снижение посредничеств	Уменьшение числа посредников ускоряет транзакции и повышает доверие среди участников процесса

Среди реальных примеров внедрения блокчейна в управление цепочками поставок можно выделить *Walmart* и *IBM Food Trust*. Это одна из первых крупных инициатив по использованию технологии блокчейна для отслеживания происхождения продуктов питания. Система *IBM Food Trust* позволяет *Walmart* и другим участникам цепочки поставок отслеживать путь продуктов от фермеров до полок супермаркетов. Технология значительно сокращает время для отслеживания источников происхождения продуктов, что не только улучшает безопасность пищевых товаров, но и минимизирует риск продаж некачественной продукции. В случае обнаружения проблем с продуктами, таких как загрязнение, блокчейн позволяет оперативно найти источник проблемы, улучшая реакцию и предотвращая распространение дефектной продукции [2].

Заключение. Использование блокчейн-технологий в управлении цепочками поставок открывает новые возможности для повышения прозрачности, эффективности и доверия между участниками. Однако для успешного внедрения необходимо учитывать технические и организационные аспекты, а также быть готовыми к изменениям в существующих бизнес-процессах.

Список литературы

1. *Agarwal, U., Rishiwal, V., Tanwar, S., Chaudhary, R., Sharma, G., Bokoro, P. N., Sharma, R. Blockchain Technology for Secure Supply Chain Management: A Comprehensive Review / IEEE, 2022.*

2. *Chowdhury, R. H. Automating supply chain management with blockchain technology / R.H. Chowdhury // World Journal of Advanced Research and Reviews. – 2024.*

UDC 004.9

BLOCKCHAIN USAGE FOR ENHANCED TRANSPARENCY AND EFFICIENCY IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Logvinovich M.V., Krupenich E.G.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Skiba I.G. – Assistant of the department of ECS

Annotation. This article explores the application of blockchain technology in supply chain management, analyzing the main issues of traditional management systems, such as lack of transparency, high levels of fraud, and the difficulty of tracking goods.

Keywords: blockchain, supply chain management, transparency, decentralization.

УДК 004.021:004.832.2

МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ПРОЦЕСС ЕЕ ИНТЕГРАЦИИ С ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

Михальков М.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Нестеренков С.Н. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПОИТ

Аннотация. В данной работе представлено описание модели интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) и процесс ее интеграции с рекомендательной системой (РС). Описаны алгоритмы формирования рекомендаций на основе гибридных моделей. Результаты работы могут быть применены в различных областях, однако упор в данной работе сделан на область электронной коммерции.

Ключевые слова: интеллектуальная система поддержки принятия решений, рекомендательная система, интеграция, гибридные модели, объяснимый ИИ, адаптивное обучение.

Введение. Интеллектуальная система поддержки принятия решений – это система поддержки принятия решений, которая широко использует методы искусственного интеллекта. На самом деле, такие термины, как «системы, основанные на знаниях» и «интеллектуальные системы» использовались с начала 1980-х годов для описания компонентов систем управления. Считается, что система поддержки принятия решений возникла у Клайда Холсапла и Эндрю Уинстона в конце 1970-х годов. Примеры специализированных интеллектуальных систем поддержки принятия решений включают гибкие производственные системы, интеллектуальные системы поддержки принятия маркетинговых решений и системы медицинской диагностики [1].

В современном мире существует огромное множество сфер применения интеллектуальных систем поддержки принятия решений, таких как общественная безопасность, промышленность, медицина, электронная коммерция и другие.

В области общественной безопасности ИСППР используются для мониторинга и прогнозирования преступности, управления чрезвычайными ситуациями и обеспечения кибербезопасности. В промышленности такие системы применяются для предиктивного обслуживания оборудования, оптимизации производственных процессов и управления цепочками поставок. В медицине интеллектуальные системы помогают врачам в диагностике заболеваний, подборе персонализированного лечения и анализе медицинских изображений. В сфере электронной коммерции они используются для персонализированных рекомендаций, предсказания поведения пользователей и управления ценообразованием. Их развитие и интеграция с технологиями искусственного интеллекта продолжают расширять возможности использования в различных отраслях [2].

В статьях [3, 4] был представлен обзор моделей и методов построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений в области электронной коммерции. В данном же исследовании будет рассмотрено описание модели интеллектуальной системы поддержки принятия решений и процесс ее интеграции с персонализированной рекомендательной системой.

Интеграция интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) с рекомендательной системой (*РС*) играет ключевую роль в повышении эффективности и точности принимаемых решений.

Объединение аналитических возможностей ИСППР с персонализированными рекомендациями РС позволяет оптимизировать процессы, снижая влияние человеческого фактора и ускоряя обработку информации.

Также использование машинного обучения и анализа больших данных увеличивает точность прогнозов, что особенно важно в сложных и динамичных средах.

Рекомендательная система персонализирует предложения, учитывая индивидуальные предпочтения, контекст и поведенческие факторы, что делает принимаемые решения более релевантными и адаптированными к конкретным условиям.

Кроме того, интегрированная система обладает высокой степенью адаптивности, способностью к самообучению и улучшению качества решений со временем [5].

В рамках исследования рассматривается модель ИСПП, которая использует методы глубокого обучения для анализа последовательностей действий пользователей, учитывает временные тренды, а также корректирует список рекомендованных товаров с учетом бизнес-метрик, таких как сезонность, прибыль, тренды, *CTR* (*Click-Through Rate*) и *ROI* (*Return on Investment*). Основными компонентами системы являются рекуррентные нейронные сети (*RNN*, *LSTM*) для анализа последовательностей, использование временных трендов и внедрение бизнес-ориентированных метрик для корректировки рекомендаций.

Основная часть. Математически модель может быть представлена следующим образом. Пусть X_t – это последовательность входных данных, характеризующих действия пользователя в момент времени *t*, например, клики на товар, просмотренные товары, или другие действия, формула 1:

$$X_t = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

где x_i – это отдельные признаки.

Задача состоит в том, чтобы на основе этой последовательности предсказать, какие товары будут наиболее интересны пользователю в будущем. Для этого используется рекуррентная нейронная сеть (*RNN*), которая способна учитывать зависимость данных по времени.

Рекуррентные нейронные сети (*RNN*) и их улучшенные версии, такие как *LSTM* (*Long Short-Term Memory*), позволяют эффективно моделировать последовательности данных, такие как действия пользователей на платформе. Стандартная *RNN* обрабатывает последовательности с учетом времени, где скрытое состояние на каждом шаге зависит от предыдущего состояния. Математически, это можно выразить следующим образом, формула 2:

$$h_t = f(W_x x_t + W_h x_{t-1} + b), \quad (2)$$

где h_t – скрытое состояние в момент времени *t*;

x_t – входные данные на шаге *t*;

W_x и W_h – веса для входных данных и предыдущего состояния;

b – смещение.

Однако стандартная *RNN* имеет проблему исчезающих градиентов, что ограничивает её способность учитывать долгосрочные зависимости. Для решения этой проблемы используется *LSTM*, в котором добавляются механизмы забывания, сохранения и выбора информации, что позволяет эффективно работать с более длинными последовательностями и длительными зависимостями.

Еще одним из ключевых аспектов рекомендательных систем является учет временных трендов и недавней активности пользователя. Для этого можно добавить дополнительные признаки, связанные с временными интервалами или трендами поведения, например, последние n кликов пользователя. Математически, для предсказания товара в момент времени t можно использовать следующие данные, формула 3:

$$X_t^{trend} = (x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n+1}), \quad (3)$$

где X_t^{trend} – это последовательность входных признаков (*n* кликов).

Эти признаки могут быть поданы в *LSTM*-слой, который научится учитывать как недавнюю активность, так и долгосрочные паттерны в поведении пользователя.

Кроме того, можно использовать методы временной декомпозиции для выявления сезонных трендов или изменений в поведении пользователей, что особенно важно для бизнеса в периоды высоких или низких продаж (например, праздничный сезон).

Для того чтобы рекомендации были не только точными, но и соответствовали стратегическим целям бизнеса, необходимо учитывать дополнительные метрики, такие как сезонность, прибыль, тренды, *CTR* (*Click-Through Rate*) и *ROI* (*Return on Investment*). В этой части ИСПП будет включена дополнительная логика, которая будет корректировать список рекомендованных товаров в зависимости от текущих бизнес-целей и контекста.

Модель может учитывать временные паттерны, такие как праздничные сезоны, распродажи и другие периоды, когда определенные товары становятся более востребованными. Это можно реализовать через введение дополнительных признаков времени, которые будут напрямую влиять на выбор рекомендованных товаров.

Вместо того чтобы просто рекомендовать товары с наибольшим *CTR*, система будет учитывать товары с высокой маржой прибыли. Для этого в процессе обучения можно включить параметр прибыли для каждого товара и скорректировать веса модели в зависимости от этого параметра.

Товары, которые становятся трендовыми, могут быть рекомендованы даже если у пользователя нет явных признаков интереса. Для этого можно использовать информацию о текущих трендах на платформе или в рамках региона.

Ключевым моментом является то, что не все клики приводят к прибыли, а каждый товар имеет свой *ROI*. Модель должна учитывать это, и на основе предсказания *CTR* для каждого товара, скорректировать список товаров с учетом ожидаемой прибыльности. Формально, это можно выразить через следующую задачу оптимизации, формула 4:

$$min \sum_{i} (\alpha(1 - CTR_i) + \beta(1 - ROI_i)), \tag{4}$$

где CTR_i – это вероятность клика на товар i;

ROI_i – это ожидаемая рентабельность инвестиций от товара i;

α и β – веса для учета важности *CTR* и *ROI* в модели.

Кроме того, важным требованием является интерпретируемость – способность объяснить, почему модель предложила тот или иной товар. Для этого можно использовать методы объяснения работы моделей, такие как *LIME* (*Local Interpretable Model-agnostic Explanations*) или *SHAP* (*SHapley Additive exPlanations*). Эти методы позволяют анализировать вклад каждого признака в предсказание модели, что особенно важно для понимания, как и почему модель делает свои рекомендации. В случае ИСПП можно получить объяснение для каждого товара, которое будет включать:

– почему товар выбран с учетом временного тренда или сезонности;

– как действия пользователя повлияли на выбор товара;

– как бизнес-метрики изменяют рекомендации.

Интеграция рекомендательной системы (РС) с интеллектуальной системой поддержки принятия решений (ИСППР) может быть описана через гибридную функцию полезности, которая комбинирует персонализированные предпочтения пользователей и бизнес-метрики, формула 5:

$$\widehat{r_{ui}} = \alpha * \Phi_{RS}(u, i) + \beta * \Phi_{Seq}(u, i, T) + \gamma * \Phi_{Biz}(i, M) + \delta * \Phi_{RealTime}(u, i, E), \tag{5}$$

где $\Phi_{RS}(u, i)$ – предсказания от рекомендательной системы;

$\Phi_{Seq}(u, i, T)$ – анализ последовательностей действий пользователя;

$\Phi_{Biz}(i, M)$ – корректировка рекомендаций на основе бизнес-метрик;

$Ф_{RealTime}(u, i, E)$ – аналитика в режиме реального времени.

Кроме того, процесс интеграции подразумевает аналитику в режиме реального времени с *Kafka*. *Kafka* применяется для потоковой обработки событий. События (клики, покупки, просмотры) поступают в *Kafka*-топик, где они анализируются с помощью *Spark Streaming*, обновляют модели рекомендаций в режиме реального времени и передаются в микросервис рекомендаций. *Kafka* позволяет оперативно реагировать на изменения в поведении пользователей и быстро корректировать рекомендации.

Периодическое обновление моделей обеспечивается через *Celery* и *Redis*. *Redis* кэширует актуальные данные для быстрого доступа. *Celery* запускает задачи обновления моделей (раз в день) на основе новых данных. Задачи *Celery* включают обновление матричной факторизации, переобучение *LSTM* с новыми данными и корректировку весов моделей по бизнес-метрикам.

Заключение. Подводя итог, математическая модель интеллектуальной системы поддержки принятия решений, построенная с использованием рекуррентных нейронных сетей (*RNN*, *LSTM*), учета временных трендов и бизнес-метрик, значительно повышает качество персонализированных рекомендаций. Включение таких факторов, как сезонность, прибыль, тренды, *CTR* и *ROI*, позволяет корректировать список рекомендованных товаров в соответствии с бизнес-целями, обеспечивая более высокую рентабельность и соответствие потребностям пользователей.

Список литературы

1. *Никонов, О.И. Математическое моделирование и методы принятия решений: учеб. пособие / О.И. Никонов, С.В. Кругликов, М.А. Медведева. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 100 с.*

2. *Аксенов, К.А. Моделирование и принятие решений в организационно-технических системах: учебное пособие. В 2 ч. Ч.1 / К.А. Аксенов, Н.В. Гончарова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 104 с.*

3. *Михальков, М. Д. Модели и методы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений / М. Д. Михальков // Информационные технологии в образовании, науке и производстве [Электронный ресурс] : материалы XI международной научно-технической конференции, Минск, 21-22 ноября 2023 г. / сост. М. Г. Карасёва. – Минск : БНТУ, 2024. – С. 439-443.*

4. *Михальков, М. Д. Модели и методы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений в области электронной коммерции = Models and methods for constructing intelligent decision support systems in the field of e-commerce / М. Д. Михальков // Инженерный бизнес [Электронный ресурс] : сборник материалов IV Международной научно-практической конференции в рамках 21-й Международной научно-технической конференции БНТУ «Наука – образованию, производству и экономике» 22-24 ноября 2023 г. / редкол.: О. С. Голубова [и др.] ; сост. О. С. Голубова. – Минск : БНТУ, 2024. – С. 235-239.*

5. *Keith Bonawitz, Hubert Eichner, Wolfgang Grieskamp, Dzmitry Huba, Alex Ingerman, Vladimir Ivanov, Chloe Kiddon, Jakub Konecny, Stefano Mazzocchi, Brendan McMahan, Timon Van Overveldt, David Petrou, Daniel Ramage, and Jason Roselander. Towards federated learning at scale: System design. In Proc. 2nd Conference on Systems and Machine Learning (SysML), 2019.*

UDC 004.021:004.832.2

MODEL OF INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM AND THE PROCESS OF ITS INTEGRATION WITH THE PERSONALISED RECOMMENDATION SYSTEM

Mikhalkov M.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Nesterenkov S.N. – Cand. of Sci., associate professor of the department of ITS

Annotation. This article presents a description of the model of an intelligent decision support system (IDSS) and the process of its integration with a recommender system (RS). Algorithms for generating recommendations based on hybrid models are described. The results of the work can be applied in various areas, but the emphasis in this paper is on the field of e-commerce.

Keywords: intelligent decision support system, recommender system, integration, hybrid models, explainable AI, adaptive learning.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Швед Е.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, декан ФКП

Аннотация. Экспериментально исследованы современные методы мониторинга и анализа ключевых показателей бизнес-процессов. Рассмотрены статистический анализ, процессный майнинг, *BI*-аналитика и применение искусственного интеллекта. Проведен сравнительный анализ популярных программных решений, таких как *Power BI*, *Tableau*, *SAP BusinessObjects*, *Qlik Sense* и *Celonis*. Установлено, что выбор конкретного инструмента зависит от специфики бизнеса и его потребностей в аналитике. Представлена сравнительная таблица функциональных возможностей *BI*-систем, обоснована их применимость в различных сценариях управления бизнес-процессами.

Ключевые слова: мониторинг бизнес-процессов, ключевые показатели эффективности, BI-аналитика, процессный майнинг, автоматизация.

Введение. Современный бизнес требует постоянного контроля и анализа ключевых показателей эффективности (*KPI*) для обеспечения устойчивого развития и повышения конкурентоспособности. В условиях цифровой трансформации многие организации используют автоматизированные инструменты мониторинга и анализа бизнес-процессов, позволяющие оперативно выявлять узкие места, прогнозировать риски и принимать обоснованные управленческие решения. В данной статье рассматриваются современные методы мониторинга и анализа бизнес-процессов, а также программные решения, применяемые в различных отраслях.

Основная часть. Методы мониторинга и анализа бизнес-процессов разнообразны и включают статистический анализ, процессный майнинг, *BI*-аналитику, машинное обучение и использование ключевых показателей эффективности (*KPI*). Статистический анализ помогает выявлять закономерности, прогнозировать отклонения и оценивать эффективность процессов. Процессный майнинг, в свою очередь, фокусируется на анализе цифровых следов, оставляемых в информационных системах, что позволяет визуализировать и оптимизировать бизнес-процессы. *BI*-аналитика представляет собой комплекс инструментов для сбора, обработки и визуализации данных, упрощая принятие управленческих решений. Искусственный интеллект и машинное обучение дают возможность автоматизировать анализ больших массивов данных, находя скрытые зависимости и предсказывая будущие тренды.

Современные программные решения для мониторинга и анализа бизнес-процессов включают такие популярные инструменты, как *Power BI*, *Tableau*, *SAP BusinessObjects*, *Qlik Sense* и *Celonis*. *Power BI* от *Microsoft* позволяет интегрировать данные из различных источников и создавать интерактивные отчеты, в то время как *Tableau* ориентирован на визуальный анализ данных и удобство работы с графиками. *SAP BusinessObjects* представляет собой комплексную систему бизнес-анализа, включающую инструменты для мониторинга показателей. *Qlik Sense* обеспечивает интерактивную визуализацию данных, а *Process Mining Tools*, такие как *Celonis*, помогают анализировать бизнес-процессы с точки зрения их фактического выполнения.

Если сравнивать *Power BI* и *Tableau*, можно отметить, что *Power BI* более интегрирован с экосистемой *Microsoft* и предлагает более доступную стоимость подписки, тогда как *Tableau* обладает более продвинутыми возможностями визуализации и удобным интерфейсом для анализа данных. С точки зрения процессного майнинга, *Celonis* предоставляет более мощные аналитические инструменты, тогда как другие решения, такие как *Disco*, проще в использовании и быстрее внедряются в рабочие процессы.

Для наглядности представим сравнение функционала *BI*-систем в таблице 1:

Таблица 1 – Сравнение функционала *BI*-систем

Функция	*Power BI*	*Tableau*	*SAP BusinessObjects*	*Qlik Sense*	*Celonis*
Интерактивная визуализация	+	+	+	+	-
Глубокий процессный анализ	-	-	+	-	+
Интеграция с разными источниками данных	+	+	+	+	+
Стоимость владения	Низкая	Высокая	Высокая	Средняя	Высокая

Для небольших компаний с ограниченным бюджетом *Power BI* может стать оптимальным выбором, тогда как для крупных организаций с необходимостью детального анализа бизнес-процессов стоит рассмотреть *Celonis* или *SAP BusinessObjects*.

Заключение. Современные методы мониторинга и анализа бизнес-процессов позволяют компаниям повышать эффективность, минимизировать риски и оптимизировать управление. Использование статистического анализа, процессного майнинга, *BI*-инструментов и искусственного интеллекта дает возможность оперативно реагировать на изменения в бизнесе и прогнозировать его развитие. Среди популярных программных решений можно выделить *Power BI* и *Tableau*, которые удобны для визуализации данных, а также *Celonis*, который глубже анализирует бизнес-процессы. Анализ показал, что выбор конкретного инструмента зависит от потребностей компании: если важна визуализация данных – предпочтителен *Tableau*, если требуется процессный анализ – *Celonis*, а если важна интеграция с *Microsoft* – *Power BI*. Внедрение подобных решений способствует повышению конкурентоспособности компаний, снижению операционных затрат и улучшению качества управленческих решений.

Список литературы

1. *Blackman, S. Design and Analysis of Modern Tracking Systems / S. Blackman, R. Popoli // Artech House. Boston – London, 1999.*
2. *Van der Aalst, W.M.P. Process Mining: Data Science in Action / W.M.P. Van der Aalst // Springer, 2016.*
3. *Few, S. Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data / S. Few // O'Reilly Media, 2013.*
4. *Power, D.J. Decision Support, Analytics, and Business Intelligence / D.J. Power // Business Expert Press, 2013.*
5. *Laursen, G.H.N., Thorlund, J. Business Analytics for Managers: Taking Business Intelligence Beyond Reporting / G.H.N. Laursen, J. Thorlund // Wiley, 2016.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

REVIEW OF MODERN METHODS AND SOFTWARE SOLUTIONS FOR MONITORING AND ANALYZING KEY BUSINESS PROCESS INDICATORS

Shved E.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V. – Cand. of Sci., Associate Professor, Dean of the FCAD

Annotation. Modern methods for monitoring and analyzing key performance indicators of business processes have been experimentally studied. The paper examines statistical analysis, process mining, BI analytics, and the application of artificial intelligence. A comparative analysis of popular software solutions such as Power BI, Tableau, SAP BusinessObjects, Qlik Sense, and Celonis has been conducted. It has been found that the choice of a specific tool depends on the nature of the business and its analytical needs. A comparative table of BI systems' functionalities is presented, with justification of their applicability in various business process management scenarios.

Keywords: business process monitoring, key performance indicators, BI analytics, process mining, automation.

УДК 004.42:656.2

РЕАЛИЗАЦИЯ МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЫ В УПРАВЛЕНИИ КУРЬЕРСКОЙ СЛУЖБОЙ ДОСТАВКИ

Корделюк Е.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Тонкович И.Н. – к. х. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Обоснована необходимость использования микросервисной архитектуры для разработки системы управления курьерской службой доставки. Предложен вариант построения такой архитектуры, включающий независимые сервисы для обработки заказов, отслеживания посылок и управления маршрутами.

Ключевые слова: микросервис, курьерская служба, архитектура, масштабируемость, отказоустойчивость.

Введение. В условиях стремительного развития электронной коммерции и увеличения объемов доставки товаров автоматизация управления курьерскими службами становится важным элементом успешного бизнеса. Программные решения для автоматизации этих процессов представляют собой комплексные инструменты, которые способствуют оптимизации рабочих процессов, повышению эффективности и улучшению обслуживания клиентов [1].

Современные программные продукты для автоматизации курьерских служб включают в себя функции управления заказами, маршрутизации, отслеживания доставки и взаимодействия с клиентами. Эти инструменты помогают курьерским службам не только ускорить обработку заказов, но и снизить издержки, что особенно важно в условиях острой конкуренции [2].

Востребованность автоматизации управления курьерскими службами обусловлена не только растущими требованиями потребителей к скорости и качеству доставки, но и необходимостью приспособления к быстро меняющимся условиям рынка.

Основная часть. В работе рассматривается применение микросервисной архитектуры в контексте управления курьерской службой доставки. Эта архитектура включает в себя несколько ключевых микросервисов, таких как сервис авторизации, сервис управления заказами и сервис управления курьерами. Кроме того, важным компонентом системы является *API Gateway*, который выполняет роль координатора и обеспечивает взаимодействие между различными микросервисами. Каждый из этих сервисов общается друг с другом через современные протоколы *gRPC* и *REST API*, что позволяет интегрировать их с веб-приложениями, предназначенными для использования клиентами, курьерами и менеджерами службы доставки. Микросервисы были выделены с учетом паттерна функциональной декомпозиции, что позволяет разделить всю систему на независимые и автономные компоненты. Каждый из этих компонентов отвечает за выполнение определенной бизнес-логики.

Такой подход к архитектуре обеспечивает высокую гибкость и масштабируемость. Например, микросервис авторизации отвечает за управление учетными записями пользователей, а также за контроль их прав доступа. Это означает, что он обеспечивает безопасность и защиту данных пользователей, что является критически важным в сфере онлайн-сервисов. Сервис управления заказами, в свою очередь, обрабатывает все операции, связанные с заказами. Это включает в себя создание новых заказов, их изменение, а также отслеживание статуса выполнения. Данный сервис играет ключевую роль в обеспечении качества обслуживания клиентов, так как он напрямую влияет на скорость и точность обработки заказов. Микросервис управления курьерами отвечает за распределение задач между курьерами и мониторинг их работы. Это позволяет эффективно управлять рабочими процессами и оптимизировать маршруты доставки, что, в свою очередь, повышает общую эффективность службы [3]. Использование *gRPC* в качестве основного протокола для

взаимодействия между микросервисами обеспечивает высокую производительность и минимальную задержку. Архитектура программного средства представлена на рисунке 1.

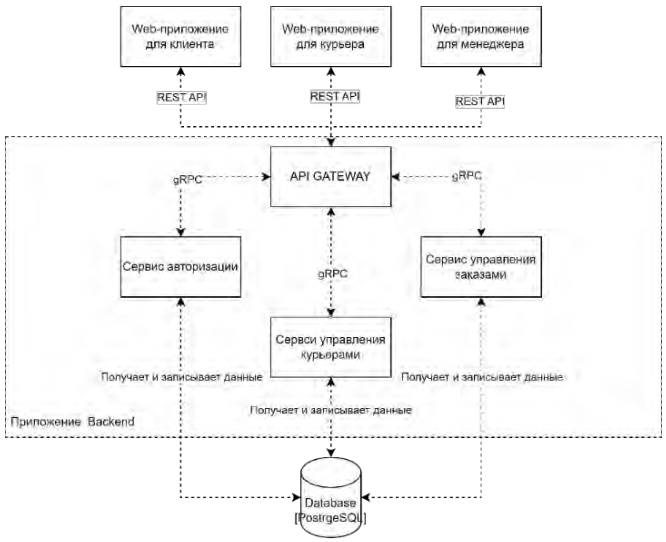


Рисунок 1 – Архитектура программного средства

Протокол поддерживает двунаправленное потоковое взаимодействие, что позволяет сервисам обмениваться данными в реальном времени. Это особенно важно для курьерских служб, где скорость обработки информации может напрямую влиять на качество обслуживания клиентов. Кроме того, *gRPC* использует протокол *HTTP*/2, который обеспечивает эффективное управление соединениями и снижает накладные расходы на передачу данных. Система может обрабатывать больший объем запросов одновременно, что является важным аспектом для курьерских служб, работающих с большим количеством пользователей и заказов. *API Gateway* выполняет роль единой точки входа для всех клиентских приложений, что значительно упрощает взаимодействие с микросервисами. Это повышает безопасность, так как *API Gateway* может выполнять дополнительные функции, такие как аутентификация и авторизация запросов.

Заключение. Микросервисная архитектура представляет собой мощный подход к разработке программных решений, позволяющий эффективно управлять сложными системами, такими как курьерские службы доставки.

Список литературы

1. *Top-technologies.ru [Electronic resource]. – Date of access: March 17, 2025. – https://top-technologies.ru/.*
2. *Delivery… [Electronic resource]. – Date of access: March 17, 2025. – https://efsol.ru/solutions/delivery/.*
3. *Микросервисная архитектура [Electronic resource]. – Date of access: March 17, 2025. – https://www.atlassian.com/ru/microservices/microservices-architecture.*

UDC 004.42:656.2

IMPLEMENTATION OF MICROSERVICE ARCHITECTURE IN COURIER DELIVERY SERVICE MANAGEMENT

Kardzialiuk E.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tonkavich I.N. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The necessity of using microservices architecture for the development of a courier delivery management system is justified. A variant of constructing such architecture is proposed, including independent services for order processing, package tracking, and route management. The advantages of microservices architecture are highlighted, including scalability, fault tolerance, simplified deployment, and accelerated implementation of new features.

Keywords: microservice, courier service, architecture, scalability, fault tolerance.

УДК 330.322–004.5

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Крючков Н.К.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ПИКС

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка программного средства для автоматизации ключевых бизнес-процессов оценки эффективности инвестиционных проектов. Цель работы – продемонстрировать, как использование специализированного программного обеспечения может повысить качество принимаемых инвестиционных решений и способствовать устойчивому развитию бизнеса.

Ключевые слова: программное обеспечение, оценка эффективности, оптимизация процессов, инвестиционные проекты.

Введение. Оценка инвестиционных проектов является важным инструментом для принятия инвестиционных решений в условиях неопределенности и конкурентной среды. В современных экономических реалиях, когда компании сталкиваются с разнообразными рисками и изменениями на рынке, правильная оценка становится необходимостью. Во-первых, она позволяет выявить возможные риски и угрозы, связанные с реализацией проекта, что помогает снизить вероятность убытков и неэффективного использования ресурсов. Во-вторых, успешная оценка позволяет определить жизнеспособность инициативы, ее потенциальную доходность и сроки окупаемости, что критически важно для обоснования будущих вложений [1].

Актуальность автоматизации оценки инвестиционных проектов в современных условиях бизнеса обусловлена несколькими ключевыми аспектами. Автоматизация позволяет значительно ускорить процесс обработки и анализа данных, что особенно важно в условиях быстро меняющегося рынка, где необходимо принимать решения в короткие сроки. Ручные методы анализа требуют много времени и подвержены ошибкам, в то время как автоматизированные системы предлагают возможность оперативного получения результатов и выводов. Кроме того, автоматизация способствует повышению точности расчетов, так как минимизирует вероятность человеческих ошибок при обработке данных. Это критически важно при проведении сложных финансовых анализов, где каждый неверный расчет может привести к значительным последствиям [2].

Основная часть. Выбор программного обеспечения для автоматизации оценки эффективности инвестиционных проектов зависит от специфики бизнеса, его масштабов и бюджета.

При выборе программного обеспечения для автоматизации оценки эффективности инвестиционных проектов важно учитывать ряд факторов, включая функционал, удобство использования, стоимость и возможность интеграции с другими системами.

Для описания бизнес-логики, разрабатываемого программного средства используются: бизнес-модель «AS-IS» (данная модель содержит пул «Формирование и калькуляция эффективности инвестиционного проекта», содержит 2 дорожки в пуле «Формирование и калькуляция эффективности инвестиционного проекта» (Клиент, Менеджер компании)) и бизнес-модель «TO-BE» (модель показывает, как мы представляем работу отдела после внедрения нашей системы и включает в себя пул «Формирование и калькуляция эффективности инвестиционного проекта»).

Ниже представлено описание бизнес-требований, предъявляемых к проектируемому программному средству.

Исходные данные:

– информация о первоначальных вложениях в инвестиционный проект;

– информация о количестве лет реализации инвестиционного проекта;

– информация о входящих денежных потоках по годам реализации инвестиционного проекта;

– информация о ключевых параметрах расчета оценки эффективности инвестиционного проекта;

– информация о метриках и показателях эффективности инвестиционного проекта;

– информация о ставке дисконтирования.

Работая с таким объемом данных сотруднику приходится держать в голове огромное количество информации. Это может приводить к ошибкам в расчетах и прочим погрешностям, которые в сумме могут выливаться в значительные затраты для бизнеса. Поэтому разрабатываемое программное средство убирает необходимость хранить и самостоятельно обрабатывать информацию, что позволяет сосредотачиваться на более важных задачах.

Любой проект не может существовать без ограничений и рамок. Рамки проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта.

Основные функции программного средства:

– рассчитывать NPV для инвестиционного проекта;
– рассчитывать IRR для инвестиционного проекта;
– рассчитывать Payback Period для инвестиционного проекта;
– управлять инвестиционными проектам;
– вести статистику инвестиционных проектов;
– управлять пользователями.

Ограничения и исключения – это перечисление возможностей или характеристик, которые не включены в продукт: отсутствует поддержка доступа с мобильных устройств и отсутствует поддержка онлайн собраний.

Границы проекта определяют концепцию и круг действия предложенного решения. Рамки и ограничения помогают установить реалистичные ожидания заинтересованных лиц, потому что иногда клиенты запрашивают функции, слишком дорогостоящие или выходящие за предполагаемые границы продукта.

Рамки проекта могут представляться различными способами. На самом высоком уровне границы определяются, когда клиент решает, какие бизнес-цели преследовать. На низком уровне границы определяются на уровне функций, пользовательских историй, вариантов использования или событий и реакции на них.

Операционная среда:

– OE-1 Программное средство работает со следующими браузерами: Windows Explorer версии 11, Google Chrome версии 95.0;

– OE-2 Программное средство установлено на сервере, работающем под управлением HTTP-сервера;

– OE-3 Программное средство должно использовать в качестве базы данных PostgreSQL;

– OE-4 Программное средство работает на серверах с ОС Windows 7, 8, 10.

Ограничения дизайна и реализации:

– CO-1 Реализация кода должна соответствовать Code Conventions;

– CO-2 В качестве языка программирования на стороне сервера должна использоваться Java, а в реализации спецификации платформы – Oracle OpenJDK version 17.0.1;

– CO-3 Программное средство должно использовать актуальную версию веб фреймворка Spring;

– CO-4 Весь код HTML должен соответствовать стандарту HTML 5.0;

– CO-5 Программное средство должно использовать Spring MVC.

Предположения и зависимости:

– DE-1 Программное средство доступно менеджеру и клиентам 24 часа в сутки.

В ходе анализа потребностей бизнеса можно выделить основные функции программного средства, представленные на рисунке 1.

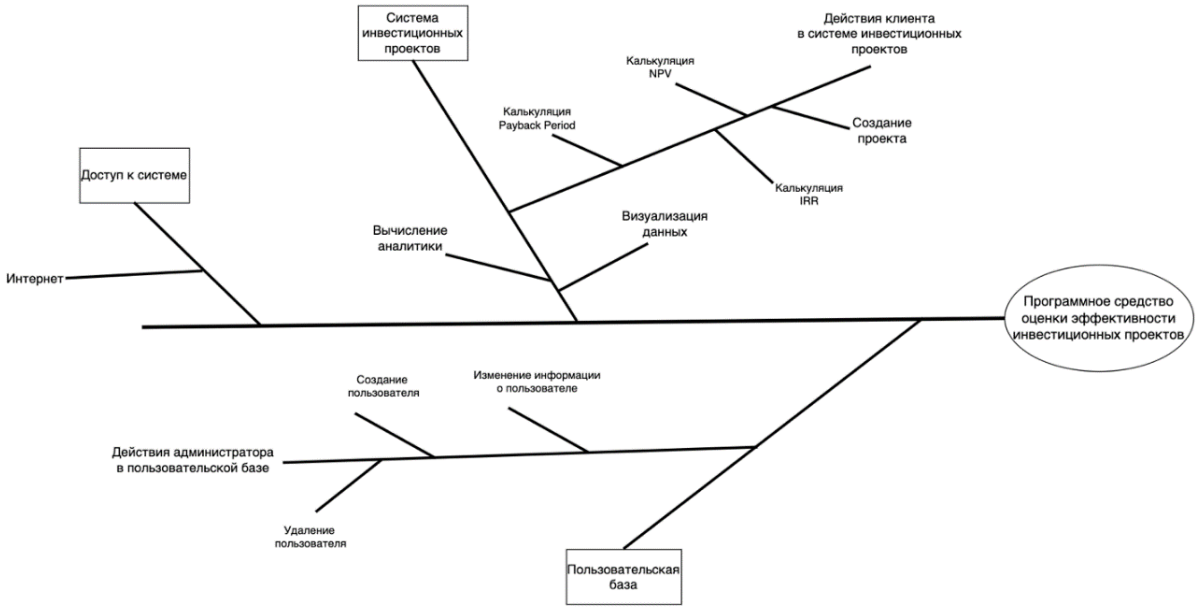


Рисунок 1 – Частичное дерево функций

FE-1 – Создание, просмотр, изменение и удаление информации в пользовательской базе.

FE-2 – Взаимодействие с данными аналитики в системе инвестиционных проектов.

FE-3 – Управление инвестиционными проектами.

FE-4 – Калькуляция и просмотр аналитики по параметрам в системе инвестиционных проектов.

FE-5 – Просмотр аналитики по инвестиционным проектам.

Хорошим вариантом для предоставления пользователю визуального представления функциональных требований будет предоставление диаграммы вариантов использования UML.

В данной диаграмме вариантов использования, представленной на рисунке 2, в роли актеров выступают Администратор и Клиент.

Администратор может управлять ролями, управлять пользователями и просматривать статистику по проектам.

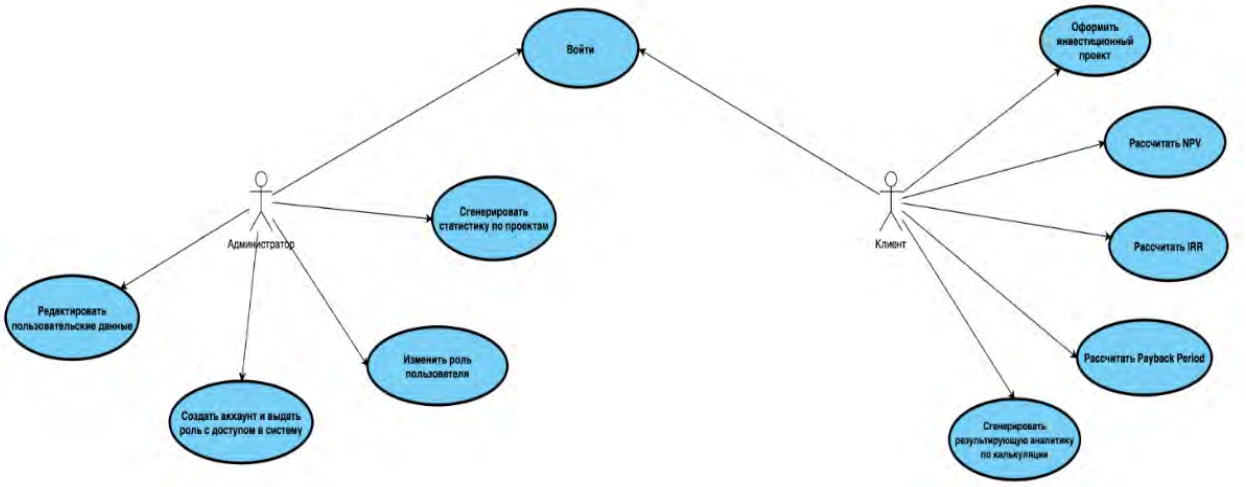


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования

Клиент имеет возможность управлять инвестиционными проектами, калькулировать основные параметры оценки инвестиционных проектов.

Заключение. Разрабатываемое программное средство предназначено для автоматизированной поддержки процессов оценки эффективности инвестиционных проектов.

Основной ключевой возможностью программного средства является автоматизированная оценка эффективности инвестиционных проектов по ключевым показателям: NPV, IRR, Payback Period, а также возможность получения аналитической информации по инвестиционному проекту в зависимости от параметра расчета.

В рамках программного средства автоматизируется управление инвестиционных проектов в следующих бизнес-процессах: расчет NPV, расчет IRR, расчет Payback Period, оформление инвестиционного проекта, сбор статистики и аналитики по инвестиционным проектам.

Программное средство создается с целью:

– ускорения процесса оценки инвестиционных проектов;

– повышения точности и надежности аналитических данных;

– улучшение взаимодействия между различными подразделениями компании за счет унификации отчетности;

– обеспечить удобный и интуитивно понятный интерфейс для пользователей с различными уровнями подготовки;

– реализовать возможность многопользовательского доступа с настройками прав доступа;

– снижения рисков, связанных с инвестициями, за счет более детального анализа потенциальных проектов.

Разрабатываемое программное средство убирает необходимость хранить и самостоятельно обрабатывать информацию сотрудникам, что позволяет сократить время, затрачиваемое на информационно-аналитическую деятельность, направляя ресурсы на решение наиболее важных задач.

Список литературы

1. *Бланк, И. А. Основы инвестиционного менеджмента: в 2 т. Т. 1 / И. А. Бланк. Киев: Эльга: SMART BOOK, 2013. - 672С.*
2. *Medium [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://medium.com/pitchspot/what-is-a-swot-analysis-and-how-to-do-it-right-with-examples-8de1d8a5f3b7. Дата доступа: 04.03.2025.*

UDC 330.322 + 004.5

SOFTWARE FOR AUTOMATING THE EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF INVESTMENT PROJECTS

Kryuchkov N.K.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – master of tech. sciences, assistant of the department of ICSD

Annotation. This article discusses the development of software for automating key business processes in the assessment of investment project effectiveness. The aim of the work is to demonstrate how the use of specialized software can enhance the quality of investment decisions and contribute to sustainable business development.

Keywords: software, effectiveness assessment, process optimization, investment projects.

УДК 004.42:656.131.7

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОКАТА АВТОМОБИЛЕЙ С ФОРМИРОВАНИЕМ АНАЛИТИКИ

Полуян А.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Косарева Е.М. – ассистент кафедры ПИКС

Аннотация. Разработано программное средство автоматизации процесса проката автомобилей с формированием аналитики. Программное средство позволяет выбрать и взять в прокат автомобиль, а также генерирует аналитику. Разработка позволяет получать информацию о пользователях и их предпочтениях, что помогает улучшить бизнес-процессы.

Ключевые слова: прокат автомобилей, десктопное приложение, автоматизация процессов, структурная схема, обработка данных

Введение. В современном мире, где требования к автоматизации бизнес-процессов постоянно растут, особенно важным становится разработка эффективных инструментов для учета и управления прокатом автомобилей. Одним из наиболее актуальных направлений в программной инженерии в этой сфере является создание десктопных приложений, предназначенных для автоматизации и оптимизации основных операций, связанных с прокатом автомобилей. Это позволяет не только ускорить процессы обслуживания клиентов, но и упростить последующее управление и анализ данных. Таким образом, внедрение веб-сервиса для ведения учета по прокату автомобилей не только повысит эффективность работы компании, но и улучшит качество обслуживания клиентов.

В данной статье автором предложена структурная схема программного средства автоматизации проката автомобилей с формированием аналитики. Также приводится описание структурной схемы системы с рассмотрением функций основных модулей.

Основная часть. Актуальность разработки данного программного продукта продиктована острой потребностью в системе, которая обеспечит эффективное и всестороннее управление всеми аспектами процесса проката автомобилей. Это включает необходимость в автоматизации и оптимизации ключевых операций, таких как регистрация и управление данными клиентов, учет доступных автомобилей и их технического состояния, управление бронированиями и расписанием проката, точный расчет стоимости услуг с учетом различных факторов, а также генерация аналитики для принятия обоснованных бизнес-решений. Цель проектирования – разработать программное средство, предоставляющий функциональность для автоматизации процессов регистрации клиентов, учета доступных автомобилей, управления бронированиями и расчета стоимости проката. Функционал приложения должен реализовывать возможность централизованного хранения данных, обеспечения безопасности и конфиденциальности информации, а также предоставлять инструменты для отчетности и аналитики.

Автоматизация этих процессов позволяет сократить время и усилия, связанные с ручными операциями, снизить вероятность ошибок и обеспечить более плавное и организованное функционирование бизнеса.

Необходимость данной разработки обусловлена недостатками существующих решений:

– отсутствие единой системы, объединяющей все аспекты прокатного бизнеса;

– низкий уровень автоматизации, приводящий к задержкам и ошибкам;

– недостаточная безопасность и конфиденциальность данных клиентов;

– ограниченные возможности для генерации отчетов и проведения аналитики.

Основные задачи, которые решает приложение:

– система автоматизирует ключевые операции, снижая нагрузку на персонал и повышая точность данных;

– все данные о клиентах, автомобилях, бронированиях и платежах хранятся в единой базе данных, что облегчает их управление и доступ;

– оптимизация использования автопарка за счет эффективного распределения и отслеживания состояния автомобилей;

– система обеспечивает защиту персональных и платежных данных клиентов посредством современных методов шифрования и аутентификации.

Структурная схема разрабатываемого приложения представлена на рисунке 1.

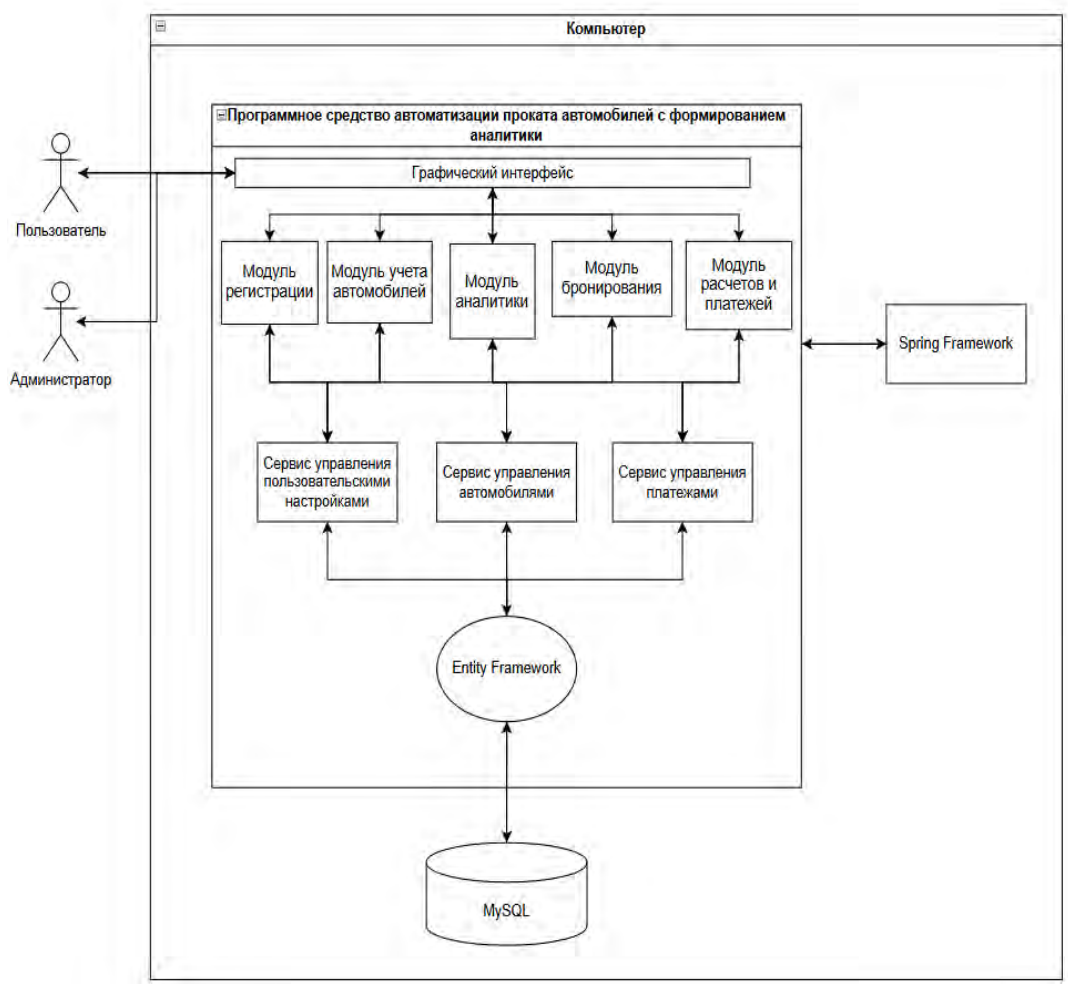


Рисунок 1 – Схема структурная программного средства автомотизации проката автомобилей с формированием аналитики

На основании приведенной структурной схемы можно дать следующее описание проектируемой системы:

1 Связь пользователя и системы осуществляется посредством пользовательского интерфейса.

2 Система имеет модульную структуру и состоит из пяти модулей:

- модуля управления клиентами;
- модуля учета автомобилей;
- модуля бронирования;
- модуля расчетов и платежей;
- модуля аналитики.

3 Система реализуется на языке программирования Java, JavaScript.

4 Для взаимодействия с реляционной базой данных используется технология Entity Framework.

5 В качестве базы данных используется MySQL.

Модуль управления клиентами позволяет пользователям регистрироваться, входить в систему и управлять своими профилями и историей бронирований.

Модуль учета автомобилей содержит информацию обо всех доступных автомобилях, их характеристиках и состоянии, позволяя администраторам управлять автопарком.

Модуль бронирования обеспечивает возможность выбора и бронирования автомобилей на определенные даты и время, управляя расписанием и предотвращая конфликты.

Модуль расчетов и платежей автоматически рассчитывает стоимость аренды с учетом различных параметров и обеспечивает безопасную онлайн-оплату через интегрированные платежные системы.

Модуль аналитики собирает и анализирует данные о бронированиях и предпочтениях клиентов, предоставляя отчеты и визуализации для оптимизации бизнес-процессов.

Заключение. Разработанное программное средство предоставляет компаниям по прокату автомобилей мощный инструмент для автоматизации и оптимизации их бизнес-процессов. Система улучшает эффективность работы, снижает количество ошибок и повышает уровень удовлетворенности клиентов за счет удобного и безопасного сервиса. Кроме того, возможности аналитики помогают руководству принимать обоснованные решения и разрабатывать стратегии развития бизнеса. Таким образом, внедрение данного веб-сервиса способствует повышению конкурентоспособности компаний на рынке проката автомобилей.

Список литературы

1. *Schildt H., O'Neill J. Java Programmer's Reference. McGraw-Hill Osborne Media, 1997. – 304c.*

2. *Getting Started with Java in VS Code [Электронный ресурс]. – Java – 2022. – Microsoft, 2025-2026 – Режим доступа: https://code.visualstudio.com/docs/java/java-tutorial– Дата доступа 01.04.2022.*

UDC 004.42:656.131.7

SOFTWARE TOOL FOR AUTOMATION OF CAR RENTAL PROCESS WITH FORMATION OF ANALYTICS

Poluyan A.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kosareva E.M. – assistant of the department of ICSD

Annotation. A software tool has been developed to automate the car rental process with analytics generation. The software allows users to rent the proposed car and provides analytics for both the user and the administrator. This development enables the collection of information about users and their preferences, which helps improve business processes.

Keywords: car rental, desktop application, process automation, block diagram, data processing.

УДК 004.4

АНАЛИЗ ЦВЕТОВОЙ ПАЛИТРЫ РОМАНА Л.Н. ТОЛСТОГО «ВОЙНА И МИР» ПОСРЕДСТВОМ БИБЛИОТЕК ЯЗЫКА PYTHON

Зинковская Е.В., Косович П.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, декан ФКП

Аннотация. В статье исследована цветовая палитра романа Л.Н. Толстого «Война и мир», для анализа которого использованы такие библиотеки языка Python как pandas, pymorphy3 и matplotlib. В ходе исследования установлены самые популярные цвета произведения, в том числе их температура (теплая или холодная), а также сопоставлены результаты анализа с сюжетом.

Ключевые слова: анализ данных, Python, цвет, «Война и мир», парсинг данных.

Введение. Цветовая палитра играет важную роль в создании эмоциональной атмосферы произведения, описания его сюжетных линий и внутреннего мира персонажей. Через цвета можно понять, как Л.Н. Толстой воспринимает события и какой эмоциональный посыл желает донести до читателя. В статье описаны методы анализа текста с использованием библиотек Python, которые сделают возможным получение статистики, отображающей данные, собрать которые при простом прочтении довольно сложно.

Основная часть. Для проведения подобного рода анализа необходим датасет со строками ключ-значение, где ключ – цвет, а значение – его температура (теплая или холодная). Для создания данного датасета берутся данные с сайта ColorSheme.Ru [1]. Первоначально формируется файл, строки которого содержат название цвета и его запись в виде HEX-кода. Это достигается путем DOM-парсинга страницы сайта. После сформированный файл модифицируется в требуемую форму. Для этого выполняются следующие действия:

1 HEX-код каждого цвета преобразовывается в RGB формат.

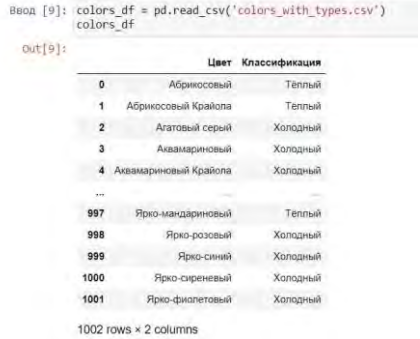
2 Извлекаются компоненты красного, зеленого и синего цвета.

3 Преобразуется RGB-значение в HSB.

4 Значение цветового тона (hue) из HSB-модели умножается на 360° для перевода из диапазона [0,1] в градусы [0,360].

5 Если угол оттенка находится в диапазоне 0–50° или 330–360°, то цвет считается тёплым, остальной диапазон – холодный.

Фрагмент полученного датасета с 1002 цветами представлен на рисунке 1.



Ввод [9]:
```
colors_df = pd.read_csv('colors_with_types.csv')
colors_df
```

Out[9]:

	Цвет	Классификация
0	Абрикосовый	Тёплый
1	Абрикосовый Крайола	Тёплый
2	Агатовый серый	Холодный
3	Аквамариновый	Холодный
4	Аквамариновый Крайола	Холодный
...	...	...
997	Ярко-мандариновый	Тёплый
998	Ярко-розовый	Холодный
999	Ярко-синий	Холодный
1000	Ярко-сиреневый	Холодный
1001	Ярко-фиолетовый	Холодный

1002 rows × 2 columns

Рисунок 1 – Датасет с цветами и их температурами

Следующим этапом идет поиск цветов в произведении и подсчет их количества. Для подсчета цветов написана функция count_colors(), которая анализирует текст, подсчитывая количество упоминаний цветов из переданного списка colors_list. Она приводит слова к нормальной форме с помощью морфологического анализатора pymorphy3 [2], чтобы учесть все возможные формы слов, и возвращает словарь с количеством вхождений каждого цвета. Далее цвета относятся к группе теплых или холодных и определяется самый часто встречаемый. Результат представлен на рисунке 2.

```
Ввод [6]: result_df = pd.DataFrame(results)
          result_df
```

Out[6]:

	Том	Тёплые цвета	Холодные цвета	Всего	Самый популярный цвет	Частота
0	Война и мир. Том 1	119	24	143	белый	43
1	Война и мир. Том 2	128	31	159	белый	48
2	Война и мир. Том 3	125	19	144	белый	58
3	Война и мир. Том 4	102	17	119	красный	49

Рисунок 2 – Результат проведения анализа

Диаграммы, отображающие распределение цветов по томам в произведении «Война и мир», представлены на рисунке 3.

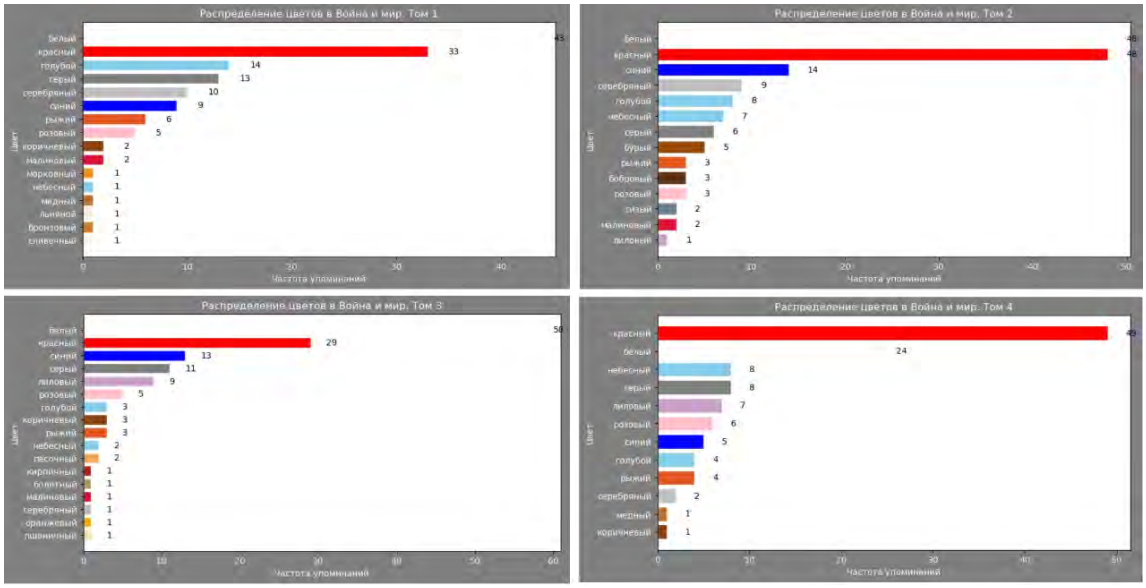


Рисунок 3 – Диаграммы, отображающие использование цветов в романе

По полученным данным, цвет «белый» и «красный» являются самыми повторяющимися в произведении. Например, в томе 1 встречается 43 цвета «белый» и 33 «красный», в томе 2 – 48 и 48 соответственно, в томе 3 – 58 и 29, в томе 4 – 24 и 49.

Как это связано с сюжетом? В томах 1 и 2 больше сцен светской жизни, балов, описаний нарядов и убранства, из-за чего количество «белого» увеличивается. В 3 томе заметен пик «белого» во многом из-за зимних или позднеосенних описаний, упоминаний «белых шинелей», «белого снега», «белых повязок» раненых. Во многом это связано с описанием событий 1812 года, происходящих на территории Российской империи осенью-зимой.

«Красный» прямо связан с военными реалиями (кровь, мундиры, знамёна, пожары), а также с праздничными туалетами и эмоциональными вспышками (румянцем,

торжествами). Например, максимум красного в томе 2 можно соотнести с частыми балами, где дамы и кавалеры в роскошных туалетах, с красными аксельбантами, вышивками, гусарскими или гвардейскими мундирами, сценами светской жизни. В томе 4 упоминание «красного» учащается из-за воспоминаний о пожарах в Москве, финальных сцен войны, а также возвращения к большим светским встречам, где опять всплывают «красные мундиры», «красные ковры» и праздничная символика победы.

Что касается менее встречаемых цветов, то, например, «голубой» и «небесный» нередко связаны с бальными сценами, молодёжными нарядами или романтическими настроениями.

«Синий» может значить офицерские мундиры, гусарскую/гвардейскую форму (часто синие доломаны), а также «синие сумерки», «синее небо».

«Серый» отражает будничные, мрачные или пылевые реалии (походная пыль, серые шинели, серый дым).

Редкие цвета («песочный», «кирпичный» и др.) появляются там, где Толстой даёт подробные «мирные» описания (усадьбы, охота, модные платья). В кульминациях войны их почти нет: вместо «болотных» и «песочных» оттенков – обобщённые «серый», «белый», «красный» [3].

Толстой через чередование цветов соединяет «мир» и «войну», контрастирует бал и поле битвы, показывает перемены в душах героев и общий ход исторических событий.

Заключение. Проведение анализа романа Л.Н. Толстого «Война и мир» основывалось на использовании датасета, включающего в себя 1002 цвета и их температуру для определения общей картины произведения. В результате анализа выявлены следующие показатели: самые популярные цвета – «белый» и «красный», температура цветовой палитры – теплая, количество всех упоминаний цветов – 474. Выявлена связь цветовой палитры с сюжетом произведения. Таким образом, цветовой анализ дополняет традиционные литературоведческие исследования, помогая глубже понять художественные образы и замысел автора.

Список литературы

1. *ColorSheme.Ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://colorscheme.ru/color-names.html. – Дата доступа: 13.03.2025.*

2. *Документация библиотеки pymorphy3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pymorphy2.readthedocs.io/en/stable/user/index.html. – Дата доступа: 13.03.2025.*

3. *Толстой, Л.Н. Война и мир / Л.Н. Толстой. – Санкт-Петербург : Азбука, 2014. – 1408 с.*

UDC 004.4

ANALYSIS OF THE COLOR PALETTE OF LEO TOLSTOY'S NOVEL «WAR AND PEACE» WITH HELP OF PYTHON LIBRARIES

Zinkovskaya E.V., Kosovich P.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V. – Cand. of Sci., Associate Professor, Dean of the FCAD

Annotation. The paper explores the color palette of Leo Tolstoy's novel «War and Peace» using Python libraries such as pandas, pymorphy3 and matplotlib. Research identifies the most popular colors of the book, including their temperature (warm or cold), and correlates the analysis results with the storyline.

Keywords: data analysis, Python, color, «War and Peace», data parsing.

УДК 621.3.049.75:655.226.43

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Моховикова Е.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, декан ФКП

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые проблемы, возникающие при проектировании многослойных печатных плат, а также предлагаются эффективные решения для их преодоления, которые помогут избежать распространённых ошибок и повысить качество конечного продукта.

Ключевые слова: Многослойные печатные платы, проектирование, перекрёстные помехи, механическое напряжение, электромагнитная совместимость.

Введение. Многослойные печатные платы стали критическим компонентом современной электроники из-за их способности обеспечивать более высокую плотность, улучшенную целостность сигнала, и эффективное управление температурой. Поскольку электронные устройства продолжают усложняться, конструкция многослойных печатных плат играет решающую роль в обеспечении оптимальной производительности и надежности.

В данной статье автор разбирает проблемы проектирования многослойных плат и их решения.

Основная часть. Печатная плата представляет собой пластину или панель состоящую из одного или двух проводящих рисунков, расположенных на поверхности диэлектрического основания, или из системы проводящих рисунков, расположенных в объеме и на поверхности диэлектрического основания, соединенных между собой в соответствии с принципиальной электрической схемой, предназначенное для электрического соединения и механического крепления устанавливаемых на нем изделий электронной техники, квантовой электроники и электротехнических изделий - пассивных и активных электронных компонентов [1].

Многослойная печатная плата является изделием, которое обладает сложной структурой. Ее применяют при изготовлении сложных в техническом плане устройств, имеющих высокую плотность монтажа электронных элементов. Производство многослойных печатных плат подразумевает установку электронных элементов с двух сторон. Многослойные печатные платы имеют ряд преимуществ. Они обеспечивают более высокую плотность цепи, поскольку компоненты могут быть размещены на обеих сторонах платы и соединены между собой через несколько слоев. Они также обеспечивают лучшую целостность сигнала, поскольку трассы могут быть проложены на разных слоях, чтобы свести к минимуму помехи. Кроме того, многослойные печатные платы могут эффективно управлять теплом, выделяемым компонентами, благодаря наличию силовых и наземных плоскостей [2].

Однако проектирование многослойных плат сопряжено с рядом сложностей. В многослойных печатных платах, особенно в платах с низким напряжением питания, из-за электромагнитного взаимодействия между проводниками возникают перекрестные помехи. На перекрестные помехи могут влиять такие факторы как расстояние между сигнальными проводниками, между проводниками и слоями, а также длина параллельных сегментов. Высокие частоты генерируют мощные электромагнитные поля, что усугубляет перекрестные помехи, а недостаточное заземление повышает восприимчивость к ним.

Для снижения перекрестных помех можно увеличить расстояние между сигнальными проводниками, поскольку помехи уменьшаются пропорционально квадрату расстояния. Также рекомендуется прокладывать высокоскоростные сигналы по внутренним слоям многослойной платы и располагать сигнальные слои между заземляющими поверхностями. Ортогональная

укладка проводников в соседних сигнальных слоях и размещение заземляющих проводников по краям платы помогут экранировать сигналы.

В отличие от одно- и двухслойных печатных плат многослойные печатные платы могут генерировать больше тепла, что увеличивает риск выхода из строя компонентов печатной платы. Для обеспечения лучшей устойчивости к теплу, химическим веществам и влаге требуется использовать материалы с более высокой температурой стеклования. Алюминиевые печатные платы с металлической основой, используются для лучшего отвода тепла и обычно используются в светодиодных фонарях, автомобилях и высокочастотных устройствах. Многослойные алюминиевые печатные платы обеспечивают те же тепловые преимущества, что и однослойные версии, но позволяют создавать более сложные схемы.

Импедансный контроль в многослойных платах является важной задачей для обеспечения надежной передачи сигналов и предотвращения отражений. Среди основных проблем можно выделить неправильные размеры дорожек, что может привести к изменениям импеданса и, как следствие, к отражениям. Также значительное влияние оказывает диэлектрическая проницаемость материалов, так как различия в ней между слоями могут нарушить стабильность импеданса. Неправильное нанесение меди или различных слоев могут вызвать вариации в импедансе. Недостаточное внимание к распределению заземления может привести к изменениям в импедансных характеристиках. Близкое расположение сигнальных линий может вызывать нежелательные взаимодействия.

Для решения этих проблем необходимо применять точное проектирование с использованием специализированных программных инструментов для расчета ширины дорожек и расстояний до заземляющих слоев. Важно проводить тестирование диэлектрических материалов, чтобы убедиться в их стабильности и соответствии спецификациям. Контроль качества на всех этапах производства помогает минимизировать вариации, а оптимизация схемы заземления снижает влияние на импеданс. Увеличение расстояний между сигнальными линиями также помогает уменьшить нежелательные взаимодействия и улучшить целостность сигнала.

Разводка питания и земли в многослойных печатных платах может быть сложной из-за большого числа компонентов и ограниченного пространства. Необходимо обеспечить стабильное распределение питания среди всех компонентов, что требует тщательного планирования дорожек. Неправильная разводка может привести к значительным падениям напряжения и нестабильной работе устройства. Также необходимо учитывать влияние индуктивности и емкости на линии питания. Длинные и узкие дорожки могут создать дополнительные индуктивные потери, в то время как емкость между дорожками может вызывать нежелательные колебания и помехи. В платах, разработанных для обработки высокочастотных сигналов, особенно важно учитывать необходимость создания низкоимпедансного пути для возвратного тока, чтобы минимизировать влияние шумов. Кроме того, многослойные платы часто требуют использования отдельных слоев для питания и земли, что создает дополнительные сложности в проектировании. Необходимо обеспечить эффективное экранирование и минимизировать зазоры между слоями, чтобы избежать возникновения нежелательных эффектов [3].

Механическое напряжение является одной из ключевых проблем для разработчиков печатных плат. Оно может возникать на различных этапах, таких как производство, сборка или эксплуатация устройства, и приводить к деформациям, трещинам и другим дефектам. Основными причинами механического напряжения являются термические нагрузки, механические нагрузки и внутренние напряжения. Термические нагрузки возникают во время пайки и эксплуатации, когда разные материалы имеют различные коэффициенты теплового расширения, что приводит к напряжениям. Механические нагрузки, такие как вибрации или удары, особенно ощутимы в мобильных устройствах и автомобилях, где они могут вызывать усталость материалов. Внутренние напряжения могут возникать из-за неоднородности материалов или неправильного охлаждения после пайки, что со временем приводит к деформации [4].

Для минимизации механического напряжения следует использовать материалы с близкими коэффициентами теплового расширения, такие как керамические подложки, а также гибкие

материалы для устройств, подверженных изгибу. Чтобы избежать концентрации нагрузки в одной области следует оптимизировать конструкцию, усилить критичные участки и равномерно распределить компоненты. Технологические решения, такие как контроль процесса пайки и лазерное сверление, могут повысить надежность плат. Для компенсации термического расширения следует использовать эластичные крепления, а для оценки устойчивости плат к внешним воздействиям проводить тестирование, включая термоциклирование и виброиспытания [5].

Электромагнитная совместимость играет важную роль в проектировании многослойных печатных плат, обеспечивая надежность работы электронных устройств. Среди проблем электромагнитной совместимости можно выделить электромагнитные помехи, возникающие при передаче энергии от источника к восприимчивым системам, что может вызвать сбои в работе. Частыми причинами отказов являются излучаемые помехи, чувствительность к шумам и электростатический разряд. Проводящие помехи возникают из-за взаимодействия электромагнитных полей между соседними линиями передачи, а синфазные помехи в высокочастотном диапазоне представляют собой сложную проблему, которую трудно обнаружить. Плохо спроектированные схемы также часто становятся источником проблем с электромагнитной совместимостью.

Использование многослойных печатных плат с выделенными слоями для питания и заземления способствует созданию путей обратного тока с низким импедансом. Благодаря экранированию с помощью слоя заземления и правильному подключению компонентов к земляной шине уменьшаются помехи. Соседство слоев питания и обратного тока, а также использование сетевой структуры между слоями проводки способствуют снижению электромагнитных помех. Эффективными мерами в схемах с низковольтными и высокоскоростными передачам сигналов являются учёт источников помех и путей их распространения, а также применение зонирования и локального экранирования.

Грамотный подход к решению проблем позволит создать конкурентноспособные и эффективные электронные устройства, соответствующие современным требованиям.

Заключение. Выполнен анализ проблем проектирования многослойных печатных плат. Определенно, что каждый этап разработки следует выполнять грамотно и в соответствии с правилами, чтобы не возникало перечисленных в данной статье проблем. Предложены решения проблем проектирования многослойных печатных плат, которые помогут быстро урегулировать возникшие проблемы.

Список литературы

1. *Брусницына, Л. А. Технология изготовления печатных плат / Л. А. Брусницына, Е. И. Степановских. Уральский федеральный университет, 2015. 200 с.*

2. *Печатные платы: Справочник / Под редакцией К. Ф. Кумбза. Москва: Техносфера, 2018. 1016 с.*

3. *Технологии и подготовка производства печатных плат / В. П. Крылов. Владимирский государственный университет, 2006. – 64с.*

4. *Печатные платы: конструкции и материалы / А. М. Медведев. Москва: Техносфера, 2004. 302 с.*

5. *Технология производства печатных плат / А. М. Медведев. Москва: Техносфера, 2004. 358 с.*

UDC 621.3.049.75:655.226.43

PROBLEMS AND SOLUTIONS IN DESIGN MULTILAYER PRINTED BOARDS

Mohovikova E.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V. – Cand. of Sci., Associate Professor, Dean of the FCAD

Annotation. The article discusses the key problems that arise when designing multilayer printed circuit boards, and also proposes effective solutions to overcome them, which will help avoid common mistakes and improve the quality of the final product.

Keywords: Multilayer printed circuit boards, design, cross effects, mechanical stress, electromagnetic effects.

УДК 004.4

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЧАСТОТНОСТИ СЛОВ И СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФРАНЦУЗСКОГО И ИСПАНСКОГО ЯЗЫКОВ С ПОМОЩЬЮ PYTHON

Ахрамович С.П., Сердюк К.В, Предченко В.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, декан ФКП

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ французского и испанского языков с использованием Python. Выполнен анализ лексем, их средней длины, а также исследуются биграммы с применением библиотеки pandas. На основе результатов анализа выявляются общие закономерности для обоих языков.

Ключевые слова: сравнительный анализ, лексема, французский язык, испанский язык, средняя длина

Введение. Сравнительный анализ языков, особенно таких распространенных, как французский и испанский, предоставляет уникальные возможности для выявления особенностей их структуры, лексического состава и частотного распределения слов. Применение вычислительных методов и алгоритмов обработки текста, в частности, с использованием языка программирования Python, значительно упрощает этот процесс и позволяет провести глубокий анализ.

Основная часть. Для начала проведения сравнительного анализа французских и испанских слов необходимо было найти источник со словами данных языков. Данные для проведения анализа были взяты из открытого репозитория на GitHub, содержащего около 336 тысяч слов французского языка и 636 тысяч слов испанского языка [1].

Для обработки и анализа данных была применена библиотека pandas – эффективный, универсальный и удобный инструмент с открытым исходным кодом, предназначенный для работы с большими объемами данных [2].

С использованием pandas данные были организованы и подготовлены для последующего статистического анализа. В процессе анализа слов французского и испанского языков была решена серия задач, направленных на более детальное исследование структуры слов и их сочетаний языков.

Одной из задач статистического анализа являлось определение самого длинного слова в французском и испанском языках. Для определения самого длинного слова использовалась функция max.

Проанализировав результаты, полученные при определении самого длинного слова в языках, можно отметить, что самое длинное слово в французском языке («anticonstitutionnellement», длина 25) значительно длиннее самого длинного слова в испанском языке («achicharronariamos», длина 18). Это может свидетельствовать о различиях в морфологической структуре языков: французский язык, с его множеством производных и сложных форм, склонен к образованию более длинных слов. В то время как в испанском языке, несмотря на наличие длинных слов, такие случаи встречаются реже.

После определения самого длинного слова, следующей задачей в рамках статического анализа было определение средней длины слов. Для определения средней длины слова было использовано выражение (рисунок 1).

Результатом выполнения данного кода является вывод среднего количества символов во французских словах – 10.09 символов, в испанских лексемах составил 10.06. Сравнив результаты, стоит отметить, что средняя длина в двух языках практически идентична. Разница в 0.03 символа является минимальной, что указывает на схожие лексические характеристики

этих языков в контексте длины слов. Это может свидетельствовать о том, что, несмотря на различия в грамматической структуре и словообразовании, французский и испанский языки имеют схожие тенденции в использовании слов по длине.

```
average_length = sum(len(word) for word in words) / len(words)
print(f"Средняя длина слова: {average_length:.2f}")
```

Рисунок 1 – Определение средней длины слова французского и испанского языков

После завершения статического анализа данных был проведен частотный анализ. Данный анализ позволяет лучше понять языковые предпочтения и тенденции в употреблении слов, а также определить распределение комбинаций букв и выявить особенности орфографических конструкций.

Биграммы рассчитывались путем перебора всех слов в файле, разбиения их на пары соседних букв и подсчета частоты встречаемости каждого сочетания (рисунок 2).

```
def get_bigrams(word_list):
    bigrams = Counter()
    for word in word_list:
        for i in range(len(word) - 1):
            bigram = word[i:i+2]
            bigrams[bigram] += 1
    return bigrams.most_common(10)

word_list = df["Word"].dropna().tolist()

bigram_freq = get_bigrams(word_list)
```

Рисунок 2 – Определение биграмм французского языка

Самыми распространенными биграммами французского языка являются «*er*», «*on*», «*ra*» (рисунок 3).

```
Топ-10 биграмм:
er: 90014
on: 79092
ra: 75563
nt: 74231
en: 66760
ai: 65406
es: 64761
is: 58832
re: 54543
as: 54297
```

Рисунок 3 – Самые распространенные биграммы французского языка

Самыми распространенными биграммами испанского языка являются «*er*», «*on*», «*ra*» (рисунок 4).

```
Топ-10 биграмм:
ar: 220095
as: 170829
ra: 150604
es: 150431
re: 144188
en: 126933
os: 123867
is: 110088
an: 107323
ri: 100874
```

Рисунок 4 – Самые распространенные биграммы испанского языка

Оба языка имеют общие биграммы, такие как «ra», «es», «re», «en», «is» и «as», что указывает на схожие звуковые комбинации и, возможно, общие корни слов (оба языка романские). Частотность общих биграмм отличается. Например, «ar» является самой частотной

биграммой в испанском, но отсутствует в топ-10 французских биграмм. «Er» и «on», лидирующие во французском, отсутствуют в топ-10 испанских.

В испанском списке присутствуют «ar», «os», «an» и «ri», которых нет во французском. Во французском есть «er», «on», «nt» и «ai», отсутствующие в испанском. Это указывает на различия в фонологии и морфологии языков.

Оба языка, будучи романскими, имеют общие звуковые комбинации, но их частотность и распределение различаются. Испанский язык характеризуется высокой частотностью биграмм с «r» и «a», что может указывать на особенности его фонологии и морфологии. Французский язык отличается высокой частотностью биграмм «er» и «on», что может быть связано с его уникальными грамматическими и лексическими особенностями.

Заключение. В рамках данного исследования проведен сравнительный анализ французского и испанского языков с использованием языка программирования Python и библиотеки pandas. Статистический анализ выявил различия в длине самых длинных слов: «anticonstitutionnellement» (25 символов) во французском и «achicharronariamos» (18 символов) в испанском. При этом средняя длина слов оказалась практически идентичной: 10.09 символов для французского и 10.06 символов для испанского. Частотный анализ биграмм показал, как общие черты, так и различия между языками. Общие биграммы, такие как «ra», «es», «re», «en», «is» и «as», свидетельствуют о схожих звуковых комбинациях и, возможно, общих лингвистических корнях. Однако различия в частотности и наличие уникальных биграмм в каждом языке, например, «ar» и «os» в испанском и «er» и «on» во французском, указывают на специфические особенности фонологии и морфологии каждого языка.

Список литературы

1. *Words [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/lorenbrichter/Words/tree/master/Words. – Дата доступа: 03.03.2025.*

2. *Pandas [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pandas.pydata.org/. – Дата доступа: 03.03.2025.*

UDC 004.4

COMPARATIVE ANALYSIS OF WORD FREQUENCY AND STRUCTURAL FEATURES OF FRENCH AND SPANISH LANGUAGES USING PYTHON

Akhramovich S.P., Siardziuk K.V., Predchenko V.M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V. – Cand. of Sci., Associate Professor, Dean of the FCAD

Annotation. The article presents a comparative analysis of French and Spanish using Python. The analysis of lexemes, their average length, and bigrams are also examined using the pandas library. Based on the results of the analysis, common patterns for both languages are identified.

Keywords: comparative analysis, lexeme, French, Spanish, average length.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

ПРИМЕНЕНИЕ BIG DATA В ПРОЕКТИРОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Стрельцов А.Д., Шамаль В.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пискун Г.А. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматриваются возможности и перспективы использования технологий Big Data при проектировании строительных объектов. Особое внимание уделено анализу источников данных, методам их обработки и интеграции в процессы инженерного проектирования. Выделены преимущества применения Big Data для повышения точности расчетов, оптимизации архитектурных решений и снижения затрат на проектирование. Также приведены основные проблемы, связанные с внедрением данных технологий [1].

Ключевые слова: Big Data, проектирование, строительные объекты, цифровизация, анализ данных, информационные системы.

Введение. Цифровизация оказывает существенное влияние на строительную отрасль, способствуя развитию инновационных подходов в проектировании объектов недвижимости и инфраструктурных объектов. Привычные методы проектирования часто ограничены возможностями обработки разрозненных данных, что приводит к низкой эффективности и повышенным рискам в управлении строительными проектами. В связи с этим, применение технологий Big Data становится актуальным направлением, способствующим интеграции различных источников информации, автоматизации процессов и улучшению качества проектных решений [2].

Основная часть. Технологии Big Data в строительстве. Современные подходы в данной области основаны на использовании масштабируемых платформ для хранения и обработки больших объемов как структурированных, так и неструктурированных данных, включая сведения о материалах, характеристиках окружающей среды, исторических проектах и эксплуатационных показателях объектов. Данные собираются с помощью сенсоров, беспилотных летательных аппаратов, систем мониторинга и информационных моделей зданий (BIM), что позволяет формировать комплексную информационную базу для анализа и принятия решений. Применение распределенных вычислительных систем и облачных платформ обеспечивает высокую скорость обработки информации [3], что критически важно для оперативного управления проектными процессами.

Информационное моделирование объектов (BIM) – это новый взгляд на процесс оптимизации проектирования и строительства. С помощью BIM технологии создаётся информационная модель, которая обеспечивает точное видение проекта в целом. Технологии информационного моделирования зданий – это качественно новый подход в архитектурно-строительном проектировании, который заключается в построении трёхмерной виртуальной модели здания в цифровом виде и несет в себе полную информацию о будущем объекте. Применение BIM технологии в проектировании зданий включает в себя сбор и комплексную обработку технологической, архитектурно-конструкторской, экономической информации о здании, благодаря чему строительный объект и всё, что к нему относится, рассматриваются как единое целое. Трёхмерная модель здания тесно связана с информационной базой данных, поэтому изменение хотя бы одного параметра строительного объекта влечёт за собой также изменение всех связанных с ним систем и объектов, включая чертежи, спецификации, визуализации, календарный график(рисунок1).

Рисунок 1 – Архитектура информационного моделирования зданий

Насколько актуальным и востребованным является применение технологии обработки больших данных в сфере строительства, можно наблюдать на примере ряда зарубежных стран, в некоторых из которых BIM активно используется уже десятками лет и находится на достаточно высоком уровне развития (таблица 1).

Таблица 1 – Применение технологии BIM в различных странах

Критерий	Германия	Великобритания	Франция	Россия	Польша
Процент застройщиков использующих BIM	80	73	60	12	9
С какого года BIM обязателен на законодательном уровне	2017	2016	2022	2022	–
В каком году впервые применили BIM	2006	1980	2010	2014	2014
Наиболее распространенный уровень BIM	2	2	2	1	1
Доля строительных компаний, использующих BIM	70%	73%	55%	12%	9%

Новый уровень управления проектами. Совмещение Big Data с информационным моделированием зданий (BIM) открывает и другие перспективы. Добавление больших данных в *3*D или 4D-проекты позволяет инженерам легко обнаружить любую ошибку или сделать точный прогноз.

Одно из преимуществ BIM – возможность совместной работы над моделью специалистов из разных стран в режиме реального времени.

Используя большие данные, они смогут оперативно передавать друг другу огромные массивы информации, чтобы быстрее принимать решения. Это в корне меняет подход к управлению проектами.

Раньше всеми данными владел один человек или несколько сотрудников, сидящих в одном офисе. Сегодня стала возможной по-настоящему командная работа, когда проектировщик, застройщик и генподрядчик, которые могут находиться в разных странах, вместе вносят изменения в проект на ранних стадиях.

В пример можно привести BIM-модель атомной электростанции «Хинкли-Пойнт С», при строительстве которой было задействовано более 30 тысяч человек. В процессе работы происходило совмещение Big Data и BIM с помощью решения Tekla Structures (рисунок 2).

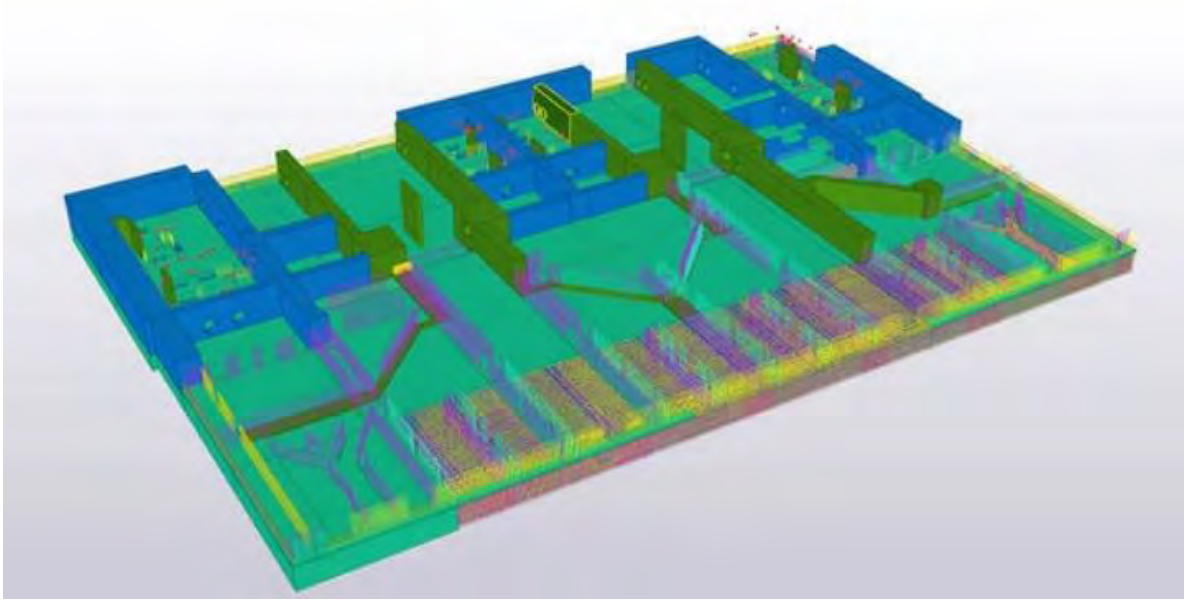


Рисунок 2 – *BIM*-модель атомной электростанции «Хинкли-Пойнт С»

Также технология Big Data позволяет осуществлять мониторинг проекта в режиме реального времени, чтобы улучшить планирование, сократить срок строительства и оптимизировать бюджет.

К примеру, компания Nick Savko and Sons из Огайо, которая занимается землеройными работами, оснастила свою технику 36 глобальными локаторными устройствами, чтобы контролировать их на расстоянии.

Установки собирали информацию о времени машинного цикла и простоя, производительности и других показателях. Когда эти данные загрузили в программу управления активами, менеджеры смогли оценить, достаточно ли автомобилей для выполнения работ, и понять, что землеройную машину было бы выгоднее использовать в других местах.

Также они смогли сравнить расход топлива с контрольными показателями и увидеть, эффективно ли операторы эксплуатировали технику. В итоге производительность компании значительно увеличилась, и она смогла завершить проект на месяц раньше срока.

Интеграция технологий Big Data значительно повышает качество проектных решений за счет анализа больших массивов информации, включая исторические данные, геоинформационные системы, климатические модели и сведения о материально-техническом обеспечении. Методы машинного обучения позволяют на ранних этапах оценить эффективность проектных решений, смоделировать поведение конструктивных элементов и предвидеть возможные риски, что минимизирует ошибки и сокращает затраты на корректировки в дальнейшем [4].

Анализ данных способствует оптимальному распределению ресурсов и точному планированию сроков, что особенно важно для масштабных проектов. Интеграция цифровых технологий с системами контроля качества обеспечивает своевременное выявление отклонений от проектных требований и корректировку строительных процессов, что повышает надежность и долговечность объектов.

Применение Big Data также позволяет учитывать климатические, геологические и экономические факторы, повышая энергоэффективность и безопасность объектов, а автоматизация проектных процессов способствует снижению временных и финансовых затрат [5]. Эффективное использование данных на всех этапах жизненного цикла строительства обеспечивает высокую точность расчетов и улучшение конечных результатов.

Несмотря на значительные преимущества применения Big Data и нейросетевых алгоритмов в проектировании строительных объектов, их внедрение сопровождается рядом сложностей. Одной из ключевых проблем является обеспечение высокого качества исходных данных, поскольку их низкая точность или неполнота могут привести к ошибкам в прогнозировании и снизить эффективность аналитических моделей. Интеграция разнородных источников информации и различных технологических платформ представляет собой дополнительный вызов, особенно на стыке традиционных и современных информационных систем.

Кроме того, высокая стоимость внедрения и эксплуатации аналитических платформ требует значительных финансовых вложений, а также привлечения специалистов с высокой квалификацией. Анализ больших объемов данных требует мощных вычислительных ресурсов, что увеличивает технические и организационные затраты.

Еще одной важной задачей является обеспечение безопасности и конфиденциальности данных, что требует применения специализированных мер защиты. Проблемы совместимости с существующими информационными системами также создают барьеры для широкомасштабного использования нейросетевых технологий и требуют особого внимания при реализации проектов [6].

Будущее применения технологий Big Data в проектировании строительных объектов связано с дальнейшей цифровизацией строительной отрасли и развитием искусственного интеллекта. Ожидается, что расширение возможностей интернета вещей (IoT), развитие облачных вычислений и совершенствование алгоритмов машинного обучения будут способствовать более глубокой интеграции данных технологий в проектные процессы. Перспективным направлением является создание единой информационной среды, объединяющей данные различных источников, что позволит существенно повысить адаптивность и оперативность управленческих решений, а также улучшить взаимодействие между участниками строительного процесса.

Заключение. Применение Big Data в проектировании строительных объектов является перспективным направлением, способствующим оптимизации процессов, снижению рисков и повышению качества конечных решений. Несмотря на существующие вызовы, интеграция аналитических инструментов и информационных систем в архитектурно-строительный процесс открывает значительные возможности для инноваций в данной области. Дальнейшие исследования и развитие технологий позволят реализовать потенциал больших данных в строительной индустрии и создать устойчивую платформу для цифровизации проектирования.

Список литературы

1. *Применение Big Data в инженерном проектировании: современные подходы // Журнал «Современные технологии в строительстве». – 2023. – Т. 12. – С. 45-52.*

2. *Петров П.П. Интеллектуальные системы в строительстве: проблемы и перспективы. – Журнал «Строительные технологии», 2022, №3, с. 45–52.*

3. *Сидоров А.А. Информационные технологии в управлении строительными проектами. – Санкт-Петербург: Политехнический университет, 2021.*

4. *Кузнецов В.В. Анализ данных и нейросетевые алгоритмы в проектировании: современные подходы // Журнал «Инновационные технологии в строительстве», 2023, №1, с. 10–17.*

5. *Цифровизация строительного проектирования: роль информационных технологий // Известия строительного института. – 2022. – №3. – С. 34-40.*

6. *Lee J., Kim S. Challenges in the Integration of Neural Networks and Big Data in Construction Management // Journal of Civil Engineering and Management, 2022, Vol. 28, Issue 4, pp. 233–240.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

THE USE OF BIG DATA IN THE DESIGN OF CONSTRUCTION PROJECTS

Streltsov A.D., Shamal V.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Piskun G.A. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article discusses the possibilities and prospects of using Big Data technologies in the design of construction facilities. Special attention is paid to the analysis of data sources, methods of their processing and integration into engineering design processes. The advantages of using Big Data to improve the accuracy of calculations, optimize architectural solutions and reduce design costs are highlighted. The main problems related to the implementation of these technologies are also given [1].

Keywords: Big Data, design, construction facilities, digitalization, data analysis, information systems.

УДК 004.421.4

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЁЖНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ПО ЗНАЧЕНИЯМ ИХ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Грачёва А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Боровиков С. М. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Разработана учебная компьютерная программа для получения по результатам выполненного обучающего эксперимента модели прогнозирования класса надёжности полупроводниковых приборов интересующего типа для заданного времени работы. Модель получают методом пороговой логики, позволяющим представить её в виде логической таблицы, что исключает необходимость выполнения математических расчётов перед принятием решения о классе надёжности экземпляров, не участвовавших в обучающем эксперименте, по значениям их информативных параметров. Выполняется только измерение информативных параметров, преобразование их в двоичный или троичный код, используя заранее полученные пороги, и определение по логической таблице класса надёжности прогнозируемого экземпляра. Компьютерная программа написана на языке программирования *JavaScript*, её можно запускать как обычную программу в ОС *Windows*.

Ключевые слова: полупроводниковые приборы, прогнозирование, надёжность, обучающий эксперимент, модель прогнозирования.

Введение. В данной статье рассматривается разработанная автором компьютерная программа, предназначенная для автоматизации процедуры прогнозирования класса надёжности полупроводниковых приборов по значениям их информативных параметров в начальный момент времени. Как основа для разработки компьютерной программы использована методика, разработанная учреждением образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в рамках выполнения с ОАО «ИНТЕГРАЛ» договора о научно-техническом сотрудничестве №20-4029 от 20 мая 2020 г. на выполнение научно-исследовательской работы по разработке методики прогнозирования надёжности полупроводниковых приборов большой мощности по значениям их информативных параметров в начальный момент времени.

Методика предназначена для применения её к полупроводниковым приборам, прошедших выходной контроль в условиях производства и признанных годными к использованию в составе электронной аппаратуры.

Основная часть. Прогнозирование индивидуальной надёжности полупроводниковых приборов (ППП) осуществляется в начальный момент времени (до постановки приборов в электронные устройства). Процесс прогнозирования начинается с обучения на основе экспериментальных данных, полученных при выполнении обучающего эксперимента [1, 2]. С помощью обработки результатов обучающего эксперимента получают модель прогнозирования, которую в технической литературе [1...4] называют также прогнозирующим правилом. Модель прогнозирования позволяет классифицировать экземпляры (ППП), которые не использовались при проведении обучающего эксперимента, на два класса с точки зрения их работоспособности для заданного времени работы: $K1$ – класс надёжных экземпляров, $K2$ – класс потенциально ненадёжных экземпляров. Особенностью экземпляров класса $K2$ является то, что они успешно прошли выходной контроль на предприятии-изготовителе, в начальный момент времени отвечают требованиям технической документации и признаны годными для использования в составе электронной аппаратуры, но из-за невыявленных на этапе

изготовления скрытых производственных дефектов потеря их работоспособности с большой степенью вероятности наступит раньше нормативного времени работы (заданной наработки), указанного в технической документации или установленного изготовителем электронных устройств.

В качестве заданной наработки может рассматриваться гарантированная наработка, приводимая в технических условиях на ППП рассматриваемого типа, или наработка, указываемая конкретным потребителем. Решение о классе надёжности, к которому экземпляр будет принадлежать для заданной наработки, принимается путём измерения у конкретного экземпляра информативных параметров и обработки их по прогнозирующему правилу (иначе – модели прогнозирования). Это правило для однотипных ППП получают заблаговременно один раз, выполняя обучающий эксперимент и обрабатывая его результаты [1, 2].

Методика регламентирует правила и методы проведения обучающего эксперимента, указывает алгоритм обработки результатов обучающего эксперимента и получения прогнозирующего правила (модели прогнозирования).

Полученное прогнозирующее правило используется для прогнозирования индивидуальной надёжности однотипных экземпляров, не принимавшим участия в обучающем эксперименте.

В качестве основного языка программирования для написания компьютерной программы выбран *JavaScript*. На этапе проектирования компьютерной программы были внедрены:

– библиотека *React*, позволяющая удобно разрабатывать интерфейсы приложения благодаря компонентному подходу;

– библиотека *Redux Toolkit*, использующаяся для управления состоянием приложения и передачи данных между компонентами;

– библиотека *MUI Material*, обеспечивающая удобные и стилизованные компоненты для пользовательского интерфейса;

– библиотека *xlsx* для работы с таблицами *Excel*.

Главное окно разработанной компьютерной программы показано на рисунке 1.

Рисунок 1 – Главное окно компьютерной программы

Функции, выполняемые модулями компьютерной программы (см. рисунок 1):

1 «Обучающий эксперимент», выполняемые действия:

– получение входных данных, вводимых вручную с помощью клавиатуры или загружаемых из файла формата *Excel*;

– группировка данных на два класса: $K1$ и $K2$.

2 «Получение модели прогнозирования», выполняемые действия:

– выбор метода расчёта пороговых значений, необходимых для преобразования информативных параметров в двоичные или троичные сигналы;

– преобразование информативных параметров каждого экземпляра обучающей выборки в двоичный [1–3] или троичный [4] кодовый сигнал;

– выбор вида и подсчёт значения прогнозирующей функции для каждого экземпляра обучающей выборки с учётом полученных для них дискретных кодовых сигналов [1–4];

– построение модели прогнозирования и определение значения порога разделения экземпляров обучающей выборки на классы $K1$ и $K2$;

– представление модели прогнозирования в виде логической таблицы.

3 «Проверка качества модели прогнозирования», выполняемые действия:

– оценка качества модели прогнозирования путём её применения к экземплярам обучающей выборки, действительный класс которых для заданной наработки известен;

– определение класса по прогнозу экземпляров обучающей выборки, пользуясь логической таблицей;

– вычисление основных характеристик качества прогнозирования по известным формулам [1, 2];

– принятие решения об использовании построенной логической таблицы для индивидуального прогнозирования новых экземпляров, не участвовавших в обучающем эксперименте (в случае соответствия расчётных характеристик заданным требованиям);

– уточнение (корректировка) модели прогнозирования путём изменения порога разделения классов надёжности $K1$ и $K2$ (в случае, если качество модели прогнозирования не отвечает требованиям).

Заключение. Разработана учебная компьютерная программа для индивидуального прогнозирования надёжности полупроводниковых приборов по значениям их информативных параметров начальный момент времени. Программа позволяет автоматизировать процедуру получения методом пороговой логики модели прогнозирования в виде логической таблицы, проверить пригодность этой модели и при необходимости выполнить её корректировку.

Список литературы

1. *Боровиков, С.М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадёжных изделий электронной техники: монография / С.М. Боровиков. – М.: Новое знание, 2013. – 343 с.*

2. *Прогнозирование надёжности изделий электронной техники / С.М. Боровиков, И.Н. Цырельчук, Е.Н. Шнейдеров [и др.] – Минск: МГВРК. 2010. –. 308 с.*

3. *Метод прогнозирования надёжности изделий электронной техники / С.М. Боровиков, А.В. Емельянов, А.А. Хмыль [и др.] // Доклады НАН Беларуси. – 2006. – Т. 50, № 4. – С. 105–109.*

4. *Прогнозирование класса надёжности изделий электронной техники методом преобразования информативных параметров в дискретный код / В.О. Казючиц, С.М. Боровиков, М.П. Батура, Е.Н. [и др.] // Доклады ТУСУР. – 2023. – Т. 26, № 1. – С. 91–97.*

UDC 004.421.4

COMPUTER PROGRAM FOR OBTAINING A MODEL FOR PREDICTING THE RELIABILITY OF SEMICONDUCTOR DEVICES BASED ON THE VALUES OF THEIR INFORMATIVE PARAMETERS

Grachova A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borovikov S.M. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. A computer program has been developed to obtain, based on the results of a training experiment, a model for predicting the reliability class of semiconductor devices of the type of interest for a given operating time. The model is obtained using the threshold logic method, which allows it to be presented as a logical table, which eliminates the need to perform mathematical calculations before making a decision on the reliability class of samples that did not participate in the training experiment, based on the values of their informative parameters. Only the informative parameters are measured, converted into binary or ternary code using previously obtained thresholds, and determined by the logical table of the reliability class of the predicted sample. The computer program is written in the JavaScript programming language, it can be launched as a regular program in Windows OS.

Keywords: semiconductor devices, forecasting, reliability, learning experiment, forecasting model.

УДК 621.382-027.45:510.6

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КЛАССА НАДЁЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ МЕТОДОМ ПОРОГОВОЙ ЛОГИКИ

Коляда Е.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Боровиков С.М. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Применение большинство методов прогнозирования надёжности изделий по значениям их информативных параметров предполагает получение для прогнозируемого экземпляра решающей функции путём проведения сложных математических расчётов, используя результаты измерения информативных параметров этого экземпляра. Рассматриваемый метод прогнозирования, называемый методом пороговой логики, позволяет принять решение о прогнозном классе конкретного экземпляра без проведения математических расчётов. Выполняется измерение у прогнозируемого экземпляра информативных параметров, преобразование их в двоичный код, используя заранее найденные пороговые уровни, и принимается решение о классе экземпляра с помощью логической таблицы, получаемой также заранее и показывающей связь сочетания двоичных кодовых сигналов с классом надёжности изделий для заданного времени работы.

Ключевые слова: изделия электронной техники, прогнозирование надёжности, информативные параметры.

Введение. Большинство методов индивидуального прогнозирования надёжности изделий электронной техники (ИЭТ) по значениям их информативных параметров (иначе – признаков) в начальный момент времени предусматривает выполнение математических расчётов, используя результаты измерения признаков для получения решающей функции, по значению которой принимают решение о классе надёжности экземпляра для заданного времени работы: K_1 – класс надёжных экземпляров, K_2 – класс потенциально ненадёжных экземпляров [1]. Экземпляры класса K_2 из-за невыявленных в них скрытых дефектов на этапе изготовления могут потерять работоспособность раньше заданного времени работы. Прогнозирование класса надёжности ИЭТ методом пороговой логики предусматривает преобразование результатов измерения признаков в двоичный код и позволяет избежать выполнения расчётов решающей функции для прогнозируемого экземпляра, поскольку число используемых признаков и, следовательно, число комбинаций двоичных кодовых сигналов ограничено. Можно получить логическую таблицу, показывающую, каким комбинациям двоичных чисел соответствует тот или иной класс надёжности ИЭТ [1–3].

Основная часть. Последовательность действий для получения логической таблицы для интересующего типа ИЭТ методом пороговой логики, используя результаты выполненного обучающего эксперимента [1], показана на рисунке 1.

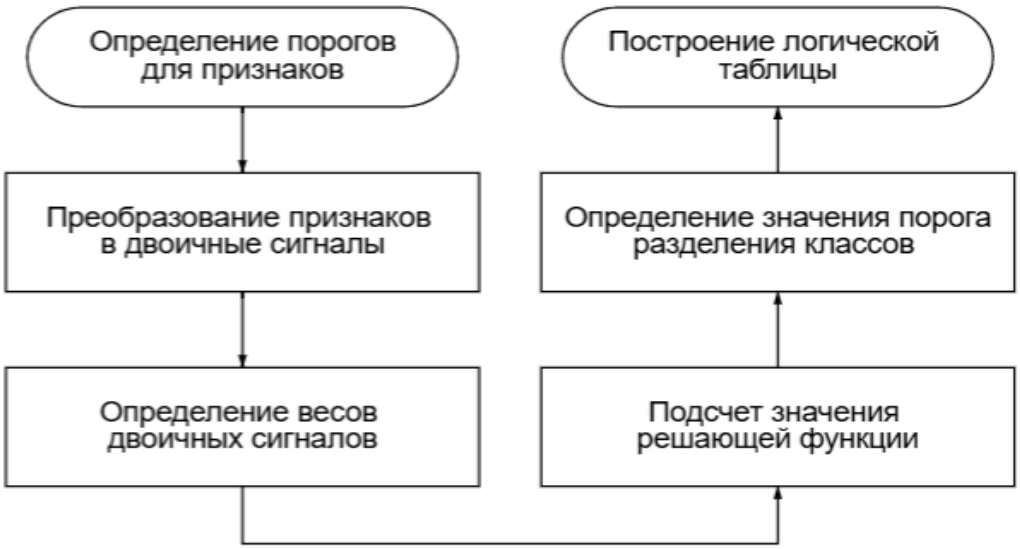


Рисунок 1 – Получение логической таблицы

Пороговый уровень x_{i0}, необходимый для преобразования i-го признака в двоичный код (единицу или нуль) может быть найден по формуле [1]

$$x_{i0} = \frac{x_{i\max}^{(K_U)} + x_{i\min}^{(K_V)}}{2}, i = 1, \dots, k, \quad (1)$$

где $x_{i\max}^{(K_U)}$ – максимальное значение признака x_i, имевшее место в момент времени $t = 0$ для экземпляров класса K_U;

$x_{i\min}^{(K_V)}$ – минимальное значение признака x_i, имевшее место в момент времени $t = 0$ для экземпляров класса K_V; $u, v = 1, 2; u \neq v$;

k – число признаков, используемых для прогнозирования класса надёжности ИЭТ, обычно $k = 2 \dots 5$ [1].

Для преобразования признаков $x_i \dots, x_k$ в двоичные числа $z_1, \dots, z_k$ используют следующий алгоритм [1–3]:

$$\text{при } m_i^{(1)} > m_i^{(2)} \quad \begin{cases} z_i = 1, & \text{если } x_i \geq x_{i0} \\ z_i = 0, & \text{если } x_i < x_{i0} \end{cases}; \quad (2)$$

$$\text{при } m_i^{(1)} < m_i^{(2)} \quad \begin{cases} z_i = 1, & \text{если } x_i \leq x_{i0} \\ z_i = 0, & \text{если } x_i > x_{i0} \end{cases}, \quad (3)$$

где $m_i^{(S)}$ – среднее значение i-го признака в классе $K_s (s = 1, 2)$.

Получив по (1) пороговые уровни признаков x_{i0}, и выполнив с использованием (2) или (3) преобразование признаков x_i в двоичные сигналы z_i, определяют веса $\alpha(z_i)$ этих двоичных сигналов. Вес $\alpha(z_i)$ двоичного сигнала z_i характеризует его ценность для процедуры прогнозирования и определяется по условию [1]

$$\alpha(z_i) = \begin{cases} P(K_1/z_i = 1), & \text{если } z_i = 1; \\ P(K_1/z_i = 0), & \text{если } z_i = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где $P(K_1/z_i = \varepsilon)$ – оценка вероятности того, что ИЭТ принадлежит к классу K_1 при условии, что двоичный сигнал z_i принял значение $z_i = \varepsilon$; $\varepsilon = 1, 0$.

Оценки вероятностей $P(K_1/z_i = 1)$ и $P(K_1/z_i = 0)$, используемые в (4), получают по результатам обучающего эксперимента [1]:

$$P(K_1/z_i = 1) = \frac{n(K_1/z_i = 1)}{n(z_i = 1)}; \quad (5)$$

$$P(K_1/z_i = 0) = \frac{n(K_1/z_i = 0)}{n(z_i = 0)}; \quad (6)$$

где $n(K_1/z_i = \varepsilon)$ – число экземпляров класса K_1 в обучающей выборке, для которых двоичный сигнал z_i принял значение $z_i = \varepsilon$; $\varepsilon = 1, 0$.

$n(z_i = \varepsilon)$ – общее число изделий в обучающей выборке, для которых двоичный сигнал z_i принял значение $z_i = \varepsilon; = 1, 0$.

Оценки вероятностей, полученные по (5) и (6), в соответствии с выражением (4) принимаются в качестве веса $\alpha(z_i)$.

Значение решающей функции $F(z_1^{(j)}, \dots, z_k^{(j)})$ j-го экземпляра определяется как [1]

$$F\left(z_1^{(j)}, \dots, z_k^{(j)}\right) = \sum_{i=1}^{k} \alpha\left(z_i{}^{(j)}\right), \quad (7)$$

Прогнозирующее правило (алгоритм метода пороговой логики), определяющее класс экземпляра по прогнозу, задаётся соотношением [1–3].

$$R^{(j)} = \begin{cases} 1, \ \text{если} \ \sum_{i=1}^{k} \alpha(z_i{}^{(j)}) \geq P_0 \ ; \\ 0, \ \text{если} \ \sum_{i=1}^{k} \alpha(z_i{}^{(j)}) < P_0 \, , \end{cases} \quad (8)$$

где $R^{(j)}$ – выходной двоичный сигнал (пороговая функция), соответствующий j-му экземпляру, равный единице для класса K_1 и нулю для класса K_2;

$\alpha(z_i{}^{(j)})$ – вес i-го двоичного сигнала, взятый с учётом того, какое значение принял двоичный сигнал z_i для j-го экземпляра;

P_0 – порог разделения классов, определяемый экспериментально (вещественное число).

Число комбинаций z_i не велико (2^k), поэтому правило (8) можно представить в виде простой логической таблицы (таблица 1).

Таблица 1 – Общий вид логической таблицы

Номер комбинации	**Двоичные сигналы**			**Значение решающей функции**	**Класс ИЭТ по прогнозу**
	z_1	…	z_k		
1	$z_1^{(1)}$	…	$z_k^{(1)}$	$F^{(1)}$	$K_s^{(1)}$
2	$z_1^{(2)}$	…	$z_k^{(2)}$	$F^{(2)}$	$K_s^{(2)}$
…	…	…	…	…	…

Заключение. Полученная методом пороговой логики логическая таблица позволяет выполнять индивидуальное прогнозирование класса надёжности ИЭТ, не участвовавших в обучающем эксперименте, без выполнения расчётов решающей функции (7).

Список литературы

1. *Боровиков, С.М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадёжных изделий электронной техники / С.М. Боровиков. – М.: Новое знание, 2013. – 343 с.*
2. *Метод прогнозирования надёжности изделий электронной техники / С.М. Боровиков, А.В. Емельянов, А.А. Хмыль, А.И. Бересневич // Доклады НАН Беларуси. – 2006. – Т. 50, № 4. – С. 105–109.*
3. *Прогнозирование надёжности изделий электронной техники методом пороговой логики / С.М. Боровиков, А.И. Бересневич, А.А. Хмыль, А.В. Емельянов, И.Н. Цырельчук // Доклады БГУИР. – 2006. – № 2(14). – С. 49–56.*

UDC 621.382-027.45:510.6

FORECASTING THE RELIABILITY CLASS OF ELECTRONIC PRODUCTS BY THE THRESHOLD LOGIC METHOD

Kolyada E.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borovikov S.M. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The application of most methods of forecasting the reliability of products based on the values of their informative parameters involves obtaining a decision function for the predicted instance by performing complex mathematical calculations using the results of measuring the informative parameters of this instance. The forecasting method under consideration, called the threshold logic method, allows making a decision on the predicted class of a specific instance without performing mathematical calculations. The informative parameters of the predicted instance are measured, converted into a binary code using previously found threshold levels, and a decision is made on the class of the instance using a logical table, also obtained in advance and showing the relationship between the combination of binary code signals and the reliability class of the products for a given operating time.

Keywords: electronic products, reliability prediction, informative parameters.

УДК 004.056.53

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛОДЕТЕКТОРОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНОГО АРИФМЕТИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА

Денскевич А. Д., Зубрицкий Е. Д., Прорашнева А. Л.

Белорусский Государственный Университет Информатики и Радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алефиренко В. М. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Приведены результаты расчетов комплексных показателей качества металлодетекторов. Показана диаграмма распределения комплексных показателей качества, которая позволяет осуществлять выбор наиболее подходящей модели металлодетектора.

Ключевые слова: металлодетекторы, принцип работы, технические параметры, комплексные показатели качества.

Введение. Металлодетектор представляет собой устройство, устройство обнаружения металлических предметов в укрывающих средах, основной механизм функционирования которого основан на явлении электромагнитной индукции. При переводе прибора в рабочий режим формируется переменное магнитное поле, которое при приближении металлического объекта индуцирует в нем вихревые токи. В результате возникает вторичное магнитное поле, изменяющее характеристики исходного поля устройства. Детектирующая система фиксирует изменения параметров магнитного поля и, используя современные алгоритмы обработки сигналов, определяет наличие металла. Устройство позволяет проводить анализ исследуемого объекта и оценить его физико-химические характеристики, включая размер и состав материала [1].

В настоящее время на рынке технических средств обеспечения безопасности объектов представлено большое разнообразие моделей металлодетекторов, предоставляемых различными фирмами. Поэтому, выбор наиболее оптимальной по своим техническим параметрам модели представляет определенную трудность, так как требует анализа большого числа таких параметров, отличающихся своими количественными значениями.

Основная часть. Для решения этой проблемы можно использовать комплексный метод определения качества изделий, который позволяет учитывать все принятые во внимание технические параметры и их числовые значения [2, 3]. Комплексный метод оценки качества изделий предполагает использование комплексных показателей, в качестве одного из которых может использоваться средневзвешенный арифметический показатель, который определяется по формуле

$$K_{\text{ариф}} = \sum_{i=1}^{m} \alpha_{Hi} \cdot k_{Hi}, \quad (1)$$

где $k_{\text{H}i}$ – нормированный i-й единичный показатель; $\alpha_{\text{H}i}$ – нормированный коэффициент, характеризующий вес (значимость, важность) i-го единичного показателя; m – количество единичных показателей, принятых во внимание.

Поскольку технические параметры металлодетекторов имеют различные размерности, то для использования формулы (1) необходимо преобразовать их и провести нормировку, чтобы получить безразмерные значения. Нормировка может быть проведена с помощью выражения

$$K_{Hi} = \frac{k_i - k_{\text{кр}i}}{k_{\text{опт}i} - k_{\text{кр}i}}, \quad (2)$$

где k_i – исходное значение i-го единичного показателя; $k_{кр\,i}$ – критическое значение i-го единичного показателя; $k_{опт\,i}$ – оптимальное значение i-го показателя.

Исходные значения k_i должны лежат в пределах $k_{кр\,i} < k_i < k_{опт\,i}$ или $k_{опт\,i} < k_i < k_{кр\,i}$. Коэффициенты значимости α_{Hi} для формулы (1) должны выбираться таким образом, чтобы обеспечивалось условие

$$\sum_{i=1}^{m} \alpha_{Hi} = 1, \qquad (3)$$

тогда нормированные значения K_{Hi} будут лежать в пределах $0 < K_{Hi} < 1$.

В качестве единичных показателей для металлодетекторов использовались такие технические параметры как максимальная глубина обнаружения, количество поисковых программ, время непрерывной работы, габариты прибора, вес, рабочая температура, гарантийный срок и цена.

Для сравнения было выбрано 8 моделей металлодетекторов, выпускаемых различными фирмами.

Для определения численных значений комплексных показателей качества металлодетекторов необходимо предварительно подготовить и преобразовать исходные данные. После преобразований число параметров увеличилось до 11.

Для присвоение параметрам коэффициентов значимости был использован экспресс-метод определения коэффициентов значимости, суть которого заключалась в определении различных по важности групп параметров, каждой из которых присваивались свои диапазоны, выраженные в числовом виде и равностоящие друг от друга. Таким образом техническим характеристикам были выбраны значения от 1 до 10. Характеристикам были присвоены следующий приоритет: максимальная глубина погружения – 9, количество поисковых программ – 9, время непрерывной работы – 9, габариты прибора – 7, вес – 7, рабочая температура – 8.5, гарантийный срок – 7 и цена – 8 [4].

Результаты расчетов, проведенные по формуле (1) с учетом выражений (2) и (3), в виде столбиковой диаграммы представлены на рисунке 1.

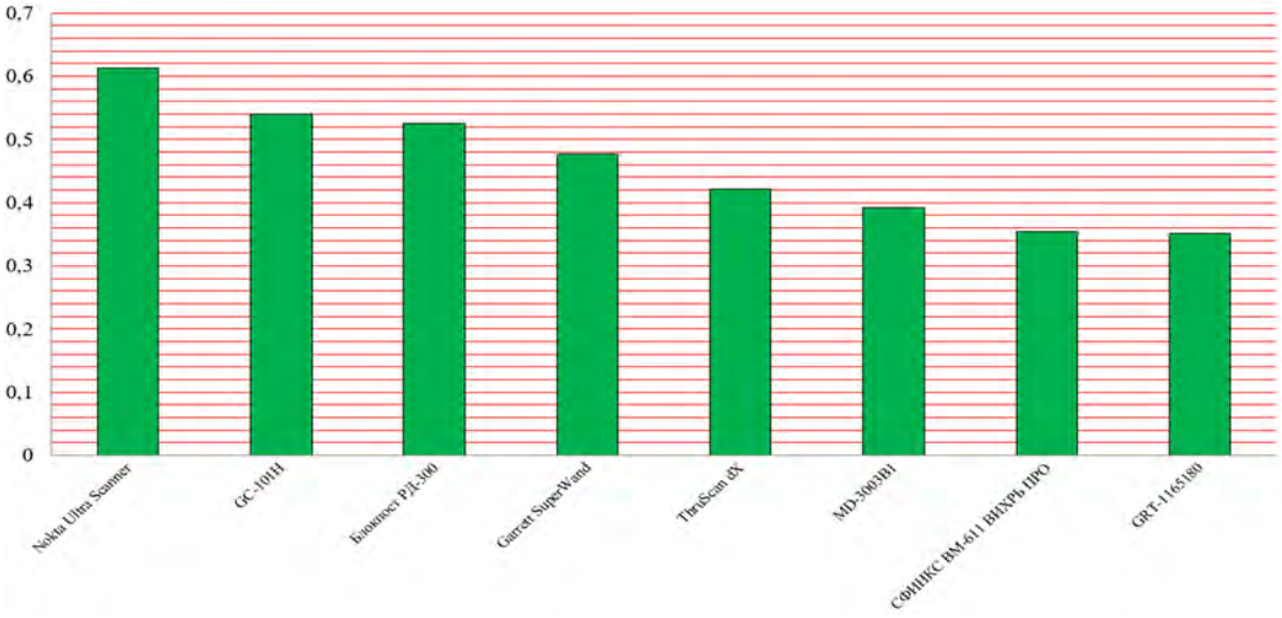


Рисунок 1 – Распределение комплексных показателей качества металлодетекторов

Как показали результаты расчетов, наилучшие значения показателей качества были у модели *Nokta Ultra Scanner* (0,613), на втором месте – *GC*-101*H* (0,539) и на третьем месте – Блокпост РД-300 (0,525), общий вид которых показан на рисунке 2.

а б в

Рисунок 2 – Металлодетекторы: а – *Nokta Ultra Scanner*; б – *GC*-101*H*; в – Блокпост РД-300

Заключение. Таким образом, определение качественных характеристик металлодетекторов, выраженных относительными численными значениями и комплексно учитывающих количественные значения технических параметров, позволило провести их сравнение и определить лучшую модель по выбранным для сравнения техническим параметрам.

Список литературы

1. *Принципы работы металлодетектора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rustelematika.ru/blog/metallodetektor/. – Дата доступа: 05.03.2025.*

2. *Алефиренко, В.М. Выбор состава технических средств для систем обеспечения безопасности / В.М. Алефиренко // Доклады БГУИР. – 2017. – № 2 (104). – С. 39–44.*

3. *Алефиренко, В. М. Сравнительный анализ параметров переносных комплексов радиоэлектронного подавления беспилотных летательных аппаратов / В. М. Алефиренко, А. Д. Денскевич, А. М. Асиненко // Science Time. – 2023. – № 2 (109). – С. 41–45.*

4. *Технические характеристики ручных металлодетекторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.taggerd.su/info/ruchnoy-dosmotrovyy-metallodetektor/. – Дата доступа: 06.03.2025.*

UDC 004.056.53

ANALYSIS OF THE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF METAL DETECTORS USING A COMPLEX ARITHMETIC QUALITY INDICATOR

Denskevich A.D., Zubritskiy E. D., Prorashneva A. L.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alefirenko V. M. – Cand. of Sci., associate professor of the department of ICSD

Annotation. The results of calculations of complex quality indicators of metal detectors are presented. A diagram of the distribution of complex quality indicators is shown, which allows selecting the most suitable metal detector model.

Keywords: metal detectors, operation principle, technical parameters, comprehensive quality indicators.

УДК 004.056.53

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕЛИНЕЙНЫХ ЛОКАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА

Денскевич А. Д., Зубрицкий Е. Д., Прорашнева А. Л.

Белорусский Государственный Университет Информатики и Радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алефиренко В. М. – к.т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Приведены результаты расчетов комплексных показателей качества нелинейных локаторов. Показана диаграмма распределения комплексных показателей качества, которая позволяет осуществлять выбор наиболее подходящей модели.

Ключевые слова: нелинейные локаторы, принцип работы, технические параметры, комплексные показатели качества.

Введение. Нелинейный локатор представляет собой устройство, основной механизм функционирования которого базируется на излучении радиочастотного сигнала, вызывающего нелинейный отклик в исследуемом объекте. При переводе прибора в рабочий режим его антенна облучает объект, и при встрече с полупроводниковыми компонентами, такими как диоды или транзисторы, сигнал преобразуется с образованием гармонических частотных составляющих. Детектирующая система анализирует возвратный сигнал, фиксируя нелинейный отклик, что позволяет с высокой точностью идентифицировать наличие электронных компонентов даже в скрытых или неактивных устройствах [1].

В настоящее время на рынке технических средств обеспечения безопасности объектов представлено большое разнообразие моделей нелинейных локаторов, выпускаемых различными фирмами. Поэтому, выбор наиболее оптимальной по своим техническим параметрам модели представляет определенную трудность, так как требует анализа большого числа таких параметров, отличающихся своими количественными значениями.

Основная часть. Для решения этой проблемы можно использовать комплексный метод определения качества изделий, который позволяет учитывать все принятые во внимание технические параметры и их числовые значения [2, 3]. Комплексный метод оценки качества изделий предполагает использование комплексных показателей, в качестве одного из которых может использоваться средневзвешенный геометрический показатель, который определяется по формуле

$$K_{\text{геом}} = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^{m} k_{Hi}^{\alpha_{Hi}}}, \quad (1)$$

где $k_{\text{H}i}$ – нормированный i-й единичный показатель; $\alpha_{\text{H}i}$ – нормированный коэффициент, характеризующий вес (значимость, важность) i-го единичного показателя; m – количество единичных показателей, принятых во внимание.

Поскольку технические параметры нелинейных локаторов имеют различные размерности, то для использования формулы (1) необходимо провести их нормировку, чтобы получить безразмерные значения. Нормировка может быть проведена с помощью выражения

$$K_{Hi} = \frac{k_i - k_{\text{кр}i}}{k_{\text{опт}i} - k_{\text{кр}i}}, \quad (2)$$

где k_i – исходное значение i-го единичного показателя; $k_{кр\,i}$ – критическое значение i-го единичного показателя; $k_{опт\,i}$ – оптимальное значение i-го показателя.

Исходные значения k_i должны лежат в пределах $k_{кр\,i} < k_i < k_{опт\,i}$ или $k_{опт\,i} < k_i < k_{кр\,i}$. Коэффициенты значимости α_{Hi} для формулы (1) должны выбираться таким образом, чтобы обеспечивалось условие

$$\prod_{i=1}^{m} \alpha_{Hi} = 1, \quad (3)$$

Тогда нормированные значения K_{Hi} будут лежать в пределах $0 < K_{Hi} < 1$.

В качестве единичных показателей для нелинейных локаторов использовались такие технические параметры как мощность излучения, чувствительность каждого канала приёмника, несущая частота зондирующего сигнала передатчика, потребляемый ток, вес, масса комплекта в чемодане, габариты, рабочая температура, цена и гарантия.

Для сравнения было выбрано 16 моделей нелинейных локаторов, выпускаемые различными фирмами [4].

Для определения численных значений комплексных показателей качества металлодетекторов необходимо предварительно подготовить и преобразовать исходные данные. После преобразований число параметров увеличилось до 13.

Для присвоение параметрам коэффициентов значимости был использован экспресс-метод определения коэффициентов значимости, суть которого заключалась в определении различных по важности групп параметров, каждой из которых присваивались свои диапазоны, выраженные в числовом виде и равностоящие друг от друга. Таким образом техническим характеристикам были выбраны значения от 1 до 10. Характеристикам были присвоены следующий приоритет: мощность излучения – 9, чувствительность каждого канала приёмника – 9, несущая частота зондирующего сигнала передатчика – 9, потребляемый ток – 8, вес – 7, масса комплекта в чемодане – 7, габариты – 6, рабочая температура – 8, цена – 6 и гарантия – 6.

Результаты расчетов, проведенные по формуле (1) с учетом выражений (2) и (3), в виде столбиковой диаграммы представлены на рисунке 1.

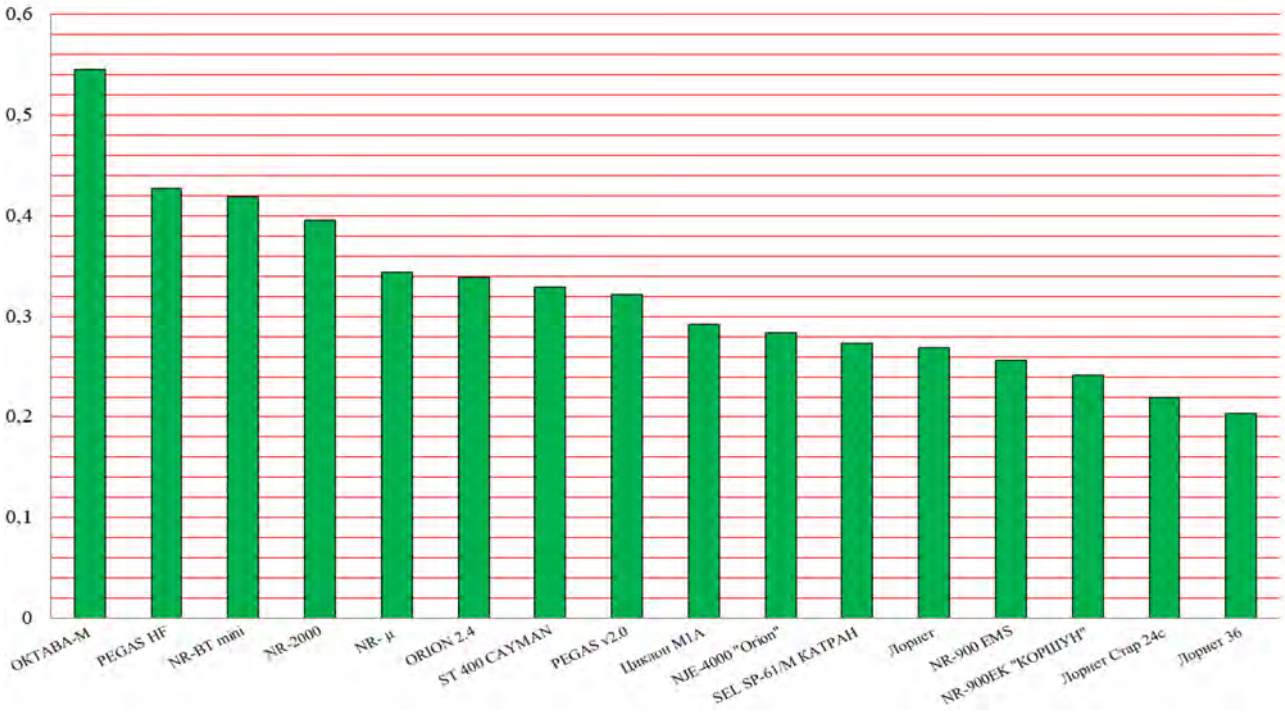


Рисунок 1 – Распределение комплексных показателей качества нелинейных локаторов

Как показали результаты расчетов, наилучшие значения показателей качества были у модели ОКТАВА-М (0,546), на втором месте – *PEGAS HF* (0,427) и на третьем месте – *NR-BT mini* (0,419), общий вид которых показан на рисунке 2.

а б в

Рисунок 2 – Нелинейные локаторы: а – ОКТАВА-М; б – *PEGAS HF*; в – *NR-BT mini*

Заключение. Таким образом, определение качественных характеристик нелинейных локаторов, выраженных относительными численными значениями и комплексно учитывающих количественные значения технических параметров, позволило провести их сравнение и определить лучшую модель по выбранным для сравнения техническим параметрам.

Список литературы

1. *Зачем нужен нелинейный локатор и как с ним работать [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://detsys.ru/article/zachem-nujen-nelineynyy-lokator/. – Дата доступа: 06.03.2025.*

2. *Алефиренко, В.М. Выбор состава технических средств для систем обеспечения безопасности / В.М. Алефиренко // Доклады БГУИР. – 2017. – № 2 (104). – С. 39–44.*

3. *Алефиренко, В. М. Анализ технических характеристик металлодетекторов с помощью комплексного геометрического показателя качества / В. М. Алефиренко, А. Д. Денскевич, Е. Д. Зубрицкий // Научные исследования XXI века : сетевое издание. – 2025. – № 1 (33). – С. 6–10.*

4. *Каталог 2025. Средства противодействия экономическому шпионажу // INSIDE. Защиты информации. – 2025. – № 1 (121). – С. 53–87.*

UDC 004.056.53

ANALYSIS OF THE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF NONLINEAR LOCATORS USING A COMPLEX GEOMETRIC QUALITY INDICATOR

Denskevich A.D., Zubritskiy E. D., Prorashneva A. L.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alefirenko V. M. – Cand. of Sci., associate professor of the department of ICSD

Annotation. The results of calculations of complex quality indicators of nonlinear locators are presented. A diagram of the distribution of complex quality indicators is shown, which allows selecting the most appropriate model.

Keywords: nonlinear locators, operating principle, technical parameters, comprehensive quality indicators.

УДК 004.9:616.15

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ГЕМАТОЛОГИИ

Славинский Г.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Боброва Н.Л. – к. т. н., доцент, доцент кафедры информатики

Аннотация: в статье рассматриваются классы задач и методы классического машинного обучения. Представлены примеры задач гематологии, решение которых возможно с помощью классического машинного обучения. Выделены преимущества и недостатки, описаны примеры успешной реализации. Выдвинуто предположение о будущем указанного направления в медицине.

Ключевые слова: машинное обучение, персонализированная медицина, гематология, биоинформатика.

Введение. Современная медицина становится все более персонализированной и ориентированной на пациента, стремится к использованию индивидуальных профилей пациентов для разработки и выбора возможных вариантов диагностики и лечения [1].

Использование больших данных и аналитики делает возможным принятие более обоснованных решений, основанных на индивидуальных характеристиках пациента и его медицинской истории, что создает основу для интеграции методов машинного обучения.

Машинное обучение позволяет компьютерным системам обучаться и адаптироваться к новым данным без прямого программирования [2]. Данная область знаний получила широкое распространение в гистологических исследованиях, геномике и анализе медицинских данных. Таким образом, технологии искусственного интеллекта продолжают интегрироваться в исследовательскую и практическую медицину, включая гематологию [3].

Гематология является областью медицины, изучающей заболевания крови и кроветворных органов, включая анемии, лейкемии, лимфомы, тромбоцитопении. Ее значимость заключается в серьезных последствиях патологий кроветворения для здоровья пациентов, что требует комплексного подхода к диагностике и лечению заболеваний.

Основная часть. Область машинного обучения включает несколько основных направлений, к которым относятся ансамблевое обучение, нейронные сети и глубокое обучение, обучение с подкреплением и классическое машинное обучение [4]. В данной статье рассматривается классическое обучение.

Определение классического машинного обучения. Классическое машинное обучение представляет собой совокупность традиционных статистических и математических методов, что способны эффективно справляться с обработкой небольших наборов данных.

К основным особенностям классического машинного обучения относятся:

– использование классических алгоритмов;

– эффективная работа с небольшими наборами данных;

– решение формальных задач, таких как поиск и классификация;

– возможность применения технологии в различных областях.

В классическом машинном обучении выделяют два подхода к построению моделей [5]:

– обучения модели с учителем;

– обучения модели без учителя.

Обучение с учителем. Данный подход является одним из наиболее распространенных в машинном обучении, и применяется в распознавание речи, компьютерном зрении, прогнозировании. При подходе обучения с учителем, модель обучается на основе набора

размеченных данных, где каждый пример имеет соответствующую метку – желаемый выход модели, то есть установлены пары «вход-выход».

Обучение с учителем включает две подкатегории:

– классификация;

– регрессия.

Классификация направлена на предсказание категориальных меток на основе входных данных. Ее задача заключается в разделении множества объектов на группы, называемые классами, в зависимости от их характеристик, и предсказании того, к какому классу принадлежит объект [6].

В процессе классификации алгоритмы обучаются на размеченных данных, где каждому объекту уже присвоена категория. После обучения модель может предсказывать категории для новых данных.

Классификация может быть бинарной, ограничивающейся только двумя классами, или многоклассовой, что предполагает наличие более двух классов. Это зависит от задачи.

Примерами применения классификации в гематологии являются патофизиологический анализ гемограмм и оценка типовых нарушений системы крови [7]: классификация типов клеток крови (эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов) на основе морфологических характеристик; классификация патологических клеток. Примером патологических клеток являются бластные клетки при лейкозах [8].

Среди основных методов классификации можно выделить [5]: логистическую регрессию**;** k-ближайших соседей; деревья решений; случайный лес.

В машинном обучении, классификация выделяется эффективностью в обработке задач с несколькими установленными классами, и находит широкое применение в различных областях, включая медицинскую диагностику, фильтрацию, распознавание изображений.

Регрессия используется для предсказания непрерывных числовых значений на основе независимых признаков. Модель обучается на размеченных данных, чтобы установить связь между зависимой переменной, то есть выходом, и одной или несколькими независимыми переменными, то есть входами [6].

Способность к моделированию делает регрессию важным инструментом прогнозирования в различных областях, включая медицину. Она помогает не только в предсказании будущих значений на основе имеющихся данных, но и способствует пониманию взаимосвязей между переменными, что имеет большое значение для принятия решений.

Примеры применения регрессии в гематологии [8]:

1 Прогнозирование показателей: предсказание уровня гемоглобина на основе таких факторов, как возраст, пол, и наличие хронических заболеваний; предсказание количества клеток крови (эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов) на основе определенных показателей.

2 Оценка влияния: анализ того, как различные методы лечения влияют на количество лейкоцитов или тромбоцитов в крови; предсказание ответных реакций на различные подходы к терапии, основываясь на их индивидуальных характеристиках пациента.

3 Анализ факторов риска: регрессия может быть использована для выявления факторов развития анемии на основе данных пациента и его медицинской истории; регрессионный анализ способен помочь в изучении связей между уровнями различных биомаркеров в крови и наличием определенных заболеваний, таких как лейкемия или лимфома.

Среди основных методов регрессии можно выделить [5]: линейную регрессию; множественную регрессию; полиномиальную регрессию.

Таким образом, классификация в машинном обучении — это отнесение объекта к одному из классов на основании его признаков. В отличие от регрессии, где предсказываются непрерывные значения, классификация фокусируется на предсказании дискретных меток, таких как «да» или «нет», «болен» или «здоров».

Обучения без учителя. При данном подходе модель обучается на неразмеченных данных, без заранее известных правильных ответов или меток для входных данных. Объекты

группируются на основе их сходства. Целью обучения является выявление скрытых закономерностей, то есть попытка поиска связей в данных без внешнего руководства.

Обучение без учителя используется в тех случаях, когда нет заранее известных правильных ответов, но необходимо найти скрытые закономерности в данных. Это особенно полезно при анализе больших объемов неструктурированных данных, когда нужно выявить внутренние связи и группы.

Обучение без учителя включает следующие подкатегории:

– кластеризация;

– поиск ассоциативных правил;

– снижение размерности данных.

Кластеризация – это метод машинного обучения, который используется для группировки объектов в кластеры таким образом, чтобы объекты внутри одного кластера были скорее похожи друг на друга, чем на объекты из других кластеров. Цель кластеризации заключается в разбиении данных на группы с учетом сходства объектов [9].

Данный процесс имеет следующие задачи:

– разбиение множества объектов на группы, согласно выделенным признакам;

– выделение нетипичных объектов, не подходящих ни к одному из кластеров;

– построение иерархии множества объектов.

Методы кластеризации разбивают данные на группы таким образом, чтобы объекты внутри каждой группы были похожи друг на друга. В отличие от классификации, где объекты распределяются по заранее известным категориям, кластеризация работает без меток, и осуществляет поиск групп в данных. Это делает использование кластеризации удобным в ситуациях, когда заранее неизвестно как само количество существующих групп, так и их характеристики.

Примеры применения кластеризации в гематологии [8]:

1 Группировка клеток крови на основе их морфологических или биохимических характеристик для выявления подтипов. Это может помочь в оценке риска определенных категорий заболеваний, исходя из данных о составе крови.

2 Объединение пациентов в группы на основе их показателей, для выявления подгрупп с общими особенностями. Это может быть полезно для разработки персонализированных подходов к лечению и мониторингу состояния здоровья пациентов.

3 Кластеризация клеток с целью выявления увеличенного количество кластеров и, как следствие, заключения о клиническом проявлении заболевания.

Среди основных алгоритмов кластеризации можно выделить [5]: иерархическую кластеризацию; k-means; алгоритм DBSCAN.

Кластеризация предоставляет большие возможности для анализа данных, и способна выявлять скрытые паттерны. Эти примеры демонстрируют как сильные стороны рассматриваемых технологий, так и возможность интеграции методов машинного обучения в медицинскую практику, с целью повышения эффективности диагностики и лечения.

Уменьшение размерности – это набор техник, направленных на уменьшение числа признаков в наборе данных. Данный набор техник способен значительно улучшить производительность алгоритмов машинного обучения, упростить модели, ускорить обучение, уменьшить риск переобучения [9].

В задачах со слишком большим пространством признаков или значительным уровнем шума в информации, подобный подход может помочь уменьшить размерность данных, сохранив наиболее важную информацию. Это способствует ускорению работы алгоритмов, уменьшению уровня шума и избыточности в данных. Таким образом, цель уменьшения размерности заключается в сокращение количества признаков в данных и сохранении максимума полезной информации.

В контексте применения машинного обучения в гематологии, данный набор техник способен к определению наиболее информативных характеристик клеток, такие как размер, форма и текстура, что способно упростить последующий анализ и визуализацию данных.

Среди основных методов уменьшения размерности можно выделить [5]: анализ главных компонент (PCA), линейный дискриминантный анализ (LDA).

Таким образом, методы уменьшения размерности способны помочь в упрощении сложных наборов данных, сохраняя при этом наиболее значимую информацию. Это актуально для медицины, где данные могут содержать множество признаков, включая морфологические характеристики клеток крови, генетические маркеры и результаты лабораторных тестов.

Поиск правил в машинном обучении является процессом выявления закономерностей и правил из данных. Он часто используется для принятия решений и предсказаний. Данный подход может быть особенно полезен в медицине, где необходимо интерпретировать данные, делая выводы на основе выявленных закономерностей [9]. Целью поиска правил является выявление скрытых закономерностей и ассоциативных правил в данных.

Примеры использования ассоциативного анализа в гематологии [8]:

– выявление факторов риска развития заболеваний на основе медицинских данных;

– выявление корреляций между морфологическими признаками клеток и их типами.

Среди основных методов поиска ассоциативных правил можно выделить [5]: алгоритмы ассоциативного анализа, примером являются Apriori и FP-Growth.

Применение поиска правил способно привести к значительным улучшениям в принятии решений, повышению эффективности процессов.

Примеры успешных реализаций. Гематологическая аналитика подразумевает автоматизированный анализ крови, предоставляющий клиническую информацию о состоянии кроветворной системы [8]. Традиционные анализаторы являются дорогими и громоздкими устройствами, их доступность может быть сомнительной. С другой стороны, ряд успешных стартапов разрабатывают решения, устраняющие эти неудобства с помощью технологий искусственного интеллекта, облачных вычислений и микрофлюидики.

Примером такого стартапа является устройство, разработанное компанией Sight Diagnostics, способное выполнить общий анализ крови за несколько минут. Анализатор использует алгоритмы машинного зрения и позволяет проводить анализ прямо в кабинете врача. Другим интересным примером является устройство, разработанное PixCell Medical, способное выполнить дифференциальный анализ по капле крови за 6 минутам. В проекте применен анализ изображений на основе искусственного интеллекта.

Помимо гематологии, машинное обучение успешно оказывает влияние и на другие области медицины, включая фармакологию. Стартап ClosedLoop.ai использует прогнозирующие модели для анализа данных о здоровье пациентов и предсказания результатов лечения. Стартап BenevolentAI использует алгоритмы для анализа различных данных, стремясь к выявлению новых возможностей в терапии, что значительно сокращает время и затраты на разработку новых медикаментов.

Таким образом, использование машинного обучения в гематологии и фармакологии существенно влияет на точность и скорость обработки медицинской информации, что способно оказать положительное влияние на лечение различных заболеваний крови.

Преимущества и недостатки применения классического обучения в гематологии. Машинное обучение обеспечивает новые возможности для обработки стремительно растущих объемов информации. Алгоритмы позволяют исследовать генетические вариации и их связь с заболеваниями, что способствует понимания механизмов заболеваний и разработке целевой терапии.

Классическое машинное обучение предоставляет мощные инструменты для эффективной классификации различных типов заболеваний, прогнозирования вероятности рецидива или ответа на лечение, определение индивидуализированного подхода к лечению, выявления скрытых паттернов и связей, что не заметны при традиционных методах анализа.

Преимущества использования классического обучения в гематологии:

– высокая точность диагностики заболеваний;

– способность к более глубокому пониманию патофизиологий.

Недостатки классического обучения в гематологии:

– необходимость в больших объемах данных;

– зависимость от качества данных.

Таким образом, классическое обучение в гематологии имеет свои сильные и слабые стороны, которые важно учитывать при выборе методов диагностики и лечения.

Заключение. Благодаря своей способности обрабатывать и анализировать большие объемы данных, классическое машинное обучение имеет значительный потенциал как в гематологии, так и разработке новых лекарственных препаратов. Оно способно улучшить диагностику состояния здоровья пациентов, персонализировать лечение и оптимизировать клинические процессы.

Большое количестве задач, при решении которых вполне обоснованно применение методов классического машинного обучения, отражает актуальность их использования в гематологии. Предполагается, что необходимость использования методов машинного обучения будет расти вместе с объемами информации. Повсеместная цифровизация отраслей только подчеркивает актуальность использования современных методов обработки информации в медицине.

Список литературы

1. *Blobel, B. Translational medicine meets new technologies for enabling / B. Blobel // Studies in Health Technology and Informatics. – 2013. – №189 – P. 8–23.*

2. *Глубокое обучение в биологии и медицине / Рамсундар Б. [и др.]. – Москва : ДМК, 2020. – 200 с.*

3. *Лучинин, А. С. Искусственный интеллект в гематологии / А.С.Лучинин // Клиническая онкогематология. – 2022. – №15. – С.16-27.*

4. *Mitchell, T. M. Machine learning / T. M. Mitchell – New York ; McGraw-Hill Education, 1997. – 432 p.*

5. *Чернавин, П. Ф. Практический курс классического машинного обучения с использованием моделей математического программирования: учебное пособие. / П. Ф. Чернавин, Н. П. Чернавин, Ф. П. Чернавин. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2023. – 124 с.*

6. *Кугаевских, А. В. Классические методы машинного обучения: учебное пособие. / А. В. Кугаевских, Д. И. Муромцев, О. В. Кирсанова. – Санкт-Петербург : ИТМО, 2022. – 53 с.*

7. *Черных, Е. М., Компьютерная система классификации лейкоцитов на изображениях клеток крови / Е. М. Черных, В. М. Михелев // Научные результаты. Информационные технологии. – Белгород : БелГУ, 2019. – №3 – С. 25 –32.*

8. *Висмонт, Ф. И. Патофизиологический анализ гемограмм и оценка типовых нарушений системы крови: учебное пособие. / Ф. И. Висмонт, Л. С. Лемешонок, Д. М. Попутников. – Минск : БГМУ, 2011. – 79 с.*

9. *Флах, П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных./ П. Флах – Москва : ДМК Пресс, 2015. – 387 с.*

UDC 004.9:616.15

APPLICATION OF CLASSICAL MACHINE LEARNING IN HEMATOLOGY

Slavinsky G.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Boborova N.L. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of Computer Science

Annotation. The article discusses the classes of problems and methods of classical machine learning. It presents examples of hematology tasks that can be solved using classical machine learning. The advantages and disadvantages are highlighted, along with examples of successful implementations. A hypothesis about the future of this direction in medicine is proposed.

Keywords. Machine learning, personalized medicine, hematology, bioinformatics.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ ПРИВЛЕЧЕНИЯ КЛИЕНТОВ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Ахриева М.Р.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Карачун И. А.. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЦЭ

Аннотация. В условиях цифровой трансформации и роста конкуренции на рынке образовательных услуг онлайн-обучение становится ключевым инструментом для получения качественного образования. Особую актуальность приобретают автоматизированные системы, упрощающие процесс регистрации и прохождения курсов, что особенно важно для ИТ-специалистов, стремящихся повысить свою квалификацию. В данной работе представлен проект автоматизированной системы регистрации и прохождения онлайн-курсов, направленной на совершенствование образовательного процесса. Разработанное решение позволяет объединить курсы от различных экспертов на единой платформе, обеспечивая удобство для пользователей и преподавателей. В ходе работы проведен анализ современных методов онлайн-обучения, спроектирована архитектура системы, а также выполнено технико-экономическое обоснование ее внедрения.

Ключевые слова: онлайн-обучение, цифровая трансформация, автоматизированная система, ИТ-образование, платформа для курсов, электронное обучение, дистанционное образование, e-learning.

Введение. В последние годы дистанционная форма обучения заслуженно завоевала популярность во всем мире (рисунок 1). Особенно незаменимыми и востребованными оказались технологии удаленной формы обучения в период пандемии COVID-19. Безусловно, пандемия стала своеобразным тестом на готовность вступить в новый этап образовательной индустрии для многих образовательных платформ и учреждений. И если специализированные платформы, такие как Coursera, EDX, Udacity получили великолепную возможность получить бóльшую долю рынка образовательных услуг, то многие «стационарные» образовательные учреждения оказались не готовы в полной мере предоставить полный комплекс образовательных услуг своим потребителям. Кроме того, достаточную популярность стали получать образовательные программы от индивидуальных специалистов. Таким образом, вопрос выбора источника получения знаний стал еще более актуальным как с точки зрения качества, так и с точки зрения цены [1].

Рисунок 1 – Объем мирового рынка онлайн-образования

По данным Admitad, онлайн-образование – вторая по количеству продаж категория интернет-сервисов в Беларуси: число покупок обучающих онлайн-сервисов с 2020 года выросла на 34%, а их сумма – на 18%. На первый взгляд кажется, что рост невелик, но стоит учитывать то, что в 2020 году люди оказались в тотальной изоляции, и именно тогда сегмент получил рекордный прирост. А 2022 год демонстрирует, что обучение в интернете «прижилось» среди белорусских пользователей и продолжает набирать обороты [2].

Рисунок 2 – График изменения спроса на онлайн-обучение в 2025 году

Основная часть. Успешная разработка программного обеспечения для поддержки привлечения клиентов в сфере образовательных услуг включает несколько аспектов. Одним из них является разработка продукта, который включает все функции, которые нужны клиентам для комплексного и комфортного обучения [3].

Разрабатываемый проект представляет собой веб-приложение для предоставления информации о онлайн-курсах доступных в Беларуси в режиме реального времени. Его цель – поддержка онлайн-обучения и предоставление комфортной платформы для обучения и преподавания.

Функционал приложения включает возможность прохождения курсов, загрузку файлов с ответами и заданиями, получение сертификатов и возможностью проведения онлайн-занятий, а также возможностью информирования всех пользователей платформы о слотах, доступных у преподавателей для онлайн-занятий.

Одним из главных преимуществ проекта является его ориентированность на видео-обучение. Кроме того, проект поддерживает устойчивое развитие.

Техническая реализация проекта включает использование современных технологий, таких как алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения, для оптимизации процесса обучения и персонализации образовательного контента. Также были разработаны системы для надежного хранения и обработки данных, что обеспечивает стабильную работу приложения даже при высоких нагрузках [4].

Таким образом, данное приложение вносит значительный вклад в развитие доступного онлайн-обучения, предоставляя пользователям удобный доступ к информации и содействуя популяризации непрерывного образования.

Диаграмма сценария использования для данного приложения может включать следующего участника: пользователь – человек, использующий приложение для поиска и прохождения онлайн-курсов, администратор, гость и преподаватель.

Гость – это любой посетитель сайта, пользователь, который еще не зарегистрирован. У него есть возможность просмотра информации и компании, которая предоставляет

курсы, посмотреть видео о курсах, которые предоставляет компания, интернационализация, регистрация, просмотр статистических данных.

Администратор – пользователь, который управляет учащимися, менторами (преподавателями). У него есть возможность войти в систему, активировать и деактивировать пользователя, устанавливать роли, управлять информацией о курсах, удалять пользователя из системы, формировать статистику платформу, просматривать какие пользователи на каких курсах обучаются, просмотр информации о курсах, назначение ментора на курс, управление курсами.

Учащийся – пользователь, который может регистрироваться, авторизовываться, проходить курсы, просматривать доступные курсы, выбор подходящего курса, выполнение задание по выбранному курсу, ознакомиться с информацией о платформе, бронирование звонков с менторами, изменение данных брони, прохождение собеседований с менторами, выполнение заданий, получение фидбека о выполненном задании, получение сертификатов после окончания курсов и возможность скачать сертификат, скачивание документов с заданиями, бронирование слота на прохождение собеседование, возможность проведения видеозвонков с менторами.

Ментор – пользователь, который имеет дополнительные возможности, связанные с работой с учащимися: проверка заданий, выставление оценок, оставление отзыва с объяснениями об ошибках, собеседование пользователей, фильтрация звонков по категориям, составление графика занятости, проведение звонков, создание и регистрация авторских курсов, добавление новых заданий, загрузка документов к заданию, выдача сертификатов пользователям, публикация заданий в виде документов, возможность скачивать документы с заданиями.Эти возможности могут быть визуализированы с помощью диаграммы вариантов использования, где пользователь взаимодействует с системой через описанные функции (рис.3,4,5).

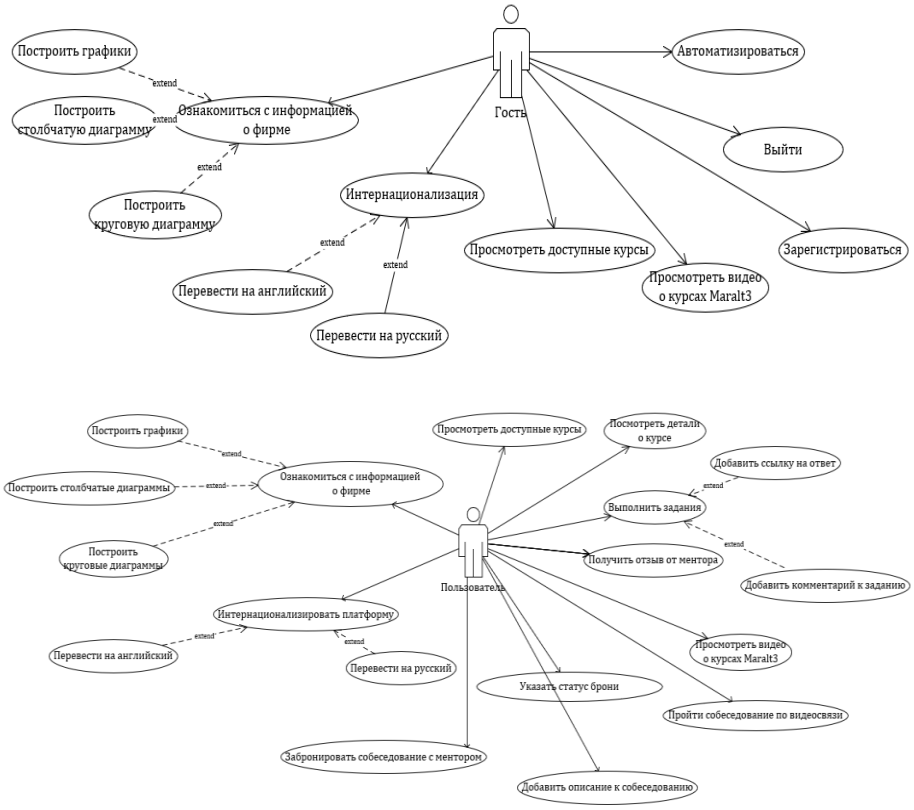


Рисунок 3 – Диаграмма Use Case (Гость и Пользователь)

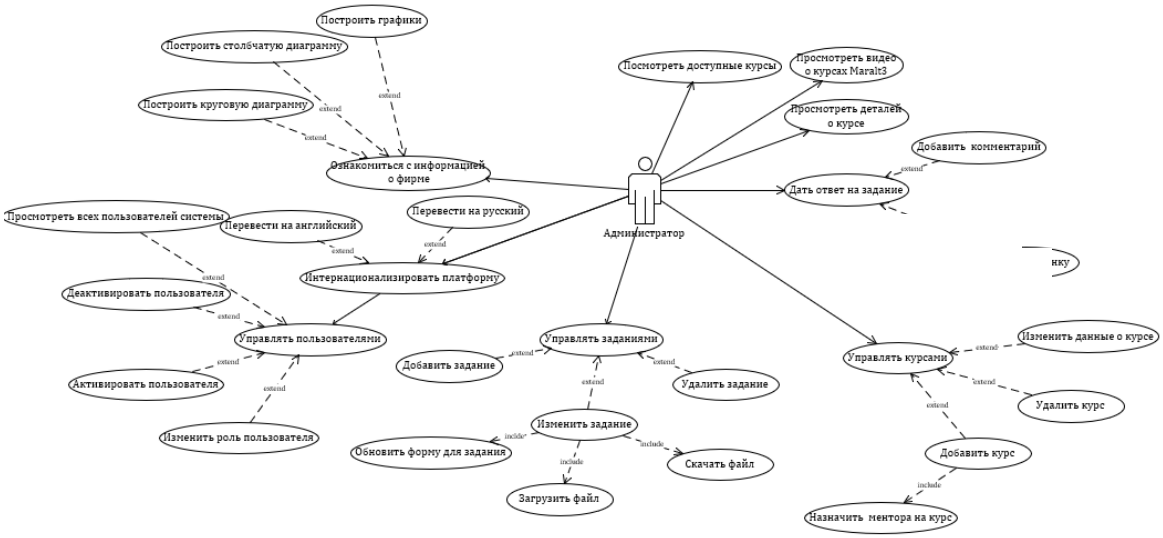


Рисунок 4 – Диаграмма Use Case (админ)

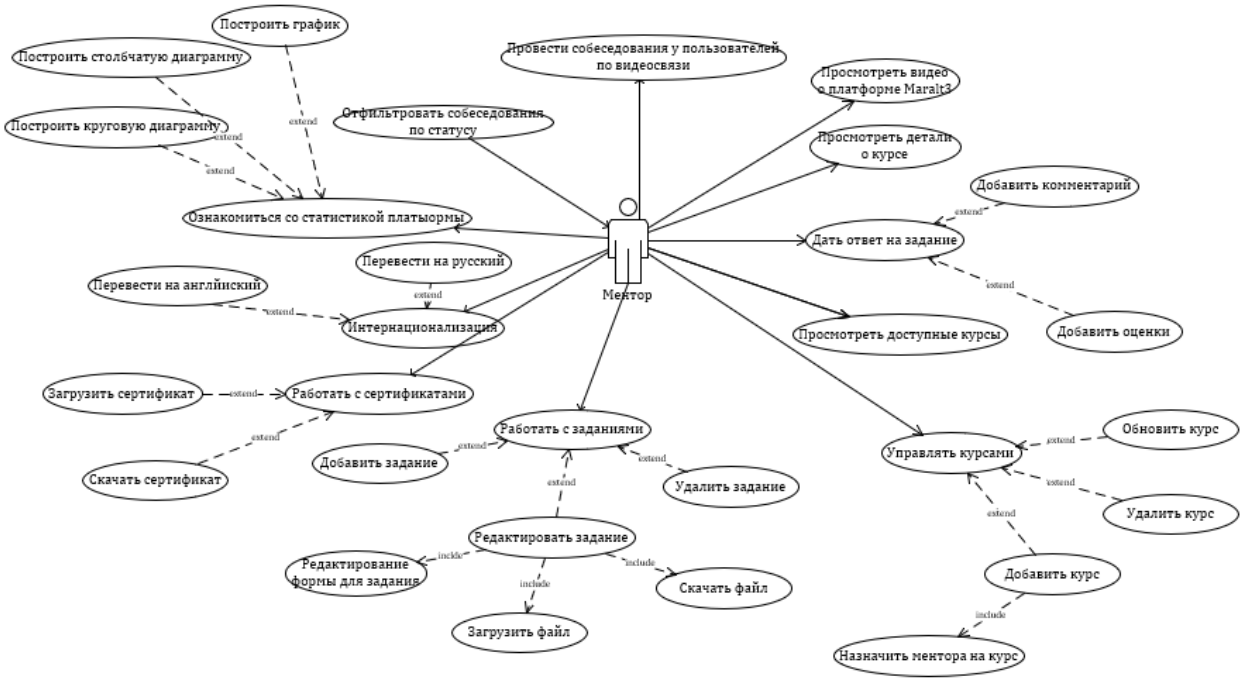


Рисунок 5 – Диаграмма Use Case (ментор)

Для разработки REST-приложения, были использованы следующие технологии и инструменты: Docker – это платформа, которая позволяет создавать, развертывать и запускать приложения в контейнерах; Docker Compose – это инструмент для управления много контейнерными приложениями в Docker; PostgreSQL – это система управления реляционными базами данных, которая была использована для хранения данных в приложении; Spring Security – это фреймворк для безопасности приложений, который был использован для защиты приложения от несанкционированного доступа; Spring Cloud – модуль спринга, который предоставляет возможность для упрощения работы с микросервисами. А именно модули Spring Api Gateway, Spring Eureka Server, Resiliense4j; Spring MVC – это фреймворк для создания веб-приложений, который был использован для обработки HTTP-запросов; Spring Data JPA – это фреймворк для доступа к данным, который был использован для работы с базой данных PostgreSQL; MapStruct – библиотека для

маппинга DTO в DAO и из DAO в DTO; Junit5/Mockito/TestContainers – для тестирования функционала бэкенд части; Hibernate – это фреймворк для объектно-реляционного отображения, который был использован вместе с Spring Data JPA для работы с базой данных; JWT – это технология аутентификации и авторизации, которая была использована вместе с Spring Security для обеспечения безопасности приложения; Maven – это инструмент для управления проектами и зависимостями в Java, который был использован для сборки проекта; Flyway – инструмент для написания миграций.

Для фронтенд-части приложения были использованы следующие технологии: React.js – фреймворк для разработки одностраничных приложений и Bootstrap React – это фреймворк для создания адаптивных веб-сайтов, который был использован для создания дизайна страницы.

Заключение. Создание подобного приложения требует значительных усилий и времени, но результатом становится удобный инструмент для водителей электромобилей. В статье описан процесс разработки такого приложения, включая выбор инструментов, подход к реализации функций и анализ основных идей. Этот опыт может быть полезен для тех, кто стремится воплотить свои проекты в жизнь.

Список литературы

1. *«Электронное обучение и дистанционное образование: технологии и образовательные ресурсы» / В.А. Баранов, Н.А. Борзова, Н.В. Петрушин. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: http://www.kpms.ru/technologies*

2. *«Онлайн-курсы и массовое открытое онлайн-образование (МООС): перспективы и проблемы» / В.А. Киреева. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: http://www.courses.ru/technologies*

3. *«Технологии электронного обучения» - В.А. Баранов, Н.А. Борзова. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: http://www.courses.ru/technologies*

4. *«Электронное обучение: создание и использование учебно-методических комплексов» / А.Е. Болотов, В.И. Громов, Е.Н. Яковле [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: http://www.courses.ru/technologies*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

METHODS AND TOOLS TO SUPPORT CUSTOMER ENGAGEMENT IN THE FIELD OF EDUCATIONAL SERVICES IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION

Akhrieva M. R.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Karachun I.A. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of EI

Annotation. In the conditions of digital transformation and growing competition in the market of educational services, online learning is becoming a key tool for obtaining quality education. Automated systems that simplify the process of registering and taking courses are becoming particularly relevant, which is especially important for IT specialists seeking to improve their qualifications. This paper presents a project of an automated system for registration and completion of online courses aimed at improving the educational process. The developed solution allows combining courses from different experts on a single platform, providing convenience for users and teachers. The paper analyzes modern methods of online learning, designs the architecture of the system, and performs a feasibility study of its implementation.

Key words: online learning, digital transformation, automated system, IT education, course platform.

УДК 004.93’12

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВЛАДЕЛЬЦЕВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕТА ПАРКОВОЧНЫХ ТРАНЗАКЦИЙ

Куркина М.С., Графкина К.В., Попова А.С.

Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, г. Рязань, Россия

Научный руководитель: Бакулева М.А. – к. т. н., доцент, доцент кафедры САПР ВС

Аннотация. В статье рассматривается разработка информационной системы для автоматизации процессов управления платными парковочными пространствами в условиях цифровизации городской инфраструктуры. Основная цель работы заключается в создании комплексного решения, которое обеспечивает автоматическую идентификацию транспортных средств с использованием сверточной нейронной сети (СНС), поиск владельцев в базе данных, формирование персонализированных платёжных ссылок через Telegram-бот и ведение учёта транзакций для последующего анализа.

Ключевые слова: автоматизация парковок, сверточные нейронные сети, распознавание номерных знаков, телеграм-бот, платёжные ссылки, умный город, цифровизация, управление парковочным пространством.

Введение. С развитием интеллектуальных транспортных систем и цифровизации городского пространства особое внимание уделяется повышению эффективности и удобства процессов, связанных с управлением парковочным пространством. Традиционные способы организации платных парковок, предполагающие использование терминалов или ручной идентификации, становятся недостаточно гибкими и создают неудобства для пользователей.

Целью данной работы является разработка и описание информационной системы, которая позволяет:

– автоматически идентифицировать транспортные средства с помощью нейросетевого алгоритма;

– найти владельца по базе данных;

– сформировать и отправить персонализированную платёжную ссылку через телеграм-бот;

– вести учёт транзакций для последующего анализа.

Система будет построена с использованием сверточной нейронной сети (CNN) для распознавания номерных знаков, базы данных для хранения информации о пользователях и системы формирования платежных данных.

Основная часть. При Система представляет собой комплекс аппаратно-программных средств, объединяющих в себе нейросетевой модуль распознавания, сервер базы данных и модуль обработки транзакций.

Основные этапы: считывание номера транспортного средства, обработка изображения и получение результата в формате json, поиск владельца по базе данных, формирование платёжной ссылки, отправка ссылки пользователю через Telegram-бот и сохранение информации о транзакции в журнал. Рассмотренные этапы можно показать следующим образом (рисунок 1):

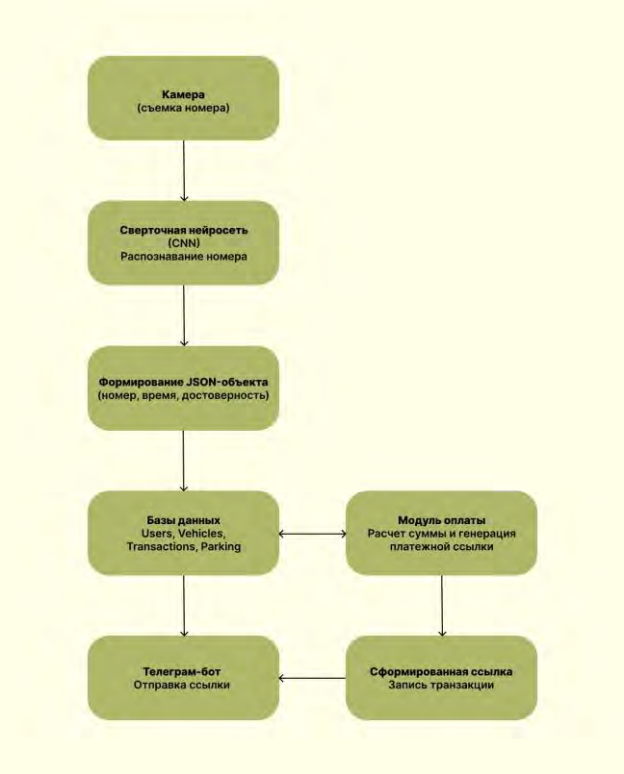


Рисунок 1 – Схема работы системы

Для обработки изображений и выделения номерного знака используется сверточная нейронная сеть (СНС), построенная по классической архитектуре.

СНС состоит из:

– сверточных слоев (выделение признаков);

– слоев субдискретизации (пулинга);

– полносвязных слоев.

Общая схема работы нейросети (рисунок 2):

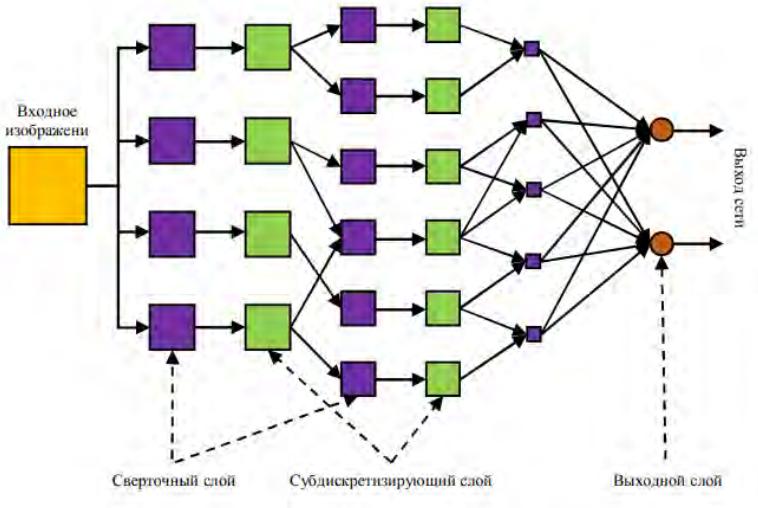


Рисунок 2 – Архитектура сверточной нейронной сети

Математическая модель СНС использует формулу свёртки 1:

$$(S\times K)(i,j)=\sum_m\sum_n S(i+m,j+n)\times K(m,n) \quad (1)$$

где: $S(i, j)$ – входное изображение;

$K(m, n)$ – ядро фильтра.

После серии сверток и пулингов результат подаётся на полносвязный слой, который классифицирует символы номера.

Результат распознавания формируется в формате JSON:

{
«plate_number»: «A123BC777»,
«confidence»: 0.98,
«timestamp»: «2025-03-28T12:30:00»
}

Этот JSON передается в основной модуль системы для дальнейшей обработки.

В системе используется реляционная база данных со следующими основными таблицами (см. таблица 1).

Таблица 1 – Таблицы в базе данных

Таблица	**Описание**
Users	данные о владельцах (ID, ФИО, номер телефона, ID Telegram)
Vehicles	данные о транспортных средствах (ID, ID владельца, номер)
Transactions	история транзакций (ID, ID пользователя, время въезда, время выезда, сумма, ссылка на оплату)

После завершения парковки система рассчитывает время пребывания по формуле 2:

$$T_{fact} = T_{out} - T_{in}\ , \quad (2)$$

где: T_{in} – время въезда;

T_{out} – время выезда.

Стоимость рассчитывается по формуле 3:

$$P = T_{fact} \cdot R, \quad (3)$$

где: R – тариф за час.

Ссылка формируется в виде: https://pay.parking.ru/?id=123456&amount=350.00 и отправляется пользователю в телеграм-бот.

Система сохраняет полную историю операций, что позволит:

– анализировать загрузку парковки;

– отслеживать доходность;

– решать спорные ситуации;

– повышать безопасность.

Заключение. Разработанная информационная система идентификации владельцев транспортных средств и автоматизации учета транзакций за парковку представляет собой эффективное решение для оптимизации работы парковочного пространства. Система позволяет автоматически распознавать номерные знаки с помощью сверточной нейронной сети, оперативно находить данные владельцев в базе данных и формировать персонализированные платёжные ссылки, направляемые через телеграм-бот.

Предложенная архитектура обеспечивает:

– повышение удобства для водителей за счет упрощенного способа оплаты;

– ускорение процесса идентификации транспортных средств;

– уменьшение вероятности ошибок при оплате парковки;

– централизованный учет всех транзакций и анализ данных для дальнейшего улучшения управления парковками.

Дальнейшее развитие системы может включать интеграцию с другими городскими сервисами, реализацию уведомлений о свободных парковочных местах, внедрение динамического ценообразования и поддержку дополнительных платежных платформ. Это позволит создать более гибкую и современную интеллектуальную систему, соответствующую требованиям умного города.

Список литературы

1. *Java: The Complete Reference, Tenth Edition /Herbert Schildt / «Диалектика-Вильямс», 2018 год, 1488 с.*

2. *Core Java Volume I: Fundamentals, 11th Edition / Cay S. Horstmann / «Диалектика-Вильямс», 2020 год, 1-й том — 864 с., 2-й том — 1008 с.*

3. *Learning Python / перевод с английского Артёменко Ю. / «Диалектика». 2019 год, 832 с.*

4. *Distributed Systems 3rd edition / M. van Steen and A.S. Tanenbaum, Distributed Systems, 3rd ed., distributed-systems.net, 2017.*

5. *Компьютерная оптика / Распознавание автомобильных номеров на основе метода связных компонент и иерархической временной сети / Болотова Ю.А., Спицын В.Г.,Рудометкина М.Н.*

UDC 004.93’12

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN INFORMATION SYSTEM FOR IDENTIFICATION OF VEHICLE OWNERS AND AUTOMATED ACCOUNTING OF PARKING VEHICLES AND AUTOMATED ACCOUNTING OF PARKING VEHICLES

Kurkina M.S., Grafkina K.V., Popova A.S.

Ryazan State Radiotechnical University named after V.F. Utkin, Ryazan, Russias

Bakuleva M.A. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of SAPR VS

Annotation. Since The article discusses the development of an information system for automating the management of paid parking spaces in the context of digitalization of urban infrastructure. The main goal of the work is to create a comprehensive solution that provides automatic identification of vehicles using a convolutional neural network (CNN), searching for owners in the database, generating personalized payment links via a Telegram bot, and maintaining transaction records for subsequent analysis.

Keywords: parking automation, convolutional neural networks, license plate recognition, telegram bot, payment links, smart city, digitalization, parking space management.

УДК 004.738.5.056(075.8)

АНТИДЕТЕКТ-БРАУЗЕР ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ FINGERPRINTS

Телипко Д.А.

ГУО «Брестский областной лицей имени П.М. Машерова»,
г. Брест, Республика Беларусь

Научный руководитель: Белоусова Е.С. – к. т. н., доцент, доцент кафедры защиты информации

Аннотация. В работе рассмотрены методы модификации *Fingerprints* веб-клиентов с целью обеспечения конфиденциальности пользователей в сети. Проведен анализ сетевых протоколов, использующих *Fingerprints*, а также рассмотрены основные инструменты для отслеживания передачи *Fingerprints* веб-клиентами. Разработана методика модификации *Fingerprints*, которая реализована в виде программного решения, обеспечивающего конфиденциальность пользователей. Проведена проверка эффективности предложенной методики с использованием специализированных инструментов анализа *Fingerprints*.

Ключевые слова: *Fingerprints*, антидетект-браузер, веб-клиент, конфиденциальность.

Введение. Одной из основных задач, решаемых в сфере защиты информации, является обеспечение безопасности пользовательских данных в сети. Тема обеспечения конфиденциальности пользователей в виртуальном пространстве остается актуальной, учитывая постоянное развитие методов сбора и анализа персональной информации. *Fingerprint* (отпечаток браузера) – это информация, собираемая об удалённом устройстве для последующей идентификации. Например, такие атрибуты, как ОС, настройки клавиатуры, оборудование, геолокация, часовой пояс, размер дисплея, браузер, память устройства и др., могут быть использованы компаниями для отслеживания действий пользователей в сети [1].

Целью данной работы был анализ критериев конфиденциальности пользователей в сети при использовании методики модификации *Fingerprints* веб-клиента, на основе которого разработан антидетект-браузер, позволяющий изменять ключевые параметры *Fingerprints*, что подтверждено тестированием с использованием *BrowserLeaks* и *Burp Suite*.

Назначения отпечатков браузера могут быть разными: как легитимными, так и представляющими угрозу конфиденциальности пользователей. К легитимным отпечаткам можно отнести такие как персонализация контента, улучшение работоспособности и производительности, защита от ботов. Однако нарушители могут использовать отпечатки с другими целями: слежка, персональные кибератаки, спуфинг.

Основная часть. Сетевые протоколы, использующие *Fingerprints*. Принцип передачи отпечатков основан на протоколах *HTTP (HTTPS*). Так, например, браузеры отправляют заголовок *HTTP* со следующими параметрами:

1 *User-agent*, содержащий информацию о версии браузера, операционной системе и устройстве.

2 *Accept-Language* передается в *HTTP*-запросе и содержит информацию о предпочитаемых языках пользователя.

3 *Referer* указывает на *URL* предыдущей страницы, с которой был осуществлен переход на текущую. *Referer* используется для анализа путей пользователя в сети и определения источников трафика.

4 *Accept-Encoding* указывает, какие методы сжатия контента поддерживает браузер.

В *HTTP* заголовках также передаются *Cookies*, которые представляют собой небольшие фрагменты данных, хранящиеся на стороне клиента и отправляемые с каждым запросом к серверу. *Cookies* широко используются для отслеживания состояния сеанса пользователя и для хранения информации о предыдущих взаимодействиях. Однако *Cookies*

и *Fingerprints* являются двумя различными методами отслеживания пользователей в интернете, и у них есть ряд существенных отличий, описанных в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ *Cookies* и *Fingerprints*

Параметры	***Cookies***	***Fingerprints***
Формирование	Создаются сервером	Формируются динамически на основе множества параметров устройства и браузера
Хранение данных	На стороне клиента	Не сохраняются
Срок использования	Устанавливается сервером	Не имеют
Возможность блокировки	Вручную, расширения браузера	Расширения браузера

Важно отметить, что *IP*-адрес пользователя используется для создания *fingerprints*, основанных на определении примерного местоположения пользователя.

Множество параметров протокола *TCP/IP*, таких как *TTL* (*Time To Live*), опции *TCP* и другие, используется для создания *fingerprints*, идентифицирующих характеристики сетевого стека.

Также можно выделить *TLS fingerprints*, основанные на следующих параметрах заголовка *TLS*: протокол шифрования, версии *TLS/SSL* и поддерживаемые шифры.

Выбор инструментов и веб-клиентов для отслеживания передачи *Fingerprints*. В рамках работы были рассмотрены несколько инструментов, которые используются для изучения и передачи *fingerprints* веб-клиентам:

1 *FingerprintJS* – это доступная в исходном коде клиентская библиотека снятия отпечатков браузера, которая запрашивает атрибуты браузера и вычисляет на их основе хешированный идентификатор посетителя.

2 *GoLogin* – веб-ресурс, который позволяет проверить отображение *fingerprints*.

3 *BrowserLeaks* – набор инструментов, который позволяет провести ряд тестов для оценки безопасности и конфиденциальности веб-браузера.

Выбор веб-клиента основан на статистике 2024 года [2], которая показывает, что среди пользователей интернета в Беларуси лидировала поисковая система *Google* (более 67 %). На втором месте – поисковая система Яндекс (31,31 %). Поэтому для сравнения передачи *Fingerprints* веб-клиентами были выбраны *Google Chrome* и Яндекс Браузер.

Методика отслеживания передачи *Fingerprints* веб-клиентами. С помощью веб-ресурса FingerprintJS было установлено, что сайты могут идентифицировать текущую версию браузера путем обработки *HTTP* запросов, что изображено на рисунке 1.

С помощью веб-ресурса *GoLogin* было установлено, что с помощью *fingerprints,* используя инструмент *WebRTC*, можно узнать реальный *IP*-адрес пользователя, что представлено на рисунке 2.

С помощью веб-ресурса *BrowserLeaks* было установлено, что через *Canvas API*, предназначенный для рисования графики, можно узнать уникальную подпись *Canvas*, а с помощью *JavaScript* можно получить информацию об исходном ресурсе (*URL* источника запроса), разрешении экрана и местному времени.

Таким образом, в ходе проведенного исследования по сравнению *fingerprints* браузеров *Google Chrome* и *Yandex* было отмечено сходство в *IP*-адресах через *WebRTC* и *Canvas* идентификаторах, разрешении экрана и местном времени. Различными же в браузерах являются *user-agent*, версии браузеров, хэш данные отчетов *WebGL*.

Способы модификации *Fingerprints* в веб-клиентах. Основным способом модификации *Fingerprints* является использование антидетект-браузеров, которые позволяют подменять отпечатки пользователя.

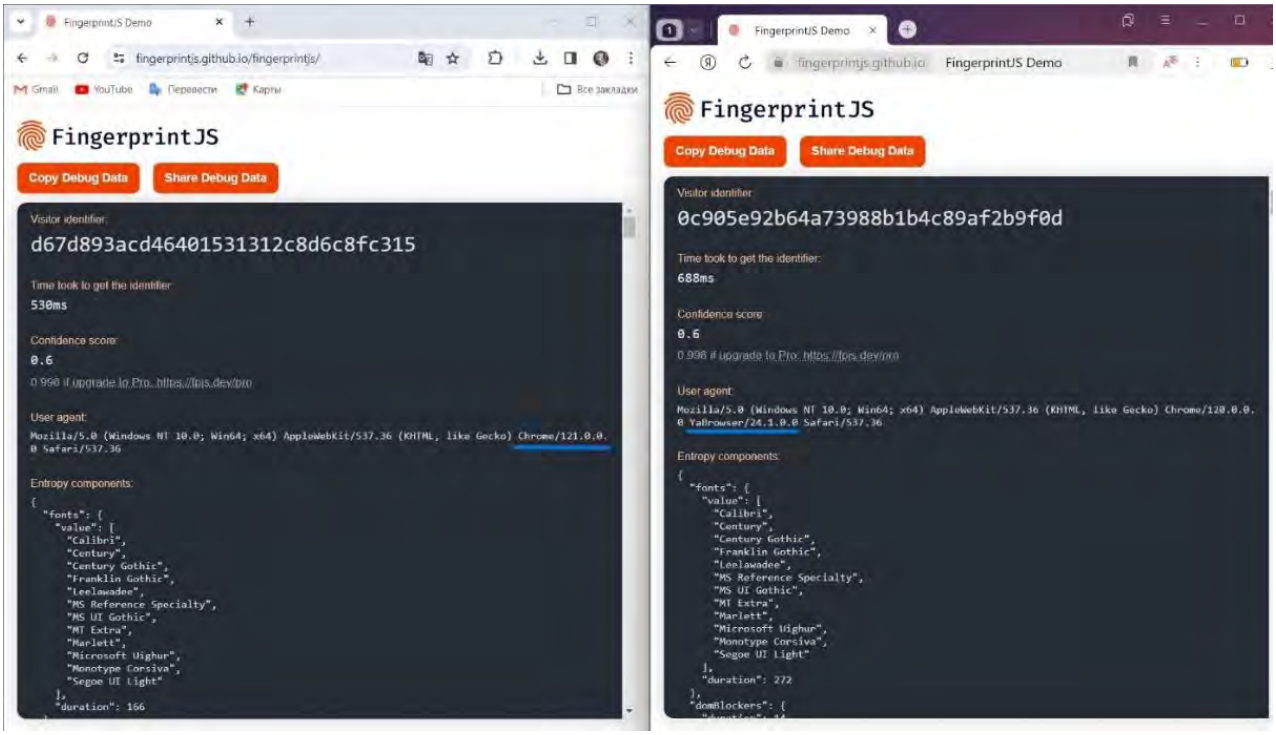


Рисунок 1 – Анализ передачи *user-agent fingerprint* с помощью веб-ресурса *fingerprintJS*

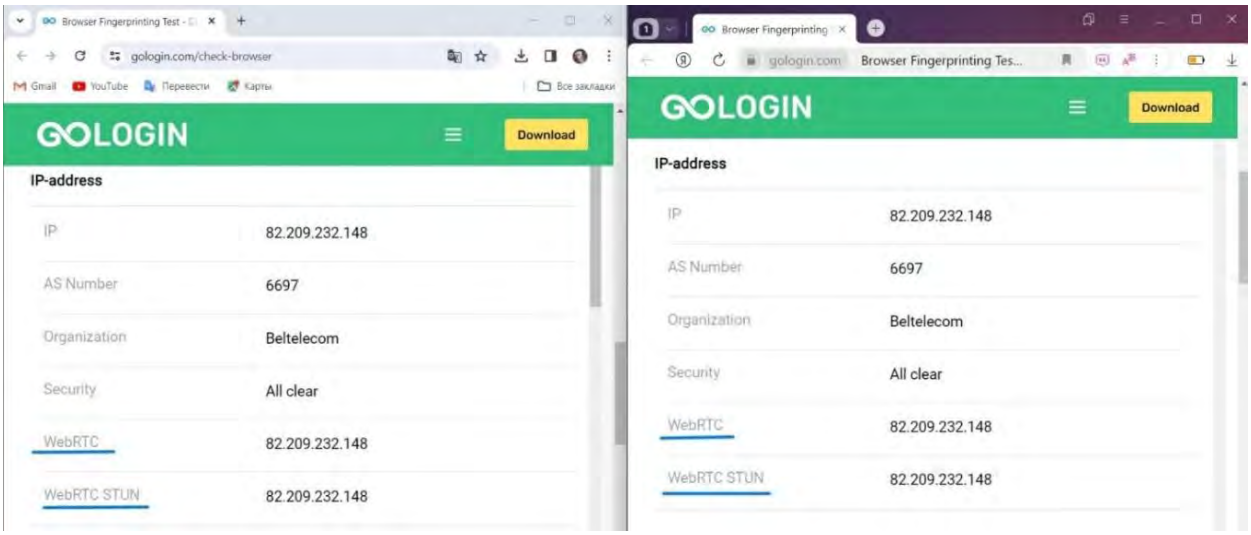


Рисунок 2 – Анализ передачи *IP*-адреса с помощью веб-ресурса *GoLogin*

На сегодняшний день на рынке представлены платные решения, такие как *Linken Sphere* и *GoLogin*, которые предоставляют расширенные возможности по обеспечению конфиденциальности пользователя. Эти антидетект-браузеры предоставляют множество инструментов, позволяющих пользователям маскировать свой цифровой след в сети. Однако, следует отметить, что использование *Linken Sphere* и *GoLogin* является платным и дорогостоящим.

С учетом этой проблемы, для обеспечения конфиденциальности пользователей посредством модификации *fingerprints*, было принято решение разработать общедоступный антидетект-браузер, который предоставляет более гибкие возможности настройки под конкретные потребности, а также является более доступным.

Антидетект-браузер для модификации *Fingerprints*. Для разработки веб-клиента был использован язык программирования Python, на котором реализован антидетект-браузер с возможность модификации следующих параметров: *WebRTC*, *WebGL*, *Canvas*, *JavaScript*, режим инкогнито, язык браузера, агент пользователя и использование прокси-сервера (рисунок 3). Функционал разработанного веб-клиента позволяет гибко настраивать браузер в соответствии с пожеланиями пользователя, а также обеспечивает автоматизацию и управление различными функциональными возможностями браузера.

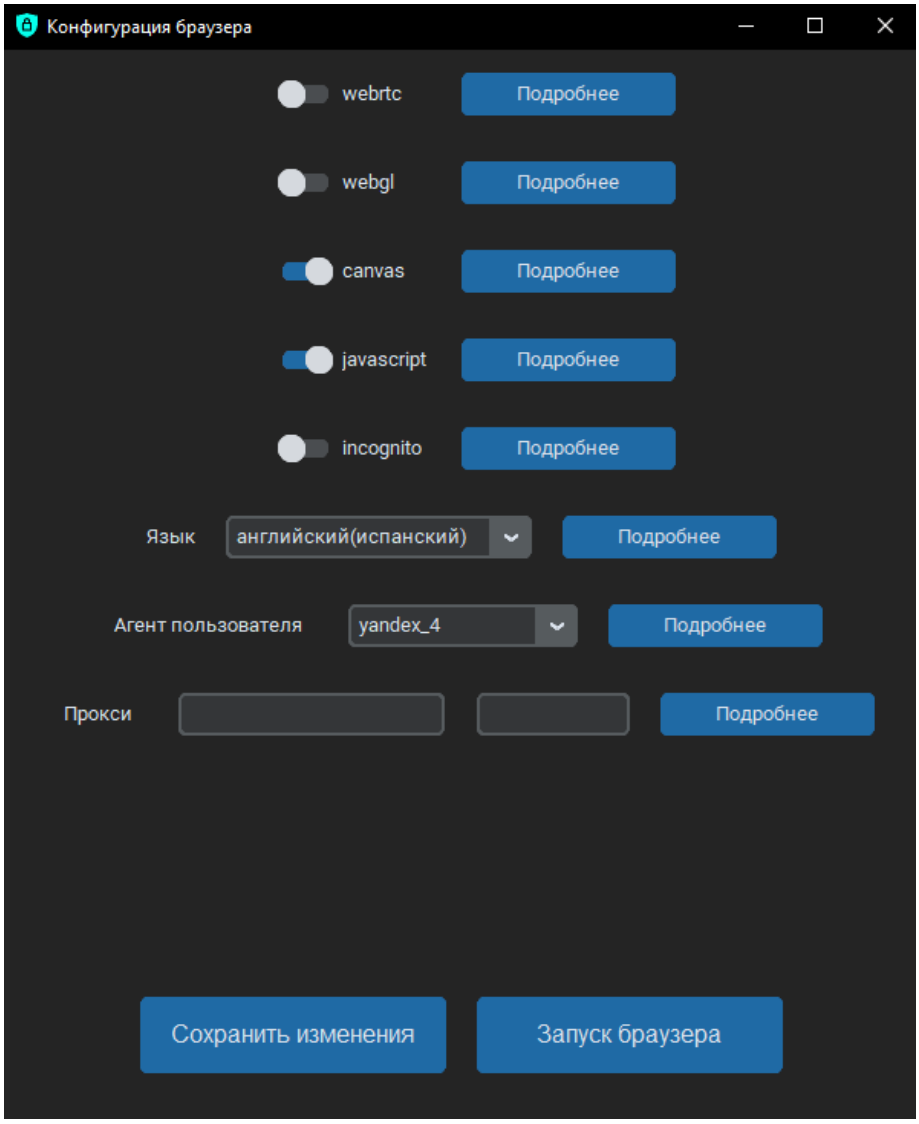


Рисунок 3 – Конфигурация браузера и модификации Fingerprints

Функциональное тестирование антидетект-браузера для модификации *Fingerprints*. Для проверки степени конфиденциальности разработанного антидетект-браузера был использован веб-ресурс *browserleaks* [3], так как он предоставляет максимально детально данные о работе тех или иных функций. На рисунке 4 представлены результаты поверки включения и отключения одной из функций разработанного антидетект-браузера. Например, на рисунке 8 видно, что после отключения *webRTC* не определяется публичный *IP*-адрес пользователя.

Также для функционального тестирования антидетект-браузера было использовано программное обеспечение *Burp Suite*. Как видно из рисунка 5, при включении функции

изменения *Fingerprints* в заголовке *HTTP* изменяются параметры *User-Agent* и *Accept-Language*, что говорит о правильности работы разработанного антидетект-браузера.

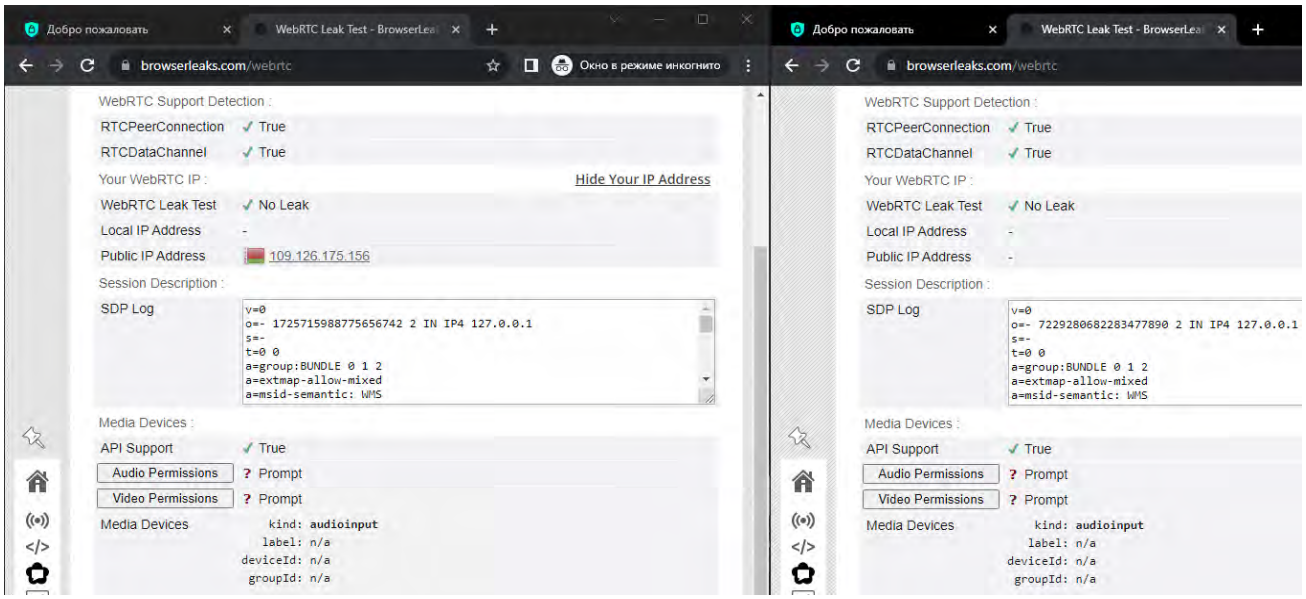


Рисунок 4 – Результат отключения webRTC в разработанном антидетект-браузере

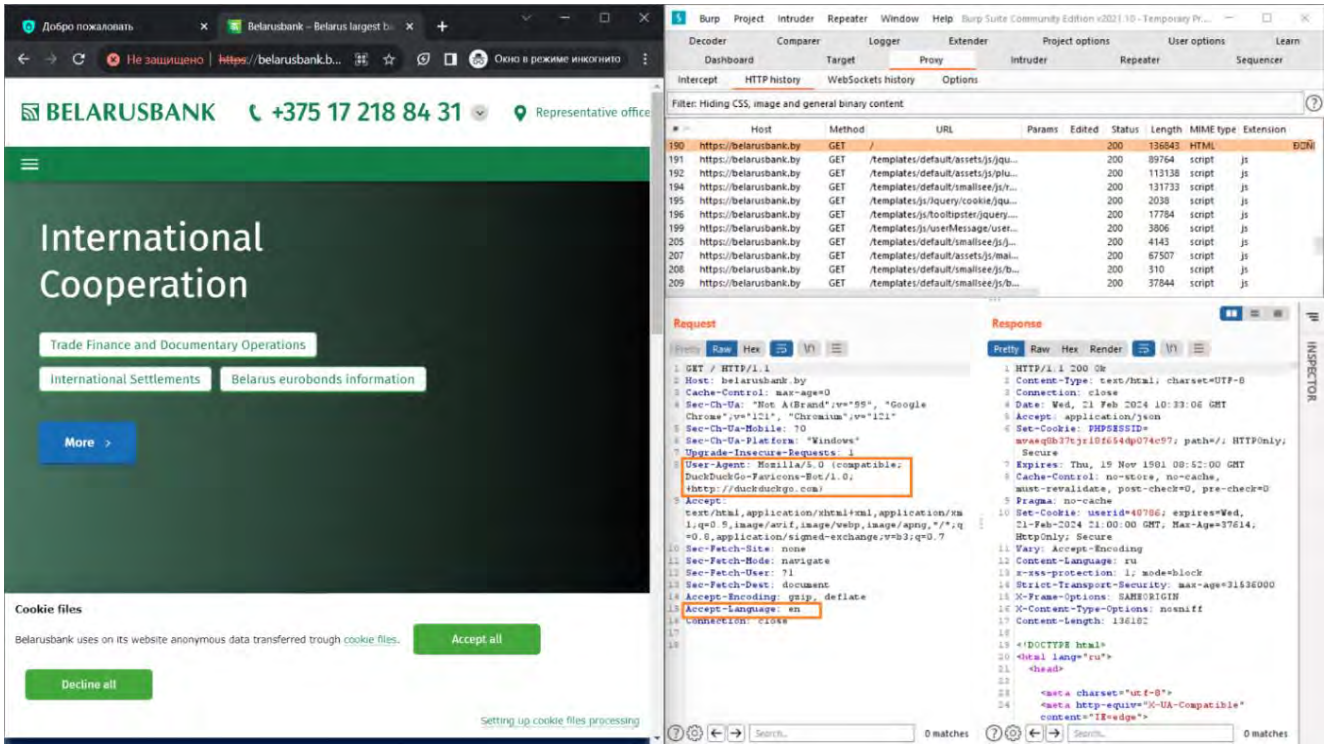


Рисунок 5 – Тестирование подключение к сайту с модифицированными User-Agent и Accept-Language Fingerprints в разработанном антидетект-браузере

Заключение. В рамках работы было доказано, что различные веб-клиенты передают *fingerprints*, посредством которых можно идентифицировать текущую версию браузера, уникальные идентификаторы, подписи, местное время, IP-адрес устройства и др. На основе обзора различных способов модификации *Fingerprints* в веб-клиентах установлено, что наиболее эффективным является использование антидетект-браузеров. Однако использования таких антидетект-браузеров, как *Linken Sphere* и *GoLogin*, является дорогостоящим. Поэтому авторами разработан собственный общедоступный антидетект-

браузер для обеспечения конфиденциальности пользователей посредством модификации *fingerprints*. На языке Python был реализован функциональный антидетект-браузер, в котором пользователь легко может настраивать параметры модификации различных *fingerprints*. Тестирование разработанного антидетект-браузера с помощью выбранных инструментов (*Burp*, *FingerprintJS*, *GoLogin*, *BrowserLeaks*) показало эффективность модификации таких *fingerprints*, как *User-Agent*, *Accept-Language*, *WebGL*, *webRTC* и др., что свидетельствует о корректной работе разработанного антидетект-браузера.

Список литературы

1. *М. А. Айд. Разработка методологии противодействия отслеживания и идентификации пользователей интернета: Национальный исследовательский Томский политехнический университет: магистерская диссертация. Томск, 2018.*
2. *Statcounter Global Stats [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://gs.statcounter.com/. Дата доступа: 18.10.2024.*
3. *Browserleaks [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://browserleaks.com/. Дата доступа: 18.10.2024.*

UDC 004.738.5.056(075.8)

ANTIDETECT BROWSER FOR FINGERPRINTS MODIFICATION

Telipko D.A.

State Educational Institution «Brest Regional Lyceum named after P.M. Masherov», Brest, Republic of Belarus

Belousova E.S. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the informational security department

Annotation. The paper considers methods for modifying web clients' Fingerprints in order to ensure the privacy of users on the network. The analysis of network protocols using Fingerprints is carried out, as well as the main tools for tracking the transfer of Fingerprints by web clients. A Fingerprint modification technique has been developed, which is implemented as a software solution that ensures user privacy. The effectiveness of the proposed methodology was tested using specialized Fingerprints analysis tools.

Keywords: Fingerprints, Antidetect Browser, Web Client, confidentiality.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

ПРОГРАММНАЯ ПОДДЕРЖКА ПОИСКА ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ: ВКЛАД В РАЗВИТИЕ «ЗЕЛЕНОЙ» ЭКОНОМИКИ

Ахриева.М.Р.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Карачун И.А. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭИ

Аннотация. В Республике Беларусь придается большое значение развитию «зеленой» экономики, что закреплено в ряде стратегических документов, включая Программу социально-экономического развития на 2021–2025 годы и Национальную стратегию устойчивого развития до 2035 года [1]. Одним из приоритетных направлений выступает продвижение электротранспорта и создание сети зарядной инфраструктуры. В данной работе представлен проект веб-приложения для поиска зарядных станций для электромобилей, что играет важную роль в удовлетворении растущих потребностей и сокращении зависимости от ископаемого топлива.

Ключевые слова: «Зеленая экономика», зарядная станция, электромобиль, программное обеспечение, проект.

Введение. Многие страны мира пересмотрели свою экологическую политику, сделав акцент на переход к модели, где экологические аспекты становятся драйвером экономического роста. Такая трансформация подразумевает переход от традиционного подхода, в котором охрана окружающей среды воспринимается как экономическая нагрузка, к концепции «зеленой» экономики. Одним из ключевых направлений этой модели является развитие электротранспорта, включая создание зарядной инфраструктуры и улучшение городской мобильности.

Расширение сети зарядных станций и разработка специализированного программного обеспечения для их поиска играют важную роль в продвижении электротранспорта. Программные решения для поиска зарядных станций являются неотъемлемым элементом стратегии перехода к экологически устойчивой экономике. Надежная и доступная инфраструктура зарядки необходима для удовлетворения растущего спроса на электромобили и сокращения использования ископаемых видов топлива. В связи с этим разработка приложений для поиска зарядных станций становится критически важной для обеспечения устойчивого развития.

Основная часть. Рост числа электромобилей в Беларуси делает вопрос поиска зарядных станций все более актуальным, что подтверждается соответствующими статистическими данными (рисунок 1) [2]. При разработке подобных приложений особое значение имеет использование алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения. Эти технологии позволяют точно определять расположение зарядных станций и предоставлять информацию о их доступности в режиме реального времени. Анализ данных из различных источников, включая GPS, базы данных зарядных станций и пользовательскую информацию, помогает владельцам электромобилей получать наиболее полные и актуальные сведения.

Успешная разработка программного обеспечения для поиска зарядных станций включает несколько ключевых аспектов. Одним из них является эффективное управление данными и их анализ. Для этого необходимы специализированные программные решения, способные обрабатывать большие объемы информации, обеспечивать ее точность и актуальность, а также гарантировать высокое качество предоставляемых данных [3].

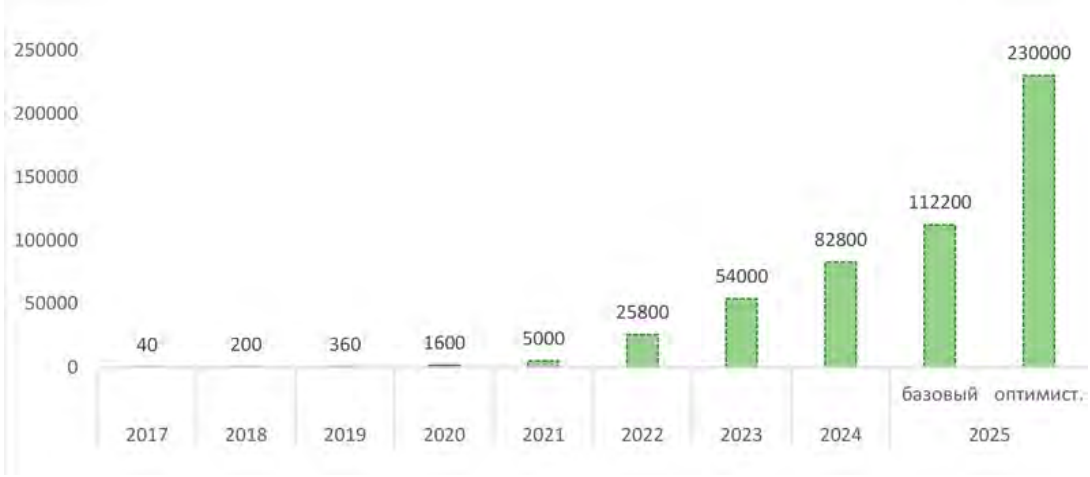


Рисунок 1 – Динамика и перспективы развития рынка электромобилей в Беларуси

Не менее важным фактором является учет потребностей местного населения. Понимание особенностей использования электромобилей, предпочтений владельцев, а также специфики различных регионов позволяет создавать решения, максимально адаптированные к запросам пользователей. Это предполагает активное взаимодействие с пользователями, сбор их отзывов и предложений, а также разработку программ по популяризации электромобилей и зарядной инфраструктуры [4].

Разрабатываемый проект представляет собой веб-приложение для предоставления информации о зарядных станциях для электромобилей в Беларуси в режиме реального времени. Его цель – поддержка перехода к устойчивой модели развития, обеспечивая доступ к надежной и удобной инфраструктуре зарядки.

Функционал приложения включает возможность поиска зарядных станций на основе местоположения пользователя, предоставление детальной информации о каждой станции (тип, стоимость, доступность), а также функцию маршрутизации и возможность предварительного бронирования станции на заданное время.

Одним из главных преимуществ проекта является его ориентированность на растущий рынок электромобилей. Приложение помогает пользователям находить зарядные станции, что способствует осознанному планированию зарядки и снижению неудобств, связанных с использованием электромобилей. Кроме того, проект поддерживает устойчивое развитие, сокращая зависимость от ископаемых источников энергии и стимулируя переход на возобновляемые ресурсы.

Техническая реализация проекта включает использование алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения, что позволяет точно определять местоположение зарядных станций и предоставлять информацию о их доступности в режиме реального времени. Также были разработаны системы для надежного хранения и обработки данных, что обеспечивает стабильную работу приложения даже при высоких нагрузках.

Таким образом, данное приложение вносит значительный вклад в развитие устойчивой инфраструктуры для электромобилей, предоставляя пользователям удобный доступ к информации и содействуя популяризации экологически чистого транспорта.

Диаграмма сценария использования для данного приложения может включать следующего участника: пользователь – человек, использующий приложение для поиска и бронирования зарядных станций для электромобилей.

Программа представляет собой карту, которая помогает пользователям находить зарядные станции и получать подробные сведения о них. Функции приложения включают в себя:

– поиск зарядных станций – пользователь может указать желаемое место или радиус поиска, чтобы получить список доступных станций;

– просмотр информации о станциях – приложение предоставляет данные о каждой станции: тип подключения, стоимость зарядки, статус доступности и другие характеристики;

– построение маршрута – система рассчитывает и отображает маршрут до выбранной станции с пошаговыми инструкциями;

– проверка доступности – приложение показывает текущее состояние станции, например, занята ли она или свободна для использования;

– бронирование станции – пользователи могут зарезервировать станцию на нужное время, получив подтверждение и детали бронирования;

– отзывы и оценки – после использования станции пользователи могут оставить отзывы и поставить оценку, что помогает другим делать выбор.

Эти возможности могут быть визуализированы с помощью диаграммы вариантов использования, где пользователь взаимодействует с системой через описанные функции (рисунок 2, рисунок 3).

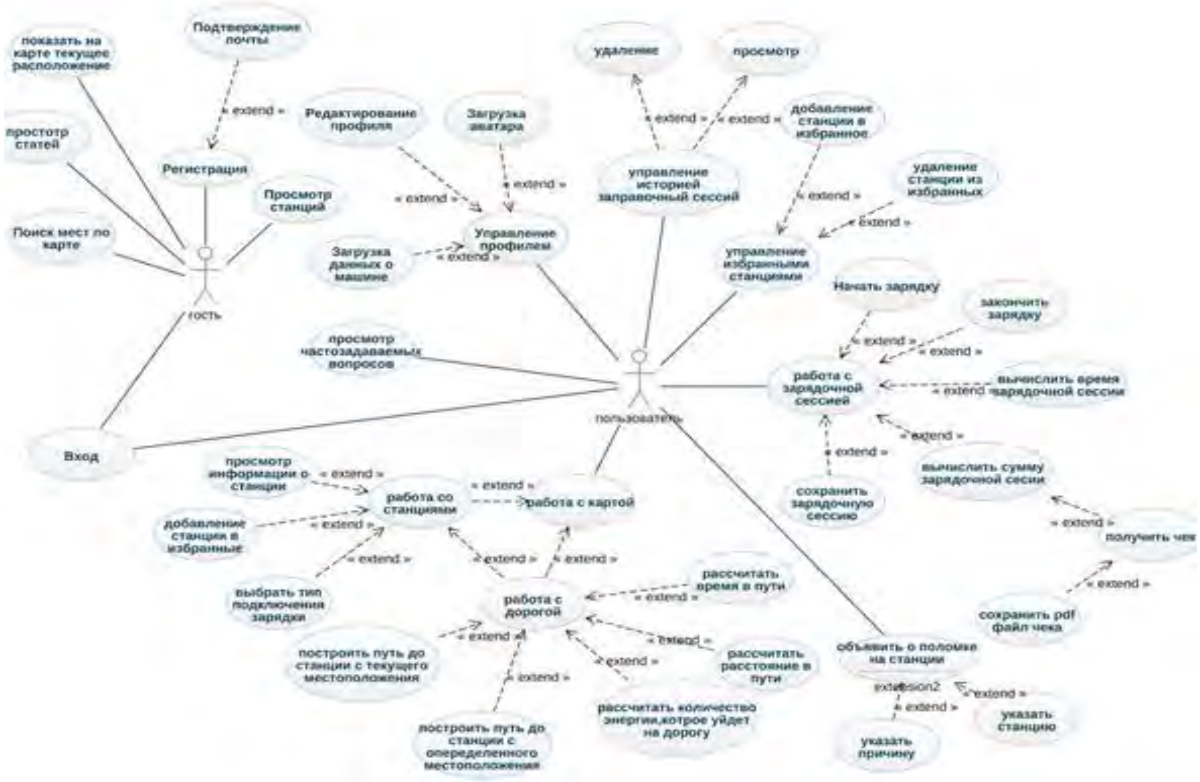


Рисунок 2 – Диаграмма Use Case (Гость и Пользователь)

Рисунок 3 – Диаграмма Use Case (админ)

Для разработки интерфейса используются технологии HTML, CSS и JavaScript. Они обеспечивают структуру, оформление и интерактивность страниц. React применяется для управления состоянием приложения и обработки взаимодействия с пользователем.

Интеграция Google Maps API добавляет интерактивные карты и функциональность, связанную с геолокацией. API используется для отображения меток зарядных станций, построения маршрутов и оценки затрат времени и энергии электромобиля. Пользователи могут задавать начальную точку маршрута и получать данные о расстоянии, времени в пути и потреблении энергии.

На серверной стороне приложение построено на базе Node.js. Этот инструмент предоставляет широкий набор библиотек для обработки запросов, маршрутизации и управления данными. MongoDB используется как база данных для хранения информации о пользователях, зарядных станциях, автомобилях и их параметрах. База данных также включает возможность редактировать профили, загружать фотографии и управлять настройками аккаунта.

Для обеспечения безопасности система поддерживает аутентификацию и авторизацию, что гарантирует доступ к данным только для авторизованных пользователей. Это может включать использование паролей, двухфакторную аутентификацию или авторизацию через социальные сети.

Заключение. Создание подобного приложения требует значительных усилий и времени, но результатом становится удобный инструмент для водителей электромобилей. В статье описан процесс разработки такого приложения, включая выбор инструментов, подход к реализации функций и анализ основных идей. Этот опыт может быть полезен для тех, кто стремится воплотить свои проекты в жизнь.

Список литературы

1. *Министерство экономики Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://economy.gov.by/ru/test-18-ru/ Дата доступа: 23.02.2025.*

2. *Нефтехимия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://belchemoil.by/news/analitika/elektrorenessans Дата доступа: 23.02.2025.*

3. *Формирование национальных принципов «зеленой» экономики в Беларуси: Технический базовый отчет о реализации проекта «Техническая помощь по поддержке развития «зеленой» экономики в Беларуси». Консорциум Хьюман Дайнамикс. – 2015. – 33 с.*

4. *Дорина, Е.Б. Организация государственного управления: учеб. пособие / Е.Б. Дорина. – Минск: БГЭУ, 2011. – 289 с.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

SOFTWARE SOLUTIONS FOR SEARCHING FOR ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS: CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF A «GREEN» ECONOMY

Akhrieva M.R.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Karachun I.A. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of EI

Annotation. In the Republic of Belarus, significant attention is given to the development of a «green» economy, as outlined in strategic documents such as the Social and Economic Development Program for 2021–2025 and the National Sustainable Development Strategy until 2035. One of the priority areas is the promotion of electric transport and the establishment of a charging infrastructure network. This paper presents a project for a web application designed to locate charging stations for electric vehicles, which is crucial for meeting growing demand and reducing reliance on fossil fuels

Keywords: «Green economy», charging station, electric vehicle, software, project.

УДК 623.746.4-519

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Бавбель Е.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ методов управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) для наблюдения в сложных условиях. Рассмотрены ключевые аспекты, определяющие эффективность управления БПЛА, такие как точность позиционирования, надежность связи, адаптивность к изменяющимся условиям и безопасность полета. Проведен анализ автономных, полуавтономных и дистанционных методов управления, а также их применимость в условиях ограниченной видимости, наличия помех и нестабильных погодных условий. На основе проведенного исследования предложены рекомендации по выбору оптимальных методов управления для различных сценариев использования БПЛА. Актуальность работы обусловлена растущим спросом на надежные и эффективные системы беспилотного наблюдения в различных сферах деятельности.

Ключевые слова: БПЛА, Методов управления, наблюдение.

Введение. В последние годы развитие науки и техники привело к активному внедрению робототехнических комплексов и систем в повседневную жизнь. Одним из наиболее динамично развивающихся направлений являются беспилотные авиационные летательные аппараты (БПЛА), которые находят применение в таких областях, как мониторинг окружающей среды, поисково-спасательные операции, сельское хозяйство, военные задачи и многие другие. Однако успешное использование БПЛА в сложных условиях, таких как ограниченная видимость, наличие препятствий, нестабильные погодные условия и другие неблагоприятные факторы, требует разработки эффективных методов управления [1–16].

Целью работы является выявление наиболее эффективных подходов к управлению БПЛА в ситуациях, характеризуемых ограниченной видимостью, наличием помех, нестабильными погодными условиями и другими факторами, усложняющими выполнение задачи.

- определение понятия «сложные условия» для БПЛА;
- анализ существующих методов управления БПЛА;
- сравнительный анализ эффективности методов управления в сложных условиях.

Особое внимание уделяется таким критериям, как точность позиционирования, надежность связи, способность к адаптации и безопасность полета.

Основная часть. На основе анализа требуется сравнить эффективность различных методов управления БПЛА в различных «сложных» сценариях. Важно оценить такие факторы как точность позиционирования, надёжность связи, способность к адаптации к изменяющимся условиям, а также безопасность полёта.

Актуальность исследования обусловлена возрастающей потребностью в эффективных и надежных системах беспилотного наблюдения для решения задач в различных сферах деятельности. Современные БПЛА обладают широким спектром возможностей, однако их применение в сложных условиях ставит перед разработчиками и операторами новые вызовы.

Необходимость повышения точности, автономности и надежности управления БПЛА в таких условиях диктует необходимость проведения сравнительного анализа различных методов управления, с целью выявления наиболее перспективных подходов.

Управление беспилотными летательными аппаратами представляет собой сложную задачу, требующую точного и надежного контроля над полетом. В настоящее время существует множество различных методов управления БПЛА, которые можно классифицировать по степени автономности.

Автономные системы управления БПЛА характеризуются способностью выполнять задачи без прямого вмешательства оператора. Такие системы обладают высокой степенью независимости и могут принимать решения в реальном времени на основе данных, получаемых с бортовых датчиков.

Программное обеспечение является основой автономных систем управления БПЛА. Оно отвечает за обработку данных с датчиков, планирование траектории полета, стабилизацию и управление исполнительными механизмами.

Эффективная навигация является ключевым элементом автономного управления БПЛА. Для определения местоположения и ориентации в пространстве используются различные алгоритмы, основанные на данных *GPS*, инерциальных датчиков, компьютерного зрения и других источников информации. Эти алгоритмы позволяют БПЛА ориентироваться в сложных средах, избегать препятствий и точно достигать заданных координат.

Взаимодействие с оператором в полуавтономных системах реализуется через различные каналы, позволяющие передавать команды и получать обратную связь в режиме реального времени. Такой подход позволяет оператору вмешаться в управление БПЛА при возникновении нештатных ситуаций или необходимости принятия сложных решений [9].

Дистанционное управление БПЛА, в свою очередь, предполагает полный контроль со стороны оператора. Радиоуправление является традиционным методом дистанционного управления, обеспечивающим надежную связь на коротких и средних расстояниях.

Однако, развитие технологий привело к появлению новых возможностей, таких как управление через интернет. Этот метод позволяет управлять БПЛА на большие расстояния, используя существующую инфраструктуру.

Несмотря на очевидные преимущества дистанционного управления, важно отметить, что такой подход требует высокой квалификации оператора и постоянного мониторинга состояния связи.

Сложные климатические условия представляют собой серьезный вызов для наблюдения с помощью БПЛА. Осадки, такие как дождь или снег, могут ограничить видимость и повлиять на работу сенсоров, установленных на аппарате. Сильный ветер может сделать управление БПЛА нестабильным, а в некоторых случаях даже привести к его повреждению.

Проблемы, связанные с визуальной идентификацией объектов, также играют важную роль. Размытость изображения из-за удаленности, плохой освещенности или наличия маскирующих элементов может затруднить распознавание и анализ данных.

Наконец, географические условия могут существенно ограничить возможности наблюдения с использованием БПЛА. Горные районы с пересеченной местностью, густые леса, а также плотная застройка городов создают препятствия для полета и ограничивают зону видимости [10].

Таким образом, успешное применение БПЛА для наблюдения требует тщательного анализа и учета всех перечисленных факторов. Разработка и внедрение новых технологий, таких как системы автономной навигации, улучшенные сенсоры и алгоритмы обработки изображений, позволят преодолеть существующие ограничения и расширить возможности использования БПЛА в различных сферах деятельности.

Ключевыми факторами, определяющими эффективность управления БПЛА в сложных условиях, являются надежность и скорость реакции системы. Высокая надежность системы управления БПЛА гарантирует стабильную передачу данных и точное выполнение заданных задач, минимизируя риск аварийных ситуаций.

Скорость реакции системы управления напрямую связана с ее способностью оперативно адаптироваться к изменениям окружающей среды и принимать быстрые решения в непредвиденных ситуациях. В сложных условиях, где условия могут меняться стремительно, быстрая реакция системы играет решающую роль в обеспечении безопасности полета и эффективности выполнения задачи [8].

Сравнительный анализ различных методов управления БПЛА должен учитывать эти критерии.

Например, автономные системы управления, основанные на искусственном интеллекте, могут демонстрировать высокую эффективность в сложных условиях благодаря своей способности к самообучению и адаптации. Однако, такие системы требуют значительных вычислительных ресурсов и могут быть уязвимы к непредсказуемым ошибкам в алгоритмах.

С другой стороны, телеуправляемые системы, хотя и обеспечивают полный контроль со стороны оператора, могут быть менее эффективны в условиях ограниченной видимости или задержки сигнала.

Стоимость реализации метода управления напрямую связана со сложностью системы, используемыми технологиями и требуемой инфраструктурой. Более сложные алгоритмы, основанные на искусственном интеллекте и машинном обучении, могут обеспечить более точное управление в сложных условиях, но также требуют значительных вычислительных ресурсов и, следовательно, более дорогостоящего оборудования.

Потребление энергии является критическим фактором для автономных БПЛА с ограниченным временем полета. Методы управления, оптимизирующие траекторию полета и расход энергии, играют ключевую роль в увеличении продолжительности миссии.

Наконец, устойчивость к помехам – важнейший аспект для обеспечения надежной работы БПЛА в сложных условиях. Сигналы *GPS*, магнитные аномалии, атмосферные явления и электромагнитные помехи могут негативно повлиять на точность управления.

Выбор оптимального метода управления БПЛА для наблюдения в сложных условиях является многофакторной задачей, требующей взвешенного подхода. Необходимо учитывать не только точность и эффективность, но также и экономическую целесообразность, энергоэффективность и устойчивость к помехам. Только комплексный анализ всех этих аспектов позволит выбрать наиболее подходящий метод для конкретной задачи наблюдения.

Бортовой комплекс БПЛА является полнофункциональным средством навигации и управления беспилотного летательного аппарата. Комплекс обеспечивает: определение навигационных параметров, углов ориентации и параметров движения аппарата (угловых скоростей и ускорений); навигацию и управление при полете по заданной траектории; стабилизацию углов ориентации аппарата в полете; выдачу в канал передачи телеметрической информации о навигационных параметрах, углах ориентации БПЛА.

Несмотря на привлекательность, кажущиеся, доступность и простоту тематики БПЛА, она в реальности является не только весьма сложной технической задачей, но и серьезнейшей идеологической проблемой, поскольку затрагивает вопросы идеологии организации экономической политики государства. Нормативно-правовая база вопросов применения БПЛА в общем воздушном пространстве в настоящее время нуждается в доработке.

Заключение. Проведенный сравнительный анализ методов управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) для наблюдения в сложных условиях позволил выявить ключевые преимущества и недостатки различных подходов. Автономные системы управления, основанные на искусственном интеллекте и машинном обучении, демонстрируют высокую адаптивность и способность к самообучению, что делает их эффективными в условиях динамически изменяющейся среды. Однако такие системы

требуют значительных вычислительных ресурсов и могут быть уязвимы к ошибкам в алгоритмах, что ограничивает их применение в критически важных задачах.

Полуавтономные системы, сочетающие в себе элементы автономного управления и взаимодействие с оператором, обеспечивают баланс между гибкостью и контролем. Они позволяют оператору вмешиваться в процесс управления в случае возникновения нештатных ситуаций, что повышает надежность выполнения задач. Однако эффективность таких систем во многом зависит от качества связи и скорости реакции оператора.

Дистанционные методы управления, хотя и обеспечивают полный контроль со стороны оператора, сталкиваются с проблемами задержки сигнала и ограниченной видимости, что снижает их эффективность в сложных условиях. Тем не менее, они остаются востребованными в задачах, где требуется высокая точность управления и возможность оперативного вмешательства.

Важным аспектом при выборе метода управления является учет таких факторов, как стоимость реализации, энергопотребление и устойчивость к помехам. Современные технологии, такие как улучшенные сенсоры, алгоритмы компьютерного зрения и оптимизация траекторий полета, позволяют повысить точность и надежность управления БПЛА, но их внедрение требует значительных инвестиций.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что выбор оптимального метода управления БПЛА для наблюдения в сложных условиях должен основываться на конкретных требованиях задачи, включая условия эксплуатации, доступные ресурсы и допустимый уровень риска. Для задач, требующих высокой автономности и адаптивности, предпочтение следует отдавать системам на основе искусственного интеллекта. В случаях, где критически важен контроль со стороны оператора, более подходящими могут оказаться полуавтономные или дистанционные методы.

В заключение следует отметить, что дальнейшее развитие технологий управления БПЛА будет направлено на повышение автономности, точности и надежности систем, а также на снижение их стоимости и энергопотребления. Это откроет новые возможности для использования БПЛА в еще более сложных и ответственных задачах, таких как мониторинг чрезвычайных ситуаций, доставка грузов в труднодоступные районы и исследование опасных зон. Однако для успешного внедрения этих технологий необходимо также развитие нормативно-правовой базы и инфраструктуры, обеспечивающей безопасное и эффективное использование БПЛА в общем воздушном пространстве.

Список литературы

1. *Алексеев, В. Ф. Автономная посадка БПЛА с использованием визуального сервоуправления = Autonomous UAV landing using visual servo control / В. Ф. Алексеев, Е. И. Бавбель // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 472–479.*

2. *Алексеев, В. Ф. Оценка облаков точек БПЛА с помощью искусственного интеллекта = Assessment of UAV point clouds using artificial intelligence / В. Ф. Алексеев, Е. И. Бавбель // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 12–18.*

3. *Бавбель, Е. И. Использование беспилотных летательных аппаратов для эпидемиологического надзора за инфекционными заболеваниями = Use of unmanned aerial vehicles for epidemiological surveillance of infectious diseases / Е. И. Бавбель, В. Ф. Алексеев // Медэлектроника–2024. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей XIV Международной научно-технической конференции, Минск, 5–6 декабря 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники [и др.]. – Минск, 2024. – С. 140–143.*

4. *Бавбель, Е. И. Возможности компьютерного зрения для беспилотных летательных аппаратов / Е. И. Бавбель, В. Ф. Алексеев // Цифровая среда: технологии и перспективы : сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Брест, 31 октября – 1 ноября 2024 г. / Брестский государственный технический университет ; редкол.: Н. Н. Шалобыта (гл. ред.) [и др.]. – Брест, 2024. – С. 46–51.*

5. *Бавбель, Е. И. Обзор аэродинамических характеристик профиля NACA = NACA profile aerodynamic overview / Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 22–26 апреля 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихачевский [и др.]. – Минск, 2024. – С. 126–129.*

6. *Бавбель, Е. И. Подходы к проектированию БПЛА с повышенной выносливостью и грузоподъемностью / Е. И. Бавбель, А. А. Бородич, Е. В. Коляда // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина. – Рязань, 2023. – С. 60–62.*

7. *Бабаскин В. В., Королькова М. А., Олянюк П. В., Чепига В. Е. Воздушный транспорт в современном мире / под ред. П. В. Олянюка. С-Пб.: Государственный университет ГА, 2010. - 33 с.*

8. *Кулик А. С., Гордин А. Г., Нарожный В. В., Бычкова И. В., Таран А. Н. Проблематика разработки перспективных малогабаритных летающих роботов. Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина, 2005.*

9. *Лисейцев Н. К., Максимович В. З. и др.; Под ред. д-ра техн. наук, проф. Н. К. Лисейцева. Беспилотные самолеты вертикального взлета и посадки: Выбор схемы и определение проектных параметров. Из-во МАИ-ПРИНТ, 2009. - 140 с.*

10. *Красильщиков М. Н., Себряков Г. Г. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Под ред. М. Н. Красильщикова, Г. Г. Себрякова. М.: Физматлит, 2003.*

11. *Бавбель, Е. И. Основные задачи при исследовании методов и средств проектирования беспилотных летательных аппаратов / Е. И. Бавбель, А. А. Бородич, Е. В. Коляда // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина. – Рязань, 2023. – С. 57–59.*

12. *Бавбель, Е. И. Особенности применения беспилотных летательных аппаратов в обеспечении безопасности дорожного движения = Features of use of untanned aerial vehicles in ensuring road safety / Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2023. – С. 61–63.*

13. *Бавбель, Е. И. Автономный полёт БПЛА как способ увеличения продолжительности полёта = Autonomous UAV flight as a way to increase flight duration / Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2023. – С. 57–60.*

14. *Бавбель, Е. И. О необходимости применения систем высокоточного позиционирования при построении БПЛА = On the necessity of application of high-precision positioning systems when building a UAV / Е. И. Бавбель, А. С. Анискевич // Электронные системы и технологии : сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2021. – С. 670–672.*

15. *Анискевич, А. С. Проблемы проведения аэрофотосъемки с применением БПЛА = Problems of conducting aerial photography using UAV / А. С. Анискевич, Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2021. – С. 664–666.*

16. *Бавбель, Е. И. Анализ методов защиты связи беспилотных летательных аппаратов от атак с использованием радиоэлектронных средств = Analysis of methods for protecting unmanned aircraft communication against attacks using radio electronic equipment / Е. И. Бавбель, А. С. Анискевич // Электронные системы и технологии : сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2021. – С. 667–669.*

UDC 623.746.4-519

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF CONTROL OF UAVS FOR OBSERVATION IN COMPLEX CONDITIONS

Bavbel E.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexeev V.F. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article presents a comparative analysis of control methods for unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveillance in difficult conditions. The key aspects that determine the effectiveness of UAV control, such as positioning accuracy, communication reliability, adaptability to changing conditions and flight safety, are considered. An analysis of autonomous, semi-autonomous and remote control methods, as well as their applicability in conditions of limited visibility, interference and unstable weather conditions, is carried out. Based on the conducted research, recommendations are proposed for choosing the optimal control methods for various scenarios of UAV use. The relevance of the work is due to the growing demand for reliable and effective unmanned surveillance systems in various fields of activity.

Keywords: UAVs, Control methods, surveillance.

УДК 623.746.4-519

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ БПЛА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МИССИЙ НАБЛЮДЕНИЯ

Бавбель Е.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматриваются методы и подходы к оптимизации энергопотребления беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) при выполнении миссий наблюдения. Анализируются ключевые факторы, влияющие на энергозатраты, такие как тип и размер БПЛА, используемые датчики, условия окружающей среды и стратегии полета. Представлены современные технологии и алгоритмы, включая машинное обучение, адаптивные системы управления и использование энергоэффективных датчиков, которые способствуют снижению энергопотребления. Особое внимание уделено оптимизации маршрутов и высоты полета, а также применению альтернативных источников питания. Статья подчеркивает важность комплексного подхода к решению задачи энергоэффективности БПЛА для расширения их функциональных возможностей и сфер применения.

Ключевые слова: БПЛА, энергопотребление, наблюдение.

Введение. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) становятся неотъемлемой частью современных технологий, находя применение в военной сфере, сельском хозяйстве, экологическом мониторинге и гражданской безопасности. Одной из ключевых проблем, ограничивающих их эффективность, является ограниченная емкость источников питания, что напрямую влияет на продолжительность полета и радиус действия. Особенно остро эта проблема проявляется при выполнении длительных миссий наблюдения, где требуется постоянный мониторинг удаленных территорий [1–17].

Целью исследований являлся анализ методов и алгоритмов, направленных на минимизацию энергопотребления БПЛА при выполнении миссий наблюдения.

В данной работе будет рассмотрен комплексный подход к решению этой задачи, включающий в себя анализ факторов, влияющих на энергопотребление, а также разработку и оценку различных методов оптимизации.

Основная часть. Если для больших пилотируемых самолетов переход на электрическое питание двигателей – это дело туманного далекого будущего, то для активно развивающейся беспилотной авиации нет проблемы актуальнее. Но там, где электричество, там аккумулятор, а где аккумулятор – там недостаточная емкость и слишком большой вес. Выход есть, и он весьма наукоемкий.

С постоянным стремлением к усовершенствованию и оптимизации функционирования БПЛА, инженеры и разработчики активно работают над созданием передовых систем управления, способных значительно увеличить дальность полета и автономность беспилотных аппаратов. Одной из основных задач при разработке инновационных систем управления для БПЛА является оптимизация работы двигателей и других электронных компонентов. Одним из основных требований к таким системам является длительное время полета без необходимости частой замены или перезарядки аккумуляторов. Современные беспилотные летательные аппараты используют различные типы источников питания. Самым популярным и востребованным является литий-полимерные аккумуляторы, которые используются на большинстве БПЛА. Но также у беспилотных летательных аппаратов есть и популярные альтернативные источники питания, которые используется на дронах, в зависимости от их использования и срока службы. Одними из наиболее часто используемых источников информации являются

топливные элементы, солнечные батареи и даже радиочастотное питание. Каждый из этих источников имеет свои преимущества и недостатки, и выбор оптимальной системы зависит от конкретного применения и требований к дрону [11].

Энергопотребление БПЛА зависит от множества факторов, включая:

– тип и размер БПЛА – большие аппараты требуют больше энергии для подъема и маневрирования;

– тип используемого датчика – разные датчики (камеры, радары, *LiDAR*) имеют различное энергопотребление;

– условия окружающей среды. Ветер, температура и влажность могут значительно влиять на эффективность полета;

– стратегия полета. Оптимизация маршрута и высоты полета может снизить энергозатраты.

Оптимизация маршрута БПЛА – это сложная задача, требующая учета множества факторов. В число этих факторов входят географические особенности района полетов: рельеф местности, наличие препятствий (здания, деревья, линии электропередач), метеорологические условия (ветер, температура). Параметры БПЛА: тип и характеристики силовой установки, аэродинамические свойства, масса, максимальная взлетная масса. Требования миссии: тип выполняемой задачи (разведка, доставка грузов, мониторинг), требуемая точность позиционирования, необходимость повторных облетов определенных зон.

Для решения задачи оптимизации маршрута БПЛА используются различные подходы, основанные на математических моделях и алгоритмах.

Моделирование и симуляция играют важную роль в оптимизации маршрута БПЛА. С помощью специализированного программного обеспечения можно смоделировать полет БПЛА в различных условиях, оценить эффективность различных маршрутов и выявить потенциальные проблемы [8].

Необходимо отметить, что оптимизация маршрута БПЛА – это непрерывный процесс. По мере сбора данных о полетах и изменениях условий окружающей среды маршрут может быть скорректирован для достижения максимальной эффективности.

Использование алгоритмов для планирования маршрута может значительно снизить энергозатраты. Например, алгоритмы, основанные на методах машинного обучения, могут предсказывать наиболее эффективные маршруты с учетом текущих условий.

Оптимальная высота полета может варьироваться в зависимости от типа миссии. Например, для наблюдения за большими территориями может быть целесообразно лететь на более высокой высоте, чтобы охватить большую площадь, в то время как для детального наблюдения за конкретными объектами может потребоваться более низкий полет.

Выбор датчиков с низким энергопотреблением, которые все же обеспечивают необходимую точность и качество данных, может существенно снизить общее энергопотребление БПЛА. Например, использование тепловизоров или мультиспектральных камер может быть более эффективным в определенных условиях.

Микроэлектромеханические системы (МЭМС) сенсоры революционизировали индустрию беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), предлагая компактные, легкие и экономически выгодные решения для обнаружения. Эти датчики играют важную роль в определении положения, ориентации и навигации БПЛА. МЭМС-датчики широко используются в БПЛА для различных приложений, включая акселерометры, гироскопы, датчики давления и магнитометры. В данной статье приведено подробное описание технологии производства микроэлектромеханических (МЭМС) датчиков для БПЛА, с акцентом на процессы проектирования, изготовления и упаковки [9].

Адаптивные системы управления, которые могут изменять параметры полета в реальном времени в зависимости от условий, могут помочь оптимизировать

энергопотребление. Например, изменение скорости полета в зависимости от силы ветра или изменение угла наклона для минимизации сопротивления воздуха.

В военных операциях, где БПЛА используются для наблюдения, оптимизация маршрута и высоты полета позволила значительно увеличить время полета и снизить вероятность обнаружения.

В сельском хозяйстве БПЛА используются для мониторинга посевов. Оптимизация маршрутов и использование специализированных датчиков позволили фермерам сократить затраты на топливо и увеличить эффективность сбора данных.

С развитием технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение, возможности для оптимизации энергопотребления БПЛА будут только расширяться. Ожидается, что новые алгоритмы и датчики позволят значительно улучшить эффективность полетов.

Заключение. Оптимизация энергопотребления БПЛА при выполнении миссий наблюдения является важной задачей, которая требует комплексного подхода. Использование современных технологий и методов может значительно повысить эффективность и снизить затраты, что делает БПЛА более привлекательными для различных применений.

В современном мире, с его стремительным развитием технологий и возрастающей потребностью в сборе данных в реальном времени, БПЛА играют всё более важную роль. Их способность к автономному полету, доступность к труднодоступным районам и возможность оснащения различными сенсорами делают их незаменимым инструментом для мониторинга окружающей среды, проведения разведывательных операций, а также обеспечения безопасности.

Однако, ограниченная емкость источников питания на борту БПЛА является одним из основных факторов, ограничивающих продолжительность полета и эффективность выполнения миссий. Поэтому разработка методов оптимизации энергопотребления приобретает первостепенное значение.

Перспективы развития данной области связаны с внедрением новых технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение, которые позволят еще больше повысить энергоэффективность БПЛА. Оптимизация энергопотребления не только увеличит продолжительность полета, но и расширит сферы применения беспилотных аппаратов, делая их более доступными и эффективными для решения широкого круга задач.

Список литературы

1. *Алексеев, В. Ф. Автономная посадка БПЛА с использованием визуального сервоуправления = Autonomous UAV landing using visual servo control / В. Ф. Алексеев, Е. И. Бавбель // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 472–479.*

2. *Алексеев, В. Ф. Оценка облаков точек БПЛА с помощью искусственного интеллекта = Assessment of UAV point clouds using artificial intelligence / В. Ф. Алексеев, Е. И. Бавбель // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 12–18.*

3. *Бавбель, Е. И. Использование беспилотных летательных аппаратов для эпидемиологического надзора за инфекционными заболеваниями = Use of unmanned aerial vehicles for epidemiological surveillance of infectious diseases / Е. И. Бавбель, В. Ф. Алексеев // Медэлектроника–2024. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей XIV Международной научно-технической конференции, Минск, 5–6 декабря 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники [и др.]. – Минск, 2024. – С. 140–143.*

4. *Бавбель, Е. И. Возможности компьютерного зрения для беспилотных летательных аппаратов / Е. И. Бавбель, В. Ф. Алексеев // Цифровая среда: технологии и перспективы : сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Брест, 31 октября – 1 ноября 2024 г. / Брестский государственный технический университет ; редкол.: Н. Н. Шалобыта (гл. ред.) [и др.]. – Брест, 2024. – С. 46–51.*

5. *Бавбель, Е. И. Обзор аэродинамических характеристик профиля NACA = NACA profile aerodynamic overview / Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 22–26 апреля 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихачевский [и др.]. – Минск, 2024. – С. 126–129.*

6. *Бавбель, Е. И. Подходы к проектированию БПЛА с повышенной выносливостью и грузоподъемностью / Е. И. Бавбель, А. А. Бородич, Е. В. Коляда // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина. – Рязань, 2023. – С. 60–62.*

7. *Бабаскин В. В., Королькова М. А., Олянюк П. В., Чепига В. Е. Воздушный транспорт в современном мире / под ред. П. В. Олянюка. С-Пб.: Государственный университет ГА, 2010. - 33 с.*

8. *Кулик А. С., Гордин А. Г., Нарожный В. В., Бычкова И. В., Таран А. Н. Проблематика разработки перспективных малогабаритных летающих роботов. Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина, 2005.*

9. *Лисейцев Н. К., Максимович В. З. и др.; Под ред. д-ра техн. наук, проф. Н. К. Лисейцева. Беспилотные самолеты вертикального взлета и посадки: Выбор схемы и определение проектных параметров. Из-во МАИ-ПРИНТ, 2009.*

10. *Моисеев В. С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами: монография. В. С. Моисеев – Казань: ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования» (Серия «Современная прикладная математика и информатика»), 2013*

11. *Орлов Б. В., Мазинг Г. Ю., Рейдель А. Л., Степанов М. Н., Топчеев Ю. И. Основы проектирования ракетно-прямоточных двигателей для беспилотных летательных аппаратов.*

12. *Бавбель, Е. И. Основные задачи при исследовании методов и средств проектирования беспилотных летательных аппаратов / Е. И. Бавбель, А. А. Бородич, Е. В. Коляда // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина. – Рязань, 2023. – С. 57–59.*

13. *Бавбель, Е. И. Особенности применения беспилотных летательных аппаратов в обеспечении безопасности дорожного движения = Features of use of unmanned aerial vehicles in ensuring road safety / Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихачевский [и др.]. – Минск, 2023. – С. 61–63.*

14. *Бавбель, Е. И. Автономный полёт БПЛА как способ увеличения продолжительности полёта = Autonomous UAV flight as a way to increase flight duration / Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихачевский [и др.]. – Минск, 2023. – С. 57–60.*

15. *Бавбель, Е. И. О необходимости применения систем высокоточного позиционирования при построении БПЛА = On the necessity of application of high-precision positioning systems when building a UAV / Е. И. Бавбель, А. С. Анискевич // Электронные системы и технологии : сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихачевский [и др.]. – Минск, 2021. – С. 670–672.*

16. *Анискевич, А. С. Проблемы проведения аэрофотосъемки с применением БПЛА = Problems of conducting aerial photography using UAV / А. С. Анискевич, Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихачевский [и др.]. – Минск, 2021. – С. 664–666.*

17. *Бавбель, Е. И. Анализ методов защиты связи беспилотных летательных аппаратов от атак с использованием радиоэлектронных средств = Analysis of methods for protecting unmanned aircraft communication against attacks using radio electronic equipment / Е. И. Бавбель, А. С. Анискевич // Электронные системы и технологии : сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихачевский [и др.]. – Минск, 2021. – С. 667–669.*

UDC 623.746.4-519

OPTIMIZING UAV POWER CONSUMPTION DURING OBSERVATION MISSIONS

Bavbel E.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexeev V.F. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article discusses methods and approaches to optimizing the energy consumption of unmanned aerial vehicles (UAVs) when performing surveillance missions. Key factors affecting energy costs, such as the type and size of the UAV, the sensors used, environmental conditions, and flight strategies, are analyzed. Modern technologies and algorithms, including machine learning, adaptive control systems, and the use of energy-efficient sensors that help reduce energy consumption are presented. Particular attention is paid to optimizing routes and flight altitudes, as well as the use of alternative power sources. The article emphasizes the importance of an integrated approach to solving the problem of UAV energy efficiency in order to expand their functionality and applications.

Keywords: UAVs, energy consumption, surveillance.

УДК 004.421.4

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЁЖНОСТИ ПО ПОСТЕПЕННЫМ ОТКАЗАМ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Говса М.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Боровиков С.М. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Разработана компьютерная программа, предназначенная для получения по результатам обучающего эксперимента имитационной модели наработки биполярных транзисторов. Модель представляет функцию пересчёта заданной (интересующей) наработки на значение имитационного воздействия, в качестве которого рассматривается ток коллектора. Результат измерения электрического функционального параметра транзистора (конкретного экземпляра) при установлении тока коллектора, равного рассчитанному значению по имитационной модели, рассматривается в качестве прогноза электрического параметра для заданной наработки, что позволяет принять решение о возможном постепенном отказе экземпляра из числа, не участвовавших в обучающем эксперименте. Обеспечена возможность запуска компьютерной программы, написанной на языке программирования *JavaScript*, как обычной прикладной программы с использованием операционной системы *Windows*.

Ключевые слова: биполярные транзисторы, постепенные отказы, прогнозирование, имитационные воздействия.

Введение. Прикладная компьютерная программа разработана для автоматизации процедуры получения имитационной модели наработки биполярных транзисторов, используя результаты обучающего эксперимента, с сутью которого можно ознакомиться в [1, 2]. Модель представляет функцию пересчёта заданной (интересующей) наработки на значение имитационного воздействия, вызывающего в начальный момент времени у конкретного экземпляра (транзистора) примерно такое же изменение электрического функционального параметра, как и его заданная наработка. Это позволяет в начальный момент времени, используя имитационное воздействие, уровня рассчитанного по функции пересчёта, спрогнозировать значение электрического функционального параметра конкретного экземпляра, используя реакцию (ответ) его электрического параметра на имитационное воздействие и далее принять решение о надёжности экземпляра по постепенному отказу для заданной наработки [3].

Основная часть. В качестве языка программирования для написания программы был выбран *JavaScript*. На стадии проектирования компьютерной программы внедрены следующие библиотеки: библиотека *React*, которая позволяет удобно разрабатывать интерфейсы, благодаря компонентному подходу; библиотека *Redux Toolkit*, использующаяся для управления состоянием приложения и передачи данных между компонентами; библиотека *regression.js* для создания математических моделей; библиотека *chart.js* для создания графиков; библиотека *xlsx* для работы с таблицами *Excel*.

Для запуска *JavaScript* в виде приложения использована технология *Electron*.

Программа разделена на 4 функциональные страницы: «Ввод данных»; «Средние значения»; «Функция пересчёта»; «Прогнозирование ошибок».

На первой странице пользователь выбирает способ ввода данных: ручной ввод или импорт из файла *Excel*. При ручном вводе пользователь может настраивать таблицу (выбирать количество экземпляров для выборок, количество точек воздействующего имитационного фактора и др.). При выборе импорта файла из *Excel*, открывается проводник, после чего пользователь должен указать файл с расширением *.xlsx*, в котором содержится таблица с

исходными данными. Программа обрабатывает *Excel*-таблицы вида, приведённого в таблице 1, в которой в качестве имитационного воздействия (F) рассматривается ток коллектора ($I_К$).

Таблица 1 – Формат таблицы *Excel*

Параметр *Y* для экземпляров объединённой выборки	**Ток коллектора *I*, А**				**Наработка *t*, ч**			
	I_{K1}	I_{K2}	…	I_{Kl}	t_1	t_2	…	t_k
Экземпляры обучающей выборки								
Параметр Y 1-го экземпляра	$Y_1(I_{K1})$	$Y_1(I_{K2})$	…	$Y_1(I_{Kl})$	$Y_1(t_1)$	$Y_1(t_2)$	…	$Y_1(t_k)$
Параметр Y 2-го экземпляра	$Y_2(I_{K1})$	$Y_2(I_{K2})$	…	$Y_2(I_{Kl})$	$Y_2(t_1)$	$Y_2(t_2)$	…	$Y_2(t_k)$
…	…	…	…	…	…	…	…	…
Параметр Y n-го экземпляра	$Y_n(I_{K1})$	$Y_n(I_{K2})$	…	$Y_n(I_{Kl})$	$Y_n(t_1)$	$Y_n(t_2)$	…	$Y_n(t_k)$
Экземпляры контрольной выборки								
Параметр Y 1-го экземпляра	$Y_1(I_{K1})$	$Y_1(I_{K2})$	…	$Y_1(I_{Kl})$	$Y_1(t_1)$	$Y_1(t_2)$	…	$Y_1(t_k)$
Параметр Y 2-го экземпляра	$Y_2(I_{K1})$	$Y_2(I_{K2})$	…	$Y_2(I_{Kl})$	$Y_2(t_1)$	$Y_2(t_2)$	…	$Y_2(t_k)$
…	…	…	…	…			…	…
Параметр Y m-го экземпляра	$Y_m(I_{K1})$	$Y_m(I_{K2})$	…	$Y_m(I_{Kl})$	$Y_m(t_1)$	$Y_m(t_2)$	…	$Y_m(t_k)$

После ввода данных пользователь переходит на страницу «Средние значения», на которой получает таблицу со средними значениями Y-параметра для экземпляров обучающей выборки. Так же пользователь получает математические модели зависимостей $Y = f(F)$ и $Y = f(t)$, для которых приводятся графики.

При переходе на страницу «Функция пересчёта» пользователь получает математическую модель функции пересчёта $F = f(t)$, а также значения $F_{им}$ и $Y(F_{им})$ в виде таблицы с графиком функции пересчёта.

На последней странице «Прогнозирование ошибок» пользователь задаёт, для каких значений наработки t необходимо определить среднюю ошибку прогнозирования:

$$\Delta_{ср}(t) = \sqrt{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\left(\frac{Y_{пр\,i}(t) - Y_{ист\,i}(t)}{Y_{ист\,i}(t)}\right)^2}, \qquad (1)$$

где m – объём контрольной выборки;

$Y_{пр\ i}$ – прогнозное значение параметра, соответствующее i-му экземпляру контрольной выборки для заданной наработки t;

$Y_{ист\ i}$ – истинное значение параметра i-го экземпляра контрольной выборки для заданной наработки t.

После нажатия кнопки «подсчёт ошибки прогнозирования» пользователь получает таблицу, показанную на рисунке 1.

t, ч	ошибка
9800	47%
12800	2%
17280	2%

Ввести другие данные

Рисунок 1 – Таблица с рассчитанными средними ошибками прогнозирования

Средняя ошибка прогнозирования, определяемая по (1), удовлетворяет условиям, если $\Delta_{ср} < 10\%$ [1, 2] (в таблице подсвечена зелёным цветом), в противном случае она подсвечивается красным цветом и под таблицей появляется кнопка «Ввести другие данные», при нажатии на которую пользователь попадёт на первую страницу «ввод данных». Блок-схема алгоритма компьютерной программы показана на рисунке 2.

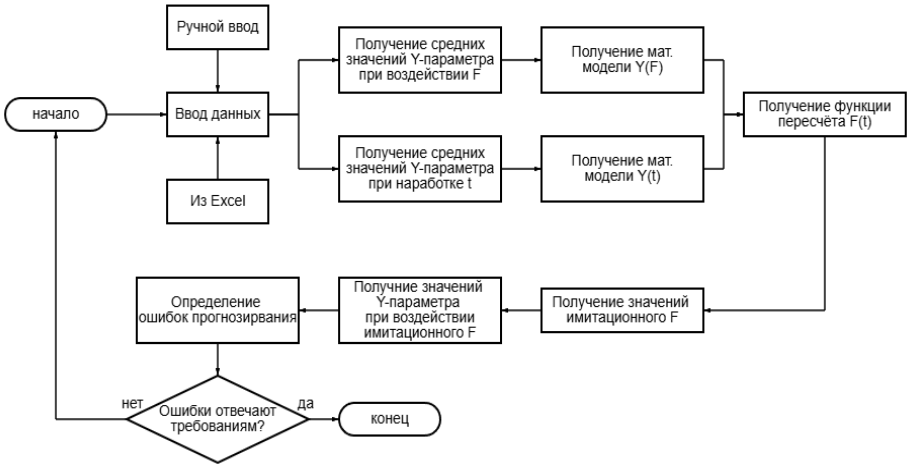


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма компьютерной программы

Заключение. Разработана прикладная компьютерная программа для получения имитационной модели биполярных транзисторов по результатам обучающего эксперимента. Модель представляет функцию пересчёта заданной наработки на уровень имитационного воздействия F, в качестве которого рассматривается ток коллектора $I_К$.

Список литературы

1. *Прогнозирование надёжности изделий электронной техники / С.М. Боровиков, И.Н.Цырельчук, Е.Н. Шнейдеров [и др.]. – Минск: МГВРК. 2010 – 308 с.*

2. *Боровиков, С.М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадёжных изделий электронной техники: монография / С.М. Боровиков. – М.: Новое знание, 2013. – 343 с.*

3. *Боровиков, С.М. Методика индивидуального прогнозирования постепенных отказов изделий электронной техники методом имитационных воздействий / С.М. Боровиков // Доклады БГУИР. – 2013. – №6(76). – С. 12–18.*

UDC 004.421.4

COMPUTER PROGRAM FOR PREDICTING GRADUAL FAILURES OF BIPOLAR TRANSISTORS BY THE METHOD OF SIMULATION EFFECTS

Govsa M.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borovikov S.M. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. A computer program has been developed to obtain a simulation model of bipolar transistor operating time based on the results of a training experiment. The model represents a function for recalculating a given operating time by the value of a simulation effect, which is considered to be the collector current. The result of measuring the electrical functional parameter of a transistor when establishing a collector current equal to the value calculated by the simulation model is considered as a forecast of the electrical parameter for a given operating time, which allows making a decision on a possible gradual failure of an instance that did not participate in the training experiment. The ability to run a computer program written in the JavaScript programming language as a regular application program using the Windows operating system is provided.

Keywords: bipolar transistors, gradual failures, prediction, simulation effects.

УДК 004.4

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗАСЕЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ В ОБЩЕЖИТИЯ УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Матрашило А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, декан ФКП

Аннотация. В статье рассматривается концепция разработки программного средства для автоматизации процесса заселения студентов в общежития учреждения высшего образования. Программное средство разработано с целью оптимизации процессов подачи заявки, формирования очереди и заселения студентов в общежития и эффективном управлении данными студентах и общежитиях.

Ключевые слова: программное средство, общежития, студенты, учреждения высшего образования, заселение в общежитие.

Введение. В условиях современного образовательного процесса эффективное управление заселением студентов в общежития становится важной задачей для учреждений высшего образования. В настоящее время во многих учебных заведениях процесс заселения осуществляется вручную, что приводит к ряду проблем, включая долгое время обработки заявок, высокий риск ошибок при распределении мест, низкую прозрачность процесса для студентов, ограниченные возможности для анализа данных.

В данной статье рассматривается программное средство для решения этих проблем, которое упростит процесс заселения и улучшит взаимодействие между студентами и администрацией.

Основная часть. Автоматизация процесса заселения студентов в общежития предоставляет следующие возможности:

1 Ускорение процесса заселения, а именно снижение времени, необходимого для обработки заявок на заселение.

2 Повышение точности результатов операций, минимизация ошибок при распределении мест за счет автоматического алгоритма.

3 Улучшение коммуникации между студентами и сотрудниками университета, возможность предоставления студентам актуальной информации о статусе их заявки через веб-приложение.

4 Анализ и сбор статистики по заселению, что позволит лучше планировать ресурсы и улучшать условия проживания.

5 Упрощение документооборота, электронное хранение и обработка документов.

Основными бизнес-целями автоматизации процесса заселения являются:

1 Сокращение времени обработки заявок на 60% в течение двух месяцев после внедрения системы.

2 Увеличение уровня удовлетворенности студентов по результатам опросов не менее чем на 30% в течение первого года.

3 Снижение количества ошибок при распределении мест до 15% за счет использования автоматизированных алгоритмов в течение двух месяцев.

Решение будет представлять собой веб-приложение, которое включает в себя следующие ключевые компоненты:

1 Интерфейс для студентов, который предоставляет возможность подачи заявок на заселение, отслеживания статуса, получения уведомлений.

2 Интерфейс для администрации, а именно инструменты для управления заявками, распределения мест, анализа данных.

3 База данных, в которой будет производиться хранение информации о студентах, общежитиях и заявках на заселение.

4 Алгоритмы распределения мест: автоматизированные механизмы для оптимизации процесса заселения на основе заданных критериев (например, предпочтения студентов, наличие свободных мест).

Для успешного функционирования автоматизированной системы необходимо установить следующие бизнес-правила:

1 Студенты могут подавать заявки на заселение только в установленные сроки (например, с 1 июня по 30 июня текущего года).

2 Приоритет при распределении мест выставляется в соответствии со льготами каждого студента.

3 Каждому студенту разрешается подавать только одну заявку на заселение в год.

4 Вся информация о процессе заселения должна быть доступна для студентов через личный кабинет.

5 Администрация обязана рассматривать все заявки и предоставлять ответ не позднее чем за 3 дня до начала учебного года.

В результате рассмотрения аналогов реализуемого программного средства и изучения процессов выявлены возможности, которые должны быть предоставлены пользователям при работе с программным средством [1].

Опишем основные возможности программного средства с помощью диаграммы вариантов использования (рисунок 1).

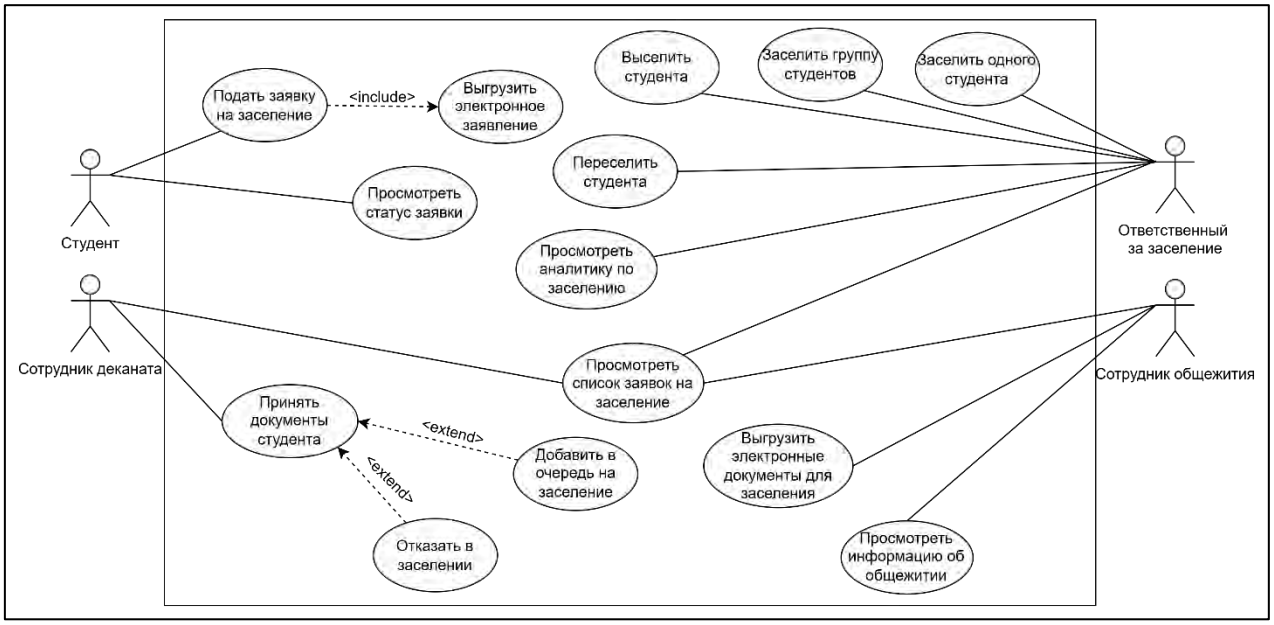


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Данная диаграмма отражает возможности пользователей в системе согласно их ролям. На диаграмме отображены четыре ключевые роли пользователей программного средства: студент, сотрудник деканата, ответственный за заселение и сотрудник общежития. Каждая роль в системе имеет свои возможности.

Актуальность создания программного средства автоматизации процесса заселения студентов в общежития учреждения высшего образования заключается в уменьшении времени выполнения задач сотрудниками университета, сокращении процента ручной работы, а также минимизации количества ошибок при работе с данными.

Заключение. Представленное программное средство автоматизации процесса заселения студентов в общежития учреждения высшего образования обеспечивает

комплексный подход к управлению данными, связанными с процессами размещения студентов. Оно предоставляет централизованное хранение информации, ее анализ и совместное использование, что позволяет образовательным учреждениям эффективно управлять процессом заселения. Данное решение способствует повышению качества взаимодействия со студентами и сокращению времени обработки заявок. Внедрение такого программного средства обещает значительные преимущества для учебного заведения: повышение производительности работы сотрудников, обеспечение точности данных о наличии мест в общежитиях, а также снижение риска ошибок, связанных с человеческим фактором.

Список литературы

1. *Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.bsuir.by/. – Дата доступа: 24.03.2025.*

UDC 004.4

AUTOMATION OF THE PROCESS OF STUDENTS' CHECKING INTO HIGHER EDUCATION INSTITUTION HOSTELS

Matrashilo A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V. – Cand. of Sci., Associate Professor, Dean of the FCAD

Annotation. The article discusses the concept of developing a software tool for automating the process of settling students in dormitories of higher education institutions. The software tool is designed to optimize the processes of submitting an application, forming a queue and settling students in dormitories and effectively managing data on students and dormitories.

Keywords: software, dormitories, students, higher education institutions, dormitory check-in.

УДК 004.021:004.832.2

МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ПРОЦЕСС ЕЕ ИНТЕГРАЦИИ С ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

Михальков М.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Нестеренков С.Н. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПОИТ

Аннотация. В данной работе представлено описание модели интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) и процесс ее интеграции с рекомендательной системой (РС). Описаны алгоритмы формирования рекомендаций на основе гибридных моделей. Результаты работы могут быть применены в различных областях, однако упор в данной работе сделан на область электронной коммерции.

Ключевые слова: интеллектуальная система поддержки принятия решений, рекомендательная система, интеграция, гибридные модели, объяснимый ИИ, адаптивное обучение.

Введение. Интеллектуальная система поддержки принятия решений – это система поддержки принятия решений, которая широко использует методы искусственного интеллекта. На самом деле, такие термины, как «системы, основанные на знаниях» и «интеллектуальные системы» использовались с начала 1980-х годов для описания компонентов систем управления. Считается, что система поддержки принятия решений возникла у Клайда Холсапла и Эндрю Уинстона в конце 1970-х годов. Примеры специализированных интеллектуальных систем поддержки принятия решений включают гибкие производственные системы, интеллектуальные системы поддержки принятия маркетинговых решений и системы медицинской диагностики [1].

В современном мире существует огромное множество сфер применения интеллектуальных систем поддержки принятия решений, таких как общественная безопасность, промышленность, медицина, электронная коммерция и другие.

В области общественной безопасности ИСППР используются для мониторинга и прогнозирования преступности, управления чрезвычайными ситуациями и обеспечения кибербезопасности.

В промышленности такие системы применяются для предиктивного обслуживания оборудования, оптимизации производственных процессов и управления цепочками поставок.

В медицине интеллектуальные системы помогают врачам в диагностике заболеваний, подборе персонализированного лечения и анализе медицинских изображений.

В сфере электронной коммерции они используются для персонализированных рекомендаций, предсказания поведения пользователей и управления ценообразованием.

Их развитие и интеграция с технологиями искусственного интеллекта продолжают расширять возможности использования в различных отраслях [2].

В статьях [3, 4] был представлен обзор моделей и методов построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений в области электронной коммерции. В данном же исследовании будет рассмотрено описание модели интеллектуальной системы поддержки принятия решений и процесс ее интеграции с персонализированной рекомендательной системой.

Интеграция интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) с рекомендательной системой (*РС*) играет ключевую роль в повышении эффективности и точности принимаемых решений.

Объединение аналитических возможностей ИСППР с персонализированными рекомендациями РС позволяет оптимизировать процессы, снижая влияние человеческого фактора и ускоряя обработку информации.

Также использование машинного обучения и анализа больших данных увеличивает точность прогнозов, что особенно важно в сложных и динамичных средах.

Рекомендательная система персонализирует предложения, учитывая индивидуальные предпочтения, контекст и поведенческие факторы, что делает принимаемые решения более релевантными и адаптированными к конкретным условиям.

Кроме того, интегрированная система обладает высокой степенью адаптивности, способностью к самообучению и улучшению качества решений со временем [5].

В рамках исследования рассматривается модель ИСПП, которая использует методы глубокого обучения для анализа последовательностей действий пользователей, учитывает временные тренды, а также корректирует список рекомендованных товаров с учетом бизнес-метрик, таких как сезонность, прибыль, тренды, *CTR* (*Click-Through Rate*) и *ROI* (*Return on Investment*). Основными компонентами системы являются рекуррентные нейронные сети (*RNN*, *LSTM*) для анализа последовательностей, использование временных трендов и внедрение бизнес-ориентированных метрик для корректировки рекомендаций.

Основная часть. Математически модель может быть представлена следующим образом. Пусть X_t – это последовательность входных данных, характеризующих действия пользователя в момент времени *t*, например, клики на товар, просмотренные товары, или другие действия, формула 1:

$$X_t = (x_1, x_2, \dots, x_n), \tag{1}$$

где x_i – это отдельные признаки.

Задача состоит в том, чтобы на основе этой последовательности предсказать, какие товары будут наиболее интересны пользователю в будущем. Для этого используется рекуррентная нейронная сеть (*RNN*), которая способна учитывать зависимость данных по времени.

Рекуррентные нейронные сети (*RNN*) и их улучшенные версии, такие как *LSTM* (*Long Short-Term Memory*), позволяют эффективно моделировать последовательности данных, такие как действия пользователей на платформе. Стандартная *RNN* обрабатывает последовательности с учетом времени, где скрытое состояние на каждом шаге зависит от предыдущего состояния. Математически, это можно выразить следующим образом, формула 2:

$$h_t = f(W_x x_t + W_h x_{t-1} + b), \tag{2}$$

где h_t – скрытое состояние в момент времени *t*;

x_t – входные данные на шаге *t*;

W_x и W_h – веса для входных данных и предыдущего состояния;

b – смещение.

Однако стандартная *RNN* имеет проблему исчезающих градиентов, что ограничивает её способность учитывать долгосрочные зависимости. Для решения этой проблемы используется *LSTM*, в котором добавляются механизмы забывания, сохранения и выбора информации, что позволяет эффективно работать с более длинными последовательностями и длительными зависимостями.

Еще одним из ключевых аспектов рекомендательных систем является учет временных трендов и недавней активности пользователя. Для этого можно добавить дополнительные признаки, связанные с временными интервалами или трендами поведения, например, последние n кликов пользователя. Математически, для предсказания товара в момент времени t можно использовать следующие данные, формула 3:

$$X_t^{trend} = (x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-n+1}), \quad (3)$$

где X_t^{trend} – это последовательность входных признаков (*n* кликов).

Эти признаки могут быть поданы в *LSTM*-слой, который научится учитывать, как недавнюю активность, так и долгосрочные паттерны в поведении пользователя.

Кроме того, можно использовать методы временной декомпозиции для выявления сезонных трендов или изменений в поведении пользователей, что особенно важно для бизнеса в периоды высоких или низких продаж (например, праздничный сезон).

Для того чтобы рекомендации были не только точными, но и соответствовали стратегическим целям бизнеса, необходимо учитывать дополнительные метрики, такие как сезонность, прибыль, тренды, *CTR* (*Click-Through Rate*) и *ROI* (*Return on Investment*). В этой части ИСПП будет включена дополнительная логика, которая будет корректировать список рекомендованных товаров в зависимости от текущих бизнес-целей и контекста.

Модель может учитывать временные паттерны, такие как праздничные сезоны, распродажи и периоды, когда определенные товары становятся более востребованными. Это можно реализовать через введение дополнительных признаков времени, которые будут напрямую влиять на выбор рекомендованных товаров.

Вместо того чтобы просто рекомендовать товары с наибольшим *CTR*, система будет учитывать товары с высокой маржой прибыли. Для этого в процессе обучения можно включить параметр прибыли для каждого товара и скорректировать веса модели в зависимости от этого параметра.

Товары, которые становятся трендовыми, могут быть рекомендованы даже если у пользователя нет явных признаков интереса. Для этого можно использовать информацию о текущих трендах на платформе или в рамках региона.

Ключевым моментом является то, что не все клики приводят к прибыли, а каждый товар имеет свой *ROI*. Модель должна учитывать это, и на основе предсказания *CTR* для каждого товара, скорректировать список товаров с учетом ожидаемой прибыльности. Формально, это можно выразить через следующую задачу оптимизации, формула 4:

$$min \sum_i (\alpha(1 - CTR_i) + \beta(1 - ROI_i)), \quad (4)$$

где CTR_i – это вероятность клика на товар *i*;

ROI_i – это ожидаемая рентабельность инвестиций от товара *i*;

α и β – веса для учета важности *CTR* и *ROI* в модели.

Кроме того, важным требованием является интерпретируемость – способность объяснить, почему модель предложила тот или иной товар. Для этого можно использовать методы объяснения работы моделей, такие как *LIME* (*Local Interpretable Model-agnostic Explanations*) или *SHAP* (*SHapley Additive exPlanations*). Эти методы позволяют анализировать вклад каждого признака в предсказание модели, что особенно важно для понимания, как и почему модель делает свои рекомендации. В случае ИСПП можно получить объяснение для каждого товара, которое будет включать: почему товар выбран с учетом временного тренда или сезонности; как действия пользователя повлияли на выбор товара; как бизнес-метрики изменяют рекомендации.

Интеграция рекомендательной системы (РС) с интеллектуальной системой поддержки принятия решений (ИСППР) может быть описана через гибридную функцию полезности, которая комбинирует персонализированные предпочтения пользователей и бизнес-метрики, формула 5:

$$\widehat{r_{ui}} = \alpha * \Phi_{RS}(u, i) + \beta * \Phi_{Seq}(u, i, T) + \gamma * \Phi_{Biz}(i, M) + \delta * \Phi_{RealTime}(u, i, E), \quad (5)$$

где $\Phi_{RS}(u, i)$ – предсказания от рекомендательной системы;

$\Phi_{Seq}(u, i, T)$ – анализ последовательностей действий пользователя;

$\Phi_{Biz}(i, M)$ – корректировка рекомендаций на основе бизнес-метрик;

$\Phi_{RealTime}(u, i, E)$ – аналитика в режиме реального времени.

Кроме того, процесс интеграции подразумевает аналитику в режиме реального времени с *Kafka*. *Kafka* применяется для потоковой обработки событий. События (клики, покупки, просмотры) поступают в *Kafka*-топик, где они анализируются с помощью *Spark Streaming*, обновляют модели рекомендаций в режиме реального времени и передаются в микросервис рекомендаций. *Kafka* позволяет оперативно реагировать на изменения в поведении пользователей и быстро корректировать рекомендации.

Периодическое обновление моделей обеспечивается через *Celery* и *Redis*. *Redis* кэширует актуальные данные для быстрого доступа. *Celery* запускает задачи обновления моделей (раз в день) на основе новых данных. Задачи *Celery* включают обновление матричной факторизации, переобучение *LSTM* с новыми данными и корректировку весов моделей по бизнес-метрикам.

Заключение. Подводя итог, математическая модель интеллектуальной системы поддержки принятия решений, построенная с использованием рекуррентных нейронных сетей (*RNN*, *LSTM*), учета временных трендов и бизнес-метрик, значительно повышает качество персонализированных рекомендаций. Включение таких факторов, как сезонность, прибыль, тренды, *CTR* и *ROI*, позволяет корректировать список рекомендованных товаров в соответствии с бизнес-целями, обеспечивая более высокую рентабельность и соответствие потребностям пользователей.

Список литературы

1. *Никонов, О.И. Математическое моделирование и методы принятия решений: учеб. пособие / О.И. Никонов, С.В. Кругликов, М.А. Медведева. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 100 с.*

2. *Аксенов, К.А. Моделирование и принятие решений в организационно-технических системах: учебное пособие. В 2 ч. Ч.1 / К.А. Аксенов, Н.В. Гончарова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 104 с.*

3. *Михальков, М.Д. Модели и методы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений / М.Д. Михальков // Информационные технологии в образовании, науке и производстве [Электронный ресурс]: материалы XI Международной научно-технической конференции, Минск, 21–22 ноября 2023 г. / сост. М.Г. Карасёва. – Минск: БНТУ, 2024. – С. 439–443.*

4. *Михальков, М.Д. Модели и методы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений в области электронной коммерции = Models and methods for constructing intelligent decision support systems in the field of e-commerce / М.Д. Михальков // Инженерный бизнес [Электронный ресурс]: сб. материалов IV Международной научно-практической конференции в рамках 21-й Международной научно-технической конференции БНТУ «Наука – образованию, производству и экономике», Минск, 22–24 ноября 2023 г. / редкол.: О.С. Голубова [и др.]; сост. О.С. Голубова. – Минск: БНТУ, 2024. – С. 235–239.*

5. *Bonawitz, K., Eichner, H., Grieskamp, W., Huba, D., Ingerman, A., Ivanov, V., Kiddon, C., Konecny, J., Mazzocchi, S., McMahan, B., Van Overveldt, T., Petrou, D., Ramage, D., Roselander, J. Towards Federated Learning at Scale: System Design // Proceedings of the 2nd Conference on Systems and Machine Learning (SysML), 2019.*

UDC 004.021:004.832.2

MODEL OF INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM AND THE PROCESS OF ITS INTEGRATION WITH THE PERSONALISED RECOMMENDATION SYSTEM

Mikhalkov M.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Nesterenkov S.N. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ITS

Annotation. This article presents a description of the model of an intelligent decision support system (IDSS) and the process of its integration with a recommender system (RS). Algorithms for generating recommendations based on hybrid models are described. The results of the work can be applied in various areas, but the emphasis in this paper is on the field of e-commerce.

Keywords: intelligent decision support system, recommender system, integration, hybrid models, explainable AI, adaptive learning.

УДК 62.68:621.31.004.6

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЗА ЭНЕРГООБЪЕКТАМИ В SCADA

Микулич А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье обсуждаются ключевые аспекты проектирования диспетчерского управления и контроля за энергообъектами в SCADA, а также рассматриваются современные тренды и технологии, которые способствуют улучшению функциональности и надежности данных систем.

Ключевые слова: *SCADA*, диспетчерское управление, контроль за энергообъектами.

Введение. Сложность современного управления энергетическими системами требует применения высоких технологий, позволяющих эффективно контролировать и управлять энергетическими объектами. В последние десятилетия системы диспетчерского управления и контроля (*SCADA*) стали неотъемлемой частью энергетической инфраструктуры, обеспечивая стабильность и надежность энергетических систем. Сегодня *SCADA*-системы представляют собой интегрированные решения, которые предоставляют возможности для мониторинга, управления и анализа данных в режиме реального времени [1–9].

Одной из ключевых особенностей проектирования *SCADA*-систем для энергообъектов является необходимость учитывать специфические характеристики энергетической отрасли, такие как надежность, безопасность и масштабируемость. Эффективное проектирование таких систем требует комплексного подхода, включающего в себя как аппаратные, так и программные решения [1].

Кроме того, важным аспектом проектирования является обеспечение интеграции *SCADA* с существующими системами управления и контроля, что позволяет оптимизировать управление энергетическими ресурсами. По данным исследования, проведенного в, правильная интеграция различных систем значительно повышает эффективность работы энергетических объектов [2].

Ключевые аспекты проектирования диспетчерского управления и контроля за энергообъектами в *SCADA.* Проектирование систем диспетчерского управления и контроля в SCADA для энергообъектов включает в себя несколько ключевых аспектов, которые необходимо учитывать для достижения эффективной работы и высокой надежности таких систем. Среди них можно выделить следующие:

– масштабируемость системы – является одним из наиболее важных факторов при проектировании SCADA-систем для энергетики. По мере роста и развития энергетических объектов необходимо, чтобы система могла легко адаптироваться к увеличению числа данных и объектов мониторинга. Правильное проектирование архитектуры *SCADA*-системы с учетом перспективного расширения может существенно снизить затраты на модернизацию и обслуживание [5];

– интеграция с существующими системами – интеграция *SCADA* с другими системами управления, такими как *DCS* (*Distributed Control System*) и *EMS* (*Energy Management System*), обеспечивает более целостный подход к управлению энергетическими ресурсами. В подчеркивается, что возможность интеграции различных технологий является ключом к повышению общей эффективности управления и уменьшению вероятности сбоев [6];

– надежность и безопасность – надежность и кибербезопасность *SCADA*-систем имеют первостепенное значение. По данным исследования, проведенного в, любые сбои или инциденты в *SCADA* могут привести к значительным экономическим потерям и

угрозам для безопасности. Поэтому проектировщики должны применять современные методы защиты и резервирования данных, а также проводить регулярные тестирования на уязвимости [7];

– удобство пользователей и интерфейс – играет важную роль в работе операторов. Эффективные системы визуализации помогают операторам быстро принимать решения на основе представленных данных. Как отмечают в интуитивно понятные интерфейсы улучшают рабочий процесс и уменьшают вероятность ошибок [8];

– анализ данных и отчетность – в условиях постоянного роста объема данных, которые генерируются энергетическими объектами, важным аспектом является возможность их анализа и формирования отчетов. По исследованиям внедрение современного анализа больших данных в *SCADA* позволяет прогнозировать потребление ресурсов и выявлять аномалии в работе систем [9].

Эти ключевые аспекты играют решающую роль в успешном проектировании и внедрении *SCADA*-систем для контроля и управления энергообъектами, способствуя повышению их эффективности и надежности.

Современные тренды и технологии – системы диспетчерского управления и контроля (*SCADA*) для энергообъектов находятся в постоянном развитии, что связано с ростом требований к производительности, надежности и безопасности. В последние годы можно выделить несколько ключевых трендов и технологий, которые значительно влияют на проектирование и развитие *SCADA*-систем:

– промышленный интернет вещей (*IIoT*) – внедрение *IIoT* в *SCADA*-системы позволяет существенно расширять возможности мониторинга и управления. Датчики и устройства *IIoT* обеспечивают передачу данных в реальном времени, что повышает скорость реакции на изменения в работе энергетических объектов. Применение *IIoT* в *SCADA* открывает новые горизонты для аналитики и прогнозирования состояния энергосистем [10];

– облачные технологии – облачные решения становятся все более популярными среди поставщиков *SCADA*-систем. Они обеспечивают гибкость, масштабируемость и доступность данных из любой точки мира. Переход на облачные платформы позволяет сократить затраты на инфраструктуру и упрощает интеграцию различных систем управления [11];

– большие данные и аналитика – обработка больших данных (*Big Data*) играет важную роль в улучшении эффективности энергетических объектов. Современные *SCADA*-системы интегрируют возможности аналитики, что позволяет выявлять тренды и аномалии в работе оборудования. По данным исследования, проведенного в, использование методов машинного обучения и анализа данных помогает в прогнозировании неисправностей и оптимизации работы систем [12];

– кибербезопасность – учитывая возрастающие угрозы кибератак, одним из главных приоритетов для *SCADA*-систем является обеспечение безопасности. Современные решения включают многоуровневую защиту, использование шифрования и регулярное обновление программного обеспечения. Акцент на кибербезопасность становится критически важным для защиты инфраструктуры от потенциальных угроз [13];

– автоматизация и интеллектуальные системы – автоматизация процессов управления и внедрение интеллектуальных систем управления (*SMART*) становятся важными трендами в проектировании *SCADA*. Они позволяют не только повышать эффективность, но и снижать влияние человеческого фактора. Автоматизация процессов управления значительно улучшает качество обслуживания и сокращает время на реагирование на аварийные ситуации [14].

Эти тренды и технологии формируют будущее *SCADA*-систем, делая их более эффективными, гибкими и безопасными, что, в свою очередь, способствует улучшению управления энергетическими объектами.

Заключение. Проектирование диспетчерского управления и контроля за энергообъектами в системах *SCADA* – это многофакторный и ответственный процесс, который требует учета множества аспектов, включая технологические, организационные и человеческие. Современные тренды, такие как использование Интернета вещей, облачных технологий, анализа больших данных и фокус на кибербезопасности, становятся ключевыми в улучшении эффективности и надежности систем *SCADA*.

Комплексный подход к проектированию и внимание к деталям обеспечат эффективное управление и контроль, что, в свою очередь, способствует устойчивому развитию энергетической отрасли в целом.

Грамотное проектирование *SCADA*-систем не только отвечает современным требованиям энергетического сектора, но и закладывает основу для будущих достижений и улучшений в области управления энергообъектами.

Список литературы

1. *Ивлев, А. П. Эффективные подходы к проектированию SCADA-систем для энергетики / А. П. Ивлев, В. Н. Кузнецов // Журнал энергетики. Т. 12, № 4. – 2021. – С. 45-50.*

2. *Савельев, С. Ю. Интеграция SCADA в системы управления энергетическими объектами / С Ю Савельев // Энергетические технологии. Т. 8, № 2. – 2020 – С. 34-40.*

3. *Микулич, А. В. Методика диспетчерского управления и контроля scada за энергообъектами на примере районного энергоузла / А.В. Микулич // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2024» : материалы XXIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. / ИП Коняхин А.В. – Рязань, 2024. – С. 168–170.*

4. *Микулич, А. В. Построение локальной сети для диспетчерской службы управления энергообъектами / А.В. Микулич // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2024» : материалы XXIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. / ИП Коняхин А.В. – Рязань, 2024. – С. 170–174.*

5. *Смирнов, И. А. (2022). Масштабируемость SCADA-систем для энергетики / И. А. Смирнов // Современные технологии в энергетике, №15(3). – 2022. – С.25-31.*

6. *Петров, Д. С. Интеграция SCADA в системы управления энергетическими объектами / Д. С. Петров, Е. В. Васильева // Энергетические системы и технологии, №10(1). – 2021. – С. 40-46.*

7. *Ковалев, А. М. Надежность и безопасность SCADA-систем в энергетике / А. М. Ковалев // Журнал кибербезопасности, №8(2. – 2020.– С. 15-22.*

8. *Орлов, Р. Н. Интерфейсы SCADA-систем: анализ и развитие / Р. Н. Орлов, Л. В. Багрова // Информационные технологии и системы, №12(4). – 2019. – С. 50-55.*

9. *Громова, Н. В. Анализ данных в SCADA: новые подходы и технологии / Н. В. Громова // Журнал энергетических исследований, №14(5). – 2021. – С. 60-68.*

10. *Кузьмин, Д. Р. Роль IoT в современных SCADA-системах / Д. Р. Кузьмин // Энергетические технологии будущего, №13(2). – 2022. – С. 22-27.*

11. *Санаев, И. В. Облачные технологии в SCADA: преимущества и вызовы / И. В. Санаев, А. С. Петренко // Журнал современных технологий, №9(3). – 2021. – С. 45-51.*

12. *Медведев, С. Е. Аналитика больших данных в системах SCADA: достижения и перспективы / С. Е. Медведев, Н. П. Волкова / Информационные технологии в энергетике, №16(4). – 2020. – С. 35-41.*

13. *Лебедев, А. Г. Кибербезопасность SCADA-систем: вызовы и решения / А. Г Лебедев // Журнал кибербезопасности и информационной безопасности, №10(1). – 2021. – С. 73-80.*

14. *Рябов, К. В. Автоматизация процессов в SCADA: тренды и решения / К. В. Рябов // Современные системы управления и автоматизации, №7(5). – 2022. – С. 18-24.*

UDC 62.68:621.31.004.6

FEATURES OF DISPATCH CONTROL AND MONITORING DESIGN FOR ENERGY FACILITIES IN SCADA

Mikulich A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alekseev V.F. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article discusses the key aspects of dispatcher management and control over energy facilities in SCADA systems, as well as examines the modern trends and technologies that contribute to the improvement of the functionality and reliability of these systems.

Keywords: SCADA, dispatcher management, control over energy facilities.

УДК 621.3.382.33–027.45

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Русак И.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Боровиков С.М.– к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Для достоверного определения эффективности моделей прогнозирования класса надёжности полупроводниковых приборов для заданной наработки необходим обучающий эксперимент с большим количеством экземпляров класса надёжных и класса потенциально ненадёжных экземпляров, что может быть обеспечено методом статистического моделирования. Для проведения моделирования необходимо располагать моделями законов распределения информативных параметров отдельно в классах надёжности. На примере биполярных транзисторов КТ872А, используя экспериментальные данные обучающего эксперимента, исследованы законы распределения информативных параметров отдельно для каждого класса и установлено, что в начальный момент времени параметры неплохо описываются смещёнными трёхпараметрическими распределениями Вейбулла. По экспериментальным данным для этих распределений определены характеристики, необходимые для выполнения моделирования.

Ключевые слова: надёжность, информативные параметры, распределение Вейбулла.

Введение. Индивидуальное прогнозирование надёжности биполярных транзисторов с использованием их информативных параметров позволяет отобрать экземпляры, отвечающие требованиям. Решение о надёжности в этом случае принимают в начальный момент времени в виде отнесения прогнозируемого транзистора (конкретного экземпляра) к одному из двух классов с точки зрения его работоспособности для заданной наработки:

K_1 – класс работоспособных (иначе – надёжных) экземпляров;

K_2 – класс неработоспособных (иначе – потенциально ненадёжных) экземпляров; эти экземпляры с большой вероятностью откажут раньше момента окончания заданной наработки.

Практика показывает, что использование одного информативного параметра может привести к заметным ошибкам прогнозирования. Поэтому для прогнозирования используют несколько информативных параметров. Обычно число информативных параметров $k = 2…5$. Задачей индивидуального прогнозирования является принятие решения о классе надёжности (K_1 или K_2), к которому для заданной наработки $t_н$ будет принадлежать j-й экземпляр. Для выполнения индивидуального прогнозирования класса надёжности изделий для заданной наработки $t_н$ необходимо располагать моделью прогнозирования. Модель получают, используя предварительные экспериментальные исследования на надёжность некоторой выборки изделий интересующего типа. Эти исследования называют обучающим экспериментом, а совокупность исследуемых экземпляров – обучающей выборкой. Модель прогнозирования, называемую также прогнозирующим правилом, получают в виде [1]

$$\begin{aligned} j \in K_1, \text{если } F_j\left[x_1^{(j)}, \dots, x_k^{(j)}\right] \geq P_0, \\ j \in K_2, \text{если } F_j\left[x_1^{(j)}, \dots, x_k^{(j)}\right] < P_0 \end{aligned} \quad (1)$$

где j – конкретный экземпляр;

$F_j[\dots]$ – прогнозирующая функция, подсчитанная для j-го экземпляра;

P_0 – порог разделения классов, выбираемый экспериментально из условия лучшего разделения на классы экземпляров обучающей выборки. Для прогнозирования класса надёжности однотипного экземпляра, не принимавшего участия в обучающем эксперименте, необходимо у этого экземпляра измерить информативные параметры $x_1, \dots, x_2$, подсчитать значение прогнозирующей функции $F_j[\dots]$ и по модели (1) принять решение о классе надёжности экземпляра по прогнозу для заданной будущей наработки $t_н$.

Основная часть. Решение о классе конкретного экземпляра для заданной наработки принимают по значениям информативных параметров этого экземпляра, используя модель прогнозирования, которую получают с помощью выбранного метода прогнозирования, используя результаты обучающего эксперимента. Возникает вопрос, какому методу отдать предпочтение, чтобы модель прогнозирования вида (1), полученная этим методам, обеспечивала бы более высокую достоверность прогнозирования. Использование реального обучающего эксперимента для получения ответа на указанный вопрос может привести к ошибочным выводам из-за ограниченности объёма обучающей выборки, составляющей обычно не более n = 100…200 экземпляров. Выходом из данной ситуации является получение результатов обучающего эксперимента методом статистического моделирования, используя компьютерную технику. При таком моделировании может быть обеспечен объём обучающей выборки, составляющий тысячи экземпляров каждого класса надёжности. Статистическое моделирование обучающего эксперимента сводится к генерированию на компьютере набора значений информативных параметров для экземпляров классов надёжности K_1 и K_2. Для выполнения генерирования информативных параметров необходимо знать их вероятностные распределения отдельно для каждого класса надёжности изделий.

Экспериментально на примере результатов обучающего эксперимента биполярных транзисторов большой мощности КТ872А были исследованы законы распределения информативных параметров отдельно для экземпляров каждого класса.

Установлено, что гипотеза о нормальных законах распределения информативных параметров не подтверждается. Лучшие результаты обеспечивает использование смещённого трёхпараметричесого распределения Вейбулла. На рисунке 1 в качестве иллюстрации показана гистограмма распределения информативного параметра $U_{КЭнас}$ (напряжение насыщения коллектор-эмиттер), построенная с использованием экземпляров класс K_1. На этом рисунке также показаны теоретическая функция плотности распределения $f(U_{КЭнас})$ и интегральная функция распределения, построенные с использованием характеристик a, b и c смещённого трёхпараметричесого распределения Вейбулла этого параметра для класса надёжности K_1.

$$f(x,a,b,c) = \begin{cases} \frac{b}{a}\left(\frac{x-c}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{x-c}{a}\right)^{b}\right] \text{ для } x > c. \\ 0 \text{ для } x \le c, \end{cases} \quad (2)$$

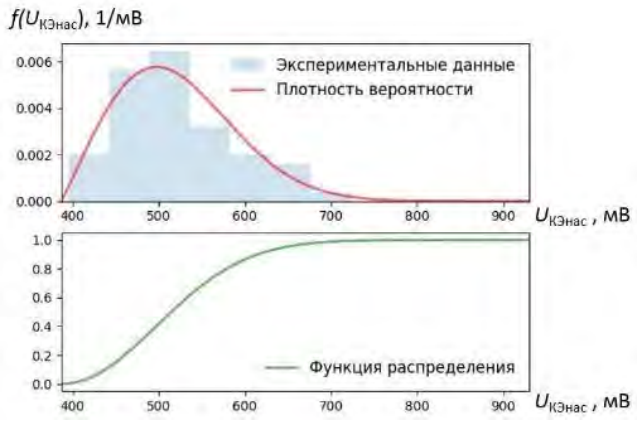


Рисунок 1 – Распределение информативного параметра $U_{КЭнас}$ для экземпляров класса K_1

Функция плотности распределения информативного параметра (обозначен через x) в случае смещённого трёхпараметрического распределения Вейбулла задаётся выражением [2] где a, b, c – параметры закона распределения (масштаба, формы и смещения).

В таблице 1 для распределения (2) указаны a, b и c, полученные по результатам обработки данных обучающего эксперимента, выполненного для биполярных транзисторов *КТ872А*.

Таблица 1 – Характеристики распределения Вейбулла для информативных параметров транзисторов *КТ872А*

Характеристика распределения Вейбулла	**Информативный параметр для экземпляров класса K_1**			**Информативный параметр для экземпляров класса K_2**		
	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
a	0,856	0,0899	152,3	0,722	0,100	319,4
b	3,28	4,71	2,07	2,25	3,31	1,36
c	2,75	0,126	387,0	2,58	0,143	386,0

Примечания. 1 Пояснение параметров: x_1 – статический коэффициент передачи тока ($h_{21Э}$), x_2– обратный ток коллектора ($I_{КБ0}$), x_3 – напряжение насыщения коллектор-эмиттер ($U_{КЭнас}$).

2 Параметры a и c распределения Вейбулла являются размерными. В данном случае размерность: для $I_{КБ0}$ – мкА, для $U_{КЭнас}$ – мВ.

Заключение. С использованием экспериментальных данных обучающего эксперимента, выполненного для биполярных транзисторов КТ872А, получены характеристики смещённых трёхпараметрических распределений Вейбулла для информативных параметров отдельно для классов K_1 и K_2. Эти характеристики будут использованы для генерирования информативных параметров при статистическом моделировании на компьютере обучающего эксперимента.

Список литературы

1. *Боровиков, С.М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадёжных изделий электронной техники: монография / С.М. Боровиков. – М.: Новое знание, 2013. – 343 с.*

2. *Боровиков, С.М. Исследование эффективности моделей прогнозирования класса надёжности изделий электронной техники / С.М. Боровиков, В.О. Казючиц, И.В. Русак // Информационные радиосистемы и радиотехнологии-2024: Матер. открытой Республ. науч.-практ. интернет-конф., Минск, 21–22 ноября 2024 г. – Минск, 2024. – С. 295–298.*

UDC 621.3.382.33–027.45

DETERMINATION OF THE LAWS OF DISTRIBUTION OF INFORMATIVE PARAMETERS OF BIPOLAR TRANSISTORS BASED ON EXPERIMENTAL DATAS

Rusak I.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borovikov C.M. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. To reliably determine the efficiency of the models for predicting the reliability class of semiconductor devices for a given service life, a training experiment with a large number of reliable and potentially unreliable class samples is required, which can be achieved using the statistical modeling method. To perform the modeling, it is necessary to have models of the distribution laws of informative parameters separately in the reliability classes. Using the example of bipolar transistors KT872A, using the experimental data of the training experiment, the distribution laws of informative parameters were studied separately for each class and it was found that at the initial moment of time, the parameters are well described by shifted three-parameter Weibull distributions. According to the experimental data for these distributions, the characteristics necessary for performing the modeling were determined.

Keywords: reliability, informative parameters, Weibull distribution.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

ТЕПЛОВОЙ И ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ АДАПТЕРА ДЛЯ МИКРОПРОГРАММИРОВАНИЯ

Сенько Е.В., Кравцов П.А., Трифонова А.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Экспериментально исследован нагрев печатной платы и её устойчивость к механическим воздействиям. В статье анализируются основные источники тепловыделения, рассматриваются методы теплового анализа, а также предложены способы минимизации перегрева компонентов. Кроме того, изучены механические вибрационные нагрузки, рассмотрены методы частотного анализа и даны рекомендации по защите платы от механических воздействий.

Ключевые слова: тепловой анализ, частотный анализ, механические нагрузки.

Введение. Печатные платы адаптеров для микропрограммирования используются в процессах разработки, отладки и тестирования микроконтроллеров и программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Их надежная работа требует детального анализа тепловых и частотных характеристик, так как перегрев или электромагнитные помехи могут привести к сбоям в функционировании устройства [1–7].

В данной статье рассматриваются методы теплового и частотного анализа печатной платы адаптера, их особенности и влияние на работоспособность системы, а также предложены способы минимизации перегрева и защиты от вибрационных воздействий.

Основная часть. Тепловыделение на плате адаптера обусловлено несколькими факторами:

– потребляемой мощностью микросхем;

– сопротивлением проводников и контактных соединений;

– особенностями конструкции печатной платы, влияющими на рассеивание тепла.

Тепловой анализ был проведен путем компьютерного моделирования в программе *ANSYS*. В процессе моделирования были рассмотрены только наиболее нагревающиеся элементы (рисунок 1):

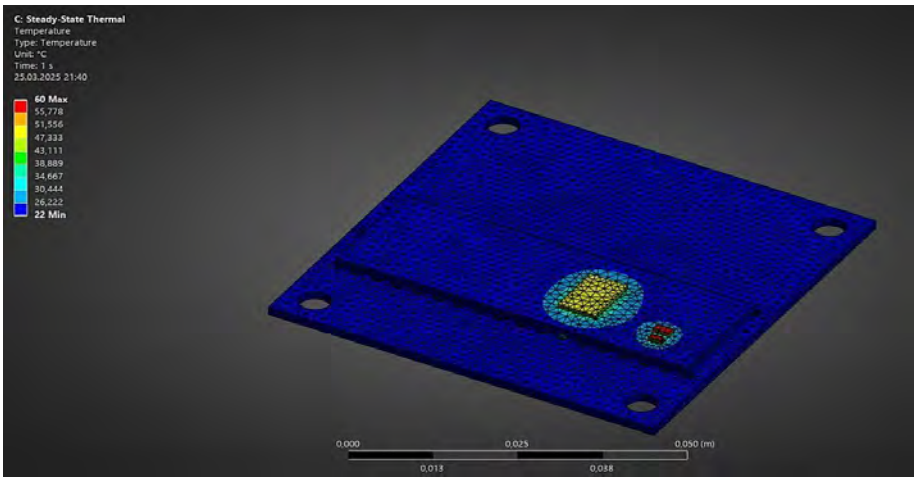


Рисунок 1 – Результаты моделирования термической нагрузки

Частотный анализ направлен на исследование механических воздействий на плату, в том числе вибрационных нагрузок, резонансных эффектов и механической устойчивости конструкции. Основные аспекты анализа включают:

– определение резонансных частот конструкции;

– анализ вибрационной устойчивости платы;

– оценку механического воздействия внешних факторов.

Частотный анализ был выполнен путем компьютерного моделирования в программе ANSYS. Для проведения моделирования была взята частота 78 мГц, материал – стеклотекстолит (рисунок 2):

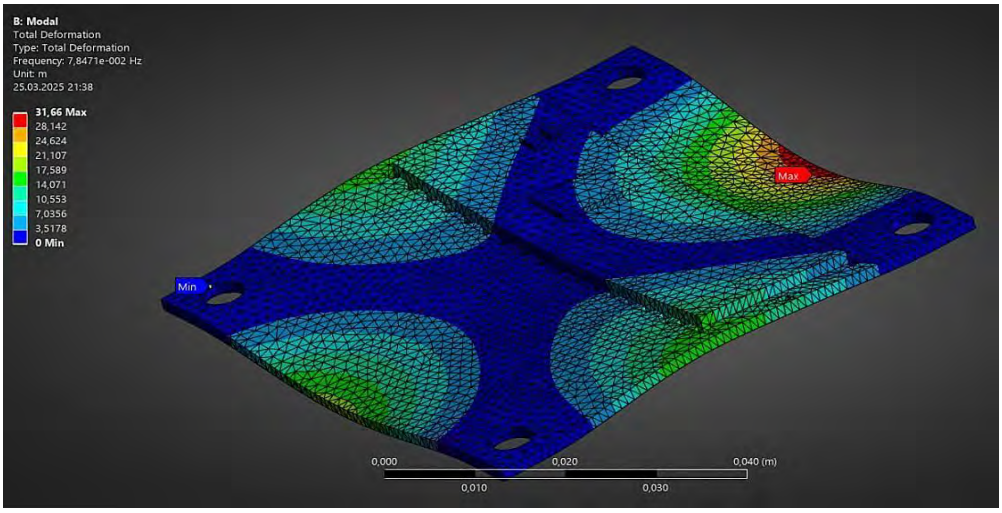


Рисунок 2 – Результаты воздействия частотной нагрузки

Перегрев компонентов платы может привести к уменьшению срока службы электронных компонентов, изменению параметров работы микросхем, разрушению пайки и межслойных соединений в многослойных печатных платах.

За некачественным частотным анализом могут последовать механические повреждения элементов платы, вызванные резонансным явлением, отслоение или разрушение пайки, а также некорректная работа устройства.

Для предотвращения перегрева рекомендуется использовать радиаторы и системы активного охлаждения, а также термопроводящие пасты и термопрокладки для улучшения теплоотвода. Необходимо использовать материалы с высокой теплопроводимостью в конструкции платы. Для снижения воздействия механических нагрузок на плату необходимы демпфирующие материалы и амортизаторы в конструкции корпуса, оптимизация креплений платы и выбор компонентов с повышенной устойчивостью к механическим воздействиям.

В условиях ограниченного пространства корпуса адаптера естественная конвекция может быть недостаточной для эффективного охлаждения, что требует применения принудительного обдува или дополнительных теплоотводящих элементов. Результаты моделирования подтвердили необходимость оптимизации топологии печатной платы для равномерного распределения тепловой нагрузки и предотвращения образования «горячих точек».

Кроме того, частотный анализ выявил зависимость механической устойчивости платы от ее геометрии и способа крепления. Например, увеличение жесткости конструкции за счет дополнительных точек фиксации позволило снизить амплитуду вибраций на резонансных частотах. Дополнительно были проанализированы альтернативные материалы основания, такие как металлизированные подложки, которые обеспечивают лучшую механическую стабильность и теплоотвод по сравнению со стандартным стеклотекстолитом. Это особенно

важно для адаптеров, работающих в условиях повышенных вибрационных нагрузок, например, в промышленных или аэрокосмических применениях.

Заключение. Выполнен анализ тепловых и частотных характеристик печатной платы адаптера для микропрограммирования. Тепловой анализ показал, что основными источниками нагрева являются потребляемая мощность микросхем и конструктивные особенности платы. Частотный анализ позволил определить резонансные частоты и оценить устойчивость конструкции к вибрационным и механическим нагрузкам.

Для обеспечения стабильной работы адаптера предложены следующие меры: применение радиаторов, термопроводящих материалов для минимизации перегрева, а также использование демпфирующих элементов, амортизаторов и оптимизированных креплений для защиты от вибраций. Реализация данных рекомендаций позволит повысить надежность печатной платы и обеспечить ее эффективное функционирование в процессах разработки, отладки и тестирования микроконтроллеров и ПЛИС.

Список литературы

1. *Адаптеры для программирования микроконтроллеров AVR [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://tehnoobzor.com/schemes/chips/109-adaptery-dlya-programmirovaniya-mikrokontrollerov-avr.html/. Дата доступа: 25.03.2025.*

2. *ANSYS Mechanical User's Guide [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ansys.com/documentation. Дата доступа: 25.03.2025.*

3. *Алексеев, В. Ф. Моделирование тепловых полей электронных систем в среде ANSYS / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 3 / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. - Минск: Бестпринт, 2020. - С. 282 - 286.*

4. *Алексеев, В. Ф. Алгоритмы иерархического анализа тепловых процессов радиоэлектронных средств / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский // Цифровая среда: технологии и перспективы : сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Брест, 31 октября–1 ноября 2024 г. / Брестский государственный технический университет ; редкол.: Н. Н. Шалобыта (гл. ред.) [и др.]. – Брест, 2024. – С. 221–226.*

5. *Алексеев, В. Ф. Особенности проектирования медицинских электронных устройств = Features of Design of Medical Electronic Devices / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун // Доклады БГУИР. – 2023. – Т. 21, № 1. – С. 51-57.*

6. *Алексеев, В. Ф. Моделирование тепловых полей электронных систем в среде ANSYS / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–21 мая 2020 г. : в 3 ч. Ч. 3 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники [и др.] ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2020. – С. 282–286.*

7. *Алексеев, В. Ф. Методика численного моделирования тепловых процессов в микроэлектронных структурах / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–21 мая 2020 г. : в 3 ч. Ч. 3 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники [и др.] ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2020. – С. 34–37.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Senko E.V., Krautsou P.A., Trifonova A.Y.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alekseev V.F. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. This article examines the methods of thermal and frequency analysis of an adapter board for microprogramming. Adapter boards are an integral part of the process of testing and debugging microcontrollers and programmable logic integrated circuits (PLCs). Their reliability directly depends on their ability to efficiently dissipate thermal energy and withstand mechanical influences. The article analyzes the main sources of heat generation, considers methods of thermal analysis, and suggests ways to minimize component overheating. Additionally, mechanical vibrational loads are studied, frequency analysis methods are reviewed, and recommendations for protecting the board from mechanical effects are provided. The presented research aims to improve the reliability and durability of adapters, ensuring their stable operation under various operating conditions.

Keywords: thermal analysis, frequency analysis, mechanical loads.

УДК 681.518.3:615.47

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПУЛЬСОКСИМЕТР ДЛЯ МОНИТОРИНГА КИСЛОРОДНОГО НАСЫЩЕНИЯ

Свиржевский И.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматривается подход к созданию многофункционального пульсоксиметра. Устройство используется для непрерывного контроля уровня кислорода и частоты пульса у пациентов как в медицинских учреждениях, так и в домашних условиях. Рассматриваются принципы работы пульсоксиметра, его основные технические характеристики и функциональные возможности.

Ключевые слова: пульсоксиметр, мониторинг кислородного насыщения, частота пульса, медицинские устройства.

Введение. Современная медицина уделяет особое внимание методам непрерывного мониторинга жизненно важных показателей организма. Одним из ключевых параметров, определяющих состояние здоровья человека, является уровень насыщения крови кислородом. Контроль этого показателя особенно важен для пациентов с заболеваниями дыхательной и сердечно-сосудистой систем, а также для людей, находящихся в условиях пониженного содержания кислорода, например, в горных районах или при интенсивных физических нагрузках [1–3].

Несмотря на широкое распространение данных устройств, существуют определенные ограничения, влияющие на точность измерения. К ним относятся индивидуальные особенности пациента, внешние факторы, такие как освещение и температура, а также качество датчиков и алгоритмов обработки данных. В связи с этим современные исследование направлены на повышение точности и удобства использования пульсоксиметров.

Основная часть. Пульсоксиметрия – неивазивный метод определения степени насыщения крови кислородом. Основу метода пульсоксиметрии составляет измерение поглощения света определенной длины волны гемоглобином крови. Гемоглобин служит своего рода фильтром, причем «цвет» и «толщина» этого естественного фильтра могут меняться [1].

«Цвет» фильтра зависит от количества кислорода, связанного с гемоглобином, или, иными словами, от процентного содержания оксигемоглобина. На этом базируется способность пульсоксиметра устанавливать степень оксигенации крови.

На изменение «толщины» фильтра влияет пульсация артериол: каждая пульсовая волна увеличивает количество крови в артериях и артериолах. Врач определяет это как пульс, а пульсоксиметр как «утолщение» фильтра. Так измеряется частота пульса и амплитуда пульсовой волны.

Поскольку измерение производится путем просвечивания тканей, метод получил название «трансмиссионная пульсоксиметрия». В настоящее время интенсивно разрабатывается другой вариант метода, заключающийся в анализе светового потока, отраженного тканями (отраженная пульсоксиметрия).

Внутри датчика, работающего пульсоксиметра расположен два источника света. В действительности, в датчике их два, и оба функционируют, однако глазу виден лишь красный свет, поскольку второй фотодиод дает невидимое глазу инфракрасное излучение. На противоположной части датчика располагается фотодетектор, который определяет интенсивность падающего на него светового потока [2,3].

В настоящее время для пульсоксиметров выдвинуты общие требования безопасности, электромагнитной совместимости, устойчивости к радиопомехам по СТБ EN 55011-2012 «Электромагнитная совместимость. Радиопомехи от промышленных, научных и медицинских высокочастотных устройств», СТБ МЭК 60601-1-2-2006 «Изделия медицинские электрические. Общие требования безопасности. Электромагнитная совместимость. Требования и методы испытаний», ГОСТ IEC 60601-1-2024 «Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик».

Среди основных технических характеристик, предъявляемых к современным пульсоксиметрам, выделяются следующие:

– диапазон измерений степени насыщения крови кислородом – 35-100%;

– погрешность измерений в диапазоне измерения ±2%;

– диапазон измерений частоты пульса – 20-300 уд./мин;

– пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении частоты пульса – ±1 уд./мин.

Для сохранения историй измерений, что важно для последующего анализа состояния пациента, реализована также долгосрочная память. Долгосрочная память также позволяет пульсоксиметру функционировать автономно, без необходимости постоянного соединения с медицинскими приборами, что делает данную модель переносной.

Структурная схема разрабатываемого пульсоксиметра представлена на рисунке 1.

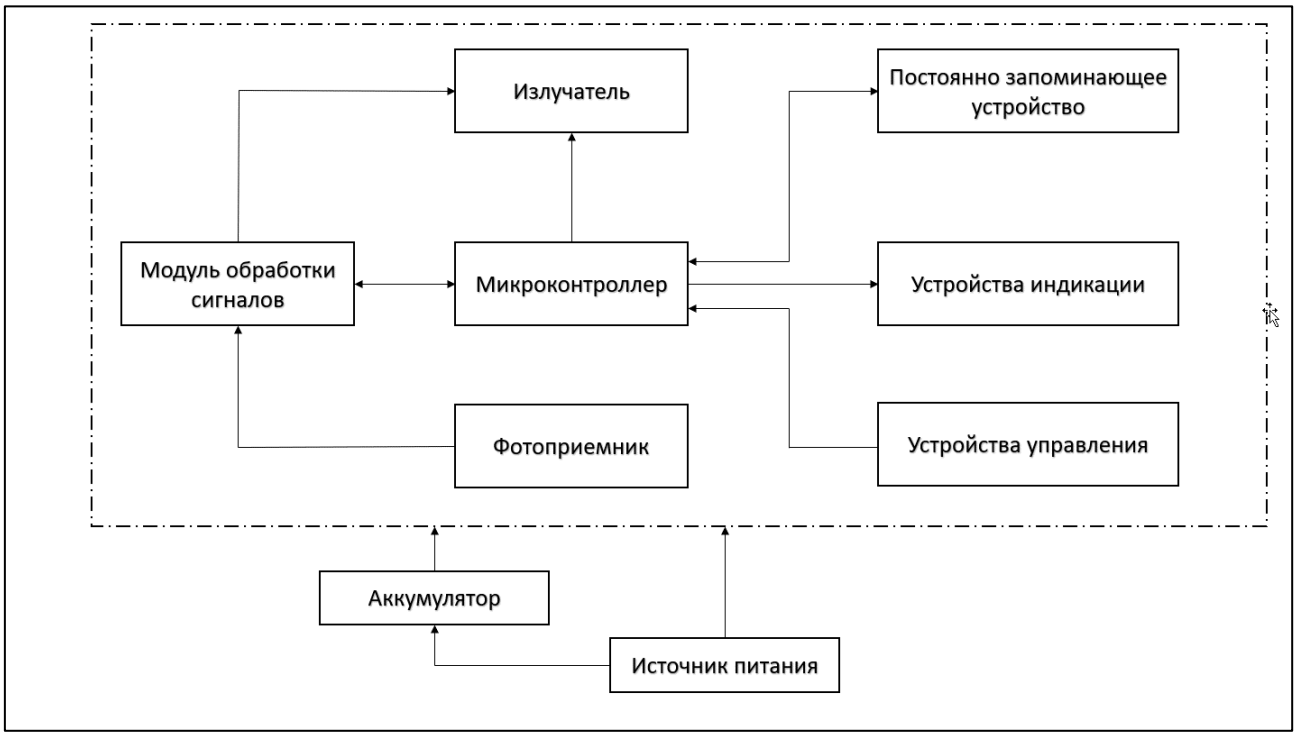


Рисунок 1 – Структурная схема работы пульсоксиметра

Принцип работы устройства заключается в следующем:

– источник питания обеспечивает подачу электричества на все узлы устройства. Аккумулятор используется для автономной работы прибора и может заряжаться от внешнего источника питания;

– фотоприемник фиксирует прошедший свет и передает данные микроконтроллеру и модулю обработки сигналов;

– микроконтроллер анализирует полученный от фотоприемника сигнал и вычисляет уровень кислородного насыщения артериальной крови и пульс;

– результаты измерений выводятся на экран;

– встроенное постоянное запоминающее устройство хранит информацию о прошивке и настройке, обеспечиваю стабильную работу устройства.

Такая схема обеспечивает высокую точность измерений, автономность и удобство использования прибора.

Заключение. Пульсоксиметры являются неотъемлемой частью современной медицины, обеспечивая удобный и надежный способ мониторинга насыщения крови кислородом и частоты пульса. Их использование особенно важно для пациентов с респираторными и сердечно-сосудистыми заболеваниями, спортсменов и людей, работающих в условиях повышенных физических нагрузок.

Анализ схемы устройства показывает, что его работа основана на взаимодействии излучателя, фотоприемника, микроконтроллера и вспомогательных модулей, включая устройства индикации и управления. Важную роль играет встроенное постоянно запоминающее устройство, которое хранит прошивку, калибровочные данные и позволяет обеспечивать стабильную работу прибора. Современные технологии также позволяют интегрировать пульсоксиметры с мобильными устройствами и системами дистанционного мониторинга, что значительно расширяет их возможности.

Несмотря на высокую точность и удобство современных пульсоксиметров, дальнейшие исследования в этой области направлены на повышение надежности измерений, улучшение алгоритмов обработки данных и разработку более компактных и энергоэффективных решений. Развитие этих технологий будет способствовать улучшению качества медицинского обслуживания и обеспечит возможность постоянного контроля жизненно важных показателей без необходимости посещения медицинских учреждений.

Таким образом, совершенствование пульсоксиметров – это важное направление в области биомедицинских технологий, открывающее новые перспективы в сфере профилактики, диагностики и мониторинга здоровья человека.

Список литературы

1. *Пульсоксиметрия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fdoctor.ru/pulsoksimetriya_– Дата доступа: 06.03.2025.*

2. *Гаранин, А.А Методы пульсоксиметрии: возможности и ограничения / А.А Гаранин, В.А. Дьячков, А.О. Рубаненко // Российский кардиологический журнал. – 2023. – Т. 28, № 3S. – С. 59-67.*

3. *Шурыгин, И.А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия. / И.А. Шурыгин. – СПб : БИНОМ, 2000. – 301 с.*

UDC 681.518.3:615.47

MULTIFACTION PULSEOXIMETR FOR OXYGEN SATURATION MONITORING

Svirzhevski I.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexseev V.F. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. This paper examines the approach to the development of a multifunctional pulse oximeter. The device is used for continuous monitoring of oxygen levels and pulse rate in patients both in medical institutions and at home. The principles of pulse oximeter operation, its main technical characteristics, and functional capabilities are considered.

Keywords: pulse oximeter, oxygen saturation monitoring, pulse rate, medical devices.

УДК 621.382.33-0.27.45

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНЫХ НАРАБОТОК

Жук Е.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Боровиков С.М. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. На примере транзисторов КТ872А показана возможность прогнозирования функционального параметра биполярных транзисторов на длительных наработках с помощью электрических имитационных воздействий (тока коллектора или обратного напряжения). Метод заключается в измерении параметра транзисторов при токе или напряжении, имитирующих заданную наработку и определяемых по заранее полученной функции связи. Использование электрических воздействий сокращает время прогнозирования по сравнению с температурным воздействием, а также исключает необходимость использования сложного и дорогостоящего оборудования для поддержания имитационной температуры. Предложенный подход упрощает и ускоряет процесс прогнозирования функциональных параметров транзисторов для заданных наработок.

Ключевые слова: биполярный транзистор, параметрическая надёжность, прогнозирование, имитационные воздействия, ток коллектора, обратное напряжение, ускоренное старение, коэффициент усиления, электрические параметры.

Введение. Прогнозирование параметрической надежности полупроводниковых приборов во многом способствует обеспечению требований к надёжности электронных устройств. Решение задач прогнозирования надёжности актуально для биполярных транзисторов большой мощности, которые широко применяются в таких критически важных отраслях, как телекоммуникации, автомобильная электроника, медицинская аппаратура и авиационные комплексы. Параметрическая надежность транзисторов определяет их способность сохранять работоспособность и стабильность электрических характеристик в условиях длительной эксплуатации и наличия воздействий окружающей среды.

Традиционные подходы к оценке параметрической надежности, такие как ускоренные испытания (*Accelerated Life Testing*, *ALT*), предполагающие применение высоких температур, повышенных напряжений и радиационных нагрузок, имеют ряд существенных недостатков. Среди основных проблем можно выделить значительные временные затраты на проведение испытаний, высокую стоимость и необходимость использования сложного и дорогостоящего специализированного оборудования для поддержания заданных условий испытаний.

В данной работе предлагается альтернативный подход, направленный на преодоление указанных ограничений и повышение эффективности процесса прогнозирования параметрической надежности. Основная идея нового метода заключается в применении кратковременных электрических имитационных воздействий, таких как изменение тока коллектора или обратного напряжения на коллекторе транзистора, позволяющих моделировать эксплуатационные изменения его электрических параметров. Данный подход значительно сокращает время, необходимое для оценки параметрической долговечности транзисторов, и предлагает более доступное решение по сравнению с традиционными методами.

Важным преимуществом предлагаемой методики является отказ от использования термических и радиационных воздействий, что позволяет упростить процедуру тестирования, снизить затраты и сделать метод пригодным для широкого внедрения в

условиях массового производства. Таким образом, методика не только ускоряет процесс прогнозирования, но и повышает эффективность процедуры отбора компонентов с высоким уровнем параметрической надежности.

Основная часть. Прогнозирование параметрической надежности биполярных транзисторов требует глубокого понимания взаимосвязей между электрическими характеристиками, такими как коэффициент усиления, и воздействиями внешней среды, которые могут оказывать влияние на эти параметры в процессе эксплуатации устройства. Эти внешние воздействия, включая изменения температуры, напряжения и токов, могут существенно повлиять на долговечность и стабильность работы транзисторов, особенно в критически важных системах. В отличие от традиционных методов ускоренного старения, использующих высокие температуры или радиационные воздействия для моделирования долговечной работы компонентов, предложенная методика ориентирована на использование электрических воздействий, таких как ток коллектора или обратное напряжение. Эти воздействия могут точно имитировать изменения в характеристиках транзистора, которые наблюдаются при длительном процессе его эксплуатации, и позволяют более точно прогнозировать его поведение в будущем.

Теоретическая основа предложенного метода заключается в установлении эмпирических зависимостей между параметрами биполярных транзисторов, которые изменяются под воздействием электрического тока или напряжения, и долговечностью этих компонентов в процессе эксплуатации. Ключевым моментом является то, что воздействие на транзистор током коллектора или обратным напряжением должно быть достаточно интенсивным, чтобы вызвать те же изменения, которые обычно наблюдаются в процессе долгосрочной эксплуатации устройства, но в то же время оно не должно приводить к необратимым повреждениям или разрушению структуры транзистора. Электрические функциональные параметры транзисторов заметно реагируют на изменения тока коллектора или обратного напряжения, прикладываемого к коллекторному переходу, при этом эти изменения являются обратимыми и не сопровождаются деградацией характеристик устройства. Выполненные ранее исследования [1] подтвердили статистическую аналогию между обратимыми изменениями электрических параметров, обусловленных изменением тока коллектора, и необратимыми изменениями (деградацией), вызванными наработкой транзисторов. Это позволяет по значению электрического функционального параметра, измеренному при определённом токе коллектора, делать прогнозы относительно его изменений при дальнейшем увеличении наработки.

Такой подход позволяет в короткие сроки собрать информацию о потенциальной деградации электрических характеристик транзистора, что значительно ускоряет процесс прогнозирования и позволяет снизить затраты на проведение длительных и дорогостоящих испытаний.

В отличие от традиционных методов ускоренного старения *(ALT*), которые требуют применения сложного и дорогостоящего оборудования для создания высокотемпературных или радиационных условий, предложенная методика может быть эффективно реализована с использованием стандартных лабораторных приборов, таких как амперметры, вольтметры и осциллографы. Это делает метод доступным для широкого круга приложений и позволяет интегрировать его в существующие производственные линии для контроля качества компонентов на всех этапах производства. Такой подход не только снижает затраты на испытания, но и повышает общую эффективность производственного процесса, предоставляя возможность для более быстрого и точного тестирования компонентов, что особенно важно для массового производства.

Для проверки эффективности предложенного подхода были проведены эксперименты на биполярных транзисторах типа КТ872А, результаты которых подтвердили высокую точность и надежность метода, а также его способность дать точное предсказание долговечности компонентов в условиях реальной эксплуатации. Это подтверждает практическую ценность метода в промышленном применении и его перспективы для разработки более надежных и долговечных полупроводниковых устройств. В ходе этих

экспериментов использовалась модель, связывающая наработку устройства с имитационными электрическими воздействиями. Результаты показали, что кратковременное воздействие током коллектора с заданным уровнем является достаточно точным индикатором будущей деградации параметров транзистора.

Для наглядности результатов и более полной характеристики поведения транзистора зависимость коэффициента усиления ($h_{21Э}$) исследовалась при постоянном напряжении коллектор-эмиттер в широком диапазоне токов коллектора (рисунок 1):

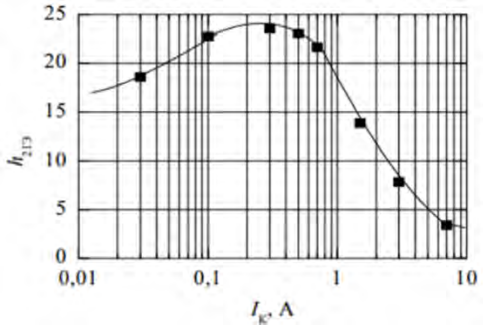


Рисунок 1 – Экспериментальная зависимость коэффициента усиления $h_{21Э}$ от тока коллектора $I_К$ для биполярных транзисторов большой мощности КТ872А ($U_{КБ}$ = 5 В, T = 293±5 К)

Данная графическая зависимость подтверждает, как изменение тока коллектора может влиять на параметр транзистора. Эти данные являются основой для применения метода электрических имитационных воздействий.

Для обеспечения более полной картины изменения параметра транзисторов в процессе эксплуатации была получена экспериментально зависимость коэффициента усиления ($h_{21Э}$) от времени ускоренных испытаний ($t_у$) (рисунок 2).

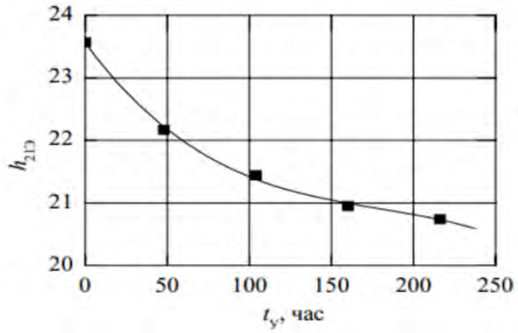


Рисунок 2 – Экспериментальная зависимость коэффициента усиления $h_{21Э}$ от времени ускоренных испытаний $t_у$ для биполярных транзисторов большой мощности КТ872А ($U_{КБ}$= 5 В, $I_К$= 0,1 А)

Эта зависимость подтверждает связь между продолжительностью работы транзистора и изменениями его функционального параметра, что позволяет использовать имитационное воздействие для предсказания значений функционального параметра для заданной наработки. Полученные данные служат основой для разработки модели, применимой к прогнозированию параметрической надёжности других типов транзисторов и полупроводниковых устройств [2].

Основными достоинствами предложенного метода являются высокая эффективность, точность предсказаний и легкость в реализации. В отличие от традиционных методов, которые требуют длительных ускоренных испытаний с использованием высоких температур или радиационных воздействий, данный подход позволяет получать результаты за значительно меньшее время. Это не только ускоряет процесс прогнозирования, но и значительно снижает расходы на проведение испытаний и закупку дорогостоящего оборудования.

Кроме того, метод с использованием электрических имитационных воздействий исключает необходимость применения сложных и затратных устройств для создания условий ускоренного старения. Ток коллектора или обратное напряжение, выступающие в качестве имитационных воздействий, легко регулируются и измеряются с помощью стандартных лабораторных инструментов, что делает метод доступным и эффективным для промышленного применения. Еще одним значительным преимуществом является гибкость метода. Поскольку он не зависит от конкретных условий для каждого типа полупроводникового устройства, его можно адаптировать для различных типов транзисторов и других полупроводниковых компонентов. Для каждого устройства можно разработать индивидуальную имитационную модель, что делает этот метод универсальным и подходящим для применения в разнообразных отраслях, таких как энергетика, телекоммуникации и автомобильная электроника.

Заключение. Разработанный метод оценки параметрической надежности биполярных транзисторов, основанный на использовании электрических имитационных воздействий, демонстрирует высокую эффективность, оперативность и экономичность при прогнозировании долговечности полупроводниковых устройств. Его применение существенно сокращает продолжительность испытаний, минимизирует потребность в специализированном и дорогостоящем оборудовании, а также уменьшает общие затраты на проведение исследований при сохранении высокой точности результатов. Благодаря возможности адаптации к различным типам полупроводниковых компонентов предложенный метод обладает широким потенциалом для применения в многочисленных промышленных направлениях.

В перспективе дальнейшее совершенствование данного подхода позволит еще больше повысить точность и оперативность прогнозирования надежности полупроводниковых приборов, а также обеспечит дополнительный рост производительности и эффективности технологических процессов на производстве.

Список литературы

1. *Боровиков, С.М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадёжных изделий электронной техники. / С.М. Боровиков. – М.: Издательство «Новое знание», 2013. – 343 с.*

2. *Экспериментальное исследование деградации изделий электронной техники / С.М. Боровиков, Е.Н. Шнейдеров, В.И. Плебанович [и др.] // Доклады БГУИР. – 2017. – 2(104). – 45–52.*

UDC 621.382.33-0.27.45

FORECASTING ELECTRICAL FUNCTIONAL PARAMETERS OF BIPOLAR TRANSISTORS FOR LONG-TERM OPERATING TIME

Zhuk Y.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borovikov S.M. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The example of KT872A transistors demonstrates the possibility of predicting the functional parameter of bipolar transistors for long-term operation times using electrical simulation effects (collector current or reverse voltage). The method consists of measuring the transistor parameter at a current or voltage simulating a given operation time and determined by a previously obtained of coupling function. The use of electrical effects reduces the prediction time compared to temperature effects, and also eliminates the need to use complex and expensive equipment to maintain the simulation temperature. The proposed approach simplifies and accelerates the process of predicting the functional parameters of transistors for given operation times.

Keywords: bipolar transistor, parametric reliability, prediction, simulation stress, collector current, reverse voltage, accelerated aging, gain coefficient, electrical parameters, durability.

УДК 621.314.211:621.3.019.3

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Гришечкин Е. Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Боровиков С. М. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Рассмотрены включённые в отечественные и зарубежные справочники модели прогнозирования эксплуатационной безотказности трансформаторов вторичных источников питания радиоэлектронной аппаратуры. Отмечаются достоинства и недостатки моделей. Предлагается подход к получению новой модели, основанный на рассмотрении конструктивных частей трансформатора, их структурных особенностей, используемых материалов, производственных особенностей изготовления и других факторов.

Ключевые слова: трансформаторы вторичных источников электропитания, эксплуатационная надёжность, модели прогнозирования.

Введение. Надёжность вторичных источников питания является одним из важнейших факторов, определяющих бесперебойное функционирование радиоэлектронной аппаратуры. Разработка методов оценки и прогнозирования их эксплуатационной надёжности при проектировании электронной аппаратуры приобретает особую актуальность.

Широкое использование трансформаторов в электронной аппаратуре и их важность для стабильного функционирования оборудования требуют особого внимания к вопросам их надёжности. Несмотря на тщательное проектирование и использование качественных материалов, любой трансформатор подвержен износу и постепенному старению из-за воздействия температурных, электрических и механических нагрузок. Прогнозирование эксплуатационной надёжности позволяет не только определить ресурс трансформатора, но и оптимизировать графики его обслуживания, замен (при необходимости) и модернизации. Анализ эксплуатационных данных играет ключевую роль в повышении точности оценки надёжности трансформаторов.

Основная часть. В отечественной практике для прогнозирования эксплуатационной надёжности трансформаторов ($\lambda_э$) используют модель, приводимую в Российском справочнике «Надёжность электрорадиоизделий», разработанном Федеральным государственным учреждением «22-й Центральный научно-исследовательский испытательный институт Министерства обороны России». Модель имеет вид

$$\lambda_э = \lambda_б \cdot K_t \cdot K_Э \cdot K_{пр}, \quad (1)$$

где $\lambda_э$ – эксплуатационная интенсивность отказов трансформатора, соответствующая условиям его применения в составе электронной аппаратуры;

$\lambda_б$ – базовая (обобщённая, усреднённая) интенсивность отказов, характерная для данной группы трансформаторов в целом;

K_t –коэффициент режима в зависимости от максимально допустимых температур по технической документации (классов изоляции);

$K_Э$ – коэффициент эксплуатации, учитывает другие условия эксплуатации, кроме температуры, температура как важнейший эксплуатационный фактор учитывается отдельно;

$K_{пр}$ – коэффициент приёмки, зависит от жёсткости требований к контролю качества при изготовлении трансформаторов в условиях производства.

Отечественная методика отличается своей простотой и универсальностью. Она базируется на усреднённых данных и нескольких коэффициентах, что позволяет легко применять её в большинстве стандартных случаев. Однако из-за ограниченного числа параметров, учитываемых в расчёте, она даёт результаты ограниченной достоверности.

Стандарт Китая. В военном коммерческом стандарте Китая для прогнозирования эксплуатационной интенсивности отказов (λ_P) трансформаторов различных групп (типов) используют модель вида [2]

$$\lambda_P = \lambda_b \cdot \pi_E \cdot \pi_Q \cdot \pi_K, \quad (2)$$

где λ_b – базовая (обобщённая, усреднённая) интенсивность отказов, характерная для данной группы трансформаторов в целом;

π_E – коэффициент, учитывающий влияние окружающей среды;

π_Q – коэффициент качества изделия;

π_K – коэффициент типа трансформатора (низкой мощности, импульсный, фильтрующий).

Для определения базовой интенсивности отказов λ_b, входящей в модель (2), в данном стандарте приводится формула, учитывающая влияние температуры и частоты работы трансформатора.

Стандарт США**.** В американском оборонном справочнике (*HANDBOOK OF 217Plus*) приводится модель вида [3]

$$\lambda_P = \pi_G (\lambda_{OB} \cdot \pi_{DCO} \cdot \pi_{TO} + \lambda_{EB} \cdot \pi_{DCN} \cdot \pi_{TE} + \lambda_{TCB} \cdot \pi_{CR} \cdot \pi_{DT}) + \lambda_{IND}, \quad (3)$$

где λ_P – прогнозируемая интенсивность отказов (в отказах на миллион календарных часов);

λ_{OB} – базовая интенсивность отказов при работе;

λ_{EB} – базовая интенсивность отказов, обусловленная условиями окружающей среды;

λ_{TCB} – базовая интенсивность отказов, вызываемая тепловыми циклами;

λ_{IND} – интенсивность отказов, обусловленная другими факторами, например такими как механическое повреждение, электрические помехи;

π_G – коэффициент, учитывающий рост надёжности от времени производства;

π_{DCO}, π_{DCN} – коэффициенты рабочего (*DCO*) и нерабочего (*DCN*) циклов;

π_{TO}, π_{TE} – температурные коэффициенты для рабочих (*TO*) и окружающих (*TE*) условий;

π_{CR} – коэффициент, учитывающий частоту циклов;

π_{DT} – коэффициент перепада температур.

Из рассмотренных в работе справочников и стандартов модель (3) отличается самым детализированным подходом, так как учитывает широкий спектр факторов, включая механические повреждения, электрические помехи, тепловые колебания, рабочие и нерабочие циклы. Такой подход позволяет моделировать эксплуатационную надёжность трансформатора практически в любых условиях. Однако его реализация требует значительных усилий, а результаты будут сильно зависеть от точности используемых входных данных.

Предлагаемый подход к оценке эксплуатационной надёжности трансформаторов. Для трансформаторов источников питания, как сложных изделий, суммарный поток отказов которых складывается из независимых потоков отказов составных конструктивных частей, в частности магнитопровода, обмоток с учётом их числа и диаметра используемых проводов, внешних контактных выводов и др., предлагается использовать модель прогнозирования эксплуатационной интенсивности отказов $\lambda_Э$ (как показателя безотказности трансформатора в целом) в виде

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda_{\text{Б}1} \prod_{i=1}^{m_1} K_i^{(1)} + \ldots + \lambda_{\text{Б}n} \prod_{i=1}^{m_n} K_i^{(n)}, \quad (4)$$

где $\lambda_{\text{Б}j}$ – исходная (базовая, усреднённая) интенсивность отказов j-й конструктивной части трансформатора, $j = 1, \ldots, n$;

n – количество выделенных составных конструктивных частей трансформатора, влияющих на его надёжность;

$K_i^{(j)}$ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние i-го фактора для j-й конструктивной части трансформатора; $i = 1, \ldots, m$; $j = 1, \ldots, n$;

m_j – количество факторов, учитываемых для i-й части трансформатора.

Модель (4) принимает во внимание тот факт, что разные конструктивные части трансформатора могут иметь разные значения поправочных коэффициентов, учитывающих влияние одного и того же фактора, например, уровня качества изготовления частей трансформатора в условиях производства [4].

Начальный вариант данной модели был включён в методику выполнения инженерных расчётов надёжности комплектующих изделий и электронных устройств для *IT*-системы, предназначенной для автоматизированного расчёта и обеспечения надёжности электронных устройств, известной под названием система АРИОН [5].

Заключение. Предлагается подход к получению новой модели, основанной на рассмотрении конструктивных частей трансформатора, их структурных особенностей, используемых материалов, производственных особенностей изготовления и других факторов. Дальнейшие исследования направлены на усовершенствование модели с учётом многообразия материалов, используемых в качестве магнитопровода трансформаторов электропитания, конструктивных их особенностей и физических свойств.

Список литературы

1. Надёжность электрорадиоизделий, 2006 : справочник / С. Ф. Прытков, В. М. Горбачева, А. А. Борисов [и др.] ; науч. рук. авт. коллектива С. Ф. Прытков. – М. : ФГУП «22 ЦНИИИ МО РФ», 2008. – 641 с.

2. Commercial Standard GJB/Z 299B. Reliability Prediction Model for Electronic Equipment : The Chinese Military. – Yuntong Forever Sci.-Tech. Co. Ltd., China, 299B.

3. Denson W., Nicholls D. Handbook of 217Plus Reliability Prediction Models – 2015, Notice 1. – Washington : Quanterion Solutions Incorporated, 2017. – 198 p.

4. Боровиков, С. М. Новый подход к оценке эксплуатационной надёжности трансформаторов вторичных источников питания медицинской аппаратуры / С. М. Боровиков, Е. Д. Гришечкин // Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сб. науч. ст. XIV Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 5–6 дек. 2024 г. – Минск, 2024. – С. 280–283.

5. Боровиков, С. М. Разработка методики прогнозирования надёжности электронных устройств для системы АРИОН / С. М. Боровиков, Е. Н. Шнейдеров, В. Е. Матюшков [и др.] // Доклады БГУИР. – 2011. – № 4(58). – С. 93–100.

UDC 621.314.211:621.3.019.3

COMPREHENSIVE APPROACH TO ASSESSING THE OPERATIONAL RELIABILITY OF SECONDARY POWER SUPPLY TRANSFORMERS

Grieshechkin E.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borovikov S.M. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The models for forecasting operational reliability of transformers of secondary power sources of radio-electronic equipment included in domestic and foreign reference books are considered. The advantages and disadvantages of the models are noted. An approach to obtaining a new model is proposed, based on consideration of the structural parts of the transformer, their structural features, the materials used, production features of manufacture and other factors.

Keywords: secondary power supply transformers, operational reliability, forecasting models.

УДК 004.934.1

ИССЛЕДОВАНИЕ API GOOGLE CLOUD SPEECH-TO-TEXT И YANDEX SPEECHKIT ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПОД ОПЕРАЦИОННУЮ СИСТЕМУ ANDROID

Силенкова Д.С., Зацепина М.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Писарчик А.Ю. – ст. преподаватель кафедры ПИКС

Аннотация. В работе представлен сравнительный анализ технологий преобразования речи в текст (*Speech-to-Text*) на примере *API Google Cloud Speech-to-Text* и *Yandex SpeechKit*. Основное внимание уделено ключевым параметрам, таким как точность распознавания, скорость обработки запросов, поддержка различных языков и акцентов, а также удобство интеграции в *Android*-приложения. На основе полученных данных предложены практические рекомендации по выбору оптимального решения для различных сценариев использования.

Ключевые слова: распознавание речи, преобразование речи в текст, сравнительный анализ, *Google Cloud Speech-to-Text*, *Yandex SpeechKit*, интеграция, *Android*-приложения.

Введение. Технологии преобразования речи в текст (*Speech-to-Text*, *STT*) становятся неотъемлемой частью цифровой трансформации, находя применение в таких сферах, как образование, СМИ и бизнес. Студенты используют их для записи лекций и генерации конспектов, распознавание речи позволяет обрабатывать голосовые сообщения клиентов для автоматического составления расписания и преобразовать интервью в текст для создания субтитров. Лидерами в этой области являются *Google* и Яндекс, предлагающие решения *Google Cloud Speech-to-Text* и *Yandex SpeechKit*, которые активно интегрируются в мобильные приложения, включая *Android*.

Основная часть. Технологии преобразования речи в текст (*Speech-to-Text*, *STT*) основаны на сложных алгоритмах, которые включают несколько этапов обработки звукового сигнала. Существуют два основных направления обработки речи: распознавание загруженных аудио файлов и потоковое распознавание в режиме реального времени. При этом сама обработка поступающих данных происходит по одному и тому же алгоритму [1].

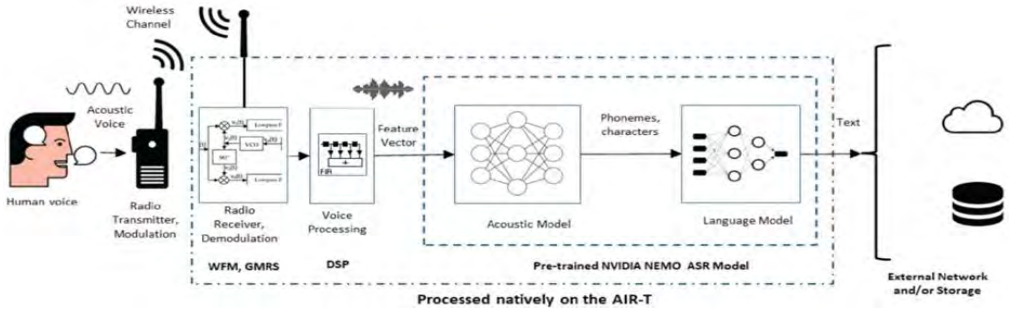


Рисунок 1 – Алгоритм преобразования речи в текст

На первом этапе происходит предобработка аудиоматериалов: устранение шумов, нормализация громкости и разделение звукового потока на фреймы. Затем система переходит к акустическому моделированию, где звуковые фрагменты сопоставляются с фонемами – минимальными единицами звука. Для этого используются методы машинного обучения, такие как *Hidden Markov Models* (*HMM*) или *Deep Neural Networks* (*DNN*). На этапе языкового моделирования определяется наиболее вероятная последовательность слов на основе контекста. Завершающий этап – обработка ошибок, добавление пунктуации и форматирование

текста. Эти этапы позволяют системам *STT* достигать высокой точности распознавания даже в условиях шума или при наличии акцентов.

Google Cloud Speech-to-Text [2] является одним из лидеров в области распознавания речи, его ключевой особенностью является режим потокового распознавания, который позволяет обрабатывать аудиоматериалы в реальном времени. Кроме того, *Google* предлагает модель с повышенной точностью распознавания в сложных акустических условиях, которая адаптируется к шумам. Интеграция с другими сервисами *Google Cloud*, такими как *Translate* и *Natural Language API*, расширяет возможности использования этой технологии. Однако стоит учитывать, что Google *Speech-to-Text* требует наличия *Google Play Services*, что может быть ограничением для персонализированных сборок *Android*.

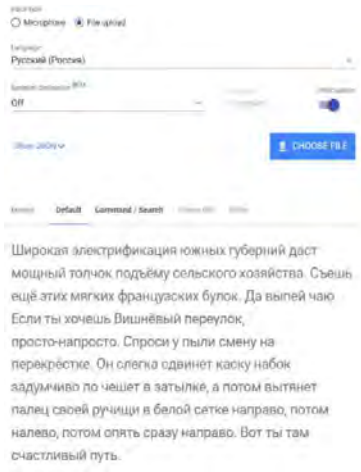


Рисунок 2 – Преобразование аудио файлов с помощью *Google Speech-to-Text*

Yandex SpeechKit [3], в свою очередь, оптимизирован для работы с русским языком и славянскими акцентами, что делает его предпочтительным выбором для русскоязычных проектов. Этот *API* отличается низкой задержкой – до 300 мс для коротких запросов, что обеспечивает быстрое взаимодействие с пользователем. *Yandex SpeechKit* поддерживает *REST API*, что упрощает интеграцию в мобильные программные средства. Несмотря на ограниченную поддержку языков в *Yandex SpeechKit*, для проектов, ориентированных на русскоязычную аудиторию, таких как голосовые помощники, приложения для образования или медиа, эта система демонстрирует высокую точность и доступную стоимость.

Ключевые требования к *STT*-системам включают точность распознавания, скорость обработки, поддержку языков, устойчивость к шумам и энергопотребление. Точность распознавания оценивается по формуле *WER* (*Word Error Rate*), которая учитывает замены, пропуски и вставки слов [4]. Скорость обработки измеряется как время от отправки аудио до получения текста. Поддержка языков определяет, насколько универсальным является решение, а устойчивость к шумам – его способность работать в сложных акустических условиях. Значения критериев для рассматриваемых технологий приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ технологий

Критерий	***Google Cloud Speech-to-Text***	***Yandex SpeechKit***
Точность (WER)	5.8% (английский), 10.2% (русский)	8.5% (английский), 4.7% (русский)
Скорость обработки	1200 мс	800 мс
Поддержка языков	125	16
Устойчивость к шуму	высокая	средняя
Стоимость	$0.006/мин (стандартная модель)	$0.01/мин (русский язык)

Сравнительная характеристика *Google Speech-to-Text* и *Yandex SpeechKit* показывает, что каждая из технологий имеет свои сильные и слабые стороны. *Google Cloud Speech-to-Text* демонстрирует высокую точность для английского языка (*WER* ~5.8%) и поддерживает более 120 языков, что делает его идеальным для международных проектов. *Yandex SpeechKit*, напротив,

показывает лучшие результаты для русского языка (*WER* ~4.7%) и имеет низкую задержку, что делает его предпочтительным выбором для русскоязычных приложений.

Интеграция *Google Speech-to-Text* начинается с создания проекта в *Google Cloud Console*, активации соответствующего API и генерации ключа. В Android-проекте также требуется реализовать компонент *SpeechRecognizer* с использованием *RecognitionListener* для обработки аудиоданных. Для *Yandex SpeechKit* необходима регистрация сервисного аккаунта в Яндекс.Облаке, получение *IAM*-токена и использование *HTTP*-клиента или *SDK* для передачи аудио в формате *LPCM*. В обоих случаях подключения требуется добавление разрешений на подключение к интернету и запись аудио файлов в манифест проекта.

Тестирование *STT*-технологий в *Android*-приложениях можно производить несколькими методами. Точность распознавания оценивается, записывая аудио с микрофона и сравнивая результат с эталонным текстом. Скорость обработки – это время от начала записи до получения текста. Энергопотребление отслеживается с помощью инструментов *Android Profiler*.

Продукты от *Google* и *Yandex*, пусть и являются лидерами в этой области, но это далеко не означает что они будут оптимальным выбором для всех технических решений. Например, *IBM Watson Speech-to-Text* лучше подходит для гибридных облачно-локальных решений, а *AWS Transcribe* оптимален для интеграции с инфраструктурой *Amazon*. Open Source решения, такие как *DeepSpeech*, могут быть полезны для проектов с ограниченным бюджетом и необходимостью кастомизации.

Заключение. Проведенный анализ технологий преобразования речи в текст (*Speech-to-Text*) показал, что *Google Cloud Speech-to-Text* и *Yandex SpeechKit* имеют свои уникальные преимущества. *Google* выделяется поддержкой более 120 языков и режимом потокового распознавания, что делает его идеальным для международных проектов. Однако для русскоязычных приложений *Yandex SpeechKit* демонстрирует более высокую точность (*WER* ~4.7%) и низкую задержку, что делает его предпочтительным выбором. В будущем развитие *STT*-технологий будет направлено на улучшение устойчивости к шумам, расширение языковой поддержки и интеграцию с другими *AI*-решениями, что откроет новые возможности для их применения.

Список литературы

1. *Что такое распознавание речи и нужно ли оно бизнесу [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mtt.ru/support/blog/chto-takoe-raspoznavanie-rechi-i-nuzhno-li-ono-biznesu/. – Дата доступа: 09.03.2025.*

2. *Speech-to-Text documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cloud.google.com/speech-to-text/docs. – Дата доступа: 10.03.2025.*

3. *Обзор технологий Yandex SpeechKit [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.cloud/ru/docs/speechkit/overview. – Дата доступа: 12.03.2025.*

4. *Blokdyk, G. Speech-to-Text. Second Edition. – Toronto, Canada, 2022.*

UDC 004.934.1

GOOGLE CLOUD SPEECH-TO-TEXT API AND YANDEX SPEECHKIT OVERVIEW FOR ANDROID OPERATING SYSTEM MOBILE SOFTWARE

Silenkova D.S., Zatsepina M.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Pisarchik A.Y. – Senior lecturer of the department of ICSD

Annotation. This paper presents a comparative analysis of speech-to-text conversion technologies using the example of Google Cloud Speech-to-Text and Yandex SpeechKit APIs. The main focus is on key parameters such as recognition accuracy, request processing speed, support for various languages and accents, and ease of integration into Android applications. Based on the obtained data, practical recommendations are provided for selecting the optimal solution for various use cases.

Keywords: speech recognition, speech-to-text conversion, comparative analysis, Google Cloud Speech-to-Text, Yandex SpeechKit, integration, Android applications.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТОПОЛОГИИ СЕТИ

Котько Е.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пискун Е.С. – к. э. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье проведено моделирование отказоустойчивости динамических распределенных систем с учетом изменения топологии сети. Рассмотрены различные сценарии отказов узлов и сетевых разделений. Использованы математические модели для оценки отказоустойчивости, а также проанализированы последствия изменений топологии на производительность и доступность системы. Полученные результаты позволяют понять влияние динамичных изменений топологии сети на стабильность системы.

Ключевые слова: отказоустойчивость, распределенные системы, моделирование, топология, отказ узлов, сетевые разделения.

Введение. Динамические распределенные системы хранения данных требуют высокой отказоустойчивости, особенно при изменении топологии сети. Изменение числа узлов, разделение сети и отказ компонентов могут существенно повлиять на производительность и доступность системы. Моделирование таких ситуаций помогает оценить последствия отказов и разработать эффективные стратегии восстановления. В статье рассматриваются математические модели для оценки отказоустойчивости, анализируются сценарии изменения топологии и их влияние на ключевые показатели системы, такие как пропускная способность и время отклика.

Основная часть. При моделировании отказоустойчивости динамических распределенных систем хранения данных в условиях изменения топологии сети необходимо разработать математические модели для оценки отказоустойчивости, проанализировать влияние изменения топологии на производительность системы и провести имитацию отказов для оценки последствий для системы.

Отказоустойчивость распределенной системы можно оценить с помощью вероятностных моделей, которые учитывают вероятность выхода из строя узлов и связей в сети [1].

Интенсивность отказов узлов рассчитывается по формуле 1:

$$\lambda = \frac{N_{\text{отказов}}}{T \times N_{\text{узлов}}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{отказов}}$ – количество отказов улов за время наблюдения;

T – время наблюдения;

$N_{\text{узлов}}$ – общее количество узлов в системе.

Отказоустойчивость системы характеризуется вероятностью успешного выполнения операций в условиях отказов. Вероятность сохранения работоспособности при отказе k узлов в системе с n узлами рассчитывается по формуле 2 [2]:

$$P(k) = \sum_{i=0}^{n-k} C_n^i \times p^i \times (1-p)^{n-i}, \quad (2)$$

где C_n^i – биномиальный коэффициент;

p – вероятность успешного функционирования одного узла.

В динамических распределенных системах изменения топологии происходят в результате добавления новых узлов для масштабирования, отказа узлов из-за аппаратных сбоев или сетевых проблем, а также разделения сети, что приводит к образованию изолированных кластеров, и каждый из этих сценариев влияет на доступность данных и производительность системы.

Имитация различных сценариев отказов и их последствий позволяет оценить влияние изменений топологии на пропускную способность и время отклика системы. Для анализа отказоустойчивости используется модель Маркова, которая описывает вероятности перехода системы между состояниями с учетом вероятности восстановления. Эти вероятности рассчитываются по формуле 3, что позволяет точно оценить влияние отказов на стабильность системы и ее работоспособность при изменении топологии [3].

$$P(t) = P(0) \times e^{Q \times t}, \quad (3)$$

где $P(0)$ – начальное состояние системы;

Q – матрица интенсивностей переходов;

t – время моделирования.

Для моделирования отказов и восстановления сети использовалась библиотека *networkx* для работы с графами и *matplotlib* для визуализации. Имитация проводилась на графе, созданном с помощью модели Эрдёша-Реньи с 10 узлами. В ходе экспериментов анализировались различные аспекты, такие как время восстановления после отказа узлов, изменение пропускной способности при разделении сети [4, 5].

Процесс начинается с создания графа G и его копии G_{backup} для последующего восстановления. На этом этапе проверяется связность сети и анализируется пропускная способность, измеряемая количеством рёбер в графе. Для измерения пропускной способности используется метрика числа рёбер в сети. Визуализация начальной топологии сети показывает исходное состояние графа, в соответствии с рисунком 1.

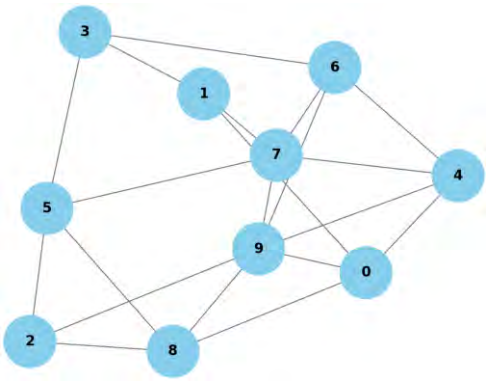


Рисунок 1 – Начальная топология сети

Отказы узлов моделируются с помощью функции *simulate_node_failures()*, которая случайным образом удаляет несколько узлов. После отказа узлов структура графа изменяется, и пропускная способность сети снижается. Для проверки связности графа используется функция *check_connectivity()*, которая проверяет, остаётся ли граф связным

после удаления узлов. На графике показано состояние сети после отказа узлов, что позволяет наглядно продемонстрировать потерю связности, как показано рисунке 2.

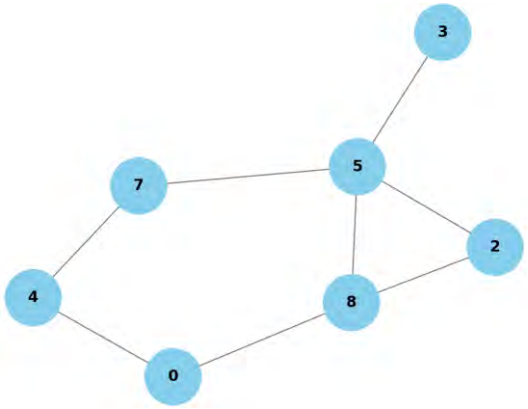


Рисунок 2 – Топология сети после отказа узлов

Для восстановления узлов и рёбер применяется функция *restore_nodes_and_edges()*.

Код для анализа времени восстановления сети после её разделения на компоненты связности:

```
def analyze_partition_recovery(G, G_backup):
    partitions = list(nx.connected_components(G))
    if len(partitions) > 1:
        largest_partition = max(partitions, key=len)
        restored_nodes = [node for node in G_backup.nodes if node not in largest_partition]
        restoration_time = calculate_restoration_time(len(restored_nodes))
        return restoration_time, len(restored_nodes)
    return 0, 0
```

Функция проверяет, является ли сеть разделенной на несколько компонентов и, если да, то вычисляет время, необходимое для восстановления сети, путем добавления недостающих узлов из резервной копии.

Время восстановления рассчитывается на основе количества восстановленных узлов и базового времени восстановления *(BASE_TIME_PER_NODE)*. Визуализация восстановления сети отображает восстановленные узлы, как показано на рисунке 3. График пропускной способности показывает изменения до отказа, после отказа и после восстановления, в соответствии с рисунком 4.

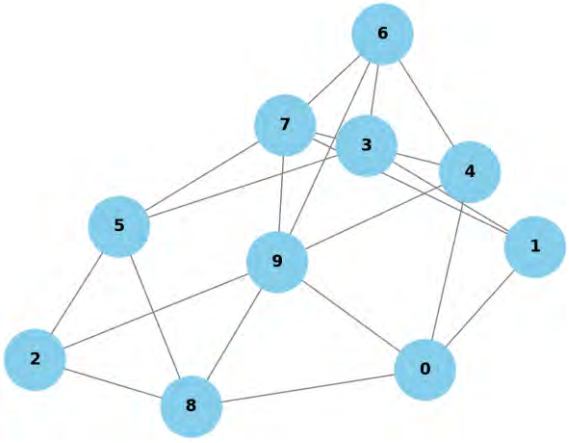


Рисунок 3 – Восстановленная сеть после отказа

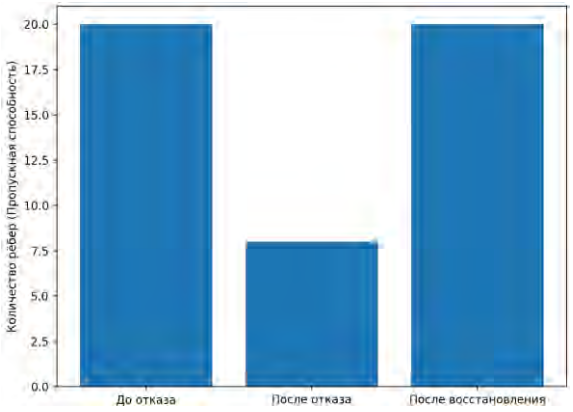


Рисунок 4 – График изменения пропускной способности сети

Кроме того, для имитации разделения сети удаляются случайные рёбра с помощью функции *network_partitioning*(). После разделения сети анализируется время восстановления и количество восстановленных узлов с помощью функции *analyze_partition_recovery*() .

Для анализа вероятностей перехода между состояниями сети используется модель Маркова, учитывающая вероятность отказа и восстановления узлов. Ниже приведена функция, реализующая модель Маркова:

```
def markov_model(state, num_nodes):
    failure_prob = FAILURE_RATE
    recovery_prob = RECOVERY_RATE
    if state == 0:
        return 1 - failure_prob * num_nodes
    elif state == num_nodes:
        return recovery_prob * num_nodes
    else:
        return (1 - failure_prob * state) * (1 - recovery_prob * (num_nodes
- state))
```

Модель позволяет проанализировать, как количество вышедших из строя узлов влияет на вероятности перехода между состояниями сети. На графике отображены изменения этих вероятностей в зависимости от числа неработающих узлов, как показано на рисунке 5.

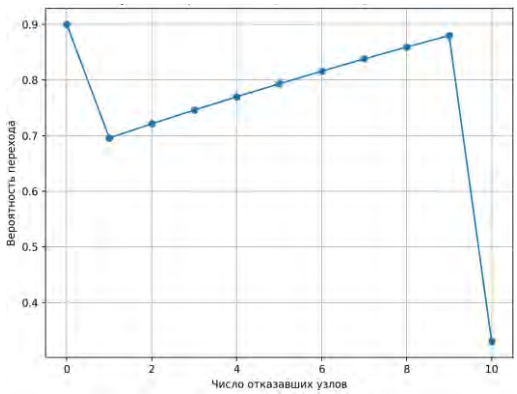


Рисунок 5 – Изменение вероятностей перехода между состояниями сети в модели Маркова с увеличением числа вышедших из строя узлов

Результаты моделирования работы сети до отказа, во время отказа и после восстановления, исходя из рисунка 6.

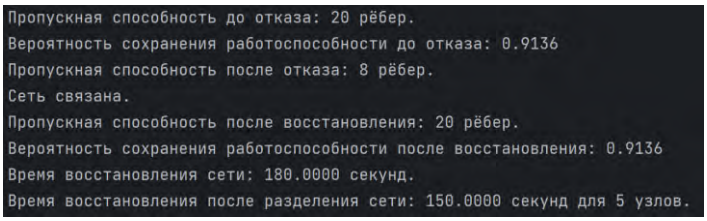


Рисунок 6 – Результаты моделирования работы сети

Моделирование показало, что до отказа сеть имеет максимальную пропускную способность 20 рёбер и вероятность работоспособности 91,36%, что подтверждает высокую надёжность. После отказа нескольких узлов пропускная способность снижается до 8 рёбер, но сеть остаётся связанной. После восстановления пропускная способность возвращается к 20 рёбрам, а вероятность работоспособности восстанавливается до 91,36%, подтверждая устойчивость системы к сбоям. Время восстановления сети составляет 180 секунд. Если сеть разделена на 5 узлов, время восстановления сокращается до 150 секунд, что указывает на ускорение восстановления при меньшем объёме восстанавливаемых частей, но разделение сети всё равно увеличивает время восстановления связности. Результаты подтверждают хорошую отказоустойчивость и способность к быстрому восстановлению.

Заключение. Моделирование отказоустойчивости динамических распределенных систем показало высокую надежность системы и её способность восстанавливаться после отказа узлов. Результаты подтвердили, что при изменении топологии (отказа узлов или разделении сети) система сохраняет связность, несмотря на снижение пропускной способности. Время восстановления сети минимально, что подтверждает эффективность моделей для оценки отказоустойчивости и возможность оптимизации архитектуры систем в условиях сбоев.

Список литературы

1. *Надежность технических систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://nadegnost.narod.ru/lection3.html. Дата доступа: 28.03.2025.*

2. *Биномиальное распределение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.statisticseasily.com/глоссарий/что-такое-биномиальное-распределение/. Дата доступа: 28.03.2025.*

3. *Mont, R. Introduction to Exponentials and Logarithms [Электронный ресурс]. – University of California, Santa Cruz. Режим доступа: https://people.ucsc.edu/~rmont/classes/CalculusWeb/lectures/text_exponentials.pdf. Дата доступа: 28.03.2025.*

4. *Software for Complex Networks [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://networkx.org/documentation/stable/. Дата доступа: 29.03.2025.*

5. *Using Matplotlib [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://matplotlib.org/stable/users/index.html. Дата доступа: 29.03.2025.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

MODELING OF FAULT TOLERANCE OF DYNAMIC DISTRIBUTED SYSTEMS UNDER NETWORK TOPOLOGY CHANGE

Katsko E.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Piskun E.S. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. In the article modeling of fault tolerance of dynamic distributed systems considering changes in network topology is carried out. Different scenarios of node failures and network partitions are considered. Mathematical models for fault tolerance evaluation are used, and the effects of topology changes on system performance and availability are analyzed. The results provide insight into the impact of dynamic network topology changes on system stability.

Keywords: fault tolerance, distributed systems, modeling, topology, node failure, network partitions.

УДК 621.395.623.7

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА УСИЛИТЕЛЯ НИЗКИХ ЧАСТОТ КЛАССА D

Павловская Е.А., Корсак Е.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск Республика Беларусь

Научный руководитель: Пискун Г.А. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Исследуется влияние радиатора на обеспечение нормального теплового режима усилителя низких частот класса *D* на микросхеме *TPA3116D2*. В *Solidworks Simaltion* построены тепловые модели УНЧ, проведен анализ полученных данных.

Ключевые слова: усилитель низких частот класса *D*, тепловая модель, температура поверхности элемента.

Введение. Усилитель низких частот (УНЧ) – это прибор, предназначенный для преобразования слабых сигналов преимущественно звукового диапазона в более мощные сигналы, способные обеспечить нормальные условия работы оконечного устройства приемника. Он может быть выполнен в виде самостоятельного устройства или являться одним из элементов более сложных устройств – телевизоров, радиоприёмников, радиопередатчиков и т.д. Наиболее широкое применение УНЧ нашли в устройствах, применяемых для передачи звуковой информации, в которых они усиливают звуковой сигнал, поступающий на их входы с источника звука, а затем передают его на динамики, акустические системы (колонки), наушники, радиопередатчики. Кроме этого, УНЧ используют для усиления информационного сигнала в различных сферах: измерительной технике и дефектоскопии, аналоговой вычислительной технике и в других отраслях электроники [1].

Известно [2-4], что при работе аппаратуры так или иначе происходят потери энергии за счет выделения тепла. Источниками тепла в РЭА являются различные электронные компоненты и радиодетали: потребляя электроэнергию, они преобразуют ее в различные формы энергии, в том числе и тепловую. Перегрев какого-либо отдельного радиоэлемента или аппаратуры в целом может привести к поломке устройства. Таким образом, любой компонент или система, выделяющие тепло, должны охлаждаться [2].

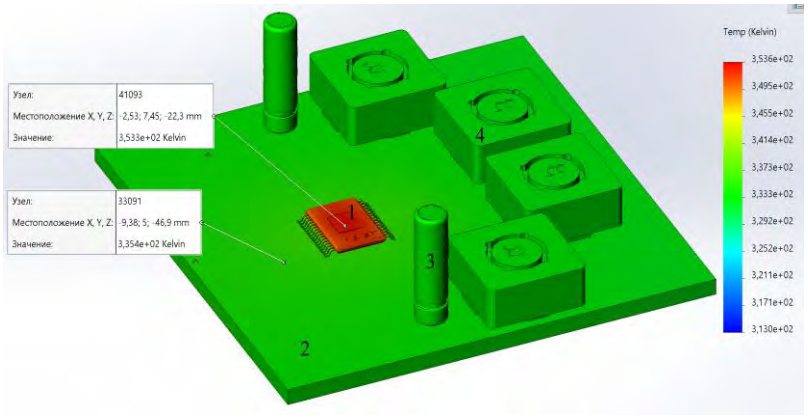
В качестве исследуемого усилителя низких частот класса *D* будет использован усилитель на микросхеме *TPA3116D2*. Несмотря на то, что усилители данного класса обладают высоким КПД (более 90 %) и вследствие чего выделяют мало тепла, производители данного усилителя все же рекомендуют устанавливать поверх нагревающегося элемента (микросхемы) радиатор [3]. Рассмотрим необходимость данного действия.

Основная часть. Нагревающимся элементом в УНЧ является микросхема. Для упрощения отвода тепла на ней размещен *Thermal PAD* – специальный материал, который используется для улучшения теплопередачи между двумя поверхностями.

Построение тепловых моделей будет осуществляться с помощью *Solidworks Simulation.* Входными данными для расчета являются мощность, рассеиваемая микросхемой – 5 Вт, мощность, рассеиваемая нагретой зоной – 10 Вт, коэффициент конвективной теплоотдачи алюминиевого радиатора – 25 Вт/(м^2·К), нагретой зоны – 10 Вт/(м^2·К) [5]. Температура окружающей среды согласно ГОСТ 15150-69 УХЛ 4.2 составляет 313 К. Рабочая температура микросхемы *TPA3116D2* – 233 … 358 К [6].

Усилитель низких частот установим в герметичный пластмассовый корпус. Тепловая модель, полученная в ходе анализа, представлена на рисунке 1. Температура нагретой зоны достигает 336 К, температура поверхности элемента – 353 К (практически является верхним

пределом рабочей температуры микросхемы и может оказывать негативное влияние как на работу микросхемы, так и на работу всего устройства в целом).

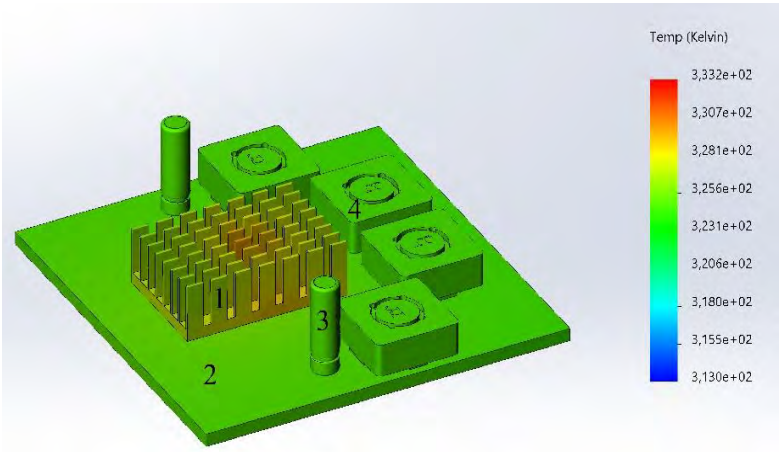


1 – микросхема, 2 – месторасположение *smd* – компонентов, 3 – конденсаторы, 4 – катушки индуктивности

Рисунок 1 – Тепловая модель УНЧ в герметичном корпусе

Теперь для охлаждения микросхемы будем использовать алюминиевый игольчатый радиатор [7]. Охлаждение поверхности элемента в данном случае будет происходить следующим образом: микросхема посредством теплопередачи будет отдавать свое тепло радиатору; нагретый радиатор, в свою очередь, посредством естественной конвекции будет отводить тепло во внутреннюю среду корпуса.

Результат построения тепловой модели представлен на рисунке 2.



1 – радиатор, 2 – месторасположение *smd* – компонентов, 3 – конденсаторы, 4 – катушки индуктивности

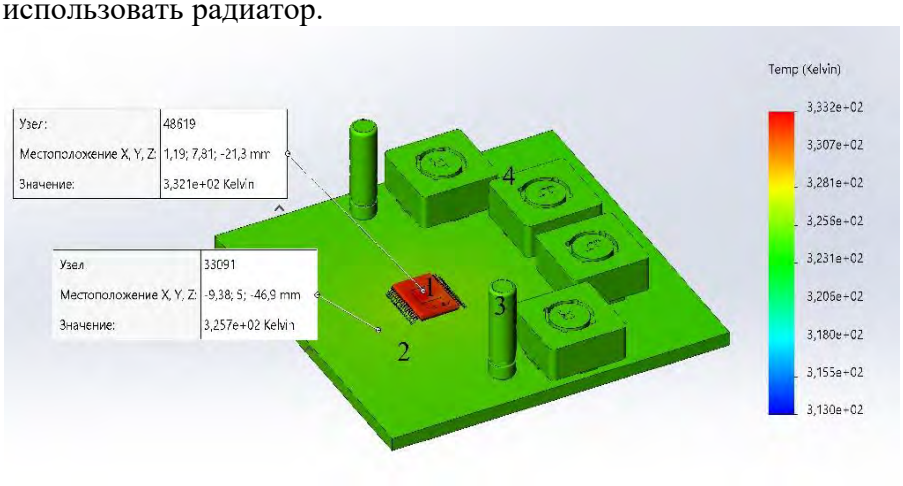
Рисунок 2 – Тепловая модель УНЧ в герметичном корпусе с радиатором

Скроем радиатор и измерим температуру поверхности элемента и температуру нагретой зоны. Получим модель, представленную на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что температура поверхности элемента составляет 330 К, температура нагретой зоны – 325,7 К. Установка радиатора позволила снизить температуру элемента более, чем на 20 К.

На основе полученных данных можно сделать следующий вывод: несмотря на то, что температура поверхности элемента в герметичном корпусе без радиатора входит в пределы его рабочей температуры, риск перегрева и выхода устройства из строя существует.

Поэтому для повышения надежности и долговечности усилителя низкой частоты класса *D* необходимо использовать радиатор.



1 – микросхема, 2 – месторасположение *smd* – компонентов, 3 – конденсаторы, 4 – катушки индуктивности

Рисунок 3 – Тепловая модель УНЧ в герметичном корпусе (со скрытым радиатором)

Заключение. Проведен термический анализ УНЧ класса *D* в герметичном корпусе с неустановленным и установленным на микросхеме радиатором. Результаты исследования показали, что использование алюминиевого игольчатого радиатора позволяет обеспечить надежную и долговременную работу УНЧ.

Список литературы

1. *Радиоэлектроника, схемы, статьи и программы для инженера по радиоэлектроники [Электронный ресурс] – 2003. – Режим доступа: https://radiostorage.net/1141 prostejshie-usiliteli-nizkoj-chastoty-na-tranzistorah.html. Дата доступа 15.12.2024.*

2. *Интегральные усилители низких частот [Электронный ресурс] – 2009. – Режим доступа: https://radiostorage.net/6-usiliteli-na-mikroskhemah/. Дата доступа: 15.12.2024.*

3. *RDC2-0020, Усилитель низкой частоты класса D. TPA3116D2. [Электронный ресурс] – 2024. – Режим доступа: https://www.chipdip.ru/product/rdc2-0020. Дата доступа: 17.12.2024.*

4. *Digital Technologies [Электронный ресурс]: Усилитель класса D/ А.В.Микушин. – 2023. – Режим доступа: https://digteh.ru/Sxemoteh/RejRab/D/. Дата доступа: 21.12.2024*

5. An Introduction to Solidworks Flow Simulation 2012 / John Matsson /Schroff Development Corporation, P.O. Box 1334, U.S.A., 2012

6. *Межгосударственный стандарт. Машины, приборы и другие технические изделия: ГОСТ 15150-69. – Введ. 01.01.1971 – Гос. комитет СССР.*

7. Скрипников, Ю.Ф. Радиаторы для полупроводниковых приборов / А.И. Берг, В.Г. Борисов. – Москва: Энергия, 1973. – 48 с.

UDK 621.395.623.7

PROVIDING THERMAL CONDITIONS FOR CLASS D LOW FREQUENCY AMPLIFIERS

Pavlovskaya E.A., Korsak E.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

Piskun G.A. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article discusses the necessity of radiator usage aiming to ensure normal thermal conditions for the class D low-frequency amplifier on the TPA3116D2 chip. Thermal models of the amplifier were built in Solidworks Simaltion, the obtained data were analyzed.

Keywords: Class D low frequency amplifier, thermal model, component surface temperature.

УДК 004.4

АНАЛИЗ ФРАНЦУЗСКОГО ЯЗЫКА С ПОМОЩЬЮ *PYTHON*

Ахрамович С.П., Сердюк К.В, Предченко В.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматривается анализ французского языка с использованием средств языка программирования *Python*. Проведен частотный и статистический анализ французских слов, выявлены самое длинное и короткое слова, а также рассчитана средняя длина слова. Кроме того, исследованы наиболее распространенные сочетания букв (биграммы) с применением библиотеки *pandas*.

Ключевые слова: частотный анализ, статический анализ, французский язык, длина слова.

Введение. Анализ естественного языка играет важную роль в лингвистических исследованиях и разработке технологий обработки текста. Исследование структуры слов и их характеристик позволяет лучше понимать закономерности языка, разрабатывать инструменты для машинного перевода и создания интеллектуальных систем. Французский язык, как один из наиболее распространенных мировых языков, представляет интерес с точки зрения анализа его статистических особенностей.

Основная часть. Для начала анализа французских слов необходимо было найти источник с французскими словами. Данные для проведения анализа были взяты из открытого репозитория на *GitHub*, содержащего порядка 336 тысяч слов французского языка [1].

Для обработки и анализа этих данных была использована библиотека *pandas* – быстрый, мощный, гибкий и простой в использовании инструмент с открытым исходным кодом для анализа и обработки больших объемов данных [2].

С помощью *pandas* данные были структурированы и подготовлены для дальнейшего статистического анализа. В ходе статического анализа слов французского языка был выполнен ряд задач, направленных на более глубокое понимание структуры и особенностей используемых слов и их сочетаний.

Одной из задач статического анализа было определение самого длинного слова французского языка. Для определения самого длинного слова использовалась функция *max* (рисунок 1).

```
longest_word = max(words, key=len)
print(f"Самое длинное слово: {longest_word}, длина: {len(longest_word)}")
```

Рисунок 1 – Определение самого длинного слова французского языка

Результатом выполнения данной функции является вывод самого длинного слова из данных – *anticonstitutionnellement*, которое состоит из 25 букв.

После определения самого длинного слова, следующей задачей в рамках статического анализа было определение средней длины слов. Для определения средней длины слова было использовано выражение (рисунок 2).

```
average_length = sum(len(word) for word in words) / len(words)
print(f"Средняя длина слова: {average_length:.2f}")
```

Рисунок 2 – Определение средней длины слова французского языка

Результатом выполнения данного кода является вывод среднего количества символов во французских словах – 10.09 символов.

Следующим этапом исследования стало определение самого короткого слова во французском языке. Для этого был использован метод нахождения минимального элемента в списке слов, основанный на их длине (рисунок 3).

```
shortest_word = min(words, key=len)
print(f"Самое короткое слово: {shortest_word}")
```

Рисунок 3 – Определение самого короткого слова французского языка

Результатом выполнения данного кода является вывод самого короткого слова – *a*.

После выполнения статического анализа, направленного на изучение структуры слов, следующим этапом является частотный анализ. В рамках частотного анализа были исследованы самые распространенные сочетания букв, что способствует более детальному изучению особенностей французского языка.

Ключевой задачей данного анализа стало определение наиболее распространенных сочетаний букв – биграмм (двухбуквенных сочетаний). Данный анализ позволяет выявить характерные языковые паттерны, закономерности в построении слов, часто встречающиеся во французских словах, а также определить распределение буквосочетаний, выявить отличительные черты орфографии. Биграммы рассчитывались путем перебора всех слов в файле, разбиения их на пары соседних букв и подсчета частоты встречаемости каждого сочетания (рисунок 4).

```
def get_bigrams(word_list):
    bigrams = Counter()
    for word in word_list:
        for i in range(len(word) - 1):
            bigram = word[i:i+2]
            bigrams[bigram] += 1
    return bigrams.most_common(10)

word_list = df["Word"].dropna().tolist()

bigram_freq = get_bigrams(word_list)
```

Рисунок 4 – Определение биграмм французского языка

Результатом выполнения данного кода является вывод биграмм (рисунок 5).

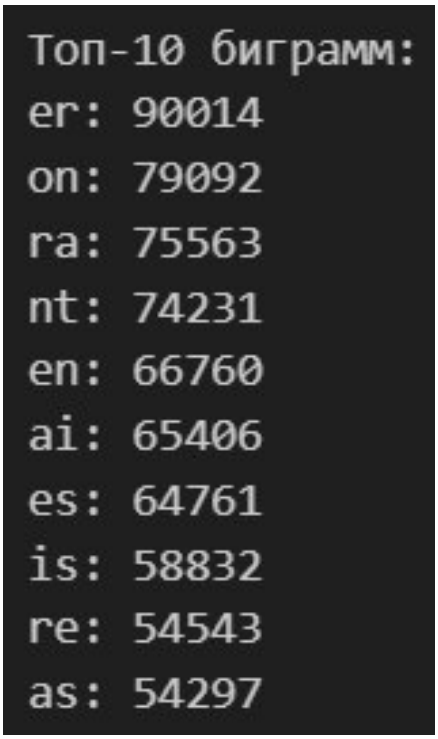


Рисунок 5 – Вывод наиболее часто используемых биграмм

Наиболее часто используемыми биграммами являются сочетания *er*, *on*, *ra*.

Заключение. В ходе проведенного исследования с использованием *Python* были выполнены статистический и частотный анализы французского языка. Статистический анализ показал, что самое длинное слово в французском языке – *anticonstitutionnellement* (25 символов), в то время как самое короткое – *a* (1 символ). Средняя длина слов составила 10,09 символов. Частотный анализ выявил наиболее распространенные биграммы (*er*, *on*, *ra*), что отражает характерные языковые паттерны и особенности французской орфографии. Полученные данные могут быть использованы для создания более точных инструментов обработки французского языка, таких как системы распознавания речи, анализаторы текста и интеллектуальные поисковые системы.

Список литературы

1 Words [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/lorenbrichter/Words/tree/master/Words. – Дата доступа: 03.03.2025.

2 Pandas [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pandas.pydata.org/. – Дата доступа: 03.03.2025.

UDC 004.4

ANALYZING FRENCH LANGUAGE USING PYTHON

Akhramovich S.P., Siardziuk K.V., Predchenko V.M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V. – Cand. of Technical sciences, associate professor

Annotation. The article discusses methods for analyzing the French language using the Python programming language. A frequency and statistical analysis of French words was carried out, the longest and shortest words were identified, and the average word length was calculated. In addition, the most common letter combinations (bigrams) were studied using the pandas library.

Keywords: frequency analysis, static analysis, French, word length.

УДК 621.396.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНОВОК ЭЛЕМЕНТОВ

Жевнов И.В., Рагиня Г.В., Зубарь Д.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к.т.н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В данной статье рассматривается процесс моделирования собственной частоты колебаний печатной платы (PCB) с использованием различных компоновок электронных компонентов. Актуальность исследования обусловлена значительным влиянием механических характеристик печатных плат на надежность и устойчивость работы электронных устройств, особенно в условиях повышенных нагрузок и вибраций. В работе представлен метод численного моделирования, который позволяет оценить собственные частоты колебаний PCB в зависимости от размещения компонентов, их размеров и характеристик материалов. Используя программное обеспечение для инженерного моделирования, проведен анализ различных компоновок, что позволило выявить оптимальные решения для минимизации влияния резонансных явлений на работу устройства.

Ключевые слова: печатная плата, собственная частота, миллиметровые волны, механические характеристики, компоновка элементов.

Введение. Современные электронные устройства становятся все более компактными и сложными, что вызывает необходимость в детальном анализе механических характеристик печатных плат (PCB). Важно учитывать, что резонансные частоты колебаний печатных плат могут оказывать значительное влияние на функциональность и надежность работы электронных систем, особенно в условиях воздействия вибраций, статических и динамических нагрузок [1]. Моделирование собственных частот колебаний стоимости PCB является критически важным этапом на этапе проектирования, позволяющим избежать возможных повреждений и сбоя в работе устройства.

Различные компоновки электронных компонентов на печатных платах могут существенно изменить распределение массы и жесткости, что, в свою очередь, влияет на собственные частоты колебаний [2]. Процесс оптимизации компоновки элементов становится актуальной задачей для инженеров, занимающихся проектированием схем, так как это позволяет не только снизить резонансные эффекты, но и улучшить электрические характеристики устройства, такие как импеданс и проводимость [3].

В данной статье будет представлен метод моделирования собственных частот колебаний печатных плат в зависимости от различных компоновок компонентов. Использование численных методов и инженерного программного обеспечения позволит получить практические рекомендации по оптимизации проектирования PCB. Результаты исследования могут послужить основой для дальнейших исследований в области механики и электроники и способствовать разработке более надежных и эффективных электронных устройств.

Двусторонние печатные платы (ДПП) широко применяются в устройствах с высокой плотностью монтажа. В процессе эксплуатации устройства ДПП подвергаются механическим воздействиям, включая вибрации, что может привести к резонансу и повреждению компонентов. Определение собственных частот ДПП позволяет минимизировать риск резонансных явлений, повышая надежность изделий [5, 6].

Вибрационная устойчивость печатной платы зависит от распределения компонентов и топологии проводящих слоев. В данной работе рассматривается влияние расположения

элементов на плате на ее собственную частоту путем проведения частотного анализа печатной платы с использованием трех различных вариантов компоновок элементов.

Для проведения моделирования собственной частоты рассматриваемой ДПП была использована среда SOLIDWORKS Simulation.

Методика моделирования собственных частот ДПП в среде SolidWorks Simulation. Методика включает подготовку модели, определение физических свойств материалов, применение граничных условий и выполнение анализа модальных колебаний.

В среде SolidWorks были созданы три сборки, содержащие печатную плату с тремя различными компоновками. Рассматриваются три варианта компоновок:

– равномерная – элементы распределены равномерно по плате;

– центральная – элементы расположены в центре платы;

– крайняя – элементы располагаются по краям платы.

Авторами была выполнена подготовка модели. С помощью инструментов моделирования создана 3D-модель печатной платы, включая все необходимые элементы, такие как слои меди, диэлектрики, и вспомогательные компоненты (например, отверстия для крепления). Учтено расположение компонентов так как это может существенно повлиять на собственные частоты.

Определены свойства материалов. Материал рассматриваемой печатной платы – стеклотекстолит FR-4. Данный материал является основным для производства печатных плат благодаря оптимальному сочетанию механических и диэлектрических свойств. На рисунке 1 показан выбор свойств материала в среде SolidWorks Simulation.

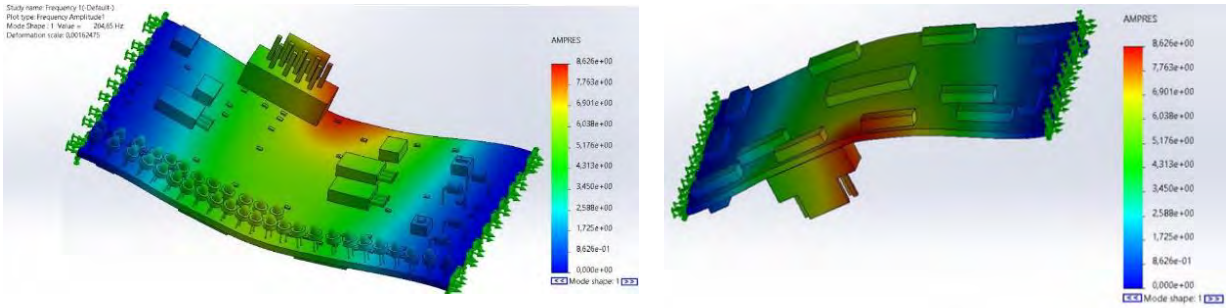
Property	Value	Units
Elastic Modulus	2000000000	N/m^2
Poisson's Ratio	0.394	N/A
Shear Modulus	318900000	N/m^2
Mass Density	1020	kg/m^3
Tensile Strength	30000000	N/m^2
Compressive Strength		N/m^2
Yield Strength		N/m^2
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	0.2256	W/(m·K)
Specific Heat	1386	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Рисунок 1 – Задание свойств материала печатной платы

Установлены граничные условия. Заданным граничным условием для проведения частотного анализа во всех случаях является жесткое закрепление по двум противоположным боковым сторонам.

После задания материалов и граничных условий для проведения моделирования была создана сетка конечных элементов.

Результаты моделирования и обсуждение. Результат частотного анализа для платы, использующей первый вариант компоновки, показан на рисунке 2. Шкала показывает результирующую амплитуду колебаний в данной точке платы.

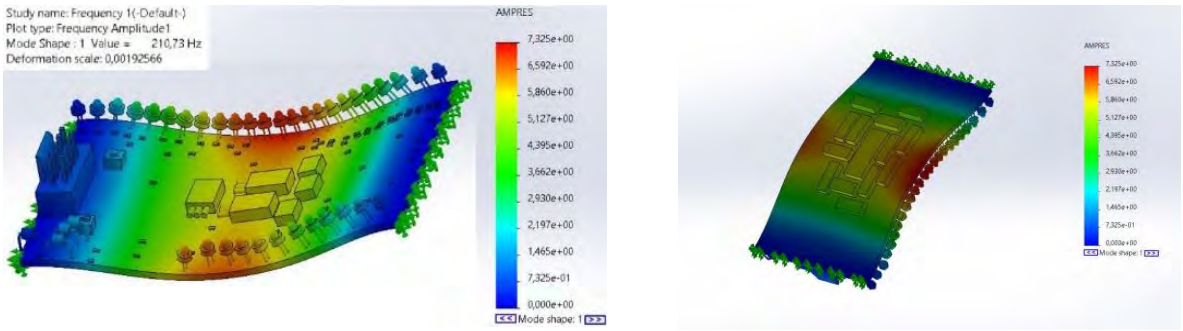


а) *б)*

Рисунок 2 – Результат для первого варианта компоновки: *а* – первая сторона; *б* – вторая сторона

Собственная частота для первого варианта компоновки – 204,65 Гц.

На рисунке 3 показан результат частотного анализа для второго варианта компоновки.

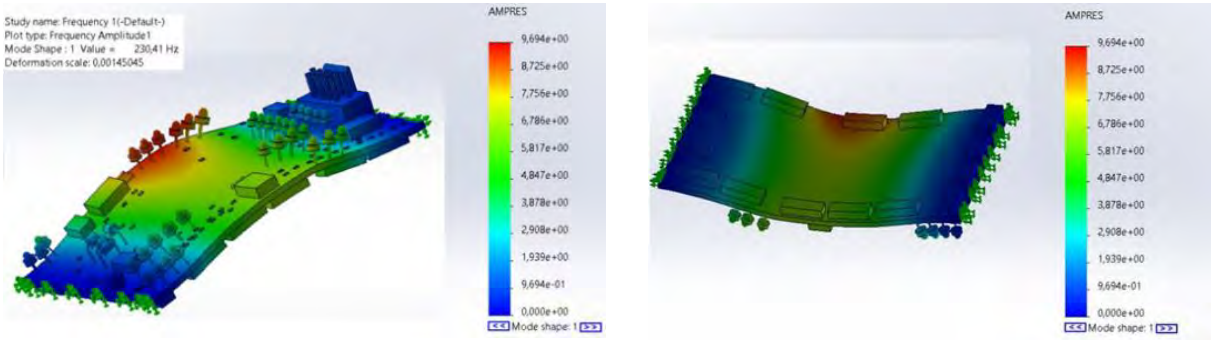


а) *б)*

Рисунок 3 – Результат для второго варианта компоновки: *а* – первая сторона; *б* – вторая сторона

Собственная частота для второго варианта компоновки – 210,73 Гц.

На рисунке 4 показан результат частотного анализа для третьего варианта компоновки.



а) *б)*

Рисунок 3 – Результат для третьего варианта компоновки: *а* – первая сторона; *б* – вторая сторона

Собственная частота для второго варианта компоновки – 230,41 Гц.

В таблице представлены результаты проведенного моделирования.

Таблица 1 – Результаты проведенного моделирования

Вариант компоновки	Собственная частота, Гц
Равномерная	204,65
Центральная	210,73
Крайняя	230,41

Анализ результатов показывает, что рассматриваемая ДПП будет иметь наименьшую частоту при использовании равномерной компоновки элементов. На основе анализа моделирования и условий эксплуатации устройства можно либо выбрать оптимальный из рассмотренных вариантов компоновки, либо доработать существующий, чтобы уменьшить возможность появления в данной ДПП явления резонанса.

Заключение. Использование среды SolidWorks Simulation для исследования собственных частот колебаний печатных плат позволяет быстро и просто получить значимые результаты, что позволяет, при необходимости, изменять конструкцию платы, снизить в дальнейшем трудозатраты и себестоимость продукции.

Список литературы

1. Бейкер, К., Нгуен, Т., Рейнольдс, Р. Механические характеристики печатных плат в электронных устройствах // Journal of Electronics Manufacturing. 2020. Т. 22, № 3. С. 45-57.

2. Хуан, Й., Чжан, Цз., Лиу, Ц. Влияние размещения компонентов на механическое поведение печатных плат // International Journal of Electronic Engineering Research. 2019. Т. 11, № 2. С. 101-109.

3. Чжао, Х., Ли, С., Чен, Р. Оптимизация дизайна печатных плат для механической стабильности и электрической производительности // IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology. 2021. Т. 11, № 4. С. 689-698.

4. Моделирование и оптимальное проектирование технических систем : учебно-методическое пособие / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун, В. В. Шаталова. − Минск : БГУИР, 2024. – 99 с.

5. Молодечкина, Т.В. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств : учеб.-метод. комплекс для студентов специальности 1-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС». В 2 ч. Ч. 1. / Т.В. Молодечкина, В.Ф. Алексеев, М.О. Молодечкин. - Новополоцк : ПГУ, 2013. - 204 с. - Новополоцк : ПГУ, 2013. - 204 с.

6. Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 : Тепловые режимы работы и защиты конструкций РЭС от механических воздействий : пособие / В. Ф. Алексеев, И. Н. Богатко, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2017. – 124 с.

УДК 621.396.6

SIMULATION OF THE NATURAL FREQUENCY OF OSCILLATION OF A PRINTED CIRCUIT BOARD USING VARIOUS ARRANGEMENTS OF ELEMENTS

Zhevnov I.V., Raginya G.V., Zubar D.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Viktor F. Alexeev – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. This article discusses the process of modeling the natural frequency of printed circuit board (PCB) oscillations using various layouts of electronic components. The relevance of the study is due to the significant influence of the mechanical characteristics of printed circuit boards on the reliability and stability of electronic devices, especially under high loads and vibrations. The paper presents a numerical modeling method that allows you to estimate the natural frequencies of PCB oscillations depending on the placement of components, their sizes and material characteristics. Using engineering modeling software, an analysis of various layouts was carried out, which made it possible to identify optimal solutions for minimizing the impact of resonance phenomena on the operation of the device.

Keywords: printed circuit board, natural frequency, millimeter waves, mechanical characteristics, layout of elements.

УДК 004.021:004.75

ПРЕИМУЩЕСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИЕМНОЙ КОМПАНИИ ВЫСШИХ И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ 1С

Ершов Д.Г., Войтехович Д.К.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Кожемяко Е.А. – начальник отдела интегрированных автоматизированных систем управления

Аннотация. В данной работе рассматриваются преимущества автоматизации приемной компании высших и среднеспециальных учебных заведений с использованием систем 1С. Автоматизация процессов позволяет существенно оптимизировать работу учебных заведений, повысить эффективность взаимодействия с абитуриентами и улучшить качество обработки данных. Особое внимание уделяется снижению временных затрат, повышению точности учета и возможностям интеграции с другими информационными системами, которые обеспечивают гибкость и совместимость. Это позволяет образовательным учреждениям объединять данные из различных источников, таких как бухгалтерские программы, системы управления учебным процессом и государственные реестры. Интеграция упрощает доступ к актуальной информации и улучшает взаимодействие между различными подразделениями, что в свою очередь способствует более эффективной работе приемных комиссий.

Ключевые слова: автоматизация, приемная комиссия, системы 1С, высшее образование, информационные технологии, управление данными.

Введение. Современные образовательные учреждения сталкиваются с необходимостью повышения эффективности приемной компании. Объем заявок от абитуриентов растет, и традиционные методы обработки данных становятся неэффективными. В этом контексте автоматизация процессов с использованием систем 1С предоставляет новые возможности для оптимизации работы приемной комиссии. Автоматизация позволяет не только ускорить процессы, но и улучшить качество взаимодействия с абитуриентами, что в свою очередь влияет на репутацию учебного заведения. В условиях растущей конкуренции на рынке образования эффективное управление приемной компанией становится ключевым фактором успеха [1].

Основная часть. Системы 1С обеспечивают централизованное хранение информации об абитуриентах, упрощают обработку заявлений на поступление и результатов экзаменов, а также позволяют проводить анализ данных. Это способствует принятию более обоснованных решений на основании статистики и аналитики. Внедрение электронных форм заявок позволяет абитуриентам заполнять и отправлять документы в удобном формате, значительно облегчая процесс подачи заявок. Кроме того, системы 1С ускоряют обработку документов, что позволяет быстрее проверять заполненность форм и соответствие требованиям. Все данные хранятся в одной системе, что упрощает доступ к информации для сотрудников приемной комиссии [2].

Одним из основных преимуществ является снижение временных затрат. Автоматизация процессов позволяет существенно сократить время на прием и обработку заявок. Например, использование электронных форм и автоматического распределения задач между сотрудниками значительно ускоряет процесс.

В Беларуси некоторые высшие учебные заведения внедрили решения на базе платформы «1С» для автоматизации процессов приёмной компании. Например, Гомельский государственный медицинский университет автоматизировал приёмную компанию с помощью модуля «Приёмная компания» на базе «1С» [3].

Благодаря автоматизации, обработка заявлений стала более оперативной. Система позволяет быстро регистрировать и обрабатывать данные абитуриентов, что значительно сокращает время обработки каждого заявления. До автоматизации приёмная комиссия могла обрабатывать одно заявление за 10-15 минут, включая проверку документов, ввод данных и регистрацию. После внедрения системы 1С «Приёмная компания» этот процесс сокращается до 2-5 минут на заявление, что ускоряет работу в 2-5 раз.

Автоматизация ввода данных и интеграция с личными кабинетами абитуриентов минимизируют человеческий фактор, что снижает вероятность ошибок при обработке информации. До автоматизации ошибки ручного ввода данных могли составлять 1-5% (неправильно записанные фамилии, баллы, данные паспорта и тд.). После внедрения системы, учитывая автоматический импорт данных из личных кабинетов, этот показатель мог снизиться до 0.1-0.5%.

Система обеспечивает прозрачность всех этапов приёмной кампании, позволяя отслеживать статус заявлений в режиме реального времени. Это улучшает организацию работы приёмной комиссии. Ранее абитуриенты могли получать информацию о своём заявлении только при личном визите или звонке в приёмную комиссию, что увеличивало нагрузку на сотрудников. После внедрения системы с личными кабинетами 90-95% запросов могут обрабатываться автоматически, снижая нагрузку на операторов в 5-10 раз (рисунок 1).

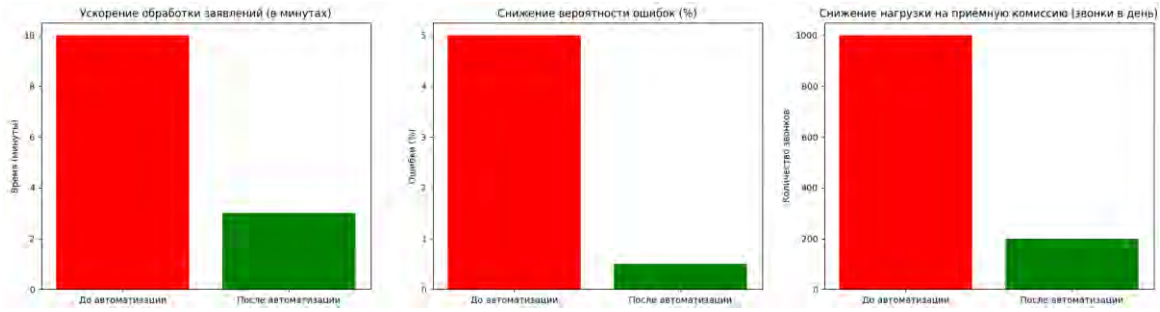


Рисунок 1. Показатели до и после автоматизации

Повышение качества данных является одним из ключевых преимуществ внедрения систем 1С в приемную компанию. В традиционных процессах, где информация обрабатывается вручную, существует высокий риск ошибок, таких как опечатки, неверный ввод данных (кириллица/латиница) или неполное заполнение форм.

Использование систем 1С позволяет минимизировать эти риски благодаря встроенным механизмам проверки. Например, автоматическая валидация форм может проверять корректность введенных данных на этапе их ввода, сигнализируя о возможных ошибках, таких как неправильный формат даты или отсутствие заполнения обязательных полей.

Интеграция с государственными сервисами также является значительным преимуществом. Взаимодействие с Министерством образования Республики Беларусь позволяет проверять данные о результатах централизованного тестирования и подтверждать подлинность аттестатов и дипломов абитуриентов.

Внедрение систем 1С в приемные комиссии высших и средне специальных учебных заведений уже зарекомендовало себя как эффективное решение, позволяющее значительно улучшить организацию работы.

Автоматизация процессов обработки заявок позволяет значительно сократить время, необходимое для их рассмотрения. Например, в университетах, где была внедрена система 1С, время обработки заявок сократилось с 5 до 2 дней. Это стало возможным благодаря использованию электронных форм, которые абитуриенты могут заполнять и отправлять

онлайн, и система автоматически проверяет заполненность форм и соответствие требованиям [4].

Стоит отметить, что системы 1С обеспечивают централизованное хранение данных об абитуриентах. Все документы и заявки хранятся в одной системе, что упрощает доступ к информации для сотрудников приемной комиссии. Это позволяет легко получать необходимую информацию, проводить анализ данных и генерировать отчеты. Например, руководство учебного заведения может в любое время получить статистику по поданным заявкам, что позволяет оперативно реагировать на изменения в ситуации.

Система 1С обеспечивает надежную защиту информации и предотвращает несанкционированный доступ к данным. Это включает в себя использование современных методов шифрования, многофакторной аутентификации и регулярных проверок безопасности системы.

Интеграция с государственными сервисами также является важной частью практического применения. Системы 1С позволяют автоматизировать процесс проверки документов, что делает его более быстрым и эффективным. Например, учебные заведения могут автоматически получать информацию о результатах экзаменов абитуриентов, что упрощает процесс зачисления и уменьшает вероятность ошибок в документации.

Кроме того, системы 1С предоставляют возможность для глубокого анализа данных. Приемные комиссии могут использовать встроенные аналитические инструменты для выявления тенденций, таких как изменения в интересах абитуриентов или колебания в количестве поданных заявок. Это позволяет адаптировать стратегии приемной компании в зависимости от текущих условий, что особенно важно в условиях конкурентного рынка образования.

Хотя системы 1С предлагают множество функций, они могут не всегда соответствовать специфическим потребностям конкретного учебного заведения. В некоторых случаях может потребоваться дополнительная настройка или разработка индивидуальных решений, что также требует времени и ресурсов [5].

В результате внедрения системы 1С учебные заведения не только оптимизируют свои внутренние процессы, но и значительно улучшают качество обслуживания абитуриентов. Упрощение взаимодействия с абитуриентами, быстрое и точное обработка заявок, а также возможность анализа данных способствуют повышению уровня удовлетворенности абитуриентов и укреплению репутации учебного заведения [6].

Несмотря на очевидные преимущества автоматизации приемной компании с использованием систем 1С, существуют и определенные недостатки, которые учебные заведения должны учитывать при внедрении таких технологий.

Одним из основных недостатков является необходимость адаптации сотрудников к новым технологиям. Внедрение автоматизированных систем требует от персонала не только технических знаний, но и готовности к изменениям в рабочих процессах. Сотрудники приемной комиссии могут столкнуться с трудностями в освоении новых программ, что может временно снизить эффективность работы. Для решения этой проблемы важно проводить регулярное обучение и поддерживать сотрудников в процессе адаптации.

Вторым значительным недостатком является вопрос безопасности данных. Обработка персональной информации абитуриентов требует строгого соблюдения норм законодательства о защите данных.

Третьим недостатком является зависимость от технической инфраструктуры. Эффективность работы автоматизированных систем во многом зависит от надежности интернет-соединения и технического обеспечения. В случае сбоев в работе оборудования или отсутствия доступа к интернету могут возникнуть значительные задержки в обработке заявок. Поэтому учебные заведения должны инвестировать в обновление технической инфраструктуры и иметь резервные решения на случай непредвиденных ситуаций.

Заключение. Автоматизация приемной компании высших и средне специальных учебных заведений с использованием систем 1С представляет собой важный шаг к повышению эффективности и качества работы. Преимущества автоматизации, такие как снижение временных затрат, повышение точности учета и возможность аналитики, делают системы 1С неотъемлемой частью современного управления образовательными процессами. В условиях растущей конкуренции на рынке образования внедрение таких решений становится не просто желательным, а необходимым для обеспечения устойчивого развития учебных заведений. Системы 1С не только упрощают процессы, но и создают основу для дальнейшего развития образовательных учреждений в условиях цифровизации.

Список литературы

1. Кузнецова, Е. В. Автоматизация процессов в системе высшего образования. – Москва: Издательство МГУ, 2022.

2. Петров, С. А. Информационные технологии в управлении образовательными учреждениями. – Санкт-Петербург: Питер, 2023.

3. Автоматизация приёмной кампании в Гомельском государственном медицинском университете [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.is.by/blog/realnaya-avtomatizatsiya/avtomatizatsiya-priyemnoy-kampanii-v-gomelskom-gosudarstvennom-meditsinskom-universitete-/?utm_source=chatgpt.com. Дата доступа: 20.03.2025

4. Николаев, Е. П. Анализ данных в образовании: современные методы и инструменты. – Томск: Издательство ТГУ, 2023.

5. Васильев, А. Н. Перспективы использования облачных технологий в образовательных учреждениях. – Екатеринбург: Уралтех, 2022.

6. Федоров, А. В. Современные подходы к автоматизации приемной кампании. – Казань: Физматлит, 2023.

UDC 004.021:004.75

THE ADVANTAGES OF AUTOMATING THE ADMISSION CAMPAIGN OF HIGHER AND SECONDARY SPECIALIZED EDUCATIONAL INSTITUTIONS USING 1C SYSTEMS

Ershov D.G., Voytehovich D.K.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kozhemiako E.A. – Head of the Center for Informatization and Innovative Developments

Annotation. This paper examines the advantages of automating the admission campaign of higher and secondary specialized educational institutions using 1C systems. Automation of processes makes it possible to significantly optimize the work of educational institutions, increase the efficiency of interaction with applicants and improve the quality of data processing. Special attention is paid to reducing time costs, improving accounting accuracy and integration with other information systems.

Keywords: automation, admissions committee, 1C systems, higher education, information technology, data management.

УДК 004.42

АЛГОРИТМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СРЕДЕ EXIGNER

Пономарев И.А.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация

Научный руководитель: Межуев А.В. – к. т. н.

Аннотация. Статья посвящена разработке и внедрению алгоритмов автоматизированного мониторинга и управления технологическим процессом на предприятии пищевой промышленности. Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения точности и эффективности производственных операций в условиях цифровой трансформации.
Цель исследования — повышение производительности процесса производства халвы. Использованы методы визуального программирования, обработки данных с датчиков и событийной логики. В результате созданы прототип с интерактивным интерфейсом, алгоритмы мониторинга и управления. Практическая значимость заключается в возможности масштабирования и интеграции решения в существующие производственные и информационные системы предприятий пищевой отрасли.

Ключевые слова. автоматизация технологических процессов, инструментальные средства разработки, Exigner, пищевая промышленность, производственный процесс, low-code, мониторинг, управление, технологические параметры.

Введение. Современные вызовы в области управления производственными процессами требуют от предприятий гибких и адаптируемых решений для повышения эффективности и снижения затрат. Особенно остро эти требования ощущаются в пищевой промышленности, где высока потребность в соблюдении точных параметров технологического процесса [1]. Автоматизация с использованием визуальных сред разработки становится ключом к решению этой задачи. Одним из решений в данной области является система Exigner, разработанная компанией Galileosky. Преимущество данного инструментального средства разработки заключается в том, что компания разрабатывает как сами управляемые контроллеры, так и программное обеспечение для них. Настоящее исследование посвящено разработке и тестированию алгоритмов управления и мониторинга производственного процесса на примере обжаривания ядер подсолнечника — одного из ключевых этапов в производстве подсолнечной халвы [2].

Основная часть. Современные предприятия стремятся к внедрению цифровых решений, позволяющих снизить затраты и повысить контроль за процессами. Однако существующие системы автоматизации не всегда обладают достаточной гибкостью и удобством настройки [3]. Разработка адаптируемых инструментов автоматизации, таких как Exigner, позволяет решать задачи контроля и управления технологическими процессами в режиме реального времени.

В условиях быстро развивающейся цифровой трансформации предприятий особое значение приобретает внедрение low-code систем, позволяющих создавать и адаптировать логики управления без глубоких программных знаний. Система Exigner предлагает инструменты визуального проектирования интерфейсов и логики, применимые к широкому спектру задач. В рамках данной работы были разработаны и протестированы алгоритмы управления технологическим процессом обжаривания ядер подсолнечника с использованием терминального устройства Galileosky 7x и среды Exigner.

Для достижения цели было необходимо выполнить проектирование производственного процесса изготовления халвы, проанализировать возможности системы Exigner для

автоматизации процесс, разработать алгоритмы мониторинга и управления технологическими параметрами, а также протестировать графический интерфейс системы [4].

Процесс обжаривания требует соблюдения температурного режима (110–120°C), уровня влажности (1–2%) и давления (0,39–0,59 МПа). Терминальное устройство собирает данные с датчиков, передаёт их в систему Exigner, где происходит их визуализация и анализ. Основной инструмент получения данных в системе – метод ng.input.getValue(IN_ID, index, timeout), позволяющий в реальном времени получать текущие значения параметров. Для визуализации данных был разработан дашборд, включающий диаграммы с отображением температуры, влажности и давления (рисунок 1). Реализована возможность ручной корректировки параметров через интерфейс при превышении заданных значений.

Также были встроены механизмы оповещения оператора о выходе параметров за пределы допустимого диапазона.

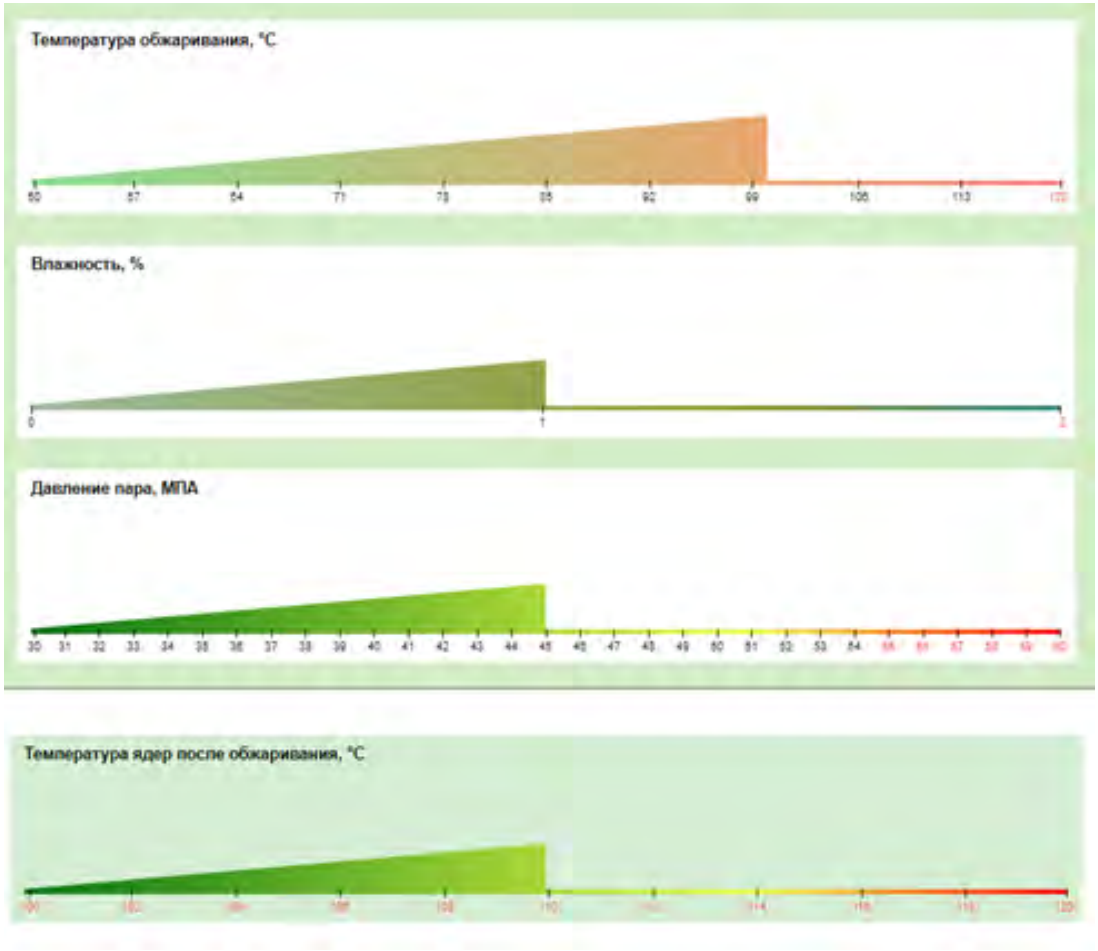


Рисунок 1 – Диаграммы для мониторинга и контроля показателей техпроцесса обжаривания ядер подсолнечника

Алгоритм мониторинга и управления технологическим процессом обжаривания ядер подсолнечника можно представить в виде трёх ключевых этапов [5].

1 Сбор данных с датчиков и передача их в систему Exigner (рисунок 2);

2 Обработка данных, сравнение с пороговыми значениями, генерация сигналов тревоги;

3 Управляющее воздействие: ручное или автоматическое изменение параметров через интерфейс или отправка команд на терминал.

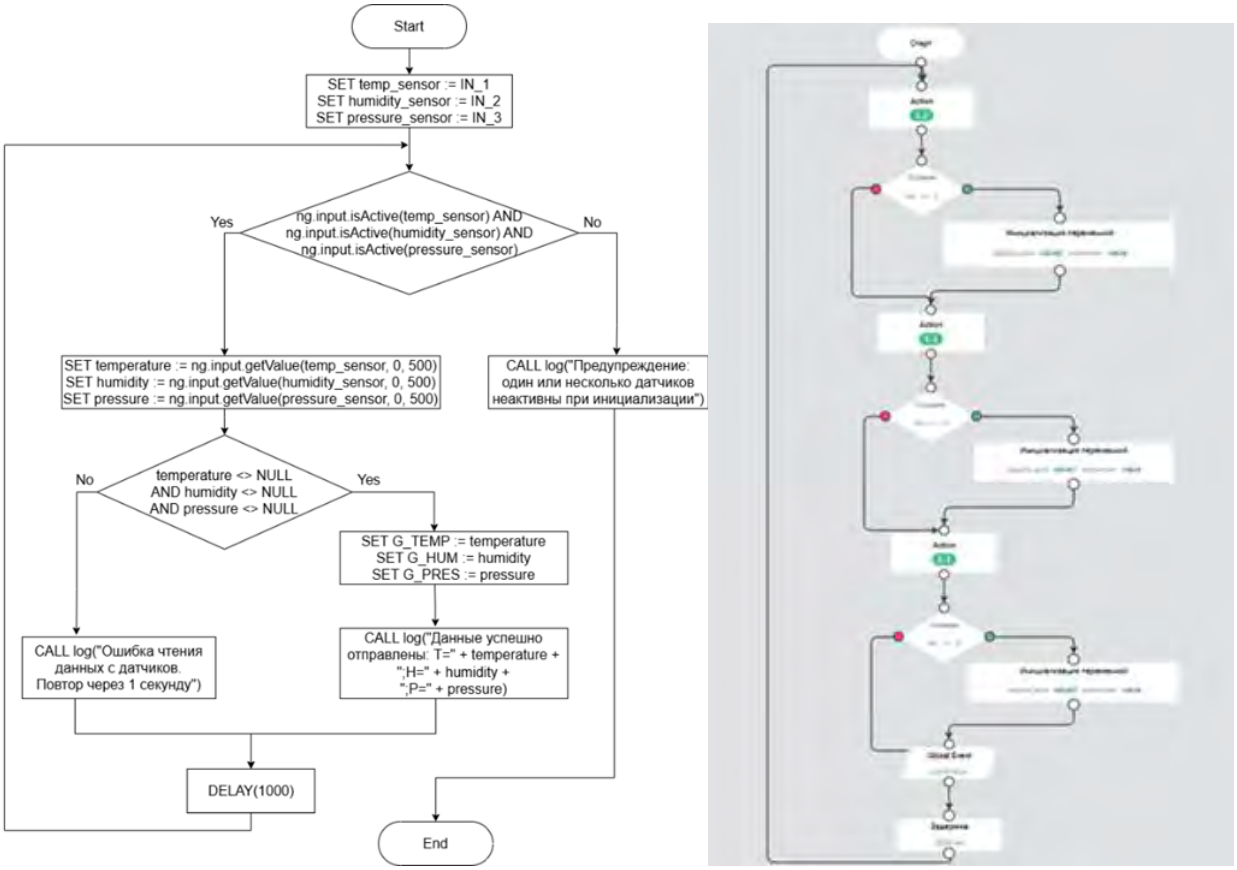


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма сбора и передачи данных по технологическим параметрам с датчиков в среду Exigner с использованием терминала Galileosky (на языке Easy Logic). Реализация в Exigner

Созданный прототип алгоритма в Exigner (рисунок 2) демонстрирует, как визуальное программирование и low-code инструменты позволяют инженерам и технологам без глубоких знаний в ИТ самостоятельно разрабатывать рабочие решения [6]. Система оповещает персонал, фиксирует инциденты и обеспечивает логирование. Решение может быть масштабировано за счёт модульной архитектуры – возможно подключение систем аналитики, удалённого мониторинга, интеграция с ERP и MES-системами [7].

Заключение. Проведённое исследование показало, что система Exigner обладает высоким потенциалом для создания автоматизированных решений в пищевой промышленности. Разработанный алгоритм управления процессом обжаривания ядер подсолнечника продемонстрировал высокую точность, удобство использования и потенциал масштабирования. Практическая значимость работы заключается в возможности широкого применения разработанного подхода на аналогичных этапах пищевого производства. Перспективным направлением развития является расширение функциональности платформы: поддержка командной работы, версионность, расширенные инструменты настройки и интеграции. Эти меры позволят ещё более широко использовать Exigner в различных секторах промышленности.

Список использованных источников:

1. Касьянов В. В., Смирнова И. А. Цифровая трансформация экономики: вызовы и перспективы // Экономика и управление. – 2020. – № 4. – С. 15–22.

2. Петров А. С. Цифровая экономика: статистический анализ и прогнозы. – М. : Наука, 2021. – 200 с.

3. Сидоров Н. И. Автоматизация технологических процессов: учебное пособие. — СПб. : Политехника, 2019.– 180 с.

4. Абдрахманова, Г. И. Цифровая экономика: 2024: краткий статистический сборник // Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: НИУ ВШЭ, 2024. – 124 с.

5. Иванова Л. П. Современные подходы к автоматизированным системам управления // Инженерный журнал. – 2021. – № 2. – С. 45–50.

6. Технология Easy Logic: возможности и применение [Электронный ресурс] / ООО «ТехноСистемы». – Режим доступа: http://technosystems.ru/easylogic (дата обращения: 05.04.2025).

7. Мобильное приложение Exigner: руководство пользователя [Электронный ресурс] / ООО «Инновационные решения». – Режим доступа: http://innovsol.ru/exigner-guide (дата обращения: 01.04.2025).

UDC 004.42

DEVELOPMENT OF MONITORING AND CONTROL ALGORITHMS FOR FOOD INDUSTRY PRODUCTION PROCESSES IN THE EXIGNER PLATFORM

Ponomarev I.A., Master of Sci. student, MIST-23-1

National University of Science and Technology «MISiS», Moscow, Russian Federation

Scientific adviser: Mezhuyev A.V. – Cand. of Sci.

Annotation. This paper presents the development and implementation of automated monitoring and control algorithms for a technological process at a food industry facility using the Exigner low-code platform. The relevance of this research lies in the increasing demand for accurate and efficient production control in the context of industrial digital transformation. The primary goal is to enhance the productivity and operational stability of the halva manufacturing process. The proposed approach is based on visual algorithm modeling, real-time sensor data acquisition, and event-driven control logic. A functional prototype was developed, featuring an interactive dashboard and integrated control mechanisms. The solution demonstrates scalability and compatibility with existing industrial and information infrastructures in the food production domain.

Keywords. Industrial automation, low-code platforms, process control, food industry, Exigner, halva production, real-time monitoring, digitalization.

СЕКЦИЯ
«ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ»

УДК 621.793.79

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛЁНОК ОКСИДА ЦИНКА ИОННО-ЛУЧЕВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ ОКСИДНОЙ И МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МИШЕНЕЙ

Потылкин А.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Завадский С.М. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Экспериментально исследовано различие свойств и особенностей формирования диэлектрических слоев оксида цинка, полученных ионно-лучевым распылением оксидной и металлической мишеней.

Ключевые слова: оксид цинка, реактивное ионно-лучевое распыление, коэффициент преломления, элементный состав.

Введение. Среди полупроводниковых материалов, находящих применение в фотонике и электронике, оксид цинка выделяется уникальным набором физико-химических свойств (высокий коэффициент пропускания в оптическом и ближнем ИК диапазоне, проявление пьезо- и термоэлектрического эффектов, приемлемая электропроводность) [1]. На данный момент пленки из данного материала нашли применение в качестве основного материала сенсоров как газочувствительного слоя, также эти покрытия используются в составе солнечных элементов, в наногенераторах (за счет пьезоэлектрических свойств). Перспективно применение данного материала для создания полупроводниковых лазеров [2].

Данная работа посвящена исследованию процессов формирования тонкопленочных покрытий из оксида цинка ионно-лучевым распылением двух различных мишеней.

Основная часть. Формирование оксидных слоев ZnO осуществлялась на экспериментальной вакуумной установке ВУ-2Мп, оснащенной ионно-лучевым источником.

В качестве подложек использовались фрагменты монокристаллических кремниевых пластин, подложки из стекла размером 2 на 4 см толщиной 2 мм.

Основной целью проводимых исследований является установление различий в свойствах и особенностей формирования диэлектрических слоев оксида цинка реактивным ионно-лучевым распылением. Для этого было решено проводить формирования слоев в два этапа:

– 1 этап – формирование слоя ZnO из металлической (Zn) мишени;

– 2 этап – формирование слоя ZnO из оксидной (ZnO) мишени.

Перед нанесением покрытий вакуумная камера откачивалась до остаточного давления $2x10^{-3}$ Па. После этого в течении 10 мин проводилась ионная очистка подложек при помощи ионного-лучевого источника. Рабочий газ аргон, напряжение разряда 2500 В, ток разряда 50 мА. После очистки на образцы наносился слой оксида цинка. Для всех образцов режимы нанесения выбирались из областей предпочтительной работы, и составляли напряжение разряда U_p=4,5 кВ, ток разряда I_p=120-150мА; ток соленоида I_c=8А; расстояние мишень-подложка 27 см; время формирования слоев из цинковой мишени 20 мин, из оксидной мишени – 30 мин. Область предпочтительной работы выбрана исходя из технических характеристик распылительного оборудования, так, чтобы с одной стороны обеспечить минимальный уровень загрязнений в наносимой пленке, а с другой приемлемую скорость нанесения покрытия.

В процессе нанесения, от образца к образцу изменялось процентное содержание O_2 в рабочей смеси газов. Шаг изменения содержания составлял 2 мл/мин, что составляло величину порядка 10%.

Коэффициент поглощения *n* нанесенных слоев определялся методом элипсометрии на элипсометре ЛЭФ-3М, состав полученных покрытий определялся на энергодисперсионном спектрометре типа *AVALON* 8000 фирмы *Princeton Gamma-Tech*.

Для каждого из этапов исследований был проведен анализ элементного состава пленок ZnO. Анализ проводился для 3-ех образцов из группы соответствующих минимальному, среднему и максимальному значению содержания кислорода в смеси рабочих газов.

По полученным экспериментальным данным были построены зависимости коэффициента преломления и атомного отношения для каждого класса покрытий, представленные на рисунках 1, 2. Также на рисунке 3 представлено изменение скорости нанесения и коэффициента пропускания.

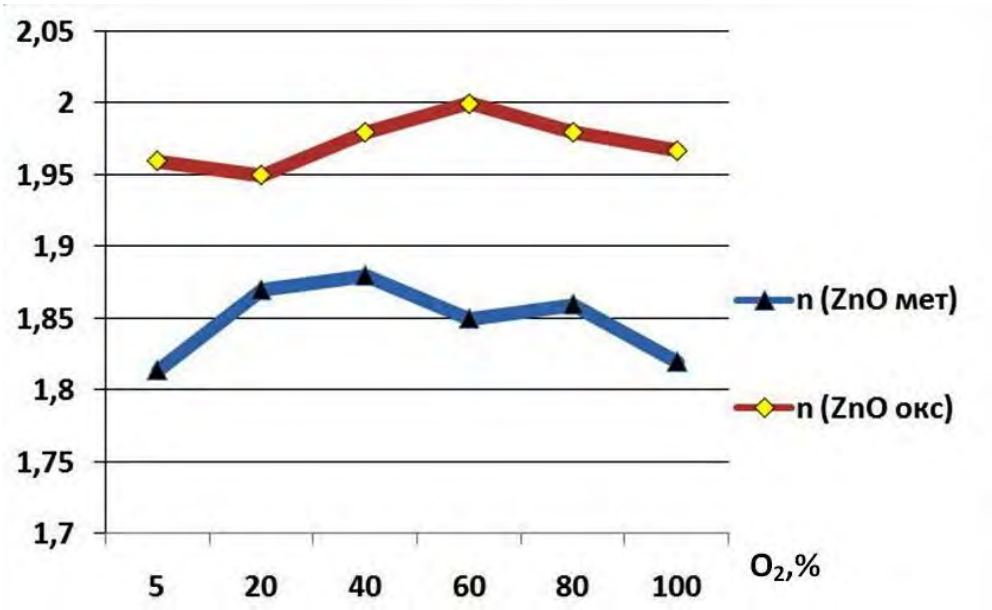


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента преломления n от содержания O_2 в смеси рабочих газов, где $n(ZnO_{мет})$ – коэффициент преломления пленки ZnO, полученной из металлической мишени, $n(ZnO_{окс})$ – из оксидной мишени.

Коэффициент преломления для пленок оксида цинка ($n = 2{,}1$ [3]), полученных из мишеней ZnO практически не меняется при изменении процентного содержания кислорода в смеси рабочих газов и колеблется около значения 1,95 - 2,0. Коэффициент преломления пленок, полученных из металлической мишени, не превышал значения 1,87. Это свидетельствует о том, что состав сформированных покрытий отличался от стехиометрического.

Элементное соотношение между металлом и кислородом ($Zn: O$) для пленок, полученных из оксидной мишени колебалась около значения 1:1, а для пленок, нанесенных из металлической мишени минимальное отношение составляло 1,3:1, т.е. в пленках, нанесенных из металлической мишени, присутствовал избыток металла и соответственно недостаток кислорода. Также следует отметить, что при распылении оксидной мишени (ZnO) даже при отсутствии кислорода в смеси рабочих газов формировались пленки с составом и коэффициентом преломления близкими к объемному материалу.

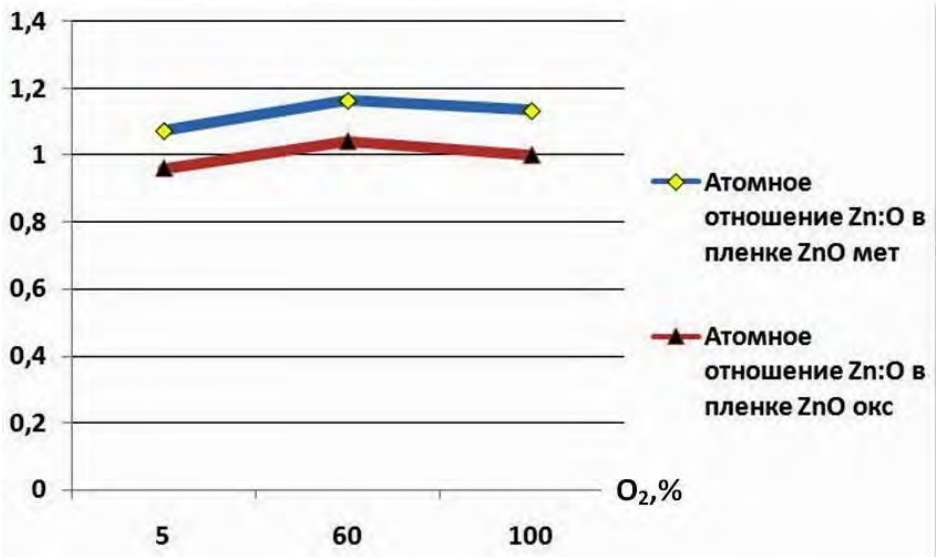


Рисунок 2 – Зависимость атомного отношения $Zn{:}\,O$ в пленке оксида цинка от содержания O_2 в смеси рабочих газов, полученных из металлической ($ZnO_{мет}$) и оксидной ($ZnO_{окс}$) мишени.

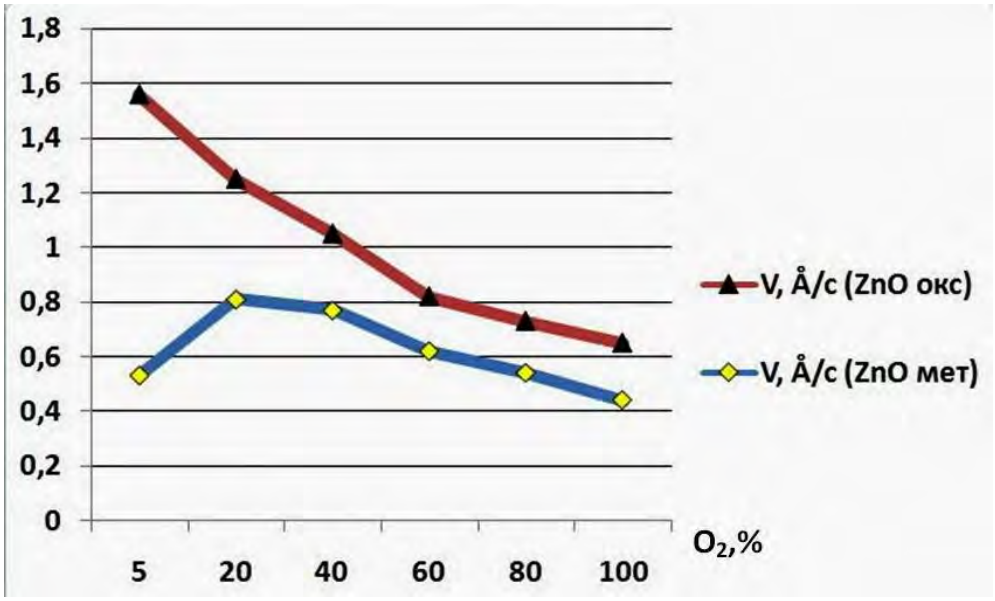


Рисунок 3 – Зависимость скорости нанесения V от содержания O_2 в смеси рабочих газов, где $V(ZnO_{мет})$ – скорость нанесения пленки ZnO, полученной из металлической мишени, $V(ZnO_{окс})$ – из оксидной мишени.

Скорость формирования пленок оксида цинка из металлической и оксидной мишени при увеличении содержания кислорода монотонно уменьшается. При этом скорость распыления оксидной мишени выше скорости распыления металлической мишени в 1,3 раза, что согласуется с литературными данными по значениям коэффициента распыления оксида цинка [5,6].

Заключение. Проведенные исследования позволили сделать выводы о неоднозначности процесса распыления оксидных мишеней, о необходимости более детального исследования процесса нанесении тонкопленочных слоев при распылении оксидных мишеней (исследование влияния энергии ионов, изменения газовой среды при распылении, изменение температур и режимов нанесения покрытия). В зависимости от

назначения формируемого оксидного слоя, его нанесение можно осуществлять тремя способами:

– формирование из металлической мишени – предпочтителен для нанесения с высокой скоростью защитных, диэлектрических, декоративных слоев;

– формирование из оксидной мишени – предпочтителен для нанесения слоев со свойствами близкими к свойствам объемного материала (пониженная скорость);

– формирование с дополнительным ассистированием.

Список литературы

1. *Формирование тонких пленок оксида цинка комбинированным методом гидротермального и послойного атомного осаждения / Е.Б. Чубенко, В.П. Бондаренко, В.А. Пилипенко, К. Топали, А.К.Окяй // Докл.БГУИР. – 2016. – №4(98). – С. 28–34.*

2. *Оксид цинка: многообещающий полупроводник будущего [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://electricalschool.info/spravochnik/material/2928-oksid-cinka-mnogoobeschayuschiy-poluprovodnik-buduschego.html. Дата доступа: 11.02.2025.*

3. *Справочник химика [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://chem100.ru/. Дата доступа: 04.02.2025.*

4. *Seed layer assisted hydrothermal deposition of low-resistivity ZnO thin films / E.Chubenko, V. Bondarenko, A. Ghobadi, G. Ulusoy, K. Topali, A.K. Okyay // MRS Advances .– 2017. – Vol. 2, iss. 14. – P. 799–804.*

5. *Angstrom Sciences, Inc., Sputtering Yields (https://angstromsciences.com/sputtering-yields) Дата доступа: 11.02.2025.*

6. *15. Laegreid N., Wehner, G. K. Sputtering yields of metals for Ar+ and Ne+ ions with energies from 50 to 600 eV // J. Appl. Phys. - 1961. - Vol. 32. - p. 365–369.*

UDC 621.793.79

FORMATION OF ZINC OXIDE FILM BY ION-RAY SPRAYING WITH OXIDE AND METAL TARGETS

Potylkin A.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Zavadski S.M. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT

Annotation. Experimentally investigated the difference of properties and features of formation of dielectric layers of zinc oxide obtained by ion-ray spraying of oxide and metal targets.

Keywords: zinc oxide, reactive ion-ray dispersion, refractive coefficient, elemental composition.

УДК 502.51:543.31

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И УТИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Андриенко И.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Бычек И.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Одними из крупных загрязнителей поверхностных и подземных вод являются полигоны твердых коммунальных отходов и производства электронной техники. Проведено исследование по установлению содержания веществ, влияющих на пригодность воды к использованию в хозяйственно-бытовых целях, из источников, расположенных на территориях, сопредельных с полигонами отходов. Показано, что воду из данных источников не рекомендуется использовать в неочищенном виде для питья и для хозяйственно-бытовых нужд.

Ключевые слова: поверхностные воды, подземные воды, полигон твердых коммунальных отходов, электронная техника, загрязняющие вещества.

Введение. Одной из важнейших задач государственной политики Республики Беларусь является рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды, обеспечение благоприятных условий проживания людей, успешное решение которой во многом определяет особенности устойчивого развития страны. Наличие чистой воды, пригодной не только для питья, но и для хозяйственно-бытовых нужд, является одним из важнейших аспектов благоприятной жизни людей [1].

Крупными загрязнителями поверхностных и подземных вод в г. Гомеле являются полигоны твердых коммунальных отходов (далее – ТКО) и производства электронной техники. Более 15 % бытового мусора составляют электрические приборы или их отдельные части – гальванические элементы, микросхемы, провода и их изоляция.

В последние десятилетия в г. Гомеле и Гомельской области остро стоит вопрос о количестве и размерах полигонов захоронения электронной техники. Так, с ростом города увеличиваются объемы бытовых и промышленных отходов, производимых его жителями. В свою очередь, это ведет к тому, что количество полигонов растет и их пагубное влияние на окружающую среду и человека становится все более выраженным. Поэтому актуальным является определение состояния поверхностных и подземных вод, расположенных в зоне влияния полигонов ТКО г. Гомеля.

Основная часть. Для определения состояния поверхностных и подземных вод необходимо решить следующие задачи: определить современное состояние проблемы загрязнения поверхностных и подземных вод; провести сравнительный анализ содержания загрязняющих веществ в отобранных пробах воды; рассмотреть сезонные изменения содержания загрязняющих веществ. Объектом исследования является вода из поверхностных и подземных источников, расположенных на территориях, сопредельных с полигоном твердых коммунальных отходов. Предмет исследования: содержание в пробах воды общего количества железа (Fe), карбонатов (CO_3^{2-}) и гидрокарбонатов (HCO_3^-), определение pH, общей щелочности.

В районах, затронутых свалками, загрязняющие компоненты в подземную воду обычно попадают непосредственно из массы отходов или через местные загрязненные поверхностные воды (водотоки, заболоченные земли). Через подземные воды загрязнители могут мигрировать в ограниченные водоемы, а также в поверхностные воды. Загрязнение подземных вод зависит как от физико-химических свойств хранимых отходов, так и от условий защиты водоносных горизонтов [2]. На границе санитарно-защитных зон

полигонов (расстояние до 500 м) в воде обычно фиксируются только изменения соотношения макрокомпонентов. Однако в случае неблагоприятных геолого-гидрогеологических условий территория распространения загрязненных вод может быть расширена. В таблице 1 указаны расстояния от полигона ТКО до точек отбора проб. В качестве контрольной пробы была использована водопроводная вода.

Точки №1 и №2 относятся к поверхностным, а точки №3 и №4 к подземным источникам водоснабжения.

Таблица 1 – Удаленность точек отбора от полигона ТКО

Номер точки отбора	Место расположение	Расстояние от полигона ТКО, м
1	Река Уза	887
2	Пруд в деревне Уза	1424
3	Шахтный колодец	1420
4	Проба из частной скважины	1360

Все анализы выполнялись по стандартизированным методикам [3]. Титриметрическим методом анализа определены общая щелочность, карбонаты, гидрокарбонаты, временная жесткость; показатель pH – при помощи индикаторной бумаги. Поскольку многие показатели имеют сезонные изменения, все измерения проводились дважды при разных метеорологических условиях (таблица 2).

Таблица 2 – Метеорологические показатели в периоды отбора

Период отбора	Средняя температура в день отбора, ºС	Количество осадков в месяце отбора, мм
Июль 2024	21	81,5
Сентябрь 2024	15,6	28,8

Показатель pH при сравнении проб, отобранных в летний и осенний периоды 2024 года, уменьшился в осенний период по сравнению с летним в 1,12 раза. Разница показателей между точками отбора составляет не более 0,2. Исходя из полученных данных и сравнительного описания, можно сделать вывод о существовании сезонного изменения показателя pH, однако оно является незначительным. Данные изменения показателей pH можно объяснить колебанием среднемесячной температуры в периоды отбора проб, из-за чего растворимость многих кислот и кислых солей повышалась или понижалась, что и обусловило хоть и незначительное, но изменение pH воды.

Временная жесткость воды определяется содержанием в ней растворенных карбонатов и гидрокарбонатов. По результатам анализа все исследованные воды можно классифицировать по показателю жесткости как очень мягкие. Показатель жесткости при сравнении проб, отобранных в летний и осенний периоды 2024 года, уменьшился в осенний период по сравнению с летним в 1,13 раза (таблица 3).

Таблица 3 – Уровень временной жесткости проб воды, мг-экв./л

Номер точки отбора	Периоды отбора проб	
	Июль 2024	Сентябрь 2024
1	1,75	1,67
2	1,00	0,90
3	1,20	1,00
4	0,60	0,45
Контрольная	0,34	

Исходя из полученных данных и сравнительного описания, можно сделать вывод о существовании сезонного изменения данного показателя.

Щелочностью воды называется суммарная концентрация содержащихся в воде анионов слабых кислот и гидроксильных ионов, вступающих в реакцию при лабораторных исследованиях с соляной или серной кислотами с образованием хлористых или сернокислых солей щелочных и щелочноземельных металлов (таблица 4). Предельно допустимые границы показателя щелочности должны находиться в пределах от 0,5 до 6,5 ммоль/л [4].

Таблица 4 – Общая щелочность проб воды, ммоль/л

Номер точки отбора	Периоды отбора проб	
	Июль 2024	Сентябрь 2024
1	8,7	8,0
2	12,1	8,9
3	13,2	8,0
4	2,9	1,9
Контрольная	1,5	

Общая щелочность при сравнении проб, отобранных в летний и осенний период 2024 года, уменьшилась в осенний период по сравнению с летним в 1,38 раза. Превышение ПДК составляет 1,3 раза.

Самые высокие содержания железа зафиксированы в летний период 2024 года. В данный периоды показатель ПДК был превышен в среднем в 3,26 раз (таблица 5).

Таблица 5 – Концентрация ощего железа, мг/л

Номер точки отбора	Периоды отбора проб	
	Июль 2024	Сентябрь 2024
1	1,05	1,62
2	2,08	0,52
3	2,2	0,45
4	3,12	0,67
Контрольная	0,25	

Содержание железа при сравнении проб, отобранных в летний и осенний периоды 2024 года, уменьшилось в осенний период по сравнению с летним в 2,39 раза.

Заключение. Проведен анализ воды из источников, расположенных на территориях, сопредельных с полигонами отходов. Установлено, что одними из главных загрязнителей воды являются Fe, CO_3^{2-} и HCO_3^{2-}. Проанализировано содержание токсикантов в пробах воды и определено, что некоторые показатели больше, чем предельные концентрации. Показано, что все показатели имеют сезонные изменения, причем в период с более низкой температурой показатели снижались. Прослеживается явная закономерность повышения концентрации токсикантов от типа воды и расстояния от источника загрязнения.

Таким образом, воду из данных источников не рекомендуется использовать в неочищенном виде ни для питья, ни для хозяйственно-бытовых нужд [5]. При необходимости рекомендуется применять различные способы очистки воды, такие как кипячение, фильтрование, отстаивание.

Список литературы

1. *Лысухо, Н. А. Отходы производства и потребления, их влияние на природную среду: монография / Н. А. Лысухо, Д. М. Ерошина. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – 210 с.*

2. *Коваленко, Н. А. Химические методы количественного анализа: учеб. - метод. пособие по дисциплине «Аналитическая химия» для студентов высших учебных заведений специальностей 1 - 47 02 01 «Технология полиграфических производств», 1 - 48 01 05 «Химическая технология переработки древесины» / Н. А. Коваленко, Г. Н. Супиченко. – Минск: БГТУ, 2007. – 82 с.*

3. *Вода хозяйственно - питьевого назначения. Общие требования к полевым методам анализа: ГОСТ 24902 - 81. – Введ. 01.01.1983; введ. РБ 17.12.92; переизд. (сентябрь 2011 г.) с изм. 1. – Минск: Белорус. гос. ин - т стандартизации и сертификации, 2011. – 6 с.*

4. *Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов: ГОСТ 31957 – 2012. – Введ. 01.01.2016. – Минск: Белорус. гос. ин - т стандартизации и сертификации, 2016. – 32 с.*

5. *Андриенко, И. М. Оценка состояния поверхностных и подземных вод на территориях, сопредельных с полигоном твердых коммунальных отходов / И. М. Андриенко, Р. С. Хомченко, С. С. Семерная // Планирование, проведение и толкование итогов научных исследований: междунар. науч.-практ. конф., Киров, 20 янв. 2024 г. : сборник статей / Научно-издательский центр Аэтэрна; редкол.: А.А. Сукиасян (отв. ред.) [и др.]. – Уфа, 2024. – С. 220–222.*

UDC 502.51: 543.31

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL RISKS IN THE PRODUCTION AND DISPOSAL OF ELECTRONIC EQUIPMENT

Andryienko I.M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Bychek I.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT

Annotation. One of the major polluters of surface and underground waters are solid municipal waste landfills and electronic equipment production sites. A study was conducted to determine the content of substances affecting the suitability of water for domestic use from sources located in territories adjacent to landfills. It is shown that water from these sources is not recommended to be used in an uncleaned form for drinking and for household needs.

Keywords: surface water, groundwater, municipal solid waste landfill, electronic equipment, pollutants.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОДНОКАНАЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТОКА

Васильева А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лушакова М.С. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. В данной работе рассматривается одноканальный преобразователь тока, предназначенный для применения в системах измерения, управления и мониторинга. Основное внимание уделено темам повышения точности, стабильности и надежности устройств. Рассмотрены преимущества и недостатки различных методов, а также их практическое применение в промышленных и энергетических системах.

Ключевые слова: одноканальный преобразователь тока, токовый сигнал, шунт, напряжение.

Введение. Современные электронные системы предъявляют высокие требования к точности и надежности измерения электрических параметров, что обуславливает необходимость разработки эффективных преобразователей сигналов. Одним из ключевых элементов в таких системах является одноканальный преобразователь тока, который преобразует напряжение, снимаемое с шунта, в пропорциональный токовый сигнал.

В данной работе рассматриваются современные тенденции и инновационные подходы к разработке подобных преобразователей тока для обеспечения достаточного уровня точности и надежности устройств.

Основная часть. Современные разработки в области одноканальных преобразователей тока направлены на повышение точности измерений, снижение влияния внешних помех и улучшение эксплуатационных характеристик устройств. Использование шунтирующих резисторов в качестве первичных элементов измерения позволяет достичь высокой точности и надежности преобразования напряжения в ток, что особенно важно в системах мониторинга и управления.

Так, например, для обработки сигнала с шунта может использоваться микроконтроллер. Преимуществом такой схемы является возможность программной компенсации погрешностей. Однако высокая стоимость микроконтроллера ограничивает применение устройства в бюджетных решениях. Упрощенная схема работы устройства представлена на рисунке 1.

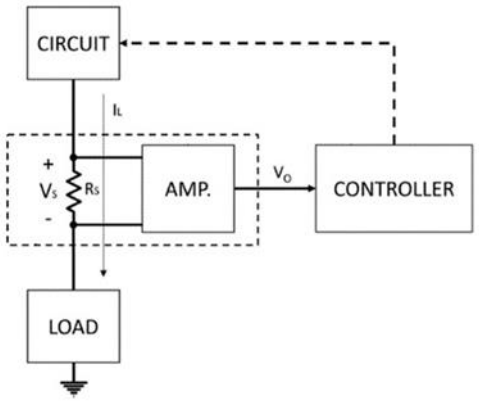


Рисунок 1 – Цепь измерения тока с температурной компенсацией

Устройство позволяет одновременно применять механическое воздействие на образец и получать его изображение, анализируя изменения в реальном времени. Система используется для определения момента разрушения соединений в микроэлектронных компонентах и проведения многоосевых испытаний. Среди преимуществ – высокая точность, возможность визуализации деформаций и адаптация к различным материалам, что делает технологию востребованной в микроэлектронике и материаловедении [1].

Требуемая точность может обеспечиваться также за счет использования прецизионных компонентов и температурной компенсации. Ток, протекающий через шунт, создает падение напряжения, пропорциональное его величине. Температурный дрейф компенсируется с помощью терморезисторов и прецизионных компонентов, что обеспечивает стабильность работы устройства при изменении температуры. Усиленное операционным усилителем напряжение преобразуется в ток с помощью токового выходного каскада. Выходной ток пропорционален входному напряжению и может быть использован для управления внешними устройствами. Устройство обеспечивает высокую точность, стабильность и низкую стоимость, что делает его пригодным для широкого спектра применений. Однако для некоторых задач может потребоваться расширение диапазона измерений и улучшение температурной стабильности [2].

В некоторых преобразователях используются микросхемы для преобразования электрического напряжения в пропорциональный постоянный ток. Пример такого устройства изображен на рисунке 2.

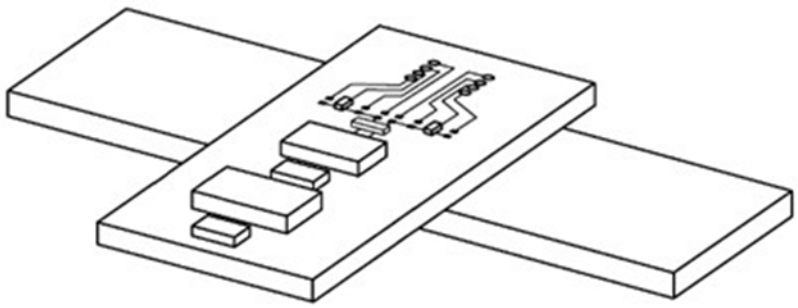


Рисунок 2 – Устройство для обнаружения тока

Устройство отличается высокой точностью преобразования тока с погрешностью менее 0,5%, является температурно-стабильным, компактным и потребляет минимальное количество энергии. Недостатками данного устройства являются ограниченный диапазон измерений (от 0,1 А до 10 А), что уменьшает диапазон использования в разного рода системах в отраслях промышленности и энергетики [3].

В целях повышения точности, увеличения стабильности преобразования и снижения влияния внешних факторов на работу устройства используют цифровые сигнальные процессоры (DSP), которые обрабатывают сигнал с АЦП. Процессор выполняет фильтрацию, компенсацию погрешностей и другие алгоритмы обработки сигналов. Кроме того, в устройство включены диоды и стабилитроны для защиты от перегрузок и коротких замыканий. Данные устройства поддерживают широкий диапазон измеряемых токов от 0,01 А до 100 А и обладают погрешностью измерений менее 1%. DSP позволяет легко изменять алгоритмы обработки сигналов, что делает устройства универсальными. Недостатками являются высокая стоимость, сложность разработки и настройки [4].

Таким образом, современные тенденции в разработке одноканальных преобразователей тока ориентированы на интеграцию инновационных схемотехнических решений и материалов, что обеспечивает высокую точность, надежность и адаптивность устройств к различным условиям эксплуатации.

Заключение. Современные одноканальные преобразователи тока, преобразующие напряжение, снимаемое с шунта, в пропорциональный ток, становятся неотъемлемой

частью высокоточных измерительных и управляющих систем. В ходе исследования выявлены ключевые тенденции в их разработке, направленные на повышение точности, стабильности и надежности работы устройств при минимизации внешних помех. В частности, использование прецизионных компонентов, температурной компенсации и цифровых сигнальных процессоров (DSP) позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики таких преобразователей. Однако сложность схемы и высокая стоимость некоторых решений остаются ограничивающими факторами для массового применения в бюджетных системах.

Анализ существующих решений показывает, что для достижения высокой точности преобразования снимаемого с шунта постоянного напряжения в постоянный ток при сохранении доступной стоимости необходимо тщательно подбирать элементную базу. Важным фактором является использование компонентов с низкими погрешностями измерений, высокой температурной стабильностью и минимальным влиянием паразитных параметров. Оптимизация схемы и применение современных методов обработки сигналов позволят обеспечить требуемую линейную зависимость выходного тока от входного напряжения, что делает одноканальный преобразователь тока более универсальным и конкурентоспособным.

Список литературы

1. *Current measurement circuit with temperature compensation [Text]: patent. US2023221356A1 USA: MPK H03K 5/00, H03M 1/00/ Duffy T.P.; applicant and patentee Semiconductor Components Industries LLC - No. 17/576,123; filed. 03.01.23; publ. 13.07.23, Official Publication: USPTO; priority 15.01.22, NO. 17/576,123 (U.S.A.)*

2. *Electricity research system and its current sensor [Text]: patent. CN210090552U China: IPC7 G01R 19/00, H02M 1/00; applicant and patentee - China Southern Power Grid Company Ltd - No. 201921943853.1; applied. 12.06.19; published 18.02.20, Official Publication: China National Intellectual Property Administration (CNIPA).*

3. *Current detection device and method of its manufacture [Text]: patent. WO2023135977A1 International application: MPK7 H03M 1/00, G01R 19/00; applicant and patentee Koa - No. PCT/CN2022/071234; applied. 06.12.22; publ. 20.07.23, Official publication: World Intellectual Property Organization (WIPO).*

4. *Wide-range high-precision closed-loop current sensor [Text]: patent. CN113933573A China: MPC7 G01R 19/00, H03M 1/00; applicant and patentee Hangzhou Dianzi University - No. 202110832831.5; applied. 28.09.21; publ. 14.01.22, Official Publication: China National Intellectual Property Administration (CNIPA).*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

MODERN METHODS OF INCREASING THE ACCURACY OF SINGLE-CHANNEL CURRENT CONVERTERS

Vasilyeva A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Lushakova M.S. - Senior Lecturer of the Department of ETT

Annotation. This paper discusses a single channel current converter designed for measurement, control and monitoring applications. The main attention is paid to the topics of improving the accuracy, stability and reliability of devices. Advantages and disadvantages of various methods are considered, as well as their practical application in industrial and power systems

Keywords: single channel current converter, current signal, shunt, voltage.

УДК 612.171.1

ПОРТАТИВНЫЙ ХОЛТЕР С ПЯТЬЮ ОТВЕДЕНИЯМИ И ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ ПО WI-FI

Лотенкова Е.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лушакова М.С. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. Разработан портативный Холтер с пятью отведениями и передачей данных по Wi-Fi на базе микроконтроллера STM32F103C8T6. Использованы интерфейсы SPI (сокр. Serial Peripheral Interface), USART (сокр. Universal Synchronous/Asynchronous Receiver and Transmitter), протокол Wi-Fi.

Ключевые слова: Холтер, передача данных, Wi-Fi, микроконтроллер STM32.

Введение. Глобальная распространенность сердечно-сосудистых заболеваний требует совершенствования методов их диагностики и лечения, особенно с акцентом на раннее выявление. Современная кардиология располагает широким спектром методов диагностики сердечных заболеваний, включая электрокардиограмму (ЭКГ), нагрузочные тесты (велоэргометрия, тредмил), компьютерную томографию сердца, эхокардиографию (УЗИ) и суточный мониторинг по Холтеру. Холтер мониторинг является высокоинформативным методом, относящимся к основным диагностическим инструментам, благодаря возможности оценки работы сердца в различных условиях: в покое, при повседневной активности, и выявления кратковременных нарушений ритма, которые могут быть незаметны при стандартной ЭКГ [1].

Холтеровское мониторирование, метод непрерывной регистрации электрокардиограммы, предложенный Норманом Холтером, является важным инструментом в этой области. Хотя современные системы мониторинга автоматизируют первичную обработку данных, решающую роль в постановке диагноза по-прежнему играет врач, осуществляя расшифровку и коррекцию результатов [2].

Основная часть. Устройство предназначено для записи ЭКГ по пяти отведениям, что обеспечивает более детальное представление об электрической активности сердца, благодаря большему охвату «углов зрения». Такое представление улучшает точность локализации аритмии и дифференцировки их типов (например, на предсердные и желудочковые), повышает выявление ишемических изменений миокарда, позволяет более тщательно анализировать форму зубца P, что особенно важно для получения наиболее полной информации о состоянии работы предсердий.

В основе устройства лежит микроконтроллер STM32F103C8T6, который превосходит платы Arduino на базе ATmega328 и ATmega2560 по производительности, объему памяти и функциональности периферии. STM32 обеспечивает возможность реализации более сложных задач [3].

Несмотря на превосходство в технических характеристиках, стоимость платы с STM32F103C8T6 сопоставима с Arduino на базе ATmega328 и ниже, чем у Arduino Mega2560, что делает ее экономически обоснованным решением. Ниже представлена таблица 1 «Сравнения характеристик STM32F103C8T6 и Arduino Nano»:

Таблица 1 – Сравнение STM32F103C8T6 и Arduino Nano

Параметр	**STM32F103C8T6**	**Arduino Nano**
Разрядность	32 бит	8 бит
Частота	72 МГц	16 МГц

Продолжение таблицы 1

Объем FLASH	64 кБайт	32 кБайт
Объем ОЗУ	20 кБайт	2 кБайт
Число выводов	37	22
Аппаратное умножение и деление	Есть, 32 разряда	Только умножение, 8 разрядов
АЦП	2 АЦП, 12 разрядов, 10 входов, 1 мкс время преобразования	10 разрядов, 8 входов, 100 мкс время преобразования
Контроллеры прямого доступа к памяти	7 каналов	Нет
Таймеры	7	3
UART	3 (выше скорость, больше режимов)	1
I2C	2	1
SPI	2	1
USB	1	Нет
CAN	1	Нет

Преимуществом передачи данных ЭКГ по беспроводному интерфейсу, а именно по Wi-Fi, является отсутствие каких-либо проводов при соединении. К тому же, устанавливаемое беспроводное соединение не требует, чтобы устройства находились в прямой видимости друг от друга.

Функциональная схема принципа работы устройства представлен на рисунке 1:

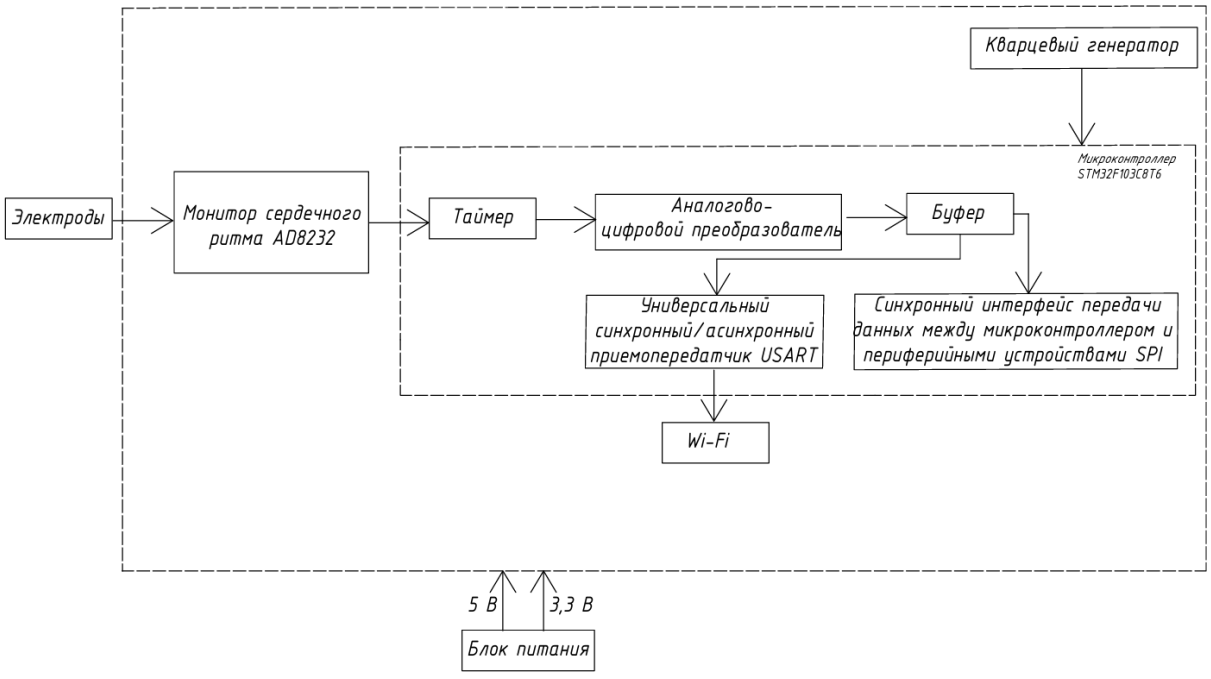


Рисунок 1 – Функциональная схема устройства

С помощью блока питания, совместимого на 5 и 3,3 В, включаются в работу все компоненты устройства. Далее сигнал с электродов, прикрепленных на теле человека, поступает на монитор сердечного ритма AD8232. После чего усиленный и отфильтрованный сигнал приходит на плату с микроконтроллером (с предварительно настроенными параметрами (частота тактирования, подключение различных шин для необходимых элементов и т.д.) по средствам работы кварцевого генератора), где, анализируя наличие прерывания через таймер, проходя через аналогово-цифровой преобразователь (далее АЦП), преобразуется в вид удобный для обработки, хранения и записи в буфер. Информация из буфера поступает на два интерфейса передачи данных:

универсальный синхронный/асинхронный приемопередатчик – USART. Далее передается с помощью Wi-Fi на принимающее устройство. Синхронный интерфейс передачи данных между микроконтроллером и периферийным устройством – SPI – используется в качестве сервисного интерфейса. Так как после программирования микроконтроллера (непосредственно с платы) в процессе эксплуатации устройства в случае возникновения каких-либо ошибок/неполадок в работе нет возможности для получения быстрого доступа (к контроллеру), зачастую на корпус выводится сервисный разъем. С помощью такого разъема обеспечивается быстрое подключение к микроконтроллеру для анализа и устранения причины возникновения ошибок.

Заключение. Рассмотрены основные преимущества использования пяти отведений, типа микроконтроллера, в частности сравнение STM32F103C8T6 и Arduino Nano. Предпочтение отдано STM32F103C8T6. Определены преимущества использования беспроводного интерфейса передачи данных – Wi-Fi и принцип работы устройства.

Список литературы

1. *Диагностика заболеваний сердца [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medi-center.ru/statji/diagnostika-zabolevaniy-serdca.*

2. *ОБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://inlnk.ru/ZZBOky*

3. *Что такое холтеровское мониторирование и для чего оно нужно? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.ru/health/turbo/articles?id=5522.*

4. *Электрокардиография [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.abcdef.wiki/wiki/Electrocardiography.*

5 Хемптон, Дж. Р. Основы ЭКГ / Дж. Р. Хемптон. – Москва: Медицинская Литература, 2006. – 224 с.

UDC 612.171.1

PORTABLE HOLTER WITH FIVE LEADS AND WI-FI DATA TRANSMISSION

Lotenkova K.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Lushakova M.S. – Senior Lecturer of the Department of ETT

Annotation. A portable Holter with five leads and data transmission via Wi-Fi based on STM32F103C8T6 microcontroller has been developed. SPI, USART interfaces, Wi-Fi protocol are used.

Keywords: Holter, data transmission, Wi-Fi, STM32 microcontroller.

УДК 621.3.031.8:629.331.5

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЕМ В АВТОМОБИЛЯХ GEELY

Гаевский Н.В., Калиновская А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Мигалевич С.А. – магистр техн. наук, ст. преподаватель, ассистент кафедры ПИКС.

Аннотация. Данная статья посвящена анализу систем управления электропитанием в автомобилях Geely, включая традиционные и электрические модели. Рассматриваются архитектура, функциональность и принципы работы модулей управления электропитанием, а также их сравнение с решениями конкурентов. Особое внимание уделяется интеграции интеллектуальных систем управления энергией и перспективам внедрения новых технологий, таких как SiC.

Ключевые слова: системы управления электропитанием, Geely, интеллектуальные системы энергоменеджмента, SiC, электромобили, гибридные транспортные системы.

Введение. Geely, как один из ведущих автопроизводителей, активно развивает свои технологии в области электрификации и гибридизации транспортных средств. Системы управления электропитанием играют ключевую роль в обеспечении эффективности и надежности этих систем. В статье будут рассмотрены основные технологии и архитектуры модулей управления электропитанием в автомобилях Geely, а также их сравнение с решениями конкурентов [1].

Основная часть. Проблема: Современные автомобили сталкиваются с рядом существенных вызовов в управлении электропитанием, что становится особенно актуальным на фоне активного развития электрификации и гибридизации транспортных средств. Традиционные схемы управления, основанные на устаревших принципах, уже не способны обеспечить оптимальное распределение энергии между различными системами транспортного средства, что приводит к повышенному энергопотреблению и снижению общей эффективности работы. Увеличение числа электронных систем и усложнение их архитектуры требуют применения более точных и рациональных методов распределения энергии, чтобы обеспечить стабильную работу ключевых компонентов, таких как аккумуляторы, чья преждевременная эксплуатация может значительно повысить эксплуатационные затраты.

Кроме того, проблемы электропитания обусловлены сложностью диагностики и устранения неисправностей в автомобильно-электрической сети. Наиболее распространёнными причинами сбоев являются низкое или отсутствующее напряжение, чрезмерное сопротивление и нарушенная непрерывность электрических цепей [2]. Так, дефекты контактов аккумулятора, вызванные коррозией или загрязнением выводов, а также ухудшение качества проводки из-за механических воздействий и вибраций, приводят к неустойчивому функционированию и последующим отказам системы. Эти проблемы усугубляются комплексностью автомобильной электроники, где каждое слабое звено может стать источником серьёзных нарушений в работе всей системы управления энергией.

Таким образом, актуальность проблем в управлении электропитанием обусловлена не только возрастанием требований к энергоэффективности в условиях стремительного внедрения современных электронных систем, но и необходимостью обеспечения экологической устойчивости, надежности и долговечности всех элементов электрической сети транспортного средства.

При рассмотрении современного развития электрических систем в автомобилях, проблема эффективного управления электропитанием приобретает стратегическую

важность. Согласно информации, изложенной в руководстве Geely Coolray [2], современные системы управления электропитанием сталкиваются с тремя ключевыми аспектами.

Первый аспект заключается в повышении эффективности энергопотребления. Для оптимального распределения энергии между многочисленными электронными системами транспортного средства необходимо минимизировать потери и рационализировать использование энергетических ресурсов. Это требование становится особенно актуальным в условиях роста электрификации и гибридизации, когда традиционные схемы управления, основанные на устаревших принципах, уже не справляются с возросшими нагрузками.

Второй аспект проблемы касается обеспечения экологической устойчивости. Оптимизация энергопотребления играет существенную роль в снижении вредных выбросов, что помогает минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Более рациональное использование энергии способствует не только уменьшению эксплуатационных затрат, но и соблюдению всё более строгих экологических стандартов, что является важным фактором для современного автомобилестроения.

Третий аспект охватывает вопросы надежности и долговечности систем управления электропитанием. Стабильная работа всех компонентов, таких как аккумуляторные батареи, крайне важна для поддержания эксплуатационных характеристик транспортного средства и снижения затрат на обслуживание. Постоянное воздействие внешних факторов, а также сложность современной электронной архитектуры требуют разработки новых решений, способных обеспечить устойчивость и долговечность системы управления энергией.

Существующие решения в области управления электропитанием часто базируются на традиционных технологиях, таких как релейные блоки и линейные регуляторы. Эти системы известны своей простотой, но их возможности ограничены, когда речь идет о современных требованиях к эффективности и гибкости. Например, традиционные схемы плохо справляются с адаптацией к динамическим изменениям нагрузки в реальном времени. В отличие от них, интеллектуальные системы предоставляют гораздо больше возможностей за счет интеграции машинного обучения и адаптивных алгоритмов.

Для более детального сравнения традиционных и современных систем управления электропитанием можно обратиться к следующей таблице 1.

Таблица 1 - Сравнительная таблица систем управления электропитанием

Характеристика	Традиционные релейные системы	Современные интеллектуальные системы
Принцип работы	Электромеханическое переключение	Полупроводниковые компоненты или гибридные решения с AI
Скорость отклика	5–15 мс	1–100 мкс
Энергопотребление	Высокое потребление энергии катушкой (12–240 В)	Низкое управляющее напряжение (3–32 В)
Управление аккумулятором	Пассивный мониторинг, риск глубокого разряда	Активное прогнозирование нагрузки, балансировка заряда, предотвращение переразряда
Гибкость архитектуры	Жёсткая конфигурация проводов	Модульная структура с программной настройкой
Экологичность	Содержат подвижные металлические части, сложная утилизация	Меньше материалов, совместимость с системами рекуперации энергии
Надёжность при вибрации	Уязвимы к ложным срабатываниям	Устойчивы к механическим воздействиям (SSR)

Для решения указанных проблем Geely активно внедряет интеллектуальные системы управления электропитанием, позволяющие повысить производительность и надежность транспортных средств. Одним из ключевых направлений является использование модульных архитектур, предоставляющих гибкость и возможность масштабирования при разработке автомобилей. Современные технологии, такие как SiC-boost модули, уже успешно применяются в гибридных системах Geely. Эти модули отличаются высокой энергоэффективностью и компактностью, что делает их подходящими для использования в автомобилях различного класса. Для наглядного понимания работы модулей управления электропитанием в автомобилях Geely приведена схема, демонстрирующая архитектуру системы и её ключевые компоненты. Эта схема иллюстрирует, как распределяется энергия между различными узлами транспортного средства, а также роль интеграции современных технологий, таких как SiC-boost модули, в оптимизации энергопотребления (рисунок 1).

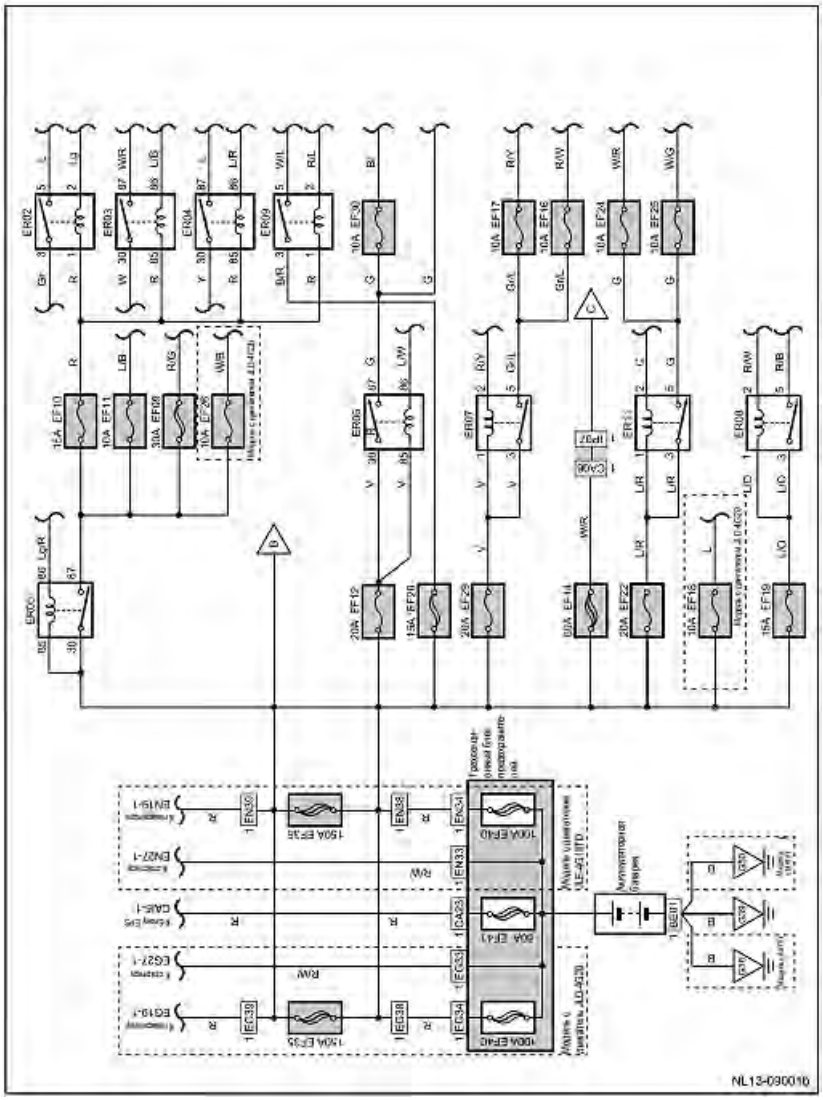


Рисунок 1 – Общая принципиальная схема системы питания

Интеграция искусственного интеллекта и алгоритмов машинного обучения в систему управления позволяет не только оптимизировать энергопотребление, но и обеспечивать раннее обнаружение неисправностей, тем самым улучшая эксплуатационные характеристики [3].

Сравнения решений Geely с аналогами: в сравнении с конкурентами, такими как Tesla и Volkswagen, решения Geely демонстрируют высокий уровень эффективности и

инноваций. Особенностью подхода Geely является акцент на модульности систем, что упрощает масштабирование технологий на различные модели. Использование передовых материалов, таких как SiC, позволяет компаниям достичь значительного преимущества по сравнению с традиционными аналогами. Внедрение интеллектуальных решений обеспечивает повышение эффективности распределения энергии и снижение энергопотребления. Это особенно заметно в сравнении с решениями, основанными на устаревших технологиях, которые постепенно уходят на второй план.

Заключение. Системы управления электропитанием в автомобилях Geely демонстрируют высокий уровень инноваций и эффективности. Использование интеллектуальных систем управления энергией, модульных архитектур и передовых материалов, таких как SiC, позволяет повысить энергоэффективность и надежность транспортных средств. В будущем ожидается дальнейшее развитие этих технологий и их широкое внедрение в автомобильной промышленности.

Список литературы

1. *Geely Global - Geely New Energy R&D Strength Revealed. Zhejiang Geely Holding Group, 2023.*
2. *Журнал автокомпоненты [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://a-kt.ru/articles/top-10-naibolee-rasprostranennykh-problem-s-elektrikoy. Дата доступа: 15.07.2021.*
3. *Сборник электрических схем Geely. Zhejiang Geely Holding Group, 2017.*
4. *Geely Global - Geely New Energy R&D Strength Revealed. Zhejiang Geely Holding Group, 2023.*
5. *Geely Auto Group - Leishen Power: Modular Architecture for Powertrain Technology. Zhejiang Geely Holding Group, 2021.*

UDC 621.3.031.8:629.331.5

POWER MANAGEMENT SYSTEMS IN GEELY VEHICLES

Gaevsky N.V., Kalinovskaya A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus Scientific

Advisor: Migalevich S.A. – Cand. of Sci., Senior Lecturer, Assistant of the PICS Department

Annotation. This article analyzes the power management systems in Geely vehicles, including traditional and electric models. It examines the architecture, functionality, and principles of operation of power management modules, as well as their comparison with competitors' solutions. Special attention is paid to the integration of intelligent energy management systems and the prospects for implementing new technologies, such as SiC.

Keywords: power management systems, Geely, intelligent energy management systems, SiC, electric vehicles, hybrid vehicles.

УДК 004.8

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ

Сидоров С.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научные руководители: Лещевич Е.И. – ассистент кафедры ЭТТ, Камлач П.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. За последние несколько лет искусственный интеллект (ИИ) и нейронные сети вышли за пределы лабораторий и стали важными инструментами в различных областях науки. В статье рассматриваются основные принципы работы систем ИИ, современные архитектуры нейронных сетей, их применение в обработке изображений и медицине, а также перспективы дальнейшего развития технологий, включая интеграцию с аппаратными решениями и нормативное регулирование.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейронные сети, машинное обучение, обработка изображений, медицина.

Введение. Искусственный интеллект и нейронные сети трансформируют методы анализа данных, моделирования сложных систем и диагностики заболеваний. Они позволяют ускорить исследования и повысить точность прогнозов, однако порождают вызовы, связанные с интерпретацией данных, этическими аспектами и регулированием технологий [1].

Основная часть. Современные системы ИИ базируются на методах машинного обучения, которые выявляют закономерности в данных и делают прогнозы. Глубокое обучение использует многослойные нейронные сети для обработки сложных данных без необходимости предварительного выделения признаков.

Архитектуры нейронных сетей. Различают следующие основные типы нейросетевых архитектур:

сверточные нейронные сети (CNN) – применяются для обработки изображений, распознавания объектов и классификации визуальных данных;

рекуррентные нейронные сети (RNN) – подходят для анализа временных последовательностей, обработки текста и речи;

генеративно-состязательные сети (GAN) – используются для создания новых данных, синтеза изображений и моделирования;

трансформеры – применяются в обработке естественного языка и сложных многослойных данных.

Моделирование и обработка изображений. ИИ широко используется для обработки изображений: улучшение качества, устранение шумов, восстановление утраченных деталей. Эти технологии находят применение в цифровой обработке фотографий и медицине, повышая точность диагностики.

Применение ИИ в медицине. ИИ помогает анализировать рентгеновские и МРТ-снимки, обнаруживать патологические образования и прогнозировать развитие заболеваний. Также он используется в системах поддержки принятия клинических решений, анализируя электронные медицинские карты и лабораторные исследования.

Генеративные модели и синтез изображений. Генеративно-состязательные сети позволяют создавать реалистичные изображения и расширять тренировочные датасеты. Эти технологии находят применение в медицине, где синтез данных помогает компенсировать нехватку реальных медицинских изображений.

Нейроморфные вычисления и энергоэффективные решения. Развитие нейроморфных процессоров открывает новые возможности для реализации ИИ-моделей с низким энергопотреблением. Эти технологии применяются в портативных медицинских приборах и встроенных системах.

Обработка естественного языка в медицине. ИИ активно используется для анализа медицинских текстов, извлечения информации из историй болезни и создания автоматизированных систем документации.

Этические и технические ограничения. Ключевые вызовы включают обеспечение конфиденциальности данных, прозрачность алгоритмов и распределение ответственности за возможные ошибки. Кроме того, современные модели требуют больших объемов данных и мощных вычислительных ресурсов.

Перспективы развития:

– интеграция нейроморфных чипов с ИИ-алгоритмами;

– расширение применения ИИ в различных научных сферах;

– разработка четкой нормативной базы для безопасного использования технологий.

Заключение. Искусственный интеллект и нейронные сети продолжают изменять науку и медицину, предлагая эффективные методы анализа данных и диагностики. Несмотря на вызовы, дальнейшее развитие алгоритмов и аппаратных решений позволит создать безопасные и точные системы.

Список литературы

1. *Основы искусственного интеллекта: введение в технологии машинного обучения. – М.: Издательство Наука, 2021. – 256 с. – ISBN 978-5-02-039888-7.*

2. *Цифровой «коллега»: как искусственный интеллект помогает врачам в диагностике / SberMedAI. – М.: СберМедИИ, 2022. – 198 с. – ISBN 978-5-907497-12-3.*

3. *Нейронные сети: общие технологические характеристики / Science Engineering. – СПб.: ТехноПресс, 2020. – 312 с. – ISBN 978-5-94836-123-4.*

4. *Deep Medical Image Analysis with Representation Learning and Neuromorphic Computing / Edited by Cand. of Sci., Associate Professor John Doe. – arXiv, 2020.*

5. *Practical Applications of Advanced Cloud Services and Generative AI Systems in Medical Image Analysis / Edited by Cand. of Sci., Associate Professor Jane Smith. – arXiv, 2023.*

UDC 004.8

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND NEURAL NETWORKS IN MODERN SCIENCE

Sidarau S. I., Lyashchevich Y.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus
Lyashchevich Y.I. EET – assistant of the department of ETT,
Kamlach P.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT

Abstract. In recent years, artificial intelligence (AI) and neural networks have gone beyond laboratory experiments and become essential tools in various fields of science. This article examines the fundamental principles of AI systems, modern neural network architectures, their applications in image processing and medicine, as well as the prospects for further technological development, including integration with hardware solutions and regulatory frameworks.

Keywords: artificial intelligence, neural networks, machine learning, image processing, medicine.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ ЛИНИИ

Мышковский М.О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Асиненко А.М. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. В статье рассматривается разработка и реализация блока управления для автоматической сортировочной линии, предназначенной для классификации и распределения объектов по заданным параметрам. Описаны ключевые модули блока управления, такие как сенсорный блок для распознавания объектов, исполнительные механизмы для сортировки и микроконтроллер для обработки данных и управления процессом. Приведены результаты тестирования системы, подтверждающие её высокую точность и надежность. Статья будет полезна специалистам в области автоматизации, робототехники и разработки систем управления.

Ключевые слова: блок управления, микроконтроллер, сортировка.

Введение. Автоматические сортировочные линии представляют собой сложные технологические системы, широко применяемые в логистике, производстве и складском хозяйстве. Их эффективность во многом определяется функциональными характеристиками блока управления, который является центральным элементом системы. В данной статье проводится сравнительный анализ блоков управления автоматических сортировочных линий, рассматриваются их ключевые параметры и предлагаются критерии для выбора оптимального решения.

Основная часть. Блоки управления автоматических сортировочных линий различаются по степени функциональной сложности. Базовые модели обеспечивают выполнение стандартных операций, таких как управление движением конвейерных лент и сортировка объектов по заданным параметрам. Более продвинутые системы поддерживают сложные алгоритмы обработки данных, включая динамическую маршрутизацию, интеграцию с внешними базами данных и адаптацию к изменяющимся условиям эксплуатации [1].

Базовые блоки целесообразно использовать в системах с низкой степенью автоматизации и небольшими объемами обработки. Продвинутые блоки необходимы для высокоавтоматизированных комплексов, где требуется высокая гибкость и масштабируемость.

Производительность блока управления является критически важным параметром, определяющим скорость работы всей сортировочной линии. Современные системы должны обеспечивать обработку больших объемов данных в режиме реального времени, особенно при работе с высокоскоростными конвейерами или большим количеством сортируемых объектов.

Ключевыми характеристиками являются тактовая частота процессора, объем оперативной памяти и пропускная способность интерфейсов, а также необходимо учитывать способность системы поддерживать стабильную работу при пиковых нагрузках.

Современные автоматические сортировочные линии функционируют в рамках сложных технологических цепочек, включающих системы управления складом (*WMS*), планирования ресурсов предприятия (*ERP*) и другие элементы. В связи с этим блок управления должен поддерживать стандартные протоколы обмена данными, такие как *OPC UA*, *MQTT*, *REST API*, что обеспечивает *seamless*-интеграцию с существующей инфраструктурой.

Надежность блока управления является одним из ключевых факторов, определяющих бесперебойность работы сортировочной линии. Современные системы должны быть

оснащены механизмами резервирования критически важных компонентов, такими как дублирование процессоров, источников питания и каналов связи. Кроме того, важным аспектом является наличие системы мониторинга, способной своевременно выявлять и устранять неисправности.

Эффективность использования блока управления во многом зависит от удобства его интерфейса и простоты настройки. Современные системы оснащаются интуитивно понятными графическими интерфейсами, которые позволяют оперативно изменять параметры работы, настраивать алгоритмы сортировки и отслеживать состояние системы в режиме реального времени. Также важным аспектом является возможность удаленного управления и обновления программного обеспечения.

Энергопотребление блока управления является значимым фактором, влияющим на эксплуатационные расходы. Современные разработки в области энергоэффективных технологий позволяют минимизировать потребление электроэнергии без снижения производительности системы.

При выборе блока управления необходимо учитывать не только первоначальные затраты на его приобретение, но и долгосрочную экономическую эффективность. Более дорогостоящие, но надежные и функциональные системы могут обеспечить значительную экономию за счет снижения простоев, уменьшения затрат на обслуживание и повышения общей производительности.

Одним из наиболее популярных решений для автоматизации сортировочных линий являются ПЛК серии *Siemens SIMATIC S7-1200* и *S*7-1500. Эти контроллеры отличаются высокой производительностью, надежностью и поддержкой современных протоколов связи, таких как *PROFINET* и *OPC UA*. Они интегрируются с программной платформой *TIA Portal*, что позволяет легко настраивать и масштабировать систему. Благодаря встроенным функциям диагностики и мониторинга, ПЛК *Siemens* обеспечивают стабильную работу даже в условиях высоких нагрузок, что делает их подходящими для средних и крупных сортировочных линий.

Контроллеры *Allen-Bradley ControlLogix* и *CompactLogix* от *Rockwell Automation* также широко применяются в автоматизации сортировочных линий. Они обеспечивают высокую скорость обработки данных и поддерживают протоколы *EtherNet/IP* и *DeviceNet*. Интеграция с программным обеспечением *Studio* 5000 позволяет гибко настраивать систему и адаптировать ее под изменяющиеся условия эксплуатации. Эти ПЛК отличаются высокой надежностью и расширенными функциями безопасности, что делает их идеальным выбором для крупных логистических центров.

Для средних и малых сортировочных линий часто используются ПЛК *Schneider Electric Modicon* M221 и M580. Эти контроллеры сочетают в себе компактные размеры, низкое энергопотребление и поддержку протоколов *Modbus* и *Ethernet/IP*. Они интегрируются с программной платформой *EcoStruxure Machine Expert*, что упрощает настройку и эксплуатацию системы. Благодаря своей надежности и устойчивости к сложным условиям эксплуатации, ПЛК *Schneider Electric* подходят для использования на складах и в производственных помещениях [2].

Контроллеры *Omron NJ* и *NX Series* также заслуживают внимания благодаря своей высокой производительности и поддержке современных технологий. Они обеспечивают быструю обработку данных и поддерживают протоколы *EtherCAT* и *Ethernet/IP*. Интеграция с программным обеспечением *Sysmac Studio* позволяет гибко настраивать систему и управлять большим количеством устройств ввода-вывода. Эти ПЛК подходят для высокоскоростных сортировочных линий с большим количеством объектов.

ПЛК *Mitsubishi Electric FX5U* и *Q Series* предлагают надежность и производительность, что делает их подходящими для средних и крупных сортировочных линий. Они поддерживают протоколы *CC-Link* и *Ethernet*, а также интегрируются с программным обеспечением *GX Works3*. Благодаря своей устойчивости к вибрациям и перепадам температуры, эти контроллеры могут использоваться в сложных промышленных условиях.

Контроллеры *Beckhoff CX Series*, основанные на технологии *PC-based*, отличаются высокой гибкостью и производительностью. Они поддерживают протоколы *EtherCAT* и *OPC UA*, что позволяет легко интегрировать их в сложные технологические цепочки. Благодаря своей компактности и низкому энергопотреблению, ПЛК *Beckhoff* подходят для высокоскоростных и сложных сортировочных линий [3].

Для малых и средних сортировочных линий также могут использоваться ПЛК *WAGO PFC*200. Эти контроллеры отличаются модульной архитектурой, что позволяет адаптировать систему под конкретные задачи. Они поддерживают протоколы *Modbus, PROFINE*T и *EtherNet/IP*, а также интегрируются с программным обеспечением *CODESYS*. Благодаря своей надежности и низкой стоимости владения, ПЛК *WAGO* подходят для использования на складах и в производственных помещениях.

В качестве бюджетного решения для автоматизации сортировочных линий могут использоваться ПЛК *Delta DVP Series*. Эти контроллеры отличаются низкой стоимостью и простотой настройки, что делает их подходящими для малых сортировочных линий с низкими требованиями к производительности.

Таким образом, выбор ПЛК для управления автоматической сортировочной линией требует учета множества факторов, включая сложность системы, требуемую производительность, условия эксплуатации и бюджет. Каждый из представленных контроллеров обладает своими преимуществами, и правильный выбор позволит обеспечить высокую эффективность и надежность работы сортировочной линии.

Заключение. Выбор блока управления для автоматической сортировочной линии требует комплексного подхода, учитывающего как технические характеристики, так и эксплуатационные требования. Ключевыми критериями являются функциональность, производительность, надежность, возможность интеграции с внешними системами и экономическая эффективность. Правильный выбор блока управления позволит обеспечить высокую производительность, надежность и долговечность работы автоматической сортировочной линии, что в конечном итоге приведет к оптимизации логистических и производственных процессов.

Список литературы

1. *ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – Введ. 1971-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 76 с.*

2. *ГОСТ 27.003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности. – Введ. 1992-01-01. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1992. – 20 с.*

3. *Шейк, А. К. Проектирование микроконтроллерных систем: сборник задач / А. К. Шейк. - Самара: Самарский ГУ, 2002. - 179 с.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

COMPARATIVE ANALYSIS OF CONTROL UNITS OF AUTOMATIC SORTING LINE

Myshkouski M.O.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Asinenko A.M. – assistant of the department of ETT

Annotation. The article discusses the development and implementation of a control unit for an automatic sorting line designed to classify and distribute objects according to specified parameters. The key modules of the control unit are described, such as a sensor unit for object recognition, actuators for sorting, and a microcontroller for data processing and process control. The results of testing the system are presented, confirming its high accuracy and reliability. The article will be useful for specialists in the field of automation, robotics and control system development.

Keywords: control unit, microcontroller, sorting.

УДК 654.915

СИСТЕМА ДЛЯ ВЫЗОВА ПАЦИЕНТОВ ВО ВРАЧЕБНЫЕ И ПРОЦЕДУРНЫЕ КАБИНЕТЫ

Дах А.О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лушакова М.С. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. Разработан программно-аппаратный комплекс (ПАК) для вызова пациентов во врачебные и процедурные кабинеты на базе микроконтроллеров семейства ESP. Связь осуществляется проводным или беспроводным способом с помощью интерфейса ESP-NOW. Терминал врача питается от аккумулятора, обеспечивая мобильность. Сигнальный фонарь оснащён световой и звуковой индикацией.

Ключевые слова: система вызова пациентов, электронная очередь, ESP32, ESP8266, ESP-NOW.

Введение. Классические электронные очереди сложны в интеграции, требуют централизованного управления, значительных затрат и обучения персонала [1]. Разрабатываемый ПАК предлагает альтернативное решение, которое отличается простотой, низкой стоимостью, автономностью и интуитивно понятен как для медперсонала, так и для пациентов. В его основе – микроконтроллеры ESP32-C3 для терминала врача и ESP8266 для сигнального фонаря.

Основная часть. Микроконтроллер ESP32-C3 выбран для терминала врача благодаря низкому энергопотреблению (до 40мА в режиме глубокого сна), поддержке Wi-Fi, ESP-NOW и BLE, высокой производительности и встроенной защите данных [2]. Микроконтроллер ESP8266 оптимален для сигнального фонаря из-за своей простоты, поддержке Wi-Fi, компактности и достаточной вычислительной мощности [3].

Связь между устройствами может быть, как проводной, если инфраструктура позволяет, так и беспроводной с использованием ESP-NOW. В случае проводного подключения надобность в ESP8266 отпадает. В связи с этим на плате предусмотрены разъемы PBS4x2 для возможности выбора конфигурации в зависимости от нужд заказчика. В случае беспроводного подключения интерфейс ESP-NOW обеспечивает мгновенную передачу данных без необходимости в маршрутизаторе, а также низкое энергопотребление, позволяя терминалу врача работать от аккумулятора. Это делает систему мобильной, устойчивой к сбоям электропитания и удобной в эксплуатации.

С целью повышения помехоустойчивости был реализован алгоритм рукопожатия. Он заключается в следующем: Request – ACK (acknowledge). Терминал врача отправляет запрос (Request) на изменение состояния фонаря, и тот, в свою очередь, подтверждает его получение (ACK). Только после подтверждения состояние фонаря считается изменённым и на пульте загорается светодиодный индикатор и подается звуковой сигнал. Такой метод гарантирует корректную передачу команд и исключает ошибки из-за потерь пакетов. На быстродействии комплекса это не сказывается, т.к. ESP-NOW является надстройкой над физическим и канальным уровнями модели OSI [4,5].

Так как для связи контроллеров путем ESP-NOW необходимо знать их физические MAC-адреса, то с целью упрощения настройки был реализован алгоритм сопряжения. При первом включении контроллеры ищут себе пару путем широковещательных сообщений каждую секунду. Первый контроллер, который находит пару, записывает MAC-адрес передатчика в энергонезависимую память (FLASH в случае ESP32C3, EEPROM в случае ESP8266) и оправляет в ответ свой MAC-адрес. Второй контроллер получает MAC-адрес,

запоминает его и после чего оба контроллера перезагружаются и входят в нормальный режим работы.

В самом сигнальном фонаре предусмотрены 3 вида питания в зависимости от инфраструктуры заказчика: 12В DC, 24В DC и 230В AC. Для зарядки аккумулятора терминала врача предусмотрена схема заряда и защиты на основе микросхемы TP4056.

Нормальный режим работы интуитивно понятен как медперсоналу, так и пациентам. Врач нажимает зеленую кнопку – фонарь в коридоре загорается зеленым светом с текстом «ВХОДИТЬ» и проигрывается короткая мелодия. Пациент заходит, после чего врач нажимает красную кнопку, переключая фонарь на «НЕ ВХОДИТЬ». Терминал каждые 2 секунды опрашивает фонарь для получения статуса и мигает светодиодным индикатором сигнализируя текущий статус.

Внешний вид ПАК представлен на рисунке 1:

Рисунок 1 – Внешний вид ПАК

Существующие модели сигнальных систем, применяемые в медицинских учреждениях, часто требуют СКС (структурированная кабельная система) или использования Wi-Fi, что может создавать задержки при передаче данных и зависимость от сетевых условий. Или же вовсе не являются системой вызова, а служат только в качестве статичного оповещения о том, что заходить запрещено (например, сигнальный фонарь возле рентген кабинетов). В сравнении с имеющимися на рынке решениями, разработанный ПАК обеспечивает стабильную и мгновенную связь, не требует дополнительного сетевого оборудования и может работать в автономном режиме. Это снижает затраты на установку и эксплуатацию, делая систему более доступной для внедрения.

Заключение. Разработанный ПАК представляет собой эффективное и экономичное решение для организации вызова пациентов в медицинских учреждениях. Гибкость в выборе проводного или беспроводного подключения позволяет адаптировать систему под различные условия эксплуатации. Использование ESP-NOW обеспечивает надежную связь без дополнительной инфраструктуры, а аккумуляторное питание терминала врача повышает мобильность. Простота интеграции, низкая стоимость и интуитивно понятный

интерфейс делают данный комплекс удобным для медицинского персонала и пациентов, снижая нагрузку на врачей и повышая комфорт в поликлиниках.

Список литературы

1. *Преимущества и недостатки электронной очереди [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://neuroniq.ru/preimushhestva-i-nedostatki-elektronnoj-ocheredi/*

2. *Getting Started with Seeed Studio XIAO ESP32C3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wiki.seeedstudio.com/XIAO_ESP32C3_Getting_Started/*

3 Espressif ESP8266 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.espressif.com/en/products/socs/esp8266

4. *ESP-NOW Wireless Communication Protocol [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.espressif.com/en/solutions/low-power-solutions/esp-now*

5. *Что такое модель OSI? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aws.amazon.com/ru/what-is/osi-model/.*

UDC 654.915

HARDWARE-SOFTWARE SYSTEM FOR PATIENT CALL IN MEDICAL AND PROCEDURE ROOMS

Dakh A.O.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Lushakova M.S. – Senior Lecturer of the Department of ETT

Annotation. This paper presents the development of a hardware-software system for calling patients to medical and procedure rooms based on ESP family microcontrollers. Communication is carried out via wired or wireless ESP-NOW protocol. The doctor's terminal is battery-powered, ensuring mobility. The signal indicator is equipped with visual and audio signaling.

Keywords: patient call system, electronic queue, ESP32, ESP8266, ESP-NOW.

УДК 615.47:612.15

ПОРТАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ КРОВОТОКА

Захарова Е.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лушакова М.С. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. Разработано портативное устройство измерения скорости кровотока с функцией сохранения результатов исследования на съемный накопитель на базе микроконтроллера типа ATmega328. Исследован метод измерения скорости кровотока с помощью доплеровского сдвига частот. Обоснована практическая ценность портативного устройства данного назначения. Использованы интерфейсы передачи данных SPI (сокр. Serial Peripheral Interface) и I^2C (сокр. Inter-Integrated Circuit).

Ключевые слова: кровоток, измерение скорости, скорость кровотока, портативное устройство, микроконтроллер.

Введение. Одним из ключевых показателей состояния здоровья человека является скорость кровотока, так как ее отслеживание позволяет своевременно выявить патологии, такие как атеросклероз, тромбоз, сосудистая недостаточность и другие [1]. Однако чаще всего для измерения используют специализированное оборудование, которое невозможно применять при первой медицинской помощи или в бытовых условиях для контроля состояния людей, находящихся в группе риска, так как они имеют несколько недостатков:

– для работы с оборудованием персоналу необходимо обучение базовому функционалу;

– устройства являются стационарными или возимыми, что вызывает сложности при перемещении оборудования силами одного человека;

– переносные оборудования чаще состоят из нескольких составных частей, а также требуют специализированного программного обеспечения для работы с ними;

– часто измерение скорости кровотока не является основной функцией оборудования, поэтому приобретение таких устройств исключительно для решения данной задачи является нецелесообразным.

Рассмотрен метод портативного контроля скорости кровотока, применение которого возможно как в условиях медицинского исследования в специализированных центрах, так и в домашних условиях.

Основная часть. Устройство предназначено для локального измерения линейной скорости кровотока в проблемных областях пациента, например, конечностей, в областях наиболее высокой просвечиваемости сосудов. Методика измерения скорости кровотока основана на эффекте Доплера, который заключается в следующем: ультразвуковой датчик, состоящих из приемника и излучателя ультразвуковых волн, под углом больше или меньше 90° направляется на сосуд, излучатель испускает какое-то количество волн, одновременно с этим детектор улавливает отраженную от кровяных телец часть колебаний. Преобразователь вычисляет разность выпущенных и принятых частот, что является допплеровским сдвигом частот, который рассчитывается по формуле 1:

$$F_{\text{доп}} = f_{\text{пр.}} - f_{\text{изл.}}, \quad (1)$$

где $f_{\text{пр.}}$ – частота принятых ультразвуковых волн;

$f_{\text{изл.}}$ – частота выпущенных ультразвуковых волн.

В случае, когда излучающий и приемный элементы ультразвукового преобразователя конструктивно объединены, расчет скорости производится согласно формуле 2:

$$F_{\text{доп}} = \pm 2 f_{\text{изл.}} (\frac{V}{C}) \cos \alpha, \quad (2)$$

где С = 1540 м/с – средняя скорость распространения ультразвуковых колебаний в биологических тканях;

$\cos \alpha$ – линейный угол наклона ультразвуковой волны относительно сосуда.

Таким образом, скорость кровотока согласно применяемому эффекту Доплера, вычисляется согласно формуле 3:

$$V = \pm F_{\text{доп}} C / 2 f_{\text{изл.}} \cos \alpha, \quad (3)$$

При условии, что у человека в кровяном русле присутствуют отражатели, которые движутся с различными скоростями и в различном направлении, а скорость самого потока не является постоянной величиной и меняется в зависимости от фазы сердечного цикла, можно сделать вывод, что величина допплеровского сдвига также постоянно изменяется. Таким образом, для расчета реальной скорости кровотока необходимо взять усредненную величину, зависящую от длительности временного интервала обсчета [2].

Основой устройства является микроконтроллер *ATmega328*, который имеет как аналоговые, так и цифровые выводы, измерение и обработка полученных данных производится через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) [3]. Данный тип микроконтроллеров используется в миниатюрных платах семейства *Arduino*, однако для данного устройства используется исключительно микроконтроллер, с целью уменьшения габаритов устройства, посредством расположения всех необходимых радиоэлементов на одной печатной плате, как управляющих, так и периферийный.

Ниже на рисунке 1 представлена структурная схема портативного устройства измерения скорости кровотока.

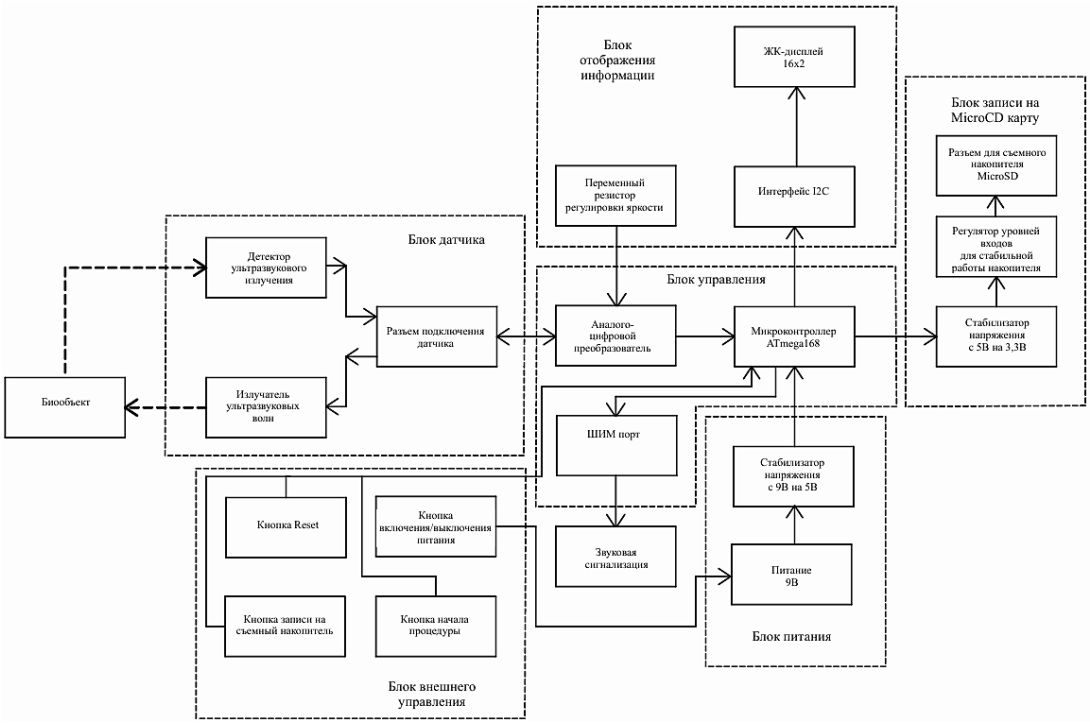


Рисунок 1 – Структурная схема портативного устройства измерения скорости кровотока

Устройство имеет следующий принцип работы: после нажатия кнопки включения на дисплее высвечивается сообщение: «Для начала измерения нажмите кнопку СТАРТ». Перед началом исследования приемник-излучатель прибора необходимо установить под углом больше или меньше 90 градусов относительно исследуемой области, после чего нажать кнопку СТАРТ. Во время измерения в режиме реального времени излучатель испускает ультразвуковые волны, одновременно с этим приемник принимает волны, отраженные от кровяных телец и после аналого-цифрового преобразования, рассчитывает скорость кровотока по заданному алгоритму. Каждое рассчитанное значение скорости кровотока отображается на дисплее в первой строке, во второй строке дисплея указывается средняя скорость кровотока. При нажатии на кнопку сохранения результатов, на схемный накопитель будут записаны показания скорости кровотока, снятые с момента начала исследования. Для окончания измерения необходимо повторно нажать кнопку СТАРТ. Питание выключается отжатием кнопки включения.

Питание данного устройства осуществляется посредством перезаряжаемой батареи с напряжением 9 В, так как данный аккумулятор позволяет обеспечить необходимое напряжение во всей цепи и имеет сравнительно минимальные размеры по сравнению с шестью перезаряжаемыми батареями на 1,5 В. Все периферийные устройства питаются непосредственно от микроконтроллера, а так как микроконтроллеру необходимо питание не более 5,5 В, предусмотрен стабилизатор напряжения с 9 В до 5 В.

Преимуществом в функциональности данного устройства перед зарубежными аналогами является функция записи данных исследования на съемный накопитель. Что позволяет сохранять историю диагностики и прослеживать динамику изменения состояния показателя.

Заключение. Разработано устройство измерения скорости кровотока с помощью метода доплеровского сдвига частот с функцией записи результатов исследования на съемный накопитель для дальнейшего анализа полноты данных. Устройство имеет преимущество перед зарубежными аналогами как по функциональности, так и в цене. Является более удобным по сравнению с громоздкими моделями, применяемыми в отечественной диагностике, что позволяет применять его в любых условиях, а не только специализированных центрах.

Список литературы

1. *New Medical Hightech. Скорость кровотока [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://minimax.ru/articles/general-information/blood-flow.html. Дата доступа: 20.02.2025*

2. *Deane, C. Chapter on Doppler ultrasound: principles and practice / Colin Deane // Doppler in Obstetrics by The Fetal Medicine Foundation. – 2002. – Pp. 4–24.*

3. *ATmega328p Datasheet [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf. Дата доступа: 20.02.2025*

UDC 615.47:612.15

PORTABLE BLOOD FLOW VELOCITY MEASUREMENT DEVICE

Zakharova E.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Lushakova M.S. – Senior Lecturer at the Department of EET

Annotation. A portable device for measuring blood flow velocity with the function of saving the results of the study to a removable storage device based on a microcontroller of ATmega328 type is developed. The method of blood flow velocity measurement with the help of Doppler frequency shift has been investigated. The practical value of the portable device for this purpose is substantiated. Data transmission interfaces SPI (short for Serial Peripheral Interface) and I2C (short for Inter-Integrated Circuit) are used.

Keywords: blood flow, velocity measurement, blood flow velocity, portable device, microcontroller.

УДК 621.7: 620.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАЯЛЬНЫХ ПАСТ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Ковалёв Д.Ю., Слижёва А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ланин В.Л. – д-р техн. наук, профессор кафедры ЭТТ

Аннотация. Предложена методика модификации паяльных паст углеродными наночастицами с применением ультразвуковых колебаний в режиме микро- и макропотоков пограничном акустическом слое. Проведены исследования электрических свойств паяльных паст после их оплавления в зависимости от содержания наночастиц в пасте.

Ключевые слова: паяльные пасты, ультразвук, электросопротивление, углеродные нанотрубки**.**

Введение. Наноразмерные частицы находят широкое применение в процессах получения модифицированных композитов в различных областях науки и техники. Углеродные нанотрубки (УНТ) обладают уникальным комплексом свойств, поскольку они в 50–100 прочнее стали и имеют в 6 раз меньшую плотность. Модуль Юнга у нанотрубок вдвое выше, чем у обычных углеродных волокон. Нанотрубки не только прочны, но гибки, так как перестраиваются под действием механических напряжений. Однако реализация таких уникальных свойств возможна при переходе от индивидуальных УНТ к макроскопическим объектам на их основе [1].

Электрическая проводимость углеродных нанотрубок зависит от их структуры. Кроме того, на расстоянии нескольких микрометров наблюдается баллистическая проводимость. С другой стороны, углеродные нанотрубки – это замечательный полупроводниковый материал, который по своим характеристикам может сравниться с кремнием. С использованием однослойных углеродных нанотрубок можно получить транзисторы, в которых подвижность носителей заряда значительно превышает подвижность в традиционных кремниевых транзисторах. Кроме того, однослойные нанотрубки позволяют получить транзисторы на гибких и прозрачных подложках. Однослойные углеродные нанотрубки обладают замечательными тепловыми свойствами, лучшими, чем те, что у алмаза: тепловая проводимость в трубках примерно в 2 раза выше.

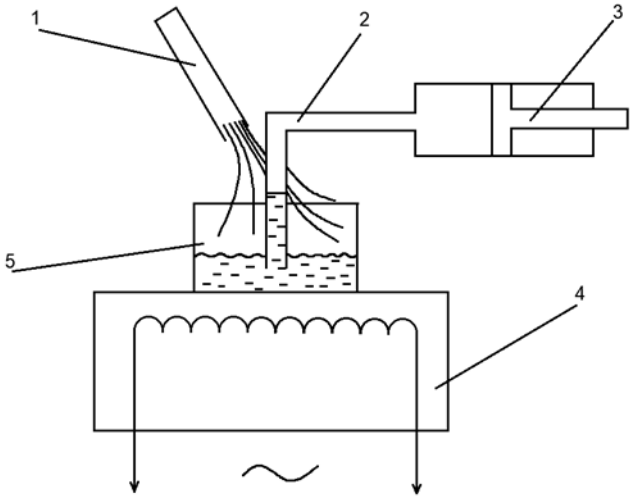
Порошковые углеродные материалы (графиты, угли, сажи, УНТ, графены) широко применяются в качестве функциональных наполнителей различных материалов, причем электрические свойства композитов с углеродными наполнителями определяются структурой и свойствами углерода, а также технологией их получения. УНТ представляют собой порошковый материал из каркасных структур аллотропной формы углерода в виде полых многостенных УНТ с наружным диаметром 10–100 нм. Как известно, удельное электрическое сопротивление УНТ зависит от способа их синтеза и очистки и может составлять от $5 \cdot 10^{-8}$ до 0,008 Ом·м, что меньше, чем у графита [2].

Целью работы является модификация структуры паяльных паст на основе бессвинцовых припоев за счет использования УНТ, вводимых в исходный состав пасты с помощью ультразвуковых колебаний, и подвергаемых диспергированию и функционализации. Необходимо исследовать влияние УНТ, вводимых в паяльные пасты на основе бессвинцовых припоев, на электрофизические свойства паяных соединений в 3D электронных модулях.

Для измерения удельного сопротивления необходимо было получить образец правильной геометрической формы. Для этого пасту помещали в титановую ванночку, которую грели на плитке. Когда паста оплавлялась, в неё вводилась кварцевая трубка, соединённая при помощи шланга с поршнем. При создании пониженного давления, оплавленный припой поднимался вверх по трубке. Чтобы он не застыл раньше времени и образец не вышел сильно коротким, трубка обдувалась горячим воздухом из насадки термофена (рисунок 1).

После застывания получался образец припоя цилиндрической формы. К его концам подключались электроды от источника тока и на образце измеряли падение напряжения с использованием цифрового вольтметра В7-46.

Далее, рассчитав по известной формуле удельное сопротивление для образцов с различным содержанием углеродных нанотрубок, получили зависимость, представленную на рисунке 2.



1 – термофен; 2 – кварцевая трубка, подключенная к шлангу; 3 – поршень; 4 – плитка; 5 – ванночка с припоем

Рисунок 1 – Схема формирования цилиндрического образца припоя:

Величина удельного сопротивления припоя с содержанием углеродных нанотрубок 0,01-0,05% составила 0,095-0,098 мкОм·м, что согласуется со справочными данными.

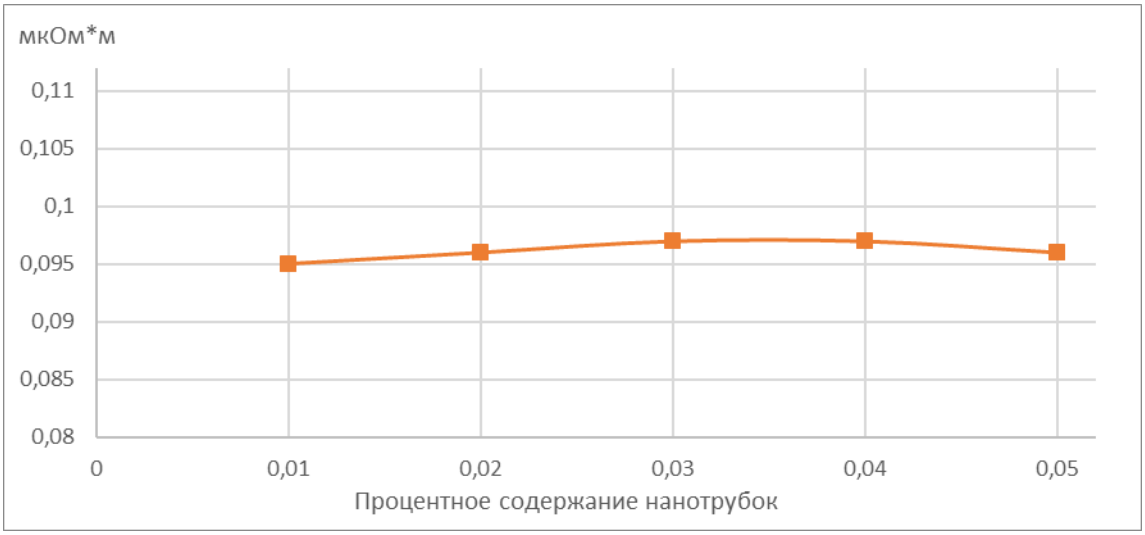


Рисунок 2 – Зависимость удельного сопротивления паяльной пасты от процентного содержания в ней УНТ

Исходя из анализа полученной зависимости видно, что изменение концентрации углеродных нанотрубок практически не влияет на удельное сопротивление припоя (на малых диапазонах изменения концентрации УНТ).

Для выявления общей тенденции по изменению удельного сопротивления была приготовлена паяльная паста с концентрацией УНТ 1%. Изготовив образец, было измерено его сопротивление и рассчитано удельное сопротивление вышеописанным методом, оказавшееся равным 0,115 мкОм·м, что выше исходного значения. Это изменение можно объяснить тем, что добавление УНТ приводит к увеличению количества дефектов, которые усиливают рассеяние носителей заряда, снижают их подвижность и, следовательно, электропроводность [4].

Заключение. Электрическое сопротивление паяльных паст, модифицированных нанотрубками может оказывать влияние на контактное сопротивление паянных соединений электронных компонентов при поверхностном монтаже

Анализ зависимости удельного сопротивления паяльной пасты от содержания в ней нанотрубок показал слабое влияние процентного содержания УНТ на электрические свойства пасты. Это можно объяснить тем, что содержание нанотрубок в пасте незначительное и существующими методами контроля электрического сопротивления это влияние трудно установить. При большем содержании УНТ (до 1%) наблюдается снижение электропроводности припоя в следствие образования дефектов.

Список литературы

1. *Popov, V. N. Carbon nanotubes: properties and applications / V.N. Popov // Materials Science and Engineering; R. Reports. 2004. – 43(3). – Pp. 61–102.*

2. *Электрофизические характеристики модифицированных углеродных нанотрубок / П.Базалий и [и др.] // наноиндустрия 2013. – № 1(39). – С. 48-52.*

3. *Ланин, В.Л. Технология и оборудование сборки и монтажа электронных средств / В.Л. Ланин, И.Б. Петухов. –Минск : Беларуская навука, 2022. – 512 с.*

Effect of Carbon Nanotubes on the Mechanical, Thermal, and Electrical Properties of Tin-Based Lead-Free Solders: A Review/Li Liangwei [and ets.] // 2013. – №13 (789).– P. 1-19.

UDC 621.7: 620.3

STUDY OF ELECTRICAL PROPERTIES OF SOLDER PASTES MODIFIED WITH CARBON NANOTUBES

Kovaliou D.Y., Slizhova A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Scientific adviser: Lanin V.L. – Dr. of Sci., professor of the Department of ETT

Annotation A method for modifying solder pastes with carbon nanoparticles using ultrasonic vibrations in the regime of micro- and macro-flows in the boundary acoustic layer has been proposed. Studies of the electrical properties of solder pastes after reflow, depending on the content of nanoparticles in the paste, have been conducted.

Keywords. solder pastes, ultrasound, electrical resistance, carbon nanotubes.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

РАЗРАБОТКА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ

Ярош Е.Б.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Асиненко А.М. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. Для управления системой плазменной резки важными факторами являются поддержание стабильной высоты горелки и равномерность ее перемещения по заданным координатам в процессе раскроя листового металла. Предлагается вариант конструкции блока управления системой плазменной резки на основе микроконтроллера с автоматическим контролем высоты горелки и автономным числовым программным управлением без использования персонального компьютера.

Ключевые слова: блок управления, микроконтроллер, плазменная резка.

Введение. Задача разработки оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) остается актуальной в области производства и автоматизации на протяжении многих лет. Её актуальность объясняется несколькими факторами. Так в наши дни ЧПУ используется в широком спектре отраслей, включая металлообработку, деревообработку, 3*D*-печать, текстильное производство, медицинское оборудование и другие, что делает эту технологию универсальной. С ЧПУ можно легко выполнять индивидуальные заказы и мелкосерийное производство, что особенно важно в контексте персонализации продукции [1].

В данной статье описана разработка блока управления системой плазменной резки. Система плазменной резки предназначена для раскроя листового железа в автоматическом режиме на основе ЧПУ. Проектируемый блок управления представляет собой автономное устройство на микроконтроллере (МК), управляющее шаговыми электродвигателями без компьютера. Особенностью устройства в отличии от аналогов, является система контроля высоты плазменной горелки по напряжению дуги.

Основная часть. В качестве основы блока управления системой плазменной резки применен микроконтроллер 1880ВЕ1У производства ОАО «Интеграл» [2].

Схема электрическая структурная предлагаемой разработки представлена на рисунке 1.

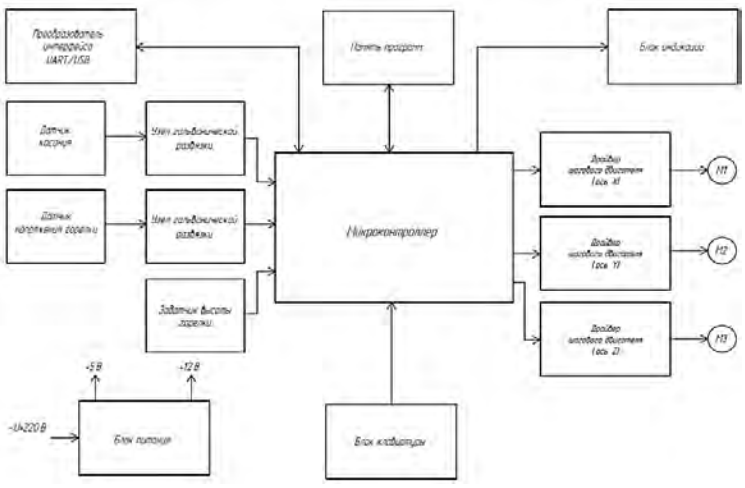


Рисунок 1 – Схема электрическая структурная блока управления системой плазменной резки

Схема электрическая структурная блока управления состоит из следующих блоков и элементов:

– микроконтроллер;
– датчики касания и напряжения на горелке;
– согласующие узлы гальванической развязки;
– блок индикации;
– клавиатура управления;
– драйверы управления шаговыми электродвигателями;
– внешняя память программ;
– преобразователь интерфейса *UART/USB*;
– задатчик высоты горелки (потенциометр);
– блок питания.

Микроконтроллер обеспечивает цифровое управление системой плазменной резки посредством выполнения команд записанной в память программ управляющей программе. Раскрой металла ведется по *G*-кодам, записанным на *USB* флеш-накопитель или введенным с встроенной клавиатуры. Ввод контролируется на ЖК-дисплее. Микроконтроллер выполняет управление тремя шаговыми двигателями привода горелки *M*1-*M*3 через специальные микросхемы мостовых драйверов *L*6205*N* [3]. В данном проекте использованы три аналогичных шаговых двигателя для управления движением плазменной горелки по осям *X, Y, Z*.

Блок индикации служит для визуализации *G*-кодов, настроек и отображения вводимых данных. Для индикации в конструкции блока управления использован алфавитно-цифровой ЖК-модуль *WH*2004*A-H6P-CT*.

Контроль высоты горелки осуществляется по напряжению дуги плазмы, то есть при изгибе железа горелка перемещается на фиксированном от поверхности расстоянии. Высота горелки задается задатчиком, роль которого выполняет потенциометр, подключенный к входу АЦП микроконтроллера. Контроль напряжения в цепи обратной связи осуществляется датчиком напряжения горелки, который представляет собой понижающий трансформатор и *RC*-цепь с динистором (рисунок 2):

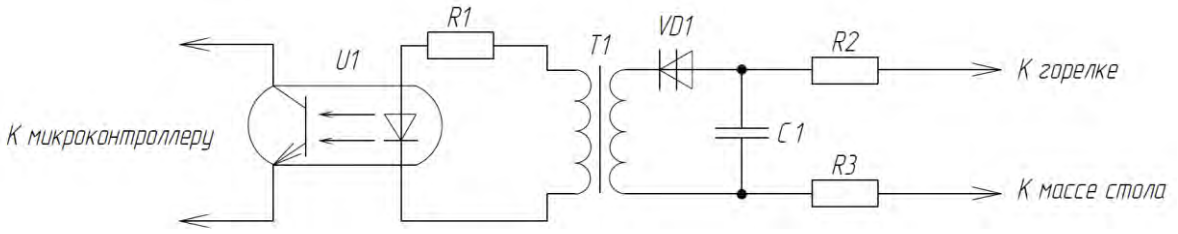


Рисунок 2 – Схема датчика напряжения на плазменной горелке

На первичной обмотке напряжение плазмы через резисторы *R*2, *R*3 поступает на накопительный конденсатор *C*1 и разряжается динистором *VD*1 на первичную обмотку трансформатора *T*1, далее через оптрон *U*1 сигнал приходит на МК (двойная гальваническая развязка). МК подсчитывает количество импульсов. Чем выше напряжение плазмы, тем быстрее заряжается конденсатор, следовательно, выше частота разрядов.

Датчик касания горелки – простой контактный датчик. При работе плазмы его контакты замкнуты и заземлены на массу стола. При поиске металла, когда горелка упирается в поверхность, его контакты размыкают цепь.

К входу встроенного АЦП микроконтроллера подключен потенциометр, выполняющий функцию задатчика высоты горелки.

Для гальванической развязки портов микроконтроллера и цепей датчика касания и датчика напряжения на горелке использованы транзисторные оптроны.

Входными сигналами для МК являются сигналы клавиатуры управления. Клавиатура управления служит для ручного ввода настроек и перемещению (прокрутке) изображений на дисплее. Используется матричная клавиатура для ввода десятичных цифр и перемещения курсора. Для аппаратной реализации *USB*-интерфейса применена микросхема *CP*2102 (преобразователь интерфейса *USART/USB*).

Стабилизированный импульсный источник питания обеспечивает напряжением питания микроконтроллер, блок индикации, микросхемы, шаговые двигатели.

Заключение. Выполнена разработка конструкции блока управления плазменной горелкой на базе микроконтроллера 1880ВЕ1У. Спроектированное устройство позволяет управлять работой установки для плазменной резки как по загруженным данным с *USB* флэш-накопителя, так и в режиме, заданном оператором непосредственно с клавиатуры. Оператор посредством ввода с клавиатуры и при помощи встроенного дисплея имеет возможность задавать контуры обрабатываемой детали. Это особенно эффективно при производстве деталей, имеющих простую форму, а также для оперативной коррекции программы и управлении в ручном режиме.

Предложено использование автоматического регулирования высоты горелки по величине напряжения дуги с использованием шагового двигателя, управляемого микроконтроллером.

Список литературы

1. *Ловыгин, А.А. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система: ДМК Пресс / А.А. Ловыгин, Л.В. Теверовский. 2012. ─ 279 с.*

2. *Микроконтроллер 1880ВЕ1У [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://integral.by/produktsiya/integralnye-mikroskhemy/elektronnaya-komponentnaya-baza-spetsialnogo-naznacheniya/mikrokontrollery-i-supervizory-pitaniya-serii-1880-1881-1842-588-1345-5518ap1tbm/1880ve1u.html. Дата доступа: 02.03.2025.*

3. *Микросхемы мостовых драйверов L6205N [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://static.chipdip.ru/lib/440/DOC011440940.pdf. Дата доступа: 02.03.2025.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

DEVELOPMENT OF A CONTROL UNIT FOR A PLASMA CUTTING SYSTEM

Yarosh E.B.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Asinenko A.M. – assistant of the department of ETT

Annotation. Important factors for controlling the plasma cutting system are maintaining a stable torch height and uniformity of its movement along specified coordinates during sheet metal cutting. A variant of the plasma cutting system control unit design based on a microcontroller with automatic torch height control and autonomous numerical program control without using a personal computer is proposed.

Keywords: control unit, microcontroller, plasma cutting.

УДК 004.934.2

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ ЕЕ ОБРАБОТКИ

Асиненко А. М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алефиренко В.М. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Представлены особенности восприятия текстовой информации и их возможности использования в контексте разработки и применения в технических средствах ее обработки.

Ключевые слова: текстовая информация, особенности восприятия, параметры восприятия, технические средства.

Введение. В эпоху цифровизации визуальная информация стала основой взаимодействия человека с техникой. Технические средства обработки данных, будь то экраны, интерфейсы или системы дополненной реальности, формируют ключевые аспекты нашего восприятия. Понимание особенностей, связанных с обработкой и представлением визуального контента, необходимо для разработки эффективных и удобных технологий [1]. Данная статья рассматривает ключевые факторы, влияющие на восприятие визуальной информации в технических системах, выявляя их значение для различных сфер деятельности.

Основная часть. Информация – сведения о чём-либо, независимо от формы их представления. Восприятие текста – это, то явление, изучение которого относятся к числу классических проблем психологии – восприятие вообще.

Чтение с экрана требует повышенной концентрации внимания и интенсивной умственной деятельности. Человеческий глаз приспособлен рассматривать предметы в отраженном свете, и наблюдение светящегося объекта противоречит самой его природе.

Одним из самых главных недостатков чтения с экрана является то, что разрешение на мониторе значительно ниже, чем у текста, напечатанного на бумаге. Из-за этого буквы кажутся несколько неровными. А также исключительно негативную роль, как с точки зрения производительности, так и осознания и запоминания информации играет мигание и дрожание строк текста.

Эти и некоторые другие особенности делают чтение с экрана дисплея довольно утомительным занятием. Поэтому для электронного текста должны быть свои гигиенические стандарты, определяющие оптимальные размеры текстовых блоков, интервалы между строками и словами, выбор удобочитаемого шрифта и цветовых решений, соответствующих особенностям восприятия человека [2].

Деятельность человека, сидящего перед экраном монитора, начинается с приема информации: в его сознании отражаются свойства воспринимаемого с экрана объекта и формируется его перцептивный (чувственный) образ. Физиологической основой формирования перцептивного образа является работа зрительного анализатора. Существует определенный набор условий, обеспечивающих нормальную работу зрительного анализатора:

– яркость объекта должна лежать в определенных пределах;

– контрастность изображения относительно фона должна выбираться с учетом размеров объекта: чем меньше его размер, тем выше должна быть его контрастность;

– следует учитывать, что наибольшую чувствительность глаз имеет к излучению желто-зеленого цвета, наименьшую – к фиолетовому и красному;

– размер символа должен быть согласован с остротой зрения человека; нужно также учитывать, что он влияет на скорость и правильность восприятия информации;

– все поле зрения, охватываемое глазом, можно разбить на три зоны: центрального зрения, где наиболее четко различаются детали; ясного видения, где можно опознать объект без мелких деталей; периферического зрения, где предметы обнаруживаются, но не распознаются.

Количество информации, отображаемой на экране, называется экранной плотностью. Исследования показали, что, чем меньше экранная плотность, тем отображаемая информация наиболее доступна и понятна для пользователя и наоборот, если экранная плотность большая, это может вызвать затруднения в усвоении информации и ее ясном понимании. Чтобы вычислить оптимальную величину текстового поля необходимо вывести зависимость размера отображаемой информации от угла обзора человека и его удаленности от экрана монитора.

Человек имеет следующие характеристики зрения по области охвата: область наилучшего видения 1.5 градуса; зона ясного видения 15 градусов; максимальная зона видения 35 градусов.

Дисплей должен находится от глаз оператора на расстоянии 600–700 мм, в соответствии с инструкцией по охране труда для оператора ЭВМ. Ширина текста при чтении с монитора не должна превышать 20 см. Ширина строки (колонки) определяется количеством знаков, которые могут быть на ней помещены. Обычно оптимальным считается расположение в одной строке от 45 до 60 символов. Стоит обратить внимание на наличие связи между шириной строки и размером выбранного шрифта: чем меньше размер шрифта, тем короче строка. Иными словами, меньший размер шрифта дает возможность поместить больше символов на заданной площади листа. Правильный выбор необходимого шрифта, его размера, цвета и написания очень сильно влияет, во-первых, на эффективность всего дизайна интерфейса в целом, во-вторых, на удобство чтения.

Неудобство при чтении может вызвать текст, оформленный в виде «бегущей строки», а также мигающий и переливающийся текст. Но злоупотреблять использованием данных эффектов не стоит, хотя иногда они могут быть вполне оправданными:

– бегущая строка зачастую используется для отображения информации большого объема на маленьких дисплеях, таких, как на телефонах или других портативных устройствах;

– движение, мигание или изменение позиции текста – это эффективный метод выделения информации, поскольку глаз имеет специальный детектор для движущихся элементов.

Таким образом, можно сделать вывод, что динамического отображения текста стоит избегать, кроме тех случаев, когда необходимо привлечь внимание пользователя, отвлечь его от основного содержимого окна приложения.

Цвет – мощный визуальный инструмент, его необходимо использовать очень осторожно, чтобы не вызвать дискомфорта у пользователя ошибочными цветовыми комбинациями.

То, что мы видим на экране монитора, является всего лишь комбинацией трех цветов: Red (красный), Green (зеленый) и Blue (синий). Задача дизайнера – сочетать их так, чтобы работать с разрабатываемым программным средством было максимально комфортно.

Многочисленные исследования наиболее комфортных сочетаний цветов при выводе данных на экран дисплея, выявили ряд параметров для оценки качества отображения. Одним из основных является четкость восприятия цветовых образов (таблица 1, 2).

Вплоть до последнего времени считалось, что белый фон малоэффективен по сравнению с другими цветами. Однако с появлением высококачественных дисплеев, имеющих высокое разрешение, выяснилось, что работоспособность оператора, считывающего черные буквы на белом фоне, на треть выше, чем на цветном фоне.

Однако текст на белом фоне – это стандартный, но не самый лучший вариант, поскольку сильный контраст цветов влечет дополнительную утомляемость (таблица 3). Избежать этого можно простым подбором цветовой пары текст – фон.

Таблица 1 – Восприятие цветовых образов на ахроматическом фоне

Цвет символов	Цвет фона		
	Черный	Серый	Белый
Красный	Плохо	Отлично	Хорошо
Синий	Плохо	Плохо	Хорошо
Зеленый	Отлично	Плохо	Плохо
Голубой	Отлично	Плохо	Плохо
Малиновый	Отлично	Плохо	Отлично
Желтый	Отлично	Отлично	Плохо

Таблица 2 – Восприятие цветовых образов на цветном фоне

Цвет символов	Цвет фона					
	Красный	Синий	Зеленый	Голубой	Малиновый	Желтый
Красный	–	Плохо	Отлично	Хорошо	Плохо	Хорошо
Синий	Плохо	–	Отлично	Хорошо	Хорошо	Хорошо
Зеленый	Плохо	Отлично	–	Отлично	Отлично	Отлично
Голубой	Отлично	Отлично	Плохо	–	Отлично	Отлично
Малиновый	Плохо	Отлично	Отлично	Отлично	–	Хорошо
Желтый	Отлично	Хорошо	Отлично	Отлично	Отлично	–

Таблица 3 – Ощущения человека, вызываемые различными цветами

Цвет	Ощущение пространства	Ощущение температуры	Эмоциональное состояние
Красный	Рядом, близко	Горячо	Беспокойство
Оранжевый	Очень близко	Тепло	Воодушевление
Желтый	Близко	Тепло	Бодрость
Зеленый	Отдаление	Нейтрально	Спокойствие
Синий	Отдаленно	Холодно	Успокоение
Фиолетовый	Очень далеко	Холодно	Утомление
Красный	Рядом, близко	Горячо	Беспокойство

Для цвета основного текста лучше подходит универсальный черный, хотя возможны и варианты (темно-коричневый, темно-синий и т. д.). Для фона следует использовать мягкие пастельные тона, причем лучший визуальный эффект дает не сплошная заливка фона выбранным цветом, а мягкий расфокусированный текстурный фон.

В пределах одного тематического раздела цвет и текстура фона должны оставаться постоянными для всех страниц.

Существует 3 основных принципа соответствия различных цветов между собой:

– принцип функционального соответствия;
– принцип физиологического соответствия;
– принцип эмоционального соответствия.

Принцип функционального соответствия. Наиболее активными для привлечения внимания считаются красный и синий цвета, далее желтый, зеленый и белый. Поэтому красный и синий рекомендуется использовать для кодирования наиболее важных объектов. Синий цвет из-за его тенденции к размытости границ малопригоден для окраски мелких графических элементов, требующих предельной четкости изображения. Его чаще применяют в качестве акцентирующей подложки под выделяемые графические элементы. Там, где требуется хорошая видимость деталей изображения, безошибочная и быстрая их идентификация, применяют желто-зеленые, желтые и оранжевые цвета, обеспечивающие наиболее четкую фокусировку изображения на сетчатку глаза.

Принцип физиологического соответствия. Цвета по яркости и контрастности не должны выходить за пределы, вызывающие утомление зрения. Пониженная светимость изображения вызывает перенапряжение мышц хрусталика глаза и, как следствие, снижение остроты зрения. Повышенная яркость приводит к снижению цветовой чувствительности.

Принцип эмоционального соответствия. Цвета должны вызывать эмоциональную реакцию, улучшающую самочувствие и повышающую работоспособность человека. Стимулирующим фактором является сбалансированное сочетание в цветовой гамме теплых и холодных цветов. Теплые цвета, как наиболее выступающие и предметные, привлекают и удерживают внимание, холодные, используемые чаще как фоновые, оказывают компенсирующее воздействие, обеспечивая поддержание цветовой чувствительности на высоком уровне [3].

Заключение. Рассмотренные особенности могут учитываться при разработке инновационных средств защиты визуальной информации, таких, например, как защитное стекло на смартфон (при отклонении взгляда на определенный угол информацию не удастся разглядеть) или интегрированный экран приватности (при угле обзора более 35 градусов контрастность для подглядывающего снижается на 95%). Таких технологий на сегодняшний день может быть множество, однако без знаний особенностей восприятия визуальной информации человеком создать их для безопасной и комфортной работы с техническими средствами обработки информации не представляется возможным.

Список литературы

1. *Цифровая обработка изображений динамических спектрограмм аудио сигналов в задачах безопасности речевой связи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=496&lvl=04.03. – Дата доступа: 22.01.2025.*

2. *Особенности восприятие текстовой и графической информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studfile.net/preview/5764770/page:10/ – Дата доступа: 22.05.2025.*

3. *Психофизиологическая характеристика процесса приема информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://alexwolga.ru/fiziologiya-truda/56-psikhofiziologicheskaya-kharakteristika-protsessa-priema-informatsii?ysclid=m1e3qzqoaz660951887 – Дата доступа: 23.01.2025.*

UDC 004.934.2

FEATURES OF VISUAL INFORMATION PERCEPTION IN THE TECHNICAL MEANS OF ITS PROCESSING

Asinenko A. M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alefirenko V. M. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The features of perception of textual information and their possibilities of use in the context of development and application in technical means of its processing are presented.

Keywords: textual information, perception features, perception parameters, technical means.

УДК 616.24-073.173

ОБЗОР БЕСПРОВОДНЫХ ПОРТАТИВНЫХ СПИРОМЕТРОВ НА МИРОВОМ РЫНКЕ

Кулеш Р.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ревинская И.И. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. Рассмотрены современные портативные спирометры, их конфигурации и основные компоненты. Проведен сравнительный анализ некоторых моделей различных производителей, выявлены их преимущества и недостатки. Предложены области для совершенствования беспроводных портативных спирометров.

Ключевые слова: спирометрия, портативные спирометры, медицинские приборы.

Введение. Современная медицина активно внедряет портативные технологии, направленные на улучшение диагностики и мониторинга состояния пациентов. В отчете Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) подчеркивается, что использование портативных спирометров способствует улучшению раннего выявления хронических заболеваний дыхательной системы и повышению доступности диагностики [1]. Одним из таких устройств являются беспроводные спирометры, которые позволяют проводить необходимые измерения функций дыхательной системы без использования проводных соединений. Эти устройства особенно актуальны в условиях дистанционного мониторинга пациентов, телемедицины и для массовых скрининговых исследований.

Основная часть. Беспроводные портативные спирометры могут иметь различные конфигурации в зависимости от их предназначения, функциональных возможностей и технологии измерения. Некоторые модели оснащены встроенным дисплеем и работают автономно, тогда как другие взаимодействуют с мобильными устройствами через беспроводные интерфейсы. Различия также могут касаться типа датчика потока, точности измерений и дополнительных функций, таких как голосовые подсказки или поддержка облачного хранения данных.

Независимо от конфигурации, основные компоненты беспроводных портативных спирометров остаются схожими. Они включают датчик потока, регистрирующий параметры дыхания, микроконтроллер, который обрабатывает данные, и беспроводной модуль (Bluetooth, Wi-Fi, NFC) для передачи информации. Автономность работы обеспечивается аккумулятором, а результаты могут отображаться на экране или передаваться в мобильное приложение. Управление устройством осуществляется через сенсорные элементы или кнопки, а для подключения к медицинским системам используются порты и интерфейсы передачи данных.

Важным этапом анализа современных беспроводных портативных спирометров является их сравнительная характеристика. В таблице 1 представлено сопоставление четырех моделей – MIR Spirodoc, Spirostik Blue, Contec SP80B и SpiroSonic SMART. Сравнение основано на ключевых технических параметрах, включая измеряемые показатели, тип датчика, интерфейсы подключения, совместимость с операционными системами, точность измерений, а также дополнительные функциональные возможности. Проведенный анализ позволит выявить преимущества и ограничения каждой модели, что способствует объективной оценке их применимости в клинической практике и самостоятельном мониторинге состояния дыхательной системы.

Таблица 1 – Последовательность тестирования ФБ МК

Параметр	MIR Spirodoc[2]	Spirostik Blue [4]	Contec SP80B[6]	SpiroSonic SMART[7]
Внешний вид				
Страна производства	Италия	Германия	Китай	Венгрия
Измеряемые параметры	FVC, FEV1, FEV1/FVC%, PIF, VC, IVC, IC, ERV, FEV1/VC%, VT, VE, MVV и др.	Спирометрия, поток-объем, MVV	FVC, FVC, FEV1, FEV1/FVC, PEF, FEF25, FEF50, FEF75, FEF2575	ELA, ERV, FET, FEV1, FIVC, FVC, IC, IRV, IVC, MVV, PEF, PEFT, RR, TE, TI, TV, VC, VE и др.
Дисплей	LCD 128×64, сенсорный экран	Нет	LCD, 2.8’’	Quarter VGA 320×240, сенсорный экран
Тип датчика потока	Турбинный	Турбинный	Турбинный	Ультразвуковой
Калибровка	Не требует калибровки	Дополнительный модуль	Встроенная функция	Автоматическая перед измерением
Наличие голосовых подсказок	Нет	Нет	Нет	Да
Наличие приложения	Да	Да	Да	Да
Совместимость с ОС	iOS, Android, Windows	Windows	Android, Windows	iOS, Windows
Интерфейсы подключения	USB, Bluetooth	USB, Bluetooth	USB, Bluetooth	USB, Bluetooth
Точность измерений	±3% или 50 мл	±3% или 50 мл	±3% или 50 мл	± 2,5% или 50 мл
Диапазон потока (л/с)	0–16	0–16	0-16	0-20
Рабочая температура (°C)	0-45	10-35	10-35	10-40
Габариты, мм	101 x 48 x 16	210 x 175 x 75	160 x 65 x 45	37 × 80 × 92
Вес, г	116	150	190	184
Объем встроенной памяти	10 000 тестов	хранение на ПК	999 показаний	4000 записей
Применение в педиатрии	Да	Нет	Нет	Да
Поддержка языков	нет информации	нет информации	нет информации	12 языков
Цена	3088$ [3]	1612$ [5]	217$ [6]	2 328,33 $ [8]

Схематичное представление структуры беспроводного портативного спирометра приведено на рисунке 1.

Рисунок 1 – Структура беспроводного портативного спирометра

MIR Spirodoc обладает наиболее широким набором функций, значительный объем встроенной памяти (до 10 000 тестов) и поддержку беспроводного соединения через Bluetooth, а также широкую совместимость с ОС. Эти характеристики делают его удобным как для медицинских учреждений, так и для самостоятельного мониторинга пациентов. Однако он имеет сравнительно высокую стоимость.

Spirostik Blue, в отличие от других моделей, не имеет встроенного дисплея и памяти, что ограничивает его автономное использование, однако он ориентирован на работу с ПК, что может быть преимуществом в стационарных условиях.

Contec SP80B представляет собой доступный по цене вариант, который сочетает базовые функции спирометрии с возможностью хранения данных, но уступает конкурентам в вопросах универсальности и интеграции с устройствами.

SpiroSonic SMART выделяется наличием голосовых подсказок, расширенным набором измеряемых параметров и поддержкой 12 языков, что делает его перспективным решением для дистанционного мониторинга пациентов, в том числе и детей.

Заключение. На современном рынке представлено множество моделей беспроводных портативных спирометров, различающихся по функционалу, стоимости и области применения. Одни устройства ориентированы на профессиональное использование в клинической практике, другие подходят для самостоятельного мониторинга состояния дыхательной системы.

Анализ показал, что MIR Spirodoc и SpiroSonic SMART обладают наиболее широкими возможностями, включая беспроводное подключение, большой объем памяти и совместимость с мобильными устройствами. Spirostik Blue адаптирован для работы с ПК и стационарных исследований, а Contec SP80B является доступным решением с базовым функционалом. Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на совершенствование технологий измерений, повышение точности диагностики, уменьшению стоимости и интеграцию с цифровыми платформами здравоохранения.

Список литературы

1. *Белевский А.С. (ред.). Глобальная стратегия диагностики, лечения и профилактики хронической обструктивной болезни легких (пересмотр 2014 г.) / Пер. с англ. – М.: Российское респираторное общество, 2014. – 92 с., ил.*

2. *Spirodoc [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://spirometry.com/en/products/spirodoc/. Дата доступа: 24.03.2025.*

3. *MIR Spirodoc Spirometer Oximeter [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.medisave.co.uk/products/mir-spirodoc-spirometer-oximeter-with-1-reusable-turbine?currency=GBP&variant=44836779819291. Дата доступа: 24.03.2025.*

4. *Spirostik USB Spirometer [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://shop.fleischhacker.biz/en/medical-products/medical-equipment-and-accessories/spirometry/spirometer/1134/spirostik-usb-spirometer-set-including-blue-cherry-software-package-and-ambistik. Дата доступа: 24.03.2025.*

5. *Spirostik Blue [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.geratherm.com/products/spirometry/spirostik-blue. Дата доступа: 24.03.2025.*

6. *Спирометр на AliExpress [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://aliexpress.ru/item/1005002598954640.html?sku_id=12000025666740768. Дата доступа: 24.03.2025.*

7. *Spirosonic Smart [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://spirosonic.com/product/spirosonic-smart-standalone-spirometer/. Дата доступа: 24.03.2025.*

8. *SpiroSonic Smart SPIROTHOR SPIROTUBE [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.winterthurmedical.com/en/spd/WINTER570286/SpiroSonic-Smart-SPIROTHOR-SPIROTUBE-spirometer-ul. Дата доступа: 24.03.2025.*

UDC 616.24-073.173

REVIEW OF WIRELESS PORTABLE SPIROMETERS IN THE WORLD MARKET

Kulesh R.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Revinskaya I.I. – assistant of Department of ETT

Annotation. Modern portable spirometers and their configurations are considered. A comparative analysis of various models is conducted, their advantages and disadvantages are identified.

Keywords: spirometry, portable spirometers, medical devices.

УДК 551.508.8: 621.382.2/.3

МЕТЕОСТАНЦИЯ ПОРТАТИВНАЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА *ATMEGA*328/*P*

Козлов И.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Барковская К.Н. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. В статье рассматривается конструкция портативной метеостанции, объединяющей функции часов, барометра, термометра и гигрометра. Устройство оснащено экраном для отображения графиков изменений метеопараметров, функцией курсорного анализа графиков и часами с автоматической настройкой времени. Реализованы алгоритмы обработки данных, позволяющие прогнозировать погоду на основе динамики измерений, что повышает информативность и удобство эксплуатации прибора.

Ключевые слова: метеостанция, микроконтроллер, датчик, погода.

Введение. Метеостанции предназначены для измерения и анализа основных метеорологических параметров, таких как температура, влажность и атмосферное давление. Они широко применяются в туризме, сельском хозяйстве, экологии и других сферах, где требуется оперативный мониторинг погодных условий.

В данной статье автором рассматривается конструкция портативной метеостанции, её принципы работы и основные датчики для измерения показателей окружающей среды.

Основная часть. Основным компонентом для работы устройства является микроконтроллер (МК), который выполняет расчёт прогноза погоды, а также агрегацию полученных данных от датчиков [1]. В данной реализации используется МК *ATmega*328/*P* (рисунок 1). Небольшая сводка технических характеристик[2] этого МК:

– архитектура: 8-разрядный *RISC*-микроконтроллер *AVR*;

– тактовая частота: до 20 МГц;

– энергоэффективность: поддержка режимов энергосбережения (*Idle*, *Power-down*, *Standby* и др.);

– *flash*-память: 32 КБ;

– 23 линии ввода/вывода;

– поддержка внешних прерываний;

– коммуникационные интерфейсы: *USART* (*UART*), *SPI*, *I2C*;

– напряжение питания: от 1.8 В до 5.5 В.

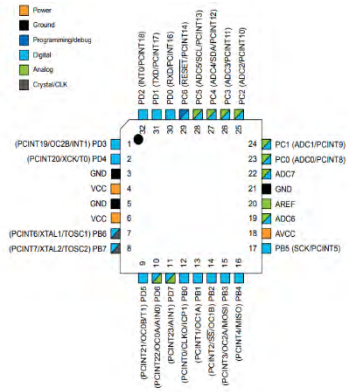


Рисунок 1 – Микроконтроллер ATmega328/P в корпусе TQFP

Помимо этого, для сбора информации об окружающей среде используются различные датчики: термометр, гигрометр и барометр. Также присутствует возможность подключить внешний термометр для более детального изучения определённой области.

В качестве миниатюрного и многофункционального датчика используется *BME*280 (рисунок 2) с интерфейсом *I2C* от фирмы *BOSH* [3]. Датчик позволяет измерять давление, температуру и влажность. А для наружного измерения можно подключить трёхвыводной цифровой датчик температуры *DS*1821 [4], *DS*18*S*20 или *DS*18*B*20 фирмы *Dallas Semiconductor* в корпусе *TO*-92, работающий по однопроводному интерфейсу 1-*Wire* (рисунок 3).

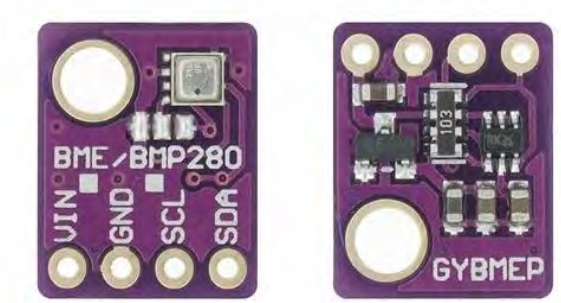


Рисунок 2 – Датчик *BME*280

Рисунок 3 – Датчик температуры *DS*1821

Для наглядного изображения основных компонентов портативной метеостанции используется структурная схема (рисунок 4) с линиями связи отдельных логических частей устройства.

Основные этапы работы устройства:

– сбор данных с датчиков;

– обработка данных микроконтроллером и их сохранение;

– отображение данных на дисплее;

– взаимодействие с органами управления для изучения сохранённых данных о погоде и настройки устройства;

– зарядка батареи с помощью любого зарядного устройства с выходным напряжением 5V и коннектором USB type-C;

– при истечении заданного времени бездействия устройство переходит в энергосберегающий режим.

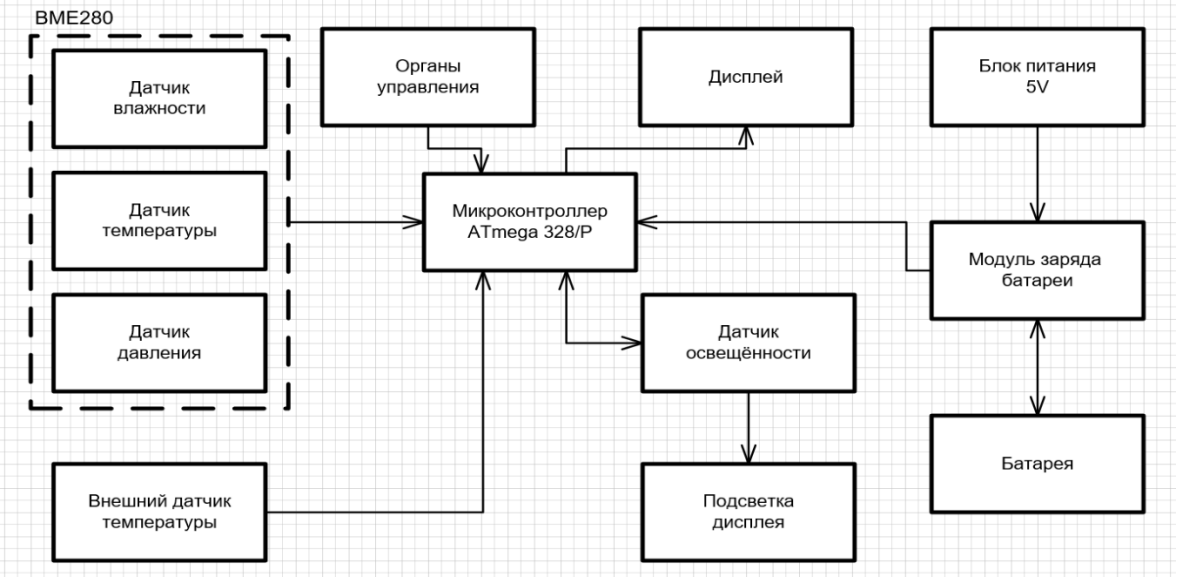


Рисунок 4 –Структурная схема портативной метеостанции

Заключение. Представлена портативная метеостанция на базе микроконтроллера *ATmega*328/*P*, объединяющая функции измерения температуры, влажности и атмосферного давления. Устройство использует датчик *BME*280 для точного сбора данных и поддерживает подключение внешних датчиков для расширенного анализа.

Ключевыми преимуществами являются компактность и автономность, многофункциональность, энергоэффективность и удобство эксплуатации. Метеостанция применима в туризме, сельском хозяйстве и экологическом мониторинге, а также благодаря алгоритмам прогнозирования повышается информативность выводимых данных.

Список литературы

1. *Карманная метеостанция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.radiokot.ru/artfiles/6507/.*

2. *ATmega328/P [Электронный ресурс] : Datasheet / Atmel Corporation. – Режим доступа: Atmel-42735B-ATmega328/P_Datasheet_Complete-11/2016.pdf.*

3. *BME280 Combined humidity and pressure sensor [Электронный ресурс] : Datasheet / Bosch Sensortec GmbH. – Режим доступа: BST-BME280-DS002-15.pdf.*

4. *DS1821 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/460061/MAXIM/DS1821.html.*

UDC 551.508.8: 621.382.2/.3

PORTABLE WEATHER STATION BASED ON THE *ATMEGA328/P* MICROCONTROLLER

Kazlou I.M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Barkovskaya K.M. – assistant of the department of EET

Annotation. The article explores the design of a portable weather station that combines the functions of a clock, barometer, thermometer, and hygrometer. The device is equipped with a display for showing graphs of weather parameter changes, a cursor-based graph analysis feature, and a clock with automatic time adjustment. The implemented data processing algorithms enable weather forecasting based on measurement trends, enhancing the device's informativeness and user convenience.

Keywords: weather station, microcontroller, sensor, weather.

УДК 616.24-073.173

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СПИРОМЕТРОВ

Бурачевский А.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ревинская И.И. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. Спирометрия является важным методом диагностики заболеваний дыхательной системы. В настоящее время на рынке представлен широкий спектр автоматизированных спирометров, отличающихся по своим характеристикам и принципам работы. В данной статье проводится обзор и сравнение современных моделей спирометров с акцентом на технические характеристики и принципиальные отличия между ними.

Ключевые слова: спирометрия, автоматизированный спирометр, легочные объемы, форсированный выдох, пневмотахограф, ультразвуковой датчик, турбинный датчик.

Введение. Спирометрия – это неинвазивный метод оценки функции легких, который измеряет объемы и скорости воздушного потока во время дыхания. Этот метод широко используется для диагностики и мониторинга респираторных заболеваний, таких как астма, хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) и другие заболевания легких [1]. Современные спирометры – это автоматизированные устройства, которые обеспечивают быстрое и точное измерение параметров дыхания, что делает их незаменимыми в клинической практике.

Основная часть. Спирометры можно классифицировать по различным критериям:

1 По принципу измерения: объемные спирометры (измеряют изменение объема воздуха в замкнутом контуре, например, водяные спирометры, сильфонные спирометры, и в настоящее время являются устаревшими) и пневмотахографы (измеряют скорость воздушного потока, а объем вычисляется путем интегрирования потока по времени и относятся к наиболее распространенному типу спирометров).

2 По типу датчика потока: турбинные датчики (используют вращающуюся турбину, скорость вращения которой пропорциональна потоку воздуха), датчики переменного давления/пневмотахометры (измеряют разницу давления на резистивном элементе (например, сетке), которая пропорциональна потоку воздуха) и ультразвуковые датчики (используют ультразвуковые волны для определения скорости воздушного поток).

3 По мобильности: стационарные (для использования в кабинетах функциональной диагностики) и портативные (ручные) – компактные устройства для использования вне стационара, например, на дому или в полевых условиях.

Сравнение современных спирометров.

Для анализа были выбраны следующие модели спирометров:

MicroLoop (CareFusion/BD) – портативный спирометр, широко используемый в клинической практике.

Vitalograph Alpha (Vitalograph) – стационарный спирометр с расширенными функциональными возможностями.

Спирограф СМП-21/01 Р-Д (Россия) – современный российский спирометр, разработанный для широкого применения.

Описание характеристик и принципов анализа.

MicroLoop (рисунок 1). Принцип измерения*:* пневмотахограф с турбинным датчиком потока.

Измеряемые параметры: ФЖЕЛ, ОФВ1, ОФВ1/ФЖЕЛ, МОС25-75 и др.

Диапазон измерения потока: ±16 л/с.
Диапазон измерения объема: 0-12 л.
Точность измерения потока: ±5% или ±0.2 л/с (большее значение).
Точность измерения объема: ±3% или ±0.05 л (большее значение).
Питание: от аккумулятора или сети.
Интерфейс: USB.
Программное обеспечение: в комплекте.
Принцип анализа*:* спирометр измеряет скорость вращения турбины, которая пропорциональна потоку воздуха. Объем вычисляется путем интегрирования потока по времени. Результаты отображаются на экране и могут быть сохранены в памяти устройства или переданы на компьютер для дальнейшего анализа.

Vitalograph Alpha (рисунок 2). Принцип измерения: пневмотахограф с датчиком переменного давления (пневмотахометром).

Измеряемые параметры: ФЖЕЛ, ОФВ1, ОФВ1/ФЖЕЛ, МОС25-75, ЖЕЛ, ООЛ (с дополнительным оборудованием), DLCO (с дополнительным оборудованием) и др.
Диапазон измерения потока: ±18 л/с.
Диапазон измерения объема: 0-12 л.
Точность измерения потока: ±3% или ±0.1 л/с (большее значение).
Точность измерения объема: ±2.5% или ±0.05 л (большее значение).
Питание: от сети.
Интерфейс: USB, RS-232.
Программное обеспечение: в комплекте, с возможностью интеграции с медицинскими информационными системами (МИС).

Рисунок 1 – Спирометр MicroLoop

Рисунок 2 – Спирометр Vitalograph Alpha

Принцип анализа: спирометр измеряет разницу давления на резистивном элементе, которая пропорциональна потоку воздуха. Объем вычисляется путем интегрирования потока по времени. Программное обеспечение спирометра позволяет проводить автоматическую интерпретацию результатов, сравнивать их с нормативными значениями и формировать отчеты.

Спирограф СМП-21/01 Р-Д. Принцип измерения*:* пневмотахограф с турбинным датчиком потока.

Измеряемые параметры: ФЖЕЛ, ОФВ1, ОФВ1/ФЖЕЛ, МОС25-75, ЖЕЛ и др.
Диапазон измерения потока: ±14 л/с.
Диапазон измерения объема: 0-10 л.
Точность измерения потока: ±5% или ±0.2 л/с (большее значение).
Точность измерения объема: ±3% или ±0.05 л (большее значение).
Питание: от аккумулятора или сети.

Интерфейс: USB.
Программное обеспечение: в комплекте.

Рисунок 3 – Спирометр СМП-21/01 Р-Д

Принцип анализа*:* аналогичен MicroLoop, спирометр измеряет скорость вращения турбины, которая пропорциональна потоку воздуха. Объем вычисляется путем интегрирования потока по времени.

Принципиальные отличия между аппаратами. Основные отличия между рассмотренными спирометрами заключаются в следующем:

1 Тип датчика потока: MicroLoop и СМП-21/01 Р-Д используют турбинные датчики, а Vitalograph Alpha – датчик переменного давления. Датчики переменного давления считаются более точными, особенно при низких потоках, но они также более чувствительны к загрязнению.

2 Функциональность: Vitalograph Alpha, при использовании дополнительного оборудования, позволяет измерять статические объемы легких (ООЛ) и диффузионную способность легких (DLCO), что делает его более подходящим для комплексной оценки функции легких. MicroLoop и СМП-21/01 Р-Д предназначены для базовой спирометрии.

3 Мобильность: MicroLoop и СМП-21/01 Р-Д – портативные устройства, что позволяет использовать их вне стационара. Vitalograph Alpha – стационарный спирометр.

4 Интеграция с МИС**:** Vitalograph Alpha имеет возможность интеграции с медицинскими информационными системами, что упрощает ведение медицинской документации и обмен данными.

5 Цена: как правило, портативные спирометры (MicroLoop, СМП-21/01 Р-Д) более доступны по цене, чем стационарные модели (Vitalograph Alpha) с расширенной функциональностью.

Таблица 1 – Сравнение рассмотренных спирометров

Характеристика	**MicroLoop**	**Vitalograph Alpha**	**СМП-21/01 Р-Д**
Тип датчика потока	Турбинный	Переменного давления	Турбинный
Измеряемые параметры	ФЖЕЛ, ОФВ1, ОФВ1/ФЖЕЛ, МОС25-75 и др.	ФЖЕЛ, ОФВ1, ОФВ1/ФЖЕЛ, МОС25-75, ЖЕЛ, ООЛ, DLCO и др.	ФЖЕЛ, ОФВ1, ОФВ1/ФЖЕЛ, МОС25-75, ЖЕЛ и др.
Диапазон измерения потока	±16 л/с	±18 л/с	±14 л/с
Диапазон измерения объема	0-12 л	0-12 л	0-10 л
Точность измерения потока	±5% или ±0.2 л/с	±3% или ±0.1 л/с	±5% или ±0.2 л/с
Точность измерения объема	±3% или ±0.05 л	±2.5% или ±0.05 л	±3% или ±0.05 л
Мобильность	Портативный	Стационарный	Портативный
Питание	Аккумулятор/сеть	Сеть	Аккумулятор/сеть
Интерфейс	USB	USB, RS-232	USB

Заключение. Для использования в условиях стационара оптимальным выбором является Vitalograph Alpha, так как он обеспечивает наибольшую точность измерений (особенно при низких потоках) благодаря датчику переменного давления, имеет расширенный функционал с возможностью измерения статических объемов легких и диффузионной способности (при наличии дополнительного оборудования), а также поддерживает интеграцию с медицинскими информационными системами для удобного ведения документации.

Для применения в амбулаторных условиях или при необходимости мобильности более предпочтительны портативные модели MicroLoop или Спирограф СМП-21/01 Р-Д. Они обладают схожими характеристиками точности измерений объема, но уступают по точности измерения потока. Выбор между MicroLoop и Спирографом СМП-21/01 Р-Д зависит от конкретных требований к диапазону измерений: MicroLoop имеет более широкий диапазон измерения потока (±16 л/с против ±14 л/с у СМП-21/01 Р-Д), что может быть важным при работе с пациентами, демонстрирующими высокие пиковые потоки.

Список литературы

1.*CareFusion/BD. MicroLoop спирометр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.carefusion.com*

2.*Vitalograph. Vitalograph Alpha спирометр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vitalograph.com*

3.*Р-Д. Спирограф СМП-21/01 Р-Д [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.r-d.ru*

4.*Технические характеристики спирометров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.medtech.ru*

5.*Пневмотахографы: принципы работы и характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.medinfo.ru*

UDC 616.24-073.173

REVIEW ARTICLE OF MODERN AUTOMATED SPIROMETERS

Buracheuskiy A.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Scientific advisor: Revinskaya I.I. – assistant of Department of ETT

Annotation. Spirometry is an important method for diagnosing respiratory diseases. Currently, the market offers a wide range of automated spirometers, differing in their characteristics and operating principles. This article provides an overview and comparison of modern spirometer models, focusing on technical characteristics and fundamental differences between them.

Keywords: spirometry, automated spirometer, lung volumes, forced expiration, pneumotachograph, ultrasound sensor, turbine sensor.

УДК 61:534.4:519.6

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТКАНИ ЧЕЛОВЕКА

Лукащук В.С. Новицкая А.Е.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Камлач П.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Разработана методика проведения исследования моделирования воздействия ультразвука на биотикани человека. Установлено, что гель не препятствует Проведению ультразвуковой терапии даже в случаях его нанесения слоем до 2 мм. Установлена обратная зависимость между повышением частоты ультразвука и глубиной проникновения. Глубина проникания ультразвукового воздействия составила 29,2; 27,4; 18,1 и 11,4 мм (для 0,89; 1; 2.89 и 3 МГц соответственно). Предложен алгоритм создания модели и проведения исследования.

Ключевые слова: ультразвук, терапевтическое воздействие, биоткани, глубина проникновения, частота ультразвука, моделирование, алгоритм, ультразвуковая терапия.

Введение. Ультразвуковые методы и приборы для применения в хирургии, терапии и медицинской диагностике в настоящее время прочно вошли в практику здравоохранения. В связи с этими фактами моделирование воздействий на биологические ткани является одним из важных направлений в предварительной оценке безопасности воздействий и их последствий.

В данной статье авторами показана методика проведения исследования и построения модели, применимая для программного обеспечения COMSOL 6.1.

Основная часть. Проведение моделирования можно разделить на несколько главных частей:

– создание модели;

– проведение исследования.

Это делается так как в данном программном обеспечении есть возможность проведения разных типов исследований на одной и той же модели.

Часть создания модели можно разделить на этапы выполнения, где первый этап имеет цель определения исследуемого объекта, его параметров и необходимой размерности (двумерная или трёхмерная), а также непосредственно типа исследования. После завершения первоначальной части, начинается второй этап, цель которого создание модели из предложенных примитивов, с использованием встроенных инструментов характерных для многих систем типа CAD, что позволяет также импортировать модели (геометрию) из совместимых версий программного обеспечения [1–5]. Третий этап имеет цель присвоения всем областям материалов, для установления физических свойств в конкретной области. Существует обширная библиотека встроенных материалов, однако программное обеспечение позволят создавать и свои материалы, где в зависимости от типа исследования могут потребоваться различные параметры. Четвёртый этап создания модели имеет цель разбиения геометрии на ограниченное количество примитивов определённой конфигурации (также называемых сеткой, что делается для упрощения крупной задачи до набора более мелких, это упрощает вычисления и позволяет параллельно решать элементы крупной задачи ускоряя вычисления). Сетка может создаваться как в автоматическом, так и в ручном режиме. На данном этапе важен баланс между вычислительными мощностями и размером элемента (для ультразвука ограничение по максимальному размеру элемента равно от 1,5 до 6 длин волн на сегмент) [6].

Подобным образом можно разделить на этапы выполнения и часть проведения исследования. Важно учесть, что данное исследование производится уже на готовой модели с уже просчитанной сеткой разбиения. Первый этап ставит целью задание функции изменения воздействия от времени (или иного необходимого параметра), наиболее удачным является задание её в аналитической форме, хотя доступны и другие способы. Вторым этапом является выделение на модели объекта плоскости или поверхности воздействия. Это производится через функцию Prescrtbed Velocity, присвоение ей поверхностей и функции изменения. Третий этап ставит целью проведение самого исследования, это выполняется путём ограничения времени моделирования и промежутков сохранения. Важно отметить, промежутки сохранения определяют лишь время, через которое сохраняется результат и не существенно влияют на производительность, минимальный шаг расчёта по времени определяется наименьшим элементом сетки. По окончанию исследования в области результатов создаются графики, есть автоматически созданные, но можно добавить и свои, в зависимости от исследуемых параметров.

Заключение. На основе теоретической информации была построена модель и проведено исследование законов распространения ультразвука в среде плеча человека, а также проверено влияние геля на терапию. При проведении работы была разработана методика создания модели биологических тканей человека и рассмотрены основные этапы построения модели. Составлен алгоритм проведения исследования, его создания и обработки, полученных данных путём построения графиков и зависимостей. Разработанная модель может быть использована для исследований с различными параметрами ультразвука и тканей человека.

Список литературы

1. 1. *Booker, H. & Clemmow, P. The concept of an angular spectrum of plane waves and its relation to that of polar diagram and aperture distribution / H. Booker, P. Clemmow. – [Электронный ресурс]. – Proc. IEE 97, 11—17. – 1950.*

2. *Freedman, A. Transient fields of acoustic radiators / A. Freedman. – [Электронный ресурс]. – J. acoust. Soc. Amer. 48, 135—138. – 1970.*

3. *Miller, E. & Thurstone, F. Linear ultrasonic array design for echosonography / E. Miller, F. Thurstone. – [Электронный ресурс]. – J. acoust. Soc. Amer. 61, 1481-1491. – 1977.*

4. *Sherman, G., Stamnes, J., & Lalor, E. Asymptotic approximations to angular-spectrum representations / G. Sherman, J. Stamnes, E. Lalor. – [Электронный ресурс]. – J. Math. Phys. 17, 760—776. – 1976.*

5. *Zemanek, J. Beam behaviour within the near field of a vibrating piston / J. Zemanek. – [Электронный ресурс]. – J. acoust. Soc. Amer. 49, 181—191. – 1971.*

6. *Введение в COMSOL Multiphysics / COMSOL. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cdn.comsol.com/doc/5.4/IntroductionToCOMSOLMultiphysics.ru_RU.pdf*

UDC 61:534.4:519.6

METHODOLOGY FOR MODELING ULTRASOUND THERAPEUTIC IMPACT ON HUMAN TISSUES

Lukashchuk V.S. Novitskaya A.E.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kamlach P.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT

Annotation. A methodology for conducting research on modeling the effects of ultrasound on human biological tissues has been developed. It has been established that the gel does not hinder the application of ultrasound therapy, even when applied in layers up to 2 mm thick. A reverse relationship has been identified between the increase in ultrasound frequency and the depth of penetration. The depths of ultrasound penetration were measured at 29.2 mm, 27.4 mm, 18.1 mm, and 11.4 mm for frequencies of 0.89 MHz, 1 MHz, 2.89 MHz, and 3 MHz, respectively. An algorithm for creating a model and conducting the research has been proposed.

Keyword: sultrasound, therapeutic effect, biological tissues, penetration depth, ultrasound frequency, modeling, algorithm, ultrasound therapy.

УДК 616.314-07

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОККЛЮЗИОННЫХ ШИН У СПОРТСМЕНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТА T-SCAN

Грибко А.С., Бондарь В.Г., Бредихина Д.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Самуйлов И.В. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. Данное исследование направлено на составление методики анализа эффективности применения индвивидульных окклюзионных шин с применением апппарата T-Scan. В ходе исследования были изучены изменения в контактах зубов у спортсменов с использованием индивидуальных окклюзионных шин. Результаты показали, что применение индивидуальных шин с учетом данных, полученных с помощью аппарата T-Scan, способствует оптимизации окклюзии, улучшению функциональности челюстно-лицевой системы.

Ключевые слова: окклюзия, аппарат T-Scan, окклюзионная шина, суперконтакт.

Введение. Одним из ключевых аспектов поддержания здоровья спортсменов является грамотное лечение и профилактика заболеваний височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС), которые могут существенно снизить работоспособность и привести к более серьезным нарушениям здоровья. Одним из перспективных подходов в этой области является использование индивидуальных окклюзионных шин в сочетании с аппаратом T-Scan. Этот инновационный диагностический инструмент предоставляет возможность для всесторонней оценки окклюзии у спортсменов и мониторинга эффективности применения окклюзионных шин.

В статье рассматриваются возможности аппарата T-Scan в диагностике и оценке результатов лечения, а также приводится разработка методики анализа клинических исследований.

Основная часть. Окклюзия и артикуляция – это ключевые понятия в стоматологии, лежащие в основе диагностики и лечения стоматологических заболеваний, восстановления зубного ряда, а также создания протезов и ортодонтических конструкций. Нарушения в окклюзии и артикуляции могут привести к патологиям зубочелюстной системы, болевым синдромам и даже к системным нарушениям. Окклюзия – это контакт между зубами верхней и нижней челюстей. Она бывает статической (когда челюсти находятся в состоянии покоя) и динамической (во время жевания, глотания и других функций). Артикуляция – это взаимное движение челюстей относительно друг друга, включая процессы открывания и закрывания рта, боковые и переднезадние движения. Артикуляция определяет, как зубы соприкасаются во время функциональной активности. Эти понятия неразрывно связаны: качество окклюзии влияет на артикуляцию, и наоборот. [1].

Методы диагностики окклюзионных взаимоотношений: осмотр зубных рядов и определение вида прикуса, метод аускультации, получение и анализ окклюдограмм, анализ диагностических моделей челюстей в артикуляторе, маркировка суперконтактов с помощью копировальной бумаги, Т-система сканирования или компьютерный анализ зубочелюстной системы (T-Scan), применение денситометров [2].

T-scan – это инновационная система для цифрового анализа окклюзии, которая помогает стоматологам и специалистам в области спортивной медицины оценивать состояние прикуса и выявлять проблемы, связанные с височно-нижнечелюстным суставом. В основе метода Т-скан диагностики лежит анализ движения челюстей при окклюзии (соединении зубных поверхностей верхней и нижней челюстей). T-scan состоит из прозрачной датчиковой пленки, которая накладывается на зубы. Полученные данные

передаются на компьютер, который обрабатывает информацию и создает трехмерную модель окклюзии. При жевании датчики регистрируют точки контакта и перемещения челюстей, которые затем передаются на компьютер. С помощью программного обеспечения T-scan можно визуализировать данные и получить детальную информацию о состоянии окклюзии [3]. Во время исследования пациент прикусывает индивидуальную пластинку – сенсор, который оценивает и отражает на мониторе компьютера все контакты между зубами, учитывая: последовательность и силу их возникновения, распределение нагрузки на каждый зуб и на определённый сегмент, смещение центра силы при движении нижней челюсти [4].

Исследование проведено 10 пациентам, обратившимся в стоматологическую клинику и получившим стоматологическую помощь с изготовлением индивидуальных окклюзионных шин – капп. Анализ окклюзионных взаимоотношений, полученный при помощи аппарата T-Scan (рисунок 1), включал оценку следующих параметров: перемещение нижней челюсти, полная активность по четвертям и контактам. “сверх” активность по четвертям и контактам, локализация суперконтактов контактов, время их появления и продолжительность.

Рисунок 1 - Внешний вид устройства T-Scan

Каждому пациенту был присвоен код и записаны даты проведенных исследований. На первом этапе производилось исследование перемещения нижней челюсти во время исследования. Для этого перемещаем шкалу времени в конец исследования (рисунок 2).

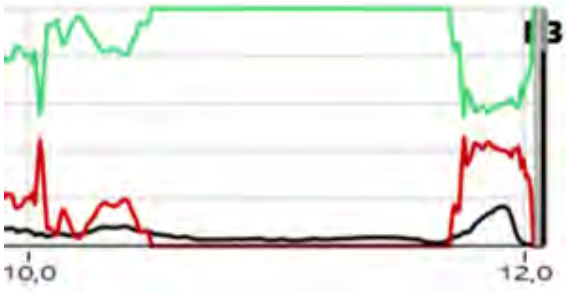


Рисунок 2 – Шкала времени

Оцениваем перемещение нижней челюсти в ходе исследования, % нахождения в центральной зоне , % нахождения в серой зоне, был ли выход за пределы серой зоны (рисунок 3).

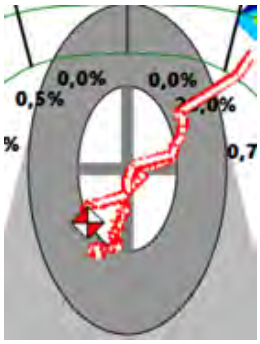


Рисунок 3 – Перемещение нижней челюсти

Затем оцениваем полную активность по четвертям. Для этого переходим в режим суперконтактов (рисунок 4), устанавливаем полное отображение нагрузки (рисунок 5), переходим в меню «Вид» → «Максимальный прикус сила» и записываем полную активность по четвертям и контактам (рисунок 6).

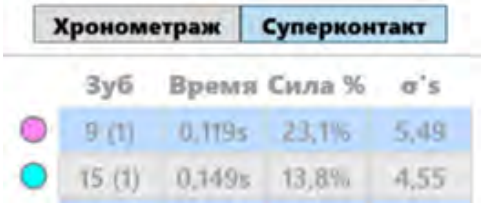


Рисунок 4 – Режим суперконтактов

Рисунок 5 – Отображение полной нагрузки

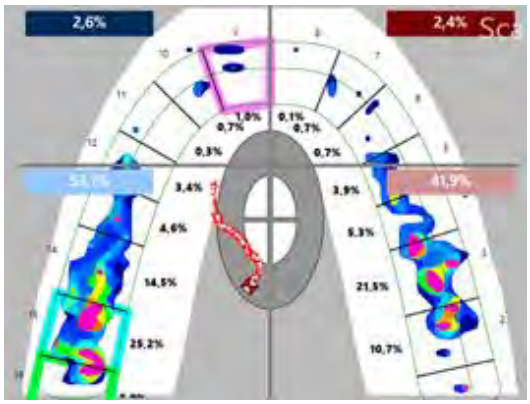


Рисунок 6 – Активность по четвертям

Затем оцениваем «сверх» активность по четвертям. Для этого оставляем отображение самой сильной активности (две последней зоны – красный и пурпурный) (рисунок 7). Переходим в меню «Вид» → «Максимальный прикус сила», записываем активность по четвертям и контактам (рисунок 8).

Рисунок 7 – Отображение максимальной нагрузки

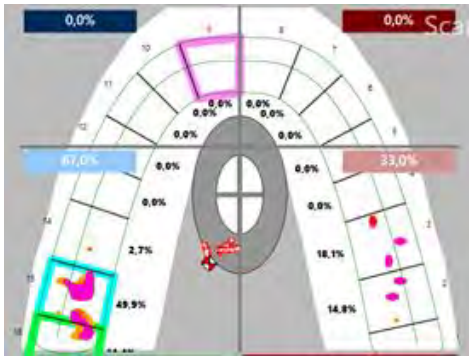


Рисунок 8 – «Сверх» активность по четвертям

На последнем этапе записываем номера суперконтактов (при их наличии) (рисунок 9).

Хронометраж	Суперконтакт			
	Зуб	Время	Сила %	σ's
●	15 (1)	0,149s	50,0%	4,55
●	16 (1)	0,189s	33,3%	4,30
●	15 (2)	3,798s	33,8%	4,19
●	16 (2)	3,808s	33,3%	4,19
●	15 (3)	7,546s	100,0%	5,29
●	9 (3)	7,616s	0,0%	4,06

Рисунок 9 – Номера суперконтактов

По полученной методике была составлена база данных, на основании которой была проанализирована активность по четвертям в ходе всего процесса лечения (рисунок 10). На рисунке предоставлен график, на котором синим обозначены моляры, желтым цветом – передние зубы, оранжевым – левая сторона, серым – правая.

Из данных, представленных на рисунке 10, видно, что в начале исследования активность по четвертям была симметричной. В ходе лечения большая часть активности приходилась на задние четверти (моляры), а меньшая часть активности на «передние» зубы (резцы, клыки, премоляры). Активность левой стороны несколько выше, чем активность на правой стороне. Наибольшая динамика изменения силы прикуса наблюдалась в период ношения средне жесткой каппы (в период за июнь-сентябрь).

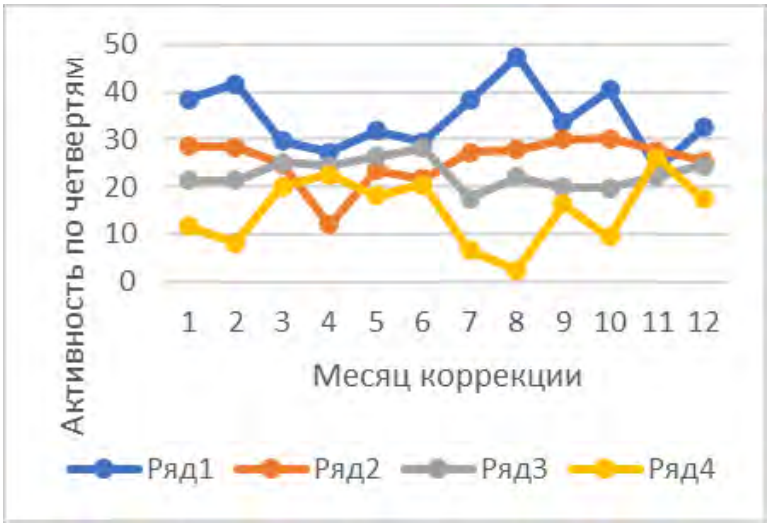


Рисунок 10 – График периода изменения активности по четвертям

Заключение. В данной статье была разработана диагностическая методика измерения окклюзии при помощи аппарата T-Scan, которая включает в себя исследование полной и “сверх” активности по четвертям и перемещение нижней челюсти. Был проанализирован ход лечения, выявлено, что в процессе ношения каппы нагрузка постепенно сместилась на моляры, что свидетельствует о правильном лечении окклюзии. Таким образом, результаты исследования подтверждают эффективность применения индивидуальных окклюзионных шин у спортсменов с использованием аппарата T-Scan как инновационного подхода к оптимизации окклюзии в спорте.

Список литературы

1. *Моргунов С.В. «Теоретические аспекты изучения окклюзии и артикуляции в стоматологии». - Москва, 2012. - Издательство «Медицина», стр. 45-68.*

2. *Пропедевтическая стоматология : учеб.-метод. пособие : в 14 ч. / П78 Т. В. Герасимова, Л. А. Зюлькина, Г. В. Емелина [и др.]. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2022. – Ч. 4. – 86 с.*

3. *Диагностика окклюзии с помощью T-scan [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ortolime.ru/uslugi/ortodontiya/brekety/diagnostika-okklyuzii-t-scan*

4. *Анисимова, М. М. Использование системы T-scan в лечении пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом / М. М. Анисимова. // Молодой ученый. — 2023. — № 32 (479). — С. 18-19.*

UDC 616.314-07

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF INDIVIDUAL OCCLUSAL SPLINTS IN ATHLETES USING THE T-SCAN DEVICE

Gribko A.S., Bondar V.G., Bredihina D.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Samuilov I.V. – assistant of the department of EET

Annotation. This study aims to develop a methodology for analyzing the effectiveness of using individual occlusal splints with the T-Scan device. The research examined changes in tooth contacts among athletes using individual occlusal splints. The results showed that the use of individual splints, taking into account data obtained through the T-Scan device, contributes to the optimization of occlusion and the improvement of the functionality of the temporomandibular system.

Keywords: occlusion, T-Scan device, occlusal splint, supercontact.

УДК 004.942

МОДЕЛЬ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Голубович А. Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научные руководители: Камлач П.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ, Чураков А.В. – к. м. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. В работе представлена геометрическая модель мышечной ткани, предназначенная для исследования воздействия электрического тока. Разработка выполнена в программном обеспечении SolidWorks с учетом анатомических и биофизических характеристик тканей.

Ключевые слова: моделирование, электрическое воздействие, мышечная ткань, SolidWorks.

Введение. Исследование распространения электрического тока в биологических тканях важно для медицины, физиотерапии и реабилитации. Численное моделирование позволяет изучать влияние электрических импульсов на ткани и оптимизировать параметры электростимуляции [1].

В данной работе разработана геометрическая модель мышечной ткани, включающая кожу, электроды, фасцию и мышцы. Модель создана в SolidWorks и предназначена для дальнейшего анализа в COMSOL Multiphysics. Полученные результаты помогут улучшить методы физиотерапевтического воздействия.

Основная часть. При исследовании воздействия электрического тока на мышечную ткань с использованием моделирования необходимо решить следующие задачи:

– разработать точную геометрическую модель мышечной ткани с учетом анатомических и биофизических характеристик;

– определить влияние электрического тока на различные биологические структуры (кожу, фасцию, мышцы).

Модель, созданная в SolidWorks, включает основные биологические слои (рисунок 1):

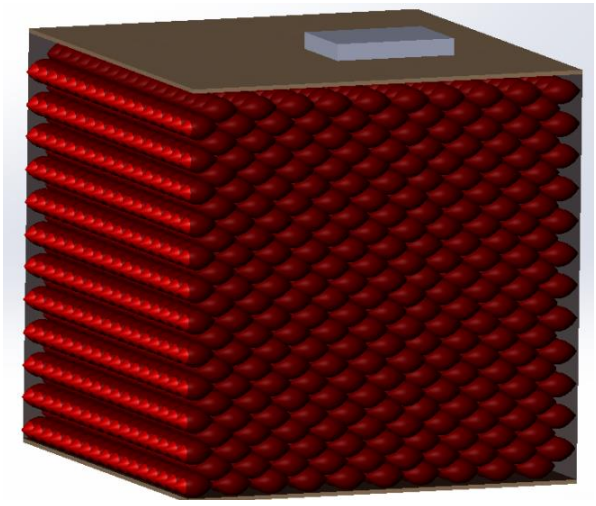


Рисунок 1 – Схема взаимодействия областей тестирования МК и воздействия ЭСР на МК

Модель включает в себя несколько ключевых биологических слоев. Кожа выполняет функцию внешнего слоя, обеспечивающего контакт с электродами. В ее анатомической структуре можно выделить несколько уровней, таких как эпидермис и дерма, однако в данной модели она представлена в виде однородного слоя толщиной 2 мм. На поверхности кожи расположены электроды, смоделированные в виде тонких пластин, которые служат контактными элементами для подачи электрического тока. Их размеры и расположение были выбраны таким образом, чтобы обеспечить равномерное распределение тока.

Кроме того, в модели присутствует фасция — соединительная ткань, играющая роль промежуточного слоя между кожей и мышцами (рисунок 2). Фасция не только выполняет поддерживающую функцию, но и влияет на распространение электрического тока. Несмотря на то, что ее проводимость ниже, чем у мышечной ткани, она все же существенно участвует в распределении тока, особенно в местах, где окружает группы мышечных волокон. Также в модели детализирована структура мышечных волокон, что позволяет более точно учитывать особенности взаимодействия электрического тока с тканями [2].

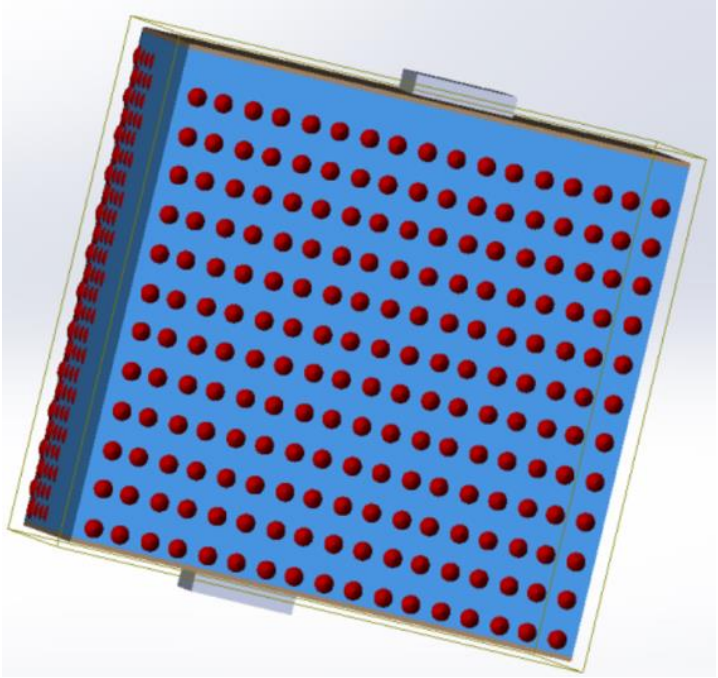


Рисунок 2 – Алгоритм функционального тестирования микроконтроллеров

Ключевым элементом разработанной модели является мышечная ткань, которая представляет основной объект исследования. Для более точного воспроизведения ее реальных характеристик и взаимодействия с электрическими импульсами мышечные волокна были смоделированы в виде сетчатой структуры. Высокая проводимость мышечной ткани, особенно в областях скопления отдельных волокон, обусловливает ее основную роль в процессе электрической стимуляции. Детализированное представление структуры позволяет более точно моделировать распределение электрического тока и его воздействие на каждое мышечное волокно.

При построении модели учитывались анатомические и физические свойства реальных биологических тканей, включая кожу, фасцию и мышцы. В дальнейшем планируется использование данной модели в среде COMSOL Multiphysics для проведения численного анализа, что позволит детально исследовать распределение электрического поля и влияние электрического тока на мышечные ткани.

Заключение. В данной работе представлена разработка геометрической модели мышечной ткани, предназначенной для исследования воздействия электрического тока.

Модель включает основные биологические структуры, такие как кожа, фасция и мышцы, и создана с учетом анатомических и биофизических характеристик. Использование программного обеспечения SolidWorks позволило детализировать структуру тканей, что обеспечивает более точное моделирование распространения электрического тока.

Разработанная модель послужит основой для дальнейшего численного анализа в COMSOL Multiphysics, что позволит исследовать распределение электрического поля и влияние электрической стимуляции на мышечные ткани. Полученные результаты могут быть применены для оптимизации параметров электростимуляции в медицине и физиотерапии, а также для улучшения методик реабилитации, связанных с воздействием электрических импульсов на мышцы.

Список литературы

1. *Gulyaev V. Y., Matveev V. A., Oransky I. E. (2004) Electrodiagnostics, Electrostimulation and Pulsed Low Frequency Electrotherapy. Yekaterinburg. 104 (in Russian).*

2. *Anatomy of the Muscular System (Muscles, Fasciae, and Topography) / Igor V. Gaivoronsky, Gennady I. Nichiporuk ; Edited by Cand. of Sci., Associate Professor Igor V. Gaivoronsky. – St. Petersburg: ELBI-SPb, 2005. – 84 p. – ISBN 5-93979-123-9.*

UDC 004.942

MODEL OF MUSCLE TISSUE FOR STUDYING THE EFFECT OF ELECTRIC CURRENT

Golubovich A.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kamlach P.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT, Churakov A.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT

Annotation. A geometric model of muscle tissue has been developed for studying the effects of electric current. The model was created using SolidWorks, taking into account the anatomical and biophysical characteristics of tissues.

Keywords: modeling, electrical exposure, muscle tissue, SolidWorks.

УДК 621.38:61

РАЗРАБОТКА СТАЦИОНАРНОГО ДВЕНАДЦАТИКАНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА

Пиньковская Д.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ревинская И.И. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. Рассматривается разработка двенадцатиканального электрокардиографа для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Рассмотрены методы обработки ЭКГ-сигналов, включая алгоритмы фильтрации помех и усиления полезных сигналов. Обоснован выбор ключевых компонентов при разработке электрической схемы устройства.

Ключевые слова: электрокардиография, двенадцатиканальный электрокардиограф, сердечно-сосудистые заболевания, ЭКГ.

Введение. Электрическая активность сердца представляет собой серию электрических импульсов, генерируемых синусовым узлом, которые регулируют ритм и координируют сокращение миокарда. Синусовый узел генерирует первичный электрический импульс, который распространяется по предсердиям, вызывая их сокращение и передавая сигнал к атриовентрикулярному узлу. В этом узле происходит небольшая задержка, чтобы предотвратить слишком быстрое распространение сигнала на желудочки. Затем сигнал проходит по специализированным проводникам, называемыми пучком Гиса, и его ветвям до волокон Пуркинье в желудочках [1]. В желудочках сигнал вызывает их сокращение, что позволяет перекачивать кровь в артерии. После этого возникает небольшая пауза, позволяющая сердечным камерам заполниться кровью перед следующим циклом. Один цикл длится около 0,7 - 1 секунды в покое, при беге или нагрузке длительность цикла может сокращаться до 0,4 секунды (при ЧСС 150 уд/мин). Изменения в этом процессе могут быть следствием различных патологий, таких как аритмии, ишемическая болезнь сердца, гипертрофия миокарда и другие сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ).

Смертность от ССЗ в Беларуси, согласно статистике за 2016-2019 годы, варьируется от 694 до 754 случаев на сто тысяч человек населения [2]. В общей структуре смертности на долю этих заболеваний в стране приходится 53,8%. Это обуславливает потребность развития и внедрения современных методов диагностики, в том числе электрокардиографии, для своевременного выявления и мониторинга сердечных заболеваний.

Основная часть. Для эффективной регистрации ЭКГ и анализа электрической активности сердца в многоканальном режиме необходимо использование нескольких отведений. В конструкции разрабатываемого электрокардиографа применяются шесть конечностных отведений (I, II, III, aVR, aVL, aVF) и шесть грудных отведений (V1–V6), позволяющие анализировать электрическую активность сердца как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости, что способствует более точной локализации патологических изменений.

Каждое отведение ЭКГ имеет свой вектор, который определяется разностью напряжений между электродами. В биполярных отведениях разность напряжений между электродами LA и RA составляет отведение I, между LL и RA – отведение II, между LL и LA – отведение III. Усиленные униполярные отведения рассчитываются с учётом напряжений с нескольких конечностных электродов: aVL – в сторону LA (-30 градусов), aVF – к LL (+90 градусов), aVR – к RA (-150 градусов). Центральная терминаль Вильсона (WCT) является ненаправленным «нулевым отведением» и рассчитывается как среднее от трёх отведений от конечностей [3].

Анализ электрокардиограммы включает множество составляющих, таких как интервалы R-R, PR, QT, сегмент ST и комплекс QRS. Интервал R-R – это время между двумя последовательными пиками R на ЭКГ, отражающее частоту сердечных сокращений (ЧСС). Изменения в длительности и регулярности интервалов R-R помогают выявлять различные аритмии, включая тахикардию и брадикардию. Сегмент ST отражает время между окончанием деполяризации и началом реполяризации желудочков. Подъем или депрессия сегмента ST могут свидетельствовать об инфаркте миокарда. Комплекс QRS отображает деполяризацию желудочков и состоит из зубцов Q, R и S. Анализ его формы и продолжительности помогает диагностировать различные нарушения проводимости и структурные изменения сердца. Интервал QT представляет собой время от начала деполяризации до окончания реполяризации желудочков. Удлинение этого интервала может указывать на повышенный риск опасных аритмий, таких как желудочковая тахикардия [4].

Для повышения точности диагностики кардиографы используют методы цифровой обработки сигналов, включая фильтрацию помех и усиление полезных компонентов. В процессе записи ЭКГ фиксируются не только электрическая активность сердца, но и дыхательные и мышечные движения, а также внешние помехи. Для улучшения качества записи ЭКГ применяются различные фильтры: низкочастотный (0,5-1,0 Гц) устраняет дрейф изолинии, сетевой (50 Гц) убирает наводки от электросети, «мышечный» фильтр (35 Гц) снижает помехи от мышечных движений. Быстрое преобразование Фурье используется для изучения частотных характеристик электросигналов, генерируемых сердцем, что позволяет выявлять различные аномалии в сердечном ритме и особенности отдельных компонентных составляющих. Для повышения точности сигнала также применяется вейвлет-преобразование, которое разлагает ЭКГ-сигнал на последовательность коэффициентов, учитывающих длительность, положение во времени и частотную полосу [5]. Преимущество этого преобразования заключается в способности отмечать детали ЭКГ-сигнала с оптимальным частотно-временным разрешением. Алгоритмы машинного обучения помогают выявлять зависимости в данных и могут использоваться для анализа форм кардиоциклов, например, нейросетевой алгоритм бинарной классификации QRS-комплексов ЭКГ, основанный на векторном представлении сигнала и использующий данные с нескольких отведений для повышения устойчивости к шумам [6].

Для обработки данных в электрокардиографе выбрана аналоговая микросхема ADS1298, которая поддерживает восемь каналов ввода [7], что позволяет осуществлять многоканальную запись ЭКГ. Встроенные фильтры и усилители минимизируют помехи и обеспечивают точную работу даже при слабых сигналах. Усиление настраивается программно. АЦП в устройстве обеспечивает скорость передачи данных от 250 до 32 кбит/с. Поддерживается два режима работы High Rate и Low Power, в зависимости от которых меняется частота дискретизации. Связь с микроконтроллером осуществляется с помощью SPI-совместимого интерфейса. Для тактирования используется внутренний кварцевый резонатор.

Важными элементами в данной микросхеме являются встроенный детектор плохого контакта, который отслеживает плохое качество контакта с кожей пациента, и драйвер нейтрального электрода, подавляющий синфазные помехи. Поскольку амплитуда потенциалов, непосредственно записываемых с поверхности тела, может быть меньше 1 мВ, во всех существующих электрокардиографах установлены усилители. Сигнал поступает на вход усилителя через высокочастотные емкостные фильтры с нижней полосой пропускания около 0,1 Гц, что соответствует постоянной времени 2 с. Благодаря этому на кривой ЭКГ не отражаются помехи в виде постоянных составляющих и медленных изменений потенциалов в области металлических электродов. Кроме переменного кардиосигнала на входе также присутствует постоянная составляющая – разность электродных потенциалов амплитудой около 300мВ. ЭКГ сигнал относится к квазипериодическим сигналам с периодом следования кардиокомплексов (определяемых по R-R интервалам) 0,2 – 3 с; диапазон амплитуд сигнала 0,03 – 5 мВ; частотный диапазон

сигнала 0,05 – 300 Гц. Наиболее информативная часть ЭКГ сигнала занимает полосу частот 0,1 – 120 Гц.

Для обработки и передачи был выбран микроконтроллер STM32F407VG, который обладает встроенной высокоскоростной памятью (флэш-память до 1 Мбайт, до 192 Кбайт *SRAM*), а также широким спектром расширенных входов/выходов и периферийных устройств [8]. Кроме того, данный микроконтроллер обладает встроенным интерфейсом Parallel RGB, необходимым для подключения дисплея. Для беспроводной передачи данных и связи с внешними устройствами используется интерфейс Bluetooth 5.0, встроенный в микросхему IS1870BLE. Модуль на основе данной микросхемы подключается к выбранному микроконтроллеру с помощью встроенного интерфейса асинхронной передачи данных UART.

Электропитание устройства организовано с помощью AC-DC преобразователя, который осуществит трансформацию переменного сетевого напряжения в +5В постоянного напряжения, которое необходимо для питания большинства аналоговых компонентов устройства. Для питания логических элементов (ТТЛ-схем), микросхем, дисплея и других маломощных элементов используется понижающий преобразователь DC-DC, который преобразует +5В в +3.3В. С шины +5В также осуществляется заряд аккумулятора, который с помощью ключа и повышающего преобразователя DC-DC будет работать в момент отключения сетевого питания.

Заключение. Рассмотрены основы электрической активности сердца, описаны принципы многоканальной регистрации ЭКГ и анализа электрической активности сердца. Рассмотрены методы цифровой обработки электрокардиографических сигналов, включая фильтрацию помех и усиление сигналов, направленные на повышение точности и эффективности диагностики. Важным этапом разработки является оценка характеристик и преимуществ ключевых компонентов устройства, в связи с чем были рассмотрены микроконтроллер STM32F407VG и аналоговая микросхема ADS1298.

Список литературы

1. *Кузнецов, А. А. Биофизика сердца: учеб. пособие. В 2 кн. Кн. 1. Неинвазивные методы исследования сердца / А. А. Кузнецов; Владим. Гос. Ун-т имени А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2013. – с. 27.*

2. *Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Статистический ежегодник 2020. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2020. – с. 54.*

3. *Суворов, А. В. Клиническая электрокардиография. – Нижний Новгород: Изд-во НМИ, 1993. – с. 14.*

4. *Арсентьева, Р. Х. Синдром удлиненного интервала QT // Вестник современной клинической медицины. 2012. № 3. – с. 70.*

5. *Лагирвандзе, А. К., Калиниченко, А. Н., Моргунова, Т. В. Алгоритм анализа форм кардиоциклов ЭКГ с использованием технологий машинного обучения // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2019. № 4. – с. 10.*

6. *Чесноков, Ю. В., Чижиков, В. И. Вейвлет-преобразование в обработке электрокардиограмм [Электронный ресурс] // Вестник новых медицинских технологий. – 2003. – Т. 10. – № 1–2.*

7. *Техническая документация на микросхему ADS1298 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ti.com/product/ADS1298.*

8. *Техническая документация на микросхему STM32F407VG [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f407vg.html.*

UDC 621.38:61

DEVELOPMENT OF A STATIONARY TWELVE-CHANNEL ELECTROCARDIOGRAPH

Pinkovskaya D.I.

Belarussian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Revinskaya I.I. – assistant of the Department of ETT

Annotation. The article discusses the development of a twelve-channel electrocardiograph for diagnosing cardiovascular diseases. Methods for processing ECG signals are considered, including algorithms for filtering interference and amplifying useful signals. The choice of key components, such as the STM32F407VG microcontroller and ADS1298 ADC, is substantiated.

Keywords: electrocardiography, twelve-channel electrocardiograph, cardiovascular diseases, ECG.

УДК 611.91

ПОЛУЧЕНИЕ 3D-МОДЕЛИ СРЕДНЕГО УХА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Друц Э.В., Смольская Т.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Камлач П.В.. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Рассмотрен процесс построения трехмерной модели среднего уха на основе данных компьютерной томографии височной области. Описаны ключевые этапы обработки КТ-изображений, особое внимание уделено методам выделения слуховых косточек и устранению артефактов. Рассмотрены проблемы, связанные с обработкой КТ-данных, и предложены решения для повышения качества 3D-моделей.

Ключевые слова: среднее ухо, компьютерная томография, сегментация изображений, слуховые косточки, 3D Slicer.

Введение. Современные методы медицинской визуализации, такие как компьютерная томография, играют важную роль в диагностике и лечении заболеваний среднего уха.

Целью данной работы является разработка методики построения 3D-модели среднего уха на основе данных компьютерной томографии (КТ) височной области с использованием программного обеспечения 3D Slicer. В статье рассматриваются ключевые этапы обработки изображений, включая выбор оптимальных параметров сканирования, методы сегментации и преобразование данных в объемную модель. Особое внимание уделено решению проблем, связанных с артефактами и низкой контрастностью изображений, а также повышению точности воспроизведения слуховых косточек.

Основная часть. Для построения 3D-модели среднего уха используется КТ височной области головы пациента. Этот метод позволяет получить послойные изображения костных структур, что особенно важно для выделения мелких анатомических образований, таких как слуховые косточки [1].

При выборе исходных данных необходимо учитывать следующие параметры:

– оптимальным является тонкосрезовая КТ височной кости с толщиной срезов 0,5-0,6 мм; такой формат обеспечивает наибольшую детализацию и позволяет лучше сегментировать мелкие структуры;

– КТ-исследования хранятся в формате DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine); этот формат содержит не только послойные изображения, но и метаданные, такие как параметры сканирования, ориентация срезов и параметры экспозиции;

– на изображениях КТ могут присутствовать артефакты (например, металлические объекты, помехи от движения пациента), и их наличие может затруднить последующую сегментацию и построение модели;

– важно учитывать радиационную нагрузку при КТ-исследовании, особенно при повторных сканированиях, что требует выбора оптимального режима съемки.

Точная сегментация анатомических структур среднего уха имеет решающее значение для успешного проектирования индивидуальных имплантов. Одной из проблем, возникающих при обработке КТ-изображений, является необходимость отделения костных структур от мягких тканей и шумов, присутствующих в изображении. Для этого применяются различные алгоритмы сегментации, такие как пороговая фильтрация, методы машинного обучения и ручное редактирование.

В данной работе будут использоваться данные КТ височной области в формате DICOM с шагом среза 0,5-0,6 мм, предоставленные РНПЦ оториноларингологии. Использование данных высокого разрешения позволяет значительно повысить точность

воссоздания модели слуховых косточек и, соответственно, повысить эффективность подбора импланта [2].

После проведения КТ необходимо загрузить файлы в программу 3D Slicer для дальнейшей обработки и выделения 3D-модели среднего уха. Процесс получения 3D-модели слуховых косточек из КТ-данных:

1 Загрузка DICOM срезы в 3D Slicer (рисунок 1).

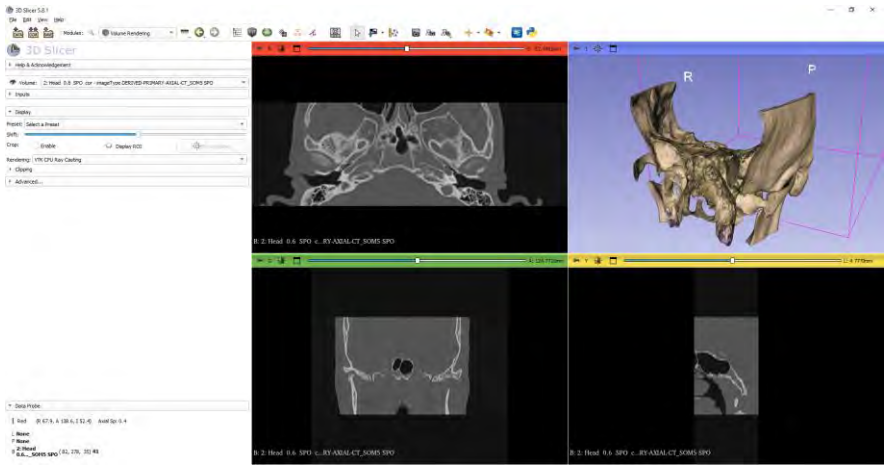


Рисунок 1 – DICOM срезы в программной среде 3D Slicer

2 Переход в модуль Segment Editor. Используя инструмент Paint, необходимо вручную обозначить зону сегментирования на нескольких срезах. Это позволяет задать границы костных структур, которые будут выделены в отдельные сегменты. Важно следить за равномерностью разметки, чтобы избежать ошибок на последующих этапах обработки данных.

Так как слуховые косточки (молоточек, наковальня и стремечко) играют важную роль в передаче звука, каждую из них необходимо сегментировать отдельно. Для этого нужно создать отдельные сегменты и применить следующие инструменты:

– Threshold – для автоматического выделения костной ткани;

– Grow from Seeds – для распространения сегментации на весь объем данных;

– Erase и Smoothing – для удаления артефактов и уточнения границ.

3 После завершения разметки костных структур переходим к следующему этапу – уточнению сегментации и конвертации в 3D-модель.

Сначала применяется инструмент Smoothing, чтобы сгладить границы сегмента и устранить неровности, возникающие при ручной разметке. В зависимости от характеристик данных и требований к модели можно выбрать разные режимы сглаживания, такие как Median, Gaussian или Joint Smoothing.

Затем выполняется проверка сегмента на наличие разрывов и артефактов. Если требуется, необходимо использовать инструмент Scissors для удаления лишних фрагментов или Fill between slices для более точного восполнения структуры между срезами.

После окончательной доработки сегмента нужно перейти в модуль Segmentations и преобразовать выделенные области в 3D-объект. Этот этап позволяет получить объемную модель костной структуры, которая затем может быть экспортирована в формат STL или OBJ для последующей обработки, например, в Blender [3].

После получения модели слуховых косточек из КТ её необходимо очистить и подготовить для подгонки импланта. Этот процесс включает следующие этапы:

– импорт модели;

– очистка/сглаживание модели;

– проверка и устранение незамкнутых областей;

– сглаживание поверхности;

– выделение и удаление ненужных фрагментов.

Полученная модель представлена на рисунке 2.

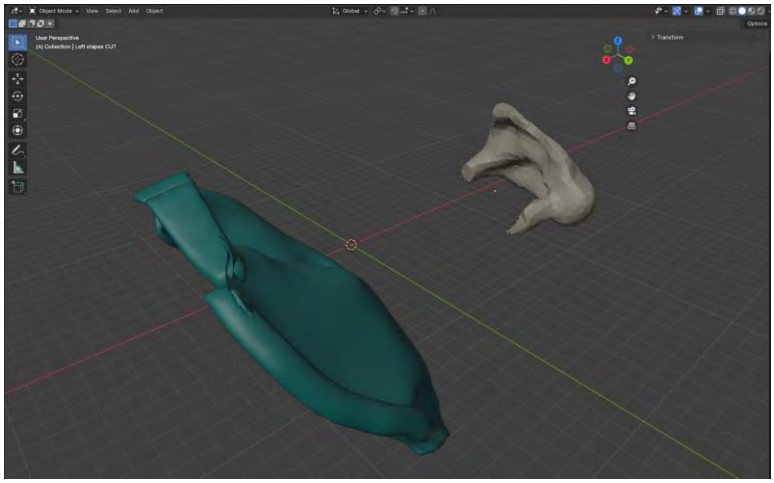


Рисунок 2 – 3D-модель обрезанных слуховых косточек в Blender

Заключение. В результате проведенного исследования была разработана методика построения 3D-модели среднего уха на основе данных компьютерной томографии.

Полученные результаты демонстрируют, что предложенная методика может быть успешно использована для проектирования индивидуальных имплантов и планирования хирургических вмешательств. В дальнейшем планируется оптимизация алгоритмов обработки данных и интеграция методов машинного обучения для автоматизации процесса сегментации. Это позволит сократить время обработки и повысить точность 3D-моделей, что особенно важно для клинической практики.

Список литературы

1. *Елисеев В.Г., Коробов В.М., Милованов Н.Н. Автоматизация проектирования в программном комплексе T-Flex. Учебное пособие. М.:НИЯУ МИФИ, 2010. – 148 с.*

2. *Besl, P. J., & McKay, N. D. A Method for Registration of 3-D Shapes / IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992. – 14(2), 239-256.*

3. *Johnson, A. E., & Hebert, M. Using Spin Images for Efficient Object Recognition in Cluttered 3D Scenes / IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1999. – 21(5), 433-449.*

UDC 611.91

OBTAINING A 3D MODEL OF THE MIDDLE EAR BASED ON CT SCANS OF THE PATIENT'S TEMPORAL REGION

Druts E.V., Smolskaya T.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kamlach P.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT

Annotation. The process of constructing a three-dimensional model of the middle ear based on computed tomography (CT) data of the temporal region is discussed. The key stages of CT image processing are described, with particular attention paid to methods for isolating the auditory ossicles and eliminating artifacts. The problems associated with CT data processing are examined, and solutions for improving the quality of 3D models are proposed.

Keywords: middle ear, computed tomography, image segmentation, auditory ossicles, 3D Slicer.

УДК 621.357.7

ВЛИЯНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА НА КОНТАКТНОЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ И ПАЯЕМОСТЬ ПОКРЫТИЙ СПЛАВОМ ОЛОВО-МЕДЬ-УЛЬТРАДИСПЕРСНЫЙ АЛМАЗ

Гульпа Д.Ю., Ордо С.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Кузьмар И.И – к. т. н., доцент, зав. НИЛ 2.2 НИЧ БГУИР

Аннотация. Экспериментально исследовано изменение контактного электросопротивления и паяемости покрытий на основе олова от формы и средней плотности тока, а также длительности импульсов. Установлено, что лучшие результаты достигнуты при осаждении на реверсированном токе.

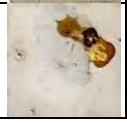
Ключевые слова: электрохимическое покрытие олово-медь-ультрадисперсный алмаз, коэффициент растекания припоя, паяемость, контактное электросопротивление.

Введение. Поскольку гальванический метод нанесения паяемых материалов обладает рядом преимуществ, такими как легкость управления толщиной осаждаемого покрытия, отсутствие локального нагрева, доступность и низкая стоимость оборудования для реализации, возможность управления составом и функциональными свойствами осадков, паяемые электрохимические покрытия широко применяются в современной электротехнике. В зависимости от условий проведения электролиза определяется надёжность паяемых покрытий [1].

Введение в состав оловянных покрытий дополнительных компонентов даёт возможность управления их физическими свойствами. Однако при лужении деталей их электрические свойства резко ухудшаются, что недопустимо при изготовлении радиоэлектронных приборов. В данной работе рассмотрено влияние условий электрохимического осаждения, такие как плотность, форма и длительность тока, на функциональные особенности к пайке и контактному электросопротивлению.

Основная часть. В ходе исследования рассмотрены покрытия сплавом олово-медь-ультрадисперсный алмаз (Sn-Cu-УДА), полученные при различных параметрах тока и импульсов. Для электроосаждения покрытий использован сульфатно-тиомочевинный электролит.[2] Контактное электрическое сопротивление измерили трехзондовым методом по четырехпроводной схеме с применением двух токовых и двух потенциальных проводников. Сила тока через исследуемый контакт составила 15 мА. Методика определения коэффициент растекания припоя приведена в [2]. В качестве варьируемых параметров для проведения исследования взяли длительность тока, частоту *f* и среднюю плотность тока i. Результаты приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты проведения проверки на паяемость

Параметр тока	постоянный ток				импульсный ток			
длит-ость, мс	-				$\tau_{пр}$: $\tau_{паузы}$ 3:7			
f, Гц	-				100			
i, А/дм^2	1	3	5	7	1	3	5	7
покрытиепосле осаж-дения								
покрытия после паяемости								

Продолжение таблицы 1

Параметр тока	импульсный ток				реверсированный ток			
длит-ость, мс	$\tau_{пр}$: $\tau_{паузы}$ 30:70				$\tau_{пр}$: $\tau_{обратн}$ 10:1			
f, Гц	10				90,9091			
i, А/дм^2	1	3	5	7	1	3	5	7
покрытия после осаждения								
покрытия после паяемости								
Параметр тока	реверсированный ток							
длительность, мс	$\tau_{пр}$: $\tau_{обратн}$ 100:10				$\tau_{пр}$: $\tau_{обратн}$ 1000:100			
f, Гц	9,0909				0,9091			
i, А/дм^2	1	3	5	7	1	3	5	7
покрытия после осаждения								
покрытия после паяемости								

Таблица 2 – Результаты измерений и вычислений

№	Условия электроосаждения	$i_{ср}$, А/дм^3	R, мОм	K, %
1	постоянный ток -	1	1,81	53,24
		3	1,72	83,89
		5	1,60	82,48
		7	1,64	79,04
2	импульсный ток $\tau_{пр}$: $\tau_{паузы}$ = 3:7 мс	1	1,45	20,69
		3	1,85	87,20
		5	1,45	86,25
		7	1,35	87,53
3	импульсный ток $\tau_{пр}$: $\tau_{паузы}$ = 30:70 мс	1	1,45	46,22
		3	1,64	93,13
		5	1,48	83,36
		7	1,17	88,14
4	реверсированный ток $\tau_{пр}$: $\tau_{прямого}$ = 10:1 мс	1	1,43	24,46
		3	1,71	81,60
		5	2,84	88,01
		7	1,11	91,04
5	реверсированный ток $\tau_{пр}$: $\tau_{обратн}$ = 100:10 мс	1	1,39	18,87
		3	1,56	94,20
		5	1,87	39,76
		7	1,69	87,80
6	реверсированный ток $\tau_{пр}$: $\tau_{обратн}$ = 1000:100 мс	1	1,40	16,11
		3	1,77	84,50
		5	1,71	89,15
		7	1,71	93,33

На постоянном токе наиболее высокое значение контактного электросопротивления наблюдается при плотности тока i = 1 А/дм^2. Далее его значение уменьшается при 5 А/дм^2, после чего фиксируется рост. На импульсном токе с частотой *f* = 100 Гц наиболее высокое

значение электросопротивления зафиксировано при i = 3 А/дм^2. Впоследствии значение уменьшается. На импульсном токе с f = 10 Гц наиболее высокое значение электросопротивления наблюдается при i = 3 А/дм^2. Далее значение уменьшается. На реверсированном токе с f = 90,9091 Гц самое высокое значение сопротивления фиксируется при i = 5 А/дм^2 и является максимальным в сравнении с другими результатами. При i = 7 А/дм^2 значение электросопротивления резко уменьшается – минимальное значение среди всех результатов. Та же закономерность видна при f = 9,0909 Гц. На f = 0,9091 Гц максимальное значение электросопротивления наблюдается при i = 3 А/дм^2, после чего происходит спад.

Высокий процент коэффициента растекания припоя на постоянном токе наблюдается при i = 3 А/дм^2, после чего фиксируется плавный спад. На импульсном токе с f = 100 Гц виден рост при i = 3 А/дм^2, затем идёт спад и снова рост при i = 7 А/дм^2. На той же форме тока при f = 10 Гц наблюдается аналогичная закономерность с большим значением абсолютных величин. На реверсированном токе с f = 90,9091 Гц происходит непрерывный рост коэффициента растекания припоя. На f = 9,0909 Гц коэффициент растёт при i = 3 А/дм^2 и имеет максимальный процент среди всех результатов, затем уменьшается и снова увеличивается. На f = 0,9091 Гц наблюдается непрерывное возрастание коэффициента растекания припоя, причём начальное значение является минимальным среди всех полученных результатов.

Заключение. В процессе работы исследовано влияние нестационарного электролиза на контактное электросопротивление и паяемость покрытий сплавом олово-медь-ультрадисперсный алмаз, которое проявляется изменением данных параметров в зависимости от формы и средней плотности тока, а также длительности импульсов. Получены изображения свежеосаждённых осадков, сформированных при разных показателях тока, и поверхностей покрытий после исследования на растекание припоя. Установлено, что самые высокие показатели коэффициента растекания припоя достигнуты на реверсированном токе с длительностью импульсов $\tau_{пр}$: $\tau_{паузы}$ = 1000:100 мс на плотности тока 7 А/дм^2 и составляют 93,33%, а контактного электросопротивления на реверсированном токе с частотой 9,0909 Гц, плотностью тока 5 А/дм^2 и составило 1,87 мОм.

Список литературы

1. *Контактно-барьерные структуры субмикронной электроники / А. П. Достанко [и др,]; под ред, А. П. Достанко, В. Л. Ланина. Минск: Бестпринт, 2021.*

2. *Исследование процесса электрохимического формирования покрытий оловом / Г. А. Бразаускас, Д. Ю Гульпа., И. И Кузьмар // Материалы 60-й юбилейной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск: 2024.*

UDC 621.357.7

THE EFFECT OF UNSTEADY ELECTROLYSIS FOR ELECTRICAL CONTACT RESISTANCE AND SOLDERABILITY OF ALLOY COATINGS TIN-COPPER-ULTRADISPERSE DIAMOND

Gulpa D.Y., Ordo S.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kuzmar I.I. – Cand. of Sci., Associate Professor, Head of the Research Laboratory 2.2 of R&D Department

Annotation. The variation of the contact electrical resistance and solderability of tin-based coatings from the shape and average current density, as well as pulse duration, was investigated. Recorded that the best results are achieved with reversed current deposition. Images of freshly deposited sediments formed at different current readings and coating surfaces were obtained.

Keywords: electrochemical tin-copper-ultradisperse diamond coating, solder melting coefficient, solderability, contact electrical resistance.

УДК 621.396.6

РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОГО УСТРОЙСТВА СВЯЗИ НА КОРОТКИЕ ДИСТАНЦИИ

Марченко Т. В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Денскевич А.Д. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. В статье рассматривается разработка портативного радиоустройства для организации голосовой связи на расстояниях до 3 км. Устройство построено на базе радиомодуля *SA*818, работающего в диапазоне 400-480 МГц, и управляется микроконтроллером *ATmega*328*PB-AU*. Особое внимание уделено схемотехническим решениям.

Ключевые слова: портативная радиосвязь, радиомодуль *SA*818, микроконтроллерное управление, компактные устройства связи.

Введение. Современные системы беспроводной связи становятся особенно востребованными в ситуациях, когда традиционные сотовые сети недоступны или работают с перебоями. Особый интерес представляют компактные радиоустройства, способные обеспечивать стабильную голосовую связь на ограниченных расстояниях. Такие решения нашли широкое применение в промышленном секторе, транспортной логистике, службах экстренного реагирования, а также среди любителей активного отдыха. В представленной работе детально анализируется процесс создания портативной радиостанции, функционирующей в УКВ-диапазоне 400-480 МГц с использованием современного радиомодуля *SA*818. Особое внимание уделено архитектурным особенностям системы, принципам построения электрической схемы и ключевым инженерным решениям, реализованным в проекте.

Основная часть. Схема электрическая структурная представляет собой схему, в которой определяются основные функциональные части изделия и взаимосвязи между ними. Данные схемы разрабатываются на стадиях проектирования изделий, предшествующих разработке прочих схем, и используются для общего ознакомления с изделием и его функциональными возможностями [1]. Структурная схема компактного устройства связи на короткие дистанции представлена на рисунке 1.

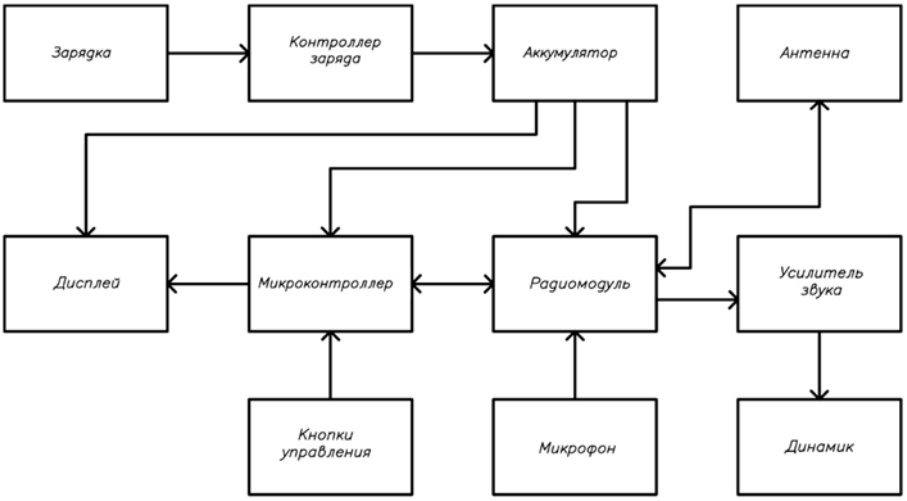


Рисунок 1 – Схема электрическая структурная компактного устройства связи на короткие дистанции

Питание устройства осуществляется с помощью аккумулятора, также в устройстве предусмотрена возможность зарядки, контроль заряда осуществляется с помощью контроллера заряда.

Микроконтроллер используется для настройки радиомодуля посредством кнопок управления и отображения информации на дисплее.

Радиомодуль, отвечает за приемопередающие функции устройства, обеспечивает стабильную передачу и прием радиосигналов в УКВ-диапазоне 400-480 МГц частот, управляется микроконтроллером по *UART*. Сигнал, принятый с помощью антенны, обрабатывается радиомодулем и, проходя через усилитель звука, подаётся на динамик.

На основе разработанной структурной схемы, а также с учетом информации о подключении датчиков была разработана схема электрическая принципиальная для компактного устройства связи на короткие дистанции, представленная на рисунке 2.

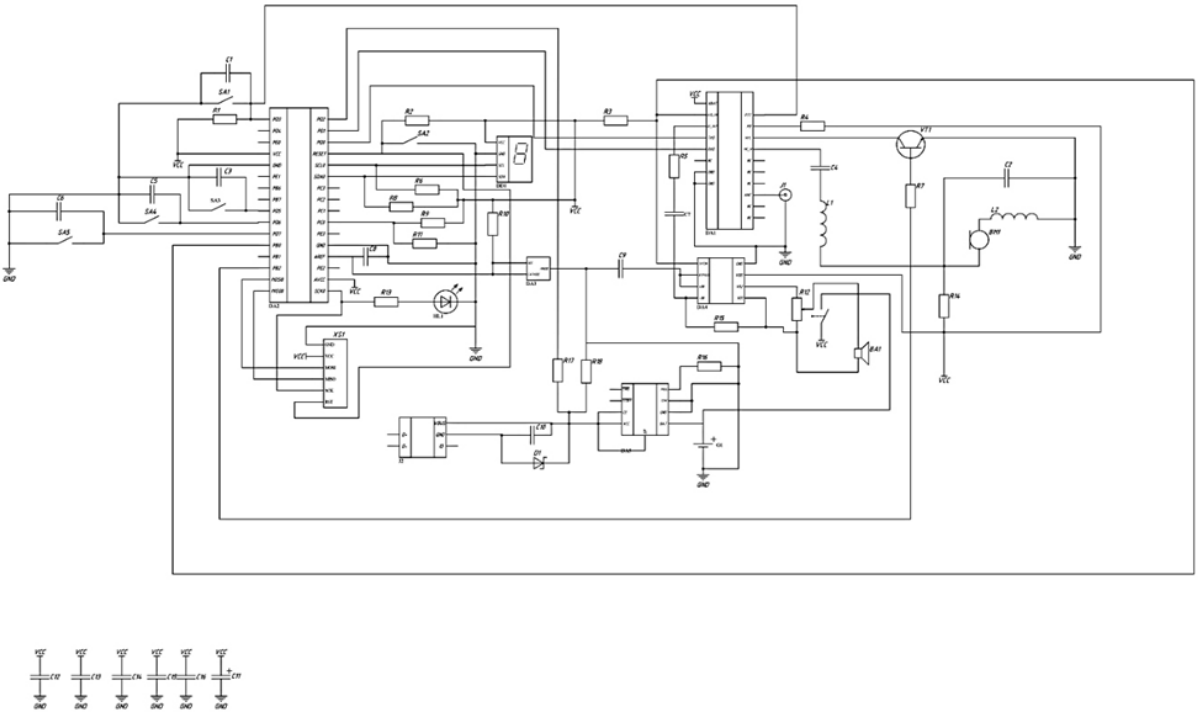


Рисунок 2 – Схема электрическая принципиальная компактного устройства связи на короткие дистанции

Электропитание устройства организовано с использованием литий-ионных аккумуляторов типа 18650, обеспечивающих номинальное напряжение 3,7 В. Для зарядки аккумуляторов предусмотрен разъём *microUSB* (*J*2), через который осуществляется подача питания. Процесс зарядки контролируется специализированной микросхемой *TP*4056 (*DA*5), которая регулирует напряжение и ток заряда. Микроконтроллер определяет факт зарядки по подключению *PD*2 через резистор *R*17 к выводу *VBUS microUSB*, также, измеряя напряжение в схеме через аналоговое подключение на *PC*0, определяется уровень заряда батареи.

Центральным компонентом устройства является радиомодуль *SA*818*S* (*DA*1), отвечающий за приём и передачу радиосигналов через антенну, подключенную через *SMA*-разъём *J*1. Управление модулем осуществляется микроконтроллером *ATmega*328*PB-AU* с использованием интерфейса *UART* и дополнительных управляющих сигналов *PTT* и *H*/*L*. Для передачи голосовых данных используется микрофон *BM*1, подключённый к входу *MIC_IN* радиомодуля через фильтрующую цепь *L*1, *C*4, которая устраняет помехи и посторонние шумы.

Принимаемый радиомодулем аудиосигнал обрабатывается усилителем звука *LM*4871*MX* (*DA*3). Усиленный сигнал подаётся на динамик (*BA*1), обеспечивая

воспроизведение звука. Регулировка громкости осуществляется с помощью потенциометра *R*12, подключённого к входу -*IN* усилителя через резистор *R*15, что позволяет плавно изменять уровень выходного сигнала.

Управление устройством реализовано с использованием нескольких кнопок. Кнопка SA1 активирует режим передачи сигнала: при её нажатии микроконтроллер отправляет соответствующий управляющий сигнал на радиомодуль. Дополнительные кнопки *SA*3, *SA*4 и *SA*5 предназначены для настройки параметров устройства, таких как выбор частоты и регулировка громкости, и взаимодействуют с микроконтроллером для выполнения соответствующих функций.

Информация о состоянии устройства, включая уровень заряда аккумулятора, текущую частоту и режим работы, отображается на *OLED*-дисплее *DSM-OLEDv*2-0.96-4*P-YB* (*DD*1). Дисплей подключён к микроконтроллеру по интерфейсу I2C. Для программирования и настройки микроконтроллера предусмотрен порт *XS*1, который обеспечивает возможность обновления прошивки и изменения параметров устройства.

Схема также включает элементы защиты, такие как стабилитрон *MM3Z5V*6 (ш1) и конденсатор *C*10, установленные между шиной питания *VBUS* и землёй. Эти компоненты предотвращают повреждение устройства при возникновении перенапряжений. Конденсаторы *C*11-*C*16 фильтруют пульсации питания, обеспечивая стабильность работы схемы. Дополнительные резисторы и фильтрующие конденсаторы обеспечивают стабильную работу схемы, минимизируя уровень помех и поддерживая стабильное напряжение на ключевых узлах [2].

Таким образом, элементная база для компактного устройства связи на короткие дистанции была выбрана с полным соответствием всем предъявляемым к ней и конечному изделию техническим требованиям и условиям эксплуатации.

Заключение. Рассмотрена разработка портативного радио для организации голосовой связи. Данное устройство на базе модуля *SA*818 обладает высокой надежностью, энергоэффективностью и удобством эксплуатации. Его производство экономически целесообразно и может быть адаптировано для различных сфер применения, включая промышленность, туризм и службы безопасности.

Список литературы

1. *Схемы электрические структурные // Лаборатория Электронных Средств Обучения СибГУТИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.labfor.ru/guidance/eskd/63/. - Дата доступа: 25.03.2025.*

2. *П. Хоровиц, У. Хилл Искусство схемотехники: Т. 1. пер. с англ. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Мир, 1993. – 413 с., ил.*

UDC 621.396.6

COMPACT SHORT-RANGE COMMUNICATION DEVICE

Marchenko T. V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Denskevich A.D. – assistant of the department of EET

Annotation. The paper deals with the development of a portable radio device for organizing voice communication at distances up to 3 km. The device is built on the basis of radio module SA818, working in the range of 400-480 MHz, and is controlled by microcontroller ATmega328PB-AU. Special attention is paid to the circuitry solutions.

Keywords: portable radio communication, SA818 radio module, microcontroller control, compact communication devices.

УДК 621.7-4

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛОТНОСТИ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЫ В ОБЪЁМЕ СВЧ ПЛАЗМОТРОНА РЕЗОНАТОРНОГО ТИПА

Барковская К.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Мадвейко С.И. – к. т. н., доцент, зав. кафедрой ЭТТ

Аннотация. Проведено компьютерное моделирование электронной плотности аргоновой плазмы в объёме СВЧ резонатора призматической формы (ширина 267 мм, длина 270 мм, высота: 188 мм) при частоте f = 2,45 ГГц. Исследование проводилось при подводимой СВЧ мощности P = 1,5 кВт в течение 0,01 секунды.

Ключевые слова: плазма, резонатор, плазмотрон, СВЧ, электронная плотность.

Введение. Электронная плотность (плотность плазмы) является ключевым параметром при определении количества заряженных частиц в плазме. Данная характеристика отражает концентрацию несущих заряд электронов и ионов внутри объёма плазмы [1].

Скорость реакций в плазме зависит от плотности частиц реагентов. Более высокая плотность плазмы увеличивает вероятность столкновения частиц реактивов и протекания химических реакций, что приводит к увеличению скорости реакции. Аналогично, ионный поток, который представляет собой поток ионов на подложке, прямо пропорционален плотности плазмы [1].

Плотность плазмы влияет на поведение и характеристики заряженных частиц в плазме, тем самым оказывая влияние на следующие технологические процессы:

Плотность плазмы влияет на скорость травления, селективность и однородность поверхности в процессах плазменного травления. Контроль плотности позволяет точно удалять материал и модифицировать поверхность, что дает возможность изготавливать микроэлектронные устройства и интегральные схемы.

1 Плазменное травление. Плотность плазмы влияет на скорость травления, селективность и однородность поверхности в процессах плазменного травления. Контроль плотности позволяет точно удалять материал с поверхности, что дает возможность изготавливать микроэлектронные устройства и интегральные схемы.

2 Осаждение плёнок. В процессах химического осаждения из паровой фазы с усилением плазмы (*PECVD*) и напыления плотность плазмы влияет на скорость роста, состав и качество пленки. Оптимизация плотности плазмы обеспечивает желаемые характеристики осажденных тонких пленок для полупроводников, оптических покрытий и солнечных элементов.

3 Плазменная обработка поверхности. Плотность плазмы играет решающую роль в процессах очистки, активации и функционализации поверхности. Она влияет на эффективность таких плазменных технологий, как плазменная очистка, активация поверхности для улучшения адгезии и плазменная полимеризация для функционализации поверхности [2].

Более высокая плотность плазмы приводит к увеличению количества ионов, бомбардирующих подложку, что оказывает влияние на скорость травления и осаждения. Исследование электронной плотности плазмы позволяет оптимизировать плазменные процессы (например, плазмохимическое травление), контролировать скорости реакций и подбирать режимы технологических процессов (например, подбирать скорость травления или осаждения) в соответствии с конкретными требованиями [1].

В данной статье представлены результаты компьютерного моделирования электронной плотности аргоновой плазмы в объёме СВЧ плазмотрона резонаторного типа. На базе предложенной модели изучена зависимость электронной плотности плазмы от времени.

Основная часть. Проводилось моделирование процесса формирования плазмы аргона внутри кварцевой камеры резонатора призматической формы. Исследование проводилось при подводимой мощности $P = 1{,}5$ кВт в течение 0,01 секунды.

На рисунке 1 представлен результаты моделирования электронной плотности аргоновой плазмы в начальный момент плазмообразования.

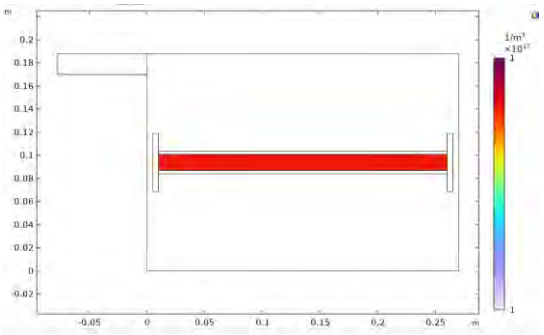
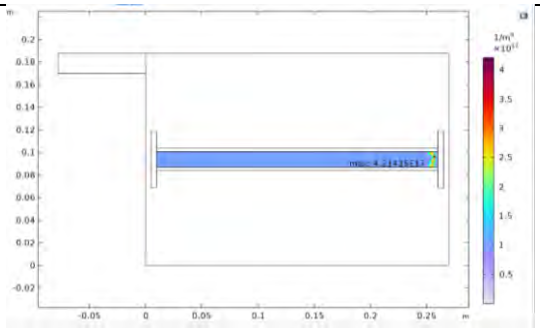
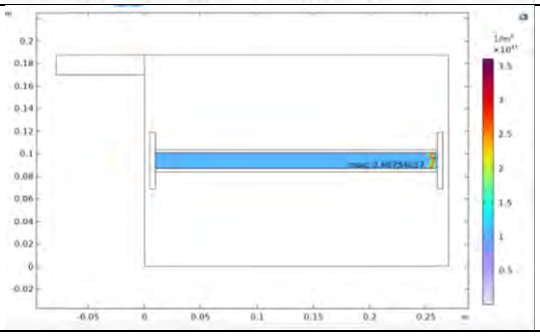


Рисунок 1 – Электронная плотность плазмы в начальный момент времени

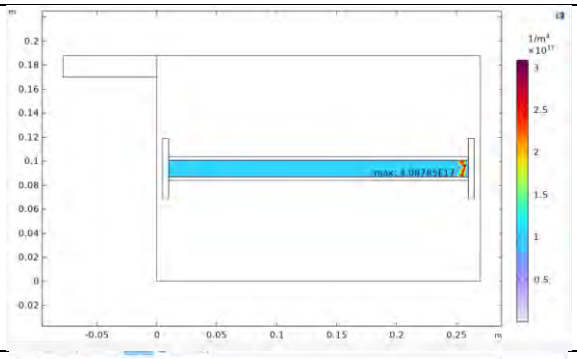
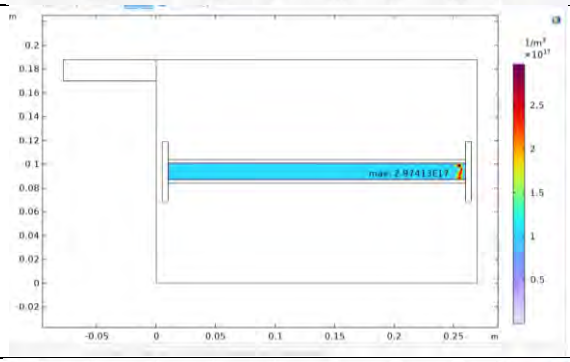
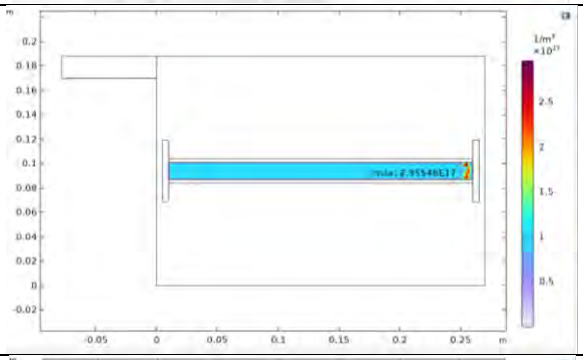
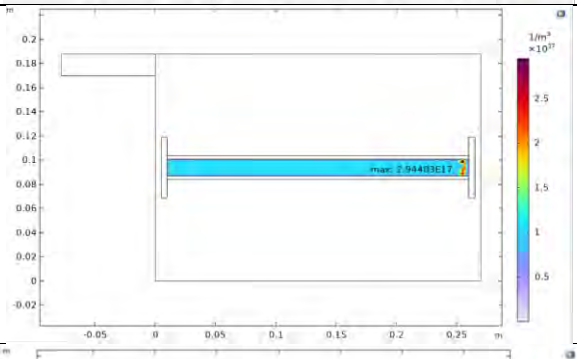
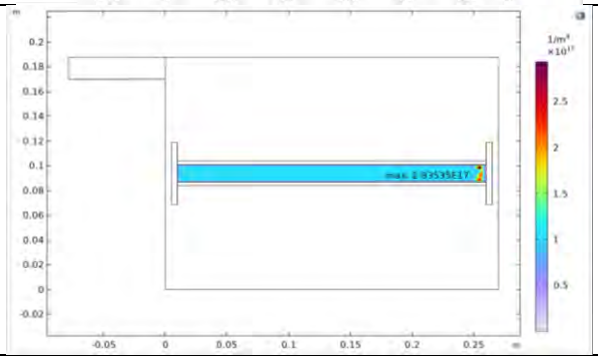
В начальный момент электроны и ионы внутри плазмы распределены равномерно, о чём свидетельствует данная модель, где значение электронной плотности в камере в каждой точке одинаковое.

В таблице 1 представлены полученные модели электронной плотности плазмы в различные промежутки времени.

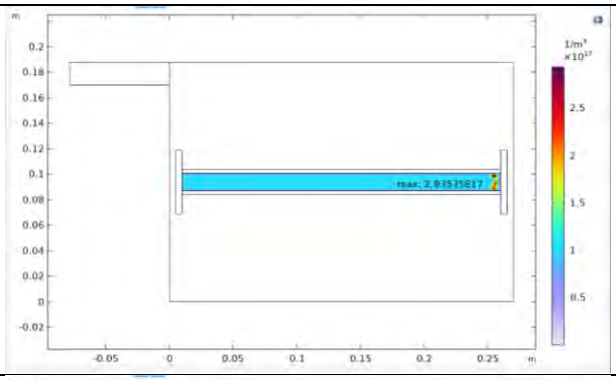
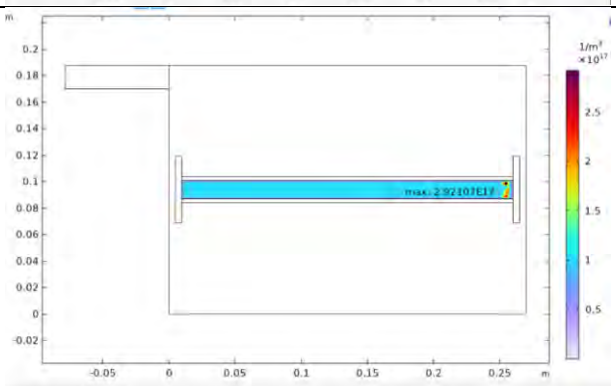
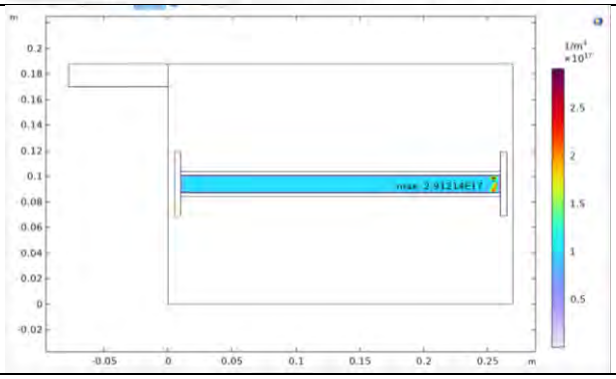
Таблица 1 – Результаты моделирования электронной плотности в течение 10 секунд

Время, с	**Полученная модель**
1	**2**
0,001	
0,002	

Продолжение таблицы 1

1	2
0,003	
0,004	
0,005	
0,006	
0,007	

Продолжение таблицы 1

1	2
0,008	
0,009	
0,01	

В таблице 2 представлены результаты расчётов максимальных значений электронной плотности плазмы в течение 0,01 секунды.

Таблица 2 – Максимальные значения электронной плотности плазмы в зависимости от времени

Время, с	**Максимальное значение электронной плотности, 1/м^3**
0	$1 \cdot 10^{17}$
0,001	$4{,}21415 \cdot 10^{17}$
0,002	$3{,}60754 \cdot 10^{17}$
0,003	$3{,}08785 \cdot 10^{17}$
0,004	$2{,}97413 \cdot 10^{17}$
0,005	$2{,}95546 \cdot 10^{17}$
0,006	$2{,}94403 \cdot 10^{17}$
0,007	$2{,}93535 \cdot 10^{17}$
0,008	$2{,}92803 \cdot 10^{17}$
0,009	$2{,}92107 \cdot 10^{17}$
0,01	$2{,}91214 \cdot 10^{17}$

На рисунке 2 изображён график зависимости максимальных значений электронной плотности плазмы от времени.

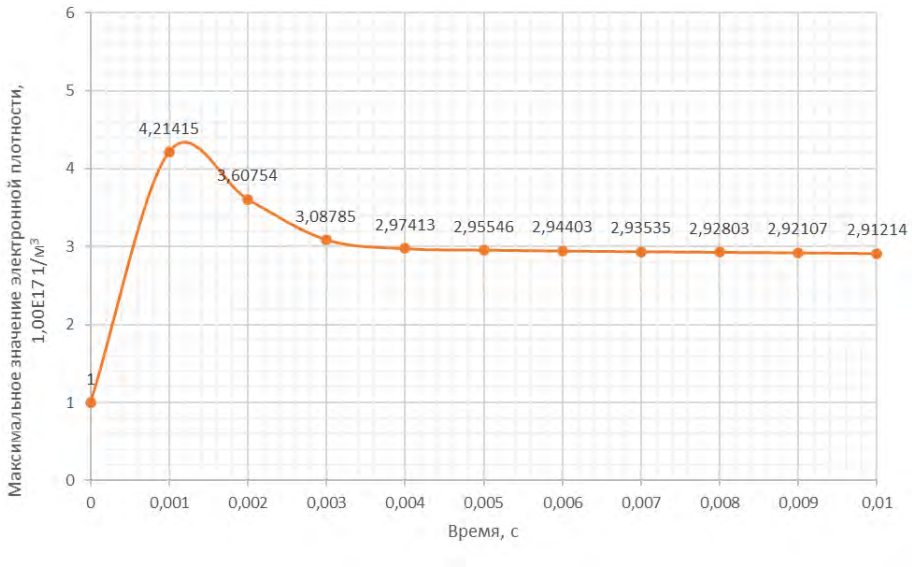


Рисунок 2 – Зависимость максимального значения электронной плотности от времени

Данная зависимость показывает, что во временном промежутке от 0,0012 секунды до 0,01 секунды время и электронная плотность обратно пропорциональны: с увеличением времени значение электронной плотности уменьшается. Стоит отметить, что в течение 0,0012 секунды значение электронной плотности резко возрастает.

Заключение. В результате выполнения компьютерного моделирования электронной плотности аргоновой плазмы внутри объёмного СВЧ резонатора призматической формы получены модель при подводимой мощности *P*, равной 1,5 кВт, в течение 0,01 секунды. По моделям и зависимостям, представленным в данной статье, можно сделать вывод, что в начале процесса плазмообразования максимальное значение электронной плотности плазмы резко возрастает, после чего оно уменьшается обратно пропорционально времени.

Список литературы

1. *PLASMA PARAMETERS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.impedans.com/docs/plasma-parameters/. Дата доступа: 18.03.2025.*

2. *PLASMA DENSITY [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.impedans.com/docs/plasma-density/. Дата доступа: 29.03.2025.*

UDC 621.7-4

COMPUTER MODELLING ELECTRON DENSITY OF ARGON PLASMA IN THE VOLUME OF RESONATOR-TYPE MICROWAVE PLASMATRON

Barkouskaya K.M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Madveika S.I. – Cand. of Sci., Associate Professor, Head of the Department of ETT

Annotation. Computer modeling of the electron density of argon plasma in the volume of a microwave resonator of prismatic shape (width 267 mm, length 270 mm, height: 188 mm) at frequency f = 2.45 GHz has been carried out. The study was carried out at an input power P equal to 1.5 kW for 0.01 seconds.

Keywords: plasma, resonator, plasmatron, microwave, electric field.

УДК 621.357.12

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ

Тапунов И.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Кузьмар И.И. – к. т. н., зав. НИЛ 2.2 НИЧ БГУИР

Аннотация. Эффективность гальванического производства во многом определяется набором оборудования, которое применяется для формирования электрохимических покрытий. Ключевыми элементами гальванического оборудования являются источники питания, гальванические ванны, контрольно-измерительные устройства и системы управления. В данной статье произведен обзор используемых источников питания для осаждения металлических покрытий.

Ключевые слова: гальванотехника, источник питания, выпрямительный агрегат.

Введение. Обзор источников питания для гальванических процессов охватывает широкий спектр технических решений, направленных на обеспечение стабильного и оптимизированного процесса осаждения металлических покрытий. От выбора конкретного источника питания зависит качество гальванопокрытия, производительность, экономическая эффективность и удобство эксплуатации.

В данной статье показано разнообразие используемого технологического оборудования.

Основная часть. Основная задача любого источника – обеспечить подачу электрической энергии в виде постоянного или периодического тока, что необходимо для проведения электрохимических процессов осаждения металлов.

Для осаждения покрытий на линиях по обработке мелкосерийной продукции или в лабораторных условиях применяются блоки питания небольших габаритов, которые обладают возможностью регулировать напряжение и ток, работать в режиме стабилизации.

При этом для снижения трудозатрат при обработке мелких деталей зачастую используют гальванические барабаны. Современные решения позволяют объединить источник питания с ванной и барабаном в единое устройство. Так, фирма TOS LTD специализируется на создании компактных агрегатов для формирования гальванических покрытий, их продукт – установка BEPM-10A/1L представлена на рисунке 1 [1].

Рисунок 1 – Гальваническая барабанная установка BEPM-10A/1L

Для обработки деталей в промышленных масштабах применяются мощные выпрямительные агрегаты, и делятся по типу используемых вентилей на: селеновые; германиевые, кремниевые и тиристорные.

Селеновые, германиевые и кремниевые выпрямительные агрегаты в нынешнее время редко, но все еще можно встретить на гальванических производствах. Применение выпрямителей на селеновых вентилях для питания гальванических ванн неэффективно, так как они имеют малый срок службы и низкий КПД (менее 60 %). Кремниевые и германиевые агрегаты меньше и легче селеновых агрегатов, но не способны выдерживать значительные перегрузки по току (из-за высокой плотности тока в электронно-дырочном переходе) и чрезмерные напряжения [2].

В настоящее время все еще производятся выпрямительные агрегаты на тиристорах серии ТЕ, ТВ, которые способны регулировать ток до 25000 А и напряжение до 115 В. Однако стоит отметить, что одним из эффективных способов улучшения качества гальванических покрытий является автоматическое реверсирование тока в ванне (изменение полярности). Осаждение металлов в случае реверсирования тока может осуществляться при более высокой рабочей плотности тока по сравнению с осаждением покрытия на постоянном токе. При реверсировании тока достигается уменьшение пористости покрытия, увеличение адгезии, снижение внутренних напряжений, наводороживания основы, повышение твёрдости покрытия. Осаждающиеся при этом покрытия имеют мелкокристаллическую структуру. С этой целью промышленностью выпускаются агрегаты серии ТЕР и ТВР. Эти источники обеспечивают постоянный ток с автоматической или ручной сменой полярности [3].

Применение программного управления периодическими токами позволяет контролировать процесс формирования толщины покрытия, снизить количество включаемых примесей и пор, повысить плотность и износостойкость покрытий.

Авторы Хмыль А.А, Ланин В.Л, Емельянов В.А классифицируют источники периодических токов на шесть групп (рисунок 2) [4]:

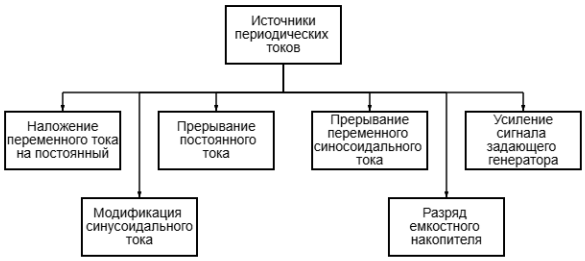


Рисунок 2 – Классификация источников периодического тока

При применении принципа наложения переменного тока на постоянный можно получать режимы с анодной составляющей, изменяя соотношения значений постоянного и переменного тока. Источники, построенные по такому принципу, работают на фиксированной частоте питающей сети.

Источники с модификацией синусоидального сигнала конструируются по схеме однополупериодного и двухполупериодного выпрямления, с отсечкой или без отсечки сигнала. Частота периодического сигнала не превышает частоты питающей сети.

Установки построенные по принципу прерывания постоянного тока в качестве ключа при выпрямлении переменного тока используют транзисторные или тиристорные ключи.

Ранее упомянутые серии выпрямителей ТЕР и ТВР построены на принципе прерывания синусоидального сигнала. При автоматической смене полярности длительность импульсов катодного тока устанавливается в пределах 2-200 с, а анодного тока – 0,2-20 с.

Для обеспечения быстрого ввода в электролизер больших мощностей используются генераторы тока с применением накопительных конденсаторов, однако в таком случае из-

за экспоненциального закона разряда емкости форма тока существенно отличается от прямоугольной.

Схемы, основанные на задающем генераторе, позволяют формировать различные виды периодического тока. При этом сигнал создается с высокой точностью, затем усиливается усилителем и поступает в гальваническую ванну. В программируемой версии такого оборудования доступны девять вариантов формы периодического тока, при этом частота импульсов достигает 1000 Гц, а ток может иметь амплитуду до 100 А.

Дальнейшее совершенствование источников питания связано с разработкой программируемых систем, интегрированных с системами контроля и мониторинга производства, которые позволяют учитывать динамику изменения технологических условий и дают возможность оперативно изменять параметры осаждения.

В условиях гибкого производства интерес представляют модульные системы, которые позволяют адаптировать оборудование под конкретные задачи. Разделение системы на отдельные, взаимозаменяемые блоки, позволяет легко масштабировать установки, добавляя или заменяя отдельные модули без необходимости полной перестройки системы. Так, фирма Kraft Powercon производит модульные системы FlexCraft [5].

Модульная конструкция позволяет увеличивать мощность выпрямителя по мере роста производства, а в случае неисправности отдельного модуля работа выпрямителя может продолжаться с меньшей мощностью.

Заключение. Современные источники питания для гальваники охватывают широкий спектр решений, от компактных блоков до мощных выпрямительных агрегатов. Внедрение периодических токов позволило улучшить качество осаждаемых покрытий, снизить пористость и повысить адгезию, а применение программных средств управления позволяет контролировать параметры осаждения что является перспективным направлением в развитии гальванотехники.

Развитие источников питания для гальваники идёт в сторону универсальности, программируемости и энергоэффективности. Это открывает новые возможности для повышения качества гальванических покрытий, оптимизации производственных процессов и повышения рентабельности предприятий, работающих в данной отрасли.

Список литературы

1. *Barrel Electroplating Machine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://platingandaccessories.com/product/10a-barrel-electroplating-machine-motorised/*

2. Крылов В.Ф. Электрохимические технологии в авторемонтном производстве: Учебное пособие.–Омск: Изд-во СибАДИ, 2004. – с. 138-141.

3. *Виноградов С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчёт производства, нормирование. /Под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева.– Изд. 2-е, перераб. и доп.; «Глобус». М., 2005.– с. 89-92.*

4. *Хмыль А.А. Гальванические покрытия в изделиях электроники / А.А. Хмыль, В.Л. Ланин, В.А. Емельянов. – Минск : Интегралполипраф, 2017.– с. 381-384.*

5. *Выпрямитель для гальваники и хромирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kraftpowercon.com/ru/product/vipriamiteli-dlya-galvaniki-flexkraft*

UDC УДК 621.357.12

POWER SUPPLIES FOR GALVANIC TECHNOLOGY

Tapunov I.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kuzmar I.I. – Cand. of Sci., Head of the Research Laboratory of R&D Department

Annotation. The efficiency of galvanic production is largely determined by the set of equipment used to form electrochemical coatings. The key elements of galvanic equipment are power supplies, galvanic baths, control and measuring devices and control systems. This article provides an overview of the power supplies used for deposition of metal coatings.

Keywords: galvanotechnics, power supply, rectifier unit.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ СТЕРИЛИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКОГО ИНСТРУМЕНТА

Шебеко В.П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Дежкунов Н.В.. – к. т. н., доцент, зав. НИЛ НИЧ

Аннотация. В статье рассматривается применение ультразвукового генератора для стерилизации медицинского инструмента. Описаны принципы работы устройства, основанные на преобразовании электрической энергии в ультразвуковые механические колебания. Рассмотрен процесс очистки инструментов в жидкой среде с использованием акустической кавитации, при которой газовые пузырьки в жидкости вступают в нелинейные колебания под воздействием акустических волн. Обсуждаются требования, предъявляемые к аппаратам для стерилизации.

Ключевые слова: ультразвук, ультразвуковой генератор.

Введение. В данной статье автором описано применение ультразвукового генератора для стерилизации медицинского инструмента.

Ультразвуковые генераторы имеют широкую область применения, в том числе и в медицине. От генератора к излучателю поступает переменное электрическое напряжение нужной частоты и мощности. При этом между электродами создаётся переменное электрическое поле, под действием которого кварцевая пластинка изменяет свои линейные размеры. При этом возникают механические колебания в среде в виде ультразвука.

Основная часть. Целью проекта является создание низкоинтенсивного ультразвукового генератора для стерилизации медицинского инструмента на основе существующего генератора, разработанного в НИЛ 5.2 «Ультразвуковые технологии и оборудование». В данной лаборатории производятся высокочастотные ультразвуковые генераторы, однако для достижения цели дипломного проекта требуется низкоинтенсивный генератор.

К аппаратам дезинфекции, предстерилизационной очистки и стерилизации предоставляют следующие требования: обладать моющими свойствами, хорошо смываться водой, не оказывать повреждающее воздействие на материалы, не вызывать коррозию и не фиксировать загрязнения.

Очистка ультразвуком производится в жидкой среде. Под воздействием ультразвука в жидкой среде происходит явление акустической кавитации. Существующие в жидкости газовые пузырьки приходят в нелинейные колебания при воздействии акустических волн любой интенсивности, но паровая кавитация начинается при некотором пороговом значении амплитуды давления. Порог акустической кавитации лежит в широких пределах и зависит от наличия зародышей кавитации. Жидкой средой для ультразвуковой очистки может выступать вода с моющими компонентами, спиртом и т.д. Таким образом ультразвуковая очистка соответствует представленным к аппаратам стерилизации критериям.

Разрабатываемый ультразвуковой генератор реализуется на основе микроконтроллера ATmega8. С использованием данного микроконтроллера открывается возможность модуляции сигнала, поддерживая режимы дегазации, полуволны и т.д. Основными плюсами данного микроконтроллера являются низкое энергопотребление и дешевизна.

Рисунок 1 – Схема структурная ультразвукового генератора

В Республике Беларусь существует потребность в ультразвуковых генераторах для стерилизации медицинского инструмента, что являлось одной из целей разработки данного устройства. Подобный генератор также можно использовать для создания эмульсий в медицинских лабораториях.

Заключение. Разработанный ультразвуковой генератор представляет собой эффективное и экономичное решение для медицинских учреждений. Основным плюсом разработанного устройства является его стоимость, при этом не уступая по функционалу зарубежным аналогам.

Список литературы

1. *Родевич, Р. А. Оптимизация работы ультразвуковой очистительной ванны А. Родевич, В. П. Шебеко // Компьютерные системы и сети : сборник статей 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2023. – С. 428–430.*

2. *Cavitation [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://www.bsuir.by/index.jsp?resID=119941 Дата доступа: 20.03.2025.*

3. *Влияние параметров ультразвуковых колебаний на процессы перемешивания препаратов крови / В. М. Бондарик [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. – 2004. – № 11. – С. 70–74.*

4. *Dezhkunov, N. V. Cavitation in pulsed and continuous ultrasound fields. // Международная научно-техническая конференция, приуроченная к 50-летию МРТИ-БГУИР (Минск, 18-19 марта 2014 года) : Материалы конф. В 2 ч. Ч. 1 -Минск, 2014.- С. 178-179.*

5. *Красовский, А. В. Исследование механизма повышения активности кавитации при взаимодействии сильно различающихся по частоте ультрозвуковых полей. // Международная научно-техническая конференция, приуроченная к 50-летию МРТИ-БГУИР (Минск, 18-19 марта 2014 года) : материалы конф. В 2 ч. Ч. 2. - Минск, 2014. - С. 184-185*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

ULTRASONIC GENERATOR FOR STERILIZATION OF MEDICAL INSTRUMENT

Shabeka U.P.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Dezhkunov, N. V.– Cand. of Sci., associate professor, Head of the Research Laboratory of R&D Department

Annotation. The article discusses the use of an ultrasonic generator for the sterilization of a medical instrument. The principles of operation of the device based on the conversion of electrical energy into ultrasonic mechanical vibrations are described. The process of cleaning instruments in a liquid medium using acoustic cavitation is considered, in which gas bubbles in a liquid enter into nonlinear oscillations under the influence of acoustic waves. The requirements for sterilization devices are discussed.

Keywords: ultrasound, ultrasonic generator.

УДК 621.3.095.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КВАРЦЕВОЙ КАМЕРЫ В ОБЪЁМЕ ПРИЗМАТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Барковская К.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Мадвейко С.И. – к. т. н., доцент, зав. кафедрой ЭТТ

Аннотация. Проведено компьютерное моделирование распределения электрического поля внутри резонатора призматической формы (ширина 267 мм, длина 270 мм, высота: 188 мм) при частоте f = 2,45 ГГц, соответствующей СВЧ диапазону. Получены модели при значениях подводимой мощности P СВЧ излучения, равной 0,3 кВт, 1 кВт и 1,5 кВт.

Ключевые слова: резонатор, плазмотрон, СВЧ, электрическое поле.

Введение. Плазменные технологии в микроэлектронике играют ключевую роль в производстве полупроводниковых устройств, таких как микрочипы, транзисторы и другие компоненты. Они позволяют проводить точную и контролируемую обработку материалов на микроскопическом уровне [1].

Учитывая актуальность применения плазмы и плазменных технологий в микроэлектронике, возникает необходимость разработки и модернизации существующего СВЧ плазменного технологического оборудования, широко применяемого в технологии микроэлектроники. Для этого не менее важно исследовать поведение плазмы внутри резонатора при определённых условиях.

Технологические процессы по плазменной обработке материала (например, плазмохимическое травление) выполняется в СВЧ резонаторе. Внутри резонатора находится камера, где формируется плазма в условиях вакуума. Стоит учитывать тот факт, что внутри этой камеры также располагают подложки, для которых будет осуществляться обработка. На обрабатываемые подложки воздействует электрическое поле, которое влияет на сам материал и качество обработки этого материала. Соответственно, возникает необходимость исследовать распределение электрического поля внутри резонатора с целью улучшения качества выполняемой обработки кремниевых пластин.

В данной статье целью исследования является анализ влияния введения камеры в объём призматического СВЧ резонатора на распределение электрического поля. Представлены результаты компьютерного моделирования электрического поля СВЧ резонатора призматической формы.

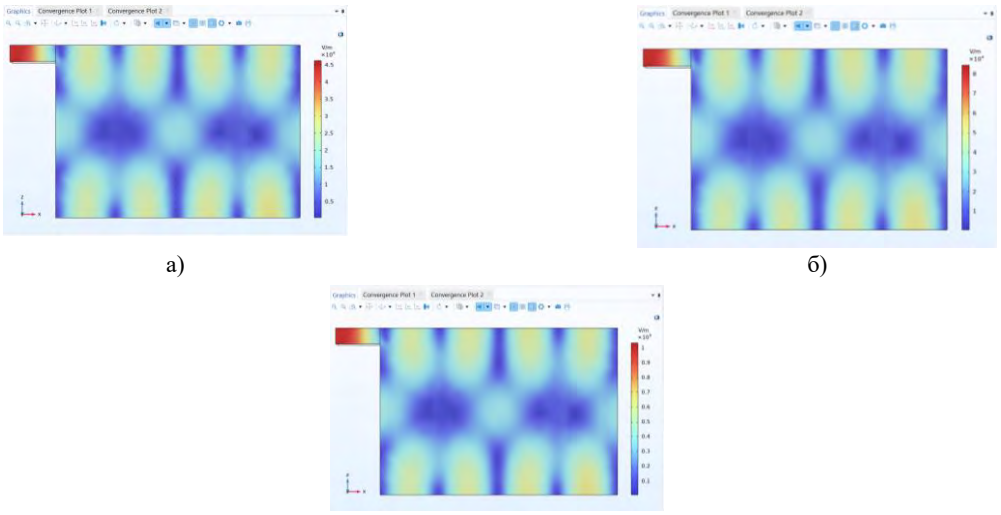
Основная часть. Электрическое поле – это область пространства, окружающего электрически заряженную частицу или объект, где на электрический заряд действует сила. Электрическое поле существует во всех точках в пространстве и может быть наблюдаться при переносе другого заряда в электрическое поле [2].

Компьютерное моделирование электрического поля выполнялось для объёмного СВЧ резонатора призматической формы (ширина 267 мм, длина 270 мм, высота: 188 мм) при частоте f = 2,45 ГГц, соответствующей СВЧ диапазону. В результате были получены модели при значениях подводимой мощности P, равной 0,3 кВт, 1 кВт и 1,5 кВт.

Модель, на основе которой выполнялось моделирование, представляет собой резонаторную камеру, выполненную из высоколегированной стали, которая подключена к источнику питания с частотой 2,45 ГГц через прямоугольный волновод. Камера внутри резонатора, где располагают полупроводники, сделана из кварца. Выбор материала камеры обоснован тем, что кварц обладает выдающимися физическими свойствами. Данный материал обладает высокой твёрдостью и стойкостью к химическим воздействиям, что обеспечивает его долговечность и устойчивость при выполнении технологических

процессов [3]. По краям кварцевой камеры находятся обкладки из латуни. Все используемые материалы оказывают влияние на распределение электрическое поле внутри резонатора.

На рисунке 1 представлены результаты моделирования электрического поля внутри пустого резонатора.



а) б)

в)

Рисунок 1 – Модель электрического поля в пустом резонаторе при подводимых мощностях *P*: 0,3 кВт (а), 1 кВт (б) и 1,5 кВт (в)

Также в ходе моделирования были составлены зависимости распределения напряжённости *E* электрического поля по оси *X* в центре объёмного резонатора при значениях подводимой мощности *P*, равных 0,3 кВт (рисунок 2), 1 кВт (рисунок 3) и 1,5 кВт (рисунок 4).

По полученным зависимостям (рисунки 2 – 4) видно, что распределение напряжённости *E* электрического поля внутри объёмного резонатора происходит неравномерно. При подводимой мощности *P*, равной 0,3 кВт максимальное значение электрического поля достигает 19000 В/м, при *P* = 1 кВт максимальное значение достигает 34000 В/м, а при *P* = 1,5 кВт максимальное значение почти достигает 40000 В/м. Полученные значения соотносятся с другими исследованиями в этой области. Например, в работе [4] значение электрического поля при *P* = 1,2 кВт достигает порядка 10^4 В/м.

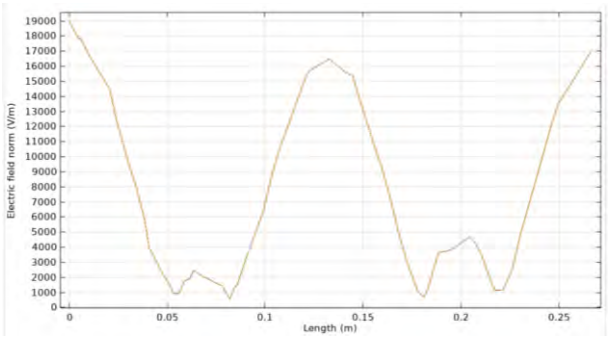


Рисунок 2 – Распределение величины напряжённости *E* электрического поля по оси *X* в центре объёмного резонатора при подводимой мощности *P* = 0,3 кВт

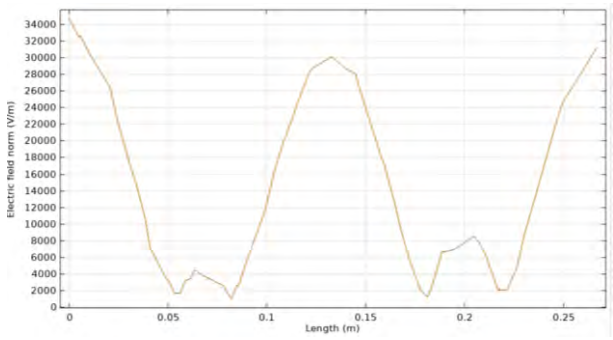


Рисунок 3 – Распределение величины напряжённости E электрического поля по оси X в центре объёмного резонатора при подводимой мощности P = 1 кВт

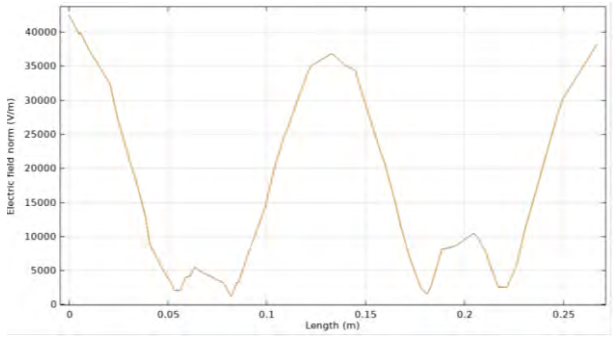
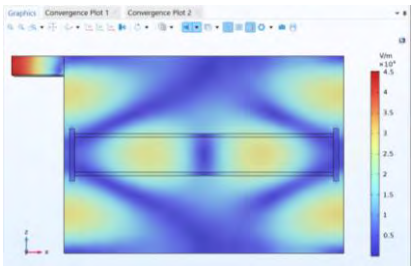
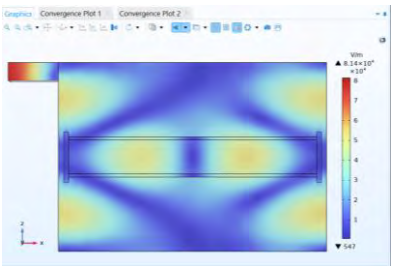


Рисунок 4 – Распределение величины напряжённости E электрического поля по оси X в центре объёмного резонатора при подводимой мощности P = 1,5 кВт

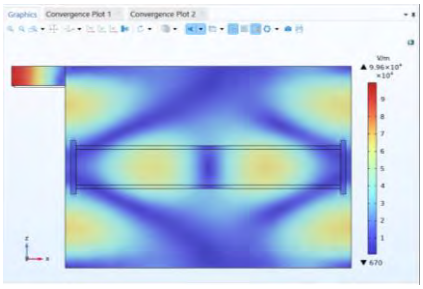
Далее проводилось компьютерное моделирование для резонатора с камерой внутри. Камера представляет собой трубку, выполненную из радиопрозрачного материала (кварца), с наружным диаметром D = 20 мм и толщиной 3 мм. По краям трубки расположены накладки, выполненные из латуни. Результаты моделирования представлены на рисунке 5.



а)



б)



в)

Рисунок 5 – Модель электрического поля в резонаторе с камерой при подводимых мощностях P: 0,3 кВт (а), 1 кВт (б) и 1,5 кВт (в)

В ходе моделирования были составлены зависимости распределения напряжённости *E* электрического поля по оси *X* в центре объёмного резонатора с наличием камеры при значениях подводимой мощности *P*, равных 0,3 кВт (рисунок 6), 1 кВт (рисунок 7) и 1,5 кВт (рисунок 8).

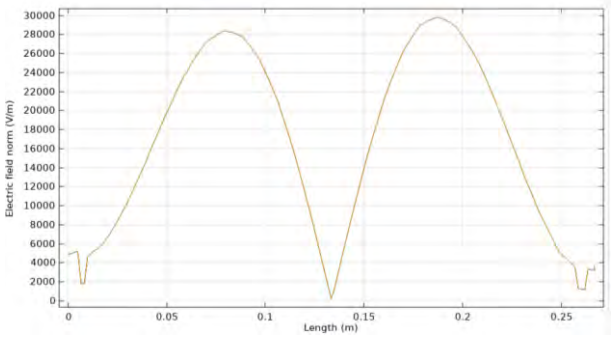


Рисунок 6 – Распределение величины напряжённости *E* электрического поля по оси *X* в центре объёмного резонатора с камерой при подводимой мощности *P* = 0,3 кВт

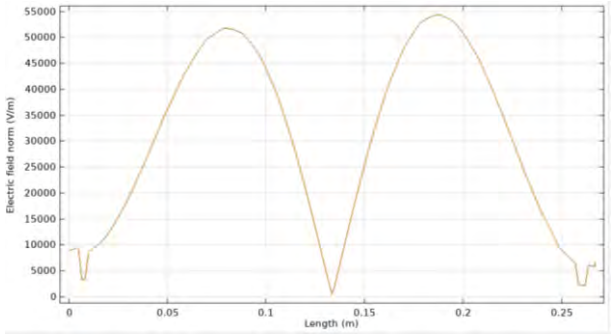


Рисунок 7 – Распределение величины напряжённости *E* электрического поля по оси *X* в центре объёмного резонатора с камерой при подводимой мощности *P* = 1 кВт

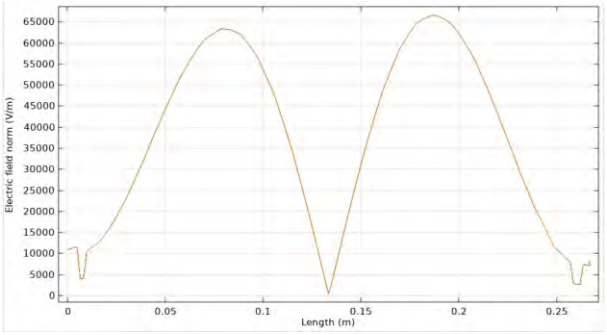


Рисунок 8 – Распределение величины напряжённости *E* электрического поля по оси *X* в центре объёмного резонатора с камерой при подводимой мощности *P* = 1,5 кВт

Полученные зависимости показывают, что распределение напряжённости *E* электрического поля внутри объёмного резонатора происходит неравномерно. При подводимой мощности *P* равной 0,3 кВт максимальное значение электрического поля достигает 30000 В/м, при *P* = 1 кВт максимальное значение достигает 55000 В/м, а при *P* = 1,5 кВт максимальное значение достигает 65000 В/м.

Таким образом, при введении камеры в объём резонатора распределение энергии электрического поля стало менее равномерным, увеличились значения электрического поля.

Заключение. В результате выполнения компьютерного моделирования электрического поля внутри объёмного СВЧ резонатора призматической формы получены модели при значениях подводимой СВЧ мощности *P*, равных 0,3 кВт, 1 кВт и 1,5 кВт. По моделям и зависимостям, представленным в данной статье, можно сделать вывод, что при введении кварцевой камеры в объём СВЧ резонатора значение напряжённости поля увеличивается приблизительно в 1,6 раз. Энергия распределяется менее равномерно чем в пустом резонаторе и концентрируется внутри кварцевой камеры, где значения напряжённости электрического поля достигает максимума. Также при увеличении подводимой СВЧ мощности наблюдается рост значений величины напряжённости электрического поля.

Список литературы

1. *Барковская, К.Н. Исследование напряжённости электрического поля в объёме кварцевых трубок внутри СВЧ резонатора / К.Н. Барковская, Н.В. Талиш // Материалы 60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР по направлению Электронные системы и технологии – Минск, 2024 – С.359 – 361.*

2. *What Is an Electric Field? Definition, Formula, Example [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.thoughtco.com/electric-field-4174366/. Дата доступа: 17.03.2025.*

3. *Кварц и сферы его применения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mramor-stone-granit.ru/kvarts-i-sfery-ego-primeneniya/. Дата доступа: 29.03.2025.*

4. *Namazi, Azadeh B. Probing microwave heating of lignocellulosic biomasses / Azadeh B. Namazi, D. Grant Allen, Charles Q. Jia // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – 2015. – № 112. – P. 121 – 128.*

UDC 621.3.095.3

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF A QUARTZ CHAMBER IN THE PRISMATIC RESONATOR VOLUME ON THE DISTRIBUTION OF THE ELECTRIC FIELD

Barkouskaya K.M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Madveika S.I. – Cand. of Sci., Associate Professor, Head of the Department of ETT

Annotation. Computer modeling of the distribution of the electric field inside a prismatic resonator (width 267 mm, length 270 mm, height: 188 mm) at frequency f = 2.45 GHz corresponding to the microwave range has been carried out. The models are obtained at values of the input microwave power P equal to 0.3 kW, 1 kW and 1.5 kW.

Keywords: resonator, plasmatron, microwave, electric field.

УДК 616.12-073.7

СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФЫ, ПРОИЗВОДИМЫЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ажар И.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Дик С.К. – к. т. н., доцент, зав. кафедрой ИКГ

Аннотация. В статье рассматриваются современные электрокардиографы, производимые в Республике Беларусь, их классификация, функциональные возможности и сравнительный анализ. Электрокардиография (ЭКГ) является ключевым методом диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, позволяющим выявлять нарушения проводимости, гипертрофию камер сердца, инфарктные изменения и другие патологии. Проводится сравнительный анализ устройств на основе таких параметров, как количество каналов, портативность, точность, чувствительность и удобство использования.

Ключевые слова: электрокардиограф, ЭКГ, количество каналов, обработка сигнала, чувствительность, медицина.

Введение. Электрокардиография (ЭКГ) – метод регистрации электрических потенциалов сердца, позволяющий детально охарактеризовать нарушения проводимости, определить локализацию очаговых (инфарктных, рубцовых) изменений, установить признаки перегрузки и гипертрофии камер сердца, проводить мониторинг заболевания, оценить эффективность проводимого лечения [1]. Для измерения ЭКГ используют кардиограф, измеряющий электрические импульсы, образующиеся при работе сердца. Используются для проведения диагностического обследования и мониторинга сердечной деятельности при лечении – электрокардиографии[1].

В настоящее время электрокардиограф – обязательный атрибут любой бригады скорой и неотложной медицинской помощи, реанимационных или кардиологических служб, поликлиники и госпиталя. Контроль над функционированием сердца с помощью регистрации ЭКГ нужен не только пациентам кардиологических клиник при прохождении курса лечения, но и здоровым людям для выявления отклонений в сердечно-сосудистой системе на ранних стадиях.

Основная часть. Кардиографы делятся на стационарные (обычно имеют 12 отведений и располагаются непосредственно в больницах) и портативные, которые можно разделить на:

– одноканальные;
– трёхканальные;
– шестиканальные;
– двенадцатиканальные.

Также к кардиографам также можно отнести холтеровские мониторы, которые прикрепляются к коже с помощью нескольких электродов и проводящие расчёты на протяжении от 24 до 48 часов. К их преимуществам относится компактность, дешевизна и точность измерений, которые могут выявить заболевания, которые невозможно определить в состоянии покоя пациентов, но из-за неудобства пользования и высокой чувствительности к иной технике и долговременное ношение может вызывать дискомфорт у пациента [2].

Сравнение разных видов кардиографов. Для сравнения будем использовать несколько факторов и показателей: количество каналов; портативность, включая вес и размер; чувствительность и специфичность; точность и надёжность; удобство использования.

Характеристики всех рассматриваемых типов кардиографов можно увидеть в таблице 1 [3-9]. Рассмотрим каждый тип кардиографа на отдельном примере.

Стационарный кардиограф. В качестве стационарного рассмотрим электрокардиограф Интекард от белорусской компании Кардиан. Является наиболее новым, точным и многофункциональным кардиографом, находящийся преимущественно только в больницах. Состоит из нескольких составляющих (рисунок 1). Также имеет большое количество функций, к примеру, автоматическое диагностирование различных синдромов и возможность сравнения с большой архивной базой.

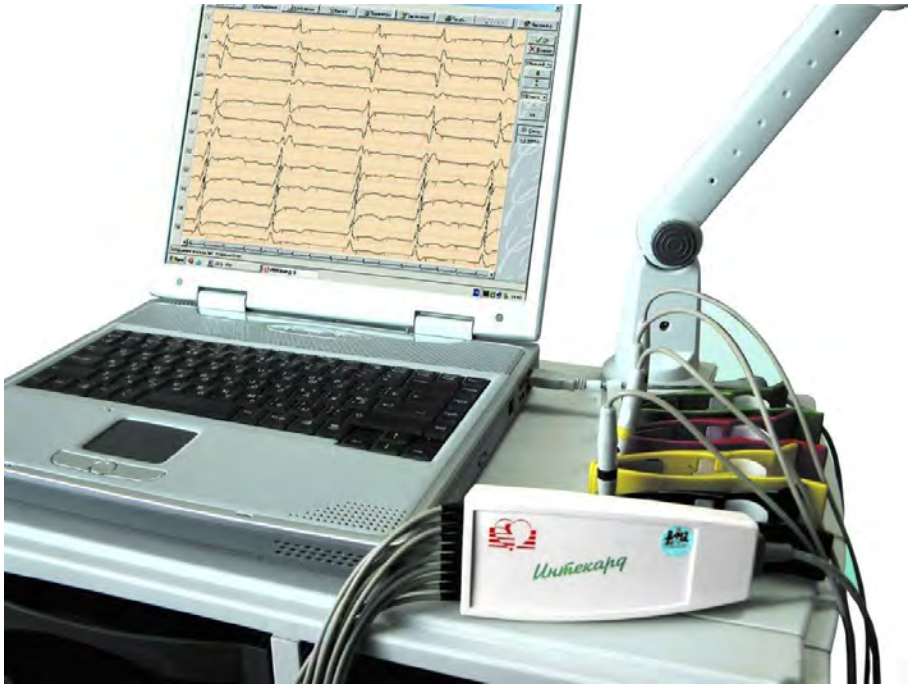


Рисунок 1 – Электрокардиограф Интекард

Одноканальный кардиограф. В качестве примера приведём электрокардиограф ЭК1Т-1/3-07 Аксион (рисунок 2), хоть он и является в основном 3-х канальным, но его также можно использовать и с 1 отведением. При измерении с помощью 1 электрода возможно отслеживать типичные кардиоциклы и фильтровать кардиосигнал, несмотря на это имеет компактный вид и низкую стоимость с достаточным функционалом для черезвычайных ситуаций и необходимости считывать сердечный импеданс.

Рисунок 2 – Электрокардиограф ЭК1Т-1/3-07 Аксион

В качестве примера представим компанию Юмедика, которые разрабатывали кардиографы под название СМАРТ с числом в конце, означающее количество отведений в нём (рисунок 3 а, б, в). С выпуском новой модели с разным количеством отведений увеличивалась точность, т.к. функционал и количество операций примерно одинаково, т.к. все модели могут автоматически измерять и интерпритировать данные и могут анализировать вариабельности частоты сердечных сокращений. Также в каждую модель встроены термопринтеры, способные распечатать кардиограмму непосредственно врачу вне больницы. Все аппараты питаются от литий-ионного аккамулятора либо от сети. 12-ти канальная версия также может быть использована в качестве стационарного устройства.

а б в

Рисунок 3 – Портативные кардиографы СМАРТ:
а – 3-х канальный, *б* – 6-ти канальный, *в* – 12-ти канальный

Таблица 1 – Сравнение разных типов кардиографов

Характеристика	Интекар	ЭК1Т-1/3-07	Смарт 3	Смарт 6	Смарт 12
Кол-во каналов	12	1	3	6	12
Вес, кг	2	0.95	2.6	2.5	2.5
Размер, мм	290×260×75	296x217x66	288×210×70	310×322× 101	288×210×70
Чувствительность, мм/ м	2.5-20	5-10	2.5-10	10	20
Точность	высокая	низкая	низкая	средняя	высокая

Заключение. Наиболее точный и быстрый результат и диагноз от врача можно получить непосредственно в больнице от стационарного электрокардиографа, т. к. само устройство также может точнее определить отклонения и подсказать квалифицированному врачу о проблемах, после чего он уже может поставить диагноз, проанализировав полученные данные. Но в случае нахождения вне больницы(карета скорой помощи, дом пациента или непосредственно сам пациент будет снимать данные) наиболее надёжным будет 12-ти канальный электрокардиограф из-за точности и возможности быстрого анализа данных устройством и в случае необходимости более быстрых действий врачей без лишних потерь времени. Сам же пациент может отправить врачу данные о снятии путём возможности перевода их в электронный вариант. Но при приобретении пациентом электрокардиографа стоит учитывать, что у него нет достаточных знаний о снятии кардиограммы, поэтому из-за простоты ему лучше использовать 3-х или 6-ти канальный электрокардиограф.

Список литературы

1. *Электрокардиография (ЭКГ) в состоянии покоя [Электронный ресурс]. Режимдоступнаhttps://www.hospitalfts.ru/patients/diagnostics/details/elektrokardiografiya_ekg_v_sostoyanii_pokoya/*
2. *Электрокардиографы. Виды и особенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rumex.ru/information/elektrokardiografy-vidy-i-osobennosti-92/*
3. *Электрокардиограф многоканальный Интекард[Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medcatalog.by/products/kompleks-elektrokardiologicheskiy-interpretiruyushchiy-intekard-*
4. *Электрокардиограф ЭК1Т-1/3-07 Аксион [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medcatalog.by/products/elektrokardiograf-odno-trehkanalniy-ek1t-1-3-07-aksion-*
5. *Электрокардиограф Юмедика СМАРТ 3А [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medcatalog.by/products/elektrokardiograf-trehkanalniy-smart-3a*
6. *Электрокардиограф Юмедика СМАРТ 6А / 6В / 6С [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medcatalog.by/products/elektrokardiograf-shestikanalniy-smart-6a*
7. *Электрокардиограф Юмедика СМАРТ 12 Экспресс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medcatalog.by/products/elektrokardiograf-dvenadtsatikanalniy-smart-12-ekspress*
8. *Описание типа средств измерений для государственного реестра средст измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://media.belgim.by/grsi/11812.pdf*
9. *«Аксион» — электрокардиограф ЭК1Т-1/3-07 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medmagister.by/product/elektrokardiograf-ek1t-1-3-07-aksion/*

UDC 616.12-073.7

REVIEW ARTICLE OF MODERN ELECTROCARDIOGRAPHS PRODUCED IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Azhar I.U.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Dzik S.K. – Cand. of Sci., Chair of the department of Engineering and Computer Graphics, Associate Professor

Annotation. The article examines modern electrocardiographs manufactured in the Republic of Belarus, their classification, functional capabilities, and comparative analysis. Electrocardiography (ECG) is a key method for diagnosing cardiovascular diseases, enabling the detection of conduction disorders, cardiac chamber hypertrophy, infarct-related changes, and other pathologies. A comparative analysis of the devices is conducted based on parameters such as the number of channels, portability, accuracy, sensitivity, and ease of use.

Keywords: electrocardiograph, ECG, number of channels, signal processing, sensitivity, medicine.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

МЕТОДИКА СБОРА ДАННЫХ О ПОВЕДЕНИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

Елец Н.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Камлач П.В. – к. т. н., доцент, зам. декана ФКП

Аннотация. Представлен комплексный подход к сбору и анализу поведенческих данных пользователей систем компьютерного тестирования с целью определения достоверности результатов тестирования. Предложена методология определения ключевых зон интерфейса и регистрации взаимодействия пользователей с этими зонами. Систематизированы поведенческие метрики такие как время нахождения в различных зонах интерфейса, скорость перемещения курсора, частота и характер манипуляций с элементами управления. Разработана техническая методика имплементации системы сбора данных на платформе Qt с реализацией фиксации координат курсора и структурированной записи событий. Полученные результаты формируют методологическую и техническую основу для создания системы мониторинга процесса тестирования и автоматической верификации достоверности результатов в программах компьютерного тестирования.

Ключевые слова: Компьютерное тестирование, поведенческие данные, анализ взаимодействия, сбор данных.

Введение. С развитием дистанционного обучения и автоматизированных систем тестирования актуальной задачей становится оценка достоверности результатов тестирования [1]. Одним из перспективных подходов является анализ поведения пользователей в процессе выполнения теста [2]. В данной статье рассматривается процесс определения ключевых параметров для сбора данных о поведении пользователей, а также предлагается методика их сбора.

Методология выделения ключевых зон пользовательского интерфейса. Основной целью исследования является выявление поведенческих паттернов пользователей, позволяющих разграничить добросовестное и недобросовестное решение тестовых заданий. На основе анализа литературы и предварительных экспериментов были идентифицированы ключевые области графического интерфейса и параметры взаимодействия, характеризующие действия пользователя [3]. Для эффективной регистрации и последующей обработки данных каждой ключевой области было присвоено унифицированное сокращенное обозначение. Полная классификация зон интерфейса представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Области интерфейса приложения

Сокращенное название	Название	Описание
ОПО	Область правильного ответа	Зона интерфейса, содержащая правильный ответ
ОНО	Область неправильного ответа	Зона интерфейса, содержащая неправильный ответ
ОВ	Область вопроса	Зона интерфейса, содержащая текст вопроса
ОСВ	Область списка вопросов	Зона интерфейса, содержащая список вопросов
ОЭЗ	Область элемента завершить	Зона интерфейса, содержащая кнопку «завершить тест»
ОЭП	Область элемента приложения	Зона интерфейса, относящаяся к элементу приложения
ОП	Область приложения	Зона приложения, за исключением вышеописанных
ОС	Область системы	Зона, выходящая за пределы окна приложения

Параметризация поведенческих метрик пользовательского взаимодействия. Для всестороннего мониторинга действий пользователя в каждой зоне интерфейса необходима регистрация ряда параметров, отражающих динамику и характер взаимодействия. [4] В ходе исследования сформирован набор количественных и качественных метрик. Комплексное измерение данных параметров позволяет создать многомерную модель поведения испытуемого, применимую для последующего анализа. Описание регистрируемых параметров для каждой области представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры, отслеживаемые в области

Сокращенное название	Название	Описание
ВНО	Время нахождения в области	Время, проведенное курсором в пределах конкретной области
ВБО	Время бездействия в области	Время покоя курсора в пределах конкретной области
КВО	Количество вхождений в область	Количество вхождений курсора в область
КНО	Количество нажатий в области	Количество нажатий кнопками мыши в пределах области
ВТО	Количество выделений текста в области	Количество совершенных выделений текста в пределах области
ККО	Количество нажатий клавиатуры в области	Количество нажатий клавиш клавиатуры во время нахождения курсора в области
ИКО	Использование колеса в области	Количество скроллов колесом мыши во время нахождения курсора в области
СПО	Средняя скорость перемещения в области	Средняя скорость движения курсора в пределах области

Общие метрики процесса тестирования. Помимо локальных параметров взаимодействия с конкретными зонами интерфейса, для построения полной модели поведения пользователя необходимо учитывать общие характеристики прохождения теста. Данные метрики отражают особенности работы испытуемого с тестовым материалом и позволяют выявить характерные паттерны навигации и распределения временных ресурсов при решении заданий. Список параметров, характеризующих поведение пользователя в рамках тестирования, без привязки к основным областям приложения, представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры, отслеживаемые в приложении

Сокращенное название	**Название**	**Описание**
ПСВ	Переход к следующему вопросу	Количество переходов к вопросу с невыбранным ответом
ППВ	Переход к правильно отвеченному вопросу	Количество переходов к вопросу с выбранным правильным ответом
ПНВ	Переход к неправильно отвеченному вопросу	Количество переходов к вопросу с выбранным неправильным ответом
СРВ	Среднее время решения вопроса	Среднее время решения вопроса
ПРВ	Правильное решение вопроса	Среднее время правильного решения вопроса
НРВ	Неправильное решение вопроса	Среднее время неправильного решения вопроса

Процесс сбора данных. Приложение разработано на платформе Qt с использованием языка C++. Для сбора данных были реализованы следующие функции.

1 Фиксация координат курсора: Глобальных, относительно экрана; локальных, относительно окна приложения; Внутренних, относительно размеров области.

2 Обогащение данных: Расширение регистрируемые данных метаданными, например, находится ли в области текст правильного ответа.

3 Определение области: на основе координат курсора определяется, в какой области (ОПО, ОНО, ОВ, ОП, ОС) находится курсор.

4 Запись параметров: Параметры рассчитываются и сохраняются в формате JSON.

Блок-схема алгоритма сбора данных можно представить следующим образом (рисунок 1).

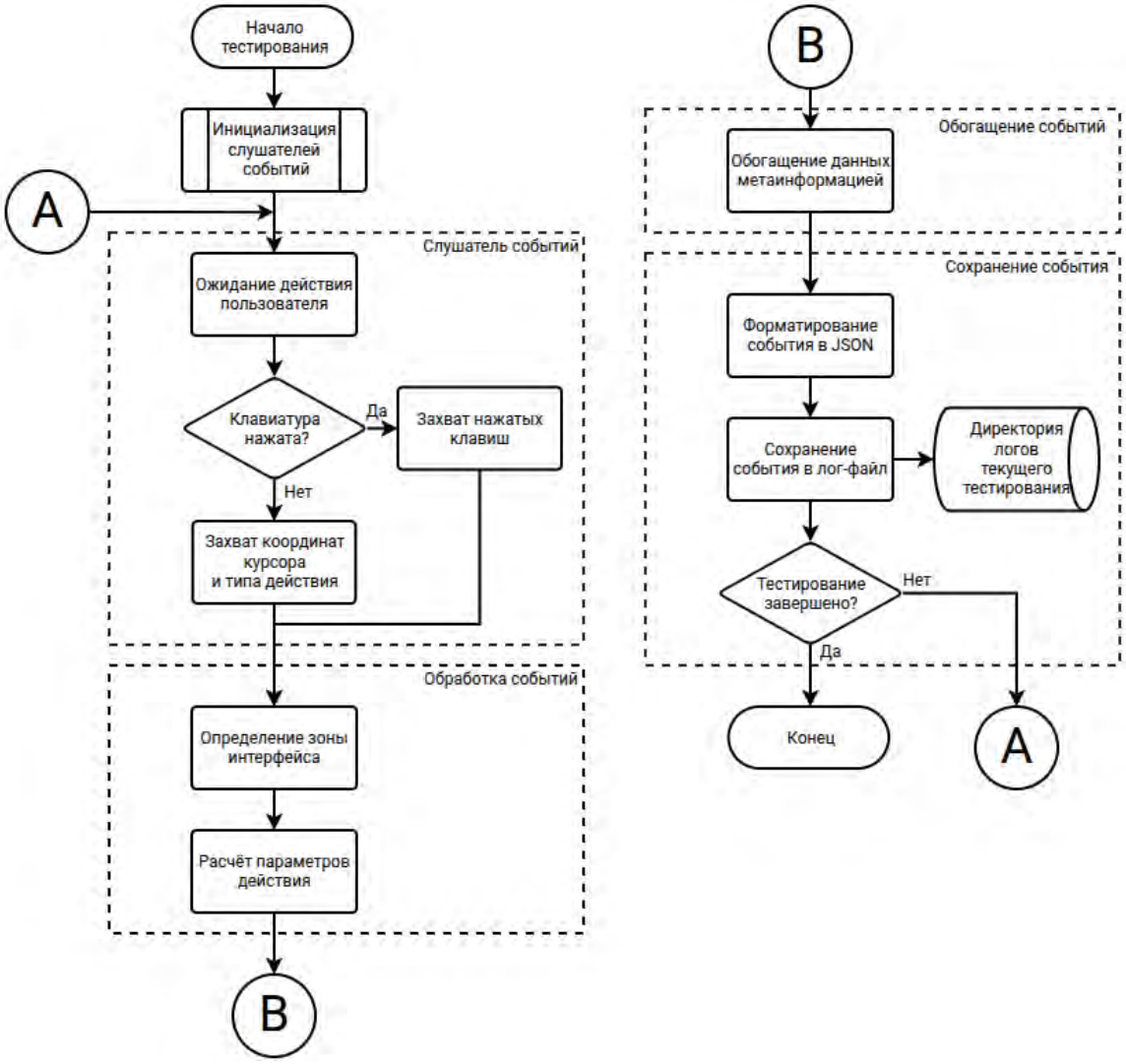


Рисунок 1 – Алгоритм сбора данных

Структурированное представление данных в формате JSON. Для сохранения и последующей обработки собранных данных выбран формат JSON, что обусловлено следующими факторами:

– иерархическая структура, отображающая вложенность поведенческих данных;

– гибкость схемы данных, необходимая при регистрации разнородных событий;

– универсальная поддержка различными аналитическими инструментами.

Формируемый JSON-документ представляет собой структурированное хранилище поведенческих метрик, где каждое пользовательское событие регистрируется как отдельная запись с уникальным идентификатором и временной меткой. Структура документа включает несколько ключевых блоков: тип события, целевой объект взаимодействия с указанием зоны интерфейса и характеристик элемента управления, координаты курсора в системах отсчета, параметры движения, а также контекстные данные сессии тестирования (идентификатор вопроса, номер попытки, идентификатор пользователя). Такая детализированная структура должна обеспечить возможность многомерного анализа поведения.

Заключение. Выполненная работа по определению необходимых для отслеживания параметров, а также разделение интерфейса на области для сбора и анализа поведенческих данных пользователей, в системах компьютерного тестирования, представляют собой перспективный инструмент для оценки достоверности результатов тестирования. Предложенные ключевые параметры, позволят собирать данные для дальнейшего анализа с использованием различных инструментов.

Полученные результаты формируют методологическую и техническую основу для создания систем мониторинга процесса тестирования, которые могут быть использованы в образовательных учреждениях, корпоративных обучающих программах и других областях, где требуется объективная оценка знаний и навыков.

Список литературы

1. *Некоторые проблемы внедрения компьютерного тестирования для контроля результатов обучения графическим предметам [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-problemy-vnedreniya-kompyuternogo-testirovaniya-dlya-kontrolya-rezultatov-obucheniya-graficheskim-predmetam – Дата доступа: 08.02.2025.*

2. *Cheating Behaviours in Online Exams [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ijsmsjournal.org/2022/volume-5%20issue-6/ijsms-v5i6p103.pdf – Дата доступа: 10.02.2025.*

3. *An Intelligent Approach for Fair Assessment of Online Laboratory Examinations in Laboratory Learning Systems Based on Student's Mouse Interaction Behavior [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.mdpi.com/2076-3417/12/22/11416#sec4-applsci-12-11416 – Дата доступа: 14.02.2025.*

4. *Cheating behaviour in online exams: On the role of needs, conceptions and reasons of university students [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jcal.12994#jcal12994-bib-0003 – Дата доступа: 10.02.2025.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

METHODOLOGY FOR COLLECTING USER BEHAVIOR DATA IN COMPUTER-BASED TESTING SYSTEMS

Yelets N.M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kamlach P.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of EET

Annotation. Present a comprehensive approach to collecting and analyzing behavioral data of users interacting with computerized testing systems to determine the validity of test results. The methodology for identifying key interface zones and recording user interactions with these zones is proposed. Behavioral metrics, such as time spent in various interface areas, cursor movement speed, frequency, and nature of control element manipulations, have been systematically categorized. A technical methodology for implementing a data collection system on the Qt platform has been developed, featuring cursor coordinate tracking and structured event recording. The obtained results establish a methodological and technical foundation for developing a monitoring system for the testing process and automatic verification of result validity in computerized testing programs.

Keywords: Computerized testing, behavioral data, interaction analysis, data collection.

УДК 539.23

ТЕХНОЛОГИЯ АТОМНО-СЛОЕВОГО ОСАЖДЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАНОСТРУКТУР

Герасимчук С.Н., Афанасьев А.А., Сухоцкий М.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Позняк А.А. – к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. В работе представлен комплексный анализ технологии атомно-слоевого осаждения (*ALD*) с акцентом на осаждение оксида алюминия. На основании обобщения литературных данных рассмотрены принципы метода, оптимальные параметры процесса (температура 200±2°C, скорость роста 0,11±0,01 нм/цикл), а также его уникальные возможности по созданию конформных покрытий на структурах с соотношением сторон> 50:1. Особое внимание уделено применению *ALD* в микроэлектронике, энергетике и катализе. Систематизированы перспективные направления развития технологии, включая создание многослойных структур и интеграцию с другими нанотехнологическими методами.

Ключевые слова: атомно-слоевое осаждение, наноструктуры, микроэлектроника, тонкие пленки.

Введение. Технология атомно-слоевого осаждения (*ALD*) заняла особое место в современном материаловедении и нанотехнологиях благодаря своей уникальной способности создавать ультратонкие пленки с контролем толщины на атомарном уровне. В отличие от других методов осаждения, *ALD* основан на последовательных самоограничивающихся поверхностных реакциях, что обеспечивает беспрецедентную конформность покрытий даже на структурах с высокой топографической сложностью.

Данная работа представляет собой систематический обзор современных достижений в области *ALD*, основанный на анализе научной литературы и экспериментальных данных, представленных различными исследовательскими группами. Основное внимание уделено технологии осаждения оксида алюминия (Al_2O_3) – материала, находящего широкое применение в микроэлектронике, энергетике и катализе. Выбор именно этого материала обусловлен его исключительными диэлектрическими свойствами, химической стабильностью и совместимостью с современными полупроводниковыми технологиями.

Целью работы является обобщение и анализ существующих данных о параметрах процесса *ALD*, его технологических особенностях и практических приложениях. Особый акцент сделан на рассмотрении механизмов роста пленок, факторов, влияющих на качество покрытий, и перспективных направлений развития технологии.

Основная часть. Принцип атомно-слоевого осаждения основан на последовательном проведении химических реакций между газообразными прекурсорами на поверхности подложки. Этот метод обеспечивает точный контроль состава и толщины покрытия, что делает его широко применимым в различных областях науки и техники. В основе процесса лежит чередующаяся подача различных реагентов, которые взаимодействуют с поверхностью, образуя монослойные покрытия. Такой механизм осаждения гарантирует равномерность и повторяемость результатов, что особенно важно для микроэлектроники, нанотехнологий и других высокотехнологичных отраслей.

Типичный цикл *ALD* включает четыре стадии:

– подача первого прекурсора (например, триметилалюминия – ТМА), который хемосорбируется на поверхности подложки, заполняя активные центры;

– продувка реакционной камеры инертным газом для удаления несвязанных молекул;

– подача второго прекурсора (например, паров воды), который вступает в реакцию с адсорбированным слоем, завершая формирование монослоя оксида;

– заключительная продувка для очистки камеры от побочных продуктов реакции.

Каждая из этих стадий является самоограничивающейся, что обеспечивает точный контроль толщины осаждаемого слоя. Таким образом, *ALD* позволяет наносить покрытия с атомарной точностью, независимо от сложности геометрии подложки. Это свойство делает метод особенно ценным при работе с 3*D*-структурами, такими как нанопористые материалы или сложные микроэлектронные компоненты. Схему процесса можно представить следующим образом (рисунок 1).

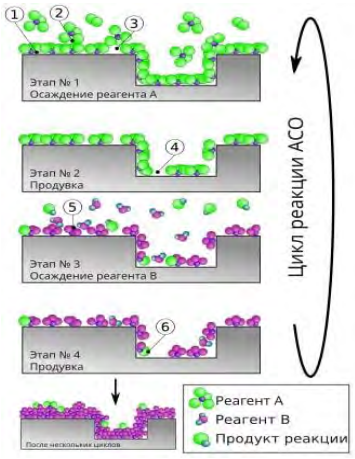


Рисунок 1 – Схема процесса *ALD*

В случае осаждения оксида алюминия наиболее распространенной является система прекурсоров ТМА–H_2O. Оптимальные параметры этого процесса включают: температурный диапазон 150–300 °C (с оптимумом около 200 °C), давление в реакционной камере 2–3 мбар, и типичную скорость роста 0,11±0,01 нм за цикл. Важно отметить, что, как демонстрируют многочисленные исследования [1, 3], такая последовательность обеспечивает практически идеальную линейную зависимость толщины пленки от количества циклов ($R^2 = 0,998$), что свидетельствует о высочайшей воспроизводимости процесса.

Особого внимания заслуживает способность *ALD* создавать конформные покрытия на структурах с экстремально высоким соотношением сторон. Экспериментальные данные, полученные различными исследовательскими группами [4, 6], убедительно показывают, что метод позволяет равномерно покрывать поверхности с соотношением сторон более 50:1. Это свойство *ALD* особенно ценно для современных приложений в микроэлектронике, где постоянно уменьшаются размеры элементов и увеличивается плотность их размещения.

Применение *ALD*-покрытий из Al_2O_3 в микроэлектронике решает несколько критически важных задач. Во-первых, такие пленки служат эффективными барьерными слоями, предотвращающими утечки тока в миниатюрных транзисторах [1, 5]. Во-вторых, они обеспечивают защиту чувствительных компонентов от внешних воздействий. Исследования [4, 7] демонстрируют, что даже 10-нанометровый слой Al_2O_3, полученный методом *ALD*, способен эффективно защищать кремниевую подложку от коррозии в агрессивных средах.

В энергетической отрасли *ALD* находит применение при создании защитных покрытий для электродов литий-ионных аккумуляторов, что позволяет существенно увеличить их срок службы [6]. В катализе *ALD*-методология используется для синтеза наноструктурированных каталитических систем с точно контролируемым составом [3]. Перспективным направлением является также применение *ALD* в биомедицине, в частности, для нанесения биосовместимых покрытий на медицинские имплантаты [7].

Перспективы развития технологии *ALD* связаны с несколькими ключевыми направлениями: расширением номенклатуры осаждаемых материалов, оптимизацией процессов для сложных 3*D*-структур, разработкой гибридных методов в сочетании с другими нанотехнологическими подходами. Особый интерес представляет создание многослойных структур с чередованием различных материалов, что открывает новые возможности в дизайне функциональных наноматериалов.

Заключение. Проведенный в данной работе комплексный анализ технологии *ALD* позволяет констатировать, что этот метод занял прочные позиции в современном материаловедении и нанотехнологиях. На основании обобщения многочисленных литературных источников и экспериментальных данных различных исследовательских групп можно утверждать, что *ALD* обладает уникальными возможностями по созданию ультратонких пленок с беспрецедентной точностью контроля толщины на атомарном уровне. Особое значение имеет способность метода обеспечивать конформное покрытие структур с экстремально высоким соотношением сторон (> 50:1), что делает его незаменимым для современных микро- и наноэлектронных устройств.

Таким образом, технология *ALD* продолжает оставаться одним из наиболее перспективных и востребованных методов современной нанотехнологии. Ее дальнейшее развитие будет способствовать решению актуальных задач в области создания новых материалов и устройств с уникальными свойствами, что имеет важное значение для научно-технического прогресса в целом.

Список литературы

1. *Miikkulainen, V. Crystallinity of inorganic films grown by atomic layer deposition: Overview and general trends / V. Miikkulainen, M. Leskelä, M. Ritala, R. L. Puurunen // Journal of Applied Physics. – 2013. – Vol. 114, No. 8. – P. 021301-1–021301-101. https://dx.doi.org/10.1063/1.4757907.*

2. Мишкин В. П. Использование технологии ALD для нанесения Al_2O_3 на поверхность электрохимически активированного алюминия [Электронный ресурс] / В. П. Мишкин, Е. О. Соловьева, О. В. Тарасова, О. Ю. Черняева // Огарёв-Online. – 2017. – №16 (105). Режим доступа: https://cyberleninka.rurticle/n/ispolzovanie-tehnologii-ald-dlya-naneseniya-al2o3-na-poverhnost-elektrohimicheski-aktivirovanogo-alyuminiya. Дата доступа: 24.03.2025.

3. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – М. : Физматлит, 2007. 416 с.

4. Groner, M. D. Gas Diffusion Barriers on Polymers Using Al_2O_3 Atomic Layer Deposition / M. D. Groner, S. M. George, R. S. McLean, P. F. Carcia // Applied Physics Letters. – 2006. – Vol. 88, Iss. 5. – P. 051907.

5. Атомно-слоевое осаждение [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Атомно-слоевое_осаждение. Дата доступа: 24.03.2025.

6. Что вам нужно знать об осаждении атомных слоев (ALD). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.powerwaywafer.com/ru/atomic-layer-deposition-ald.html. Дата доступа: 24.03.2025.

7. Атомно-слоевое осаждение (ALD) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://qtsolar.com/services/atomno-sloevoe-osazhdenie-ald/. Дата доступа: 24.03.2025.

UDC 539.23

ATOMIC LAYER DEPOSITION TECHNOLOGY FOR NANOSTRUCTURE FABRICATION

Gerasimchuk S.N., Afanasyev A.A., Sukhotsky M.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Poznyak A.A. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of EET

Annotation. The paper presents a comprehensive analysis of atomic layer deposition (ALD) technology with an emphasis on aluminum oxide deposition. Based on a summary of literature data, the principles of the method, optimal process parameters (temperature 200±2°C, growth rate 0.11±0.01 nm/cycle), and its unique capabilities for creating conformal coatings on structures with an aspect ratio of >50:1 are considered. Particular attention is paid to the use of ALD in microelectronics, power engineering, and catalysis. Promising areas of technology development are systematized, including the creation of multilayer structures and integration with other nanotechnological methods.

Keywords: atomic layer deposition, nanostructures, microelectronics, thin films.

УДК 621.383.8; 628.955.9

БИОНИЧЕСКИЙ ГЛАЗ НА ОСНОВЕ ИОНОГЕЛЕВЫХ И ПЕРОВСКИТНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Крымская П.А., Ордо С.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Туровец У.Е. – аспирант, м. н. с. НИЛ 4.6 НИЧ БГУИР, Позняк А.А – к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ, с. н. с. НИЛ 4.6 НИЧ БГУИР

Аннотация. В работе рассмотрены наноматериалы, используемые в качестве синаптических фоторецепторов бионических протезов глаз, а также прототипы устройств, изготовленных с их применением. Основное внимание уделено обсуждению ионогелевых материалов и полусферических матриц перовскитных нанопроводов, а также ключевых аспектов процессов передачи сигнала, самоуправляемого функционирования и связанных с этих характеристик устройств.

Ключевые слова: ионогель, перовскитные нанопровода, фототок, гетеропереход.

Введение. Развитие наноэлектроники открыло широкие перспективы для создания высокотехнологичных устройств, имитирующих функции биологических систем. Одной из актуальных задач является разработка бионических глаз, которые способны воспроизводить сложные функции человеческой сетчатки, включая светочувствительность, высокое разрешение изображения и высокую адаптивность к внешним условиям. В качестве материалов, используемых в этих устройствах, заслуживающих более пристального рассмотрения, являются проводящие ионогели и перовскитные нанопровода. Устройства бионических глаз на их основе находят применение как в медицине, в частности для восстановления зрения у пациентов с офтальмологическими заболеваниями, так и в области искусственного интеллекта, где они становятся основой для создания нейроморфных систем [1–3].

Основная часть. В качестве наглядного примера такой системы приведена схематическая 3*D*-модель (рисунок 1) современной искусственной зрительной системы бионического электрохимического глаза (БЭГ) с полусферической сетчаткой [1, 2]. Сетчатка БЭГ изготавливается из массива перовскитных ($CsPbI_3$) нанопроводов, имитирующих фоточувствительные нервные волокна человека (палочки и колбочки). Массив перовскитных нанопроводов (ПН) представляет собой выращенные путем осаждения из газовой фазы индивидуальные столбики длиной порядка 1 мкм в матрице анодного оксида алюминия (АОА). В данной модели в качестве переднего контакта к ПН предлагается использование водного раствора электролита с показателем преломления 1,35, одновременно имитирующего стекловидное тело, а жидкометаллический эвтектический сплав Ga–In служит в качестве заднего контакта. В модели БЭГ имитация склеры формируется вольфрамовой пленкой на алюминиевой полусферической оболочке.

В другой модели искусственного глаза светочувствительный слой основан на гетеропереходе на границе раздела двух слоев синтетического ионогеля: чистого геля, обладающего высокой оптической прозрачностью (93%) и эластичностью, и черного легированного геля [4]. Обе фазы ионогеля содержат катионы лития (Li^+) и анионы бис(трифторметансульфонил)имида ($TFSI^-$), образуя гетеропереход за счет контакта чистого и легированного геля, содержащего наночастицы полипиррола (НЧП). Область легированного геля является задней стенкой имитируемой сетчатки и выполняется в виде массива нанопроводов, в то время как чистый гель является внешней стенкой имитируемой сетчатки.

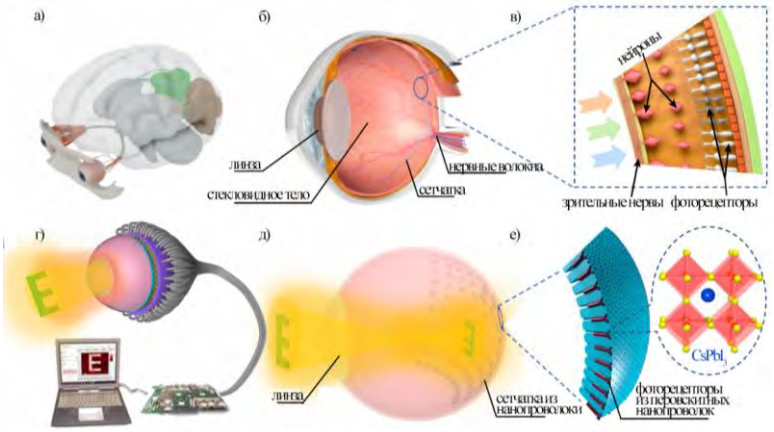


Рисунок 1 – Общее сравнение зрительной системы человека и системы БЭГ: а) схема зрительной системы человека; б) схема человеческого глаза; в) схема сетчатки человеческого глаза; г) механизм работы БЭГ; д) ПН в матрице АОА; е) кристаллическая структура ПН

Под воздействием света ионы мигрируют из примесного геля, содержащего НЧП, в область чистого геля. Этот процесс приводит к несбалансированной концентрации ионов в гетеропереходе из-за различных скоростей миграции катионов и анионов (рисунок 2). При синергетическом воздействии процессов фототермического и термоэлектрического преобразования внутри гетероперехода, градиент температуры создает ионный ток. Так, в чистом геле возникает избыток положительных ионов Li^+, в то время как в примесном геле – отрицательных ионов $TFSI^-$. В результате в гетеропереходе возникает внутреннее электрическое поле, направленное от чистого геля к легированному.

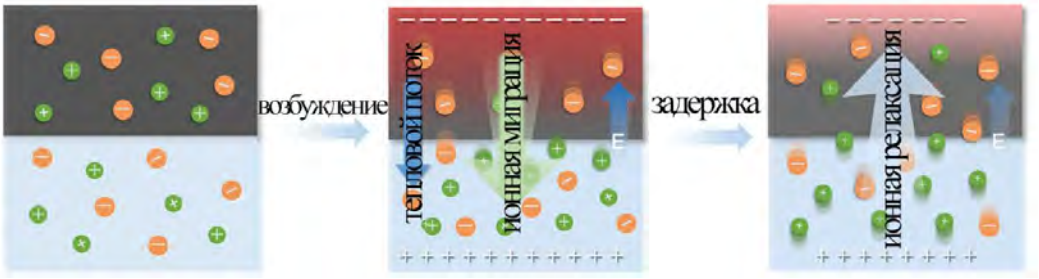
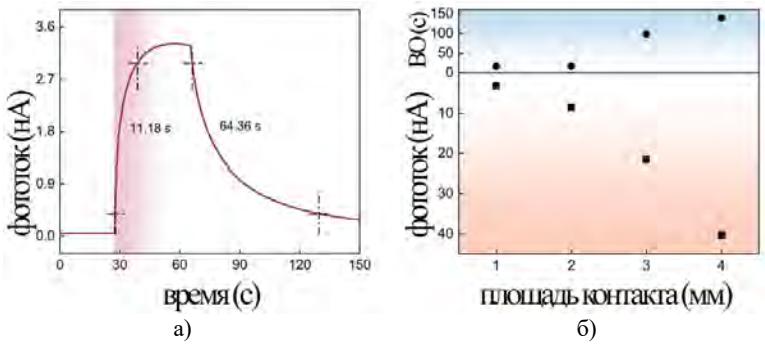


Рисунок 2 – Механизм оптико-электрического преобразователя в ионогеле

Рассмотрим фотоотклик ионогеля (рисунок 3, а), в котором фототок и время отклика (ВО) измеряются на участке гетеро-интерфейса.



а) б)

Рисунок 3 – а) Фотоотклик гетероперехода, экспонированного светом 365 нм без внешнего источника питания; б) влияние размера на фототок и время отклика

Из графика видно, что задержка отклика составляет около 11 с, а остаточный фототок присутствует на протяжении 64 с. Это делает ионогель подходящим материалом для создания синаптических фоторецепторов, имитирующих работу сетчатки глаза, поскольку такая задержка позволяет моделировать процессы, аналогичные функционированию биологических нейронов, где временные задержки также играют существенную роль [1, 2]. Меньшая площадь контакта со стороны примесного геля (рисунок 3, б) дает меньший ток и более быстрое затухание, что означает уменьшение времени отклика.

Массив ПН в матрице АОА представляют собой искусственную сетчатку с фоточувствительными «палочками» и «колбочками» (рисунок 4), расположенные плотной гексагональной упаковкой. ПН состава $CsPbI_3$ имеют относительно узкую запрещенную зону (~1,8 эВ), что делает их чувствительными ко всему видимому диапазону. Место контакта электролита и ПН образует искусственный синапс, возбуждаемый попадающим на сетчатку светом, вызывающим движение ионов. Длина ПН имеет решающее значение для фоточувствительности системы БЭГ. Так, для ПН длиной 1 мкм при освещении более короткой длиной волны (синим светом) носители заряда в основном генерируются на верхней части нанопроволоки и дают положительный фототок. Напротив, ПН генерирует отрицательный фототок при освещении более длинными волнами (зеленый и красный свет). Таким образом, системы БЭГ могут обладать не только фото-, но и цветочувствительностью [3]. Расположенный у основания нанопроволоки Pb-электрод также может поглощать оставшийся свет для уменьшения оптической аберрации.

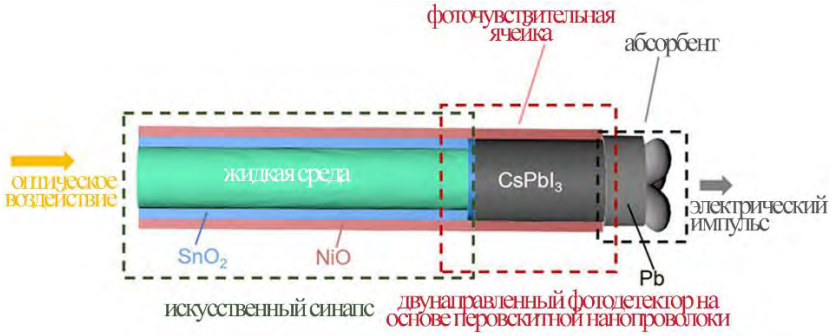
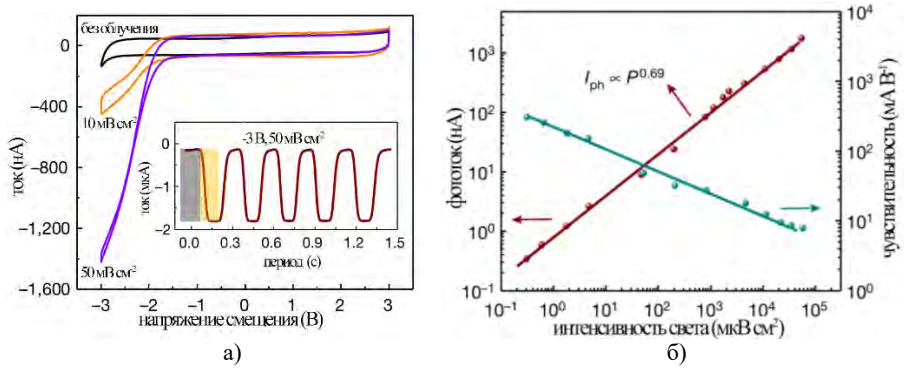


Рисунок 4 – Структура индивидуального фоторецептора ПН искусственной сетчатки

На рисунке 5, а) представлены вольт-амперные характеристики (ВАХ), демонстрирующие асимметричный фотоответ искусственной сетчатки БЭГ на основе ПН. На рисунке 5, б) представлена зависимость фототока от освещенности искусственной сетчатки БЭГ.



а) б)

Рисунок 5 – а) Вольт-амперные кривые при различном освещении и переходный отклик отдельных пикселей при освещении с интенсивностью 50 мВт $см^{-2}$; б) зависимость фототока (красная линия) и чувствительности отдельного ипикселя (синяя линия) от интенсивности освещения

Относительно быстрый и воспроизводимый отклик указывает на то, что устройство имеет превосходную стабильность и воспроизводимость фототока. Время отклика и восстановления составило 32,0 мс и 40,8 мс, соответственно. Анализ ассиметричных ВАХ показывает, что время отклика устройства зависит от кинетики нескольких типов ионов на переходе электролит/ПН. В то же время, анализируя быстродействие обеих рассмотренных конструкций, следует отметить замедленную реакцию гетероструктуры, основанной на контакте ионогелей. Вероятно, это связано со значительно более низкой подвижностью ионов в ионогеле в сравнении с аналогичными характеристиками для растворов электролитов и, тем более, подвижностью носителей заряда в ПН.

Заключение. Таким образом, комбинация ионогелей разного состава или водного раствора электролита и ПН обеспечивает создание фоточувствительной пары для имитации сетчатки в системе БЭГ. Данные материалы отвечают принципам простоты изготовления, доступности и воспроизводимости параметров. В ответ на свет фоточувствительная пара может действовать аналогично фоторецепторам человека, преобразуя попадающие на искусственную сетчатку фотоны в нейроэлектрические сигналы. Кроме того, использование матриц ПН позволяет решить задачу изготовления оптоэлектронных устройств на полусферических подложках с высокой плотностью упаковки и, следовательно, высокой разрешающей способностью и быстродействием. Эти наноматериалы формируют основу для дальнейшего изучения и совершенствования технологий, направленных на создание высокоэффективных систем искусственного зрения.

Список литературы

1. *A biomimetic eye with a hemispherical perovskite nanowire array retina / Leilei Gu, Swapnadeep Poddar, Yuanjing Lin [et al.] // Nature. Supplementary information. 2020. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2285-x*

2. *A biomimetic eye with a hemispherical perovskite nanowire array retina / Leilei Gu, Swapnadeep Poddar, Yuanjing Lin [et al.] // Nature. 2020. Vol. 581. P. 278–284. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2285-x*

3. *A neuromorphic bionic eye with filter-free color vision using hemispherical perovskite nanowire array retina / Zhenghao Long, Xiao Qiu, Chak Lam [et al.] // Nature communications. 2023. Vol. 14, No 1972. P. 1–9. https://doi.org/10.1038/s41467-023-37581-y*

4. *A bionic self-driven retinomorphic eye with ionogel photosynaptic retina / Xu Luo, Chen Chen, Zixi He, [et al.] // Nature communications. 2024. Vol. 15, No 3086. P. 1–9. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47374-6*

UDC 621.383.8; 628.955.9

A BIONIC EYE BASED ON IONOGEL AND PEROVSKITE NANOMATERIALS

Krymskaya P.A., Ordo S.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Turavets U.Y. – Postgraduate, junior researcher at the research laboratory 4.6 of R&D department,
Poznyak A.A. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT, senior researcher at the research laboratory 4.6 of R&D department,

Annotation. The paper reviews nanomaterials used as synaptic photoreceptors in bionic eye prostheses, as well as prototypes of devices formed using them. The main focus is on the discussion of ionogel materials and hemispherical matrices of perovskite nanowires, as well as key aspects of signal transmission processes, self-controlled operation, and related device characteristics.

Keywords: ionogel, perovskite nanowires, photocurrent, heterojunction.

УДК 616.314

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОККЛЮЗИОННЫХ ШИН, НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ И АППАРАТА T-SCAN

Бондарь В.Г., Грибко А.С., Бредихина Д.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Самуйлов И.В. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. Данное исследование направлено на изучение эффективности применения индивидуальных окклюзионных шин с использованием аппарата T-Scan для анализа контактов при жевании, а также электромиографа для анализа активности височных и жевательных мышц. В ходе исследования были изучены изменения контактов зубов у пациентов, а также изменение активности височных и жевательных мышц. При ношении окклюзионных шин велся периодический анализ лечения окклюзии с помощью аппарата T-Scan и электромиографа.

Ключевые слова: окклюзия, аппарат T-Scan, окклюзионные шины, электромиография.

Введение. Использование индивидуальных окклюзионных шин в сочетании с аппаратом T-Scan является одним из перспективных направлений в области лечения и профилактики заболеваний височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). Аппарат T-Scan, в свою очередь, является инновационным диагностическим прибором, позволяющим проводить комплексную оценку окклюзии и контролировать эффективность использования индивидуальных окклюзионных шин.

В данной статье описывается методика регистрации окклюзии с помощью аппарата T-Scan, для диагностики и контроля эффективности лечения, а также анализ результатов клинических исследований и практического опыта применения данной методики.

Основная часть. В ортопедических целях из сложной биодинамики прикуса выделяют два главных состояния: артикуляцию и окклюзию. Наиболее распространено определение артикуляции, данное А.Я. Катцем, а именно: это всевозможные положения и перемещения нижней челюсти по отношению к верхней, осуществляемые посредством жевательной мускулатуры. Окклюзия – смыкание зубных рядов в целом или отдельных групп зубов в течение большего или меньшего отрезка времени [1].

В качестве материала для изготовления окклюзионных шин обычно используют пластик, он может быть мягким или жёстким [2].

Различают четыре основных вида окклюзии:

– центральную (смыкание зубных рядов, при котором имеет место максимальное количество межзубных контактов; образуется при срединном смыкании зубных рядов и физиологическом контакте зубов-антагонистов; наблюдаются наиболее полный бугорково-фиссурный контакт зубов-антагонистов, симметричное сокращение жевательных мышц, а головка нижней челюсти находится на середине заднего ската суставного бугорка [3]);

– переднюю (срединное смыкание зубных рядов, нижний зубной ряд выдвинут [3]);

– две боковые: правая и левая (сдвиг нижней челюсти влево (левая окклюзия) или вправо (правая окклюзия) [3]).

Аппарат T-Scan (рисунок 1) предназначен для определения качественных и количественных характеристик окклюзии. Основными его элементами является чувствительный датчик – сенсор в виде пленки, который накусывает пациент и компьютерная программа. Связующим звеном между этими элементами является рукоятка, фиксирующая сенсор [4].

Рисунок 1 - Внешний вид устройства T-Scan

T- Scan определяет еще несколько важных диагностических показателей – первичный окклюзионный контакт, центр силы, а также преждевременные контакты. Получаемые аппаратом характеристики объективны и достоверны. Он обладает специфичностью и чувствительностью. Вся информация о пациенте хранится в программе в виде записей всех окклюзионных контактов в конкретный момент времени, фотографий [4].

Во время исследования пациент прикусывает индивидуальную пластинку – сенсор, который оценивает и отражает на мониторе компьютера все контакты между зубами, учитывая:

– последовательность и силу их возникновения;

– распределение нагрузки на каждый зуб и на определённый сегмент:

– смещение центра силы при движении нижней челюсти [5].

Методика исследования описана в работе «Методика цифровой диагностики окклюзии зубов с помощью аппарата T-Scan» [6].

По полученной методике была составлена база данных, на основании которой была проанализирована активность по четвертям в ходе всего процесса лечения. На рисунке 2 предоставлен график, на котором серым цветом обозначены маляры, черным – передние зубы, сплошной линией – правая сторона, прерывистой линией – левая.

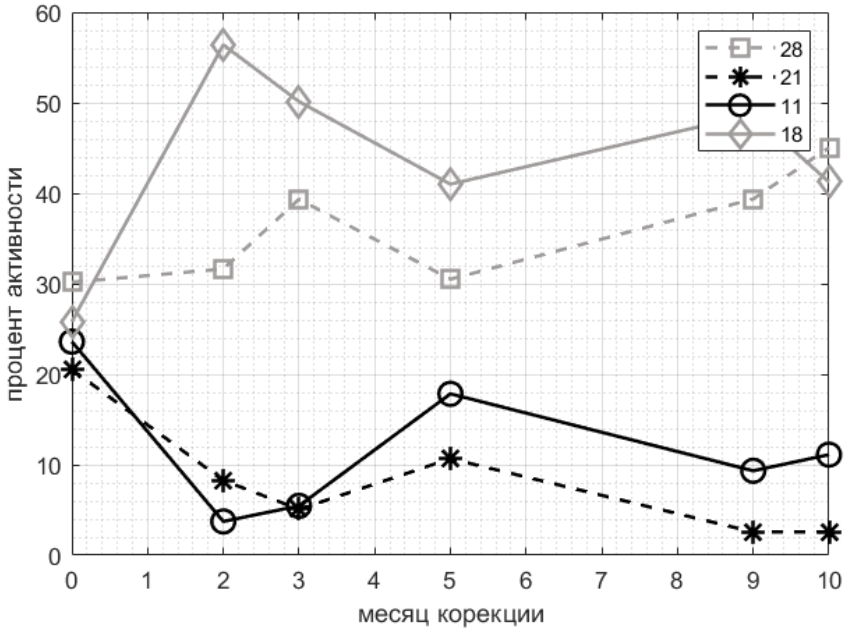


Рисунок 2 – График периода изменения активности по четвертям

Из данных, представленных на рисунке 2, видно, что в процессе исследования активность по четвертям была симметричной. В ходе лечения большая часть активности приходилась на задние четверти (маляры), а меньшая часть активности на передние четверти (резцы, клыки, премоляры). При этом активность правой стороны несколько выше, чем активность на левой стороне. Наибольшая динамика изменения силы прикуса наблюдалась в период ношения мягкой каппы (первые два месяца). В процессе ношения нормализующей шины показатели стали стабилизироваться. Затем, при периодическом подрезании шины, воздействие было больше на “передних” зубах, в ходе чего сила прикуса изменялась.

На рисунке 3 изображены амплитуды биоэлектрической активности левой и правой височных мышц ЭМГ в покое при применении: индивидуальной окклюзионной релаксирующей шины (1-2 стадия); индивидуальной окклюзионной нормализующей жесткой шины (3-6 стадия) во время исследования по стадиям, которые соответствует месяцам.

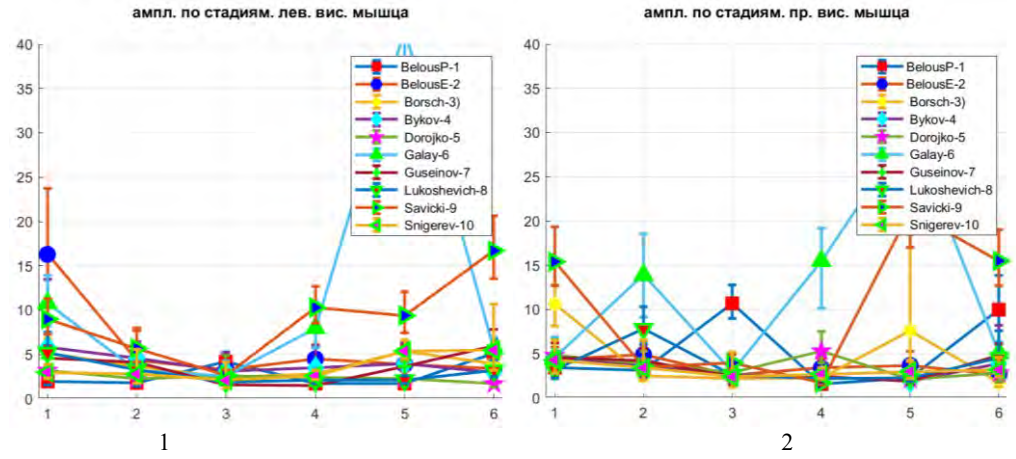


Рисунок 3 – Гистограммы средней амплитуды височной мышцы во время спонтанной активности (в покое): 1 – височная мышца мышцы слева, 2 – височная мышца справа

На рисунке 4 при функциональной активности. Амплитуды мышц на рисунках показаны по оси «у» по стадиям: 1 – до каппы, 2 – индивидуальная окклюзионная мягкая шина, 3 – 6 индивидуальная окклюзионная нормализующей шина жесткая.

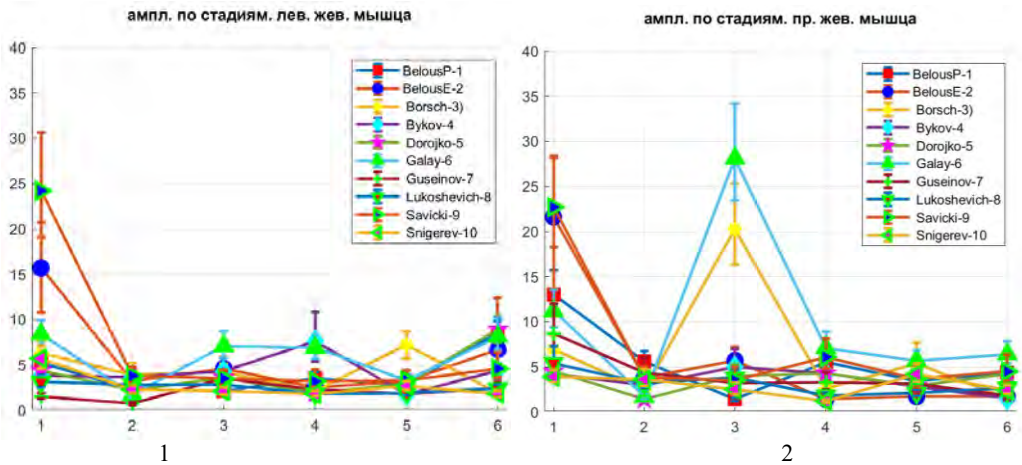


Рисунок 4 – Гистограммы средней амплитуды жевательной мышцы во время спонтанной активности (в покое): 1 – жевательная мышца слева, 2 – жевательная мышца справа

В исследуемой группе при анализе мышц в покое после применения индивидуальной релаксирующей шины несколько увеличилось преобладание в активности правых височных мышц с 7% до 16%, а для жевательных несколько уменьшилось преобладание активности с 22% до 16%. При анализе височных мышц в состоянии усилия при сжатии зубов с симметричная активность изменилась на правостороннюю, разница в активности составила 19%. Для жевательных мышц наблюдалось незначительное увеличение правосторонней активности при сжатии зубов с 4% до 10%. Если анализировать отдельных пациентов, то наблюдаются значительные различия. Как полное отсутствие изменения в активности, так изменение стороны активности с преобладающей левосторонней (91%) в преобладающую правостороннюю (86%).

Заключение. В программе T-Scan были проанализированы данные пациентов в каждый период посещения при ношении окклюзионных шин. Была разработана диагностическая методика измерения окклюзии при помощи аппарата T-Scan, которая включает в себя исследование полной и “сверх” активности по четвертям и перемещение нижней челюсти. Был проанализирован ход лечения, выявлено, что в процессе ношения каппы нагрузка постепенно сместилась на моляры. Исходя из полученных данных электромиографии можно судить о том, что стабильно положительная динамика наблюдается в височных мышцах, несмотря на то что процессы саморегуляции (укорочение индивидуальной окклюзионной нормализующей шины) начались с 4-го периода измерения второго подготовительного этапа.

Список литературы

1. *Аболмасов Н. Н. Избирательная пришлифовка зубов //Смоленск: Смоленская обл. типография им. ВИ Смирнова. – 2004.*

2. *Окклюзия и клиническая практика/ Под ред. И. Клинеберга, Р.Джагера; Пер. с англ.; О-49 Под общ. ред. М.М. Антоника. – 2-е изд. – М.: МЕДпресс-информ, 2008. – 200 с.: ил. ISBN 5-98322-453-0.*

3. *Пропедевтическая стоматология: учеб.-метод. пособие : в 14 ч. / П78 Т. В. Герасимова, Л. А. Зюлькина, Г. В. Емелина [и др.]. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2022. – Ч. 4. – 86 с.*

4. *Анисимова, М. М. Использование системы T-scan в лечении пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом / М. М. Анисимова. // Молодой ученый. — 2023. — № 32 (479). — С. 18-19.*

5. *Анализ окклюзии зубов с T-Scan NaviStom. [Электронный ресурс]. Режим доступа:https://navistom.com/blog/analiz-okklyuzii-zubov-s-t-scan-12417.html. Дата доступа: 08.03.2024.*

6. *Бондарь, В. Г. Методика цифровой диагностики окклюзии зубов с помощью аппарата T-Scan / В. Г. Бондарь, А. С. Грибко, Д. А. Бредихина // Электронные системы и технологии : сборник материалов 60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 22–26 апреля 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2024. – С. 223–226.*

UDC 616.314

THE EFFECTIVENESS OF OCCLUSAL SPLINTS BASED ON ELECTROMYOGRAPHY AND T-SCAN DATA

Bondar V.G., Gribko A.S., Bredihina D.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Samuilov I.V. – assistant of the department of EET

Annotation. This study aims to investigate the effectiveness of individual occlusion splints using the T-Scan device to analyze contacts during chewing, as well as an electromyograph to analyze the activity of the temporal and masticatory muscles. The study examined changes in tooth contacts in patients, as well as changes in the activity of the temporal and masticatory muscles. When wearing occlusion splints, periodic analysis of occlusion treatment was conducted using the T-Scan device and an electromyograph.

Keywords: occlusion, T-Scan device, occlusion splints, electromyography.

УДК 004.418

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ АСПЕКТОВ ПРИМЕНЕНИЯ «BIG DATA» В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

Смирнов П.О.; Максимов Е.Д., Ламака Е.А

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Кудина А.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. В статье рассматриваются основные аспекты применения технологий Big Data в сфере здравоохранения. Анализируются основные направления использования больших данных, включая диагностику и прогнозирование заболеваний, персонализированную медицину, оптимизацию процессов управления здравоохранением, проведение медицинских исследований и обеспечение безопасности пациентов. Показаны преимущества и перспективы внедрения аналитических методов в медицинскую практику.

Ключевые слова: Big Data (большие данные), PwC, Advanced Analytics, медицина, Clinical decision support system.

Введение. Аналитика больших данных – это процесс изучения и анализа больших, разнообразных, сложных и динамических наборов данных с целью выявления полезной информации и улучшения процесса принятия решений.

Современная медицина генерирует огромные объемы данных, включая клинические записи, результаты лабораторных исследований, медицинские изображения, генетическую информацию и данные о пациентах в режиме реального времени. Согласно PwC (PricewaterhouseCoopers), объем медицинских данных измеряется в петабайтах, что превышает возможности традиционных систем обработки информации. [1].

Анализ основных аспектов. Индустрия здравоохранения стремится к высокой точности диагностики заболеваний для обеспечения эффективного предоставления медицинской помощи. Использование методов анализа Big Data позволяет не только систематизировать и структурировать разнородные медицинские данные, но и выявлять закономерности, способствующие повышению качества диагностики, эффективности лечения и оптимизации ресурсов медицинских учреждений. Применение технологий искусственного интеллекта и информационного обучения на основе больших данных способствует созданию автоматизированных алгоритмов диагностики. Анализ клинических записей, изображений, лабораторных показателей и генетической информации помогает идентифицировать группы пациентов, наиболее подверженных определенным заболеваниям, и предложить меры, которые могут быть приняты на ранних стадиях с целью купирования очагов заболевания. Это крайне важно для хронических патологий, которые составляют большую часть расходов на здравоохранение, достигая 75% общих затрат. Среди таких заболеваний онкологические заболевания, диабет, сердечно-сосудистые заболевания, и заболевания внутренних органов, изменения опорно-двигательного аппарата. Возрастающее количество случаев пост-ковидных изменений и, как следствие, обострения хронических заболеваний подчеркивает важность применения методов анализа больших данных в медицине для улучшения аналитики, прогнозирования и предоставления своевременной медицинской помощи.

Технологии Big Data обеспечивают возможность создания персонализированных схем лечения, учитывающих индивидуальные характеристики пациентов. Использование аналитических платформ позволяет прогнозировать нагрузку на медицинские учреждения и оптимизировать распределение ресурсов, анализировать пики заболеваемости и разрабатывать меры по снижению эпидемиологических рисков, сокращать затраты за счет автоматизации процессов диагностики и лечения [1].

Анализ глобальных массивов клинических данных позволяет выявлять корреляции между генетическими факторами и индивидуальной реакцией организма на лечение,

позволяет ускорять проведение клинических испытаний путем моделирования реакций на препараты, определять потенциальные мишени для разработки инновационных лекарственных средств. Аналитика Big Data позволяет минимизировать риски, связанные с медицинскими ошибками и побочными эффектами лечения. Развитие технологий анализа данных способствует выявлению аномалий в показателях пациентов на ранних стадиях заболевания, мониторингу лекарственной безопасности, обнаружению нежелательных лекарственных взаимодействий и совершенствованию систем поддержки принятия врачебных решений (CDSS) [2].

Использование технологий Big Data в медицине открывает широкие перспективы для повышения качества здравоохранения, сокращения временных и финансовых затрат, а также повышения точности диагностики и персонализации лечебного процесса. Развитие аналитических методов и внедрение искусственного интеллекта в обработку медицинских данных позволяют значительно расширить возможности современной медицины, делая ее более точной, предсказуемой и ориентированной на пациента.

Одной из ключевых проблем применения технологий Big Data в здравоохранении является риск нарушения конфиденциальности и безопасности данных пациентов, особенно учитывая чувствительность медицинской информации. Значительные затраты на внедрение и обучение персонала могут стать значительным бременем для медицинских учреждений, требующих квалифицированных специалистов в области аналитики данных и информационного обучения. Кроме того, сложность интерпретации результатов анализа больших данных и необходимость точности и надежности данных представляют вызовы при использовании таких технологий в медицине [3].

Заключение. Использование технологий Big Data и Advanced Analytics в здравоохранении открывает новые горизонты для повышения качества медицинской помощи, оптимизации процессов и персонализации лечения. Анализ больших объемов медицинских данных способствует более раннему выявлению заболеваний, более точной диагностики, и эффективному планированию лечебных мероприятий. Несмотря на существующие проблемы, такие как обеспечение конфиденциальности и сложность интерпретации данных, перспективы внедрения этих технологий в медицину остаются чрезвычайно многообещающими. Развитие аналитических методов и искусственного интеллекта позволит сделать здравоохранение гарантировано предсказуемым, эффективным и ориентированным на конкретного пациента.

Список литературы

1. *Чернышева И. И. Применение «больших данных» в медицине. Интернет-журнал A2IS, 2023.*

2. *Kauser A.P., Pathak C., Singh S., Singh S. Big data analytics for chronic disease prediction. International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science. 2022; Volume: 00:04. DOI: 10.56726/IRJMETS30011.*

3. *Rodrigues J., Alonso S.G., Diez I. D. T., Hamrioui S. a Systematic Review of Techniques and Sources of Big Data in the Healthcare Sector. Springer Science+Business Media. 2017; Volume 41:183. DOI: 10.1007/s10916-017-0832-2.*

UDC 004.418

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Smirnou P.O; Maksimau. Y.D; Lamaka Y.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kudina A.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of EET

Annotation. The article discusses the key aspects of Big Data technologies application in healthcare. The article analyses the main directions of Big Data use, including diagnosis and prognosis of diseases, personalized medicine, optimization of healthcare management processes, conducting medical research and ensuring patient safety. The advantages and prospects of implementing analytical methods in medical practice are highlighted.

Keywords: Big Data, PwC, Advanced Analytics, medicine, Clinical decision support system.

УДК 62.521

БЛОК АВТОМАТИЧЕСКОЙ КООРДИНАЦИИ ОКОННЫХ ЖАЛЮЗИЙНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Кормилец С.Т.

Белорусский Государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лушакова М.С. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. Материал посвящен разработке устройства для автоматизированного управления оконными жалюзийными механизмами с целью повышения комфорта, энергоэффективности и безопасности. Проектируемый блок интегрируется с системами «умного дома» через протоколы Wi-Fi и MQTT. Устройство оснащено шаговыми моторами, микроконтроллером ATTINY88-AU, датчиками освещенности и Wi-Fi модулем.

Ключевые слова: жалюзийные механизмы, умный дом, энергоэффективность, Wi-Fi MQTT, датчики освещенности, системы автоматизации, Home Assistant, OpenHAB.

Введение. Целью работы является создание устройства, обеспечивающего управление оконными жалюзийными механизмами с использованием современных технологий автоматизации. Основной задачей является проектирование блока, который позволит автоматизировать координирование работы жалюзи на основе внешних условий (освещенности, температуры и т.д.), а также интеграцию с системами «умного дома» для повышения комфорта, энергоэффективности и безопасности.

Основная часть. Жалюзийные механизмы широко применяются в жилых, офисных и промышленных помещениях. Их автоматизация предоставляет следующие преимущества:

1 Энергоэффективность. Автоматическое регулирование угла наклона ламелей позволяет снизить затраты на кондиционирование и отопление. Например, в жаркую погоду жалюзи закрываются для предотвращения перегрева, а зимой – открываются для использования солнечного тепла [1].

2 Комфорт. Устройство освобождает пользователя от необходимости ручного управления, что особенно важно для окон в труднодоступных местах (высокие потолки, фасады).

3 Интеграция с «умным домом». Современные системы автоматизации поддерживают беспроводные протоколы, такие как Wi-Fi или ZigBee, что позволяет создавать сценарии, например, синхронизировать открытие жалюзи с будильником или системой освещения [2].

С технической точки зрения блок автоматической координации представляет собой устройство, обеспечивающее регулирование солнечного светового потока для оптимальной освещенности помещений. Блок оснащен двумя шаговыми моторами, микроконтроллером ATTINY88-AU, Wi-Fi модулем и датчиками освещенности. Один мотор регулирует угол наклона ламелей, второй управляет открытием/закрытием жалюзи, наматывая управляющий шнур на вал.

Микроконтроллер обрабатывает данные от датчиков освещенности и команды от системы «умный дом», корректируя положение жалюзи. Устройство поддерживает протокол Wi-Fi + MQTT, обеспечивая совместимость с экосистемами Home Assistant, OpenHAB и др [2].

Блок монтируется в торец карниза с профилем V-34, совместим с большинством существующих жалюзийных систем в странах СНГ, что упрощает установку. Устройство регулирует освещенность, изменяя угол ламелей или положение жалюзи в зависимости от внешних условий, а также предотвращает перегрев помещений, снижая затраты на кондиционирование.

Проектируемый блок будет совместим с популярными платформами «умного дома» и обеспечит простоту установки и настройки для массового пользователя. На рисунке 1 приведена структурная блок-схема устройства.

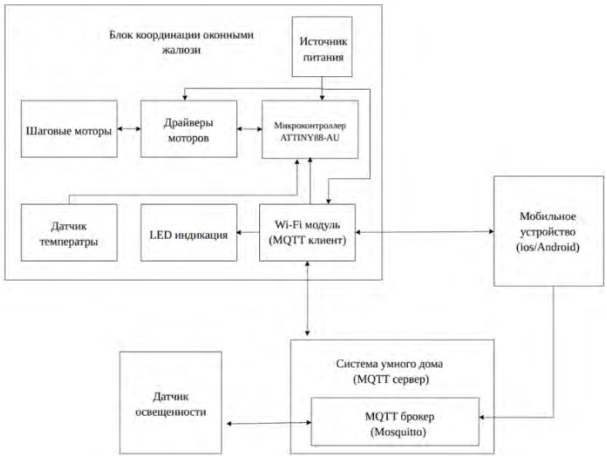


Рисунок 1 – Структурная схема блока автоматической координации

Современные автоматизированные системы управления жалюзи делятся на простые устройства с электроприводом и сложные системы с полным набором функций автоматизации [3].

Основные недостатки существующих решений:

– высокая стоимость сложных систем, включающих датчики, контроллеры и интеграцию с «умным домом»;

– сложность установки и обслуживания, особенно в проводных системах;

– ограниченная совместимость между устройствами разных производителей.

Разрабатываемое устройство будет учитывать эти недостатки, предлагая оптимальное сочетание функциональности, надежности и доступности.

Заключение. Разработка блока автоматической координации жалюзийных механизмов является актуальной задачей в области автоматизации. Новое устройство должно сочетать в себе энергоэффективность, удобство использования, интеграцию с современными технологиями и доступную стоимость. Оно найдет широкое применение в жилых, офисных и промышленных помещениях, а также в специализированных областях, таких как теплицы и медицинские учреждения.

Список литературы

1. *Разновидности жалюзи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://media.halvacard.ru/smart-shopping/kak-vybrat-zhalyuzi-kotorye-prosluzhat-dolgo-i-ne-razocharuyut*

2. *Wi-Fi, Bluetooth, Z-Wave, ZigBee [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ixbt.com/live/chome/wi-fi-bluetooth-z-wave-ili-zigbee-kakoy-protokol-umnogo-doma-vybrat.html – Дата доступа: 14.03.2025*

3. *Централизованное управление жалюзи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://domintellect.ru/articles/upravlenie-osveshcheniem-umnogo-doma-shtory-zhalyuzi/*

UDC 62.521

MODULE FOR AUTOMATIC COORDINATION OF WINDOW LOUVER MECHANISMS

Karmilets S.T.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Lushakova M.S. – Senior Lecturer at the Department of ETT

Annotation. The material is devoted to the development of a device for automated control of window blinds to improve comfort, energy efficiency and safety. The designed unit is integrated with “smart home” systems via Wi-Fi and MQTT protocols. The device is equipped with stepper motors, ATTINY88-AU microcontroller, light sensors and Wi-Fi module.

Keywords: louver mechanisms, smart home, energy efficiency, Wi-Fi MQTT, light sensors, automation systems, Home Assistant, OpenHAB.

УДК 681.586

ЭЛЕКТРОННЫЙ МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ 3D-ПРИНТЕРОМ

Соколова Д.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Костюкевич А.А. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. В статье рассматривается сущность и особенности аддитивных технологий (3D-печати) как инновационного метода создания объектов путем послойного добавления материалов. Описывается принцип работы 3D-принтеров, преобразующих цифровые трехмерные модели в физические объекты. Особое внимание уделяется практическому применению данной технологии в различных отраслях: медицине, аэрокосмической и автомобильной промышленности, ювелирном деле, образовании, архитектуре и промышленности. Значительная часть работы посвящена анализу роли модуля управления 3D-принтером как центрального электронного компонента, обеспечивающего координацию всех систем устройства.

Ключевые слова: принтер, модуль управления, аддитивные технологии, 3D-печать.

Введение. Электронные устройства играют важную роль в современном мире. Они используются для передачи, обработки и хранения информации, а также для выполнения различных задач, таких как генерация, усиление и приём электромагнитных колебаний. Электронные устройства применяются в различных областях, включая оптоэлектронику и автоэлектронику.

Основная часть. Аддитивные технологии, или 3D-печать, представляют собой инновационный метод создания объектов путём послойного добавления материалов, что радикально отличается от традиционных субтрактивных методов, таких как резка или литьё, где материал удаляется или заливается в форму. В центре аддитивных технологий находятся 3D-принтеры, устройства, которые производят объекты по цифровым моделям. Эти технологии позволяют создавать предметы с высокой точностью и сложностью формы, что открывает новые возможности в производстве, медицине и других отраслях [1].

Актуальность использование 3D-принтеров заключается в том, что они находят применение в самых разных отраслях. В медицине они используются для создания протезов, имплантов, а также для печати моделей органов, что помогает хирургам планировать операции. В аэрокосмической промышленности с помощью 3D-принтеров создают лёгкие и прочные детали для самолётов и космических аппаратов. В автомобильной сфере их применяют для печати прототипов, запчастей и инструментов, что ускоряет разработку и производство. Ювелиры используют 3D-принтеры для создания прототипов украшений и уникальных дизайнов. В образовании принтеры помогают студентам изучать инженерные и дизайнерские процессы. Архитекторы применяют их для создания детализированных макетов зданий и конструкций, а в промышленности 3D-принтеры используются для изготовления уникальных деталей, инструментов и небольших серий продукции.

Разрабатываемое электронное устройство принадлежит к группе С1 по ГОСТ 16019-2001(это стационарная аппаратура, которая устанавливается в отапливаемых наземных и подземных сооружения) [2]. Требования к климатическим условиям определяются по ГОСТ 1510-69 и предъявляются по УХЛ 4.2(умеренный и холодный климат, категория размещения 4 подразумевает эксплуатацию в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями) [3].

Основой работы 3D-принтера является послойное создание объекта. Принтеры преобразуют цифровую трёхмерную модель (созданную, например, в CAD-программе) в физический объект, накладывая материал слой за слоем.

Для этого необходимы три ключевых этапа [4]:

1 Цифровое моделирование: Объект проектируется в трёхмерной среде с помощью программ для 3D-моделирования (например, SolidWorks, AutoCAD). Затем модель конвертируется в формат STL или другой подходящий для 3D-принтера.

2 Слайсинг: после создания модели её необходимо «нарезать» на тонкие слои с помощью специальных программ. Программа генерирует G-код, который содержит инструкции для 3Dпринтера о том, как и где наносить каждый слой.

3 Процесс печати: Принтер использует G-код, чтобы слой за слоем наносить материал – обычно пластик, металл или фотополимер. По завершении процесса создаётся твёрдый объект.

Структурная схема 3D-принтера представлена на рисунке 1.

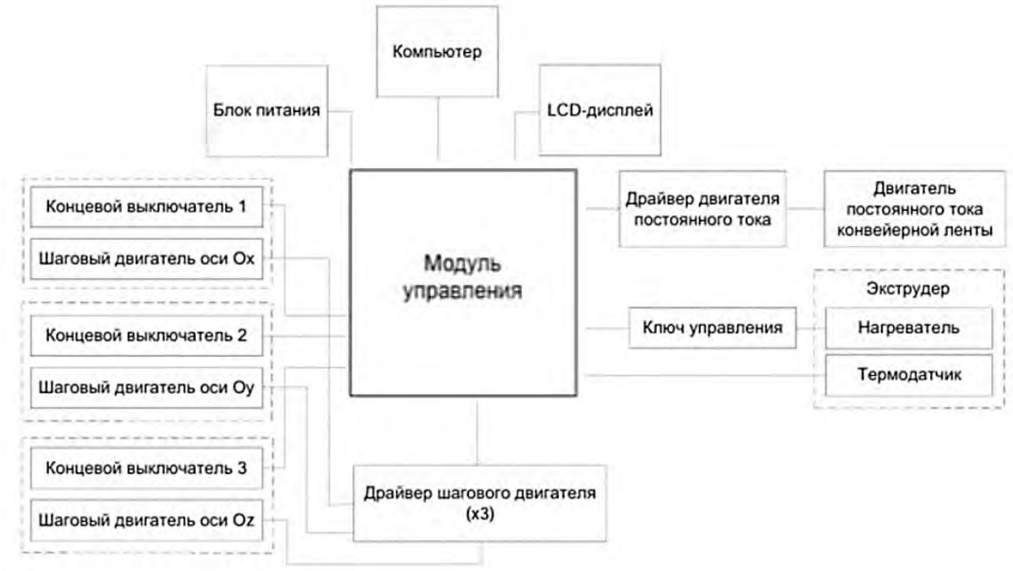


Рисунок 1 – Структурная схема 3D-принтера

Модуль управления 3D принтером имеет ключевое значение в работе принтера. Главная задача модуля управления – это обеспечение полноценного функционирования устройства путем выполнения следующих ключевых функций: обработка всей логики 3D-печати, регулирование температуры печатающей головки, управление движением экструдера, координация работы всех механических компонентов. Модуль управления питает все основные электронные компоненты схемы.

По сути, плата контроллера является “мозгом” 3D-принтера, который обеспечивает слаженную работу всех систем и превращает цифровой 3D-модель в физический объект путем последовательного выполнения команд.

Модуль управления – это центральный электронный компонент 3D-принтера, который представляет собой сложную микропроцессорную систему.

Модуль управления 3D принтером представляет собой комплексную систему, состоящую из следующих основных компонентов: Центральный микроконтроллер (чаще всего используют Atmel или ATmega2560), дополнительный микроконтроллер, системы ввода и управления, функциональные возможности (управление движения головки по трем осям, контроль нагревательных элементов и т.д.)

Заключение. Аддитивные технологии представляют собой революционный метод производства, открывающий широкие перспективы для развития различных отраслей промышленности. Благодаря возможности создавать сложные геометрические формы с высокой точностью, 3D-печать становится незаменимым инструментом в медицине, аэрокосмической промышленности, автомобилестроении, ювелирном деле, образовании и архитектуре.

Детальный анализ процесса 3D-печати показал его последовательную структуру, включающую цифровое моделирование, слайсинг и непосредственную печать объекта. Особое значение имеет модуль управления как центральный электронный компонент, обеспечивающий координацию всех процессов и превращающий цифровую модель в физический объект. Микроконтроллер получает переработанный G-код, анализирует последовательность команд. Контроллер управляет шаговыми двигателями для перемещения по 3 осям (X,Y, Z) и задает положение печатающей головки с помощью датчиков.

Список литературы

1. *Аддитивные технологии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://trends.rbc.ru/trends/futurology/6284222d9a79472c8b9a67bc — Дата доступа: 26.03.2025*

2. *ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. [Текст] Москва: ФГУП «Стандартинформ», 2010г. – 85с— Дата доступа: 27.03.2025*

3. *[5] ГОСТ 16019-2001. Аппаратура сухопутной подвижной радиосвязи. Требования по стойкости к воздействию механических и климатических факторов и методы испытаний. [Текст] – Москва: ФГУП «Стандартинформ», 2001г. – 15с— Дата доступа: 27.03.2025*

4. *Принцип работы 3D-принтера [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://3dtool.ru/stati/kak-rabotaet-3d-printer/ — Дата доступа: 28.03.2025*

UDC 681.586

ELECTRONIC CONTROL MODULE FOR 3D PRINTER

Sokolova D. A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

A.A. Kostyukevich – Senior Lecturer at the Department of ETT

Annotation: The article examines the essence and features of additive technologies (3D printing) as an innovative method of creating objects by layer-by-layer addition of materials. The principle of operation of 3D printers that convert digital three-dimensional models into physical objects is described. Special attention is paid to the practical application of this technology in various industries: medicine, aerospace and automotive industries, jewelry, education, architecture and industry. A significant part of the work is devoted to the analysis of the role of the 3D printer control module as a central electronic component that ensures the coordination of all device systems.

Keywords: printer, control module, additive technologies, 3D printing.

УДК 681.522:656.056.4–004.382.6

МИКРОПРОПРОЦЕССОРНЫЙ МОДУЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Миклашевич Е. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Костюкевич А. А. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. Проведен анализ существующих систем управления дорожным движением. Выявлена важность как самой системы, так и ее составных частей. Разработан вариант исполнения микропроцессорного модуля системы управления дорожным движением.

Ключевые слова: автоматизированная система управления дорожным движением, микропроцессор, дорожный контроллер.

Введение. Общая система регулирования светофоров имеет огромное значение для безопасности дорожного движения и регулирования транспортного потока. Микропроцессорный модуль системы управления дорожным движением – устройство для управления дорожным движением путём переключения сигналов светофоров и многопозиционных дорожных знаков, как на локальных пересечениях автомобильных дорог, так и входящих в систему координированного управления дорожным движением [1]. Поэтому постоянное улучшение и разработка новых модулей управления системой светофоров является критически важным для обеспечения эффективной работы транспортной инфраструктуры.

Основная часть. Общая система регулирования светофоров имеет огромное значение для безопасности дорожного движения и регулирования транспортного потока.

Главная задача автоматизированной системы управления дорожным движением (далее АСУДД) заключается в повышении эффективности регулирования дорожного движения на светофорных объектах, в снижении суммарных задержек транспортных средств на пересечениях, а также в росте уровня комфорта и безопасности участников дорожного движения, снижении количества вредных выбросов.

АСУДД «АГАТ» от ОАО «Агат – системы управления» – это система нового поколения, предназначенная для управления движением транспортных и пешеходных потоков в городах.

Отличительные особенности АСУДД «АГАТ» [2]:

– постоянный контроль за параметрами транспортных потоков на улично-дорожной сети города с помощью широкого применения детекторов транспорта всех видов (индуктивных, радиолокационных, инфракрасных, видеодетекторов);

– адаптивное управление дорожным движением по измеренным (или рассчитанным по данным измерений) параметрам транспортных потоков;

– информирование участников движения о рекомендуемой скорости движения на магистрали в соответствии с действующими планами управления;

– информирование участников движения о длительности разрешающего и запрещающего сигнала светофора, о возникновении заторовых (предзаторовых) ситуаций и путях их объезда.

Облачная интеллектуальная система управления дорожным движением (далее ОИСДД) от ОАО «Связьинвест» является следующим этапом развития АСУДД с применением облачных WEB-технологий.

ОИСДД позволяет производить мониторинг и управление дорожным движением в реальном масштабе времени на основе использования глобальных систем позиционирования и навигации, мобильных гаджетов и Интернета в целях повышения

качества и безопасности передвижения транспортных средств, а также минимизации временных и материальных затрат при движении автомобилей по заданным маршрутам.

Система ОИСДД позволяет осуществлять [3]:

– мониторинг периферийных элементов АСУДД с целью повышения эффективности управления транспортными и пешеходными потоками выбранного участка города и возможности оперативного их перераспределения;

– диспетчерское, координированное и адаптивное управление, как отдельными светофорными объектами, так и группами объектов;

– системный контроль состояния оборудования светофорных объектов, режимов их работы, наличия неисправностей и аварийных ситуаций;

– сбор и анализ данных с детекторов транспорта, отображение видео с камер наблюдения;

– визуализацию режимов работы объектов системы.

Микропроцессорный модуль системы управления дорожным движением предназначен для установки в контроллер зонального центра (далее КЗЦ) и дорожный контроллер (далее ДК) в качестве модуля сопряжения с ДК в составе программно-технического комплекса центрального управляющего пункта АСУДД.

КЗЦ реализует такие функции, как обмен информацией между КЗЦ и ДК по стандартному и расширенному протоколу АССУДД, обеспечение до 128-ми линий связи, подключение до 256-ти контроллеров, автономное координированное управление подключенных ДК, автономное переключение планов координаций по времени суток и по дням недели, автоматический перезапуск собственного процессора в сбойных ситуациях. В КЗЦ устанавливаются 8 микропроцессорных модулей, которые обеспечивают непрерывную качественную работу контроллеров.

Важность внедрения таких модулей определяется их способностью обрабатывать большие объемы данных в режиме реального времени, что позволяет создавать адаптивные системы управления светофорами. Одним из существенных преимуществ микропроцессорных модулей является их высокая надежность и способность к самодиагностике. Поэтому был разработан вариант схемотехнического решения микропроцессорного модуля, отвечающий требованиям, предъявленным к устройствам такого типа (рисунок 1).

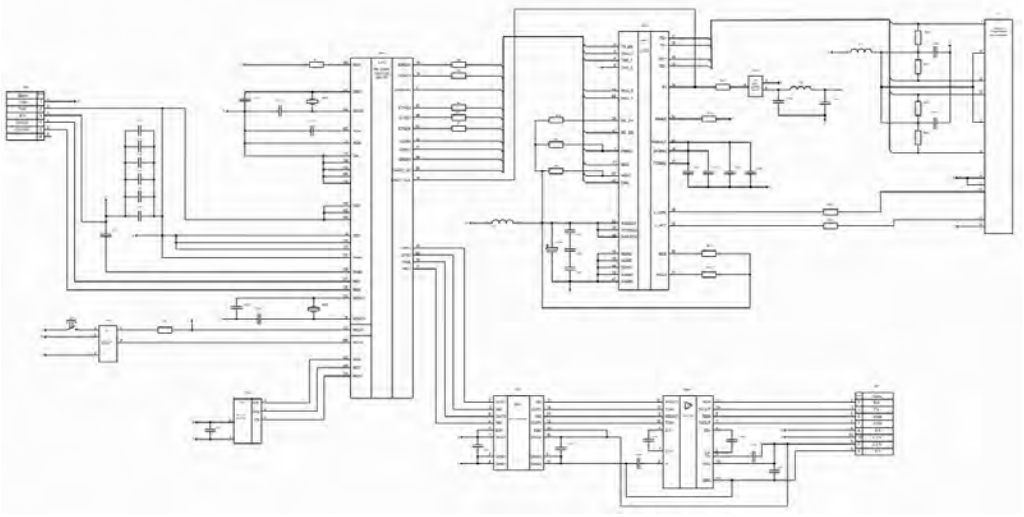


Рисунок 1 – Вариант исполнения микропроцессорного модуля системы управления дорожным движением

Модуль содержит микропроцессоры, которые обеспечивают его непрерывную точную работу.

PIC32MX795F512L – это 32-разрядный высокопроизводительный RISC процессор с ядром MIPS32 M4K с 5-ступенчатым конвейером. Два набора по 32 регистровых файла (32-разрядных) с непосредственным доступом уменьшают время отклика на прерывания. Модуль Cache-памяти с механизмом предсказания служит для ускорения выполнения программы из Flash-памяти. Микроконтроллер имеет расширенный набор периферийных устройств, которые реализуют практически все известные протоколы обмена данными, использующимися в микроконтроллерных устройствах [4].

DP83848IVV/NOPB – это приемопередатчик 10/100 Мбит Ethernet PHY с интерфейсом SNI и поддержкой JTAG. Этот микропроцессор – это многофункциональное и надежное устройство, которое соответствует стандартам IEEE 802.3 в различных температурных диапазонах, от обычных до экстремальных. Оно обеспечивает повышенную защиту от электростатического разряда и возможность выбора интерфейса MII или RMII для максимальной гибкости в выборе MPU [5].

Перспективы развития транспортных систем также тесно связаны с использованием микропроцессорных модулей. Они создают необходимую техническую базу для внедрения будущих технологий умного транспорта, включая поддержку автономных транспортных средств и систем электромобилей.

Заключение. Выполнен анализ существующих автоматизированных систем управления дорожным движением и рассмотрена структура взаимодействия составных частей таких систем. Предложен вариант исполнения микропроцессорного модуля системы управления дорожным движением.

Таким образом, внедрение микропроцессорных модулей в систему управления светофорами является не просто техническим обновлением, а необходимым шагом для создания современной, эффективной и безопасной транспортной инфраструктуры, способной адаптироваться к растущим потребностям городского движения и поддерживать развитие интеллектуальных транспортных систем будущего.

Список литературы

1. *Сушко А.А. Технические средства организации дорожного движения как индикатор смены парадигм в организации дорожного движения. В сб. Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования. Орловский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации имени В.В. Лукъянова Номер: 1 (1), 2018 – стр. 415–420 .*

2. *АСУДД «АГАТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://agat.by/katalog/asudd-agat/.*

3. *ОИСУДД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://si.by/katalog/avtomatizirovannye-sistemy-upravleniya-dorozhnym-dvizheniem/avtomatizirovannye-sistemy-upravleniya-dorozhnym-dvizheniem/2023/03/02/oblachnaya-intellektualnaya-sistema-upravleniya-dorozhnyim-dvizheniem.*

4. *PIC32MX795F512L - микроконтроллер с расширенной периферией [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.radioradar.net/news/electronics_news/pic32mx795f512l.html.*

5. *DP83848IVV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://el.avrora-arm.ru/produkcziya/elektronnyie-radiokomponentyi/texas-instruments/telekommunikaczionnyie-interfejsyi/dp83848ivv/nopb,-priemoperedatchik-10/100-mbit-ethernet-phy-s-interfejsom-sni-i-podderzhkoj-jtag.html.*

UDC 681.522:656.056.4–004.382.6

A MICROPROCESSOR MODULE OF THE TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM

Miklashevich E. A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kostukevich A. A. – Senior Lecturer at the Department of ETT

Annotation. The analysis of existing traffic management systems is carried out. The importance of both the system itself and its components is revealed. A variant of the microprocessor module of the traffic management system has been developed.

Keywords: automated traffic management system, microprocessor, traffic light controller.

УДК 62.519

МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Павлова А.А.

Белорусский Государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лушакова М.С. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. Представлена разработка энергоэффективного модуля управления асинхронными двигателями для очистных сооружений, интегрированного в промышленные системы автоматизации. В основе – использование датчиков давления, уровня и температуры для адаптивного регулирования скорости насосов и вентиляторов, что снижает энергопотребление на 20–40%.

Ключевые слова: управление асинхронным двигателем, очистные сооружения, энергоэффективность, MQTT, датчики давления, уровня и температуры, системы автоматизации, I2C, UART, IoT-платформы с поддержкой MQTT.

Введение. Совершенствование и модернизация функционирования очистных систем используя современные решения является важной и необходимой задачей. Целью разработки является создание энергоэффективного модуля управления асинхронными двигателями для очистных сооружений, основанного на современных технологиях промышленной автоматизации. Основная задача – проектирование системы, которая автоматически регулирует работу насосов, вентиляторов и мешалок в зависимости от технологических параметров (уровень стоков, давление, температура среды) и интегрируется с промышленными SCADA-системами и IoT-платформами.

Основная часть. Асинхронные двигатели (АД) широко применяются в составе электроприводов насосов, вентиляторов и мешалок на очистных сооружениях, где их надежность и простота конструкции делают их незаменимыми. Автоматизация управления этими двигателями с использованием современных технологий обеспечивает значительные преимущества. Во-первых, повышается энергоэффективность за счет адаптивного регулирования скорости и момента двигателей, что позволяет снизить энергопотребление на 20-40%. Например, при уменьшении уровня сточных вод система автоматически снижает частоту вращения насоса, сокращая расход электроэнергии без потери производительности. Во-вторых, повышается надежность оборудования благодаря непрерывному мониторингу ключевых параметров, таких как ток, напряжение и температура, что предотвращает перегрузки и перегрев. В-третьих, интеграция модуля с промышленными системами автоматизации через протоколы Modbus, Profinet и MQTT обеспечивает удаленное управление и анализ данных в реальном времени, что соответствует требованиям современных SCADA-систем и облачных IoT-платформ.

Техническая реализация модуля управления включает несколько ключевых компонентов. Структурная схема устройства, представленная на рисунке 1, демонстрирует взаимодействие всех компонентов системы, включая силовые цепи, управляющую электронику и интерфейсы связи. Силовая часть построена на базе IGBT-инвертора, который преобразует напряжение промышленной сети в трехфазное переменное с регулируемой частотой в диапазоне 5-100 Гц, что позволяет гибко настраивать режимы работы двигателей. Управляющая часть основана на микроконтроллере (STM32F4 или TI C2000), реализующем алгоритмы векторного управления и ПИД-регуляторы для точного поддержания заданных параметров. Для сбора данных используются датчики тока, давления и уровня, передающие информацию в режиме реального времени. Интерфейсы связи, такие как Ethernet и Wi-Fi, обеспечивают интеграцию модуля с промышленными сетями и MQTT-брокерами, что позволяет синхронизировать его работу с облачными сервисами и системами предиктивной аналитики.

Модуль предназначен для монтажа в стандартные шкафы управления и совместим с большинством промышленных асинхронных двигателей мощностью до 75 кВт. Его подключение к существующей инфраструктуре очистных сооружений не требует значительных изменений, что упрощает внедрение. Например, система автоматически увеличивает скорость аэрационных вентиляторов при снижении уровня кислорода в аэротенках или регулирует производительность насосов в зависимости от давления в трубопроводах.

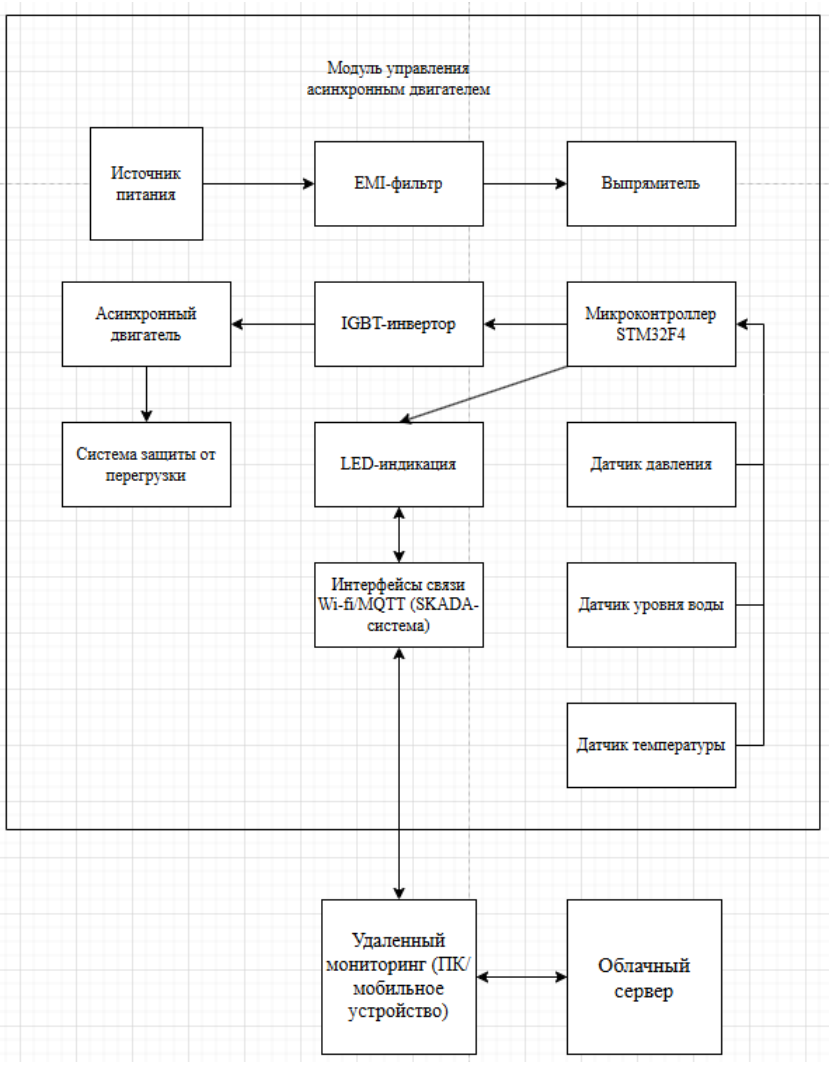


Рисунок 1 – Структурная схема блока автоматической координации

Проведенный анализ существующих решений показал, что современные методы управления АД можно разделить на две категории: базовые частотные преобразователи (ЧРП) с ограниченной функциональностью и комплексные системы, интегрированные в АСУ ТП с поддержкой предиктивной аналитики. Однако эти решения имеют ряд недостатков. Продвинутые ЧРП, такие как Siemens Sinamics или ABB ACS880, отличаются высокой стоимостью, что делает их малодоступными для мелкосерийных проектов. Кроме того, их настройка под специфические условия очистных сооружений, такие как динамические нагрузки или работа в агрессивных средах, требует значительных временных и финансовых затрат. Еще одной проблемой является ограниченная совместимость многих промышленных решений с IoT-платформами, что затрудняет их интеграцию в современные цифровые экосистемы.

Разрабатываемый модуль управления устраняет эти недостатки за счет оптимизированной элементной базы, которая снижает себестоимость производства на 30-50% по сравнению с аналогами. Гибкие алгоритмы управления, включая адаптацию к переменным нагрузкам (например, засорам или изменениям вязкости стоков), обеспечивают стабильную работу оборудования в нестандартных условиях. Использование открытых протоколов связи, таких как Modbus и MQTT, гарантирует совместимость модуля с популярными SCADA-системами и облачными сервисами, что упрощает масштабирование и интеграцию в существующие инфраструктуры.

Тестирование модуля на имитационных стендах подтвердило его эффективность: энергопотребление оборудования снизилось на 25%, а надежность работы повысилась за счет автоматического предотвращения аварийных режимов. Таким образом, разработка направлена на создание доступного, надежного и адаптивного решения, соответствующего требованиям современных очистных сооружений.

Заключение. Разработка энергоэффективного модуля управления асинхронными двигателями для очистных сооружений является ключевым шагом в модернизации промышленной автоматизации. Модуль ориентирован на применение в насосных станциях, аэрационных системах и мешалках, где его внедрение обеспечит не только сокращение эксплуатационных затрат, но и соответствие экологическим стандартам (ISO, ГОСТ). Благодаря компактной конструкции, совместимости с промышленными двигателями и поддержке удаленного мониторинга, решение может быть масштабировано для других энергоемких объектов, таких как водоканалы, ТЭЦ или химические производства.

Список литературы

1. *Энергоэффективное управление асинхронными двигателями в системах водоподготовки [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://rep.bsatu.by/bitstream/doc/17399/1/ehnergoehffektivnyj-chastotno-reguliruemyj-asinhronnyj-ehlektroprivod-v-selskom-hozyajstve.pdf*

2. *I2C and UART Protocols [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elcomp.ru/articles/protokoly-i2c-i-uart*

3. *Применение MQTT в промышленной автоматизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/advantech/articles/490346/*

4. *ГОСТ Р 54130-2010: Энергоэффективность в системах автоматизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144205/*

UDC 62.519

DEVELOPMENT OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR CONTROL MODULE

Pavlova A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Lushakova M.S. – Senior Lecturer at the Department of ETT

Annotation. The development of an energy-efficient asynchronous motor control module for wastewater treatment plants integrated into industrial automation systems is presented. It is based on the use of pressure, level and temperature sensors for adaptive speed control of pumps and fans, which reduces energy consumption by 20-40%.

Keywords: asynchronous motor control, wastewater treatment plants, energy efficiency, MQTT, pressure/level/temperature sensors, automation systems, I2C, UART, IoT platforms with MQTT support.

УДК 548.736.5

СИНТЕЗ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ Cu_2COSNS_4 И ИХ СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА

Лоско Е.В., Мизеркин Н.П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Хорошко В.В. – канд. техн.наук, доцент, зав. кафедрой ПИКС

Аннотация. Поликристаллы Cu2CoSnS4 синтезированы однотемпературным методом в вертикальной печи. Полученные результаты рентгенофазового анализа показали, что соединение имеет тетрагональную структуру (станнит) с параметрами элементарной ячейки a = 5,397 ± 0,005 Å, c = 10,790 ± 0,005 Å.

Ключевые слова. Однотемпературный метод, поликристаллы, кристаллическая структура, рентгенофазовый анализ.

Введение. Четверные полупроводниковые материалы на основе сложных сульфидных соединений привлекают внимание благодаря своим перспективным свойствам термоэлектрическим [1]; фотокаталитическим [2], оптическим [1,2]. В частности, Cu_2CoSnS_4 представляет особый интерес как потенциальный материал для фотовольтаики и термоэлектрических устройств благодаря его оптимальной ширине запрещенной зоны (1,2-1,8 эВ), высокой химической стабильности и экологической безопасности.

Интерес к Cu_2CoSnS_4 обусловлен его возможностью замены редкоземельных и токсичных элементов, что делает его перспективным кандидатом для применения в тонкопленочных солнечных элементах и термоэлектрических преобразователях. Кроме того, варьирование состава и условий синтеза позволяет целенаправленно изменять свойства материала, адаптируя его к различным технологическим приложениям. Данное соединение имеет тетерагональную структуру (пространственная группа I42m).

В данной работе рассмотрен процесс синтеза поликристаллов Cu_2CoSnS_4 однотемпературным методом, а также проведен рентгенофазовый анализ полученного материала с целью определения его кристаллической структуры и параметров элементарной ячейки.

Основная часть. Объемные кристаллы Cu_2CoSnS_4 синтезировали однотемпературным методом в вертикальной печи. Данный метод обеспечивает чистоту получаемого соединения и отсутствие потерь исходных компонентов. Исходными материалами являлись медь, кобальт, олово и сера с чистотой 99,998%. Компоненты, взятые с элементарным соотношением 2:1:1:4, загружали в кварцевую ампулу, которую перед этим подвергали химико-термической обработке. Такая ампула идеально подходит для экспериментов, так как у кварца высокая температура плавления и он не реагирует с загружаемыми компонентами.

После того как компоненты загрузили, ампулу вакуумировали до остаточного давления 10^{-3} Па. После этого ее помещали в другую кварцевую ампулу, большего диаметра, которую также вакуумировали до остаточного давления. Это необходимо для того, чтобы при нарушении целостности внутренней ампулы, получаемое вещество не окислялось. К наружной ампуле присоединялся кварцевый шток, который в свою очередь присоединялся к устройству для вибрационного перемешивания.

В начале температуру в печи повышали до 848К за 3 часа. При данной температуре проводилась изотермическая выдержка в течении 10 часов. Затем температура повышалась до 1023 К в течение 15 часов, после температура еще повышалась до 1123 К за 10 часов. Затем в течении 12 часов, температура повышалась до 1223К и за этим следовала выдержка в течении 6 часов. После этого следовало плавное охлаждение до 773 К в течение 14 часов.

Окончательное охлаждение до комнатной температуры происходило самопроизвольно при выключенной печи [3].

На рисунке 1 показана термограмма синтеза соединения.

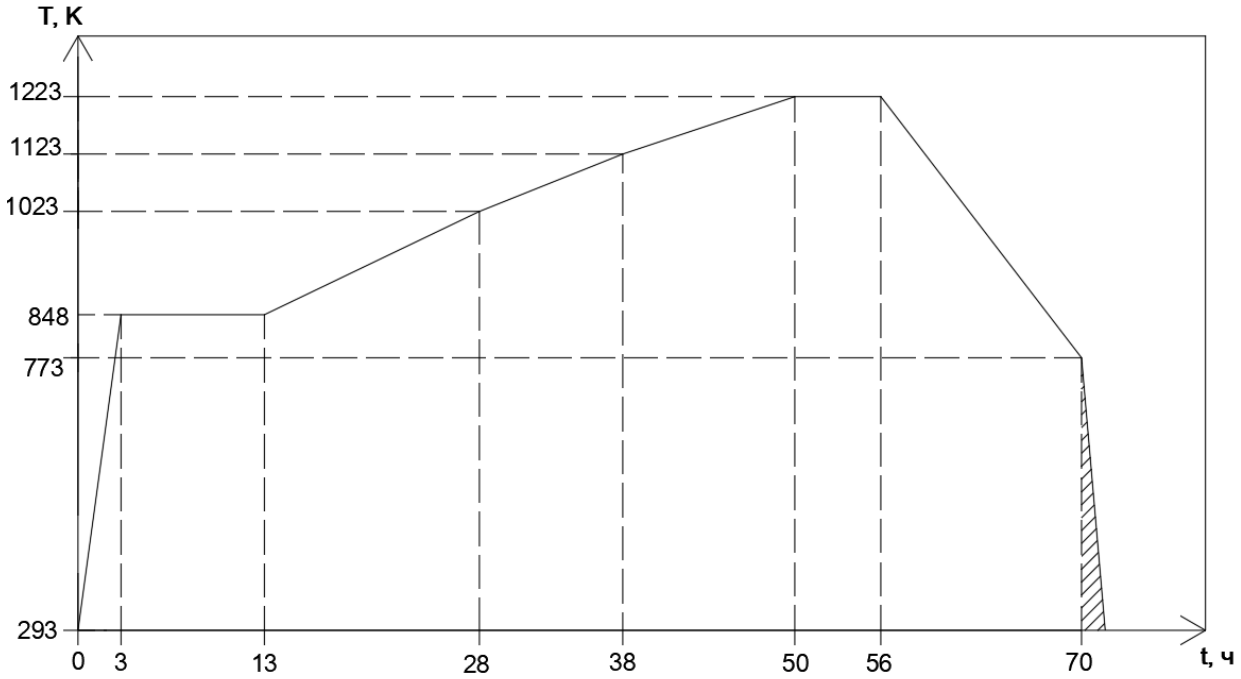


Рисунок 1 – Термограмма синтеза Cu_2CoSnS_4

Структура и параметры элементарной ячейки кристаллов были измерены рентгеновским методом. Угловые положения линий дифракционного спектра записывали на рентгеновском аппарате ДРОН-3М в CuK_α – излучении с графитовым монохроматором.

Дифрактограмма, углы отражения (2θ), межплоскостные расстояния (d), индексы Миллера (h, k, l) и относительные интенсивности рефлексов (I/I0) для Cu_2CoSnS_4 представлены на рисунке 2 и таблице 1.

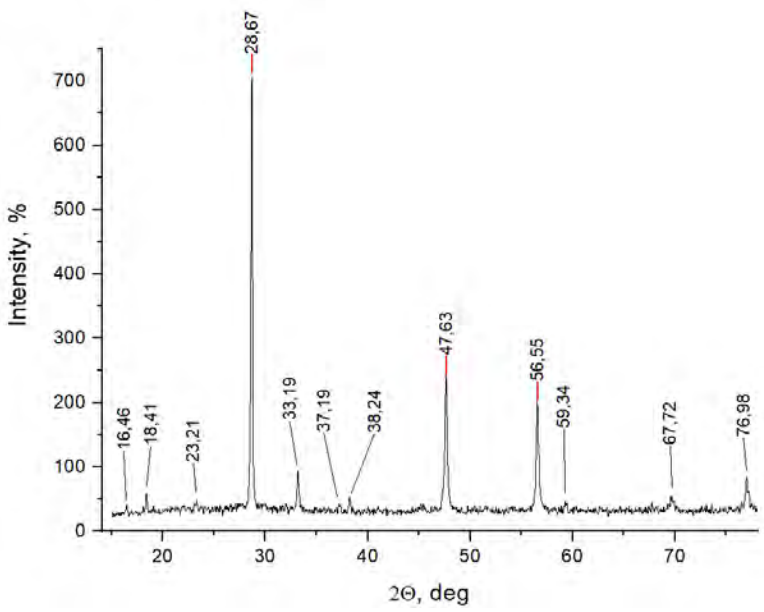


Рисунок 2 – Дифрактограмма кристаллов Cu_2CoSnS_4

Таблица 1 – Результаты рентгеновского анализа кристаллов Cu_2CoSnS_4

2θ, град	**d, Å**	**h, k, l**	**I/I_0, %**
16,46	5,38440	002	1,77
18,41	4,82000	101	3,8
23,21	3,83200	110	1,1
28,67	3,23769	112	100
33,19	3,11200	200	8,0
37,19	2,69870	202	1,3
38,24	2,41710	211	3,0
47,63	2,35370	204	32,0
56,55	1,99880	312	24,5
59,34	1,90830	224	1,3
69,72	1,77382	008	2,0
76,98	1,62780	316	6,7

На дифрактограмме (рисунок 2) видно, что ярко выраженные пики расположены на значениях 2θ = 28,67º; 47,63º; 56,55º.

По полученным значениям углов дифракции были рассчитаны межплоскостные расстояния *d*, которые были рассчитаны при помощи уравнения Брэгга-Вульфа [5]

$$n\lambda = 2dsin\theta, \quad (1)$$

где d – межплоскостное расстояние,

θ – угол падения рентгеновских лучей,

λ – длина волны рентгеновского излучения,

n – порядок максимума.

При известном межплоскостном расстоянии можно рассчитать параметры элементарной ячейки с использованием формулы (2) для тетрагональной системы:

$$\left(\frac{1}{d_{hkl}}\right)^2 = \frac{h^2 + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2} \quad (2)$$

где d_{hkl} – межплоскостное расстояние,

h, k. l – индексы Миллера,

a, c – параметры элементарной ячейки.

Полученные значения параметров элементарной ячейки: a = 5,397 ± 0,005 Å, c = 10,790 ± 0,005 Å хорошо согласуются со стандартной картой Cu_2CoSnS_4 (JCPDS card №: 00-026-0513) [2].

Параметры соединения отлично совпадают с результатами других авторов. В таблице 2 приведеное сравнение параметров элементарной ячейки других авторов.

Таблица 2 – Сравнение параметров элементарной ячейки Cu_2CoSnS_4

a, Å	c, Å
5,397 ± 0,005 (экспериментальные данные)	10,790 ± 0,005 (экспериментальные данные)
5,39 [1]	10,81 [1]
5,39 [2]	10,79 [2]
5,40 [3]	10,81 [3]
5,39 [4]	10,80 [4]

Заключение. В ходе исследования был проведен синтез однотемпературным методом поликристалла Cu_2CoSnS_4. Рентгенофазовый анализ подтвердил соответствие полученных образцов тетрагональной структуре (станнит) с пространственной группой I-42m. Полученные параметры элементарной ячейки (a = 5,397 ± 0,005 Å, c = 10,790 ± 0,005 Å) хорошо согласуются с литературными данными и стандартной картой JCPDS. Анализ дифрактограммы показал, что материал получился высокой чистоты без формирования значительного количества вторичных фаз, что говорит о высокой степени однородности полученного соединения. В дальнейшем будут проводится измерения физико-химических и физических свойства данного соединения.

Список литературы

1. *Synthesis and characterization of chemically sprayed CU2COSNS4 thin films / M. A. AHMED, N. A. BAKR, A. A. KAMIL // Chalcogenide Letters, 2019 – P. 231-239*

2. *Synthesis, Growth and Characterization of Cu2CoSnS4 Thin Films via Thermal Evaporation Method / H. Hammami, M. Marzougui, H. Oueslati, M. Ben Rabeh and M. Kanzaria,// Optic*

3 . *LATTICE PARAMETER VALUES AND PHASE TRANSITIONS FOR THE Cu2-II-IV-S4(Se4) (II=Mn, Fe, Co; IV=Si, Ge, Sn) MAGNETIC SEMICONDUCTOR COMPOUNDS / Miguel Quintero [et al.] // Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, 2013 – P. 28-38.*

4. *Crystal structures of the compounds Cu2CoSi(Ge,Sn)S4 and Cu2CoGe(Sn)Se4 / L.D. Gulay , O.P. Nazarchuk , I.D. Olekseyuk // Journal of Alloys and Compounds, 2004 – P. 306-311.*

5. *Marek S. Wartak, Ching-Yao Fong. Field guide to solid state physics / Marek S. Wartak, Ching-Yao Fong; Bellingham, Washington: SPIE, 2019. – P.105*

UDC 548.736.5

SYNTHESIS OF CU_2COSNS_4 POLYCRYSTALS AND THEIR STRUCTURAL PROPERTIES

E.V. Losko, N.P. Mizerkin

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Khoroshko V.V., Cand. of Sci., Associate Professor, Chair the department of ICSD

Annotation. Cu2CoSnS4 polycrystals were synthesized by a one-temperature method in a vertical furnace. The obtained results of X-ray phase analysis showed that the compound has a tetragonal structure (stannite) with unit cell parameters a = 5,397 ± 0,005 Å, c = 10,790 ± 0,005 Å.

Keywords. Single-temperature method, polycrystals, crystalline structure, X-Ray Diffraction.

УДК 621.398

МОДУЛЬ ЭЛЕКТРОННОГО ЛИФТОВОГО ТАБЛО

Винник К.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Денскевич А.Д. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. Разработан модуль электронного лифтового табло, служащего для визуальной и звуковой индикации состояния лифта в кабине лифта и получающего данные от внешней лифтовой станции. Описано устройство светодиодной матрицы, служащей для вывода графической информации.

Ключевые слова: электронный модуль, табло индикации, светодиодная матрица.

Введение. Повсеместное использование лифтовой техники приводит к тому, что для простоты пользования лифтом требуется обеспечить наглядную индикацию состояния лифта для его пользователей. Достаточно давно в лифтах для указания текущего положения и направления движения кабины используют различные светодиодные индикаторы, выполненные, в основном, на основе семисегментных индикаторов.

В данной работе описывается устройство разрабатываемого модуля лифтового табло, который для отображения визуальной информации вместо морально устаревших семисегментных индикаторов использует светодиодную матрицу.

Основная часть. Главной задачей любого устройства вывода информации является обеспечение простоты восприятия выводимой информации. Для достижения этой цели широко применяются семисегментные индикаторы, способные выводить номер текущего этажа, и специальные индикаторы направления движения, выполненные в виде отдельных светодиодных элементов. Однако такой вид индикации серьезно устарел, поскольку не позволяет в полной мере отображать текст, а также для работы семисегментных индикаторов требуются дополнительные микросхемы-дешифраторы.

Решением этих проблем служит использование светодиодной матрицы, выполненной из отдельных адресных светодиодов. Адресные светодиоды не требуют внешних устройств для работы, т.к. имеют в своем составе небольшую микросхему управления. Это значит, что светодиодные модули возможно подключать напрямую к микроконтроллеру. Другим преимуществом такой конструкции табло является возможность точного подбора ряда параметров: количество строк и столбцов светодиодной матрицы, шаг между светодиодами и общие размеры матрицы.

В проектируемом модуле лифтового табло для создания матрицы используются светодиодные модули WS2812B-Mini. Данные модули объединяют в себе микросхему управления и RGB-светодиод с глубиной цвета 24 бит, что дает 16,7 миллионов цветов. Для создания матрицы данные модули соединяются последовательно друг за другом, как показано на рисунке 1 [1].

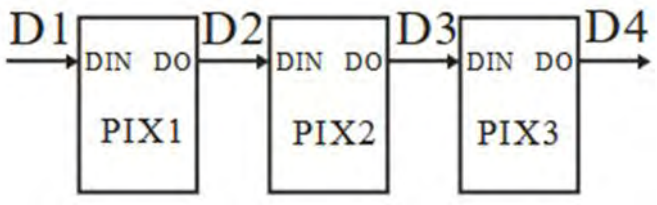


Рисунок 1 – Схема соединения светодиодных модулей WS2812B-Mini в каскад

Как можно понять из схемы, при последовательном соединении светодиодов сигнал подается только на вход DIN первого модуля, после чего модуль через выход DOUT отправляет сигнал следующему. При этом каждый светодиодный модуль обрабатывает полученную информацию следующим образом. Первый в линии светодиод принимает от микроконтроллера информацию, после чего собирает первые 24 бит сообщения, предназначенные для него. Оставшуюся часть данных модуль преобразует во внутреннем усилителе и отправляет следующему светодиоду. Схематично процесс передачи данных изображен на рисунке 2 [1].

Рисунок 2 – Схема передачи данных в каскаде модулей WS2812B-Mini

Следует отметить, что для передачи данных модуль использует собственный протокол, основанный на соотношении времен активации верхнего и нижнего уровней напряжения в одном импульсе, как показано на рисунке 3. В случае, если больше половины времени импульса занимает верхний уровень, модуль принимает логическую «1». Если же верхний уровень занимает меньше половины импульса – это логический «0». Если на протяжении времени T_{RESET}, которое для данного модуля не меньше 280 мкс, поступает низкий уровень напряжения, происходит перезагрузка светодиодного модуля [1].

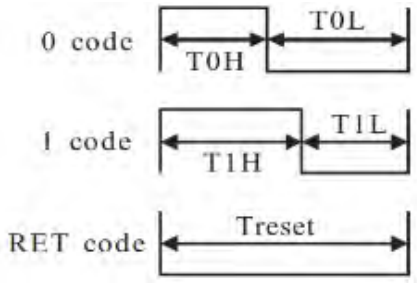


Рисунок 3 – Диаграмма сигналов WS2812B-Mini

Несколько соединенных последовательно светодиодных модулей образуют строку, для создания матрицы требуется объединить несколько строк. Данные проектируемый модуль имеет 8 строк по 18 светодиодов, причем каждая строка подключается к отдельному выводу микроконтроллера, что значительно повышает скорость работы матрицы. Однако возможно и последовательное соединение всех строк в одну цепь в случае, если количество выводов микроконтроллера ограничено.

Для управления светодиодной матрицей применяется микроконтроллер STM32F407VET6. Ключевыми особенностями микроконтроллера являются тактовая

частота процессора 168 МГц, чего достаточно для обработки графической информации и ее вывода на матрицу, и встроенный ЦАП для подключения звукового проигрывателя [2].

Кроме графической информации модуль способен воспроизводить звуковые оповещения. Для проигрывания звуковых сообщений применяется зуммер, однако в некоторых ситуациях (например, большие пассажирские лифты с высоким пассажирооборотом) его громкости может быть недостаточно. Поэтому в модуле предусмотрен разъем подключения внешних динамиков. Источник звука подключается к микроконтроллеру через аудиоусилитель.

Модуль лифтового табло получает данные от внешней лифтовой станции, для чего на модуле имеется разъем подключения интерфейсов RS-485 и CAN. За прием сигнала по RS-485 и CAN отвечают приемопередатчики MAX3051 и MAX3362 соответственно. Оба приемопередатчика используют для передачи данных дифференциальный сигнал с диапазоном напряжений -7…+12 В, что позволяет использовать для двух интерфейсов один разъем [3, 4].

Все компоненты модуля имеют напряжение питания 3,3 В, в то время как бортовая система питания лифта может обеспечить 24 В постоянного напряжения. Поэтому модуль имеет встроенный источник напряжения на базе микросхемы импульсного DC-DC преобразователя XL7005.

Дополнительно модуль имеет органы управления в виде нескольких кнопок и DIP-переключателей, предназначенных для настройки режимов работы, разъем программирования микроконтроллера и разъем micro-SD для хранения звуковых файлов и обновления с нее прошивки.

Заключение. В ходе работы была описана структура модуля электронного лифтового табло. Особое внимание было уделено устройству светодиодной матрицы, являющейся отличительным признаком проектируемого модуля. Стоит отметить, что модуль лифтового табло обеспечивает универсальность применения за счет использования распространенных протоколов передачи данных и простоту установки в кабине лифта благодаря распаянной на плате модуля светодиодной матрице.

Список литературы

1. *Intelligent Control LED Light Source Worldsemi WS2812B-Mini [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.tme.eu/Document/01c0100fee68667af99767edc3a7fee2/WS2812B-MINI.pdf. – Дата доступа: 28.03.2025.*

2. *STM32F407/417 Microcontrollers [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f407-417.html. – Дата доступа: 28.03.2025.*

3. *+3.3V, 1Mbps, Low-Supply-Current CAN Transceiver MAX3051 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://datasheets.diptrace.com/maxim/MAX3051.pdf. – Дата доступа: 28.03.2025.*

4. *+3.3V, High-Speed, RS-485/RS-422 Transceiver MAX3362 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://static.chipdip.ru/lib/211/DOC012211549.pdf. – Дата доступа: 28.03.2025.*

UDC 621.398

MODULE OF ELECTRONIC ELEVATOR PANEL

Vinnik K.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Denskevich A.D. – Assistant of the department of ETT

Annotation: An electronic elevator panel module has been developed, serving for visual and sound indication of the elevator's status inside the cabin and receiving data from an external elevator station. The structure of the LED matrix used for displaying graphical information is described.

Keywords: electronic module, indication panel, LED matrix.

УДК 612.741.16: 616.742.7

МЕТОДИКА СИНХРОННОЙ РЕГИСТРАЦИИ И ФИЛЬТРАЦИИ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВЫХ МЫШЦ И ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ДВИЖЕНИИ ВИСОЧНО-НИЖЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА

Панкевич Р.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Самуйлов И.В. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. В работе представлена методика синхронной регистрации электромиограмм (ЭМГ) жевательных мышц и аудиосигналов височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) с использованием маркерных импульсов. Описаны этапы фильтрации ЭКГ-артефактов из ЭМГ-сигналов полосовым фильтром Баттерворта (20–450 Гц) и анализ пиковой активности мышц. Результаты подтвердили эффективность синхронизации (погрешность ≤0.05 с) и снижение уровня шумов на 78%. Методика рекомендована для клинической диагностики дисфункций ВНЧС.

Ключевые слова: височно-нижнечелюстной сустав, жевательные мышцы, электромиография.

Синхронная регистрация ЭМГ и аудиосигналов ВНЧС позволяет оценить взаимосвязь мышечной активности и суставных шумов. Это позволяет диагностировать болезни ВНЧС быстро и точно, без применения дорогостоящего оборудования такого как КТ или МРТ. Дешевизна и простота метода выгодно отличает его на фоне других диагностических процедур в этой области.

Для анализа использовались электронейромиограф «Нейро-МВП-4» (частота дискретизации 2000 Гц) и электронный стетоскоп Littmann® Model 3200.

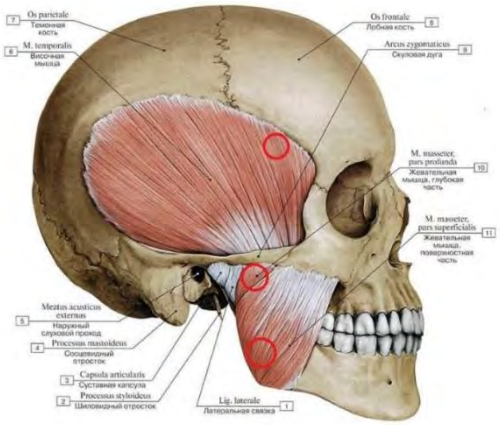


Рисунок 1 – Закрепление датчиков миографа относительно мышц

Методика синхронной регистрации ЭМГ описана ниже.

1 Подготовка пациента к снятию данных, а именно занятие им сидячего положения с последующим ожиданием времени для релаксации мышц.

2 Подготовка аппаратуры к снятию данных. Нанесение геля на электроды, очистка спиртовой салфеткой головки стетоскопа, выбор программ записи.

3 Установка и калибровка электродов, как на рисунке 1 подбор прослушиванием места установки стетоскопа на сустав.

4 Оговаривание с пациентом алгоритма действий, направление движения челюсти, его самочувствие на момент записи, выполнение маркерных смыканий челюсти по команде.

5 Запись данных электромиограмм синхронно с аудиограммой и дефектовка некорректных записей, где могли быть замечены артефакты ввиду движений пациента, плохого сигнала, работы сторонней аппаратуры дающей помехи и т.д. Запись начинается после голосовой команды врача «Старт», синхронной с началом записи на аппаратуре, после чего пациент делает два маркерных импульса и приступает к выполнению исследуемого движения челюсти в оговоренном ранее направлении.

6 Сохранение данных для последующей обработки и анализа, очистка аппаратуры от отработанного геля.

Ввиду специфики снятия электромиограмм совместно с звуковыми сигналами для исключения ошибок во время записи следует учесть несколько факторов, влияющих на ее качество:

1 Пациент должен находиться в состоянии покоя, минимально двигаться, и четко следовать инструкциям врача.

2 Желательно исключить все механические воздействия на электроды миографа и головку стетоскопа, такие как вибрации стула, задевание проводов и т.д.

3 Предусмотреть помещение, свободное от аппаратуры, создающей вибрацию по основанию, такие как компрессора, насосы и др, так как это будет давать помехи на записи, схожие с тремором мышц

4 По возможности ограничить воздействие электромагнитного излучения рядом, т.к. исходящие от аппаратуры волны так же могут давать «наводку» на электроды и провода на миографе

5 Во время записи должна сохраняться тишина, т.к. посторонние звуки могут повлиять на аудиограмму и дальнейший ее анализ и соотношение с электромиограммой.

Синхронизация сигналов — достигнута за счет маркерных импульсов, создаваемых двукратным смыканием зубов. Это обеспечило временное совпадение данных с погрешностью ≤0.05 с (рис. 2).

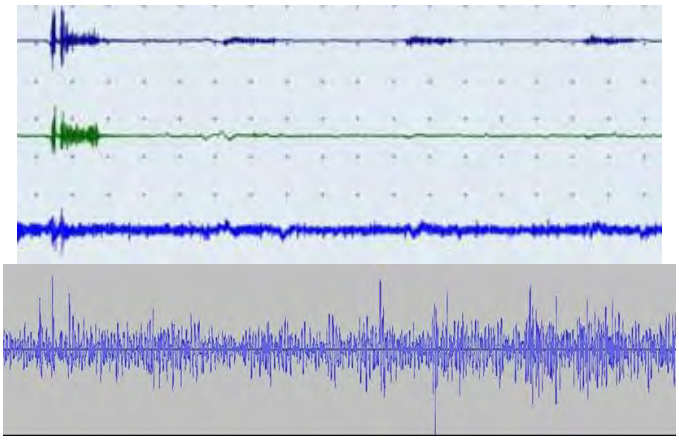


Рисунок 2 – Синхронизация ЭМГ и аудиосигналов маркерными импульсами

После регистрации данных для более подробного анализа происходит их фильтрация, с целью исключения артефактов и шумов, возможных при записи и обнаруженных в процессе анализа. Далее рассмотрена методика фильтрации артефакта наложения сигнала ЭКГ на электромиограмму с дальнейшей фильтрацией от шумов

Фильтрация ЭКГ-артефактов — применен полосовой фильтр Баттерворта 4-го порядка (20–450 Гц), что снизило уровень помех на 78% (рис. 3). Фильтр Баттерворта выбран после череды итераций и проб с другими фильтрами, именно представленный фильтр наиболее точно и эффективно справился с задачей за время разрабатывания методики фильтрации и обработки. Фильтрация выполняется в среде MATLAB путем прямого экспорта данных из программного обеспечений электронейромиографа.

Фильтр настроен на выбранную длину записи и автоматически подстраивает амплитудные характеристики для каждой записи, так он достигает максимальной точности в обработке данных. Аудиограммы обрабатываются в среде Audacity, которая позволяет извлечь амплитудно-временные показатели из формата MP3 и переносятся с среду MATLAB для дальнейшей синхронизации.

В ходе работы получены такие результаты как: пиковая активность жевательных мышц коррелирует с амплитудой аудиосигналов ВНЧС (R=0.89), фильтрация повысила точность выделения пиков на 42% (алгоритм findpeaks MATLAB).

Методика апробирована на 25 пациентах. Пример обработанного сигнала ЭМГ представлен на рисунке 2.

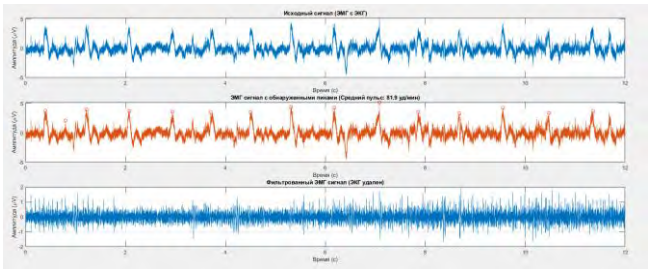


Рисунок 3 – ЭМГ-сигнал до и после фильтрации

Результаты фильтрации, представленные на рисунке 2, демонстрируют значительное снижение шумов и артефактов, что подтверждается данными таблицы 1. Уровень цикла после обработки уменьшился с 12.5±1.3 мкВ до 8.9 мкВ, что свидетельствует о повышении стабильности сигнала. Улучшение точности выделения пиков на 42% коррелирует с устранением высокочастотных помех, что особенно важно для анализа ЭМГ-активности жевательных мышц.

Алгоритм успешно идентифицировал артефакты, связанные с пульсом пациента, которые возникали из-за наложения сердечных колебаний на миографический сигнал. Это позволило исключить ложные пики и повысить достоверность данных. Сравнение с методами, описанными в работах [1] и [3], подтверждает эффективность применённого подхода: комбинация адаптивной фильтрации и анализа временных характеристик обеспечила более точное разделение физиологических и артефактных компонентов.

Так же алгоритм при отсутствии пиков сглаживает шумы сети (50Гц) и иные шумы, не убирая паталогии мышц, такие как тремор. Это позволяет более точно определять состояние мышц, их перенапряжение, щелчки в суставах, исключая возможность появления артефакта ввиду некорректной записи.

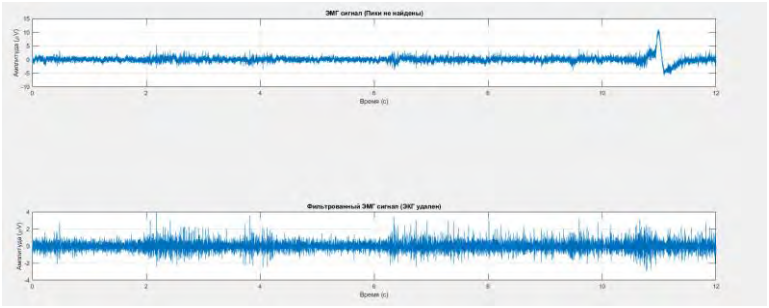


Рисунок 4 – ЭМГ-сигнал с артефактом в виде передвижения электрода во время записи

Как видно из рисунка 4 алгоритм фильтрации удалил некорректные данные из-за непреднамеренного движения электрода под конец записи, что позволило уменьшить общую амплитуду сигнала и более точно оценить состояние ВНЧС у пациента. Полученные

результаты имеют практическое значение для клинических исследований, где точность обработки ЭМГ критична для диагностики нейромышечных нарушений.

Таблица 1 – Сравнение параметров до и после фильтрации

Параметр	До фильтрации	После фильтрации
Уровень шума (мкВ)	12.5 ± 1.3	2.7 ± 0.4
Точность пиков (%)	58	83

Исследование подтвердило эффективность методики фильтрации ЭМГ-сигналов: уровень цикла снизился с 12.5±1.3 мкВ до 8.9 мкВ, точность выделения пиков повысилась на 42%. Алгоритм устранил высокочастотные помехи и артефакты (включая пульс), улучшив достоверность данных. Важным аспектом работы стала адаптация комбинированного подхода, объединяющего методы временного анализа и адаптивной фильтрации. Это обеспечило селективное подавление шумов без потери значимых физиологических данных, что особенно актуально для исследований жевательной мускулатуры, где даже незначительные искажения могут привести к ошибочным диагностическим выводам. Сравнение с существующими методиками [1,3] подчеркивает преимущества предложенного решения в контексте клинической практики, где точность интерпретации ЭМГ-сигналов напрямую влияет на выявление нейромышечных патологий.

Перспективы исследования связаны с внедрением алгоритма в системы реального времени, что позволит использовать его в интраоперационном мониторинге или биоуправляемых интерфейсах. Дополнительная оптимизация может включать машинное обучение для автоматической классификации артефактов, а также интеграцию с мультимодальными платформами, сочетающими ЭМГ с визуализацией ВНЧС. Однако следует учитывать ограничения, такие как зависимость эффективности фильтрации от качества исходного сигнала и необходимость валидации на более крупных выборках. Решение этих задач откроет новые возможности для персонализированной реабилитации и ранней диагностики дисфункций жевательного аппарата. Так же данная методика будет подходить и для диагностики других суставов, как коленный, локтевой, выявляя дисфункции уже в них.

Список литературы

1. *Методы обработки биомедицинских сигналов / А.Д. Чан, М.С. Лай // IEEE Trans. Biomed. Eng. — 2021. — Vol. 68. — P. 112–120.*

2. *Электромиография в клинической практике / Р. Мерлетти, П. Паркер. — М.: Техносфера, 2020. — 304 с.*

3. *Цифровая фильтрация ЭМГ-сигналов / В.В. Чевела [и др.] // Биомед. радиоэлектроника. — 2023. — № 4. — С. 45–52.*

UDC 612.741.16: 616.742.7

METHOD OF SYNCHRONOUS REGISTRATION AND FILTERING OF ELECTROMYOGRAMS OF MAXILLOFACIAL MUSCLES AND SOUND SIGNALS DURING MOVEMENT OF THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT

Pankevich R.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Samuilov I.V. – assistant of the department of ETT

Annotation. The paper presents a technique for synchronous recording of electromyograms (EMG) of masticatory muscles and audio signals of the temporomandibular joint (TMJ) using marker pulses. The stages of filtering ECG artifacts from EMG signals with a Butterworth bandpass filter (20–450 Hz) and analysis of peak muscle activity are described. The results confirmed the efficiency of synchronization (error ≤0.05 s) and a reduction in the noise level by 78%. The technique is recommended for clinical diagnostics of TMJ dysfunctions.

Keywords: temporomandibular joint, masticatory muscles, electromyography.

УДК 004.80.000

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛОГОПЕДИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Митюля Е.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Баяк Е.И. – инженер-программист ОИАСУ

Аннотация. В статье рассматриваются возможности использования технологий искусственного интеллекта для диагностики и коррекции речевых нарушений. Анализируется потенциал нейросетевой модели машинного обучения wav2vec2 в логопедической практике, а также перспективы её внедрения. Особое внимание уделяется автоматизированным системам оценки речи и персонализированному подходу в терапии. Рассмотрены возможные направления интеграции искусственный интеллект в логопедию.

Ключевые слова искусственный интеллект, логопедия, нейронные сети, обработка речи, речевые нарушения, машинное обучение, wav2vec2.

Введение. Современные достижения в области искусственного интеллекта привели к появлению новых методов диагностики и коррекции речевых нарушений. Искусственные нейросети, использующие алгоритмы машинного обучения, способны анализировать речь с высокой точностью, выявляя фонетические ошибки и нарушения произношения. Их внедрение в логопедическую практику открывает возможности для автоматизированного анализа речи и персонализированного подбора коррекционных упражнений, что позволяет значительно повысить эффективность работы специалистов и доступность логопедической помощи.

Традиционные методы диагностики и коррекции речевых расстройств требуют участия квалифицированных специалистов и значительных временных затрат. Однако в условиях дефицита логопедов и высокой нагрузки на медицинские учреждения актуальным становится применение технологий искусственного интеллекта, способных оперативно оценивать речевые данные, минимизировать субъективные ошибки и адаптироваться к индивидуальным особенностям пациента. Развитие таких технологий позволяет создать более объективную и доступную систему логопедической помощи, которая может использоваться как в медицинских учреждениях, так и в дистанционных форматах обучения.

Целью данного исследования является анализ возможностей применения искусственного интеллекта в логопедии, оценка эффективности нейросетевых моделей в диагностике и коррекции речевых нарушений, а также изучение перспектив развития автоматизированных технологий в данной сфере. Рассматриваются алгоритмические принципы работы современных моделей, их преимущества по сравнению с традиционными методами, а также потенциальные направления интеграции искусственного интеллекта в практику логопедической терапии.

Основная часть. Современные технологии искусственного интеллекта позволяют анализировать и обрабатывать звуковые сигналы, что делает их незаменимыми инструментами в области распознавания и анализа речи. Искусственные нейросети, обученные на больших объемах данных, способны выявлять речевые дефекты, анализировать фонемные ошибки и предлагать индивидуальные рекомендации для коррекции.

Одним из передовых решений в этой области является модель wav2vec2, разработанная Facebook AI. Алгоритм работы wav2vec2 включает несколько

последовательных этапов. На начальном этапе входной аудиосигнал дискретизируется, преобразуется в спектральное представление и проходит через свёрточную нейронную сеть, где выделяются низкоуровневые акустические признаки. Полученные представления передаются в трансформерную архитектуру, которая формирует глобальный контекст звукового сигнала [1].

Ключевым аспектом работы модели является механизм предсказания латентных представлений аудиосигнала [2]. В процессе предварительного обучения часть входных данных маскируется, а нейросеть обучается предсказывать недостающие фрагменты на основе окружающего контекста. Это позволяет модели формировать глубокие представления речи без необходимости явной аннотации аудиоданных.

После завершения этапа предварительного обучения возможна дополнительная адаптация модели на размеченных данных, что позволяет существенно повысить точность идентификации фонем и словесных конструкций. Одним из преимуществ wav2vec2 является её высокая устойчивость к акустическим искажениям, таким как фоновый шум или индивидуальные вариации произношения. Благодаря механизму контекстного кодирования, модель способна выделять ключевые фонетические характеристики, минимизируя влияние внешних факторов [3].

Дополнительным направлением совершенствования модели является применение метода обучения с переносом [4]. Данный подход предусматривает дообучение нейросетевой архитектуры на специализированных аудиоданных, что обеспечивает её адаптацию для решения узкоспециализированных задач, в том числе диагностики конкретных речевых нарушений. Например, при обучении модели на записях пациентов с фонетическими расстройствами становится возможным автоматизированное выявление отклонений в произношении и формирование индивидуализированных диагностических рекомендаций.

Развитие технологий искусственного интеллекта оказывает значительное влияние на логопедию, расширяя возможности диагностики, коррекции и обучения. Внедрение нейросетевых моделей в данную сферу позволяет повысить эффективность работы логопедов, снизить затраты времени на первичный анализ речи и предложить пациентам новые методы самостоятельных занятий.

Одним из ключевых направлений является автоматизация диагностики. Искусственный интеллект способен анализировать речевые патологии с высокой точностью, позволяя специалистам оперативно выявлять нарушения, такие как дислалия, заикание, ринолалия и дизартрия. Применение таких технологий минимизирует человеческий фактор в оценке речи и позволяет ускорить постановку диагноза.

Кроме того, интеграция интеллектуальных систем в логопедические тренажёры способствует индивидуализации терапии. Такие системы могут адаптироваться под особенности пациента, анализируя его прогресс и корректируя упражнения в зависимости от результатов. Это особенно важно для детей с задержкой речевого развития и неврологическими нарушениями, которым требуется постоянный мониторинг и корректировка занятий.

Логопедические платформы на основе искусственного интеллекта также играют важную роль в дистанционной терапии. Благодаря современным технологиям пациенты могут получать качественную помощь без необходимости регулярных очных визитов. Это особенно актуально для регионов с недостаточным количеством специалистов, где доступ к профессиональной логопедической помощи ограничен.

С развитием голосовых интерфейсов искусственный интеллект также может быть использован для создания интуитивно понятных систем обучения речи. Такие решения находят применение не только в терапии детей, но и в реабилитации взрослых пациентов после инсультов и черепно-мозговых травм [5].

Заключение. Применение технологий искусственного интеллекта в логопедии представляет собой фундаментальный прорыв, который способен трансформировать методы диагностики и коррекции речевых нарушений. Использование нейросетевых моделей, таких как wav2vec2, позволяет автоматизировать анализ речи, выявлять фонетические отклонения с высокой точностью и адаптировать логопедическую терапию под индивидуальные особенности пациента. Интеграция искусственного интеллекта в логопедическую практику также способствует решению проблемы нехватки специалистов, расширяя доступ к качественной помощи, особенно для пациентов с ограниченными возможностями очного посещения логопеда.

Перспективы дальнейшего развития искусственного интеллекта в данной сфере связаны с адаптацией алгоритмов под различные языковые и диалектные особенности, улучшением устойчивости к шумам и развитием автономных логопедических систем. В будущем можно ожидать появления платформ, способных не только выявлять речевые нарушения, но и предлагать персонализированные коррекционные упражнения, что значительно повысит доступность и эффективность логопедической помощи.

Список литературы

1. *Zaman, K. et al. A survey of audio classification using deep learning // IEEE Access. – 2023.*

2. *Jiang, X. et al. Latent-domain predictive neural speech coding // IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing. – 2023. – Vol. 31. – Pp. 2111–2123.*

3. *Rietz, T., Maedche, A. Cody: An AI-based system to semi-automate coding for qualitative research // Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. – 2021. – Pp. 1–14.*

4. *Wan, Z. et al. A review on transfer learning in EEG signal analysis // Neurocomputing. – 2021. – Vol. 421. – Pp. 1–14.*

5. *Bhardwaj, A. et al. Transforming pediatric speech and language disorder diagnosis and therapy: the evolving role of artificial intelligence // Health Sciences Review. – 2024. – P. 100188.*

UDC 004.80.000

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SPEECH THERAPY PRACTICE

Mityulya E.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Bayak E.I. – programmer engineer of OIASU

Annotation. The article deals with the possibilities of using artificial intelligence technologies for diagnostics and correction of speech disorders. The potential of neural network model of machine learning wav2vec2 in speech therapy practice is analyzed, as well as the prospects of its implementation. Special attention is paid to automated speech evaluation systems and personalized approach in therapy. Possible directions of integration of artificial intelligence in speech therapy are considered.

Keywords: artificial intelligence, speech therapy, neural networks, speech processing, speech disorders, machine learning, wav2vec2.

УДК 621.793.184

НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ ТИТАНА И МОЛИБДЕНА ПРЯМЫМ ОСАЖДЕНИЕМ ИЗ ИОННОГО ПУЧКА

Перепечко Е.Ю., Гутенко Н.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Телеш Е.В. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. Исследовано влияние мощности первичного разряда, потенциала диафрагмы на скорость нанесения тонкопленочных покрытий из титана и молибдена, полученных осаждением из ионного пучка. Установлено, что скорость нанесения пленок почти линейно возрастает с увеличением рабочего давления аргона, ускоряющего напряжения и тока разряда, зависимость скорости нанесения от напряжения на диафрагме имеет немонотонный и неоднозначный характер.

Ключевые слова: тонкие пленки, титан, молибден, ионный пучок, ускоритель с анодным слоем, мощность разряда, скорость нанесения.

Введение. Для токопроводящих систем в микроэлектронике перспективно применение тугоплавких металлов вместо алюминия и поликремния в качестве материалов затворов, контактов Шоттки, барьерных слоев, обкладок конденсаторов и т.п. Современная промышленность требует разработки и совершенствования методов получения тонких пленок тугоплавких металлов. Широко применяется электронно-лучевое испарение и магнетронное распыление для формирования тонкопленочных покрытий из титана и молибдена. Недостатки этих методов связаны с ограниченными возможностями управления энергией осаждаемых частиц, переносом вещества к подложке по закону «косинуса», низким коэффициентом использования материала мишени и трудностями контроля количества осаждаемого вещества. Химическое осаждение металлов из газовой фазы является весьма экономичным процессом, но требует высоких температур осаждения и применения дорогих прекурсоров. Более продвинутым методом является ионно-лучевой синтез непосредственно из пучков ионов [1]. Процесс осаждения пленок чистых металлов осуществляется следующим образом: в источнике происходит ионизация атомов металла, затем ионы ускоряются до энергий 10 – 100 кэВ, необходимых для эффективной их сепарации в магнитном поле, а потом замедляются перед конденсацией на подложках. Исследования осаждения таким способом пленок показали, что пленки имеют высокую адгезию, которая практически не зависит от энергии осаждаемых ионов. В то же время скорость осаждения и структура пленок зависят от энергии ионов. Оптимальной для осаждения является энергия ~ 50 эВ. При энергии ионов > 200 эВ осаждения металла практически не происходит, так как распыление преобладает над осаждением.

Новый метод нанесения тонких пленок посредством генерации потока из пучкового фокуса, формируемого в ускорителе с анодным слоем, является перспективным, т.к. позволяет управлять плотностью и энергией ионного пучка, применять дешевые блоки питания [2]. В данной работе будут исследовано влияние технологических режимов на скорость нанесения покрытий из титана и молибдена.

Основная часть. Исследования осуществляли с использованием ускорителя с анодным слоем, работающего в режиме ионно-пучкового фокуса (рис. 1), смонтированного в установке вакуумного напыления ВУ-1А. Ускоритель 1 генерировал первичный пучок из ионов аргона 6, который распылял диафрагму 2 из титана или молибдена. Магнитное поле, создаваемое дополнительным магнитом 5, способствовало формированию вторичного плазменного разряда 4, состоящего из ионов тугоплавких металлов и аргона. Вторичный ионный пучок через отверстие в диафрагме попадал на подложку 3. Энергия ионов

вторичного пучка зависела от величины положительного напряжения на диафрагме $U_д$, которое могло варьироваться путем изменения сопротивления переменного резистора 7.

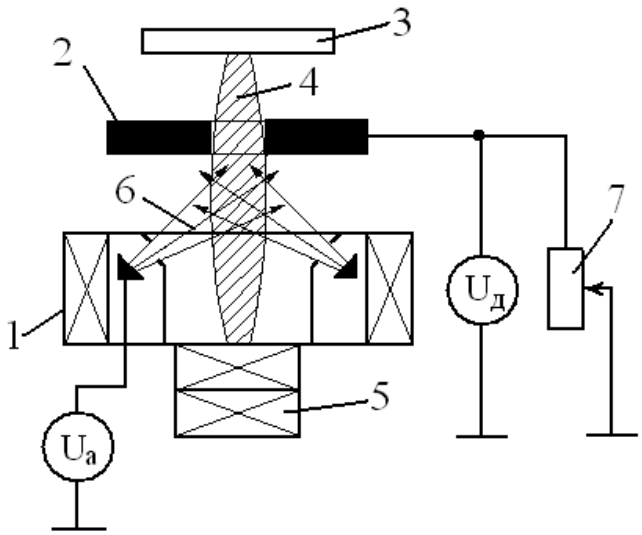


Рисунок 1 – Схема проведения исследований

Покрытия наносили на подложки из кремния. Остаточный вакуум составлял $2{,}66 \cdot 10^{-3}$ Па, давление рабочего газа – $(2{,}6 – 3{,}5) \cdot 10^{-2}$ Па. Толщина пленок измерялась с помощью микроскопа МИИ-4. Подложка располагалась на расстоянии 15 мм от диафрагмы. Было проведено исследование влияния мощности первичного разряда и напряжения на диафрагме на скорость нанесения пленок тугоплавких металлов. Установлено, что скорость нанесения пленки титана почти линейно возрастает с увеличением рабочего давления аргона, ускоряющего напряжения и тока разряда (рис. 2, а), что объясняется ростом концентрации ионов титана во вторичном пучке.

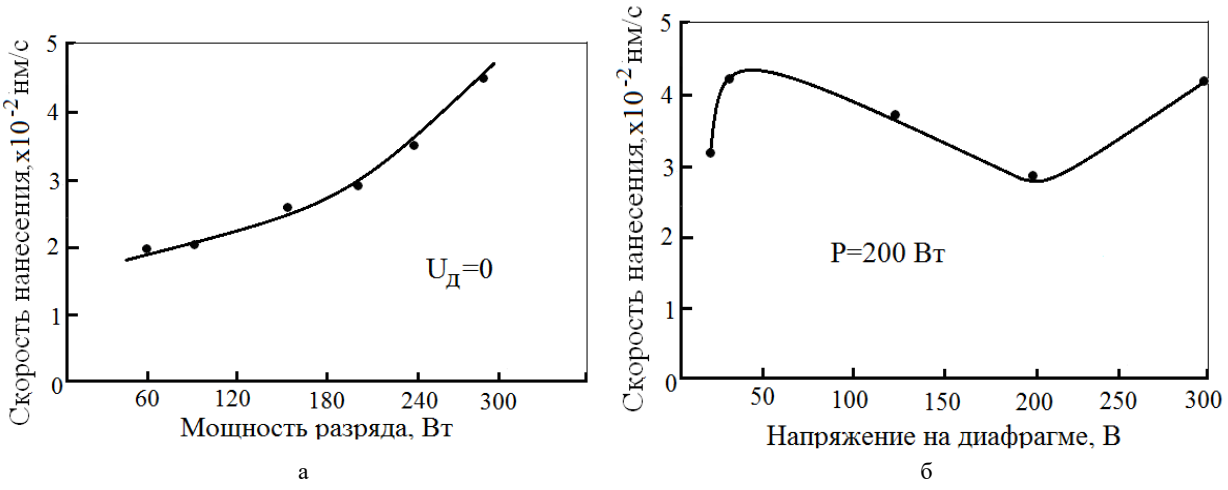


Рисунок 2 – Зависимость скорости нанесения пленок титана от мощности разряда (а) и напряжения на диафрагме (б)

В тоже время зависимость скорости нанесения от напряжения на диафрагме $U_д$ имеет немонотонный и неоднозначный характер (рис. 2, б). При напряжении мене 200 В наблюдается небольшое снижение скорости нанесения, что связано с торможением ионов титана электрическим полем между положительно заряженной диафрагмой и заземленным ионным источником. Дальнейшее увеличение $U_д$ способствует росту степени ионизации

распыленных атомов титана и плотности тока во вторичном ионном пучке и как, следствие, к увеличению скорости нанесения.

На рисунке 3, а приведена зависимость скорости нанесения тонких пленок молибдена от мощности первичного ионного пучка. Также наблюдается квазилинейный рост скорости. Следует отметить, что скорость нанесения молибдена выше, чем для титана, что связано с меньшим коэффициентом распыления последнего. Зависимость скорости нанесения от напряжения на диафрагме также имеет сложный характер, что можно объяснить конкурирующими процессами торможения ионов и ростом их концентрации.

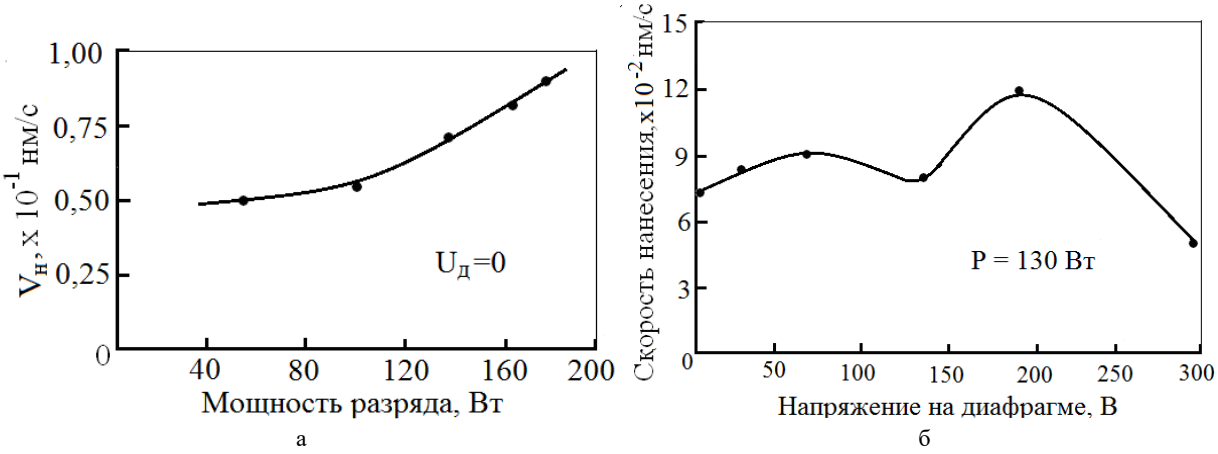


Рисунок 3 – Зависимость скорости нанесения пленок молибдена от мощности разряда (а) и напряжения на диафрагме (б)

Заключение. Проведенные исследования позволили определить влияние технологических режимов на скорость нанесения. Установлено, что $V_н$ монотонно росла с увеличением мощности первичного ионного пучка. Наличие напряжения на диафрагме привело к снижению скорости. В тоже время зависимость скорости нанесения от напряжения на диафрагме имела немонотонный и неоднозначный характер.

Список литературы

1. *Маишев, Ю.П. Ионно-лучевая обработка: осаждение тонких пленок из низкоэнергетичного пучка ионов / Ю.П. Маишев, С.Л. Шевчук // Труды ФТИАН, 2005. – Т.18. – С.148 – 160.*

2. *Телеш, Е.В. Формирование оптических покрытий прямым осаждением из ионных пучков /Е.В.Телеш, Н.К.Касинский//. Контенант, 2014. – Т.13. – №2. – С.27 – 30.*

UDC 621.793.184

DIRECT ION BEAM DEPOSITION OF TITANIUM AND MOLYBDENUM COATINGS

Perepechko E.Y., Gutenko N.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Telesh E.V. – Senior Lecturer of Department of ETT

Annotation. The influence of the primary discharge power and the diaphragm potential on the rate of deposition of thin-film coatings of titanium and molybdenum obtained by ion beam deposition was investigated. It was found that the rate of film deposition increases almost linearly with an increase in the working pressure of argon, accelerating voltage and discharge current; the dependence of the deposition rate on the voltage on the diaphragm is non-monotonic and ambiguous.

Keywords. Thin films, titanium, molybdenum, ion beam, anode layer accelerator, discharge power, deposition rate.

УДК 611.91

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДБОРА ТИТАНОВОГО ПРОТЕЗА СЛУХОВЫХ КОСТОЧЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Смольская Т.С., Друц Э.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Камлач П.В.. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Рассмотрен протез слуховых косточек, предназначенный для замены молоточка, наковальни и стремечка с сохранением его основания. Особое внимание уделено методам расчета расстояния между плоскостями барабанной перепонки и основанием стремечка для точной подгонки импланта. Сравниваются три метода вычисления минимального расстояния: полный перебор, kd-дерево и Octree.

Ключевые слова: слуховые косточки, титановый имплант, kd-дерево, расчет расстояния.

Введение. В данной статье представлен полный протез слуховых косточек, заменяющий молоточек, наковальню и стремечко, но сохраняющий его основание. Целью работы является исследование эффективности методов расчета расстояния между барабанной перепонкой и основанием стремечка для точной подгонки титанового протеза слуховых косточек. В работе сравниваются три вычислительных подхода (полный перебор, kd-дерево и Octree) с точки зрения точности и скорости вычислений, а также обосновывается применение наиболее оптимального метода для автоматизации хирургического планирования.

Основная часть. Имплант, используемый в данном исследовании, представляет собой полный протез слуховых косточек (рисунок 1), который заменяет молоточек, наковальню и стремечко, оставляя лишь часть основания стремечка.

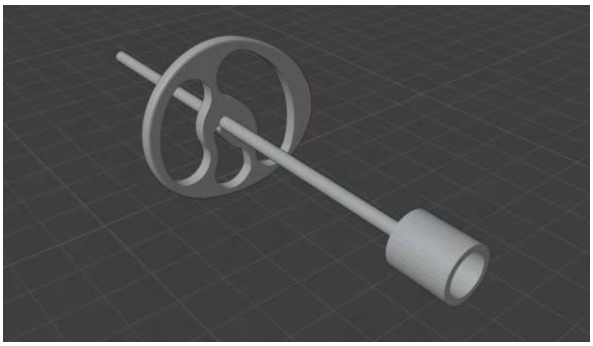


Рисунок 1 – Полный протез слуховых косточек

Его основное назначение – восстановление передачи звуковых колебаний от барабанной перепонки к внутреннему уху, что особенно важно для пациентов с тяжелыми повреждениями слуховой системы.

Конструкция импланта разработана таким образом, чтобы максимально точно имитировать функцию естественных слуховых косточек, обеспечивая эффективную передачу звуковых колебаний. Она включает в себя несколько ключевых элементов:

1 Опорная площадка – располагается на барабанной перепонке, обеспечивая стабильный контакт с мембраной для эффективной передачи вибраций. Её форма адаптирована для равномерного распределения звукового давления.

2 Центральный стержень – соединяет опорную площадку с ножкой и придаёт конструкции жёсткость. Это важно для поддержания точной передачи механической энергии от барабанной перепонки к внутреннему уху.

3 Ножка для фиксации на основании стремечка – обеспечивает надежное соединение импланта с уцелевшей частью стремечка, позволяя передавать звуковые колебания непосредственно во внутреннее ухо [1].

Имплант изготавливается из титана, поскольку этот материал обладает рядом уникальных свойств, делающих его идеальным для использования в медицинской практике, в частности для реконструкции слуховых косточек.

Для точного позиционирования импланта необходимо определить расстояние между двумя плоскостями:

– первой плоскостью, расположенной на уровне барабанной перепонки, где будет установлена опорная площадка импланта;

– второй плоскостью, соответствующей основанию стремечка, на котором фиксируется нижняя часть импланта.

Определение расстояния между этими плоскостями является ключевым этапом, так как от точности измерения зависит корректность подгонки импланта. Существует несколько методов нахождения расстояния между плоскостями [2]:

1 Метод полного перебора заключается в том, что мы берем каждую точку первой плоскости и вычисляем расстояние до всех точек второй плоскости, затем выбираем минимальное значение. Этот метод обеспечивает наибольшую точность, но требует значительных вычислительных ресурсов при большом количестве точек.

Алгоритм:

– перебор всех точек первой плоскости;

– для каждой точки вычисление расстояния до всех точек второй плоскости;

– находение минимального расстояния среди всех пар точек.

Плюсы метода: гарантированно точный результат. Минусы метода: низкая вычислительная эффективность при большом количестве точек.

2 Метод kd-дерева. Kd-дерево – это структура данных, которая позволяет ускорить поиск ближайших точек. В данном методе строится дерево из точек одной плоскости, а затем для каждой точки второй плоскости ищется ближайший сосед.

Алгоритм:

– создание kd-дерева на основе точек одной плоскости;

– для каждой точки второй плоскости нахождение ближайшей точки в kd-дереве;

– определение минимального расстояния.

Плюсы метода: значительно быстрее полного перебора; легко реализуется с помощью существующих библиотек. Минусы метода: может давать небольшие погрешности из-за структуры разбиения.

3 Метод Octree. Octree – это иерархическая структура, разделяющая пространство на кубы разного уровня детализации. Используется для быстрого поиска ближайших точек за счет уменьшения объема поиска.

Алгоритм:

– разделение пространства на вложенные кубические ячейки;

– нахождение ближайшей точки в соответствующих ячейках;

– вычисление минимального расстояния.

Для реализации этого метода можно использовать библиотеку pykdtree, но в Python нет встроенной реализации Octree, поэтому можно использовать кастомные алгоритмы или библиотеки для работы с 3D-данными.

Плюсы: хорошая скорость работы на больших данных; эффективен для работы с 3D-моделями. Минусы метода: сложнее в реализации; требует дополнительных библиотек.

Для реализации расчетов можно использовать следующие библиотеки:

– numpy – для работы с массивами и математическими операциями;

– scipy.spatial.KDTree – для ускоренного поиска ближайших точек с помощью kd-дерева;

– open3d – для работы с 3D-моделями, облаками точек и поиска ближайших точек с использованием Octree.

Таким образом, был проведен расчет расстояния между барабанной перепонкой и стремечком для точного подбора длины титанового импланта. Полученные значения минимального расстояния между двух моделей и время расчета каждого метода представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета минимального расстояния между двумя точками и время расчета

Метод расчета	Минимальное расстояние, мм	Время расчета, сек
1. Полный перебор	4,609	56,000
2. Kd-дерево	4,609	2,000
3. Octree	4,609	5,000

По результатам расчета видно, что минимальное расстояние получилось одинаковым (4,609 мм), однако методы kd-дерева и Octree позволяют значительно ускорить процесс без потери точности, что делает их предпочтительными для работы с 3D-моделями высокой плотности.

На основе полученных данных выполнена подгонка длины импланта по рассчитанному расстоянию, после чего будет проведена проверка на пересечения.

Таким образом, предложенный подход позволяет:

– точно подобрать длину импланта, минимизируя необходимость хирургической подгонки;

– ускорить расчет расстояний между анатомическими структурами;

– автоматизировать процесс подготовки 3D-модели для хирургического планирования.

Методика может быть использована для дальнейшего совершенствования импланта и улучшения клинических результатов при его установке.

Заключение. Проведенное исследование подтвердило эффективность использования титанового протеза слуховых косточек для восстановления звукопередачи у пациентов с повреждениями среднего уха. Разработанная конструкция импланта обеспечивает стабильную фиксацию и точную передачу колебаний от барабанной перепонки к внутреннему уху.

Сравнение методов расчета расстояния между анатомическими структурами показало, что алгоритмы kd-дерева и Octree позволяют достичь той же точности, что и полный перебор, но с существенным сокращением времени вычислений. Это делает их перспективными для применения в автоматизированном хирургическом планировании.

Список литературы

1. *Plecko, M., et al. Osseointegration of novel titanium implant surfaces: A comparative in vivo study / Acta Biomaterialia, 2012. – 8(9), 3507-3514.*

2. *Fischler, M. A., & Bolles, R. C. Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography / Communications of the ACM, 1981. – 24(6), 381-395.*

UDC 611.91

OPTIMIZATION OF TITANIUM AUDITORY OSSICLE PROSTHESIS SELECTION USING COMPUTATIONAL GEOMETRY METHODS

Smolskaya T.S, Druts E.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kamlach P.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT

Annotation. The study examines a prosthesis of the auditory ossicles designed to replace the malleus, incus, and stapes while preserving its base. Particular attention is paid to methods for calculating the distance between the tympanic membrane plane and the stapes base for precise implant fitting. Three methods for computing the minimum distance are compared: brute-force search, kd-tree, and Octree.

Keywords: auditory ossicles, titanium implant, kd-tree, distance calculation.

УДК 621.793.18

СИНТЕЗ ФТОРУГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ИОННОГО ПУЧКА

Ракицкий А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Телеш Е.В. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

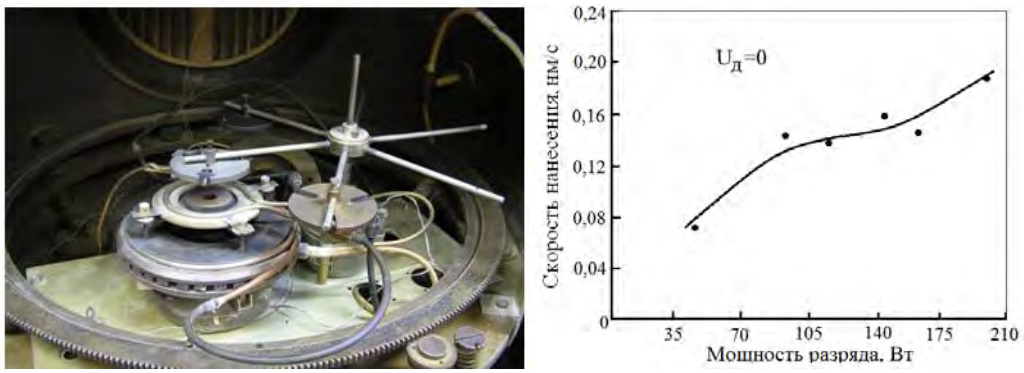
Аннотация. Исследовано влияние мощности первичного разряда, потенциала диафрагмы и состава рабочего газа на скорость нанесения фторуглеродных покрытий, полученных осаждением из ионного пучка. Установлено, скорость нанесения монотонно росла с увеличением мощности первичного ионного пучка и снижалась при наличии положительного напряжения на диафрагме.

Ключевые слова: фторуглеродные покрытия, ионный пучок, ускоритель с анодным слоем, мощность разряда, скорость нанесения.

Введение. Фторуглеродные тонкие пленки применяются в качестве изолирующих, оптических, гидрофобных, защитных, антимикробных и химически стойких покрытий для чего широко используется распыление мишеней из политетрафторэтилена [1]. Однако процесс распыления носит нестационарный характер, что не позволяет воспроизводимо получать покрытия с заданными характеристиками. Для синтеза фторуглеродных покрытий используются также плазменные разряды в углерод- и фторсодержащих газах. Применяются ВЧ плазмохимическое осаждение, индуктивно-связанная плазма, импульсная плазма высокой плотности, которые требуют сложных блоков питания и согласующих устройств [2]. Новый метод нанесения тонких пленок посредством генерации потока из пучкового фокуса является перспективным, т.к. позволяет управлять плотностью и энергией ионного пучка, применять дешевые блоки питания. В данной работе будут исследовано влияние технологических режимов на скорость нанесения фторуглеродных покрытий.

Основная часть. Экспериментальные исследования проводили на установке ВУ-1А, оснащенной ионным источником на основе ускорителя с анодным слоем (рис.1, а). В качестве рабочих газов использовались метан и фреон C_3F_8. Покрытия наносились на подложки из кремния, толщина измерялась с помощью микроскопа МИИ-4.

Исследовано влияние мощности первичного плазменного разряда на скорость нанесения $V_н$ фторуглеродных тонкопленочных слоев (рис. 1, б).



а б

Рисунок 1 – Внешний вид устройства (а) и зависимость скорости нанесения от мощности первичного разряда(б)

Соотношение CH:CF в рабочем газе составляло ~ 3:1. Напряжение на диафрагме $U_д$ отсутствовало. Установлено, что $V_н$ монотонно росла с увеличением мощности первичного

ионного пучка, что можно объяснить повышением концентрации ионов углерода и фтора во вторичном пучке из-за роста рабочего давления и ускоряющего напряжения. При увеличении $U_д$ имело место резкое снижение $V_н$ с 0,16 до 0,11 нм/с (рис. 2, а). Это может быть связано с торможением ионов углерода и фтора во вторичном пучке электрическим полем диафрагмы.

Проведено исследование влияния состава рабочего газа на скорость нанесения. Напряжение на диафрагме отсутствовало, мощность первичного разряда составляла 190 Вт. Установлено, что увеличение парциального давления фреона в рабочем газе до $2{,}2\cdot10^{-2}$ Па способствовало росту скорости с 0,1 до 0,16 нм/с (рис. 2, б). Это можно объяснить повышением концентрации пленкообразующих ионов во вторичном пучке.

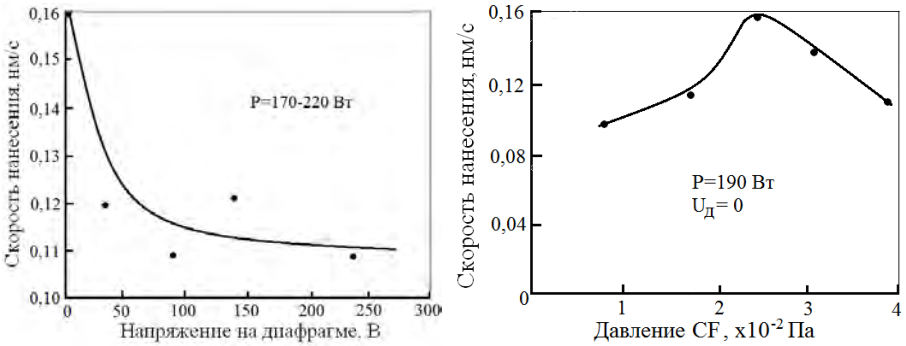


Рисунок 2 – Зависимость скорости нанесения от напряжения на диафрагме (а) и от давления фреона (б)

Дальнейшее увеличение доли фреона в рабочем газе приводило к снижению $V_н$, что связано с процессом травления растущей пленки ионами и атомами фтора, а также фторсодержащими молекулами.

Заключение. Проведенные исследования позволили определить влияние технологических режимов на скорость нанесения. Установлено, что $V_н$ монотонно росла с увеличением мощности первичного ионного пучка. Наличие напряжения на диафрагме привело к снижению скорости. Увеличение парциального давления фреона в рабочем газе до $2{,}2\cdot10^{-2}$ Па способствовало как росту, так и к снижению скорости нанесения.

Список литературы

1. Телеш, Е.В. Ионно-лучевое распыление мишени из политетрафторэтилена / Е.В. Телеш, В.А. Точеный// Приборостроение – 2021: материалы 14-й Междун. научно-технической конференции (Минск, 18–20 ноября 2021 г.) / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2021 – С. 355 – 356.

2. Jacobsohn, L.G Film growth and relationship between microstructure and mechanical properties of a-C:H:F films deposited by PECVD /L.G Jacobsohn, D. F. Franceschini //Diamond and Related Materials. – 2001. – 10(2). – PP. 125 – 131.

UDC 621.793.18

SYNTHESIS OF FLUOROCARBON COATINGS FROM ION BEAM

Rakitsky A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Telesh E.V. – Senior Lecturer of Department of ETT

Annotation. The influence of the primary discharge power, diaphragm potential and working gas composition on the rate of deposition of fluorocarbon coatings obtained by ion beam deposition was investigated. It was found that the rate of application increased monotonically with increasing primary ion beam power and decreased in the presence of positive voltage on the diaphragm.

Keywords. Fluorocarbon coatings, ion beam, accelerator with anode layer, discharge power, rate of deposition.

УДК 621.793.18

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДЛОЖКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ФТОРУГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРЯМЫМ ОСАЖДЕНИЕМ ИЗ ИОННЫХ ПУЧКОВ

Шевчик Е.В., Курбако Е.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Телеш Е.В. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. Исследовано влияние температуры подложки на характеристики фторуглеродных покрытий. Установлено, что увеличение температуры конденсации до 580 К позволило повысить оптическое пропускание и величину запрещенной зоны, износостойкость, что можно объяснить ростом степени химического взаимодействия между углеродом и фтором. Нагрев подложки свыше 580 – 600 К привел к ухудшению характеристик, что можно связать с десорбцией фтора из покрытия.

Ключевые слова: фторуглеродные покрытия, прямое осаждение, торцевой холловский ускоритель, температура подложки, оптические характеристики, электрофизические характеристики, трибологические характеристики.

Введение. Фторуглеродные тонкопленочные покрытия широко применяются в качестве low-k диэлектриков, оптических, гидрофобных, антифрикционных, биосовместимых, антимикробных, защитных, химически стойких покрытий и т.п. [1]. Для синтеза фторуглеродных покрытий наиболее часто применяются ВЧ плазмохимическое осаждение, индуктивно-связанная плазма, импульсная плазма высокой плотности, в которых используются плазменные разряды в углерод- и фторсодержащих газах [2,3]. На характеристики покрытий определяющее влияние оказывают состав рабочей газовой смеси, мощность плазменного разряда, величина смещения на подложке, температура подложки и т.п. Методы, основанные на нанесении тонкопленочных покрытий из ионных пучков, позволяют изменять свойства пленок посредством регулирования энергии ионов, плотности ионного потока и его состава [4]. В качестве ионного источника целесообразно использовать торцевой холловский ускоритель (ТХУ). Потенциал зажигания разряда ТХУ составляет всего 35 – 60 В. При увеличении напряжения на аноде источника происходит значительный рост разрядного тока, вплоть до 10 А, что позволяет получить более высокие скорости осаждения. ТХУ имеют простую конструкцию, надежны в эксплуатации. Для функционирования таких устройств не нужно применения высоковольтного питания, что также упрощает их конструкцию и эксплуатацию.

В данной работе будет исследовано влияние температуры подложки на характеристики фторуглеродных тонкопленочных слоев.

Основная часть. Формирование фторуглеродных покрытий проводили на модернизированной установке вакуумного напыления ВУ-1А, оснащенной ионным источником на основе ТХУ. Остаточный вакуум не превышал значений $(4 – 5)\cdot10^{-3}$ Па. Рабочее давление составляло $2{,}6\cdot10^{-1}$ Па. Ток разряда составлял 2 А, напряжение на аноде при этом составляло 78 – 80 В. Расстояние «ионный источник – подложкодержатель» составляло 125 мм. Соотношение CH:CF в рабочем газе составляло ~ 3:1. Покрытия наносились на подложки из кремния и стекла. Исследовано влияние температуры подложки $T_п$ на характеристики фторуглеродных тонкопленочных слоев.

Измерение оптического пропускания покрытий, нанесенных на подложки из стекла, осуществлялось в диапазоне 380 – 1080 нм. На рисунке 1, а приведена зависимость пропускания покрытий на $\lambda = 555$ нм, полученных при различных температурах подложки. Установлено, что увеличение температуры конденсации позволило повысить пропускание

до 84 – 85 %, что можно объяснить ростом степени химического взаимодействия между углеродом и фтором. Однако нагрев подложки свыше 580 – 600 К привел к резкому снижению коэффициента пропускания до 73 %, что можно связать с десорбцией фтора из покрытия.

На рисунке 1, б приведена зависимость ширины запрещенной зоны E_g от температуры подложки. В диапазоне значений $T_п$ от 350 до 580 К E_g увеличилась с 2,75 до 2,8 эВ, что также свидетельствует о стимулировании химического взаимодействия между углеродом и фтором. Дальнейшее увеличение $T_п$ привело к снижению ширины запрещенной зоны до 2,65 эВ.

Для измерения электрофизических параметров применяли МДП структуры. Измерения проводили на частоте 1 МГц. Установлено, что лучшие параметры были достигнуты при $T_п$=513 К (табл. 1). Дальнейший рост температуры подложки способствовал ухудшению электрофизических характеристик покрытий.

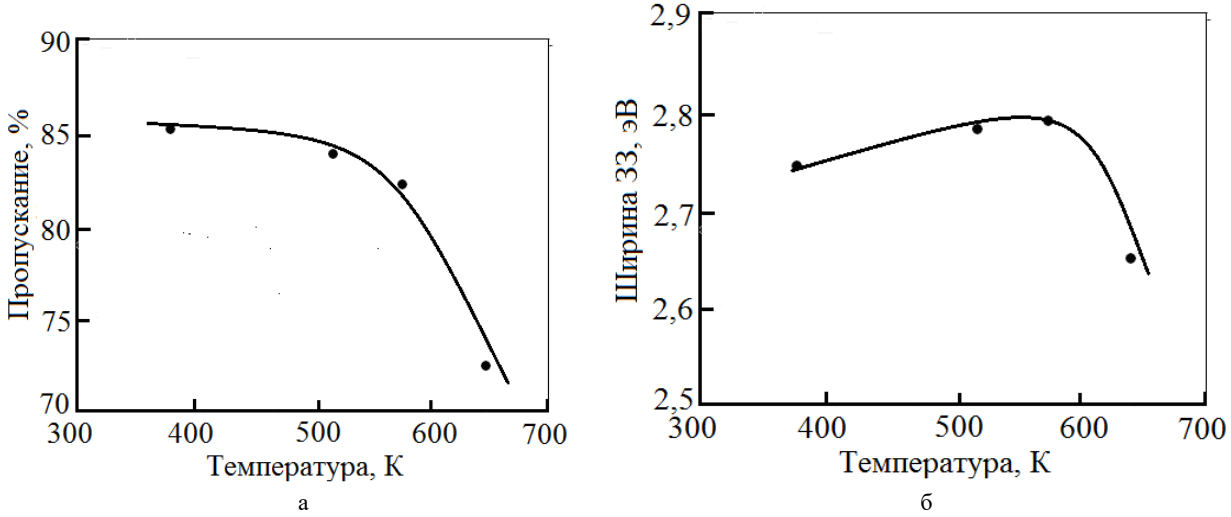


Рисунок 1 – Зависимость пропускания (а) и ширины запрещенной зоны (б) покрытий, полученных при различных температурах подложки

Таблица 1 – Результаты измерений электрофизических характеристик фторуглеродных покрытий

№, обр.	$T_п$, К	ε	tgδ	ρ_v, Ом·м
1	388	3,6	0,14	$3{,}2\cdot10^4$
2	513	2,1	0,05	$1{,}3\cdot10^5$
3	588	4,5	0,26	$1{,}0\cdot10^4$
4	633	6,0	0,50	$0{,}7\cdot10^4$

Коэффициент трения k покрытий измерялся с помощью трибометра МТ-25 возвратно-поступательного типа. Нагрузка на индентор составляла 150 мН. Установлено, что износостойкость покрытий возрастала при нагреве подложки до 590 – 600 К, дальнейший нагрев привел к резкому росту k, что также можно объяснить десорбцией фтора из конденсирующегося покрытия (рис. 2, а).

Угол смачивания θ поверхности фторуглеродного покрытия дистиллированной водой измерялся с применением гониометра ЛК-1. Установлено, что температура подложки практически не влияла на θ (рис. 2, б). Покрытия, нанесенные на кремниевую подложку, характеризовались большим (до 80^0) углом смачивания.

Измерение адгезии методом отрыва липкой ленты показало, что все покрытия успешно прошли тесты на адгезию.

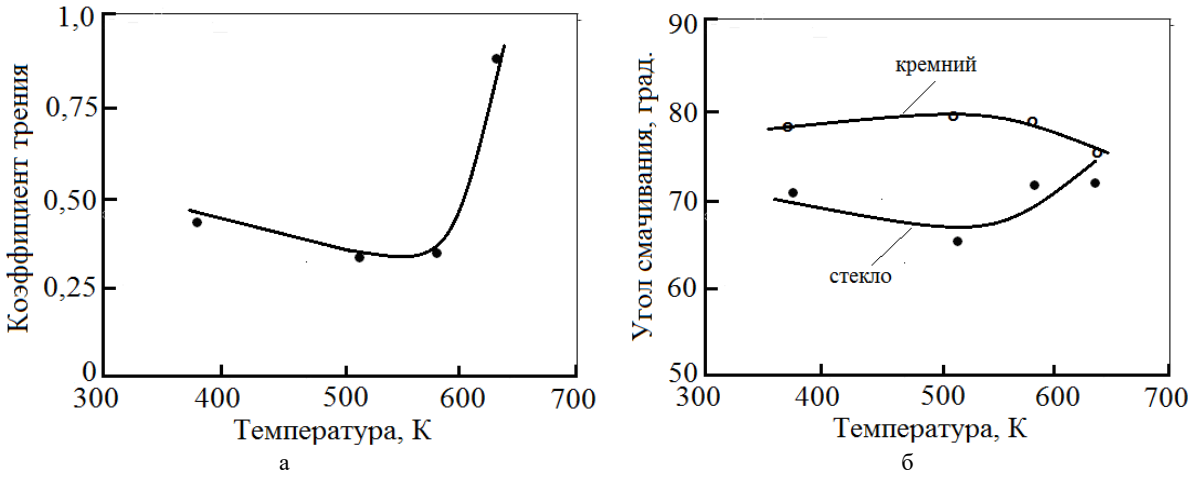


Рисунок 2 – Зависимости коэффициента трения (а) и угла смачивания (б) фторуглеродного покрытия от температуры подложки

Термостойкость покрытий определялась путем нагрева образцов в вакууме ~ 50 – 100 Па при температуре 573 К в течение 15 – 20 минут. Установлено, что термообработка не привела к изменению электрофизических параметров фторуглеродных покрытий. Оптическое пропускание увеличилось с 84 до 86 %, угол смачивания с 67 до 74 градусов. Термообработка привела к росту k с 0,35 до 0,58.

Заключение. Проведенные исследования позволили определить влияние температуры подложки на характеристики фторуглеродных покрытий. Установлено, что оптимальная температура осаждения составляет 580 – 600 К.

Список литературы

1. *Лучников, А.П. Микроструктура и электрофизические свойства фторполимерных пленок для МЭМС и наноэлектроники / А.П. Лучников, П.А. Лучников, А.С. Сигов// Нано- и микросистемная техника.– 2007.– №12(89).– С. 34 – 40.*

2. *Jacobsohn, L.G Film growth and relationship between microstructure and mechanical properties of a-C:H:F films deposited by PECVD /L.G Jacobsohn, D. F. Franceschini //Diamond and Related Materials. – 2001. – 10(2). – PP. 125 – 131.*

3. *Lee J. Characterization of fluorocarbon thin films deposited by ICP and PP // Journal of Surface Analysis. – 2011. – v.17. – No.3. – PP. 269 – 273.*

4. *Телеш, Е.В. Формирование оптических покрытий прямым осаждением из ионных пучков/ Е.В. Телеш, Н.К. Касинский // Контенант. – 2014. – т.1. – №2. – С. 27 – 30.*

UDC 621.793.18

EFFECT OF SUBSTRATE TEMPERATURE ON THE CHARACTERISTICS OF FLUOROCARBON COATINGS OBTAINED BY DIRECT ION BEAM DEPOSITION

Perepechko E.Y., Gutenko N.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Telesh E.V. – Senior Lecturer of Department of ETT

Annotation. The influence of substrate temperature on the characteristics of fluorocarbon coatings was studied. It was found that increasing the condensation temperature to 580 K allowed to increase optical transmission and the value of the forbidden zone, wear resistance, which can be explained by the increase in the degree of chemical interaction between carbon and fluorine. Heating the substrate above 580–600 K led to a deterioration in characteristics, which can be associated with the desorption of fluorine from the coating.

Keywords. Fluorocarbon coatings, direct deposition, end-Hall accelerator, substrate temperature, optical characteristics, electrophysical characteristics, tribological characteristics.

УДК 004.9:331.101.1

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОГРАММАТОРОВ ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC

Лаврухин В.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Друц Э.В. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. Современная микроэлектроника широко используется в промышленности, автоматизированных системах управления и бытовых устройствах. Для программирования микроконтроллеров применяется специальное устройство – программатор. Оно позволяет загружать, стирать и защищать прошивки, а также записывать данные в память различных электронных устройств. В данной статье проводится анализ существующих конструкций программаторов для микроконтроллеров PIC, рассматриваются их принципы работы, классификация и основные характеристики.

Ключевые слова: программатор, микроконтроллер, интерфейс, прошивка, RS-232.

Введение. Развитие технологий требует надежных инструментов для программирования микроконтроллеров, используемых в современных электронных устройствах. Целью данной работы является анализ конструкций существующих программаторов для работы с различными моделями микроконтроллеров PIC. Рассматриваются способы подключения, классификация и функциональные особенности таких устройств [1].

Основная часть. Программатор – это устройство, предназначенное для записи, стирания и модификации прошивки микроконтроллера. Он обеспечивает передачу данных между компьютером и программируемым устройством через различные интерфейсы. Современные программаторы могут поддерживать множество микросхем и работать с различными протоколами связи.

Подключение программатора к компьютеру может осуществляться несколькими способами [2]:

1 RS-232 – последовательный интерфейс, использовавшийся в старых моделях устройств. Он характеризуется низкой скоростью передачи данных и постепенным вытеснением более современными стандартами;

2 USB – наиболее распространенный метод, обеспечивающий высокую скорость передачи данных и совместимость с современными компьютерами.

3 JTAG и ICSP – специализированные интерфейсы для внутрисхемного программирования, позволяющие напрямую работать с микроконтроллером без его извлечения из устройства.

Программаторы можно разделить по следующим критериям:

1 По типу микросхем: ориентированные на AVR, PIC, STM32 и другие микроконтроллеры;

2 По способу подключения: USB, RS-232, JTAG, ICSP;

3 По уровню сложности: бытовые (для домашнего использования) и профессиональные (для промышленного программирования).

Рассмотрим аналогичные устройства.

Программатор универсальный ChipStarTAU gold [3] (рис. 1) является высокоскоростным универсальным устройством, предназначенным для работы с широким спектром современных микросхем, включая EEPROM, Flash-память и микроконтроллеры. Благодаря оптимизированным алгоритмам записи и стирания, он обеспечивает высокую скорость программирования и надежность работы. Одним из ключевых преимуществ

является возможность обновления программного обеспечения, что позволяет расширять список поддерживаемых устройств без необходимости замены самого программатора. Кроме того, устройство поддерживает различные интерфейсы подключения, такие как USB, JTAG и ICSP, что делает его универсальным решением для профессионального и промышленного использования.

Рисунок 1 – Программатор универсальный ChipStarTAU gold

Программатор EZP2010 [4] (рис. 2) ориентирован преимущественно на работу с NAND, Serial NAND, SPI FLASH и eMMC микросхемами. Он отличается простым и удобным интерфейсом, который упрощает процесс взаимодействия с большинством популярных типов памяти. Устройство поддерживает программирование напрямую через USB-интерфейс, обеспечивая стабильную работу и совместимость с современными компьютерами. Важной особенностью является поддержка широкого диапазона напряжений, что позволяет использовать программатор с различными типами микросхем без необходимости дополнительных адаптеров. Это делает EZP2010 надежным инструментом как для профессиональных разработчиков, так и для энтузиастов, работающих с электронными компонентами.

Рисунок 2 – Программатор универсальный ChipStarNOVA

Оба устройства обладают схожими характеристиками и могут использоваться как в промышленных, так и в бытовых целях.

Заключение. Анализ существующих конструкций программаторов для микроконтроллеров PIC показал, что эти устройства значительно различаются по функциональности, способам подключения и поддерживаемым микросхемам. Современные программаторы ориентированы на высокую скорость работы, универсальность и возможность обновления программного обеспечения, что делает их актуальными как для профессионального, так и для бытового использования. Например, ChipStarTAU gold предлагает широкие возможности для программирования различных микросхем благодаря поддержке нескольких интерфейсов и высокой скорости работы. В то же время EZP2010 обеспечивает удобство работы с различными типами памяти, поддерживает широкий диапазон напряжений и легко подключается через USB. Таким образом, выбор программатора зависит от конкретных задач, требований к функционалу и совместимости с используемыми микросхемами.

Список литературы

1. Основы микроэлетроники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cchgeu.ru/upload/iblock/0cd/svistova-t.v.-osnovy-mikroelektroniki.pdf

2. Программаторы для AVR микроконтроллеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ph0en1x.net/73-avr-microcontroller-programmers-usbasp-isp-com-lpt.html

3. ChipStarTAU gold [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.chipstar.by/programmator-universal-chipstar-tau.html

4. Программатор EZP2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.drive2.ru/b/1371030/?ysclid=m8xz72vcan466599739

UDC 004.9:331.101.1

ANALYSIS OF EXISTING DESIGNS OF PIC MICROCONTROLLER PROGRAMMERS

Lavrukhin V.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

Minsk, Republic of Belarus

Druts E.V. – Assistant of the Department of IPiE, Master of Engineering and Technology

Annotation. Modern microelectronics is widely used in industry, automated control systems, and consumer devices. A special device, a programmer, is used for programming microcontrollers. It enables uploading, erasing, and protecting firmware, as well as writing data to the memory of various electronic devices. This article analyzes existing designs of PIC microcontroller programmers, examines their operating principles, classification, and main characteristics.

Keywords: programmer, microcontroller, interface, firmware, RS-232.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

ПОКАЗАТЕЛИ ТРЕВОЖНОСТИ НА ЭЭГ И ЭМГ

Засинец Ю.А., Хуцишвили В.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Самуйлов И.В. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. В работе предложена методика диагностики тревожности и стресса с помощью ЭЭГ и ЭМГ. Исследуется асимметрия активности мозга и мышечные реакции. Методика включает тесты и запись сигналов в разных состояниях, что поможет выявлять ранние признаки тревожных расстройств для своевременного лечения.

Ключевые слова: тревожность, стресс, ЭЭГ, ЭМГ, биоэлектрическая активность, тест Спилбергера, нейрофизиология.

Введение. В настоящее время от стресса и тревожных расстройств страдает всё большее количество людей. Во время COVID-19 уровень стресса и тревожности начал увеличиваться. На данный момент согласно Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) депрессия является ведущей причиной нетрудоспособности в мире. Одними из симптомов депрессии являются стресс и тревожность. Для выявления повышенной тревожности и преддепрессивного состояния, можно использовать электроэнцефалография (ЭЭГ) и электромиография (ЭМГ) в тандеме с тестами на определение уровня стресса и тревожности [1].

Цель работы: создать методику выявления показателей на ЭЭГ и ЭМГ, которые свидетельствуют об уровне стресса и тревожности.

ЭЭГ – неинвазивный метод исследования функционального состояния головного мозга путём регистрации его биоэлектрической активности [2].

ЭМГ – метод исследования биоэлектрических потенциалов, возникающих в скелетных мышцах человека при возбуждении мышечных волокон [2].

Тревожность – это эмоциональное состояние, характеризующееся ощущением беспокойства, напряжения и ожидания негативных событий без явной причины [2].

Основная часть. У людей с высокой тревожностью часто наблюдается сниженная активность в левой лобной доле (связанной с позитивными эмоциями) и повышенная активность в правой (отвечающей за негативные эмоции). Это измеряется через разность амплитуд между правым и левым полушариями [1].

Перед снятия данных ЭЭГ и ЭМГ пациент проходит 2 теста [3]:

– тест для определения уровня стресса;

– тест Спилбергера – состоит из 20 высказываний, относящихся к тревожности как состоянию (состояние тревожности, реактивная или ситуативная тревожность) и из 20 высказываний на определение тревожности как диспозиции, личностной особенности (свойство тревожности).

Для получения ЭЭГ-сигналов и последующей базы пациентов будет использован Электроэнцефалограф Мицар-ЭЭГ-10/70-201. Параллельно со снятием ЭЭГ снимается и ЭМГ.

Результаты снятия показаний ЭМГ могут зависеть от возраста больного, принимаемых им лекарственных препаратов, наличия тремора головы и конечностей, случайных напряжений в челюстно-лицевых мышцах. Важно зафиксировать факт появления пиков, артефактов сигнала и связать их с тем или иным поведением пациента или условий проведения испытаний, схема подключения приведена на рисунке 1.

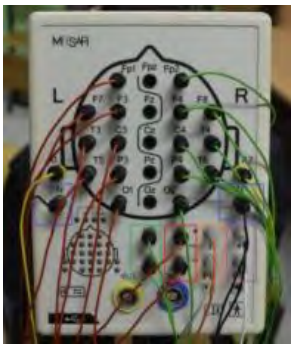


Рисунок 1 – Схема подключения электроэнцефалографа

Методика съёма данных описана ниже.

1 Настроить электроэнцефалограф Мицар-ЭЭГ-10/70-201. Настроить систему отведения, согласно стандартной 16 электродной системе, добавить контакты Poly 1,2,3,4. Фильтр верхней частоты выставить равным 0,16 Гц; фильтр нижней частоты выставить равным 30 Гц, если сигнал стабилен, то рекомендуется повысить частотность фильтра(до 50 Гц); выставить прожекторный фильтр «50/100±5Гц», если сигнал стабилен, то выставляется «50±5Гц»; чувствительность 15мкВ/см; текущую скорость – 60 мм\с, схема наложения электродов представлена на рисунке 2.

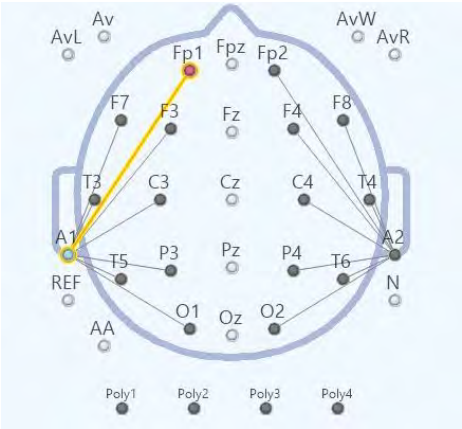


Рисунок 2 – Отображение международной 16-электродной схемы наложения электродов ЭЭГ в ПО «EEG Studio Запись»

2 Создать новое обследование. Ввести ФИО, дату рождения, пол.

3 Настроить отображение импеданса, переключить на третий тип, граничное значение выставить равном 10 кОм, пример настройки импеданса электродов, изображён на рисунке 3.

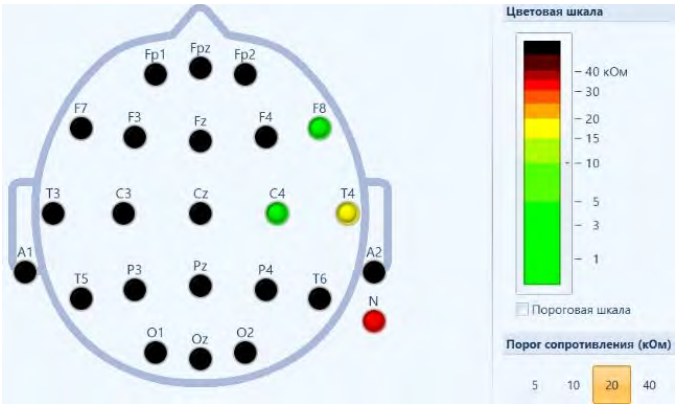


Рисунок 3 – Отображение окна импеданса в ПО

4 Установка электродов ЭМГ. Установить электроды: POLY 1, 2 – на правой и левой височных мышц соответственно; POLY 3, 4 – на правой и левой жевательных мышц соответственно.

5 Проверить уровень импеданса. При необходимости переустановите электроды.

6 Провести совместную запись ЭЭГ и ЭМГ в состоянии покоя с открытыми глазами.

7 Провести совместную запись ЭЭГ и ЭМГ в состоянии покоя с закрытыми глазами.

8 Провести совместную запись ЭЭГ и ЭМГ с закрытыми глазами, при этом пациент мысленно производит математические расчеты.

9 Отсоединить штекеры электродов ЭЭГ/ЭМГ от электроэнцефалографа

10 Подготовить аппарат транскраниальной магнитной стимуляции «Нейро МС-Д» к работе. Длительность процедуры 1 минута. Скважность между пачками импульсов – 5 секунд, частота импульсов 12 Гц, экспозиция одной пачки – 5 секунд. Выставить мощность сигнала до 10%. Индуктор использовать кольцевой.

11 Провести стимуляцию импульсными магнитными токами, сначала с правой, затем с левой стороны лица.

12 Подключить штекеры электродов к разъёмам электроэнцефалографа

13 Повторить измерения описанные в пунктах 6-8.

В данной работе предложена методика выявления паттернов стресса на основе сигналов ЭЭГ, ЭМГ. Исследование направлено на помощь врачам в оценке уровня тревожности по амплитудным характеристикам энцефалограммы, что позволит выявлять ранние признаки депрессии и своевременно начинать лечение. Разработанный подход может стать основой для мобильных нейрофизиологических измерений, способствующих ранней диагностике и персонализированной терапии тревожных расстройств.

Список литературы

1. Черный, С.В. Тревожность, ее ЭЭГ-корреляты и возможные механизмы: научн. статья/ С.В. Черный, В.Б. Павленко – Изд-во Таврического национального унив-та им. В.И. Вернадского, 2003 – 10 с.

2. Alonso, J.F., Romero, S., Ballester, M.R., Antonijoan, R.M., Mañanas, M.Á. (2015). Stress assessment based on EEG univariate features and functional connectivity measures. Physiological Measurement, 36(7), 1351.

3. Bados, A., Gómez-Benito, J., & Balaguer, G. (2010). The State-Trait Anxiety Inventory, trait version: Does it really measure anxiety? Journal of Personality Assessment, 92(6), 560-567.23:54

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

ANXIETY INDICATORS ON EEG AND EMG

Zasinets Y.A., Khutsishvili V.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Samuilov I.V. – Assistant of the Department of ETT

Annotation. Modern microelectronics is widely used in industry, automated control systems, and consumer devices. A special device, a programmer, is used for programming microcontrollers. It enables uploading, erasing, and protecting firmware, as well as writing data to the memory of various electronic devices. This article analyzes existing designs of PIC microcontroller programmers, examines their operating principles, classification, and main characteristics.

Keywords: programmer, microcontroller, interface, firmware, RS-232.

УДК 611.724

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ МЫЩЕЛКА ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА ПО ДАННЫМ КЛКТ

Крисько М.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Самуйлов И.В. – ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация. В работе представлена методика обработки данных КЛКТ височно-нижнечелюстного сустава пациентов. Описаны этапы настройки отображения мыщелков ВНЧС, а также снятия показаний и принятия решения о состоянии пациента на основе сравнения с полученными ранее данными других пациентов.

Ключевые слова: височно-нижнечелюстной сустав, плотность костной ткани, диагностика.

Введение. С возрастом опорно-двигательная система человека подвергается значительным изменениям, что может приводить к различным заболеваниям костей и суставов. Нарушения плотности костной ткани и состояния суставов становятся одной из главных причин снижения подвижности, болей и даже инвалидности в пожилом возрасте. В этом тексте рассматриваются наиболее распространённые из них – остеопения, остеопороз и артроз, а также их особенности и масштабы распространения.

Остеопения, остеопороз и артроз – одни из наиболее распространенных нарушений костной и суставной ткани, особенно с возрастом. Остеопения представляет собой начальное снижение плотности костей и часто выявляется у женщин после 40–50 лет, особенно в постменопаузе; без лечения она может прогрессировать в остеопороз.

Остеопороз – более выраженное уменьшение плотности костной ткани, значительно увеличивающее риск переломов даже при незначительных нагрузках. Согласно данным, каждая третья женщина и каждый пятый мужчина старше 50 лет сталкиваются с переломами, связанными с остеопорозом. В России этим заболеванием страдают более 10 миллионов человек.

Артроз (остеоартроз) – хроническое заболевание суставов, при котором разрушается суставной хрящ, сопровождаясь болью и ограничением подвижности. К 60 годам признаки артроза выявляются у половины населения, а после 70 лет – практически у всех. Эти состояния требуют раннего выявления и профилактики, поскольку существенно влияют на качество жизни в пожилом возрасте.

Основная часть. Исследование суставов обоих мыщелков требует комплексного подхода с анализом в различных плоскостях. Начальный этап включает оценку на фронтальном срезе, где ориентиры выстраиваются по крайним точкам структуры. Особое внимание уделяется медиальному полюсу, в то время как вершина играет второстепенную роль. Затем анализ продолжается на сагиттальной плоскости, позволяя более точно визуализировать передний полюс суставов и сопоставить данные двух проекций для точной оценки геометрии [1].

Ключевым этапом исследования является изучение плотности костной ткани суставной головки на сагиттальном срезе. С помощью инструмента для оценки полутоновых значений анализируется кортикальная зона, выявляются возможные изменения плотности, позволяющие диагностировать начальные признаки артроза. Особое внимание уделяется изменениям контуров, таким как эрозии, субхондральные кисты, истончения, склерозирование и другие патологические процессы [2].

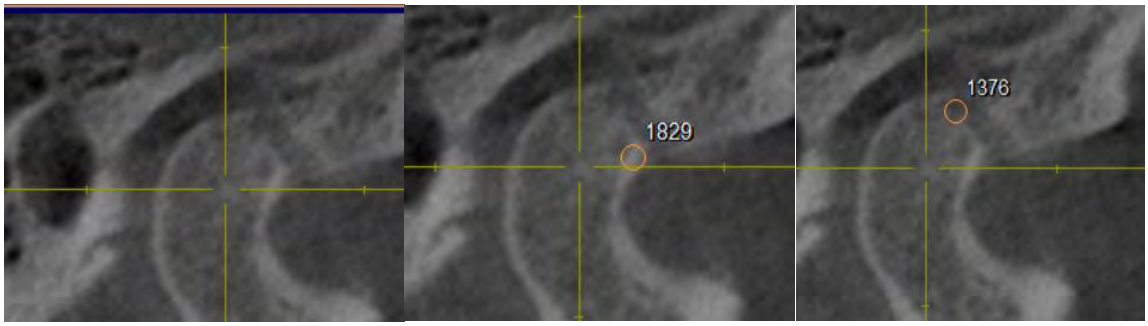


Рисунок 1 – Определение плотность костной ткани суставной головки

Наряду с этим, важное значение имеет анализ суставных щелей височно-нижнечелюстного сустава, включая переднюю, верхнюю и заднюю. Передняя и задняя суставные щели оцениваются под углом 45 градусов к центральной оси, а вертикальная – непосредственно по оси.

Рисунок 2 – Суставные щели ВНЧС

Согласно методике, исследование начинается с анализа правого мыщелка, после чего переходит к изучению левого. Завершающим этапом становится исследование левого мыщелка с применением аналогичной методики. Сравнительный анализ позволяет оценить симметричность изменений, выявить возможные патологии и получить всестороннюю картину состояния височно-нижнечелюстного сустава. Такой детализированный подход обеспечивает высокую точность диагностики и помогает своевременно выявлять отклонения.

По результатам обработки данных некоторого количества пациентов формируется диаграмма рассеяния, отображающую связь между двумя параметрами.

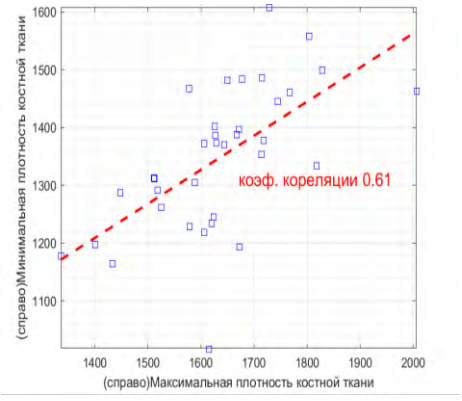


Рисунок 3 – Диаграмма рассеяния плотности костной ткани

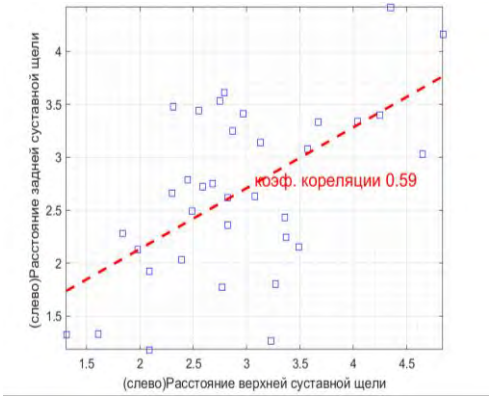


Рисунок 4 – Диаграмма рассеяния суставной щели правого мыщелка

На основе данной диаграммы можно сделать вывод о состоянии ВНЧС пациентов по их расположению относительно линейной регрессии. Если их параметры находятся в непосредственной близости можно сделать заключение о том, что состояние ВНЧС пациента находится в пределах нормы. Однако если параметры находятся достаточно отдаленно от линейной регрессии, можно предположить возможное нарушение в состоянии ВНЧС, которое должно быть подтвержденно более тщательными исследеованиями.

Заключение. Представленная методика обработки данных КЛКТ височно-нижнечелюстного сустава позволяет с высокой точностью диагностировать начальные признаки заболеваний, таких как остеопения, остеопороз и артроз, которые с возрастом становятся наиболее актуальными для пациентов. Комплексный подход, включающий многоплоскостной анализ суставных щелей и плотности костной ткани, обеспечивает всестороннее понимание состояния сустава и выявление даже самых ранних патологических изменений. Сравнительный анализ данных правого и левого мыщелков позволяет оценить симметричность изменений, что важно для своевременного выявления отклонений и предотвращения дальнейших заболеваний. Использование диаграмм рассеяния для оценки параметров пациента дает возможность точно локализовать возможные отклонения, улучшая точность диагностики и открывая новые перспективы для эффективного лечения и профилактики заболеваний височно-нижнечелюстного сустава.

Список литературы

1. Флейшер, Г.М. Индексная оценка патологии височно-нижнечелюстного сустава: руководство для врачей / Г.М. Флейшер. — М.: Издательские решения, 2019. — 274 с.

2. Третьяков, Ю.Д. Конусно-лучевая компьютерная томография: прикладное использование в стоматологии и смежных областях медицины / Ю.Д. Третьяков, В.И. Путляев. – М. : Изд-во Моск. ун-та : Наука, 2006. – 400 с.

UDC 611.724

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Krisko M.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Samuilov I.V. – assistant of the ETT department

Annotation.The paper presents a method for processing CBCT data of the temporomandibular joint of patients. The stages of setting up the display of the TMJ condyles, as well as taking readings and making a decision on the patient's condition based on comparison with previously obtained data from other patients, are described.

Keywords: temporomandibular joint, bone density, diagnostics.

УДК 535-92

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ ДВУХСЛОЙНОГО ОПТИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ AL_2O_3/MGF_2 МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Макарцов И.О., Ходяков И.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научные руководители: Аваков С.М. – д-р т. н., Трапашко Г.А. – к. т. н.

Аннотация. В работе представлен метод расчета коэффициента отражения для двухслойного антиотражающего покрытия Al_2O_3/MgF_2 на кварцевой подложке. Проведено моделирование в диапазоне длин волн 200–1000 нм. Результаты демонстрируют минимум отражения (0,22%) при проектной длине волны 355 нм, что соответствует четвертьволновой оптимизации. Для верификации модели выполнено сравнение с экспериментальными данными. Визуализация данных подтверждает интерференционные эффекты и зависимость от длины волны.

Ключевые слова. Двухслойные оптические покрытия, коэффициент отражения, интерференция, дисперсия, антиотражающее покрытие.

Введение. Физический принцип функционирования многослойных интерференционных покрытий основан на явлении интерференции световых волн, отражающихся от границ раздела слоёв с различными оптическими свойствами [1]. При падении электромагнитного излучения на многослойную структуру происходит множественное отражение волн на межслойных границах, характеризующихся разными значениями коэффициента преломления. Возникающие при этом отраженные волны вступают в когерентное взаимодействие, результатом которого является интерференционная картина.

Деструктивная интерференция, обеспечивающая минимизацию коэффициента отражения, наблюдается при выполнении условия фазового сдвига между интерферирующими волнами, равного полуволновому сдвигу. В этом случае происходит взаимная компенсация амплитуд электромагнитных колебаний.

Критическим параметром при проектировании покрытия является оптическая толщина слоёв, которая должна составлять λ/4 для целевой длины волны [2]. Это условие обеспечивает формирование требуемого фазового сдвига при нормальном падении излучения.

Основным фактором, влияющим на коэффициент преломления света, является показатель преломления материала. Использование материалов с разными показателями преломления позволяет точнее настраивать процесс интерференции и добиваться минимизации отражения в заданном диапазоне длин волн. Также немаловажным фактором является угол падения света. Изменение угла падения электромагнитного излучения на поверхность многослойной структуры вызывает изменение фазовых характеристик отраженных волн, что приводит к трансформации интерференционной картины и, как следствие, изменению спектрального распределения интенсивности отраженного излучения. Важно учитывать этот фактор при проектировании покрытий для различных условий освещения.

В данной работе рассмотрено покрытие, состоящее из двух слоев:

- MgF_2 с показателем преломления $n_1 = 1{,}38$;
- Al_2O_3 с показателем преломления $n_2 = 1{,}63$.

Двухслойная структура нанесена на кварцевую подложку с показателем преломления $n_3 = 1{,}46$, при этом внешней средой является воздух ($n_0 = 1{,}0$). Геометрическая толщина

каждого слоя рассчитывается для обеспечения соответствия оптической толщины величине $\lambda/4$, где λ – расчётная длина волны, равная 355 нм. Схематическое изображение оптической системы представлено на рисунке 1.

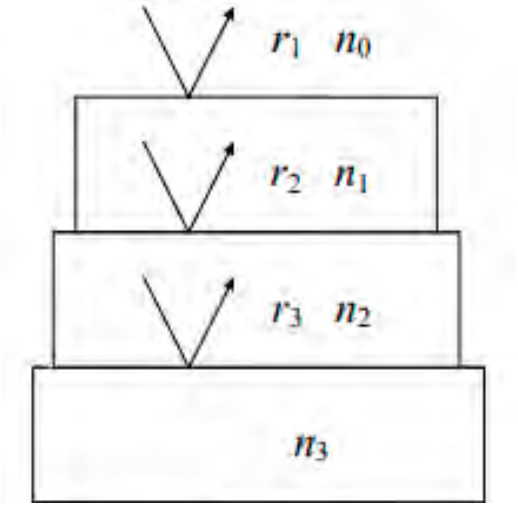


Рисунок 1 – Схема исследуемой оптической структуры

Основная часть. Для моделирования каждый слой описывается матрицей интерференции I_{ij} и матрицей распространения L_i [3]:

$$I_{ij} = \frac{1}{1+r_{ij}}\begin{bmatrix} 1 & r_{ij} \\ r_{ij} & 1 \end{bmatrix}, r_{ij} = \frac{n_j - n_i}{n_j + n_i}. \quad (1)$$

$$L_i = \begin{bmatrix} e^{-i\varphi_i} & 0 \\ 0 & e^{i\varphi_i} \end{bmatrix}, \varphi_i = \frac{2\pi n_i d_i}{\lambda}, \quad (2)$$

где n_i, n_j – показатели преломления сред,

d_i – толщина слоя, φ_i – фазовая толщина слоя,

r_{ij} – амплитудный коэффициент отражения.

Коэффициенты i, j принимают значения [0; m], где m равняется количеству сред в исследуемой оптической структуре.

Результирующая матрица системы:

$$M = I_{01} \cdot L_1 \cdot I_{12} \cdot L_2 \cdot I_{23}. \quad (3)$$

Коэффициент отражения:

$$R = \left|\frac{M_{21}}{M_{11}}\right|^2 \quad (4)$$

Коэффициент отражения R_0 кварца без покрытия:

$$R_0 = \left(\frac{n_3 - n_0}{n_3 + n_0}\right)^2 = 3{,}5\%. \quad (5)$$

На рисунке 2 показана зависимость R(λ). Минимум отражения (R = 0,22%) достигается при λ = 355 нм. Моделирование показало, что на контрольной длине волны λ =

355 нм коэффициент отражения для двухслойного покрытия Al_2O_3/MgF_2 существенно меньше, чем для подложки без покрытия, которое равняется 3,5%.

График зависимости коэффициента отражения R(λ) показывает:

– минимум коэффициента отражения вблизи контрольной длины волны.

– рост коэффициента отражения за пределами рабочего диапазона, что связано с изменением условий интерференции.

Для подтверждения модели, экспериментальным путем были получены коэффициенты отражения кварцевого стекла с покрытием и без, представленные на рисунке 3.

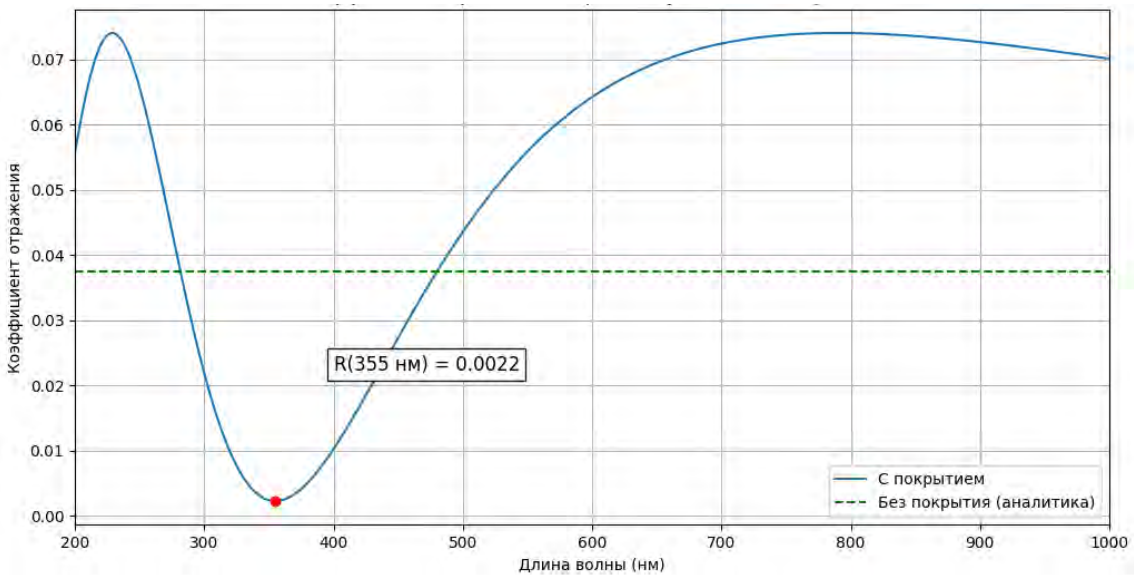
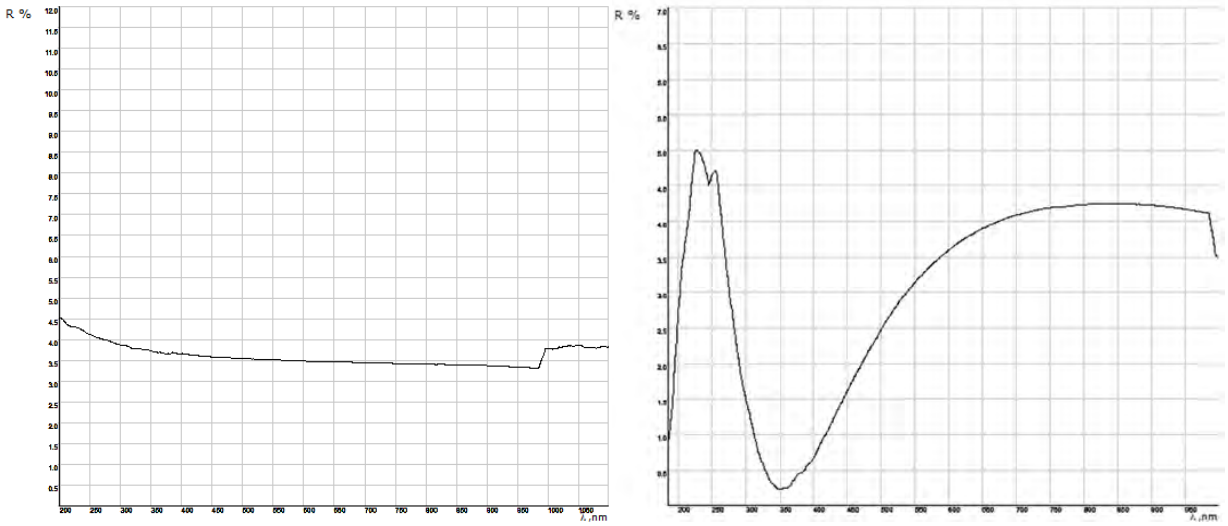


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента отражения (R) от длины волны



а б

Рисунок 3 – Графики зависимости коэффициента отражения от длины волны:
а – без покрытия, б – с покрытием

По экспериментальным данным получено, что среднее значение коэффициента отражения кварцевого стекла без покрытия равняется 3,611%, что подтверждает расчетные данные. Коэффициент отражения с покрытием при длине волны 355 нм равен 0,25%, что указывает на высокую точность модели.

Заключение. Математическое моделирование двухслойных оптических покрытий представляет собой эффективный инструмент для анализа и оптимизации их оптических характеристик. В данном исследовании был рассчитан коэффициент отражения R(λ) для двухслойного покрытия из Al_2O_3/MgF_2, нанесенного на кварцевое стекло.

Результаты моделирования показали, что при заданной длине волны λ = 355 нм коэффициент отражения значительно снижается в сравнении с подложкой без покрытия. Это свидетельствует о высокой эффективности предложенного покрытия в минимизации отражения, что подтверждает корректность выбранной модели и подхода. Полученные математические расчеты подтверждены экспериментальными данными.

Математическое моделирование позволило:

– рассчитать оптимальные толщины слоев для минимизации отражения на заданной длине волны;

– получить графическую зависимость коэффициента отражения от длины волны, что позволяет наглядно оценить эффективность покрытия в различных спектральных диапазонах;

– подтвердить, что выбор материалов с различными показателями преломления и точное управление толщинами слоев имеют решающее значение для достижения требуемых характеристик покрытия.

Кроме того, результаты моделирования могут быть использованы для дальнейших исследований в области многослойных покрытий, включая расширение модели для более сложных многослойных структур и учёт влияния углов падения света. Применение подобных методов в промышленности и научных исследованиях позволит создавать более эффективные покрытия для широкого спектра оптических устройств, включая лазеры, оптические фильтры, антиотражающие покрытия и другие высокотехнологичные системы.

Таким образом, математическое моделирование является мощным инструментом для разработки и оптимизации оптических покрытий, обеспечивая высокую точность вычисления их характеристик и позволяя эффективно решать задачи, связанные с улучшением оптических свойств материалов.

Список литературы

1. Macleod H. A. Thin-Film Optical Filters / H. A. Macleod. – 5th ed. – Boca Raton: CRC Press, 2017. – 696 p.

2. Минайчев В. Е. Нанесение пленок в вакууме. Технология полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники. Книга 6 / В. Е. Минайчев. – Москва: Высшая школа, 1989. – 111 с.

3. Путилин Э.С., Оптические покрытия. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010 – 227с.

UDC 535-92

MATHEMATICAL MODELING OF THE REFLECTION COEFFICIENT IN A TWO-LAYER AL_2O_3/MGF_2 OPTICAL COATING

Makartsou I.O., Khadziakou I.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Avakov S.M. – Grand Cand. of Sci. in Engineering sciences, Trapashko G.A. – Cand. of Sci. in Engineering sciences

Annotation. This study presents a method for calculating the reflection coefficient of a two-layer anti-reflective Al_2O_3/MgF_2 coating on a quartz substrate. Simulations were performed across the wavelength range of 200–1000 nm. The results reveal a reflection minimum (0.22%) at the design wavelength of 355 nm, consistent with quarter-wave optimization. To verify the model, comparisons with experimental data were conducted. Data visualization confirms the presence of interference effects and wavelength-dependent behavior.

Keywords. Two-layer optical coatings, reflection coefficient, interference, dispersion, anti-reflective coating.

УДК 534-8

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОПУЗЫРЬКОВОЙ КАВИТАЦИИ

Курлюк Е.А., Олешук И.Е., Перхунова А.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники[1]
г. Минск, Республика Беларусь

Дежкунов Н.В. – к. т.. н., доцент, зав. НИЛ 5.2

Аннотация. В работе рассматривается моделирование кавитационного шума, возникающего при однопузырьковой кавитации, с целью анализа механизмов формирования его спектральных составляющих. Исследование выполнено на основе численного моделирования акустического сигнала, формируемого при регулярных и нерегулярных пульсациях сферически симметричного пузырька. Анализ проведён для двух типов нарушений периодичности: случайного смещения фазы импульсов и вариации их амплитуды. Полученные спектры демонстрируют, что именно амплитудные флуктуации оказывают более выраженное влияние на рост непрерывной составляющей спектра по сравнению с временной асинхронностью.

Ключевые слова. Кавитация, кавитационный шум, математическое моделирование, спектральный анализ, преобразование Фурье, спектральные компоненты кавитационного шума.

Введение. Кавитация представляет собой процесс формирования, колебаний и последующего схлопывания микроскопических пузырьков газа в жидкости под воздействием переменного давления [1]. Переменное давление может возникать, в частности, при прохождении через жидкость звуковой волны большой интенсивности (на практике обычно используют звук частотой более 20 кГц – ультразвук).

При достаточно высокой интенсивности ультразвука кавитация сопровождается специфическими явлениями, такими как звуколюминесценция (свечение нагретого газа внутри схлопывающихся полостей), эрозия твердых тел, вызванная микро-кумулятивными струями и ударными волнами в жидкости, активация химических реакций в кавитационной области, генерирование широкополосного акустического сигнала (кавитационного шума) и т.д. Перечисленные явления взаимосвязаны, так как все они возникают благодаря схлопываниям пузырьков. Интенсивность подобных эффектов характеризуется понятием активности кавитации. Практические применения кавитации (ультразвуковая очистка, диспергация, сонохимия) связаны именно с этими явлениями, поэтому задача контроля активности кавитации является весьма значимой.

Основная часть. Один из способов оценки активности кавитации – регистрация сигнала с акустического датчика, погруженного в кавитирующую жидкость. Обычно датчик включает в себя пьезоэлектрический преобразователь, который и преобразует акустические колебания, в том числе кавитационный шум, в электрический сигнал.

Как было отмечено выше, в результате процессов пульсаций и схлопывания пузырьков в кавитационной зоне возникает сложный акустический сигнал – кавитационный шум. В режиме развитой кавитации, т.е. при интенсивности ультразвука значительно выше порога кавитации, спектр КШ включает основную частоту f0 ультразвукового поля, возбуждающего кавитацию, гармоники nf0, где n – целое число, субгармонику f0/2, частоты (2n+1)f0/2 и непрерывную составляющую белого шума. Поскольку излучение кавитационного шума связано с динамикой движения пузырьков, разумно предположить, что он несёт в себе сведения о состоянии кавитационной области и характере поведения пузырьков. В связи с этим спектральный анализ кавитационного шума рассматривается как перспективный инструмент изучения кавитационных явлений. Однако применение данного подхода осложняется недостаточной теоретической проработанностью механизмов формирования спектральных составляющих кавитационного шума [2].

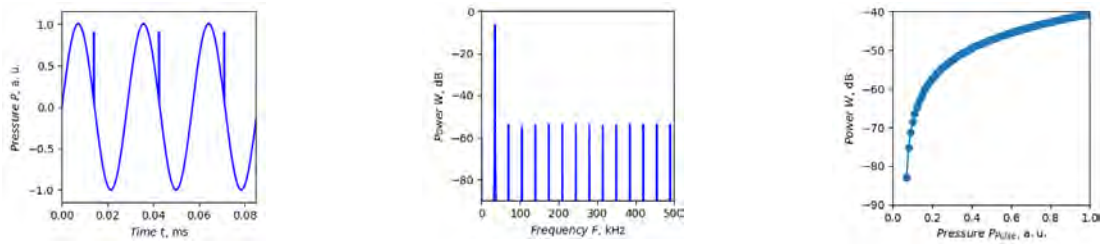
Целью данной работы являлось развитие фундаментальных представлений о механизмах формирования спектральных составляющих кавитационного шума и их анализ путем моделирования возможных искажений исходного синусоидального ультразвукового поля, вносимых кавитационными полостями.

В рамках исследования выполнено математическое моделирование однопузырьковой кавитации, представляющей собой регулярные пульсации сферически симметричной кавитационной полости. Аналогичные процессы наблюдаются в экспериментах по звуколюминесценции одиночного пузырька (однопузырьковая звуколюминесценция). В подобных системах резкое схлопывание пузырька обычно происходит в фазе сжатия ультразвуковой волны, преимущественно в конце первой половины или в начале второй половины соответствующего полупериода. При этом радиус пузырька в момент схлопывания меньше его максимального радиуса в десятки раз, что обусловливает сильное адиабатическое сжатие парогазовой смеси внутри полости.

На основании спектрального анализа излучения, испускаемого при звуколюминесценции, и теоретических расчетов показано, что максимальная температура в режиме однопузырьковой звуколюминесценции в оптимальных условиях достигает 40000 К [3], а соответствующие давления – до 1000 атм. Устойчивое состояние однопузырьковой звуколюминесценции реализуется при звуковых давлениях до 1,5 атм. При больших амплитудах звукового давления кавитационный пузырек становится неустойчивым, деформируется и распадается на части.

Математическая модель однопузырьковой кавитации основана на представлении ультразвукового поля в виде непрерывного синусоидального сигнала, в который периодически добавляются акустические импульсы, соответствующие моменту схлопывания пузырька. На рисунке 1 а показан результирующий сигнал. Схлопывание кавитационного пузырька моделируется как импульсное повышение давления с амплитудой $P_{имп}$, равной 0,9 от амплитуды акустического давления P_A, в определенные моменты времени, соответствующие фазе схлопывания. Импульсы вводятся в одну и ту же фазу каждого периода ультразвуковой волны. Спектральный анализ полученного сигнала осуществлялся с помощью преобразования Фурье. Рисунок 1 б иллюстрирует спектр полученного сигнала, в котором отчётливо выделяются основная частота F0 и гармоники основной частоты nF0, обусловленные регулярностью схлопываний. Непрерывная составляющая спектра отсутствует. На рисунке 1 в изображена зависимость мощности гармоник в спектре от амплитуды импульса $P_{имп}$. Данные результаты моделирования показывают, что при высокой степени периодичности и постоянной амплитуде акустических импульсов от схлопываний формируется устойчивый спектр с выраженными гармоническими компонентами.

В работе [3] приведены данные, показывающие, что при увеличении звукового давления P_A выше 1,5 P0, где P0 – гидростатическое давление, однопузырьковая система переходит в режим нестабильного генерирования звуколюминесценции. Кавитационный пузырёк при этом становится неустойчивым и хаотически колеблется в пространстве вблизи точки максимальной амплитуды звукового давления. Фаза схлопывания такого пузырька варьируется случайным образом вокруг некоторого среднего положения относительно фазы звуковой волны.

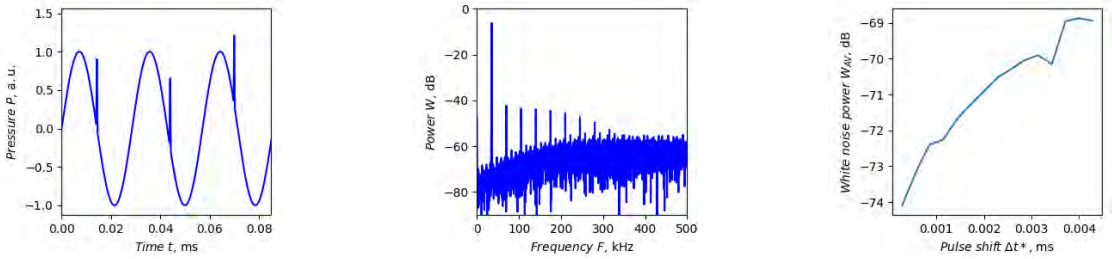


а б в

Рисунок 1 – Моделирование однопузырьковой кавитации при высокой степени периодичности захлопывания пузырька: а - сигнал; б – спектр; в – зависимость высоты гармоник от $P_{имп}$

Для моделирования соответствующего акустического сигнала в программе для каждого последовательного периода ультразвука задавалось смещение импульса Δt от среднего положения, случайным образом изменяющееся с ограничением максимальной величины абсолютного значения Δt, т.е. принималось, что абсолютное значение Δt не может быть больше некоторого заданного Δt*. Амплитуда импульса при этом оставалась постоянной и равной 0,9 P_A. Распределение величины Δt было равномерным на отрезке от -Δt* до Δt*.

На рисунке 2 а показан сигнал во временной области, полученный в результате моделирования с учётом случайных смещений Δt. Видно, что импульсы от захлопывания кавитационного пузырька теперь не строго периодичны. На рисунке 2 б представлен спектр этого сигнала, который включает основную частоту F0, гармоники nF0 и непрерывную составляющую, возникающую вследствие апериодичности импульсов. На рисунке 2 в приведена зависимость средней мощности непрерывной составляющей кавитационного шума от величины Δt*, которая определяет степень апериодичности пульсаций пузырька, задавая максимально возможное отклонение фазы импульса от среднего положения.



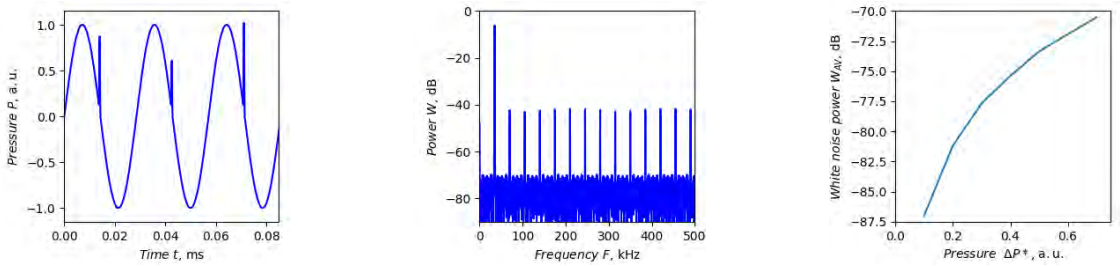
а б в

Рисунок 2 – Однопузырьковая кавитация при захлопывании пузырька с нарушением периодичности: а – сигнал; б – спектр сигнала, в - зависимость непрерывной составляющей кавитационного шума от Δt*; амплитуда импульса $P_{имп}$ = 0,9 P_A

В работе [4] показано, что при однопузырьковой кавитации вблизи твердой поверхности амплитуда импульса от схлопывания пузырька может значительно варьироваться в зависимости от начального расстояния пузырька до поверхности и давления окружающей среды, что определяет скорость микроструи и давление на поверхность. С изменением этих Ыпараметров варьируется амплитуда импульсов, действующих на датчик.

Для моделирования данного эффекта был рассмотрен случай, где амплитуда импульсов, соответствующих захлопыванию пузырька, варьируется случайным образом на величину ΔP, которая лежит в пределах заданного диапазона от -ΔP* до ΔP* (распределение равномерное). В данной модели учитывается возможность изменения энергии пузырька, высвобождаемой при схлопывании, из-за флуктуаций окружающих условий. В результате получен акустический сигнал, представленный на рисунке 3 а, где амплитуды импульсов изменяются от периода к периоду.

Спектральное представление этого сигнала показано на рисунке 3 б. В отличие от случая с вариацией фазовых смещений (рисунок 2 б), здесь непрерывная составляющая спектра имеет несколько иной характер и меньшую мощность, однако в итоге достигает сравнимых значений мощности в связи с более быстрым ростом мощности непрерывной составляющей при увеличениии ΔP*. На рисунке 3 в представлена зависимость средней мощности непрерывной составляющей кавитационного шума от диапазона вариации амплитуд импульсов. Увеличение разброса амплитуд импульсов приводит к росту непрерывной составляющей спектра кавитационного шума.



а б в

Рисунок 3 – Моделирование кавитационного шума однопузырьковой кавитации при варьировании величины кавитационного импульса, генерируемого пузырьком: а – сигнал; б – спектр; в - зависимость непрерывной составляющей кавитационного шума от ΔP*

Заключение. На основании представленных результатов можно сделать вывод о различной чувствительности спектральных характеристик кавитационного шума при однопузырьковой кавитации к двум типам возмущений: временной асинхронности импульсов и вариации их амплитуды. Несмотря на то, что оба механизма нарушают периодичность сигнала, именно изменение амплитуды импульсов (рисунок 3 в) оказывает более существенное влияние на рост мощности непрерывной составляющей спектра кавитационного шума по сравнению с фазовыми смещениями (рисунок 2 в). Это указывает на то, что энергетические флуктуации, сопровождающие схлопывание пузырька, играют более значимую роль в формировании характерного спектра кавитационного шума, чем нарушение строгой временной синхронизации.

Полученные данные дополняют современные модели ультразвуковой кавитации, учитывая влияние асинхронности и энергетических флуктуаций кавитационных процессов на формирование непрерывной составляющей спектра. Результаты исследования позволяют углубить понимание физики кавитационных явлений и усовершенствовать существующие подходы к моделированию акустических процессов.

Список литературы

1. Сиротюк М.Г. Акустическая кавитация / М.Г. Сиротюк. М.: Наука, 2008.

2. Pengfei, W. Acoustic Characterization of Cavitation Intensity: A Review / W. Pengfei // Ultrasonics Sonochemistry. – 2022. – Vol. 70. – P. 10.

3. Brenner, M. P. Single-Bubble Sonoluminescence / M. P. Brenner, S. Hilgenfeldt, D. Lohse // Rev. Mod. Phys. - 2002. - Vol. 74. - P. 65–144.

4. Hsiao, C.-T. Modelling of material pitting from cavitation bubble collapse / Chao-Tsung Hsiao, A. Jayaprakash, A. Kapahi, J.-K. Choi, Georges L. Chahine // Journal of Fluid Mechanics. - 2014. - V. 755.- P. 142–175.

UDC 534-8

MODELING OF SINGLE-BUBBLE CAVITATION

Kurliuk E.A., Oleshuk I.E., Minchuk V.S., Perkhunova A.Yu.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Dezhkunov N.V. – Cand. of Tech.l Sci., Associate Professor, Head of RL 5.2

Annotation. The study investigates the modeling of cavitation noise arising from single-bubble cavitation, aiming to analyze the mechanisms behind the formation of its spectral components. The research is based on numerical simulations of the acoustic signal generated by regular and irregular pulsations of a spherically symmetric bubble. The analysis focuses on two types of periodicity disturbances: random phase shifts of the pulses and variations in their amplitude. The obtained spectra demonstrate that amplitude fluctuations have a more pronounced effect on the growth of the continuous spectral component compared to temporal asynchrony.

Keywords. Cavitation, cavitation noise, mathematical modeling, spectral analysis, Fourier transform, spectral components of cavitation noise.

СЕКЦИЯ
«ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ, КОГНИТИВНАЯ ЭРГОНОМИКА, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

УДК 004.774.6:379.821

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ЦЕНТРА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ И МОЛОДЕЖИ Г. МИНСКА

Русакова В.О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Щербина Н.В. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Рассматривается процесс разработки веб-приложения для организации работы центра дополнительного образования, где основное внимание уделено автоматизации ключевых организационных процессов, таких как обработка поступивших заявок на зачисление в секции по интересам и составление расписания их работы.

Ключевые слова: JavaScript, веб-приложение, автоматизация, дополнительное образование

Введение. Образовательные учреждения сталкиваются с необходимостью автоматизации процессов управления и взаимодействия между администрацией и учащимися. Внедрение цифровых решений позволяет оптимизировать данные процессы, снижая временные и трудовые затраты, а также минимизируя вероятность ошибок.

В данной статье рассматривается веб-приложение для организации работы центра дополнительного образования детей и молодежи г. Минска, направленного на повышение эффективности управления образовательной деятельностью и улучшение взаимодействия между всеми участниками процесса.

Основная часть. Разработанное веб-приложение обеспечивает следующие функциональные возможности [1]:

− автоматизация ключевых процессов – регистрация пользователей, составление расписания, управление преподавателями выполняются автоматически, что снижает вероятность ошибок и повышает эффективность работы;

− персонализация – пользователи получают доступ к личному кабинету, уведомлениям о занятиях и изменениям в расписании, а также могут фильтровать и искать курсы по различным параметрам;

− гибкость и адаптивность – приложение легко настраивается под изменения в структуре образовательных программ, а расписание и курсы можно корректировать в режиме реального времени;

− эффективное управление образовательным процессом – централизованная система позволяет администраторам быстро вносить изменения и формировать отчеты, что делает работу центра более прозрачной и структурированной.

Архитектура веб-приложения основывается на клиент-серверной модели, где клиентская часть позволяет создавать динамичные интерфейсы, а серверная часть обеспечивает быстрое и эффективное выполнение запросов. База данных обеспечивает гибкость при работе с неструктурированными данными и легко масштабируется в случае необходимости расширения функционала. Таким образом, технологический стек для реализации веб-приложения включает:

− React – библиотека для создания пользовательских интерфейсов, что позволяет создавать интерактивные веб-страницы с быстрым откликом[3];

− Node.js – серверная платформа для JavaScript, которая обеспечивает быстрый отклик и обработку запросов, идеально подходящая для высоконагруженных веб-приложений[2];

– MongoDB – не реляционная база данных, которая позволяет эффективно хранить данные в формате JSON, что идеально подходит для гибких и масштабируемых приложений [4].

Одной из ключевых составляющих веб-приложения является интерфейс, обеспечивающий удобную навигацию и простоту в использовании. Благодаря этому, пользователи смогут находить важные функции за минимальное количество шагов. Интерфейс панели администратора не требует специальной подготовки, что минимизирует время на обучение персонала и позволяет эффективно управлять образовательным процессом.

Интерфейс веб-приложения разработан с учетом удобства для пользователей всех категорий. Главная страница для потенциальных учащихся и административная панель для сотрудников имеют разные интерфейсы, чтобы соответствовать нуждам каждой группы пользователей.

Для администраторов интерфейс включает функции управления всеми процессами в центре дополнительного образования детей и молодежи: составление расписания, управление преподавателями, просмотр статистики по учащимся. Эти функции разделены по категориям и доступны через навигационное меню, расположенное в левой части страницы. Реализация одной из ключевых функциональных возможностей – обработки поступивших заявок, представлена на рисунке 1.

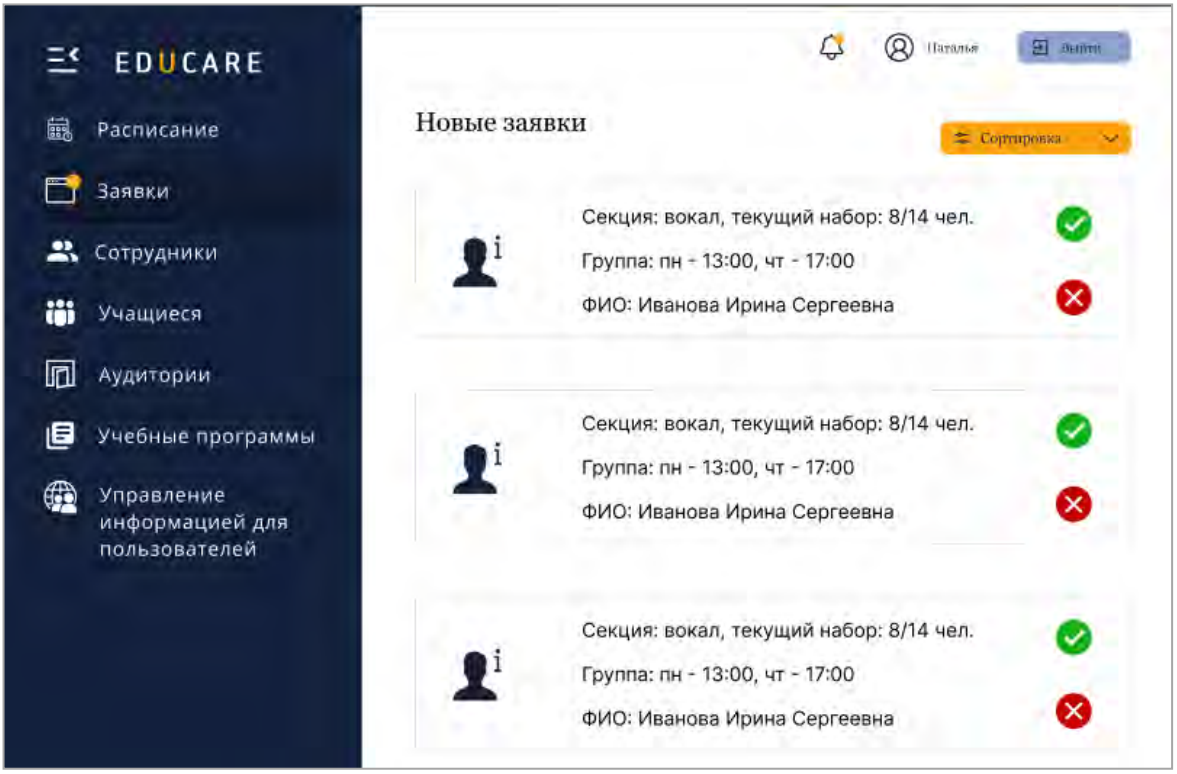


Рисунок 1 – Страница обработки заявок на зачисление в секцию по интересам

Для автоматизации процесса подачи заявки на зачисление в секцию, потенциальный учащийся после выбора секции, должен заполнить соответствующую форму. Некоторые поля имеют подсказки, выпадающие списки для выбора или автозаполняемы, если данные ранее уже вводились. Страница, содержащая форму для формирования заявки на зачисление в секцию, представлена на рисунке 2.

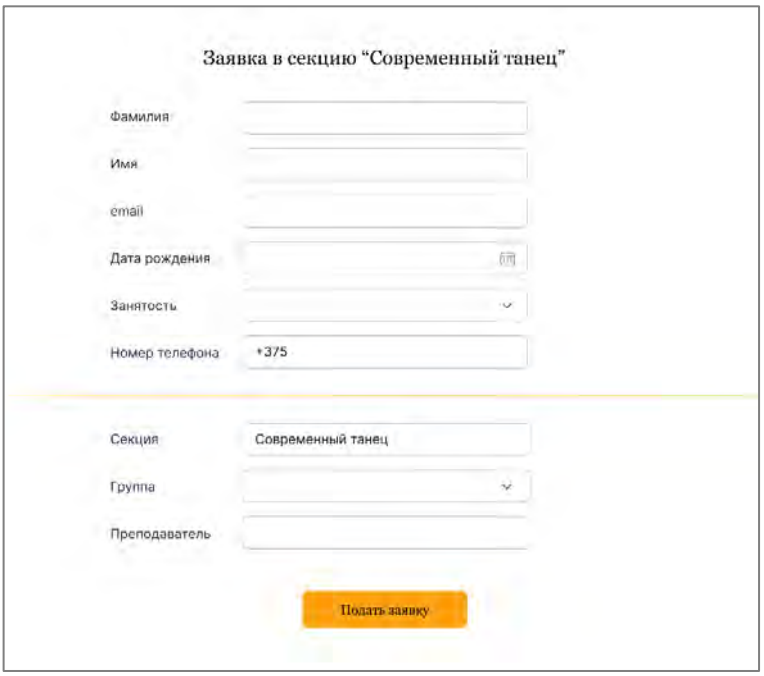


Рисунок 2 – Страница формирования заявки

Заключение. Веб-приложение для организации работы центра дополнительного образования детей и молодежи г. Минска позволит улучшить качество организации работы в центре, упростить взаимодействие между центром и населением, тем самым повысив эффективность управления и взаимодействия между всеми участниками образовательного процесса. Внедрение веб-приложения будет способствовать значительному улучшению организационных процессов и повышению удовлетворенности как учащихся, так и администраторов, которые смогут сосредоточиться на более важных задачах.

Список литературы

1. *Зачем нужна CRM система в образовательном учреждении и как ее внедрить [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.bitrix24.ru/journal/zachem-crm-sistema-v-obrazovatelnom-uchrezhdenii-i-kak-ee-vnedrit/. Дата доступа: 10.03.2025.*

2. *Node.js documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://nodejs.org/docs/latest/api/. Дата доступа: 19.02.2025.*

3. *Начало работы - React [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://lenarin.github.io/docs/getting-started.html. Дата доступа: 24.02.2025.*

4. *MongoDB [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://metanit.com/nosql/mongodb/1.1.php. Дата доступа: 17.02.2025.*

UDC 004.774.6:379.821

WEB APPLICATION FOR ORGANIZING THE WORK OF THE CENTER FOR ADDITIONAL EDUCATION OF CHILDREN AND YOUTH OF MINSK

Rusakova V.O.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Shcherbina N.V. – Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article examines the process of developing a web application for organizing the work of a center for additional education, where the main focus is on the automation of key organizational processes, such as processing received applications for enrollment in interest sections and drawing up a schedule for their work.

Keywords: JavaScript, web application, automation, additional education.

УДК [004.42:621.395.721.5]+331.101.1

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОДБОРА КНИГ С AR-ВОЗМОЖНОСТЯМИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Лемешевская Д.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Николаев А.Ю. – ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Цель проекта – разработка мобильного приложения для автоматизации процесса выдачи рекомендаций, учета прогресса чтения книг и предоставления возможности проекции книги в реальном мире при помощи возможностей камеры. Разработанная система предназначена для привлечения новых пользователей путем предоставления качественных рекомендаций и возможности представления книги вживую благодаря *AR*-возможностям.

Ключевые слова: Augmented Reality, мобильное приложение, Java, Firebase, ARCore

Введение. В наше время благодаря развитию технологий люди со всего мира могут с легкостью находить и покупать книги. Но одно дело купить книгу вживую, оценив ее размеры и качество обложки, а другое дело – купить ее через Интернет и огорчиться после получения, так как продукт не соответствует ожиданиям.

Данная тема актуальна, так как на сегодняшний день, пусть человечество активно пользуется сетью Интернет и все больше отказывается от бумажных носителей информации в различных сферах, но многие люди не спешат отказываться от книг. Сколько бы ни пророчили их закат, но более половины читателей, прошедших в 2023 году опрос, предпочитают бумажные книги [1]. В нашей же республике в 2024 году заместитель министра информации Игорь Бузовский заявил, что 87% читающих белорусов предпочитают бумажные книги электронным [2]. Также министр информации Республики Беларусь Владимир Перцов на том же симпозиуме литераторов рассказал, что Беларусь остается одной из самых читающих стран и в Европе, и в СНГ [3].

В данной работе объектом разработки выступает мобильное приложение для подбора книг, которое представляет собой систему, предлагающую пользователю доступ к перечню книг и их объемной проекциям в соответствии с реальными размерами изданий, функцию отслеживания процесса чтения книг и возможность создания списков избранных произведений. Данное решение поможет как увеличить приток клиентов к самому приложению посредством учета прогресса прочтения книг и просмотра их рекомендаций, так и стать звеном между покупателем и книжными магазинами, повысив их продажи.

Основная часть. Приложение разработано для операционной системы Android. Для разработки использовались языки программирования Java и C#. Для хранения данных выбраны СУБД Google Firebase и среды разработки Android Studio и Unity. Для лучшей реализации AR-функций также использована платформа ARCore.

Эргономическое проектирование заключается в том, что оно позволяет понять, как выглядит система и какие у нее функции, принять правильный подход к процессу последующего проектирования. Оптимизировать действия пользователя и позволить сэкономить ему силы, достичь максимальное психологическое и эстетическое удобство, а также повысить эффективность функционирования системы.

Выполненные в ходе эргономического проектирования анализы бизнес-процессов и конкурентов дали четкую картину того, что в сфере рекомендательных сервисов у проектируемого приложения имеются некоторые аналоги: Livelib, Goodreads, StoryGraph.

Однако в контексте наличия AR-возможностей аналогов для данной предметной области не найдено, что является несомненным преимуществом для разработки.

Следующим шагом эргономического проектирования являлись формулировка, анализ содержания выполняемых системой функций. В перечень реализованных функций вошли следующие: авторизация пользователя; занесение книги в список читаемых, обновление прогресса ее прочтения, а также изменение статуса книги на «прочитано»; создание пользователем различных списков избранных книг и занесение туда произведений, их удаление или перенос между списками; просмотр книги в реальном масштабе при помощи разработанных AR-возможностей; написание отзыва на прочитанное произведение; создание книжных вызовов и выполнение их условий; редактирование информации профиля.

Также на данном шаге произведено распределение функций между пользователем и телефоном. Это распределение позволило определить, какие задачи и функции будут выполняться человеком, а какие будут автоматизированы и выполняться приложением. Благодаря результатам данной работы разработана диаграмма вариантов использования, представленная на рисунке 1.

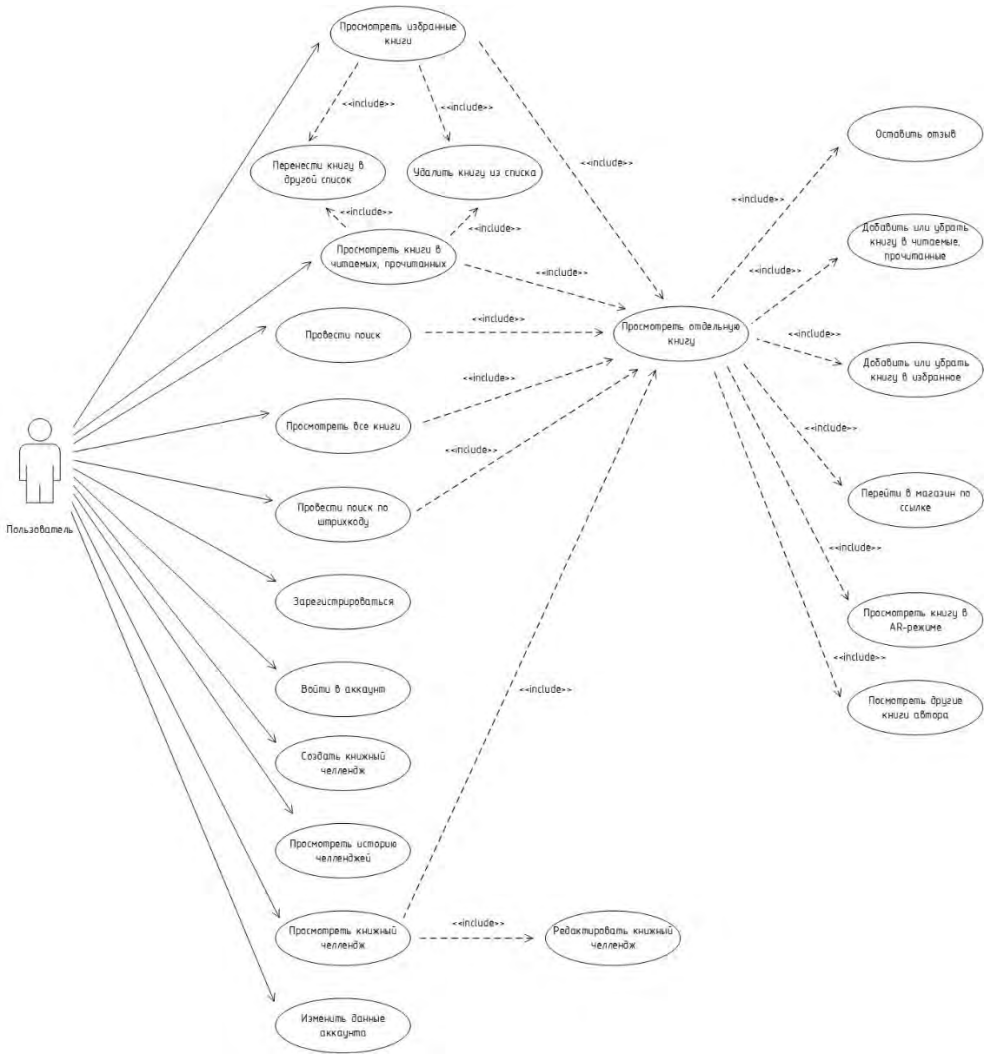


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Следующим шагом эргономического проектирования после составления диаграммы вариантов использования и разработки алгоритмов работы пользователя стала разработка эргономических требований.

Эргономические требования к системе – это требования ко всей системе, ее подсистемам, оборудованию и рабочей среде, определяемые свойствами человека и обеспечивающие его эффективную и безопасную деятельность. Они формируются на основании экспериментальных исследований и опыта эксплуатации СЧКС, требований эргономических стандартов [4].

При создании дизайна интерфейса и расположения элементов в нем соблюдены законы UX/UI дизайна наравне с эргономическими требованиями, что позволило мобильному приложению обрести не только приятный и интуитивно понятный (за счет установленного прошлого опыта пользователя во взаимодействии со схожими мобильными приложениями) дизайн интерфейса, но и достигнуть хороший показатель эргономичности. В соответствии с полученными знаниями в дизайне цифровых продуктов составлены мудборд и шрифтовые пары, определена в соответствии с показателями контраста цветовая палитра элементов, разработаны лого и прототип, который позже использован при программировании интерфейса итоговой версии мобильного приложения. По итогам оценки также составлены рекомендации по дальнейшему улучшению эргономичности спроектированной системы.

Заключение. В ходе работы разработано мобильное приложение для подбора книг с AR-возможностями. При эргономическом проектировании проведено исследование и анализ конкурентов, определены функции системы, проанализировано их содержание и произведено распределение между человеком и приложением и в соответствии с этим разработана диаграмма вариантов использования пользователя. Разработаны эргономические требования и благодаря им произведена оценка эргономичности мобильного приложения по подбору книг. Результаты оценки показали, что система соответствует заявленным требованиям.

Список литературы

1. *Газета российской государственной библиотеки для молодежи [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://gazetargub.ru/?p=19166. Дата доступа:10.02.2025.*

2. *BELTA [Электронный ресурс]. Режим доступа https://belta.by/society/view/87-chitajuschih-belorusov-predpochitajut-bumazhnye-knigi-elektronnym-621137-2024/. Дата доступа: 10.02.2025.*

3. *BELTA [Электронный ресурс]. Режим доступа https://belta.by/society/view/pertsov-belarus-odna-iz-samyh-chitajuschih-stran-i-v-evrope-i-v-sng-621110-2024/. Дата доступа: 10.02.2025.*

4. *Шупейко, И.Г. Эргономическое проектирование систем «человек – компьютер – среда». Курсовое проектирование/И.Г. Шупейко. Минск: БГУИР, 2012.*

UDC [004.42:621.395.721.5]+331.101.1

MOBILE APPLICATION FOR SEARCHING BOOKS WITH AR CAPABILITIES AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Lemiasheuskaya D.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Nikolaev A.Y. – Assistant of the Department of EPE

Annotation. The aim of the project is to develop a mobile application to automate the process of issuing recommendations, record the progress of book reading and provide the opportunity to project the book in the real world using the camera capabilities. The developed system is designed to attract new users by providing quality recommendations and the possibility of presenting the book live thanks to AR capabilities.

Keywords: Augmented Reality, mobile application, Java, Firebase, ARCore.

УДК 004.418

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА CI/CD ДЛЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ И МОНИТОРИНГА МИКРОСЕРВИСОВ

Валаханович В.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Цявловская Н.В. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье описана система, реализующая современные подходы организации непрерывной интеграции и непрерывного развертывания (CI/CD) в архитектуре микросервисов. Анализируются ключевые технологии, используемые для автоматизации процессов сборки, тестирования и деплоя.

Ключевые слова: автоматизация, CI/CD, микросервисы, DevOps, контейнеризация, Kubernetes, Docker, GitHub Actions, мониторинг, Prometheus, Grafana, PostgreSQL.

Введение. Современная разработка программного обеспечения характеризуется высокой динамикой и требованиями к быстроте развертывания и надежности сервисов. Традиционные монолитные архитектуры нередко оказываются неэффективными в условиях частых изменений и масштабируемости. В этой связи особую актуальность приобретает архитектура микросервисов, требующая автоматизированных процессов развертывания и сопровождения. В данных условиях ключевым инструментом является система CI/CD, обеспечивающая бесперебойную интеграцию, тестирование и развертывание микросервисов. Настоящая работа посвящена анализу подходов к построению эффективной системы CI/CD в микросервисной архитектуре.

Основная часть. В индустрии разработки программного обеспечения микросервисная архитектура становится все более востребованной. С другой стороны, традиционные подходы к интеграции и развертыванию сопровождаются высокими затратами времени, сложностями координации и рисками ошибок. Поэтому актуальной задачей является внедрение автоматизированных процессов CI/CD, обеспечивающих бесперебойную интеграцию, тестирование и развертывание микросервисов [1, 2].

Разработка эффективной системы CI/CD базируется на современных технологиях, позволяющих создать надежную, гибкую и масштабируемую инфраструктуру. В качестве инструмента автоматизации используется GitHub Actions, обеспечивающий выполнение сборочных, тестовых и развертываемых процессов. Контейнеризация реализована с помощью Docker, а управление развертыванием осуществляется через Kubernetes, что позволяет эффективно масштабировать микросервисные приложения. Для мониторинга используются Prometheus и Grafana, обеспечивающие сбор, анализ и визуализацию метрик, необходимых для контроля состояния системы [3]. Хранение данных реализовано в PostgreSQL, что обеспечивает целостность и доступность информации.

Разработка системы осуществляется на C# с использованием фреймворка .NET Core, что обеспечивает высокую производительность и кроссплатформенность. В качестве API-шлюза используется ASP.NET Core, обеспечивающий маршрутизацию запросов между микросервисами. Сборка и тестирование выполняются с использованием GitHub Actions, а для тестирования модулей применяется xUnit.

Каждый микросервис разворачивается в контейнере Docker, а управление развертыванием и масштабированием обеспечивается Kubernetes. База данных PostgreSQL подключается через Entity Framework Core, что позволяет эффективно управлять данными и поддерживать миграции схемы базы.

Для мониторинга и логирования интегрированы Prometheus и Grafana, а сбор логов осуществляется через EFK-стек (Elasticsearch, Fluentd, Kibana). Контроль за

отказоустойчивостью обеспечивается механизмами Kubernetes Health Checks и автоматическим перезапуском контейнеров при сбоях.

Внедрение системы CI/CD позволяет минимизировать время вывода изменений в эксплуатацию, повысить надежность развертывания и снизить количество ошибок, возникающих при интеграции кода. Автоматизация процессов тестирования и деплоя способствует ускорению выпуска обновлений, а мониторинг метрик обеспечивает оперативное реагирование на возникающие проблемы.

При разработке учитывались принципы эргономики и удобства администрирования, что позволило создать интуитивно понятную систему управления развертываниями. Оптимизированные процессы CI/CD обеспечивают удобство использования на различных платформах, минимизируют вероятность сбоев и повышают эффективность сопровождения микросервисов. Визуальный интерфейс мониторинга и логирования в Grafana упрощает анализ производительности и выявление проблем.

Функциональное и нагрузочное тестирование подтвердило стабильность работы системы при высокой нагрузке. Проверены корректность автоматического развертывания, мониторинга, управления ресурсами и интеграции с облачными сервисами. Архитектура, основанная на GitHub Actions, Kubernetes и PostgreSQL, гарантирует отказоустойчивость и безопасность данных [4].

Заключение. Разработанная система CI/CD для микросервисов обеспечивает автоматизацию процессов сборки, тестирования, развертывания и мониторинга, что снижает временные затраты и повышает стабильность работы программных продуктов. Использование контейнеризации на основе Docker и Kubernetes позволяет эффективно управлять развертыванием микросервисов, обеспечивая их масштабируемость и отказоустойчивость. Интеграция с GitHub Actions автоматизирует выполнение всех этапов CI/CD, а мониторинг с помощью Prometheus и Grafana обеспечивает контроль за состоянием системы и анализ ключевых метрик. Таким образом, внедрение данной системы способствует повышению эффективности процессов разработки и эксплуатации микросервисных приложений в условиях современных требований к надежности и скорости доставки программного обеспечения.

Список литературы

1. *Маличенко, С. В. Проблемы перехода от монолитной к микросервисной архитектуре // Евразийский научный журнал. 2022. №5. С. 8–12.*

2. *Вальдивия Х. А., Лора-гонсалес А., Лимон К., Кортес-вердин К., Очаран-эрнандес Х. О. Паттерны микросервисной архитектуры: многопрофильный обзор литературы // Труды ИСП РАН. – 2021. – №1. – С. 81–95.*

3. *Маратканов А. С., Суханов А. А., Воробьева А. Ан. Средства анализа и визуализации метрик работы приложения // International scientific review. 2019. №LIX. С. 128-130.*

4. *Лазарев Н. А., Борисенко О. Д. Построение требований и архитектуры облачного оркестратора платформенных сервисов // Труды ИСП РАН. 2022. №4. С. 211–228.*

UDC 004.418

CI/CD AUTOMATED SYSTEM FOR MICROSERVICE DEPLOYMENT AND MONITORING

Valakhanovich V.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tsyavlovskaya N.V – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The paper describes a system that implements modern approaches to continuous integration and continuous deployment (CI/CD) in microservices architecture. The key technologies used to automate build, test and deployment processes are analyzed.

Keywords: automation, CI/CD, microservices, DevOps, containerization, Kubernetes, Docker, GitHub Actions, monitoring, Prometheus, Grafana, PostgreSQL.

УДК 50 7900 7

ВЕБ-РЕСУРС ПО ИЗУЧЕНИЮ DATA SCIENCE И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Воронова К. Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка веб-ресурса по изучению Data Science, который предоставит пользователям возможность изучать основные концепции и практические навыки Data Science через доступ к теоретическим материалам, тестам и задачам. Важной частью веб-ресурса является создание комфортных условий для работы пользователя с образовательным контентом, что достигается благодаря эргономически продуманному интерфейсу, минимизирующему возможные когнитивные и физические нагрузки.

Ключевые слова: веб-ресурс, data science, пользователи, данные

Введение. Современный мир стремительно движется в сторону цифровизации, и одной из ключевых сфер, получивших значительное развитие, является Data Science. Анализ данных стал важным инструментом для бизнеса, науки и государственного управления, что делает его изучение актуальным и востребованным направлением. В условиях растущего объема информации компании и исследователи ищут способы эффективной обработки данных для получения ценных инсайтов.

Веб-ресурс по изучению Data Science позволит освоить необходимую теорию по выбранному подразделу, проверить свои знания с помощью текстов, а также получить практический опыт посредством выполнения заданий, что позволит лучше закрепить знания и навыки.

Основная часть. С развитием технологий машинного обучения и искусственного интеллекта (AI) спрос на специалистов в области Data Science стремительно растет. Компании нуждаются в квалифицированных аналитиках данных, которые могут работать с большими объемами информации, находить закономерности и делать прогнозы. В связи с этим возрос интерес к образовательным платформам и веб-ресурсам, предоставляющим курсы по Data Science.

Создание данного веб-ресурса значительно облегчит процесс усвоения для обучающихся. Благодаря ресурсу, обучающиеся смогут создавать профили, выбирать темы и уроки для изучения, применять теорию на практике

Создание веб-ресурса для изучения Data Science имеет множество преимуществ:

− доступность – пользователи могут обучаться в любое время и из любой точки мира;

− гибкость – адаптивные программы позволяют выбирать индивидуальную траекторию обучения;

− практическая направленность – наличие заданий, тестов и кейсов помогает отрабатывать полученные знания.

Веб-ресурс по изучению Data Science приносит пользу не только пользователям, но и бизнесу:

− подготовка специалистов;

− партнёрства и коллаборации – возможность сотрудничества с образовательными учреждениями и технологическими гигантами;

− расширение аудитории – онлайн-формат позволяет привлекать пользователей со всего мира.

Для обеспечения безопасности пользователей веб-ресурса необходимо реализовать следующие меры:

− аутентификация и защита данных – регистрация с использованием двухфакторной аутентификации;

− контроль доступа – ограничение прав пользователей в зависимости от их статуса.

Назначение системы — предоставить пользователям возможность изучать основные концепции и практические навыки Data Science через доступ к теоретическим материалам, тестам и задачам. Важной частью веб-ресурса является создание комфортных условий для работы пользователя с образовательным контентом, что достигается благодаря эргономически продуманному интерфейсу, минимизирующему возможные когнитивные и физические нагрузки.

Основные задачи системы.

1 Предоставление пользователям доступных материалов по темам Data Science.

2 Возможности для отслеживания прогресса.

3 Поддержка интерактивного взаимодействия с учебным материалом.

Проанализировав вышеназванные задачи, можно сделать вывод о том, какие функции (рисунок 1) должны быть разработаны для их выполнения: регистрация обучающегося в системе; идентификация пользователя; аутентификация пользователя; авторизация пользователя; просмотр тем; выбор темы; просмотр уроков; выбор урока; просмотр теории по выбранному уроку; выполнение проверочного теста; проверка теста; выполнение практического задания; проверка задания.

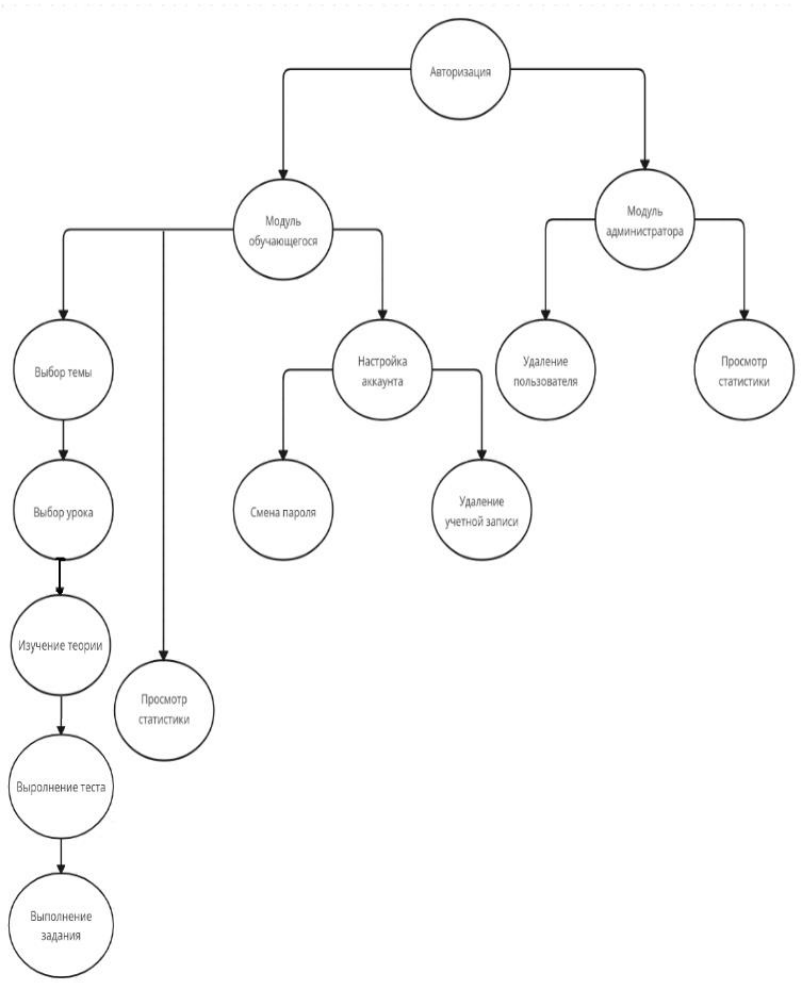


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Для создания веб-приложений, которые будут работать в браузерах, необходимо использовать языки HTML, CSS и JavaScript [1]. HTML используется для создания структуры и содержимого веб-страниц, предоставляет разработчику возможность определить заголовки, текст, изображения, ссылки и другие элементы на веб-странице. JavaScript позволяет добавлять веб-страницам различные эффекты, анимации, валидацию данных и другие интерактивные функции. CSS используется для оформления веб-страниц и задания внешнего вида элементов на странице.

Заключение. Таким образом, создание веб-ресурса для изучения Data Science является актуальной задачей, способствующей распространению знаний и развитию квалифицированных специалистов. Разработка такой платформы требует тщательного анализа потребностей пользователей, удобного интерфейса. В результате получится образовательный продукт, способствующий росту профессионального сообщества и повышению уровня знаний в сфере анализа данных.

Список литературы

1. *Обзор языков программирования сайтов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://medium.com/@Asturdhc6/обзорязыков-программирования-сайтов-d010aba386b9. Дата доступа: 06.02.2024*

UDC 50 7900 7

WEB RESOURSE FOR STUDYING DATA DCIENCE AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Voranava K.M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. This article discusses the development of a web resource for studying Data Science, which will provide users with the opportunity to study the basic concepts and practical skills of Data Science through access to theoretical materials, tests and tasks. An important part of the web resource is the creation of comfortable conditions for the user to work with educational content, which is achieved through an ergonomically designed interface that minimizes possible cognitive and physical stress.

Keywords: web resource, data science, users, data.

УДК 004.774.6:628.1.033-047.36(476-26)

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОДЫ ПОСРЕДСТВОМ ВВЕДЕНИЯ ЦВЕТНЫХ ГЕКСАГОНОВ НА КАРТЕ ГОРОДА МИНСКА

Пантус Р.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Цявловская Н.В. – магистр технических наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Разработано веб-приложение для усовершенствования визуализации мониторинга качества воды в городе Минске. Приложение автоматически собирает данные о параметрах качества воды с сайта Минскводоканала, анализирует их и сравнивает с предельно допустимыми значениями. Для наглядного отображения информации используется гексагональная разметка карт, где цвет каждого гексагона соответствует уровню загрязнения воды.

Ключевые слова: мониторинг качества воды, веб-приложение, визуализация данных, гексагональная карта, экологическая безопасность

Введение. Контроль качества питьевой воды является важной задачей для обеспечения здоровья населения. В настоящее время данные о составе воды публикуются на сайте Минскводоканала в форме, представленной в таблице 1, что затрудняет их оперативный анализ и сравнение. Для улучшения восприятия пользователем требуется усовершенствование отображения информации, предоставляемой сайтом Минскводоканала.

Таблица 1 – Формат отображения информации на сайте Минского водоканала

Показатель	Единицы измерения	Значение	ПДК, ед. изм.
Запах	Баллы	0/0	2 балла
Привкус	Баллы	0	2 балла
Цветность	Градусы	5	20 градусов
Мутность	мг/дм^3	<0.58	1,5 мг/дм^3

Основная часть. Для работы веб-приложения используются данные с сайта Минскводоканала, где регулярно обновляется информация о средних показателях воды за прошедший месяц или за более короткий срок, если были технические сбои или плановые переключения [1]. Параметры воды, которые предоставляются в открытых источниках, включают: запах, привкус, цветность, мутность, жесткость, водородный показатель (pH), содержание железа, марганца, аммиака, нитритов, нитратов, хлоридов, нефтепродуктов, сульфатов и суммарного остаточного хлора. Все собранные данные автоматически сравниваются с предельно допустимыми нормами. На основании этого анализа каждому району города присваивается цветовая метка, отражающая степень соответствия воды санитарным стандартам.

Для наглядного представления данных на карте выбрана гексагональная сетка, поскольку она обладает рядом преимуществ перед другими способами отображения [2]:

1 Равномерное покрытие территории, в отличие от квадратной сетки, где соседние области могут быть наклонены по диагонали или иметь промежуток, не покрытый областью фигуры.

2 Гексагональная сетка позволяет эффективно визуализировать различия в качестве воды между районами и избежать резких переходов между зонами, что делает отображение более понятным.

3 Отображение гексагонов на карте имеет иерархичную структуру, что позволяет поддерживать различные резолюции, которые будут отвечать за получившийся размер гексагона.

4 Геометрия шестиугольника облегчает представление кривых реальных объектов, таких как дороги или реки [3].

Назначение веб-приложения состоит в улучшении мониторинга качества воды по данным, которые предоставляет Минский водоканал на своем сайте. На основании выявленного целевого назначения веб-приложения был сформулирован ряд задач, которые оно решает:

− извлечение данных с сайта Минского водоканала;

− расчет средних значений и поддержание исторических данных по предыдущим месяцам;

− формирование тепловой карты качества воды для отображения пользователя;

− использование гексагональная сетки для отображения разных регионов города.

Заключение. Таким образом, в данной работе было представлено веб-приложение, целью которого является улучшение процесса мониторинга качества воды в городе Минске, предоставляя пользователям удобный и наглядный способ визуализации данных. В отличие от традиционного табличного представления, использование гексагональной разметки карт позволяет отображать различия в качестве воды по районам города.

Применение цветовой схемы на основе различий между полученным значением и предельно допустимой концентрацией делает восприятие данных более наглядным и доступным даже для неподготовленных пользователей.

Поддержка исторических данных по гексагонам города позволяет сравнивать значения между различными промежутками времени. Внедрение веб-приложения способствует повышению экологической осведомленности населения и может быть полезным инструментом для специалистов в сфере водоснабжения и экологии.

В дальнейшем возможно расширение функционала системы за счет интеграции с дополнительными источниками данных, внедрения прогнозных моделей и разработки мобильной версии приложения.

Список литературы

1. Минскводоканал. Период обновления значений качества воды. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://minskvodokanal.by/about/news/kachestvo-vodyi-on-line/. Дата доступа: 15.01.2025.

2. Uber H3 Hexagons [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.uber.com/blog/h3/. Дата доступа: 20.01.2025.

3. Hexagonal Grid [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.kontur.io/blog/why-we-use-h3/. Дата доступа: 20.01.2025.

UDC 004.774.6:628.1.033-047.36(476-26)

WEB APPLICATION TO IMPROVE VISUALISATION OF WATER QUALITY MONITORING BY INTRODUCING COLOURED HEXAGONS ON THE MAP OF THE CITY OF MINSK

Pantus R.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tsyavlovskaya N.V – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. A web application is developed to improve visualisation of water quality monitoring in the city of Minsk. The application automatically collects data on water quality parameters from the site of Minskvodokanal, analyses them and compares them with maximum permissible values. For visual display of information hexagonal markup of maps is used, where the colour of each hexagon corresponds to the level of water pollution.

Keywords: water quality monitoring, web application, data visualisation, hexagonal map, environmental safety.

УДК 621.039.76:629.735.45

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ЭКИПАЖЕЙ КОММЕРЧЕСКИХ АВИАПЕРЕЛЕТОВ

Хаджинова К.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Цявловская Н.В. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Рассмотрено влияние космического излучения на экипажи коммерческих авиаперелетов и важность его мониторинга. Приведены рекомендации *ICRP* и *МКРЗ* по учету этого излучения. Представлены результаты расчетов дозы облучения, используя ПО *CARI-7*, подчеркивающие значимость точных оценок для безопасности полетов.

Ключевые слова: космическое излучение, экипажи коммерческих самолетов, дозиметрический мониторинг, *ICRP*, *МКРЗ*, программное обеспечение, *CARI-7*, по, эффективная доза, амбиентный эквивалент, солнечная активность, геомагнитные условия, галактические космические лучи, солнечно-протонные штормы, безопасность полетов.

Введение. Экипажи коммерческих самолётов подвергаются атмосферному излучению от галактических космических лучей (ГКЛ) и солнечных протонных штормов [1]. В 60-й публикации *ICRP* подчёркивается необходимость учёта космического излучения в профессиональном облучении, а в 132-й публикации *МКРЗ* рекомендовано использовать проверенные программы для мониторинга доз.

Космические лучи – это поток высокоэнергетических частиц, возникающих вне солнечной системы или во время солнечных вспышек [2-4]. Около 98% частиц ГКЛ составляют ядра атомов и электроны, из которых 85–90% – протоны, а 9–14% – ядра гелия. Магнитосфера Земли снижает количество низкоэнергетических частиц, а жёсткость геомагнитной отсечки меняется со временем. Интенсивность космического излучения на Земле обратно коррелирует с солнечной активностью.

Взаимодействуя с атмосферой, космические лучи создают вторичное излучение, включающее протоны, нейтроны, фотоны и мюоны. На высотах коммерческих перелётов основной вклад в дозу экипажа вносят ГКЛ. Спектр вторичного излучения зависит от глубины атмосферы, жёсткости геомагнитной отсечки и солнечной активности.

Основная часть. Существуют различные программы для расчёта дозы космического излучения, получаемой экипажем во время полёта. Некоторые из них используют симуляцию атмосферного излучения методом Монте-Карло, в то время как другие основаны на аналитических моделях или измеренных данных. Программы, использующие Монте-Карло симуляцию, включают *AVIDOS*, *CARI-7* и *EPCARD* [5-7]. *CARI-6* и *FREE* применяют аналитические методы, а *FDOScalc* и *PCAIRE* основываются на измеренных данных. Из-за доступности и простоты использования программы *CARI-7* будет рассмотрен один из способов расчёта дозы.

CARI (Civil Aeromedical Research Institute) – это программы, разработанные Институтом медицины в гражданской авиации США. Существует две версии: *CARI-7* и *CARI-7A*. Первая версия, выпущенная в 2014 году, разделила программу на две ветви из-за отзывов пользователей: *CARI-7A* сохранила большинство опций, а *CARI-7* сократила набор настроек. *CARI-7* позволяет оценить эффективную дозу и амбиентный эквивалент дозы *H*(10)* за перелёт на высотах до 100 км, используя данные атмосферного излучения, полученные с помощью метода *MCNPX* версии 2.7.0.

Моделирование прохождения излучения через атмосферу проводилось для частиц космического излучения с энергиями от 1 МэВ до 1 ТэВ. В *MCNPX* отслеживались мюоны, фотоны, электроны и протоны, с сохранением показателей флюенса атмосферного

излучения для всех частиц, кроме каонов и нейтрино. Спектры частиц преобразовывались в дозы с использованием коэффициентов преобразования флюенса, что позволило создать базу данных для моделей ГКЛ. В *CARI-7A* версий 4.1.3 и 4.2.0 доступны модели модуляции ГКЛ: *ISO 15390:2004* с солнечной модуляцией на основе числа Вольфа, модель с гелиоцентрическим потенциалом, а также модели *Badhwar-O'Neill* 2011 и 2014 годов [8].

Программа учитывает влияние солнечной активности и геомагнитного поля на уровни галактического космического излучения для выбранной даты. Облучение от солнечно-протонных штормов не учитывается напрямую, но влияние геомагнитных бурь корректируется на основе данных *Kp* индексов [6-9]. *CARI-7* соответствует требованиям регулирующих органов ряда стран, включая Великобританию, Швейцарию и Финляндию [10, 11]. В руководстве *ICAO CARI* описывается как «проверенная на практике» [12]. Существует упоминание об использовании *CARI-6* для оценки дозы облучения в странах ЕС, таких как Бельгия, Чехия, Дания, Ирландия, Италия, Литва, Словения, Швеция и Нидерланды [13]. Один из способов проверки программы *CARI* – сравнение её оценки дозы с результатами измерений. В статье *«CARI-7A: development and validation»* приводится сравнение с тканеэквивалентным пропорциональным счётчиком *«HAWK»*, где отклонение *CARI-7A* составило от -14% до +34%, со средним значением +5% [14-16].

Прибор *«HAWK»* предназначен для измерения общей дозы смешанного излучения в космосе и во время коммерческих авиаперелётов, включая поглощённую и эквивалентную дозу. Отклонение мощности амбиентного эквивалента дозы от значений *ICRU* в среднем составило +5% (от -5% до +14%). Для сравнений использовалась модель *Badhwar-O'Neill* 2011 года. Программа *CARI-7*, соответствующая требованиям дозиметрического контроля, использует данные атмосферного излучения, полученные с помощью *MCNPX* версии 2.7.0, и требует информации о времени вылета, траектории полёта и солнечной активности. Расчёты проводились с использованием *CARI-7* версии 4.1.3, но из-за недостатка данных результаты являются приблизительными. Профили перелётов представлены в таблицах (1-4), а значения не учитывают влияние корпуса самолёта, что может снизить мощность амбиентного эквивалента дозы до 24%.

Сравнение показаний дозиметра *МКС-АТ6130* с результатами *CARI-7* для фотонного излучения выявило отклонения от 1449% до 2192%. Это может быть связано с измерениями вне рабочего диапазона прибора (50–3000 кэВ), влиянием конструкции самолёта и воздействием не фотонного излучения.

Расчёты *CARI-7* были приблизительными из-за отсутствия точных данных о времени вылета и траектории полёта. Программа остаётся надёжным инструментом для оценки радиационного воздействия, но достоверность показаний *МКС-АТ6130* вызывает сомнения, что подчёркивает важность использования проверенных методов и оборудования. Используемые профили перелета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Используемые профили перелета

Перелёт	**Аэропорт вылета**	**Аэропорт назначения**	**Время полёта (мин)**	**Время набора высоты (мин)**	**Время снижения (мин)**	**Маршрутная высота (фут)**
Вена – Минск	*LOWW*	*UMMS*	91	15	29	36000
Минск – Вена	*UMMS*	*LOWW*	91	15	29	36000
Минск – Санкт-Петербург	*UMMS*	*ULLI*	64	17	20	32000
Санкт-Петербург – Минск	*ULLI*	*UMMS*	64	17	20	32000
Мурманск – Санкт-Петербург	*ULLI*	*ULMM*	86	15	23	36000

Оценки средних месячных доз, рассчитанных программой *CARI-7*, представлены в таблицах 2 и 3. Эти значения не учитывают влияние корпуса самолёта, которое может снизить мощность амбиентного эквивалента дозы до 24% на высоте 10.7 км.

Таблица 2 – Общая доза за перелет

Перелёт	**Месяц перелета**	**Аэропорт вылета**	**Аэропорт назначения**	**Средняя за месяц перелёта доза за перелёт, H*(10) (мкЗв)**
Вена – Минск	10/2019	LOWW	UMMS	5.8418
Минск – Вена	10/2019	UMMS	LOWW	5.8814
Минск – Санкт-Петербург	10/2018	UMMS	ULLI	3.2392
Санкт-Петербург – Минск	10/2018	ULLI	UMMS	3.2349
Мурманск – Санкт-Петербург	10/2018	ULLI	ULMM	7.4165

Таблица 3 – Относительный вклад различных излучений в общую дозу

Перелёт	**Нейтронное**	**Протонное**	**Электронное**	**Фотонное**	**Мюонное**	**Позитронное**
Вена – Минск	58.07%	14.33%	14.56%	4.75%	3.38%	3.24%
Минск – Вена	58.14%	14.36%	14.49%	4.73%	3.36%	3.22%
Минск – Санкт-Петербург	62.91%	13.32%	12.12%	4.19%	3.39%	2.60%
Санкт-Петербург – Минск	62.88%	13.32%	12.14%	4.19%	3.40%	2.61%
Мурманск – Санкт-Петербург	62.41%	14.56%	11.81%	3.96%	2.68%	2.61%

Сравнение показаний *МКС-АТ6130* с результатами *CARI-7* для фотонного излучения показало отклонения от 1449% до 2192%, что может быть связано с ограничениями прибора и влиянием конструкции самолёта, сравнения представлены в таблице 4. Различия между показаниями дозиметра и полной дозой *CARI-7* составили 5–35%.

Таблица 4 – сравнение измерений МКС-АТ6130 с результатами CARI-7

	***H*(10)* мкЗв**				
Перелёт	**Нд – показания МКС-АТ6130**	**Нф – результаты CARI-7 для фотонного излучения**	**Н – результаты CARI-7 для всего излучения**	**(Нд – Нф)/Нф**	**(Нд – Н)/Н**
Вена – Минск	6.36	0.27753	5.8418	2191.64%	8.87%
Минск – Вена	6.20	0.27822	5.8814	2128.45%	5.42%
Минск – Санкт-Петербург	2.10	0.13558	3.2392	1448.90%	-35.17%
Санкт-Петербург – Минск	2.64	0.13557	3.2349	1847.33%	-18.39%
Мурманск – Санкт-Петербург	5.68	0.29364	7.4165	1834.34%	-23.41%

Расчёты доз для шести перелётов с использованием *CARI-7* были приблизительными из-за недостатка данных. Результаты дозиметра *МКС-АТ6130* вызывают сомнения, что подчеркивает важность использования проверенного оборудования и программного обеспечения. Авиаперелёты связаны с повышенным уровнем радиации из-за галактических космических лучей и солнечных штормов. Программа *CARI-7*, несмотря на ограничения, остаётся надёжным инструментом для оценки доз.

Заключение. Для повышения точности необходимы дальнейшие исследования, совершенствование методов измерения и разработка более точных моделей расчёта радиационного воздействия. Это особенно важно для защиты экипажей и пассажиров, регулярно подвергающихся воздействию атмосферного излучения.

Список литературы

1. *ICRP (2016). International Commission on Radiological Protection. Radiological Protection from Cosmic Radiation in Aviation. ICRP Publication 132. Annals of the ICRP, 45(1), 1–48.*
2. *ICRU (2010). International Commission on Radiation Units and Measurements. Reference Data for the Validation of Doses from Cosmic-Radiation Exposure of Aircraft Crew. ICRU Report 84, Journal of the ICRU 10(2).*
3. *Мурзин В.С. Астрофизика космических лучей: Учебное пособие для вузов / В.С. Мурзин. Москва : Университетская книга, Логос, 2007. 488 с.*
4. *ICRP (2013). International Commission on Radiological Protection. Assessment of Radiation Exposure of Astronauts in Space. ICRP Publication 123. Annals of the ICRP, 42(4).*
5. *EC (2012). European Commission. Comparison of Codes Assessing Radiation Exposure of Aircraft Crew due to Cosmic Radiation. Report Radiation Protection 173 of the European Radiation Dosimetry Group, WG5 (European Commission, Luxembourg).*
6. *Copeland, K. (2021). CARI-7 Documentation: User's Guide. Federal Aviation Administration Office of Aerospace Medicine Report DOT/FAA/AM-19/4, Federal Aviation Administration Office of Aerospace Medicine, Washington DC.*
7. *Copeland, K. (2021). CARI-7 Documentation: Radiation Transport in the Atmosphere. Federal Aviation Administration Office of Aerospace Medicine Report DOT/FAA/AM-21/5, Federal Aviation Administration Office of Aerospace Medicine, Washington DC.*
8. *Copeland, K. (2021). CARI-7 Documentation: Particle Spectra. Federal Aviation Administration Office of Aerospace Medicine Report DOT/FAA/AM-21/4, Federal Aviation Administration Office of Aerospace Medicine, Washington DC.*
9. *Copeland, K. (2020). CARI-7 Documentation: Geomagnetic Cutoff Rigidity Calculations and Tables for 1965-2010. Federal Aviation Administration Office of Aerospace Medicine Report DOT/FAA/AM-19/4, Federal Aviation Administration Office of Aerospace Medicine, Washington DC.*
10. *The Space Industry Regulations 2021 Part 9 Chapter 2 Regulation 139 [Electronic resource]. Mode of access: https://www.legislation.gov.uk/uksi/2021/792/part/9/made. Date of access: 02.12.2024.*
11. *Dosimetry of aircrew personnel [Electronic resource]. Mode of access: https://www.bag.admin.ch/dam/bag/en/dokumente/str/DOS/merkblatt_flugpersonal.pdf.download.pdf/Merkblatt_Dosimetrie%20des%20Flugpersonals_EN.pdf. Date of access: 02.12.2024.*
12. *Международная организация гражданской авиации. Руководство по авиационной медицине: Doc 8984 AN/895. 3-е изд. Монреаль: ICAO, 2012.*
13. *Results of the EAN request on radiation protection of aircraft crew [Электронный ресурс]. Mode of access: https://eu-alara.net/index.php/activities/ean-documents-and-publications/docman-menu/survey/85-aircraft-crew/file.html. Date of access: 21.10.2024.*
14. *B. J. Lewis, L. G. I. Bennett, A. R. Green, M. J. McCall, B. Ellaschuk, A. Butler, M. Pierre. Galactic and Solar Radiation Exposure to Aircrew during a Solar Cycle / Radiation Protection Dosimetry. 2002. Vol. 102 iss. 3. P. 207–228.*
15. *Model FS-AD1 Data Sheet [Electronic resource]. Mode of access: https://www.fwt.com/detector/fw-ad1ds.htm/. Date of access: 14.12.2024.*
16. *G. Battistoni, A. Ferrari, M. Pelliccioni, R. Villari. Evaluation of the doses to aircrew members taking into consideration the aircraft structures / Advances in Space Research. 2005. Vol. 36 iss. 9. P. 1645–1652.*

UDC 621.039.76:629.735.45

USING SOFTWARE FOR MONITORING SPACE RADIATION AND ASSESSING RADIATION DOSE FOR COMMERCIAL AIR FLIGHT CREWS

Khadzhynava K. A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tsyavlovskaya N.V – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The impact of cosmic radiation on commercial air crews and the importance of monitoring it are considered. ICRP and ICRP recommendations for accounting for this radiation are presented. The results of radiation dose calculations using CARI-7 software are presented, emphasizing the importance of accurate assessments for flight safety.

Keywords: cosmic radiation, commercial aircraft crews, dosimetric monitoring, ICRP, ICRP, software, CARI-7, software, effective dose, ambient equivalent, solar activity, geomagnetic conditions, galactic cosmic rays, solar-proton storms, flight safety

УДК 334.024

ИНСТРУМЕНТЫ ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА В РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ КОМПАНИЙ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Курлович М.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Парафиянович Т.А. – к. п. н., доцент, доцент кафедры ИРТ

Аннотация. В статье рассмотрена роль интернет-маркетинга в условиях стремительного развития цифровой экономики, описаны современные инструменты продвижения в сети Интернет: веб-сайт, поисковая оптимизация, контекстная реклама.

Ключевые слова: интернет-маркетинг, веб-сайт, SEO-продвижение, контекстная реклама

Введение. Сеть Интернет, объединяющая множество компьютерных сетей, персональных компьютеров и мобильных устройств, позволяет пользователям по всему миру обмениваться информацией и коммуницировать друг с другом. Виртуальное пространство сети Интернет развивается стремительными темпами привлекая все больше и больше пользователей, которые ищут новые возможности для удовлетворения своих потребностей. Огромный вклад в темпы прироста активных пользователей оказывает повсеместное распространение мобильных устройств и приложений для них. Появление данных возможностей повлияло на трансформацию инструментов продвижения в маркетинге.

Основная часть. Понятие «продвижение» рассматривается как комплекс маркетинговых мероприятий, главной целью которого является увеличение прибыли компании заказчика. На пути к цели может выполняться ряд задач таких как создание и позиционирование бренда, стимулирование интереса к продукту или услуге, повышение узнаваемости бренда, увеличение доли на рынке, привлечение новых клиентов, повышение эффективности продаж. Инструменты продвижения разделяют на две основные группы: реклама и обеспечение информацией. К рекламе относятся мероприятия, направленные на привлечение первичного внимания участников рынка, а к обеспечению информацией – продукт или услуга, на которые будет направлено это внимание. Продвижение товаров и услуг с помощью цифровых каналов охвата потребителей выделяется в понятие «интернет-маркетинг» [1].

Интернет-маркетинг становится важной составляющей успеха любого бизнеса, независимо от масштаба и отрасли. Инструменты интернет-маркетинга такие как: веб-сайты, веб-аналитика, поисковая оптимизация, продвижение в социальных сетях, контекстная и таргетированная реклама, email-маркетинг, контент-маркетинг, маркетинг влияния, чат-бот-маркетинг – представляют собой различные методы, технологии и подходы продвижения товаров и услуг в сети Интернет, позволяющие как стимулировать сбыт, так и формировать спрос [2]. В настоящее время целый ряд компаний занимается продвижением товаров и услуг в сети Интернет, деятельность которых включает разработку веб-сайтов, SEO-оптимизацию, ведение аккаунтов клиентов в социальных сетях, контекстную и таргетированную рекламу, маркетинговые исследования [3].

Преимущества интернет-маркетинга в сравнении с традиционным:

– передача рекламного сообщения целевой аудитории на любое расстояние вне зависимости от географических границ;

– получение информации о предпочтениях потребителя с помощью инструментов веб-аналитики и подготовка правильного объявления с помощью подходящего инструмента;

– возможность узнать дополнительную информацию о портрете целевой аудитории с помощью данных из социальных сетей, истории посещений и поисковых запросах;

– показ платных рекламных сообщений только пользователям, подходящим под определенные критерии целевой аудитории, необходимые компании-заказчику;

– демонстрация покупателям информации о компании, перечне товаров (услуг) в любое удобное время без посещения физического пункта продаж;

– сравнительно невысокие затраты;

– получение точной статистики для отслеживания эффективности различных каналов продвижения (количество показов, кликов, конверсий, завершенных покупок, а также количество вернувшихся покупателей) и проведения маркетинговых исследований;

– размещение скрытой рекламы – рекламные статьи в блогах, нативная реклама в социальных сетях, комментарии к товарам, отзывы на специализированных площадках (Яндекс Карты, *Google* Карты, *2GIS*);

– возможность более простого установления контакта с клиентом.

Недостатки интернет-маркетинга:

– отсутствие физического контакта с потребителем с невозможностью отслеживать переключение его внимания и изменение реакции

– отслеживание заинтересованности рекламным сообщением возможно только по времени, проведенному на сайте, глубине просмотра, совершенным покупкам;

– риск сформировать отрицательное отношение к бренду в случае, если рекламное сообщение воспримется как спам, нежелательная или навязчивая реклама [4].

Для продвижения бизнеса в сети Интернет, необходимо разработать стратегию – план, включающий определение целевой аудитории, анализ рынка и конкурентов, выбор каналов привлечения клиентов и подходящих инструментов. Стратегия должна быть индивидуальной, учитывающей особенности конкретного товара (услуги) и целевой аудитории. Продуманная стратегия поможет повысить узнаваемость и конкурентоспособность бренда на рынке, расширить аудиторию потенциальных покупателей, увеличить уровень продаж, наладить долгосрочные отношения с клиентами [5]. Для реализации стратегии может использоваться множество инструментов. Важный момент в достижении цели – постоянный мониторинг и анализ полученных результатов для оптимизации плана.

Для примера рассмотрим стратегию продвижения, разработанную и выполненную специалистами ЧУП «Центр интернет-маркетинга» для заказчика ООО «Терра» – производителя емкостного оборудования. Основная целевая аудитория: сотрудники промышленных предприятий, заводов, производств, для работы которых необходимы большие промышленные резервуары. Так же целевой аудиторией являются владельцы загородных домов и дач, планирующих обустройство систем водоснабжения и канализации [6].

Основным каналом продвижения и визитной карточкой любой компании является веб-сайт. Качественно наполненный сайт может выполнить следующие функции: привлечение новых клиентов, формирование имиджа компании, коммуникация с пользователями, продажа товаров и услуг [7]. Повышение узнаваемости бренда достигается со счет профессионального дизайна и качества размещенного контента. Данные аспекты позволяют повысить репутацию бренда и выгодно выделиться среди конкурентов. Расширение коммуникации с пользователями осуществляется через добавление форм обратной связи, электронной почты и номера телефона. Размещенные контактные данные помогают клиенту связаться с менеджерами компании без необходимости посещать магазин или офис. На сайте нужно разместить подробные и грамотно оформленные ответы на возможные вопросы, что избавит от множества рутинных задач. Также следует обращать внимание на скорость загрузки сайта – от качества Интернет-соединения зависит корректность отображения информации и рекламных сообщений. По этой причине «тяжелые» и неоптимизированные сайты с большим количеством картинок, видео и

анимации могут не загружаться в полном объеме у пользователей с лимитированным Интернетом [4].

Сайт – удобный инструмент привлечение новых клиентов. Попадая на страницу через поисковые и рекламные системы, потенциальные заказчики могут получить подробную информацию о компании, ознакомиться с перечнем товаров (услуг) и ценами на них, оформить заказ. Привлечь заинтересованных людей на сайт помогут различные инструменты интернет-маркетинга. На рисунке 1 представлена главная страница сайта ООО «Терра».

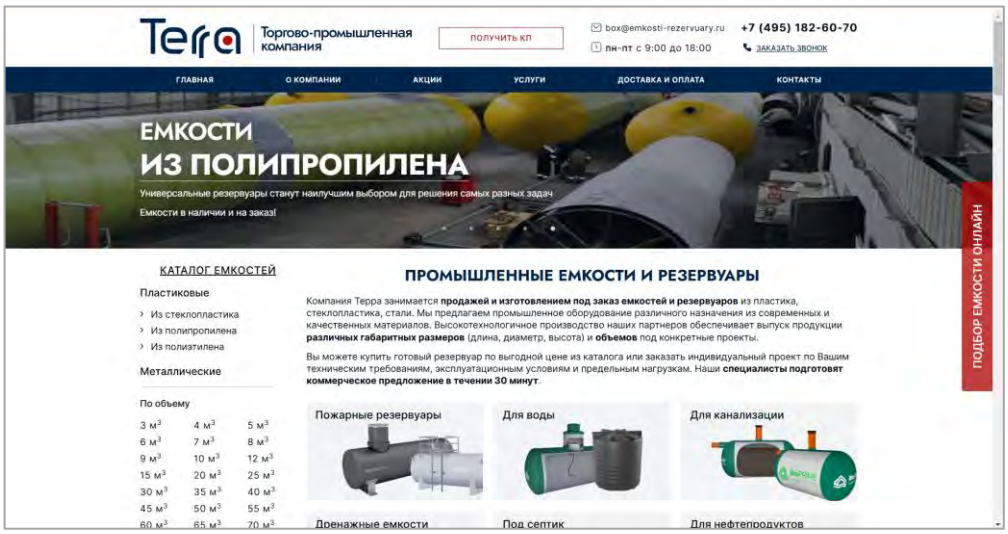


Рисунок 1 – Главная страница сайта ООО «Терра»

Учитывая роль веб-сайта в привлечении новых пользователей, важным инструментом продвижения ООО «Терра» является поисковая оптимизация. *SEO (Search Engine Optimization)* рассматривается как комплекс мероприятий по улучшению позиций сайта в поисковых системах. Главная задача поискового продвижения – поднять продвигаемый сайт как можно выше в поисковой выдаче по необходимым (целевым) поисковым запросам. Данные поисковые запросы называются семантическим ядром сайта [8]. *SEO*-оптимизация помогает привлечь на веб-сайт актуальный целевой трафик, конвертировать данный трафик в продажи, стимулировать повторные продажи и создание лояльной клиентской базы. На рисунке 2 представлен сниппет сайт ООО «Терра» в результатах поисковой выдачи.

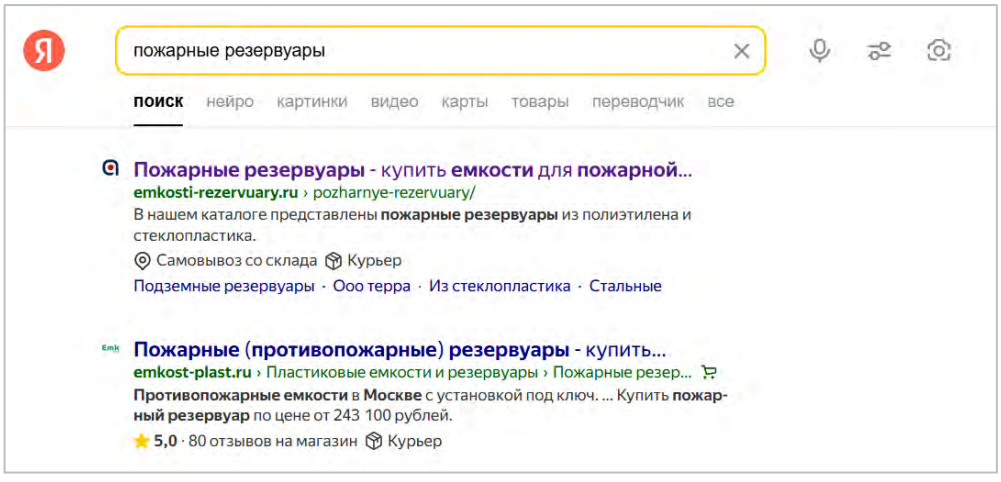


Рисунок 2 – Сниппет сайта ООО «Терра» в поисковой выдаче Яндекс

Преимущества данного канала продвижения описаны ниже.

1 Условно бесплатный. Поисковые системы не берут оплату за клики из поисковой выдачи в отличие от других каналов. Необходимо платить лишь заработную плату специалисту по поисковому продвижению веб-сайта.

2 Улучшение технического состояния и юзабилити веб-сайта. При *SEO*-оптимизации перерабатывается структура сайта, улучшаются посадочные страницы, дорабатывается интерфейс и удобство использования.

3 Горячий трафик. Покупатели сами ищут необходимые им в реальном времени товары и услуги в поиске.

4 Гибкий выбор поисковых запросов. Бизнес самостоятельно составляет целевое семантическое ядро и продвигает под него посадочные страницы сайта. Можно разработать широкий перечень запросов для каждого этапа воронки продаж – построения знания о бренде, охват горячего спроса, принятие решения о покупке, работа со сформированной базой клиентов.

Эффективным, но платным инструментом продвижения веб-сайтов, приложений, страниц в социальных сетях в поисковых системах является контекстная реклама. Данная реклама выглядит как текстовые, графические и видеообъявления, показывающиеся пользователям при вводе определенного запроса или тематики. Отображается в поисковиках, мобильных приложениям, на сайтах. Контекстная реклама работает с «горячим» сформировавшимся спросом на определенный товар или услугу. Основные преимущества инструмента: привлечение целевого трафика и увеличение продаж, тестирование различных гипотез, повышение узнаваемости бренда и продукта, увеличение охватов, возвращение знакомых пользователей. Недостатки контекстной рекламы: высокая стоимость, особенно в конкурентных тематиках, сложная настройка, необходимость постоянного контроля и анализа, ограничение на рекламу некоторых бизнес-тематик [9]. На рисунке 3 представлен пример рекламного объявления в поисковой системе Яндекс.

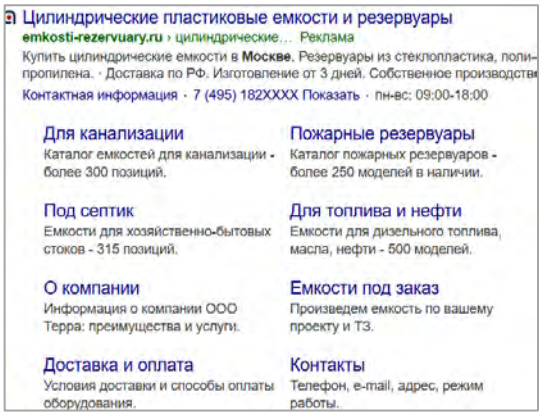


Рисунок 3 – Рекламное объявление ООО «Терра» в Яндекс Директе

Виды контекстной рекламы описаны далее.

1 Поисковая реклама для показа в поисковой выдаче Яндекс и *Google*. Элементы объявления: заголовки, текст объявления, ссылки на сайт, контакты, промоакции. Данная реклама отвечает на конкретный запрос пользователя, введенный в поисковую строку в режиме реального времени. Оплачивается на клики или конверсии. На рисунке 3 представлено рекламное объявление компании «Терра» в Яндекс Поиске, созданное с помощью инструментов Яндекс Директа.

2 Реклама в сетях сайтов партнеров и мобильных приложениях: для Яндекса – Рекламная сеть Яндекса, для Google – Контекстно-медийная сеть. Объявления показывается пользователям, которые недавно вводили необходимый поисковой запрос

или интересуются определенной тематикой. Форматы объявлений: графические и текстово-графические баннеры.

Заключение. В условиях быстрой трансформации рекламных инструментов, переход от традиционных методов к интернет-маркетингу становится не только актуальным, но и необходимым для достижения успеха в современном бизнесе. Развитие виртуального пространства и рост числа пользователей Интернета открывают новые горизонты для компаний, стремящихся повысить свою конкурентоспособность и укрепить связи с клиентами. Интернет-маркетинг, как интегративный инструмент, объединяет разнообразные методы продвижения, позволяя бизнесам эффективно взаимодействовать с целевой аудиторией и адаптироваться к меняющимся условиям рынка. Ключевыми аспектами успешной стратегии интернет-продвижения являются глубокий анализ целевой аудитории и конкурентной среды, а также выбор оптимальных инструментов, таких как SEO, контекстная реклама и социальные медиа. Эти методы не только способствуют увеличению узнаваемости бренда и продаж, но и помогают формировать долгосрочные отношения с клиентами. Важным элементом является также постоянный мониторинг и анализ результатов, что позволяет оптимизировать маркетинговые стратегии и повышать их эффективность.

Таким образом, интернет-маркетинг представляет собой мощный инструмент, способный значительно изменить подходы к продвижению товаров и услуг в условиях цифровой экономики. Компании, осознающие важность этого инструмента и активно внедряющие его в свою деятельность, имеют все шансы на успешное развитие и устойчивое положение на рынке.

Список литературы

1. *Маркетинг: вопросы и ответы / под ред. Н. П. Кетовой. Ростов н/Д.: Феникс, 2009. 478 с.*
2. *Интернет-маркетинг: определение, цели, задачи и основные инструменты // Webcom Performance [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.promowebcom.by/analytics/articles/digital-marketing/internet-marketing/. Дата доступа: 03.12.2024.*
3. *Сайт ЧУП «Центр интернет-маркетинга» // Центр интернет-маркетинга [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.cim.by/. Дата доступа: 11.02.2025.*
4. *Зимина, С. С. – Сравнительная характеристика традиционного маркетинга и интернет-маркетинга [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnaya-harakteristika-traditsionnogo-marketinga-i-internet-marketinga. Дата доступа: 23.02.2025.*
5. *Гусаров, А. Что такое интернет-маркетинг / А. Гусаров // EduGusarov [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://edugusarov.by/chto-takoe-internet-marketing-i-zachem-on-nuzhen-sovremennomu-biznesu/. Дата доступа: 03.12.2024.*
6. *Промышленные емкости и резервуары[Электронный ресурс]. Режим доступа: https://emkosti-rezervuary.ru/. Дата доступа: 11.02.2025.*
7. *Одинцов, А. Сайт как инструмент продвижения компании / А. Одинцов // ХардКод [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.hardkod.ru/blog/sajt-kak-instrument-prodvizheniya-kompanii. Дата доступа: 03.12.2024.*
8. *Что такое SEO продвижение сайта [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.i-media.ru/seo/searchengineoptimization/. Дата доступа: 03.12.2024.*
9. *Контекстная реклама: что это и какой она бывает – большой гайд [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://elama.ru/blog/kontekstnaya-reklama-osnovy/. Дата доступа: 03.12.2024.*

UDC 334.024

INTERNET MARKETING TOOLS FOR IMPLEMENTING A COMPANY'S ONLINE PROMOTION STRATEGY

Kurlovich M.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Parafiyanovich T.A. – Cand. of Sci, associate professor, associate professor of the Department of IRT

Annotation. The article examines the role of Internet marketing in the context of the rapid development of the digital economy, describes modern Internet promotion tools: website, search engine optimization, contextual advertising.

Keywords: internet marketing, website, SEO promotion, contextual advertising

УДК 004.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ANDROID-ПРИЛОЖЕНИИ МУЗЫКАЛЬНОГО РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОГО СЕРВИСА

Долгая В.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматривается применение искусственного интеллекта для генерации персонализированных плейлистов в Android-приложении музыкального рекомендательного сервиса. Особое внимание уделяется использованию оптимизированных нейросетевых алгоритмов и библиотеки KotlinDL. Анализируются особенности работы искусственного интеллекта на мобильных устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами, а также методика использования аудиохарактеристик треков для формирования рекомендаций.

Ключевые слова: музыкальный сервис, искусственный интеллект, мобильное приложение, Android, нейронные сети, KotlinDL, рекомендации.

Введение. Искусственный интеллект (ИИ) активно меняет способы взаимодействия пользователей с цифровыми сервисами, в том числе в сфере музыкальных рекомендаций. Современные алгоритмы позволяют не только анализировать историю прослушиваний, но и формировать плейлисты на основе произвольных текстовых запросов, что делает музыкальный опыт более персонализированным.

Использование ИИ в мобильных приложениях сталкивается с рядом технических ограничений, таких как ограниченные вычислительные мощности и энергопотребление устройств. Поэтому в мобильных сервисах применяются оптимизированные модели, способные эффективно обрабатывать пользовательские запросы без значительных затрат ресурсов.

В данной статье рассматривается реализация подобной модели, позволяющей формировать музыкальные подборки на основе введённых пользователем ключевых слов. Также анализируются преимущества такого подхода и особенности его внедрения в Android-приложение.

Основная часть. Искусственный интеллект представляет собой область информатики, которая занимается разработкой алгоритмов, способных обучаться, анализировать данные и принимать решения без непосредственного участия человека. ИИ основан на принципах машинного обучения и нейросетевых алгоритмов, которые позволяют обрабатывать большие объемы данных, выявлять закономерности и делать прогнозы. В основе большинства современных нейросетей лежит многослойная структура, включающая входной слой, несколько скрытых слоев и выходной слой. Каждый слой содержит нейроны, которые получают данные, обрабатывают их и передают результат дальше по сети. Глубокие нейронные сети способны анализировать сложные взаимосвязи между различными характеристиками данных, что делает их особенно эффективными в задачах персонализации [1].

На рисунке 1 представлена схема глубокой нейронной сети, используемой в задачах машинного обучения. Входной слой (Input layer) принимает данные, скрытые слои (Multiple hidden layer) выполняют вычисления, выявляя сложные зависимости, а выходной слой (Output layer) формирует окончательный результат [1].

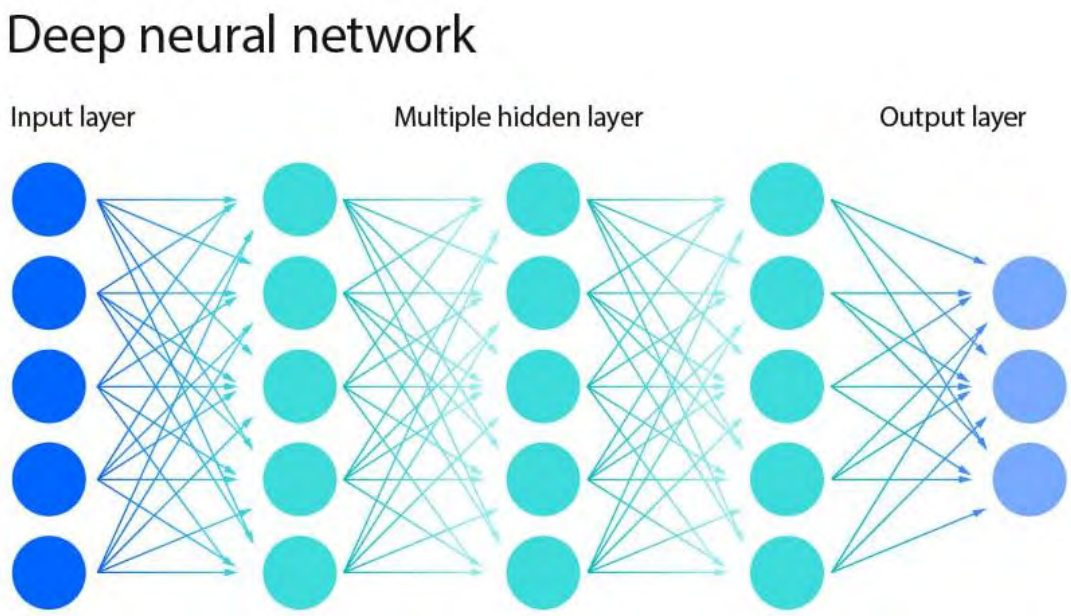


Рисунок 1 – Структура глубокой нейронной сети

В контексте разработки Android-приложения музыкального рекомендательного сервиса, написанного на языке Kotlin, планируется использовать библиотеку KotlinDL – высокоуровневый API для глубокого обучения. KotlinDL разработана для работы с TensorFlow и ONNX Runtime, что делает ее мощным инструментом для создания и обучения нейросетей на платформе JVM. Одним из преимуществ библиотеки является удобный синтаксис, вдохновленный Keras, который позволяет описывать модели в лаконичной и понятной форме. Также KotlinDL поддерживает импорт предобученных моделей Keras и ONNX, что ускоряет процесс интеграции машинного обучения в приложение [2].

Особенностью KotlinDL является ее адаптация для мобильных платформ. С версии 0.5 библиотека поддерживает Android, что позволяет разработчикам использовать обученные модели непосредственно в мобильных приложениях. Это достигается за счет нового API, упрощающего процесс разворачивания и работы с моделями на устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами [2].

Планируемая функция генерации плейлистов в приложении будет использовать коллекцию из более чем 100 тысяч треков, каждый из которых описан по ряду аудиохарактеристик:

− тональность (key) – музыкальная тональность трека;

− темп (bpm) – скорость композиции, измеряемая в ударах в минуту;

− акустичность (acousticness) – вероятность того, что трек является акустическим;

− танцевальность (danceability) – насколько трек подходит для танцев, учитывая ритм, темп и структуру;

− энергичность (energy) – уровень интенсивности и динамичности трека;

− инструментальность (instrumentalness) – вероятность отсутствия вокала в композиции;

− живость (liveness) – вероятность того, что запись сделана при живом исполнении;

− громкость (loudness) – средний уровень громкости трека в децибелах;

− разговорность (speechiness) – наличие разговорных элементов в музыке;

− позитивность (valence) – эмоциональная окраска трека (высокий показатель соответствует более позитивному звучанию).

При этом обучение нейросети проводится на отдельной коллекции данных, где каждому текстовому запросу, например, «июльская ночь», сопоставляется множество строк с различными значениями аудиохарактеристик. Такой подход позволяет системе выявлять

закономерности между словами и звуковыми параметрами композиций. Позже, при вводе пользователем ключевых слов, алгоритм анализирует их и подбирает треки с наиболее близкими характеристиками. Прототип экрана для ввода ключевых слов показан на рисунке 2.

Рисунок 2 – Прототип экрана для ввода ключевых слов

Такой метод обеспечивает высокую точность рекомендаций, поскольку сочетает семантический анализ пользовательских запросов и объективные звуковые параметры музыки. Благодаря этому можно подбирать треки не только по жанровой принадлежности, но и по атмосфере, настроению и стилю исполнения, что делает музыкальный опыт более персонализированным.

Применение KotlinDL и нейросетевых алгоритмов на мобильных устройствах позволяет создать мощный, но при этом оптимизированный для мобильной среды сервис, способный работать с ограниченными ресурсами. Это делает его удобным для пользователей, предлагая персонализированные музыкальные рекомендации без значительной нагрузки на устройство. В результате комбинация ИИ, аудиоанализа и

машинного обучения открывает новые возможности в сфере музыкальных сервисов, улучшая качество рекомендаций и взаимодействие с пользователем.

Заключение. Разработка мобильного музыкального рекомендательного сервиса с использованием искусственного интеллекта демонстрирует огромный потенциал для повышения качества персонализации. Использование оптимизированных моделей, таких как KotlinDL, позволяет эффективно обрабатывать пользовательские запросы даже на устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами. Сочетание анализа аудиохарактеристик обширной коллекции треков и обучающего набора, где текстовые запросы сопоставляются с параметрами композиций, обеспечивает точное и релевантное формирование плейлистов.

Таким образом, представленный подход открывает новые горизонты в области музыкальных рекомендаций, делая сервисы более гибкими и адаптированными под индивидуальные предпочтения пользователей. Применение современных технологий ИИ в мобильных приложениях не только улучшает качество взаимодействия с контентом, но и способствует развитию инновационных решений в сфере цифровых медиа.

Список литературы

1. *What is a neural network? [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ibm.com/think/topics/neural-networks. Дата доступа: 12.03.2025*

2. *KotlinDL 0.5 появился на Android [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/otus/articles/724548. Дата доступа: 12.03.2025*

UDC 004.8

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE ANDROID APPLICATION OF THE MUSIC RECOMMENDATION SERVICE

Dolgaya V.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. The article discusses the use of artificial intelligence to generate personalized playlists in the Android application of the music recommendation service. Special attention is paid to the use of optimized neural network algorithms and the KotlinDL library. The article analyzes the features of working on mobile devices with limited computing resources, as well as the methodology for using audio characteristics of tracks to form recommendations.

Keywords: music service, artificial intelligence, mobile application, Android, neural networks, KotlinDL, recommendations

УДК [621.395.721.5 :004.42]: (378.4)

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ БГУИР

Гимпель А.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Щербина Н.В. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Статья посвящена разработке мобильного приложения для осуществления деятельности общественных организаций БГУИР. Определены концептуальные требования к приложению, целевая аудитория, рассмотрены существующие аналоги. Анализ существующих решений выявил их недостаточную адаптацию к университетской среде. На основе проведенного исследования сформулированы функциональные возможности разрабатываемого мобильного приложения. Рассмотрены преимущества и недостатки разрабатываемого мобильного приложения.

Ключевые слова: мобильное приложение, общественные организации, БГУИР, управление мероприятиями, автоматизация процессов.

Введение. Современные мобильные приложения играют важную роль в организации и управлении деятельностью различных организаций, включая общественные. Общественные организации БГУИР нуждаются в информационной системе, которая позволит упростить процессы координации, планирования мероприятий, взаимодействия с участниками и членами студенческих организаций. Актуальность темы обусловлена ростом активности студенческих общественных организаций и волонтерства, что требует эффективных инструментов для управления мероприятиями и координации участников.

Основная часть. Разработка мобильного приложения требует четкого определения концептуальных требований. Это является важным этапом при проектировании мобильного приложения для общественных организаций, так как от этого зависит его функциональность, удобство и эффективность [1].

Для проектирования и разработки мобильного приложения выделены следующие концептуальные требования:

− удобство и доступность интерфейса. Необходимо обеспечить пользователей интуитивно понятным и удобным интерфейсом с простой навигацией и быстрым доступом к необходимой информации;

− многофункциональность. Приложение должно поддерживать широкий спектр функций, охватывающих все этапы взаимодействия с общественными организациями при проведении мероприятий;

− мобильность и доступность. Приложение должно работать на устройствах с разными характеристиками, операционными системами (iOS и Android), обеспечивая высокую производительность и плавную работу на любом экране;

− обеспечение безопасности личных данных пользователей;

− гибкость и расширяемость. Приложение должно иметь возможность адаптации к изменяющимся потребностям пользователей и новым условиям.

Так как потребности пользователей напрямую влияют на выбор и разработку функционала, проведено исследование целевой аудитории мобильного приложения [2]**Error! Reference source not found.**, которое позволило выделить следующие группы пользователей:

1 Студенты – участники общественных организаций, которые нуждаются в простом инструменте для оперативного получения информации, участия в мероприятиях и выполнения организационных задач.

2 Руководители и активисты организаций – пользователи, которые занимаются планированием, распределением задач и координацией мероприятий. Им важно иметь доступ к управленческим функциям и аналитическим данным.

3 Администрация – пользователи, поддерживающие работу организаций на административном уровне, которым важно отслеживать активность и успехи студентов.

Для формулировки функциональных возможностей разрабатываемого мобильного приложения для координации деятельности общественных организаций БГУИР рассмотрены следующие существующие аналоги.

– Приложение Asana – управление проектами и командная работа. Приложение позволяет создавать проекты, назначать задачи, устанавливать сроки выполнения и отслеживать прогресс. Asana подходит для организации работы внутри студенческих объединений, но не адаптирована для работы с мероприятиями и не имеет функционала взаимодействия с широкой аудиторией студентов [3].

– Облачная программа Trello – визуальное управление задачами. Популярный инструмент для управления задачами с использованием канбан-досок. Он позволяет распределять задачи по этапам выполнения и следить за прогрессом. Trello можно использовать как вспомогательный инструмент для управления задачами внутри команд, но для работы с мероприятиями и студентами он не подходит [4].

– Приложение Meetup – организация мероприятий и поиск участников. Приложение, предназначенное для поиска и организации мероприятий. Пользователи могут создавать события, приглашать участников и получать обратную связь. Meetup предлагает полезные функции, которые можно использовать для организации мероприятий, но его недостаточная адаптация к потребностям общественных организаций университета делает его недостаточно удобным [5].

Анализ существующих приложений показывает, что ни одно из рассматриваемых приложений не удовлетворяет полностью специфические потребности общественных организаций БГУИР. Это подчеркивает необходимость разработки специализированного мобильного приложения, учитывающего уникальные требования и особенности студенческих объединений университета.

Разрабатываемое мобильное приложение поддерживает следующие режимы функционирования:

1 Обычный режим – доступ пользователей к функциям приложения, регистрация на мероприятия, просмотр контента.

2 Административный режим – расширенные возможности для организаторов и администраторов, включая управление мероприятиями, просмотр аналитики и модерирование контента.

Сформулируем функциональные возможности разрабатываемого мобильного приложения для осуществления деятельности общественных организаций БГУИР:

− регистрация и авторизация пользователей;

− поиск, фильтрация и просмотр мероприятий, организованных общественными организациями, возможность записи на мероприятия;

− редактирование списка «Избранное»;

− просмотр истории участия;

− просмотр ленты новостей – отображение актуальных событий, связанных со студенческими общественными организациями;

− добавление новых мероприятий и заполнение подробной информации о них, редактирование ранее созданных мероприятий, отмена мероприятий;

− просмотр списка организованных мероприятий – активисты могут видеть все созданные ими события;

− создание, редактирование и удаление новостей;

− сбор данных об активности пользователей, просмотр статистики мероприятий;

− формирование отчетов об активности студентов, формирование рейтинга;

− экспорт данных – возможность выгрузки отчетов о мероприятиях, участниках;

− редактирование личных данных – управление профилем пользователя, обновление личных данных.

Разрабатываемое мобильное приложение для общественных организаций БГУИР обладает рядом преимуществ, которые делают его удобным инструментом для координации и организации мероприятий в университете. Однако, как и у любого программного продукта, у него есть и некоторые недостатки.

Достоинствами являются упрощение координации мероприятий, автоматизация процесса записи на мероприятия, сбора статистики и формирования отчетов, наличие единой базы данных, что позволяет формировать рейтинги активности студентов, а также предоставление организаторам аналитики для эффективного планирования.

К недостаткам приложения относятся необходимость первоначального наполнения контентом и регулярного обновления от студенческих организаций, зависимость от стабильного интернет-соединения, риск низкой активности пользователей, требующий дополнительных мотивационных мер, а также конкуренция с уже существующими платформами, такими как социальные сети, что может замедлить его внедрение.

Заключение. Таким образом, в данной статье рассмотрены концептуальные требования, проведен анализ целевой аудитории, рассмотрены существующие аналоги разрабатываемого мобильного приложения. Анализ аналогов показал, что существующие решения, такие как Asana, Trello и Meetup, обладают полезными функциями, но не обеспечивают комплексного подхода, необходимого для координации деятельности общественных организаций БГУИР. Это подтвердило необходимость разработки специализированного мобильного приложения, учитывающего специфику университетской среды и потребности студентов.

На основе проведенного исследования сформулированы функциональные возможности разрабатываемого мобильного приложения. Выделены основные достоинства и недостатки разрабатываемого решения, что позволит учесть возможные риски и пути их минимизации на следующих этапах проектирования.

Список литературы

1. *Анализ концептуальных требований и информационных потребностей [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studfile.net/preview/7844127/page:4//. Дата доступа: 20.01.2025.*

2. *Как определить целевую аудиторию мобильного приложения [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://asomobile.net/blog/kak-opredelit-czeleviuyu-auditoriyu-mobilnogo-prilozheniya/. Дата доступа: 17.03.2025.*

3. *Начало работы с мобильным приложением Asana [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://asana.com/ru/guide/get-started/begin/asana-mobile-app. Дата доступа: 11.01.2025.*

4. *Trello [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://trello.com/ru/tour. Дата доступа: 29.01.2025.*

5. *Платформа Meetup [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.meetup.com/ru-RU/how-to-group-start/. Дата доступа: 21.03.2025.*

UDC [621.395.721.5 :004.42]: (378.4)

MOBILE APPLICATION FOR THE ACTIVITIES OF PUBLIC ORGANIZATIONS AT BSUIR

Gimpel A.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Shcherbina N.V. – Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article is dedicated to the development of a mobile application for the activities of public organizations at BSUIR. The conceptual requirements for the application, the target audience, and existing analogs are defined. The analysis of existing solutions revealed their insufficient adaptation to the university environment. Based on the conducted research, the functional capabilities of the developed mobile application have been formulated. The advantages and disadvantages of the developed mobile application are also considered.

Keywords: mobile application, public organizations, BSUIR, event management, process automation

УДК 004.774.6+[004.934:534.3]

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ТРАНСКРИБИРОВАНИЯ АУДИОФАЙЛОВ В МУЗЫКАЛЬНУЮ НОТАЦИЮ НА БАЗЕ SPRING FRAMEWORK И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Красильникова В.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Щербина Н.В. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Описаны функциональные возможности веб-приложения для транскрибирования аудиофайлов в музыкальную нотацию, основанные на анализе целевой аудитории и аналогов веб-приложения, посредством диаграммы вариантов использования и описаны технологии, использованные для реализации клиент-серверной архитектуры. Разработанная система ориентирована как на профессионалов, так и на пользователей, не имеющих музыкального образования.

Ключевые слова: веб-приложение, музыкальная нотация, аудиофайлы, транскрибирование

Введение. С развитием информационных технологий начался рост цифровизации музыкальной индустрии, позволяя автоматизировать множество процессов и механизмов в работе с музыкой. Композиторы и музыканты часто сталкиваются с необходимостью преобразования своих композиций из аудиоформата в ноты, а инструменталисты нуждаются в сервисах, предоставляющих музыкальные партитуры или облегчающие поиск нужных композиций [1].

Существующие решения ориентированы преимущественно на профессионалов, требуют установки специализированного программного обеспечения с ограничением бесплатной версии и освоения его функционала. В связи с этим возникает потребность в разработке веб-приложения, которое обеспечит удобный доступ к такому сервису без необходимости установки и обучения, тем самым позволяя расширить аудиторию пользователей.

Основная часть. Главной задачей веб-приложения для транскрибирования аудиофайлов в музыкальную нотацию является его доступность с любого устройства посредством сети Интернет и предоставление качественного сервиса для конвертирования аудиофайлов в ноты.

Преимуществом данного веб-приложения является выбор способа загрузки аудиофайлов, формата нотного отображения, простой и интуитивно понятный интерфейс, наличие встроенного онлайн-магазина существующих композиций, а также возможность загрузки собственных нот на сайт.

В веб-приложении для транскрибирования аудиофайлов в музыкальную нотацию можно выделить основных пользователей и их потребности, основываясь на преимуществах и недостатках его аналогов и портрете целевой аудитории:

1 Композиторы и аранжировщики, которые необходима возможность записи аудиофайлов в режиме реального времени и загрузка собственных композиций.

2 Профессиональные музыканты и звукорежиссёры, нуждающиеся в получении быстрой и качественной музыкальной нотации и доступа к истории конвертирования.

3 Инструменталисты и музыканты-любители, которым важно конвертирование нот в формат табулатуры, возможность использования на разных устройствах, скачивание и покупка существующих нот и аранжировок.

Таким образом, в веб-приложении определены следующие роли:

− неавторизированные пользователи;

− авторизированные пользователи;
− администратор.

На рисунке 1 представлена диаграмма вариантов использования, которая описывает функциональную часть веб-приложения для транскрибирования аудиофайлов в музыкальную нотацию.

Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования веб-приложения для транскрибирования аудиофайлов в музыкальную нотацию

Неавторизированные пользователи могут конвертировать аудиофайлы, скачивать готовые результаты и приобретать композиции в онлайн-магазине. Сохранение истории конвертации, покупок, возможность повторного скачивания, добавления товаров в избранное, а также возможность загрузки собственных произведений доступны после авторизации/регистрации. Администратору предоставлены возможности управления нотными файлами в онлайн-магазине, обработка заявок об ошибках и управление файлами, загружаемыми пользователями, обеспечивая качество и соответствие материалов установленным стандартам.

Для повышения вовлеченности пользователей и расширения аудитории целесообразно для дальнейшего развития веб-приложения внедрить систему поощрений за загрузку собственных нотных файлов. Пользователи будут получать баллы за загрузку, которые затем могут быть использованы в качестве виртуальной валюты для приобретения платных нот. Такой подход позволит увеличить аудиторию активных пользователей, что поспособствует росту контента на платформе.

Веб-приложение для транскрибирования аудиофайлов в музыкальную нотацию имеет клиент-серверную архитектуру, реализованную с помощью объектно-ориентированного языка программирования Java. В качестве архитектуры веб-приложения выбрана

концепция MVC (model-view-controller), которая позволяет разделить ответственность за бизнес-логику и логику отображения на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер. Модель отвечает за бизнес-логику и управляет данными, представление отвечает за отображение информации пользователю, а контроллер отвечает за управление взаимодействием между моделью и представлением [2].

Для реализации логики веб-приложения использованы:

− Java Spring Framework. Ускоряет разработку за счет встроенной конфигурации, обеспечивает высокую производительность, многопоточность, защиту пользовательских данных и аутентификации за счет Spring Security;

− Python, как внешний сервис обработки аудио. Обеспечивает интеграцию библиотек для работы со звуком, таких как Librosa, Aubio, pydub, а также возможность подключения искусственного интеллекта для автоматизирования машинных алгоритмов [3];

− база данных PostgreSQL для хранения разных типов данных;

− REST API и CORS. Spring Boot и Python FastAPI используются для передачи данных между клиентской частью и сервером. CORS настраивает политику доступа для Frontend;

− Docker для контейнеризации сервисов (Java, Python). Возможность онлайн-запуска без необходимости установки дополнительного программного обеспечения на устройство.

Клиентская часть реализована с помощью React TypeScript и CSS, HTML для стилизации и разметки страниц веб-приложения.

Заключение. Таким образом, разработанное веб-приложение для транскрибирования аудиофайлов в музыкальную нотацию предоставляет собой многофункциональный онлайн-сервис, не требующий предварительной установки и специального обучения для работы. Характерной особенностью является наличие встроенного онлайн-магазина и системы начисления баллов за загрузку собственных композиций. В процессе его создания были успешно проанализированы потребности целевой аудитории, составлены функциональные возможности и описаны использованные технологии.

Список литературы

1. 8 Best Music Transcription Software in 2025[Электронный ресурс]. Режим доступа: https://fixthephoto.com/best-music-transcription-software.html. Дата доступа: 02.03.2025.

2. Клиент - серверная архитектура [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://vladislaveremeev.gitbook.io/qa_bible/seti-i-okolo-nikh/klient-servernaya-arkhitektura client-server-architecture. Дата доступа: 02.03.2025.

3. Анализ аудиоданных с помощью глубокого обучения и Python [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://nuancesprog.ru/p/6713/. Дата доступа: 02.03.2025.

UDC 004.774.6+[004.934:534.3]

WEB APPLICATION FOR TRANSCRIPTING AUDIO FILES INTO MUSICAL NOTATION BASED ON SPRING FRAMEWORK AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Krasilnikova V.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Shcherbina N.V. – Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The functional capabilities of a web application for transcribing audio files into musical notation are described, based on the analysis of the target audience and analogs of the web application, using a use case diagram, and the technologies used to implement the client-server architecture are described. The developed system is oriented both to professionals and to users without musical education.

Keywords: web application, music notation, audio files, transcription

УДК 004.774:7.077

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРАКТИЧЕСКОГО МАСТЕРСТВА В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Кучмель Д.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Щербина Н.В. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматривается веб-приложение, предназначенное для совершенствования мастерства в различных областях творческой деятельности. Это приложение обеспечивает возможность выбора и обучения творческому хобби, предоставляя пользователям доступ к обширной базе разнообразных мастер-классов, системе хранения идей и созданию своих мастер-классов для обмена опытом с другими участниками сообщества.

Ключевые слова: веб-приложение, обучение, творчество, Java, Java Spring, MySQL.

Введение. В настоящее время современные информационные технологии применяются во всех аспектах жизнедеятельности человека, в том числе и в творческой сфере. Люди стремятся развивать свои навыки в различных областях творчества, что приводит к появлению повышенного спроса на сервисы – обучающие ресурсы, которые помогают находить вдохновение для творческих реализаций пользователя и позволяют обмениваться опытом с единомышленниками. Существующие аналоги не могут в полной мере удовлетворить потребности пользователей, так как, зачастую, охватывают узкую сферу творчества, не включают функции хранения мастер-классов в коллекциях и добавление собственных идей или предоставляют мастер-классы без подробного описания, что не позволяет эффективно обучатся.

Основная часть. Целью работы является разработка веб-приложения по совершенствованию практического мастерства в различных областях творческой деятельности и его эргономическое обеспечение. Веб-приложение предоставляет возможности для поиска новых идей и техник, публикации пользовательских творческих проектов и структурированного хранения собственных и понравившихся творческих мастер-классов.

Целевой аудиторией разрабатываемого приложения являются люди, имеющие опыт в различных видах творчества, любители рукоделия, художники, дизайнеры, а также люди, заинтересованные в новом хобби. Для разработки структуры веб-приложения выделены следующие группы пользователей и их потребности:

1 Незарегистрированные пользователи:

− гибкая система поиска творческих мастер-классов, соответствующих интересам и уровню способностей пользователей;

− просмотр подробных мастер-классов, включая необходимые материалы, пошаговые инструкции и дополнительные ресурсы;

− возможность поделиться выбранной идеей с помощью социальных сетей.

2 Зарегистрированные пользователи:

− сохранение избранных карточек мастер-классов в коллекции;

− создание собственных мастер-классов;

− возможность комментирования мастер-классов других пользователей.

3 Администраторы:

− модерация добавленных пользователями карточек мастер-классов;

− модерация комментариев пользователей.

С целью наглядного представления функционала разрабатываемого веб-приложения, доступного каждой группе пользователей, составлена диаграмма вариантов использования, представленная на рисунке 1.

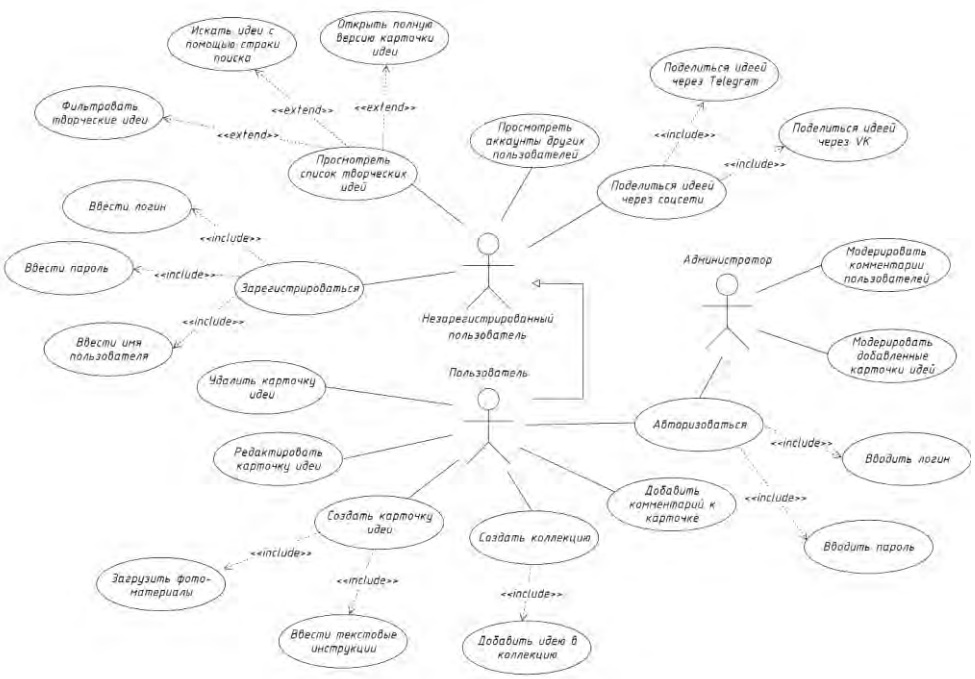


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Основные модули, входящие в состав веб-приложения, выделены исходя из потребностей пользователей и составляют следующую структуру:

1 Аутентификация и авторизация. Модуль осуществляет задачи проверки принадлежности пользователя к учетной записи посредством логина и пароля; предоставления пользователю определенных прав доступа в информационной системе, то есть разграничение уровня доступа для пользователей и администраторов.

2 База карточек творческих мастер-классов. Модуль предоставляет пользователям возможность для поиска карточек с помощью строки поиска и панели фильтрации, отображает список случайных карточек, а также подробную информацию о каждой карточке.

3 Создание карточек. Модуль включает в себя функциональность по заполнению формы для создания пользователем карточек творческих мастер-классов и их сохранению в базе системы.

4 Модуль хранилище пользователя решает следующие задачи:

− сохранение карточек других пользователей системы в коллекции;

− создание и редактирование коллекций для сохранения созданных и понравившихся пользователю карточек;

− установка и изменение статуса видимости личных карточек и коллекций (публичные/приватные, то есть доступные только создателю).

5 Панель администратора включает в себя инструменты модерации добавленных пользователями карточек и комментариев.

Все модули системы взаимосвязаны и обеспечивают комплексное выполнение задач пользователей веб-приложения.

При программной реализации веб-приложения использовалась концепция Model-View-Controller (MVC, «Модель-Представление-Контроллер»). Это схема разделения данных приложения и управляющей логики на три отдельных компонента: модель,

представление и контроллер, что позволяет модифицировать каждый компонент независимо от других. Модель предоставляет данные и реагирует на команды контроллера, изменяя свое состояние. Представление отвечает за отображение данных модели пользователю, реагируя на изменения модели. Контроллер интерпретирует действия пользователя, оповещая модель о необходимости изменений [1].

Для разработки данного веб-приложения выбран объектно-ориентированный язык программирования Java, который позволяет создавать высокопроизводительные и надежные приложения, и фреймворк Java Spring. Java Spring – это платформа для разработки приложений на языке Java, которая предоставляет готовые решения для типовых задач, что позволяет сократить количество кода, увеличить его читаемость и поддерживаемость. Фреймворк Spring предоставляет инструменты для создания многопользовательских веб-приложений с интеграцией различных компонентов и технологий, обеспечивая при этом их надежность и масштабируемость [2].

Хранение данных осуществляется в базе данных MySQL. Эта реляционная база данных позволяет хранить данные в виде таблиц и манипулировать ими. MySQL сочетает в себе хорошую производительность, высокую надежность и простоту использования, что идеально подходит для небольших проектов.

Заключение. Использование разработанного веб-приложения предоставит пользователям возможность обучаться и улучшать свои практические навыки в различных творческих хобби, а также делиться своими мастер-классами, обмениваться опытом с единомышленниками. Веб-приложение имеет большой выбор техник и видов творчества для изучения, мастер-классы разделены по уровню сложности и времени работы, что позволяет заинтересовать широкий круг пользователей. Система имеет простую навигацию, возможность поиска и фильтрации мастер-классов, гибкую систему хранения созданных и понравившихся мастер-классов в коллекциях в профиле пользователя. Преимуществом веб-приложения являются подробные описания мастер-классов, включающие в себя необходимые инструменты, материалы и подробные шаги для качественного обучения.

Список литературы

1. *Обобщенный Model-View-Controller [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://rsdn.org/?article/patterns/generic-mvc.xml. Дата доступа: 10.03.2025.*

2. *Крейг, У. Spring в действии / У. Крейг. Москва: ДМК-Пресс, 2022. 544 с.*

UDC 004.774:7.077

WEB APPLICATION FOR IMPROVING PRACTICAL SKILLS IN VARIOS AREAS OF CREATIVE ACTIVITY

Kuchmel D.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Shcherbina N.V. – Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article discusses a web application designed to improve skills in various areas of creative activity. This application provides the ability to choose and learn a creative hobby, giving users access to an extensive database of various master classes, a system for storing ideas and creating their own master classes to share experiences with other community members.

Keywords: web application, learning, creativity, Java, Java Spring, MySQL

УДК [004.774+316.44]:616.896-053.2

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ КОММУНИКАЦИИ С ДЕТЬМИ С АУТИЗМОМ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Падунович М.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Андриалович И.В. – магистр тех. и техн., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В работе описаны задачи и функциональные возможности веб-приложения, которые представлены с помощью диаграммы вариантов использования. Также разработаны макеты основных страниц веб-приложения. Веб-приложение для оптимизации коммуникации с детьми с аутизмом – это онлайн-платформа, которая призвана облегчить взаимодействие между детьми и родителями. Приложение помогает родителям пользоваться инструментами, такими как визуальное расписание, база карточек и интерактивный выбор. Это способствует улучшению коммуникации, обучения и адаптации детей с аутизмом.

Ключевые слова: оптимизация, веб-приложение, визуальное расписание, аутизм.

Введение. В современном мире поддержка детей с расстройствами аутистического спектра (РАС) становится все более актуальной задачей. Одной из ключевых сложностей, с которыми сталкиваются такие дети, их родители и специалисты, является коммуникация. Дети с аутизмом часто испытывают трудности в выражении своих потребностей, понимании окружающих и адаптации к повседневным задачам. Для решения этих проблем необходимы специализированные инструменты, которые не только упрощают взаимодействие, но и способствуют развитию навыков и самостоятельности. [1]. В этих условиях актуальной становится разработка специализированного веб-приложения, направленного на оптимизацию коммуникации с детьми с аутизмом. Приложение должно включать такие основные функции, как визуальное расписание, база карточек и интерактивный выбор, которые помогают структурировать задачи, обучать и вовлекать детей в процесс взаимодействия. Кроме того, важно учитывать требования к эргономике интерфейса, чтобы обеспечить удобство использования для родителей и детей.

Основная часть. В настоящее время поддержка детей с расстройствами аутистического спектра (РАС) требует применения современных технологий, которые могут учитывать их индивидуальные особенности и потребности. Дети с аутизмом часто сталкиваются с трудностями в коммуникации, понимании окружающего мира и организации повседневных задач. Традиционные методы взаимодействия, такие как бумажные расписания или статичные карточки, зачастую оказываются недостаточно гибкими и не учитывают динамику развития ребенка. Разработка веб-приложения, направленного на оптимизацию коммуникации с детьми с аутизмом, призвана решить эти проблемы.

Основная задача приложения – предоставить удобные инструменты, которые помогут детям структурировать действия, обучаться новым навыкам и взаимодействовать с окружающим миром.

В веб-приложении, разработанном для оптимизации коммуникации с детьми с аутизмом, можно выделить две роли пользователей. Эти роли определяются на основе функциональных возможностей приложения и анализа целевой аудитории.

Целевая аудитория приложения включает две основные группы: детей с аутизмом, их родителей и опекунов. Все две группы должны уметь пользоваться девайсами. Каждая из этих групп имеет свои уникальные потребности и цели при использовании приложения.

Цели, которые преследуют родители и опекуны – это улучшение самостоятельности ребенка, развитие коммуникативных навыков и создание структуры для повседневной жизни. А также у них есть потребность в легком доступе к визуальным расписаниям, библиотеке карточек для ежедневных действий, доступных инструкциях по работе с приложением.

Дети с аутизмом, которые будут пользоваться этим приложением, в основном имеют потребность в визуальной поддержке для улучшения понимания и выполнения повседневных задач, общения, а также развития навыков самостоятельности и принятия решений. Основной возрастной диапазон – это дети от 3 до 12 лет, так как в этом возрасте визуальные инструменты особенно помогают в обучении и социальной адаптации.

С целью понимания структуры проектируемой системы, ее функциональной части, а также моделирования ее поведения были составлены диаграммы вариантов использования, представленные на рисунке 1 и на рисунке 2.

Диаграмма вариантов использования – это диаграмма, которая показывает, какие функции разрабатываемой программной системы доступны для каждой группы пользователей. Вариант использования описывает последовательность действий, выполняемых системой в ответ на событие, инициируемое внешним объектом (например, пользователем или другой системой) [2].

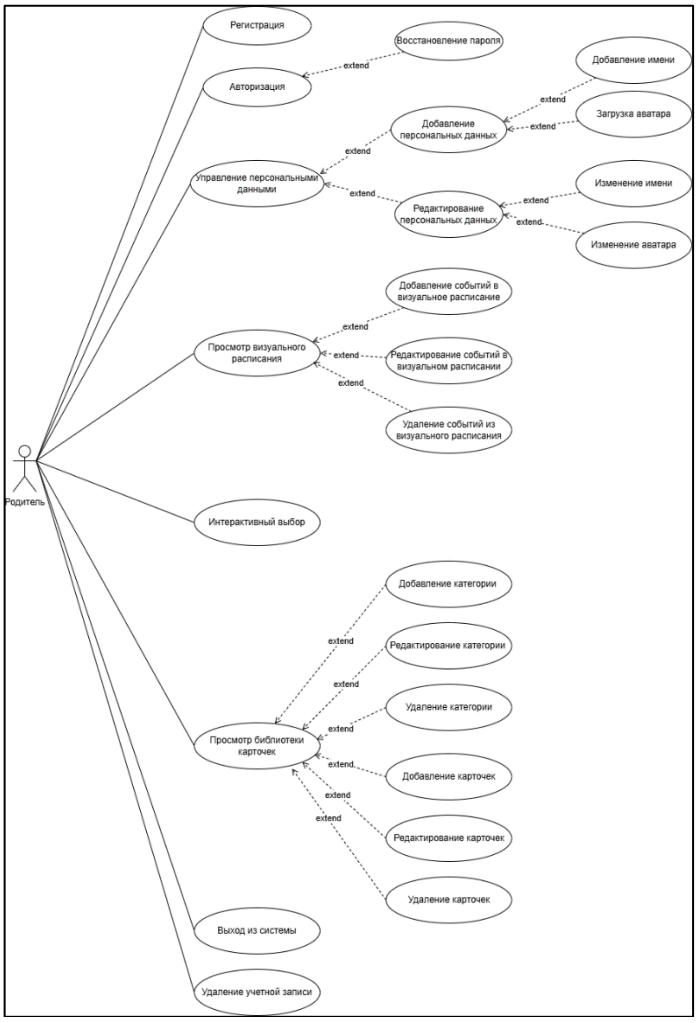


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования в роли родителя

Разработка приложения основана на современных технологиях, которые обеспечивают создание надежной и масштабируемой системы. В качестве серверной

платформы выбран JavaScript, что обеспечивает высокую производительность, безопасность и простоту интеграции. Для хранения и управления данными применяется СУБД MySQL, которая гарантирует надежность и эффективность работы с большими объемами информации. Клиентская часть приложения реализована с использованием HTML5, CSS3 и JavaScript, что обеспечивает адаптивность интерфейса и корректное отображение на любых устройствах [3].

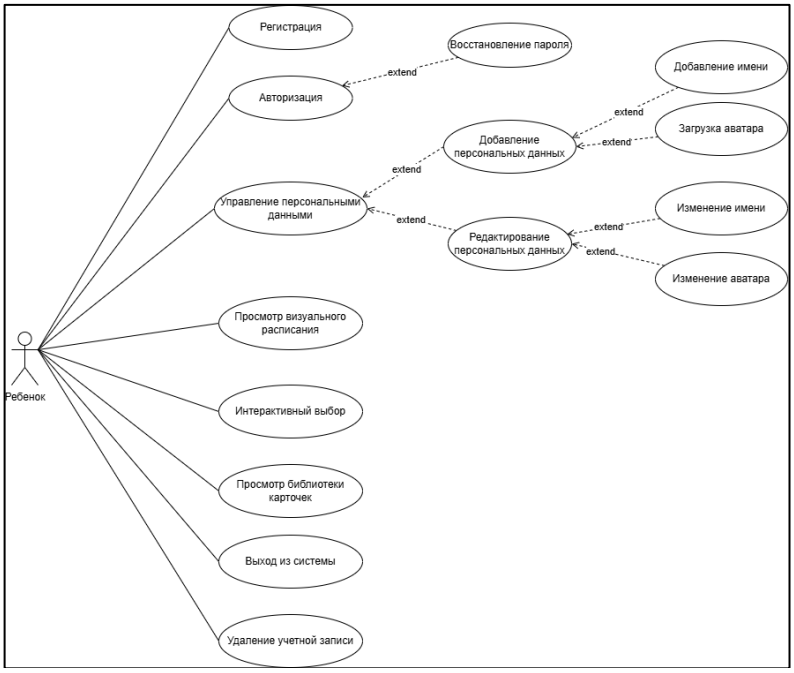


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования в роли ребенка

При разработке веб-приложения для оптимизации коммуникации с детьми с аутизмом особое внимание уделялось принципам эргономики и UX/UI-дизайна. Это позволило создать интуитивно понятный и удобный интерфейс, который учитывает особенности целевой аудитории, включая детей с аутизмом и их родителей. [4].

Также был разработан макет для страницы визуального расписания веб-приложения, который изображен на рисунке 3.

Рисунок 3 – Макет страницы визуального расписания

Заключение. Разработка веб-приложения для оптимизации коммуникации с детьми с аутизмом направлена на создание удобного и эффективного инструмента, который помогает структурировать задачи, улучшать взаимодействие и способствовать развитию навыков. Использование современных технологий (JavaScript, MySQL) и эргономичного дизайна обеспечивает высокую производительность и удобство использования для родителей, педагогов и специалистов. Приложение открывает новые возможности для поддержки детей с аутизмом, улучшая их адаптацию и качество жизни, а также упрощая взаимодействие между всеми участниками процесса. В перспективе планируется расширение функциональности и интеграция с образовательными платформами.

Список литературы

1. *Фонд обнаженные сердца [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://nakedheart.online/. Дата доступа: 10.02.2025*

2. *Диаграмма вариантов использования [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://flexberry.github.io/ru/fd_use-case-diagram.html/. Дата доступа: 10.02.2025*

3. *JavaScript [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://blog.skillfactory.ru/glossary/javascript/. Дата доступа: 10.02.2025*

4. *Алексеева, Н.В., Морозов, И.П. UX/UI-дизайн и эргономика веб-приложений // Российский журнал информационных технологий. 2021. Т. 19, № 2. С. 67–82.*4.

5. Models for predicting the reliability of integral schemes taking into account the impact of electrostatic discharge / В.Ф. Алексеев [и др.] // Slovak international scientific journal. 2018. Vol. 1, N 24. Pp. 47–62.

UDC [004.774+316.44]:616.896-053.2

WEB APPLICATION FOR OPTIMIZING COMMUNICATION WITH CHILDREN WITH AUTISM AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Padunovich M.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Andrialovich I.V. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The work describes the tasks and functional capabilities of the web application, which are presented using a use case diagram. Additionally, mockups of the main pages of the web application have been developed. The web application for optimizing communication with children with autism is an online platform designed to facilitate interaction between children and parents. The application helps parents utilize tools such as visual schedules, a card database, and interactive choice. This contributes to improving communication, learning, and adaptation of children with autism.

Keywords: optimization, web application, visual schedule, autism.

УДК 004.418:159.923

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕКОМЕНДАЦИЙ АНИМЕ НА ОСНОВЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Самусенко Е. Б.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Медведев О. С. – магистр тех. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка информационной системы рекомендаций аниме на основе психологического профиля пользователя. Внимание уделено новому подходу к выбору аниме для пользователя с помощью моделей *MBTI (Myers-Briggs Type Indicator)* и *Big Five*, который улучшит пользовательский опыт на фоне экспоненциального роста контента. Подход для анализа соотношения пользователя и аниме реализован с помощью «коэффициента соответствия» с применением математических функций, таких как косинусное сходство. Для хранения данных пользователей используется надежное шифрование *AES-256* и база данных *PostgreSQL*.

Ключевые слова: рекомендации аниме, психологический профиль пользователя, коэффициент соответствия, информационная система, *MBTI, Big Five, AES-256, PostgreSQL.*

Введение. В условиях экспоненциального роста аниме контента, выбор произведения, способного удовлетворить индивидуальные предпочтения зрителя, становится все более затруднительным. Традиционные алгоритмы рекомендаций, основанные на анализе зрительских рейтингов и жанровых предпочтений, не учитывают глубинные психологические аспекты, определяющие восприятие и эмоциональный отклик на художественное произведение. В противовес этому, разработанная информационная система предлагает инновационный подход к персонализации рекомендаций. Это позволяет не только учитывать поверхностные предпочтения, но и анализировать глубинные личностные характеристики, предлагая аниме, которые с высокой степенью вероятности вызовут положительный эмоциональный отклик и будут соответствовать индивидуальному психологическому складу зрителя.

Основная часть. Разрабатываемая информационная система представляет собой инновационную платформу для персонализированного подбора аниме на основе психологического профиля пользователя. Для решения проблематики было решено использовать современные методы психологического профилирования, в частности, опираясь на модели, такие как типология Майерс-Бриггс *(MBTI – Myers-Briggs Type Indicator)* и Большая пятерка *(Big Five)*, приложение формирует детализированные психологические портреты пользователей [1, 2].

Результаты тестов в разработанной информационной системе автоматически обрабатываются и интерпретируются с помощью специализированных алгоритмов. Алгоритм анализирует множество факторов, формирующих психологический профиль пользователя и характеристики аниме (интуиция, мышление, суждение, сюжет, поведение в разных ситуациях, логика). Центральным элементом является расчет «коэффициента соответствия», который определяет, насколько аниме отвечает индивидуальным предпочтениям [3]. При этом каждый параметр имеет свою важность, а для оценки схожести используются математические функции, такие как косинусное сходство. Рассмотрим конкретный пример, чтобы продемонстрировать, как это работает.

Пример:

В таблице 1 и 2 представлены данные, проанализированные тестированием как пользовательские, так и взятого для примера аниме.

Таблица 1 – Профиль пользователя

MBTI		**Архетипы**		**Big Five**	
Аналитик	0.7	Герой (1)	0.4	Открытость	0.6
Дипломат	0.3	Мудрец (2)	0.3	Добросовестность	0.5
		Бунтарь (3)	0.2	Экстраверсия	0.4
				Доброжелательность	0.7
				Нейротизм	0.3

Таблица 2 – Аниме «Атака Титанов»

MBTI		**Архетипы**		**Big Five**	
Аналитик	0.8	Герой (1)	0.9	Открытость	0.7
Искатель	0.6	Бунтарь (3)	0.5	Добросовестность	0.6
				Экстраверсия	0.8
				Доброжелательность	0.4
				Нейротизм	0.7

Когда все данные имеются начинается расчет сходства по категориям. Сравниваются векторы пользователя и аниме. У аниме нет параметра «Дипломат», поэтому считаем только для «Аналитик», скалярное произведение $0{,}7 \times 0{,}8 = 0{,}56$ – это степень соответствия пользователя и аниме по важному параметру «Аналитик» (*MBTI*)

Теперь используем перекрывающиеся архетипы. У пользователя и аниме совпадают два архетипа: «Герой» и «Бунтарь». Сходство рассчитывается по формуле 1:

$$\text{Сходство} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\text{Значение пользователя} \times \text{Значение аниме})}{\text{Максимально возможная сумма}}, \quad (1)$$

где *i* – индекс, который указывает на порядковый номер совпадающего архетипа;

n – общее количество совпадающих архетипов между пользователем и аниме;

максимально возможная сумма – это сумма максимальных произведений значений для всех совпадающих архетипов.

$\text{n}\,(1) = 0{,}4 \times 0{,}9 = 0{,}36;$

$\text{n}\,(2) = 0{,}2 \times 0{,}5 = 0{,}1$

$0{,}36 + 0{,}1 = 0{,}46$ (суммарное сходство по архетипам)

Следовательно,

$\frac{0{,}46}{1{,}0} = 0{,}46$ – это суммарное сходство по архетипам

Далее по *Big Five* сравниваем каждую черту отдельно используя косинусное сходство (чем ближе к 1, тем выше сходство) которое рассчитывается по формуле 2:

$$\text{Косинусное сходство} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(u_i \cdot a_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} u_i^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n} a_i^2}}, \quad (2)$$

где u_i и a_i – значение *i*-й черты по модели *Big Five;*

i – индекс черты *Big Five;*

$\sum_{i=1}^{n}$ u, a – сумма по всем 5 чертам;

n – количество черт.

Числитель (скалярное произведение векторов пользователя и аниме): $(0{,}6 \times 0.7) + (0{,}5 \times 0{,}6) + (0{,}4 \times 0{,}8) + (0{,}7 \times 0{,}4) + (0{,}3 \times 0{,}7) = 0{,}42 + 0{,}3 + 0{,}32 + 0{,}28 + 0{,}21 = 1{,}53$

Знаменатель (произведение норм векторов пользователя и аниме):

$$\sqrt{0{,}6^2 + 0{,}5^2 + 0{,}4^2 + 0{,}7^2 + 0{,}3^2} = \sqrt{1.35} \approx 1{,}16$$

$$\frac{1{,}53}{1{,}16 \cdot 1{,}46} \approx \frac{1{,}53}{1{,}69} \approx 0{,}91$$

где 0,91 – значение косинусного сходства между профилями пользователя и аниме по параметрам *Big Five*.

Комбинируем результаты по категориям с учетом весов. Например, вес 40 % (0,56) – *MBTI,* вес 30 % (0,46) – Архетипы, вес 30 % (0,91) – *Big Five.* Расчитаем общий коэффициент соответствия:

$$\text{КС} = (0{,}56 \times 0{,}4) + (0{,}46 \times 0{,}3) + (0{,}91 \times 0{,}3) = 0{,}635.$$

Если максимальный балл – 1, то 0,635 означает, что аниме «Атака Титанов» подходит пользователю на 63,5 % (с точки зрения психологических профилей). Порог для рекомендации можно установить, например, на 0,5. В этом случае аниме будет рекомендовано (так как 0,635> 0,5).

Заключение. Разработанная информационная система представляет собой инновационное решение актуальной проблемы выбора аниме в условиях избытка контента. Система демонстрирует эффективное применение психологического профилирования на основе моделей *MBTI (Myers-Briggs Type Indicator)* и *Big Five*, а также алгоритмического анализа для создания персонализированных рекомендаций. Не стоит забывать и о надежном хранении, данных пользователей которое реализовано с использованием базы данных *PostgreSQL* [4]. А для обеспечения безопасности применять современные методы шифрования, такие как *AES-256(Advanced Encryption Standard)* [5]. В дальнейшем развитии системы возможно применение методов обработки естественного языка *NLP (Natural language processing)* для более детального анализа сюжета, персонажей и тематики аниме.

Список литературы

1. *Myers I. B., Briggs K. C. (1998) MBTI Manual: A Guide to the Development and Use of the Myers-Briggs Type Indicator. Consulting Psychologists Press. 420 p.*

2. *McCrae R. R., Costa P. T. (1999) A Five-Factor Theory of Personality. Psychological Inquiry, 10 (1), 1–43.*

3. *Manning C. D., Raghavan P., Schütze H. (2008) Introduction to Information Retrieval. Cambridge University Press. 482 p.*

4. *PostgreSQL Global Development Group. (2024) PostgreSQL Documentation [Electronic resource]. Available at: https://www.postgresql.org/docs/. Date of access: 13.03.2025.*

5. National Institute of Standards and Technology (NIST). (2001). Advanced Encryption Standard (AES), FIPS PUB 197 [Electronic resource]. https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.197.pdf. Date of access: 13.03.2025.

UDC 004.418:159.923

ANIME RECOMMENDATION INFORMATION SYSTEM BASED ON THE PSYCHOLOGICAL PROFILE OF THE USER AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Samusenko E. B.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Medvedev O.S. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This article discusses the development of an anime recommendation information system based on a user's psychological profile. Attention is paid to a new approach to choosing anime for the user using MBTI (Myers-Briggs Type Indicator) and Big Five models, which will improve the user experience against the background of exponential content growth. The approach for analyzing the user-anime ratio is implemented using a «matching coefficient» using mathematical functions such as cosine similarity. Strong AES-256 encryption and a PostgreSQL database are used to store user data.

Keywords: Anime recommendations, psychological profile of the user, compliance coefficient, information system, MBTI, Big Five, AES-256, PostgreSQL.

УДК 612.845.552: 004.932

ПРЕПРОЦЕССИНГ ИЗОБРАЖЕНИЙ В АЛГОРИТМАХ РЕКОЛОРИЗАЦИИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С АХРОМАТОПСИЕЙ

Синицына В.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Прудник А.М. – к.т.н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Довольно небольшое количество существующих на сегодняшний день методов преобразуют цветовую информацию изображений в соответствии с корректным ее восприятием людьми с ахроматопсией. Однако проблема зрения ахроматопов заключается не только в невозможности отличать цвета, которые нормальный трихромат воспринимает различно, но и в преобразовании в данных методах всей цветовой составляющей изображения, в то время как часто возникает необходимость преобразовывать лишь некоторые области изображения, которые являются наиболее важными для ахроматопов с точки зрения ценности визуальной информации. Для решения данных задач предложен метод препроцессинга изображений с целью их последующей реколоризации для людей с ахроматопсией.

Ключевые слова: ахроматопсия, реколоризация, алгоритмы, препроцессинг.

Введение. Аномалии цветового зрения являются достаточно распространенными на Земле, так как наблюдаются у 8% мужского и 0,5% женского населения. Выделяют несколько видов данных аномалий, среди которых наиболее распространенным является аномальная трихромазия, встречающаяся примерно у 6% населения земного шара, однако менее распространенным и в то же время наиболее тяжелым видом аномалий считается ахроматопсия.

Ахроматопсия встречается лишь у 1 из 30 000 человек на Земле, а также бывает полной, при которой наблюдается абсолютное отсутствие восприятия цвета и такие сопутствующие заболевания, как нистагм – патология с непроизвольными колебательными движениями глаз – и светобоязнь, и неполной, которая характеризуется небольшим цветоразличением и либо отсутствием нистагма и светобоязни, либо их присутствием в более легкой форме [1]. Наиболее распространенной на сегодняшний день является именно полная ахроматопсия. Неполная ахроматопсия встречается реже и является менее изученной, чем полная.

Кроме того, ахроматопсия встречается как врожденная, так и приобретенная. Приобретенная ахроматопсия именуется церебральной (или центральной), связана она с повреждением коры головного мозга [2]. Стоит также отметить, что на сегодняшний день ахроматопсия не поддается лечению, в связи с чем актуальными являются исследования и проектирование различных методов и алгоритмов для помощи данным цветоаномалам с восприятием цветовой информации объектов.

Ахроматопсия представляет собой такую аномалию цветового зрения, при которой наблюдается нарушение работы колбочковой системы, но корректное функционирование палочек – клеток-рецепторов сетчатки, чувствительных к силе света и действующих преимущественно при сумеречном или ночном зрении – в глазах человека. В связи с этим ахроматопы воспринимают мир исключительно в оттенках серого. Важно отметить, что именно благодаря палочкам люди с ахроматопсией хорошо ориентируются в пространстве в темное время суток.

Основное ограничение ахроматопического зрения заключается в невозможности отличать объекты, оригинальные цвета которых различны, а преобразованные в оттенки серого – неразличимы. Как пример, такими неразличимыми для ахроматопов цветами являются некоторые оттенки голубого и оранжевого цветов. Вследствие наличия у ахроматопов таких сопутствующих заболеваний, как светобоязнь, нистагм, а также зачастую гиперметропия или миопия, люди с ахроматопсией в повседневной жизни практически постоянно используют солнцезащитные очки, а также очки для коррекции

гиперметропии или же миопии. В темных же помещениях солнцезащитные очки ахроматопы снимают.

Таким образом, цель работы – определить, каким образом следует осуществить предварительную обработку изображений для людей с полной ахроматопсией с целью последующей реколоризации данных изображений.

В качестве задач следует выделить следующие:

– анализ существующих на сегодняшний день методов и средств реколоризации изображений для людей с полной ахроматопсией;

– формулировка и подробное описание препроцессинга изображений до применения к ним алгоритмов или методов реколоризации;

– анализ полученных в предыдущих пунктах результатов и подведение итогов.

Основная часть. На сегодняшний день в литературе упоминаются два основных метода, которые предназначены для помощи людям с ахроматопсией в корректном восприятии визуальной информации.

В методе Rasche et al.'s [3] предполагается, что воспринимаемая разница между любыми двумя цветами пропорциональна их соответствующей воспринимаемой разнице в оттенках серого цвета. Так, происходит минимизация функции ошибок как гарантия того, что неразличимые цвета будут иметь различные значения яркости. Метод Rasche et al.'s [4] дополняет предыдущий, используя целевую константу пропорциональности *K*. В данном методе цель заключается в сохранении постоянства яркости и контраста, где контраст не меняет своего значения благодаря сохранению относительного расстояния между каждой парой цветов. Кроме того, в Zhu et al.'s исследовании [5] указано, что для решения проблемы восприятия визуальной информации монохроматами также предлагается использование методов преобразования изображений в оттенки серого для черно-белой печати.

В качестве примера существующих средств реколоризации изображений для ахроматопов также стоит отметить такую имеющуюся во многих мобильных устройствах функцию цветовой коррекции, как «Оттенки серого», которая, как указано в настройках мобильных устройств, помогает сделать отчетливее цвета, которые пользователю сложно различать. Однако данная функция изменяет все цвета на экранах мобильных устройств, не позволяя никоим образом пользователю выбрать некоторую конкретную область для реколоризации.

Так, на основании анализа существующих на сегодняшний день методов и средств реколоризации изображений для людей с ахроматопсией важно отметить, что в данных методах и средствах не предусмотрена возможность предварительной обработки изображений таким образом, чтобы реколоризация происходила только для наиболее значимых для ахроматопов областей изображений.

Стоит отметить, что реколоризация лишь выбранных областей изображения очень важна для людей с любым видом аномалий, так как не всегда реколоризация всего экрана бывает удачной, преобразуя довольно часто некорректно цвета, которые пользователь до реколоризации воспринимал верно, а также в связи с особым вниманием цветоаномала к определенным объектам на изображении. Кроме того, необходимо упомянуть о том, что благодаря препроцессингу и последующей реколоризации изображений многие люди с ахроматопсией смогут корректировать цвета в рамках своих бытовых потребностей.

Так, из вышеупомянутых утверждений следует, что в связи с необходимостью различения объектов в той или иной области изображения следует выделять на экране наиболее важные объекты для реколоризации, а только затем осуществлять преобразование цветов определенным образом согласно некоторому выбранному алгоритму или методу.

Предварительная обработка изображений для людей с ахроматопсией включает следующие шаги:

1 Выбор ахроматопом некоторых областей на изображении, в пределах которых расположена наиболее актуальная для человека с данным видом цветоаномалии визуальная информация. Так, выбор областей может быть осуществлен на экранах устройств как выделением некоторых необходимых областей курсором компьютерной мыши, так и при

помощи пальцев на экранах устройств посредством заключения необходимых объектов в нарисованные замкнутые области.

2 Далее, координаты каждой точки некоторых выбранных пользователем замкнутых областей направляются в алгоритм или же метод реколоризации, так как последующие преобразования следует осуществлять лишь в пределах данных областей.

3 При помощи некоторого алгоритма или же метода реколоризации происходит преобразование цветов лишь в выбранных областях изображения с наиболее важными для пользователя объектами.

В предлагаемом методе предварительной обработки изображений выделяются некоторые области, в пределах которых расположены объекты, представляющие для человека с ахроматопсией наибольший интерес с точки зрения имеющейся в них визуальной информации. Количество областей и цветов в рамках этих областей зачастую будет велико, что потребует последовательной обработки каждой выделенной области, а также присутствующих в каждой такой области цветов. Кроме того, данную обработку изображений допустимо применять на большом количестве изображений с целью последующей реколоризации множества областей и цветов в рамках данных областей.

Заключение. Таким образом, для возможности реколоризации только наиболее актуальных с точки зрения ценности визуальной информации областей на изображениях для людей с ахроматопическим зрением был предложен метод предварительной обработки изображений, за которым последует дальнейшая обработка цветовой информации таких областей некоторым выбранным методом или же алгоритмом преобразования цветовой составляющей. Так, данный препроцессинг не только облегчит реколоризацию, так как выбором областей и расположенных в рамках данных областей цветов ограничит количество нуждающихся в реколоризации имеющихся у выбранных объектов цветов, но также позволит людям с ахроматопсией лучше справляться со многими повседневными задачами, в которых зачастую концентрация внимания происходит лишь на некоторых наиболее значимых для человека с ахроматопическим зрением объектах.

Список литературы

1. Achromatopsia: clinical features, molecular genetics, animal models and therapeutic options / N. Hirji [et al.] // Ophthalmic Genetics. 2018. Vol. 39, No 2. P. 149–157. DOI: 10.1080/13816810.2017.1418389.

2. The anatomy of cerebral achromatopsia: a reappraisal and comparison of two case reports / P. Bartolomeo [et al.] // Cortex. 2014. Vol. 56. P. 138–144. DOI: 10.1016/j.cortex.2013.01.013.

3. Detail preserving reproduction of color images for monochromats and dichromats / K. Rasche [et al.] // IEEE Computer Graphics and Applications. 2005. Vol. 25, No 3. P. 22–30. DOI: 10.1109/MCG.2005.54.

4. Re-coloring images for gamuts of lower dimension / K. Rasche [et al.] // Computer Graphics Forum. 2005. Vol. 24, No 3. P. 423–432. DOI: 10.1111/j.1467-8659.2005.00867.x.

5. Image Recoloring for Color Vision Deficiency Compensation: a Survey / Z. Zhu [et al.] // The Visual Computer. 2021. Vol. 37. P. 2999–3018. DOI: 10.1007/s00371-021-02240-0.

UDC 612.845.552: 004.932

IMAGE PREPROCESSING IN RECOLORING ALGORITHMS FOR PEOPLE WITH ACHROMATOPSIA

Sinitsyna V.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Prudnik A.M. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. Quite a few methods that exist today transform the color information of images in accordance with its correct perception by people with achromatopsia. However, the problem of achromatopic vision is not only the inability to distinguish colors that a normal trichromat perceives differently, but also the transformation of the entire color component of an image in these methods, while it is often necessary to transform only some areas of an image that are most important for achromatopes in terms of the value of visual information. To solve these problems, a method of image preprocessing for their subsequent recoloring for people with achromatopsia is proposed.

Keywords: achromatopsia, recoloring, algorithms, preprocessing.

УДК 330.322:004.774

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА РЫНКА ТОКЕНИЗИРОВАННЫХ АКТИВОВ

Стрифель А.П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Рышкель О.С. – к. с. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка веб-приложения для технического анализа и прогноза рынка токенизированных активов. Основное внимание уделено вопросам автоматизации технического анализа, статистического расчета возможных колебаний цен активов, а также прогнозированию рисков на рынке. Разработка базируется на современных веб-технологиях, включая JavaScript и PostgreSQL. Применение новейших алгоритмов позволяет снизить риски для отраслей, которые сильно связаны со сферой инвестиций и сохранения активов.

Ключевые слова: автоматизация, токенизированные активы, веб-приложение, экономика, UX/UI, JavaScript, PostgreSQL.

Введение. Современный рынок инвестиций в цифровые и токенизированные активы сопряжен с множеством рисков и нестабильностью в связи с нестабильной политической ситуацией в мире, оттока институциональных инвесторов, а также неопределенности. Классические системы для автоматизированной торговли и анализа рынка требуют высокой квалификации инвесторов, имеют ряд эргономических недостатков и устаревшие данные, на базе которых построены современные формулы для расчета торговых индикаторов, что приводит к повышенным рискам утери капитала, необоснованным решениям, а также снижению ликвидности на рынке, в связи с банкротством розничных трейдеров [1]. В связи с этим, всё более востребованным является разработка и выпуск веб-приложения, которое позволит автоматизировать технический анализ и прогнозировать движение цен на рынке токенизированных активов.

Основная часть. В условиях изменения рынка, всё больше набирает популярность направление автоматизации технического анализа на рынке инвестиционных активов. Однако традиционные методы анализа отличаются высокими рисками и требуют высокой квалификации оператора. Поэтому актуальной задачей является разработка веб-приложения, автоматизирующего процесс анализа рынка, прогноза колебания цен и создания благоприятной среды для инвестиций.

Разработка приложения базируется на современных технологиях, позволяющих создать надежную и масштабируемую систему. В качестве серверной платформы выбран JavaScript, обеспечивающий скорость, безопасность и простоту интеграции. Для хранения данных используется PostgreSQL, а клиентская часть реализована на HTML5, CSS3 и JavaScript, что гарантирует адаптивность интерфейса на любых устройствах [2].

Приложение предоставляет пользователям личные кабинеты, историю проведенных анализов, а также показатели статистической вероятности движения цен активов. Интеграция с передовыми биржами обеспечивает надежность поставки данных для анализа. Автоматизация снижает временные и финансовые затраты, минимизирует ошибки и улучшает качество совершенных сделок.

При разработке использовался уникальный метод анализа рынка, а также новейшие формулы расчета данных. Оптимизированная навигация и адаптивный дизайн обеспечивают удобство использования на ПК, планшетах и смартфонах. Визуально приятный интерфейс снижает стресс пользователей и повышает эффективность работы [3].

Функциональное и нагрузочное тестирование подтвердило стабильность работы системы при высокой нагрузке. Проверены корректность регистрации, работа формул для расчета, загрузка данных и интеграция с платежными системами интернет-эквайринга. Архитектура, основанная на JavaScript и PostgreSQL, гарантирует безопасность и защиту данных.

Автоматизация анализа значительно сокращает время на совершение сделки, оптимизирует работу оператора и снижает затраты [4]. Уникальный алгоритм уменьшает вероятность ошибок, а удобный интерфейс облегчает работу на платформе со сложными активами.

Разработка такого веб-приложения – важный шаг в цифровизации сферы инвестиций. Внедрение современных технологий повышает качество сделок, облегчает пользование операторами и создает благоприятные условия для сферы инвестиций. Улучшенная эргономика интерфейса способствует лояльности клиентов и эффективной работе. На рисунке 1 приведена диаграмма состояния веб-приложения.

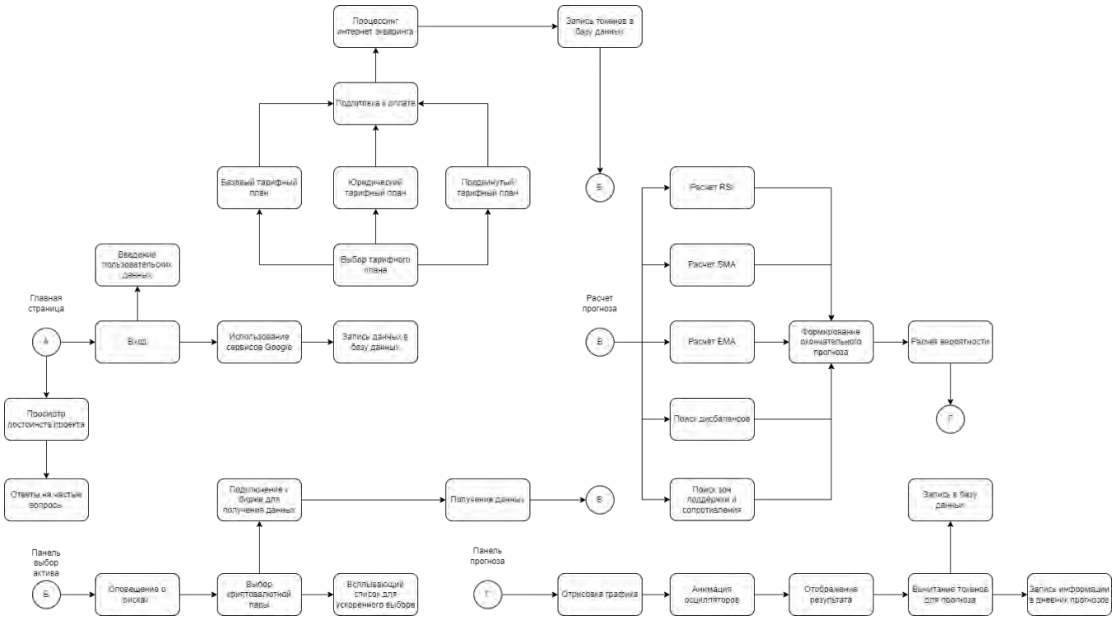


Рисунок 1 – Диаграмма состояния веб-приложения

Также был разработан макет для главной страницы веб-приложения, который изображен на рисунке 2.

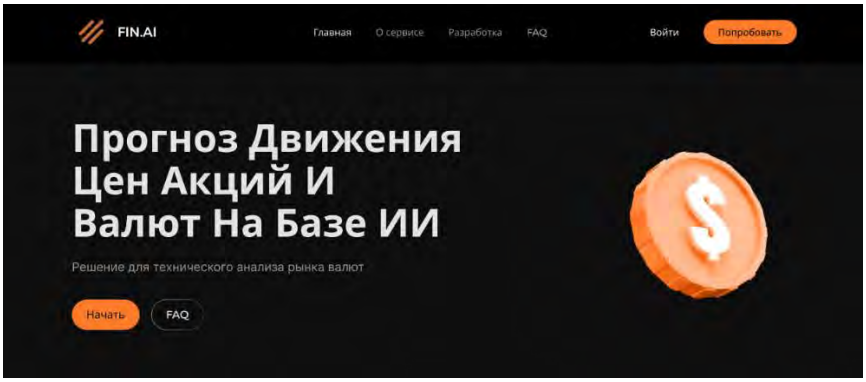


Рисунок 2 – Макет главной страницы

В основе данного веб-приложения лежит сложный уникальный алгоритм, разработанный специально для данной системы. Алгоритм основан на переплетении

классических индикаторов и осцилляторов, таких как: индекс относительной силы, простое среднее, скользящее среднее экспоненциальное, индекс относительной силы дельты рыночного объема, а также более привычные инструменты технического анализа. Также был разработан собственный индикатор, который основан на закрытии бычьих и медвежьих дисбалансов в рамках графика любого временного промежутка. Данный индикатор был назван индексом торгового дисбаланса, который возвращает значение от 0 до 100. Чем ниже данный показатель, тем выше потенциальное желание инвесторов двигаться вниз по ценовому диапазону. Соответственно, чем выше данный индекс, тем выше вероятность движения цены вверх. Индикатор основан на принципах закрытия дисбалансов (резких толчков цен, в которых не было достаточно продавцов, или покупателей). Считается, что дисбалансы закрываются полностью и всегда. На данной механике рынка и построен текущий сложный индикатор.

Тем не менее, на текущий момент ни одна торговая система не способна иметь 100% вероятность успеха в каждой сделке, так как рынок сильно зависим от общей психологии всех людей на рынке, точечных решений крупного капитала, а также политической ситуации. Торговая система может считаться успешной в том случае, если процент прибыльных сделок превышает 55%, так как необходимо перекрывать минимальные комиссии на торговлю. Данное веб-приложение стремится к показателю в 70-80%, что является очень сложной задачей, но теоретически возможной.

Заключение. Разработанное веб-приложение для технического анализа и прогноза рынка токенизированных активов представляет собой эффективное решение для автоматизации процесса трейдинга и инвестиций в токенизированные активы. Использование современных технологий (JavaScript, PostgreSQL, а также уникального алгоритма) в сочетании с эргономичным дизайном позволяет не только сократить временные и финансовые затраты, но и снижает риски в среднесрочной и долгосрочной торговле на финансовых рынках. Внедрение данного приложения способствует оптимизации бизнес-процессов, снижению рисков торговли и является важным шагом в условиях цифровизации отрасли инвестиций.

Список литературы

1. Иванов, *А. В., Петров, К. Л. Криптовалюты: основы инвестирования и риски // Финансовый журнал. 2021. № 3. С. 22–35.*
2. *Johnson, M., Williams, R. Modern Web Development: Leveraging JavaScript and PostgreSQL // Journal of Software Engineering. 2020. Vol. 12. P. 78–92.*
3. *Smith, T., Brown, E. User Experience Design: Reducing Stress Through Intuitive Interfaces // Human-Computer Interaction Review. 2019. Vol. 8. P. 112–125.*
4. *Lee, S., Kim, H. Algorithmic Trading: Strategies and Automation Techniques // Journal of Financial Technology. 2023. Vol. 10. P. 34–50.*

UDC 330.322:004.774

WEB APPLICATION FOR TECHNICAL ANALYSIS AND FORECASTING OF THE TOKENIZED ASSETS MARKET

Strifel A.P.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Ryshkel O.S – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. This article discusses the development of a web application for technical analysis and forecast of the market for tokenized assets. The main attention is paid to the automation of technical analysis, statistical calculation of possible fluctuations in asset prices, as well as forecasting risks in the market. Development is based on modern web technologies, including JavaScript and PostgreSQL. The use of the latest algorithms allows us to reduce risks for industries that are closely related to the field of investment and asset preservation.

Keywords: automation, tokenized assets, web application, economics, UX/UI, JavaScript, PostgreSQL.

УДК 004.416:811.111

ОПТИМИЗАЦИЯ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПЕДАГОГА В РАМКАХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЕТСКОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ АКАДЕМИИ

Сватко О.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ломонос О.Л. – к. с. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной работе рассматривается оптимизация информационного обеспечения методического инструментария педагогов детской компьютерной академии. В фокусе исследования – анализ существующего состояния методических ресурсов, выявление дефицитов и трудностей в их использовании, разработка стратегии модернизации, включающей систематизацию материалов, использование современных форматов представления информации (интерактивные пособия, видеоуроки, онлайн-платформы), а также обучение педагогов работе с обновленным инструментарием. Цель исследования – повышение эффективности учебного процесса за счет оптимизации доступа к актуальным и качественным методическим ресурсам.

Ключевые слова: учебный процесс, эмоциональное выгорание, информационное обеспечение, детская компьютерная академия.

Введение. В условиях стремительного развития информационных технологий и постоянно растущих требований к качеству образования, обеспечение педагогов актуальными и эффективными методическими материалами становится критическим фактором успеха в обучении.

Современные ученики, особенно в сфере IT, требуют интерактивного и доступного обучения, что делает традиционные методики недостаточно эффективными. Проблемы, связанные с нехваткой актуальной информации, неудобством поиска и хранения материалов, отсутствием интерактивных элементов и современных цифровых инструментов, негативно сказываются на качестве образования и мотивации как педагогов, так и учащихся. Эти проблемы особенно актуальны для детских компьютерных академий, готовящих специалистов для динамично развивающейся IT-индустрии [1].

Выпускники должны владеть современными технологиями и подходами, что требует от педагогов доступа к актуальным и качественным методическим ресурсам, представленным в удобном и интерактивном формате. Недостаток структурированной и легкодоступной информации снижает эффективность обучения и негативно влияет на качество подготовки специалистов.

Поэтому оптимизация информационного обеспечения методического инструментария педагогов в детских компьютерных академиях является необходимым условием повышения качества образования.

Настоящее исследование посвящено комплексному анализу и оптимизации информационного обеспечения методических ресурсов, используемых педагогами в детской компьютерной академии. Актуальность темы обусловлена необходимостью модернизации существующих практик, устранения выявленных недостатков и повышения эффективности работы преподавательского состава. В рамках исследования будет проведен анализ текущего состояния методических материалов, выявлены дефициты и проблемы в их использовании.

На основе полученных данных будет разработана стратегия модернизации, включающая:

− систематизацию и структуризацию имеющихся материалов;

− внедрение современных форматов представления информации (интерактивные пособия, видеоуроки, онлайн-платформы);

− разработку системы обучения педагогов работе с обновленным методическим инструментарием.

Цель исследования – повышение эффективности образовательного процесса путем обеспечения педагогов удобным доступом к актуальным и качественным методическим ресурсам, что позволит улучшить подготовку будущих специалистов в сфере информационных технологий. Результаты исследования, анализ и выводы будут использованы для разработки практических рекомендаций по оптимизации информационного обеспечения и улучшению качества подготовки специалистов.

Основная часть. Основная часть исследования состоит из трех разделов, последовательно раскрывающих методологию, результаты и анализ проведенной работы по оптимизации информационного обеспечения методического инструментария педагогов в детской компьютерной академии.

Анализ текущего состояния информационного обеспечения методического инструментария. Анализ текущего состояния информационного обеспечения методического инструментария проводился с использованием комплексного подхода, включающего в себя три основных метода: анкетирование педагогов, анализ документов и наблюдение за учебным процессом. Каждый из этих методов позволил получить различные аспекты информации и обеспечить всесторонний анализ ситуации [2].

Анкетирование педагогов. Было проведено анкетирование 25 педагогов академии, с целью выявления их мнений и оценок относительно доступности, актуальности и удобства использования имеющихся методических материалов.

Анкета содержала вопросы, касающиеся различных аспектов работы с методическими материалами, включая: удобство поиска и хранения материалов, актуальность информации, наличие необходимых цифровых инструментов, удобство использования различных форматов материалов (печатные пособия, электронные ресурсы, видеоматериалы и т.д.), удовлетворенность имеющимся информационным обеспечением и предложения по его улучшению. Обработка полученных данных проводилась с использованием статистического анализа и метода контент-анализа и позволила выявить проблемы и потребности педагогов в отношении методических ресурсов.

Анализ документов. Проведен анализ существующих документов, связанных с методическим обеспечением учебного процесса в академии: учебные программы, планы занятий, методические разработки, каталоги материалов и др. Позволило оценить актуальность и полноту имеющихся методических материалов, их соответствие современным требованиям и стандартам образования, а также систематизированность и доступность информации. В результате анализа были выявлены пробелы в методическом обеспечении, дублирование материалов, отсутствие структурированной системы хранения и поиска информации.

Наблюдение за учебным процессом. В течение 4 месяцев проводилось наблюдение за учебным процессом в нескольких группах, что позволило оценить эффективность использования имеющихся методических материалов на практике.

Наблюдение включало в себя анализ методов преподавания, использование педагогами различных ресурсов, вовлеченность учащихся в учебный процесс.

Данные наблюдений позволили выявить проблемы, связанные с недостатком интерактивных элементов в материалах, отсутствием современных цифровых инструментов, а также недостатком практической направленности обучения [3].

Комбинирование этих трех методов обеспечило объективное и комплексное представление о текущем состоянии информационного обеспечения методического инструментария в детской компьютерной академии, позволив выявить как субъективные оценки педагогов, так и объективные характеристики имеющихся ресурсов и учебного процесса.

В ходе анализа были выявлены следующие ключевые проблемы.

1 Неактуальность материалов, выражающаяся в использовании устаревших версий программного обеспечения в учебниках и отсутствии информации о современных технологиях и подходах в IT-сфере, значительно снижает эффективность методического

инструментария.

2 Неудобство хранения и поиска, вызванное отсутствием централизованной системы, приводит к тому, что методические материалы хранятся на личных компьютерах педагогов. Это создает сложности в поиске нужных ресурсов из-за отсутствия единого каталога или структурированной базы данных, что значительно затрудняет доступ к необходимой информации и снижает эффективность работы.

3 Отсутствие интерактивных элементов в методических материалах, таких как интерактивные симуляторы, виртуальные лаборатории и онлайн-тесты, ограничивает их эффективность. Большинство материалов представлено в традиционном формате (печатные пособия, статические презентации), что не соответствует ожиданиям современных учащихся, привыкших к динамичному и интерактивному обучению

4 Недостаток цифровых инструментов выражается в отсутствии у педагогов доступа к необходимым лицензионным программам и современным цифровым ресурсам. Это усугубляется недостаточным знанием педагогов о современных инструментах для создания и использования интерактивных материалов, что ограничивает возможности для внедрения инновационных подходов в учебный процесс.

В результате анализа был составлен подробный отчет о состоянии информационного обеспечения, в котором количественно и качественно описаны выявленные проблемы. Данный отчет служит основой для разработки стратегии оптимизации.

Разработка и обоснование стратегии оптимизации [4]. На основе результатов анализа текущего состояния информационного обеспечения методического инструментария, проведенного с помощью анкетирования педагогов, анализа документов и наблюдения за учебным процессом, была разработана комплексная стратегия оптимизации. Данная стратегия направлена на устранение выявленных недостатков и повышение эффективности работы преподавательского состава за счет предоставления педагогам удобного доступа к актуальным, качественным и современным методическим ресурсам. Стратегия включает три взаимосвязанных основных направления: систематизацию и структуризацию имеющихся материалов; внедрение современных форматов представления информации; разработку системы обучения педагогов работе с обновленным инструментарием.

Взаимосвязь этих направлений заключается в том, что эффективное использование современных форматов информации невозможно без предварительной систематизации и структуризации данных, а внедрение новых технологий требует соответствующего обучения преподавательского состава.

Систематизация и структуризация имеющихся материалов. Предлагаемая система централизованного хранения и доступа к методическим материалам основана на использовании облачного хранилища, например, Google Drive, в сочетании с созданием электронного каталога и системой тегов и метаданных. Это позволит обеспечить удобный поиск, доступ и управление материалами.

1 Облачное хранилище. Выбор облачного хранилища обусловлен его доступностью из любой точки с подключением к интернету, возможностью совместной работы над материалами и автоматическим резервированием данных. Это исключит потери информации и обеспечит синхронизацию материалов для всех педагогов.

2 Электронный каталог. Будет создан электронный каталог методических материалов с удобной системой поиска по различным параметрам: предмет, класс, тип материала (презентация, видеоурок, рабочая тетрадь, тест и т.д.), автор, ключевые слова.

3 Каждому материалу будет присвоен уникальный идентификатор. Каталог будет интегрирован с облачным хранилищем, обеспечивая прямой доступ к материалам из каталога.

4 Система тегов и метаданных. Для повышения эффективности поиска будет применена система тегов и метаданных. Теги позволят быстро найти материалы, по ключевым словам, а метаданные (автор, дата создания, учебная программа, уровень сложности и т.д.) обеспечат более подробную информацию о каждом материале. Для повышения эффективности обучения и вовлеченности учащихся предлагается внедрить следующие современные форматы представления информации:

5 Интерактивные пособия. Переход от статичных печатных пособий к интерактивным, разработанным с использованием специализированного программного обеспечения Adobe Captivate, Articulate Storyline, позволит создавать увлекательные и эффективные учебные материалы. Интерактивные элементы, такие как тесты, викторины, симуляции, анимация и различные интерактивные упражнения, повысят интерес учащихся к обучению [5].

6 Видеоуроки. Создание коротких и информативных видеоуроков позволит объяснять сложные темы в доступной и наглядной форме.

7 Онлайн-платформы. Использование онлайн-платформ [например, Moodle, Google Classroom] позволит организовать дистанционное обучение, предоставлять учащимся дополнительные материалы и задания, отслеживать их прогресс и проводить онлайн-тестирование. Это расширит возможности обучения и позволит адаптировать процесс под индивидуальные потребности каждого ученика [6].

Выбор этих форматов обоснован их доказанной эффективностью в повышении вовлеченности учащихся и улучшении понимания учебного материала.

Заключение. Реализация предложенных методов оптимизации информационного обеспечения учебного процесса в детских компьютерных академиях позволит создать более благоприятные условия труда для преподавателей, снизить уровень стресса, предупредить эмоциональное выгорание и, как следствие, повысить качество образования и профессиональную мотивацию педагогов.

Список литературы

1. *Maslach, C., Schaufeli, W. B., & Leiter, M. P. (2001). Job burnout. Annual Review of Psychology, 52(1), 397-422.*

2. *Salmela-Aro, K., & Upadyaya, K. (2014). School burnout and engagement in the context of demands-resources model. British Journal of Educational Psychology, 84(1), 137-151.*

3. *Hakanen, J. J., Schaufeli, W. B., & Ahola, K. (2008). The job demands-resources model: A three-year cross-lagged study of burnout, depression, commitment, and work engagement. Work & Stress, 22(3), 224-241*

4. *Kyriacou, C. (2001). Teacher stress: Directions for future research. Educational Review, 53(1), 27-35.*

5. *Smirnov, D.D., Antonov, B.B., & Kuznetsov, E.E. (2013). Основы эмпирических исследований: Практическое руководство. Санкт-Петербург: Издательство «БХВ-Петербург».*

6. *Bakker, A. B., & Demerouti, E. (2017). Job demands–resources theory: taking stock and looking forward. Journal of Occupational Health Psychology, 22(3), 273.*

UDC 004.416:811.111

DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF METHODOLOGICAL TOOLS FOR TEACHERS IN THE CONDITIONS OF TRAINING AT CHILDREN'S COMPUTER ACADEMY

Svatko O.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Lomonos O.L. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. This paper considers the optimization of information support for the methodological tools of teachers of the children's computer academy. The research focuses on analyzing the current state of methodological resources, identifying deficits and difficulties in their use, developing a modernization strategy that includes systematization of materials, the use of modern information presentation formats (interactive manuals, video tutorials, online platforms), as well as educating teachers to work with updated tools. The purpose of the study is to increase the effectiveness of the educational process by optimizing access to relevant and high–quality methodological resources.

Keywords: educational process, emotional burnout, information support, children's computer academy.

УДК 004.418

НЕВИДИМЫЕ ВОЛНЫ, РЕАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ: МОБИЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ЗДОРОВЬЕ

Кондратенко Е.В., Шиш П.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Цявловская Н.В. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается актуальная проблема влияния электромагнитных полей мобильных устройств на здоровье человека. Рассмотрены физические характеристики электромагнитных волн и их взаимодействие с тканями организма. Проведен анализ краткосрочных и долгосрочных эффектов воздействия электромагнитного излучения, включая возможное тепловое влияние и потенциальные риски для здоровья. Особое внимание уделено воздействию мобильных устройств на детей, учитывая их физиологические особенности.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, мобильные устройства, радиочастотные волны, тепловое воздействие, долгосрочные и краткосрочные эффекты, мозговая активность, безопасность.

Введение. Современные мобильные технологии стали неотъемлемой частью повседневной жизни, обеспечивая доступ к информации, коммуникации и цифровым сервисам. Однако активное использование мобильных устройств сопровождается воздействием электромагнитных полей на организм человека, что вызывает научный интерес и дискуссии о потенциальных рисках. Вопрос о влиянии электромагнитных полей на здоровье человека рассматривается в ряде исследований, включая отчеты Национального совета по радиологической защите (ARPB), Федерального управления по радиационной защите Германии (BfS) и отчет Всемирной организации здравоохранения. Эти исследования являются важной основой для анализа возможных рисков и дальнейших научных дискуссий. Актуальность данной темы обусловлена растущей цифровизацией общества и увеличением количества мобильных устройств, что требует научно обоснованных рекомендаций по их безопасному использованию. Изучение взаимодействия электромагнитного излучения с биологическими структурами и потенциальных рисков для здоровья остается важным направлением современной научной деятельности.

Основная часть. Взаимодействие электромагнитных волн со средой зависит от характеристик как самих волн (частоты, длины волны, интенсивности), так и свойств среды (проводимости, проницаемости) [1]. Характеристикой взаимодействия электромагнитных волн со средой является ее комплексная проницаемость, которая определяет способность материала поглощать и пропускать через себя электромагнитное излучение. Кроме того, на взаимодействие влияет электропроводность среды. Связь по мобильным телефонам осуществляется с помощью радиоволн, распространяемых через сеть фиксированных антенн, называемых базовыми станциями. На рисунке 1 приведено безопасное расстояние от излучения базовой станцией.

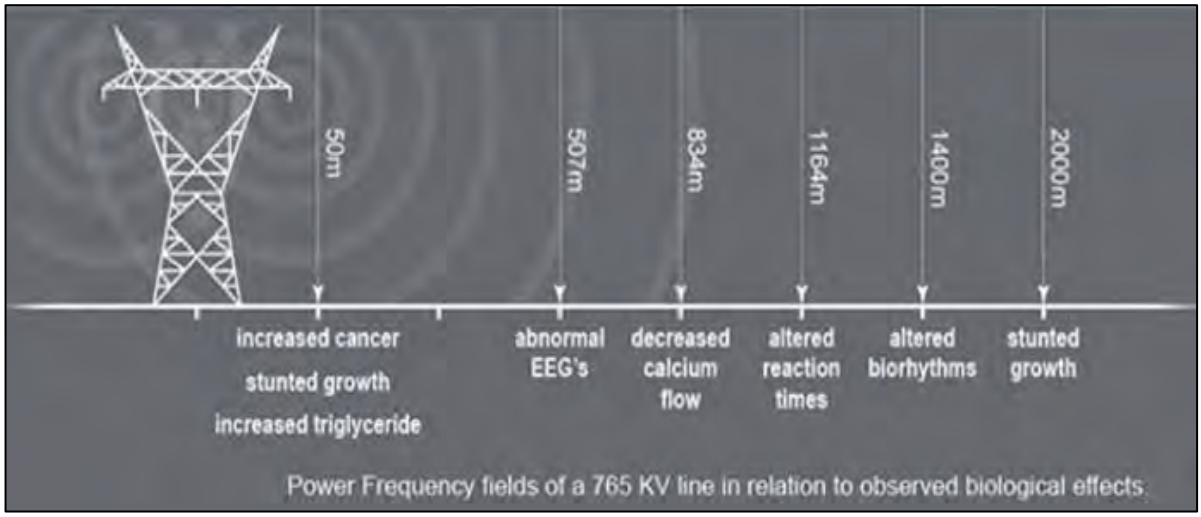


Рисунок 1 – Радиус излучения базовой станции

Частота, на которой осуществляется работа сотового телефона, составляет 450–2700 МГц, при этом пиковые значения мощности находятся в диапазоне от 0,1 до 2 ватт. Оценка электромагнитного излучения от сотовых телефонов проводилась по трем категориям: момент покоя, дозвона и разговора. В момент покоя электромагнитное излучение от сотового телефона не значительно и в среднем составляет 0,65 мкВт/см^2 [2]. Такое излучение не оказывает влияние на физиологические и биохимические показатели организма человека. В 38 раз увеличилась электромагнитная активность от сотовых телефонов в момент дозвона, и в 41,8 раза – в момент разговора. Исходя из этого, наибольшей электромагнитной активностью сотовый телефон обладает в момент разговора и, следовательно, в этот момент он оказывает свое максимальное воздействие на человека.

Поглощение электромагнитных волн мобильного устройства человеком происходит, когда радиочастотное излучение, испускаемое устройством, взаимодействует с тканями тела. Для понимания воздействия электромагнитных полей мобильных устройств на человека, важно разделить эффекты на краткосрочные и долгосрочные. Это разделение помогает оценить потенциальные риски и определить наилучшие стратегии для минимизации негативного влияния на здоровье, однако сложность подтверждения долгосрочных эффектов электромагнитного излучения связана с множеством факторов, включая длительные периоды латентности рака, разнообразие уровней воздействия и сложности измерения актуального воздействия на человека в течение многих лет, а также отсутствия достаточной информационной базы, так как массовое использование мобильных устройств началось лишь около двадцати лет назад.

Согласно отчету Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), опубликованному в рамках Международного проекта по изучению электромагнитных полей, существующие научные данные не подтверждают наличие серьезных рисков для здоровья от использования мобильных телефонов, однако исследования продолжаются [3]. В частности, ВОЗ отмечает, что радиоизлучение мобильных устройств классифицируется как «возможно канцерогенное» (группа 2В по классификации Международного агентства по изучению рака), что означает необходимость дальнейшего изучения долгосрочного воздействия на организм.

Одним из первых значительных исследований в этой области стало исследование 1979 года в штате Колорадо, в котором было обнаружено повышенное число случаев лейкемии у детей, проживающих вблизи линий электропередач [4]. Хотя исследование не доказало причинно-следственную связь, оно стало отправной точкой для дальнейших научных работ о возможном влиянии электромагнитных полей на здоровье. Дополнительно, отчет Национального совета по радиологической защите (ARPB) анализирует данные о

воздействии ЭМП и указывает на необходимость продолжения исследований, особенно в отношении хронического воздействия низкоинтенсивного излучения [5]. Федеральное управление по радиационной защите Германии (BfS) также проводило анализ существующих научных данных и подчеркивает, что, несмотря на отсутствие окончательных доказательств вреда мобильных телефонов, необходимо придерживаться принципа предосторожности, особенно для детей и подростков [6].

В ходе исследования авторами статьи в период с 12.10.2024 по 22.10.2024 долгосрочного влияния мобильных устройств на здоровье проведен социальный опрос среди учащихся учебного заведения БГУИР, а также их родственников с помощью социальной сети «Telegram». Результаты опроса 150 человек представлены на рисунке 2.

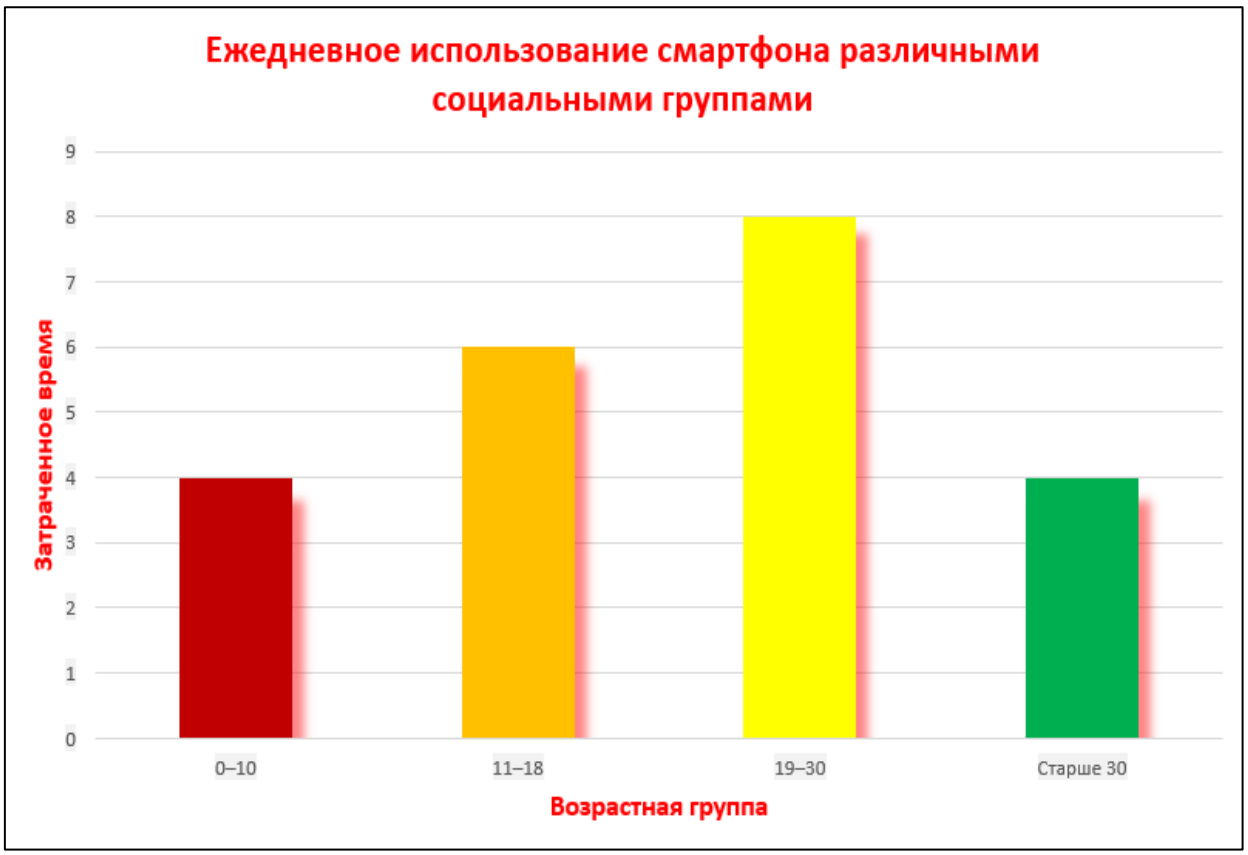


Рисунок 2 – Результаты социального опроса

Исходя из собранных данных на текущий момент времени, дети используют мобильные устройства превосходя людей старше тридцати лет. Однако дети являются особенно уязвимой группой по нескольким причинам, включая их физиологические и биологические особенности, а также продолжительность и интенсивность воздействия излучения, которая может быть значительно выше, чем у предыдущих поколений. Также, система регуляции тепла у детей менее эффективна, что потенциально увеличивает риск перегрева тканей при длительном воздействии излучения. Существует опасение, что длительное воздействие электромагнитного излучения может оказывать влияние на развитие мозга и поведение детей.

Заключение. Результаты исследования показали, что мобильные устройства чаще используются молодыми людьми, включая подростков и молодежь до тридцати лет, по сравнению со старшими возрастными группами. Однако дети остаются наиболее уязвимой категорией из-за физиологических и биологических особенностей, а также высокой интенсивности использования гаджетов. В связи с этим актуальным остается вопрос о потенциальных рисках длительного воздействия электромагнитного излучения, особенно

для развития мозга и поведенческих характеристик. Необходимы дальнейшие исследования и разработка рекомендаций по безопасному использованию мобильных устройств для разных возрастных групп.

Список литературы

1. Электромагнитные волны // Научно-образовательный портал «Большая российская энциклопедия» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://bigenc.ru/c/elektromagnitnye-volny-22ae4f. Дата доступа: 15.02.2025.

2. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований / Н. В. Семенова, А. П. Денисов, О. А. Денисова, О. А. Кун, А. В. Кузюкова. – Пенза: ООО ИД «Академия Естествознания», 2016. № 6 (ч. 4). С. 701.

3. Влияние воздействия радиочастотных полей на риск развития рака у населения в целом и работающего населения // Научно-образовательный портал «Science Direct» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412024005695. Дата доступа: 16.02.2025.

4. Electrical wiring configurations and childhood cancer // Научно-образовательный портал «National Library of Medicine» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/453167/. Дата доступа: 16.02.2025.

5. Руководства по ограничению воздействия переменных электрических, магнитных и электромагнитных полей // Научно-образовательный портал «ICNIRP Guidelines» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPEMFgdlRus.pdf. Дата доступа: 18.02.2025.

6. Исследование долговременного влияния низких доз радона на здоровье человека // Научно-образовательный портал «Атомная энергия 2.0» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.atomic-energy.ru/news/2020/09/29/107373. Дата доступа: 20.02.2025.

UDC 004.418

INVISIBLE WAVES, REAL CONSEQUENCES: MOBILE DEVICES AND HEALTH

Kondratenko E.V., Shish P.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tsyavlovskaya N.V – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This article discusses the actual problem of the influence of electromagnetic fields of mobile devices on human health. The physical characteristics of electromagnetic waves and their interaction with body tissues are considered. The analysis of the short- and long-term effects of exposure to electromagnetic radiation, including possible thermal effects and potential health risks, is carried out. Special attention is paid to the impact of mobile devices on children, taking into account their physiological characteristics.

Keywords: electromagnetic radiation, mobile devices, radio frequency waves, thermal effects, long-term and short-term effects, brain activity, safety.

УДК [004.42+621.395.721.5]:618.2

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА БЕРЕМЕННОСТИ НА KOTLIN

Шандроха В.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Щербина Н.В. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье описано мобильное приложение для мониторинга беременности, разработанное на языке программирования Kotlin. Данное приложение является удобным средством контроля состояния здоровья беременных женщин. Оно предназначено для упрощения процесса мониторинга беременности и может быть использовано как для самостоятельного контроля, так и в качестве дополнительного инструмента для врачей.

Ключевые слова: мобильное приложение, мониторинг беременности, Kotlin, здоровье, календарь беременности.

Введение. Мониторинг беременности – это процесс контроля состояния здоровья беременной женщины и плода, включающий отслеживание ключевых показателей, таких как вес, артериальное давление, частота шевелений плода и другие параметры. Характер мониторинга определяется индивидуальными потребностями женщины и рекомендациями врачей. Современные технологии позволяют упростить этот процесс, предоставляя удобные инструменты для самостоятельного контроля и получения рекомендаций. Мобильное приложение позволит пользователям не тратить время на поиск информации в различных источниках, предоставляя все необходимые функции в одном месте.

Основная часть. Основной целью разработки приложения является создание удобного и функционального инструмента для контроля состояния здоровья беременных женщин. Мобильное приложение включает календарь беременности с рекомендациями для каждого триместра и систему напоминаний о важных событиях, таких как посещение врача или прием витаминов.

Основные требования, предъявляемые к мобильному приложению:

– надежность и безопасность при работе с персональными данными;

– простота регистрации и настройки профиля для персонализации рекомендаций;

– доступ к актуальной информации о беременности в удобной форме;

– трекинг ключевых показателей с визуализацией данных, таких как вес, артериальное давление, симптомы;

– взаимодействие с врачами через встроенные инструменты общения;

– онлайн- и оффлайн-режимы для работы с данными при любых условиях;

– доступ медицинских специалистов к данным пациентов – беременных женщин.

Мобильное приложение для мониторинга беременности состоит из клиентской части, разработанной на языке Kotlin с использованием фреймворка Android Jetpack. Android Jetpack предоставляет набор библиотек и инструментов, которые упрощают разработку приложений, обеспечивая высокую производительность и удобство использования. Для хранения данных используется база данных MySQL Server, что обеспечивает высокую надежность, масштабируемость и безопасность при работе с большими объемами данных.

Клиентская часть приложения разработана с использованием языка программирования Kotlin и фреймворка Android Jetpack. Kotlin – современный статически типизированный язык программирования, который полностью совместим с Java и активно поддерживается Google для разработки Android-приложений. Android Jetpack – это набор библиотек, инструментов и архитектурных рекомендаций, разработанных Google для упрощения разработки Android-приложений. Jetpack помогает разработчикам создавать

качественные приложения, обеспечивая высокую производительность, стабильность и удобство поддержки. Android Jetpack включает такие компоненты, как LiveData, ViewModel и Room, которые позволяют эффективно управлять данными и пользовательским интерфейсом.

Основные функции разрабатываемого мобильного приложения описаны ниже.

1 Отслеживание ключевых показателей здоровья: пользователь может вводить данные о весе, артериальном давлении, частоте шевелений плода и других параметрах.

2 Календарь беременности: приложение предоставляет информацию о каждом триместре беременности, включая рекомендации по питанию, физической активности и медицинским процедурам.

3 Графики и отчеты: приложение предоставляет возможность просмотра графиков изменения ключевых показателей здоровья за определенный период времени.

4 Наличие функциональной роли медицинских специалистов: беременные женщины могут взаимодействовать с медицинскими специалистами в рамках одной системы. Среди способов взаимодействия могут быть: обычная коммуникация, отправка данных о состоянии здоровья, получение консультации от специалиста.

На рисунке 1 представлен прототип мобильного приложения для мониторинга беременности.

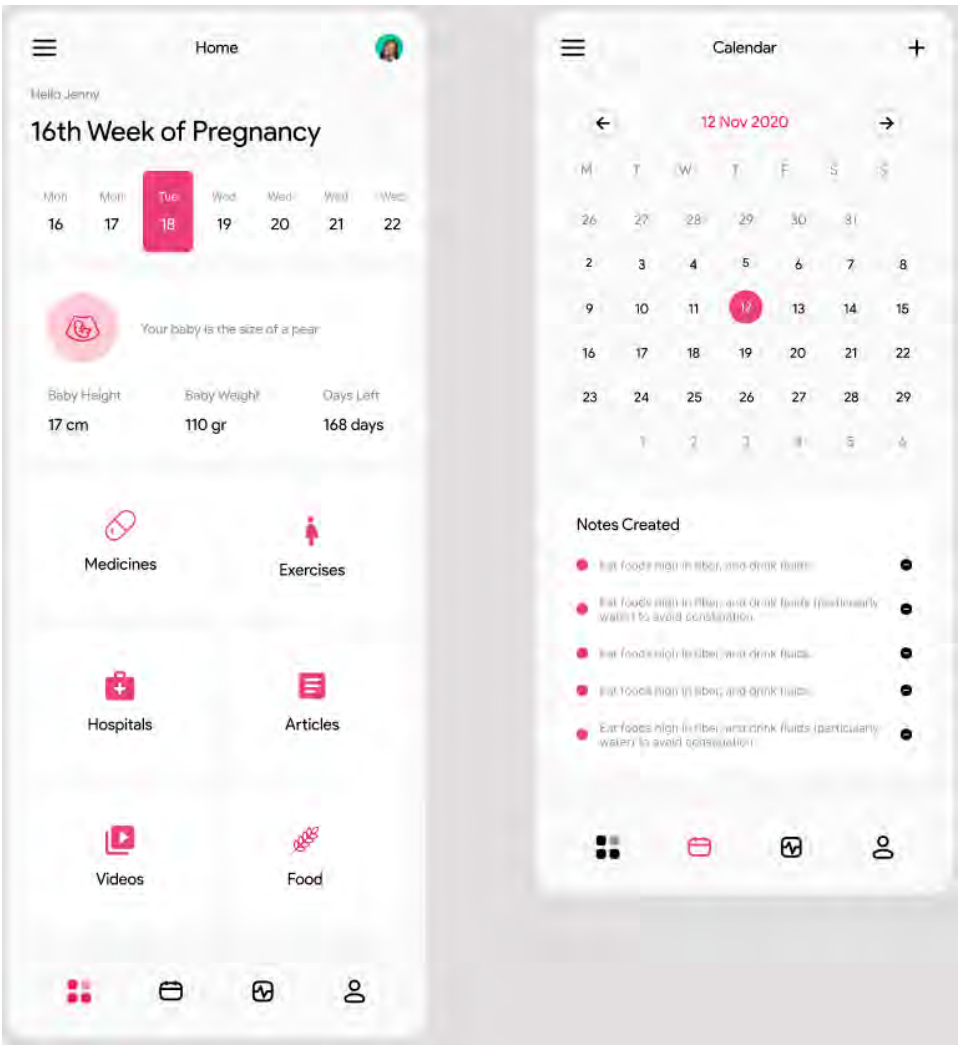


Рисунок 1 – Прототип мобильного приложения

Разработанное мобильное приложение позволяет пользователю контролировать состояние здоровья во время беременности, получать рекомендации и напоминания о важных событиях. Мобильное приложение обладает следующими преимуществами:

– безопасность данных с шифрованием и двухфакторной аутентификацией;
– интеграция роли медицинских специалистов;
– аналитическая панель для отслеживания динамики показателей;
– поддержка оффлайн-режима для работы без интернета;
– высокая производительность;
– интеграция с календарем и системой напоминаний;
– образовательные материалы и социальные функции для поддержки пользователей.

Заключение. В результате анализа существующих решений для мониторинга беременности разработан программный продукт, отвечающий поставленным требованиям. Использование современных технологий, таких как Kotlin и Android Jetpack, обеспечило высокую производительность и удобство использования. Разработанное решение упрощает процесс контроля состояния беременности и может быть использовано как для самостоятельного мониторинга, так и в качестве вспомогательного инструмента для врачей. Приложение соответствует поставленным требованиям и готово к дальнейшему внедрению и тестированию в реальных условиях. В дальнейшем планируется расширение функционала приложения, включая интеграцию с медицинскими устройствами для автоматического сбора данных и возможность синхронизации с электронными медицинскими картами. Это позволит повысить точность мониторинга и обеспечить более тесное взаимодействие между пациентками и врачами.

Список литературы

1. *Документация по Kotlin [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://kotlinlang.org/docs/home.html. Дата доступа: 08.02.2025.*

2. *Best Practices for Mobile App Development [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developer.android.com/guide. Дата доступа: 10.03.2025.*

3. *Mobile Health Applications for Pregnancy Monitoring: A Review [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1234567/. Дата доступа: 18.02.2025.*

4. *Android Jetpack [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developer.android.com/jetpack. Дата доступа: 15.03.2025.*

5. *Безопасность данных в мобильных приложениях: рекомендации и практики [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.securitylab.ru/guidelines/. Дата доступа: 17.03.2025.*

UDC [004.42+621.395.721.5]:618.2

MOBILE APPLICATION FOR PREGNANCY MONITORING ON KOTLIN

Shandrokha V.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of *Belarus*

Shcherbina N.V. – Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article describes a mobile application for pregnancy monitoring, developed using the Kotlin programming language. This application serves as a convenient tool for monitoring the health of pregnant women. It is designed to simplify the process of pregnancy monitoring and can be used both for self-monitoring and as an additional tool for healthcare providers.

Keywords: mobile application, pregnancy monitoring, Kotlin, health, pregnancy calendar.

УДК 004.42:641.5

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ КУЛИНАРНЫХ БЛОГОВ

Куликов М.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной работе решается задача ведения кулинарных блогов с помощью веб-приложения, использующего современные технологии. Разрабатываемая система обеспечивает удобный интерфейс, быструю обработку данных и интеграцию с существующими сервисами.

Ключевые слова: социальная сеть, система, интернет, персонализированный, рекомендации, алгоритм.

Введение. В современном мире взаимодействие между людьми всё чаще приобретает удалённый характер. С развитием интернета появилась возможность общения и обмена данными между людьми из разных частей мира. С каждым годом скорость передачи данных увеличивается, а вместе с тем и увеличиваются объёмы данных, которые передают пользователи. Первые годы, после появления, интернет использовался исключительно узкими кругами людей для решения конкретных задач. Популярность интернет начал набирать после появления первых браузеров, а затем и сайтов. Скорость и стоимость интернета того времени позволяла пользователям только обмениваться сообщениями и выполнять простые поисковые запросы. С увеличением возможностей интернета увеличивались и требования пользователей, что выливается сейчас в постепенную цифровизацию общественной жизни [1].

Одной из главных составляющих в жизни общества является питание. Люди, живущие в странах с хорошим уровнем благосостояния, всё чаще начинают интересоваться правильным питанием, следить за своим рационом или искать «что-нибудь новенькое». Приложение, объединяющее в себе социальную сеть и удобный интерфейс для создания и подробного описания рецептов, удовлетворит две из основных потребностей интернет-сообщества: общение и питание [2].

Основная часть. Социальная сеть – онлайн-платформа, которая используется для общения, знакомств, создания социальных отношений между людьми, которые имеют схожие интересы или офлайн-связи, а также для развлечения (музыка, фильмы) и работы, в данном случае – для объединения людей с интересом к кулинарии.

В основе любой социальной сети лежит система рекомендаций, основанная на популярности или рейтинге той или иной публикации, аккаунта, которые в будущем чаще выдаются как рекомендации другим пользователям сети. В основе разрабатываемой социальной сети кроме традиционных систем рекомендаций, основанных на активности других пользователей, существует и другая.

Кажется, что отзывов других пользователей по о публикациях мало для будущей рекомендации их, и остаётся неизвестным как стимулировать всех пользователей как можно чаще оценивать все рецепты, что они использовали. Эту проблему решает введённый в этом сервисе рейтинг активности каждого пользователя. Он основан на среднем количестве ежесуточных отзывов о блюдах других пользователей. Также для системы рекомендации важна популярность пользователя, который публикует рецепт. Количество подписчиков также является гарантом качества публикаций. Далее система рекомендации на основе активности пользователя, средней оценке каждой его публикации и количества подписчиков решает, как высоко рекомендовать публикацию.

Также система не забывает и о личных потребностях пользователей. Как и любой другой интернет-сервис, веб-приложение для ведения кулинарных блогов должен приносить прибыль. Пользователь имеет право подключить платную подписку и иметь возможность в настройках своего аккаунта определить блюда какой кухни он предпочитает. Сколько калорий, жиров, белков и углеводов он хочет употребить за один приём пищи, за день или за неделю. На основе вышеуказанных предпочтений система будет сама фильтровать существующие рецепты и составлять рацион по указанным критериям и выбривать рецепты, основываясь на отзывах и популярности.

Для мотивации создавать свои собственные рецепты и вести кулинарный блог, система должна предоставлять удобные интерфейсы. Пример графического интерфейса программного средства представлен на рисунке 1.

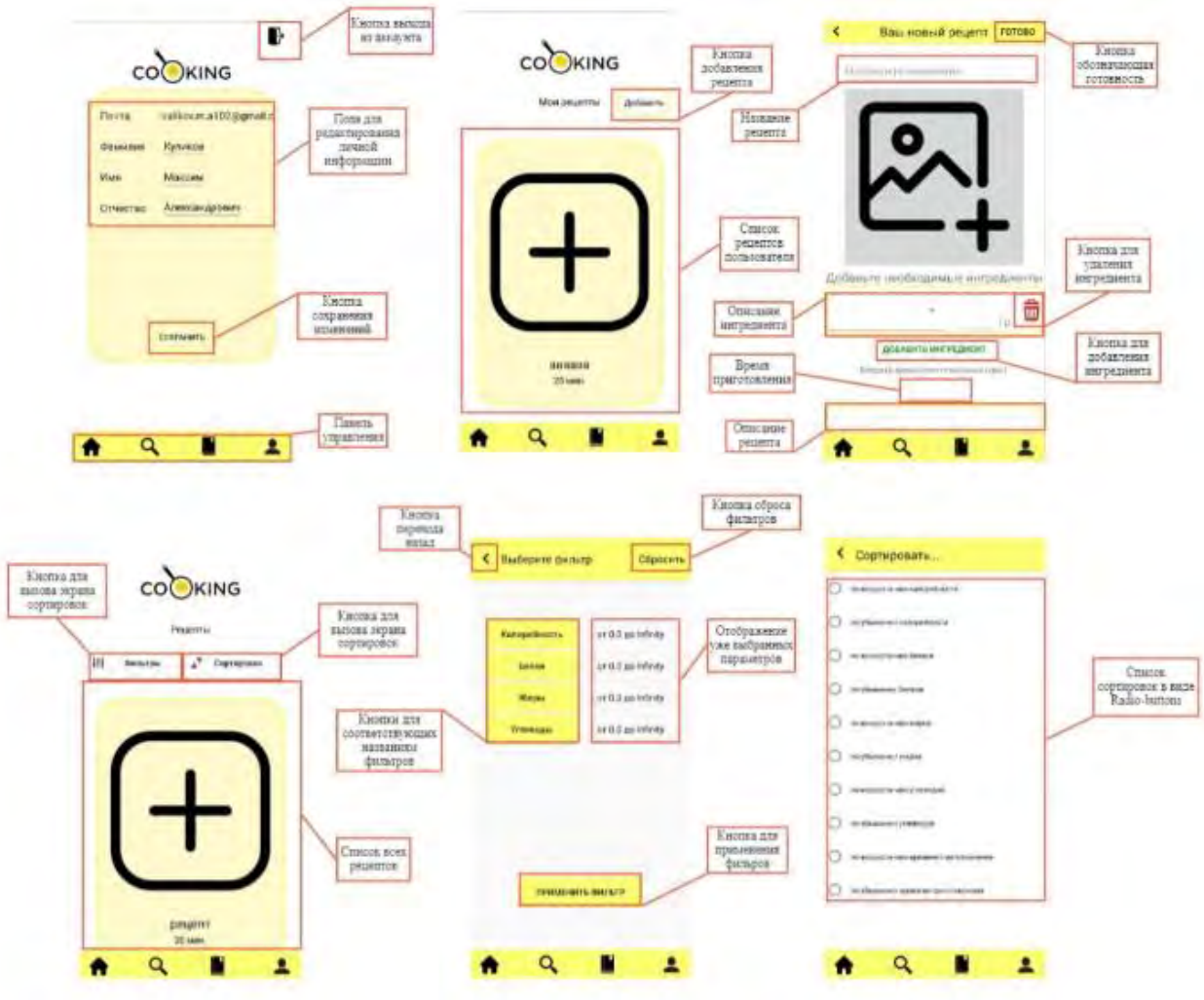


Рисунок 1 – Графический интерфейс программного средства

В разрабатываемом приложении предусмотрена и удобная система редактирования своих рецептов. В разделе «Мои рецепты» пользователь кликает по выбранному рецепту и возвращается в раздел создания, где он продолжает работать все с тем же интерфейсом, что и при создании рецепта.

При ведении своего кулинарного блога пользователь обязан указывать после создания своего рецепта является ли это завтраком, обедом или ужином, и к какой кухне этот рецепт относится. Всё это необходимо для составления определённого рациона другим пользователям в будущем. Также любой пользователь имеет право пожаловаться на любую публикацию, выбрав вид жалобы и описав возникшую проблему. Это необходимо для

выявления рецептов, которые были некорректно составлены или отнесены в неправильную категорию блюд.

Как и любая другая социальная сеть, данная разработка должна предоставлять возможность пользователям общаться между собой. Для этого сервис предоставляет чат, в котором пользователи могут переписываться, отправлять фото, видео и делиться рецептами.

Заключение. Современные социальные сети прочно закрепились в жизни каждого человека и сопровождаю его с утра до вечера. Уже никого не удивишь возможностью общаться удалённо. Каждый популярный сервис является средой для объединения людей с общими интересами и желаниями. Веб-приложение для ведения кулинарных блогов должен стать следующим этапом эволюции социальных сетей и стать незаменимым помощником в одной из главных составляющих жизни человека – питании.

Список литературы

1. *Социальные сети: безопасность и моделирование [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/734192/. Дата доступа: 27.02.2025.*

2. *Алексеев, И. В. Формирование понятия интернет-маркетинг / И. В. Алексеев // Актуальные проблемы развития общества, экономики и права: сборник научных статей молодых преподавателей и аспирантов / Сост. Т. В. Локтева. М., 2018. С. 33–39.*

UDC 004.42:641.5

WEB APPLICATION FOR COOKING BLOGS

Kulikov M.A.

Belarusian State University of Informatics and Radio electronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. In this paper, we solve the problem of maintaining culinary blogs using a web application using modern technologies. The system under development provides a user-friendly interface, fast data processing and integration with existing services.

Keywords: social network, system, internet, personalized, recommendations, algorithm.

УДК 50 7900 7

ВЕБ-РЕСУРС ПО УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ IT КОМПАНИИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Ушакова П. И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Борисик М.М. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается процесс разработки веб-ресурса, предназначенного для изучения жизненного цикла сотрудника в организации. Ресурс предоставляет пользователям возможность изучать основные этапы и практические аспекты управления жизненным циклом сотрудника, включая этапы набора, адаптации, развития и увольнения. Важной частью веб-ресурса является создание комфортных условий для работы пользователей с информацией о жизненном цикле сотрудника, что достигается благодаря эргономически продуманному интерфейсу, минимизирующему когнитивные и физические нагрузки, и обеспечивающему удобство восприятия материала.

Ключевые слова: веб-ресурс, жизненный цикл, сотрудник.

Введение. Современная IT-индустрия развивается стремительными темпами, что требует от компаний не только внедрения передовых технологий, но и эффективного управления человеческими ресурсами. Одним из ключевых аспектов является организация жизненного цикла сотрудников – процесса, включающего все этапы взаимодействия специалиста с компанией, начиная от поиска и найма до увольнения или выхода на новую карьерную ступень.

Жизненный цикл сотрудника представляет собой последовательность этапов, которые проходят работники в организации: подбор кандидатов, адаптация, профессиональное развитие, оценка эффективности, карьерный рост и, при необходимости, завершение сотрудничества. Каждый из этих этапов требует четко выстроенных процессов и инструментов, позволяющих HR-отделу оперативно управлять персоналом, а сотрудникам – комфортно взаимодействовать с компанией.

Основная часть. Создание веб-ресурса, интегрирующего ключевые HR-функции и учитывающего эргономические принципы, позволит IT-компаниям оптимизировать работу с персоналом, повысить эффективность внутренних процессов и улучшить опыт сотрудников на всех этапах их взаимодействия с организацией.

Создание веб-ресурса имеет множество преимуществ:

– доступность – пользователи будут иметь доступ в любое время и из любой точки мира;

– практическая направленность – наличие тестов и кейсов помогает получать новые знания;

– подготовка специалистов;

– расширение аудитории – онлайн-формат позволяет привлекать пользователей со всего мира.

Для обеспечения безопасности пользователей веб-ресурса необходимо реализовать следующие меры:

– аутентификация и защита данных – регистрация пользователей;

– контроль доступа – ограничение прав пользователей в зависимости от их статуса.

Жизненный цикл сотрудника в IT компании представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Жизненный цикл сотрудника IT компании

Назначение системы – предоставить пользователям возможность отслеживать передвижения сотрудника в компании. Важной частью веб-ресурса является создание комфортных условий для работы пользователя с интерфейсом, что достигается благодаря эргономически продуманному интерфейсу, минимизирующему возможные когнитивные и физические нагрузки.

Основными задачами системы являются:

– создание, редактирование и управление анкетой пользователя;

– проведение тестирования и анализ результатов для оценки эффективности обучения сотрудников;

– управление проектами, отпусками;

Проанализировав вышеназванные задачи, можно сделать вывод о том, какие функции должны быть разработаны для их выполнения:

– регистрация всех пользователей программы;

– аутентификация пользователей;

– добавление материалов просмотр тем;

– просмотр информации о пользователях;

– найм сотрудника на работу;

– отправка заявки на вакансию;

– управление проектами;

– мониторинг активности сотрудников;

– взаимодействие с сотрудниками;

– управление заявки;

– учет активности сотрудников;

– анализ работы сотрудников.

Для создания веб-приложений, которые будут работать в браузерах, необходимо использовать языки HTML, CSS и JavaScript [1]. HTML используется для создания структуры и содержимого веб-страниц, предоставляет разработчику возможность определить заголовки, текст, изображения, ссылки и другие элементы на веб-странице. JavaScript позволяет добавлять веб-страницам различные эффекты, анимации, валидацию

данных и другие интерактивные функции. CSS используется для оформления веб-страниц и задания внешнего вида элементов на странице.

Заключение. Разработка веб-ресурса для управления жизненным циклом сотрудника является важной задачей, направленной на оптимизацию процессов и улучшение взаимодействия внутри организации. Создание такого ресурса требует внимательного анализа потребностей пользователей, разработки интуитивно понятного интерфейса и учета всех аспектов работы с данными сотрудников. В результате будет создан эффективный инструмент, способствующий улучшению кадровых процессов, повышению уровня удовлетворенности сотрудников и оптимизации работы организации в целом.

Список литературы

1. *Современные информационные технологии в образовании [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://sgpu2004.narod.ru/infotek/infotek2.htm. Дата доступа: 15.02.2025.*

UDC 50 7900 7

WEB RESOURCE FOR MANAGING THE LIFECYCLE OF AN IT COMPANY AND ITS ERGONOMIC FEATURES

Ushakova P.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borisik M.M. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This article discusses the process of developing a web resource designed to study the employee life cycle in an organization. The resource provides users with the opportunity to study the main stages and practical aspects of employee life cycle management, including the stages of recruitment, adaptation, development and dismissal. An important part of the web resource is the creation of comfortable conditions for users to work with information about the employee life cycle, which is achieved through an ergonomically designed interface that minimizes cognitive and physical loads and ensures ease of perception of the material.

Keywords: web resource, life cycle, employee.

УДК 004.775:004.415.538

ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА БИБЛИОТЕКИ С АВТОМАТИЗАЦИЕЙ ПОСТРОЕНИЕ ПОДБОРА РЕКОМЕНДАЦИЙ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Бондаронок А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Медведев О. С. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Описаны ключевые компоненты системы, включая базу данных, алгоритмы рекомендаций и пользовательский интерфейс. Особое внимание уделено вопросам эргономики, направленным на повышение удобства работы пользователей. Представлены методы оптимизации взаимодействия с системой и повышения ее эффективности. Полученные результаты могут быть применены для улучшения цифровых библиотечных сервисов.

Ключевые слова: веб-приложение, база данных, рекомендательная система.

Введение. В современных условиях цифровизации библиотек возрастает потребность в эффективных информационно-справочных системах, обеспечивающих быстрый доступ к ресурсам и персонализированные рекомендации. Традиционные системы поиска литературы требуют значительных временных затрат, тогда как автоматизированные алгоритмы позволяют формировать подборки книг с учетом интересов пользователя. Эргономичность интерфейса играет ключевую роль в упрощении взаимодействия с системой, повышая удобство и скорость работы [1].

Целью данной работы является разработка информационно-справочной системы библиотеки с автоматизированным построением рекомендаций и эргономичным пользовательским интерфейсом. Объектом исследования выступает библиотечная информационная система, а предметом – технологии и алгоритмы, применяемые для ее реализации, включая базы данных, методы машинного обучения и принципы эргономичного проектирования интерфейсов.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности библиотечных сервисов за счет интеллектуальной обработки данных и удобного взаимодействия с пользователями. Внедрение рекомендательной системы сокращает время поиска литературы, а эргономичный интерфейс снижает когнитивную нагрузку, делая работу с системой интуитивной. Разработанное решение может широко использоваться как в университетских, так и в общественных библиотеках, способствуя модернизации информационных сервисов.

Основная часть. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1 Проектирование интерфейса с учетом принципов эргономики.

2 Выбор и применение технологий для реализации веб-приложения.

Электронная среда библиотеки не имеет однородной читательской аудитории существуют многочисленные, пересекающиеся и непересекающиеся группы с разными информационными потребностями. Все группы видят конечной целью пользования приложением нахождение нужной книги и либо чтение ее электронного варианта, либо бронирование ее, с целью в дальнейшем забрать ее в библиотеке. Но первая группа в силу своей разнородности не всегда будет обладать достаточным опытом пользования интернет-ресурсами, что требует от приложения быть максимально понятным человеку любого возраста, уровня образования и владения компьютера.

В рамках достижения цели разработки информационно-справочной системы библиотеки с автоматизированным построением рекомендаций была создана диаграмма

вариантов использования (рис. 1) для роли «Читатель». Данная диаграмма отражает основные сценарии взаимодействия пользователя с системой, что позволяет структурировать функциональные возможности и обеспечить удобство работы.

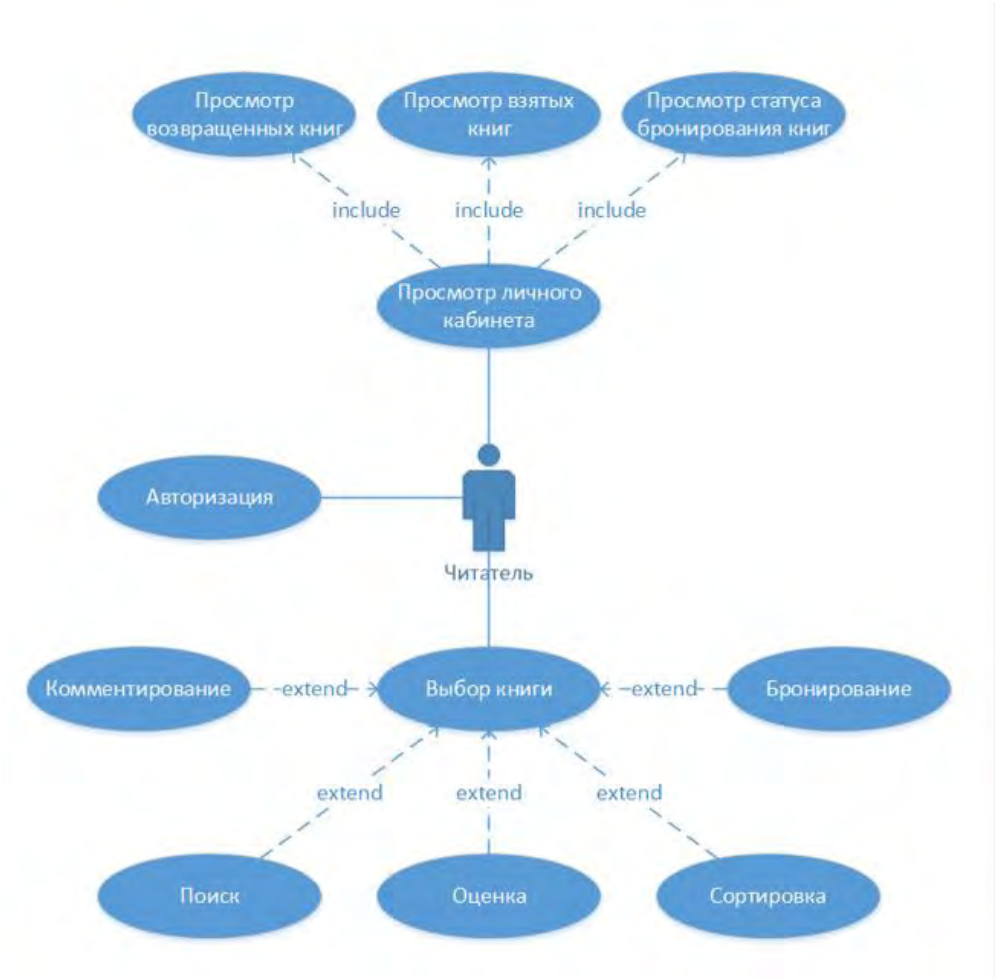


Рисунок 1 - Диаграмма вариантов использования системы в режиме «Читатель»

Обоснование выбора технологии. При создании информационно-справочной системы библиотеки с автоматизированными рекомендациями выбор технологического стека сыграл ключевую роль в обеспечении стабильности, производительности и удобства разработки. В качестве серверного фреймворка был использован *Ruby on Rails*, а для хранения данных — *PostgreSQL*. Эти технологии позволили эффективно реализовать функциональность системы и обеспечить ее масштабируемость. Роль *Ruby on Rails* и *PostgreSQL в разработке*.

1 Четкая архитектура *MVC* – разделение системы на модели, контроллеры и представления обеспечило логичную структуру кода и удобство его поддержки (рис. 2).

2 *Active Record ORM* – упрощенное взаимодействие с базой данных позволило быстро реализовать работу с книгами, пользователями и историей их запросов.

3 Производительность и масштабируемость – *PostgreSQL* хорошо справляется с обработкой больших объемов данных, что критично для библиотеки с постоянно расширяющимся каталогом книг и пользователей.

4 Поддержка сложных запросов – мощные возможности *SQL*, включая индексацию, полнотекстовый поиск и работу с *JSON*, позволили эффективно реализовать механизм поиска литературы и персонализированные рекомендации.

5 Надежность и целостность данных – поддержка транзакций и механизмов репликации обеспечила сохранность информации о пользователях, их предпочтениях и истории взаимодействий [2].

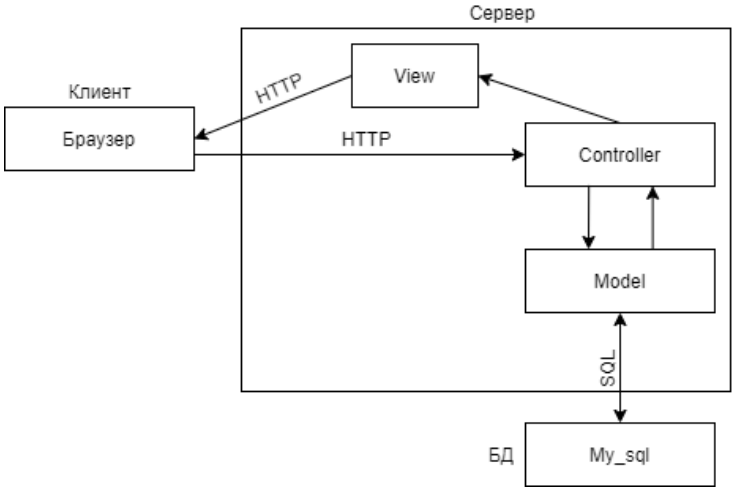


Рисунок 2 - Архитектура *MVC*

Заключение. Разработанная система является важным шагом в модернизации цифровых библиотечных сервисов. В ходе работы была создано приложение, которая позволяет эффективно рекомендовать литературу на основе предпочтений пользователей, а также предоставляет удобный и интуитивно понятный интерфейс, что снижает когнитивную нагрузку и повышает удобство использования. Разработанная система может быть использована в библиотеках различных уровней, обеспечивая более высокое качество обслуживания пользователей и повышение эффективности работы библиотек. В дальнейшем возможна интеграция с другими цифровыми библиотечными сервисами и расширение функциональности системы для удовлетворения различных потребностей пользователей.

Список литературы

1. *Шупейко, И.Г. Эргономическое проектирование систем «человек – компьютер – среда». Курсовое проектирование/И.Г. Шупейко. Минск: БГУИР, 2012. 92 с.*

2. *Чистая Архитектура для веб-приложений [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/post/493430/. Дата доступа: 20.03.2025.*

UDC 004.775:004.415.538

INFORMATION AND REFERENCE SYSTEM OF THE LIBRARY WITH AUTOMATION OF RECOMMENDATION GENERATION AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Bondarnok A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Medvedev O.S. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. Key system components, including the database, recommendation algorithms, and user interface, are described. Special attention is given to ergonomic aspects aimed at enhancing user convenience. Methods for optimizing system interaction and improving efficiency are presented. The obtained results can be applied to enhance digital library services.

Keywords: Web-based application, database, recommendation engine.

УДК 004.81:616.89-008.434.53

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ДЛЯ АДАПТАЦИИ ТЕКСТА: ПОДДЕРЖКА СТУДЕНТОВ С ДИСЛЕКСИЕЙ И КОГНИТИВНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ

Нестерук А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Марков А.Н. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры Информатики

Аннотация. В статье рассматриваются технологии искусственного интеллекта для адаптации текста, направленные на поддержку студентов с дислексией и когнитивными особенностями, такими как синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ). Описаны методы упрощения текста, сегментации, визуального оформления и синтеза речи. Приведены примеры успешного внедрения технологических решений в образовательную практику. Обсуждаются перспективы использования искусственного интеллекта для создания инклюзивной образовательной среды.

Ключевые слова: искусственный интеллект, адаптация текста, дислексия, инклюзивное образование.

Введение. Современное образование стремится к инклюзивности, чтобы каждый студент независимо от своих когнитивных особенностей, мог успешно учиться. Дислексия и другие когнитивные особенности, такие как СДВГ, создают значительные барьеры для восприятия текстовой информации. Искусственный интеллект (ИИ) предлагает инновационные решения для адаптации текста, делая его более доступным и удобным для студентов с такими особенностями [1]. В статье рассматриваются технологии искусственного интеллекта, которые помогают преобразовывать текст, улучшая его восприятие, а также обсуждаются перспективы их применения в образовательной среде.

Основная часть. Искусственный интеллект в поддержке студентов с дислексией и когнитивными особенностями сочетает инженерную психологию, когнитивную эргономику и машинное обучение. Его применение направлено на трансформацию текстовых материалов, снижая когнитивную нагрузку и повышая доступность информации. Развитие алгоритмов обработки естественного языка, компьютерного зрения и синтеза речи позволяет адаптировать тексты, делая их удобнее для студентов с особыми образовательными потребностями.

Одно из ключевых направлений – адаптация текстов с учетом особенностей восприятия. Многие учащиеся испытывают трудности при чтении сложных текстов. ИИ решает эту проблему, анализируя сложность текста, выявляя трудные фрагменты и упрощая их. Например, системы вроде Simplish заменяют сложные конструкции на более понятные эквиваленты, сохраняя смысл. Это особенно важно в образовательных материалах, где сложная терминология мешает усвоению информации.

Критически важна сегментация текста – разбивка на короткие смысловые блоки. Этот подход снижает когнитивную нагрузку на 30–40%, упрощая обработку информации [2]. ИИ выделяет ключевые слова, изменяет стиль форматирования и создает аннотации, помогая студентам быстрее ориентироваться в тексте.

ИИ-алгоритмы также анализируют визуальные паттерны восприятия, адаптируя шрифты и цветовые схемы для удобства чтения. Например, шрифт OpenDyslexic, разработанный для снижения оптических иллюзий при чтении, повышает скорость распознавания символов на 15–20%. Также применяются адаптивные цветовые схемы, уменьшающие контрастные перепады и устраняющие эффект визуального «слияния» букв, характерный для людей с дислексией.

Важную роль играет и коррекция интервалов между буквами. Исследования в области когнитивной лингвистики показывают, что оптимизация расстояний между символами и словами способствует повышению скорости чтения и снижению утомляемости глаз.

Формула 1 расчета оптимального интервала Δ, предложенная в работах по когнитивной лингвистике, выглядит следующим образом:

$$\Delta=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\mu)^2 \quad (1)$$

где x_i – расстояние между символами,

μ – среднее значение,

n – количество символов в строке.

Этот подход позволяет минимизировать визуальный «шум», характерный для дислексии.

Технологии синтеза речи, такие как Google WaveNet, преобразуют текст в аудиоформат с естественной интонацией. По данным исследований, комбинация аудиовизуального восприятия улучшает понимание текста на 45% у студентов с дислексией. Например, при синтезе речи ИИ исключает омонимы, которые могут вызывать путаницу.

Адаптивные системы на основе ИИ, такие как Microsoft Immersive Reader, используют алгоритмы кластеризации для анализа прогресса учащихся. В качестве примера можно привести модель PCA (Principal Component Analysis), которая выделяет ключевые когнитивные параметры, приведенные в формуле 2:

$$CA(X)=U\Sigma V^T \quad (2)$$

где X – матрица данных,

U и V – ортогональные матрицы,

Σ – диагональная матрица сингулярных значений.

Это позволяет идентифицировать паттерны ошибок и корректировать учебные материалы в реальном времени. Кодекс Республики Беларусь об образовании закрепляет принцип адаптивности системы образования к уровню подготовки обучающихся, что требует учета индивидуальных когнитивных особенностей учащихся [3]. Однако, как отмечает Алферьева А.А., «внедрение ИИ требует баланса между технологическим прогрессом и сохранением человекоцентричного подхода» [4]. Например, системы автоматической оценки эссе могут генерировать предвзятые результаты из-за смещений в обучающих данных, что требует строгого контроля со стороны педагогов.

Платформа Lexia демонстрирует эффективность ИИ в обучении студентов с дислексией. Ее алгоритмы, основанные на CNN (Convolutional Neural Networks), анализируют ошибки чтения и генерируют персонализированные упражнения. Точность прогнозирования прогресса достигает 86% при использовании моделей с кросс-валидацией [5].

Таким образом, ИИ не только трансформирует текст, но и создает инклюзивную среду, где технологии дополняют традиционные педагогические методы. Однако для масштабирования решений требуются дальнейшие исследования интерпретируемости моделей и этической интеграции ИИ в образование.

Заключение. Искусственный интеллект открывает новые возможности для инклюзивного образования, адаптируя текстовые материалы под индивидуальные когнитивные особенности студентов. Упрощение текста, сегментация, визуальное оформление и синтез речи – лишь часть технологий, уже активно применяемых в образовательной практике.

Стоит учитывать, что внедрение ИИ-решений требует учета не только технических, но и психологических факторов. Важно, чтобы такие технологии были доступны всем студентам, а их использование сопровождалось обучением и поддержкой преподавателей.

В перспективе развитие ИИ может привести к созданию полностью персонализированных учебных материалов, которые будут адаптироваться под индивидуальные потребности каждого студента. Это сделает образование более доступным и эффективным для всех.

Список литературы

1. *Копейкина В. А., Баяк Е. И., Марков А. Н. Оценка эффективности и проблемы использования технических средств в учебном процессе // Вестник науки. 2024. Т. 1, № 1 (82). С. 110–119.*

2. *Rello L., Baeza-Yates R., Bott S., Saggion H. Simplify or help? Text simplification strategies for people with dyslexia // Proceedings of the 10th International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A '13). Rio de Janeiro, Brazil, 2013. Article No. 15.*

3. *Министерство образования Республики Беларусь. Система образования Республики обеспечивает реализацию права каждого гражданина на образование [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://edu.gov.by/news/sistema-obrazovaniya-respubliki-obespechivaet-realizatsiyu-prava-kazhdogo-grazhdanina-na-obrazovanie/. Дата доступа: 20.01.2025.*

4. *Алферьева А. А. Искусственный интеллект в образовании: как адаптивное обучение и цифровые ассистенты меняют подход к обучению и воспитанию подростков // Международный научный журнал «Вестник науки». 2025. Т. 1, № 1 (82). С. 110–119.*

5. *Instructional Support for Students with Dyslexia in Lexia Core5 Reading. Centerville ISD. Texas: Centerville Independent School District, 2024. 28 p.*

UDC 004.81:616.89-008.434.53

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR TEXT ADAPTATION: SUPPORTING STUDENTS WITH DYSLEXIA AND COGNITIVE DIFFERENCES

Nesteruk A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Markov A.N. – Master of Sci. (M. of Sci.), Senior Lecturer at the Department of Informatics

Annotation. The report examines artificial intelligence (AI) technologies for text adaptation aimed at supporting students with dyslexia and cognitive differences such as ADHD. It describes methods of text simplification, segmentation, visual formatting, and speech synthesis. Examples of successful AI implementations in educational practice are provided. The prospects of using AI to create an inclusive educational environment are discussed.

Keywords: artificial intelligence, text adaptation, dyslexia, inclusive education.

УДК 004.774: [629.351+331.31]

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВОДИТЕЛЕЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Горбачик Н. С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Бобровничая М. А. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Разработано веб-приложение для анализа рабочего времени и производительности водителей крупногабаритных транспортных средств. Система получает данные с мобильных устройств водителей, анализирует время работы, отдыха, маршруты и расход топлива, сравнивая их с нормативными требованиями. Приложение построено на базе Java и Spring Framework, обеспечивая масштабируемость и интеграцию с внешними системами. Результаты визуализируются в виде графиков и отчетов, помогая оптимизировать логистику и контролировать соблюдение трудовых норм.

Ключевые слова: мобильное приложение, сервер, визуализация данных, статистика, охрана труда.

Основной текст. Контроль рабочего времени и производительности водителей крупногабаритных транспортных средств является важной задачей для повышения эффективности логистических операций и соблюдения трудового законодательства. В настоящее время данные о работе водителей могут собираться через мобильные устройства, включая ввод пользователей, данные о местоположении с телефона и интеграцию с Google Картами. Однако анализ этих данных часто выполняется вручную, что затрудняет оперативное выявление нарушений и оптимизацию процессов. Для улучшения обработки и визуализации данных требуется разработка специализированного приложения.

Приложение получает данные от пользователей через мобильные устройства, включая ручной ввод информации о времени работы, отдыха, пройденных маршрутах и расходе топлива. Дополнительно система интегрируется с Google Картами и использует данные о местоположении телефона для автоматического отслеживания маршрутов, скорости движения и времени в пути. Это позволяет минимизировать ошибки, связанные с ручным вводом, и повысить точность анализа.

Для наглядного представления данных выбраны интерактивные графики и тепловые карты маршрутов, поскольку они обладают рядом преимуществ:

1 Интерактивность позволяет пользователям детально изучать данные по каждому водителю или маршруту.

2 Тепловые карты визуализируют участки с повышенным расходом топлива, частыми остановками или отклонениями от маршрута, что помогает выявлять проблемные зоны.

3 Графики рабочего времени обеспечивают контроль за соблюдением трудового законодательства, например, ограничений на максимальное время управления транспортным средством.

4 Автоматизированные отчеты упрощают анализ данных и принятие решений, предоставляя менеджерам готовые выводы и рекомендации.

Назначение веб-приложения состоит в улучшении мониторинга рабочего времени и производительности водителей на основе данных, поступающих от мобильных устройств и Google Карт. На основании выявленного целевого назначения был сформулирован ряд задач, которые решает приложение:

− сбор данных через мобильные устройства, включая ручной ввод и автоматическое отслеживание местоположения;

− интеграция с Google Картами для анализа маршрутов и времени в пути;

− анализ рабочего времени и сравнение с нормативными требованиями;

− формирование рейтинга производительности водителей на основе собранных данных;

− визуализация данных с помощью интерактивных графиков и тепловых карт.

Приложение разработано с использованием Java и Spring Framework, что обеспечивает высокую производительность, масштабируемость и безопасность [1]. Интеграция с мобильными устройствами и Google Картами позволяет автоматизировать сбор данных и минимизировать ошибки, связанные с ручным вводом. Внедрение такого решения поможет компаниям оптимизировать логистические процессы, снизить затраты на топливо и улучшить контроль за соблюдением трудового законодательства.

Заключение. Таким образом, в работе представлено веб-приложение для мониторинга рабочего времени и производительности водителей крупногабаритных транспортных средств. Использование мобильных устройств и интеграция с Google Картами автоматизируют сбор данных, минимизируя ошибки. Интерактивные графики и тепловые карты делают анализ наглядным, помогая выявлять переработки, отклонения от маршрутов и превышение расхода топлива.

Поддержка исторических данных позволяет отслеживать изменения производительности, улучшая планирование логистики. Внедрение приложения способствует повышению эффективности управления автопарком и соблюдению трудовых норм.

В перспективе возможно расширение функционала за счет интеграции с системами управления автопарком, внедрения прогнозных моделей и разработки мобильной версии для удобства использования в реальном времени.

Список литературы

1. Документация Spring.io [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://spring.io/. Дата доступа: 10.02.2025.

UDC 004.774.6:628.1.033-047.36(476-26)

APPLICATION FOR ANALYSIS OF WORKING TIME AND PRODUCTIVITY INDICATORS OF LARGE VEHICLE DRIVERS

Harbachyk N. S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Bobrovnichaya M.A. – Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. A web application has been developed to analyze the working time and productivity of drivers of large vehicles. The system receives data from drivers' mobile devices, analyzes work time, rest, routes and fuel consumption, comparing them with regulatory requirements. The application is built on Java and Spring Framework, ensuring scalability and integration with external systems. The results are visualized in the form of graphs and reports, helping to optimize logistics and monitor compliance with labor standards.

Keywords: mobile application, server, data visualization, statistics, labor protection.

УДК 37.062

ЭРГОНОМИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА КОЛЛЕДЖА

Белоусова К.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Парафиянович Т.А. – к.п.н., доцент, доцент кафедры ИРТ

Аннотация. В статье рассматривается влияние реализации эргономического подхода на организацию образовательного процесса и образовательные результаты обучающихся в освоении образовательных программ среднего специального образования, представлено исследование, выявляющее взаимосвязь между эргономическими факторами и результатами обучения.

Ключевые слова: образовательный процесс, эргономический подход, образовательные результаты, метод анкетирования.

Введение. Сегодня для системы образования характерны следующие тенденции: резкое увеличение спроса на образование, значительно превосходящее возможности учреждений образования; сохранение качества образования при возрастающем объеме и усложнении знаний; тенденция к увеличению компьютерных рабочих мест меняет не только функции преподавателя, но и весь образовательный процесс. В статье рассматривается влияние реализации эргономического подхода на организацию образовательного процесса, и исследование мнения обучающихся относительно улучшения и совершенствования процесса обучения за счет эргономических способов и технологий.

Основная часть. Качество образования, как мера соответствия образовательного результата запросам личности, общества и государства, предполагает не только обеспечение усвоения обучающимися фундаментальных знаний, но и создание условий для их личностно-профессионального становления. Ответственность перед обществом, востребованность и спрос, профессионализм, личностное отношение все это определяет новый взгляд на образование, воспитание и развитие личности. Это требует от системы образования мобильности в подготовке квалифицированных специалистов в соответствии с потребностями экономики и общества [1]. Государственные образовательные стандарты среднего специального образования предъявляют особые требования к результатам образования, включая в них не только профессиональные, но и универсальные компетенции.

В соответствии с требованиями государственных стандартов учреждения образования призваны создавать условия для усвоения образовательных программ, формирования общей культуры личности обучающихся, их адаптации к жизни в обществе, сохранения здоровья преподавателей и обучающихся. В настоящее время в системе образования сделан акцент на индивидуализацию обучения, вариативную направленность образовательного процесса, на создание условий реализации индивидуальных образовательных траекторий, обучающихся и на разные организационные форы занятий, это подчеркивает важность вопроса изменений материально-технических условий, информационно-образовательной среды, социокультурного пространства колледжа.

Образовательный процесс, мы рассматриваем, как обучение и воспитание, организованные учреждением образования, в целях освоения обучающимися содержания образовательных программ [2]. Организация образовательного процесса при реализации соответствующих образовательных программ включает в себя теоретическую и практическую подготовку, воспитательную работу, самостоятельную работу обучающихся, аттестацию обучающихся в случаях, предусмотренных Кодексом об образовании [2].

Современные научные данные в области психологии и педагогики определяют индивидуальность как совокупность биологических, психофизических, психосоциальных и духовных качеств конкретного человека. Исходя из содержания этого понятия выстраивается система деятельности преподавателя по созданию образовательной среды, в которой каждому обучающемуся гарантируется как комфорт, так и личностно-профессиональное развитие. В целях формирования условий для получения оптимальных образовательных результатов необходимо учитывать эргономические требования к организации образовательного процесса колледжа. Изучением образовательного и учебного процесса, в частности, как сложного системного объекта занимается такая современная наука как эргономика, основная цель которой – создание условий, которые минимизируют физическое и психологическое напряжение, повышая при этом комфорт и продуктивность [3]. В контексте образовательного процесса эргономический подход мы будем рассматривать как совокупность:

– физического комфорта (удобное расположение мебели, освещение, акустика);
– информационной доступности (доступ к учебным материалам и ресурсам);
– психологического комфорта (мотивирующая и поддерживающая атмосфера).

Для изучения реализации эргономического подхода в организации образовательного процесса было проведено исследование мнения обучающихся «Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники» филиала «Минского радиотехнического колледжа». В рамках исследования был использован метод анкетирования.

Метод анкетирования – это психологический вербально-коммуникативный метод, в котором в качестве средства для сбора сведений от респондента используется специально оформленный список вопросов – анкета [4]. Разработанная нами анкета для обучающихся включает вопросы, соответствующие целям нашего исследования, и представляет собой логически выстроенный список тематических вопросов с использованием выборочного метода. Для обеспечения объективности результатов анкета сочетает открытые и закрытые вопросы, охватывающие такие аспекты, как материально-технические условия, информационно-предметная среда, информационно-образовательное пространство, уровень комфорта в создании условий для реализации индивидуальных образовательных траекторий обучающихся, а также влияние этих факторов на учебные результаты. Для анкетирования была использована платформа «Google Форм», которая содержит все необходимые инструменты для создания и распространения опросов [5].

Результаты анкетирования представлены на рисунке 1.

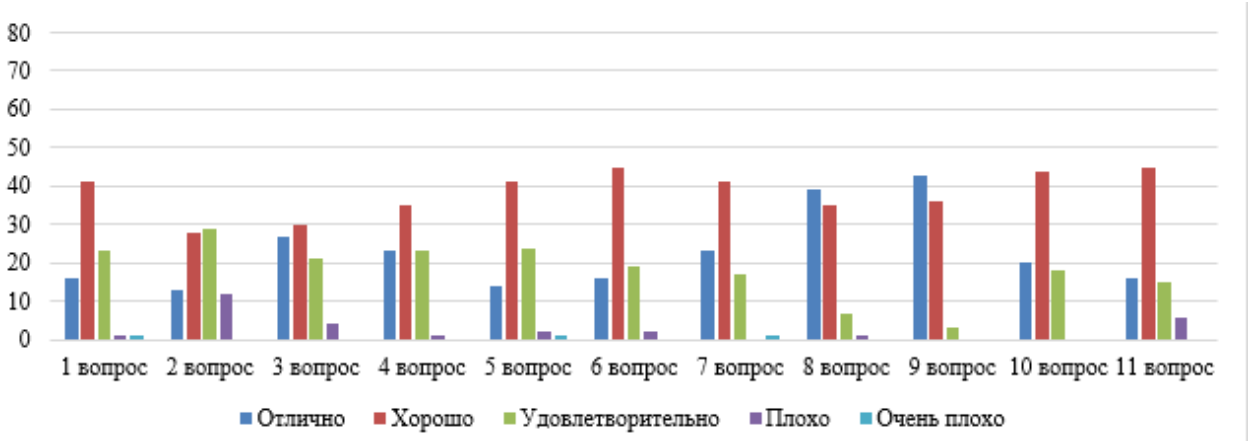


Рисунок 1 – Результаты анкетирования

В анкетировании приняло участие 82 респондента, из них 57,3% участников составили обучающиеся третьего курса колледжа. Результаты показали, что 50%

респондентов на вопрос «Как вы оцениваете материально-технические условия, созданные в учебных аудиториях» ответили положительно, однако 35,4% отметили, что комфорт в помещениях является удовлетворительным. Доступность учебных материалов и качество электронных образовательных ресурсов также получили положительные оценки, с 36,6% и 54,9% респондентов соответственно, указывая на необходимость дальнейшего улучшения в этой области. Удобство использования образовательной платформы было оценено на уровне 42,7% респондентов, что демонстрирует наличие определенных проблем в интерфейсе и навигации. Тем не менее, 65% участников отметили легкость в поиске необходимой информации, что является положительным моментом. Около 78% высоко оценили уровень педагогической поддержки, сопровождения преподавателей и уровень взаимодействия с однокурсниками, что говорит о благоприятном психологическом климате и информационно-образовательное пространстве колледжа. Важным результатом стало то, что 92% респондентов отметили эргономическую составляющую образовательного процесса как «важную», влияющую на качество и результаты обучения, что подчеркивает значимость данной составляющей в оптимизации образовательного процесса. Результаты также показывают, что 63,7% обучающихся оценивают свою успеваемость как хорошую, 82% удовлетворены условиями обучения. Однако многие респонденты высказали пожелание улучшить доступ к Wi-Fi, что указывает на необходимость в модернизации инфраструктуры для повышения качества образовательного процесса. В целом, результаты анкетирования показали, что эргономический подход имеет значительное влияние на организацию образовательного процесса, и позволили выявить направления для повышения качества образования и улучшения образовательных результатов. В ответах обучающихся подчеркивалось, что физический комфорт в учебных аудиториях, который включает удобное расположение мебели, адекватное освещение, хорошую акустику, способствует созданию благоприятных условий для сосредоточенности и восприятия информации. Информационно-предметная, ресурсная доступность будет способствовать удовлетворенности процессом обучения и повышению образовательных результатов обучающихся. Психологический комфорт создает мотивирующую и поддерживающую атмосферу, что особенно важно для формирования доверительных отношений в коллективе и конструктивного взаимодействия между обучающимися и преподавателями.

Таким образом, реализация эргономического подхода в образовательном процессе может значительно повысить уровень удовлетворенности обучающихся и их успеваемости, подчеркивая необходимость дальнейшей модернизации инфраструктуры и совершенствования материально-технических условий.

Заключение. В ходе проведенного исследования рассмотрено влияние реализации эргономического подхода на организацию образовательного процесса, проанализированы результаты исследования мнения обучающихся относительно улучшения и совершенствования процесса обучения за счет эргономических условий, которые минимизируют физическое и психологическое напряжение, повышая при этом комфорт и продуктивность обучения. Выявлено, что эргономический подход играет значимую роль в организации образовательного процесса. Высокие требования к качеству образования и растущий спрос на индивидуализированные образовательные траектории обусловливают необходимость создания комфортной и доступной информационно-образовательной среды, поэтому важно продолжить работу над созданием оптимальных условий, учитывающих как физический, так и психологический комфорт обучающихся.

Таким образом, результаты нашего исследования показали необходимость дальнейшего анализа и реализации требований по созданию эргономических условий в системе образования, что будет способствовать повышению образовательных результатов, обучающихся и их адаптации к современным требованиям общества и рынка труда.

Список литературы

1. *Шаталова, В.В. Компетентность современного преподавателя / В.В. Шаталова, Т.В. Казак // Актуальные вопросы профессионального образования = Actual issues of professional education: материалы V Международной научно-практической конференции, Минск, 25–26 мая 2023 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Т.В. Казак [и др.]. Минск, 2023. С. 395–399.*
2. *Кодекс Республики Беларусь об образовании от 31.01.2022, 154-З (с изм. и доп.) // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. 2022. № 2/2874, с. 511.*
3. *Эргономика: что это и зачем нужно? // skypro [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://sky.pro/wiki/lifestyle/ergonomika-chto-eto-i-zachem-nuzhno/. Дата доступа: 10.03.2025.*
3. *Метод анкетирования // РУВИКИ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Метод_анкетирования. Дата доступа: 10.30.2025.*
4. Анкета удовлетворенности эргономической составляющей образовательного процесса [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://forms.gle/8jnkoXSn4gLKVYWS6. Дата доступа: 10.03.2025

UDC 37.062

AN ERGONOMIC APPROACH TO THE ORGANIZATION OF THE COLLEGE EDUCATIONAL PROCESS

Belousova K.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Parafiyanovich T.A. – Cand. of Sci, associate professor, associate professor of the Department of IRT

Annotation. The article examines the impact of the ergonomic approach on the organization of the educational process and the educational outcomes of students in the development of educational programs of secondary special education, presents a study that reveals the relationship between ergonomic factors and learning outcomes.

Keywords: educational process, ergonomic approach, educational outcomes, questionnaire method.

УДК 316.6:351.74

ВЛИЯНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Богданова Ф.А., Кузьмичкина Д.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматриваются психологические факторы, влияющие на принятие решений в экстремальных условиях. Подчеркивается, что эмоции, когнитивные искажения и групповая динамика могут существенно искажать восприятие ситуации и влиять на выбор стратегий реагирования. Приведены примеры из различных категорий чрезвычайных ситуаций, таких как природные катастрофы, производственные аварии, социальные кризисы и личные потери. Исследование включает анализ опроса среди студентов, направленного на выявление их мнений о роли психологии в кризисных ситуациях. Результаты подчеркивают важность развития навыков стрессоустойчивости и командного взаимодействия для эффективного реагирования в условиях кризиса.

Ключевые слова: принятие решений, экстремальные условия, когнитивные искажения, групповая динамика, чрезвычайные ситуации, стрессоустойчивость, командное взаимодействие.

Введение. Психологические факторы играют ключевую роль в принятии решений в экстремальных условиях. Эмоции, такие как страх и тревога, могут искажать восприятие ситуации, а когнитивные искажения приводят к ошибкам, влияющим на исход событий. В групповой динамике уровень доверия и лидерство также оказывают значительное воздействие на выбор стратегий реагирования [1].

Понимание этих механизмов позволяет разрабатывать методы, которые помогают минимизировать ошибки и повышать эффективность решений в критических ситуациях [2]. Развитие навыков стрессоустойчивости, применение моделей рационального анализа и тренировка командного взаимодействия могут значительно улучшить способность людей действовать быстро и обоснованно в условиях кризиса.

Основная часть. В условиях чрезвычайных ситуаций принятие решений часто зависит от множества психологических факторов, включая эмоции и когнитивные искажения. Понимание этих механизмов является ключевым для повышения эффективности реагирования и подготовки к кризисам.

Природные катастрофы: эвакуация во время урагана «Катрина» – разрушительный ураган в 2005 году, вызвавший хаос из-за недостаточной подготовки и неэффективной коммуникации. Страх побуждал к эвакуации, но отсутствие информации привело к пассивности некоторых жителей.

Аварии на производстве: взрыв на заводе в Бхопале – техногенная катастрофа 1984 года, связанная с утечкой токсичного газа. Недостаточное внимание к безопасности и игнорирование предупреждений привели к массовым жертвам и общественному возмущению.

Социальные кризисы: протесты против движения Black Lives Matter – реакция на полицейское насилие и расовую дискриминацию, достигшая пика в 2020 году. Гнев и протесты способствовали общественным дискуссиям и реформам в правоохранительных органах.

Личные кризисы: принятие решения после потери близкого человека – ситуация, в которой эмоции горя усложняют рациональное мышление.

Использование аналитических методов помогает принимать взвешенные решения, а управление эмоциями способствует адаптации к новым условиям. Изучение влияния психологии

на принятие решений в условиях чрезвычайных ситуаций является важной задачей, особенно в свете современных вызовов, с которыми сталкиваются общества. Понимание того, как эмоции влияют на наше поведение в кризисные моменты, может существенно повлиять на эффективность реагирования и подготовки к подобным ситуациям [3].

Далее представлен анализ результатов опроса, проведенного среди студентов, с целью выявления их мнений и восприятия роли психологии в принятии решений в экстренных условиях.

Опрос был проведен в онлайн-формате с использованием Google Forms, в котором приняло участие 30 студентов. Вопросы охватывали темы, связанные с эмоциональным восприятием, реакцией на стресс и важностью подготовки к чрезвычайным ситуациям. Гарантировалась анонимность участников, чтобы они могли свободно выражать свои мнения. Результаты опроса представлены на рисунках 1-7.

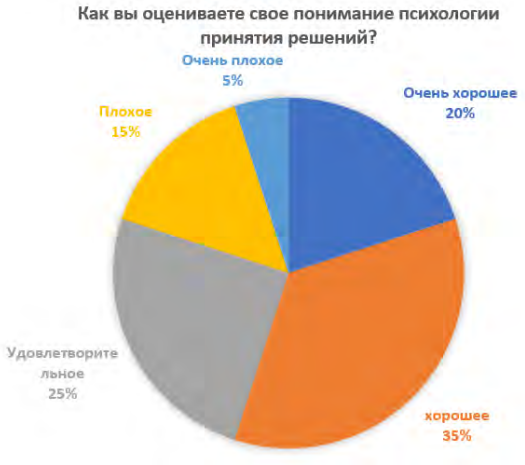


Рисунок 1 – Результаты опроса «Как вы оцениваете свое понимание психологии принятия решений»

Рисунок 2 – Результаты опроса «Какие эмоции, по вашему мнению, наиболее сильно влияют на принятие решений в кризисных ситуациях»

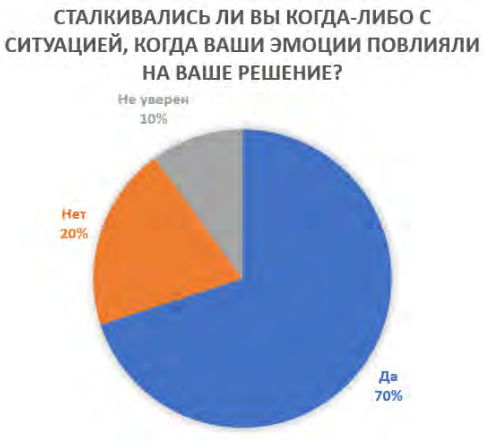


Рисунок 3 – Результаты опроса «Сталкивались ли вы когда-либо с ситуацией, когда ваши эмоции повлияли на ваше решение»

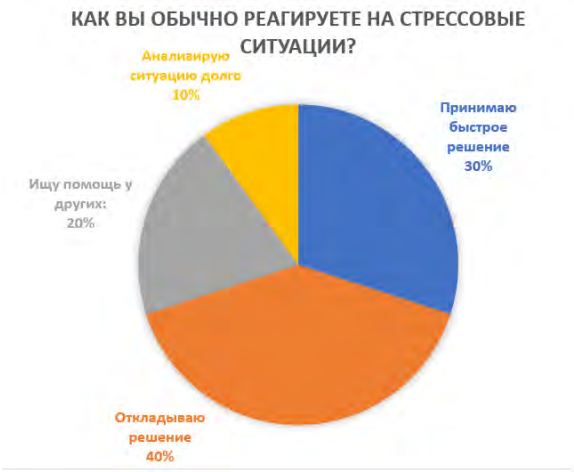


Рисунок 4 – Результаты опроса «Как вы обычно реагируете на стрессовые ситуации»

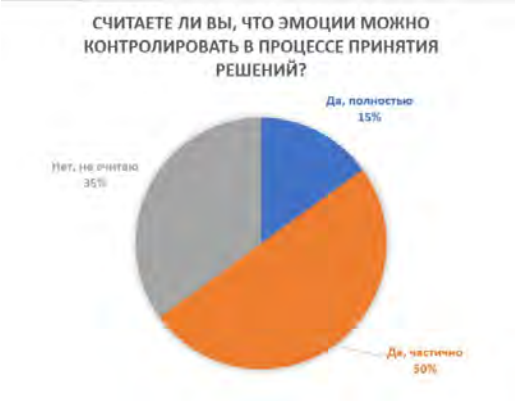


Рисунок 5 – Результаты опроса «Считаете ли вы, что эмоции можно контролировать в процессе принятия решений»

Рисунок 6 – Результаты опроса «Как вы оцениваете важность подготовки к чрезвычайным ситуациям»

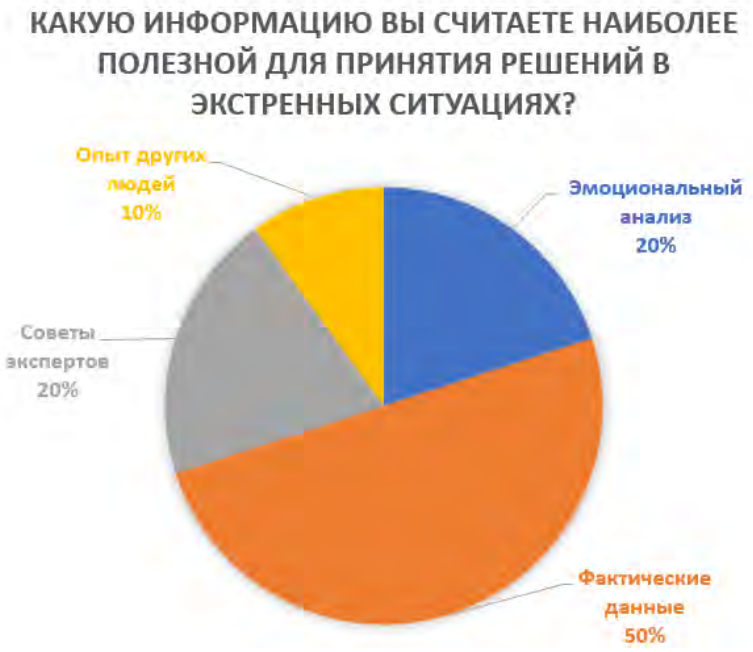


Рисунок 7 – Результаты опроса «Какую информацию вы считаете наиболее полезной для принятия решений в экстренных ситуациях

Результаты опроса показали, что 55% студентов оценивают свое понимание психологии принятия решений как хорошее или очень хорошее. Это говорит о высоком уровне осведомленности среди молодежи о важности данной темы. В то же время 70% респондентов признали, что их эмоции влияли на принятие решений, что подчеркивает необходимость глубокого изучения эмоционального компонента в процессе принятия решений.

На основе полученных данных можно предложить несколько рекомендаций для образовательных учреждений. Важно внедрять программы, направленные на обучение студентов навыкам управления эмоциями и принятием решений в условиях стресса. Создание ресурсов и тренингов, позволяющих студентам подготовиться к чрезвычайным ситуациям, должно стать приоритетом в образовательной политике.

Заключение. Обучение навыкам эмоционального интеллекта и осознания своих реакций может помочь молодым людям принимать более обоснованные и эффективные решения в сложных ситуациях.

Проведенный опрос подтвердил, что студенты осознают важность подготовки и влияние эмоций на принятие решений в чрезвычайных ситуациях. Эти данные могут быть использованы для дальнейших исследований и разработки практических приложений, направленных на улучшение навыков реагирования на кризисы. Углубление знаний в данной области имеет потенциал для повышения уверенности и эффективности студентов в условиях неопределенности.

Список литературы

1. И.Александровский Ю.А., Лобастов О.С., Спивак Л.И. Психогении в экстремальных условиях. М.: Медицина: 1991. -96 с.

2. Алексеев А.А., Громова Л.А. Поймите меня правильно или книга о том, как найти свой стиль мышления, эффективно использовать интеллектуальные ресурсы и обрести взаимопонимание с людьми. СПб.: Экономическая школа, 1993. - 352 с.

3. З.Алексеев Н.Г. Познавательная деятельность при формировании осоз-ненности решения задач: Автореф. дисс. канд. психол. наук. М.: МТПИ, 1975. 18 с.

UDC 316.6:351.74

INFLUENCE OF PSYCHOLOGICAL FACTORS ON DECISION-MAKING IN EMERGENCY SITUATIONS

Bogdanova F.A., Kuzmichkina D.A.

Belarusian State University of Informatics and Radio electronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. The article examines the psychological factors influencing decision-making in extreme conditions. It emphasizes that emotions, cognitive distortions, and group dynamics can significantly distort the perception of situations and affect the choice of response strategies. Examples from various categories of emergency situations are provided, such as natural disasters, industrial accidents, social crises, and personal losses. The study includes an analysis of a survey among students aimed at identifying their opinions on the role of psychology in crisis situations. The results highlight the importance of developing stress resilience skills and teamwork for effective responses in crisis conditions.

Keywords: decision-making, extreme conditions, cognitive distortions, group dynamics, emergencies, stress resilience, teamwork.

УДК 004.774:331.101.1-057.16

КОРПОРАТИВНЫЙ ПОРТАЛ ДЛЯ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Самусевич А.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Николаев А.Ю. – ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Цель проекта – разработка корпоративного портала для автоматизации внутренних процессов предприятия, улучшения коммуникации между сотрудниками и оптимизации управления рабочими задачами. Разработанный портал включает модули для взаимодействия сотрудников, хранения и обмена документацией, управления расписанием и внутренними уведомлениями. Особое внимание уделено эргономическому обеспечению интерфейса для повышения удобства и эффективности работы пользователей.

Ключевые слова: корпоративный портал, веб-приложение, автоматизация, оптимизация, коммуникация, продуктивность, эргономика, управляемость, освояемость.

Введение. В современном мире цифровизация рабочих процессов становится неотъемлемой частью успешного функционирования предприятий. Компании стремятся к улучшению внутренней коммуникации, повышению продуктивности сотрудников и упрощению доступа к корпоративной информации. Для этого необходимы современные веб-решения, обеспечивающие удобство и эффективность взаимодействия внутри организации.

Корпоративный портал представляет собой эффективное цифровое решение, которое оптимизирует рабочие процессы, улучшает внутреннюю коммуникацию и упрощает доступ сотрудников к необходимой информации. Его внедрение позволяет предприятиям повышать продуктивность, обеспечивать удобное управление задачами и документооборотом, а также создавать комфортную рабочую среду.

Основная часть. Для разработки корпоративного портала используются современные технологии веб-разработки, обеспечивающие надежность, производительность и удобство использования. Веб-приложения требуют высокой интерактивности, адаптивности к различным устройствам и эффективности в обработке данных. Именно поэтому для реализации клиентской части был выбран React. React – это библиотека для языка программирования JavaScript с открытым исходным кодом для разработки пользовательских интерфейсов. Она помогает быстро и легко реализовать реактивность – явление, когда в ответ на изменение одного элемента меняется все остальное [1].

Серверная часть построена на Node.js с использованием Express.js. Node.js – это серверная среда выполнения JavaScript, которая выполняет код JavaScript. По умолчанию Node.js использует диспетчер пакетов npm, чтобы упростить использование и совместное использование Node.js библиотек исходного кода. Диспетчер пакетов npm упрощает установку, обновление и удаление библиотек. В свою очередь Express – это платформа веб-приложений сервера, которая Node.js используется для создания веб-приложений [2].

Для хранения информации о пользователях, задачах и документах применяется MySQL. MySQL – это реляционная система управления базами данных (СУБД), которая распространяется как свободное программное обеспечение. Является одной из наиболее популярных, так как отличается гибкостью, легкостью, удобством в использовании. Слово «реляционный» означает, что базы представлены в виде связанной информации и описываются как набор связей. MySQL работает с языком запросов SQL, который традиционно используется в базах данных [3].

Корпоративный портал обладает широким функционалом, направленным на оптимизацию рабочих процессов, улучшение внутренней коммуникации и удобное управление задачами. Он предоставляет сотрудникам доступ к важной информации, инструментам взаимодействия и возможностям организации рабочего процесса. Для наглядного представления возможностей системы разработана диаграмма вариантов использования, которая представлена на рисунке 1.

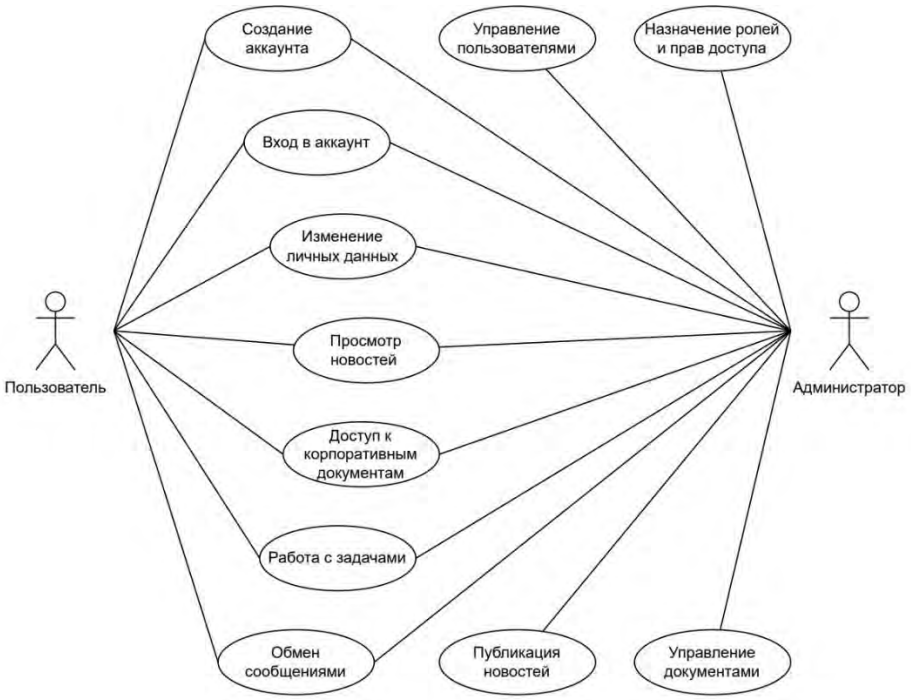


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Помимо технической реализации и функциональности, корпоративный портал должен обладать высокой эргономичностью, обеспечивая удобство работы сотрудников, минимизируя нагрузку и повышая эффективность взаимодействия с системой. Эргономические требования играют важную роль в разработке, поскольку учитывают возможности и особенности человека при работе с информационными системами. Они направлены на создание интуитивно понятного интерфейса, удобной навигации и комфортных условий для пользователей.

Эргономические требования – это требования к системе в целом, ее отдельным подсистемам, оборудованию, рабочей среде, определяемые свойствами человека и устанавливаемые для обеспечения его эффективной и безопасной деятельности. Они формируются на основании экспериментальных исследований, опыта эксплуатации и требований эргономических стандартов. Множество таких требований содержится в научной, учебной и справочной литературе по инженерной психологии и эргономике, а также в эргономических стандартах.

Эргономичность – это целостная интегративная характеристика, которая вырастает из ряда эргономических свойств, а также групповых и единичных эргономических показателей. Эргономические показатели каждого предыдущего уровня являются основой формирования эргономических характеристик последующего уровня [4].

Непосредственное значение эргономичности формируют эргономические свойства: управляемость, обслуживаемость, освояемость и обитаемость. В рамках данной разработки будут рассмотрены свойства управляемость и освояемость.

Управляемость определяет соответствие распределения функций между человеком (группой людей) и машиной оптимальной структуре их взаимодействия при достижении поставленных целей, которые обеспечивают ведущую роль человека.

Освояемость определяет заложенные в машине и эксплуатационной документации возможности для быстрейшего ее освоения на основе приобретения пользователями необходимых знаний для решения задач управления и обслуживания.

Каждый эргономический показатель включает различные аспекты проявления базовых характеристик человека, что влияет на формирование соответствующих эргономических требований: психологические, психофизиологические, физиологические и социально-психологические [4].

Сбалансированное сочетание психологических, психофизиологических, физиологических, и социально-психологических требований делает корпоративный портал не только функциональным, но и комфортным инструментом для организации рабочих процессов. Реализация этих принципов повышает продуктивность сотрудников, улучшает внутреннюю коммуникацию и способствует созданию благоприятной цифровой среды внутри предприятия.

Заключение. Создание корпоративного портала способствует улучшению внутренней коммуникации, повышению эффективности сотрудников и упрощению организационных процессов. Он обеспечивает удобный доступ к необходимым данным, инструментам и рабочим ресурсам, а также создает единую цифровую среду для сотрудников компании. Внедрение данного портала позволяет предприятиям оптимизировать рабочие процессы, повысить уровень взаимодействия между сотрудниками и обеспечить удобную организацию рабочих задач, что делает его важным элементом современной корпоративной инфраструктуры.

Список литературы

1. React – JS библиотека компонентов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://blog.skillfactory.ru/glossary/react/. Дата доступа: 25.03.2025.

2. Создание приложения Node.js и Express [Электронный ресурс]. Режим доступа https://learn.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/javascript/tutorial-nodejs/. Дата доступа: 25.03.2025.

3. MySQL: база данных и ее возможности [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://blog.skillfactory.ru/glossary/mysql/. Дата доступа: 25.03.2025.

4. Шупейко, И.Г. Эргономическое проектирование систем «человек – компьютер – среда». Курсовое проектирование/ И.Г. Шупейко. Минск: БГУИР, 2012.

UDC 004.774:331.101.1-057.16

CORPORATE PORTAL FOR ENTERPRISE EMPLOYEES AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Samusevich A.G.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Nikolaev A.Y. – assistant of the Department of EPE

Annotation. The goal of this project is to develop a corporate portal for automating internal enterprise processes, improving employee communication, and optimizing task management. The developed portal includes modules for employee interaction, document storage and exchange, schedule management, and internal notifications. Special attention is given to the ergonomic support of the interface to enhance user convenience and work efficiency.

Keywords: corporate portal, web application, automation, optimization, communication, productivity, ergonomics, manageability, learnability.

УДК 004.42:368.1

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРАХОВЫХ КОМПАНИЙ И МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Каменчук Е.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной работе решается задача автоматизации взаимодействия страховых компаний и медицинских учреждений с помощью веб-приложения, использующего современные технологии. Разрабатываемая система обеспечивает удобный интерфейс, быструю обработку данных и интеграцию с существующими сервисами.

Ключевые слова: автоматизация, взаимодействие, страховые компании, медицинские учреждения, веб-приложение, право доступа, контрактное управление, медикаменты.

Введение. Современные страховые компании и медицинские учреждения взаимодействуют через бумажные документы, электронную почту и различные закрытые системы. Такой обмен информации часто требует ручной обработки, что увеличивает вероятность ошибок, снижает скорость обработки заявок и усложняет контроль за процессами. Основные проблемы существующих процессов связаны с медленной обработкой запросов, высокой вероятностью ошибок, отсутствием единого стандарта и недостаточной прозрачностью. Ручная работа с документами увеличивает время обработки страховых случаев, дублирование данных и человеческий фактор приводят к некорректным расчетам, разнородные системы мешают эффективному обмену информацией, а страховые компании и медицинские учреждения не всегда могут оперативно отслеживать статус запросов [1].

Основная часть. Разработка веб-приложения для автоматизации процессов требует выбора надежного технологического стека. В качестве *backend* используется *Spring Boot (Java)* и *PostgreSQL*, а *frontend* реализуется на *Angular* 16 *(TypeScript)*. Инфраструктура базируется на *Kubernetes* и *Docker*, а для обеспечения безопасности применяются *JWT*-аутентификация и *SSL/TLS*. Важными требованиями к функциональности и безопасности приложения являются гибкость настройки ролей и прав доступа, шифрование данных, журналирование всех изменений, обеспечение отказоустойчивости и масштабируемости.

Преимущества разрабатываемого веб-приложения включают высокую степень автоматизации, что снижает влияние человеческого фактора, удобный и интуитивно понятный интерфейс, прозрачность процессов для всех участников, быструю обработку заявок и гибкость в настройке под различные страховые компании. Система обеспечивает интеграцию с медицинскими учреждениями и страховыми компаниями, возможность отслеживания статусов и автоматическую генерацию отчетности. Разрабатываемая система будет содержать следующие подсистемы: «Администратор – ПК – среда», для авторизованного пользователя выделены системы, такие как «Авторизованный пользователь-*abbr* – ПК – среда», «Авторизованный пользователь-*category* – ПК – среда», «Авторизованный пользователь-*user-management* – ПК – среда». Они соответствуют доступам пользователя, который может иметь несколько доступов одновременно, тогда его функционал составляет сумму доступных для этого доступа функций. Структурная схема представлена на рисунке 1.

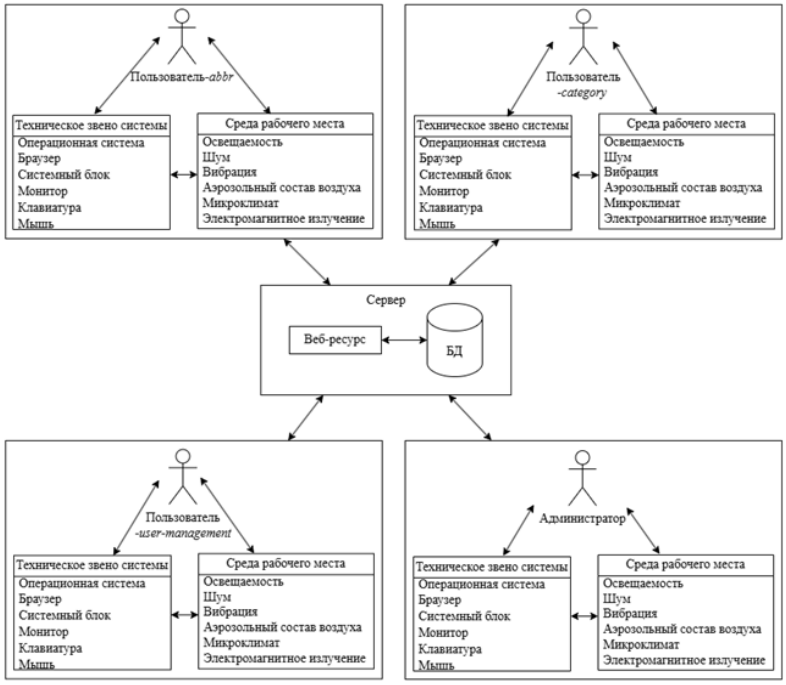


Рисунок 1 – Структурная схема

Заключение. Представленные архитектурные решения позволяют легко масштабировать систему, *API* на основе *REST* для взаимодействия между модулями и внешними системами [2]. Удобство и доступность интерфейса обеспечиваются благодаря интуитивно понятной навигации, мобильной адаптации и возможности выбора между темной и светлой темами. Разработка веб-приложения для автоматизации взаимодействия страховых компаний и медицинских учреждений значительно повысит эффективность обработки данных, сократит время рассмотрения страховых случаев и снизит риски ошибок. Использование современных технологий обеспечит безопасность и масштабируемость решения.

Список литературы

1. Новости и аналитика по IT в здравоохранении. [Электронный ресурс] // Healthcare IT news. Режим доступа: https://www.healthcareitnews.com/. Дата доступа: 27.02.2025.

2. Официальный сайт Spring Boot [Электронный ресурс] // Spring Boot. Режим доступа: https://spring.io/projects/spring-boot. Дата доступа: 27.02.2025.

UDC 004.42:368.1

WEB APPLICATION FOR AUTOMATING THE INTERACTION BETWEEN INSURANCE COMPANIES AND MEDICAL INSTITUTIONS

Kamenchuk E.D.

Belarusian State University of Informatics and Radio electronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. This work addresses the automation of interactions between insurance companies and medical institutions through a web application utilizing modern technologies. The developed system provides a user-friendly interface, fast data processing, and integration with existing services.

Keywords: Automation, interaction, insurance companies, healthcare institutions, web application, access rights, contract management, medications.

УДК 004.42:628.976

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

Колесник М.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Клюев А.П. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В работе рассматриваются актуальность и функции Программного комплекса контроля и оценки производственного освещения на рабочих местах. Данное приложение представляет собой лабораторную работу, с помощью которой можно изучить, применить изученный материал на практике и получить оценку степени усвоения информации и приобретенным навыкам.

Ключевые слова: производственное освещение, программный комплекс, лабораторная работа, контроль и оценка производственного освещения.

Введение. Основное назначение освещения производственного типа – обеспечение оптимального количества света в помещениях, где протекают производственные процессы для надежной и безопасной работы персонала [1].

Достаточное количество света при правильной его организации позволяет создавать комфортную рабочую среду, которая оказывает положительное влияние на производительность и качество работы [1].

Используя освещение возможно минимизировать нагрузку на органы зрения, улучшить концентрацию работающего [1].

Целью работы является разработка программного комплекса контроля и оценки производственного освещения на рабочих местах, представляющего собой лабораторную работу, предоставляющую студентам возможность изучить теорию, проверить знания и применить их на практике, оценить результаты выполнения теоретических и практических работ.

Основная часть. Для разработки веб-приложения выбран язык Java – мультифункциональный объектно-ориентированный язык со строгой типизацией. Она не привязан ни к одной из популярных платформ. С одинаковым успехом его можно использовать на Windows или IOS, Linux или Android [2].

Применена система сборки Maven. Этот фреймворк разрабатывался для автоматизации сборки и управления проектами на языке Java. Он позволяет стандартизировать процесс сборки, управлять зависимостями, вести документацию и многое другое, что делает его основой для многих современных программных проектов [3].

Система управления базами данных PostgreSQL не просто реляционная, а объектно-реляционная СУБД. Это даёт ему некоторые преимущества над другими SQL базами данных с открытым исходным кодом, такими как MySQL, MariaDB и Firebird. Фундаментальная характеристика объектно-реляционной базы данных – это поддержка пользовательских объектов и их поведения, включая типы данных, функции, операции, домены и индексы [4].

Основные функции программного средства по оценке производственного освещения на рабочих местах: ограничение доступа студента к функциям, которые должен выполнять преподаватель; инструктирование студента; регистрация студента; предоставление теоретического материала; предъявление тестовых заданий; эмуляция производственного помещения; оценка освещения по данным, введенным с физического прибора; анализ ответов студента; сохранение результатов выполнения заданий в базу данных с фиксированием даты выполнения; генерация отчета на основе результатов выполнения работы студентами; редактирование теоретического материала; редактирование тестовых

заданий; предъявление преподавателю результатов студентов; авторизация преподавателя; регистрация преподавателя; обработка заявок на регистрацию других преподавателей.

На рисунке 1 представлена диаграмма использования программного комплекса контроля и оценки производственного освещения на рабочих местах.

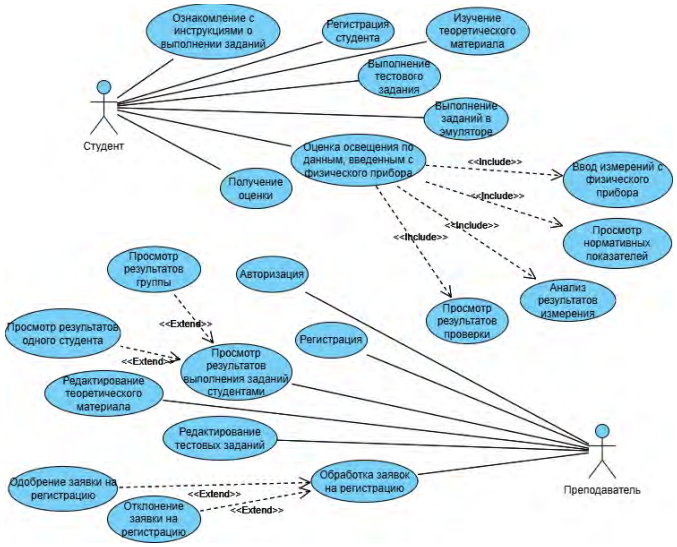


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Заключение. Программный комплекс контроля и оценки производственного освещения на рабочих местах предоставит студентам возможность самостоятельно закрепить и проверить теоретические знания, а также применить изученный материал на практике и проверить обретенные навыки контроля и оценки производственного освещения, а также умения корректировать производственное освещение, приводя показатели в норму.

Список литературы

1. *Производственное освещение: что такое, какие бывают виды [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://laboratoria.by/stati/proizvodstvennoye-osveshcheniye-chto-takoye-vidy. Дата доступа: 10.03.2025.*

2. *Java [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://blog.skillfactory.ru/glossary/java/. Дата доступа: 10.03.2025.*

3. *Maven — что такое [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://skyeng.ru/magazine/wiki/it-industriya/chto-takoe-maven/. Дата доступа: 10.03.2025.*

4. *Чем PostgreSQL лучше других SQL баз данных с открытым исходным кодом [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/282764/. Дата доступа: 10.03.2025.*

UDC 004.42:628.976

PROGRAMME COMPLEX FOR MONITORING AND EVALUATION OF INDUSTRIAL LIGHTING AT WORKPLACES

Kolesnik M.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kluev A.P. – Senior lecturer at the Department of EPE

Annotation. The paper discusses the relevance and functions of the Software Complex for monitoring and evaluation of industrial lighting at workplaces. This application is a laboratory work with the help of which it is possible to study, apply the learnt material in practice and get an assessment of the degree of assimilation of information and acquired skills.

Keywords: industrial lighting, software package, laboratory work, control and evaluation of industrial lighting.

УДК 004.9:728

ИНТЕРАКТИВНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ 3D-ПРЕЗЕНТАЦИИ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Филиппов К.Е.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Борисик М.М. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В работе представлено интерактивное 3D-приложение, предназначенное для визуализации жилого комплекса. Оно позволяет пользователям свободно исследовать территорию, просматривать инфраструктуру, изучать планировки квартир и настраивать параметры отображения. Благодаря интерактивным возможностям приложение делает процесс выбора недвижимости более наглядным и информативным.

Ключевые слова: интерактивное приложение, Unreal Engine 5, жилой комплекс.

Введение. Современные технологии визуализации активно применяются для представления объектов недвижимости, находящихся на стадии проектирования и строительства. Однако статические изображения, рендеры и даже видеоролики не позволяют потенциальным покупателям полноценно получить информацию о жилом комплексе и его инфраструктуре. В этом случае интерактивные приложения становятся эффективным инструментом, обеспечивающим максимальную наглядность.

Целью разработки является интерактивное десктоп приложение, которое позволяет пользователям самостоятельно исследовать жилой комплекс, перемещаться по территории просматривать планировки квартир. Это делает процесс выбора недвижимости более информативным и удобным, сокращая разрыв между ожиданиями покупателей и реальными характеристиками объекта.

Основная часть. В качестве движка приложения был выбран Unreal Engine 5.4, для логики – Blueprint, пакет 3D моделирования – Autodesk 3ds Max. Далее приведено пояснение, почему был выбран именно такой набор технологий.

Unreal Engine 5 – это движок для создания приложений, один из двух наиболее популярных в мире. Движком называется программная среда, на основе которой конструируются и создаются приложения [1]. В проекте будет использоваться новая технология освещения Lumen, которая обеспечивает динамическое глобальное освещение и высокую детализацию светотеневых переходов.

Blueprint – система визуального программирования, встроенная в Unreal Engine 5, на основе нодов с данными: событиями и функциями [2]. Начиная с 5 версии движка, технология была значительно ускорена и оптимизирована, что делает ее особенно актуальным инструментом для создания интерактивных приложений.

Autodesk 3ds Max – профессиональное программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и визуализации при создании игр и проектировании [3]. Это один из наиболее популярных инструментов для 3D-моделирования в архитектурной сфере. Его основное преимущество – высокая совместимость с другими программами для проектирования, такими как Revit и SketchUp.

В системе реализованы следующие пользовательские функции:

– перемещение камеры;
– вращение камеры;
– отдаление камеры;
– изменение времени суток;
– получение информации о застройщике;

– получение информации о жилом комплексе;
– просмотр галереи;
– приближение к выбранному участку;
– просмотр объектов инфраструктуры (детские сады, школы, парковки);
– просмотр жилых домов;
– просмотр планировок квартир жилого дома;
– фильтрация квартир по параметрам пользователя;
– просмотр типовой расстановки мебели;
– просмотр генерального плана жилого комплекса;
– изменение отображения декоративных объектов внешней среды (машины, птицы);
– отображение экрана заставки после 5 минут неактивности пользователя.

Для того чтобы показать взаимодействие пользователя с системой была разработана диаграмма вариантов использования, представленная на рисунке 1.

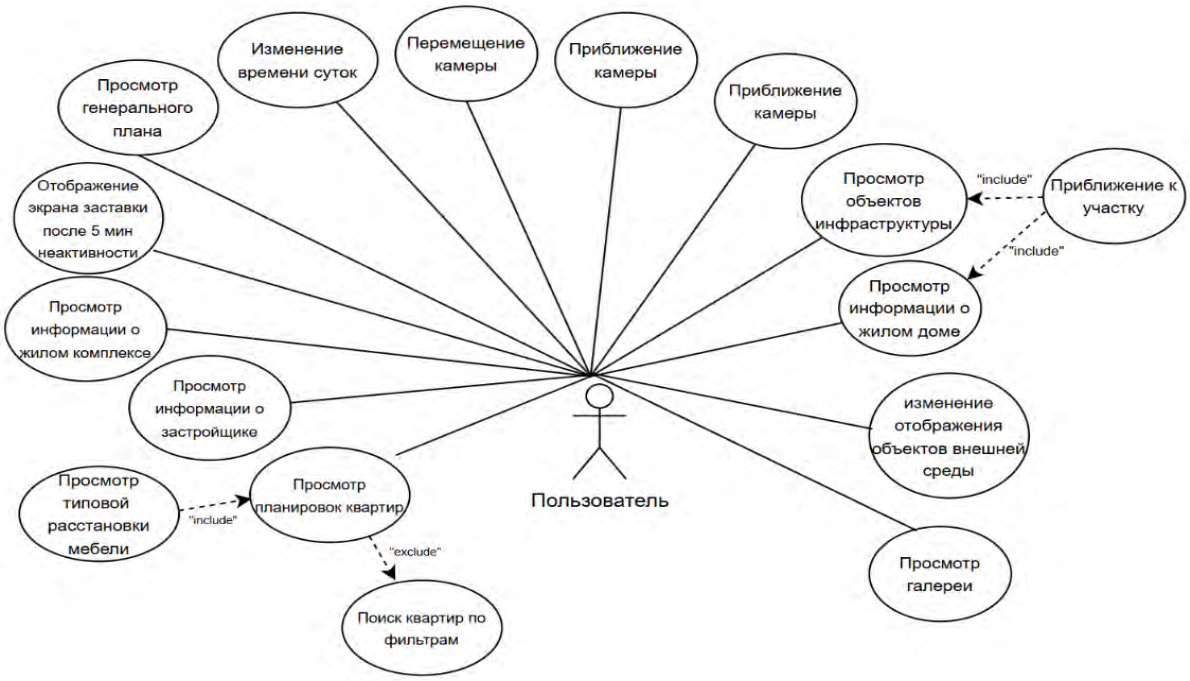


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Одним из ключевых аспектов разработки стало эргономическое проектирование интерфейса. Приложение обладает интуитивно понятным управлением, что делает его доступным для пользователей с разным уровнем компьютерной грамотности. Все элементы интерфейса снабжены понятными подписями, кнопки имеют логичное расположение, а взаимодействие с системой осуществляется по принципу минимального количества действий для достижения цели. Это обеспечивает удобство работы и повышает скорость освоения функционала.

На рисунке 2 представлен интерфейс приложения.

Рисунок 2 – интерфейс приложения

Заключение. В результате работы было разработано интерактивное 3D-приложение, которое позволяет пользователям ознакомиться с жилым комплексом, его инфраструктурой и планировками жилых домов. Благодаря эргономическому обеспечению приложение имеет интуитивно понятный интерфейс и удобную навигацию. Unreal Engine 5обеспечил высокую визуальную привлекательность за счёт фотореалистичной графики, а технология Lumen позволила добиться качественного освещения и оптимизированной производительности

Список литературы

1. *Unreal Engine [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://blog.skillfactory.ru/glossary/unreal-engine/. Дата доступа: 03.02.2025*

2. *Что такое блюпринты – и как они работают в Unreal Engine [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://skillbox.ru/media/gamedev/chto-takoe-blyuprinty-i-kak-oni-rabotayut-v-unreal-engine/. Дата доступа: 02.02.2025*

3. *Autodesk 3ds Max [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Autodesk _3ds_Max/. Дата доступа: 03.02.2025*

UDC 004.9:728

INTERACTIVE APPLICATION FOR 3D PRESENTATION OF THE RESIDENTAL COMPLEX AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Filippov K.E.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borisik M.M. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This paper presents an interactive 3D application designed to visualize a residential complex. It allows users to freely explore the territory, view the infrastructure, study apartment layouts and customize display parameters. Thanks to its interactive features, the application makes the process of real estate selection more visual and informative.

Keywords: interactive application, Unreal Engine 5, residential complex.

УДК 004.4:004.6:378.187

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СРЕДА ДЛЯ ЖИЛЬЦОВ И СОТРУДНИКОВ ОБЩЕЖИТИЙ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Готовко В.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Хлудеев И.И. – к. б. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Данная работа посвящена разработке интегрированной информационной системы для управления студенческими общежитиями. Цель проекта – создание веб-приложения, которое агрегирует информацию о проживании, мероприятиях, финансовых обязательствах и дисциплинарных взысканиях, обеспечивая удобный доступ для студентов и сотрудников. Система разработана с использованием современных технологий: Vue.js для фронтенда, Node.js для бэкенда и MySQL для хранения данных. Приложение оптимизирует рабочие процессы сотрудников, упрощает взаимодействие с жильцами и повышает прозрачность управления. Особое внимание уделено защите персональных данных и обеспечению надежности системы. Проект представляет практическую ценность для учебных заведений, стремящихся к цифровизации процессов управления общежитиями.

Ключевые слова: общежитие, программное средство, веб-приложение, информация, интегрированная среда.

Введение. На начало 2023 учебного года в Беларуси в 120 общежитиях при учебных заведениях проживало около 80 тысяч студентов [1]. Поскольку качество жилищных условий в общежития постоянно растет, этот вид жилья все чаще является выбором для студентов. Общежития предлагают большое количество развлекательных и образовательных мероприятий. Насыщенность различными событиями имеет и свои недостатки: порой просто трудно уследить за всем сразу, информацию приходится собирать по кусочкам из разных источников, при этом переживая пропустить что-либо важное или что-то упустить.

В данной статье автором предложено решение проблемы, представляющее собой программное средство, агрегирующее в себе информацию, связанную с общежитием, из различных источников.

Основная часть. При разработке интегрированной среды, необходимо учитывать, что программное средство должно решить следующие задачи:

– агрегирование различной информации, касающейся общежития, в одном месте;

– предоставление возможности жильцам общежития своевременно получать актуальные данные;

– оптимизация рабочего процесса сотрудников общежитий.

Веб-приложение состоит из 3-ех программных модулей: презентационной части, работа с которой осуществляется с помощью веб-браузера, базисной части, отвечающей за корректный обмен данными между презентационной частью и базой данных и самой базой данных, отвечающей за хранение, индексирование и поиск данных.

Презентационная часть разрабатывается на языке программирования *JavaScript* на платформе *Vue.js*. Платформа *Vue.js* обладает высокой производительностью, значительно ускоряет процесс разработки, поддерживает реактивность, поддерживает интеграцию с большим количеством библиотек.

Базисная часть программного средства разрабатывается на языке программирования *TypeScript* на платформе *Node.js* [2]. *TypeScript* представляет собой язык программирования, основанный на JavaScript, призванный решить некоторые недостатки оригинала.

Базисная часть программного средства использует базу данных *MySQL* для хранения и управления данными. *MySQL* является одной из самых популярных реляционных систем управления базами данных (СУБД), которая обеспечивает высокую производительность, надежность и масштабируемость.

Сообщение между презентационной и базисной частями приложения построено на клиент-серверной архитектуре и осуществляется с помощью *HTTP*-запросов. Взаимодействие между базисной частью программного средства и базой данных будет осуществляться с помощью библиотеки Sequelize [3]. Пример реализации клиент-серверной архитектуры приведен на рисунке 1.

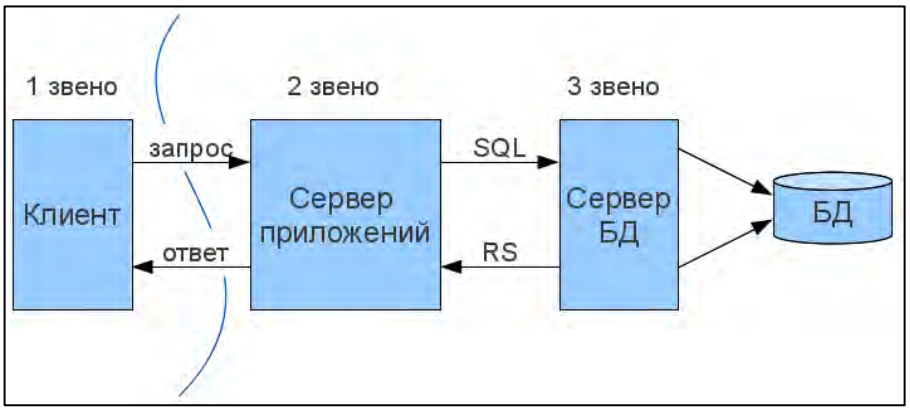


Рисунок 1 – Клиент-серверная архитектура веб-приложения

В рамках интегрированной информационной среды предусмотрено существование трех основных ролей: администратор, сотрудник, жилец. Так же для роли жильца возможно наличие дополнительных ролей, таких как глава или участник добровольной дружины (ДД), председатель или участник студенческого совета (студсовета), а также члены жилищно-бытовой комиссии (ЖБК). Роль администратора присваивается одновременно с ролью сотрудника заведующему общежития. Роль сотрудника присваивается всем воспитателям общежития. Роль жильца присваивается всем студентам, проживающим в общежитии. Кроме того, администратор ответственен за назначение ролей главы ДД и председателя студсовета. В свою очередь роли членов ДД и участников студсовета выдаются главами соответствующих отделов, роль участника ЖБК также выдается председателем студсовета.

Роли и доступный им функционал представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Описание ролей и соответствующего функционала

Роль	**Функции**
Жилец	1. Просмотр информации и запись на мероприятие; 2. просмотр оценок за состояние своего блока; 3. просмотр дисциплинарных взысканий; 4. просмотр статуса оплаты.
Сотрудник	1. Создание мероприятий; 2. начисление часов общественно полезного труда жильцам; 3. выставление оценок за состояние блока; 4. выставление отметок об оплате.
Администратор	1. Регистрация новых учетных записей; 2. возможность удаления или изменения существующих записей в базе данных.
Член ДД	Создание дисциплинарных взысканий для жильцов общежития.
Участник студсовета	Создание мероприятий.
Член ЖБК	Выставление оценок за состояние блоков жильцов общежития.

Разрабатываемое программное средство так же включает в себя нефункциональные требования:

– обеспечение стабильной и бесперебойной работы приложения;

– возможность расширения функциональности и адаптации программного обеспечения под растущие нагрузки;

– реализация средств для проверки подлинности пользователей и управления их правами доступа;

– простой и удобный для восприятия интерфейс.

Таким образом, разрабатываемое программное средство для организации информационной среды общежития направлено на создание удобного и эффективного инструмента взаимодействия между сотрудниками и жильцами. Реализация данного решения отвечает современным стандартам разработки программного обеспечения, обеспечивая стабильность, безопасность и масштабируемость системы для будущего развития.

Заключение. Разработана интегрированная информационная среда для жильцов и сотрудников общежитий учебных заведений. Реализованное программное средство повысит уровень комфорта проживания в общежитии студентов, а также сократит затраты временных ресурсов для сотрудников общежитий. Приложение построено на архитектуре клиент-сервер. Презентационная часть приложения выполнена на языке программирования *JavaScript* на платформе *Vue.js.* Базисная часть приложения выполнена на языке программирования *TypeScript* на платформе *Node.js.* Сообщение между презентационной и базисной частями осуществляется с использованием *HTTP*-запросов. В приложении реализованы механизмы аутентификации и авторизации пользователей.

Список литературы

1. В Беларуси около 80 тыс. студентов проживают в 120 общежитиях [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://belta.by/society/view/v-belarusi-okolo-80-tys-studentov-prozhivajut-v-120-obschezhitijah-597525-2023/. Дата доступа: 12.03.2025.

2. About Node.js [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://nodejs.org/en/about. Дата доступа: 17.03.2025.

3. Sequelize Getting Started [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://sequelize.org/docs/v6/getting-started/. Дата доступа: 12.04.2025.

UDC 004.4:004.6:378.187

INTEGRATED INFORMATION ENVIRONMENT FOR RESIDENTS AND STAFF OF UNIVERSITY DORMITORIES

Gotovko V.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Khludeev I.I. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. This work focuses on the development of an integrated information system designed to manage student dormitories. The project aims to create a web application that consolidates information on accommodation, events, financial obligations, and disciplinary actions, providing convenient access for both students and staff. The system is built using modern technologies: Vue.js for the frontend, Node.js for the backend, and MySQL for data storage. The application streamlines staff workflows, simplifies communication with residents, and enhances transparency in management. Special attention is given to personal data protection and system reliability. The project offers practical value for educational institutions seeking to digitize dormitory management processes.

Keywords: dormitory, software tool, web application, information, integrated environment.

УДК 004.418

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ БРОНИРОВАНИЯ КЛИЕНТСКОГО ВРЕМЕНИ СТУДИИ ЗВУКОЗАПИСИ

Прохоренко А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Цявловская Н.В. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Статья посвящена вопросам создания и продвижения веб-приложения для оптимизации управления процессом бронирования клиентского времени студии звукозаписи. На основе проведенного анализа существующих аналогов веб-приложений выделены основные составляющие, нуждающиеся в оптимизации. Предложены возможные рекомендации по его продвижению.

Ключевые слова: веб-приложение, студия звукозаписи, бронирование, оптимизация.

Введение. В условиях цифровизации различных сфер деятельности возрастает необходимость автоматизации процессов управления, включая бронирование клиентского времени в студиях звукозаписи. Традиционные методы планирования, основанные на телефонных звонках и ручном ведении расписаний, оказываются недостаточно эффективными, что может приводить к ошибкам, пересечению заявок и снижению качества обслуживания клиентов.

Использование веб-приложений для оптимизации процесса бронирования позволяет повысить уровень автоматизации, минимизировать влияние человеческого фактора и обеспечить удобный доступ к расписанию студии в режиме реального времени. Такие решения способствуют повышению прозрачности управления ресурсами, улучшению пользовательского опыта и увеличению общей операционной эффективности студии звукозаписи.

Основная часть. Одной из основных проблем бронирования является пересечение заявок клиентского времени. Это означает, что оптимизированные веб-приложения пользуются большим спросом при выборе студии звукозаписи. Так же важным фактором является целевая аудитория и детальная сегментация посетителей (рисунок 1) [1].

Рисунок 1 – Круговая диаграмма сегментации посетителей целевой аудитории

Целевая аудитория студий звукозаписи может быть весьма разнообразной, охватывая как любителей, так и профессионалов. Рассмотрим сегментацию этой аудитории:

1 Музыканты и музыкальные группы (22% от общей аудитории, наиболее распространенный возраст 25–35 лет). В неё входят как сольные исполнители, так и музыкальные коллективы, которые нуждаются в профессиональной записи.

2 Ведущие подкастов (9% от общей аудитории, наиболее распространенный возраст 30–45 лет). Для ведущих подкастов важно чистое и четкое звучание, чтобы их голоса звучали профессионально, а фоновые шумы были минимизированы.

3 Корпоративные клиенты (12% от общей аудитории, наиболее распространенный возраст 35–50 лет). Компании, нуждающиеся в создании аудиоконтента для рекламных роликов, аудиогидов, презентаций и обучающих материалов, обычно требуют более сжатых сроков и высокого уровня обслуживания.

4 Кинематографисты и создатели видеоконтента (3% от общей аудитории, наиболее распространенный возраст 25–45 лет). Часто ищут студии, способные предложить не только запись, но и постпродакшн.

5 Геймеры и разработчики игр (11% от общей аудитории, наиболее распространенный возраст 18–30 лет). Разработчики игр могут обращаться в студии для создания оригинальных звуков или записи голосов для своих проектов.

6 Начинающие исполнители и любители (37% от общей аудитории, наиболее распространенный возраст 18–30 лет). Ищут доступные студии звукозаписи, которые могут предложить приемлемое качество за разумные деньги. Часто такие клиенты могут стать постоянными, если будут довольны результатами.

7 Вокальные тренеры и обучающие программы (6% от общей аудитории, наиболее распространенный возраст 25–35 лет). Некоторые вокальные педагоги и образовательные курсы нуждаются в студиях для записи учебных материалов или видеоуроков.

Эти сегменты отражают разнообразие запросов и потребностей, а также возраст целевой аудитории, с которыми сталкиваются студии звукозаписи.

Во избежание пересечения заявок на бронирование клиентского времени был проведен анализ разных способов осуществления бронирования. Наиболее простой алгоритм представлен на рисунке 2. Он позволяет минимизировать пересечение заявок, не перегружает систему, т.к. путь наиболее краткий и не требует больших усилий.

Организация собственной системы бронирования – дело трудоемкое и зачастую дорогое, которое требует привлечения квалифицированных специалистов и постоянной поддержки. Поэтому рассмотрим простой, недорогой и предельно гибкий способ открыть запись или бронирование услуг в сфере малого бизнеса.

Клиенты при помощи онлайн конструктора модулей бронирования задают индивидуальные параметры, соответствующие требованиям своего бизнеса, и получают код модуля. Вставляя код на свой сайт или страницу соцсетей, администраторы с помощью модуля принимают заявки от клиентов и оплату брони. Владельцы системы бронирования управляют всеми заявками и клиентами через личный кабинет сервиса [2].

Исходя из информации для разработки можем визуализировать блок-схему алгоритма работы пользователя при бронировании даты и времени на предоставление услуг студии звукозаписи (рисунок 2).

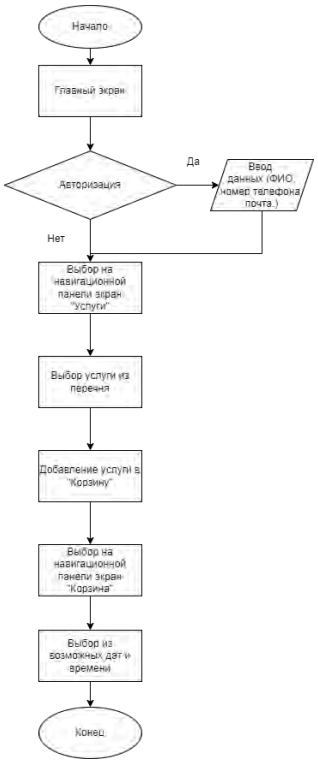


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма работы пользователя при бронировании даты и времени на предоставление услуг студии звукозаписи

Заключение. Создание онлайн-системы бронирования позволяет значительно упростить процесс записи клиентов, минимизировать ошибки, связанные с человеческим фактором, и повысить уровень автоматизации управления ресурсами. Гибкость и доступность таких решений делают их особенно привлекательными для малого бизнеса, обеспечивая удобство для клиентов и эффективность работы для владельцев. Таким образом, использование подобных систем способствует улучшению пользовательского опыта и повышению конкурентоспособности бизнеса.

Список литературы

1. *Целевая аудиторий студии звукозаписи [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://dzen.ru/a/ZvJjq_Oi909RFuze#kto_yavlyaetsya_celevoii_ayditorieii_stydiii_z. Дата доступа 16.02.2025.*

2. *Стартап-линч: модули для онлайн-бронирования [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.iidf.ru/media/articles/money/startap-linch-moduli-dlya-onlayn-bronirovaniya. Дата доступа 28.02.2025.*

UDC 004.418

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Prakharenka A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tsyavlovskaya N.V – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article is devoted to the issues of creating and promoting a web application to optimize the management of the process of booking client time in a recording studio. Based on the analysis of existing web application analogues, the main components that need optimization are identified. Possible recommendations for its promotion are offered.

Keywords: web application, recording studio, booking, optimization.

УДК 629.7.062

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ РУКОЙ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Кондратюк М.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Андриалович И.В. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматривается разработка программно-аппаратного комплекса для дистанционного управления механической рукой, включающего веб-приложение и аппаратную часть. Описываются принципы построения архитектуры, выбор технологического стека и особенности эргономического проектирования интерфейса. Основное внимание уделено удобству взаимодействия пользователя с системой, минимизации когнитивной нагрузки и обеспечению кроссплатформенности. Представлены прототип интерфейса управления и модель манипулятора, созданная с использованием 3D-печати. Разработка направлена на повышение доступности и удобства эксплуатации роботизированных манипуляторов в различных сферах, включая промышленность, медицину и автоматизированное производство.

Ключевые слова: сервопривод, микроконтроллер, гибкий датчик, протез, 3d принтер, Arduino Uno, Java, PostgreSQL, Spring.

Введение. Разработка программно-аппаратных комплексов для дистанционного управления механическими руками является актуальной задачей в современных условиях развития робототехники и автоматизации. Область применения и перспективы современной робототехники исключительно широки: роботы уже применяются в быту, в сфере обслуживания людей, в медицине, в сельском хозяйстве и многих других видах работ [1].

Дистанционное управление механическими манипуляторами позволяет выполнять сложные операции в опасных или труднодоступных условиях, минимизируя риски для операторов. Кроме того, современные требования к эргономике и удобству работы пользователей диктуют необходимость разработки интуитивно понятных интерфейсов и надежных архитектурных решений.

Основная часть. В данной статье будут рассмотрены два модуля: веб-приложение для дистанционного управления и механическая рука.

Разработка веб-приложения, которое будет удовлетворять законам UX, является передовой задачей. Одним из барьеров в повсеместном использовании разного рода роботизированных манипуляторов и т.п. является сложность изучения и использования интерфейсов взаимодействия. Кроме того, зачастую такие интерфейсы строго привязаны к определенному оборудованию, что создает дополнительные неудобства в эксплуатации.

Вопрос повышения эффективности функционирования системы неразрывно связан с ее эргономическим проектированием. Именно эргономическое проектирование обеспечивает удобство и комфортные условия для эффективной деятельности пользователей и, соответственно, эффективное функционирование всей системы в целом. А это, в свою очередь, будет положительно влиять на сохранение здоровья и развитие личности пользователей системы [2].

Кроме того, важным аспектом является адаптивность интерфейса, позволяющая учитывать различные уровни подготовки пользователей, их предпочтения и контекст использования системы. Интуитивно понятные элементы управления, визуальные подсказки и минимизация когнитивной нагрузки способствуют более быстрому освоению интерфейса и сокращению времени на выполнение задач.

Учитывая эти требования разработаны следующие прототипы. Главный экран изображен на рисунке 1.

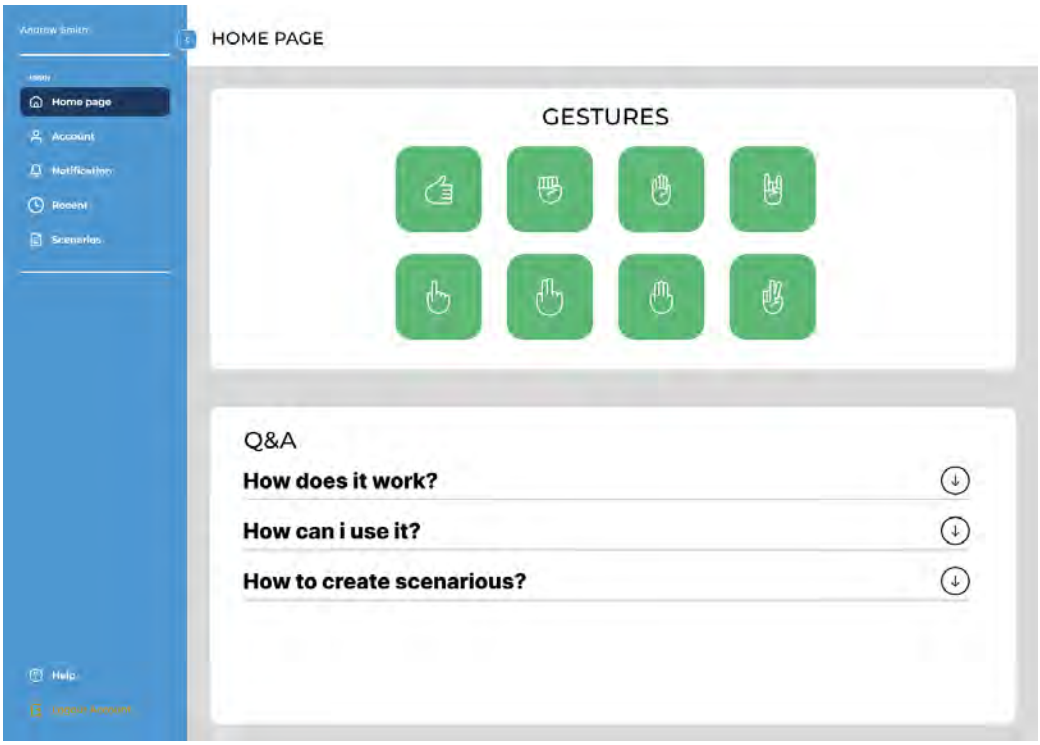


Рисунок 1 – Главный экран

Архитектура веб-приложения включает несколько ключевых компонентов: серверную часть, реализуемую на основе Spring Boot, клиентскую часть, разрабатываемую на HTML, CSS, Bootstrap, Thymeleaf, и базу данных на PostgreSQL для хранения данных о пользователях и логирования событий в системе.

Аппаратная же часть будет разрабатываться на языке Arduino, и для передачи команд с серверной части будет использовать Http протокол.

Макет манипулятора разработан в программном обеспечении SolidWorks и распечатан на 3D-принтере. На рисунке 2 изображен прототип.

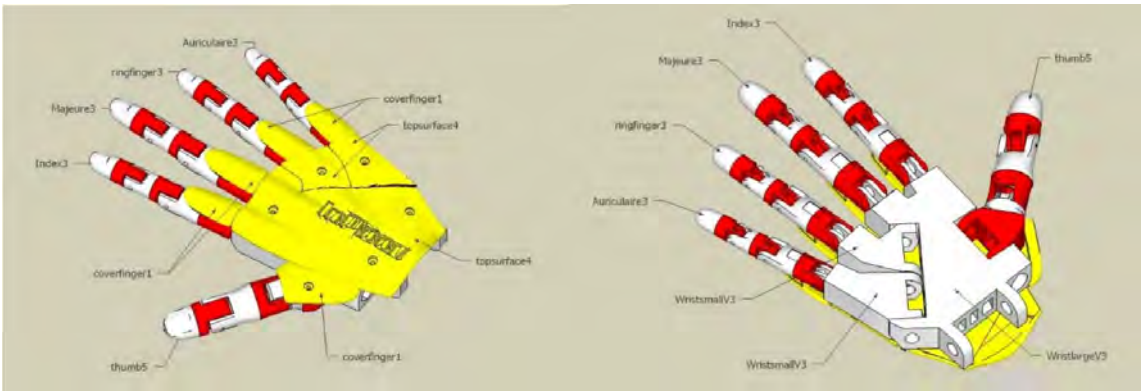


Рисунок 2 – Модель руки

В качестве контроллера/сервера используется Arduino UNO. Большое количество библиотек и компонентов позволяют применять платформу Arduino для широкого спектра задач. Именно эти преимущества платформы позволят запустить локальный сервер, что позволит удаленно управлять механической рукой.

Для движения суставов будет использоваться сервопривод MG946R. К приводам подсоединяется леска, которая проводится через специально спроектированные каналы.

Заключение. Данный проект имеет высокую актуальность, так как упрощение использования разного рода манипуляторов, позволяет сделать эту технологию более распространенной. Кроме того, упрощения интерфейса с сохранением функциональности, позволит сократить ошибки, вызванные человеческим фактором.

Не стоит упускать из внимание, то, что использования роботов в сферах с повышенной опасностью, позволит сохранить большее число жизней, а также оптимизировать производство.

Список литературы

1. *Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Компоненты робототехники и сенсорика» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019robototehnika-i-sensorika.pdf. Дата доступа: 12.03.2025.*

2. *Разработка UX/UI-дизайна мобильного приложения [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://appcraft.pro/blog/razrabotka-uxui-dizajna-mobilnogo-prilozheniya/. Дата доступа: 12.03.2025.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

HARDWARE-SOFTWARE SYSTEM FOR REMOTE CONTROL OF A MECHANICAL ARM AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Kondratsiuk M.M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Andrialovich I.V. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This article discusses the development of a hardware-software system for remote control of a mechanical arm, including a web application and hardware components. It describes the principles of system architecture, choice of technology stack, and features of ergonomic interface design. The main focus is on user interaction convenience, cognitive load minimization, and cross-platform compatibility. A control interface prototype and a manipulator model created using 3D printing are presented. The development aims to improve the accessibility and usability of robotic manipulators in various fields, including industry, medicine, and automated production.

Keywords: microprocessor technology, microcontroller, electrostatic discharge.

УДК 004.42:351.811.122

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ АВТОШКОЛ К ЭКЗАМЕНУ В ГАИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Дедов К.К.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Борисик М.М. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В работе представлено веб-приложение, разработанное для подготовки студентов автошкол к экзамену в ГАИ. Основное внимание уделено эргономике и удобству использования приложения, что позволяет пользователям получать доступ к учебным материалам и тестам с любого устройства, включая смартфоны и планшеты. Приложение обеспечивает интуитивно понятный интерфейс, адаптивный дизайн и широкий функционал для эффективной подготовки к экзаменам.

Ключевые слова: веб-приложение, подготовка к экзамену ГАИ, эргономика, адаптивный дизайн, TypeScript, Node.js, MongoDB.

Введение. Подготовка к экзамену в ГАИ является важным этапом для студентов автошкол, однако существующие решения зачастую ограничены в функциональности и доступности. Многие из них представляют собой десктопные приложения, что ограничивает доступ к учебным материалам и тестам только с одного устройства. Это создает неудобства для пользователей, которые хотят продолжать обучение на разных устройствах, включая смартфоны и планшеты. Разработанное веб-приложение решает эту проблему, предоставляя доступ к учебным материалам и тестам с любого устройства благодаря адаптивному дизайну.

Приложение должно улучшить качество подготовки студентов за счет предоставления интерактивных и удобных инструментов для изучения правил дорожного движения, автоматизировать процесс тестирования, чтобы позволить студентам самостоятельно оценивать свои знания и отслеживать прогресс. А также должно повысить удобство взаимодействия с учебными материалами за счет интуитивно понятного интерфейса и адаптивного дизайна.

Основная часть. Разработанное веб-приложение построено на современных технологиях, таких как TypeScript, HTML, CSS, React.js для клиентской части, и Node.js, Express, MongoDB для серверной части. Использование этих технологий обеспечивает высокую производительность, масштабируемость и удобство разработки.

Node.js – программная платформа, основанная на движке V8 (компилирующем JavaScript в машинный код), превращающая JavaScript из узкоспециализированного языка в язык общего назначения. Node.js добавляет возможность JavaScript взаимодействовать с устройствами ввода-вывода через свой API, написанный на C++, подключать другие внешние библиотеки, написанные на разных языках, обеспечивая вызовы к ним из JavaScript-кода [1].

Клиентская часть приложения разработана с использованием JavaScript, HTML и CSS, что обеспечивает кросс-браузерную совместимость и адаптивность интерфейса. Для серверной части выбрана платформа Node.js с фреймворком Express, что позволяет эффективно обрабатывать запросы и обеспечивать высокую производительность. В качестве базы данных используется MongoDB, которая обеспечивает гибкость хранения данных и легкость масштабирования [2].

Приложение предоставляет широкий спектр функций, направленных на эффективную подготовку студентов к экзамену в ГАИ:

– тестирование по темам и главам ПДД. Пользователи могут проходить тесты, сгруппированные по темам, что позволяет им сосредоточиться на конкретных разделах правил дорожного движения;

– изучение теоретических материалов. Теоретические материалы разбиты по главам ПДД и включают текстовые и графические элементы, такие как схемы и изображения дорожных знаков;

– сдача зачетов и пробных экзаменов. Приложение позволяет сдавать зачеты, соответствующие требованиям автошкол, а также пробные экзамены, имитирующие реальные условия экзамена в ГАИ;

– создание пользовательских тестов. Пользователи могут создавать собственные тесты, выбирая вопросы из базы данных или добавляя новые. Это особенно полезно для преподавателей, которые могут создавать тесты для своих студентов;

– просмотр и тестирование маршрутов. Пользователи могут изучать маршруты, используемые на практическом экзамене в ГАИ, и проходить тесты на знание этих маршрутов;

– интерактивные схемы перекрестков. Приложение предоставляет интерактивные схемы перекрестков, на которых пользователи могут изучать различные дорожные ситуации и правила их проезда.

Особое внимание при разработке приложения уделено эргономике и пользовательскому опыту. Интерфейс приложения разработан с учетом принципов, предложенных в работе Якоба Нильсена «10 эвристик юзабилити» [3]. В частности, принципа минимализма: интерфейс не перегружен лишними элементами, что позволяет пользователям быстро находить нужные функции, а также принципа адаптивности: приложение корректно отображается на устройствах с разными размерами экранов, включая смартфоны и планшеты [4].

Заключение. В результате разработки было создано веб-приложение, которое значительно улучшает качество подготовки студентов автошкол к экзамену в ГАИ. Благодаря адаптивному дизайну и интуитивно понятному интерфейсу, приложение обеспечивает удобный доступ к учебным материалам и тестам с любого устройства. Это позволяет студентам более эффективно готовиться к экзаменам и повышает их шансы на успешную сдачу.

Список литературы

1. *Node.js Documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://nodejs.org/en/docs/. Дата доступа: 01.02.2025.*

2. *MongoDB Documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mongodb.com/docs/. Дата доступа: 02.02.2025.*

3. *Ergonomics and UX Design Principles [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/. Дата доступа: 03.02.2025.*

4. *JavaScript Best Practices [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Guide. Дата доступа: 04.02.2025.*

UDC 004.42:351.811.122

WEB APPLICATION FOR PREPARING DRIVING SCHOOL STUDENTS FOR THE TRAFFIC POLICE EXAM AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Dedov K.K.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borisik M.M. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This paper presents a web application designed to prepare driving school students for the traffic police exam. The main focus is on the ergonomics and usability of the application, which allows users to access learning materials and tests from any device, including smartphones and tablets. The application provides an intuitive interface, adaptive design, and a wide range of features for effective exam preparation.

Keywords: web application, traffic police exam preparation, ergonomics, adaptive design, TypeScript, Node.js, MongoDB.

УДК 004.418

ДЕСКТОПНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ПЛАНИРОВЩИК РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ»

Ладутько Я. Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Медведев О. С. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка десктопного приложения «Планировщик распределения сетевого оборудования в производственных помещениях», предназначенного для автоматизации проектирования и размещения оборудования в промышленных объектах. Внимание уделено новому подходу к проектированию, который сочетает 3D-визуализацию, автоматическую оценку стоимости оборудования и учет характеристик устройств, таких как радиус действия и зоны покрытия. Для реализации приложения используются технологии Unreal Engine 5 для визуализации, C++ для разработки логики и MySQL для хранения данных. Приложение разрабатывается по индивидуальному заказу компании-заказчика, что позволяет учесть специфику ее производственных процессов.

Ключевые слова: проектирование помещений, сетевое оборудование, 3D-визуализация, автоматизация, Unreal Engine 5, C++, MySQL.

Введение. В условиях развития концепций «умных» производств (Industry 4.0) и интернета вещей (IoT) предприятия сталкиваются с необходимостью оптимизации процессов проектирования и размещения оборудования в производственных помещениях. Традиционные методы проектирования, основанные на ручном расчете и размещении оборудования, требуют значительных временных затрат и часто приводят к ошибкам. Это особенно актуально для крупных производственных объектов, таких как заводы и цеха, где требуется учитывать множество факторов: от зон покрытия сетевого оборудования до размещения систем безопасности и контроля.

Исходя из проблематики существует необходимость разработки приложения с инновационным подходом к автоматизации проектирования, что позволит сократить время на выполнение задач, минимизировать ошибки и повысить точность расчетов. Приложение будет разрабатывается по индивидуальному заказу компании-заказчика, что позволит учесть специфику ее производственных процессов и потребности. Это делает его уникальным решением, адаптированным под конкретные задачи заказчика [1, 2].

Основная часть. Разрабатываемое приложение представляет собой инструмент для проектирования и визуализации размещения сетевого оборудования, камер, датчиков и других элементов в производственных помещениях. Исходя из поставленных задач основные функции приложения включают:

1 Создание и редактирование планов помещений: Пользователь может создавать планы помещений с нуля или загружать существующие. В редакторе доступны инструменты для моделирования схем стен, дверей, окон и других элементов помещения.

2 Размещение оборудования: Пользователь может перетаскивать устройства из библиотеки с каталогом оборудования на план помещения. Приложение учитывает параметры устройств, такие как радиус действия и зоны покрытия, что позволяет размещать оборудование с максимальной зоной покрытия.

3 3D-визуализация: Приложение поддерживает возможность просмотра плана помещения в трехмерном виде. Это позволяет пользователю лучше оценить композицию размещения оборудования, особенно в сложных или многоуровневых помещениях.

4 Автоматическая оценка стоимости: Приложение автоматически рассчитывает стоимость используемого оборудования на основе данных из библиотеки. Это помогает пользователю заранее спланировать бюджет и минимизировать затраты.

5 Хранение данных: Все данные о планах помещений и оборудовании хранятся в базе данных MySQL. Это обеспечивает удобство работы с большими объемами данных.

6 Для реализации приложения используются современные технологии:

7 Unreal Engine 5: используется для создания высококачественной 3D-визуализации. Это позволяет пользователю интерактивно взаимодействовать с планом помещения и оценивать результаты проектирования.

8 C++: используется для разработки логики приложения. Это обеспечивает высокую производительность и надежность работы приложения.

9 MySQL: используется для хранения данных о планах помещений и оборудовании. Это обеспечивает удобство работы с большими объемами данных [3].

Заключение. Разработанное приложение представляет собой инновационное решение для автоматизации проектирования производственных помещений. Оно позволяет сократить время на выполнение задач, минимизировать ошибки и повысить точность расчетов. Использование современных технологий, таких как Unreal Engine 5 и C++.

В дальнейшем возможно расширение функционала приложения, включая интеграцию с IoT-устройствами и поддержку более сложных сценариев проектирования. Например, можно добавить возможность автоматического расчета оптимального размещения оборудования с использованием алгоритмов оптимизации. Это позволит повысить эффективность проектирования и снизить затраты на реализацию проектов.

Таким образом, разработанное приложение является важным шагом в направлении автоматизации проектирования производственных помещений и может быть успешно использовано в различных отраслях промышленности.

Список литературы

1. *International Business Machines (IBM). How Industry 4.0 technologies are changing manufacturing. [Electronic resource]. Available at: https://www.ibm.com/think/topics/industry-4-0. Date of Access: 12 March 2025.*

2. *Emily Himes (2024) IoT in Manufacturing: Applications and Upcoming Trends [Electronic resource]. Available at: https://www.ptc.com/en/blogs/iiot/iot-in-manufacturing-applications-and-trends. Date of Access: 12.03.2025.*

3. *Lindskog, E. A Framework for Systematic use of Realistic Visualization to Support Layout Planning of Production Systems. (2018) Chalmers University of Technology. [Electronic resource] Available at: https://research.chalmers.se/publication/500608/file/500608_Fulltext.pdf Date of Access: 14.03.2025.*

UDC 004.418

DESKTOP APPLICATION «NETWORK EQUIPMENT DISTRIBUTION SCHEDULER FOR PRODUCTION FACILITIES»

Ladutko Y. D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Medvedev O.S. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This article discusses the development of a desktop application “Network Equipment Distribution Planner for Industrial Facilities”, designed to automate the design and placement of equipment in industrial facilities. The focus is on a new design approach that combines 3D visualization, automatic equipment cost estimation, and consideration of device characteristics such as range and coverage areas. The application is implemented using Unreal Engine 5 for visualization, C++ for logic development and MySQL for data storage. The application is customized for the client company, which allows to take into account the specifics of its production processes.

Keywords: room design, network equipment, 3D-visualization, automation, Unreal Engine 5, C++, MySQL.

УДК 004.42:351.765

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОИСКОМ И ПОДБОРОМ ПРИЮТОВ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Машков В.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Цявловская Н.В. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматривается разработка веб-приложения, предназначенного для поиска и подбора приютов для животных с учетом удобства взаимодействия пользователя. Анализируются основные технологии, используемые для реализации системы, а также аспекты эргономического проектирования интерфейса. Разработанное приложение позволяет автоматизировать процесс поиска приютов, предоставляя пользователям удобные инструменты фильтрации, сортировки и взаимодействия с приютами.

Ключевые слова: веб-приложение, поиск приютов, UI/UX, эргономика, адаптивный дизайн, JavaScript, MySQL, Node.js.

Введение. Проблема поиска приютов для животных остается актуальной для волонтеров, потенциальных владельцев и благотворительных организаций. Существующие решения часто не обладают удобным интерфейсом или не обеспечивают достаточный уровень функциональности. В данной работе разрабатывается веб-приложение, ориентированное на улучшение эргономики взаимодействия пользователей с системой поиска и подбора приютов.

Основная часть. Разработка веб-приложения для управления поиском и подбором приютов для животных осуществляется на основе современных технологий и инструментов, обеспечивающих высокую производительность, удобство использования и эргономику пользовательского взаимодействия. Приложение функционирует в среде операционной системы Windows 10, а его реализация выполнена с использованием языков программирования JavaScript, HTML и CSS. Серверная часть построена на программной платформе Node.js, а для хранения данных применяется реляционная база данных MySQL. В качестве среды разработки используется Visual Studio Code, что позволяет эффективно организовывать процесс написания, тестирования и отладки кода [1].

Разрабатываемая система включает два типа пользователей: обычных пользователей и администраторов. Обычные пользователи имеют возможность проходить процесс регистрации и авторизации, а затем осуществлять поиск и фильтрацию приютов. Система предоставляет удобный интерфейс для работы с карточками приютов, в которых содержится подробная информация об организации, включая контактные данные, адрес, описание условий содержания животных и перечень доступных питомцев. Кроме того, пользователь может ознакомиться с карточками животных, в которых представлены их фотографии, возраст, порода, состояние здоровья и возможность взять их под опеку.

Администраторская часть приложения включает расширенный функционал для управления данными о приютах и животных. Администраторы могут добавлять новые приюты в систему, редактировать их информацию или удалять неактуальные данные. Для управления данными о животных реализованы функции добавления, изменения и удаления карточек питомцев.

При разработке веб-приложения учитываются принципы эргономического проектирования, направленные на повышение удобства взаимодействия пользователей с системой. Интерфейс разрабатывается в соответствии с современными стандартами UI/UX-

дизайна, что делает процесс поиска приютов и просмотра информации интуитивно понятным [2]. Особое внимание уделяется адаптивному дизайну, обеспечивающему корректное отображение элементов на различных устройствах. Для повышения удобства работы пользователей с системой предусмотрены визуальные маркеры, позволяющие быстро ориентироваться в карточках приютов и животных.

Функциональность веб-приложения охватывает не только базовые возможности поиска и взаимодействия с приютами, но и дополнительные механизмы, направленные на повышение эффективности работы системы. В системе реализованы удобные инструменты для управления данными о приютах и животных, а также административные функции, позволяющие моделировать информацию, обрабатывать заявки и поддерживать актуальность базы данных. В результате была создана удобная и эффективная система, автоматизирующая процесс поиска приютов и обеспечивающая интуитивно понятное взаимодействие пользователей с интерфейсом [3].

Заключение. Разработанное веб-приложение предоставляет удобный инструмент для поиска и взаимодействия с приютами для животных. Использование современных технологий (JavaScript, Node.js, MySQL) и принципов эргономического проектирования позволило создать систему с удобным интерфейсом и широкими возможностями взаимодействия пользователей с системой.

Список литературы

1. Mindmatters [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mindmatters.de/. Дата доступа: 05.02.2025
2. Uprock. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.uprock.ru/. Дата доступа: 06.02.2025
3. Skyeng. [Электронный ресурс]. Режим доступаhttps://skyeng.ru/. Дата доступа: 06.02.2025

UDC 004.42:351.765

WEB APPLICATION FOR MANAGING THE SEARCH AND SELECTION OF ANIMAL SHELTERS AND ITS ERGONOMIC DESIGN

Mashkov V.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tsyavlovskaya N.V – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This article discusses the development of a web application designed for the search and selection of animal shelters with an emphasis on user interaction convenience. The main technologies used for the system implementation and the aspects of ergonomic interface design are analyzed. The developed application automates the process of searching for shelters, providing users with convenient tools for filtering, sorting, and interacting with shelters.

Keywords: web application, shelter search, UI/UX, ergonomics, responsive design, JavaScript, MySQL, Node.js.

УДК 004.5

АДАПТАЦИЯ МЕТОДИК ДИАГНОСТИКИ ВОСПРИЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

Курганович Н.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Карпович Е.Б. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы компьютерной диагностики, в частности, особенности адаптации психодиагностических методик для мобильных устройств. Анализируются технические и дизайнерские аспекты, включая выбор шрифтов, размер текста, межстрочные интервалы и контрастность интерфейса. Представлен пример адаптации методики исследования избирательности внимания на мобильной платформе с использованием принципов эргономичного дизайна, минимизирующего когнитивную нагрузку пользователя.

Ключевые слова: адаптация психодиагностических методик, восприятие информации, когнитивные исследования, мобильные интерфейсы, контрастность, удобочитаемость, эргономика.

Введение. Современные мобильные устройства играют ключевую роль в повседневной жизни, открывая новые возможности для исследований в области психологии восприятия информации. Мобильный формат позволяет проводить исследования в реальном времени, анализируя когнитивные и поведенческие реакции пользователей в естественных условиях их взаимодействия с цифровыми интерфейсами [1]. Эргономическое обеспечение разработки компьютерной версии психодиагностической методики предполагает процесс адаптации бланковой методики [2]. Перенос традиционных методик на мобильные устройства требует учета ряда факторов, включая особенности сенсорного управления, ограниченное экранное пространство и изменяющиеся внешние условия [3].

Адаптация исследовательских методик для мобильных платформ включает несколько ключевых аспектов. Во-первых, необходимо учитывать технические ограничения устройств, такие как размеры экрана, качество дисплея и сенсорный ввод. Во-вторых, важную роль играет дизайнерская оптимизация интерфейса, включающая выбор шрифтов, их размер, контрастность текста, межстрочные интервалы и расположение элементов [4]. В-третьих, следует принимать во внимание изменяющиеся условия окружающей среды, такие как уровень освещения и шумовые помехи, которые могут влиять на точность и скорость восприятия информации пользователем [5]. Корректная адаптация методик с учетом данных факторов способствует повышению достоверности и воспроизводимости результатов исследований.

Основная часть. С технической точки зрения, мобильные устройства обладают небольшими экранами, сенсорным управлением и используются в различных внешних условиях, включая вариативное освещение и уровень фонового шума. В связи с этим при разработке экспериментальных интерфейсов необходимо обеспечить корректное масштабирование элементов, гарантируя удобочитаемость и доступность информации. Например, в задачах, связанных с чтением текста, мелкий шрифт может затруднять восприятие, а недостаточный контраст между текстом и фоном снижать удобочитаемость [3].

Кроме того, регистрация пользовательских откликов в мобильных исследованиях требует точной настройки сенсорного взаимодействия. Сенсорный ввод варьируется в зависимости от типа экрана и чувствительности сенсора, что может повлиять на точность сбора данных. Например, в экспериментах, основанных на реакциях касания, необходимо

учитывать возможные задержки ввода, а также эргономику жестов, обеспечивая удобство выполнения заданий пользователем [1].

Оптимизация интерфейса требует учета ряда визуальных параметров. Во-первых, выбор шрифта должен основываться на принципах удобочитаемости и когнитивной психологии, поскольку правильно подобранный шрифт способствует быстрому и точному восприятию информации. Исследования показывают, что шрифты без засечек (такие как Arial, Roboto) демонстрируют лучшую читаемость на мобильных экранах по сравнению со шрифтами с засечками [6].

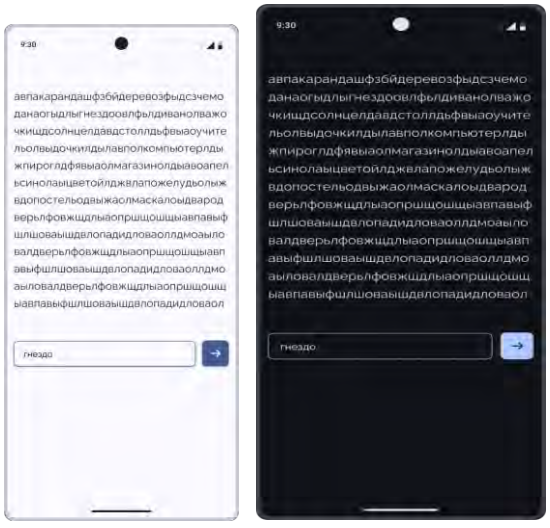
Во-вторых, размер шрифта должен обеспечивать комфортное чтение без чрезмерного напряжения зрения. Оптимальный размер шрифта для мобильных интерфейсов составляет 16–18 пикселей для основного текста и 20–24 пикселя для заголовков [4]. Межстрочный интервал и расстояние между символами также оказывают значительное влияние: избыточная плотность текста может затруднять его восприятие. Оптимальный межстрочный интервал составляет 1.5–2.0 от размера шрифта [5].

Кроме того, цветовая гамма и контрастность играют важную роль, особенно в условиях изменяющегося освещения, характерного для мобильного взаимодействия. Высокая контрастность между текстом и фоном повышает удобочитаемость, что критично при ярком внешнем освещении [3].

В рамках дипломного проекта разработана компьютерная версия методики исследования избирательности внимания на основе теста Мюнстерберга [7]. Для ее адаптации был создан мобильный интерфейс, соответствующий современным эргономическим требованиям. В качестве основного шрифта выбран Raleway, поскольку он обеспечивает высокую читаемость на экранах мобильных устройств. Размер основного текста составляет 20 пикселей, что соответствует рекомендациям по удобочитаемости.

Межстрочный интервал установлен в 12 пикселей, что способствует комфортному восприятию текста и предотвращает его визуальное слияние. Дополнительно были скорректированы интервалы между буквами, чтобы избежать чрезмерной плотности набора, что особенно важно при выполнении задания на поиск слов.

Цветовая схема интерфейса была подобрана с учетом принципов контрастности: темный текст (#1A1B20) на светлом фоне (#FAF9FF) (рис 1, а) обеспечивает высокую читаемость при различных условиях освещения. В темном режиме используется обратная цветовая схема – светлый текст (#E2E2E9) на темном фоне (#121318), что снижает нагрузку на зрение при работе в условиях недостаточной освещенности (рис. 1, б).



а) б)

Рисунок 1 – Прототипы экрана методики исследования избирательности внимания: а) светлая тема; б) темная тема

Дополнительно в дизайне предусмотрены акцентные цвета для выделения интерактивных элементов: синий (#455E91) для светлой темы и голубой (#AFC6FF) для темной – применяются для кнопки для ввода слова, способствуя быстрой ориентации пользователя в интерфейсе.

Разработанный дизайн не только соответствует эргономическим требованиям, но и обеспечивает интуитивное взаимодействие пользователя с методикой, минимизируя когнитивную нагрузку и повышая удобство работы с приложением.

Заключение. Адаптация психодиагностических методик для мобильных устройств требует комплексного подхода, включающего как технические, так и дизайнерские решения. Разработка методики по исследованию избирательности внимания демонстрирует важность учета таких факторов, как выбор шрифта, его размер, межстрочный интервал, цветовая гамма и расположение элементов интерфейса. Оптимальное сочетание данных параметров позволяет создать эффективную методику для оценки когнитивных процессов, способствуя развитию цифровой психологии и улучшению пользовательского опыта в мобильных приложениях.

Список литературы

1. *Эргономика мобильных приложений / Меженная М. М. [и др.]. Минск: БГУИР, 2017. 80 с.*
2. *Голубева Г. Ф., Тришин А. А. Эргономическое обеспечение разработки экспертных психодиагностических систем с использованием стандартизированных тестов // Эргодизайн. 2019. № 4. С. 203–213.*
3. *Харламова Л. Л. [и др.]. Пользовательский интерфейс с точки зрения эргономики // Наука через призму времени. 2023. № 12.*
4. *Найти плохой сайт очень легко, хороший — сложнее [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://knife.media/interfaces-usability/. Дата доступа: 15.03.2025.*
5. *Потапенко Н. И. [и др.]. Учёт психофизиологических особенностей пользователей при проектировании мобильных интерфейсов // Эргодизайн. 2023. № 3. С. 255–260.*
6. *О дизайне и эргономике интерфейсов мобильных приложений [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.imedia.by/news/o-dizane-i-ergonomike-interfesov-mobilnykh-prilozheni/. Дата доступа: 15.03.2025.*
7. *Мюнстерберг Г. Основы психотехники / Г. Мюнстерберг. М.: Archive publica, 2024. 148 с.*

UDC 004.5

ADAPTATION OF RESEARCH METHODS FOR THE PSYCHOLOGY OF INFORMATION PERCEPTION ON MOBILE DEVICES

Kurganovich M.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Karpovich E.B. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article discusses the features of adapting cognitive process research methods for mobile devices. Technical and design aspects are analyzed, including font selection, text size, line spacing, and interface contrast. Special attention is paid to the influence of the environment on the perception of information. As an example, the adaptation of the methodology for studying the selectivity of attention on a mobile platform is presented. The principles of ergonomic design that minimizes the cognitive load of the user are considered.

Keywords: adaptation of psychodiagnostic tests, information perception, cognitive research, mobile UI, contrast, readability, ergonomics.

УДК 004.774

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОИСКА ВАКАНСИЙ И ПОДБОРА ПЕРСОНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Войтович А. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Балтрукович П. И. – к. т. н, доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Данная статья посвящена разработке веб-приложения для автоматизированного поиска вакансий и подбора персонала с использованием нейросетевых алгоритмов и рекомендательных систем. Рассматриваются ключевые задачи, решаемые системой, ее преимущества по сравнению с существующими аналогами, а также используемые технологии и методы разработки.

Ключевые слова: веб-приложение, подбор персонала, нейросетевые алгоритмы, рекомендательные системы, эргономика интерфейса.

Введение. Современный рынок труда характеризуется высокой конкуренцией и огромным объемом информации, что затрудняет процесс поиска работы, с одной стороны и подбора персонала, с другой стороны. В последние годы активно развиваются нейросетевые алгоритмы и рекомендательные системы, позволяющие автоматизировать эти процессы и повысить их эффективность [1]. Однако остаются нерешенные проблемы, связанные с качеством рекомендаций, персонализацией и эргономикой пользовательского интерфейса [2].

В данной работе рассматривается разработка веб-приложения, использующего современные технологии искусственного интеллекта для оптимизации процесса трудоустройства. Основное внимание уделяется алгоритмам машинного обучения, способным учитывать различные аспекты взаимодействия кандидатов и работодателей, а также удобству интерфейса для конечного пользователя, что позволяет значительно повысить точность рекомендаций и сократить временные затраты на поиск подходящих вакансий и кандидатов. Современные подходы к разработке веб-приложений обеспечивают удобство взаимодействия пользователей с системой и повышают их вовлеченность.

Основная часть. Алгоритм разработки веб-приложения для автоматизированного подбора персонала включает в себя следующие основные этапы [3]:

– постановка целей и разработка технического задания на создание системы.
– планирование: проектирование архитектуры и структуры базы данных;
– разработка алгоритмов рекомендательной системы;
– создание дизайн-проекта интерфейса и его утверждение;
– верстка веб-приложения и интеграция backend-части;
– тестирование работы системы;
– развертывание, продвижение и поддержка.

На основе указанного алгоритма разработано веб-приложение для автоматизированного подбора персонала, использующее нейросетевые алгоритмы для анализа вакансий и резюме. При постановке целей и разработке технического задания основной задачей являлось создание удобной системы, позволяющей пользователям (как работодателям, так и соискателям) находить наиболее подходящие варианты трудоустройства с помощью алгоритмов рекомендательной системы.

Рекомендательная система основана на методах машинного обучения и обработки естественного языка (NLP). В системе реализованы два ключевых подхода: контентный и

коллаборативный [4]. Контентная фильтрация анализирует текстовые данные резюме и вакансий, выделяя ключевые навыки и сопоставляя их с требованиями работодателей. Коллаборативная фильтрация учитывает поведенческие данные пользователей (например, просмотры, отклики) и на основе схожести предпочтений делает персонализированные рекомендации [5]. Главный экран веб-приложения с вакансиями представляет собой удобный интерфейс для пользователей, позволяющий быстро просматривать актуальные предложения (рис. 1).

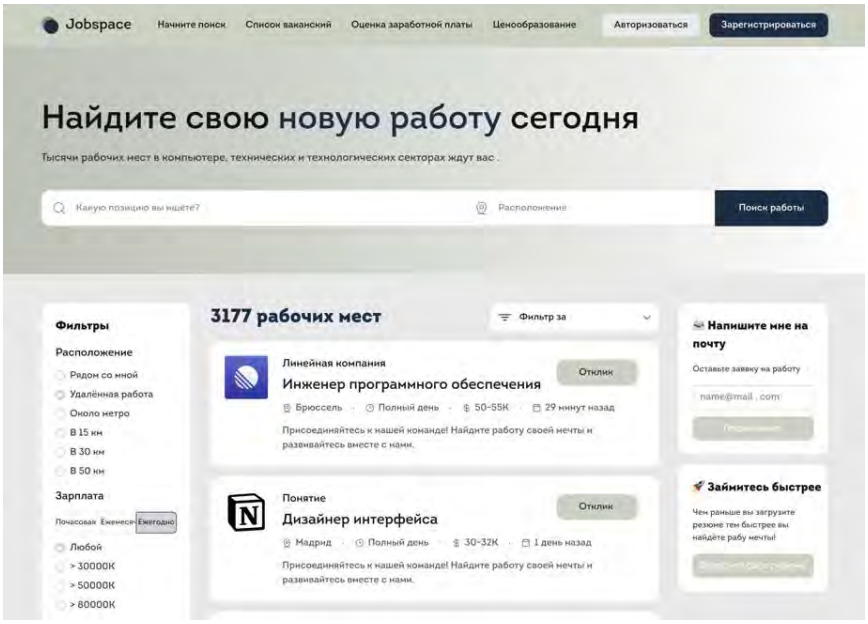


Рисунок 1 – Главный экран с вакансиями

Личный кабинет пользователя включает инструменты для управления резюме и откликами (рис. 2).

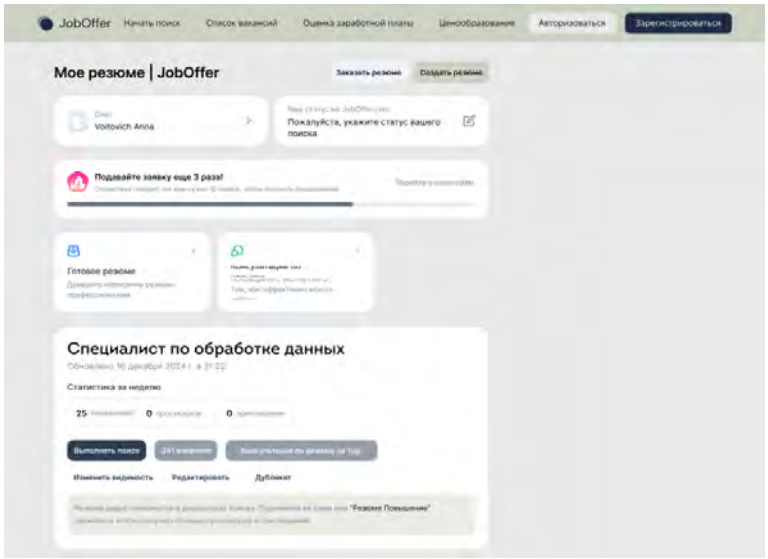


Рисунок 2 – Личный кабинет пользователя

Для достижения поставленной цели в веб-приложении реализованы функции анализа текстовых данных резюме и вакансий, выделения ключевых навыков, а также ранжирования кандидатов по степени соответствия требованиям работодателей. В основе

системы лежат современные методы обработки естественного языка (NLP) и машинного обучения. В системе использованы: Python (для backend-части и реализации моделей машинного обучения), PostgreSQL (для хранения данных), TensorFlow и Scikit-learn (для реализации алгоритмов машинного обучения), JavaScript, HTML и CSS (для frontend-разработки), React.js (для построения пользовательского интерфейса).

Дизайн веб-приложения разработан с учетом удобства взаимодействия пользователей, минимизации количества шагов для получения рекомендаций и представления информации в структурированном виде.

При верстке веб-приложения использовались HTML, CSS и JavaScript. Для стилизации интерфейса применялись технологии адаптивной верстки, обеспечивающие корректное отображение на различных устройствах, включая мобильные телефоны и планшеты. Оптимизация загрузки страниц была реализована за счет минимизации количества запросов к серверу и использования кэширования данных. Для безопасности пользователей применяется HTTPS-протокол.

На этапе тестирования проверялись корректность работы функционала, стабильность серверной части, а также удобство использования веб-приложения.

Заключение. В данной статье рассмотрены современные подходы к разработке веб-приложений для автоматизированного подбора персонала. Использование рекомендательных систем на основе искусственного интеллекта позволяет значительно повысить точность подбора и снизить временные затраты. Дальнейшие исследования будут направлены на создание адаптивных алгоритмов, учитывающих профессиональное развитие кандидатов, а также на решение вопросов этики и прозрачности работы рекомендательных систем.

Список литературы

1. Sandjai Bhulai. Job Recommender Systems: A Review [Электронный ресурс]. Режим доступа:https://arxiv.org/pdf/2111.13576. Дата доступа: 03.03.2025.

2. Tay, M. Using Recommender Systems to Improve Job Search with the JumpStart Platform [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://medium.com/dsaid-govtech/using-recommender-systems-to-improve-job-search-with-the-jumpstart-platform-cbfbb96913ca. Дата доступа: 03.03.2025.

3. A. Mashayekhi. Achallenge-based survey of e-recruitment recommendation systems [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/2209.05112. Дата доступа: 03.03.2025.

4. Nitin Mishra. Research Problems in Recommender systems systems [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1717/1/012002/pdf. Дата доступа: 03.03.2025.

5. Flordeliza P. Poncio. Navigating techniques in job recommender systems on internship profile matching: a systematic review [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/jrit-01-2024-0016/full/html. Дата доступа: 03.03.2025.

UDC 004.774

WEB APPLICATION FOR AUTOMATED JOB SEARCH AND RECRUITMENT USING NEURAL NETWORK ALGORITHMS AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Voitovich A. A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Baltrukovich P.I. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. This article is devoted to the development of a web application for automated job search and recruitment using neural network algorithms and recommender systems. The key tasks solved by the system, its advantages in comparison with existing analogues, as well as the technologies and development methods used, are considered.

Keywords: web application, recruitment, neural network algorithms, recommender systems, interface ergonomics.

УДК [004.774:004.382.7]+331.101.1

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ «ПОДБОР ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ МОДДИНГА, ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ АКСЕССУАРАМИ И ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ» И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Горельский Д.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Николаев А.Ю. – ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы разработки и эргономического обеспечения веб-приложения, предназначенного для подбора персонального компьютера с учетом моддинга, дополнительных аксессуаров и программного обеспечения. Проведен анализ существующих аналогов, выявлены ключевые аспекты удобства использования и предложены рекомендации по повышению эргономичности интерфейса.

Ключевые слова: веб-приложение, персональный компьютер, моддинг, аксессуары, программное обеспечение, конфигуратор персонального компьютера, эргономика.

Введение. С развитием технологий и увеличением спроса на кастомизированные решения в области персональных компьютеров появляется необходимость в удобных инструментах подбора комплектующих и аксессуаров. Традиционные способы выбора ПК, такие как консультации в магазинах или форумы, требуют значительных временных затрат и не всегда предоставляют объективные рекомендации.

Разработка специализированного веб-приложения позволяет автоматизировать процесс подбора комплектующих с учетом требований пользователя, предлагая оптимальные конфигурации и совместимые аксессуары. Эргономическое обеспечение такого приложения играет ключевую роль, так как удобный интерфейс и интуитивная навигация повышают удовлетворенность пользователей и снижают вероятность ошибок при выборе компонентов.

Основная часть. Веб-приложение «Подбор персонального компьютера» представляет собой удобный инструмент для выбора и конфигурирования ПК с учетом моддинга, дополнительных аксессуаров и программного обеспечения. Одной из ключевых особенностей является интерактивный конфигуратор, который позволяет пользователю последовательно выбирать комплектующие, а система автоматически проверяет их совместимость. Это исключает ошибки при сборке и гарантирует корректную работу устройства. Помимо выбора базовых компонентов, таких как процессор, видеокарта, материнская плата и оперативная память, пользователь может настроить внешний вид своего ПК, выбирая различные варианты корпусов, системы жидкостного охлаждения и RGB-подсветки.

Дополнительным преимуществом является возможность подбора аксессуаров, включая мониторы, клавиатуры, мыши и акустические системы, что позволяет сразу создать полноценное рабочее место. Также реализована функция выбора и установки программного обеспечения, включающая операционные системы, драйверы, утилиты и офисные приложения. Автоматический расчет стоимости помогает пользователю контролировать бюджет, отображая итоговую сумму в режиме реального времени.

Эргономическое обеспечение веб-приложения играет важную роль в его удобстве и доступности. Простая и интуитивная навигация позволяет пользователю легко ориентироваться в интерфейсе, а пошаговый процесс выбора компонентов снижает вероятность ошибок. Визуализация конфигурации дает возможность наглядно оценить будущий ПК, а адаптивный дизайн обеспечивает комфортное взаимодействие как на компьютерах, так и на мобильных устройствах. Важным элементом является система обратной связи, предупреждающая пользователя о несовместимости компонентов и предлагающая альтернативные варианты.

По сравнению с существующими аналогами, представленное веб-приложение обладает рядом преимуществ. В то время как большинство онлайн-конфигураторов сосредоточены исключительно на технических характеристиках комплектующих, данное решение предлагает комплексный подход, позволяя пользователю не только выбрать детали для сборки, но и настроить внешний вид системы, подобрать периферию и установить необходимое программное обеспечение. Это делает его уникальным среди конкурентов и более удобным для конечного пользователя.

Основные преимущества приложения включают удобство и простоту использования, визуализацию сборки, поддержку различных устройств и браузеров, а также возможность полной персонализации конфигурации. Все это делает процесс выбора компьютера интуитивным и доступным даже для пользователей, не обладающих глубокими техническими знаниями.

Так же важным фактором является простота и понятность интерфейса для подбора конфигурации персонального компьютера (рисунок 1) [1].

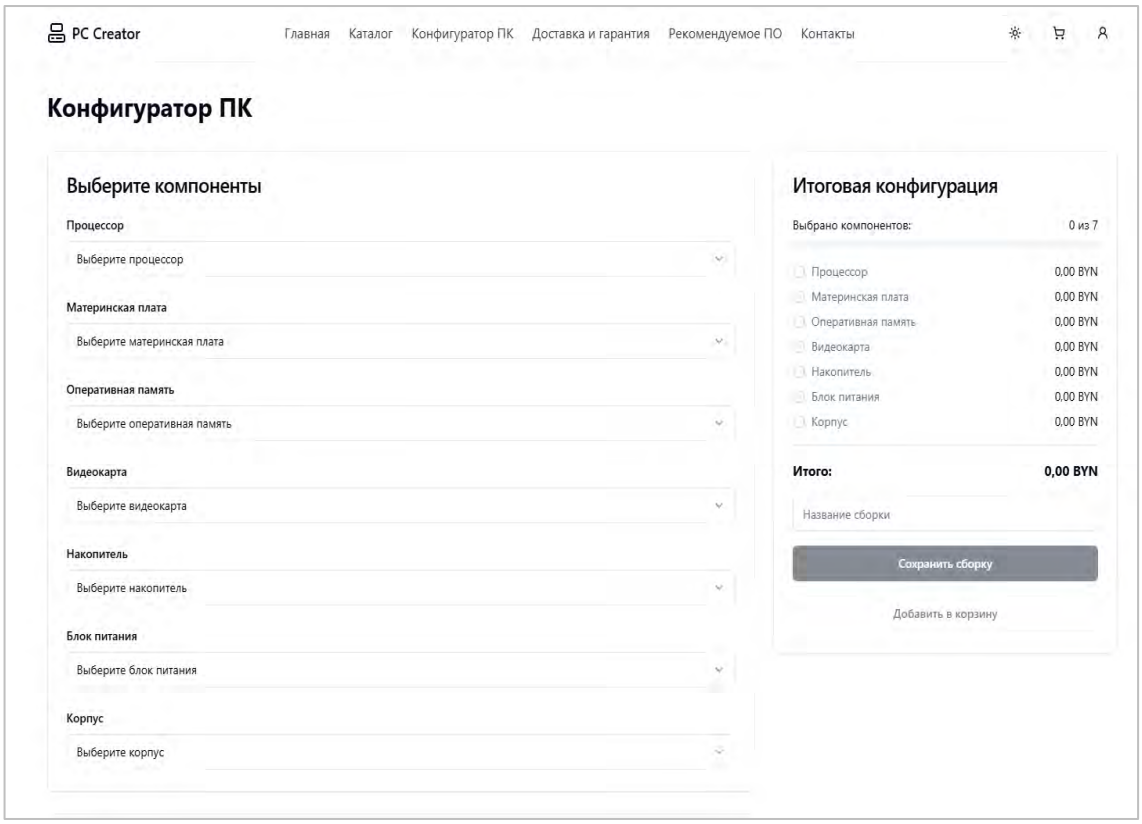


Рисунок 1 – Конфигуратор персонального компьютера

Дополнительной особенностью веб-приложения является гибкость его архитектуры, позволяющая легко расширять функционал и интегрировать новые технологии. Например, использование алгоритмов машинного обучения может повысить точность рекомендаций, анализируя предпочтения пользователя и предлагая наиболее подходящие конфигурации. Это особенно актуально для геймеров, профессионалов, работающих с графикой и видео, а также для пользователей, ищущих оптимальное соотношение цены и производительности.

Также важно отметить высокий уровень персонализации, который выходит за рамки стандартных решений. Помимо выбора конкретных моделей комплектующих, система позволяет подбирать стилистические элементы, такие как цветовая гамма корпуса, типы подсветки и дополнительные декоративные элементы. Это делает процесс конфигурирования не просто техническим, а творческим, позволяя пользователю создать уникальный ПК, соответствующий его стилю и предпочтениям.

Не менее значимым аспектом является интеграция с онлайн-магазинами и поставщиками комплектующих. Это позволяет пользователям не только собрать виртуальную конфигурацию, но и сразу узнать наличие компонентов, сравнить цены и оформить заказ. Такой подход экономит время и упрощает процесс покупки, исключая необходимость вручную искать комплектующие на разных платформах.

С точки зрения эргономики веб-приложение ориентировано на максимальное удобство взаимодействия. Минимизация количества шагов при выборе, продуманный интерфейс с четкими визуальными подсказками и логичная структура страниц обеспечивают комфортную навигацию. Критически важным элементом является информативность: пользователь получает не только базовую информацию о компонентах, но и детальные технические характеристики, отзывы, а также рекомендации по улучшению конфигурации.

Быстродействие приложения также играет ключевую роль. Оптимизированные алгоритмы обработки данных позволяют мгновенно обновлять информацию при изменении конфигурации, избегая задержек. Это особенно важно при работе с большим количеством вариантов комплектующих и модификаций, поскольку медленный отклик системы может негативно сказаться на пользовательском опыте. [2][3].

Исходя из информации для разработки можем визуализировать блок-схему алгоритма работы пользователя при процессе создания заказа из каталога (рисунок 2).

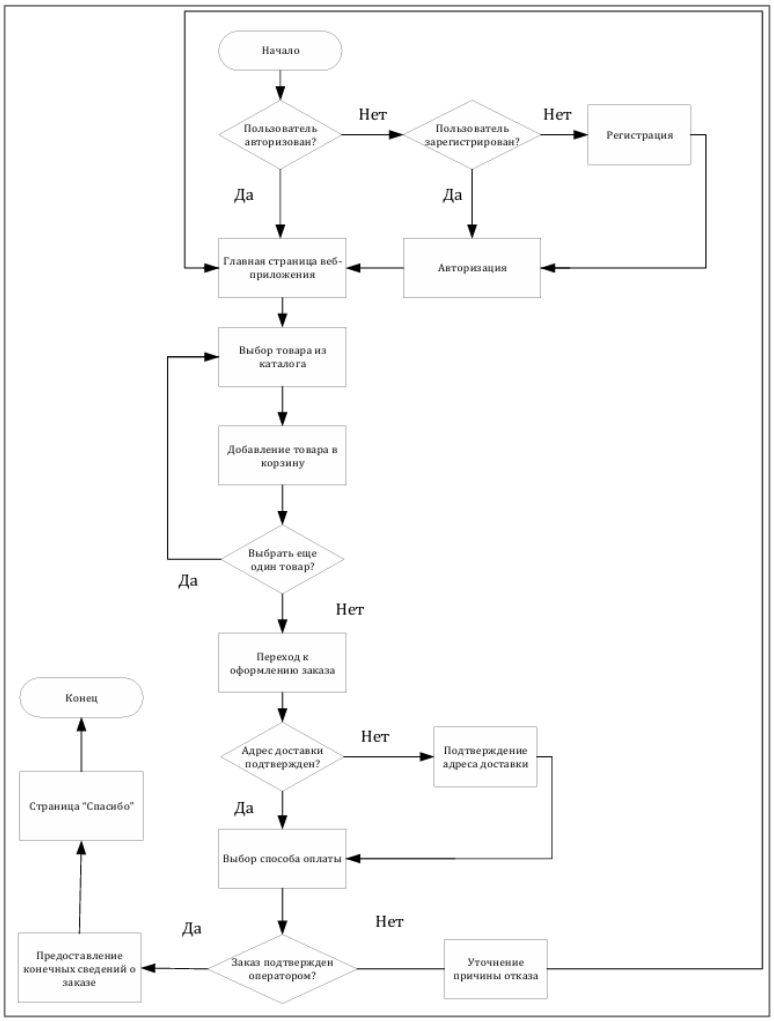


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма работы пользователя при оформлении заказа из каталога

Заключение. Создаваемое веб-приложение представляет собой современный инструмент для подбора персонального компьютера, позволяющий пользователю не только выбрать оптимальную конфигурацию комплектующих, но и изменять внешний вид системы, добавить аксессуары и установить необходимое программное обеспечение. Внедрение автоматизированных алгоритмов совместимости, визуализация сборки в реальном времени и интеграция с онлайн-магазинами делают процесс выбора удобным, быстрым и интуитивно понятным даже для пользователей без технических знаний.

Эргономическое обеспечение веб-приложения играет ключевую роль в его успешной работе. Простота интерфейса, адаптивность под различные устройства, интерактивные подсказки и продуманная навигация значительно повышают удобство использования. Благодаря минимизированному количеству действий при выборе компонентов и мгновенной обратной связи, пользователи могут быстро собирать и настраивать ПК, избегая ошибок и несовместимости деталей.

В отличие от большинства существующих решений, ориентированных только на базовый подбор комплектующих, данное веб-приложение предлагает комплексный подход, объединяя технический и эстетический аспекты конфигурации. Возможность выбора не только железа, но и дополнительных элементов моддинга, периферийных устройств и ПО делает сервис универсальным инструментом, удовлетворяющим потребности как начинающих пользователей, так и опытных энтузиастов компьютерных сборок.

Список литературы

1. *Habr.com [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/660845/. Дата доступа: 22.03.2025.*
2. *Habr.com [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/541860/. Дата доступа: 21.03.2025.*
3. *Habr.com [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/475390/. Дата доступа: 20.03.2025.*

UDC [004.774:004.382.7]+331.101.1

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Harelski D.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Nikolaev A.Y. – Assistant at the Department of EPE

Annotation. The article examines the development and ergonomic aspects of a web application designed for selecting a personal computer, considering modding, additional accessories, and software. An analysis of existing analogs has been conducted, key aspects of usability have been identified, and recommendations for improving the ergonomics of the interface have been proposed.

Keywords: web application, personal computer, modding, accessories, software, PC configurator, ergonomics.

УДК 004.774:636.7

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ВЛАДЕЛЬЦЕВ СОБАК

Панченко К.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Щербина Н.В. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматривается веб-приложение, предназначенное для популяризации осознанного и высокоответственного отношения к домашним животным, для укрепления сообщества владельцев собак, а также для предоставления информации и услуг, удовлетворяющих основные потребности содержания домашних питомцев. Это приложение упрощает поиск комплексной информации о породных особенностях ухода, дрессировки, лечения и кормления собак, облегчает процесс взаимодействия и обмена опытом между владельцами собак.

Ключевые слова: веб-приложение, сервисы для питомцев, кинология, Java, Java Spring, MySQL.

Введение. В настоящее время современные информационные технологии внедряют во все сферы экономики и социального взаимодействия, в том числе в сектор товаров и услуг для домашних питомцев. Тенденция гуманизации по отношению к питомцам способствовала развитию и повышению спроса на различные сервисы, которые позволяют владельцам ответственно подходить к вопросам ухода и заботы. Так, например, популярностью пользуются специальные сервисы по выгулу собак и поиску пропавших питомцев, гостиницы для домашних животных, сервисы страхования и знакомств, сервисы для мониторинга здоровья питомцев. В условиях увеличения числа владельцев домашних животных и формирования высокоответственного отношения к ним, особую актуальность приобретает разработка веб-приложения для владельцев собак. Веб-приложение может использоваться как информационный ресурс, сервис для поиска ветеринарной клиники или специалиста по дрессировке, платформа для знакомства и развития сообщества владельцев собак.

Основная часть. Веб-приложение предоставляет комплексную, удовлетворяющую основным потребностям содержания домашних питомцев, информацию и услуги, которые в свою очередь можно разделить на несколько сегментов [1].

1 Породы собак. Данный сегмент содержит разнообразную информацию о породах, такую как рост, вес, продолжительность жизни, характер, особенности ухода и воспитания, распространенные заболевания, контакты заводчиков и питомников.

2 Ветеринарный сегмент. Данный раздел информационного ресурса, посвящен симптоматике, стадиям протекания заболеваний, способам оказания экстренной помощи питомцу, а также содержит информацию об адресах ветеринарных клиник, оказываемых ими услугах, актуальных способах записи на прием или, при наличии, ссылки на сайт ветклиники.

3 Дрессировка и воспитание. Раздел содержит информацию о правилах воспитания щенка, коррекции нежелательного поведения, вариантах игр; пошаговые инструкции для обучения собаки различным командам и ссылки на обучающие видео или блоги.

4 Форумы и сообщества. Данный раздел реализует функцию информационного обмена между пользователями веб-приложения посредством тематических форумов, чатов и комментариев.

Важным этапом, предшествующим разработке веб-приложения, является понимание информационных потребностей определенных категорий пользователей, которые можно объединить в следующие группы.

1 Незарегистрированный пользователь – гость. Полномочия незарегистрированного пользователя: использование веб-приложения в качестве информационного ресурса;

получение доступа к подробной информации каждого сегмента без предварительной регистрации; фильтрация и сортировка информации по заданным критериям.

2 Зарегистрированный пользователь. Полномочия зарегистрированного пользователя: добавление наиболее актуальных статей в избранное; добавление комментариев и сообщений на форуме; создание анкеты для знакомства; просмотр и оценка анкет других пользователей; наличие ограниченной видимости профиля и анкеты; персонализация профиля.

3 Администратор. Полномочия администратора: добавление, удаление, редактирование информации; модерация комментариев и форумов; утверждение и добавление новых анкет.

Таким образом, незарегистрированный пользователь должен иметь возможность получить необходимую ему информацию не проходя регистрацию. Если же пользователь заинтересован в долгосрочном и систематическом использовании веб-приложения с целью обмена опытом, получения новых знаний и знакомств, то необходима регистрация в системе. Зарегистрированный пользователь получает уникальный логин и пароль для дальнейшей работы с расширенным функционалом веб-приложения. При входе в систему, ввод логина и пароля служат для определения роли пользователя и предоставления ему доступа к определенной функциональности.

С целью наглядного представления функционала разрабатываемого веб-приложения, доступного каждой группе пользователей, составлена диаграмма вариантов использования, представленная на рисунке 1.

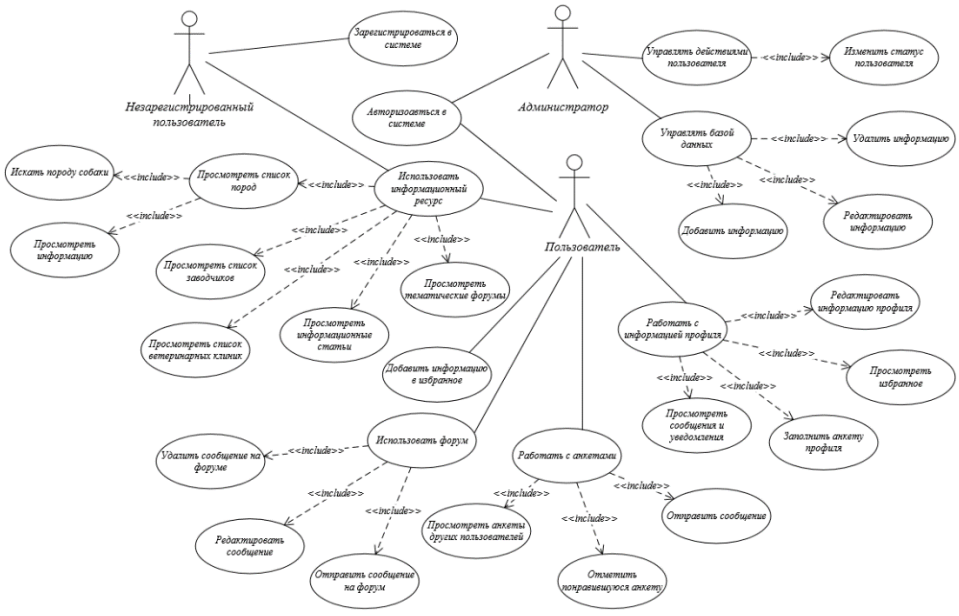


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Структура веб-приложения для владельцев собак представляет собой взаимодействие нескольких ключевых модулей.

1 Модуль авторизации и аутентификации. Обеспечивает безопасный вход пользователей в систему при помощи уникальных учетных записей, которые, в свою очередь, ограничивают функционал в соответствии с ролью пользователя в системе.

2 Информационный ресурс. Отображает все имеющиеся породы собак в виде карточек с возможность просмотра подробной информации; ветеринарные клиники в соответствии с выбранными фильтрами или с использованием карты; статьи по дрессировке с пошаговыми инструкциями.

3 Модуль управления профилем. Позволяет пользователю редактировать информацию о себе и своем питомце; добавлять фото, видео и описание к ним; создавать и

редактировать анкету для знакомств; настраивать видимость профиля и анкеты; просматривать избранное и уведомления.

4 Модуль администрирования. Реализует интерфейс администратора с доступом ко всем элементам системы и соответствующим им инструментам управления.

Организованная работа этих модулей необходима для удовлетворения потребностей пользователей веб-приложения, реализации их межличностного взаимодействия и взаимодействия с системой.

Для разработки данного веб-приложения выбран язык программирования Java, который поддерживает объектно-ориентированный подход и позволяет создавать высокопроизводительные и надежные приложения. В качестве основного фреймворка используется Java Spring. Spring – это популярная платформа для разработки на Java, которая предлагает готовые решения для типовых задач, что способствует сокращению объема кода, повышению его читаемости и удобства поддержки. Фреймворк Spring предоставляет инструменты для создания многопользовательских веб-приложений, обеспечивая интеграцию различных компонентов и технологий, а также гарантируя надежность и масштабируемость приложения [2].

Для хранения данных выбрана реляционная база данных MySQL, которая позволяет хранить информацию в виде таблиц и эффективно управлять ею. Эта СУБД сочетает в себе высокую производительность, надежность и простоту использования, что делает ее отличным выбором для небольших проектов.

Заключение. Разработка веб-приложения для владельцев собак позволит создать комплексную платформу, объединяющую информационный ресурс, тематический форум, справочник ветеринарных клиник и дог-френдли пространств с возможностями социальной сети для владельцев собак. Такое приложение не только облегчит поиск необходимой информации, но и создаст благоприятную среду для укрепления и расширения сообщества владельцев собак. Система имеет лаконичный дизайн, удобную навигацию, различные виды фильтрации и сортировки в каждом разделе информационного ресурса, тематические форумы для общения пользователей, возможность создавать анкету для себя и своего питомца для знакомства на сайте. Преимуществами веб-приложения являются его многофункциональность и комплексность, что позволит в короткие сроки найти необходимую информацию самому или посредством общения с другими владельцами собак.

Список литературы

1. *Котина И. А. Сравнительный анализ основных мировых рынков зообизнеса // Вестник СПбГУ. Сер. 8. 2004. Вып. 2 (№ 16).*
2. *Крейг У. Spring в действии / У. Крейг. Москва, ДМК-Пресс, 2022. 544 с.*

UDC 004.774:636.7

WEB APPLICATION FOR DOG OWNERS

Panchenko K.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Shcherbina N.V. – Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article discusses a web application designed to promote a conscious and highly responsible attitude towards pets, to strengthen the community of dog owners, as well as to provide information and services that meet the basic needs of pet care. This application simplifies the search for comprehensive information about the breed characteristics of dog care, training, treatment and feeding; facilitates the process of interaction and exchange of experience between dog owners.

Keywords: web application, pet services, dog training, Java, Java Spring, MySQL.

УДК 004.9:624.04–048.24:551.58

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ МЕСТНОСТИ

Щербаков Д.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Исследование направлено на разработку веб-приложения, а также методики определения срока службы зданий и сооружений на основе анализа климатических и географических данных. Учитываются такие факторы, как температура, влажность, осадки, ветровая нагрузка и другие климатические условия, а также географические особенности местности. Основная цель – создание инструмента для прогнозирования долговечности строительных объектов, который позволит повысить точность оценки их срока службы и оптимизировать процессы проектирования и эксплуатации. Результаты исследования могут быть использованы в строительной отрасли для улучшения планирования и снижения затрат на обслуживание зданий и сооружений.

Ключевые слова: климатические и географические данные, срок службы зданий, математическая модель расчета срока службы зданий, геоаналитика, эксплуатация зданий.

Введение. Определение срока службы зданий и сооружений является одной из ключевых задач в строительной отрасли. Долговечность строительных объектов напрямую зависит от множества факторов, среди которых климатические и географические условия занимают важное место. Температура, влажность, осадки, ветровая нагрузка, а также особенности рельефа и почвы могут значительно влиять на износ конструкций и материалов. Традиционные методы оценки срока службы зданий часто основываются на общих нормативных данных и не учитывают специфику конкретной местности, что может приводить к неточностям в прогнозах и увеличению затрат на обслуживание и ремонт [1].

Целью данного исследования является разработка веб-приложения для определения срока службы зданий и сооружений на основе анализа климатических и географических данных местности. Приложение позволит автоматизировать процесс прогнозирования долговечности строительных объектов, учитывая такие факторы, как температура, влажность, осадки, ветровая нагрузка, тип почвы и близость к водоемам. Это решение направлено на повышение точности оценки срока службы зданий, оптимизацию процессов проектирования, строительства и эксплуатации, а также снижение затрат на обслуживание и ремонт.

Основная часть. Определение срока службы зданий и сооружений – это сложный процесс, который требует учета множества факторов, таких как климатические условия, географические особенности местности и конструктивные характеристики объектов. В основе разрабатываемого веб-приложения лежит анализ этих данных, что позволяет создавать точные прогнозы долговечности строительных объектов.

Актуальность разработки веб-приложения для определения срока службы зданий и сооружений обусловлена необходимостью повышения точности прогнозирования долговечности строительных объектов в условиях изменяющихся климатических условий и географических особенностей местности. Традиционные методы оценки срока службы часто не учитывают специфику конкретных регионов, что приводит к неточностям в прогнозах и увеличению затрат на обслуживание и ремонт.

Разрабатываемое веб-приложение позволит автоматизировать процесс анализа климатических и географических данных, что значительно упростит работу архитекторов,

инженеров и строительных компаний. Оно обеспечит более точную оценку срока службы зданий, что, в свою очередь, поможет оптимизировать процессы проектирования, строительства и эксплуатации, снизить затраты на обслуживание и повысить надежность строительных объектов.

Для оценки долговечности зданий важно учитывать нормативные сроки службы различных конструкций, которые зависят от их материалов и типа. На рисунке 1 приведены нормативные сроки служб для различных групп капитальности зданий [2].

Нормативные сроки службы конструкций

<table>
<tr><td rowspan="3">Конструкции</td><td colspan="6">I группа капитальности</td></tr>
<tr><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td><td>VI</td></tr>
<tr><td colspan="6">Срок службы, годы</td></tr>
<tr><td></td><td>150</td><td>125</td><td>100</td><td>50</td><td>30</td><td>15</td></tr>
<tr><td>Фундаменты</td><td colspan="4">Железобетонные, бетонные, бутовые, бутобетонные, кирпичные</td><td>Каменные столбы, деревянные стулья</td><td>Грунтовые</td></tr>
<tr><td>Стены</td><td colspan="2">Кирпичные, из естественного камня, крупноблочные, крупнопанельные</td><td>Каменные из облегченных кладок</td><td>Деревянные: рубленые, брусчатые; деревокирпичные</td><td>Щитовые, каркасно-засыпные, саманные</td><td>Каркасно-камышитовые и другие облегченные</td></tr>
<tr><td>Перекрытия</td><td>Железобетонные</td><td>Деревянные, смешанные (металлические балки, деревянное заполнение)</td><td colspan="4">Деревянные</td></tr>
<tr><td>Кровля</td><td colspan="6">Железная, асбестоцементная, черепичная</td></tr>
</table>

Рисунок 1 – Нормативные сроки служб конструкций

Наряду со сроками службы в перечень показателей долговечности согласно ГОСТ 24004-85 включены также сроки до ремонта. Эти сроки устанавливаются по экономическим показателям, в частности, по условию минимума затрат на эксплуатацию либо по минимуму суммарных затрат на возведение и эксплуатацию [2].

Определение срока службы зданий и сооружений основывается на комплексном анализе множества факторов, которые влияют на долговечность строительных объектов. Для расчета срока службы зданий и сооружений используются следующие данные: географические координаты, материал стен, тип фундамента, количество этажей, климатические условия, тип почвы, близость к водоемам. Координаты местности позволяют определить климатические условия, характерные для данного региона. Например, здания в северных широтах будут подвергаться более низким температурам, а в прибрежных зонах – повышенной влажности и ветровой нагрузке [3].

Для расчета используется формула, которая учитывает как конструктивные особенности здания, так и внешние условия, такие как климатические и географические параметры. Основная формула для расчета срока службы здания выглядит следующим образом:

$$T = \frac{T_0}{k_m k_g k_c k_s k_w F}, \quad (1)$$

где T – прогнозируемый срок службы здания.

T_0 – базовый срок службы, который определяется для стандартных условий.

k_m – коэффициент, учитывающий износ материала стен. Разные материалы (кирпич, бетон, дерево) имеют разную устойчивость к внешним воздействиям, что отражается в этом коэффициенте.

k_g – коэффициент, характеризующий устойчивость фундамента. Тип фундамента (ленточный, свайный и др.) влияет на общую долговечность здания.

F – коэффициент, который учитывает количество этажей. Многоэтажные здания подвергаются большим нагрузкам, что может сократить их срок службы.

k_c – коэффициент климатического воздействия. Этот параметр учитывает такие факторы, как температура, влажность, скорость ветра и другие климатические условия, характерные для данной местности.

k_s – коэффициент, отражающий устойчивость почвы. Тип почвы (песчаная, глинистая и др.) влияет на устойчивость фундамента и, следовательно, на долговечность здания.

k_w – коэффициент, учитывающий близость к водоемам. Близость к воде может увеличивать влажность и риск подтопления, что негативно сказывается на сроке службы здания.

Каждый из этих коэффициентов вносит свой вклад в общий расчет, позволяя учесть все ключевые факторы, которые могут повлиять на долговечность здания.

Таким образом, формула позволяет комплексно оценить срок службы здания, учитывая как внутренние (материалы, конструкция), так и внешние (климат, почва, близость к воде) факторы. Это делает ее универсальным инструментом для прогнозирования долговечности строительных объектов в различных условиях.

Разработанное веб-приложение предлагает пользователю инструмент для определения срока службы зданий и сооружений, который включает следующие функциональные возможности:

1 Карта для выбора местности: пользователь может поставить метку на карту, чтобы указать местоположение здания. На основе этой метки приложение автоматически определяет такие параметры, как средняя температура за ближайшие 10 лет в данной местности, тип почвы, скорость ветка и количество осадков.

2 Поля для ввода данных: пользователь может вручную указать параметры, такие как материал стен, тип фундамента и количество этажей.

После ввода всех данных приложение автоматически рассчитывает срок службы здания на основе математической модели, учитывающей все указанные параметры. Результаты отображаются в виде графика или таблицы, что позволяет пользователю легко интерпретировать данные. На рисунке 2 представлено рабочее окно приложения.

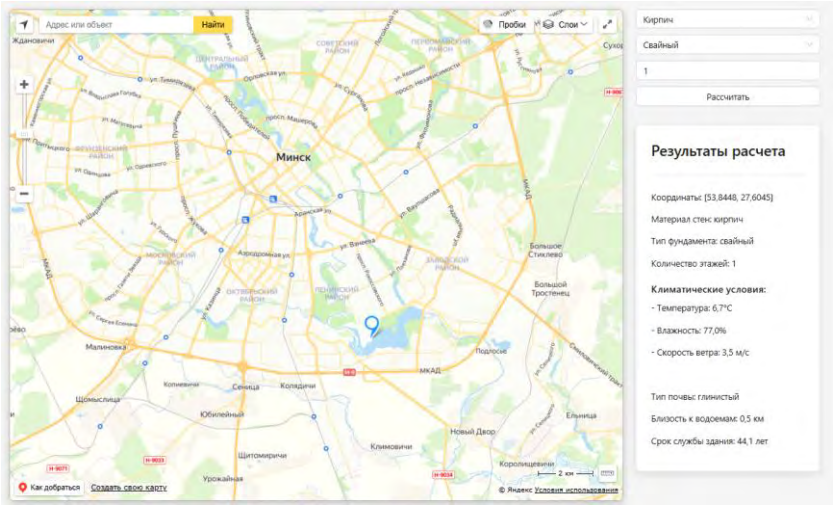


Рисунок 2 – Рабочее окно приложения

Разработанное приложение может быть использовано для оценки долговечности как новых, так и существующих зданий. Она позволяет учитывать все ключевые факторы, влияющие на срок службы, и предоставляет точные прогнозы, которые могут быть использованы для планирования строительства, ремонта и обслуживания зданий.

На этапе проектирования новых зданий и сооружений методика вычислений позволяет учитывать климатические и географические особенности местности, выбирать материалы и конструкции, которые будут наиболее устойчивы к внешним воздействиям, прогнозировать срок службы объекта и планировать мероприятия по его обслуживанию. Для существующих зданий приложение позволяет оценить текущее состояние конструкций и материалов, прогнозировать сроки проведения ремонтных работ, планировать реконструкцию с учетом изменений климатических условий.

Заключение. Спроектировано и разработано веб-приложение для определения срока службы зданий и сооружений на основе климатических и географических данных местности. Приложение разработано с использованием современных технологий, таких как Java Spring для серверной части и ReactJS для клиентской части, что обеспечивает высокую производительность и удобство использования. Таким образом, была успешно достигнута главная цель – разработка веб-приложения для определения срока службы зданий и сооружений, которое позволяет учитывать климатические и географические данные, а также предоставляет точные прогнозы долговечности строительных объектов. Это решение может быть использовано архитекторами, инженерами и строительными компаниями для оптимизации процессов проектирования, строительства и эксплуатации зданий.

Список литературы

5. *Срок службы зданий [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://scbist.com/wiki/20038-srok-sluzhby-zdaniya.html. Дата доступа: 15.03.2025.*

6. *ГОСТ 31937–2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М., Стандартинформ, 2012, 45 с.*

7. *Долговечность строительных материалов в условиях различных климатических зон [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/building-materials. Дата доступа: 03.03.2025.*

UDC 004.9:624.04–048.24:551.58

WEB APPLICATION FOR DETERMINING THE SERVICE LIFE OF BUILDINGS AND STRUCTURES BASED ON CLIMATIC AND GEOGRAPHICAL DATA OF THE AREA

Scherbakov D.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. The research is aimed at developing a web application, as well as a methodology for determining the service life of buildings and structures based on the analysis of climatic and geographical data. Factors such as temperature, humidity, precipitation, wind load, and other climatic conditions, as well as geographical features of the area, are taken into account. The main goal is to create a tool for predicting the durability of construction objects, which will improve the accuracy of assessing their service life and optimize the processes of design and operation. The results of the study can be used in the construction industry to improve planning and reduce the costs of maintaining buildings and structures.

Keywords: climatic and geographical data, service life of buildings, wear of building materials, mathematical model for calculating the service life of buildings, geoanalytics, building operation.

УДК 004.422.8:535.232.65

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

Русецкий Л.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Бобровничая М.А. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье представлена разработка программно-аппаратного модуля, предназначенного для мониторинга радиационной обстановки на предприятиях, работающих с ионизирующим излучением. Обоснована актуальность создания данного решения, а также сформулированы ключевые требования к его реализации. Приведено описание архитектуры модуля и использованного технологического стека.

Ключевые слова: программно-аппаратный модуль, индикатор, микроконтроллер, источник ионизационного излучения.

Введение. Разработка программно-аппаратного модуля для мониторинга радиационной обстановки направлена на создание эффективной системы автоматизированного учета и контроля индивидуальных дозовых нагрузок персонала на предприятиях, где применяется ионизирующее излучение.

Разработка модуля обусловлена ростом числа организаций, работающих с источниками ионизирующего излучения: их количество увеличилось с 1502 в 2019 году до 1848 в 2024 году [1, 2]. Также растет и число персонала, подлежащего индивидуальному дозиметрическому контролю, который обязателен согласно санитарным нормам и Закону «О радиационной безопасности населения» [3, 4]. В соответствии с данными Госатомнадзора, численность персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения, ежегодно увеличивается примерно на 800 человек, достигнув 14903 в 2023 году по сравнению с 10915 в 2019 году [1, 5].

Также основанием для разработки можно считать высокую стоимость аналогов. Из-за этого на многих предприятиях данная система может присутствовать в урезанном виде или отсутствовать вовсе, что может повлечь за собой угрозу здоровью работникам.

Можно выделить следующие концептуальные требования к разрабатываемому модулю:

1 Реализация функций учета и контроля дозовых нагрузок персонала, а именно возможности регистрации, хранения и анализа данных о дозах облучения для каждого пользователя.

2 Надежная система оповещения о превышении заданных значений радиационного фона и накопленной дозы.

3 Небольшие габариты и вес аппаратной части модуля для комфортной эксплуатации пользователем.

4 Длительное время работы аппаратной части модуля.

Модуль может найти применение в ядерной медицине, атомной промышленности, радиологии, мониторинге окружающей среды, гражданской авиации, гражданской обороне и научных исследованиях.

Основная часть. Модуль состоит из аппаратной и программной частей. Аппаратной частью выступает носимое устройство-индикатор, которое служит для измерения радиационного фона.

Программная часть включает встроенное программное обеспечение (далее – ПО) (ПО для микроконтроллера, установленного в аппаратную часть), которое выполняет задачи управления индикатором, обработки данных и взаимодействия с персональным

компьютером (далее – ПК), а также прикладное ПО для ПК, работающих под управлением операционной системы *Windows*.

Прикладное ПО обеспечивает управление параметрами индикатора, сохранение данных и их экспорт. Для хранения информации используется база данных.

Для аппаратной части модуля выбран микроконтроллер *STM*32*L*151*CCT*6 от компании *STMicroelectronics*, относящийся к продуктовой линейке решений с низким энергопотреблением [6]. Микроконтроллеры данной компании широко распространены и обладают большим сообществом пользователей, что очень часто помогает при возникновении неисправностей.

Чтобы разрабатываемый индикатор получился компактным и легким, в аппаратной части применяются компоненты типоразмера 0402. Также детектором гамма излучения выступает счетчик Гейгера-Мюллера СБМ-21. Он характеризуется небольшими габаритными размерами: 21 × 6 × 6 мм [7].

Для сигнализации о превышении заданных пороговых значений в индикаторе предусмотрены звуковая и тактильная обратная связь, реализованная с помощью пьезокерамического излучателя и вибромотора соответственно.

Для реализации встроенного ПО выбраны язык программирования *C* и среда разработки *Keil µVision*, представляющая собой набор утилит для выполнения полного комплекса мероприятий по написанию ПО для микроконтроллеров.

Внешний вид индикатора представлен на рисунке 1.

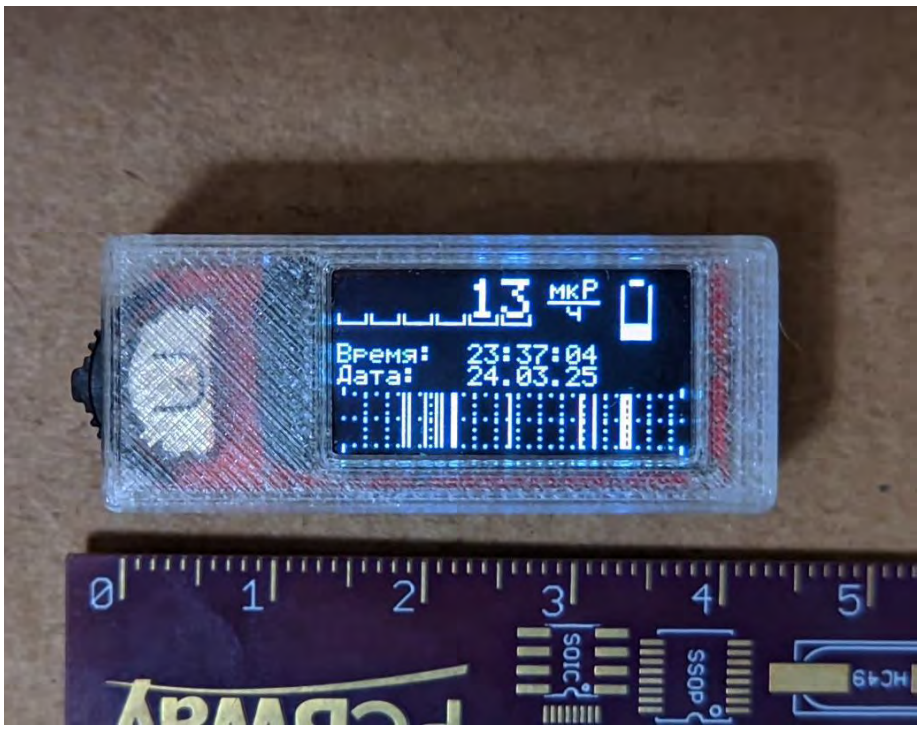


Рисунок 1 – Внешний вид индикатора

Для реализации прикладного ПО используется язык программирования *Python*, фреймворк *Flet* для создания графического приложения, текстовый редактор *Microsoft Visual Studio Code* с установленными плагинами для разработки приложений на языке *Python*. Для хранения данных будет использоваться реляционная система управления базами данных *MySQL*.

Заключение. Разработанный программно-аппаратный модуль для мониторинга радиационной обстановки представляет собой современное решение, сочетающее компактность, энергоэффективность и удобство использования. Применение

микроконтроллера *STM*32*L*151*CCT*6 и счетчика Гейгера СБМ-21 обеспечивает удовлетворительную точность измерений при минимальном энергопотреблении и небольших габаритах устройства, что делает систему практичной для повседневного использования персоналом.

Прикладное ПО, реализованное на языке *Python* с использованием базы данных *MySQL*, предоставляет гибкие возможности для управления параметрами, хранения и анализа данных.

Перспективы развития системы включают интеграцию с облачными сервисами для удаленного мониторинга, применение более совершенных алгоритмов обработки данных и расширение функциональных возможностей. Учитывая растущее количество предприятий, работающих с ионизирующим излучением, данный модуль обладает значительным потенциалом для внедрения в различных отраслях – от медицины до атомной энергетики.

Таким образом, предложенное решение обеспечивает эффективный контроль радиационной обстановки, соответствуя современным требованиям безопасности и создавая надежную защиту для персонала. Его практическая ценность подтверждается актуальностью задачи, продуманной архитектурой и возможностями для дальнейшего развития.

Список литературы

1. Обзор состояния ядерной и радиационной безопасности в Республике Беларусь за 2019 год [Электронный ресурс] / Госатомнадзор. Режим доступа: https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/dcd/the_review_of_a_status_of_nrs_in_belarus_2019_ru.pdf. Дата доступа: 10.03.2025.

2. Радиационная безопасность источников ионизирующего излучения. Объекты надзора [Электронный ресурс] / Госатомнадзор. Режим доступа: https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/radiatsionnaya-bezopasnost-istochnikov-ioniziruyushchego-izlucheniya/obekty-nadzora/. Дата доступа: 10.03.2025.

3. Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к обеспечению радиационной безопасности населения: утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 29.10.2013 № 137 [Электронный ресурс] / Министерство здравоохранения Республики Беларусь. Режим доступа: https://minzdrav.gov.by/upload/lcfiles/text_tnpa/000390_279571_PostMZ_N137_2013_Sanpin.pdf. Дата доступа: 10.03.2025.

4. О радиационной безопасности населения: Закон Республики Беларусь от 18 июня 2019 г. № 198-З [с изменениями и дополнениями от 10 октября 2022 г. № 208-З] [Электронный ресурс] / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. Режим доступа: https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=H11900198. Дата доступа: 10.03.2025.

5. Обзор состояния радиационной безопасности в Республике Беларусь за 2023 год [Электронный ресурс] / Госатомнадзор. Режим доступа: https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/08b/u4v2pmqybj6z022c1eq4mdiojpdglfxk/Obzor-sostoyaniya-radiatsionnoy-bezopasnosti-v-Respublike-Belarus-za-2023-god.pdf. Дата доступа: 10.03.2025.

6. STM32L151/152 [Электронный ресурс] / STMicroelectronics. Режим доступа: https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32l151-152.html. Дата доступа: 23.03.2025.

7. СБМ-21. Параметры и характеристики [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://istok2.com/data/2399/. Дата доступа: 23.03.2025.

UDC 004.422.8:535.232.65

HARDWARE AND SOFTWARE MODULE FOR MONITORING THE RADIATION SITUATION

Rusetski L.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Bobrovnichaya M.A. – Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article presents the development of a hardware and software module designed to monitor the radiation situation at enterprises working with ionising radiation. The relevance of this solution is substantiated and the key requirements for its implementation are formulated. The module architecture and the used technological stack are described.

Keywords: hardware and software module, indicator, microcontroller, ionisation radiation source.

УДК 004.032.26+004.93

СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Антонович А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Николаев А.Ю. - ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Цель проекта – разработка системы распознавания лиц на основе нейросетевых технологий, обеспечивающей высокую точность и скорость идентификации. Система предназначена для применения в сферах безопасности, биометрической аутентификации и автоматизированного доступа. Решение использует современные алгоритмы глубокого обучения для обработки и анализа изображений.

Ключевые слова: распознавание лиц, нейросети, компьютерное зрение, биометрия, искусственный интеллект, машинное обучение, TensorFlow, Python.

Введение. Современные технологии биометрической идентификации занимают важное место в системах безопасности и контроля доступа. Среди них распознавание лиц на основе нейросетевых алгоритмов выделяется как перспективное направление, сочетающее высокую точность, бесконтактный метод аутентификации и возможность интеграции в различные программно-аппаратные комплексы. Однако существующие решения могут демонстрировать снижение эффективности в условиях изменяющегося освещения, ракурсов лица или наличия помех на изображении, что ограничивает их применение в реальных сценариях.

Актуальность данной работы обусловлена растущим спросом на надежные системы идентификации личности. Согласно исследованию MarketsandMarkets, объем мирового рынка технологий распознавания лиц к 2028 году достигнет $13,4 млрд, что свидетельствует о значимости дальнейшего совершенствования алгоритмов в этой области [1]. Внедрение устойчивых к внешним воздействиям систем позволит повысить уровень безопасности в корпоративной и государственной сферах, а также расширить возможности персонализированных сервисов.

В данной работе объектом разработки выступает система распознавания лиц на основе нейросетевых технологий, которая представляет собой программное решение, способное идентифицировать личности по изображениям с высокой точностью даже в сложных условиях (при изменении освещения, ракурса или наличии частичных помех). Система предоставляет возможность интеграции с существующими системами безопасности и контроля доступа, а также поддерживает функции верификации и аутентификации пользователей. Данная разработка позволит существенно ускорить процесс идентификации личности и сократить временные затраты на рутинные процедуры проверки.

Основная часть. Система распознавания лиц, разработанная в рамках данного проекта, представляет собой комплексное решение на базе нейросетевых технологий, предназначенное для идентификации личности по изображениям. В качестве основного метода распознавания выбрана сиамская нейронная сеть [2], которая демонстрирует высокую эффективность при решении задач сравнения изображений лиц. Такой выбор обусловлен способностью сиамских сетей адаптироваться к различным условиям съемки, включая изменения освещения, ракурса и частичного перекрытия лица, что особенно важно при работе с правоохранительными базами данных, где качество исходных материалов может значительно варьироваться [3].

Технологический стек системы включает Python в качестве основного языка программирования, что обеспечивает широкие возможности для работы с нейросетевыми

алгоритмами и обработки изображений. Для реализации нейронной сети использован фреймворк TensorFlow с высокоуровневой API-надстройкой Keras, что позволило значительно ускорить процесс разработки и тестирования различных архитектур. В качестве веб-фреймворка для реализации пользовательского интерфейса и REST API выбран Django, который обеспечивает надежную основу для создания масштабируемых веб-приложений. Хранение биометрических данных и метаинформации организовано в СУБД PostgreSQL, выбранной благодаря ее надежности, производительности и богатому набору функций для работы с крупными массивами данных. Развертывание системы осуществляется с использованием Docker, что обеспечивает простоту установки и масштабируемость решения.

Архитектурно система состоит из нескольких ключевых модулей. Модуль предварительной обработки изображений выполняет обнаружение лиц на исходных изображениях, их нормализацию и приведение к стандартному формату. Основной модуль распознавания на базе сиамской нейронной сети преобразует изображения лиц в компактные векторные представления и вычисляет меру сходства между ними. Модуль работы с базой данных обеспечивает эффективное хранение и поиск биометрических шаблонов, используя специально разработанные схемы индексации для ускорения поисковых запросов. Отдельный сервисный модуль реализует бизнес-логику приложения, включая управление пользователями, контроль доступа и ведение журнала операций.

Функциональные возможности системы охватывают весь цикл работы с биометрическими данными: от загрузки и верификации эталонных фотографий до поиска соответствий в базе данных и визуализации результатов. Система предоставляет инструменты для экспертной верификации результатов, позволяя оператору анализировать степень уверенности алгоритма и принимать окончательное решение.

Использование современных нейросетевых подходов обеспечивает более высокую точность распознавания, особенно при работе с неидеальными изображениями. Гибкая архитектура и REST API позволяют легко интегрировать систему в существующие ИТ-инфраструктуры.

Пользовательский интерфейс системы разработан с учетом эргономических требований и особенностей рабочих процессов операторов. Минимизировано количество действий, необходимых для выполнения типовых операций, реализована наглядная визуализация результатов поиска с указанием степени уверенности алгоритма. Административный интерфейс предоставляет полный контроль над системой, включая управление базой данных, настройку параметров и мониторинг производительности [4].

Диаграмма вариантов использования представлена на рисунке 1.

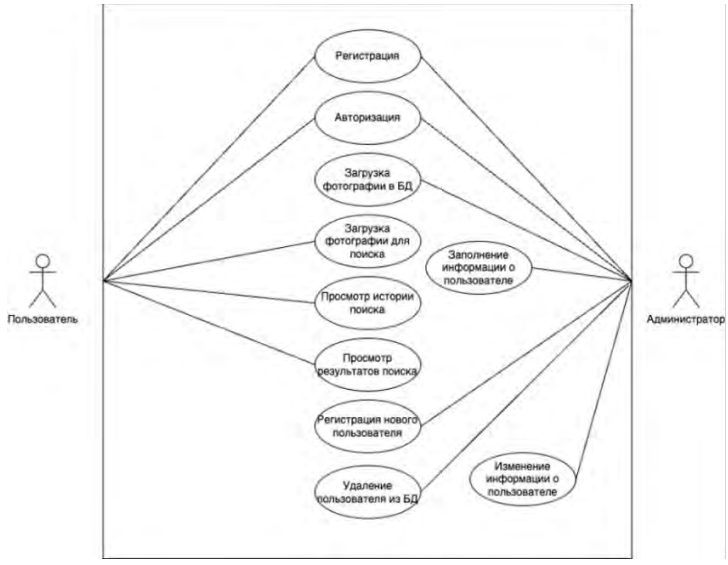


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Заключение. Разработанная система распознавания лиц на основе сиамских нейронных сетей представляет собой современное решение, сочетающее высокую точность идентификации с устойчивостью к различным условиям съемки. Использование современных технологий обеспечило не только высокую производительность, но и простоту развертывания системы в различных средах. Дальнейшее развитие проекта может быть направлено на расширение функциональности, включая обработку видеопотоков и интеграцию с другими биометрическими системами. Разработанная система представляет собой законченное решение, готовое к практическому применению в различных областях, требующих надежных средств идентификации личности.

Список литературы

1. Marketsandmarkets [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/facial-recognition.asp. Дата доступа: 20.03.2025.

2. *Сиамские нейронные сети [Электронный ресурс]. Режим доступа https://navneet-singh-arora.medium.com/siamese-neural-network-snn-e3ea18cadeb8. Дата доступа: 20.03.2025.*

3. *Методы распознавания лиц [Электронный ресурс]. Режим доступа https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-populyarnyh-metodov-raspoznavaniya-lits-na-izobrazheniyah. Дата доступа: 20.03.2025.*

4. Эргономические характеристики и показатели качества эргатических систем [Электронный ресурс]. Режим доступа https://studme.org/1075110728144/psihologiya/ergonomicheskie_harakteristiki_p okazateli_kachestva_ergaticheskih_sistem. Дата доступа: 20.03.2025.

UDC 004.032.26+004.93

A FACE RECOGNITION SYSTEM BASED ON NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Antonovich A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Nikolaev A.Y. – Assistant of the Department of EPE

Annotation. The goal of the project is to develop a face recognition system based on neural network technologies that ensures high accuracy and speed of identification. The system is designed for use in the fields of security, biometric authentication, and automated access. The solution uses modern deep learning algorithms for image processing and analysis.

Keywords: facial recognition, neural networks, computer vision, biometrics, artificial intelligence, machine learning, TensorFlow, Python.

УДК 004.75:159.923+159.937, 004.415

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ И АНАЛИЗА ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ПРОСЛУШИВАНИЯ ТРЕКОВ SPOTIFY API

Бондаловский Р. С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Хлудеев И.И. – к.б.н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматривается разработка веб-приложения для составления и анализа психологического профиля пользователей на основе данных прослушивания треков Spotify API. Музыкальные предпочтения человека могут отражать его личностные характеристики, эмоциональное состояние и психотип. Использование методов машинного обучения и анализа данных позволяет выявлять закономерности между прослушиваемыми треками и психологическими особенностями пользователей. В работе описываются основные этапы разработки веб-приложения, архитектурные решения, используемый технологический стек и принципы работы с API Spotify.

Ключевые слова: веб-приложение, психологический профиль, музыкальные предпочтения, Spotify API, анализ данных.

Введение. Современные технологии сбора и анализа данных позволяют получать ценную информацию о поведении и предпочтениях пользователей. Музыка, как неотъемлемая часть жизни человека, может служить важным индикатором его эмоционального состояния и психологических особенностей. Исследования показывают, что музыкальные вкусы коррелируют с чертами личности, такими как экстраверсия, открытость к новому опыту и эмоциональная стабильность [3, 5].

В связи с этим разработка веб-приложения, позволяющего анализировать психологический профиль пользователя на основе его музыкальных предпочтений, представляет значительный интерес как для науки, так и для практического применения в маркетинге, психологии и персонализированных рекомендациях [1].

Основная часть. Для реализации веб-приложения, способного анализировать психологический профиль пользователей, необходимо учитывать несколько ключевых аспектов. В первую очередь, изучаются возможности API Spotify, предоставляющего детализированные данные о прослушиваемых треках. Важными параметрами являются не только жанры музыки, но и такие характеристики, как темп, тональность, танцевальность, энергичность и валентность (эмоциональная окраска). Анализируя данные, можно выявить закономерности между прослушиваемыми треками и психологическими особенностями пользователя [5]. Разработанная модель должна быть способна интерпретировать эти данные и выдавать выводы о чертах личности и эмоциональном состоянии пользователя.

С точки зрения архитектуры, веб-приложение состоит из нескольких компонентов. Клиентская часть представляет собой интуитивно понятный интерфейс, который позволяет пользователям авторизоваться через Spotify, предоставляя доступ к своим данным о прослушивании музыки. После получения данных система выполняет их анализ и визуализирует результаты в виде графиков и диаграмм. Серверная часть разрабатывается на основе Spring Boot, что обеспечивает стабильную работу приложения и удобное взаимодействие с API Spotify [2]. Для хранения и обработки данных используется PostgreSQL.

Одним из ключевых этапов разработки является создание алгоритмов обработки данных. Прежде всего, производится нормализация и предобработка данных, включающая удаление выбросов и анализ распределения параметров [4]. Далее используются методы

машинного обучения, включая кластеризацию пользователей на основе их музыкальных предпочтений и выявление корреляций между характеристиками треков и известными психологическими моделями, такими как модель «Большой пятёрки» (Big Five) [5]. Это позволяет не только классифицировать пользователей, но и делать предсказания относительно их эмоционального состояния. На рисунке 1 продемонстрирована IDEF0-модель процессов предметной области.

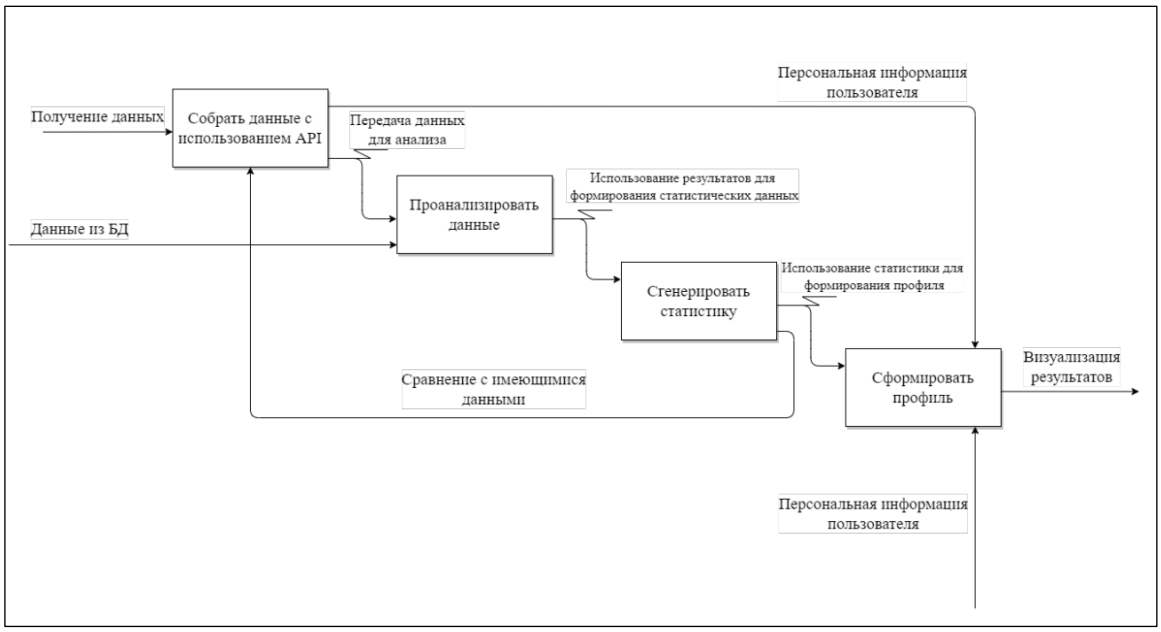


Рисунок 1 – IDEF0-модель процессов предметной области

Функциональные возможности веб-приложения включают авторизацию через Spotify API, сбор и обработку данных о прослушиваемых треках, их анализ и построение персонализированного психологического профиля. Визуализация данных позволяет пользователю лучше понять свои предпочтения и их связь с личностными характеристиками. Кроме того, система предлагает музыкальные рекомендации, основанные на выявленных особенностях, что делает её полезной не только с точки зрения психологического анализа, но и как инструмент для подбора подходящей музыки.

Главными преимуществами предлагаемого решения являются автоматизация процесса анализа музыкальных предпочтений, высокая точность интерпретации данных за счёт использования машинного обучения и возможность персонализированного подхода к каждому пользователю. В отличие от стандартных рекомендационных систем, проект ориентирован на глубокий анализ личности, что открывает широкие перспективы его применения в маркетинге, психологии и HR-аналитике [5]. Гибкость архитектуры позволяет легко интегрировать веб-приложение с другими сервисами, а использование современных технологий делает его масштабируемым и эффективным.

Заключение. Разработка веб-приложения для анализа психологического профиля пользователей на основе музыкальных предпочтений представляет собой перспективное направление, объединяющее машинное обучение, анализ данных и психологию. Применение данного подхода может значительно улучшить персонализированные рекомендации, а также найти применение в психодиагностике и HR-аналитике. Будущие исследования могут быть направлены на расширение возможностей алгоритмов анализа, интеграцию с другими платформами потоковой музыки и улучшение точности предсказаний [4].

Список литературы

1. *Fowler M. Patterns of Enterprise Application Architecture / Martin Fowler. Addison-Wesley, 2018. 557 p. ISBN 978-0321127426.*
2. *Bloch J. Effective Java / Joshua Bloch. 3rd ed. Addison-Wesley, 2017. 416 p. ISBN 978-0134685991.*
3. *Juslin P. N., Sloboda J. A. Handbook of Music and Emotion: Theory, Research, Applications / Patrik N. Juslin, John A. Sloboda. Oxford University Press, 2010. 992 p. ISBN 978-0199230143.*
4. *Richardson L., Amundsen M. RESTful Web APIs / Leonard Richardson, Mike Amundsen. O'Reilly Media, 2013. 366 p. ISBN 978-1449358068.*
5. *Greenberg D. M., Kosinski M., Stillwell D. J., Monteiro B. L., Levitin D. J., Rentfrow P. J. The song is you: Preferences for musical attribute dimensions reflect personality. Social Psychological and Personality Science. 2016. Vol. 7, No. 6. pp. 597–605.*

UDC 004.75:159.923+159.937, 004.415

WEB APPLICATION FOR USER PSYCHOLOGICAL PROFILE CREATION AND ANALYSIS BASED ON SPOTIFY API LISTENING DATA

Bondalovskiy R. S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Khludeev I.I. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. This article discusses the development of a web application for creating and analyzing users' psychological profiles based on Spotify API listening data. A person's musical preferences can reflect their personality traits, emotional state, and psychotype. The use of machine learning methods and data analysis makes it possible to identify patterns between the listened tracks and users' psychological characteristics. The paper describes the main stages of web application development, architectural solutions, the applied technology stack, and principles of working with the Spotify API.

Keywords: web application, psychological profile, musical preferences, Spotify API, data analysis.

УДК 50 2520 8

СИСТЕМА ОНЛАЙН-ЗАПИСИ НА ПРИЕМ И УПРАВЛЕНИЯ ВЫЗОВАМИ ВРАЧА НА ДОМ

Мороз Ю.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Разработана система онлайн-записи на прием к врачу и управления вызовами врача на дом. Описаны архитектура решения, используемый технологический стек и основные функции системы. Установлено, что ключевым преимуществом является комплексность подхода, обеспечивающая поиск специалистов, выбор между платными и бесплатными медицинскими услугами, возможность вызова врача на дом и управление записями без обращения в регистратуру. Продемонстрировано, что применение Java, JavaFX, MySQL и паттернов проектирования (MVC) позволяет достичь высокой надежности и удобства использования системы.

Ключевые слова: онлайн-запись к врачу, вызов врача на дом, медицинская информационная система, Java, MySQL, MVC.

Введение. Внедрение информационных технологий в сферу здравоохранения значительно повышает удобство и доступность медицинского обслуживания. Традиционные методы записи через регистратуру медицинских учреждений сопряжены с длинными очередями, перегрузкой телефонных линий и неудобствами для пациентов, особенно в периоды высокой заболеваемости. В связи с этим разработка системы онлайн-записи к врачу и управления вызовами врача на дом является актуальной задачей, способствующей повышению доступности медицинской помощи и оптимизации работы медицинских учреждений [1].

В данной статье представлена разработанная информационная система, включающая в себя комплексный функционал, позволяющий пациентам записываться на прием, вызывать врача на дом и управлять записями без необходимости личного обращения в регистратуру.

Основная часть. В рамках работы проведен анализ существующих решений в сфере онлайн-записи и управления вызовами врача, разработана архитектура системы и определены ключевые технологические решения.

Существующие системы онлайн-записи в медицинских учреждениях зачастую ограничены функционалом, предоставляя либо только возможность записи на прием, либо вызов врача на дом, либо выбор между платными и бесплатными медицинскими услугами. Разработанная система объединяет все эти возможности, обеспечивая пациентам удобный доступ к медицинской помощи [2].

Система реализована по клиент-серверной архитектуре. Клиентское приложение разработано с использованием JavaFX, что обеспечивает удобный интерфейс и кроссплатформенность. Серверная часть реализована на Java и взаимодействует с базой данных MySQL. Для обеспечения гибкости и масштабируемости применены принципы проектирования MVC (рисунок 1) и SOLID. Разработка ведется в среде IntelliJ IDEA.

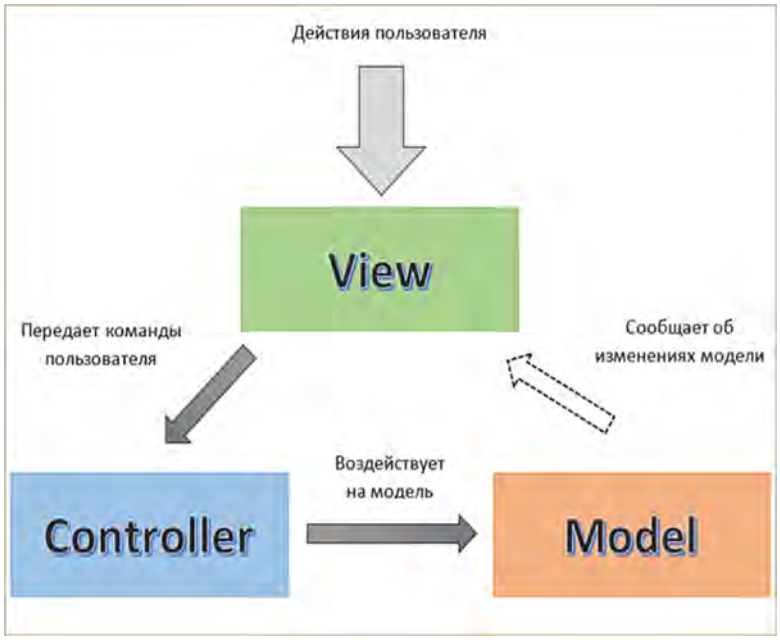


Рисунок 1 – Диаграмма принципа работы паттерна MVC

Функционал системы включает регистрацию и аутентификацию пользователей, запись на прием к врачу с возможностью выбора удобного времени, редактирование и отмена записи, просмотр информации о специалистах, а также возможность вызова как участкового, так и частного врача на дом. Для медицинского персонала предусмотрены инструменты управления расписанием специалистов и контроль записей пациентов. Прототип пользовательского интерфейса с окном «Специалисты» представлен на рисунке 2.

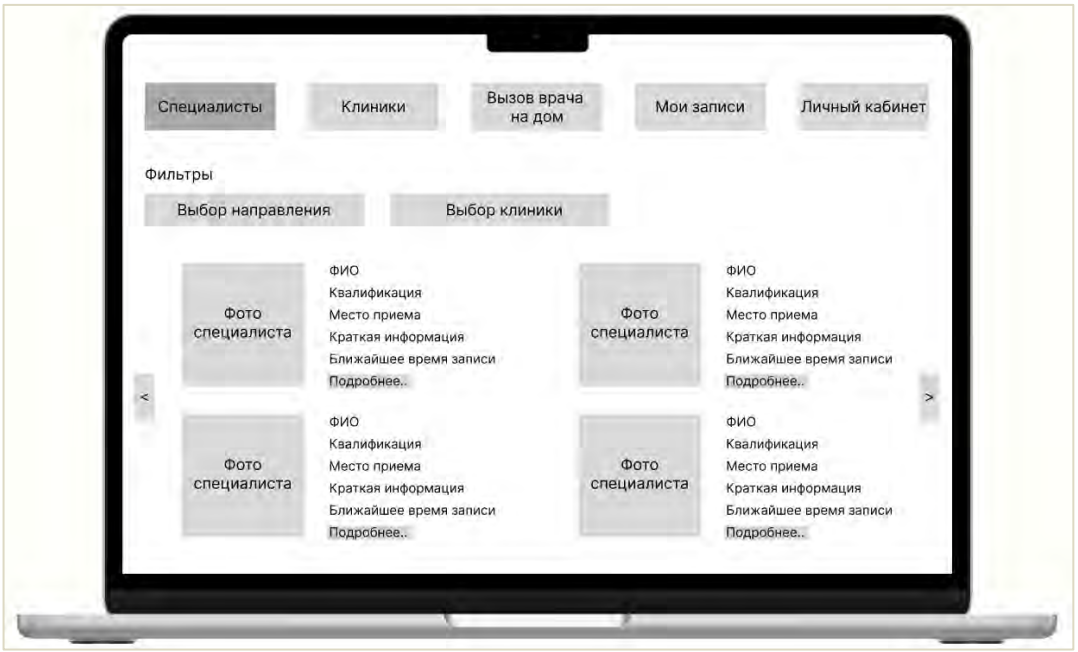


Рисунок 2 – Прототип окна «Специалисты»

Главным преимуществом системы является её комплексность. В отличие от аналогичных решений, которые предоставляют только отдельные функции, разработанная система объединяет в себе все необходимые сервисы. Пользователи могут искать

специалистов, выбирать между платными и бесплатными услугами, вызывать врача на дом, а также управлять своими записями без необходимости обращаться в регистратуру [3]. Это значительно сокращает временные затраты пациентов и повышает эффективность работы медицинских учреждений.

Заключение. Разработана система онлайн-записи на прием к врачу и управления вызовами врача на дом, обеспечивающая удобный и эффективный процесс взаимодействия пациентов с медицинскими учреждениями. Описаны архитектурные решения, технологический стек и основные функции системы. Внедрение данной системы позволит оптимизировать процесс записи, повысить доступность медицинских услуг и улучшить их качество.

Список литературы

1. *Преимущества Java [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ibm.com/docs/ru/aix/7.2?topic=monitoring-advantages-java. Дата доступа: 03.10.2022.*

2. *Электронная регистратура [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.kmis.ru/elektronnaia-registratura-3. Дата доступа: 12.01.2018.*

3. *Разработка онлайн-приложений для записи к врачу: Ключевые особенности и преимущества [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://stfalcon.com/ru/blog/post/Online-Doctor-Appointment-App-Development-Key-Features-and-Benefits. Дата доступа: 11.12.2024.*

UDC 50 2520 8

ONLINE APPOINTMENT BOOKING AND DOCTOR HOME VISIT MANAGEMENT SYSTEM

Maroz Y.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. An online appointment scheduling and doctor call management system has been developed. The system architecture, technology stack, and main functions are described. It has been established that the key advantage is the comprehensive approach, which includes specialist search, the choice between paid and free medical services, the ability to call a doctor to the home, and appointment management without the need to contact a medical registry. It has been demonstrated that the use of Java, JavaFX, MySQL and design patterns (MVC) ensures high reliability and ease of use of the system.

Keywords: online doctor appointment, doctor home visit, medical information system, Java, MySQL, MVC.

УДК 004.418

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ: ПОДДЕРЖАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ГИДРАТАЦИИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Терешкевич С.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Егоров В.В. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье представлена разработка Android приложения, предназначенного для мониторинга и поддержания ежедневного уровня гидратации с учётом персональных особенностей пользователя и внешних факторов. Основное внимание уделено персонализации рекомендаций, анализу данных о потреблении жидкости и обеспечению эргономичного интерфейса. Приложение реализовано с использованием современных архитектурных подходов, таких как Clean Architecture и MVVM, а также технологий: Jetpack Compose, Firebase, Retrofit, Room. Расчёт нормы потребления воды основан на эмпирической модели из исследования «Variation in human water turnover associated with environmental and lifestyle factors» (Yamada et al., 2022). Применение принципов UX/UI-дизайна обеспечивает удобство и интуитивность взаимодействия с системой.

Ключевые слова: мобильное приложение, гидратация, мониторинг, персонализация, эргономика, UX/UI, Android, Jetpack Compose, Firebase, Clean Architecture.

Введение. В современном мире поддержание водного баланса является важным аспектом здорового образа жизни. Недостаточное или избыточное потребление жидкости может привести к серьёзным последствиям для здоровья, включая обезвоживание, снижение концентрации, болезни почек [1]. Мобильные технологии предоставляют уникальную возможность для мониторинга и оптимизации уровня гидратации, предлагая пользователям персонализированные рекомендации на основе анализа их личных данных. Актуальность разработки таких решений возрастает в условиях роста интереса к здоровому образу жизни и увеличения числа людей, стремящихся контролировать своё самочувствие [4].

Основная часть. Разрабатываемое приложение предназначено для мониторинга поддержания ежедневного уровня гидратации, предоставляя пользователям инструменты для контроля потребления жидкости, анализа данных и получения персонализированных рекомендаций. Оно ориентировано на широкую аудиторию: от людей, ведущих активный образ жизни, до тех, кто стремится улучшить своё здоровье через поддержание водного баланса.

Разработка приложения основана на современных технологиях, обеспечивающих модульность, тестируемость и удобство использования. Архитектурное решение построено на Clean Architecture с паттерном MVVM, что позволяет достичь высокой гибкости системы [2]. Для работы с сетью используется Retrofit, позволяющий получать актуальные данные о погоде. Локальное хранение информации реализовано с помощью Room, а для настройки параметров приложения применяется Data Store. Регистрация и синхронизация данных осуществляются через Firebase.

Пользовательский интерфейс создан с применением Jetpack Compose, что делает его адаптивным и современным. Для визуализации данных разработаны кастомные Canvas, обеспечивающие наглядное представление статистики потребления жидкости.

Одним из ключевых аспектов реализации стало обоснованное определение нормы потребления воды. Для этого используется формула, предложенная Yamada et al. (2022),

которая учитывает широкий спектр факторов, включая уровень физической активности, вес, пол, климатические условия и возраст [3].

Приложение также учитывает влияние различных напитков, включая алкогольные и энергетические, на уровень гидратации организма. Анализ состава жидкости и её воздействия позволяет формировать точные рекомендации по поддержанию оптимального водного баланса. Удобство использования приложения достигается за счёт интуитивно понятного интерфейса, минималистичного дизайна и продуманной навигации. Jetpack Compose обеспечивает оптимизацию интерфейса под различные размеры экранов, а визуализация данных с помощью кастомных Canvas делает анализ информации более доступным. Цветовая схема и элементы управления разработаны с учётом принципов UX/UI-дизайна, что способствует комфортному взаимодействию с системой.

Функциональное тестирование подтвердило стабильную работу системы при активном использовании, обеспечивая корректную обработку данных и надежное выполнение всех функций мониторинга гидратации.

Автоматизированные процессы анализа и синхронизации позволяют оперативно обновлять рекомендации по потреблению жидкости, что значительно повышает точность расчёта индивидуальной нормы потребления и обеспечивает их адаптацию к особенностям пользователя.

Разработка такого мобильного приложения является важным шагом в цифровизации системы здравоохранения, поскольку современные технологии способствуют не только оптимизации работы с данными, но и повышению информированности пользователей о состоянии их водного баланса. Улучшенная эргономика интерфейса и продуманный UX/UI-дизайн обеспечивают удобство взаимодействия и эффективной адаптации системы к индивидуальным потребностям. На рисунке 1 рассматриваются основные функции работы пользователя.

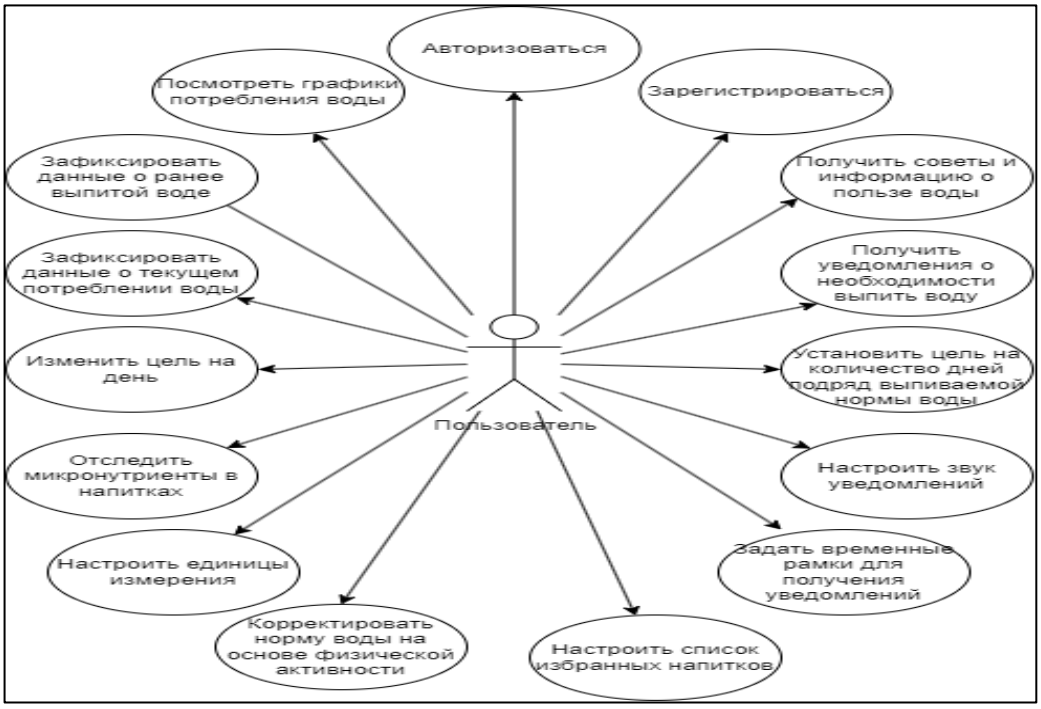


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Также был разработан макет главного экрана мобильного приложения, который изображен на рисунке 2.

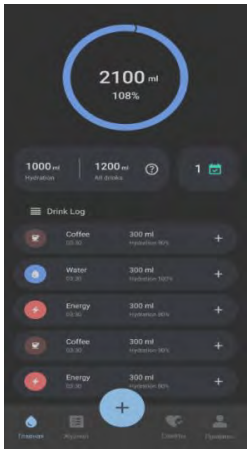


Рисунок 2 – Макет главного экрана

Заключение. Разработанное мобильное приложение для отслеживания водного баланса представляет собой комплексное решение, основанное на научно обоснованных расчетах и современных технологиях. Использование Clean Architecture, MVVM, Jetpack Compose позволило создать удобную, адаптивную и функциональную систему, обеспечивающую точный анализ потребления жидкости. Интеграция с Firebase, Room и Data Store обеспечивает надежное хранение и синхронизацию данных, а алгоритмы расчета учитывают широкий спектр факторов, влияющих на гидратацию организма. Приложение не только помогает пользователям контролировать водный баланс, но и формирует персонализированные рекомендации, что способствует улучшению самочувствия и поддержанию здорового образа жизни.

Список литературы

1. *National Center for Biotechnology Information [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles /PMC5646211/. Дата доступа: 13.03.2025.*

2. *Android Developers [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developer.android.com/topic/architecture?hl=ru. Дата доступа: 13.03.2025.*

3. *Variation in human water turnover associated with environmental and lifestyle factors [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.science.org/doi/10.1126/science.abm8668. Дата доступа: 13.03.2025.*

4. *Егоров В. В. Когнитивная психология в промышленной безопасности: учеб. пособие / В. В. Егоров. Минск: БГУИР, 2024. 21 с.*

UDC 004.418

MOBILE APPLICATION FOR MONITORING FLUID CONSUMPTION: MAINTAINING OPTIMAL HYDRATION LEVELS FOR HEALTH

Tereshkevich S.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Egorov V.V. – Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This article presents the development of an Android application designed for monitoring and maintaining daily hydration levels, considering the user's personal characteristics and external factors. The primary focus is on personalizing recommendations, analyzing fluid consumption data, and ensuring an ergonomic interface. The application is implemented using modern architectural approaches such as Clean Architecture and MVVM, as well as technologies including Jetpack Compose, Firebase, Retrofit, and Room. The calculation of water intake norms is based on an empirical model from the study «Variation in human water turnover associated with environmental and lifestyle factors» (Yamada et al., 2022). The application of UX/UI design principles ensures convenience and intuitive interaction with the system.

Keywords: mobile application, hydration, monitoring, personalization, ergonomics, UX/UI, Android, Jetpack Compose, Firebase, Clean Architecture.

УДК 004.422.8:005.95

МОДУЛЬ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Хоменко М.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Бобровничая М.А. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Модуль для управления персоналом на промышленном предприятии представляет собой специализированное программное решение, направленное на автоматизацию и оптимизацию процессов кадрового учета, управления рабочим временем, проведения инструктажей по охране труда, а также фиксации несчастных случаев и инцидентов. Внедрение такого модуля повысить прозрачность процессов и обеспечить соблюдение трудового законодательства.

Ключевые слова: программный модуль, управление персоналом, промышленное предприятие, охрана труда, оптимизация процессов.

Введение. Современные промышленные предприятия сталкиваются с необходимостью эффективного управления персоналом в условиях роста масштабов производства, и цифровой трансформации бизнес-процессов. Традиционные методы учета сотрудников, основанные на бумажном документообороте и ручных операциях, становятся неэффективными, особенно на предприятиях с численностью персонала в сотни или тысячи человек.

Автоматизация кадровых процессов – ключевое направление оптимизации управления персоналом, позволяющее сократить временные затраты, минимизировать ошибки. В данной работе рассматриваются основные функции и преимущества автоматизированного модуля управления персоналом, его роль в повышении безопасности труда и оптимизации кадровых процессов на промышленном предприятии.

Основная часть. Управление персоналом на промышленном предприятии – это сложный процесс, который включает множество задач: от регистрации новых сотрудников и учета их рабочего времени до проведения инструктажей, и фиксации несчастных случаев.

Для решения этих проблем разрабатывается специализированный модуль, который автоматизирует ключевые процессы управления персоналом. Модуль позволяет вести единую базу данных сотрудников, где фиксируются их персональные данные, должности, квалификации, трудовые договоры и другие документы. Это обеспечивает прозрачность и оперативность доступа к информации для HR-отдела и руководителей подразделений [1].

Одной из важных функций модуля является проведение инструктажей по охране труда. Система автоматически формирует тесты для прохождения инструктажей для новых сотрудников, фиксирует дату и содержание проведенного обучения, а также напоминает о необходимости повторных инструктажей для уже работающих сотрудников. Это помогает предприятию соблюдать требования законодательства и снижать риски возникновения несчастных случаев на производстве [2].

Учет рабочего времени, отпусков и больничных также автоматизируется с помощью модуля. Система формирует графики отпусков с учетом пожеланий сотрудников и производственной необходимости, а также оперативно учитывает больничные листы. Это позволяет своевременно планировать замену отсутствующих сотрудников и избегать простоев в работе.

Для промышленных предприятий особенно важна функция учета несчастных случаев и инцидентов. Модуль позволяет регистрировать такие события, указывать их причины, последствия и принятые меры. Это не только помогает соблюдать требования

законодательства, но и предоставляет данные для анализа, который может быть использован для разработки дополнительных мер по повышению безопасности на производстве [3].

Внедрение модуля для управления персоналом на промышленном предприятии имеет ряд преимуществ. Во-первых, это снижение временных затрат на рутинные операции, такие как оформление документов и учет рабочего времени. Во-вторых, повышение точности данных и минимизация ошибок, что особенно важно при расчете заработной платы и соблюдении трудового законодательства. В-третьих, модуль обеспечивает оперативный доступ к информации, что позволяет руководителям принимать обоснованные решения на основе актуальных данных.

Кроме того, система способствует повышению удовлетворенности сотрудников за счет прозрачности процессов. Например, сотрудники могут самостоятельно отслеживать свои отпуска и больничные, а также получать уведомления о предстоящих инструктажах. Это создает комфортные условия для работы.

Заключение. Таким образом, модуль для управления персоналом на промышленном предприятии – это современное решение, которое позволяет автоматизировать ключевые процессы, связанные с учетом сотрудников, охраной труда и управлением рабочим временем. Его внедрение способствует повышению эффективности производства, снижению рисков и соблюдению требований законодательства. В условиях цифровизации промышленности такие решения становятся необходимым инструментом для успешного управления предприятием и достижения стратегических целей.

Список литературы

1. *Обзор систем управления производственным персоналом [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://targcontrol.com/blog/top-workforce-management-programs-for-manufacturing/. Дата доступа: 05.03.2025.*

2. *Инструктажи и проверка знаний по вопросам охраны труда [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ilex.by/news/instruktazhi-i-proverka-znanij-po-voprosam-ohrany-truda/. Дата доступа: 06.03.2025.*

3. *Расследование несчастных случаев на производстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pruzhany.brest-region.gov.by/ru/2010-11-23-10-36-56-497-ru/view/2020-03-27-13-36-35-2000001431/. Дата доступа: 06.03.2025.*

UDC 004.422.8:005.95

MODULE FOR PERSONNEL MANAGEMENT IN AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Khamenka M.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Bobrovnichaya M.A. – Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The module for personnel management at an industrial enterprise is a specialized software solution aimed at automating and optimizing the processes of personnel accounting, working time management, conducting occupational safety briefings, as well as recording accidents and incidents. The introduction of such a module will increase the transparency of processes and ensure compliance with labor legislation.

Keywords: software module, personnel management, industrial enterprise, labor protection, process optimization.

УДК 004.774:364.672

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО ОКАЗАНИЮ СОЦИАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ОБУЧАЮЩИМСЯ

Попова Е.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Андриалович И.В. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматривается разработка веб-приложения по оказанию социальной поддержки обучающимся, направленная на автоматизацию подачи заявок на материальную помощь и арендное общежитие, сокращение временных затрат на обработку, повышение прозрачности взаимодействия между студентами и сотрудниками профсоюза, а также информирование студентов о доступных возможностях профсоюза.

Ключевые слова: веб-приложение, профсоюз студентов БГУИР, *React*, *TypeScript*, *C#*, *.NET, MySQL.*

Введение. Актуальность разработки веб-приложения по оказанию социальной поддержки обучающимся обусловлена необходимостью повышения эффективности процессов предоставления социальной помощи в Учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». В современных университетах социальная поддержка играет ключевую роль в создании благоприятных условий для обучения. Однако традиционные методы подачи и обработки заявок на материальную помощь и арендное общежитие часто сопряжены с задержками и недостаточной информированностью студентов о доступных возможностях.

Преимущества предлагаемого веб-приложения включают повышение оперативности обработки заявок за счет автоматизации процессов, улучшение доступности информации для студентов, сокращение нагрузки на сотрудников Профсоюза БГУИР, ответственных за обработку заявок, и обеспечение безопасности и надежности хранения данных.

Таким образом целью работы является разработка веб-приложения, обеспечивающего удобный и эффективный процесс подачи и обработки заявок на различные виды социальной поддержки для студентов.

Основная часть. Для достижения поставленной цели проведен детальный анализ предметной области, исследованы существующие аналоги программных решений и выявлены их преимущества и недостатки. Разработанная система учитывает потребности студентов и сотрудников профсоюза, предлагая удобный и интуитивно понятный интерфейс, возможность онлайн-подачи заявок и их автоматизированной обработки.

Рассмотренные аналоги имеют широкий функционал, однако ни один из них не предоставляет удобного и эффективного инструмента для взаимодействия студентов с профсоюзом.

Основные цели разработки системы.

1 Цифровизация и автоматизация. Автоматизация подачи заявок, их обработки и отслеживания статусов, что обеспечит эффективность работы профсоюза.

2 Повышение доступности информации. Система обеспечит доступ к актуальной информации о профсоюзе, мероприятиях и социальной помощи. Студенты будут всегда в курсе доступных возможностей.

3 Прозрачность процессов. Студенты смогут отслеживать статус своих заявок.

4 Упрощение подачи заявок. Подача заявок на материальную помощь, арендное общежитие.

5 Стимулирование вовлеченности студентов. Удобный доступ к мероприятиям и информации о возможностях профсоюза, что увеличит вовлеченность студентов в деятельность профсоюза.

В качестве основного стека технологий выбраны.

1 *TypeScript* – для разработки клиентской части проекта благодаря его статической типизации. Использование *TypeScript* делает код более предсказуемым и упрощает его поддержку [1].

2 *React* – *JavaScript*-библиотека для разработки динамических веб-приложений, используя декларативный подход и компонентную архитектуру [2].

3 *C#* – для серверной логики и обработкуи данных. Он является универсальным языком: на нём пишут игры, десктопные приложения, веб-сервисы, нейросети и даже графику для метавселенных [3].

4 *.NET* – платформа, которая позволяет использовать библиотеки и компоненты, созданные на других языках [4].

5 MySQL – для хранения данных.

Разработанное программное средство выполняет следующие функции:

– авторизация и регистрация пользователя в системе;
– восстановление пароля;
– редактирование личных данных пользователя;
– просмотр информации о профсоюзе;
– просмотр и редактирование информации о председателях профсоюза на факультетах;
– просмотр и редактирование информации о мероприятиях профсоюза;
– просмотр и редактирование информации о материальной помощи;
– просмотр и редактирование информации об арендном общежитии;
– подача заявки на материальную помощь и арендное общежитие;
– просмотр статуса заявки на материальную помощь и арендное общежитие;
– редактирование статуса заявки на материальную помощь и арендное общежитие.

Заключение. Спроектированная и разработанная информационная система для профсоюза студентов направленна на автоматизацию подачи заявок на материальную помощь и арендное общежитие, сокращение временных затрат на обработку, повышение прозрачности взаимодействия между студентами и сотрудниками профсоюза, а также информирование студентов о доступных возможностях профсоюза

Список литературы

1. *Что такое TypeScript и зачем он нужен [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.hexlet.io/blog/posts/vse-chto-nuzhno-znat-novichku-o-typescript-ischerpyvayuschiy-gayd. Дата доступа: 22.03.2025.*

2. *Что такое React и как его освоить? [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://education.yandex.ru/journal/chto-takoe-react-i-kak-ego-osvoit. Дата доступа: 23.03.2025.*

3. *Язык C#: где используют, что пишут, как появился и чем хорош [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://skillbox.ru/media/code/yazyk-s-gde-ispolzuyut-chto-pishut-kak-poyavilsya-i-chem-khorosh/. Дата доступа: 23.03.2025.*

4. *Язык программирования C#: где используют и чем хорош [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.tgu-dpo.ru/news/2023/04/06/yazyk-programmirovaniya-s/. Дата доступа: 24.03.2025.*

UDC 004.774:364.672

WEB APPLICATION FOR PROVIDING SOCIAL SUPPORT TO STUDENTS

Popova E.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Andrialovich I.V. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This article discusses the development of a web application for the BSUIR Student Union, aimed at automating the submission of applications for financial assistance and rented dormitories, reducing processing time, increasing transparency in interactions between students and union staff, and informing students about the available opportunities provided by the union.

Keywords: web application, BSUIR Student Union, React, TypeScript, C#, .NET, MySQL.

УДК 004.45:721.052.3

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Остапенко А.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Телеш И.А. – к. г. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Представлено программное средство для организации контроля доступа на предприятии на языке Java, которое является эффективным решением для управления доступом сотрудников, мониторинга событий и ведения журнала безопасности, а также предназначена для упрощения процессов контроля доступа.

Ключевые слова: контроль доступа, Java, JavaFX, Arduino UNO, PostgreSQL.

Введение. Современные системы контроля доступа представляют собой важный элемент безопасности предприятия, обеспечивающий управление доступом сотрудников, мониторинг событий и защиту критически важных ресурсов.

В связи с этим разработка программного средства на Java с интеграцией Arduino UNO позволяет создать гибкое и экономичное решение, объединяющее все необходимые функции в единой системе [1]. Предлагаемое решение устраняет необходимость использования разрозненных инструментов, предоставляя администраторам удобный интерфейс для управления безопасностью.

Основная часть. Основной целью проекта является создание эффективной системы контроля доступа, сочетающей функциональность, надежность и простоту использования. Основные требования к системе: надежность и безопасность при обработке данных; простота настройки и управления; возможность интеграции с существующими системами безопасности; поддержка работы в режиме реального времени;

Система предназначена для предприятий различных масштабов и может быть адаптирована под конкретные требования организации.

Программное средство для организации контроля на предприятии разработано на языке Java на платформе JavaFX. Java – Строго типизированный объектно-ориентированный язык программирования общего назначения [2]. JavaFX – платформа на основе Java для создания приложений с графическим интерфейсом [3]. Для хранения данных используется база данных PostgreSQL, что обеспечивает высокую надежность, масштабируемость и безопасность при работе с большими объемами данных [4]. Шифрование данных осуществляется при помощи алгоритма хэширования Argon2 [5]. Программное средство состоит из клиентской и серверной частей.

Клиентская часть представляет собой графический интерфейс для взаимодействия с системой. Она формирует запросы, отправляет их на сервер и ждет получения ответов на запросы.

Серверная часть представляет собой программу, состоящую из различных модулей и работающей с базой данных и внешними устройствами. Она принимает запросы со стороны клиентской части, обрабатывает их и отправляет ответ.

Сообщение между клиентской и серверной частью осуществляется с помощью HTTP-запросов. Структурная схема системы представлена на рисунке 1.

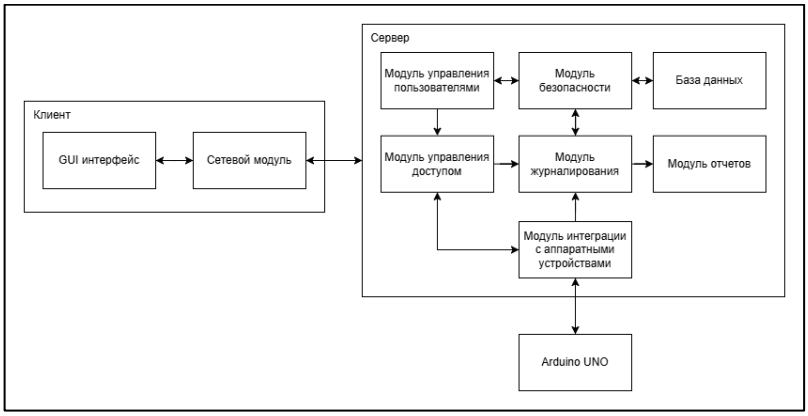


Рисунок 1 – Структурная схема программного средства для организации контроля доступа на предприятии

Программное средство позволяет администраторам контролировать права доступа сотрудников к помещениям предприятия, просматривать журнал событий в режиме реального времени и генерировать отчеты.

А также администратор имеет следующие функциональные возможности: создание, редактирование, удаление сотрудников; управление правами доступа сотрудников; просмотр журнала событий с возможностью фильтрации; формирование отчетов о попытках доступа.

Программное средство обладает следующими преимуществами: шифрование данных; масштабируемость; возможность интеграции с другими системами безопасности; модульная архитектура, позволяющая безопасно и легко расширять функционал;

Заключение. В результате анализа существующих решений для организации контроля доступа разработано программное средство, отвечающее поставленным требованиям. Использование современного языка программирования Java, обеспечило высокую производительность и удобство использования программы. Разработанное решение упрощает процесс управления доступом и мониторинга сотрудников на предприятии. Программное средство построено на клиент-серверной архитектуре посредством HTTP-запросов. В п программном средстве реализована система аутентификации и авторизации пользователей.

Список литературы

1. Arduino: RFID-замок [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://arduino-kid.ru/blog/rfid-zamok-na-arduino. Дата доступа: 01.02.2025.

2. Язык программирования Java [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://metanit.com/java/tutorial/. Дата доступа: 08.02.2025.

3. JavaFX [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://javarush.com/groups/posts/2560-vvedenie-v-java-fx. Дата доступа: 11.02.2025.

4. Изучаем PostgreSQL [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/otus/articles/706346/. Дата доступа: 11.02.2025.

5. Argon2 RFC 2015 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc9106. Дата доступа: 13.02.2025.

UDC 004.45:721.052.3

A SOFTWARE TOOL FOR ORGANIZING ACCESS CONTROL IN AN ENTERPRISE

Ostapenko A.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Telesh I.A. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. The article presents a software tool for organizing access control in an enterprise in the Java language, which is an effective solution for employee access control, event monitoring and security logging, and is also designed to simplify access control processes.

Keywords: access control, Java, JavaFX, Arduino UNO, PostgreSQL.

УДК [621.395.721.5:004.775]:629.353

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Русаков Е.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Бобровничая М.А. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Разработано мобильное приложение для отслеживания производительности и технического состояния грузовых автомобилей. Приложение собирает данные о параметрах и состоянии грузового автомобиля, анализирует их и отправляет для хранения на сервер. Для наглядного отображения информации используется интерфейс мобильного приложения, где информация о транспортном средстве отображается с использованием схем и диаграмм.

Ключевые слова: состояние автомобиля, мониторинг производительности, мобильное приложение, визуализация данных, сервер, охрана труда.

Введение. На данный момент происходит активное внедрение информационных технологий в сферу промышленной безопасности. Данный проект направлен на повышение уровня безопасности и эффективности производств, использующих крупногабаритные автомобили, путем внедрения информационной системы слежения.

В сфере грузоперевозок уже используются некоторые элементы информационных технологий, такие как: датчики топлива и датчики отслеживания местонахождения автомобиля, однако не производится объединение в единые системы, как и не происходит получения достаточного количества данных, в то время как при использовании технологии современного уровня развития, можно добиться значительно более положительных результатов.

Путем реализации данного проекта будет создана информационная система, которая позволит сотрудникам различных предприятий, предоставляющих услуги грузоперевозок, более эффективно отслеживать состояния используемого парка автомобилей.

Основная часть. Данные для работы приложения поступают от транспортного средства, которое используется в процессе грузоперевозок, а также от обслуживающего его технического специалиста. Клиентской частью системы является мобильное приложение, которое позволяет отслеживать и сохранять для более удобного отображения состояние автомобиля, а также предоставлять данные для других частей программного средства. Пользователь использует мобильное приложение для просмотра и анализа собранных данных, также в процессе работы клиентское приложение обменивается информацией с сервером, что позволяет отслеживать состояния и параметры крупных автопарков.

Обслуживающему персоналу требуется способы более оперативного и удобного сохранения данных о параметрах и состоянии обслуживаемых автомобилей, возможность оперативного доступа к этой информации, единство всей сохраняемой информации между различными рабочими местами и операторами.

Диспетчерам и управляющему персоналу логистического предприятия необходимо иметь возможность быстро и в любой момент получить исчерпывающие данные по всем автомобилям автопарка предприятия, что является возможным ввиду агрегации информации, получаемой с мобильных устройств, на серверах предприятия.

Назначение программного средства состоит в улучшении мониторинга состояния грузовых автомобилей по данным, которые предоставляет пользователь. Преимуществами данной разработки являются быстрый доступ к информации, эргономичный интерфейс, надежность, а также высокая оперативность работы системы. На основании выявленного

целевого назначения информационной системы был сформулирован ряд функций, которые она решает.

− авторизация пользователей в системе;
– добавление, изменение, удаление данных о учетных записях пользователей;
− внесение данных об автомобиле пользователя;
– добавление, изменение, удаление данных о состоянии транспортного средства;
– обмен информацией с сервером;
– обработка и форматирование данных;
− формирования интуитивно понятного отчета о состоянии транспортного средства;
− сравнение значений состояния автомобиля со значениями из нормативных документов Республики Беларусь.

К информационной системе выдвигается ряд требований, которые включают в себя работу приложения на мобильных устройствах, использование клиент-серверной архитектуры, высокая скорость работы приложения, защищенность каналов передачи и мест хранения данных, высокий уровень надежности информационной системы.

Заключение. Таким образом, в данной работе было представлена информационная система, целью которой является отслеживание производительности и технического состояния грузовых автомобилей, предоставляя пользователям удобный и наглядный способ визуализации данных. В отличие от мануального способа слежения за состоянием используемых автомобилей, данный метод позволяет значительно облегчить анализ работы оборудования, используемых запчастей, обеспечить автоматизацию процессов обслуживания.

Применение клиент-серверной технологии позволяет обеспечить сбор данных и централизованное хранение данных сразу со многих устройств, что положительно скажется на масштабировании системы.

Сравнение с нормативными значениями параметров автомобиля позволяет предотвратить возможные несчастные случаи или поломки в процессе эксплуатации транспортного средства.

В дальнейшем возможно расширение функционала системы за счет интеграции с дополнительными источниками данных, внедрения прогнозных моделей и разработки веб-версии приложения.

Список литературы

1. Государственный Стандарт Республики Беларусь СТБ 2637-2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mintrans.gov.by/images/2024/10-05-24-32.pdf. Дата доступа: 20.01.2025.

UDC [621.395.721.5:004.775]:629.353

INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING THE PERFORMANCE AND TECHNICAL CONDITION OF TRUCKS

Rusakov E.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Bobrovnichaya M.A. – Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. A mobile application has been developed to track the performance and technical condition of trucks. The application collects data on the parameters and condition of the truck, analyzes it and sends it to the server for storage. For a visual display of information, the interface of the mobile application is used, where information about the vehicle is displayed using diagrams and charts.

Keywords: vehicle condition, performance monitoring, mobile application, data visualization, server, occupational safety.

УДК 658.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В ЦИФРОВОЙ КОММЕРЦИИ

Макеева Е.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Мищенко А.С. – к.э.н., доцент, доцент кафедры экономической информатики

Аннотация. Прототипирование в цифровой коммерции – это важный этап разработки продуктов и услуг, который позволяет визуализировать и тестировать идеи до их окончательной реализации с целью снижения затрат. В данной статье автором показано, что представляет собой цифровая коммерция, ее отличия от e-commerce, а также изучен генезис проблемы, перечислены преимущества и направления использования прототипирования в цифровой коммерции.

Ключевые слова: прототипирование, цифровая коммерция, e-commerce.

Введение. Использование прототипирования в цифровой коммерции позволяет компаниям быстрее и эффективнее разрабатывать, тестировать и внедрять новые функциональные возможности не только для своих сайтов и мобильных приложений, но и для других цифровых платформ. Это особенно важно в условиях высокой конкуренции, когда важно быстро адаптироваться к изменениям на рынке и запросам пользователей. Генезис прототипирования в цифровой коммерции – это результат эволюции технологий, методов проектирования и изменения подходов к разработке продуктов, ориентированных на пользователя. Прототипирование продолжает развиваться, адаптируясь к новым вызовам и требованиям рынка.

Основная часть. Цифровой этап коммерции охватывает все аспекты покупки и продажи товаров и услуг через интернет, включая интерактивные взаимодействия. Этот этап трансформировал традиционные бизнес-модели и создал новые возможности для компаний и потребителей. Цифровую коммерцию часто отождествляют с электронной коммерцией, но между ними есть некоторые отличия [1]. Электронная коммерция (e-commerce) – это более узкий термин, который относится к покупке и продаже товаров и услуг через интернет. Она включает в себя все транзакции, которые происходят онлайн, такие как онлайн-магазины, аукционы и электронные платежи. Цифровая коммерция (digital commerce) – это более широкий термин, который охватывает не только онлайн-продажи, но и все аспекты цифрового взаимодействия с клиентами. Это включает в себя маркетинг, рекламу, управление клиентскими отношениями и другие аспекты бизнеса, которые могут происходить как онлайн, так и офлайн. Электронная коммерция фокусируется на транзакциях и продажах, осуществляемых в основном через веб-сайты и мобильные приложения. Цифровая коммерция охватывает весь процесс взаимодействия с клиентами, включая привлечение, удержание и обслуживание и может включать различные каналы, такие как социальные сети, email-маркетинг, контент-маркетинг и другие цифровые платформы. Электронная коммерция использует технологии для обработки транзакций, такие как платежные шлюзы и системы управления запасами. В то время как цифровая коммерция включает в себя более широкий спектр технологий, включая аналитические инструменты, CRM-системы и платформы для автоматизации маркетинга. В целом, можно сказать, что электронная коммерция является частью более широкой концепции цифровой коммерции.

Цифровая коммерция – это таргетивнная и интерактивная коммерция, использующая цифровые технологии для привлечения потенциальных клиентов и удержания их в качестве потребителей. Изучение digital commerce выявляет тенденцию технического усложнения, т.е. прослеживается все большая автоматизация (алгоритмизация) коммерции на основе

технологий Big Data, машинного обучения и интеллектуального анализа данных. Возникает необходимость в разработке и использовании интеллектуальных чат-ботов на основе искусственного интеллекта, различных функциональных модулей для веб-сайта компании [2]. Ключевые аспекты цифрового этапа описаны далее.

1 Онлайн-магазины, предполагающие создание веб-сайтов и мобильных приложений, где пользователи могут просматривать, выбирать и приобретать товары и услуги. Например, Amazon, eBay, Alibaba и многие другие.

2 Платежные системы, необходимые для безопасных и удобных методов оплаты, таких как кредитные карты, электронные кошельки (PayPal, Apple Pay, Google Pay) и криптовалюты. Эти системы обеспечивают безопасность транзакций и упрощают процесс оплаты для пользователей.

3 Маркетинг в цифровых каналах. Необходимо использование различных онлайн-каналов для продвижения товаров и услуг, включая социальные сети, поисковую оптимизацию (SEO), контекстную рекламу, email-маркетинг и контент-маркетинг. Это позволяет компаниям достигать своей целевой аудитории более эффективно.

4 Аналитика данных – это сбор и анализ данных о поведении пользователей, предпочтениях и покупках для улучшения бизнес-стратегий, и персонализации предложений. Инструменты аналитики помогают компаниям лучше понимать своих клиентов и адаптировать свои предложения.

5 Логистика и доставка [3], предполагает разработку эффективных систем доставки и управления запасами для обеспечения быстрой и надежной доставки товаров, что включает в себя использование технологий отслеживания, автоматизации складов и партнерства с курьерскими службами.

6 Клиентский сервис, обеспечивающий поддержку клиентов через онлайн-чаты, электронную почту и социальные сети. Важно быстро реагировать на запросы и решать проблемы пользователей для повышения уровня удовлетворенности.

7 Мобильная коммерция (m-commerce) необходима для увеличения числа покупок, совершаемых через мобильные устройства. Оптимизация сайтов и приложений для мобильных устройств становится критически важной для успешного ведения бизнеса.

8 «Социальная» коммерция – это продажа товаров непосредственно через социальные сети, такие как Instagram, Facebook и TikTok. Позволяет брендам взаимодействовать с пользователями в привычной для них среде.

9 Подписочные модели, т.е. введение моделей подписки, где клиенты платят регулярно за доступ к продуктам или услугам (например, Netflix, Spotify). Это создает устойчивый поток доходов для компаний.

10 Инновации и новые технологии, такие как искусственный интеллект, дополненная реальность (AR) и виртуальная реальность (VR) для улучшения пользовательского опыта и создания уникальных предложений.

Цифровой этап коммерции продолжает развиваться, адаптируясь к новым технологиям и потребительским ожиданиям, что открывает новые возможности для бизнеса в глобальной цифровой экономике и требует новых инструментов [4]. Прототипирование является важным инструментом в цифровой коммерции, позволяя компаниям создавать, тестировать и улучшать свои продукты и услуги на ранних этапах разработки. Прототипирование – это процесс создания макета сайта, приложения, программного обеспечения, физического продукта и т.д. Прототип отвечает требованиям заказчика и исполнителя: зачем нужен конечный продукт, как будет выглядеть, как с ним будут взаимодействовать. Простыми словами, прототипирование – инструмент проверки идей. Повышение конкурентоспособности организаций за счет использования прототипов – это важный аспект, который охватывает не только улучшение взаимодействия с клиентами, но и оптимизацию внутренней работы, развитие инновационных услуг и повышение качества продуктов, предлагаемых на рынке. Прототипирование помогает организациям тестировать и внедрять новые решения, минимизируя риски и затраты на стадии разработки.

Генезис прототипирования в цифровой коммерции можно рассмотреть через призму исторического развития технологий, методов проектирования и изменения потребительских ожиданий. С появлением интернета и первых веб-сайтов возникла необходимость в создании простых интерфейсов. Прототипирование на этом этапе было в основном текстовым и графическим, с использованием базовых инструментов для создания макетов страниц. С развитием технологий появились более сложные инструменты для проектирования, такие как Adobe Photoshop и Fireworks. Дизайнеры начали создавать статические макеты, которые можно было использовать для демонстрации идей клиентам и командам. С возникновением специализированных инструментов, таких как Axure, Balsamiq и Sketch, стало возможным создавать интерактивные прототипы. Это позволило дизайнерам демонстрировать не только внешний вид, но и функциональность продуктов, улучшая процесс тестирования и получения обратной связи. Внедрение методологий Agile и Lean в разработку программного обеспечения изменило подход к прототипированию. Быстрая итерация, постоянное тестирование и получение обратной связи стали стандартом, что способствовало более гибкому и эффективному процессу разработки.

В последние два десятилетия акцент на пользовательский опыт стал центральным аспектом цифровой коммерции. Прототипирование стало важным инструментом для UX-дизайнеров, позволяя им тестировать идеи и улучшать взаимодействие с пользователями на ранних этапах разработки. Появление технологий, таких как виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR), открыло новые горизонты для прототипирования. Дизайнеры могут создавать более реалистичные и погружающие прототипы, что помогает лучше понять, как пользователи будут взаимодействовать с продуктами. Современные инструменты для прототипирования все чаще интегрируются с аналитическими платформами, что позволяет дизайнерам основывать свои решения на данных о поведении пользователей и их предпочтениях. Прототипирование стало важным элементом работы кросс-функциональных команд, где дизайнеры, разработчики и маркетологи работают вместе, чтобы создать более целостные и эффективные решения для пользователей.

Прототипы могут использоваться для проведения маркетинговых исследований и тестирования потребительских предпочтений. Виртуальные или физические прототипы могут быть показаны фокус-группам для получения отзывов. Например, компании могут создать цифровые прототипы упаковки нового продукта и протестировать их на целевой аудитории, чтобы понять, какой дизайн и функциональность будут наиболее привлекательными. Прототипирование в цифровой коммерции может использоваться в следующих направлениях.

1 Тестирование идей. Прототипы позволяют быстро проверить концепции и идеи, прежде чем инвестировать значительные ресурсы в их полное развитие. Это помогает избежать дорогостоящих ошибок и позволяет сосредоточиться на наиболее перспективных решениях.

2 Улучшение пользовательского опыта (UX). Создание прототипов интерфейсов и взаимодействий помогает дизайнерам и разработчикам понять, как пользователи будут взаимодействовать с продуктом. Это позволяет выявить и устранить проблемы на ранних стадиях, что в конечном итоге приводит к улучшению пользовательского опыта.

3 Сбор обратной связи. Прототипы можно использовать для получения отзывов от целевой аудитории. Тестирование прототипов с реальными пользователями помогает понять их потребности и предпочтения, что позволяет вносить изменения и улучшения до окончательной реализации продукта.

4 Коммуникация с заинтересованными сторонами. Прототипы служат эффективным инструментом для презентации идей и концепций инвесторам, партнерам и другим заинтересованным сторонам. Визуализация идеи через прототипы помогает лучше донести замысел и получить поддержку.

5 Итеративный процесс разработки. Прототипирование поддерживает итеративный подход к разработке продуктов, позволяя командам постоянно улучшать и адаптировать

свои решения на основе полученной обратной связи и тестирования, что делает процесс более гибким и адаптивным.

6 Снижение рисков. Использование прототипов помогает выявить потенциальные проблемы и риски на ранних стадиях разработки, что позволяет минимизировать затраты на исправление ошибок в более поздних этапах.

7 Разработка минимально жизнеспособного продукта (MVP). Прототипирование является ключевым этапом в создании MVP – версии продукта с минимальным набором функций, необходимым для выхода на рынок. Это позволяет быстро протестировать гипотезу и получить первые отзывы от пользователей.

8 Адаптация к изменениям рынка. Прототипирование позволяет быстро реагировать на изменения в потребительских предпочтениях или рыночной ситуации, что особенно важно в динамичной среде цифровой коммерции.

В целом, прототипирование является мощным инструментом, который помогает компаниям в цифровой коммерции создавать более качественные продукты, улучшать пользовательский опыт и адаптироваться к изменяющимся условиям рынка.

Заключение. Таким образом, прототипирование в цифровой коммерции является не только инструментом для разработки, но и важным элементом для повышения эффективности, улучшения пользовательского опыта и ускорения внедрения новых функций и технологий. Преимущества использования прототипирования в цифровой коммерции: ускорение разработки , снижение рисков (прототипы помогают выявить ошибки и проблемные участки до разработки, минимизируя потенциальные потери) понимание потребностей клиентов (прототипирование помогает учитывать поведение пользователей и улучшать их опыт взаимодействия с продуктом) и гибкость (легкость внесения изменений в прототипы позволяет оперативно реагировать на изменения в предпочтениях потребителей или бизнес-требованиях).

В целом, прототипирование является неотъемлемой частью процесса разработки в цифровой коммерции, позволяя создавать более качественные и востребованные продукты.

Список литературы

1. *Суртаева О. С. Цифровизация в системе инновационных стратегий в социально-экономической сфере и промышленном производстве: монография / О. С. Суртаева. 4-е изд. Москва: Дашков и К°, 2023. 153 с.*

2. Пархименко В. А. Цифровая трансформация в маркетинговой деятельности: от автоматизации к алгоритмическому маркетингу / В. А. Пархименко // Шестая Международная научно-практическая конференция «BIG DATA and Advanced Analytics. BIG DATA и анализ высокого уровня», Минск, Республика Беларусь, 20–21 мая 2020 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/39029/1/Parkhimenko_Tsifrovaya.pdf. Дата доступа: 20.03.2025.

3. Развитие экономических систем в цифровой экономике: маркетинг, сфера услуг, логистика: монография / [Г. Л. Азоев и др.]. Москва: RuScience, 2022. 261 с.

4. Лапидус Л. В. Цифровая экономика: управление электронным бизнесом и электронной коммерцией: монография / Л. В. Лапидус. Москва: Инфра-М, 2023. 379 с.

UDC 658.5

THE USEING OF PROTOTYPING IN DIGITAL COMMERCE

Makeeva E.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Mishenko A.S. – Cand. of Econ., associate professor, associate professor of the department of EI

Annotation. Prototyping in digital commerce is an important stage in the development of products and services, which allows you to visualize and test ideas before their final implementation in order to reduce costs.

Keywords: prototyping, digital commerce, e-commerce.

УДК 004.418

ИНТЕРАКТИВНАЯ ОБУЧАЮЩАЯ ПЛАТФОРМА В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Виракоон Н.Ч.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Медведев О. С. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка интерактивной обучающей платформы для повышения уровня знаний в области безопасности автомобилестроения. Внимание уделено новому подходу к обучению с использованием интерактивных модулей и тестов, что улучшит пользовательский опыт на фоне роста требований к безопасности. Платформа будет использовать современные технологии, такие как Java, Java FX и MySQL, для обеспечения надежного хранения данных и интерактивного взаимодействия. Ключевые слова: безопасность автомобилестроения, интерактивная платформа, обучение, Java, Java FX, MySQL [1, 2].

Ключевые слова: Обучение, интерактивные тесты, автомобилестроение, информационная система, безопасность, Java, Java FX, MySQL.

Введение. В условиях постоянного роста требований к безопасности в автомобилестроении введение в эксплуатацию эффективных методов обучения становится все более актуальным. Традиционные подходы к обучению не всегда учитывают индивидуальные потребности и уровень знаний пользователей. Существует опасность, что в традиционных методах обучения могут быть слабые акценты на многих важных аспектах, которые в будущем могут стать причиной нарушения безопасности участников автотранспортного движения.

Разработанная интерактивная платформа предлагает инновационный подход к персонализации обучения, позволяя пользователям получать знания, соответствующие их уровню и интересам, а также учитывать особенности предыдущих курсов обучения и заполнять недостающие пробелы в знаниях по безопасности автомобилестроения. Это особенно важно в условиях быстрого развития технологий и изменения стандартов безопасности, которые требуют от специалистов постоянного обновления знаний и навыков.

Платформа сосредоточена на использовании интерактивных методов, таких как видеоматериалы, практические задания и игровые элементы, которые делают процесс обучения более динамичным и вовлекающим. Пользователи могут самостоятельно выбирать темы и глубину изучения, что позволяет им сосредоточиться на наиболее актуальных для них аспектах безопасности. Такой подход не только улучшает усвоение информации, но и повышает уровень заинтересованности, что особенно важно для формирования устойчивых навыков и знаний в области безопасного вождения и эксплуатации автомобилей.

Кроме того, внедрение интерактивных элементов, таких как симуляции и сценарные задания, позволяет пользователям не только теоретически осваивать материал, но и применять его на практике в безопасной среде. Это способствует более глубокому пониманию и закреплению знаний, что критически важно для специалистов, работающих в области автомобилестроения.

Таким образом, разработка интерактивной обучающей платформы не только отвечает современным требованиям, но и создает условия для формирования нового поколения специалистов, готовых к вызовам, связанным с безопасностью на дорогах. Платформа станет важным инструментом в подготовке кадров, способствующих снижению числа аварий и повышению общей безопасности в автомобилестроении.

Основная часть. Разрабатываемая платформа представляет собой интерактивное решение для обучения в области безопасности автомобилестроения. В условиях быстрого развития технологий и постоянно меняющихся требований к безопасности, необходимо

внедрение современных методов обучения, которые будут не только эффективными, но и адаптированными под индивидуальные потребности пользователей. Платформа основана на использовании интерактивных модулей и тестов для оценки знаний, что позволяет пользователям проходить курсы, получать обратную связь и тестироваться на усвоение материала.

Разрабатываемая платформа представляет собой интерактивное решение для обучения в области безопасности автомобилестроения. Платформа основана на современных методах обучения, включая использование комбинирования различных подходов к подаче информации интерактивных модулей и тестов для оценки знаний. Пользователи смогут проходить курсы, получать обратную связь и тестироваться на усвоение материала.

Создание интерактивных курсов: Платформа позволяет создавать курсы с использованием гибкого комбинирования различных форматов обучающего контента, включая текст, видео и анимации. Инструкторы могут легко модулировать курсовые базы, загружать материалы и организовывать их в логической последовательности [3].

Оценка знаний: Пользователи могут проходить тесты и получать мгновенную обратную связь. Система автоматически анализирует результаты и предоставляет рекомендации по дополнительным материалам для изучения.

Геймификация обучения: Внедрение игровых элементов, таких как баллы, уровни и награды, для повышения мотивации пользователей. Это позволяет сделать процесс обучения более увлекательным и интерактивным. А также решит проблематику смещения фокуса монотонности обучения и линейного усвоения материала.

Хранение данных: Все данные о пользователях и результатах тестирования хранятся в базе данных MySQL. Это обеспечивает удобство работы с большими объемами данных и возможность их быстрого обновления.

Для реализации приложения используются современные технологии:

– Java: применяется для разработки логики приложения, обработки данных и взаимодействия с базой данных. Это обеспечивает надежность и масштабируемость системы.

– Java FX: используется для создания интерактивного и интуитивно понятного пользовательского интерфейса. Это обеспечивает высокую производительность и возможность работы на различных устройствах.

– MySQL: используется для хранения данных о пользователях, курсах и результатах тестирования. Это позволяет быстро и эффективно управлять большими объемами информации [4, 5].

Принцип работы платформы представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Принцип работы

Заключение. Необходимость в создании платформ для повышения уровня подготовки специалистов, обладающих знаниями и практическими навыками в области безопасного автомобилестроения, подталкивает современное общество к модернизации и разработке специализированных комплексных платформ. Разработанная интерактивная обучающая платформа представляет собой эффективное решение для повышения уровня знаний в области безопасности автомобилестроения.

Платформа демонстрирует применение современных технологий для создания персонализированного обучения, что позволяет пользователям получать актуальные знания и навыки. В дальнейшем возможно применение методов обработки естественного языка для улучшения анализа учебных материалов и взаимодействия с пользователями. Это может включать в себя автоматизированные системы вопросов и ответов, которые помогут пользователям быстрее находить необходимую информацию и получать разъяснения по сложным темам.

Кроме того, внедрение аналитических инструментов позволит отслеживать прогресс пользователей и выявлять области, требующие дополнительного внимания. Это создаст возможность для адаптивного обучения, где содержание курсов будет динамически изменяться в зависимости от потребностей и успехов обучающихся.

Важно отметить, что платформа может стать основой для создания сообщества профессионалов, где пользователи смогут обмениваться опытом и знаниями, участвовать в обсуждениях и совместных проектах. Это не только повысит уровень знаний, но и создаст сеть поддержки для специалистов в области безопасности автомобилестроения.

В заключение, разработка интерактивной обучающей платформы — это шаг к более безопасному будущему в автомобилестроении. Она не только отвечает современным требованиям, но и закладывает основы для дальнейшего развития образовательных технологий в этой важной области.

Список литературы

1. Belov I. A. Fundamentals of Road Safety [Electronic resource]. Available at: https://www.transport.ru/publications/belov2020. Date of access: 12.03.2025.

2. Sidorov P. V. Automotive Safety: Modern Approaches and Technologies [Electronic resource]. Available at: https://www.science.ru/publications/sidorov2019. Date of access: 12.03.2025.

3. Kuznetsov A. N. Interactive Teaching Methods in Technical Education [Electronic resource]. Available at: https://www.education.ru/publications/kuznetsov2021. Date of access: 14.03.2025.

4. Johansson J. Design Automation Systems for Production Preparation Applied on the Rotary Draw Bending Process [Electronic resource]. Chalmers University of Technology, 2008. Available at: https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:272959/FULLTEXT01.pdf. Date of access: 15.03.2025.

5. Lindskog E. A Framework for Systematic Use of Realistic Visualization to Support Layout Planning of Production Systems [Electronic resource]. Chalmers University of Technology, 2018. Available at: https://research.chalmers.se/publication/500608/file/500608_Fulltext.pdf. Date of access: 14.03.2025.

UDC 004.418

INTERACTIVE TRAINING PLATFORM IN AUTOMOTIVE SAFETY

Weerakoon N.C.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Medvedev O.S. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This article discusses the development of an interactive learning platform to improve knowledge in the field of automotive safety. It focuses on a new approach to learning using interactive modules and tests, which will improve user experience in the context of increasing safety requirements. The platform will use modern technologies such as Java, Java FX and MySQL to ensure reliable data storage and interactive interaction. Keywords: automotive safety, interactive platform, learning, Java, Java FX, MySQL.

Keywords: Training, interactive tests, automotive, information system, security, Java, Java FX, MySQL.

УДК 621.397.7:331.101.1

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ СИСТЕМЫ УМНОГО ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Турельский О.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Хлудеев И.И. – к. б. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка веб-приложения системы умного видеонаблюдения для автоматизации безопасности. Основное внимание уделено созданию эффективной и производительной системы, способной в реальном времени анализировать видеопоток, выявлять подозрительные объекты и уведомлять пользователей о потенциальных угрозах. Используемые технологии: модель *YOLO*, интегрированная с помощью *ML.NET*, *ASP.NET MVC* для разработки серверной чати, *PostgreSQL* для хранения и управления данными. Применение эргономических принципов и адаптивного дизайна позволяет обеспечить высокий уровень удобства работы с системой.

Ключевые слова: автоматизация, веб-приложение, эргономика, *YOLO*, *UI/UX*, *C#*, *ML.NET*, *ASP.NET MVC, PostgreSQL.*

Введение. Разрабатываемая система умного видеонаблюдения предназначена для решения ключевой проблемы пользователей – обеспечения безопасности и контроля в реальном времени с минимальными затратами ресурсов. Привлекательность системы для пользователей заключается в её способности предоставлять высокоточные и своевременные уведомления о подозрительных событиях, что повышает уровень безопасности. Бизнес идея заключается в сочетании передовых технологий искусственного интеллекта и удобного пользовательского интерфейса [1].

Основная часть. Система умного видеонаблюдения представляет собой веб-приложение, предназначенное для автоматизации процессов обеспечения безопасности с использованием методов искусственного интеллекта. Основная задача заключается в автоматическом определении объектов в видеопотоке с применением модели *YOLO*, интегрированной через *ML.NET*, что позволяет достигать высокой точности и скорости обработки данных [2]. При сканировании объектов система выводит краткую информацию о них, а также результаты анализа. Для повышения эффективности мониторинга реализована возможность фильтрации данных и событий по уровню угрозы, что позволяет оперативно реагировать на потенциальные инциденты.

Технологическая основа системы представлена языком программирования *C#* и фреймворком *ASP.NET MVC*, что обеспечивает удобную разработку серверной части и взаимодействие с клиентским интерфейсом. В качестве базы данных используется *PostgreSQL*. Для работы с базой данных применяются библиотеки *Dapper* и *Entity Framework*, что позволяет комбинировать высокую производительность и удобство работы с объектно-реляционными данными. Контейнеризация с использованием *Docker* упрощает развертывание системы, обеспечивая изоляцию и удобство масштабирования [3].

Архитектурно система построена по многослойному принципу, включающему клиентский слой, серверный слой, слой машинного обучения и базу данных. Клиентский слой представляет собой веб-интерфейс, доступный пользователям и администраторам, предоставляющий удобные инструменты для работы с системой. Серверный слой отвечает за обработку бизнес-логики, управление пользователями, аутентификацию и авторизацию. Слой машинного обучения интегрирован в виде подсистемы обработки видеопотока, где происходит детекция объектов и анализ полученной информации. База данных выполняет роль централизованного хранилища информации, содержащего данные о событиях,

пользователях, настройках системы и других элементах, необходимых для работы приложения.

При разработке учитывались принципы эргономики и *UX/UI*-дизайна, что позволило создать интуитивно понятный интерфейс. Оптимизированная навигация и адаптивный дизайн обеспечивают удобство использования на ПК. Интуитивно понятный и эргономичный интерфейс делает систему доступной для пользователей с различным уровнем технической подготовки, что упрощает её внедрение и использование.

Модуль интеллектуального анализа видео вступает в действие, получая кадры от модуля видеопотока. Его задача – обработать эти данные, выявить движущиеся объекты, распознать возможные аномалии и классифицировать события, такие как появление человека или подозрительное поведение. Используя заранее настроенные алгоритмы, этот модуль фильтрует незначительные изменения (например, шум или тени) и выделяет только те события, которые требуют внимания. Результаты анализа передаются дальше – для хранения и возможного оповещения пользователей.Работа модулей описывается архитектурным паттерном *MVC* с применением *Dependency Injections*. Применение такой практики предоставляет эффективное разделение логики представления и бизнес-логики.

Функциональное и нагрузочное тестирование подтвердило стабильность работы приложения при высокой нагрузке. Проверены функциональность и отзывчивость системы.

Разработка такого веб-приложения — усовершенствование инновационного подхода к цифровизации безопасности. Внедрение современных технологий повышает качество работы, облегчает масштабирование и создает благоприятные условия. Продуманная эргономика интерфейса способствует эффективной работе персонала и лучшему опыту.

Был разработан прототип страницы работы видеокамеры, который изображен на рисунке 1.

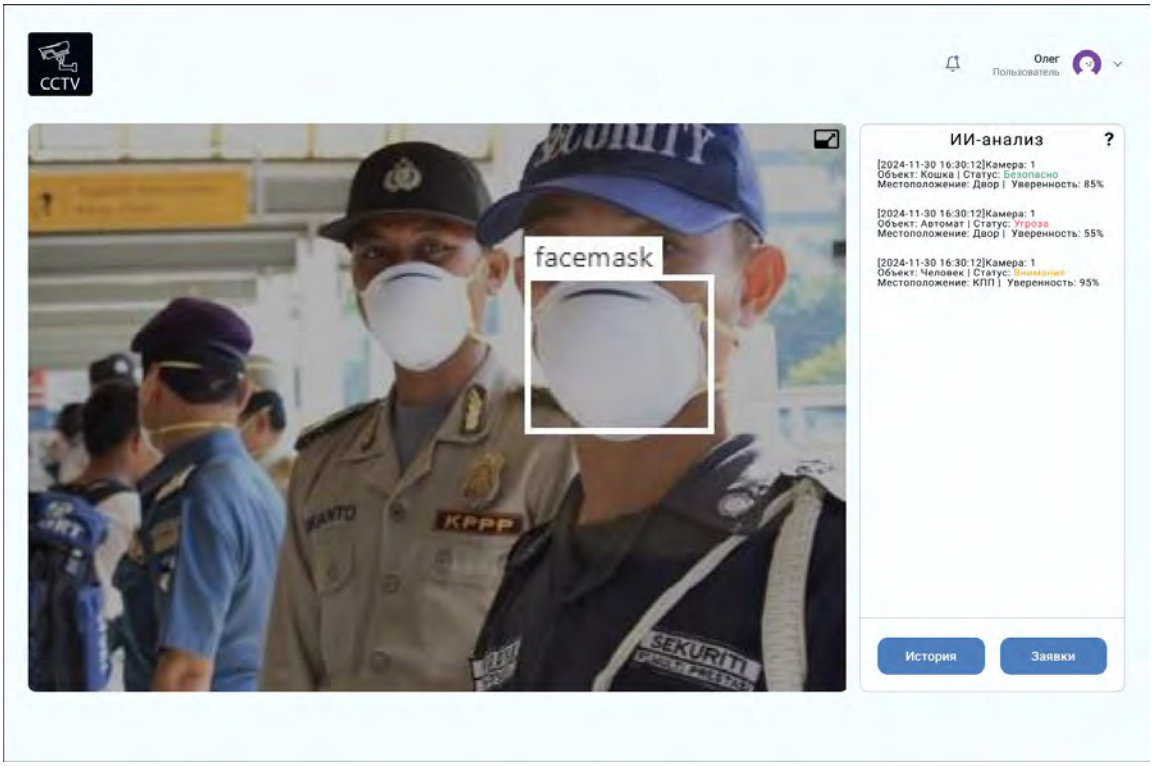


Рисунок 1 – Макет страницы работы видеокамеры

Заключение. Разработанная система умного видеонаблюдения сочетает в себе передовые технологии искусственного интеллекта, машинного обучения и современных методов обработки данных, что позволяет эффективно анализировать видеопоток в

реальном времени. Интеграция модели *YOLO* через *ML.NET* обеспечивает высокую точность детекции объектов, а применение *ASP.NET MVC* и *PostgreSQL* позволяет построить надежную и масштабируемую архитектуру. Автоматизация процессов с помощью *Docker* повышает удобство развертывания и обновления системы. В результате данное решение предоставляет удобный и эффективный инструмент для обеспечения безопасности, контроля доступа и мониторинга с минимальными затратами ресурсов, что делает его актуальным для широкого спектра применений. Веб-приложение системы умного видеонаблюдения объединяет в себе продуманную структуру, эффективный алгоритм работы и обоснованную базу данных, подкрепленные применением современных инструментов и технологий.
Проект демонстрирует способность выполнять ключевые функции: сбор видеоданных, их интеллектуальную обработку, управление доступом и уведомление пользователей о событиях.

К достоинствам веб-приложения относятся:

– гибкость структуры, адаптирующая систему под разные задачи;
– эффективный алгоритм, поддерживающий работу в реальном времени;
– надежная база данных, соответствующая стандартам нормализации.

Список литературы

1. Интеллектуальная система видеонаблюдения: инновации в области безопасности [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://neval77.ru/blog/intellektualnaya-sistema-videonablyudeniya/. Дата доступа: 02.02.2025.

2. Модель YOLOv10: обнаружение объектов в реальном времени [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.ultralytics.com/ru/models/yolov10/. Дата доступа: 02.02.2025.

3. Умрихин Е. Разработка веб-приложений с помощью ASP.Net Core MVC / Е. Умрихин. Москва: Инфра-М, 2021. 312 с.

UDC 621.397.7:331.101.1

SMART VIDEO WEB APPLICATION AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Turelskiy A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Khludeev I.I. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. This article discusses the development of a web-based application for a smart video surveillance system for security automation. The focus is on building an efficient and productive system capable of analyzing video flow in real time, detecting suspicious objects and notifying users about potential threats. Used technologies: YOLO model, integrated with ML.NET, ASP.NET MVC for development of server chat, PostgreSQL for storage and management of data. The application of ergonomic principles and adaptive design allows to ensure a high level of user-friendliness.

Keywords: automation, web application, ergonomics, YOLO, UI/UX, C#, ML.NET, PostgreSQL, ASP.NET MVC.

УДК 004.92 – 681.518

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ГРУЗОВОГО ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ МАЗ

Берговин С. А., Кашляк В. А.

Национальный детский технопарк, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ильясова М.С. – магистр, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматриваются технологии виртуальной реальности (VR) и их применение для создания интерактивных инструкций по эксплуатации автомобилей. Разработана виртуальная инструкция «MAZ E-Truck VR Guide» для грузового электромобиля МАЗ, обеспечивающая возможность изучения устройства автомобиля, его функциональных возможностей и технического обслуживания в VR-среде. Проведено тестирование разработанного решения, подтверждающие его эффективность в обучении персонала и демонстрации технических возможностей.

Ключевые слова: виртуальная реальность, VR, грузовой электромобиль, интерактивная инструкция, моделирование.

Введение. Современные технологии виртуальной реальности находят широкое применение в различных сферах деятельности, включая автомобильную промышленность. Использование VR-технологий позволяет создать иммерсивную среду для обучения и тренировки специалистов, а также предоставляет потенциальным клиентам возможность виртуального тестирования продукции.

В данной статье представлена разработка виртуальной инструкции «MAZ E-Truck VR Guide» для грузового электромобиля МАЗ.

Основная часть. Для реализации проекта была выбрана среда Unity, благодаря её широким возможностям по разработке VR-приложений и наличию встроенных инструментов работы с виртуальной реальностью. В качестве языка программирования использовался C#. Unity обладает рядом преимуществ, включая развитую систему физики и возможность интеграции с различными инструментами визуализации. Также была проведена сравнительная оценка с Unreal Engine, который отличается более высокой графической мощностью, но сложностью освоения. В итоге, Unity был признан наиболее подходящей средой для разработки интерактивных инструкций.

Основной целью разработки является создание виртуальной интерактивной инструкции, позволяющей пользователю изучать конструкцию автомобиля, его элементы управления и процедуры эксплуатации в безопасной и удобной форме.

В ходе разработки проекта были реализованы следующие функции.

1 Возможность открывать двери, капот, управлять рулём, поворотниками и дворниками.

2 Симуляция подключения зарядного устройства, управление процессом зарядки, отображение уровня заряда на приборной панели.

3 Возможность управления автомобилем в различных условиях, изучение поведения автомобиля на дороге.

4 Активация специального режима, позволяющего видеть внутреннее устройство автомобиля, включая двигатели, аккумуляторные блоки и другие компоненты.

5 Возможность проведения интерактивных сценариев, позволяющих изучить принципы работы электрических систем автомобиля, управление зарядкой, использование интерфейсов и диагностику неисправностей.

Модели деталей грузового автомобиля были подготовлены в NX 10 и экспортированы в формат STL (рисунок 1). Для оптимизации моделей и снижения нагрузки на графический

процессор использовалась функция Decimate в Blender [1], что уменьшило количество полигонов в 5-10 раз.

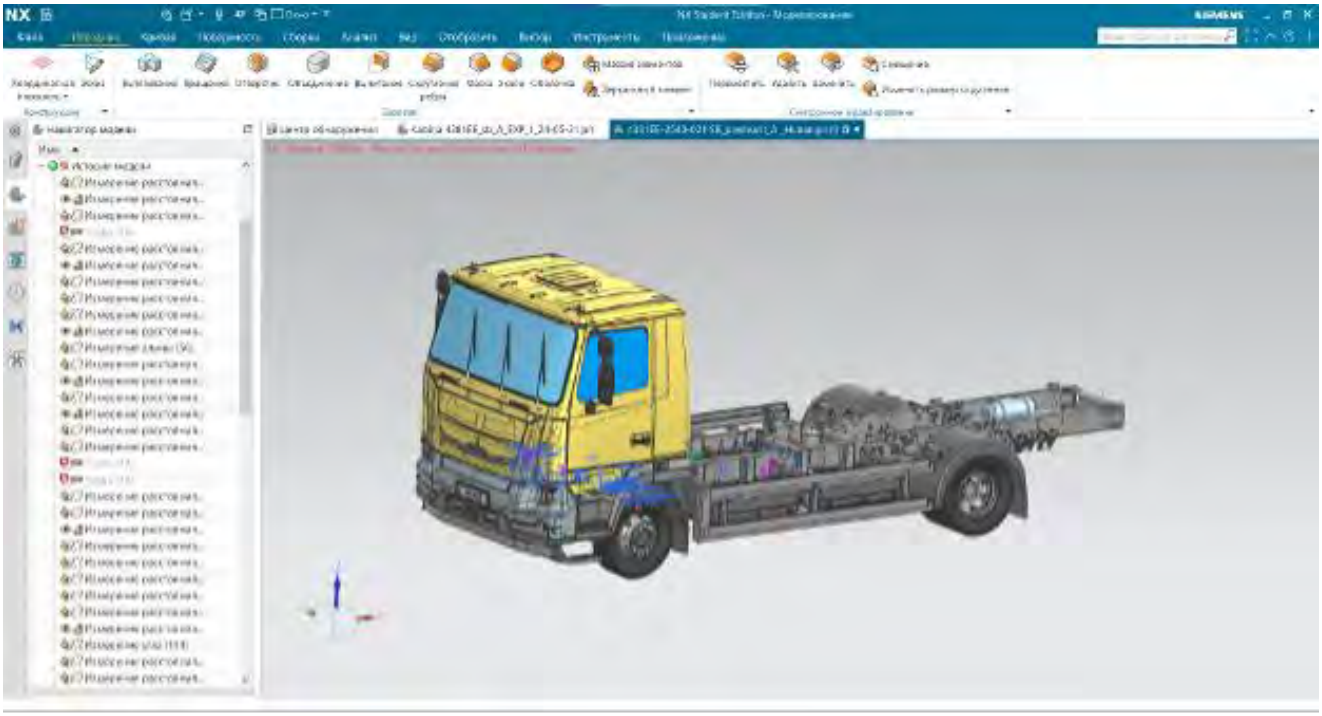


Рисунок 1 – Модель грузового автомобиля в программе NX10

Дополнительно использовались методы UV-развёртки и текстурирования, что позволило значительно повысить качество визуализации. Для анимации отдельных элементов (дверей, капота, колес) применялись риггинг и инверсная кинематика. Эти технологии обеспечили плавные и реалистичные движения в VR-среде.

Для управления автомобилем реализованы скрипты [2], управляющие вращением рулевого колеса, открытием дверей, работой поворотников, стеклоочистителей и спидометра. Взаимодействие пользователя с объектами осуществляется с использованием библиотеки XR в Unity [3]. На рисунке 2 представлена интерактивная кабина грузового автомобиля.

Рисунок 2 – Кабина грузового автомобиля в программе Unity

Для удобства управления виртуальной инструкцией были добавлены подробные описания элементов, а также аудио сопровождение, соответствующее аудио сопровождению автомобиля в реальном мире. Данные подсказки помогают пользователю объяснить работу ключевых элементов. Использовались триггеры взаимодействия, позволяющие игроку легко перемещаться по функциональным зонам автомобиля.

Проведено тестирование функциональных возможностей виртуальной инструкции. Оценивалась точность отображения моделей, корректность работы интерактивных элементов, удобство интерфейса и производительность системы. По результатам тестирования были выявлены и исправлены ошибки, связанные с некорректным экспортом моделей и обработкой коллизий.

Дополнительно было проведено бета-тестирование, в котором приняли участие специалисты автомобильной отрасли и потенциальные клиенты. По их отзывам, VR-инструкция обеспечила высокий уровень вовлечённости, позволив глубже понять устройство электромобиля МАЗ.

Заключение. Разработанная VR-инструкция «MAZ E-Truck VR Guide» позволяет пользователям изучать устройство грузового электромобиля МАЗ в интерактивной форме, взаимодействуя с его элементами в виртуальном пространстве. Это решение способствует повышению качества обучения персонала, упрощает техническое обслуживание и демонстрацию возможностей автомобиля. В будущем возможны доработки проекта, включая расширение функциональности и улучшение графического исполнения.

Перспективы дальнейшего развития включают интеграцию технологий дополненной реальности (AR) для повышения интерактивности и возможность подключения системы анализа данных для оценки эффективности обучения. Планируется расширение базы инструкций для других моделей автомобилей, что позволит использовать VR-решения в более широком масштабе.

Список литературы

1. Blender Documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.blender.org/. Дата доступа: 20.03.2025.

2. Unity User Scripting API documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.unity3d.com/ScriptReference/. Дата доступа: 20.03.2025.

3. Unity User Scripting API documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.unity3d.com/ScriptReference/. Дата доступа: 20.03.2025.

UDC 004.92 – 681.518

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL INSTRUCTION FOR AN ELECTRIC TRUCK MAZ

Bergovin S. A., Kashliak V. A.

National Children's Technopark, Minsk, Republic of Belarus

Ilyasova M.S. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. The article discusses virtual reality (VR) technologies and their application for creating interactive instruction manuals for automobile operation. A virtual instruction manual has been developed "MAZ E-Truck VR Guide" for the electric truck MAZ, which provides an opportunity to study the device of the vehicle, its functional functional capabilities and maintenance in VR environment. Testing of the developed solution was carried out, confirming its effectiveness in personnel training and demonstration of technical capabilities.

Keywords: virtual reality, VR, electric truck, interactive manual, modeling.

УДК [004.42+621.395.721.5]:378.147+331.101.1

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ БГУИР И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Доровко Я.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пилиневич Л.П. – д. т. н., профессор, профессор кафедры ИПиЭ

Аннотация. Разработано мобильное приложение информационной поддержки процесса обучения для студентов БГУИР, интегрирующее расписание занятий, успеваемость, учебные материалы и персональные задачи в единый интерфейс, что устраняет проблему фрагментации данных в университетских системах. Приложение реализовано на платформе *Android* с использованием *Kotlin*, *Jetpack Compose*, *SQLite* и архитектурных паттернов *MVVM*/*Clean Architecture*, обеспечивающих модульность, стабильность и офлайн-доступ. Интеграция с системами университета (ИИС, СЭО) через *RESTful API* гарантирует актуальность данных, а контекстно-зависимая навигация и эргономичный интерфейс, спроектированный по принципам *Material Design*, снижают когнитивную нагрузку пользователей.

Ключевые слова: мобильное приложение, образование, эргономика, *Android*, *Kotlin.*

Введение. Цифровизация образовательного процесса требует создания инструментов, обеспечивающих удобный доступ к учебным данным. В школьной практике успешно применяются системы электронных журналов и дневников, например, «Знай.бай», объединяющие расписание, оценки, материалы и задания в едином интерфейсе [1]. Однако в университетах, включая Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (БГУИР), отсутствует единая мобильная платформа, аналогичная школьным электронным дневникам, агрегирующая ключевые аспекты учебного процесса, что приводит к фрагментации информации и рассредоточению данных между системами ИИС, СЭО и сторонними приложениями.

Существующая Интегрированная информационная система (ИИС) университета предоставляет разрозненные данные через неудобный веб-интерфейс, а сторонние приложения («Расписание БГУИР», «Мой ИИС») охватывают лишь узкие задачи, не обеспечивая комплексной поддержки учебного процесса.

Основная часть. Цель проекта – разработка мобильного приложения информационной поддержки учебного процесса для студентов БГУИР, обеспечивающего централизованный доступ к расписанию, успеваемости, материалам занятий и персональным задачам в едином эргономичном интерфейсе.

Для достижения цели решены задачи:

- анализ предметной области, существующих решений и требований пользователей;
- проектирование трехуровневой архитектуры;
- реализация клиентской части на *Kotlin* с использованием *Jetpack Compose*;
- интеграция с университетскими системами. Обеспечение офлайн-доступа;
- эргономическая оценка интерфейса.

Приложение реализовано на платформе *Android* с использованием языка *Kotlin*, что обеспечивает нативную интеграцию с ОС и поддержку современных инструментов разработки, таких как *Jetpack Compose* для *UI* [2]. Локальное хранение данных организовано на базе *SQLite* с применением библиотеки *Room*, что позволяет работать в офлайн-режиме. Для сетевого взаимодействия с ИИС и СЭО использованы *Retrofit* и *Moshi*, обеспечивающие синхронизацию данных через *RESTful API*.

Архитектура приложения основана на паттерне *MVVM* (*Model-View-ViewModel*) и принципах *Clean Architecture* [3]. Это позволило достичь модульности и упростить тестирование компонентов, за счет четкого разделения на уровни:

– *Data* – взаимодействие с *API* и базой данных;
– *Domain* – бизнес-логика и *Use Cases*;
– *Presentation* – *UI* и *ViewModel*.

Поскольку приложение разрабатывалось для студентов, его функциональность должна учитывать ключевые аспекты образовательного процесса и решать поставленные перед ним задачи, продиктованные потребностями пользователей.

Задачи системы конкретизируют ее назначение и раскрывают основные функциональные разделы приложения. Основные задачи проектируемой системы включают следующее:

– просмотр расписаний занятий;
– отслеживание успеваемости (оценки и пропуски);
– доступ к темам и материалам занятий;
– ведение списка задач.

Исходя из этого можно выделить несколько ключевых функциональных разделов системы (модулей), каждый из которых нацелен на решение конкретных задач, связанных с учебным процессом.

Функциональные разделы системы:

– расписание;
– успеваемость (пропуски и оценки);
– темы и материалы занятий;
– задачи.

Система объединяет автономные, но интегрированные модули. Ядро — расписание, связывающее занятия с материалами, оценками и задачами для контекстной навигации. Модуль успеваемости агрегирует данные из ИИС, обогащая их метаданными расписания.

Взаимодействие модулей обеспечивается сквозной архитектурой данных. Двусторонняя синхронизация с университетскими системами (ИИС, СЭО) гарантирует актуальность данных. При этом локальное кэширование позволяет работать в офлайн-режиме, сохраняя базовую функциональность. Таким образом, система не только отвечает явным запросам пользователей, но и предвосхищает их потребности, создавая персонализированную образовательную среду, адаптирующуюся под индивидуальный учебный ритм каждого студента.

Интерфейс приложения спроектирован с учетом принципов *Material Design*. Прототип пользовательского интерфейса представлен на рисунке 1.

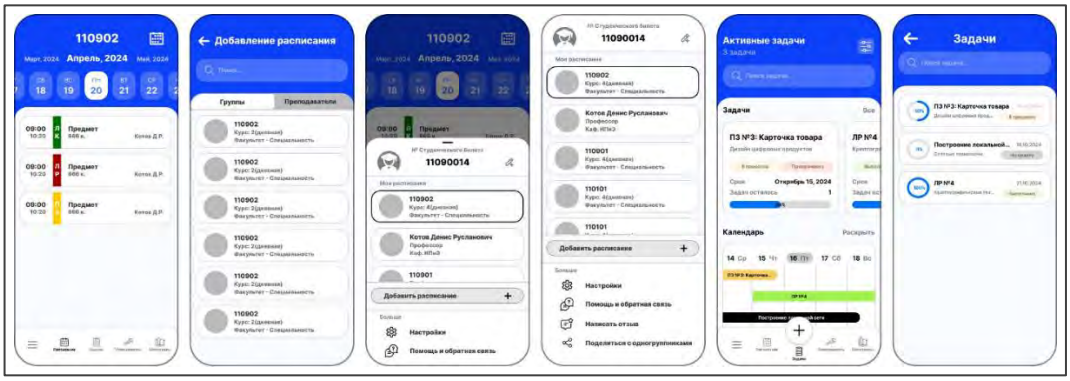


Рисунок 1 – Прототип пользовательского интерфейса

Для оценки эргономичности интерфейса использовалась методика, основанная на расчете групповых эргономических показателей (Гр.ЭП) и весовых коэффициентов

эргономических свойств (таблица 1). Учитывались психофизиологические, психологические и антропометрические требования, как наиболее значимые для мобильных систем [4].

Таблица 1 – Значения весовых коэффициентов эргономических свойств

Эргономическое свойство	Значение весового коэффициента
Управляемость	0.6
Освояемость	0.4

Общая эргономичность составила 0.855 (по шкале 0–1), что соответствует оценке «отлично». Однако выявлены зоны для улучшения:

– внедрение темной темы (*WCAG*-контрастность ≥ 4.5);
– оптимизация цветовой схемы (акцентные цвета для статусов задач);
– добавление интерактивного гайда для новых пользователей.

Заключение. Разработанное приложение устраняет ключевые недостатки существующих решений, предоставляя студентам БГУИР единую платформу для управления учебным процессом. Интеграция с университетскими системами и эргономичный интерфейс снижают когнитивную нагрузку на студентов, упрощая доступ к учебным данным. Использование *Kotlin* и *Jetpack Compose* обеспечило высокую производительность и удобство разработки, а современные архитектурные подходы (*MVVM*, *Clean Architecture*) – гибкость и масштабируемость системы.

Внедрение решения позволит студентам БГУИР сосредоточиться на обучении, минимизировав время на рутинные операции, и станет шагом к формированию единой образовательной экосистемы, интегрирующей все аспекты учебной деятельности.

Список литературы

1. Знай бай - Электронные дневники и журналы в Беларуси [*Электронный ресурс*]. *Режим доступа: https://znaj.by. Дата доступа: 14.02.2025.*

2. Android Developers Documentation: Jetpack Compose [*Электронный ресурс*]. *Режим доступа: https://developer.android.com/jetpack/compose. Дата доступа: 21.02.2025.*

3. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения / Р. Мартин. Санкт-Петербург: Питер, 2021. 352 с. ISBN 978-5-4461-0772-8.

4. Шупейко И. Г. Эргономическое проектирование систем «человек – машина»: пособие / И. Г. Шупейко. Минск: БГУИР, 2017. 76 с. ISBN 978-985-543-330-0.

UDC [004.42+621.395.721.5]:378.147+331.101.1

MOBILE APPLICATION FOR INFORMATION SUPPORT OF THE LEARNING PROCESS FOR BGUIR STUDENTS AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Dorovko Y.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Pilinevich L.P. – Dr. of Sci., Professor, Professor of the Department of EPE

Annotation. A mobile application for information support of the learning process for BSUIR students was developed, integrating class schedules, grades, study materials and personal tasks into a single interface, which eliminates the problem of data fragmentation in university systems. The application is implemented on Android platform using Kotlin, Jetpack Compose, SQLite and MVVM/Clean Architecture patterns that ensure modularity, stability and offline access. Integration with university systems (IIS, LMS) via RESTful API guarantees data relevance, while context-sensitive navigation and ergonomic interface designed according to Material Design principles reduce users' cognitive load.

Keywords: mobile application, education, ergonomics, Android, Kotlin.

УДК 004.774

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОВМЕСТНЫХ ПУТЕШЕСТВИЙ ПО БЕЛАРУСИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ковалевич А.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Борисик М.М. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В материалах доклада рассматривается разработка веб-приложения, предназначенного для организации совместных путешествий по Беларуси. Создание данного веб-приложения направлено на упрощение процесса планирования групповых поездок, что позволит пользователям легко находить попутчиков и координировать свои путешествия через удобный интерфейс и встроенные средства коммуникации.

Ключевые слова: веб-приложение, совместные путешествия, эргономика, React, Node.js, PostgreSQL.

Введение. Внутренний туризм в Беларуси имеет значительный потенциал, однако отсутствие удобных инструментов для совместного планирования поездок ограничивает его развитие. Существующие платформы в основном ориентированы на индивидуальные маршруты и не учитывают потребности пользователей, желающих путешествовать в компании.

Разрабатываемое веб-приложение призвано решить эту проблему, предлагая комплексный подход к организации групповых путешествий. Его ключевая особенность — это создание единого цифрового пространства, где пользователи могут не только планировать маршруты, но и находить попутчиков, обсуждать детали поездки, а также делиться впечатлениями после ее завершения. Такая интеграция различных аспектов путешествия в одной платформе существенно упрощает процесс организации и делает его более комфортным для всех участников.

Основная часть. Разработка веб-приложения осуществляется с использованием современных технологий, обеспечивающих высокую производительность и удобство взаимодействия. Приложение построено на трехуровневой архитектуре, включающей клиентский уровень, серверный уровень и уровень базы данных, что позволяет четко разделять функциональность и обеспечивать гибкость при развитии системы [1].

Клиентская часть реализована на базе React и TypeScript, что обеспечивает модульность, удобство сопровождения и высокий уровень безопасности кода. Она отвечает за отображение пользовательского интерфейса, обработку пользовательских действий и взаимодействие с серверной частью через API. Компонентный подход React позволяет создавать переиспользуемые элементы, упрощая разработку и поддержку приложения [2].

Серверная часть приложения разработана с использованием Node.js и Express. Она выполняет обработку запросов от клиента, управляет бизнес-логикой приложения и обеспечивает безопасное взаимодействие с базой данных. Для повышения производительности и отказоустойчивости реализованы механизмы кэширования и логирования, что позволяет эффективно обрабатывать запросы даже при увеличении количества пользователей.

В качестве системы управления базами данных выбрана PostgreSQL, обеспечивающая надежное хранение данных и поддержку сложных запросов. База данных содержит информацию о пользователях, маршрутах, чатах и откликах на поездки. Оптимизированная структура данных и индексация позволяют быстро выполнять выборку информации и обеспечивать стабильную работу системы.

Основные функциональные возможности приложения включают создание и редактирование маршрутов, где пользователи могут указывать ключевые точки, даты поездки и дополнительные условия. Поиск попутчиков реализован через гибкую систему фильтров, позволяющую находить подходящие поездки по дате, маршруту и предпочтениям. Встроенный чат дает возможность участникам поездки обсуждать детали и договариваться о совместных планах в удобном формате. Также реализована система профилей пользователей, где можно просматривать историю поездок, отмечать завершенные путешествия и оставлять отзывы о попутчиках, что способствует формированию доверия среди пользователей платформы.

При разработке приложения особое внимание было уделено созданию удобного и интуитивно понятного интерфейса. Навигационная система построена таким образом, чтобы пользователь мог переходить между разделами с минимальным количеством действий, благодаря четкой иерархии меню и быстрому доступу к основным функциям. Формы ввода данных снабжены подробными инструкциями для каждого поля, реализована валидация в реальном времени с подсказками при возникновении ошибок, что существенно снижает вероятность некорректного заполнения.

Визуальный дизайн интерфейса выполнен с использованием сбалансированной цветовой гаммы, обеспечивающей комфортное восприятие информации. Все элементы интерфейса имеют четкое визуальное разделение, что улучшает ориентацию пользователя в системе. Особое внимание уделено адаптивности интерфейса - обеспечивается корректное отображение на мобильных устройствах за счет оптимизации для различных размеров экранов и учета особенностей управления. Все эти решения направлены на создание комфортной пользовательской среды, доступной для людей с разным уровнем технической подготовки.

Заключение. В результате разработки создано веб-приложение для организации совместных путешествий по Беларуси. Приложение сочетает современные технологии с продуманным интерфейсом, обеспечивая удобство использования и стабильную работу. Использование React, Node.js и PostgreSQL позволило создать производительное и масштабируемое решение. Интуитивно понятный интерфейс делает приложение доступным для широкого круга пользователей, способствуя развитию внутреннего туризма через упрощение организации групповых поездок.

Список литературы

1. *Клиент-серверная архитектура [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.hexlet.io/courses/internet-fundamentals/lessons/client-server/theory_unit. Дата доступа: 12.02.2025.*

2. *React [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://react.dev/learn. Дата доступа: 15.02.2025.*

UDC 004.774

WEB APPLICATION FOR JOINT TRAVEL IN BELARUS AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Kovalevich A.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borisik M.M. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The paper presents a web application designed to organize joint trips in Belarus. The main focus is on ergonomics and usability, enabling users to plan routes, find travel companions, and communicate in real time. The application features an intuitive interface, adaptive design, and a wide range of functions for seamless interaction.

Keywords: web application, joint trips, ergonomics, React, TypeScript, Node.js, PostgreSQL.

УДК 004.67

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ АВТО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Малевич В.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Борисик М.М. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка веб-приложения для оценки рыночной стоимости автомобилей с использованием машинного обучения. Основой системы является модель градиентного бустинга LightGBM, которая анализирует характеристики транспортных средств для точного предсказания цены. Разработанный инструмент позволяет упростить процесс оценки автомобилей, сделав его быстрым и удобным для пользователей.

Ключевые слова: *машинное обучение, оценка автомобилей, веб-приложение.*

Введение. Современные технологии машинного обучения находят все большее применение в различных сферах, включая анализ данных, прогнозирование цен и автоматизацию бизнес-процессов. Автомобильный рынок является одной из отраслей, где точная оценка стоимости транспортного средства играет ключевую роль как для продавцов, так и для покупателей. Однако традиционные методы оценки основаны на субъективных факторах и экспертных заключениях, что может приводить к неточностям.

Разработанное веб-приложение на основе машинного обучения позволяет объективно определять рыночную стоимость автомобилей, анализируя данные о характеристиках транспортного средства и рыночные условия. Это делает процесс оценки более прозрачным, быстрым и удобным.

Основная часть. Для реализации проекта был использован следующий стек технологий. Серверная часть построена на ***Flask*** – легковесном веб-фреймворке на *Python*, который предоставляет гибкие инструменты для обработки запросов, управления маршрутами и работы с базами данных [1].

В основе системы оценки лежит модель ***LightGBM***, обладающая высокой скоростью предсказаний и способностью анализировать сложные зависимости в больших объемах данных [2].

Для хранения информации используется ***MySQL*** – реляционная база данных, обеспечивающая надежное управление данными и масштабируемость.

Клиентская часть веб-приложения разработана с применением ***HTML***, ***CSS*** и ***JavaScript***, что позволило создать адаптивный интерфейс, удобный для работы на разных устройствах.

Основной функционал для пользователя включает следующие возможности:

– регистрация пользователя;
– авторизация пользователя;
– ввод характеристик автомобиля;
– оценка стоимости автомобиля;
– просмотр результатов оценки;
– просмотр истории запросов;
– просмотр статистики по оцененным автомобилям;
– экспорт отчета об автомобиле в PDF.

На рисунке 1 представлен скриншот страницы ввода характеристик авто.

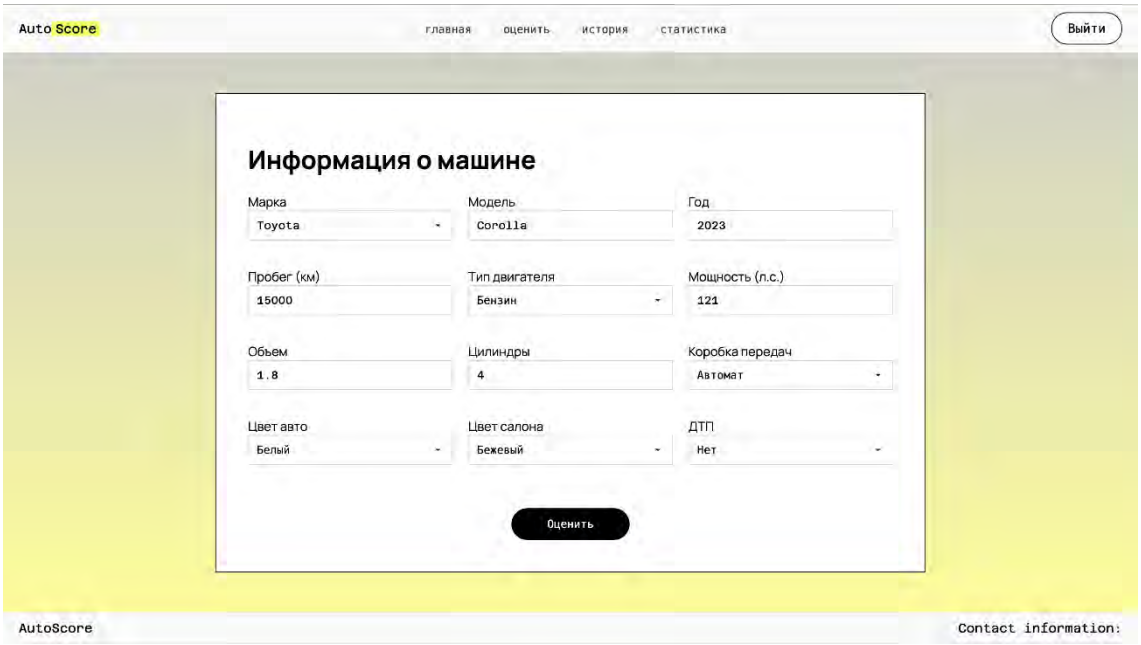


Рисунок 1 – Страница ввода характеристик авто

Заключение. Разработанное веб-приложение предоставляет пользователям удобный инструмент для точного расчета стоимости автомобилей, снижая риски заниженной или завышенной цены при продаже. Использование машинного обучения позволяет анализировать большой объем данных и учитывать множество факторов, влияющих на стоимость транспортного средства.

Список литературы

1. What is Flask Python? [Электронный ресурс] / IONOS. – 2023. Режим доступа: https://www.ionos.com/digitalguide/websites/web-development/flask-python/. Дата доступа : 18.03.2025.

2. LightGBM (Light Gradient Boosting Machine) [Электронный ресурс] / GeeksforGeeks – 2025. Режим доступа: https://www.geeksforgeeks.org/lightgbm-light-gradient-boosting-machine/. Дата доступа : 18.03.2025.

UDC 004.67

WEB APPLICATION FOR CAR VALUE ESTIMATION USING MACHINE LEARNING METHODS AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Malevich V.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borisik M.M. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This article discusses the development of a web application for estimating the market value of vehicles using machine learning. The basis of the system is the LightGBM gradient boosting model, which analyzes the characteristics of vehicles to accurately predict the price. The developed tool simplifies the process of car valuation by making it fast and user-friendly.

Keywords: machine learning, car estimation, web application.

УДК 004.42:659.1

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЕЙСТВИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ИГРАБЕЛЬНОЙ РЕКЛАМЕ

Мишота В.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Карпович Е.Б. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматривается программный комплекс для сбора и анализа пользовательских взаимодействий в играбельной рекламе. Решение интегрировано в дашборд – сервис управления рекламой, который включает настройку геймплея, сборку билдов и замену ассетов. При включении трекинга код трекера автоматически добавляется в билд, а данные о действиях пользователей отправляются в автономный сервис сбора информации. В дашборде доступны инструменты визуального анализа и формирования отчетов, позволяющие исследовать пользовательское поведение и оптимизировать рекламные кампании.

Ключевые слова: аналитика, визуализация данных, играбельная реклама, трекинг действий пользователей, UX/UI, Node.js, MySQL, Vue.

Введение. Играбельная реклама – это интерактивный формат цифровой рекламы, позволяющий пользователям взаимодействовать с рекламным контентом. В отличие от традиционных рекламных объявлений, таких как баннеры или видеоролики, играбельная реклама предоставляет возможность попробовать продукт до совершения целевого действия. Этот формат используется не только в игровой индустрии, но и для продвижения различных товаров и услуг, подписок, фильмов, а также для проведения опросов [1].

Высокая вовлеченность пользователей делает играбельную рекламу эффективным инструментом маркетинга, однако рекламодатели сталкиваются с рядом проблем при анализе ее эффективности. Обычные метрики, такие как клики и конверсии, не позволяют полноценно оценить взаимодействие пользователей с интерактивным контентом. Недостаток данных о поведении внутри рекламы усложняет оптимизацию креативов и делает процесс настройки кампаний менее предсказуемым [2].

Разработанный программный комплекс предназначен для сбора, анализа и визуализации данных о поведении пользователей в играбельной рекламе. Он интегрирован в дашборд управления рекламными кампаниями и позволяет рекламодателям получать детализированную аналитику без необходимости сложной технической настройки.

Целью является разработка программного комплекса для отслеживания и визуализации пользовательских действий в играбельной рекламе, позволяющего собирать, обрабатывать и анализировать данные для повышения эффективности рекламных кампаний.

Для достижения этой цели решаются следующие задачи:

– создание механизма автоматического включения трекинга в рекламные билды;

– разработка стабильного и быстрого сервиса сбора пользовательских событий;

– интеграция модуля визуализации данных в существующий дашборд;

– обеспечение удобства работы с системой за счет эргономичного интерфейса.

Основная часть. Программный комплекс включает в себя три ключевых компонента: модуль трекинга, сервис сбора данных и модуль визуализации в дашборде.

Модуль трекинга автоматически добавляется в рекламный билд при его сборке. Если трекинг включен, в код рекламы внедряется обработчик событий, который фиксирует пользовательские действия, такие как клики, свайпы, время удержания и выходы, а также

любые необходимые для выполнения целей каждой отдельной рекламной кампании особые события. Механизм не блокирует основной поток рекламного приложения и не ломает его в случае ошибки трекинга, за счет чего пользовательский опыт никак не ухудшается при добавлении трекинга в проект.

Сервис сбора данных функционирует автономно, принимая события от рекламных креативов, обрабатывая их и сохраняя в базе данных MySQL. Основное внимание уделяется стабильности работы и высокой скорости обработки входящих данных, ведь при временной недоступности этого сервиса или его недостаточной пропускной способности будут потеряны важные для рекламной кампании данные. Система использует механизмы оптимизированной записи и индексации данных, что позволяет быстро выполнять аналитические запросы даже при большом объеме поступающей информации.

Модуль визуализации интегрирован в дашборд, который разработан на Vue и Node.js. Он предоставляет инструменты для анализа данных, собранных в процессе взаимодействия пользователей с играбельной рекламой. Дашборд позволяет исследовать статистику кликов, анализировать тепловые карты активности, строить воронки конверсии и определять проблемные места во взаимодействии с рекламным контентом. Визуализации адаптированы под различные сценарии использования, что делает их удобными как для маркетологов, так и для технических специалистов.

Разработанный программный комплекс использует стек технологий, включающий Node.js для серверной части, MySQL для хранения данных и Vue для фронтенда дашборда. Выбор этих технологий обусловлен их высокой производительностью [4], гибкостью и удобством интеграции между различными компонентами системы. Важной особенностью решения является его масштабируемость, что позволяет адаптировать систему к увеличению объема данных и росту рекламных кампаний.

Система обладает рядом преимуществ перед существующими решениями. Она не требует сложной интеграции, так как автоматически включает код трекинга в рекламные билды. Сервис сбора данных работает независимо, обеспечивая бесперебойную обработку информации. Визуализации в дашборде позволяют анализировать собранные данные без необходимости использования дополнительных инструментов. Это делает программный комплекс удобным и эффективным инструментом для рекламодателей, стремящихся оптимизировать свои кампании на основе реальных пользовательских данных.

Расположение настроек трекинга в интерфейсе дашборда представлено на рисунке 1.

Рисунок 1 – Расположение настроек трекинга в интерфейсе дашборда

Таким образом, актуальность разработнного решения обусловлена востребованностью специализированного инструмента, который обеспечивает бесшовную

интеграцию трекингового кода в рекламные билды без привлечения сторонних сервисов. В отличие от универсальных систем, требующих дополнительных настроек и адаптации, предложенное решение учитывает специфику играбельной рекламы, что существенно упрощает рабочие процессы и повышает надежность сбора данных.

Система реализует функцию автоматического внедрения кода трекинга в билды в один клик, что минимизирует риск возникновения ошибок и сокращает затраты на техническую поддержку. Благодаря узкой направленности на интерактивные рекламные форматы, функционал адаптирован под специфические требования рекламодателей, предоставляя гибкие инструменты настройки. Это делает продукт удобным и эффективным решением как для разработчиков, так и для маркетологов, работающих с играбельной рекламой.

Кроме того, встроенные возможности дашборда позволяют в режиме реального времени контролировать корректность работы трекинга, а автономная архитектура сервиса сбора данных обеспечивает бесперебойную обработку событий даже при высокой нагрузке. Совокупность этих факторов делает разработанный инструмент эффективным решением для повышения результативности рекламных кампаний и точного анализа пользовательского поведения без необходимости сложных интеграционных процедур.

Заключение. В ходе разработки был создан сервис, который позволяет встраивать код отслеживания в рекламные билды, обеспечивая удобную и надежную интеграцию. Реализованы модули сбора и визуализации данных, позволяющие оперативно анализировать пользовательскую активность, а также разработан эргономичный интерфейс, упрощающий работу с системой и повышающий эффективность управления рекламными кампаниями.

Список литературы

1. *Что, Как и Почему в Playable Ads [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/415761/. Дата доступа: 01.02.2025.*

2. *Интерактивные технологии в рекламе: особенности построения рекламной коммуникации в интернет-сегменте [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/interaktivnye-tehnologii-v-reklame-osobennosti-postroeniya-reklamnoy-kommunikatsii-v-internet-segmente. Дата доступа: 02.02.2025.*

3. *MySQL [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mysql.com/. Дата доступа: 03.02.2025.*

4. *The benchANT Database Ranking [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://benchant.com/ranking/database-ranking. Дата доступа: 04.02.2025.*

UDC 004.42:659.1

SOFTWARE PACKAGE FOR TRACKING AND VISUALIZING USER ACTIONS IN GAMING ADVERTISING AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Mishota U.H.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Karpovich E.B. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article discusses a software package for collecting and analyzing user interactions in playable advertising. The solution is integrated into a dashboard — an advertising management service that includes gameplay settings, build assembly, and asset replacement. When tracking is enabled, the tracker code is automatically added to the build, and user action data is sent to an autonomous information collection service. The dashboard provides visual analysis and reporting tools that allow you to study user behavior and optimize advertising campaigns.

Keywords: analytics, data visualization, playable ads, user activity tracking, UX/UI, Node.js, MySQL, Vue.

УДК [621.395.721.5:004.42+681.51]:728.45

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ РАБОТ В ОБЩЕЖИТИИ БГУИР

Назарук К.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Карпович Е.Б. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Разработано мобильное приложение для автоматизации процессов учета и контроля общественных работ в общежитии, которое позволяет создать централизованную и унифицированную среду для взаимодействия студентов, проживающих в общежитии, и администрации общежития по вопросу выполнения регламентированных заданий ОПТ и дежурств без посредников в виде мессенджеров или электронных документов.

Ключевые слова: мобильное приложение, дежурства, общественно-полезный труд, общежитие, учет и контроль общественных работ, Android, Kotlin.

Введение. В современных университетах общежития играют важную роль как в образовательном, так и в социальном процессе. Важной задачей для администрации общежитий является эффективная организация и контроль выполнения студентами общественных работ, что способствует поддержанию порядка и созданию условий для комфортного проживания. Однако существующие методы управления этими процессами часто неэффективны, так как основаны на ручных или полуавтоматизированных процессах, что увеличивает вероятность ошибок, дублирования данных и задержек. Автоматизация этих процессов с помощью мобильного приложения позволит не только упростить задачи контроля, но и повысить ответственность студентов за выполнение своих обязанностей.

Цель проекта – разработать мобильное приложение для автоматизации и централизации процессов учета и контроля общественных работ в общежитии БГУИР. Объектом исследования проекта является мобильное приложение для управления дежурствами, заданиями общественно-полезного труда (далее – ОПТ) и учета статистики по выполнению общественных работ в общежитии БГУИР. Предмет исследования – технологии создания мобильных приложений.

Основная часть. В 2018 году специалистами Института производительности было проведено исследование, показавшее, что 80% времени сотрудники разных компаний тратят на непродуктивные действия. Лишь оставшиеся 20% рабочего дня персонал занят полезной и эффективной работой. Внедрение программ с функциями таск менеджера помогает сделать работу более качественно. Таск менеджер – это программа, которая помогает проверить эффективность сотрудников, а также поставить задачи и проследить за их выполнением. Важное преимущество таск менеджера – максимальное исключение влияния человеческого фактора на работу. С помощью такой программы сотруднику сложнее забыть о запланированных делах, а уведомление о поставленной задаче, как и напоминания, помогут соблюсти сроки [1].

Студенты, проживающие в общежитии, привлекаются администрацией к ОПТ. К основным видам ОПТ относятся: систематическая уборка помещений общего пользования и закрепленных за общежитием территорий, благоустройство и озеленение территорий, прилегающих к общежитию; оборудование помещений, выполнение распоряжений администрации студгородка и общежитий, связанных с основной деятельностью общежитий, оказание помощи в организации и проведении общественно-полезных, культурно-досуговых и спортивно-оздоровительных мероприятий.

Существующие решения среди таск менеджеров, такие как универсальные приложения для управления задачами (Trello, Microsoft ToDo, Todoist) не адаптированы к особенностям работы общежитий, не поддерживают специфические функции, что делает их менее эффективными в данном контексте. Таким образом, разработка специализированного мобильного приложения является целесообразной и актуальной.

Основными задачами достижения цели проектирования являются анализ предметной области, рассмотрение аналогов разрабатываемого программного средства, составление требований по разработке структуры и алгоритма работы приложения, алгоритма работы пользователей на основе выявленных достоинств и недостатков рассмотренных аналогов, тестирование мобильного приложения; оценка стоимости затрат и экономической эффективности разработки приложения.

Мобильное приложение для автоматизации процессов учета и контроля общественных работ в общежитии имеет три роли: студент, староста этажа и администратор общежития. Администратор может создавать новые и редактировать существующие задания, подтверждать выполнение заданий, взаимодействовать со студентами и старостой этажа с помощью встроенного чата, редактировать данные о студентах, связанные с дежурствами и заданиями ОПТ, графики дежурств; а также сохранять сгенерированные отчеты о выполненных студентами заданиях ОПТ и дежурствах. Староста этажа выполняет вспомогательную функцию для администратора, он имеет доступ к редактированию графика дежурств и встроенному чату с администратором. Студент может подавать заявки на выполнение текущих заданий, взаимодействовать с администратором в чате, отправлять фотоотчеты для подтверждения выполнения задания, записываться в график дежурств и отслеживать свою статистику по выполнению заданий ОПТ и дежурств.

Разрабатываемое программное средство представляет систему из двух модулей: мобильное приложение и серверная часть. Мобильное приложение обеспечивает интерфейс взаимодействия пользователя с программным средством. Серверная часть играет роль связующего звена между мобильными устройствами пользователей. Также она хранит и отправляет необходимые данные на устройства. Взаимодействие происходит с помощью HTTP запросов и JSON ответов [2].

Для реализации мобильного приложения на Android выбран язык программирования Kotlin. Kotlin лаконичен, безопасен, прагматичен и ориентирован на взаимодействие с кодом Java. Его можно использовать для разработки серверных приложений, приложений для Android, настольных или портативных клиентов и многого другого. Компания Google приняла решение использовать Kotlin в качестве официального языка разработки приложений под управлением Android.

Для реализации пользовательского интерфейса выбрана библиотека Jetpack Compose.

Jetpack Compose – это набор инструментов для построения современных пользовательских интерфейсов в Android приложениях, выстроенный на базе языка программирования Kotlin [3].

Для реализации серверной части приложения выбран сервис PocketBase – это серверная часть с открытым исходным кодом, состоящая из встроенной базы данных SQLite с проверкой данных, подписками в реальном времени и простым в использовании REST API. PocketBase может легко обслуживать более 10 000 одновременных и постоянных подключений в реальном времени на 6 виртуальных частных серверах, что делает его доступным выбором [4].

Главный экран приложения, отображающий список текущих задач ОПТ для студентов, отображен на рисунке 1.

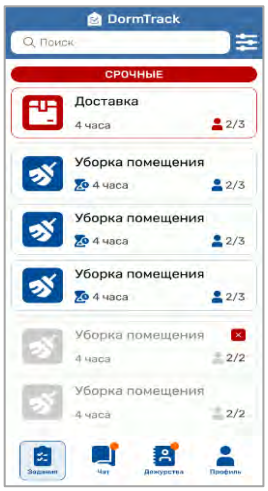


Рисунок 1 – Экран заданий для студентов

Заключение. Мобильное приложение для автоматизации процессов учета и контроля общественных работ в общежитии разработано для платформы Android с использованием языка программирования Kotlin. Для создания интерфейса использована декларативная библиотека Jetpack Compose, для реализации серверной части используется PocketBase. Приложение имеет три роли: должно иметь три роли: студент, староста этажа и администратор общежития, и позволяет создавать и редактировать карточки заданий, назначать им приоритет, уведомлять студентов о новых заданиях, осуществлять подтверждение выполнения задания путем фотоотчета и автоматически вносить выполненные задания в статистику с возможностью создания файла отчета. Также приложение обеспечит возможность создавать и редактировать график дежурств, сохранять файл графика и отчет дежурств студентов.

Список литературы

1. Task manager – what is it and how to use it [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://megaplan.ru/blog/crm/what-is-task-manager/. Дата доступа: 26.03.2025.

2. Laurence, P.-O., Amanda, H.-D., Dunn, M. Programming Android with Kotlin: Achieving Structured Concurrency with Coroutines. California: O'Reilly Media, 2022. 352 c. ISBN 978-1492063001.

3. Smyth, N. Jetpack Compose Essentials: Developing Android Apps with Jetpack Compose, Android Studio, and Kotlin. North Carolina: Payload Media, 2022. 504 c. ISBN 978-1951442378.

4. What is PocketBase and how to use it? [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://q-games.ru/chto-takoe-pocketbase-i-kak-vy-ego-ispolzuete.html. Дата доступа: 26.03.2025.

UDC [621.395.721.5:004.42+681.51]:728.45

A MOBILE APPLICATION FOR AUTOMATING THE PROCESSES OF ACCOUNTING AND CONTROL OF PUBLIC WORKS IN THE BSUIR DORMITORY AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Nazaruk K.Y.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Karpovich E.B. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. A mobile application has been developed to automate the processes of accounting and control of public works in the dormitory, which allows creating a centralized and unified environment for interaction between students living in the dormitory and the dormitory administration on the issue of performing regulated tasks of community work and duty without intermediaries in the form of messengers or electronic documents.

Keywords: mobile application, accounting and control of public works, ergonomic support, Android, Kotlin.

УДК 004.946

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ПРИМЕРКИ ОДЕЖДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ AR-ТЕХНОЛОГИЙ

Пальчевский М.Д., Заяц А.А., Лыфарь К.Р.

Национальный детский технопарк, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ильясова М.С. – магистр, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В работе рассматривается разработка мобильного приложения с виртуальной примерочной, использующего технологии дополненной реальности (AR). Цель — создать инструмент для примерки одежды в реальном времени с помощью камеры мобильного устройства. Приложение позволяет примерять одежду с атрибутикой Минского автомобильного завода (МАЗ) и использует инструменты, такие как Android Studio, 3Ds Max и библиотеки CameraX и ML Kit. Такие приложения могут снизить количество возвратов и повысить вовлеченность покупателей, применяясь в разных сферах.

Ключевые слова: виртуальная примерочная, мобильное приложение, AR, примерка одежды, CameraX, ML Kit, 3D-модели, Android Studio, МАЗ, интернет-торговля.

Введение. В последние годы технологии дополненной реальности (AR) активно внедряются в сферу розничной торговли, позволяя повысить интерактивность покупательского опыта. Одним из перспективных направлений является разработка виртуальных примерочных, которые дают возможность оценивать внешний вид одежды без необходимости физической примерки.

Использование AR в интернет-магазинах и розничной торговле позволяет снизить количество возвратов, увеличить вовлеченность покупателей и повысить конверсию продаж. В данной работе рассматривается процесс разработки мобильного приложения с функцией виртуальной примерочной для магазина с атрибутикой Минского автомобильного завода (МАЗ).

Целью исследования является создание интерактивного инструмента, который позволит пользователям примерять одежду в реальном времени, используя камеру мобильного устройства.

Основная часть. На рынке уже присутствуют различные решения виртуальных примерочных, однако у них есть ряд недостатков:

1 Фотопримерочные (например, IDM VTON [1]) требуют загрузки фотографии, после чего система накладывает одежду, но без возможности взаимодействия в реальном времени.

2 AR-примерочные крупных брендов (Nike, Gucci, Louis Vuitton) работают только в фирменных приложениях и редко поддерживают мультибрендовые решения.

3 Приложения с 3D-аватарами (Zepeto, Ready Player Me) позволяют пользователям настраивать цифровые копии себя, но не обеспечивают естественного наложения одежды в реальном времени.

Разрабатываемое приложение ориентировано на интерактивность и удобство, предоставляя пользователю возможность примерять одежду в реальном времени без предварительной обработки фотографий.

Для создания мобильного приложения для виртуальной примерки одежды с использованием AR рассматривались два основных варианта инструментов: игровой движок Unity [2] и среда разработки Android Studio. Unity является мощной платформой для создания интерактивных 3D-приложений, идеально подходящей для разработки игр. Он обеспечивает удобный интерфейс и широкую поддержку сообщества разработчиков. Однако для создания нативных приложений под Android [3] и с учетом целевой платформы, производительности и удобства разработки был выбран инструмент Android Studio. Эта среда специализируется на разработке Android-приложений, предлагая удобные средства

для оптимизации и упрощения разработки, включая поддержку Android SDK и интеграцию с популярными библиотеками.

После выбора платформы для разработки, был выбран инструмент для создания 3D-моделей одежды. Рассматривались два популярных решения: 3Ds Max [4] и Blender [5]. 3Ds Max – это профессиональный инструмент с возможностями рендеринга и глубокой интеграцией с продуктами Autodesk, но Blender, в свою очередь, является бесплатным и открытым ПО, предлагающим обширный функционал для моделирования и анимации. В конечном итоге было решено использовать 3Ds Max, так как он предоставлял необходимую функциональность и имел лучшие возможности для рендеринга.

Для разработки самого приложения был выбран язык Kotlin [6]. Kotlin стал основным инструментом для разработки Android-приложений благодаря своей совместимости с Java и JavaScript, а также благодаря своей простоте в использовании. Этот статически типизированный объектно-ориентированный язык идеально подходит для создания мобильных приложений и поддерживает компиляцию в машинный код.

Приложение для виртуальной примерки одежды было спроектировано с несколькими ключевыми функциональными возможностями. Главной особенностью является виртуальная примерка одежды в реальном времени, а также возможность загрузки фотографий и их последующей обработки. Пользователи могут выбрать футболку с атрибутикой Минского автомобильного завода (МАЗ) и примерить её на себя.

На главном экране приложения (рисунок 1) отображается изображение, получаемое с камеры устройства, или выбранное из галереи. В верхней части экрана расположена карусель с выбором футболок, украшенных атрибутикой МАЗ, и кнопка для отключения наложения футболок. В нижней части находятся элементы управления: выбор изображения из галереи, кнопка для сохранения текущего результата, а также возможность переключения между фронтальной и задней камерами.

Рисунок 1 – Модель грузового автомобиля в программе NX10

Для достижения более высококачественного визуального эффекта и более точного наложения одежды на пользователя в модель футболки был встроен анимированный скелет, который корректирует её позицию в зависимости от позы пользователя. Это позволяет создать более реалистичный образ, который динамически адаптируется к движениям и позам пользователя.

Основной функционал приложения включает два режима: работу с изображениями с камеры в реальном времени и работу с загруженными фотографиями. Для реализации

анализа изображения с камеры используется Android-библиотека CameraX [7]. Для анализа изображения и работы с камерой создаётся UseCase класса ImageAnalysis, который обрабатывает изображение и передает данные для дальнейшего анализа.

Затем, для обеспечения корректного использования камеры, создается группа UseCase, которая связывается с жизненным циклом приложения. Этот процесс позволяет обеспечить доступ к камере устройства, а также организовать передачу изображения в нужный компонент приложения.

Далее создается пользовательский интерфейс, отображающий данные с камеры. Для этого используется Composable функция в Kotlin:

После получения изображения с камеры, оно передается в модель из библиотеки ML Kit [8], которая используется для анализа позы пользователя. Затем происходит привязка позы пользователя с моделью 3D-одежды.

Для отображения модели на экране используется библиотека SceneView, которая позволяет рендерить 3D-модели в реальном времени, учитывая позу пользователя.

Заключение. Разработка мобильного приложения для виртуальной примерочной с использованием AR-технологий значительно улучшает покупательский опыт, позволяя примерять одежду в реальном времени. Выбор инструментов, таких как Android Studio, 3Ds Max и Kotlin, а также интеграция с CameraX и ML Kit, обеспечивают высокую точность и удобство работы с пользователем. Подобные приложения могут снизить количество возвратов и повысить конверсию продаж, а в будущем найти широкое применение не только в модной индустрии, но и в других сферах.

Список литературы

1. Прорывная технология IDM VTON [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://idmvton.com/ru. Дата доступа: 22.03.2025.

2. Unity User Manual 2022.3 (LTS) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.unity3d.com/Manual/UnityManual.html. Дата доступа: 22.03.2025.

3. Официальная документация Android Studio [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developer.android.com/studio/intro. Дата доступа: 22.03.2025.

4. 3ds Max Learning Center [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2022/ENU/. Дата доступа: 22.03.2025.

5. Blender Documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.blender.org/. Дата доступа: 22.03.2025.

6. Kotlin official web-page [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://kotlinlang.org/. Дата доступа: 22.03.2025.

7. CameraX architecture [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developer.android.com/media/camera/camerax/architecture. Дата доступа: 22.03.2025.

8. ML-Kit Pose Detection [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developers.google.com/ml-kit/vision/pose-detection. Дата доступа: 22.03.2025.

UDC 004.946

MOBILE APPLICATION FOR VIRTUAL FITTING OF CLOTHES USING AR-TECHNOLOGY

Palchevsky M.D., Zayats A.A., Lyfar K.R.

National Children's Technopark, Minsk, Republic of Belarus

Ilyasova M.S. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation.This paper deals with the development of a mobile application with a virtual fitting room using augmented reality (AR) technologies. The goal is to create a tool for trying on clothes in real time using the camera of a mobile device. The app allows trying on clothes with Minsk Automobile Plant (MAZ) attributes and utilizes tools such as Android Studio, 3Ds Max and CameraX and ML Kit libraries. Such applications can reduce the number of returns and increase customer engagement by being applied in different areas.

Keywords: virtual fitting room, mobile application, AR, clothes fitting, CameraX, ML Kit, 3D models, Android Studio, MAZ, internet commerce.

УДК 004.92–004.8

ИНТЕГРАЦИЯ НЕЙРОСЕТИ YOLO В СРЕДУ ВИРТУАЛЬНОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Слесарь А.Ю., Янцукевич А.В., Палитаева В.С.

Национальный детский технопарк, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ильясова М. С. – магистр, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В работе разработана виртуальная платформа для тестирования автопилотируемых транспортных средств с использованием нейросети YOLO v8 super для детекции дорожных знаков. Параллельное использование движков Unity и Unreal Engine позволило провести тестирование в различных условиях. Результаты показали высокую точность распознавания классов «Green» и «Red», но для класса «Yellow» требуется оптимизация. Проект продемонстрировал эффективность интеграции нейросетевых технологий и виртуальной реальности для разработки систем автопилотирования.

Ключевые слова: полигон, *VR*, Unity, *Unreal Engine*, *Yolo,* нейронная сеть, *OpenCV*, скрипт.

Введение. Технологии виртуальной реальности предоставляют пользователю возможности погружения в созданную компьютерную среду, абстрагируемую от реального мира. Использование и разработка данных технологий обеспечивается VR-гарнитурой, которая может состоять из различных устройств, включая шлем виртуальной реальности, который обеспечивают визуальное погружение в виртуальный мир, а также разнообразные датчики движения и контроллеры для взаимодействия в этом пространстве [1].

Проект реализован в формате полигона, который представляет собой виртуальную территорию для тестирования и апробации транспортных средств, пилотируемых автоматически. Он предусматривает как испытание системы пользователем, так и её обучение. Процесс обучения может происходить как путем указания на ошибки, так и с помощью демонстрирования верного образца. Приложение значительно упрощает разработку автопилотируемых транспортных средств.

Основная часть. Для успешной реализации проекта требовалось решить комплекс задач, направленных на создание эффективной и функциональной системы. В первую очередь был проведён анализ существующих аналогов, что позволило выявить их ключевые преимущества и ограничения, а также определить направления для оптимизации разрабатываемого решения. Далее осуществлялось моделирование виртуального окружения, включающего дорожную разметку, светофоры и другие элементы инфраструктуры, подлежащие распознаванию.

Важной частью разработки стало проектирование физической модели транспортного средства, с учетом его динамических характеристик, и реализация механики управления, обеспечивающей плавное и предсказуемое движение. Для повышения автономности транспортного средства разработан алгоритм удержания автомобиля в полосе и реагирования на нештатные дорожные ситуации.

В системе реализована детекция дорожных знаков и светофоров с использованием нейросетевой модели YOLO, что позволило улучшить восприятие окружающей среды. Дополнительно была интегрирована работа с LIDAR и другими сенсорами, что способствовало более точному анализу дорожной разметки, измерению расстояний до объектов и повышению пространственного восприятия автомобиля.

Учитывая реальные условия эксплуатации, проводилась оптимизация работы автопилота в сложных погодных условиях, таких как дождь, туман и снег. Для повышения

уровня интерактивности и наглядности в систему добавлены VR-компоненты, обеспечивающие погружение пользователя в виртуальное пространство. На финальном этапе было проведено комплексное тестирование разработанного решения, позволяющее оценить его работоспособность, выявить возможные недостатки и внести необходимые корректировки для повышения точности и надежности системы.

Для чистоты эксперимента и обеспечения достаточной полноты тестирования разработка проводилась одновременно на двух игровых движках: Unity и Unreal Engine. Оба движка были выбраны благодаря их широкому распространению в индустрии и богатым возможностям для разработки как визуализаций, так и интеграции с нейросетями. Unity известен своей простотой в использовании и отличной поддержкой кросс-платформенных решений, в то время как Unreal Engine обладает более высокими возможностями для создания фотореалистичных изображений и сложных сцен. Использование обеих платформ позволило охватить широкий спектр возможных условий для тестирования детекции дорожных знаков.

Изначально для детекции дорожных знаков планировалось использовать модель YOLO v8 nano, однако позже было принято решение перейти на более точную, хотя и менее быструю модель – YOLO v8 super. Данный выбор позволил повысить точность детекции дорожных знаков. Для обучения была использована библиотека python-ultralytics, упрощающая настройку и запуск обучения [2].

Рисунок 1 иллюстрирует примеры детекции и классификации, которые были получены в процессе обучения. На изображении показано, как модель YOLO v8 super правильно классифицирует дорожные знаки, что подтверждает правильность выбранной модели и демонстрирует её способность справляться с задачами распознавания в реальных условиях.

Рисунок 1 – Примеры детекции и классификации во время обучения

Каждый дорожный знак на изображении окружён прямоугольной рамкой, указывающей на его точное местоположение, а также подписью, отображающей класс знака, например, «Остановка запрещена» или «Пешеходный переход». Это позволяет наглядно убедиться в корректности работы модели.

На основе результатов обучения нейросети можно сделать вывод, что модель стабильно обучается, с ошибками (box_loss, cls_loss, dfl_loss), снижающимися до

устойчивого плато, что свидетельствует об отсутствии переобучения. Анализ распределения классов показывает дисбаланс: класс «Green» представлен больше всего, «Red» немного меньше, а «Yellow» встречается реже, что объясняет низкую точность для последнего. Матрица ошибок и распределение bounding box подтверждают высокую точность для классов «Green» и «Red», но для «Yellow» требуется дополнительная оптимизация.

Итоговые метрики точности, такие как precision, recall и mAP, показывают улучшение с завершением обучения, с итоговой точностью модели около 80%. Для классов «Green» и «Red» точность выше 90%, однако для «Yellow» необходимо расширение датасета или улучшение алгоритмов [3]. В целом, модель эффективно распознаёт светофоры с высокой точностью для наиболее часто встречающихся классов.

Заключение. В процессе разработки виртуальной платформы для тестирования автопилотируемых транспортных средств были решены ключевые задачи по созданию среды и алгоритмов для автопилота, включая детекцию дорожных знаков с использованием нейросети YOLO v8 super. Параллельное использование движков Unity и Unreal Engine позволило провести тестирование в различных условиях, что способствовало улучшению точности распознавания знаков. Результаты обучения показали высокую точность для классов «Green» и «Red», однако для класса «Yellow» требуется дополнительная оптимизация.

Использование модели YOLO v8 super обеспечило необходимую точность, несмотря на меньшую скорость, и продемонстрировало успешное обучение модели для распознавания светофоров в реальных условиях. Проект показал потенциал интеграции виртуальной реальности и нейросетевых технологий для разработки эффективных систем автопилотирования, с возможностью дальнейшего улучшения точности распознавания для менее представленных классов.

Список литературы

1. *Инструкция по работе с гарнитурой Oculus Quest 2 [Электронный ресурс]. Режим доступа https://docs.varwin.com/0.16/ru/instruktsiya-po-rabote-s-garnituroj-oculus-quest-2-2260861409.html Дата доступа: 7.03.2025*

2. *Документация Ultralytics YOLO [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.ultralytics.com/ru Дата доступа: 23.03.2025.*

3. *Обучите YOLOv8 на пользовательском наборе данных [Электронный ресурс]. Режим доступа: hhttps://habr.com/ru/articles/714232/. Дата доступа: 20.03.2025*

UDC 004.92–004.8

INTEGRATION OF THE YOLO NEURAL NETWORK INTO THE ENVIRONMENT OF A VIRTUAL TESTING GROUND FOR AUTONOMOUS TRANSPORT SYSTEMS

Slesar A.Y., Yantsukevich A.V., Palitayeva V.S.

National Childrens Technopark, Minsk, Republic of Belarus

Ilyasova M.S. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. In this paper, a virtual platform for testing autopiloted vehicles using YOLO v8 super neural network for traffic sign detection is developed. The parallel use of Unity and Unreal Engine allowed testing under different conditions. The results showed high recognition accuracy for the «Green» and «Red» classes, but optimization is required for the «Yellow» class. The project demonstrated the effectiveness of integrating neural network technologies and virtual reality for the development of autopilot systems.

Keywords: polygon, VR, Unity, Unreal Engine, Yolo, OpenCV, script.

УДК 004.451.83:331.101.1

СИСТЕМА ОТСЛЕЖИВАНИЯ, КОНТРОЛЯ И ДМИНИСТРИРОВАНИЯ ИГРОВЫХ СЕРВЕРОВ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Врацкий Н.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пархоменко Д.А. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Работа посвящена разработке системы отслеживания, контроля и администрирования игровых серверов и ее эргономическому обеспечению. Основная цель исследования – создание удобного инструмента, обеспечивающего мониторинг состояния серверов, автоматическое выявление неисправностей, управление игровыми процессами и администрирование пользователей. В системе предусмотрены механизмы контроля загрузки ресурсов, журналирования событий, выявления аномалий и гибкой настройки прав доступа. Разработка направлена на повышение стабильности работы игровых серверов, оперативное устранение технических проблем и оптимизацию администрирования многопользовательских игровых проектов.

Ключевые слова: мониторинг игровых серверов, автоматизация администрирования, контроль ресурсов, анализ аномалий, игровая инфраструктура.

Введение. В последние годы индустрия видеоигр демонстрирует устойчивый рост, что особенно заметно в сегменте многопользовательских онлайн-игр [1]. По данным компании *Data Insight*, в 2024 году расходы российских геймеров на видеоигры увеличились на 7,5%, достигнув рекордной суммы в 173 млрд рублей. Этот рост обусловлен повышением популярности мобильных игр и выпуском крупных релизов в сегменте компьютерных игр [2].

Согласно исследованию *Mordor Intelligence*, мировой рынок *MMORPG*-игр в 2024 году оценивался в 25,34 млрд долларов США, и прогнозируется его рост со среднегодовым темпом 10,75%, достигая 42,22 млрд долларов США к 2029 году [3].

С увеличением числа игроков и усложнением игровых проектов возрастает потребность в эффективном управлении и администрировании игровых серверов. Надежная работа серверной инфраструктуры критически важна для обеспечения стабильности игрового процесса и удовлетворения ожиданий пользователей.

Кроме того, оперативность реагирования на технические сбои напрямую зависит от удобства интерфейсов мониторинга и контроля серверной инфраструктуры. Надежная и интуитивно понятная система управления позволяет администраторам быстро анализировать состояние серверов, оперативно устранять неисправности и обеспечивать безопасность данных без лишних временных затрат и когнитивной нагрузки. Эргономичный дизайн инструментов администрирования снижает вероятность ошибок, минимизирует утомляемость оператора и повышает эффективность работы, что критически важно для поддержания стабильности игрового процесса и удовлетворения ожиданий пользователей.

Основная часть. Система отслеживания, контроля и администрирования игровых серверов должна обеспечивать удобный доступ к ключевым функциям, минимизировать нагрузку на оператора и повышать скорость принятия решений. Для этого важно сочетание эргономичного интерфейса и широкого функционала.

Система включает следующие основные возможности:

– мониторинг состояния серверов (загрузка *CPU*, *RAM*, сети, активные процессы);

– автоматизация управления (перезапуск, обновление, резервное копирование);

– журналирование событий (фиксация действий администраторов, игровых событий и ошибок);

– гибкая система уведомлений (предупреждения о сбоях, оповещения по *e-mail*, *Telegram*, *Discord*);

– обеспечение безопасности и управление правами доступа (разграничение ролей, вход и регистрация, двухфакторная аутентификация).

Эргономика системы играет ключевую роль в снижении когнитивной нагрузки на администратора. Интерфейс должен быть интуитивно понятным, с предсказуемым расположением элементов управления. Визуальная информация группируется по принципу «близости» для упрощения навигации. Минимизация скроллинга и использование контрастных цветовых схем позволяют быстро воспринимать критические данные.

Примерная структура системы, разделенная на модули, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Структура системы

Раздел системы	**Функции**	**Важные аспекты эргономики**
Мониторинг	Отображение нагрузки, логов, онлайн-статистики	Использование графиков, цветовых индикаторов, адаптивных шрифтов
Управление	Перезапуск, обновления, доступ к файлам	Минимизация действий для критических операций, подтверждения перед удалением данных
Логи	Запись действий администраторов, игровых событий и ошибок системы	Фильтрация по дате, поисковые фильтры, выделение критических событий
Уведомления	Настройка оповещений о сбоях	Гибкость настроек, выбор каналов получения сообщений
Безопасность	Назначение ролей и разрешений, ограничение доступа к системе	Интуитивное управление ролями, контроль безопасности

На рисунке 1 в качестве примера внешнего вида графического интерфейса системы представлен макет страницы личного кабинета, содержащего список игровых серверов.

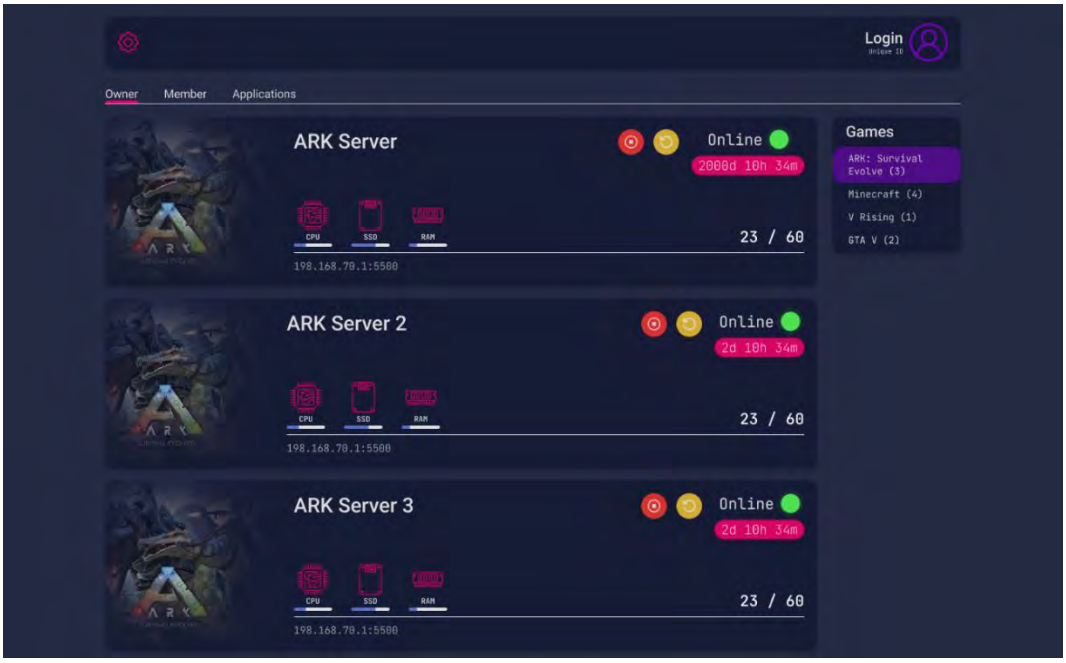


Рисунок 1 – Макет страницы личного кабинета

Таким образом, система должна быть не только функциональной, но и удобной для взаимодействия, что обеспечит ее эффективность при администрировании игровых серверов.

Заключение. Разработка системы отслеживания, контроля и администрирования игровых серверов требует комплексного подхода, сочетающего функциональные возможности с принципами эргономики. Эффективное администрирование обеспечивается за счет удобного интерфейса, минимизации когнитивной нагрузки и быстрого доступа к ключевым функциям.

Применение продуманных визуальных элементов, логичной группировки данных и гибкой системы уведомлений позволяет администраторам оперативно реагировать на сбои и изменения в работе серверов. Интуитивно понятное управление ролями и автоматизация рутинных процессов дополнительно повышают удобство работы.

Таким образом, разработка системы, учитывающей не только технические, но и эргономические аспекты, позволит создать инструмент, оптимизирующий процесс администрирования и повышающий стабильность работы игровых серверов.

Список литературы

1. *Игровая индустрия: история, развитие, статистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://scream.school/blog/gameindustry. Дата доступа: 27.03.2025.*

2. Компьютерные и видеоигры (российский рынок) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php. Дата доступа: 27.03.2025.

3. Рынок MMORPG-игр – Доля, размер и тенденции [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/mmorpg-gaming-market. Дата доступа: 27.03.2025.

UDC 004.451.83:331.101.1

SYSTEM FOR TRACKING, CONTROL, AND ADMINISTRATION OF GAME SERVERS AND ITS ERGONOMIC DESIGN

Vratsky N.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Parkhomenko D.A. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This paper focuses on the development of a system for tracking, control, and administration of game servers. The main goal of the study is to create a tool that ensures server state monitoring, automatic fault detection, game process management, and user administration. The system includes mechanisms for automated resource load monitoring, event logging, anomaly detection, and flexible access rights configuration. The development aims to improve the stability of game servers, ensure rapid resolution of technical issues, and optimize the administration of multiplayer gaming projects.

Keywords: game server monitoring, administration automation, resource control, anomaly analysis, gaming infrastructure.

УДК 004.774:78.071.5

ВЕБ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ И РАЗВИТИЯ МУЗЫКАЛЬНОГО СЛУХА И КООРДИНАЦИИ У НАЧИНАЮЩИХ МУЗЫКАНТОВ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Белячевский М.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Телеш И.А. – к. г. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Цель проекта заключается в разработке веб-платформы для тренировки и развития музыкального слуха и координации у начинающих музыкантов, описаны функциональные возможности и предложены требования к эргономическому обеспечению интерфейса веб-платформы.

Ключевые слова: веб-платформа, музыкальное образование, развитие слуха, эргономическое обеспечение, TypeScript, Vue.js, Visual Studio Code, PostgreSQL.

Введение. Современные технологии активно внедряются в образовательный процесс, предоставляя новые возможности для обучения и саморазвития. На основании [1] был выявлен значительный рост популярности онлайн-образования. Одним из направлений цифровизации музыкального образования является использование веб-платформ, позволяющих проводить дистанционные тренировки слуха и координации. Платформы электронного обучения обеспечивают возможность удаленного доступа как для преподавателей, так и для студентов в любой момент времени и из любого места с подключением к сети Интернет [2].

Целью проекта является разработка веб-платформы для тренировки музыкальных навыков. Объектом является веб-платформа. Предметы исследования – язык программирования TypeScript, фреймворк Vue.js, среда разработки Visual Studio Code, хранение данных PostgreSQL. При реализации цели пректа проведен анализ существующих решений по направлениям цифровизации музыкального образования, определены функциональные требования к проектируемой веб-платформе, а также проведены эксперименты по оценке её эффективности в обучении начинающих музыкантов.

Основная часть. Разработка веб-платформы для тренировки музыкального слуха и координации требует анализа концептуальных требований и информационных потребностей пользователей. В современной музыкальной педагогике важно учитывать, что для формирования полноценной музыкальности необходимо развивать сразу несколько основных навыков, не выделяя при этом один из них в приоритет. Эти навыки включают игру на инструменте, пение, музыкальную грамотность, а также коллективное исполнение в ансамбле. Помимо этого, важно оттачивать точное исполнение нот и ритмическую выдержанность, а также развивать навыки композиции, импровизации, аранжировки и руководства музыкальными коллективами, что включает умение взаимодействовать с аудиторией и формировать обширный репертуар [3]. Основными пользователями данной платформы являются начинающие музыканты, преподаватели музыкальных школ и самостоятельные учащиеся.

На основе анализа предметной области можно выделить основные модули информационной системы, взаимодействие между которыми осуществляется через серверное взаимодействие и централизованное хранение в базе данных. Модуль аутентификации отвечает за регистрацию и вход пользователей, при этом данные о ролях пользователей передаются другим компонентам системы для обеспечения персонализированного доступа. Модуль упражнений предоставляет интерактивные задания, направленные на развитие слуха и координации, и передаёт результаты

выполнения заданий модулю анализа, который оценивает качество работы пользователя и формирует рекомендации для дальнейшего обучения. Модуль теоретических материалов дополняет практическую часть платформы, предоставляя пользователям возможность изучать основы музыкальной грамоты и теоретические аспекты, необходимые для успешного освоения навыков, а все эти функции интегрированы через модуль взаимодействия, который обеспечивает эргономичный интерфейс и удобную систему навигации. Модуль администрирования позволяет управлять пользователями и контентом платформы, а также контролировать доступ к различным функциям системы.

На рисунке 1 на основе описанных модулей, предоставим интерфейс главной страницы веб-платформы для тренировки и развития музыкального слуха и координации у начинающих музыкантов.

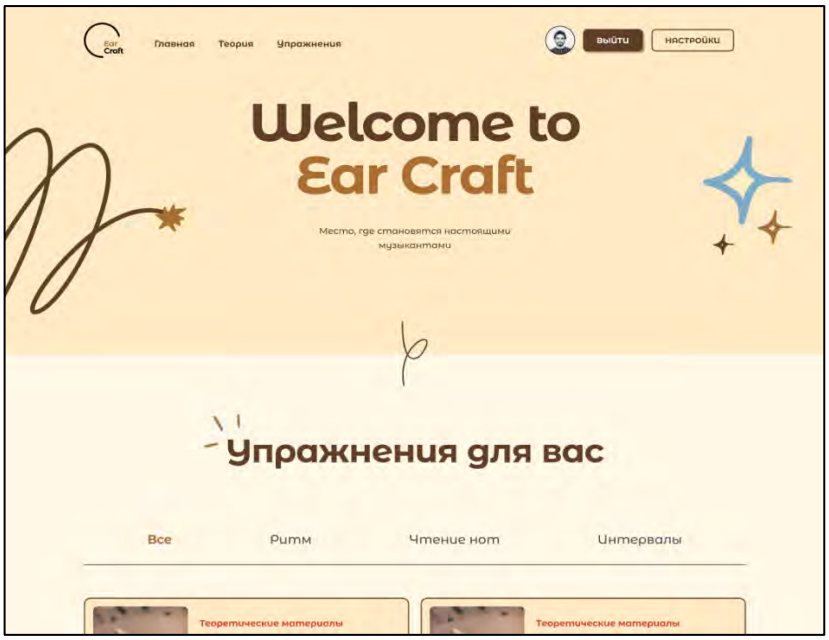


Рисунок 1 – Интерфейс главной страницы веб-платформы для тренировки и развития музыкального слуха и координации у начинающих музыкантов

По результатам проведенного анализа из наиболее популярных веб-платформ следует выделить: ToneGym, Сольфеджио Онлайн и Toned Ear. ToneGym обладает наибольшим количеством положительных характеристик по сравнению с Сольфеджио Онлайн и Toned Ear. ToneGym предоставляет возможность авторизации для пользователей, отличается более богатым набором контента (игры на интервалы, аккорды, ритм), имеет современный и удобный интерфейс, а также поддерживает определённую адаптивность при выборе уровня сложности и работе на мобильных устройствах. Единственным недостатком ToneGym остаётся отсутствие переключения между светлой и тёмной темами.

Сольфеджио Онлайн и Toned Ear также имеют свои преимущества: первый предлагает комплексный подход с теоретическими материалами и простым интерфейсом, второй – широкие возможности для тренировки слуха. Однако, в совокупности критериев (авторизация, объём контента, юзабилити и адаптивность) обе платформы уступают ToneGym.

Для обеспечения эргономичности веб-платформы был спроектирован интерфейс с удобной навигацией, обеспечивающий быстрый доступ к основным функциям. Также обеспечена высокая читаемость элементов, адаптивность под различные устройства и возможность персонализации. Для удобства пользователя предусмотрена обратная связь, упрощённый ввод данных и минимизация когнитивной нагрузки, что позволяет пользователям эффективно взаимодействовать с платформой.

Следует отметить функциональные возможности спроектированной веб-платформы для тренировки и развития музыкального слуха и координации у начинающих музыкантов:

– регистрация и авторизация пользователей;

– персональный кабинет пользователя с управлением личных данных;

– интерактивные упражнения – тренировки на развитие музыкального слуха, чтение нот, интервалы, упражнения на координацию;

– обратная связь и анализ результатов – отображение правильных и неправильных ответов, времени выполнения заданий;

– настройка интерфейса – выбор светлой или темной темы, адаптивность под разные устройства;

– мониторинг занятий – администраторы и преподаватели могут отслеживать активность пользователей и их успеваемость;

– интеграция с дополнительными сервисами – использование Web Audio API для обработки аудио;

– предоставление возможности перехода к уроку, по теме которого была допущена ошибка;

– возможность записи на пробный урок к преподавателю.

Заключение. Спроектирована веб-платформа для тренировки и развития музыкального слуха и координации у начинающих музыкантов, для которой характерны следующие преимущества: комплексный подход к развитию музыкального слуха и координации, охватывая чтение нот, интервалы и упражнения на координацию, интуитивный и эргономичный интерфейс предложены требования к эргономическому обеспечению интерфейса веб-платформы, обратная связь по результатам упражнений, что ускоряет обучение и повышает мотивацию к нему, предоставлена возможность отслеживания личного прогресса в обучении.

Список литературы

1. Пронюшкина Т. Г., Язева А. А. Эффективность онлайн-образования // Цифровая гуманитаристика и технологии в образовании (DHTE 2023): сб. статей IV Международной научно-практической конференции. 16–17 ноября 2023 г. | Digital Humanities and Technology in Education (DHTE 2023): Collection of Articles of the IV International Scientific and Practical Conference. November 16–17, 2023 / под ред. В. В. Рубцова, М. Г. Сороковой, Н. П. Радчиковой. Москва: ФГБОУ ВО МГППУ, 2023. С. 185–194.

2. Обзор платформ электронного обучения: инструменты, преимущества, недостатки [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-platform-elektronnogo-obucheniya-instrumenty-preimuschestva-nedostatki. Дата доступа: 12.04.2025.

3. Musicianship: What Is It and How Do You Develop It? [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.careersinmusic.com/musicianship/. Дата доступа: 12.04.2025.

UDC 004.774:78.071.5

WEB-PLATFORM FOR TRAINING AND DEVELOPING MUSICAL EAR AND COORDINATION IN BEGINNING MUSICIANS AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Belyachevskiy M.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Telesh I.A. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. The aim of the project is to develop a web platform for training and developing musical ear and coordination in beginning musicians, describing the functional capabilities and proposing requirements for the ergonomic support of the web platform interface.

Keywords: web platform, music education, ear development, ergonomic support, TypeScript, Vue.js, Visual Studio Code, PostgreSQL.

УДК 004.774:332.74:331.101.1

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ЦЕН НА НЕДВИЖИМОСТЬ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Леденев В.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Хлудеев И.И. – к. б. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка веб-приложения для анализа динамики цен на недвижимость. Основное внимание уделено вопросам агрегирования рыночных данных, настройки персональных фильтров поиска, оперативного получения уведомлений о новых объявлениях и обеспечения удобства взаимодействия между пользователями, аналитиками и инвесторами. Разработка базируется на современных веб-технологиях, включая Django, Celery, RabbitMQ и PostgreSQL. Применение принципов эргономики и адаптивного дизайна позволяет обеспечить высокий уровень удобства работы с системой и снизить риск переутомления сотрудников, занятых её эксплуатацией.

Ключевые слова: анализ динамики цен, недвижимость, информационная система, автоматизация, веб-приложение, эргономика, UX/UI, Django, Celery, PostgreSQL.

Введение. Современный рынок недвижимости характеризуется высокой динамикой и непрерывными изменениями в ценах на недвижимость, что требует оперативного доступа к актуальной информации и точного анализа рыночных тенденций. Традиционные методы анализа зачастую основаны на статичных данных, что затрудняет принятие обоснованных инвестиционных решений. В условиях растущих требований к оперативности и точности аналитики актуальной становится разработка специализированного веб-приложения для анализа динамики цен на недвижимость, способного агрегировать данные с различных источников, фильтровать объявления по заданным критериям и информировать пользователей о значимых изменениях [1]. Кроме того, важным аспектом является обеспечение эргономичности интерфейса, позволяющей снизить негативное влияние длительной работы за компьютером на сотрудников.

Основная часть. В условиях быстро меняющегося рынка недвижимости информационные системы для анализа цен играют ключевую роль в оптимизации инвестиционных процессов и принятии стратегических решений. Традиционные аналитические инструменты часто страдают от недостаточной актуальности данных, ручного ввода информации и неинтуитивного интерфейса, что приводит к временным и финансовым потерям. В связи с этим разработка веб-приложения, автоматизирующего сбор и анализ рыночных данных, является актуальной задачей.

Разработка приложения базируется на современных технологиях, обеспечивающих надежность и масштабируемость системы. В качестве серверной платформы выбран Django, что гарантирует высокую скорость обработки запросов и простоту интеграции с внешними источниками данных. Для хранения информации используется PostgreSQL, позволяющая эффективно управлять большими объемами данных, а клиентская часть реализована с применением HTML5, CSS3, JavaScript и Bootstrap, что обеспечивает адаптивность интерфейса на любых устройствах [2].

Приложение предоставляет пользователям возможность создания личных кабинетов, формирования персонализированных фильтров для поиска объектов недвижимости, запуска асинхронного процесса сбора данных и получения уведомлений о появлении новых объявлений. Администраторам системы доступны инструменты контроля, аналитики и управления базой данных. Автоматизация процессов позволяет значительно сократить время обработки информации, минимизировать ошибки и оптимизировать поиск недвижимости.

При разработке учитывались принципы эргономики и UX/UI-дизайна, что позволило создать интуитивно понятный интерфейс, обеспечивающий комфортную работу пользователей при длительном взаимодействии с системой. Оптимизированная навигация, адаптивный дизайн и корректно настроенные визуальные параметры снижают когнитивную нагрузку и способствуют уменьшению зрительного утомления, что особенно важно для пользователей, проводящих много времени за анализом данных [3].

Функциональное и нагрузочное тестирование подтвердило стабильность работы системы при высоком уровне одновременных запросов, корректность регистрации, управления профилем, фильтрации объявлений и интеграции с внешними источниками данных. Разработанная архитектура позволяет обеспечить высокий уровень безопасности, защиты персональных данных и отказоустойчивость системы.

На рисунке 1 приведена диаграмма вариантов использования системы.

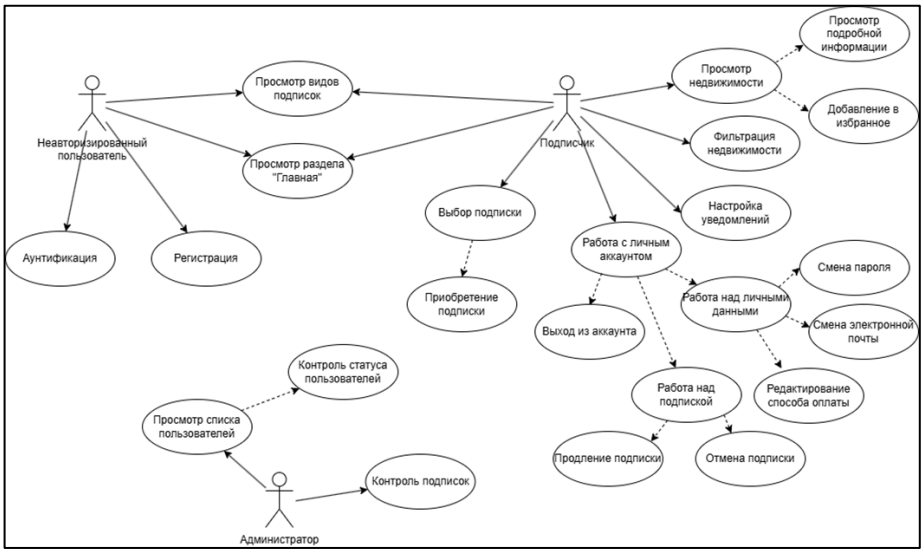


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Также был разработан макет для главной страницы веб-приложения, который изображен на рисунке 2.

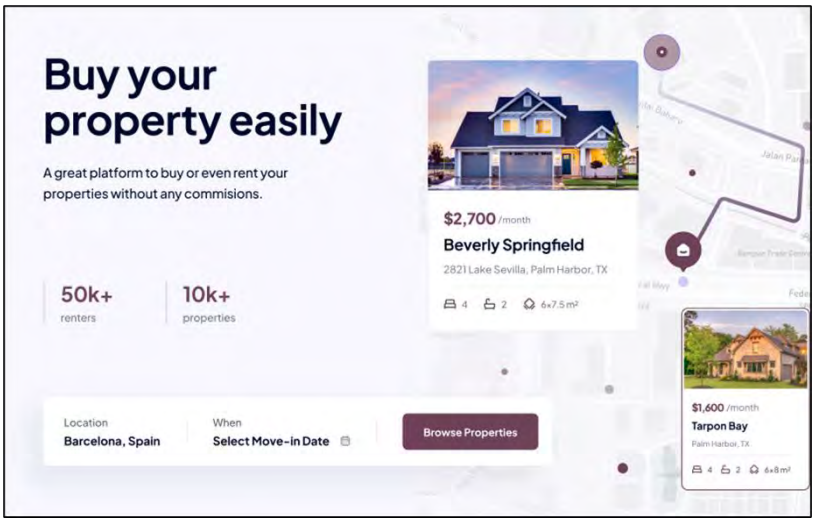


Рисунок 2 – Макет главной страницы

Заключение. Разработанное веб-приложение для анализа динамики цен на недвижимость представляет собой эффективное решение для оптимизации поиска недвижимости. Использование современных технологий (Django, Celery, RabbitMQ, PostgreSQL) в сочетании с эргономичным дизайном позволяет не только сократить временные и финансовые затраты, но и повысить качество аналитики и принятия инвестиционных решений. Внедрение данной системы способствует автоматизации сбора и обработки рыночных данных, улучшению коммуникации между аналитиками и инвесторами и является важным шагом в условиях цифровизации отрасли недвижимости.

Список литературы

1. Johnson M., Williams R. Real Estate Market Trends and Pricing Analysis // Cambridge Economic Studies. 2021. Vol. 12. pp. 112–130.

2. Montgomery J. Django: Mastering Django – Advanced Techniques for Python Web Development // American Studying Book. 2023. Vol. 7, No. 3. pp. 75–90.

3. Алексеева Н. В., Морозов И. П. UX/UI-дизайн и эргономика веб-приложений // Российский журнал информационных технологий. 2021. Т. 19, № 2. С. 67–82.

4. Алексеев В. Ф. [и др.]. Models for predicting the reliability of integral schemes taking into account the impact of electrostatic discharge // Slovak International Scientific Journal. 2018. Vol. 1, No. 24. pp. 47–62.

UDC 004.774:332.74:331.101.1

INFORMATION SYSTEM FOR ANALYZING REAL ESTATE PRICE DYNAMICS AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Ledenev V.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Khludeev I.I. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. This article examines the development of a web application for analyzing real estate price dynamics. The main focus is on aggregating market data, setting up personalized search filters, receiving instant notifications about new listings, and ensuring seamless interaction between users, analysts, and investors. The development is based on modern web technologies, including Django, Celery, RabbitMQ, and PostgreSQL. The application of ergonomic principles and adaptive design ensures a high level of user convenience and reduces the risk of fatigue for employees operating the system.

Keywords: price dynamics analysis, real estate, information system, automation, web application, ergonomics, UX/UI, Django, Celery, PostgreSQL.

УДК 004.04:331.101.1

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ, ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ О ЗАДАЧАХ И АКТИВНОСТИ РАЗРАБОТЧИКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Корчеменко Е.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Телеш И.А. – к. г. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Разработана информационная система для автоматизации, визуализации и анализа данных о задачах и активности разработчиков программного обеспечения. Система направлена на улучшения процесса управления проектами за счет автоматизации сбора и обработки данных, а также наличия инструментов визуализации для анализа производительности и распределения задач.

Ключевые слова: информационная система, Ruby, Ruby on Rails, PostgreSQL, Stimulus, TailwindCSS.

Введение. Эффективное управление задачами и анализ производительности команд сегодня играет ключевую роль в процессе управления проектами. Разработчики используют различные инструменты, такие как GitHub, Jira, ClickUp, для постановки, отслеживания и выполнения задач, что позволяет командам эффективно взаимодействовать и достигать поставленных целей. Однако работа с несколькими инструментами одновременно требует дополнительных усилий на сбор и анализ данных. Руководителям и менеджерам проектов необходимо вручную сопоставлять данные о задачах, сроках выполнения и активности разработчиков, что усложняет процесс принятия решений и повышает риск ошибок.

Объектом разработки является информационная система, предназначенная для автоматизации процессов сбора, анализа и визуализации данных о задачах и активности разработчиков программного обеспечения.

Предметом исследования являются методы и технологии, используемые для интеграции данных из различных сервисов управления проектами, их анализа и визуализации.

Спроектированная информационная система решает следующие задачи: автоматизированный сбор данных о задачах, активности разработчика и активности из GitHub, Jira, ClickUp; визуализация активности и продуктивности разработчиков; автоматическое формирование отчетов о проделанной работе.

Информационная система отличается от своих конкурентов автоматическим сбором данных без необходимости ручного анализа, интерактивной визуализацией показателей выполненных задач и затраченного времени, а также интуитивно понятным пользовательским интерфейсом.

Основная часть. Разработанная информационная система построена на основе клиент-серверной архитектуры с использованием Ruby on Rails, серверной части Stimulus и TailwindCSS на клиентской стороне. В качестве базы данных используется PostgreSQL, что обеспечивает надежное хранение информации о задачах, пользователях и интеграциях. Следует отметить интеграцию с внешними сервисами GitHub, Jira, ClickUp, откуда система автоматически получает данные о задачах, активности разработчиков и изменениях в проектах.

Для взаимодействия с API внешних сервисов используется механизм OAuth 2.0, который позволяет пользователям безопасно подключать свои аккаунты и предоставлять доступ к необходимым данным [1]. Полученные данные сохраняются в базе и

обрабатываются с помощью фоновых задач на основе Sidekiq, что снижает нагрузку на сервер и позволяет системе работать в асинхронном режиме [2].

Описание работы протокола OAuth 2.0 представлено на рисунке 1.

Рисунок 1 – Описание работы протокола OAuth 2.0

Разработанная информационная система предоставляет пользователям несколько ключевых функций. Во-первых, это автоматический сбор данных о задачах, изменениях в проектах и активности разработчиков, что исключает необходимость вручную анализировать информацию из различных сервисов. Во-вторых, система выполняет интерактивную визуализацию этих данных в виде графиков, диаграмм и таблиц, позволяя быстро оценивать прогресс и эффективность работы команды. В-третьих, система автоматически генерирует отчеты на основе собранных данных, что облегчает процесс ведения отчетности для разработчиков и менеджеров.

Дополнительно предусмотрена возможность настройки профиля, где пользователи могут выбрать аватар из подключенных сервисов, указать контактные данные и заполнить краткую информацию о себе. Также система поддерживает различные типы проектов (личные, командные) и предоставляет инструменты для управления участниками проекта, приглашения новых пользователей и настройки уровней доступа. Все открытые проекты отображаются в профиле пользователя.

На рисунке 2 изображен экран профиля пользователя с информацией о проектах.

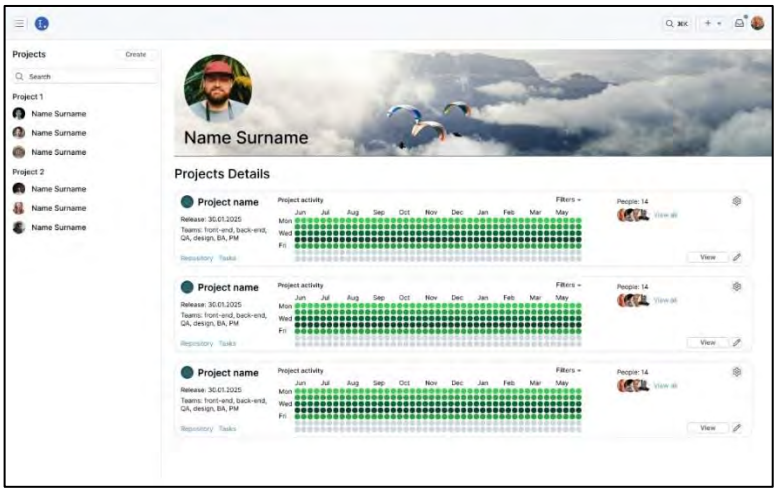


Рисунок 2 – Экран профиля пользователя с информацией о проектах

Одним из ключевых аспектов информационной системы является визуализация данных, которая позволяет пользователям анализировать активность команды в удобном формате. Информационная система использует графики временных рядов для отображения

активности в репозитории, диаграммы распределения задач по статусам и участникам, а также аналитические панели с основными метриками производительности. Встроенные дашборды и диаграммы помогают быстро идентифицировать узкие места и оценить производительность команды [3]. Такой подход позволяет не только отслеживать прогресс выполнения задач, но и выявлять узкие места в процессе разработки.

Важным аспектом разработки информационной системы является ее эргономическое обеспечение, направленное на минимизацию когнитивной нагрузки пользователя и повышение удобства взаимодействия. Интерфейс системы спроектирован в соответствии с принципами юзабилити: простота навигации, интуитивная понятность элементов управления и визуальная ясность представления данных. Основной акцент был сделан на снижение количества рутинных действий за счет автоматизации процессов и предоставления пользователю только релевантной информации в удобном формате. Основные экраны, такие как дашборды, профиль пользователя, отчеты используют адаптивную верстку, что обеспечивает комфортную работу как на десктопных устройствах с разными размерами экранов.

Заключение. Разработана информационная система, позволяющая автоматизацию, сбор, обработку и анализ данных о задачах и активности разработчиков. Преимуществами информационной системы являются: объединение данных из популярных сервисов управления проектами, предоставление удобных инструментов для мониторинга и анализа, а также упрощает процесс генерации отчетов. Система включает в себя механизм интеграции с GitHub, Jira и ClickUp, что позволяет получать актуальные данные о задачах и активности пользователей в режиме реального времени. Встроенные дашборды и диаграммы обеспечивают наглядную визуализацию ключевых метрик, таких как загрузка сотрудников, прогресс выполнения задач и временные затраты на разные этапы разработки. Дополнительно система позволяет генерировать автоматические отчеты, адаптированные под потребности команды или руководства. Гибкая система фильтрации и настройки отчетов обеспечивает детализацию данных, а возможность экспорта в форматы, такие как Excel или PDF, делает их удобными для дальнейшего использования.

Список литературы

1. *DigitalOcean [Электронный ресурс]. Режим доступа https://www.digitalocean.com/community/tutorials/oauth-2-ru. Дата доступа: 18.03.2025.*

2. *Containerize [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://products.containerize.com/ru/message-queue-software/sidekiq/. Дата доступа: 20.03.2025.*

3. *Habr [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/mws/articles/. Дата доступа: 20.03.2025.*

UDC 004.04:331.101.1

INFORMATION SYSTEM FOR AUTOMATION, VISUALIZATION, AND ANALYSIS OF DATA ON TASKS AND ACTIVITY OF SOFTWARE DEVELOPERS AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Korchemenko E.V.

Belarusian State University of Informatics and Radio electronics, Minsk, Republic of Belarus

Telesh I.A. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. An information system for automation, visualization, and analysis of data on tasks and activities of software developers is developed. The system aims to improve the project management process by automating data collection and processing, as well as providing visualization tools for performance analysis and task distribution.

Keywords: information system, Ruby, Ruby on Rails, PostgreSQL, Stimulus, TailwindCSS.

УДК 004.774:615.874

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО КОРРЕКЦИИ ПИЩЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Глушакова З.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пархоменко Д.А. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация: В статье рассматривается значение дневника питания как инструмента для контроля рациона, формирования здоровых пищевых привычек и анализа влияния питания на организм. Описаны основные функции дневника питания, включая контроль калорийности, отслеживание пищевых привычек и выявление факторов, влияющих на переедание. Особое внимание уделяется интеграции дневника питания в веб-приложения, их преимуществам и возможностям для пользователей. Рассмотрены ключевые аспекты удобства, визуализации данных и интеграции с другими сервисами. Сделан вывод о целесообразности использования дневника питания в цифровом формате для повышения эффективности контроля рациона и улучшения качества жизни.

Ключевые слова: дневник питания, диета, пищевые привычки, веб-приложение.

Введение. Дневник питания (ДП) – это инструмент для отслеживания потребляемой пищи, который помогает анализировать пищевые привычки, контролировать калорийность рациона и улучшать пищевое поведение. Ведение дневника питания является эффективным инструментом для контроля рациона, формирования здоровых пищевых привычек и достижения целей, связанных с весом и здоровьем. С развитием технологий появились различные веб- и мобильные приложения, облегчающие этот процесс [1].

В данной статье автор рассматривает, влияние дневника питания на качество жизни человека, его трудоспособности и настроения, а также удобство использования его в веб-приложении.

Основная часть. Для начала нужно рассмотреть для чего изначально используется дневник питания. В первую очередь это инструмент, а значит и его использование должно быть нормированным и по назначению [2].

Контроль потребляемых калорий и состава рациона. Фиксирование всех приёмов пищи позволяет объективно оценить количество потребляемых калорий, а также баланс белков, жиров и углеводов. Это особенно важно для тех, кто стремится похудеть или набрать вес. Записывая, что и когда вы едите, можно выявить скрытые калории, частые перекусы или привычки, такие как употребление пищи за компанию или заедание стресса. Это способствует более осознанному подходу к питанию и помогает скорректировать нежелательные привычки [2].

Дневник питания помогает определить, в какие моменты и под воздействием каких эмоций происходит переедание. Это позволяет разработать стратегии для управления такими ситуациями и избежать лишнего потребления пищи. Определение реакции организма на определённые продукты. Фиксация потребляемых продуктов и последующих ощущений помогает выявить непереносимость или аллергию на определённые продукты, а также понять, какие из них вызывают дискомфорт или, наоборот, улучшают самочувствие. Отслеживание потребления различных продуктов и мониторинг реакции организма на них способствует осознанному выбору в пользу здорового питания, что может привести к улучшению работы пищеварительной системы [3].

Ведение записей о питании способствует более ответственному отношению к рациону, помогает отслеживать прогресс и придерживаться намеченных целей. Обеспечение обратной связи для специалистов. При работе с диетологом или врачом дневник питания

предоставляет объективную информацию о вашем рационе, что помогает специалисту более точно корректировать питание и разрабатывать индивидуальные рекомендации [2].

Дневники питания обычно представлять из себя таблицу с днями недели и временем, где пользователь может расписать свой рацион и потребление калорий (рисунок 1):

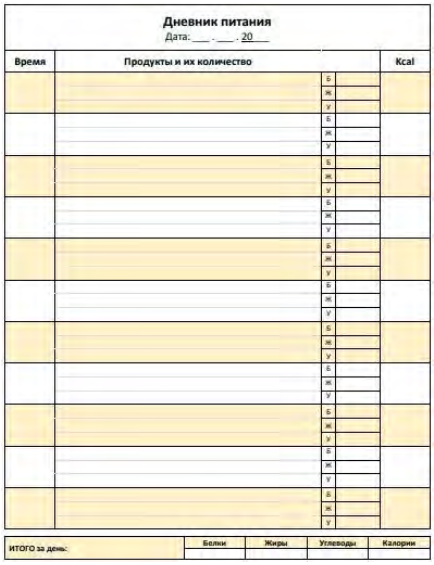


Рисунок 1 – Пример дневника питания

Далее нужно рассмотреть самый важный вопрос: рационально ли использовать дневник питания как инструмент в веб-приложении?

Основные плюсы использования ДП в веб-приложении доступность и удобство, анализ и визуализация данных, а также интеграция с другими сервисами. Веб-приложения позволяют вносить данные о питании с любого устройства, подключенного к интернету, обеспечивая постоянный доступ к информации и возможность своевременного внесения записей. В такого рода приложении достаточно просто реализовать визуализацию в виде графиков и отчетов, позволяющих оценить динамику изменений, выявить тенденции и скорректировать рацион при необходимости. Так же можно реализовать подключение к различным API с большим количеством рецептов, что улучшает опыт пользователя. В разработанном приложение основные графики и функционал находятся в профиле пользователя, что показано на рисунке 2.

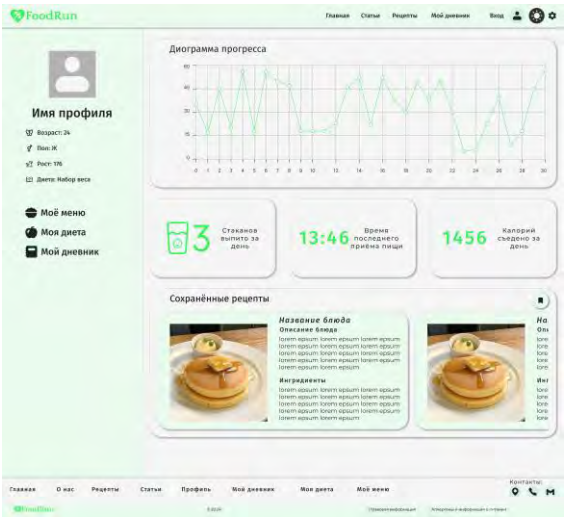


Рисунок 2 – Профиль пользователя

Заключение. Дневник питания является эффективным инструментом для контроля рациона, формирования здоровых привычек и улучшения качества жизни. Его использование способствует осознанному питанию, помогает анализировать потребляемые продукты и их влияние на организм, а также выявлять факторы, приводящие к перееданию.

Интеграция дневника питания в веб-приложение расширяет его возможности за счет удобного доступа, автоматизированного анализа данных и интеграции с другими сервисами. Функциональность веб-приложений позволяет визуализировать изменения рациона, динамику веса и влияния питания на самочувствие, что делает процесс отслеживания питания более наглядным и эффективным. Таким образом, использование дневника питания в цифровом формате не только повышает удобство его ведения, но и делает его более функциональным инструментом для пользователей, стремящихся к улучшению своего здоровья и качества жизни.

Список литературы

1. *Дневник ПП питания: 5 советов, как вести дневник питания / Формируем новую полезную привычку [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://romellina.ru/raznoe/dnevnik-pp-pitaniya-5-sovetov-kak-vesti-dnevnik-pitaniya-formiruem-novuyu-poleznuyu-privychku-statya-iz-rubriki-eda-i-ves-na-food-ru.htm. Дата доступа: 12.04.2025.*
2. *Как вести дневник питания и зачем он нужен [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mobi-trend.ru/kak-vesti-dnevnik-pitaniya-i-zachem-on-nuzhen/. Дата доступа: 12.04.2025.*
3. *Наумова Л. Зачем нужен дневник питания: примеры и практические советы, как правильно вести // Food.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://food.ru/articles/8304-zachem-nuzhen-dnevnik-pitaniya. Дата доступа: 12.04.2025.*

UDC 004.774:615.874

WEB APPLICATION FOR EATING BEHAVIOR CORRECTION AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Glushakova Z.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Parkhomenko D.A. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article examines the significance of a food diary as a tool for dietary control, the formation of healthy eating habits, and the analysis of the impact of nutrition on the body. The main functions of a food diary are described, including calorie monitoring, tracking eating habits, and identifying factors influencing overeating. Special attention is given to the integration of the food diary into web applications, their advantages, and user capabilities. Key aspects of usability, data visualization, and integration with other services are considered. The conclusion highlights the feasibility of using a digital food diary to enhance dietary control efficiency and improve quality of life.

Keywords: food diary, diet, eating habits, web application.

УДК 004.418

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИЗУЧЕНИЯ ЛЕКСИКИ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА С СИСТЕМОЙ ГЕЙМИФИКАЦИИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Натяженко Е.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Карпович Е.Б. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Разработано мобильное приложение для эффективного изучения английской лексики с элементами геймификации. Приложение ориентировано на учащихся, преподавателей и самостоятельных изучающих язык. Включает режимы изучения новых слов, игровой режим с упражнениями и систему поощрения. Реализованы эргономические принципы, направленные на повышение удобства и эффективности взаимодействия пользователя с интерфейсом.

Ключевые слова: мобильное приложение, изучение английского языка, геймификация, эргономическое обеспечение, Android, Kotlin.

Введение. Изучение английского языка стало неотъемлемой частью личного и профессионального развития, особенно в эпоху глобализации. Однако традиционные методы изучения часто оказываются недостаточно эффективными из-за монотонности процесса и отсутствия мотивации. Разработка мобильного приложения с элементами геймификации позволяет повысить интерес к обучению и ускорить запоминание лексики.

Цель проекта – разработать мобильное приложение, обеспечивающего эффективное запоминание в процессе изучения лексики за счет интеграции элементов геймификации и соблюдения эргономических принципов. Объектом исследования проекта является мобильное приложение для эффективного изучения лексики английского языка с системой геймификации. Предмет исследования – технологии создания мобильных приложений, принципы проектирования эргономичных пользовательских интерфейсов.

Основная часть. Мобильные технологии предоставляют новые возможности для упрощения и улучшения процесса обучения. Однако многие существующие приложения для изучения лексики не могут обеспечить пользователям достаточную гибкость и мотивацию для регулярного использования. Мобильное приложение для изучения английских слов с элементами геймификации призвано восполнить эти недостатки, предлагая пользователям эффективный инструмент для запоминания и повторения лексики с элементами игры.

Актуальность разработки приложения заключается в потребности пользователей в индивидуализированном подходе к обучению, который позволяет выбирать интересные и актуальные слова, при этом предлагая систему вознаграждений за достижения. Многие стандартные учебные приложения игнорируют важность мотивации, из-за чего пользователи быстро теряют интерес. Геймификация в приложении поможет вовлекать пользователя в процесс, делая обучение более увлекательным и продуктивным.

На рынке существуют подобные приложения, такие как Words Booster и MosaLingua, которые предоставляют базовые инструменты для изучения лексики, однако они имеют ряд ограничений [1]. В Words Booster отсутствует гибкость в выборе методов обучения и регулярные игровые элементы, что делает его менее интересным для долгосрочного использования предлагает фиксированные наборы слов и ограниченные возможности по созданию собственных списков, что снижает эффективность для пользователей с разным уровнем владения языком [2]. Разработанное приложение, в отличие от аналогов, предлагает больше возможностей для персонализации и интеграции игровой механики, что делает процесс обучения более адаптированным и мотивирующим.

Удобный интерфейс и легкая навигация обеспечивают быстрый доступ ко всем основным функциям, что упрощает процесс обучения [3]. В результате пользователи могут сосредоточиться на изучении новых слов, не отвлекаясь на сложные настройки и поиски нужных разделов, что значительно повышает эффективность и комфорт использования системы.

Назначение системы – предоставить пользователям удобный инструмент для изучения и закрепления английских слов, сочетая элементы игры и отслеживание прогресса, что мотивирует пользователей на регулярные занятия и достижение новых целей.

Задачи проектируемого приложения:

– обеспечение пользователей возможностями для изучения и повторения английских слов через доступные игровые и традиционные режимы;

– предоставление удобных средств для отслеживания прогресса, уровня и достижений;

– создание эргономичного интерфейса для быстрого доступа ко всем функциям приложения и упрощения обучения.

Реализованный интерфейс включает в себя несколько экранов. Главный экран для управления повседневными заданиями, доступом к игровым режимам и отслеживания прогресса. Экран словаря, который позволяет систематизировать изучаемые слова по категориям и отслеживать процент изучения. Экран изучения новых слов, где слова представлены наглядно с использованием изображений, примеров и перевода, что способствует лучшему запоминанию. Экран профиля, обеспечивающий доступ к личным данным и статистике обучения.

В ходе выполнения проектирования, разработаны алгоритмы работы пользователя, структурная схема взаимодействия пользователя со средой, диаграмма вариантов использования, разработан сценарий информационного взаимодействия пользователя с программный комплексом, разработаны прототипы пользовательского интерфейса, проведена эргономическая оценка пользовательского интерфейса.

На рисунке 1 представлена диаграмма вариантов использования мобильного приложения.

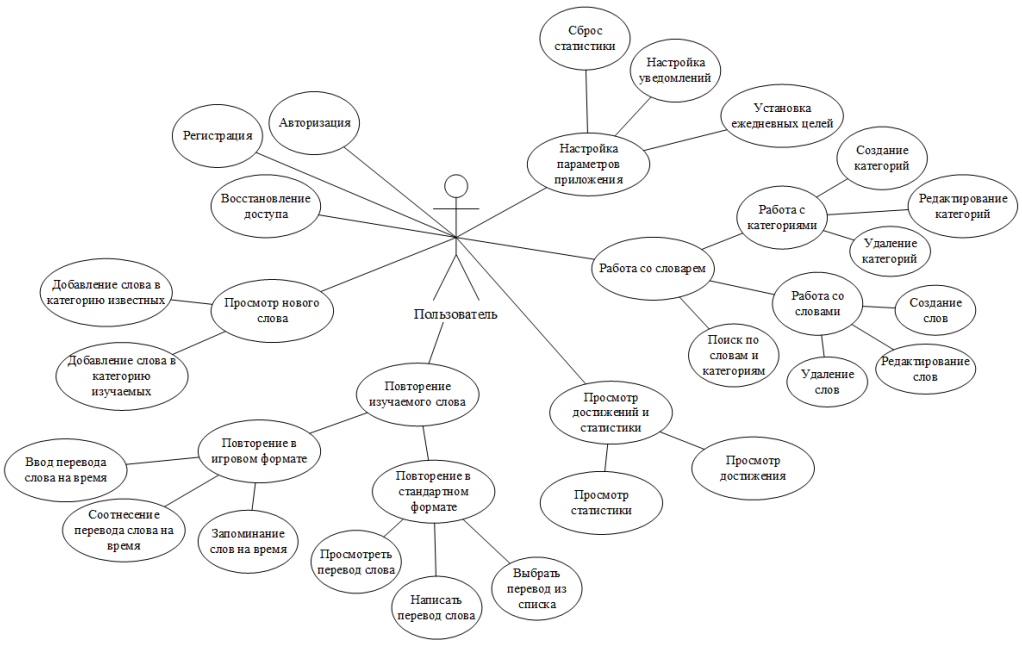


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

На рисунке 2 показан главный рабочий экран мобильного приложения.

Рисунок 2 – Главный экран приложения

Заключение. Мобильное приложение для эффективного изучения лексики английского языка с системой геймификации разработано для платформы Android. Одной из главных задач проекта стало создание удобного и интуитивно понятного интерфейса, который поддерживает управление учебным процессом и минимизирует когнитивную нагрузку на пользователя. Таким образом, разработанное приложение не только позволяет оптимизировать процесс изучения английской лексики, но и создает условия для мотивации пользователей за счет игровых режимов и визуального отслеживания прогресса. Полученные результаты могут служить основой для дальнейшего совершенствования системы, расширения её функционала и применения аналогичных подходов в других образовательных проектах.

Список литературы

1. MosaLingua. Learn languages easily and effectively [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mosalingua.com/en/. Дата доступа: 26.03.2025.

2. Ten Words. Application for learning vocabulary [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ten-words.web.app/. Дата доступа: 26.03.2025.

3. Стрелков Ю. К. Психологическое содержание операторского труда / Ю. К. Стрелков. Москва: Российское психологическое общество, 2001. 196 с.

UDC 004.418

A MOBILE APPLICATION FOR EFFECTIVE LEARNING OF ENGLISH VOCABULARY WITH GAMIFICATION SYSTEM AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Natyazhenko L.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Karpovich E.B. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. A mobile application for effective study of English vocabulary with elements of gamification has been developed. The application is aimed at students, teachers and independent language learners. It includes modes for learning new words, a game mode with exercises and a reward system in the form of experience points. Ergonomic principles aimed at increasing the convenience and efficiency of user interaction with the interface have been implemented.

Keywords: mobile application, learning English, gamification, ergonomic support, Android, Kotlin.

УДК 004.42

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ CRM-СИСТЕМЫ С ДИНАМИЧЕСКИМ РАБОЧИМ ПРОСТРАНСТВОМ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Буян Е.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Андриалович И.В. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Работа посвящена разработке веб-приложения CRM-системы с динамическим рабочим пространством. Основная цель – создание удобной и гибкой системы для автоматизации взаимодействия с клиентами и оптимизации бизнес-процессов. Особое внимание уделяется UX-дизайну и кастомизации интерфейса, что снижает порог вхождения и повышает продуктивность пользователей.

Ключевые слова: CRM-система, автоматизация бизнес-процессов.

Введение. CRM-система – это программа для автоматизации и контроля взаимодействия компании с клиентами. Она хранит и структурирует информацию о заказах и покупателях, помогает оптимизировать маркетинг, повысить продажи и качество обслуживания [1].

Главным преимуществом внедрения CRM-системы является снижение зависимости от человеческого фактора. CRM-система позволяет сократить время на рутинные действия, такие как: перезвоны клиентам, информационная рассылка, регистрация входящих звонков.

Следующим немало важным преимуществом является, формирование единой клиентской базы. CRM-система позволяет хранить и структурировать данные о клиентах и поставщиках, включая информацию о заказах, платежеспособности, историю взаимодействия с компанией. Благодаря этому не теряется связь с клиентами.

Основная часть. Цель проекта – разработать CRM-систему с динамическим рабочим пространством. Разработанная система призвана помочь компаниям и предприятиям различной сферы деятельности, наладить бизнес-процессы, помочь автоматизировать контроль и взаимодействие компании с клиентами. Веб-приложение будет представлять собой CRM-систему коробочного типа [2], по методу хранения данных, и комбинированной [2], по уровню обработки информации.

Задачи, решаемые CRM-системой:

– автоматизация основных процессов по взаимодействию с клиентами, включая сбор данных, сегментацию клиентов и отслеживание показателей эффективности;

– обеспечение безопасного и удобного хранения клиентских данных, с возможностью быстрого доступа к нужной информацию;

– гибкая настройка и динамическая организация рабочего пространства, позволяющая пользователям создавать уникальные рабочие панели и блоки под свои задачи.

На данный момент, на рынке существует большое количество CRM-систем, например, AmoCRM, БИТ.CRM 3 для 1С: Управление торговлей 11, Bitrix24. Однако зачастую многие разработчики, руководствуясь тем, что система предназначена для внутреннего пользования, намеренно вкладывают меньше сил на разработки интерфейсов систем, что по итогу приводит к тому, что программа, призванная упрощать деятельность сотрудника, только усложняет ее. Кроме того, часто у таких программ высокий порог вхождения, что приводит к дополнительный временным и денежным затратам на обучение сотрудника. На рисунке 1 и 2 приведены примеры неудачных дизайнов интерфейсов.

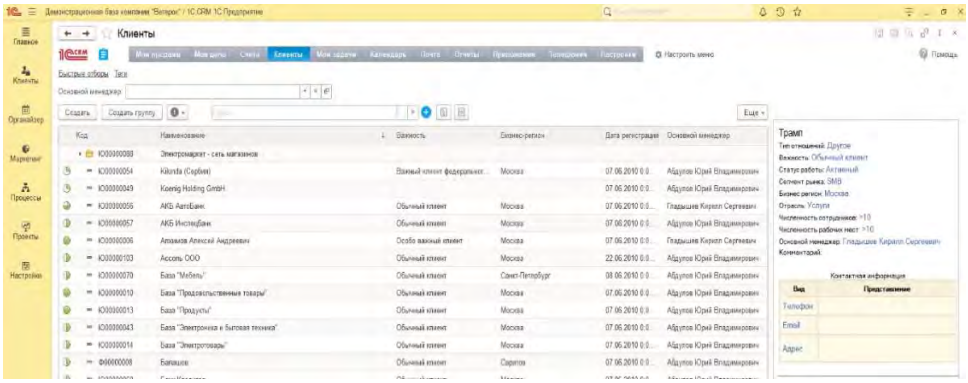


Рисунок 1 – 1C:CRM

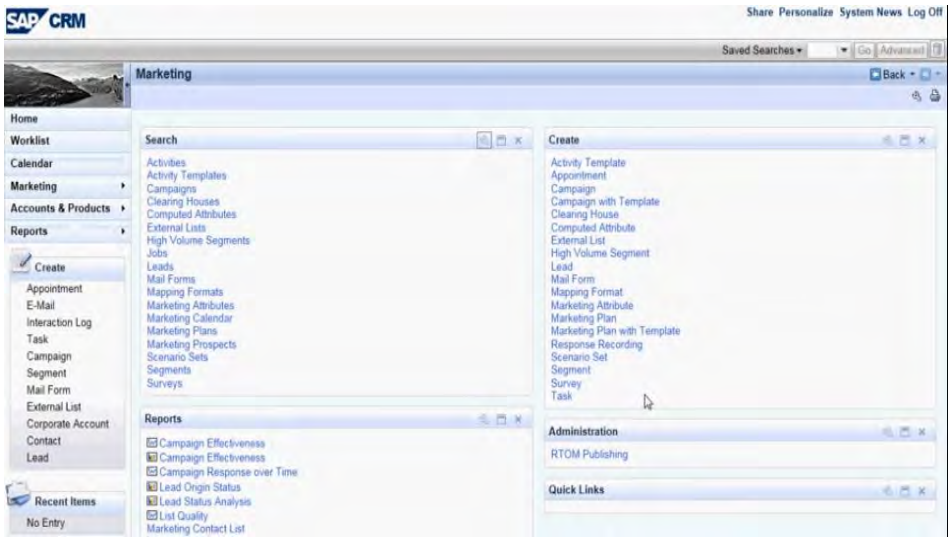


Рисунок 2 – SAP CRM

В свою же очередь был выбран следующий дизайн для CRM-систем, чтобы он удовлетворял принципам UX, и при этом имел высокий уровень кастомизации, что позволит конечно пользователю продукта, более эффективно ее использовать. Пользовательский интерфейс изображен на рисунке 3.

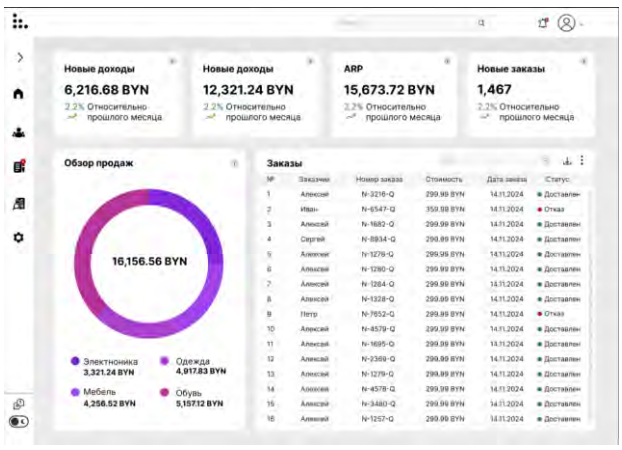


Рисунок 3 – Пользовательский интерфейс

В зависимости от должности, задач пользователя, пользовательский экран может выглядеть как представлено на рисунке 4.

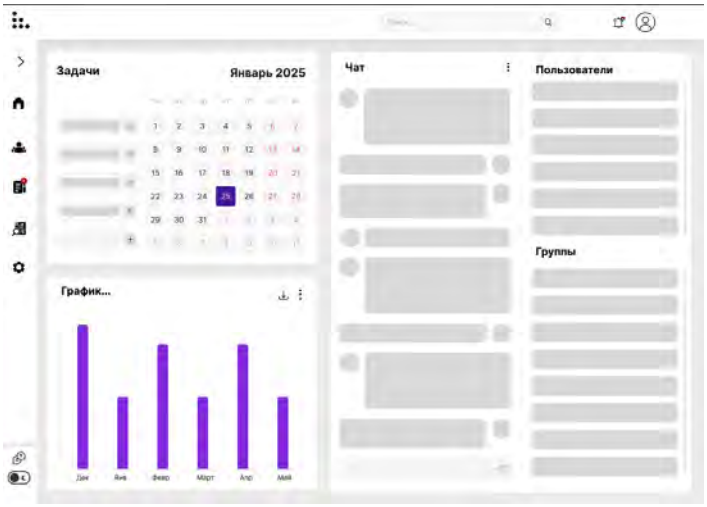


Рисунок 4 – Другой вариант пользовательский интерфейс

Заключение. Именно благодаря возможностям динамической кастомизации пользовательского интерфейса, удастся создать CRM-систему, которая будет удовлетворять все современным требованиям к дизайну интерфейса, а также будет иметь низкий порог вхождения, что поможет сэкономить денежные и временные затраты на внедрение системы.

Список литературы

1. *Unisender – словарь маркетолога [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://www.unisender.com/ru/glossary/chto-takoe-crm-sistema/. Дата доступа: 12.03.2025.*

2. *Виды CRM-систем: какие бывают и как их выбирать. Подробный обзор [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://blog.albato.ru/vidy-crm-sistem-kakie-byvayut-i-kak-ih-vybirat-podrobnyj-obzor/. Дата доступа: 12.03.2025.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

WEB APPLICATION OF A CRM SYSTEM WITH A DYNAMIC WORKSPACE AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Buyan E.Y.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Andrialovich I.V. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article focuses on developing a web-based CRM system with a dynamic workspace. The goal is to create a flexible and user-friendly system for automating customer interactions and optimizing business processes. Emphasis is placed on UX design and interface customization to lower the entry barrier and improve user productivity.

Keywords: CRM system, business process automation.

УДК 004.774:51-047.23

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ

Мелешко К.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Карпович Е.Б. – магистр тех. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Спроектировано и разработано веб-приложение для сопровождения процесса обучения математике. Сопровождение включает в себя создание обучающих материалов, создание заданий для учеников, донесение заданий до учеников, автоматическая проверка выполненных учеником заданий, отслеживание статистики выполнения заданий учениками, связь учеников с преподавателем. Приложение ориентировано на репетиторов.

Ключевые слова: веб-приложение, сопровождение процесса обучения математике, трехслойная клиент-серверная архитектура, .NET, React, PostgreSQL.

Введение. Математика является одним из ключевых предметов в образовательной системе, но ее изучение часто вызывает трудности у учащихся. Репетиторы помогают восполнить пробелы в знаниях, однако для эффективного обучения необходимы инструменты, позволяющие структурировать учебные материалы, контролировать успеваемость учеников и адаптировать процесс под уровень каждого из учеников.

Цель проекта – разработать веб-приложения для сопровождения процесса обучения математике, адаптированного под нужды репетиторов. Оно должно обеспечить удобное управление учебными материалами, автоматизированный контроль знаний и мониторинг прогресса учеников. Объектом исследования является веб-приложение, предназначенное для сопровождения учебного процесса обучения математике. Предмет исследования – методы сопровождения образовательного процесса, современные технологии веб-разработки, подходы к автоматизированной проверке знаний.

Основная часть. Обучение – это планомерная и систематическая работа учителя с учащимися, основанная на осуществлении и закреплении изменений в их знаниях, установках, поведении и в самой личности под влиянием учения, овладения знаниями и ценностями, а также собственной практической деятельности [1].

Система сопровождения обучением (*LMS*) – это инструмент, который позволяет организовать и автоматизировать процессы обучения. Она объединяет в себе различные функциональные возможности, такие как создание курсов, распределение материалов, контроль прогресса студентов, взаимодействие между преподавателями и учащимися, а также мониторинг и анализ результатов обучения. С помощью *LMS* можно создавать уникальные и интерактивные обучающие программы, а также предлагать учебные материалы в различных форматах: текстовых документов, видеоуроков, тестов [2].

Для выявления необходимых функций системы и определения уникальных особенностей системы был проведен анализ аналогичных систем для сопровождения процесса обучения. Так как разрабатываемая система акцентирует внимание на репетиторах и их учениках, то при анализе существующих на рынке решений особое внимание возможности использования системы репетитором.

Результат анализа рынка показал, что существующие решения либо слишком сложные, ориентированы на учебные заведения (*Moodle*), либо имеют недостаточный функционал для полноценного сопровождения обучения (*Quizziz, Google Classrooms*).

Назначение проектируемой системы – сопровождение процесса обучения математике для репетиторов и их учеников. Сопровождение включает в себя создание обучающих материалов, создание заданий для учеников, донесение заданий до учеников, проверка выполненных учеником заданий, отслеживание статистики выполнения заданий учениками, связь учеников с преподавателем.

Целью реализации информационной системы является разработка веб-приложения, обеспечивающего простое, доступное для всех, и глубокое управление процессом изучения математики учениками. Функциональные модули позволяют решать такие задачи как добавления обучающих материалов, создание тестов с заданиями различных видов для оценки знаний учеников, автоматическая проверка решения заданий, сбор и анализ статистики по выполненным заданиям и создание умных рекомендаций на его основе.

Для создания веб-приложения выбрана клиент-серверная архитектура. Клиент-серверная архитектура – архитектура, в которой задачи распределены между клиентами и серверами. В такой архитектуре клиент, обычно являющийся пользователем или программой, запрашивает услуги или ресурсы у сервера, который отвечает на запросы, предоставляя необходимые данные или функциональность. Данная архитектура также носит название двухуровневой. Трёхуровневая архитектура является дальнейшим развитием двухуровневой. В ней сервер разделяется на два компонента – слой логики и слой данных. Отделение слоя данных в полноценный третий слой произошло из-за возросшей нагрузки на сервер [3].

Для реализации клиентской части была выбрана архитектура *SPA (Single Page Application). SPA* приложение – это интернет-приложение, состоящие из одного *HTML*-документа. При переходе между вкладками *SPA* подгружается только запрашиваемый контент. Статичные блоки (например, шапка и боковая панель) не перезагружаются. При такой архитектуре контент загружается быстрее, а пользовательский опыт сравним с полноценными программами [4].

Для создания клиентской части приложения использован язык программирования TypeScript, с использованием библиотеки React, подходящей для простого создания веб-приложений с *SPA* архитектурой за счет компонентного подхода.

Для реализации серверной части используется язык *C#* вместе с платформой *.NET,* так как Платформа .NET включает в себя мощные средства для создания API (ASP.NET Core), а также для работы с базами данных (Entity Framework Core).

Взаимодействие серверной и клиентской части системы осуществляется с помощью двух протоколов – *HTTP* и *WebSocket.* Протокол *HTTP* следует классической клиент-серверной модели, когда клиент открывает соединение для создания запроса, а затем ждёт ответа [5]. *WebSocket* – это продвинутая технология, позволяющая открыть постоянное двунаправленное сетевое соединение между браузером пользователя и сервером [5]. Технология *WebSocket* применяется в тех случаях, когда необходима коммуникация в реальном времени (например, в чате обратной связи по выполнению задания между учеником и преподавателем).

Для хранения данных используется СУБД *PostgreSQL. PostgreSQL* – это одна из самых популярных объектно-реляционных систем управления базами данных. Реляционная модель обеспечивает высокую скорость поиска структурированной информации за счет индексирования. Однако новые выпуски *PostgreSQL* так же поддерживают тип данных *json,* который позволяет хранить *json*-объекты прямо в ячейках таблицы, что позволяет хранить данные о вопросах теста в одной таблице, не применяя тяжелые операции соединения таблиц.

Преподавателям система дает возможность создавать свои обучающие материалы (карточки с теорией), создавать свои вопросы различных типов (с вариантами ответа, ввод математических выражений, анализ графика), хранящиеся в банке вопросов, компоновать вопросы в тесты, назначать домашние задания с выставленными сроками для учеников. Также преподаватель в системе может просматривать статистические данные по каждому из учеников, которые будут представлены в виде графиков и диаграмм. Такой набор функций позволит репетиторам полноценно интегрировать разработанную систему в процесс обучения и оценки знаний.

Ученики в системе, помимо просмотра и решения заданий, также могут просматривать свою статистику по решенным задачам, а также получать рекомендации, по каким тема их знания проседают.

Страница теста, содержащая информацию о тесте, текущий прогресс выполнения и список вопросов, показана на рисунке 1.

Рисунок 1 – Страница теста

Заключение. Разработанное веб-приложение для сопровождения процесса обучения математике предоставляет простой и мощный инструмент для цифровизации и автоматизации сопровождения обучения, в частности такие аспекты как проверка заданий, анализ успеваемости и назначение домашних заданий. Использование современных подходов к проектированию архитектуры приложения и использование мощных и зарекомендовавших себя технологий, таких как *.NET, React* и *PostgreSQL* гарантирует надежность, устойчивость к сбоям, высокую производительность и простое масштабирование системы.

Дальнейшее возможное развитие системы включает в себя расширение области специализации системы с математики на другие дисциплины, добавление расширенных средств управления занятиями и учениками, что позволит системе преобразиться из нишевого инструмента для репетиторов в полноценную крупную систему сопровождения обучения.

Список литературы

1. The concept of the learning process, its goals and functions [Электронный ресурс] // Studfile. Режим доступа: https://studfile.net/preview/9578234/. Дата доступа: 27.03.2025.

2. LMS – what is it [Электронный ресурс] // Skyeng. Режим доступа: https://skyeng.ru/magazine/wiki/it-industriya/chto-takoe-lms/. Дата доступа: 27.03.2025.

3. Three-tier architecture [Электронный ресурс] // Javarush. Режим доступа: https://javarush.com/quests/lectures/questservlets. level14.lecture01/. Дата доступа: 27.03.2025.

4. What is a SPA application and its features [Электронный ресурс] // Webcase. Режим доступа: https://webcase.com.ua/blog/razrabotka-odnostranichnyh-prilozhenij-spa-webcase/. Дата доступа: 27.03.2025.

5. HTTP, WebSocket [Электронный ресурс] // MDN Web Docs. Режим доступа: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/API/ WebSockets_API. Дата доступа: 27.03.2025.

UDC 004.774:51-047.23

WEB APPLICATION FOR THE MANAGEMENT OF THE LEARNING PROCESS OF MATHEMATICS

Meleshko K.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Karpovich E.B. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. A web application for the management of the learning process of mathematics has been designed and developed. Management of the learning process includes creating educational materials, creating assignments for students, delivering assignments to students, automatically checking assignments completed by students, tracking statistics on student assignments, and connecting students with the teacher. The application is mostly aimed at tutors.

Keywords: web-application, management of the learning process of mathematics, three-tier client-server architecture, .NET, React, PostgreSQL.

УДК 331.101.1:658.842

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАКАЗАМИ И МАРШРУТИЗАЦИЕЙ ДЛЯ СЛУЖБЫ ДОСТАВКИ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Драчиловский А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пархоменко Д.А. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Работа посвящена разработке системы маршрутизации и управления заказами для служб доставки. Основная цель – создание удобного и эффективного инструмента для автоматизации планирования маршрутов, распределения заказов и оптимизации логистических процессов. Особое внимание уделяется удобству интерфейса и эргономике системы, что снижает нагрузку на пользователей и повышает точность выполнения задач.

Ключевые слова: Система маршрутизации, автоматизация бизнес-процессов и логистики.

Введение. В контексте грузоперевозок система маршрутизации представляет собой совокупность процессов и методов, направленных на определение оптимальных маршрутов движения транспортных средств с целью эффективной доставки грузов. В последние годы наблюдается значительный рост спроса на услуги доставки, что обусловлено развитием электронной коммерции и изменениями в потребительском поведении, особенно в условиях пережитой пандемии [1]. По данным Ассоциации компаний розничной торговли (АКОРТ), в 2020–2021 годах компании, оперативно адаптировавшиеся к новым условиям, зафиксировали беспрецедентный рост онлайн-продаж [2]. Но одной из ключевых проблем современных алгоритмов маршрутизации в системах управления заказами является высокая вычислительная сложность, связанная с увеличением объема данных и изменяющейся структурой маршрутов. Это приводит к росту временных и ресурсных затрат на обработку информации и построение оптимальных маршрутов.

Основная часть. Цель проекта – разработать систему управления заказами и маршрутизацией для службы доставки, которая призвана помочь компаниям, занимающимся доставкой товаров и услуг, сократить затраты на логистику, улучшить качество обслуживания клиентов и минимизировать задержки при выполнении заказов. Разрабатываемая система представляет собой программный комплекс, предназначенный для планирования маршрутов и управления заказами для служб доставки. Основная задача системы – автоматизировать планирование маршрутов, оптимизировать распределение заказов между курьерами и повысить эффективность логистических процессов. Задачи, решаемые данной системой:

– оптимизация логистических процессов за счет расчета наиболее эффективных маршрутов с учетом расстояния, времени доставки и загруженности дорог;

– обработка, отслеживание и распределение заказов между курьерами в режиме реального времени;

– предоставление информации о статусе доставки, времени прибытия и возможных задержках;

– сбор данных о доставках, оценка времени выполнения, анализ загруженности курьеров и построение отчетов для оптимизации процессов;

– возможность подключения к CRM, ERP и другим бизнес-инструментам для синхронизации данных.

На данный момент, на рынке существует ряд уже готовых решений, автоматизирующих маршрутизацию и управление заказами: Circuit, Routin и Route Planner. Однако зачастую многие разработчики, руководствуясь тем, что система предназначена для внутреннего пользования, намеренно вкладывают меньше сил на разработки интерфейсов систем. Несмотря на наличие сложных алгоритмов маршрутизации во всех трех системах, бросается в глаза отсутствие должного внимания к эргономическим аспектам интерфейса. Это может привести к излишней когнитивной нагрузке на курьеров и менеджеров, особенно в условиях высокой динамики заказов и их большого количества. В разрабатываемой системе, напротив, значительное внимание уделяется удобству взаимодействия с пользователем, снижению когнитивной нагрузки и адаптивности интерфейса, что поможет обеспечить эффективное использование системы. Кроме того, плохой интерфейс приводит к дополнительный временным и денежным затратам на обучение сотрудника. На рисунке 1 приведены пример неудачного дизайна интерфейса.

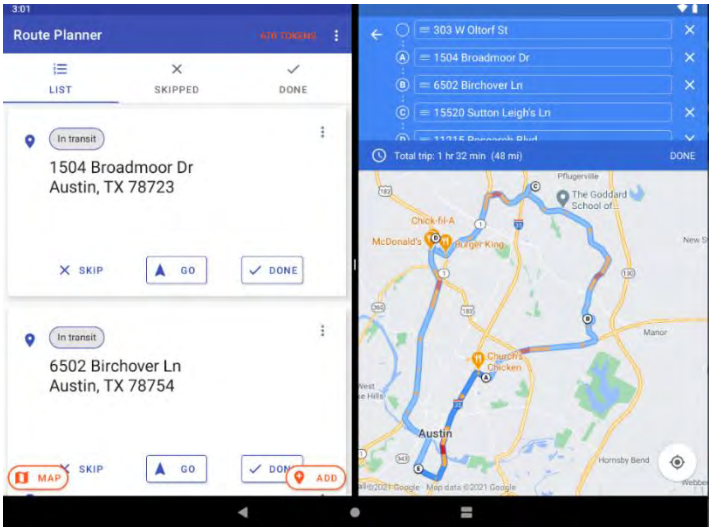


Рисунок 1 – Приложение Route Planner

Важным этапом работы стала оценка эргономичности СЧКС, что позволило выявить сильные и слабые стороны интерфейса, обеспечив анализ удобства и эффективности взаимодействия пользователя с системой, а также оптимизировать взаимодействие пользователя с системой, устранив избыточные элементы и улучшив навигацию. Интерфейс системы был разработан с акцентом на эргономику: элементы управления размещены логично, интерфейс интуитивен и не требует значительного времени для освоения.

По результатам проведенной оценки эргономичности СЧКС, итоговый показатель составил 0.753, что соответствует уровню «Хорошо» [3]. Это означает, что система демонстрирует высокий уровень удобства и эффективности взаимодействия пользователя с интерфейсом, но требует доработки.

Клиентская часть реализована с использованием React, обеспечивая динамический и удобный пользовательский интерфейс. Клиент взаимодействует с сервером через HTTPS-запросы, что гарантирует безопасность передаваемых данных за счет их шифрования. Использование HTTPS предотвращает возможность перехвата информации злоумышленниками, в отличие от HTTP.

Серверная часть разработана на Java с использованием Spring Boot, что обеспечивает надежность, гибкость и масштабируемость системы. Сервер обрабатывает запросы от клиентской части, передает их в соответствующие контроллеры, которые выполняют валидацию данных и взаимодействуют с сервисами. Сервисный слой содержит бизнес-

логику и обращается к уровню доступа к данным, который использует JPA (Java Persistence API) и Hibernate для работы с базой данных.

В свою же очередь был выбран следующий дизайн для разрабатываемой системы, который удовлетворяет принципам UX. Пользовательский интерфейс изображен на рисунке 2.

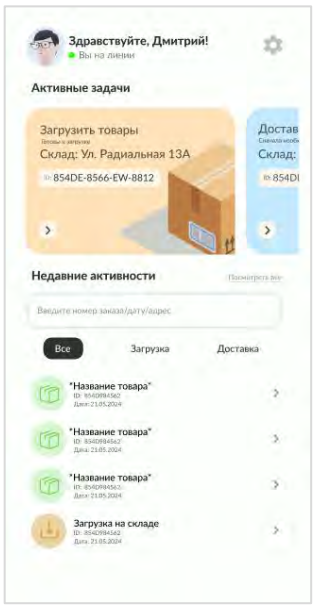


Рисунок 2 – Пользовательский интерфейс для курьера

Заключение. Разрабатываемая система учитывает принципы эргономического проектирования, такие как минимизация когнитивной нагрузки за счет интуитивного расположения элементов, четкость структуры информации и визуальная иерархия для быстрого восприятия данных, адаптивность интерфейса для работы в различных условиях, включая мобильные устройства, а также удобство работы с системой в стрессовых ситуациях, связанных с высокой скоростью принятия решений.

Список литературы

1. Logistic.Tools: Программы для маршрутизации курьеров [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://logistic.tools/blog/programmi-marshrutizacii-rurerov-v-sootvetstvii-mezdunarodnim-standartam. Дата доступа: 20.03.2025.

4. Рынок доставки товаров в России в 2024 году: тренды и прогнозы [Электронный ресурс] // DP.ru. Режим доступа: https://www.dp.ru/a/2024/02/08/rinok-dostavki-tovarov-v-rossii. Дата доступа: 20.03.2025.

4. *Шупейко И. Г. Эргономическое проектирование систем «человек – машина»: пособие / И. Г. Шупейко. Минск: БГУИР, 2017. 76 с.: ил.*

UDC 331.101.1:658.842

DELIVERY ORDER MANAGEMENT AND ROUTING SYSTEM FOR THE DELIVERY SERVICE AND ITS ERGONOMIC DESIGN

Drachylouski A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Parkhomenko D.A. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The work is devoted to the development of a routing and order management system for delivery services. The overarching objective is to devise a user-friendly and effective instrument for automating route planning, order distribution and optimizing logistics processes. The interface and ergonomics of the system have been given particular consideration, with the objective of reducing the load on users and increasing the accuracy of task fulfilment.

Keywords: Routing system, business process and logistics automations.

УДК 004.891.2:005.96

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОСУГОМ ПЕРСОНАЛА

Муравская Д.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Рыбак В.А. – к. т. н., доцент

Аннотация. В статье представлена интеллектуальная система поддержки принятия решений для управления корпоративным досугом персонала на основе анализа больших данных. Разработана трехуровневая архитектура системы, включающая модули сбора данных, машинного анализа и формирования персонализированных рекомендаций. Система демонстрирует значительный потенциал для оптимизации организационных процессов и повышения удовлетворенности персонала.

Ключевые слова: система поддержки решений, управление досугом, машинное обучение, HR-аналитика, корпоративная культура.

Введение. В условиях современного бизнеса управление человеческими ресурсами становится ключевым фактором, определяющим успех организации. Одним из важных аспектов этого управления является создание комфортной и продуктивной рабочей среды, что включает в себя внимание к досугу сотрудников. В последние годы наблюдается рост интереса к использованию технологий для анализа данных о досуге персонала, что открывает новые возможности для повышения вовлеченности и удовлетворенности работников.

Современные системы поддержки принятия решений в HR-менеджменте представляют собой комплекс программно-аппаратных средств, позволяющих на основе анализа больших массивов данных вырабатывать оптимальные управленческие решения. Особую актуальность такие системы приобретают при организации корпоративного досуга, где необходимо учитывать множество факторов – от индивидуальных предпочтений сотрудников до бюджетных ограничений [1].

Разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений для управления досугом персонала на основе анализа больших объемов данных представляет собой актуальную задачу. Современные организации сталкиваются с огромными объемами информации, которая может быть использована для оптимизации процессов управления. Однако, для того чтобы извлечь полезные решения из этих данных, необходимо применять современные методы анализа, включая машинное обучение и статистические методы.

Практика показывает, что применение методов анализа больших данных позволяет выявлять скрытые закономерности в предпочтениях сотрудников, прогнозировать посещаемость мероприятий с высокой точностью и существенно оптимизировать бюджет на организацию досуга. Эффективность таких решений подтверждается сокращением затрат на 15-20% при одновременном повышении удовлетворенности персонала [2].

Основная часть. Первым шагом в создании такой системы является сбор и обработка данных о досуге сотрудников. Это может включать информацию о предпочтениях работников, их активности в свободное время, а также данные о предлагаемых организацией услугах и мероприятиях. Однако, данные часто бывают неполными или содержат шум, что требует предварительной обработки. Очистка данных, нормализация и заполнение пропусков – важные этапы, которые позволяют повысить качество анализа и сделать прогнозы более точными.

Сбор и предварительная обработка данных о досуге сотрудников включает:

- анкетирование персонала (предпочтения, интересы, доступное время);
- HR-данные (должности, график работы, местоположение);
- исторические данные о посещаемости мероприятий;
- внешние данные (погода, доступность локаций, актуальные тренды).

Ключевыми этапами обработки является: очистка данных (удаление дубликатов, исправление ошибок); нормализация и заполнение пропусков; кластеризация сотрудников по интересам.

После подготовки данных можно переходить к выбору методов анализа. Для анализа данных о досуге могут быть использованы как традиционные методы, такие как линейная регрессия и деревья решений, так и более сложные подходы, такие как нейронные сети и градиентный бустинг. Выбор конкретного метода зависит от характеристик данных, их объема и сложности задач, которые необходимо решить. Например, если данные имеют сложную структуру и большое количество признаков, использование нейронных сетей может быть более оправданным

Для обработки данных применяются:

− классические методы: линейная регрессия, деревья решений;

− современные подходы: нейронные сети, градиентный бустинг;

− кластеризация (выявление групп сотрудников с общими интересами);

− прогнозирование (оценка посещаемости будущих мероприятий).

Интеллектуальная система поддержки принятия решений для управления досугом персонала на основе анализа больших объёмов данных состоит из следующих компонентов.

1 Сбор данных: система собирает информацию о досуге сотрудников, их предпочтениях, частоте участия в различных мероприятиях и других аспектах.

2 Обработка данных: данные проходят через процесс очистки, нормализации и преобразования для обеспечения их качества и пригодности для анализа.

3 Анализ данных: система анализирует собранные данные с использованием методов машинного обучения, таких как кластеризация, классификация и регрессия. Это позволяет выявить закономерности и тенденции в поведении сотрудников.

4 Прогнозирование потребностей: система прогнозирует потребности сотрудников в услугах по предоставлению досуга на основе анализа данных и выявленных закономерностей.

5 Рекомендации по досугу: система предоставляет сотрудникам рекомендации по выбору мероприятий и видов досуга на основе их предпочтений и потребностей.

6 Мониторинг и адаптация: система отслеживает эффективность рекомендаций и адаптирует их в случае необходимости.

7 Интеграция с другими системами: система может быть интегрирована с другими корпоративными системами, такими как HR-система, для более точного определения потребностей сотрудников.

8 Визуализация данных: система предоставляет удобные инструменты для визуализации данных и результатов анализа, что облегчает принятие решений руководством.

9 Обратная связь и обучение: система собирает обратную связь от сотрудников и руководства, а также использует эту информацию для улучшения своих алгоритмов и рекомендаций.

Компоненты системы включают следующие модули и функционал (таблица 1).

Таблица 1 – Компоненты системы

Компонент	**Функционал**
Сбор данных	Интеграция с HR-системами, анкетирование, учет посещаемости
Обработка данных	Очистка, нормализация, кластеризация
Анализ и прогнозирование	Выявление закономерностей, рекомендации
Рекомендательная система	Персонализированные предложения мероприятий
Визуализация	Дашборды для HR-менеджеров
Обратная связь	Сбор оценок, адаптация алгоритмов

Процесс формирования альтернатив мероприятий в разработанной системе основывается на комплексном анализе данных о предпочтениях сотрудников. Система автоматически генерирует варианты мероприятий, учитывая весь спектр возможных форматов досуга. Для спортивного направления предлагаются такие варианты как турниры по различным видам спорта, групповые занятия йогой или организованные походы. Культурная составляющая включает посещение театров и музеев, проведение мастер-классов по различным видам

творчества. Образовательный блок формируется из лекций приглашенных экспертов и профессиональных тренингов. Развлекательные мероприятия представлены интеллектуальными играми (квизами), корпоративными вечеринками и другими форматами неформального общения.

Процесс оценки и выбора оптимального решения строится на применении анализа, который учитывает три ключевых параметра: уровень ожидаемой удовлетворенности сотрудников, бюджетные ограничения и временные рамки проведения мероприятия. Для объективного ранжирования альтернатив применяется метод анализа иерархий, позволяющий учесть как количественные, так и качественные показатели. Особое внимание уделяется вопросам оптимизации бюджета, для чего используется аппарат линейного программирования, обеспечивающий максимально эффективное распределение финансовых ресурсов между различными мероприятиями.

Такой комплексный подход к формированию и оценке альтернатив позволяет системе предлагать действительно оптимальные варианты организации досуга, которые одновременно учитывают интересы сотрудников и экономические возможности компании. При этом обеспечивается баланс между различными форматами мероприятий, что способствует созданию разнообразной и насыщенной корпоративной культуры. Пример оценки альтернатив (таблица 2).

Таблица 2 – Пример оценки альтернатив

Мероприятие	**Удовлетворенность**	**Бюджет**	**Время**	**Посещаемость**	**Итоговая оценка**
Турнир по футболу	Высокая	Средний	Удобное	Высокая	8/10
Мастер-класс по живописи	Очень высокая	Низкий	Удобное	Средняя	9/10
Лекция эксперта	Средняя	Низкий	Неудобное	Низкая	6/10

После выбора мероприятия система обеспечивает организацию проведения мероприятия (бронирование, оповещение), сбор обратной связи от сотрудников, а также корректировку алгоритмов для будущих решений.

Внедрение интеллектуальной системы поддержки принятия решений для управления корпоративным досугом персонала обеспечивает организации ряд значимых конкурентных преимуществ:

− повышение удовлетворенности персонала за счет учета предпочтений;

− оптимизация бюджета на корпоративные мероприятия;

− снижение текучести кадров благодаря улучшению корпоративной культуры;

− автоматизация процессов принятия решений в HR-менеджменте.

Интеллектуальная система поддержки принятия решений может помочь HR-менеджерам в адаптации предлагаемых услуг и мероприятий в соответствии с интересами сотрудников. С помощью анализа данных можно выявить наиболее популярные виды досуга, предпочтения различных групп работников и даже прогнозировать потребности в новых услугах. Это позволит организациям не только улучшить качество предлагаемых услуг, но и повысить уровень вовлеченности сотрудников, что в свою очередь может снизить текучесть кадров и улучшить атмосферу в коллективе.

На основании анализа данных с четом отработки интеллектуальной системы поддержки принятия решений возможно осуществлять наиболее эффективно следующие решения.

1 Определение оптимального времени для проведения корпоративных мероприятий, основываясь на анализе занятости сотрудников и их предпочтений.

2 Подбор подходящих видов спорта или занятий для тимбилдинга, учитывая возраст, физическую подготовку и интересы сотрудников.

3 Разработка индивидуальных программ развития и обучения для каждого сотрудника на основе его профессиональных целей и интересов.

4 Предложение новых идей для организации корпоративных мероприятий, которые будут интересны и полезны для сотрудников.

5 Анализ отзывов и предложений сотрудников о проведённых мероприятиях, чтобы улучшить качество предоставляемых услуг и учесть пожелания персонала.

В основе разработанной системы лежат три фундаментальных принципа: многоуровневая архитектура сбора и обработки данных, персонализированные рекомендательные алгоритмы и механизмы обратной связи с функцией самообучения системы. Такой подход доказал свою эффективность в современных HR-практиках. Особое значение имеет применение методов кластеризации сотрудников по интересам, что позволяет существенно повысить релевантность предлагаемых мероприятий. Практические исследования демонстрируют 40% рост эффективности по сравнению с традиционными подходами к организации досуга.

Наибольшую результативность показывают гибридные системы, которые сочетают анализ объективных данных (посещаемость, активность) с субъективными оценками (результаты анкетирования, персональные отзывы). Такой комплексный подход обеспечивает наиболее полное понимание потребностей коллектива. Особенно ценным такое решение становится для компаний с распределенными командами и разнородным составом сотрудников. Возможность централизованного анализа данных из различных филиалов и подразделений значительно повышает эффективность управления корпоративным досугом.

Заключение. Разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений для управления досугом персонала на основе анализа больших объемов данных представляет собой перспективное направление, способствующее улучшению качества управления человеческими ресурсами. Внедрение таких технологий может значительно повысить уровень удовлетворенности сотрудников и создать более привлекательную рабочую среду, что, в свою очередь, будет способствовать достижению стратегических целей организации. Таким образом, применение методов анализа данных и машинного обучения в управлении досугом становится не только актуальным, но и необходимым шагом для организаций, стремящихся к инновациям и повышению эффективности. Внедрение таких систем позволяет не только повысить вовлеченность сотрудников, но и оптимизировать управленческие процессы, способствуя достижению стратегических целей организации. Основные перспективы развития включают интеграцию с системами мотивации, прогнозирование потребностей в новых форматах досуга.

Список литературы

1. HR analytics for decision support [Электронный ресурс] / J.H. Marler, J.W. Boudreau // Human Resource Management. - 2017. - Vol. 56, No. 6. - P. 905-914. Режим доступа: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hrm.21852. Дата доступа: 27.03.2025.

2. AI for talent acquisition [Электронный ресурс] / E. van den Broek [u др.] // International Journal of Human Resource Management. - 2021. - Vol. 32, No. 12. - P. 2527-2557. Режим доступа: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09585192.2020.1871398. Дата доступа: 27.03.2025.

UDC 004.891.2:005.96

DEVELOPMENT OF INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR STAFF LEISURE MANAGEMENT

Muravskaya D.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Rybak V.A. – Cand. of Sci., Associate Professor

Annotation. The article presents an intelligent decision support system for managing corporate staff leisure activities based on big data analysis. A three-tier system architecture has been developed, comprising data collection modules, machine analysis, and personalized recommendation generation. The system demonstrates significant potential for optimizing organizational processes and enhancing employee satisfaction.

Keywords: decision support system, leisure management, machine learning, HR analytics, corporate culture.

УДК 004.774:005.92

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ И ЕЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Конохов А.П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Борисик М.М. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматриваются предметная область, существующие аналоги, а также особенности проектирования системы, направленной на структурированное хранение, обработку и управлению проектной документацией. Выполнен анализ ключевых задач, решаемых системой, определены эргономические аспекты интерфейса для повышения удобства работы пользователей.

Ключевые слова: документация, вики-платформы, управление проектами.

Введение. Документация является фундаментальной частью любого программного проекта, обеспечивая не только инструкции по использованию программного обеспечения, но и предоставляя информацию о причинах выбора определенных подходов, компромиссов и ограничений, с которыми сталкиваются разработчики. Организации также извлекают пользу из документации, поскольку она улучшает восприятие пользователями и снижает чрезмерную зависимость от служб поддержки. Она объясняет все особенности проекта, информирует нас о том, как мы можем с ними работать, помогает ознакомиться с функциональными возможностями проекта и позволяет нам сократить время на адаптацию.

Основная часть. Появление средств создания статической документации и онлайн-инструментов документирования связано с большими объемами информации. Когда компания *Facebook* только начинала свою программу открытых исходных кодов, многие команды создавали собственные веб-сайты для каждого из своих проектов с открытым исходным кодом. Такой подход создал проблемы, когда команду программы открытого кода попросили помочь проектным командам улучшить документацию. Поскольку каждый сайт был уникальным, добавление базовой инфраструктуры, такой как блог, последовательная навигация, поиск и т. д., стало сложной задачей [1].

Команда программы открытого кода попыталась решить эту проблему, разработав стандартный шаблон на основе *Jekyll*, который можно было бы использовать в качестве отправной точки для создания сайта проекта. Этот шаблонный подход был принят большинством запущенных проектов с открытым исходным кодом; некоторые существующие проекты даже перевели свои собственные реализации сайтов на новый шаблон. Проблема с подходом «скопировать шаблон в свое репозиторий» заключается в том, что, несмотря на согласованность платформы, распространение обновлений становится невозможным для всего набора проектов, уже использующих шаблон. Это происходит потому, что мы теряем контроль над шаблоном после того, как проект копирует его в свой репозиторий. Проекты могли свободно изменять шаблон по своему усмотрению и применять к нему свои собственные функции, характерные для конкретного проекта. Таким образом, хотя проекты используют одну и ту же платформу для создания сайтов, они уже настолько разошлись, что не могут воспользоваться новыми функциями, которые добавлены в шаблон с течением времени. Теперь, копирование новой версии шаблона нарушало обратную совместимость, поскольку это могло сломать существующий сайт или удалить функции, которые были добавили самостоятельно. Это решение имело достаточно ограниченный уровень масштабируемости, например добавление поддержки

интернационализации в шаблоне требовало низкоуровневых изменений в структуре и генерации шаблона.

Существуют различные решения, которые позволяет быстро запускать проекты с веб-сайтами документации, особенно для команд, которые не имеют большого опыта в веб-разработке или хотят иметь базовый сайт для демонстрации своего проекта. При этом они могут расширять и настраивать свой сайт, но с выходом обновлений с исправлениями и новыми функциями, проектная документация может обновляться просто и без каких-либо ломающих изменений. Среди примеров таких инструментов можно отметить *GitHub Wiki*, *Confluence*. Кроме того, набирают популярность различные вики-платформы, такие как *Read the Docs* и *Wiki.js*, которые позволяют создавать совместную редактируемую документацию, аналогичную Википедии. Они обеспечивают удобный способ хранения и обновления информации, поддерживают версионность и предоставляют возможность коллективной работы над документами, что делает их незаменимыми в процессе разработки и управления проектами [2].

В качестве графического отображения пользовательских требований используется диаграмма вариантов использования, представленная на рисунке 1.

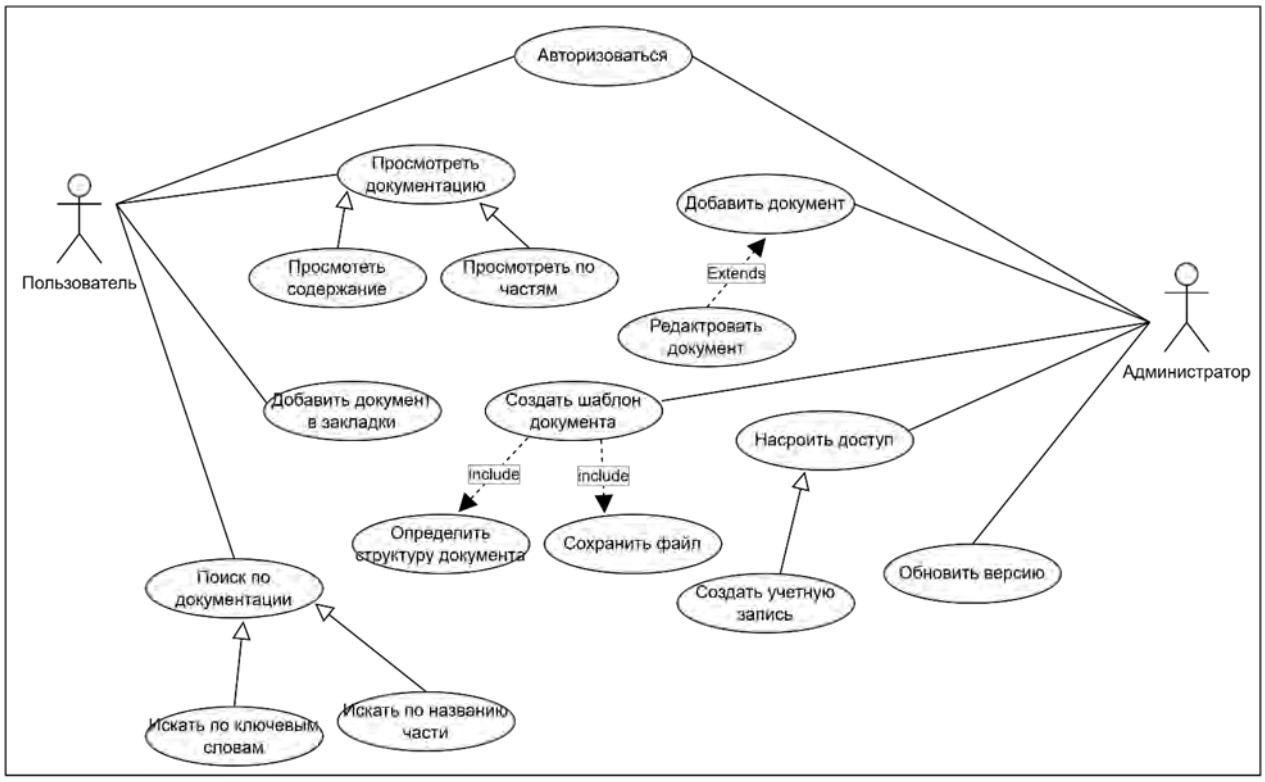


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

На диаграмме отображены две ключевые роли пользователей программного средства, одна из которых – администратор, ключевая в плане управления проектной документацией (права доступа на редактирование есть у всех, но применять изменения может только группа администраторов). Также существует роль супер-администратора. Деятельность оператора в системе зависит от выполняемой им роли. Непривилегированный пользователь имеет в системе доступ только на чтение. Он может просматривать файлы, которые представлены в качестве страниц документации, по доступным параметрам, а также выполнять поиск. Пользователь-администратор имеет базовые методы взаимодействия с системой, которые описаны для обычного пользователя, вдобавок для него доступна панель редактирования и администрирования. Администратор вводит свои данные в форму с

авторизацией для получения доступа к панели администратора, а после авторизации может редактировать и добавлять новые страницы документации.

Для поиска необходимой информации пользователь может воспользоваться встроенной строкой поиска, вводя ключевые слова. В ответ система выдает релевантный список результатов, выделяя совпадения для удобства восприятия. Если пользователь предпочитает изучать документацию структурировано, от начала и до конца, он может использовать боковое меню навигации, переходя по разделам и категориям. Каждый раздел сопровождается оглавлением и ссылками на связанные материалы, что упрощает процесс навигации.

Актуальность создания программной системы документирования информационных проектов обусловлена сложностью и избыточностью существующих систем. Не менее важным аспектом является эргономическое обеспечение системы, так как удобство работы с документацией напрямую влияет на скорость и качество взаимодействия пользователей с системой.

Заключение. Представленное программное средство предоставляет комплексный подход к управлению документацией в информационных проектах, обеспечивая централизованное хранение, анализ, мониторинг и совместное использование данных. Это позволяет командам эффективно организовывать процессы документирования, поддерживать актуальность информации, упрощать доступ к данным и улучшать взаимодействие между участниками проекта. Внедрение такой системы дает значительные преимущества: повышение продуктивности работы с документацией, минимизацию ошибок за счет структурированного хранения и автоматизированного обновления данных, а также улучшению координации внутри команды и успешной реализации проектов в условиях современных требований к качеству и скорости разработки.

Список литературы

1. Awesome Static Web Site Generators. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://github.com/myles/awesome-static-generators/– Дата доступа: 02.02.2025.

2. Introducing Docusaurus. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docusaurus.io/blog/2017/12/14/introducing-docusaurus/– Дата доступа: 02.02.2025.

UDC 004.774:005.92

PROGRAM SYSTEM FOR DOCUMENTATION OF INFORMATION PROJECTS AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Konokhov A.P.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borisik M.M. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article deals with the subject area, existing analogues, and peculiarities of designing a system aimed at structured storage, processing, and management of project documentation. The main tasks solved by the system are analyzed, ergonomic aspects of the interface are defined to improve its usability.

Keywords: documentation, wiki platforms, project management.

УДК 004.418

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ТАЙМ-МЕНЕДЖМЕНТА И ПРОФИЛАКТИКИ ПРОКРАСТИНАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Марголин Г.Л.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Егоров В.В. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматривается разработка мобильного приложения для управления планированием времени и профилактики прокрастинации с использованием психологических методов. Основное внимание уделено вопросам повышения продуктивности пользователей, снижению откладывания задач и внедрению эргономических решений для удобного взаимодействия с приложением. Разработка основана на технологиях *Jetpack Compose* и *Room*, что обеспечивает гибкость интерфейса и надёжность хранения данных.

Ключевые слова: тайм-менеджмент, прокрастинация, мобильное приложение, психология, *UX/UI*, *Jetpack Compose*, *Room*, *Kotlin.*

Введение. В условиях возрастающего количества информационных потоков, увеличения скорости жизни и расширения количества отвлекающих факторов управление временем становится одним из ключевых навыков эффективной работы и учёбы. Современные технологии открывают широкие возможности для повышения продуктивности, однако отсутствие системного подхода к организации задач часто приводит к стрессу, снижению мотивации и откладыванию дел.

Прокрастинация, являющаяся одной из главных проблем современного общества, негативно влияет на продуктивность и психологическое состояние пользователей. Само это понятие в психологии означает склонность к постоянному откладыванию даже важных и срочных дел, приводящую к жизненным проблемам и болезненным психологическим эффектам. Она приводит к накоплению незавершённых задач, чувству вины и ухудшению общего самочувствия. Различные исследования показывают, что использование цифровых инструментов для планирования задач и внедрение научно обоснованных психологических методик способствуют снижению уровня прокрастинации, улучшению самодисциплины и повышению личной эффективности [1].

Основная часть. Разрабатываемое мобильное приложение для платформы *Android* направлено на решение проблем, связанных с неэффективным распределением времени и откладыванием задач. Оно включает в себя:

− персонализированное планирование задач и целей;
− напоминания и уведомления;
− анализ продуктивности;
− встроенные психологические тесты;
− блокировку отвлекающих ресурсов;
− мини-курсы по техникам управления временем;
− таймер Pomodoro и приоритизацию задач по методике Эйзенхауэра.

Разработка приложения реализована с применением передовых технологий и методологий, что гарантирует высокую степень модульности, удобство тестирования и использования.

В основе архитектурного решения лежит принцип *Clean Architecture,* который обеспечивает чёткое разделение кода на независимые слои (доменный, прикладной и

инфраструктурный), что способствует масштабируемости и упрощает поддержку проекта [3].

Для организации взаимодействия между компонентами используется паттерн *MVVM* (*Model-View-ViewModel*), который позволяет эффективно разделять бизнес логику и пользовательский интерфейс [3].

Технологическая основа приложения – *Kotlin* с использованием *Jetpack Compose* для декларативного построения интерфейса, что упрощает разработку и адаптацию под различные устройства, обеспечивая при этом плавную анимацию и гибкость компонентов пользовательского интерфейса. Данный подход позволяет ускорить процесс разработки, снизить сложность кода и упростить внедрение новых функций в будущем [2].

Для хранения данных используется база *Room*, обеспечивающая эффективное управление пользовательскими записями и журналами активности. Она предоставляет удобный *API* для работы с базами данных *SQLite*, а также поддерживает автоматическую миграцию данных и кэширование, что повышает производительность и надёжность работы приложения [3].

С точки зрения эргономики, приложение ориентировано на принципы интуитивного *UX*/*UI*-дизайна, что повышает удобство его использования. Простая навигация, адаптивные элементы управления и визуализация прогресса помогают пользователям оставаться мотивированными и вовремя выполнять задачи [4].

Функциональное тестирование подтвердило стабильность работы системы, корректное отображение задач и уведомлений, а также безопасность хранения данных. Разработка приложения учитывает современные требования к приватности и защите пользовательской информации.

На рисунке 1 приведена диаграмма вариантов использования системы пользователем.

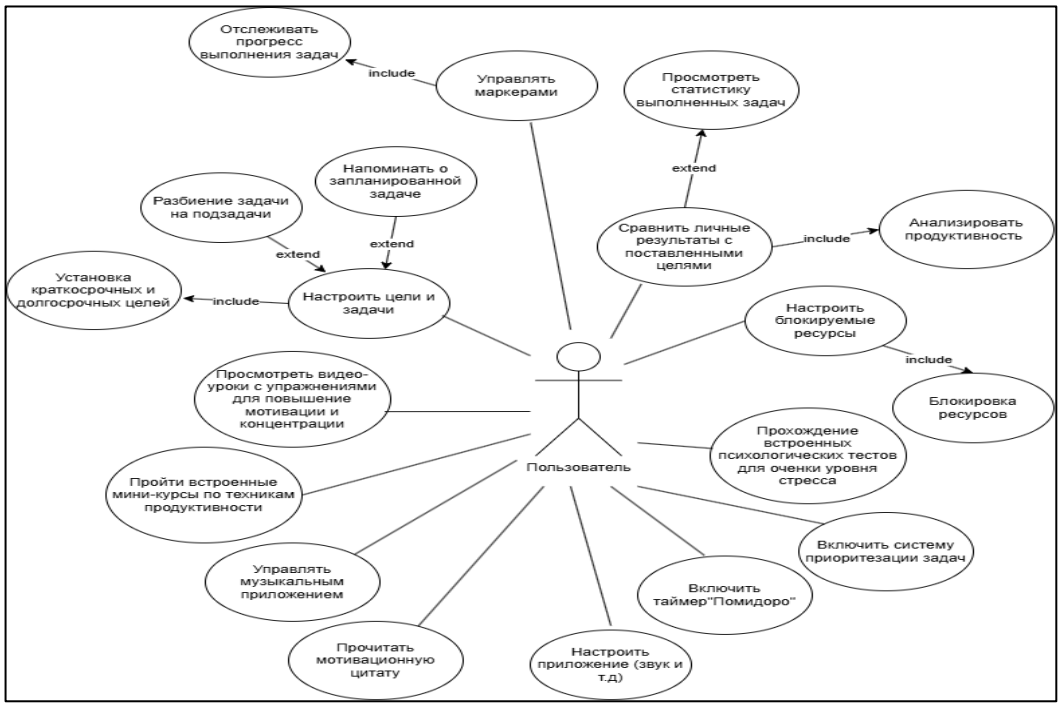


Рисунок 1 - Диаграмма вариантов использования

Также был разработан макет главного экрана мобильного приложения, который изображен на рисунке 2.

Рисунок 2 – Макет главного экрана

Заключение. Разработанное нами мобильное приложение представляет собой, по-нашему мнению, эффективное средство борьбы с прокрастинацией и организации рабочего времени. Использование современных технологий, таких как *Jetpack Compose* и *Room*, в сочетании с психологическими методами и эргономичными решениями, позволяет создать удобный инструмент для повышения продуктивности. Дальнейшее развитие проекта предполагает расширение функционала за счёт интеграции с календарями и внешними сервисами аналитики.

Список литературы

1. Steel P. The Procrastination Equation: How to Stop Putting Things Off and Start Getting Stuff Done. Harper, 2010.

2. Jetpack Compose Documentation [Электронный ресурс] // Google Developers. 2024. Режим доступа: https://developer.android.com. Дата доступа: 18.03.2025.

3. Android Developers [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developer.android.com/topic/architecture?hl=ru. Дата доступа: 13.03.2025.

4. Алексеева Н. В., Морозов И. П. UX/UI-дизайн и эргономика веб-приложений // Российский журнал информационных технологий. 2021. Т. 19, № 2. С. 67–82.

UDC 004.418

MOBILE APPLICATION FOR TIME MANAGEMENT AND PROCRASTINATION PREVENTION USING PSYCHOLOGICAL METHODS AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Margolin G.L.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Egorov V.V – Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This article discusses the development of a mobile application for time management and procrastination prevention using psychological methods. The main focus is on improving user productivity, reducing task postponement, and implementing ergonomic solutions for convenient application interaction. The development is based on Jetpack Compose and Room technologies, ensuring interface flexibility and reliable data storage.

Keywords: time management, procrastination, mobile application, psychology, UX/UI, Jetpack Compose, Room, Kotlin.

УДК 004.92–004.8

VR-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНЕНИЯ ЭСКИЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИИ

Валько В.Е., Яницкий А.С.

Национальный детский технопарк, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Усенко Ф.В. – магистр, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Статья посвящена разработке VR-приложения, объединяющего виртуальную реальность и нейросетевую обработку изображений. Пользователь создает эскиз в VR, а ControlNet преобразует его в завершенное изображение. Реализация выполнена в Unity с XR Interaction Toolkit и текстурным рендерингом, а нейросеть интегрирована через API Stable Diffusion WebUI. Решение демонстрирует возможности сочетания VR и ИИ в творческих приложениях.

Ключевые слова: VR, Unity, нейросеть, Blender 3d, ControlNet, Stable Diffusion, генерация изображений, интерактивное рисование.

Введение. Технологии виртуальной реальности (VR) и нейросетей являются одними из ключевых инноваций современности. VR обеспечивает создание интерактивных цифровых сред с использованием специализированных устройств. Нейросети способны анализировать большие объемы данных, выявлять закономерности и выполнять задачи генерации, классификации и прогнозирования.

В данной работе рассматривается разработка VR-приложения для дополнения эскизов с применением технологий ИИ, объединяющего VR-интерактивность и нейросетевую обработку изображений. Пользователь создает эскиз в виртуальной среде, после чего нейросеть преобразует его в завершенное художественное изображение.

Основная часть. При запуске VR-приложения пользователь оказывается в виртуальном пространстве, стилизованном под художественную мастерскую. Центральным элементом является мольберт (рисунок 1), на котором можно создавать наброски. После завершения рисунка пользователь активирует обработку, нажимая на звонок, после чего мольберт скрывается за занавесом. По завершении работы нейросети занавес открывается, демонстрируя полностью обработанное изображение.

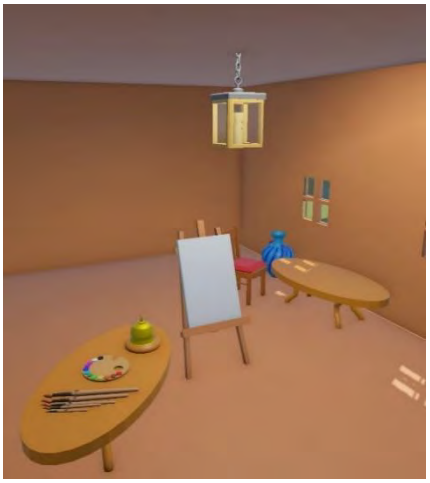


Рисунок 1 – 3D-модель пространства

На этапе проектирования были определены ключевые механики приложения, его визуальное оформление и набор необходимых 3D-моделей. Основная концепция

заключалась в создании VR-среды, позволяющей пользователю рисовать эскизы и преобразовывать их в художественные изображения с помощью нейросетевых алгоритмов. Весь этап разработки проходил в программах Blender, Unity. Для написания скриптов использовался язык C#.

Основные механики передвижения и взаимодействия реализованы с использованием Unity XR Interaction Toolkit [1], который обеспечивает поддержку VR-контроллеров и отслеживание движения игрока в виртуальном пространстве.

Реализация рисования на холсте основана на текстурном рендеринге. Пользователь может использовать различные инструменты, включая кисти, ластик и палитру.

Каждая кисть содержит скрипт Brush, который определяет касание холста и фиксирует её положение. При контакте кисти с поверхностью холста объект drawingPoint перемещается в локальную систему координат холста, что позволяет преобразовывать глобальные координаты VR-пространства в координаты пикселей текстуры.

Рисование активируется только при нажатии курка контроллера. Это обработано в методе OnTriggerEnter, который определяет факт касания и фиксирует положение кисти.

В методе Update сравниваются текущие и предыдущие координаты кисти (currPos и prePos). Если значения отличаются, активируется флаг moved, указывающий на движение кисти. В противном случае рисование не выполняется.

Метод DrawTexture отвечает за отрисовку пикселей на текстуре. В момент касания кисти экземпляр Brush сохраняется в общем списке, что позволяет пользователю рисовать несколькими кистями одновременно. Рисование выполняется только при соблюдении трёх условий: кисть движется, курок контроллера нажат, кисть контактирует с холстом. Штрихи создаются путём отрисовки двух окружностей в точках предыдущего и текущего положения кисти, а затем соединяются линией. Скрипт позволяет отрисовывать пиксели только, если кисть двигалась, касается холста и курок нажат.

Для корректного отображения линий при рисовании в VR-среде необходимо соединять дискретные точки, фиксируемые при движении кисти. Каждое касание кисти с холстом представляет собой окружность, определенного радиуса. Скрипт заполняет определённую область цветом кисти. При касании палитры цвет кисти заменяется на цвет материала. Ластик, используя тот же алгоритм, не изменяет свой цвет.

При выборе нейросетевой модели было принято решение использовать ControlNet [2] – расширение для Stable Diffusion [3].

ControlNet представляет собой метод управления генеративными нейросетями с использованием дополнительных условий, таких как контуры, карты глубины и позы. Он использует копию весов исходной модели, дополняя её контролирующими слоями, направляющими процесс генерации изображений. В рамках проекта применяется режим Guess Mode (Non-Prompt Mode), позволяющий сети работать без текстового описания и формировать изображение исключительно на основе входных данных, таких как контурные карты Canny или сегментация [2].

В отсутствие текстового промпта ControlNet анализирует входные признаки и самостоятельно определяет, какое изображение наилучшим образом соответствует заданным условиям. Генерация осуществляется с использованием фиксированных или стандартных параметров, что позволяет корректно дополнять отсутствующие детали.

Для интеграции ControlNet в Unity используется Python-бэкенд с API, например Stable Diffusion WebUI + ControlNet. Настройка включает развертывание серверной части, установку Stable Diffusion с ControlNet, активацию API, отправку запросов из Unity через HttpClient и применение сгенерированных изображений в сцене.

Вся графика в проекте была создана в программе Blender с использованием low-poly стиля. Для сцены разработаны 3D-модели дома, деревьев и ландшафта, которые затем были размещены в композиции. Использовались базовые примитивы для упрощения геометрии, а также материалы и текстуры для придания визуальной выразительности. Освещение и

тени добавлены для реалистичного восприятия сцены. После завершения моделирования все объекты были экспортированы и использованы в основной сцене проекта (рисунок 2).

Рисунок 2 – Основная сцена проекта

Заключение. В данной работе была разработана VR-среда, позволяющая пользователям создавать эскизы и дополнять их с помощью нейросетевых алгоритмов. Реализованная система объединяет VR-интерактивность, механики рисования в виртуальном пространстве и генеративные возможности ControlNet, что обеспечивает автоматическое преобразование набросков в художественные изображения. В процессе разработки использовались Unity, Blender и Stable Diffusion WebUI с API для интеграции нейросетевой обработки. Итоговое решение демонстрирует потенциал сочетания VR и ИИ в креативных приложениях, открывая перспективы для дальнейшего совершенствования, включая расширение инструментов рисования и интеграцию дополнительных нейросетевых моделей.

Список литературы

1. Unity XR Interaction Toolkit [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@2.0/manual/index.html. Дата доступа: 20.03.2025.

2. Репозиторий расширения ControlNet [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://github.com/lllyasviel/ControlNet/tree/main?tab=readme-ov-file. Дата доступа: 20.03.2025.

3. Репозиторий нейросети Stable Diffusion [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://huggingface.co/stabilityai/stable-diffusion-2-1/tree/main. Дата доступа: 20.03.2025.

UDC 004.92–004.8

VR APP FOR AUGMENTING SKETCHES USING AI TECHNOLOGIES

Valko V.E., Yanitsky A.S.

National Childrens Technopark, Minsk, Republic of Belarus

Usenko Ph.V. – Master of Sci, Assistant of the Department of EPE

Annotation. The article is devoted to the development of a VR application that combines virtual reality and neural network image processing. The user creates a sketch in VR and ControlNet converts it into a completed image. The implementation is done in Unity with XR Interaction Toolkit and texture rendering, and the neural network is integrated through the Stable Diffusion WebUI API. The solution demonstrates the possibilities of combining VR and AI in creative applications.

Keywords: VR, Unity, neural network, Blender 3d, ControlNet, Stable Diffusion, image generation, interactive drawing.

УДК 004.418

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ «ГИТАРНАЯ МАСТЕРСКАЯ» И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Гусаров Р.Е.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Николаев А.Ю. – ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Статья посвящена вопросам создания веб-приложения для проектирования и заказа индивидуальных гитар. Разработанная система предоставляет пользователям возможность выбирать комплектующие, визуализировать инструмент и оформлять заказ на его изготовление. Проведен анализ существующих решений, выявлены их недостатки и предложены методы оптимизации пользовательского опыта и эргономического обеспечения.

Ключевые слова: веб-приложение, кастомные гитары, конструктор гитар, эргономика.

Введение. Целью данного исследования является разработка веб-приложения «Гитарная мастерская», предназначенного для проектирования, заказа и покупки кастомных гитар и комплектующих. Приложение позволит пользователям создавать уникальные конфигурации инструментов, анализировать их эргономические характеристики и заказывать как готовые модели, так и индивидуально подобранные детали.

Основная часть. Объектом исследования является веб-приложение, реализующее функционал конструктора гитар, магазина готовых решений и системы подбора эргономичных параметров инструмента.

Предмет исследования включает в себя инструменты и технологии, применяемые при разработке приложения, а также принципы проектирования веб-систем с интерактивными пользовательскими интерфейсами и интеграцией базы данных совместимых комплектующих.

В современном мире кастомизация музыкальных инструментов становится все более востребованной. Гитаристы стремятся получить не просто стандартные фабричные модели, а инструменты, идеально подходящие под их стиль игры и физиологические особенности. Однако существующие сервисы либо предлагают ограниченный выбор модификаций, либо требуют значительных навыков в конструировании. Разрабатываемое веб-приложение «Гитарная мастерская» решает эту проблему, предоставляя удобный инструмент для проектирования и заказа индивидуальных гитар, а также анализа их эргономики.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1 Создание интерактивного конструктора гитар – разработка визуального интерфейса для выбора формы, материалов, комплектующих и цветовых решений инструмента.

2 Разработка базы данных совместимости – формирование каталога деталей, включающего информацию об их параметрах и совместимости.

3 Реализация алгоритма эргономического анализа – разработка системы рекомендаций по выбору оптимальной формы гитары в зависимости от анатомии пользователя.

4 Создание модуля интернет-магазина – интеграция механизма заказа как готовых гитар, так и комплектующих для самостоятельной сборки.

5 Обеспечение удобства пользовательского взаимодействия – разработка системы авторизации, управления заказами и сохранения пользовательских проектов.

Веб-приложение «Гитарная мастерская» строится на клиент-серверной архитектуре с раздельными слоями:

− *Frontend* – отвечает за пользовательский интерфейс и визуализацию конструктора.

− *Backend* – выполняет обработку данных, хранение информации о совместимости деталей и управление заказами.

− база данных – хранит информацию о пользователях, заказах, характеристиках комплектующих и правилах их совместимости.

Для реализации веб-приложения используются следующие технологии: *Backend*: *ASP.NET Core* [1] – современный фреймворк для разработки надежных и масштабируемых веб-приложений.

Платформа разработки: *.NET* [2] – платформа для разработки современных приложений.

Среда разработки: *Visual Studio* - линейка систем разработки программного обеспечения.

Frontend: React.js [3] – для построения интерактивного пользовательского интерфейса.

База данных: *PostgreSQL* [4] – реляционная СУБД с мощными инструментами для обработки данных.

Обработка и фильтрация данных: *LINQ* – язык запросов, реализованный на платформе *.NET*.

Взаимодействие с базой данных: *Entity Framework Core* – фреймворк для взаимодействия с базой данных посредством *LINQ* запросов.

Базовые функции веб-приложения.

1 Интерактивный конструктор гитар – выбор формы, дерева корпуса, грифа, электроники и фурнитуры.

2 Автоматическая проверка совместимости деталей – исключение ошибок при подборе комплектующих.

3 Персонализированные рекомендации – учет анатомических особенностей пользователя при выборе формы и размеров гитары.

4 Готовые модели гитар – возможность покупки стандартных решений без использования конструктора.

5 Управление заказами – формирование, редактирование и отслеживание заказов в личном кабинете.

Особенности и преимущества решения.

1 Гибкость в выборе комплектующих – возможность индивидуальной настройки инструмента под себя.

2 Эргономический анализ – рекомендации по выбору формы гитары, подходящей для конкретного пользователя.

3 Простота использования – интуитивно понятный интерфейс без необходимости специальных знаний.

4 Поддержка как кастомных заказов, так и готовых решений – удовлетворение потребностей разных категорий пользователей.

Таким образом, разработка веб-приложения «Гитарная мастерская» обеспечит гитаристам удобный инструмент для проектирования, анализа и заказа индивидуальных музыкальных инструментов, значительно упрощая процесс создания уникальных гитар и комплектующих. Архитектура приложения представлена на рисунке 1.

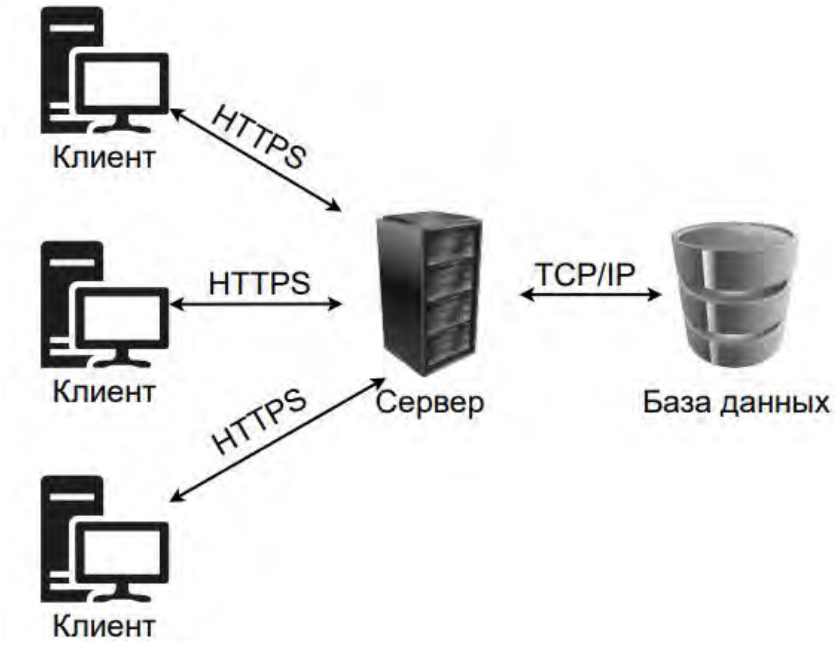


Рисунок 1 – Архитектура веб-приложения клиент – сервер – база данных

Заключение. Веб-приложение «Гитарная мастерская» предоставляет пользователям удобный инструмент для кастомизации и заказа гитар, объединяя в себе интерактивный конструктор, магазин готовых решений и систему эргономического анализа. Реализация проекта упрощает процесс выбора инструмента, учитывая как технические параметры, так и индивидуальные особенности музыканта, что делает его востребованным среди широкой аудитории.

Список литературы

1. Asp.Net Core документация [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://learn.microsoft.com/ru-ru/aspnet/core/?view=aspnetcore-9.0. Дата доступа 20.03.2025.

2. .Net Core документация [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/. Дата доступа 23.03.2025.

3. W3schools React [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.w3schools.com/REACT/DEFAULT.ASP. Дата доступа 23.03.2025.

4. Веб-ресурс Postgresql [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.postgresql.org/. Дата доступа 23.03.2025.

UDC 004.418

WEB APPLICATION «GUITAR WORKSHOP» AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Husarau R.E.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Nikolaev A.Y. – assistant of the Department of EPE

Annotation. The article is devoted to the issues of creating a web application for designing and ordering custom guitars. The developed system provides users with the opportunity to select components, visualize the instrument and place an order for its production. An analysis of existing solutions is conducted, their shortcomings are identified and methods for optimizing user experience and ergonomic support are proposed.

Keywords: web application, custom guitars, guitar designer, ergonomics.

УДК 159.923

ЛИЧНОСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТУДЕНТОВ IT-СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Куприянович В.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Мудрая А.И. – педагог-психолог СППС

Аннотация. Статья посвящена описанию результатов изучения личностных особенностей студентов-программистов. В исследовании ставилась задача изучить особенности студентов IT-специальностей для дальнейшего использования в организации психолого-педагогического сопровождения первокурсников в период адаптации и формирования профессионально важных качеств будущих специалистов в области информационных технологий.

Ключевые слова: студенты IT-специальностей, личностные особенности, акцентуации, адаптация, профессионально важные качества

Введение. В числе психолого-педагогических проблем высших учебных заведений одно из центральных мест принадлежит адаптации первокурсников. В литературе рассматриваются две группы факторов, которые влияют на успешность адаптации и образовательной деятельности студента: субъективные факторы (пол, темперамент, тип личности, характер и т.п.) и факторы среды (особенности социальной среды, характер деятельности, условия труда и т.п.). Исследование личностных особенностей студентов является основой успешной адаптации студента и формирования профессионально важных качеств будущих специалистов.

Основная часть. Согласно распространенному мнению, программирование, как профессия типа «человек-знаковая система», деятельность одиночек. Предпосылками для успешной деятельности специалистов IT-сферы признаются такие черты, как интровертированность, дистанцированность от социума, погруженность в собственные интеллектуальные переживания [1]. Однако, такие утверждения являются устаревшими, так как не имеют актуальных эмпирических обоснований. По мнению ведущих IT-компаний, профессионально значимыми качествами для специалистов IT-сферы являются: умение решать сложные задачи, критическое мышление, креативность, навыки управления людьми, навыки координации и взаимодействия, развитый эмоциональный интеллект, умение вести переговоры и когнитивная гибкость [2].

Проведенное нами эмпирическое исследование имело своей целью определение личностных особенностей студентов IT-специальностей на современном этапе подготовки будущих специалистов IT-сферы. В исследовании приняли участие 1428 студента первого курса дневной формы обучения учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». Данные собраны в сентябре-октябре 2024 г.

Исследование характерологических особенностей личности проводилось с помощью методики диагностики типа акцентуации личности «Тест Леонгарда-Шмишека» (в адаптации Ю. В. Кортневой). Теоретической основой опросника является концепция «акцентуированных личностей» в соответствии с которой можно выявить основные черты личности, составляющие её стержень, определяющие развитие, процессы адаптации, психическое здоровье. При значительной выраженности эти черты характеризуют личность в целом [3]. В результате исследования было определено, что у 900 испытуемых (63%) акцентуации не выявлены, а 528 студента (37%) имеют «чистый» или комбинированный тип акцентуации.

В тесте выделено 10 типов акцентуированных личностей, которые достаточно произвольно разделены на две группы: акцентуации характера (демонстративный,

педантичный, застревающий, возбудимый) и акцентуации темперамента (гипертимический, дистимический, тревожно-боязливый, циклотимический, аффективно-экзальтированный, эмотивный). Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Иерархия типов акцентуации студентов-первокурсников

Тип акцентуации:	«Чистый» тип (кол-во чел.)	Комбинированный тип (кол-во чел.)	Всего имеющих акцентуацию:	
			Кол-во чел.	% от всего охвата
Гипертимность	221	85	306	21,4
Эмотивность	51	63	114	8,0
Экзальтированность	24	35	59	4,1
Демонстративность	7	42	49	3,4
Застревание	23	23	46	3,2
Педантичность	18	21	39	2,7
Циклотимность	11	27	38	2,7
Дистимность	16	11	27	1,9
Тревожность	9	14	23	1,6
Возбудимость	3	8	11	0,8

Качественный анализ полученных данных позволил выявить следующие тенденции и определить личностные особенности студентов IT-специальностей. В большинстве своем студенты первокурсники (63,0%) свойственна средняя общительность, они не любят выставлять себя, но и не избегает социума; адекватно реагируют на критические замечания, способны контролировать сильные желания; в учебной и профессиональной деятельности стараются поддерживать порядок по мере надобности; не любят, но согласны выполнять работу, требующую тщательности; обладают средней степенью инициативности, средней потребность в интеллектуальной деятельности; свойственна средняя эмоциональная восприимчивость, устойчивое ровное настроение, эмпатичны по мере необходимости.

Рассматривая исследуемых с выявленными акцентуациями характера, стоит отметить, что большинству из них присущи черты гипертимного типа (21,4%), а именно, экстравертированность, чрезмерно приподнятое настроение, разговорчивость, энергичность, стремление к лидерству, ориентированность на удачу, отсутствует самокритичность; инициативность и общительность.

Отмечается большое количество студентов с эмотивной акцентуацией (8,0%), которым свойственна чрезмерная чувствительность, ранимость, глубокое переживание малейшие неприятностей, излишняя чувствительность к замечаниям, неудачам, чаще – печальное настроение; предпочитают узкий круг друзей, проявляют пассивности в конфликтах, склонны к подавлению негативных эмоций. Экзальтированный тип акцентуации выявлен у 4,1% исследуемых, он проявляется в изменчивом настроение, ярко выраженном проявлении эмоций, повышенной отвлекаемости на внешние события; данному типу свойственна словоохотливость и влюбчивость.

Примерно равное количество студентов с демонстративным (3,4%) и застревающим (3,2%) типами акцентуации. Демонстративные стремятся быть в центре внимания и добиваться своих целей любой ценой (слезы, обмороки, скандалы, болезни, ложь и т.п.), склонны к позерству и приукрашиванию себя; инициативны, коммуникабельны, целеустремлены. Застревающие фиксируются на чувствах и мыслях; у них выражена несговорчивость, склонность к затяжным скандалам, предпочитают узкий круг друзей; в конфликте занимают активную позицию, злопамятны, властолюбивы.

Равное количество студентов имеют признаки педантичного и циклотимного типов акцентуации (по 2,7%). Педантичность проявляется преувеличенной приверженностью к определенному порядку, доминирующие черты: жестко следуют плану, испытывают раздражение при его нарушении, противятся изменениям; склонны к мелочной принципиальности, требуют того же и от других. Циклотимнному типу свойственны циклические изменения эмоционального состояния: фазы гипертимности сменяются

фазами субдепрессии – в периоды подъема общительны и приветливы, в период спада – падает работоспособность, утрачивается интерес ко всему.

Дистимность проявляется у 1,9% исследуемых. Данный тип характеризуется постоянно пониженным настроением, замкнутостью, немногословностью, пессимистичностью, интровертированностью; им свойственно избегание шумных компаний, с людьми близко не сходится, не конфликтны или занимают пассивную сторону; ценят тех, кто дружит с ними и готов им подчиняться. Тревожный тип акцентуации отмечается у 1,6% и проявляется в пониженном фоне настроения, опасениях за себя и близких; им свойственна робость, неуверенность в себе, крайняя нерешительность; не конфликтны.

Реже всего в группе исследуемых встречается возбудимый тип акцентуации, он отмечается лишь у 0,8% опрошенных. Данный тип проявляется такими чертами, как: повышенная раздражительность, агрессивность, угрюмость, льстивость и услужливость; в конфликте активны, склонны к нецензурной брани, плохо уживаются в коллективе.

Заключение. Большое значение в подготовке будущих выпускников состоит не только в формировании профессиональных знаний, умений и навыков, но и в формировании профессионально значимых качеств будущих специалистов IT-сферы. Студенческий возраст является сензитивным периодом для развития навыков коммуникабельности, креативности, психологической устойчивости к внешним и внутренним факторам и т.п. Полученные результаты исследования студентов-первокурсников целесообразно использовать для организации психолого-педагогического сопровождения в период адаптации и проведения работы, направленной на формирование профессионально важных качеств специалистов с опорой на личностные особенности студентов.

Список литературы

1. Максименкова Л. И., Павлов Д. В. Эмоционально-личностные и коммуникативные особенности студентов различных профессий // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Социально-гуманитарные науки. 2012. № 1. С. 106–111.

2. Ивонина А. И., Чуланова О. Л., Давлетшина Ю. М. Современные направления теоретических и методических разработок в области управления: роль soft-skills и hard skills в профессиональном и карьерном развитии сотрудников // Интернет-журнал «Науковедение». 2017. Т. 9, № 1. 18 с.

3. Алексеева Е. А., Выбойщик И. В., Паршукова Л. П. Акцентуация характера: учебное пособие. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. 47 с.

UDC 159.923

PERSONAL CHARACTERISTICS OF STUDENTS OF IT-SPECIALTIES

Kupryianovich V.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Mudraya A.I. – Teacher-psychologist SPPS

Annotation. The article describes the results of studying the personal characteristics of student programmers. The study aimed to study the characteristics of students majoring in IT for further use in organizing psychological and pedagogical support for first-year students during the period of adaptation and formation of professionally important qualities of future specialists in the field of information technology.

Keywords: students of IT-specialties, personal characteristics, accentuations, adaptation, professionally important qualities.

УДК [004.774+331.101.1]:159.944

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ САМОПОМОЩИ В УПРАВЛЕНИИ СТРЕССОМ НА ОСНОВЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДИК И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Шенец Ю.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пархоменко Д.А. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые сценарии использования веб-приложения для самопомощи в управлении стрессом, основанного на психологических методиках, включая диагностику уровня стресса, выбор персонализированных техник релаксации, планирование упражнений для повышения устойчивости и отслеживание прогресса. Особое внимание уделено построению диаграммы вариантов использования, которая иллюстрирует основные функциональные возможности системы и взаимодействие пользователей с приложением.

Ключевые слова: веб-приложение, самопомощь в управлении стрессом, JavaScript, HTML, CSS, MySQL.

Введение. В современном мире управление стрессом стало ключевым навыком для поддержания здоровья и психоэмоционального благополучия. Высокие рабочие нагрузки, постоянная информационная перегрузка и стремительный ритм жизни делают стресс одной из самых значимых проблем, затрагивающих большое количество людей. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), хронический стресс является фактором риска для развития серьезных заболеваний, таких как сердечно-сосудистые патологии, психические расстройства и снижение иммунитета. Поэтому формирование навыков управления стрессом становится важным шагом для повышения качества жизни и продуктивности.

В этом контексте создание веб-приложений для самопомощи в управлении стрессом приобретает особую значимость. Такие платформы способны предоставлять доступ к практическим инструментам, включая техники релаксации, дыхательные упражнения, медитации и системы мониторинга состояния, что способствует развитию навыков саморегуляции и профилактике стрессовых состояний. При этом эффективность подобных приложений напрямую зависит от их эргономического проектирования, так как удобство и интуитивность интерфейса существенно влияют на мотивацию пользователей и частоту их взаимодействия с системой.

Разработка веб-приложения для самопомощи в управлении стрессом на основе проверенных психологических методик является особенно актуальной, так как оно отвечает вызовам современного общества. Возможность круглосуточного доступа к техникам стресс-менеджмента в удобной форме способствует укреплению эмоциональной устойчивости, профилактике хронического стресса и улучшению общего качества жизни. Кроме того, использование научно обоснованных методик и подходов гарантирует результативность приложения, а цифровой формат делает его доступным для широкой аудитории, включая как профессионалов, так и людей, стремящихся к самосовершенствованию и улучшению своего психоэмоционального состояния.

Основная часть. Техническая реализация веб-приложения основывается на сочетании современных технологий, которые обеспечивают его надежность, функциональность и удобство использования. Веб-приложение было разработано с использованием *HTML* и *CSS* для создания структуры и визуального оформления пользовательского интерфейса. Эти технологии позволяют реализовать адаптивный дизайн, что делает приложение доступным как для пользователей настольных компьютеров, так и для владельцев мобильных устройств [1].

Клиентская логика приложения реализована с использованием *JavaScript*, который отвечает за динамическую работу интерфейса, обработку пользовательских действий и интеграцию с сервером. Эта технология обеспечивает интерактивность, необходимую для реализации таких функций, как тестирование уровня стресса, динамическая подгрузка контента и обновление данных в реальном времени.

Для хранения пользовательских данных, таких как результаты тестов, личные заметки и статистика выполнения упражнений, используется *MySQL*. Эта система управления базами данных позволяет организовать надежное и безопасное хранение информации, а также обеспечить быстрое выполнение запросов [2]. Такое сочетание технологий делает приложение масштабируемым и удобным для дальнейшего расширения функционала.

Разработанное веб-приложение предоставляет широкий спектр возможностей, ориентированных на помощь пользователю в управлении стрессом. Одной из ключевых функций является диагностика уровня стресса, которая осуществляется с помощью встроенных тестов. Эти тесты анализируют текущее состояние пользователя и предлагают персонализированные рекомендации на основе результатов.

Кроме того, приложение включает доступ к библиотеке техник стресс-менеджмента. Пользователи могут изучать и применять такие методы, как дыхательные упражнения, медитации и практики расслабления. Для удобства все техники сопровождаются подробными инструкциями, которые помогают осваивать их даже начинающим.

Еще одной важной функцией является возможность мониторинга прогресса. Пользователь может отслеживать динамику своего состояния, сравнивая результаты тестов за разные периоды времени. Это позволяет не только видеть эффективность применяемых техник, но и более осознанно подходить к управлению своим эмоциональным состоянием.

Приложение также предлагает персонализированный подход, анализируя предпочтения пользователя и предлагая наиболее подходящие методы и упражнения. Такой подход повышает мотивацию и делает использование платформы более результативным.

Дополнительно приложение поддерживает функцию ведения дневника благодарности, который является важным инструментом для укрепления позитивного настроя. Пользователь может записывать моменты, за которые он благодарен, что способствует повышению уровня счастья, уменьшению тревожности и усилению общего эмоционального благополучия. Регулярное ведение такого дневника помогает сосредотачиваться на положительных аспектах жизни, что играет ключевую роль в борьбе со стрессом.

Для лучшего понимания структуры и функционала веб-приложения была разработана диаграмма вариантов использования, показанная на рисунке 1. Она визуализирует ключевые сценарии взаимодействия пользователя с системой, включая такие действия, как прохождение тестов, получение рекомендаций, выполнение упражнений и мониторинг результатов [3].

Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Диаграмма наглядно демонстрирует взаимосвязь функций приложения и помогает определить основные пути взаимодействия с ними.

Эргономическое обеспечение приложения также играет важнейшую роль в обеспечении удобства и эффективности его использования. При разработке интерфейса внимание было сосредоточено на минимализме и интуитивности дизайна. Простая навигация, четко структурированный контент и логично организованные элементы интерфейса помогают пользователям быстро находить нужные функции и избегать когнитивных перегрузок.

Контент приложения представлен в доступной и понятной форме, что упрощает освоение новых методов управления стрессом. Встроенные подсказки и рекомендации помогают пользователю использовать функционал приложения максимально эффективно, а персонализация интерфейса делает взаимодействие с системой еще более комфортным.

Заключение. Веб-приложение для самопомощи в управлении стрессом представляет собой решение, направленное на развитие навыков саморегуляции и эффективного управления стрессовыми ситуациями. Это приложение способствует улучшению психоэмоционального состояния пользователей, позволяя им справляться с негативными воздействиями стресса и повышать свою устойчивость в условиях повышенных нагрузок.

Список литературы

1. 6 мощных возможностей CSS, которые позволяют обойтись без JavaScript [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/513768/. Дата доступа: 21.03.2024

2. Что такое MySQL [Электронный ресурс]. Режим доступа https://selectel.ru/blog/mysql/. Дата доступа: 18.07.2024

3. Использование диаграммы вариантов использования UML при проектировании программного обеспечения [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/566218/. Дата доступа: 06.04.2024

UDC [004.774+331.101.1]:159.944

WEB APPLICATION FOR SELF-HELP IN STRESS MANAGEMENT BASED ON PSYCHOLOGICAL TECHNIQUES AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Shenets Y.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Parkhomenko D.A. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article discusses key scenarios for using a self-help stress management web application based on psychological techniques, including diagnosing stress levels, choosing personalized relaxation techniques, planning exercises to increase resilience, and tracking progress. Special attention is paid to the construction of a use case diagram that illustrates the basic functionality of the system and user interaction with the application.

Keywords: web application, self-help in stress management, JavaScript, HTML, CSS, MySQL.

УДК 004.774:379.81

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО ПОДБОРУ КУЛЬТУРНО-ДОСУГОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Куйко К.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пилиневич Л.П. – д. т. н., профессор, профессор кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматривается разработка веб-приложения по подбору культурно-досуговых мероприятий на основе психоэмоционального состояния, включающее клиентскую и серверную часть. Описываются принципы построения архитектуры, выбор технологического стека и особенности эргономического проектирования интерфейса. Основное внимание уделено удобству взаимодействия пользователя с системой, минимизации когнитивной нагрузки и обеспечению кроссплатформенности. Представлены прототип интерфейса приложения. Разработка направлена на расширение фильтров поиска необходимого мероприятия на основе состояния человека.

Ключевые слова: Java, PostgreSQL, Spring.

Введение. Современное общество характеризуется быстрым темпом жизни и высоким уровнем стресса, поэтому психоэмоциональное состояние человека становится важным фактором, который влияет на его общее благополучие. Для поддержания психического здоровья важно вовремя отдыхать, чему способствуют культурно-досуговые мероприятия. Однако, выбор правильного развлечения является отдельной задачей, на которую не все обращают нужное внимание.

Разработка такого веб-приложения представляет собой актуальную и полезную инициативу, которая позволит пользователям находить мероприятия, соответствующие их текущему состоянию. Это позволит улучшить не только настроение, но и общий психоэмоциональный баланс.

Основная часть. В данной статье будут рассмотрены три составляющие веб-приложения: клиентская часть, серверная и база данных.

Серверная часть построена на Java с помощью фреймворка Spring. Java – это объектно-ориентированный язык программирования, который является одним из самых популярных и широко используемых языков [1]. Spring делает разработку веб-приложений быстрой и беспроблемной. Удаляя большую часть кода и шаблонные конфигурации, получается современная модель веб-программирования, которая оптимизируется разработку серверных приложений [2]. Благодаря фреймворку легко разработать и развернуть RESTful API. Главной задачей сервера является обработка запросов от клиентской части и управление логикой обработки данных. За это отвечают контроллеры.

Для проекта самой главной задачей является тестирование пользователей на психоэмоциональное состояние. Для этого подбираются вопросы теста, выбирается алгоритм подсчета результатов, а также варианты хранения данных. Для хранения информации была выбрана система управления базами данных (СУБД) PostgreSQL.

Данная СУБД является реляционной, что говорит о поддержке ACID принципов.

1 Атомарность (Atomicity) гарантирует, что каждая транзакция будет выполнена полностью или не будет выполнена совсем.

2 Согласованность (Consistency) говорит о том, что до выполнения операции и после база данных остается консистентной.

3 Изолированность (Isolation). Во время выполнения транзакции параллельные транзакции не должны оказывать влияния на ее результат.

4 Надежность (Durability). Если пользователь получил подтверждение от системы, что транзакция выполнена, он может быть уверен, что сделанные им изменения не будут отменены из-за какого-либо сбоя. Это гарантируется тем, что результаты транзакций записываются в специальные файлы, где собираются логи.

Реляционный вид базы данных является привычным представлением нами таблиц, что упрощает процесс обучения. PostgreSQL предоставляет различные интересные функции, которые повышают надежность приложения и помогают работать с нестандартными ситуациями.

Все данные, которые отправляет сервер на запросы, отображаются на веб-страницах. При чем данные, поступающие в формате JSON, обрабатываются и отображаются в удобном виде.

Клиентская часть приложения разрабатывается с использованием HTML, CSS, JavaScript и React, что позволяет создавать динамичный и отзывчивый интерфейс. HTML и CSS позволяют создать веб-страницу со стилями, но такая страница не может взаимодействовать с нашим сервером. React позволяет разделить страницу на логические компоненты и переиспользовать их на других страницах. JavaScript отвечает за обработку данных, анимации, а также интерактивные формы, которые заполняют пользователи.

Пример полученной страницы «Главный экран» с использованием всех перечисленных технологий изображен на рисунке 1.

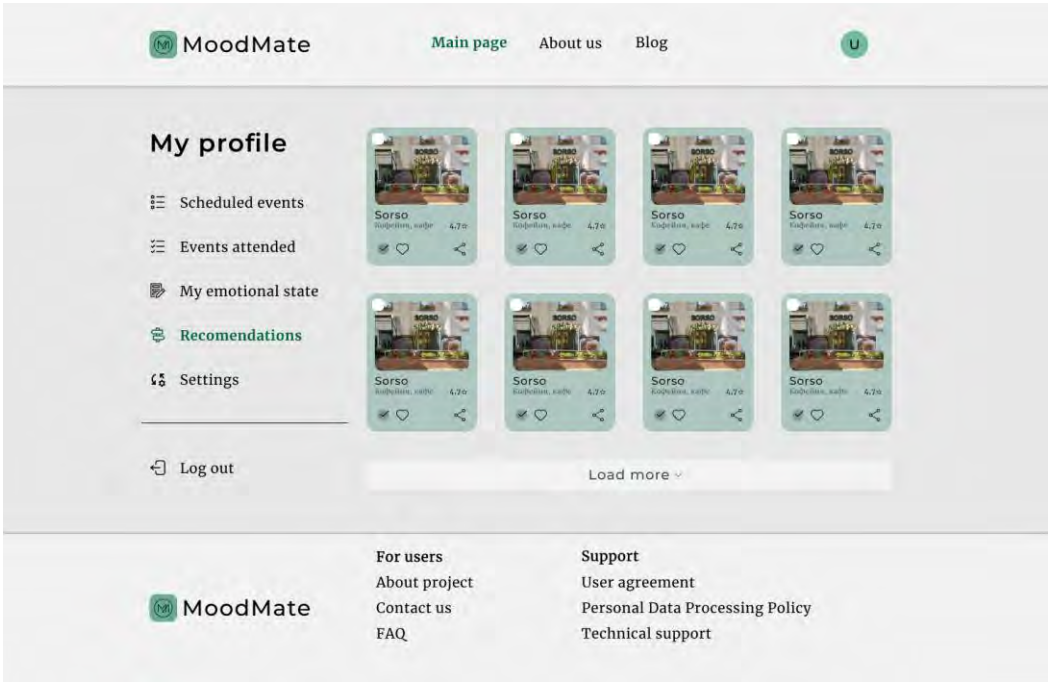


Рисунок 1 – Главный экран

За наличие данных на странице отвечает сервер, который направляет запрос к базе данных, где хранится вся информация. С помощью JavaScript формируется запрос, который перехватывается контроллерами, написанными на Java. Контроллеры вызывают методы сервисов, отвечающие за обработку данных и связь с репозиториями. Репозитории – это специальный объект, который служит мостом между кодом, написанным на Java и базой данных. Репозиторий формирует SQL-запрос, PostgreSQL обрабатывает его и отправляет нужные данные. Далее в обратном порядке вызова методов идет возращение данных. На рисунке 2 отображена схема построения правильной MVC-архитектуры, которая реализуется в веб-приложении.

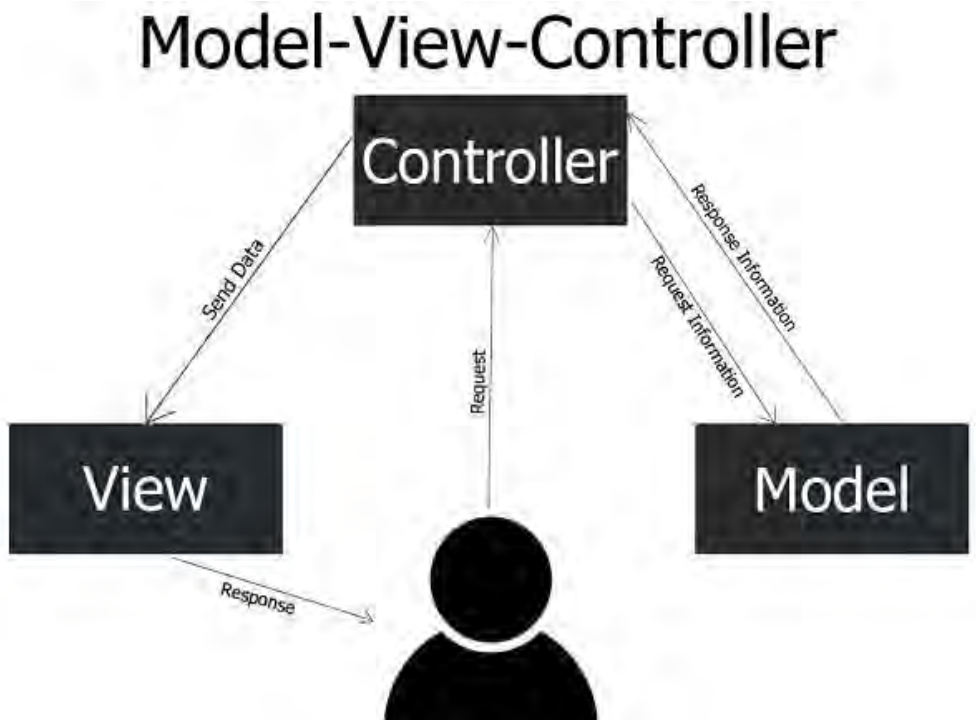


Рисунок 2 – MVC-архитектура

Заключение. Данный проект имеет высокую актуальность, так как в первую очередь ориентировано на психоэмоциональное состояние, которое влияет на все сферы жизни. Проект полезен широкой аудитории пользователей, благодаря возможности выбрать по новым критериям мероприятие.

Список литературы

1. *Java Tutorial [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.geeksforgeeks.org/java/. Дата доступа: 24.03.2025.*
2. *Web applications [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://spring.io/web-applications. Дата доступа: 24.03.2025.*

UDC 004.774:379.81

WEB APPLICATION FOR THE SELECTION OF CULTURAL AND LEISURE ACTIVITIES BASED ON THE PSYCHO-EMOTIONAL STATE AND ITS ERGONOMIC DESIGN

Kuiko K.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Pilinevich L.P. – Dr. of Sci., Professor, Professor of the Department of EPE

Annotation. The article discusses the development of a web application for the selection of cultural and leisure activities based on a psychoemotional state, including a client and server part. The principles of architecture construction, the choice of a technological stack and the features of ergonomic interface design are described. The main focus is on the convenience of user interaction with the system, minimizing cognitive load and ensuring cross-platform compatibility. A prototype of the application interface is presented. The development is aimed at expanding the filters for finding the necessary event based on a person's condition.

Keywords: Java, PostgreSQL, Spring.

УДК 004.774: [796.4:681.51-047.32]

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПИСЯМИ И РАСПИСАНИЕМ В КЛУБЕ ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ГИМНАСТИКИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Штайда М.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Андриалович И.В. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка веб-приложения, предназначенного для автоматизации записи детей в клуб эстетической гимнастики и управления расписанием тренировок. Основное внимание уделено удобству взаимодействия пользователей с системой, оптимизации процессов записи и администрирования, а также обеспечению эргономичности. Разработка основана на технологиях *JavaScript, Node.js, React.js* и *PostgreSQL*, что обеспечивает высокую производительность и надежность системы.

Ключевые слова: веб-приложение, автоматизация, запись на занятия, расписание, администрирование, *React.js, Node.js, PostgreSQL.*

Введение. В современных условиях цифровизации бизнес-процессов все больше спортивных клубов стремятся автоматизировать взаимодействие с клиентами. Запись на занятия и управление расписанием традиционно осуществляются вручную, что приводит к ошибкам, увеличению нагрузки на персонал и неудобствам для клиентов. Использование веб-приложений позволяет упростить этот процесс, предоставляя родителям удобные инструменты для записи детей, а администраторам – удобные механизмы обработки заявок и управления занятиями.

Целью данной работы является разработка веб-приложения для оптимизации управления записями и расписанием в клубе эстетической гимнастики. Объектом исследования выступает информационная система управления записями и расписанием клуба, а предметом – технологии, инструменты и принципы проектирования веб-приложений, обеспечивающих удобное и эффективное взаимодействие пользователей с системой. В процессе работы рассматриваются вопросы проектирования интерфейсов, выбора оптимального технологического стека, организации архитектуры системы и внедрения удобных механизмов управления записями и расписанием.

Основная часть. Созданное веб-приложение ориентировано на две основные категории пользователей: родителей, записывающих детей на занятия, и администраторов, управляющих расписанием. Данный функционал позволяет оптимизировать взаимодействие между клиентами и администрацией клуба, сокращая время на обработку заявок и минимизируя вероятность ошибок.

Родительская часть веб-приложения предоставляет пользователям возможность удобного взаимодействия с системой, начиная с изучения информации о клубе, его филиалах, тренерском составе и предоставляемых услугах. Родитель может записать ребенка на пробное занятие, заполнив специальную форму, в которой указываются контактные данные и выбирается удобный филиал. После подачи заявки администратор может связаться с родителем для уточнения деталей. Если родитель решает зарегистрироваться, он получает доступ к личному кабинету, где может управлять профилем ребенка, добавлять новых детей и просматривать расписание тренировок после зачисления ребенка в команду администратором.

Администраторская панель веб-приложения включает обширный набор инструментов, необходимых для организации эффективного управления процессами

записи и расписания. В системе предусмотрены механизмы для обработки заявок, управления списками пользователей, редактирования информации о филиалах, формирования и изменения состава групп, а также управления расписанием тренировок. Особое внимание при проектировании панели администратора было уделено эргономике интерфейса, что позволило минимизировать временные затраты на выполнение рутинных задач и повысить удобство работы.

Архитектура веб-приложения реализована по трехуровневой модели, включающей клиентский, серверный и уровень базы данных. Данный подход обеспечивает четкое разделение логики работы системы, улучшает ее масштабируемость и стабильность. Клиентская часть разрабатывается с использованием библиотеки *React.js*, что позволяет создавать динамичные и отзывчивые интерфейсы, обеспечивая удобное взаимодействие пользователей с системой [1]. Серверная часть реализована на платформе *Node.js* с применением фреймворка *Express.js*, что обеспечивает надежную обработку запросов, управление авторизацией пользователей и взаимодействие с базой данных. В качестве СУБД выбрана *PostgreSQL*, что позволяет надежно хранить информацию о пользователях, записях на занятия и расписании тренировок, а также гарантирует целостность данных [2]. Такой выбор технологий обеспечивает высокую производительность веб-приложения и его устойчивость к росту нагрузки.

Дополнительно, использование трехуровневой архитектуры дает возможность распределения нагрузки между уровнями системы, что особенно важно при увеличении количества пользователей. Клиентская часть взаимодействует с сервером посредством *API*-запросов, что обеспечивает гибкость при изменении интерфейса без необходимости модификации серверной логики. Серверная часть отвечает за обработку данных, управление пользователями и обработку бизнес-логики, а база данных обеспечивает хранение структурированной информации, предотвращая дублирование и обеспечивая целостность данных. Такая архитектурная модель позволяет легко масштабировать систему, добавляя новые серверные мощности или оптимизируя существующие процессы без значительных изменений в коде.

Тестирование веб-приложения включало проверку корректности обработки заявок, отображения расписания и взаимодействия пользователей с системой. Проведены функциональные и нагрузочные тесты, которые подтвердили стабильную работу системы при увеличении количества пользователей. Было протестировано несколько сценариев взаимодействия, включая регистрацию новых пользователей, подачу заявки на пробное занятие, назначение ребенка в команду администратором и корректное отображение расписания в личном кабинете. Особое внимание было уделено проверке удобства интерфейса и минимизации количества шагов при выполнении основных операций.

Веб-приложение разрабатывалось с учетом современных требований к удобству использования и эргономике интерфейса, что выражается в интуитивно понятной навигации, минимизации количества шагов при выполнении ключевых операций и обеспечении логичной структуры пользовательского взаимодействия. Одной из ключевых задач при проектировании было создание интерфейса, который позволил бы пользователям, даже не обладающим высоким уровнем цифровой грамотности, легко и быстро ориентироваться в системе.

Для повышения удобства работы с приложением реализован принцип минимального когнитивного усилия, который достигается за счет логично сгруппированных элементов управления, предсказуемого поведения интерфейса и использования визуальных подсказок. Такой подход снижает вероятность ошибок, ускоряет процесс подачи заявки и минимизирует время взаимодействия пользователя с системой на данном этапе.

Эргономика интерфейса дополнительно поддерживается продуманным расположением элементов управления. Основные действия сгруппированы в логические блоки, что снижает нагрузку на пользователя и делает работу с системой более интуитивной. Важную роль играет и визуальный дизайн: использование понятных иконок,

цветового кодирования и четкой типографики позволяет быстро ориентироваться в интерфейсе и находить нужные функции без лишних действий. Главный экран веб-приложения представлен на рисунке 1.

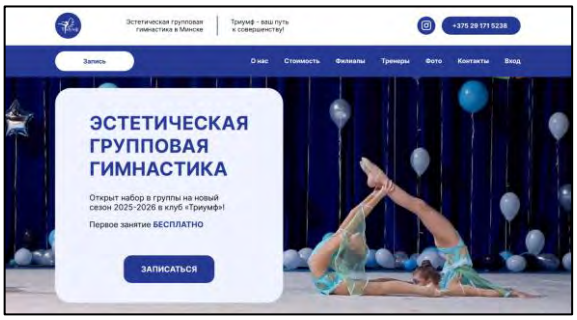


Рисунок 1 – Макет главной страницы

Заключение. В ходе работы разработано веб-приложение, позволяющее автоматизировать процесс записи детей в клуб эстетической гимнастики и управления расписанием тренировок. Реализованная трехуровневая архитектура обеспечивает высокую надежность и удобство масштабирования системы, а использование современных технологий позволило добиться высокой производительности и стабильной работы. Разработка ориентирована на удобство пользователей, что выражается в интуитивно понятном интерфейсе и оптимизированных механизмах работы. В результате веб-приложение может быть успешно внедрено в работу клуба эстетической гимнастики, обеспечивая эффективное взаимодействие родителей, администраторов и тренеров.

Список литературы

1. Хекслет [Электронный ресурс]. Режим доступнаhttps://ru.hexlet.io/blog/posts/biblioteka-react-review-article/. Дата доступа: 01.03.2025.

2. Platform V [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://platformv.sbertech.ru/blog/baza-dannyh-postgre-sql-chto-eto-takoe/. Дата доступа: 01.03.2025.

UDC 004.774:[796.4:681.51-047.32]

WEB APPLICATION FOR AUTOMATION OF MANAGEMENT OF RECORDINGS AND SCHEDULE IN AESTHETIC GYMNASTICS CLUB AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Shtaida M.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Andrialovich I.V. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article presents the development of a web application designed to automate the registration of children in an aesthetic gymnastics club and manage the training schedule. The main focus is on ensuring user interaction with the system, optimizing the registration and administration processes, and ensuring ergonomics. Development based on *JavaScript, Node.js, React.js* and *PostgreSQL* technologies, which ensures the highest performance and reliability of the system.

Keywords. web application, automation, class registration, schedule, administration, *React.js, Node.js, PostgreSQL.*

УДК 004.438

МУЛЬТИПЛАТФОРМЕННОЕ МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ JAVA

Семак Д.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пархоменко Д.А. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Работа посвящена разработке мультиплатформенного мобильного приложения для изучения языка программирования Java. Основная цель – создание удобного и эффективного инструмента для изучения программирования на Java, с системой повышения мотивации пользователя. Особое внимание уделяется удобству интерфейса и эргономике системы, что снижает нагрузку на пользователей.

Ключевые слова: система мотивации, обучение программированию.

Введение. Актуальность разработки мультиплатформенного мобильного приложения для изучения программирования на *Java* определяется несколькими факторами. В первую очередь это огромная популярность направления мобильной разработки. Так же мобильное приложение по изучению программирования является удобным способом изучить базовые аспекты языка программирования Java в интерактивном формате. Так как для обучения не требуется доступ к компьютеру, а все задания можно сделать с помощью встроенных в приложение инструментов.

Основная часть. Мультиплатформенное мобильное приложение – это программное обеспечение, разработанное для работы на нескольких мобильных операционных системах (например, IOS, Android, Windows Phone) с использованием общего кода или инструментов, что позволяет минимизировать затраты на разработку и поддержку отдельных версий для каждой платформы. Такой подход обеспечивает совместимость приложения с разными устройствами и операционными системами, сохраняя при этом единую логику работы и интерфейс. Основными особенностями таких приложений являются:

− кроссплатформенность. Приложение создаётся с использованием фреймворков и технологий, которые позволяют повторно использовать код между платформами (например, React Native, Flutter, Xamarin). Это сокращает время разработки и затраты.

− адаптивный интерфейс. Дизайн автоматически подстраивается под разрешение экрана, тип устройства (смартфон, планшет) и особенности операционной системы (например, навигация в iOS и Android).

− единая кодовая база. Основная часть кода (бизнес-логика, API-запросы, управление данными) пишется один раз и работает на всех платформах, тогда как нативные элементы (кнопки, меню) могут добавляться отдельно.

На сегодняшний день существую некоторые аналоги, которые, как и сильно похожи, например, приложение Mimo, так и которые лишь напоминают, например, веб-ресурс Leetcode.

Однако у всех есть недостатки интерфейса. На рисунке 1 показан главный экран Mimo, где можно рассмотреть то, что дизайнер данного интерфейса порой не соблюдал единый стиль проектирования, что может привести к визуальной перегрузке пользователя.

Рисунок 1 – Главный экран приложения Mimo

В свою же очередь, проблемой Leetcode является тем, что на разных страницах применена разная тема, на рисунке 2 показаны две разные страницы веб-ресурса, однако на одной странице светлая тема, а на другой тёмная. Так делать нельзя, так как есть пользователи, которые сидят за компьютером в более позднее время суток, и при резком переходе из тёмной темы в светлую, есть шанс навредить зрительному аппарату пользователя.

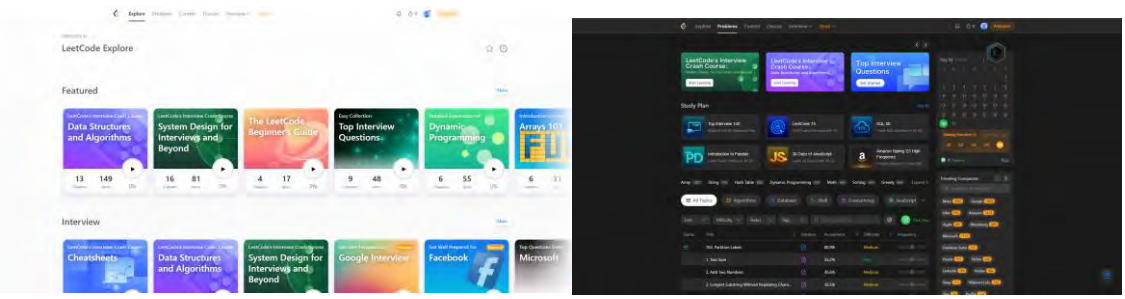


Рисунок 2 – Страницы веб-ресурса Leetcode

Однако у каждой из рассмотренной систем, безусловно есть свои преимущества. У Mimo главный преимуществом является хорошо выстроенная система мотивации

пользователя. Если пользователь проходит уроки более трёх дней подряд, то у него начинается «серия», которая в приложении обозначена с помощью эмодзи «огонь», рядом так же написано число, которое равняется тому числу дней, на протяжении которых пользователь занимается. Если хотя бы один день пропустить урок, то «серия» прервётся, и её необходимо будет заново набирать. Данный способ мотивации помогает пользователю визуализировать свой прогресс, чего очень часто не хватает при самообучении.

У *Leetcode* главное преимущество заключается в количестве задач, их огромное количество, и при этом разного уровня сложности, каждый сможет начать прогрессировать в изучении алгоритмов. Безусловно для некоторых пользователей будет проблемой то, что на данном веб-ресурсе отсутствуют какие-либо статьи с теорией, которую для решения задач, необходимо будет изучать на сторонних ресурсах.

Заключение. Разрабатываемая система учитывает принципы эргономического проектирования и дизайна интерфейсов, такие как низкий порог входа для понимания навигации по приложению, соблюдение единого стиля проектирования, исключение возможного нанесения вреда пользователю, соблюдение визуальной иерархии как с помощь способа расположения элементов, так и с помощью изменения размера и цвета. Кроме этого, приложение различными способами поддерживает мотивацию пользователя продолжать обучение.

Список литературы

1. ux.pub – принципы дизайна интерфейсов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ux.pub/editorial/15-printsipov-dizaina-intierfieisov-kotoryie-pozvoliat-sozdavat-luchshiie-vieb-saity-3l45. Дата доступа: 20.03.2025.

2. timeweb.com: приложения для изучения программирования [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://timeweb.com/ru/community/articles/luchshie-prilozheniy-dlya-izucheniya-programmirovaniya. Дата доступа: 20.03.2025.

UDC 004.438

MULTI-PLATFORM MOBILE APPLICATION FOR LEARNING THE JAVA PROGRAMMING LANGUAGE

Semak D.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Parkhomenko D.A. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This work is dedicated to the development of a cross-platform mobile application for learning the Java programming language. The primary goal is to create a user-friendly and efficient tool for studying Java programming, integrated with a system to enhance user motivation. Special emphasis is placed on interface usability and system ergonomics, which reduce cognitive load on users.

Keywords: Motivation system, programming education.

УДК 331.101.1:[004.42+621.395.721.5]

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ТЕХНИЧЕСКОМУ СОБЕСЕДОВАНИЮ НА ДОЛЖНОСТЬ IOS РАЗРАБОТЧИК И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Боловинцев А.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Телеш И.А. – к. г. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Рассмотрены принципы эргономического проектирования мобильного приложения для подготовки к техническому собеседованию на должность iOS-разработчик. Особое внимание уделено оптимизации пользовательского интерфейса, включая адаптивные цветовые схемы, интуитивную навигацию и снижение когнитивной нагрузки. Реализованные эргономические решения позволяют повысить эффективность подготовки пользователей к собеседованию.

Ключевые слова: мобильное приложение, эргономичность, пользовательский интерфейс, архитектурный паттерн MVVM + Coordinator. Swift, Xcode, Firebase.

Введение. Целью разработки является создание мобильного приложения для подготовки к техническому собеседованию на должность iOS-разработчика с учетом всех необходимых эргономических принципов. Мобильные приложения требуют соблюдения эргономических стандартов для повышения удобства и эффективности использования, особенно в контексте подготовки к техническим собеседованиям.

Цель проекта – разработать мобильное приложение, обеспечивающее эффективную подготовку к техническому собеседованию на должность iOS-разработчика, с применением принципов эргономического проектирования для повышения удобства и качества взаимодействия с пользователем.

Объектом исследования является мобильное приложение для подготовки к техническому собеседованию. Предмет исследования - инструменты, технологии и принципы, использованные при разработке мобильного приложения, направленного на эргономичное взаимодействие с пользователем.

Эргономически обоснованный дизайн приложения позволяет повысить эффективность подготовки к собеседованию, снижает когнитивную нагрузку и повышает пользовательский опыт. Применение принципов эргономического проектирования в мобильных приложениях способствует повышению удовлетворения пользователей и эффективности учебного процесса. Современные исследования показывают, что качественный эргономический дизайн увеличивает вовлеченность и снижает вероятность ошибок при взаимодействии с цифровыми системами [1].

Основная часть. Для реализации приложения используется архитектурный паттерн MVVM + Coordinator, что позволяет разделить логику приложения и пользовательский интерфейс [2]. Это гарантирует гибкость, легкость в тестировании и улучшение пользовательского опыта [3]. Технологический стек: язык программирования Swift, среда разработки Xcode, база данных Firebase для хранения данных и аутентификации пользователей, архитектура MVVM + Coordinator, технологии: Push-уведомления, адаптивный интерфейс для изменения темы.

Эргономика играет ключевую роль в проектировании интерфейса мобильного приложения, влияя не только на физическое удобство, но и на психоэмоциональное состояние пользователя. Правильный выбор цветовых схем повышает читаемость и снижает зрительное утомление, особенно при длительном использовании. Организация элементов управления должна учитывать особенности моторики и когнитивных способностей, что

снижает вероятность ошибок. Адаптивный интерфейс, подстраивающийся под различные размеры экранов и ориентацию устройств, улучшает доступность. Также важным является применение принципов универсального дизайна, обеспечивающих доступность приложения для людей с ограниченными возможностями [4].

Для реализации приложения было важно соблюсти следующие эргономические требования:

1 Удобство использования.

– интуитивно понятный интерфейс, логичное расположение элементов;

– размер интерактивных элементов не менее 44×44 px для удобства использования;

– простой и понятный процесс навигации.

2 Адаптивность.

–возможность переключения между светлой и темной темой для удобства в разных условиях освещенности;

– персонализируемые настройки интерфейса, такие как уведомления.

3 Снижение когнитивной нагрузки.

–использование простых и легко воспринимаемых цветовых схем;

–визуализация прогресса и состояния задач для упрощения восприятия информации.

Психологический комфорт: простота и последовательность действий, что способствует снижению стресса и повышению комфортности взаимодействия.

Для визуализации основных принципов эргономического проектирования была разработана диаграмма взаимодействия, отражающая основные компоненты и их взаимосвязи в системе. Диаграмма представлена на рисунке 1 и демонстрирует структуру взаимодействия пользователя с мобильным приложением, включая основные модули и процессы.

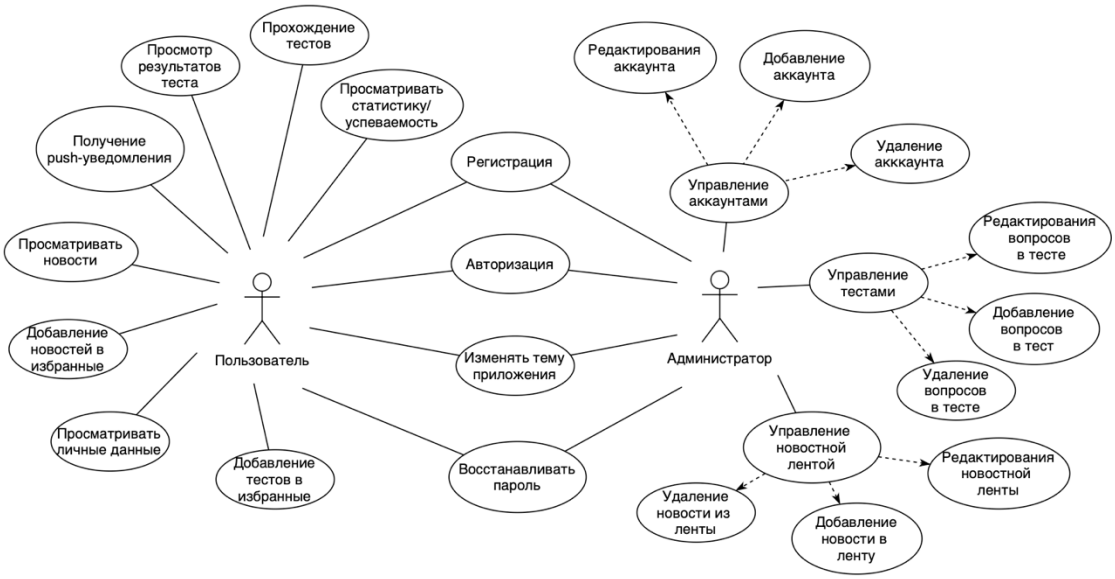


Рисунок 1 – Диаграмма взаимодействия

На диаграмме взаимодействия представлены ключевые элементы системы и их связи. Пользователь взаимодействует с различными модулями приложения, такими как регистрация, авторизация, прохождение тестов, просмотр и добавление новостей, настройками приложения.

Также на диаграмме отражены процессы отправки и получения уведомлений, изменения пользовательских настроек, например, переключение темы и управление уведомлениями. Важным аспектом является пользовательский интерфейс, который позволяет ему легко находить и использовать основные функции в мобильном приложении.

Поддержка персонализированных настроек и адаптивности интерфейса обеспечивает удобное взаимодействие с приложением в различных условиях и на разных устройствах. Такой подход снижает когнитивную нагрузку и повышает удовлетворённость пользователя [5].

Заключение. Спроектированное мобильное приложение для подготовки к техническому собеседованию на должность iOS-разработчика соответствует ключевым эргономическим принципам. Внедрение архитектуры MVVM + Coordinator обеспечило гибкость и удобство тестирования, а внимание к эргономике интерфейса способствовало улучшению пользовательского опыта. В приложении реализованы важные функциональные возможности, такие как адаптивность интерфейса, снижение когнитивной нагрузки, удобство навигации. Разработанное приложение представляет собой эффективный инструмент для подготовки к собеседованиям, который обеспечивает комфортное и продуктивное взаимодействие с пользователем.

Список литературы

1. *Apple Human Interface Guidelines [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/. Дата доступа: 15.03.2025.*

2. *Apptractor [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://apptractor.ru/info/articles/coordinator-pattern.html. Дата доступа: 12.03.2025.*

3. *Apptractor [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://apptractor.ru/info/articles/chto-takoe-mvvm-arhitektura.html. Дата доступа: 17.03.2025.*

4. *Nielsen, J. Usability Engineering [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://asomobile.net/blog/kak-opredelit-czelevuyu-auditoriyu-mobilnogo-prilozheniya/. Дата доступа: 22.03.2025.*

5. *Tognazzini, B. First Principles of Interaction Design [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://asktog.com/. Дата доступа: 19.03.2025.*

UDC 331.101.1:[004.42+621.395.721.5]

MOBILE APPLICATION FOR PREPARATION FOR TECHNICAL INTERVIEW FOR THE POSITION OF IOS DEVELOPER AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Balavinstsau A.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Telesh I.A. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. The principles of ergonomic design of a mobile application for preparation for a technical interview for the position of iOS developer are considered. Particular attention is paid to optimizing the user interface, including adaptive color schemes, intuitive navigation and reducing cognitive load. The implemented ergonomic solutions allow for more efficient user preparation for the interview.

Keywords: mobile application, ergonomics, user interface, MVVM + Coordinator architectural pattern, Swift, Xcode, Firebase.

УДК 004.418

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОТИВАЦИИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПЕРСОНАЛА В *IT*-КОМПАНИИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Клевец А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пилиневич Л.П. – д. т. н., профессор, профессор кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье представлена разработка веб-приложения, предназначенного для мотивации и повышения производительности труда персонала в *IT*-компании с учетом эргономических требований. Особое внимание уделено управлению целями и задачами, оценке производительности, предоставлению обратной связи, признанию достижений, организации обучения и развития, а также анализу данных о мотивации и производительности. Приложение реализовано с использованием современных технологий, таких как *Java*, *Spring Boot*, *React* и *PostgreSQL*, с применением *Clean Architecture*. Интерфейс разработан с учетом принципов *UX*/*UI*-дизайна для обеспечения удобства и эффективности взаимодействия

Ключевые слова: веб-приложение, мотивация, производительность труда, управление персоналом, эргономика, *UX*/*UI*, *Java*, *Spring Boot*, *React*, *PostgreSQL*, *Clean Architecture.*

Введение. В современном мире, эффективное управление персоналом является ключевым фактором успеха для любой *IT*-компании. Мотивация и повышение производительности труда сотрудников напрямую влияют на конкурентоспособность и инновационность компании [1]. Веб-приложения предоставляют мощные инструменты для управления целями и задачами, оценки производительности, предоставления обратной связи, организации обучения и развития, а также признания достижений сотрудников. Актуальность разработки таких решений возрастает в условиях высокой конкуренции на рынке труда и стремления компаний к оптимизации процессов управления персоналом и созданию благоприятной рабочей среды.

Основная часть. Разрабатываемое веб-приложение предназначено для мотивации и повышения производительности труда персонала в *IT*-компании, предоставляя инструменты для управления целями и задачами, оценки производительности, предоставления обратной связи, признания достижений, организации обучения и развития, а также анализа данных о мотивации и производительности. Оно ориентировано на *HR*-специалистов, руководителей и самих сотрудников, стремящихся к повышению эффективности работы и достижению профессиональных целей.

Разработка веб-приложения основана на современных технологиях, обеспечивающих масштабируемость, надежность и удобство использования. Архитектурное решение построено на основе многослойной архитектуры с применением паттернов проектирования, что обеспечивает гибкость системы и упрощает ее поддержку и развитие [2]. Для реализации *REST API* используется *Spring Boot*, для обеспечения интерактивного пользовательского интерфейса используется *React*, для хранения данных используется *PostgreSQL*. Система контроля версий *Git* обеспечивает эффективную командную работу и отслеживание изменений в коде.

Пользовательский интерфейс создан с применением *React*, что делает его адаптивным, интерактивным и современным. Для визуализации данных используются различные графики и диаграммы, обеспечивающие наглядное представление информации о производительности, достижениях и прогрессе в обучении.

Одним из ключевых аспектов реализации является обеспечение эргономичных условий труда и удобства использования приложения. При разработке интерфейса учитывались психологические и физиологические особенности восприятия информации

пользователем, а также принципы юзабилити и доступности. Особое внимание уделено созданию интуитивно понятного и простого в использовании интерфейса, который позволяет пользователям быстро и эффективно решать поставленные задачи [3].

Приложение также предоставляет возможности для анализа данных о мотивации и производительности сотрудников, выявления тенденций и закономерностей, а также формирования отчетов и рекомендаций для руководства. Удобство использования приложения достигается за счёт интуитивно понятного интерфейса, минималистичного дизайна и продуманной навигации. Адаптивный дизайн обеспечивает корректное отображение интерфейса на различных устройствах, что позволяет сотрудникам использовать приложение в любом удобном месте и в любое удобное время. Цветовая схема и элементы управления разработаны с учётом принципов *UX*/*UI*-дизайна, что способствует комфортному взаимодействию с системой.

Функциональное тестирование подтвердило стабильную работу системы при активном использовании, обеспечивая корректную обработку данных о производительности, мотивации и достижениях сотрудников. Юзабилити-тестирование показало высокую степень удобства и интуитивности интерфейса, что позволяет пользователям эффективно решать поставленные задачи.

Автоматизированные процессы анализа данных о производительности, мотивации и обучении позволяют оперативно формировать отчеты и рекомендации для руководства, что значительно повышает эффективность управления персоналом и способствует достижению стратегических целей компании.

Разработка такого веб-приложения является важным шагом в цифровизации системы управления персоналом, поскольку современные технологии способствуют не только оптимизации работы с данными, но и повышению эффективности мотивации и управления производительностью сотрудников. Улучшенная эргономика интерфейса и продуманный *UX*/*UI*-дизайн обеспечивают удобство взаимодействия и эффективной адаптации системы к индивидуальным потребностям пользователей. Диаграмма вариантов использования представлена на рисунке 1, демонстрирующем взаимодействие пользователей с системой.

Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Также был разработан макет личного кабинета веб-приложения, который изображен на рисунке 2.

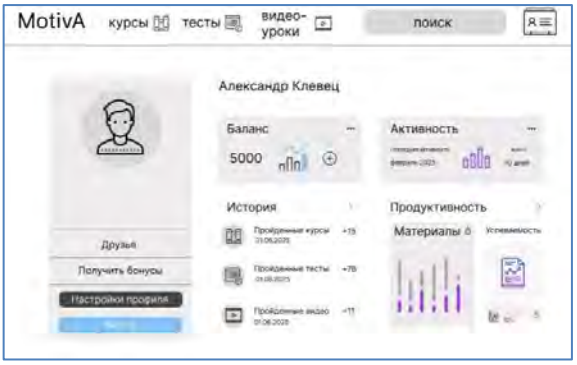


Рисунок 2 – Макет главного экрана

Заключение. Разработанное веб-приложение для мотивации и повышения производительности труда персонала *IT*-компании представляет собой комплексное решение, основанное на современных технологиях и принципах эргономики. Использование *Java*, *Spring Boot*, *React* и *PostgreSQL* позволило создать масштабируемую, надежную и удобную систему, обеспечивающую эффективное управление целями и задачами, оценку производительности, предоставление обратной связи, признание достижений, организацию обучения и развития, а также анализ данных о мотивации и производительности. Разработанный интерфейс, спроектированный в соответствии с принципами *UX*/*UI*-дизайна, обеспечивает удобство взаимодействия и эффективную адаптацию системы к индивидуальным потребностям пользователей. Автоматизация этих процессов значительно упрощает работу *HR*-специалистов и руководителей, позволяя им сосредоточиться на стратегических задачах. Приложение не только помогает *HR*-специалистам и руководителям оптимизировать процессы управления персоналом, но и способствует повышению мотивации, вовлеченности и производительности сотрудников, что в конечном итоге приводит к достижению стратегических целей компании.

Список литературы

1. Motivation through the design of work [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://library.uniq.iq.storage.books/files/perfomance/. Дата доступа: 13.03.2025.

2. Performance management [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://web.mit.edu/topic/architecture?hl=ru. Дата доступа: 28.03.2025.

3. Usability Engineering. Morgan Kaufmann [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.scrip.org/references/referenscpaces?referencied=801658. Дата доступа: 28.03.2025.

UDC 004.418

WEB APPLICATION FOR MOTIVATING AND INCREASING STAFF PRODUCTIVITY IN AN IT COMPANY AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Klevets A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Pilinevich L.P. – Dr. of Sci., Professor, Professor of the Department of EPE

Annotation. The article presents the development of a web application designed to motivate and enhance the productivity of IT company personnel, taking into account ergonomic requirements. Particular attention is paid to managing goals and tasks, performance evaluation, feedback provision, recognition of achievements, organization of training and development, and analysis of motivation and productivity data. The application is implemented using modern technologies such as Java, Spring Boot, React, and PostgreSQL, employing Clean Architecture. The interface is designed based on UX/UI design principles to ensure convenient and effective interaction.

Keywords: Web application, motivation, labor productivity, human resources management, ergonomics, UX/UI, Java, Spring Boot, React, PostgreSQL, Clean Architecture.

УДК 004.774:796.062

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ СПОРТИВНЫХ КЛУБОВ

Петрачков В.Л.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Карпович Е.Б. – магистр техники и технологии, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Разработано веб-приложение для управления деятельностью спортивных клубов, которое позволяет автоматизировать процесс учета членов клуба, проведения мероприятий, расписания тренировок и управления финансовыми аспектами. Приложение предоставляет централизованную платформу для взаимодействия между администрацией клуба, тренерами и спортсменами.

Ключевые слова: веб-приложение, спортивный клуб, расписание, тренировка, веб-разработка, клиент-серверная архитектура.

Введение. В современном мире спортивные клубы играют важную роль в развитии физической культуры и массового спорта. Однако управление клубами часто сопряжено с рядом организационных сложностей, таких как ведение документации, учет посещаемости и планирование тренировок. Использование специализированного веб-приложения позволит автоматизировать эти процессы и повысить эффективность управления.

Цель проекта – разработать веб-приложение для управления деятельностью спортивных клубов. Объектом исследования является веб-приложение для администрирования деятельности спортивных клубов и повышения мотивации пользователей к занятиям спортом. Предмет исследования – технологии веб-разработки, базы данных, принципы построения эргономичных пользовательских интерфейсов.

Основная часть. Для понимания конкурентной среды и выделения уникальных особенностей разрабатываемой системы был проведён анализ популярных веб-приложений и сервисов для управления спортивными клубами и любительскими командами.

Спортивные коммуникационные приложения делают молодежную спортивную организацию более эффективной.

С приложениями для спортивной коммуникации вам нужно поддерживать только одну форму общения. Эти приложения объединяют групповые сообщения, прямые сообщения и напоминания о событиях, устраняя путаницу, связанную с использованием нескольких каналов общения [1].

Команды, тренеры, игроки и родители могут использовать приложение для обмена важной информацией, проверки расписания, отправки обновлений и многого другого, сохраняя все данные в одном месте [1].

Управление расписанием, коммуникацией, посещаемостью игроков и статистикой – вот лишь некоторые из обязанностей, связанных с управлением спортивной командой. Наличие правильного приложения может оптимизировать эти процессы и повысить общую эффективность [2].

Веб-приложение для управления деятельностью спортивных клубов предназначено для обеспечения процесса коммуникации и взаимодействия администраторов и участников любительских спортивных клубов.

Назначение создаваемой системы заключается в объединении ключевых инструментов управления спортивной командой или клубом. Целевая аудитория проекта – тренеры, администраторы и спортсмены-любители, которые получат удобный инструмент для координации своих действий, планирования активности и взаимодействия в рамках спортивного коллектива.

Целью проектирования данной информационной системы является разработка веб-приложения, обеспечивающего простое и наглядное управление всеми процессами, связанными с деятельностью спортивного клуба. Функциональные модули системы будут покрывать задачи по созданию расписания тренировок, отслеживанию посещаемости, ведению статистики, а также внедрению элементов геймификации через систему достижений и наград.

Архитектура веб-приложения построена по принципу клиент-сервер.

Клиент-серверная архитектура – это модель организации вычислительных систем, в которой задачи распределены между клиентами и серверами. В такой архитектуре клиент, обычно являющийся пользователем или программой, запрашивает услуги или ресурсы у сервера, который отвечает на запросы, предоставляя необходимые данные или функциональность [3].

Для создания клиентской части приложения использован язык программирования JavaScript, с применением библиотеки ReactJS, идеально подходящей для создания простых и эргономичных интерфейсов.

Для взаимодействия между компонентами системы используется REST API.

REST API – это способ взаимодействия сайтов и веб-приложений с сервером. Термин состоит из двух аббревиатур:

API (Application Programming Interface) – это код, который позволяет двум приложениям обмениваться данными с сервера. На русском языке его принято называть программным интерфейсом приложения [4].

REST (Representational State Transfer) – это способ создания API с помощью протокола HTTP [4].

В качестве технологической основы для реализации веб-приложения выбраны современные и широко применяемые инструменты. На стороне клиента будет использоваться библиотека React.js с использованием TailwindCSS, обеспечивающие высокую скорость разработки и качественный адаптивный дизайн.

Для хранения данных выбран PocketBase, идеально подходящая для структурированной информации. Одним из ключевых преимуществ PocketBase является встроенный REST и WebSocket API, что делает её отличным выбором для приложений с реальным временем. Аутентификация также включена «из коробки» и поддерживает email, OAuth и анонимных пользователей. Помимо этого, система ролей и прав доступа позволяет гибко настраивать уровни доступа к данным [5].

Для администраторов система предоставляет широкие возможности по управлению расписанием, созданию и редактированию челленджей, контролю посещаемости и настройке системы оповещений. Также они смогут отслеживать статистику активности участников и управлять списком пользователей. Такой функционал позволяет эффективно организовать работу клуба и освободить тренеров и администраторов от множества рутинных задач.

Обычные пользователи системы получат доступ к личным профилям, расписанию тренировок, персональной статистике и системе достижений. Они смогут отслеживать свой прогресс, получать уведомления о предстоящих событиях и участвовать в жизни клуба более активно, чувствуя свою вовлеченность и значимость.

Страница профиля, содержащая статистику активности пользователя, показана на рисунке 1.

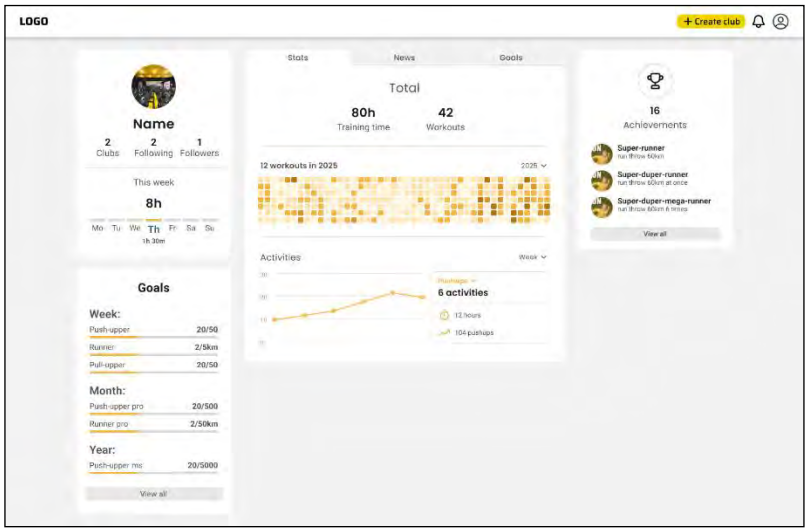


Рисунок 1 – Статистика активности пользователя

Заключение. Разработанное веб-приложение для управления деятельностью спортивных клубов предоставляет эффективный инструмент для автоматизации ключевых процессов, таких как планирование тренировок, управление расписанием, учет посещаемости, финансовый контроль и коммуникация между участниками клуба. Использование современных технологий веб-разработки, включая React.js, TailwindCSS и PocketBase, обеспечивает высокую производительность, удобство взаимодействия и возможность масштабирования системы.

Перспективы дальнейшего развития системы включают расширение функционала за счет интеграции с внешними сервисами, внедрение мобильной версии приложения и реализацию дополнительного аналитического инструментария для более глубокого анализа деятельности клуба.

Список литературы

1 Jerseywatch – 9 Best Free and Paid Sports Team Communication Apps [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.jerseywatch.com/blog/best-communication-apps-for-sports-teams/. Дата доступа: 26.03.2025.

2 Sportsplus – Top 8 Sports Team Management Apps 2022 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://sportsplus.app/blog/126/top-8-sports-team-management-apps-for-2024/. Дата доступа: 26.03.2025.

3 Servergate – Client-server architecture [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://servergate.ru/articles/klient-servernaya-arkhitektura/. Дата доступа: 26.03.2025.

4 Skillfactory – REST API [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://blog.skillfactory.ru/glossary/rest-api/. Дата доступа: 26.03.2025.

5 Kovardin – PocketBase и libSQL [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://kovardin.ru/articles/go/libsql-pocketbase/. Дата доступа: 26.03.2025.

UDC 004.774:796.062

WEB APPLICATION FOR MANAGING SPORTS CLUBS

Petrachkov V.L.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Karpovich E.B. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. A web application for managing the activities of sports clubs has been developed, which allows for the automation of the process of accounting for club members, holding events, training schedules and managing financial aspects. The application provides a centralized platform for interaction between the club administration, coaches and athletes.

Keywords: web application, sports club, schedule, training, web development, client-server architecture.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ МЕНТОРСТВА ПРИ ПОВЫШЕНИИ КВАЛИФИКАЦИИ СОТРУДНИКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Дранкович Н.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Цявловская Н.В. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматривается разработка и внедрение веб-приложения, направленного на поддержку менторства в системе повышения квалификации сотрудников предприятий. Особое внимание уделено вопросам эргономического обеспечения интерфейса, что способствует повышению эффективности взаимодействия между наставниками и обучающимися. Проведен анализ функциональных требований системы, разработаны рекомендации по адаптивному дизайну и оптимизации пользовательского опыта. Результаты исследования могут быть использованы для формирования корпоративных образовательных платформ, способствующих развитию профессиональных компетенций сотрудников.

Ключевые слова: веб-приложение, менторство, повышение квалификации, эргономика, корпоративное обучение, пользовательский интерфейс.

Введение. В условиях динамичного развития технологий и постоянного обновления знаний предприятия сталкиваются с необходимостью повышения квалификации сотрудников. Одним из эффективных инструментов является система менторства, способствующая обмену опытом и развитию профессиональных навыков. Разработка специализированного веб-приложения для поддержки менторства позволяет оптимизировать процесс обучения, обеспечить доступ к необходимым ресурсам и автоматизировать контроль за прогрессом. В данной работе анализируются основные требования к функциональности и эргономике такого приложения, что является актуальным для современных корпоративных образовательных систем.

Основная часть. Объектом разработки является веб-приложение для поддержки менторства на предприятии, предназначенное для управления процессом наставничества, взаимодействия между сотрудниками и мониторинга их профессионального роста.

В разработке использованы современные веб-технологии, включая фреймворки и библиотеки для фронтенда и бэкенда, базы данных и UX/UI-принципы эргономики интерфейсов. Ключевые принципы проектирования включают адаптивность интерфейса, удобство навигации и интуитивность взаимодействия.

Необходимость внедрения цифровых решений для корпоративного обучения обусловлена следующими факторами:

− ускоренное развитие технологий требует постоянного повышения квалификации сотрудников;

− компании стремятся сократить затраты на обучение и повысить его эффективность;

− стандартные образовательные платформы не учитывают индивидуальные потребности предприятия;

− взаимодействие между наставниками и подопечными часто неструктурированно, что снижает его эффективность.

Веб-приложение для менторства решает эти проблемы, обеспечивая удобный инструмент для управления процессами обучения и повышения квалификации.

Для достижения цели – разработки эффективного и удобного веб-приложения – решаются следующие задачи:

– разработка интуитивного пользовательского интерфейса с учетом эргономических требований;

– реализация системы назначения менторов и обучающихся;

– внедрение системы трекинга прогресса и управления образовательными траекториями;

– интеграция инструментов общения (чаты, форумы, видеозвонки);

– обеспечение адаптивности приложения для работы на различных устройствах;

– реализация аналитики и отчетности для мониторинга эффективности менторства.

Веб-приложение строится на клиент-серверной архитектуре, где фронтенд и бэкенд взаимодействуют через REST API. Основные компоненты.

1 Интерфейс пользователя (UI) – разрабатывается с учетом эргономических требований и принципов UX-дизайна.

2 Серверная часть – отвечает за обработку данных, авторизацию, управление ролями и взаимодействие с базой данных.

3 База данных – хранит информацию о пользователях, их прогрессе и наставнических программах.

4 Система аналитики – предоставляет статистические данные о процессе обучения.

Основные функции веб-приложения:

1 Назначение менторов: система распределения сотрудников между наставниками.

2 Трекинг прогресса: мониторинг выполнения заданий и развития навыков.

3 Личный кабинет пользователя: доступ к материалам, отчетам и статистике.

4 Общение: чаты, видеозвонки и форумы для взаимодействия.

5 Геймификация: награды, рейтинги и поощрения для повышения мотивации.

Преимущества решения:

– гибкость и адаптивность: приложение корректно работает на ПК, планшетах и мобильных устройствах;

– персонализация обучения: возможность настройки индивидуальных программ;

– простота использования: интуитивный интерфейс, минимизирующий количество действий пользователя;

– аналитика и контроль: удобные инструменты для мониторинга эффективности менторских программ.

На рисунке 1 представлена главная страница веб-приложения.

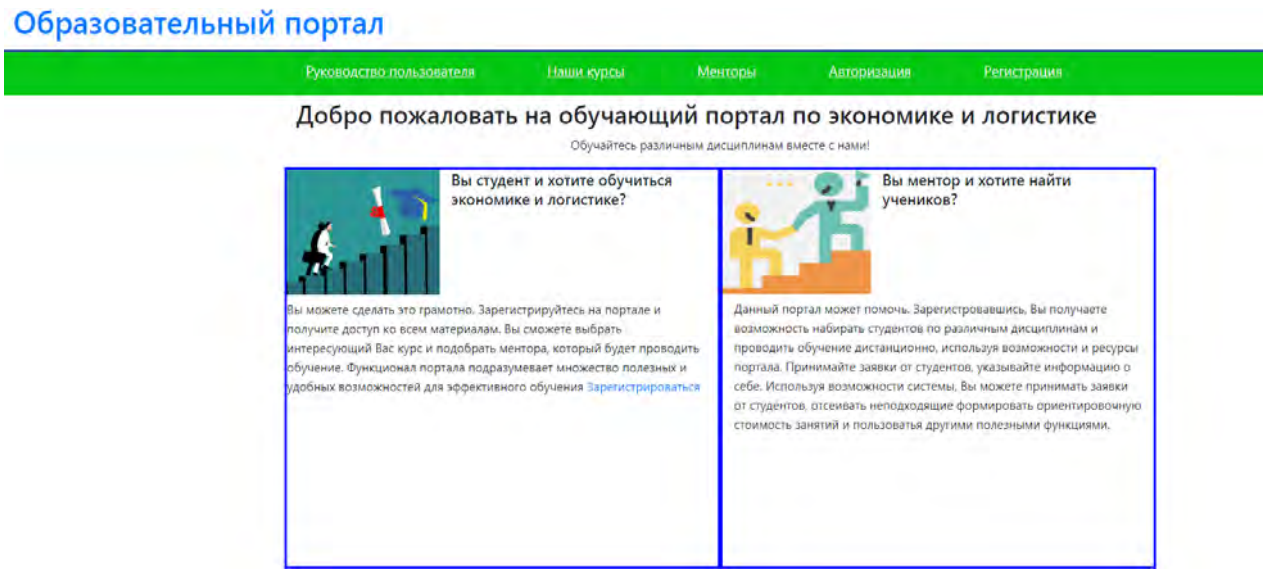


Рисунок 1 – «Главная страница»

Функциональные возможности веб-приложения обеспечивают удобную и эффективную систему поддержки менторства, включающую инструменты коммуникации, аналитику прогресса, систему образовательных материалов и индивидуальные планы развития. Эргономическое проектирование интерфейса ориентировано на простоту, доступность и визуальный комфорт пользователей. Совокупность этих решений делает платформу интуитивно понятной и удобной как для наставников, так и для обучающихся, способствуя более продуктивному обучению и профессиональному росту сотрудников.

Заключение. Разработка веб-приложения для поддержки менторства является перспективным направлением в системе повышения квалификации сотрудников предприятий. Анализ функциональных требований и эргономических принципов позволил сформировать рекомендации по созданию эффективной и удобной платформы. Внедрение такого решения способствует оптимизации процессов обучения, обмену опытом и, в конечном итоге, повышению конкурентоспособности компании.

Список литературы

1. Иванов И. И. Основы веб-разработки: теория и практика. Москва: Издательство «Наука», 2018.

2. Петров П. П. Эргономика информационных систем: принципы и методы. Санкт-Петербург: Издательство «Технологии», 2019.

3. Сидоров С. С. Менторство в корпоративном обучении: современные подходы и практики // Современные технологии. 2020. № 4. С. 45–57.

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

WEB APPLICATION FOR SUPPORTING MENTORING IN IMPROVING THE QUALIFICATION OF EMPLOYEES IN THE ENTERPRISE AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Drankovich N.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tsyavlovskaya N.V. – Senior lecturer of the IPE department

Annotation. The article discusses the development and implementation of a web application aimed at supporting mentoring in the system of advanced training of enterprise employees. Particular attention is paid to the issues of ergonomic support of the interface, which helps to increase the efficiency of interaction between mentors and students. An analysis of the functional requirements of the system was conducted, recommendations for adaptive design and optimization of user experience were developed. The results of the study can be used to form corporate educational platforms that contribute to the development of professional competencies of employees.

Keywords: web application, mentoring, advanced training, ergonomics, corporate training, user interface.

УДК 63.2:65.012.4:004.42

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИЕМКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ЛЕСОСЫРЬЯ

Дмитрук А.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка веб-приложения для автоматизации процессов приемки и переработки лесосырья в лесхозах. Разрабатываемое программное решение позволит автоматизировать оформление актов приемки, переработки и распределения семян по регионам, обеспечивая удобный и точный учет данных. Приложение построено с использованием современных веб-технологий: React.js для клиентской части, Node.js для серверной логики, SQL для хранения данных. Основная цель исследования – создание удобного инструмента для сотрудников лесхозов, который позволит минимизировать ручной труд, повысить точность учета и оптимизировать документооборот. Внедрение веб-приложения способствует цифровизации отрасли и повышению эффективности работы с лесосырьем.

Ключевые слова: автоматизация документооборота, приемка и переработка лесосырья, веб-приложение, React.js, Node.js, SQL, цифровизация, лесное хозяйство.

Введение. Автоматизация процессов документооборота в лесном хозяйстве играет ключевую роль в повышении эффективности управления лесными ресурсами. В настоящее время многие лесхозы осуществляют приемку, переработку и распространение семян древесных и кустарниковых пород вручную, используя бумажные документы или электронные таблицы. Такой подход требует значительных затрат времени, сопряжен с рисками потери данных и усложняет процесс контроля и анализа информации. Современные тенденции в лесной отрасли направлены на цифровизацию процессов управления и внедрение автоматизированных информационных систем для оптимизации рабочих процессов. В частности, цифровые платформенные решения позволяют значительно упростить документооборот, повысить прозрачность учета лесосырья и минимизировать ошибки, связанные с человеческим фактором [1].

Данная работа посвящена разработке веб-приложения для автоматизации процессов приемки и переработки лесосырья. Веб-приложение позволит сотрудникам лесхозов формировать акты приемки, переработки и распространения семян в электронной форме, используя удобный и интуитивно понятный интерфейс. Это обеспечит повышение скорости обработки данных, снизит вероятность ошибок и позволит систематизировать учет лесных ресурсов.

Основная часть. Разрабатываемое веб-приложение предназначено для автоматизации процессов приемки, переработки и распространения лесосырья в лесхозах. В настоящее время эти процессы осуществляются вручную, что приводит к увеличению временных затрат, возникновению ошибок и усложнению контроля за документооборотом. Внедрение цифровой системы позволит значительно упростить и ускорить работу сотрудников, а также обеспечит прозрачность и удобство хранения данных.

Приложение реализовано по клиент-серверной архитектуре. Клиентская часть разработана с использованием React.js, что обеспечивает удобный и динамичный пользовательский интерфейс. Серверная часть построена на Node.js с использованием фреймворка Express.js, что позволяет обрабатывать запросы пользователей в асинхронном режиме, обеспечивая высокую производительность и стабильность работы системы [2].

Веб-приложение использует протокол HTTPS для обеспечения безопасного взаимодействия между клиентской и серверной частями. HTTPS обеспечивает шифрование

данных с помощью TLS/SSL, защищая конфиденциальность информации и предотвращая атаки типа «человек посередине» (MITM).

Основные типы HTTP-запросов, используемые в системе:

− GET – для получения данных (списки лесосырья, информация о партиях семян);
− POST – для создания новых записей (акты приемки, переработки);
− PUT – для обновления существующих данных;
− DELETE – для удаления записей;
− PATCH – для частичного обновления информации.

В разработанном веб-приложении для автоматизации приемки и переработки лесосырья взаимодействие между клиентской и серверной частями построено на принципах REST (Representational State Transfer). REST API представляет собой архитектурный стиль, который использует простые HTTP-запросы для выполнения операций над данными. В контексте нашего приложения данный подход обеспечивает унифицированный и прозрачный способ взаимодействия между различными компонентами системы.

Для передачи данных между клиентом и сервером в качестве основного формата выбран JSON (JavaScript Object Notation). Этот формат представляет собой легковесный, текстовый и платформенно-независимый способ обмена данными, который легко читается как человеком, так и машиной. JSON обладает компактной и ясной структурой, что делает его идеальным выбором для веб-приложений. В контексте нашей системы JSON-формат используется как для запросов от клиента, так и для ответов сервера, что обеспечивает единообразие обмена данными.

Обработка JSON-данных на серверной части реализована с использованием возможностей Express.js и встроенных механизмов Node.js. При получении запроса сервер производит валидацию входных данных на соответствие ожидаемой схеме, что предотвращает возможные ошибки и повышает надежность системы. При отправке запросов клиент также формирует данные в формате JSON, что обеспечивает единообразие взаимодействия.

Система включает в себя функционал автоматического формирования актов приемки, переработки и распространения семян. При поступлении партии семян в лесхоз данные вносятся в систему, после чего формируется электронный акт приемки, содержащий всю необходимую информацию: вид семян, их количество, номер партии и источник поступления. Дальнейшая переработка также сопровождается внесением данных в систему, что позволяет сформировать акт переработки, отражающий проведенные операции. После подготовки семян к отправке система создает акт их распространения, фиксируя информацию о регионах, в которые они направляются. Прототип пользовательского интерфейса с окном «Прототип вкладки паспорт лесосеменного сырья» представлен на рисунке 1.

Вкладка 1

Паспорт лесосеменного сырья (шишки)

Сезон	ГПЛХО	Лесхоз	Номер паспорта	Древесная порода (языки:русский и латынь)	Масса партии, килограммы	Время сбора (месяц,год)	Место сбора	Лесосеменной объект, в котором заготовлено лесом. Сырье	Цель	Категория семян лесных растений
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Пример заполнения									
2024-2025	Брестское	Малоритский	1	Сосна обыкновенная , Pinus silvestris	3 500	Декабрь 2023	Кобринский опытный лесхоз, ЛСП	ЛСП II порядка 5,5 га 1995года	реализация	улучшенные

Рисунок 1 – Прототип вкладки паспорт лесосеменного сырья (шишки)

Интерфейс веб-приложения будет включать несколько вкладок, каждая из которых предназначена для работы с определенными документами, связанными с приемкой, переработкой и распространением лесосеменного сырья. Основные вкладки описаны далее.

1 Паспорт лесосеменного сырья (шишки) – содержит информацию о поступивших шишках, их характеристиках и происхождении.

2 Паспорт лесосеменного сырья (семян хвойных пород с крылаткой) – аналогичный раздел, но для семян с крылаткой.

3 Акт приемки-передачи лесосеменного сырья (шишек) на переработку – фиксирует передачу шишек на дальнейшую обработку.

4 Акт приемки-передачи семян хвойных пород с крылаткой на переработку – регистрирует передачу семян на дополнительную очистку.

5 Акт приемки работ по переработке шишек и получению семян хвойных пород – отображает итоги переработки шишек и полученные семена.

6 Акт приемки работ по переработке семян хвойных пород с крылаткой (доп. очистке) – содержит сведения о доочистке семян.

7 Паспорт на партию семян лесных растений – итоговый документ, фиксирующий характеристики партии семян перед их распространением.

Каждая вкладка будет представлять собой отдельный модуль с формами для ввода данных, возможностью просмотра и редактирования уже внесенной информации. Это позволит пользователям быстро и удобно работать с документами, минимизируя ручной труд и ошибки при оформлении актов.

Интуитивно понятный интерфейс обеспечит удобство работы для сотрудников, а централизованное хранение данных позволит оперативно анализировать информацию и формировать отчеты. Разработка данного веб-приложения соответствует современным тенденциям цифровизации лесного хозяйства и будет способствовать повышению эффективности работы лесхозов.

Заключение. Разработано веб-приложение для автоматизации приемки и переработки лесосырья. Система использует React.js для клиентской части, Node.js для сервера и SQL для хранения данных, обеспечивая удобство и надежность работы. Автоматизация ключевых процессов позволяет ускорить документооборот, снизить ошибки и повысить точность учета. В результате сотрудники лесхозов получают эффективный инструмент для оформления и хранения актов, что облегчает их работу и повышает прозрачность учета.

Список литературы

1. Сравнительный анализ информационных программных продуктов для лесной отрасли [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-informatsionnyh-programmnyh-produktov-dlya-lesnoy-otrasli. Дата доступа: 15.03.2025.

2. Разработка клиент-серверных приложений [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://sky.pro/wiki/javascript/razrabotka-klient-servernyh-prilozhenij/. Дата доступа: 16.03.2025.

UDC 63.2:65.012.4:004.42

WEB APPLICATION FOR AUTOMATION OF RECEIPT AND PROCESSING OF WOOD RAW MATERIALS

Dmitruk A.G.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. This article discusses the development of a web application for automating the processes of acceptance and processing of timber raw materials in forestry enterprises. The software solution being developed will automate the execution of acts of acceptance, processing and distribution of seeds by region, providing convenient and accurate data accounting. The application is built using modern web technologies: React.js for the client part, Node.js for server logic, SQL for data storage. The main goal of the study is to create a convenient tool for forestry employees that will minimize manual labor, increase the accuracy of accounting and optimize document flow. The implementation of the web application contributes to the digitalization of the industry and increased efficiency of work with timber raw materials.

Keywords: automation of document flow, acceptance and processing of timber raw materials, web application, React.js, Node.js, SQL, digitalization, forestry.

УДК 159.9.07

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖАНРОВ МУЗЫКИ НА ЗАПОМИНАНИЕ И ПОНИМАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Огиенко Н.Д., Хоружик Е.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Яцкевич В.Ф. – магистр педагог. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Люди часто слушают музыку при изучении новой информации. Цель данного исследования – определить зависимость между жанрами музыки и эффективностью когнитивных процессов, таких как запоминание и понимание информации.

Ключевые слова: прослушивание музыки, жанры музыки, когнитивные процессы.

Введение. В современном мире молодежь все чаще слушает музыку в самых различных ситуациях, в том числе при изучении новой информации. Цель данного исследования – выявить существует ли взаимосвязь между жанрами музыки и когнитивными процессами, такими как запоминание и понимание информации.

Основная часть. В исследовании приняли участие 15 студентов 3 курса специальности «Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий», из которых 47% составили девушки, 53% – юноши. В первой части исследования был проведён опрос, чтобы выяснить музыкальные предпочтения испытуемых. В ходе опроса респондентам были заданы вопросы о предпочитаемых жанрах музыки и языке текста, чтобы определить жанры, с которыми необходимо проводить исследование. Также были выяснены привычки испытуемых по отношению к прослушиванию музыки во время изучения новой информации и определены жанры, которые, по мнению испытуемых, положительно влияют на этот процесс.

По результатам опроса, 72,7% респондентов ответили, что слушают музыку во время изучения новой информации.

Наиболее популярными жанрами оказались поп, рок и рэп. Результаты представлены на рисунке 1.

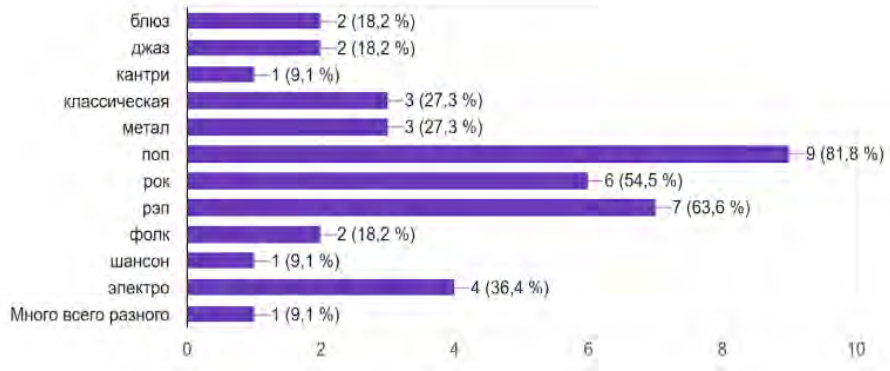


Рисунок 1 – Распределение предпочтений жанров музыки

Когда речь зашла о положительном влиянии музыки на восприятие информации, мнения испытуемых разделились: 54,5% ответили, что музыка оказывает положительное влияние, а 45,5% – нет. На вопрос о конкретных жанрах, которые способствуют изучению информации, большинство респондентов (63,7%) указали классическую музыку.

В ходе опроса также выяснилось, что 63,6% испытуемых предпочитают музыку на английском языке во время изучения новой информации. Результаты отображены на рисунке 2.

Рисунок 2 – Распределение предпочтений языка текстов музыки

Таким образом, для эксперимента были выбраны следующие жанры музыки: поп, рок, рэп и классическая музыка. Кроме того, был включен вариант прохождения исследования без музыки для контроля влияния прослушивания музыки на когнитивные процессы.

Далее были составлены тексты и подобраны яркие образцы жанра. В среднем тексты составляли 550 слов. Испытуемому предлагалось прочитать текст под музыку, а потом ответить на вопросы по запоминанию и пониманию информации. Опрос и текст были предоставлены участникам в электронной форме без ограничения по времени. Испытуемым не рекомендовалось специально запоминать информацию; текст можно было прочитать максимум два раза. Вопросы были разделены на вопросы на запоминание и вопросы на понимание информации. Использовались 5 тестовых вопросов (на запоминание информации) и 5 открытых вопросов (на понимание).

Результаты проверки правильности ответов испытуемых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели эффективности когнитивных процессов при различном музыкальном сопровождении

Музыкальное сопровождение	**Доля правильных ответов**	
	Запоминание	**Понимание**
Без музыки	0,76	0,50
Классическая музыка	0,80	0,50
Поп-музыка	0,80	0,58
Рок	0,80	0,42
Рэп	0,66	0,50

Анализируя полученные результаты, можно предположить, что наибольшая эффективность запоминания наблюдается при чтении текста на фоне прослушивания поп-музыки, классической музыки и рока. а при прослушивании рэпа испытуемые продемонстрировали самый низкий результат.

После статистической проверки значимости различий, проведенной с помощью углового преобразования Фишера, было выявлено, что различия результатов запоминания информации при прослушивании поп-музыки, классической музыки и рока, а также без музыки не являются статистически значимыми (вероятность ошибки $p>0,05$). Различие эффективности запоминания информации при чтении текста в сопровождении рэпа статистически значимо отличается от эффективности запоминания при другом музыкальном сопровождении (вероятность ошибки $p<0,05$).

Рассмотрим результаты анализа понимания информации. В соответствии с полученными данными, наилучшие результаты понимания информации отмечаются при ее

восприятии на фоне прослушивания поп-музыки, чуть ниже результаты при восприятии информации без музыки, на фоне классической музыки и рэпа, а наиболее низкие – при восприятии рока. Однако проверка статистической значимости различий с помощью углового преобразования Фишера показала, что различия между показателями понимания в разных условиях (без музыки, классическая музыка, поп-музыка, рок, рэп) не являются статистически значимыми (вероятность ошибки $p>0,05$).

Заключение. Таким образом, после проведения данного исследования можно сделать вывод, что восприятие информации на фоне прослушивания рэпа приводит к снижению эффективности запоминания информации.

Для уточнения выявленных различий требуются дальнейшие исследования на большей выборке испытуемых.

Список литературы

1. Волковец, А.И. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. -метод. пособие/ А.И. Волковец, А.Б. Гуринович. Минск: БГУИР, 2015. 91с.

2. Рубин Л.С. Звук и музыка (о закономерностях восприятия музыкальной информации) // Музыка в системе культуры. Научный вестник уральской консерватории 2019. №18. с. 142-151.

UDC 159.9.07

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF MUSIC GENRES ON MEMORIZATION AND COMPREHENSION OF INFORMATION

Ogienko N.D., Horuzhik E.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Yatskevich A.Y. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. People often listen to music when learning new information. The purpose of this research is to determine the relationship between genres of music and the effectiveness of cognitive processes such as memorizing and understanding information.

Keywords: music listening, genres of music, cognitive processes.

УДК 004.42:658.51

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО МОНИТОРИНГА МАССИВОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Некрашевич М.К

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Бушик С.А – ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка программного средства для мониторинга и анализа промышленных данных. Основное внимание уделено вопросам адаптивной интеграции с разнородными источниками данных, интеллектуальному анализу данных с использованием алгоритмов машинного обучения и анализа временных рядов, а также оптимизации хранения и визуализации данных. Разработка базируется на современных технологиях, включая JavaScript, Go. Применение новейших алгоритмов позволяет снизить риски аварийных ситуаций и оптимизировать производственные процессы.

Ключевые слова: автоматизация, промышленные данные, программное средство, машинное обучение, временные ряды, InfluxDB, Go.

Введение. В эпоху стремительной индустриализации и усложнения производственных процессов, обеспечение безопасности на промышленных предприятиях становится задачей первостепенной важности. Непрерывный мониторинг состояния оборудования и окружающей среды играет ключевую роль в предотвращении аварий, снижении простоев и, что самое главное, в защите жизни и здоровья персонала. Однако, существующие системы мониторинга зачастую сталкиваются с ограничениями, связанными с обработкой всё возрастающих объемов данных в реальном времени. Эти ограничения приводят к задержкам в реагировании на критические ситуации, что может иметь катастрофические последствия. Именно поэтому разработка высокопроизводительного программного средства для мониторинга промышленной безопасности является не просто актуальной, но и жизненно необходимой. Такая система позволит оперативно выявлять даже незначительные отклонения от нормы, прогнозировать возможные аварии на основе анализа трендов и принимать незамедлительные меры для их предотвращения. Целевой аудиторией данной разработки являются промышленные предприятия, работающие в нефтегазовой, химической, энергетической и других отраслях, где безопасность является не просто требованием, но и основой успешной деятельности [1].

Основная часть. Разработка данного программного средства базируется на современных технологиях, позволяющих создать надежную и масштабируемую систему. В качестве серверной платформы выбран Go, обеспечивающий высокую производительность, безопасность и простоту интеграции. Для хранения данных используется InfluxDB, известная своей надежностью и масштабируемостью, а для обмена сообщениями – RabbitMQ, гарантирующий асинхронную обработку и доставку данных. Для анализа временных рядов используются библиотеки Python, такие как Pandas, NumPy, Statsmodels и Scikit-learn, что гарантирует гибкость и эффективность анализа [3].

Программное средство предоставляет операторам возможность мониторинга ключевых показателей безопасности в реальном времени, историю изменений параметров, а также статистические прогнозы возможных аварийных ситуаций. Интеграция с различными промышленными датчиками и системами обеспечивает надежность поставки данных для анализа. Автоматизация процесса мониторинга снижает временные и финансовые затраты, минимизирует ошибки и улучшает качество принимаемых решений [1].

При разработке используется уникальный метод анализа многомерных временных рядов, а также новейшие алгоритмы машинного обучения для прогнозирования аварийных ситуаций. Оптимизированная архитектура и масштабируемый дизайн обеспечивают стабильную работу системы при высокой нагрузке. Визуализация данных с помощью Grafana позволяет операторам быстро и эффективно анализировать информацию.

Функциональное и нагрузочное тестирование подтвердило стабильность работы программного средства при высокой нагрузке. Проверены корректность сбора и обработки данных, работа алгоритмов прогнозирования, загрузка данных и интеграция с существующими промышленными системами. Архитектура, основанная на микросервисах, гарантирует безопасность и защиту данных.

Автоматизация мониторинга значительно сокращает время на реагирование на аварийные ситуации, оптимизирует работу операторов и снижает затраты. Уникальные алгоритмы прогнозирования уменьшают вероятность аварий, а удобный интерфейс облегчает работу на платформе со сложными данными [1].

Разработка такого программного средства – важный шаг в цифровизации сферы промышленной безопасности. Внедрение современных технологий повышает уровень безопасности на предприятиях, облегчает работу операторов и создает благоприятные условия для безопасного производства. Улучшенная эргономика интерфейса и визуализация данных способствуют лояльности операторов и эффективной работе.

На рисунке 1 Схема структуры программного средства.

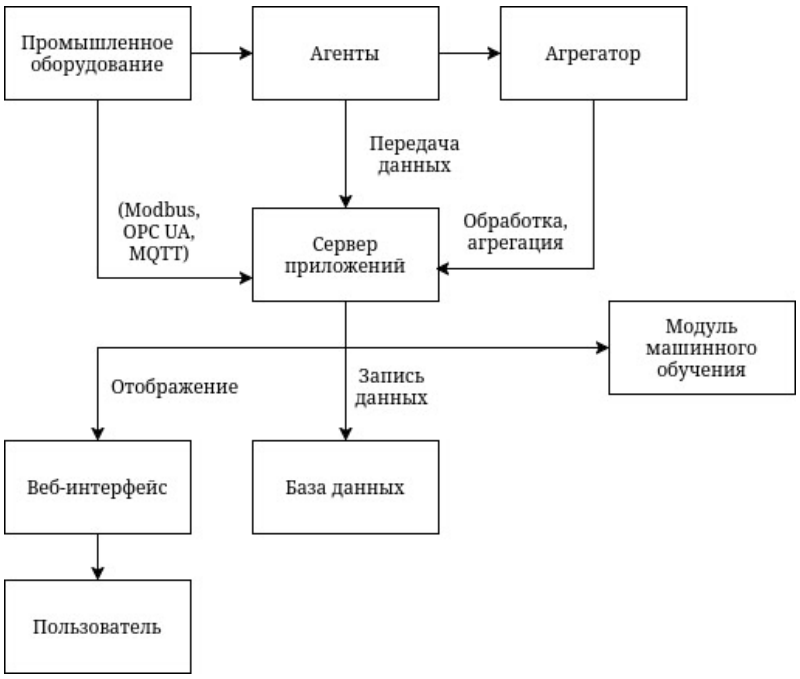


Рисунок 1 – Схема структуры программного средства

В основе данного программного средства лежит комплексный алгоритмический комплекс, разработанный с целью обнаружения аномалий во временных рядах промышленных данных. Алгоритм представляет собой многофакторную модель, интегрирующую классические статистические методы, такие как скользящие средние и стандартное отклонение, с продвинутыми методами машинного обучения, включая кластерный анализ и детекцию выбросов [3].

Система стремится к обеспечению высокой степени точности в обнаружении аномалий, несмотря на присущую промышленным процессам сложность и многофакторность. Применение алгоритмов машинного обучения позволяет системе адаптироваться к изменяющимся условиям и выявлять сложные, нелинейные зависимости

в данных. Это обеспечивает возможность своевременного реагирования на потенциальные проблемы и оптимизации производственных процессов.

Информационная архитектура системы структурирована для эффективной обработки и анализа больших объемов временных рядов промышленных данных. Благодаря микросервисной архитектуре новые аналитические модули и алгоритмы интегрируются без нарушения работы существующих компонентов. Это позволяет поэтапно расширять функционал системы – от базового мониторинга до сложного прогнозирования аварийных ситуаций, а также упрощает обновление и масштабирование с учётом изменений в технологическом ландшафте. Применение специализированной базы данных, оптимизированной для временных рядов, обеспечивает высокую производительность и масштабируемость. Визуализация данных осуществляется посредством интерактивных интерфейсов, позволяющих оперативно отслеживать состояние оборудования и выявлять аномалии. Система также включает в себя модуль оповещений, который автоматически уведомляет пользователей о критических событиях, обеспечивая оперативное реагирование на потенциальные проблемы.

Заключение. Разработанное веб-приложение представляет собой комплексное программное решение для мониторинга и анализа промышленных данных в реальном времени. Интеграция с разнородными источниками данных, обработка с использованием алгоритмов машинного обучения и анализа временных рядов, а также визуализация и оповещения обеспечивают эффективное управление производственными процессами. Применение современных технологий, включая JavaScript, Go и специализированную базу данных InfluxDB, в сочетании с модульной архитектурой, позволяет оптимизировать процессы сбора, обработки и анализа данных. Внедрение данного приложения способствует повышению эффективности производственных операций, снижению рисков аварийных ситуаций и является важным шагом в условиях цифровизации промышленного сектора

Список литературы

1 Шулаев Н. С., Кузнецов А. В. Time series anomaly detection for industrial control systems // Communications in Computer and Information Science. 2022. Vol. 1654. P. 396–407.

2. *Бердичевский В. Л., Шаповалов А. В. Уравнения с переменными коэффициентами: учеб. пособие. Москва: Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского РАН, 2022. 132 с.*

3. *Фролов И.Н., Кудрявцев Н.Г., Сафонова В.Ю., Кудин Д.В. Использование технологий машинного обучения при решении задачи классификации сигналов мониторинга инфразвукового фона // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 2024. — Т. 24, № 1. — С. 156–164. — DOI: 10.17586/2226-1494-2024-24-1-156-164.*

UDC 004.42:658.51

SOFTWARE TOOL FOR INDUSTRIAL DATA MONITORING

Nekrashevich M.K.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Bushic A.S – Department assistant of EPE

Annotation. This article discusses the development of a software tool for monitoring and analysis of industrial data. The main focus is on the issues of adaptive integration with heterogeneous data sources, intelligent data analysis using machine learning and time series analysis algorithms, as well as optimizing data storage and visualization. The development is based on modern technologies, including JavaScript, Go, and InfluxDB. The application of the latest algorithms allows to reduce the risks of emergency situations and optimize production processes.

Keywords: automation, industrial data, software tool, machine learning, time series, InfluxDB, Go.

УДК 004.81:004.58

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Бердник П.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Андриалович И.В. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье представлена разработка веб-приложения, предназначенного для анализа когнитивной нагрузки пользователей информационных систем. Приложение осуществляет сбор и обработку поведенческих метрик в процессе взаимодействия с системой, расчёт интегрального индекса когнитивной нагрузки и визуализацию полученных данных. Особое внимание уделено точности сбора данных, построению алгоритмов анализа и интерпретации результатов. Разработка реализована с использованием JavaScript, Node.js, React.js и PostgreSQL, что обеспечивает стабильность, масштабируемость и высокую производительность.

Ключевые слова: когнитивная нагрузка, поведенческий анализ, веб-приложение, UX-исследование, React.js, Node.js, PostgreSQL.

Введение. С ростом сложности информационных систем возрастает потребность в понимании того, как пользователи взаимодействуют с интерфейсами и какие когнитивные усилия они при этом затрачивают. Избыточная когнитивная нагрузка может приводить к ошибкам, снижению продуктивности и отказу от дальнейшего использования системы. В связи с этим актуальной задачей становится разработка инструментов, позволяющих автоматически оценивать уровень когнитивной нагрузки пользователей.

Целью данной работы является разработка веб-приложения для анализа когнитивной нагрузки пользователей информационных систем на основе поведенческих данных. Объектом исследования выступает пользовательское взаимодействие с информационными системами, а предметом – методы и средства оценки когнитивной нагрузки, включая сбор, интерпретацию и визуализацию поведенческих метрик.

Основная часть. Разработанное веб-приложение предназначено для сбора и анализа действий пользователя при работе с тестируемыми интерфейсами. Система регистрирует время выполнения задач, количество ошибок, интервалы между действиями, повторные попытки и другие параметры, на основании которых вычисляется индекс когнитивной нагрузки. Полученные данные используются для выявления участков интерфейса, в которых пользователи испытывают сложности.

Актуальность данной разработки обусловлена растущей потребностью в инструментах, позволяющих не только собирать поведенческие данные пользователей, но и глубоко анализировать их с позиции когнитивной нагрузки. Современные информационные системы становятся всё более сложными, и при этом важно сохранять их эргономичность и доступность. Разрабатываемое веб-приложение способно выявлять участки интерфейса, вызывающие затруднения у пользователей, что критически важно для повышения эффективности цифровых решений в образовании, здравоохранении и бизнесе.

Архитектура системы реализована по трехуровневой модели: клиент, сервер и база данных. Это обеспечивает масштабируемость, модульность и удобство сопровождения. Каждый компонент отвечает за строго определённую функциональность, что соответствует принципам современного проектирования программных систем. Клиентская часть построена с использованием библиотеки React.js для обеспечения отзывчивости и гибкости интерфейса [1]. Серверная часть разработана на Node.js, отвечающей за маршрутизацию,

обработку событий и доступ к данным. Для хранения данных используется PostgreSQL, обеспечивающая устойчивость и надёжность работы [2].

К числу основных преимуществ разработанного решения относятся модульная архитектура, обеспечивающая простоту масштабирования; высокая чувствительность и точность аналитики; интуитивно понятный пользовательский интерфейс; поддержка визуального анализа и совместимость с различными платформами и задачами UX-исследований.

Разрабатываемое веб-приложение обладает широким функционалом, который охватывает все ключевые этапы анализа когнитивной нагрузки пользователей. Система обеспечивает регистрацию и аутентификацию пользователей, запуск и управление тестовыми сценариями, автоматический сбор и логирование действий (включая клики, ошибки, временные задержки между действиями), а также последующий расчёт индекса когнитивной нагрузки. Все результаты отображаются в удобной визуализированной форме, что облегчает их интерпретацию специалистами.

Приложение состоит из двух частей: пользовательского интерфейса и административной панели. Пользовательская часть позволяет проводить сценарии тестирования, в ходе которых фиксируются действия пользователя. Административная часть предоставляет возможность настройки сценариев, управления пользователями, просмотра аналитики и выгрузки отчётов. Главный экран веб-приложения представлен на рисунке 1

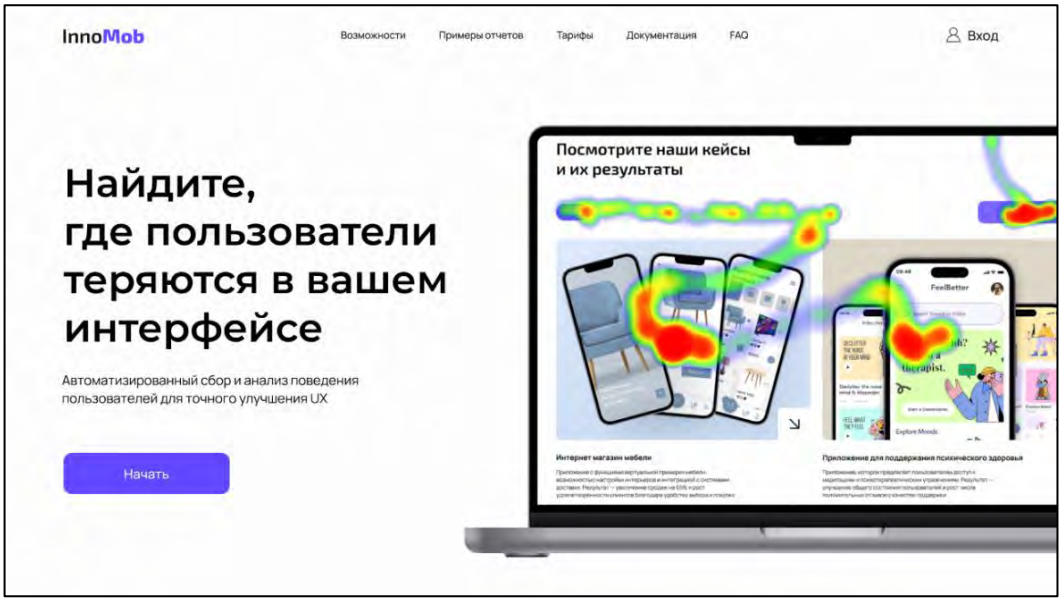


Рисунок 1 – Макет главной страницы

Разработка веб-приложения осуществлялась с опорой на современные принципы эргономики и когнитивного дизайна пользовательского интерфейса. Особое внимание уделялось обеспечению интуитивной навигации, минимизации количества действий при выполнении ключевых задач и формированию логичной структуры взаимодействия с системой. Одним из приоритетных направлений проектирования являлось создание интерфейса, доступного для пользователей с различным уровнем цифровой грамотности, что особенно актуально в контексте проведения UX-исследований и массового тестирования.

В основу интерфейсных решений был положен принцип снижения когнитивной нагрузки, реализуемый через визуально упорядоченную организацию элементов управления, устойчивую логику навигации и наличие встроенных пояснений и подсказок.

Такой подход способствует снижению числа ошибок, повышает точность выполнения заданий и сокращает общее время взаимодействия с системой. Прогнозируемость поведения интерфейса и поддержка пользовательских ожиданий играют ключевую роль в формировании комфортного цифрового опыта.

Тестирование веб-приложения включало проверку корректности сбора и обработки поведенческих метрик, расчёта индекса когнитивной нагрузки и отображения результатов в интерфейсе. Были проведены как функциональные, так и нагрузочные испытания, которые подтвердили стабильную работу системы при одновременном взаимодействии нескольких пользователей. Тестирование охватывало различные пользовательские сценарии: прохождение заданий с фиксированными шагами, внесение изменений в сценарий администратором, просмотр аналитических отчётов и сравнение когнитивной нагрузки между версиями интерфейсов. Особое внимание уделялось проверке точности регистрации пользовательских действий, корректности расчётов индекса и визуальной читаемости диаграмм и тепловых карт. Система показала устойчивую работу, высокую точность аналитики и удобство в применении.

Заключение. Разработанное веб-приложение представляет собой эффективный инструмент для анализа когнитивной нагрузки пользователей, демонстрирует практическую применимость принципов эргономики и когнитивного анализа при проектировании информационных систем. Система регистрирует поведенческие метрики, рассчитывает индекс нагрузки и визуализирует результаты анализа. Благодаря модульной архитектуре и использованию современных технологий приложение отличается масштабируемостью, стабильностью и точностью. Его использование позволяет не только автоматизировать сбор и интерпретацию поведенческих данных, но и сделать UX-анализ более структурированным и наглядным. Полученные в ходе тестирования результаты подтверждают, что инструмент эффективно выявляет участки интерфейса, вызывающие затруднения у пользователей, и предлагает обоснованные пути их оптимизации.

Список литературы

1. Хекслет [Электронный ресурс]. Режим доступнаhttps://ru.hexlet.io/blog/posts/biblioteka-react-review-article/. Дата доступа: 01.03.2025.

2. Platform V [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://platformv.sbertech.ru/blog/baza-dannyh-postgre-sql-chto-eto-takoe/. Дата доступа: 01.03.2025.

UDC 004.81:004.58

WEB APPLICATION FOR ANALYZING USERS' COGNITIVE LOAD IN INFORMATION SYSTEMS AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Berdnik P.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Andrialovich I.V. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article presents the development of a web application designed to analyze the cognitive load of users in information systems. The application collects and processes behavioral metrics during user interaction with the system, calculates an integrated cognitive load index, and visualizes the obtained data. Special attention is paid to the accuracy of data collection, the development of analysis algorithms, and the interpretation of results. The solution is implemented using JavaScript, Node.js, React.js, and PostgreSQL, which ensures stability, scalability, and high performance.

Keywords: cognitive load, behavioral analysis, web application, UX research, React.js, Node.js, PostgreSQL.

УДК 004.946

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ СИМУЛЯЦИИ СБОРОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ПРИМЕРЕ КОНВЕЙЕРА МАЗ

Болбас К.В., Сакович А.П., Щербин Я.Ф.

Национальный детский технопарк, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Усенко Ф.В. – магистр, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Статья посвящена разработке VR-симулятора сборочного конвейера МАЗ. Рассматриваются этапы создания, включая 3D-моделирование, текстурирование и разработку интерактивных элементов, обеспечивающих пользовательское взаимодействие. Описаны преимущества виртуального обучения для освоения производственных навыков, а также технические аспекты реализации на базе Unity и XR Interaction Toolkit, с акцентом на тестирование и оптимизацию.

Ключевые слова: VR, сборочный конвейер, МАЗ, 3D моделирование, Unity, XR Interaction Toolkit, автомобильная индустрия.

Введение. С развитием технологий виртуальной реальности (VR) открываются новые возможности для обучения и погружения в различные сферы человеческой деятельности, включая производственные процессы. В последние годы VR становится неотъемлемой частью образовательных технологий и практического обучения. Особенно актуально использование VR в таких областях, как автомобильная индустрия, где важно продемонстрировать сложные технологические процессы, такие как сборка автомобилей. В данной статье рассматривается проект, в рамках которого был разработан интерактивный симулятор сборочного конвейера МАЗ на основе технологий виртуальной реальности. Создание такого симулятора позволяет не только продемонстрировать производственные процессы, но и улучшить обучение и подготовку специалистов, предоставляя им возможность взаимодействовать с процессами без необходимости физического присутствия на заводе. Актуальность темы обусловлена быстрым развитием VR-технологий и их применением для создания инновационных образовательных решений.

Основная часть. Процесс создания VR-симулятора сборочного конвейера МАЗ состоит из нескольких ключевых этапов, каждый из которых требует внимательной проработки и использования специализированных инструментов. Важно отметить, что проект направлен на создание не просто визуальной репрезентации сборочного процесса, но и полноценной интерактивной среды, которая позволяет пользователю не только наблюдать, но и активно участвовать в процессе сборки, что значительно улучшает восприятие материала.

Одним из первых этапов разработки было создание трехмерных моделей объектов, которые должны были быть включены в симулятор. Для этого использовались такие программы, как Autodesk Maya [1] и MakeHuman [2], которые предоставляют мощные инструменты для моделирования и текстурирования. Сначала была создана базовая структура завода и сборочного конвейера, которая включала в себя основное оборудование и рабочее окружение.

Моделирование 3D объектов начиналось с простых геометрических фигур, таких как кубы и цилиндры, которые постепенно усложнялись, приобретая формы, соответствующие реальным деталям конвейера и рабочим местам на производственной линии. В процессе моделирования особое внимание уделялось деталям, таким как механизмы конвейера, инструменты для сборки, а также рабочие зоны, чтобы создать как можно более точную репрезентацию реального конвейера МАЗ.

После этого для всех созданных объектов была выполнена UV-развертка (рисунок 1) и текстурирование с использованием программы Substance 3D Painter [3]. Это программное

обеспечение позволило создать реалистичные текстуры для различных объектов, включая материалы, такие как металл, пластик и резина, а также обеспечить соответствующее освещение и отражения. Основная задача заключалась в том, чтобы текстуры выглядели натурально и правдоподобно, создавая тем самым у пользователя ощущение нахождения в реальной производственной среде.

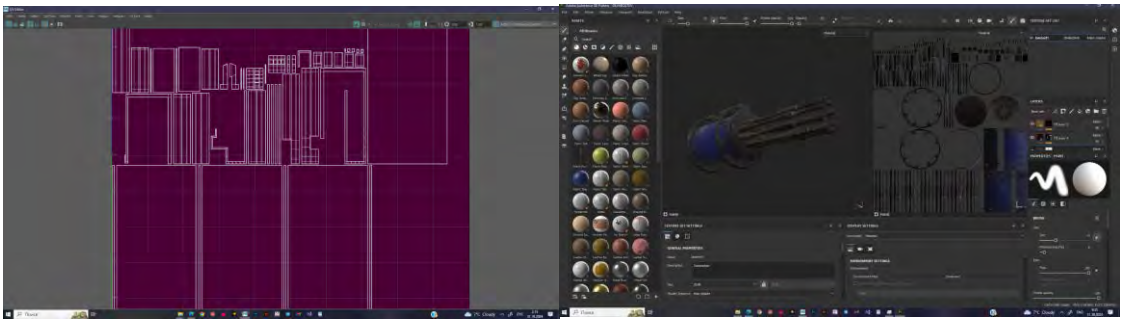


Рисунок 1 – UV-развертка с детальным текстурированием

Важной частью разработки симулятора стало создание интерактивных элементов, позволяющих пользователю взаимодействовать с объектами внутри виртуальной среды. Для этого использовался плагин XR Interaction Toolkit в Unity [4], который предоставляет обширные возможности для реализации механик виртуальной и дополненной реальности. XR Interaction Toolkit включает в себя компоненты, отвечающие за взаимодействие с объектами, их захват и перемещение, а также создание анимаций взаимодействий.

Один из ключевых элементов симулятора — это возможность пользователю собирать компоненты автомобиля МАЗ. Для этого были написаны скрипты, которые позволяли объектам «взаимодействовать» друг с другом, например, присоединять болты к колесам или устанавливать различные элементы кузова на раму. Для реализации этой механики использовался компонент XR Grab Interactable, который позволяет виртуальным объектам «захватываться» пользователем и двигаться в пространстве. На объекты, которые должны были быть соединены, был добавлен скрипт XR Socket Interactor, который управляет их соединением в процессе сборки.

Процесс сборки был также сопровожден анимациями, созданными с использованием Unity Animator. Когда пользователь взаимодействует с объектами, система проверяет условия для выполнения анимаций, например, соединение деталей или движение механизмов. Для того чтобы собрать автомобиль, пользователь должен последовательно установить все его компоненты, а в конце будет проигрываться анимация завершения сборки автомобиля, включающая движение колес и кузова. Этот процесс создает эффект «настоящей» сборки, позволяя пользователю ощутить себя частью процесса.

Одним из важнейших этапов разработки проекта стало программирование взаимодействий и геймплейных механик, таких как управление конвейером, перемещение объектов и активация различных процессов. Для этого были созданы скрипты, которые отвечали за перемещение объектов по конвейеру, а также за взаимодействие пользователя с элементами производства.

Например, для работы с конвейером была создана переменная Rigidbody, которая позволила динамически управлять движением объектов по конвейеру. Важным моментом в этом процессе было программирование скорости перемещения объектов и изменение их направления в зависимости от взаимодействий пользователя. Для симуляции конвейерного процесса была использована переменная скорости, которая определяла, с какой скоростью объекты перемещаются по виртуальной линии.

Важным элементом является создание системы для взаимодействия с различными деталями автомобиля, включая автоматическое прикрепление болтов и установку деталей на раму. Для этого был использован скрипт XR Grab Interactable, а также дополнительные компоненты, такие как AttachTransform, которые управляют тем, как объекты поднимаются,

размещаются и соединяются. Эта система помогает имитировать реальный процесс сборки и учит пользователей правильно располагать и соединять компоненты.

После создания всех основных моделей и механик наступил этап интеграции в Unity. В процессе интеграции особое внимание было уделено настройке взаимодействий между объектами, правильному позиционированию моделей и применению текстур. Все эти элементы должны были быть точно настроены, чтобы обеспечить правильную работу симулятора и взаимодействие пользователей с виртуальной средой.

Параллельно с разработкой происходило тестирование различных аспектов симулятора. Например, проверялась правильность взаимодействий между объектами, корректность анимаций и взаимодействий, а также производительность симулятора на различных устройствах VR. Это тестирование позволило устранить возможные ошибки и улучшить общую производительность приложения.

Последним этапом был реализован скрипт, отвечающий за анимацию движения автомобиля после завершения сборки. Когда все компоненты автомобиля соединяются, запускается анимация, которая представляет движение автомобиля по виртуальному конвейеру. Эта анимация дополняет процесс и делает его более увлекательным и интерактивным. Важно отметить, что анимации и скрипты были настроены таким образом, чтобы взаимодействие с конвейером было интуитивно понятным для пользователей, а процесс сборки автомобиля был четким и последовательным.

Заключение. Виртуальная реальность открывает новые горизонты в обучении, особенно в таких сферах, как автомобилестроение. Разработка VR-симулятора сборочного конвейера МАЗ позволяет эффективно обучать специалистов, предоставляя возможность интерактивного взаимодействия с процессами сборки без необходимости физического присутствия на заводе. Проект включает создание детализированных моделей, текстур, анимаций и взаимодействий, что позволяет не только теоретически освоить процесс, но и развить практические навыки. Такой подход способствует улучшению качества обучения и подготовки кадров, а также открывает возможности для дальнейшего развития и внедрения инновационных образовательных решений.

Список литературы

1. *Autodesk Maya [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://help.autodesk.com/view/MAYAUL/2026/ENU/. Дата доступа: 22.03.2025.*
2. *MakeHuman [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.makehumancommunity.org/wiki/Documentation:Index. Дата доступа: 22.03.2025.*
3. *Substance 3D Painter [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://helpx.adobe.com/substance-3d.htmll. Дата доступа: 22.03.2025.*
4. *Unity User Manual 2022.3 (LTS) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.unity3d.com/Manual/UnityManual.html Дата доступа: 22.03.2025.*

UDC 004.946

USE OF VIRTUAL REALITY FOR ASSEMBLY PROCESS SIMULATION ON THE EXAMPLE OF MAZ CONVEYOR BELT

Bolbas K.V., Sakovich A.P., Shcherbin Y.F.

National Children's Technopark, Minsk, Republic of Belarus

Usenko Ph.V. – Master of Sci., Assistant of the Department of EPE

Annotation. The article is devoted to the development of VR-simulator of MAZ assembly line. The stages of creation are considered, including 3D modeling, texturing and development of interactive elements that provide user interaction. The advantages of virtual learning for mastering production skills are described, as well as technical aspects of implementation based on Unity and XR Interaction Toolkit, with a focus on testing and optimization.

Keywords: VR, assembly line, MAZ, 3D modeling, texturing, interactive elements, Unity, XR Interaction Toolkit, automotive industry.

УДК 656.1

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «СЕРВИС-ПОМОЩНИК ВЛАДЕЛЬЦЕВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ» И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Резник Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пилиневич Л.П. – д. т. н., профессор, профессор кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье представлена разработка мобильного приложения, предназначенного для помощи владельцам электромобилей в поиске зарядных станций, планировании маршрутов и мониторинге состояния автомобиля с учетом эргономических требований. Особое внимание уделено интеграции картографических сервисов, предоставлению рекомендаций по оптимальному заряду, анализу расхода энергии и созданию удобного пользовательского интерфейса. Приложение реализовано с использованием современных технологий, таких как *Kotlin, Jetpack Compose* и *Room*, с применением архитектурного подхода *Clean Architecture*. Интерфейс разработан с учетом принципов *UX/UI*-дизайна для обеспечения удобства и эффективности взаимодействия.

Ключевые слова: мобильное приложение, электромобили, зарядные станции, маршрутизация, энергопотребление, *UX/UI*, *Kotlin, Jetpack Compose, Room, Clean Architecture.*

Введение. Современные владельцы электромобилей сталкиваются с рядом сложностей, связанных с поиском зарядных станций, расчетом оптимального маршрута и мониторингом состояния батареи. Актуальность разработки специализированных мобильных сервисов обусловлена растущей популярностью электромобилей и необходимостью повышения удобства их эксплуатации [1]. Существующие решения не всегда обеспечивают полную интеграцию всех требуемых функций в одном приложении, что создаёт неудобства для пользователей.

Основная часть. Разрабатываемое мобильное приложение предназначено для владельцев электромобилей, предоставляя инструменты для поиска ближайших зарядных станций, оценки их загруженности, расчета оптимального маршрута с учетом уровня заряда батареи и потребления энергии, а также анализа состояния автомобиля. Оно ориентировано как на частных пользователей, так и на операторов электромобильных парков, помогая эффективно управлять ресурсами и обеспечивать удобную эксплуатацию транспортного средства.

Приложение реализовано на основе современных технологий, обеспечивающих масштабируемость, надежность и удобство использования. Архитектурное решение основано на многослойной структуре с применением паттернов проектирования, что делает систему гибкой и удобной для поддержки и расширения [2]. В качестве основного языка программирования используется *Kotlin*, а для построения пользовательского интерфейса применяется *Jetpack Compose*. База данных разработана на основе *Room*, что обеспечивает быструю и надежную обработку информации. Диаграмма вариантов использования, с помощью которой будет проектироваться приложения, представлено на рисунке 1.

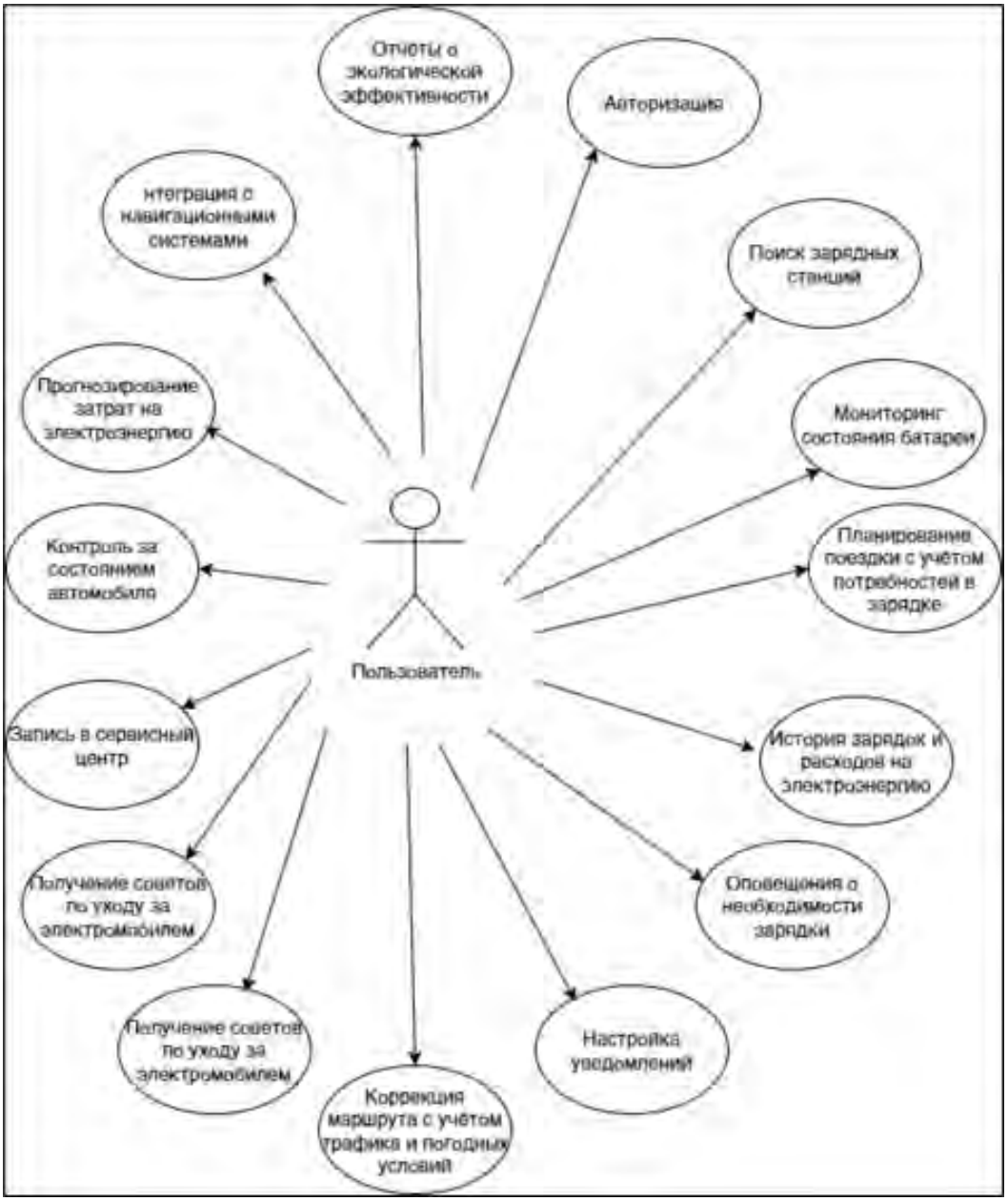


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Пользовательский интерфейс приложения создан с применением *Jetpack Compose,* что делает его адаптивным, интуитивным и современным. Для визуализации данных используются интерактивные графики и диаграммы, отображающие статистику потребления энергии, состояние батареи и данные по пройденным маршрутам.

Одним из ключевых аспектов реализации является обеспечение эргономичных условий работы с приложением. При проектировании интерфейса учитывались психологические и физиологические особенности пользователей, принципы доступности и юзабилити. Интуитивно понятный интерфейс позволяет водителям быстро находить зарядные станции, просматривать аналитику и оптимизировать энергопотребление, минимизируя время на взаимодействие с приложением [3]. Приложение также предоставляет инструменты для анализа данных о зарядке, прогнозирования затрат на электроэнергию и формирования рекомендаций по эффективному использованию батареи. Продуманный *UX/UI*-дизайн обеспечивает удобство навигации и быстроту выполнения операций. Адаптивный дизайн гарантирует корректное отображение интерфейса на

различных устройствах, что позволяет водителям использовать приложение в любых условиях. В результате эргономического проектирования был разработан макет пользовательского интерфейса. Главный экран программы представлен на рисунке 2. Он становится доступным после входа в приложение.

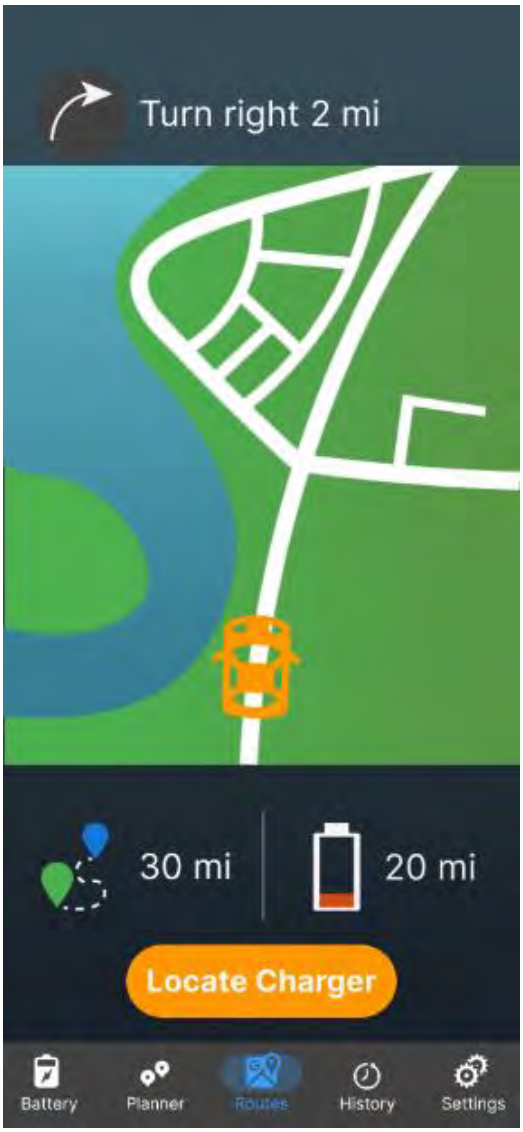


Рисунок 2 – Макет главного экрана

Функциональное тестирование подтвердило стабильность работы системы при интенсивном использовании, обеспечивая корректную обработку данных о зарядных станциях, маршрутах и энергопотреблении. Юзабилити-тестирование показало высокую степень удобства интерфейса, что позволяет пользователям легко ориентироваться в приложении. Автоматизированный анализ данных об энергопотреблении и зарядке позволяет оперативно формировать отчёты и рекомендации для пользователей, что значительно упрощает процесс эксплуатации электромобиля и повышает его эффективность. Разработка подобного мобильного приложения является важным шагом в цифровизации инфраструктуры для электромобилей. Использование современных технологий способствует не только оптимизации работы с данными, но и повышению комфорта водителей, делая эксплуатацию электромобилей более удобной и эффективной.

Заключение Разработанное мобильное приложение «Сервис-помощник владельцев электромобилей» представляет собой комплексное решение, основанное на современных

технологиях и принципах эргономики. Использование *Kotlin, Jetpack Compose* и *Room* позволило создать масштабируемую, надежную и удобную систему, обеспечивающую поиск зарядных станций, планирование маршрутов, мониторинг состояния батареи и прогнозирование энергопотребления. Разработанный интерфейс, спроектированный в соответствии с принципами *UX/UI*-дизайна, обеспечивает удобство взаимодействия и эффективную адаптацию системы к индивидуальным потребностям пользователей. Автоматизация этих процессов значительно упрощает эксплуатацию электромобиля, делая его использование более удобным и доступным.

Список литературы

1. *Лин, Д. Проблемы маршрутизации электронных автомобилей // Электронный хурнал ScienceDirect 2019. № 3. Режим доступа: http://www.itejournal.org/archive/2019/n3/8.pdf. Дата доступа: 09.03.2025.*

2. Xuze, L. Optimal energy management for formula-E cars with regulatory limits and thermal constraints // [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261920312861. Дата доступа: 09.03.2025.

3. Нильсен, Д. Разработка Юзабилити. Н.: AP Professional, 1993. 377 с.

UDC 656.1

MOBILE APPLICATION «ASSISTANT SERVICE FOR ELECTRIC VEHICLE OWNERS» AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Reznik N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Pilinevich L.P. – Dr. of Sci., Professor, Professor of the Department of EPE

Annotation. This article presents the development of a mobile application designed to assist electric vehicle (EV) owners by providing tools for efficient route planning, charging station searches, battery monitoring, and vehicle maintenance management, considering ergonomic requirements. Special attention is given to optimizing user experience through an intuitive interface and seamless interaction. The application is developed using modern technologies, including Kotlin, Jetpack Compose, and Room database, employing the Clean Architecture approach. The interface is designed based on UX/UI principles to ensure user-friendly and efficient operation.

Keywords: Mobile application, electric vehicles, ergonomic support, UX/UI design, Kotlin, Jetpack Compose, Room, Clean Architecture.

УДК 37.091:316.77

ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА НА УЧЕБНУЮ УСПЕВАЕМОСТЬ СТУДЕНТОВ

Александрова В.В., Кривоносова М.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье рассматривается влияние социальных медиа на учебную успеваемость студентов. Проанализирован актуальный вопрос о влиянии ежедневного использования социальных сетей на успеваемость студентов. Для получения точной картины ситуации использован описательный метод исследования. В качестве респондентов выступили 58 студентов, активно пользующихся социальными сетями, такими как Telegram, Instagram, YouTube, TikTok и ВКонтакте. По результатам исследования сделан вывод, что социальные медиа оказывают двойственное влияние на успеваемость студентов, и необходимо с максимальной ответственностью подходить к их использованию.

Ключевые слова: социальные сети, социальные медиа, влияние электронных технологий, успеваемость студентов.

Введение. Сегодня интернет прочно вошел в жизнь людей. Трудно представить молодого человека, который хотя бы раз в день не проверял обновления в социальных сетях и не листал ленту новостей. Современная реальность требует от нас быть на связи и быть в курсе последних новостей и трендов. Однако влияет ли эта тенденция на успеваемость студентов [1]?

Социальные медиа, такие как Telegram, Instagram, YouTube, TikTok и ВКонтакте, стали неотъемлемой частью жизни студентов. Они используются для общения, развлечения, поиска информации и даже обучения. Но насколько эффективно студенты используют эти платформы? И как это влияет на их академические результаты?

Основная часть. Социальные медиа – это онлайн-платформы, которые помогают объединять людей, находящихся далеко и близко. Они используются для построения отношений между людьми, обмена информацией и совместной работы. В контексте образования социальные медиа предоставляют студентам возможность получать полезную информацию, связываться с учебными группами и другими образовательными системами, что делает обучение более удобным. Однако исследования показывают, что социальные сети могут как положительно, так и отрицательно влиять на успеваемость студентов. С одной стороны, они предоставляют доступ к знаниям и помогают студентам быстро обмениваться информацией. С другой стороны, чрезмерное использование социальных сетей может отвлекать студентов от учебного процесса [2].

Цель данного исследования – выяснить влияние социальных медиа на учебную успеваемость студентов. Для этого проанализированы существующие исследования, а также проведен опрос среди респондентов. Респондентами стали 58 студентов 2 курса факультета компьютерного проектирования специальности «Информационные системы и технологии (в бизнес-менеджменте)» активно пользующихся социальными сетями. В исследовании использовались как количественные, так и качественные методы [3]. Описательный метод исследования был использован для получения точной картины ситуации.

Первичные данные были получены от респондентов исследования. Вторичные данные были получены из предыдущих исследований, литературы, книг, документов и электронных материалов, связанных с текущим исследованием. Инструментом для сбора данных был опросный лист, содержащий несколько вопросов для сбора информации от

респондентов. Опросный лист содержал четкие и простые вопросы, которые позволяли респондентам предоставлять точную информацию. Каждый пункт в опросных листах был предназначен для ответа на подвопросы исследования.

Опрос состоял из следующих секций: частота использования социальных сетей; цели использования социальных сетей; используемые платформы; влияние социальных сетей на концентрацию и продуктивность; связь между использованием социальных сетей и успеваемостью студентов; использование соцсетей в учебном процессе; контроль времени студентов.

Собранные данные были систематизированы, подсчитаны и сведены в таблицы. Эти данные были представлены в виде графиков, проанализированы и интерпретированы для того, чтобы читатели могли лучше понять полученные результаты.

Результаты исследования:

1 Время, которое студенты проводят в социальных медиа.

− 45% (26) студентов проводят в социальных сетях от 4 до 6 часов в день;

− 30% (17) студентов – более 6 часов в день, что может указывать на зависимость;

− 20% (12) студентов тратят 2-4 часа, используя социальные медиа для учебы;

− 5% (3) студентов тратят менее 2 часов, используя социальные сети только по надобности.

2 Цели использования социальных сетей (рисунок 1).

− 31% опрошенных (48 студентов) активно используют социальные сети для повседневного общения с одногруппниками и друзьями;

− 29% респондентов (45 человек) обращаются к соцплатформам для развлечений и отдыха;

− 22% участников опроса (34 студента) применяют социальные сети в учебных целях – для поиска информации и участия в образовательных чатах;

− 13% опрошенных (20 человек) следят за новостями и аналитическими материалами через социальные медиа;

− 5% студентов (7 респондентов) используют платформы для других целей, включая поиск работы и прохождение онлайн-курсов.

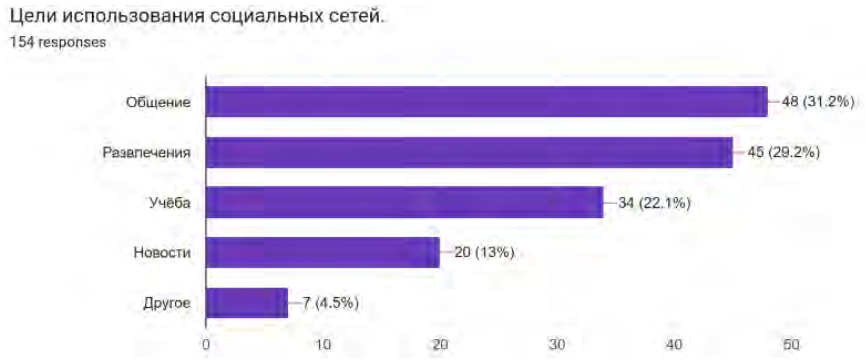


Рисунок 1 – Цели использования социальных сетей

3 Использование социальных сетей студентами (рисунок 2).

− 23% опрошенных выбирают Telegram для ежедневного общения и учебных целей;

− Instagram остается популярным среди 22% респондентов, в основном для визуального контента;

− YouTube используют 20%, в основном для образовательных видео и лекций;

− ВКонтакте используют 16%, преимущественно для музыкального контента;

− TikTok привлекает 15% опрошенных короткими развлекательными видео;

– 4% респондентов предпочитают альтернативные платформы типа Discord и Twitter.

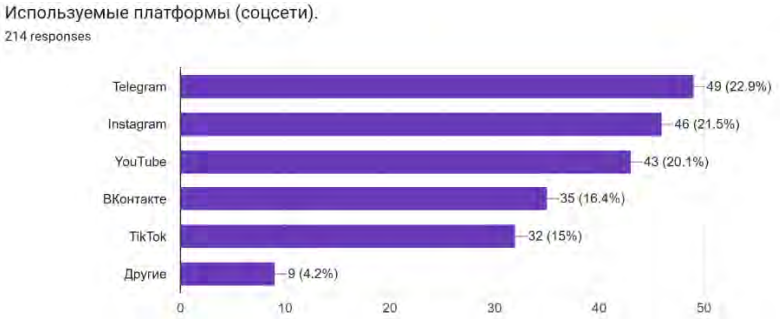


Рисунок 2 – Использование социальных сетей студентами

4 Влияние на концентрацию:

– 38% студентов (22 человека) отмечают, что соцсети серьезно снижают их продуктивность;

– 52% опрошенных (30 человек), напротив, считают их полезным инструментом для учебы;

– 8% респондентов (5 студентов) не замечают существенного влияния на концентрацию;

– 2% (1 человек) затруднились с оценкой.

5 Связь с успеваемостью.

– 38% участников (22 студента) констатируют ухудшение академических результатов из-за соцсетей;

– 55% опрошенных (32 человека) отмечают положительное влияние на учебный процесс;

– 5% респондентов (3 человека) не видят изменений;

– 2% (1 студент) никогда не анализировали эту взаимосвязь.

6 Использование для учебы (рисунок 3):

– 41% студентов (36 человек) активно применяют Telegram для учебных чатов и обмена материалами;

– 30% опрошенных (26 человек) используют YouTube для подготовки к занятиям;

– Instagram в образовательных целях задействуют 16% респондентов (14 человек);

– 7% участников (6 студентов) практически не обращаются к соцсетям для учебы;

– 6% (5 человек) выбирают специализированные платформы.

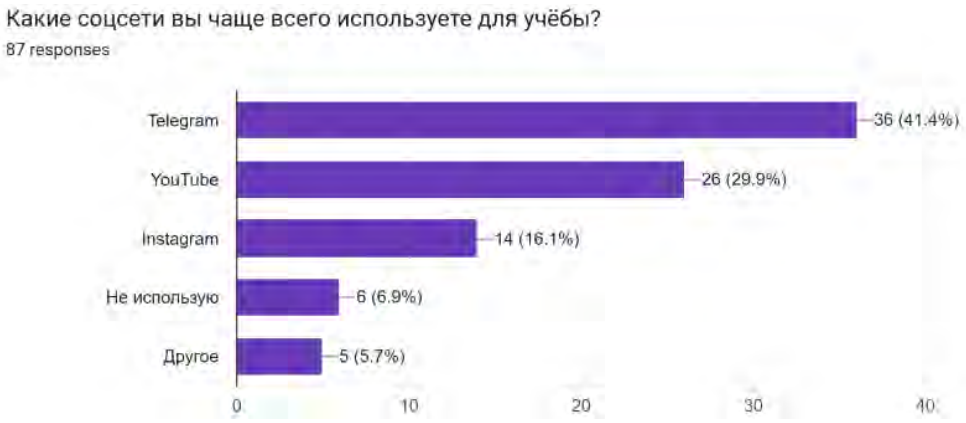


Рисунок 3 – Использование для учебы

7 Контроль времени:

− 29% опрошенных (17 человек) сознательно ограничивают время в соцсетях;

− 24% студентов (14 человек) хотели бы ввести такие ограничения, но пока не делают этого;

− 40% респондентов (23 человека) не видят необходимости в контроле;

− 7% (4 студента) затруднились ответить.

Заключение. Исследование показало, что социальные медиа оказывают двойственное влияние на успеваемость студентов. Среди 58 опрошенных 55% (32 студента) отмечают пользу для учебы, особенно через Telegram (49 пользователей) и YouTube (43 человека). Однако 38% (22 студента) указывают на снижение успеваемости из-за отвлекающего фактора. Тревожным показателем является время использования: 75% (43 студента) проводят в соцсетях более 4 часов ежедневно, включая 30% (17 человек), тратящих свыше 6 часов. При этом лишь 5% (3 студента) ограничиваются 2 часами. Основные цели использования: общение (48 студентов), развлечения (45 человек) и учеба (34 человека). Среди платформ лидируют Telegram (49 пользователей), YouTube (43), Instagram (46) и ВКонтакте (35). Интересно, что 52% (30 человек) считают соцсети полезными для концентрации, тогда как 38% (22 студента) отмечают обратный эффект. В учебных целях чаще всего используют Telegram (36 студентов) и YouTube (26 человек). Несмотря на осознание проблемы (24% хотели бы ограничить использование), только 29% (17 человек) действительно контролируют время. Таким образом, социальные медиа стали важным инструментом в жизни студентов, но их влияние на успеваемость зависит от того, как они используются. Для минимизации негативного эффекта студентам рекомендуется ограничивать время, проводимое в развлекательных целях, и активнее использовать платформы для обучения и обмена полезной информацией [4].

Список литературы

1. Al-Rahmi, W. M., Othman, M. S. The impact of social media use on academic performance among university students: A pilot study // Journal of Information Systems Research and Innovation. 2013. Vol. 4, № 12. P. 1-10.

2. Paul, J. A., Baker, H. M., Cochran, J. D. Effect of online social networking on student academic performance // Computers in Human Behavior. 2012. Vol. 28, № 6. P. 2117-2127.

3. Tess, P. A. The role of social media in higher education classes (real and virtual) – A literature review // Computers in Human Behavior. 2013. Vol. 29, № 5. P. A60-A68.

4. Wang, Q., Chen, W., Liang, Y. The effects of social media on college students // Journal of Educational Technology Development and Exchange. 2011. Vol. 4, № 1. P. 5-14.

UDC 37.091:316.77

THE IMPACT OF SOCIAL MEDIA ON STUDENTS' ACADEMIC PERFORMANCE

Aleksandrova V.V., Krivonosova M.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. This article examines the impact of social media on students' academic performance. The current issue of the impact of daily use of social networks on students' academic performance is analyzed. A descriptive research method was used to obtain an accurate picture of the situation. The respondents were 58 students who actively use social networks such as Telegram, Instagram, YouTube, TikTok and VKontakte. According to the results of the study, it was concluded that social media has a dual effect on student academic performance, and it is necessary to approach their use with maximum responsibility.

Keywords: social networks, social media, influence of electronic technologies, student performance.

УДК 004.774:796.61(476-25)

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОДБОРА ВЕЛОМАРШРУТОВ В МИНСКЕ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Свороб А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Борисик М.М. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматривается разработка специализированного веб-приложения, предназначенного для подбора велосипедных маршрутов по Минску и его окрестностям. Описана архитектура системы, реализованная с применением современных веб-технологий. Основное внимание уделено обеспечению эргономичности интерфейса и адаптации под потребности целевой аудитории. Приложение позволяет выбирать маршруты по фильтрам, просматривать подробную информацию, сохранять избранное, оставлять отзывы. Используются технологии *React*, *Node.js* и *Firebase*. Подчёркнуто значение эргономического проектирования для удобства взаимодействия пользователей с системой.

Ключевые слова: веб-приложение, маршрутизация, велоинфраструктура, эргономика, фильтрация, *UI/UX*, *React, Firebase, Node.js.*

Введение. С увеличением популярности велотранспорта в городах становится актуальной задача цифровой маршрутизации. Несмотря на развитие велоинфраструктуры в Минске, на сегодняшний день отсутствует централизованный веб-сервис, позволяющий пользователям быстро и удобно подбирать маршруты по различным параметрам: сложности, длине, типу покрытия и тематике. Это приводит к тому, что велолюбители вынуждены полагаться на разрозненные источники информации или составлять маршруты вручную, что не всегда удобно и эффективно.

Целью разработки стало создание веб-приложения, в котором маршруты представлены в структурированном виде, сопровождаются описаниями, фотографиями и возможностью визуальной оценки на карте. При этом большое внимание было уделено удобству интерфейса и взаимодействия с системой, чтобы сделать сервис понятным для широкой аудитории – от постоянных жителей до туристов. Объектом исследования выступает само веб-приложение, а предметом – интерфейсные, архитектурные и технические решения, обеспечивающие его функциональность и доступность.

Основная часть. Веб-приложение реализовано с использованием трёхуровневой клиент-серверной архитектуры. Клиентская часть отвечает за взаимодействие с пользователем и построена с использованием React – JavaScript-библиотеки, обеспечивающей быстрое и гибкое построение интерфейса за счёт виртуального DOM и компонентного подхода [1]. Серверная часть построена на платформе Node.js и взаимодействует с базой данных через REST API.

Основной пользовательский сценарий включает в себя переход на главную страницу, где пользователь может ознакомиться с основными категориями маршрутов и популярными предложениями. При переходе в каталог маршрутов открывается страница с возможностью фильтрации по длине, покрытию, сложности и тематике. После применения фильтров пользователь видит обновлённый список карточек маршрутов и может перейти к детальному описанию, где доступна вся информация о маршруте, его фотографии и карта с нанесённым треком. Существуют отдельные страницы: интерактивная карта, где пользователь может визуально выбирать маршруты, а также раздел «Избранное» с сохранёнными маршрутами. Кроме того, каждый пользователь может оставлять отзывы о маршрутах, оценивая их по удобству, красоте и общему впечатлению.

При проектировании интерфейса особое внимание было уделено эргономике. Интерфейс содержит минимально необходимое количество элементов, сгруппированных по смыслу, и оформлен в едином стиле. Преобладают крупные кликабельные области, обеспечивающие удобство использования как на десктопных, так и на мобильных устройствах. Контрастность текста и фонов была проверена на соответствие рекомендациям WCAG [2], что гарантирует читаемость. Обеспечена логичная структура страниц и предсказуемость интерфейсных паттернов: переходы, кнопки, выпадающие списки работают одинаково на всех этапах взаимодействия. Это снижает когнитивную нагрузку на пользователя. Реализованы визуальные отклики на действия пользователя – анимации загрузки, подсветка выбранных маршрутов, появление уведомлений об успешных действиях. Такие детали повышают понятность и отзывчивость интерфейса, что положительно влияет на пользовательский опыт.

Для оценки качества взаимодействия с системой было проведено тестирование, включающее проверку функциональности всех модулей, а также юзабилити-тестирование. Участникам предлагалось найти маршрут с определёнными параметрами и пройти путь от фильтрации до просмотра карточки маршрута. В результате были выявлены области для улучшения: добавлены контекстные подсказки, увеличены отступы между элементами и ускорена загрузка карты.

Был разработан прототип страницы маршрутов, который изображен на рисунке 1.

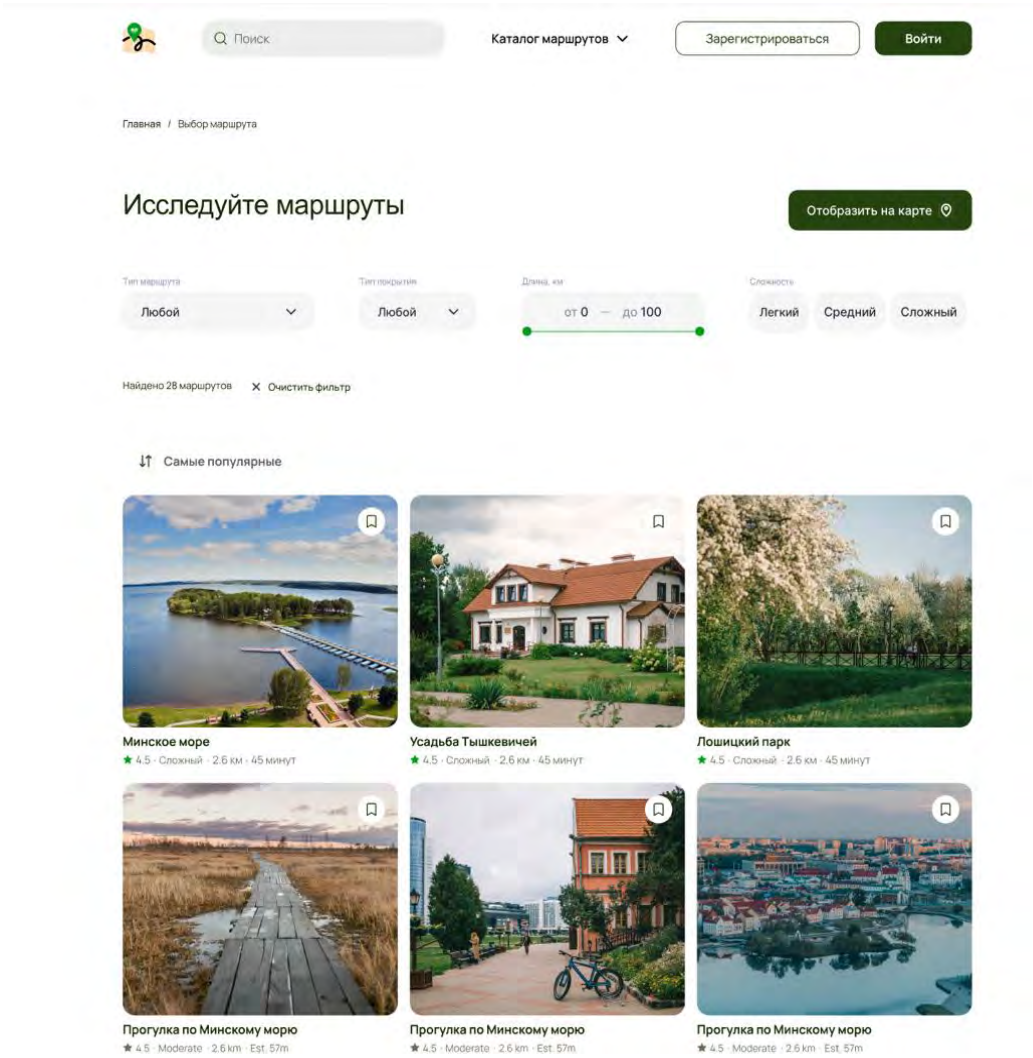


Рисунок 1 – Страница маршутов

Заключение. Таким образом, разработанное веб-приложение предоставляет удобный инструмент для подбора велосипедных маршрутов в Минске. Использование современной архитектуры и технологий позволило создать быстрый, стабильный и масштабируемый сервис, адаптированный под разные сценарии использования. Уделённое внимание эргономике интерфейса делает систему доступной и понятной широкому кругу пользователей, включая тех, кто ранее не использовал подобные цифровые решения. Приложение имеет потенциал для дальнейшего развития и масштабирования – в перспективе возможно расширение базы маршрутов, добавление рейтингов, маршрутов для групповых поездок и интеграция с велосервисами города.

Список литературы

1. Banks A. Learning React: Functional Web Development with React and Redux. – O'Reilly Media, 2020.

2. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.w3.org/TR/WCAG21/. Дата доступа: 05.02.2025.

UDC 004.418

WEB APPLICATION FOR SELECTING CYCLING ROUTES IN MINSK AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Svorob A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Borisik M.M. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This paper discusses the development of a specialized web application designed for selecting cycling routes in Minsk and its surroundings. The system architecture is described, implemented using modern web technologies. The main focus is placed on ensuring ergonomic interface design and adapting the application to the needs of the target audience. The application allows users to select routes using filters, view detailed information, save favorites, and leave reviews. Technologies such as React, Node.js, and Firebase are used. The importance of ergonomic design in enhancing user interaction with the system is emphasized.

Keywords: web application, routing, cycling infrastructure, ergonomics, filtering, UI/UX, React, Firebase, Node.js.

УДК 004.774:798.2

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ И ЭКСПЕРТОВ КОННОГО СООБЩЕСТВА И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Новак Д.О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пархоменко Д.А. – магистр техн. и тех., ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Данное исследование посвящено разработке веб-приложения для автоматизации взаимодействия в сфере конного спорта и коневодства. В работе рассмотрены ключевые принципы создания системы: комплексный подход, эргономичность, автоматизация и доступность. Проведен анализ выбора технологий и их преимуществ для масштабируемости и удобства разработки. Описаны основные функциональные возможности платформы. Разработка веб-приложения способствует цифровизации отрасли, улучшению коммуникации между участниками и оптимизации бизнес-процессов.

Ключевые слова: эргономичность, проектирование, платформа, коммуникация, бизнес-процессы, автоматизация, архитектура веб-приложения.

Введение. Современное развитие цифровых технологий оказывает значительное влияние на различные отрасли, включая конный спорт и коневодство. С учетом растущей потребности в быстром и удобном доступе к информации, а также в эффективном взаимодействии между участниками данной сферы, разработка специализированного веб-приложения становится насущной задачей [1].

Основная часть. На данный момент взаимодействие между любителями конного спорта, владельцами лошадей и профессиональными экспертами зачастую осложнено отсутствием единой информационной платформы. Использование разрозненных источников информации и неавтоматизированные методы коммуникации приводят к значительным временным затратам и затрудняют получение качественных услуг [2]. Веб-приложение призвано решить данную проблему, предложив единое цифровое пространство для обмена знаниями и автоматизации бизнес-процессов. Основной целевой аудиторией проекта являются владельцы лошадей, спортсмены, профессиональные эксперты и организации, занимающиеся развитием конного спорта.

Цель. Разработать веб-приложение для автоматизации процесса взаимодействия любителей и экспертов конного сообщества.

Объект. Удобное и интуитивно понятное веб-приложение, которое позволит автоматизировать процесс взаимодействия между любителями и экспертами конного сообщества. Оно должно обеспечивать сбор, агрегирование и предоставление актуальной информации, а также способствовать повышению качества обслуживания в отрасли и ее дальнейшему развитию.

Разработка веб-приложения основана на следующих принципах:

Комплексный подход – объединение различных функциональных возможностей в единую платформу.

Эргономичность – удобный интерфейс, обеспечивающий комфортное использование.

Автоматизация – минимизация ручных процессов при взаимодействии пользователей.

Доступность – адаптация интерфейса под различные устройства и категории пользователей.

В процессе разработки информационной системы для автоматизации взаимодействия любителей и экспертов конного сообщества был выбран стек технологий, включающий

React, Tailwind CSS, Firebase. Эти технологии были выбраны исходя из ряда факторов, таких как удобство использования, возможности для масштабирования, простота интеграции и потребности в быстром и эффективном процессе разработки.

Одной из главных особенностей React является компонентная архитектура, которая позволяет разрабатывать интерфейс как совокупность независимых компонентов, что значительно упрощает поддержку и масштабирование системы.

Tailwind позволяет быстро создавать стилизованные компоненты с минимальными усилиями. Вместо написания кастомных стилей для каждого элемента, разработчик может использовать утилиты для настройки всех аспектов дизайна (цвета, шрифты, отступы, размеры), что значительно ускоряет процесс разработки [3].

Firebase включает в себя несколько ключевых инструментов для разработки, таких как аутентификация, база данных в реальном времени (Firestore), хостинг, и аналитика. Это позволяет не тратить время на интеграцию разных технологий и сосредоточиться на функционале приложения.

Разработка информационной системы для конного сообщества должна учитывать ключевые потребности пользователей и обеспечивать функциональные возможности. Пользователи должны иметь возможность находить квалифицированных экспертов заданным критериям, включая местоположение, рейтинг и специализацию. Информационная система должна предоставлять доступ к актуальным данным, таким как новости, статьи, обучающие материалы, исследования в области коневодства и конного спорта. Для повышения доверия и обеспечения высокого качества предоставляемых услуг необходимо реализовать механизм оценки и обратной связи, позволяющий пользователям оставлять комментарии и выставлять рейтинги специалистам и организациям. Система должна предусматривать проверку данных, размещаемых пользователями, для обеспечения их достоверности и предотвращения распространения недостоверной информации. Платформа должна включать видеокурсы, вебинары и другие обучающие материалы, способствующие развитию компетенций пользователей.

Распределение функций в системе является эффективным в том случае, если учтены все возможности человека и машины. Так как каждая система имеет собственный набор функций и особенностей управления, данная проблема не имеет общего решения. Соответственно, необходимо производить анализ для распределения этих функций в рамках каждой системы.

Кнопки должны быть расположены на экране следующим образом: основные по центру, второстепенные – по краям экрана [4].

Все экраны веб-приложения должны быть оформлены в едином визуальном стиле. Цветовая гамма, шрифт надписей, размер надписей, размер кнопок, визуальные эффекты должны быть одинаковы, пример можно увидеть на рисунке 1.

Уровень контрастности изображения должен быть не менее 3:1. Ширина контура знака должна находиться в диапазоне от 0,25 до 0,5 мм, а изменение размеров однотипных знаков на экране не должно превышать ± 5% [5].

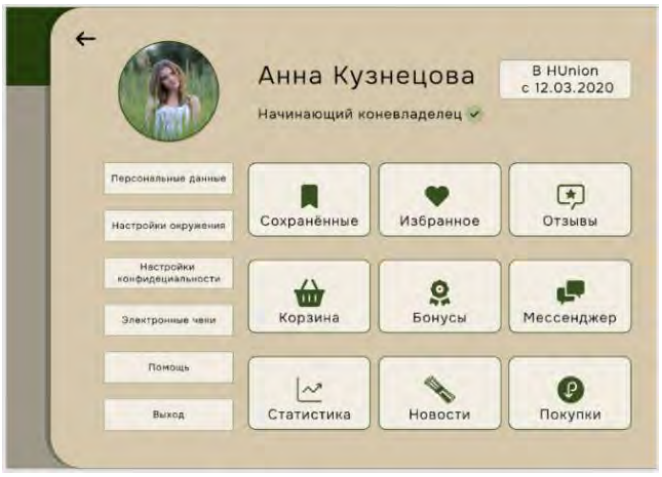


Рисунок 1 – Личный кабинет пользователя

Заключение. Разрабатываемая информационная система предназначена для объединения любителей конного спорта и профессиональных экспертов в данной области. Основная цель создания системы – обеспечить удобную и эффективную коммуникацию между участниками рынка, предоставить доступ к образовательным материалам, а также автоматизировать ключевые процессы взаимодействия: поиск специалистов, обмен информацией, заказ и оплата услуг. Практическое назначение системы заключается в повышении качества обслуживания в сфере коневодства, улучшении взаимодействия между профессионалами и владельцами лошадей, а также в упрощении процесса поиска и заказа услуг в данной отрасли.

Список литературы

1. *Лучшая практика создания платформ для профессиональных сообществ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.techradar.com/. Дата доступа: 25.03.2025.*
2. *Как цифровизация меняет коневодство. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.agrarian-review.com/. Дата доступа: 25.03.2025.*
3. *Tailwind CSS documentation. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://tailwindcss.com/docs. Дата доступа: 25.03.2025.*
4. *ГОСТР ИСО 9241-110-2016. Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 110. Принципы организации диалога: справочник/ ГОСТР ИСО 9241-110-2016. – Москва: Стандартиформ, 2016. 14 с.: ил.*
5. *Головач В.В. Дизайн пользовательского интерфейса: пособие / В. В. Головач. – Москва: Юзетикс, 2015. 64 с.*

UDC 004.774:798.2

A WEB APPLICATION FOR AUTOMATING THE PROCESS OF INTERACTION BETWEEN AMATEURS AND EXPERTS OF THE EQUESTRIAN COMMUNITY AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Novak D.O.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Parkhomenko D.A. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This study is devoted to the development of a web application for automating interaction in the field of equestrian sports and horse breeding. The paper considers the key principles of creating a system: an integrated approach, ergonomics, automation and accessibility. The analysis of the choice of technologies and their advantages for scalability and ease of development is carried out. The main functionality of the platform is described. The development of a web application contributes to the digitalization of the industry, improving communication between participants and optimizing business processes.

Keywords: ergonomics, design, platform, communication, business processes, automation, web application architecture.

УДК [004.774+331.101.1]:005.95

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ В УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Новик М.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Телеш И.А. — к. г. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной работе описывается веб-приложение для совершенствования психоэмоциональных навыков в управленческой деятельности, которое предназначено для предоставления пользователям инструментов и ресурсов для развития психоэмоциональных навыков, необходимых для эффективного управления и взаимодействия в команде.

Ключевые слова: веб-приложение, психоэмоциональные навыки, JavaScript, HTML, CSS, MySQL

Введение. В настоящее время управленческая деятельность требует от специалистов не только профессиональных знаний, но и высоких психоэмоциональных навыков. Умение управлять своими эмоциями, а также эмоциями других людей, становится ключевым фактором успешного взаимодействия в команде и принятия эффективных решений. В условиях постоянных изменений и стресса, вызванного внешними факторами, необходимость в развитии психоэмоциональных навыков становится особенно актуальной.

Предметная область психоэмоционального развития охватывает широкий спектр навыков, включая эмоциональный интеллект, стрессоустойчивость, навыки коммуникации и управления конфликтами. Эти навыки способствуют созданию здоровой рабочей атмосферы, повышению продуктивности и снижению уровня выгорания. В связи с этим разработка веб-приложения, направленного на совершенствование этих навыков, может значительно улучшить качество управленческой деятельности и повысить общую эффективность.

Создание веб-приложения для развития психоэмоциональных навыков является целесообразным, поскольку оно предоставляет доступ к обучающим материалам, интерактивным упражнениям и инструментам для самодиагностики. Это позволит пользователям развивать свои навыки в удобном формате, а также отслеживать свой прогресс. В условиях удаленной работы и гибридных форматов взаимодействия, онлайн-решения становятся особенно востребованными. Веб-приложение для совершенствования психоэмоциональных навыков в управленческой деятельности позволит повысить эффективность работы специалистов в данной области.

Основная часть. Веб-приложение предназначено для предоставления пользователям инструментов и ресурсов для развития психоэмоциональных навыков, необходимых для эффективного управления и взаимодействия в команде и позволяет:

– предоставить интерактивные обучающие модули по различным аспектам эмоционального интеллекта и управления стрессом;

– определить текущий уровень развития психоэмоциональных навыков пользователя через тестирование, самооценку и другие методы;

– обеспечить доступ к библиотеке ресурсов, включающей статьи, видео и аудиоматериалы по теме психоэмоционального развития в контексте управленческой деятельности.

Деятельность в системе осуществляется только зарегистрированными пользователями, так как система сохраняет их прогресс. Оператор может взаимодействовать с информационной системой посредством выбора задания для выполнения, просмотра информации в текстовом и

видео формате, получения баллов за каждое выполненное задание и приобретения дополнительных материалов для совершенствования психоэмоциональных навыков.

Для визуального описания деятельности человека-оператора в системе разработаны диаграммы, которые позволяют наглядно представить процессы взаимодействия пользователя с системой [1].

Диаграмма вариантов использования, представленная на рисунке 1, предназначена для отображения возможных сценариев взаимодействия пользователей с системой. Она позволяет структурировать функциональные возможности системы и определить роли пользователей, а также их взаимодействие с системой [2].

Рисунок 1 - Диаграмма вариантов использования

Для создания веб-приложения были использованы языки HTML, CSS и JavaScript. HTML используется для создания структуры и содержимого веб-страниц, предоставляет разработчику возможность определить заголовки, текст, изображения, ссылки и другие элементы на веб-странице. JavaScript позволяет добавлять веб-страницам различные эффекты, анимации, валидацию данных и другие интерактивные функции. CSS используется для оформления веб-страниц и задания внешнего вида элементов на странице [4]. Хранение данных осуществляется с помощью базы данных MySQL.

Заключение. Реализация веб-приложения для совершенствования психоэмоциональных навыков в управленческой деятельности представляет собой прогрессивное решение, направленное на самостоятельное для совершенствования психоэмоциональных навыков, необходимых для эффективного управления и взаимодействия в команде.

Список литературы

1. Смирнов, Б. А. Инженерно-психологическое и эргономическое проектирование: учеб. пособие / Б. А. Смирнов, Ю. И. Гулый. – Харьков: Гуманитарный центр, 2010. – 379 с.

2. Использование диаграммы вариантов использования UML при проектировании программного обеспечения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/566218/

3. Шупейко, И.Г. Эргономическое проектирование систем «человек – компьютер – среда». Курсовое проектирование/И.Г. Шупейко. – Минск: БГУИР, 2017. – 76 с

4. Обзор языков программирования сайтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medium.com/@Asturdhc6/обзор-языков-программирования-сайтов-d010aba386b9 - Дата доступа: 10.03.2025

UDC [004.774+331.101.1]:005.95

WEB APPLICATION FOR IMPROVING PSYCHO-EMOTIONAL SKILLS IN MANAGEMENT ACTIVITIES AND ITS ERGONOMIC SUPPORT

Novik M.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Telesh I.A. –Cand. of Sci., Associate Professor of the Department of Engineering Psychology and Ergonomics

Annotation. This work describes a web application for improving psycho-emotional skills in management activities, which is designed to provide users with tools and resources for developing psycho-emotional skills necessary for effective management and team interaction.

Keywords: web application, improvement of psycho-emotional skills, JavaScript, HTML, CSS, MySQL

СЕКЦИЯ
«ИНЖЕНЕРНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

УДК 004.047

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕДИЦИНСКОГО ВЕБ-САЙТА

Нгуен Т. З.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Дик С.К. – к. ф.–м. н.., доцент, заведующий кафедрой ИКГ

Аннотация. Проведен сравнительный анализ современных веб-технологий. На основе полученных данных выбран оптимальный набор инструментов, необходимых для разработки медицинского веб-сайта. Спроектированы интерфейс и бизнес-логика медицинского веб-сайта.

Ключевые слова: веб–приложение, веб технологии, проектирование сайта.

Введение. Сегодня пользователи активно ищут информацию в интернете, сравнивают медицинские услуги, записываются на прием или находят полезные рекомендации по здоровью. Веб-сайты стали важным инструментом в продвижении медицинских услуг. Они обеспечивают доступ к актуальной и необходимой информации в любое время суток. Наличие качественного веб−сайта для медицинской организации не менее важно, чем уровень оказываемых услуг. Сайт, разработанный с учетом современных стандартов дизайна и удобства использования, формирует положительное первое впечатление о медицинской организации. От этого во многом зависит, заинтересуется ли пользователь услугами или отправится искать другие варианты.

Основная часть. Для проектирования медицинского веб–сайта необходимо учесть множество аспектов, начиная от функциональных требований, заканчивая дизайном и безопасностью.

Ключевыми этапами при подборе подходящих инструментов являются:

− изучение потребностей проекта;

− разработка структуры информации;

− дизайн;

− программная реализация.

Архитектура веб−сайта (рисунок 1) состоит из двух основных частей: фронтенд и бэкенд. Фронтенд − это пользовательский интерфейс, отображаемый в браузере, с которым взаимодействует клиент. Бэкенд включает веб-сервер для обработки запросов, сервер приложений для выполнения логики и базы данных для хранения данных. Все компоненты тесно связаны, обеспечивая эффективную работу сайта и удовлетворение потребностей пользователей.

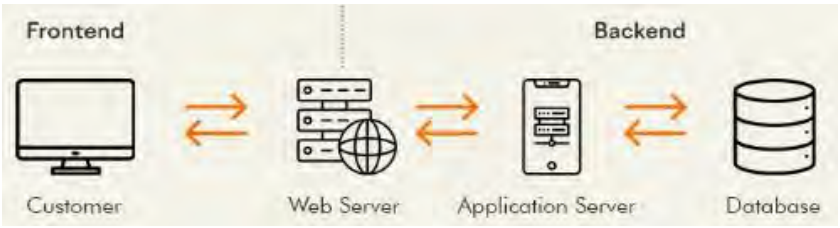


Рисунок 1 – Архитектура веб–сайта

Для разработки пользовательского интерфейса применяются ключевые инструменты, такие как *HTML* и *CSS*.

HTML – это язык разметки гипертекстовых документов. Он нужен, чтобы отображать в браузере специальным образом отформатированный документ с множеством вложенных

элементов: заголовками, абзацами, списками, гиперссылками, медиаисточниками, расположением изображений, видео и аудио [1].

CSS – это язык описания внешнего вида документа, то есть он отвечает за то, как выглядят веб–страницы: цвет фона и декоративных элементов, размер и стиль шрифтов. *CSS* взаимодействует с другим языком разметки – *HTML*, который отвечает за размещение элементов на странице [2].

Особое внимание уделяется дизайну сайта. При отсутствии уникальных творческих решений основой визуального оформления становятся цветовые палитры – сочетания оттенков, которые наиболее приятны для восприятия пользователя. Для разных типов сайтов подбираются соответствующие цветовые схемы (рисунок 2).

Рисунок 2 – Цветовые схемы

Для реализации серверной части веб–ресурса медицинского учреждения разработчикам доступен широкий набор инструментов. В последние годы всё большую популярность приобретает язык программирования JavaScript, используемый в связке с *Node.js*, который занимает высокие позиции в рейтингах технологий для серверной разработки. Для данного проекта выбран *Node.js* и фреймворк *Express*.

Основными преимуществами *Express* являются:

− высокая производительность;

− гибкая маршрутизация *HTTP*–запросов;

− поддержка middleware для обработки данных;

− простота интеграции с базами данных;

− большое сообщество разработчиков.

Для работы с базой данных используется *ORM*–инструмент Sequelize, встроенный в экосистему *Node.js*. Он упрощает взаимодействие с реляционными базами данных через объектно-ориентированный подход. *Sequelize* позволяет управлять данными с помощью моделей, а не сложных запросов *SQL*. Инструмент поддерживает системы, такие как *PostgreSQL* и *MySQL*, обеспечивая гибкость. Он облегчает создание таблиц и связей между ними. Применение *Sequelize* повышает эффективность разработки и читаемость кода.

Основными целями веб–ресурса медицинского учреждения являются: предоставление информации о медицинских услугах, обеспечение удобной навигации, возможность записи на приём.

Алгоритм взаимодействия пользователя с сайтом представлен на рисунке 3.

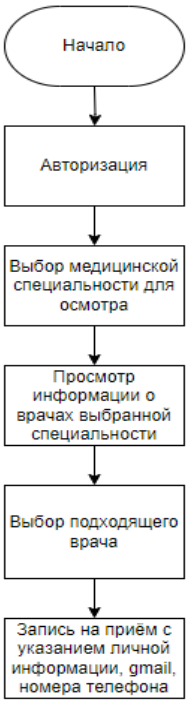


Рисунок 3 – Алгоритм взаимодействия пользователя с веб–сайтом

Для достижения этих целей разработан следующий функционал:
− регистрация и авторизация пользователей;
− каталог медицинских специальностей и информация о них;
− информация о врачах выбранной медицинской специальности;
− заполнение личной информации и запись на приём к врачу;

Заключение. Была поставлена задача разработки веб-сайта медицинского учреждения. Для реализации проекта были подобраны современные технологии создания веб-приложений. В результате работы был создан веб-сайт медицинского учреждения с полным набором необходимых функций.

Список литературы

1. *«HTML» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://blog.skillfactory.ru/glossary/html. Дата доступа: 25.03.2025.*
2. *«CSS» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://blog.skillfactory.ru/glossary/css. Дата доступа: 25.03.2025*

UDC 004.047

DESIGN OF A MEDICAL WEBSITE

Nguyen T.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Dik S.K. – Cand. of Sci., Associate professor, Head of the department of ECG

Annotation. A comparative analysis of modern web technologies was conducted. Based on the obtained data, an optimal set of tools necessary for the development of a medical website was selected. The interface and business logic of the medical website were designed.

Keywords: web application, web technologies, website design.

УДК 621.979.07

РАССМОТРЕНИЕ ПРОЦЕССА КОНСТРУИРОВАНИЯ ОСНАСТКИ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШТАНЦФОРМЫ ДЛЯ КАРТОННОЙ УПАКОВКИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Родак Н.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Дик С.К. – к. ф.-м. н, доцент, заведующий кафедрой ИКГ

Аннотация. В статье рассматривается процесс проектирования штанцформы для картонной упаковки кондитерских изделий. Описываются ключевые этапы разработки оснастки, включая создание технического задания, выбор материалов и компонентов оснастки, а также размещение ножей и других элементов для вырубки.

Ключевые слова: штанцформа, картонная упаковка, вырубка.

Введение. Штанцевание – отделочный процесс, придающий изделиям из плоского листа фигурную форму путем высечки [1]. Процесс проектирования штанцформы для упаковки является одним из важнейших этапов после печатной обработки продукции.

В данной статье рассматривается процесс конструирования оснастки для вырубки упаковки, на примере представленной на рисунке 1 картонной упаковки для кондитерских изделий. В качестве материала для упаковки выбран картон хром-эрзац толщиной 0,3 мм [2]. Чертежи были выполнены в программе КОМПАС-3D.

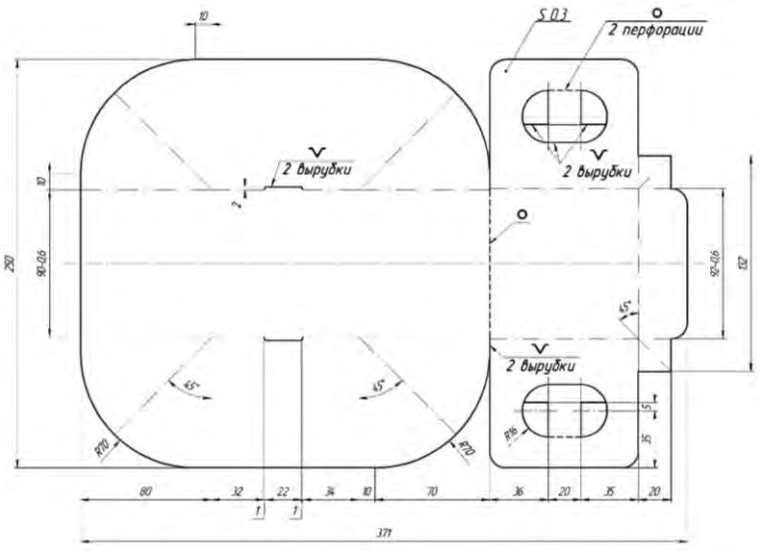


Рисунок 1 – Развертка упаковки для кондитерских изделий

Основная часть. Первым делом в процессе проектирования штанцформы разрабатывается техническое задание (ТЗ), в котором описываются ключевые аспекты изготовления штанцформы, включая выбор материала (картон хром-эрзац), тираж продукции, технологическое оборудование (вырубной пресс) и другие параметры, такие как габаритные размеры листа картона (770×530 мм.), характеристики ножей и их установки, а также требования к изготовлению штанцформы.

Основной этап в процессе проектирования заключается в создании самой штанцформы. Здесь необходимо подобрать материал основания, правильно расположить компоненты оснастки: режущие и биговальные ножи, мосты и засечки на ножах, технологические ножи, а также эжекторные материалы. На данном этапе важно учесть

геометрические особенности упаковки, ее размеры и форму. Разбиение контура вырезки на отдельные ножи представлено на рисунке 2.

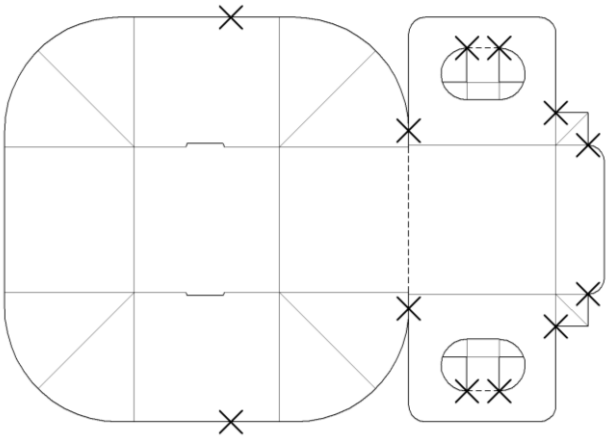


Рисунок 2 – Разбиение контура вырезки на отдельные ножи

На заданном по ТЗ листе картона помещается четыре развертки. Контур развертки имеет сложную форму, поэтому разместить развертки на листе без зазоров невозможно. Для удобства отделения отходов от деталей их размеры должны быть не очень большие, поэтому длинные куски отходов необходимо разделить на более короткие с помощью технологических ножей (рисунок 3). Ножи, отмеченные позицией 1 и 2, разделяют картонные отрезки на более мелкие части по бокам и с верхней стороны листа. Нож позиции 3 разделяет картон на более мелкие части между развертками.

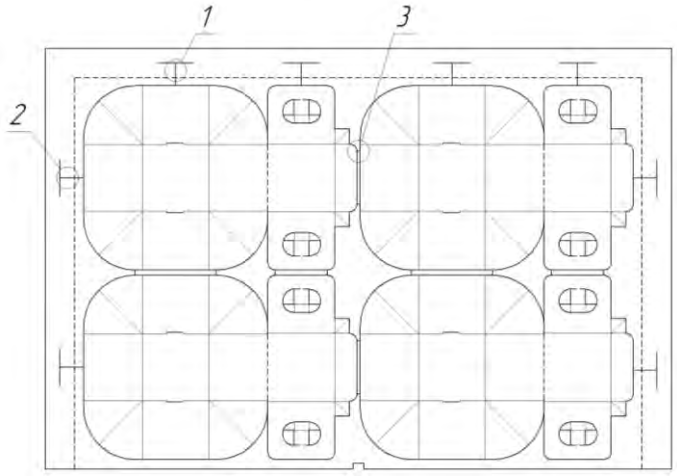
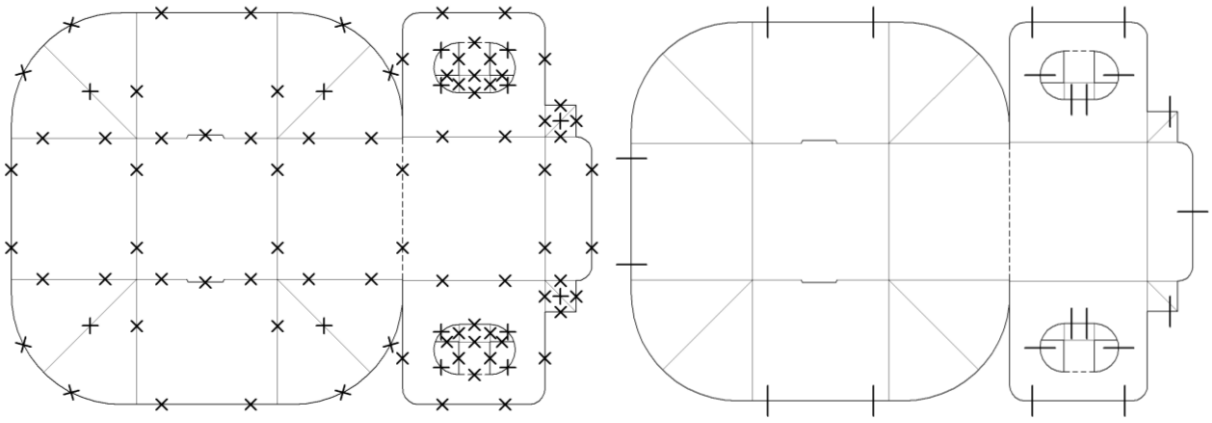


Рисунок 3 – Расстановка технологических ножей

Для сохранения целостности основания необходимо в пазах основания, в которые устанавливают линейки, и в ножах делать перерывы, называемые мостами (рисунок 4 а)).

Чтобы элементы вырубки, такие как развертки и обрезки, можно было перемещать как один целый лист, необходимо оставлять узкие перемычки между ними – засечек (рисунок 4 б)). Для создания этих перемычек на ножах делают тонкие прорези. В этих местах картон не будет прорезан, что позволяет сформировать соединительные перемычки.



а) б)

Рисунок 4 – Расстановка мостов и засечек

Далее необходимо провести расчет размеров эжекторных материалов (резины), наклеивающихся вокруг режущих ножей для фиксации картона во время высечки, а также для удаления обрабатываемого материала от режущей кромки.

В конце следует произвести оценочный расчет необходимого усилия штанцевания, что позволит избежать ситуации, когда требуемое давление вырубки будет превышать максимальное давление пресса.

Заключение. Процесс проектирования штанцформы представляет собой сложную задачу, в которой каждый этап требует внимательного подхода и учета специфики упаковки, чтобы обеспечить высокое качество вырубки и минимальные потери материала. Правильный выбор материалов, точное расположение ножей, мостов и технологических элементов напрямую влияет на эффективность производства и качество конечной продукции.

Список литературы

1. *Проектирование технологической оснастки для производства тары и упаковки: учебно-методический комплекс для студентов специальности 1-36 20 02-01 «Упаковочное производство (проектирование и дизайн упаковки)» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Организация упаковочного производства» ; сост. Н. С. Чижмаков. – Минск : БНТУ, 2016.*

2. *Картон для потребительской тары. Общие технические условия. ГОСТ 7933-89. Введ. 01.01.91– Москва, ГК по стандартизации, 1990, – 9 стр.*

UDC 621.979.07

CONSIDERATION OF THE TOOLING DESIGN PROCESS BASED ON THE EXAMPLE OF DESIGNING A DIE-CUTTING TOOL FOR CARDBOARD PACKAGING OF CONFECTIONERY PRODUCTS

Rodak N.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Dzik S.K. – Cand. of Sci., Associate professor, Head of the department of ECG

Annotation. The article discusses the process of designing a die-cutting tool for cardboard packaging of confectionery products. Key stages of tooling development are described, including the creation of technical specifications, selection of materials and tooling components, as well as the placement of knives and other elements for die-cutting.

Keywords: die-cutting tool, cardboard packaging, die-cutting.

УДК 74.01/.09

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА И КОМПЬЮТЕРА И ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ОПЫТ

Русина А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Дик С.К. – к. ф.- м. н, доцент, заведующий кафедрой ИКГ

Аннотация. В данной работе рассматривается эволюция технологий и её влияние на взаимодействие человека с цифровыми системами. С увеличением распространенности цифровых интерфейсов, такие области, как взаимодействие человека и компьютера (*HCI*) и пользовательский опыт (*UX*), становятся критически важными для создания интуитивно понятных и удобных продуктов.

Ключевые слова: взаимодействие человека и компьютера, пользовательский опыт, интерфейс, пользователи, удобство эксплуатации, доступность.

Введение. Эволюция технологий привела к кардинальным изменениям в том, как люди взаимодействуют с цифровыми системами. По мере того как цифровые интерфейсы становятся всё более повсеместными, такие аспекты, как взаимодействие человека и компьютера (*HCI*) и пользовательский опыт (*UX*), становятся критически важными. *HCI* сосредоточено на разработке и использовании компьютерных технологий, акцентируя внимание на интерфейсах между людьми и компьютерами. Его цель – сделать эти взаимодействия максимально плавными и интуитивно понятными, учитывая когнитивные и физические возможности человека. *UX*, в свою очередь, охватывает все аспекты взаимодействия конечного пользователя с компанией, её услугами и продуктами. Он выходит за рамки непосредственного интерфейса, учитывая эмоциональные и опытные аспекты использования продукта, услуги. Вместе эти области стремятся создавать приятные впечатления для пользователей, чтобы повысить их удовлетворенность и стимулировать их вовлеченность в продукт. По мере продвижения технологий роль *HCI* и *UX* становится всё более важной в формировании нашего взаимодействия с цифровым миром.

Основная часть. Взаимодействие человека и компьютера играет ключевую роль в обеспечении доступности и удобства использования технологий для разнообразного круга пользователей. В современном мире, где цифровые интерфейсы становятся неотъемлемой частью повседневной жизни, важно, чтобы эти интерфейсы были интуитивно понятными и удобными для всех пользователей, независимо от их возможностей и ограничений. *HCI* фокусируется на создании таких интерфейсов, которые учитывают когнитивные и физические особенности пользователей, делая взаимодействие с технологиями максимально естественным и эффективным. Для достижения этой цели необходимо глубокое понимание человеческих возможностей и ограничений. Это включает в себя изучение того, как люди воспринимают и обрабатывают информацию, как взаимодействуют с устройствами и какие трудности могут у них возникнуть. На основе этого понимания разрабатываются интерфейсы, которые не только удовлетворяют функциональные требования, но и обеспечивают комфорт и удовольствие от использования.

Основные направления в *HCI.*

1 Удобство использования: обеспечение того, чтобы интерфейсы были легкими для изучения и использования. Это включает проведение тестирования удобства для выявления и устранения проблем, которые могут затруднять работу пользователей или снижать их удовлетворенность. Сосредоточившись на удобстве, дизайнеры могут создавать интерфейсы, которые интуитивно понятны и эффективны, сокращая время обучения для новых пользователей [1].

2 Доступность: разработка для пользователей с ограниченными возможностями, чтобы способствовать инклюзивности [2]. Доступный дизайн учитывает потребности пользователей с нарушениями зрения, слуха, двигательными или когнитивными ограничениями. Это включает предоставление альтернативного текста для изображений, обеспечение достаточного цветового контраста и поддержку навигации с клавиатуры. Приоритизируя доступность, технологии могут быть доступны более широкой аудитории, способствуя инклюзивности и равенству.

3 Пользовательский дизайн: вовлечение пользователей в процесс разработки для создания интерфейсов, которые соответствуют их потребностям и предпочтениям. Пользовательский дизайн подчеркивает важность понимания требований пользователей и итеративного тестирования и улучшения дизайна на основе обратной связи от пользователей. Этот подход помогает обеспечить соответствие конечного продукта ожиданиям пользователей и предоставление удовлетворительного опыта.

Пользовательский опыт играет решающую роль в успехе современных продуктов, выходя за рамки непосредственного взаимодействия с цифровым интерфейсом. Хорошо продуманный *UX* может значительно повысить удовлетворенность пользователей, способствовать лояльности к бренду и стимулировать вовлеченность [3].

Повышение удовлетворенности пользователей является одним из ключевых аспектов пользовательского опыта. Положительный *UX* гарантирует, что пользователи находят ценность и удовольствие в своих взаимодействиях с продуктом. Сосредоточившись на потребностях и предпочтениях пользователей, дизайнеры могут создавать интерфейсы, которые не только функциональны, но и приятны в использовании. Удовлетворенные пользователи с большей вероятностью станут постоянными клиентами.

Улучшение удобства использования также является важной задачей *UX*. Дизайн акцентирует внимание на том, чтобы продукты были легкими в использовании и навигации. Это включает понимание поведения пользователей и разработку интуитивно понятных интерфейсов, которые минимизируют кривую обучения. Улучшенное удобство использования ведет к повышению эффективности и продуктивности, так как пользователи могут выполнять свои задачи с минимальными усилиями.

Захватывающий *UX* может увлечь пользователей и удерживать их внимание на продукте в течение длительного времени. Включение элементов, таких как геймификация, персонализированный контент и плавные взаимодействия, помогает создать опыт, который побуждает пользователей возвращаться и исследовать дальше. Высокий уровень вовлеченности часто переводится в лучшие показатели удержания и увеличение пожизненной ценности клиента.

Последовательный и положительный пользовательский опыт (UX) на всех этапах взаимодействия с продуктом играет ключевую роль в формировании сильной идентичности бренда. Когда пользователи получают положительный опыт на каждом этапе использования продукта, они начинают ассоциировать бренд с качеством, надежностью и удобством. Это благоприятное восприятие способствует увеличению лояльности клиентов и их готовности рекомендовать бренд другим.

Исследования и тестирование *UX* предоставляют ценные инсайты о поведении, предпочтениях и болевых точках пользователей. Этот подход, основанный на данных, информирует решения по дизайну и помогает приоритизировать функции, которые соответствуют потребностям пользователей. Вовлекая пользователей в процесс разработки, компании могут создавать продукты, которые резонируют с их целевой аудиторией и решают реальные проблемы [4].

Инвестиции в *UX* на ранних стадиях цикла разработки продукта могут привести к значительной экономии затрат. Выявление и устранение проблем с удобством использования до запуска может предотвратить дорогостоящие переработки и уменьшить необходимость в исправлениях после запуска.

Акцент на *UX* способствует созданию продуктов, доступных для широкого круга пользователей, включая людей с ограниченными возможностями. Соблюдение

рекомендаций по доступности и лучших практик позволяет дизайнерам обеспечить, чтобы их продукты были доступны максимальному числу людей. Это способствует инклюзивности, укрепляя положительный имидж бренда и расширяя его аудиторию.

В современном мире, где технологии стремительно развиваются, *HCI* играет важную роль в интеграции новых инноваций в повседневную жизнь пользователей. Это включает в себя не только адаптацию существующих интерфейсов под новые устройства и платформы, но и разработку совершенно новых способов взаимодействия. Например, голосовые интерфейсы, жестовое управление и дополненная реальность (*AR*) открывают новые горизонты для создания более естественных и интуитивных пользовательских опытов.

Искусственный интеллект становится неотъемлемой частью *HCI*, предоставляя возможности для персонализации и адаптации интерфейсов под индивидуальные потребности каждого пользователя.

С учетом глобализации и культурного разнообразия, *HCI* должен учитывать специфические потребности и предпочтения пользователей из разных регионов. Это включает в себя адаптацию интерфейсов под языковые и культурные особенности, а также соблюдение международных стандартов доступности. Такой подход способствует созданию универсальных и инклюзивных продуктов, которые находят отклик у широкой аудитории.

Заключение. *HCI* и *UX* являются неотъемлемой частью разработки пользовательских технологий. Сосредоточившись на удобстве использования, доступности и общем пользовательском опыте, мы можем создавать цифровые среды, которые интуитивно понятны, эффективны и удобны в использовании. Эти области не только повышают удовлетворенность пользователей, но и способствуют инклюзивности, обеспечивая доступность технологий для разнообразного круга пользователей. По мере того как мы смотрим в будущее, значимость *HCI* и *UX* будет только расти. Новые технологии, такие как *AI*, *VR* и *AR*, представляют новые возможности и вызовы для разработки интерфейсов, соответствующих эволюционирующим потребностям и ожиданиям пользователей. Оставаясь в авангарде этих достижений и приоритизируя пользовательский дизайн, мы можем создавать инновационные решения, которые улучшают наше взаимодействие с технологиями и обогащают нашу повседневную жизнь. По мере эволюции технологий, наши подходы к *HCI* и *UX* также должны адаптироваться, чтобы учитывать разнообразные потребности и ожидания пользователей.

Список литературы

1. *Основы дизайна / Лауэр Д., Пентак С. – Санкт-Петербург: Издательсвто Питер, 2021. – ISBN 978-5-4461-1440-5.*

2. *Human-computer interaction [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.interaction-design.org/literature/topics/human-computer-interaction?srsltid=AfmBOoq2VoIvFR5Z23TWbFaz38oLG1RxZQt1ty7xnsMEzJ9KGAq13UdM. Дата доступа: 20.02.2025.*

3. *Дизайн привычных вещей / Норман Д. – Москваг: Манн, Иванов и Фербер, 2021. – ISBN 978-5-00195-363-0.*

4. *Rogers Y., Sharp H. (2011) Interaction design [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://books.google.by/books/about/Interaction_Design.html?id=b-v_6BeCwwQC&redir_esc=y. Дата доступа: 20.02.2025.*

UDC 74.01/.09

HUMAN-COMPUCTER INTERACTION AND USER EXPERIENCE

Rusina A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Dzik S.K. – Cand. of Sci., Associate professor, Head of the department of ECG

Annotation. This work examines the evolution of technology and its impact on human interaction with digital systems. As digital interfaces become more prevalent, fields such as Human-Computer Interaction (HCI) and User Experience (UX) become critically important for creating intuitive and user-friendly products.

Keywords: human-computer interaction, user experience, interface, users, usability, accessibility.

УДК 004.942:621.833

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНИМАЦИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ В СРЕДЕ КОМПАС-3D

Нгуен Т.Ж.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Вышинский Н.В. – к. т. н., профессор, профессор кафедры ИКГ

Аннотация. В данной работе представлен процесс трёхмерного моделирования цилиндрической зубчатой передачи и создания её анимации с использованием системы автоматизированного проектирования КОМПАС-3D. Описаны основные этапы построения геометрии зубчатых колёс и настройки кинематических связей для имитации движения передачи. Подчёркнуты преимущества применения КОМПАС-3D для визуализации работы механических передач в образовательных и инженерных целях. Полученные результаты могут быть использованы для подготовки учебных материалов, технической документации и демонстрации принципов работы зубчатых механизмов.

Ключевые слова: цилиндрическая зубчатая передача, моделирование, анимация, КОМПАС-3D, САПР, трёхмерная модель, кинематические связи, зубчатый механизм

Введение. Цилиндрические зубчатые передачи широко применяются в различных отраслях машиностроения для передачи вращательного движения между параллельными валами [1]. Эффективное изучение и проектирование таких передач требует не только теоретического анализа, но и наглядного представления их работы. Визуализация взаимодействия зубчатых колёс способствует более глубокому пониманию конструкции и принципов работы механизма.

В отличие от таких программ, как AutoCAD, SolidWorks или Inventor, КОМПАС-3D предоставляет мощные инструменты для создания моделей зубчатых колес с высокой точностью [2]. Программное обеспечение отличается простотой использования и высокой скоростью моделирования, что позволяет значительно сократить время на разработку и тестирование различных конструкций. Благодаря интуитивно понятному интерфейсу и возможностям автоматизации процессов, КОМПАС-3D является отличным выбором для проектирования зубчатых передач и других механических устройств.

Основная часть. Для начала создается модель двух зубчатых колес. Программное обеспечение КОМПАС-3D предоставляет мощные инструменты для быстрого создания 3D-моделей зубчатых колес с использованием приложения «Валы и механические передачи 3D». Это приложение значительно ускоряет процесс моделирования, повышая точность и эффективность разработки зубчатых передач.

Рассмотрим процесс создания зубчатого колеса на примере с использованием следующих заданных параметров (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры колес

Наименование параметра	**Значение**
Модуль зацепления	3 мм
Число зубьев ведущего колеса	20
Число зубьев ведомого колеса	40
Угол профиля зуба исходного контура	20°
Ширина венца	30 мм
Диаметр делительной окружности ведущего колеса	60 мм
Диаметр делительной окружности ведомого колеса	120 мм
Коэффициент смещения исходного контура	0
Коэффициент радиального зазора	0,25
Тип зуборезного инструмента	ЧПУ

В КОМПАС-3D создайте новую деталь, на панели инструментов выберите приложение «Валы и механические передачи 3D» (рисунок 1).

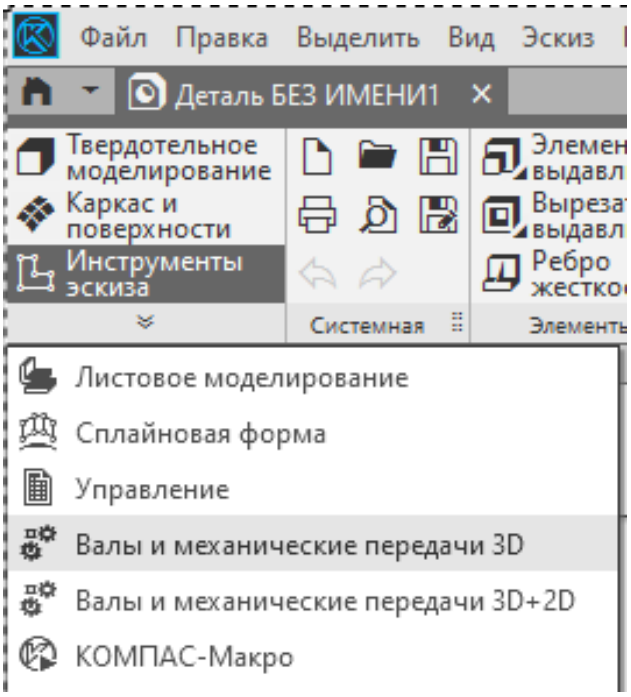


Рисунок 1 – Приложение «Валы и механические передачи 3D»

Здесь откроется окно с параметрами зубчатого колеса, щелкните на раздел «Расчёт», выберите пункт «Геометрический расчёт» и введите желаемые параметры зубчатого колеса. Программное обеспечение КОМПАС–3D автоматически вычисляет и проверяет параметры, чтобы убедиться в их правильности. Если все параметры верны, необходимо нажать кнопку завершения расчета, после чего будет получена модель зубчатого колеса, соответствующая заданным параметрам (рисунок 2).

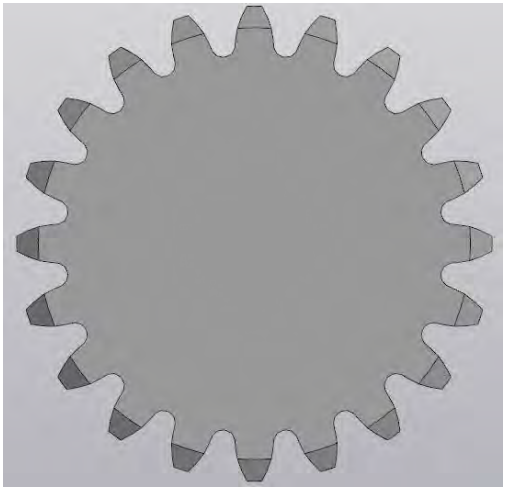


Рисунок 2 – Модель зубчатого колеса

Добавляются отверстия и шпоночный паз для получения зубчатых колес, соответствующих заданным требованиям (рисунок 3).

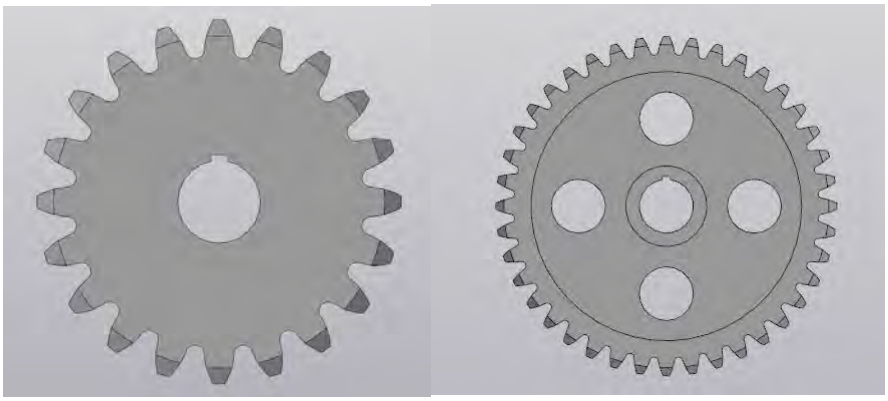


Рисунок 3 – Готовые модели зубчатых колес

Создается новый файл сборки, в который добавляются два зубчатых колеса. После добавления производится корректировка их положения и установка вращательных сопряжений для обеспечения правильного взаимодействия зубчатых колес.

Открывается приложение анимации, в которое добавляются два компонента.

Для первого зубчатого колеса выполняется щелчок правой кнопкой мыши, после чего выбирается пункт меню «Выбрать ось вращения в дереве сборки» (рисунок 4).

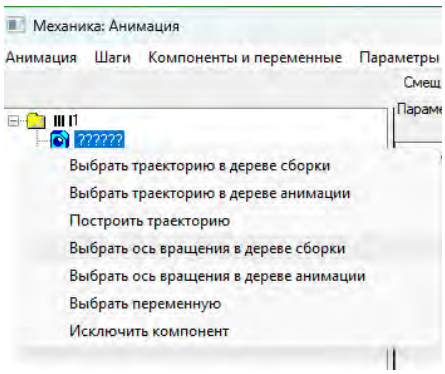


Рисунок 4 – Выбрать ось вращения в дереве сборки

После того, выполняется настройка параметров вращения (рисунок 5).

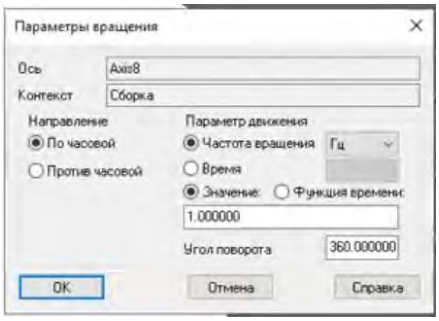


Рисунок 5 – Настройка параметров вращения

После установки параметров вращения нажимается кнопка «ОК», в результате чего завершается процесс анимации вращательного движения двух зубчатых колес в программном обеспечении КОМПАС-3D (рисунок 6).

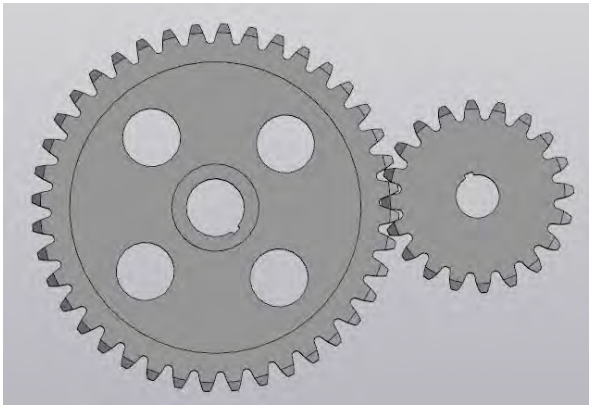


Рисунок 6 – Анимация в КОМПАС–3D

Заключение. В результате проведенного исследования была разработана методика моделирования и анимации цилиндрической зубчатой передачи с использованием программного обеспечения КОМПАС-3D. Применение этого инструмента позволяет эффективно и быстро создавать точные 3D-модели зубчатых колес, что значительно облегчает процесс проектирования и анализа механизмов. Анимация движений зубчатых колес в реальном времени дает возможность визуализировать поведение передачи, что способствует более глубокому пониманию механических характеристик и оптимизации конструкций. Основные преимущества использования КОМПАС-3D заключаются в его простоте, доступности и высоком уровне автоматизации процессов моделирования и анимации. В будущем применение подобных методов в разработке механических систем позволит повысить точность расчетов и улучшить процессы проектирования в машиностроении.

Список литературы

1. Зубчатые передачи. Общие сведения. Цилиндрические прямозубые, косозубые и шевронные зубчатые передачи. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://detalmach.ru/lect4.htm.

2. Механика: Анимация. Инструкция по работе. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://kompas.ru/source/info_materials /user-manuals/rukovodstvo-polzovatelya-mekhanika-animaciya.pdf.

UDC 004.942:621.833

MODELING AND ANIMATION OF CYLINDRICAL GEAR TRANSMISSION IN THE KOMPAS-3D ENVIRONMENT

Nguyen T.G.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vyshinsky N.V. – Cand. of Sci., Professor, Professor at the department of ECG

Annotation. This paper presents the process of three-dimensional modeling of cylindrical gear transmission and the creation of its animation using the Computer-Aided Design (CAD) system KOMPAS-3D. The main stages of constructing the geometry of gears and setting up kinematic connections to simulate the motion of the transmission are described. The advantages of using KOMPAS-3D for visualizing the operation of mechanical transmissions for educational and engineering purposes are emphasized. The results obtained can be used for preparing educational materials, technical documentation, and demonstrating the principles of gear mechanism operation.

Keywords: Cylindrical gear transmission, modeling, animation, KOMPAS-3D, CAD, three-dimensional model, kinematic connections, gear mechanism.

УДК 004.418

ВВЕДЕНИЕ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ ГИДРОДИНАМИКУ (CFD) И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОТОКА В SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Нгуен В.Б.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Вышинский Н.В. – к. т. н, профессор, профессор кафедры ИКГ

Аннотация. В статье представлен обзор методов вычислительной гидродинамики (CFD) и возможностей их применения для анализа потока жидкости и теплопередачи. Рассмотрены основные принципы CFD и этапы моделирования, а также преимущества и ограничения использования программного комплекса SolidWorks Flow Simulation для решения инженерных задач. Особое внимание уделено применению Solidworks Flow Simulation для проектирования систем охлаждения электроники.

Ключевые слова: вычислительная гидродинамика (CFD), SolidWorks Flow Simulation, анализ потока, программное обеспечение CFD, проектирование систем охлаждения

Введение. Вычислительная гидродинамика (CFD) представляет собой мощный инструмент численного моделирования потоков жидкостей и газов, широко применяемый в различных областях инженерной практики. CFD позволяет прогнозировать характеристики потока и теплообмена, что способствует оптимизации конструкций и углубленному пониманию сложных физических явлений [1]. SolidWorks Flow Simulation, интегрированный в CAD-систему SolidWorks, предоставляет удобное и интуитивно понятное решение для CFD-анализа, ориентированное на инженеров-конструкторов, обеспечивая возможность оперативной оценки гидродинамических и тепловых характеристик в процессе проектирования изделий [3]. В данной работе представлен обзор основных принципов CFD и возможностей SolidWorks Flow Simulation, охватывающих анализ внутреннего и внешнего потока, моделирование теплопередачи, проектирование систем охлаждения электронной аппаратуры и анализ характеристик вращающихся компонентов. Также будут рассмотрены преимущества и ограничения SolidWorks Flow Simulation в сравнении с более специализированными CFD-инструментами.

Основная часть. Вычислительная гидродинамика (Computational Fluid Dynamics – CFD) – Это наука об использовании компьютеров для прогнозирования потоков жидкостей и газов на основе основных уравнений сохранения массы, импульса и энергии. Жидкости окружают нас повсюду и поддерживают нашу жизнь бесчисленными способами. Без воздуха вращение теннисного мяча было бы бессмысленным, а ваш самолет не создавал бы подъемную силу. С помощью CFD мы можем анализировать, понимать и прогнозировать поведение жидкостей, которые составляют почти каждую часть нашего мира [1]. CFD используется везде, где необходимо прогнозировать поток жидкости и теплопередачу или понимать влияние потока жидкости на продукт или систему. CFD анализирует различные свойства потока жидкости, такие как температура, давление, скорость и плотность, и может применяться к широкому кругу инженерных задач в различных отраслях промышленности.

1 Аэрокосмическая и оборонная промышленность: охлаждение авионики, аэрооптика, внешняя аэродинамика (моделирование воздушного потока вокруг самолета для прогнозирования подъемной силы и сопротивления), HVAC салона и двигательная установка.

2 Автомобильная промышленность: смазка коробки передач, аэроакустика, внешняя аэродинамика, моделирование аккумуляторов и охлаждение электродвигателей.

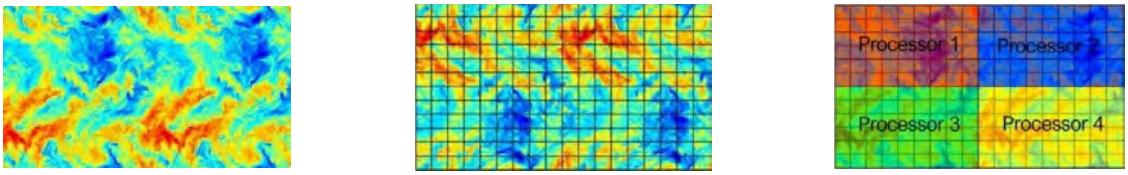
3 Новая энергетика: электролиз PEM, производство, транспортировка, хранение и потребление водорода, а также использование топливных элементов.

4 Здравоохранение: сердечно-сосудистый поток, дыхательная система.

В CFD используются различные методы, каждый из которых имеет свои компромиссы между скоростью и точностью. Существует два распространенных метода [2].

1 Метод конечных объемов (FV): Решает уравнения Навье-Стокса, рассматривая баланс массы, энергии и импульса в дискретных объемах жидкости. Хорошо подходит для стационарных и низкочастотных переходных тепловых расчетов, особенно для задач охлаждения электроники. Учитывает турбулентность с помощью вторичных пристеночных функций.

2 Метод решетки Больцмана (LB): Рассматривает поток как набор частиц, сгруппированных в решетку. Хорошо подходит для нестационарных решений и внешних аэродинамических расчетов. Использует комбинацию прямого захвата турбулентного пограничного слоя и пристеночных функций.



а б в

Рисунок 1 – Вычислительная гидродинамика (CFD) функционирует посредством определенного трехэтапного процесса: а – Определение области потока жидкости, подлежащей решению; б – Дискретизация области на ячейки желаемого размера и шага сетки; в – Назначение процессоров различным областям и применение соответствующих уравнений математического анализа

CFD функционирует посредством определенного трехэтапного процесса [1].

1 Определение области потока жидкости, представляющей непрерывную область, подлежащую расчету (рисунок 1, а). Обычно это представляется моделью автоматизированного проектирования (CAD).

2 Дискретизация области на ячейки желаемого размера и шага сетки (рисунок 1, б).

3 Решение дискретизированной версии основных уравнений гидродинамики компьютером в пределах каждой ячейки (рисунок 1, в). В контексте высокопроизводительных вычислений (HPC) дополнительным шагом является назначение различных групп ячеек разным компьютерам для параллельной обработки.

Предложения программного обеспечения для CFD разнообразны и отвечают широкому спектру требований к моделированию. Популярные варианты включают ANSYS Fluent и CFX (надежные и универсальные, хотя и дорогие) и COMSOL Multiphysics (известный своими возможностями мульти физического моделирования. SolidWorks Flow Simulation – модуль CFD, плавно интегрированный в среду SolidWorks CAD, представляет собой удобное решение для моделирования потоков для инженеров-конструкторов. Его ключевое преимущество заключается в бесшовной интеграции в рабочий процесс проектирования продукта, что позволяет быстро оценивать характеристики потока и тепловые характеристики для различных итераций проектирования в знакомом интерфейсе SolidWorks. Он хорошо подходит для базового анализа потока, теплопередачи и приложений HVAC, позволяя инженерам принимать обоснованные проектные решения на основе интуитивно понятных данных моделирования [3].

SolidWorks Flow Simulation предоставляет возможности вычислительной гидродинамики, охватывающие следующие аспекты [3]: анализ внутреннего и внешнего потока жидкости, моделирование потока со свободной поверхностью, расчет потока неньютоновской жидкости, моделирование режимов потока от дозвукового до сверхзвукового, анализ производительности вращающихся компонентов и вентиляторов, моделирование сопряженного теплообмена, модуль охлаждения электроники, передача данных о давлении и температуре для структурного анализа.

SolidWorks Flow Simulation предлагает мощный набор инструментов для проектирования электроники с целью максимизации охлаждения. Основополагающим для

этого процесса является модуль анализа внутреннего и внешнего потока жидкости, который позволяет инженерам понимать и оптимизировать схемы воздушного потока как внутри, так и вокруг электронных устройств, способствуя эффективному отводу тепла. Основываясь на этом, моделирование сопряженного теплообмена точно прогнозирует температуры компонентов, моделируя сложные механизмы теплопередачи между твердыми компонентами, такими как интегральные схемы и печатные платы, и окружающей жидкостью, будь то воздух или жидкий хладагент. В системах, использующих принудительную конвекцию, модуль анализа производительности вращающихся компонентов и вентиляторов предоставляет важную информацию для выбора и оптимизации размещения вентиляторов для обеспечения эффективной подачи воздуха. Кроме того, специализированный модуль охлаждения электроники упрощает процесс проектирования благодаря специализированным функциям, включая библиотеки компонентов, автоматизированное определение источников тепла и усовершенствованные алгоритмы построения сетки, адаптированные для геометрии печатных плат. Сочетание возможностей этих модулей позволяет инженерам создавать термически оптимизированные электронные конструкции, обеспечивая надежную работу и продлевая срок службы электронных устройств.

Заключение. В данной статье было представлено введение в вычислительную гидродинамику (CFD) и ее практическое применение в SolidWorks Flow Simulation. Этот мощный инструмент предоставляет инженерам ценное средство для анализа потока жидкости и теплопередачи, особенно при проектировании систем охлаждения электроники. Признавая его ограничения по сравнению с более специализированными пакетами CFD, полная интеграция SolidWorks Flow Simulation в среду SolidWorks CAD предлагает инженерам удобное и эффективное средство для выполнения CFD-анализа непосредственно в рамках их рабочего процесса проектирования. Эта возможность обеспечивает быструю итерацию проектирования, принятие обоснованных решений и оптимизацию производительности продукта, что в конечном итоге способствует разработке более надежных и эффективных инженерных решений.

Список литературы

1. *What is Computational Fluid Dynamics (CFD)? [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ansys.com/simulation-topics/what-is-computational-fluid-dynamics. Дата доступа: 13.03.2025.*

2. *Computational Fluid Dynamics (CFD): Applications & Solutions [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.goengineer.com/blog/computational-fluid-dynamics-applications-and-solutions. Дата доступа: 13.03.2025.*

3. *Introduction to Computational Fluid Dynamics with SOLIDWORKS Flow Simulation [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.cati.com/blog/introduction-to-computational-fluid-dynamics-with-solidworks-flow-simulation/. Дата доступа: 13.03.2025.*

UDC 004.418

INTRODUCTION TO COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) AND ITS APPLICATION FOR FLOW ANALYSIS IN SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Nguyen V.B.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vyshinsky N.V. – Cand. of Sci., Professor, Professor of the department of ECG

Annotation. This article provides an overview of computational fluid dynamics (CFD) methods and their applications for analyzing fluid flow and heat transfer. The basic principles of CFD and the stages of modeling are considered, as well as the advantages and limitations of using the SolidWorks Flow Simulation software package for solving engineering problems. Particular attention is paid to the application of SolidWorks Flow Simulation for the design of electronics cooling systems.

Keywords: computational Fluid Dynamics (CFD), SolidWorks Flow Simulation, flow analysis, CFD software, cooling system design

УДК 004.921

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ADOBE SUBSTANCE ДЛЯ СОЗДАНИЯ РЕАЛИСТИЧНЫХ ТЕКСТУР ДЛЯ 3D МОДЕЛЕЙ В 3DS MAX

Худер Л. Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Столер В. А. – к. т. н., доцент, профессор кафедры ИКГ

Аннотация. Статья посвящена изучению процесса моделирования малых простых объектов для более комплексной сцены в 3DS Max, их оптимизация и UV-развертка, а также создание реалистичных текстур используя библиотеки программы Adobe Substance.

Ключевые слова: фотореализм, тесктурирование, 3d моделирование, оптимизация, компьютерная графика.

Введение. Современные технологии 3D-моделирования позволяют создавать фотореалистичные объекты, применяемые в различных областях, включая игровой дизайн, архитектурную визуализацию и киноиндустрию. Одним из важнейших этапов в создании качественной 3D-графики является текстурирование, которое отвечает за детализированное и реалистичное представление поверхностей объектов. Для достижения высокого уровня реализма широко используется программное обеспечение Adobe Substance 3D Painter. В данной работе рассматриваются основные принципы работы с этим инструментом в сочетании с 3DS Max, включая подготовку модели, создание UV-развертки, нанесение текстур и экспорт для финальной визуализации.

Основная часть. Перед началом текстурирования в 3DS Max необходимо провести оптимизацию модели, устранив избыточные полигоны, пересечения и скрытые грани, которые могут вызывать артефакты при наложении текстур и рендеринге. Этап оптимизации критически важен, поскольку излишняя сложность геометрии может негативно повлиять на производительность сцены.

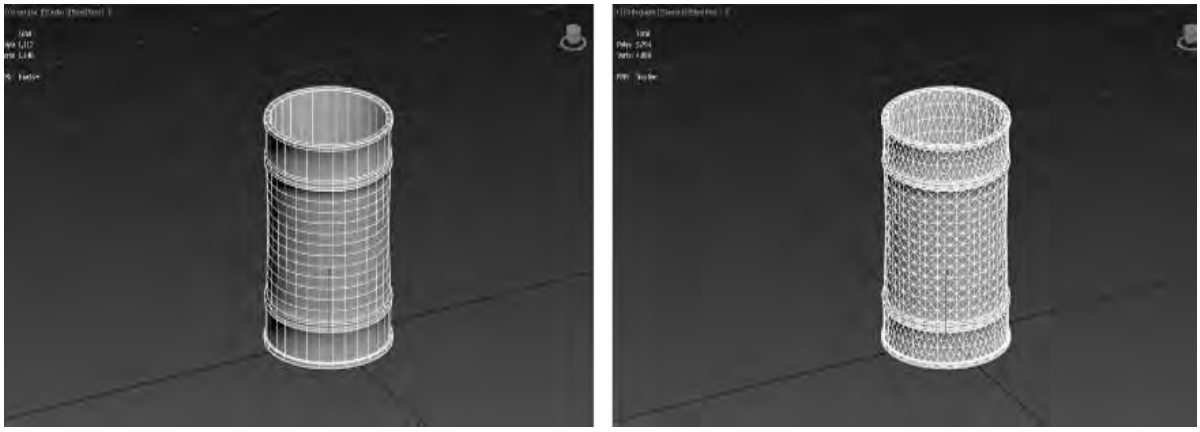


Рисунок 1 – Пример корректной (справа) и некорректной топологии 3D модели

Создание UV-развертки: Одним из ключевых аспектов качественного текстурирования является правильная UV-развертка модели. В 3DS Max используется инструмент «UVW Unwrap», который позволяет распределять UV-координаты каждой 3D модели. Равномерные развертки обеспечивают точное наложение текстурных карт без растяжений и артефактов.

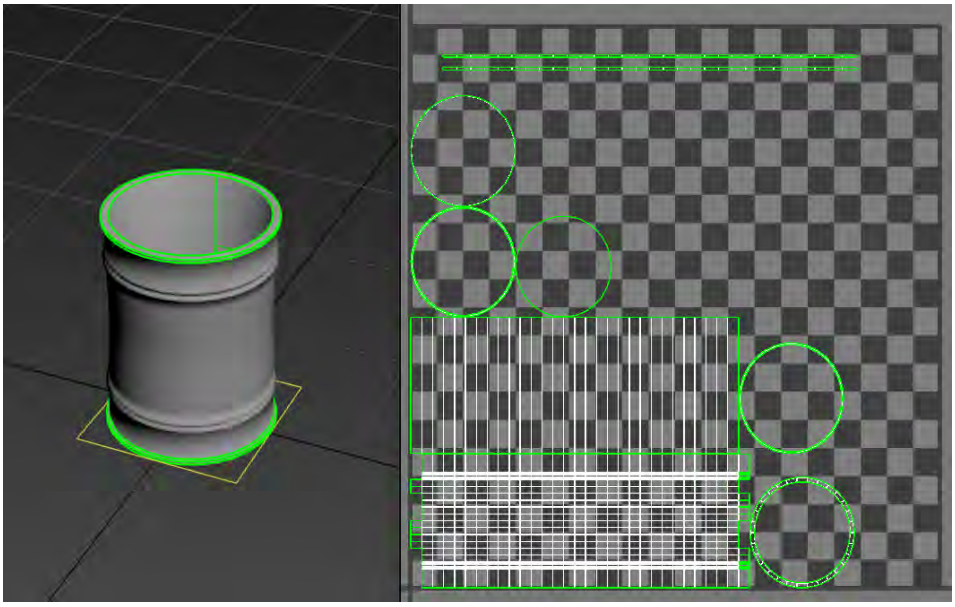


Рисунок 2 – Экран развертки модели функцией UVW Unwrap

Импорт модели в Adobe Substance 3D Painter: после создания UV-развертки модель экспортируется в формат FBX или OBJ, который поддерживает сохранение геометрии, материалов и UV-координат. При экспорте важно убедиться, что включены параметры UV-координат и сглаживания нормалей, чтобы избежать ошибок в дальнейшей обработке.

Нанесение текстур в Adobe Substance 3D Painter: текстурирование начинается с базового слоя, к которому добавляются детали, такие как потертости, ржавчина и наклейки. В Adobe Substance предусмотрены инструменты для точной настройки параметров проекции, фильтрации и масштабирования текстур, что позволяет добиться высокой степени реалистичности [1].

Рисунок 3 – Слои, формирующие полную текстуру 3D модели

Экспорт текстур и их применение в 3DS Max: после завершения работы с текстурами необходимо экспортировать их в совместимом с 3DS Max формате. Выбор шаблона экспорта (например, PBR Metal Roughness или V-Ray) определяет типы создаваемых текстурных карт: Base Color, Normal Map, Roughness, Metalness и другие.

В 3DS создается новый материал, в который импортируются соответствующие карты:

Base Color – в слот Diffuse/Base Color; определяет основной цвет и общий внешний вид поверхности без учета света и отражений.

Normal Map – через карту Normal Bump; используется для имитации мелких деталей рельефа (царапин, трещин и выпуклостей), создавая эффект глубины без увеличения количества полигонов.

Roughness – в слот Roughness или Glossiness (с инверсией при необходимости); отвечает за степень гладкости или шероховатости поверхности, влияя на рассеивание света.

Metalness – для определения металлических свойств поверхности; используется для регулирования отражательных характеристик материала, где более высокие значения делают поверхность похожей на металл [2].

Для дополнительной детализации в рендер-системах Arnold и V-Ray можно задействовать дополнительные карты, такие как Ambient Occlusion (AO) или Height (высота).

Заключение. В данной статье были рассмотрены основные этапы создания реалистичных текстур с использованием Adobe Substance 3D Painter в сочетании с 3DS Max. В начале была освещена важность оптимизации геометрии модели перед процессом текстурирования. Далее подробно рассмотрен процесс создания UV-развертки, позволяющий добиться корректного наложения текстур. Было описано, как правильно экспортировать модель в Adobe Substance и работать с инструментами программы для нанесения текстурных слоев. Кроме того, разобран процесс экспорта текстур и их корректного подключения в 3DS Max, с объяснением назначения ключевых карт, таких как Base Color, Normal Map, Roughness и Metalness.

Применение данной методики позволяет добиться высокого уровня фотореализма в 3D-графике, обеспечивая гибкость работы с текстурами и широкие возможности их настройки. Это особенно важно в игровых проектах, архитектурной визуализации и других сферах, где качество графики играет ключевую роль [3]. Следование рассмотренным этапам позволяет создавать детализированные 3D-модели с реалистичными материалами.

Список литературы

1. *Adobe Substance: Официальная документация по созданию текстур и экспорту материалов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://substance3d.adobe.com/documentation.*

2. *CG Cookie: Руководства и статьи по 3D моделированию и текстурированию [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cgcookie.com/.*

3. *Polycount: Форум для обсуждения 3D технологий и текстурирования [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://polycount.com/.*

UDC 004.921

USING ADOBE SUBSTANCE TO CREATE REALISTIC TEXTURES FOR 3D MODELS IN 3DS MAX

Khouder L. D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Stoler V. A., Cand. of Sci., Associate professor, Professor at the department of ECG

Annotation. The article is devoted to studying the process of modeling small simple objects for a more complex scene in 3DS Max, their optimization and UV-unwrapping, as well as creating realistic textures using the Adobe Substance program libraries.

Keywords: photorealism, texturing, 3d modeling, optimization, computer graphics.

УДК 7.5527.74

ЦВЕТ КАК ИНСТРУМЕНТ ВЛИЯНИЯ НА ПОТРЕБИТЕЛЯ РЕКЛАМЫ

Туницына П.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Столер В.А. – к. т. н., доцент, профессор кафедры ИКГ

Аннотация. Обоснована важность цвета в рекламном деле и представлены возможности эмоционального воздействие на человека и формировании необходимых эмоции благодаря рекламе. Рассмотрены принципы цветовой гармонии, национальные особенности восприятия цветов, а также эмоционально-пространственные свойства самых распространенных цветов.

Ключевые слова: цвет, реклама, воздействие цвета на человека, дизайн, компьютерная графика, графический дизайн.

Введение. Цвет –один из признаков видимых нами предметов, осознанное зрительное ощущение. Он вызывает у человека определенные эмоции [1]. Гёте писал: Цвета действуют на душу: они могут вызвать у человека чувства, побуждать эмоции и мысли, которые нас успокаивают и волнуют, они печалят и радуют [2]. Многочисленные исследования показали объективность значения цвета. Настроение, отношение зрителя не играет роли в отношении физиологического влияния цвета на него [1]. Цвет может нравится и не нравится, но характер его влияния специфика его воздействия на психику остаются неизменными, вне зависимости от состояния организма в момент воздействия [2].

Основная часть. Цвет, как и любой элемент композиции рекламы, необходимо тщательно продумывать с позиции максимального соответствия создаваемому образу. Принципом подбора цветов служит гармония, основанная на мягких или контрастных цветовых соотношениях [1].

Цветовая гармония – согласованность цветов между собой в результате найденной пропорциональности площадей цветов, равновесия и созвучия, основанного на нахождении неповторимого оттенка каждого цвета [3]. Гармония способствует созданию у потребителей рекламы состояний спокойствия, уравновешенности или, наоборот, активности, динамики, броскости.

Можно выделить следующие принципы цветовой гармонии [3].

1 Монохромную (на основе одного цвета). Создается путем комбинирования одного чистого с его светлыми и темными оттенками и тонами. Данный подход обеспечивает, с одной стороны, сильный тональный контраст, а с другой - тонкие цветовые отношения;

2 Комплементарная (на основе двух цветов). Создается путем использования любых двух цветов, которые расположены друг напротив друга на цветовом круге. Такая гармония позволяет создать акценты, поскольку противоположные цвета очень контрастны друг к другу. Этот контраст позволяет одному цвету дополнять другой таким образом, что один из цветов привлекает внимание, а другой является фоном;

3 Аналоговая (на основе трех цветов). Достигается использованием любых трех цветов, находящихся рядом на цветовом круге. Благодаря своему близкому расположению такие цвета легко сочетаются. У этой гармонии может быть много глубины, ей присущи богатое своеобразие и элегантный вид;

4 Триадная (на основе трех элементов). Создается на основе трех цветов, которые лежат на равном расстоянии друг от друга в цветовом круге, демонстрирует отчетливые и сильные цветовые комбинации, являясь самой сложной с точки зрения правильного создания;

5 Тетрада (тетрадные цветовые схемы, также называют двойными комплементарными). В них пару цветов расположены друг напротив друга. Гармоничная, согласно колористике, сочетания цветов.

6 Разбитая комплементарная. Разбитые комплементарные цветовые схемы- это комплементарные схемы, в которых один цвет расширен. Сочетание цветов, когда в противоположных двух цветах вместо одного цвета берутся два соседних. Такое сочетание будет гармонично и менее контрастно. Еще можно услышать название контрастная триада, оно тоже применимо к такому сочетанию [4].

Посмотрев на эти схемы, можно подумать, что гармоничных сочетаний цветов не так уж и много (рисунок 1) [5].

Рисунок 1-Принципы цветовой гармонии

Учитывая объективное символическое воздействие цвета, необходимо принимать во внимание и изучать особенности предпочтения цвета целевой аудитории. Особенности восприятия цвета, основанные на ассоциациях, должны учитываться при проектировании любого объекта дизайн- графики. Если объект рекламы рассчитан на зарубежного зрителя, то необходимо учитывать национальные особенности восприятия цветов, чтобы избежать неправильных толкований визуальной рекламы [3]. В Америке красный цвет ассоциируется с любовью, желтый – с процветанием, зеленый – с надеждой, голубой – с верностью, белый – олицетворение чистоты, черный – символ сложности и чрезвычайной ситуации. В Китае красный означает доброту отвагу, черный – честность, белый означает подлость, лживость (отрицательные персонажи надевают белые маски и использует грим). Символ траура в Китае, Индии является белый цвет, а в Гонконге – синий, на арабском востоке Востоке – кирпично-красный, в Марокко – желтый и красный. В некоторых странах Восточной Азии желтый цвет означает отсутствие удачи [6].

Замечено существование связи между цветовыми предпочтениями потребителя и его социальным положением. Так, яркие, «кричащие» цвета больше нравятся людям с низким достатком, в то время как большинство людей состоятельных, достигших успеха, предпочитают сдержанные цвета [1].

Эмоционально-пространственные свойства самых распространенных цветов [6].

1 Красный цвет – тяжелый, насыщенный, горячий, активный, динамичный, тревожный. При его созерцании усиливается мышечное напряжение, учащается дыхание и повышается кровяное давление.

2 Голубой – удаляющийся, легкий, прохладный, спокойный, свежий, чистый. Этот цвет снижает кровяное давление, успокаивает. В больших количествах вызывает ощущение прохлады.

3 Желтый – теплый, радостный, подвижный. Зрительно увеличивает объем; стимулирует умственную деятельность. Серо-желтые и зеленовато-желтые оттенки вызывают неприятные ощущения.

4 Оранжевый – легкий, теплый, яркий, динамичный, способствует легкому возбуждению, улучшению пищеварения, кровообращения и повышению половой активности.

5 Фиолетовый – далекий, таинственный, холодный, выразительный. Он уменьшает объем, стимулирует деятельность сердца и легких, увеличивает сопротивляемость простудным заболеваниям. Требует тщательного подбора сочетаний с другими цветами.

Заключение. Цвет в рекламном дизайне играет важную роль, способствуя реализации его коммуникативной функции. Реклама благодаря цвету оказывает более сильное эмоциональное воздействие на зрителя. В композиционном построении визуальной рекламы цветовое решение определяет ее выразительность и запоминаемость. Цветовая дизайн-графика привлекает больше внимания, чем монохромная. [1].

Можно сказать, что цвет, с одной стороны, воздействует на потребителя непосредственно, привлекая внимание, формируя необходимые эмоции. С другой стороны, он участвует в композиции рекламы, реализуя принципы ее гармонизации. Будет ли дизайн-графика монохромной, цвет используется для выделения композиционного центра. Так, благодаря цвету определяются доминанта, соподчинение, равновесие в композиции [1].

Список литературы

1. *Овчинникова, Р./ Цвет в дизайне рекламы/ Р. Овчинникова // Дизайн в рекламе. Основы графического проектирования. – 2017. – № 9. – С. 122–124.*

2. *Драгунский В.В. Цветовой личностный тест: Практ.пособие. Мн. Харьков 1999 С.12.*

3. *Гармония цвета. М.: АСТ; Мн.: Харвест , 2005.С.11.*

4.*Сочетаем цвета правильно. Самые популярные схемы гармоничного сочетания цветов. [Электронный ресурс]. URL:* https://aipa.ru/content/34-garmonichnye-sochetaniya-cvetov-cvetovoj-krug-jokhanessa-ittena.

5. *Кузьмина Е./ Гайд по созданию цветовых схем [Электронный ресурс]. Режим доступа:https://render.ru/ru/CGLAB/post/21060. Дата доступа: 20.05.2021.*

6. *Романычева Э.Т. Дизайн и реклама. Компьютерные технологии: Справочное и практическое руководство / Э.Т. Романычева, О.Г. Яцюк. - Москва : ДМК Пресс, 2015. - 69с.*

UDC 7.5527.74

COLOR AS A TOOL FOR INFLUENCING THE CONSUMER OF ADVERTISING

Tunitsyna P.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Stoler V.A. – Cand. of Sci, Associate professor, Professor of the department of ECG

Annotation. The importance of color in advertising is substantiated and the possibilities of emotional impact on a person and the formation of necessary emotions through advertising are presented. The principles of color harmony, national peculiarities of color perception, as well as the emotional and spatial properties of the most common colors are considered.

Keywords: color, advertising, the effect of color on humans, design, computer graphics, graphic design.

УДК 004.514

ОСНОВЫ ГРАФИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВЕБ-САЙТА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФРЕЙМВОРКА DJANGO

Леонов А.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Гиль С.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ИКГ

Аннотация. Рассмотрены ключевые аспекты дизайна, такие как единообразие, простота, иерархия, использование цвета и контраста, адаптивность, типографика, качество изображений и эффективность призывов к действию. Разъяснено как эти принципы помогают улучшить пользовательский опыт и визуальное оформление. Приведены практические рекомендации по их реализации с использованием возможностей Django.

Ключевые слова: проектирование сайта, пользовательский опыт, графический дизайн.

Введение. Создание интернет-магазина – это сложный процесс, который сочетает в себе технические аспекты программирования и искусство графического дизайна. Если функциональность сайта отвечает за его работу, то дизайн отвечает за первое впечатление, удобство использования и, в конечном итоге, за конверсию. Django – мощный фреймворк для веб-разработки, который предоставляет широкие возможности для создания сложных и масштабируемых интернет-магазинов. Однако, без учета основных принципов графического дизайна даже самый функциональный сайт может не принести желаемого успеха.

В данной статье подробно рассмотрены ключевые аспекты графического дизайна (рисунок 1) и их эффективное применение при разработке интернет-магазина на Django.

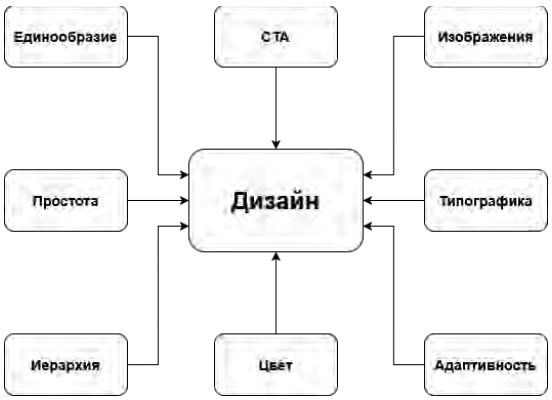


Рисунок 1 – Ключевые аспекты графического дизайна

Основная часть. Единообразие – это фундаментальный принцип графического дизайна, который помогает создать гармоничный и профессиональный внешний вид. Сайт, где элементы дизайна не соответствуют друг другу, воспринимается как некачественный, что снижает доверие пользователей к магазину.

Ниже указаны несколько способов достижения единообразия.

1 Выбор основной цветовой схемы, которая соответствует бренду и тематике магазина. Например, для интернет-магазина косметики можно использовать пастельные тона, а для электроники – строгие и контрастные цвета.

2 Использование максимум двух шрифтов: один для заголовков, другой для основного текста.

3 Все кнопки, иконки и другие элементы интерфейса должны быть выполнены в одном стиле. Например, если при использовании закругленных кнопок следует избегать угловатых форм в других элементах.

В Django это можно реализовать через общие CSS-файлы и базовые шаблоны (base.html), что позволяет задавать единый стиль для всех страниц.

Простота – это основа удобства. Сложные и перегруженные сайты только запутывают пользователей, заставляя их покидать страницу, не совершив покупку. Важно, чтобы пользователь мог быстро найти нужный товар или информацию.

Способы внедрить простоту в дизайн описаны далее.

1 Минималистичный интерфейс, т.е. на каждом экране должно быть минимум элементов. Например, на странице товара достаточно изображения, названия, описания, цены и кнопки «Добавить в корзину».

2 Белое пространство: использование отступов и пустых зон между элементами улучшает восприятие информации. Белое пространство создаёт визуальный баланс и помогает выделить ключевые элементы.

3 Интерфейс также должен быть интуитивно понятным. Главное меню должно быть простым, с логичным разделением на категории. На страницах товаров следует добавить фильтры и сортировку, чтобы пользователи могли быстро найти нужный товар.

В Django навигационные элементы можно реализовать через шаблоны, а для упрощения структуры использовать фреймворки CSS, такие как Bootstrap или Tailwind CSS.

Иерархия – это структура, которая помогает пользователям различать важные и второстепенные элементы на странице. Благодаря правильной иерархии внимание пользователя направляется на ключевые элементы, такие как название товара, цена и кнопка «Купить».

Можно выделить несколько составляющих эффективной иерархии.

1 Размер. Важные элементы должны быть крупнее остальных. Например, заголовок товара должен быть крупнее описания, а кнопка «Купить» – заметнее ссылки «Подробнее».

2 Цвет. Следует использовать контрастные цвета для выделения ключевых элементов. Например, кнопка «Добавить в корзину» может быть ярко-оранжевой на фоне нейтральной страницы.

3 Расположение. Размещение важных элементов выше на странице или в центре экрана. Например, изображение товара должно быть крупным и расположено рядом с кнопкой покупки.

В Django есть возможность использовать шаблонные теги ({% block content %}), чтобы гибко управлять расположением элементов на страницах.

Цветовая палитра и контраст играют важную роль в создании эмоционального восприятия сайта. Цвета помогают выделять важные элементы и создавать визуальную иерархию.

Для акцентных элементов, таких как кнопки и заголовки, следует использовать яркие цвета для их выделения и привлечения внимания. Текст должен быть контрастным и легко читаемым на любом фоне. Например, черный текст на белом фоне или белый текст на темном.

Согласно статистике, более 60% пользователей посещают интернет-магазины с мобильных устройств. Если сайт не адаптируется под разные экраны, существует риск потерять значительную часть клиентов.

Адаптивность можно обеспечить следующими способами:

– гибкая сетка с использованием CSS-фреймворков, таких как Bootstrap или Tailwind CSS;

– настройка стилей для различных экранов с помощью CSS. Например, уменьшение размера шрифтов и кнопок для мобильных устройств.

– формы (например, для регистрации или оформления заказа), являющиеся удобными для ввода с мобильных устройств.

В Django адаптивность можно легко реализовать с использованием фреймворков и кастомных CSS. Типографика – это искусство оформления текста, которое напрямую влияет на читаемость и восприятие информации. Для улучшения читаемости лучше использовать шрифты без засечек для основного текста, чтобы улучшить читаемость. Основной текст должен быть не меньше 16 px, заголовки – от 24 px и больше. Добавление достаточного расстояния между строками также добавит тексту аккуратности. В Django подключение шрифтов можно реализовать через Google Fonts, а их настройку – через CSS.

Изображения – ключевой элемент интернет-магазина. Пользователи часто принимают решение о покупке, основываясь на визуальном восприятии товара. Необходимо использовать изображения высокого качества, оптимизированные для быстрой загрузки. Все изображения должны быть выполнены в одном стиле. Например, одинаковый фон или ракурс. Django позволяет использовать библиотеки, такие как Pillow, для обработки изображений и их оптимизации.

Призывы к действию (Call-to-Action, CTA) – это кнопки или элементы, которые побуждают пользователя к действию (например, «Купить сейчас», «Добавить в корзину»). Для CTA следует использовать яркие цвета, которые выделяются на фоне остального дизайна. Текст CTA должен быть простым и понятным: «Купить сейчас», «Добавить в корзину» и т.п. Размещать их необходимо сверху страницы или рядом с важными элементами, такими как изображения товаров. CTA можно динамически генерировать и стилизовать в Django через шаблоны и CSS.

Заключение. Единообразие, простота, иерархия, адаптивность и качественные изображения делают сайт удобным и привлекательным для пользователей. Django, с его мощными инструментами, позволяет легко интегрировать дизайнерские решения, чтобы веб-сайт интернет-магазина был не только функциональным, но и эстетичным. Следует помнить, что хороший дизайн – это не только красота, но и удобство, которое помогает пользователю совершить покупку.

Список литературы

1.*Фронтенд-разработка: ключевые технологии и понятия [Электронный ресурс] – 2022. – Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/otus/articles/674748. Дата доступа: 14.03.2025.*

2. *Django documentation 2025 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.djangoproject.com/en/4.2. Дата доступа: 20.03.2025.*

3. *CSS: Cascading Style Sheets – MDN Web Docs 2025 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS. Дата доступа: 22.03.2025.*

UDC 004.514

BASICS OF GRAPHIC DESIGN IN DEVELOPING AN ONLINE STORE WEBSITE USING THE DJANGO FRAMEWORK

Leonov A.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Gil S.V. – Cand. of Sci., Associate professor, Associate professor of the department of ICG

Annotation. Key aspects of design have been considered, such as consistency, simplicity, hierarchy, the use of color and contrast, adaptability, typography, image quality, and the effectiveness of calls to action. It has been explained how these principles help enhance user experience and visual appeal. Practical recommendations for their implementation using Django capabilities have been provided.

Keywords: web-site development, user experience, graphics design.

УДК 004.93; 004.92; 004.81

СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Неверо Н.В., Цывис Д.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Столер В.А. – к. т. н., доцент, профессор кафедры ИКГ

Аннотация. В статье проводится анализ возможностей искусственного интеллекта (ИИ) в преодолении ключевых ограничений традиционного 3D-моделирования: высокой трудоемкости, зависимости от ручного труда и сложностей масштабирования. Рассматриваются методы автоматизации генерации геометрии, оптимизации рендеринга и повышения реализма объектов на примере технологий GAN, NeRF и диффузионных моделей. Исследуются кейсы внедрения ИИ-решений в Autodesk, NVIDIA и Tesla, демонстрирующие сокращение времени разработки и экономию ресурсов.

Ключевые слова: 3D-объекты, искусственный интеллект, рендеринг, анимация, 3D-моделирование.

Введение. Цифровая трансформация бизнес-процессов сегодня неразрывно связана с внедрением искусственного интеллекта (ИИ) и нейросетей. Эти технологии активно используются в клиентском сервисе, разработке ПО и управлении знаниями, доказывая свою способность оптимизировать ресурсы и повышать эффективность [1]. Особый потенциал ИИ раскрывается в сфере 3D-моделирования – области, где классические методы сталкиваются с существенными ограничениями.

Традиционное создание 3D-моделей, требующее ручной работы художников и инженеров, остается крайне трудоемким. Разработка фотореалистичных объектов предполагает не только высокую квалификацию, но и значительные временные затраты на проектирование геометрии, текстурирование и анимацию. В условиях растущего спроса на качественный контент для игр, кино, архитектуры и промышленного дизайна эти ограничения становятся всё более критичными. ИИ предлагает инновационные подходы, способные революционизировать отрасль [2]. Алгоритмы машинного обучения автоматизируют рутинные задачи, генерируют сложные объекты,ускоряют рендеринг и даже создают модели «с нуля» на основе текстовых описаний (рисунок 1):

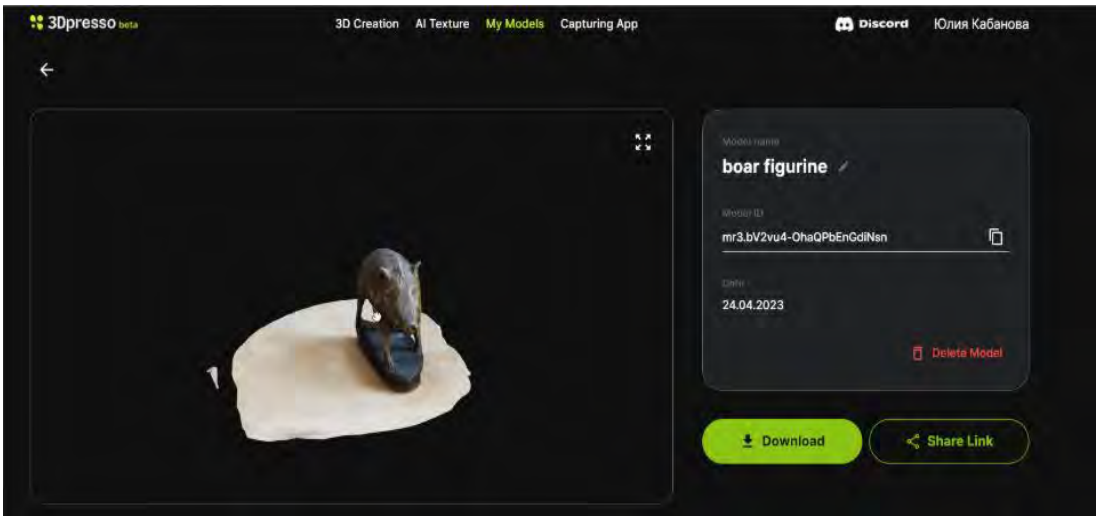


Рисунок 1 – Создание 3D-моделей с помощью нейросети

В данной статье анализируется, как ИИ предлагает инновационные подходы, способные революционизировать отрасль.

Основная часть. Несмотря на долгие годы развития, классическое 3D-моделирование сохраняет ряд недостатков. Каждый этап – от построения каркаса до финальной визуализации – требует ручного вмешательства. Например, разработка персонажа для ААА-игры может занимать сотни часов, а ошибки в топологии или текстурах часто приводят к необходимости переделки работы. Кроме того, создание масштабных сцен, таких как городские ландшафты, требует ручной детализации тысяч объектов, что экономически неэффективно. Эти проблемы стимулируют поиск альтернатив, и ИИ становится ключевым инструментом для прорыва.

ИИ трансформирует 3D-моделирование за счет автоматизации задач, повышения реализма и ускорения процессов. Например, генеративно-состязательные сети (GAN), обученные на датасетах 3D-объектов, создают новые модели по текстовым запросам, как в проекте CLIP-Forge от OpenAI [3]. Инструменты вроде Instant Meshes автоматически упрощают полигональные сетки, сохраняя детализацию, что особенно важно для игровой индустрии. Нейросети также анализируют физические свойства материалов, генерируя фотореалистичные текстуры (PBR), а алгоритмы NeRF (Neural Radiance Fields) дополняют фотограмметрию, устраняя артефакты и восстанавливая недостающие фрагменты.

Рендеринг, один из самых ресурсозатратных этапов, оптимизируется благодаря ИИ. Алгоритмы денизинга, такие как Nvidia OptiX, удаляют шумы в рендерах с малым числом сэмплов, сокращая время обработки на 50–70%. Нейросети предсказывают глобальное освещение и тени, заменяя трудоемкие вычисления методом Монте-Карло (рисунок 2):

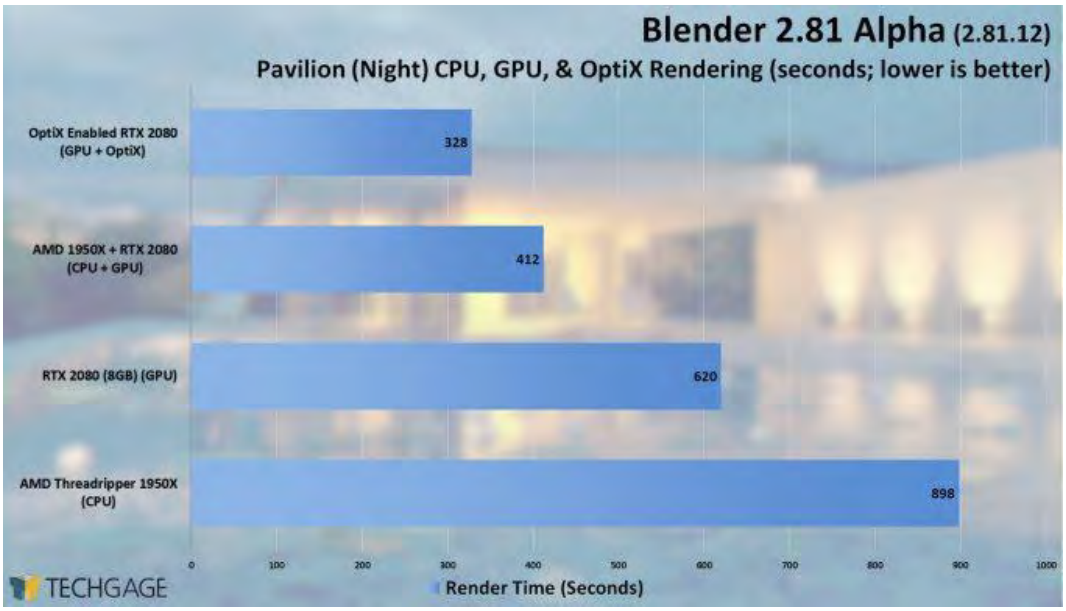


Рисунок 2 – Сравнение времени рендеринга с OptiX и без него

Технологический стек для ИИ-моделирования включает специализированные алгоритмы, ПО и аппаратуру. Сверточные нейросети (CNN) анализируют 2D-изображения для генерации текстур, трансформеры, такие как PointNet, обрабатывают облака точек, а диффузионные модели, например DreamFusion от Google Research, создают 3D-объекты из шума. Программные платформы, включая Blender с AI-плагинами, Autodesk Maya для автоматического риггинга и Unreal Engine 5 с MetaHuman Creator, делают ИИ-инструменты доступными. Аппаратное ускорение на базе GPU, таких как Nvidia RTX, обеспечивает быстрое обучение нейросетей.

Практические примеры подтверждают успехи внедрения ИИ. Autodesk внедрил алгоритмы для автоматической проверки моделей на коллизии, сократив время

согласований на 30%. Платформа NVIDIA Omniverse позволяет командам работать над проектами в режиме реального времени, синхронизируя изменения через ИИ [6]. Tesla использует цифровые двойники для симуляции нагрузок, сократив число физических прототипов на 40%. Alibaba с системой Aliwood преобразует 2D-фото товаров в 3D-модели, повышая конверсию на 15% [5].

Заключение. Искусственный интеллект переосмысливает возможности 3D-моделирования, предлагая решения для автоматизации задач, повышения реалистичности и сокращения сроков производства. Технологии, такие как GAN, NeRF и диффузионные модели, уже демонстрируют преимущества перед традиционными методами, а их применение подтверждается кейсами Autodesk, NVIDIA и Tesla [4].

Однако потенциал ИИ раскрыт не полностью. Перспективные направления включают генерацию динамического контента для метавселенных, ИИ-ассистированное творчество, где нейросети выступают соавторами художников, и полную автоматизацию процессов — от концепта до финального рендера. Компании, внедряющие ИИ, не только снижают затраты, но и получают стратегическое преимущество. На основе рассмотренных кейсов продемонстрировано, что симбиоз человеческого креатива и машинной эффективности становится основой для амбициозных проектов.

На основе проведенного анализа показано, что симбиоз креативности человека и эффективности ИИ формирует новый стандарт для индустрии, открывая перспективы для динамического контента метавселенных и ИИ-ассистированного творчества.

Список литературы

1. *Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль. - М:ДМК Пресс, 2018. 652 с.*

2. *Нейронные поля излучения (NeRF): принципы и применение / Сборник статей [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://arxiv.org/abs/2003.089343.*

3. *Смит Дж. Генеративные состязательные сети (GAN) в 3D-графике / Дж. Смит. - М.: Техносфера, 2021. - 320 с.*

4. *Диффузионные модели в машинном обучении [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://arxiv.org/abs/2105.05233.*

5. *Автоматизация 3D-моделирования с использованием искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/post/555678.*

6. *Технологии NVIDIA Omniverse: будущее 3D-моделирования [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developer.nvidia.com/omniverse.*

UDC 004.93; 004.92; 004.81

CREATION OF 3D MODELS OF OBJECTS BASED ON DATA OBTAINED USING SCANNERS AND CAMERAS

Nevero N.V., Tsivis D.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Stoler V.A. – Cand. of Sci, Associate professor, Professor of the department of ECG

Annotation. The article analyzes the potential of artificial intelligence (AI) in overcoming key limitations of traditional 3D modeling: high labor intensity, reliance on manual work, and scalability challenges. It examines methods for automating geometry generation, optimizing rendering, and enhancing object realism using technologies such as GANs, NeRF, and diffusion models. Case studies of AI implementation in Autodesk, NVIDIA, and Tesla are investigated, demonstrating reduced development time and resource savings.

Keywords: 3D-object, artificial intelligence, rendering, animation, 3D-modeling.

УДК 004.92

СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛИ ИГРОВОГО ОРУЖИЯ В BLENDER: ПОШАГОВОЕ РУКОВОДСТВО

Гук Д.А., Бернат М.А

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Столер В.А. – к. т. н., доцент, профессор кафедры ИКГ

Аннотация. Пошаговое руководство по созданию 3D-модели АК-47 в Blender. Основные этапы: моделирование, UV-развертка, текстурирование и рендеринг. Особое внимание уделено игровой оптимизации и материалам. Для художников любого уровня, включает чек-лист для контроля работы.

Ключевые слова: 3D-моделирование, Blender, АК-47, моделирование оружия, референсы, блочное моделирование, детализация, Low-Poly, High-Poly, UV-развертка, запекание нормалей, текстурирование, Substance Painter, PBR-материалы, риггинг, анимация, Cycles, Eevee, рендеринг, игровые ассеты, 3D-художник.

Введение. Моделирование реалистичного оружия в 3D – важный навык для художников, работающих в игровой индустрии, кино и визуализации. АК-47 – один из самых узнаваемых автоматов в мире, что делает его популярным объектом для 3D-моделирования [1]. В данном руководстве подробно рассмотрен процесс создания его 3D-модели в Blender, начиная от поиска референсов и заканчивая финальным рендерингом.

Основная часть. Для точности моделирования необходимо собрать чертежи, фотографии и 3D-референсы автомата [2] и [3]. Чертежи помогут передать форму, а фотографии и видеоматериалы дадут понимание деталей и текстур (рисунок 1).

Рисунок 1 – Чертеж модели АК-47

Для создания базовой формы используем блочное моделирование для формирования базовой геометрии. Загружаем чертежи в Blender, создаем основные элементы элементы – ствол, приклад, магазин, рукоятку, прицел [4] и [5]. Для ускорения работы применяем Mirror Modifier.

Чтобы детализировать модель АК-47 добавляем мелкие детали с помощью инструментов Loop Cuts, Extrude, Bevel и Boolean Modifier [6]. Прорабатываем фаски и сглаживания для более реалистичного вида.

Следующим шагом является оптимизация Low-Poly версии [7]. Для создания игровой модели уменьшаем количество полигонов, используя Decimate Modifier и ручное упрощение геометрии. Следим за сохранением общей формы.

Для UV-развертки и запекании карт размечаем швы, выполняем разворачивание модели и проверяем равномерность текстур. Затем запекаем карты нормалей и AO для переноса деталей с High-Poly модели на Low-Poly (рисунок 2) [8].

Рисунок 2 – 3D модель АК-47

При текстурировании и настройке материалов создаем реалистичные материалы в Blender или Substance Painter. Используем PBR-материалы для металла, дерева и пластика, добавляем эффекты износа и загрязнения [9] и [10].

Для выполнения риггинга и анимации настраиваем скелетную анимацию для движущихся частей – затвора, предохранителя, курка, если модель будет использоваться в анимационных или игровых проектах [11].

И наконец-то настраиваем освещение, камеру и рендерим сцену в Cycles или Eevee [4]. Используем HDRI и дополнительные источники света для реалистичного изображения.

Заключение. Следуя данному руководству, можно создать качественную 3D-модель АК-47, освоив ключевые принципы моделирования оружия. Полученные навыки позволят работать с другими сложными объектами и улучшить профессиональный уровень в 3D-графике.

Список литературы

1. *Оспрей Паблишинг. Справочник по военному снаряжению: АК-47 и его модификации / ред. С. Джонсон. — Оксфорд: Osprey Publishing, 2019. — 144 с. (Серия «Weapon Series»).Weapon Modeling for Games [Электронный ресурс]. Дата доступа: 11.03.2025.*

2. *3D Weapon Design [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.artstation.com/learning. Дата доступа: 11.03.2025.*

3. *Blender Official Documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.blender.org/manual/. Дата доступа: 11.03.2025.*

4. *Blender 3D: Noob to Pro [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://en.wikibooks.org/wiki/Blender_3D:_Noob_to_Pro. Дата доступа: 11.03.2025.*

5. *Александров Г. Твердотельное моделирование в Blender / Глеб Александров. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 328 с.: ил.*

6. *Optimizing 3D Models for Games [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.unrealengine.com/. Дата доступа: 11.03.2025.*

7. *The Baking Handbook [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://wiki.polycount.com/wiki/Baking. Дата доступа: 11.03.2025.*

8. *Substance Painter for Weapon Texturing [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://substance3d.com/learn/. Дата доступа: 11.03.2025.*

9. *PBR Material Guide [Электронный ресурс]. Дата доступа: 12.03.2025.*

10. *Блейн Дж. М. Полное руководство по графике в Blender / Джон М. Блейн. — 2-е изд. — Сан-Франциско: Peachpit Press, 2021. — 512 с.*

UDC 004.92

CREATING A 3D MODEL OF AN AK-47 ASSAULT RIFLE IN BLENDER: STEP-BY-STEP GUIDE

Huk D.A., Bernat M.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Stoler V.A. – Cand. of Sci, Associate professor, Professor of the department of ECG

Abstract. A step-by-step guide to creating a 3D model of an AK-47 in Blender. Key stages include modeling, UV unwrapping, texturing, and rendering. Special focus is given to game optimization and materials. Designed for artists of all skill levels, the guide includes a checklist for workflow control.

Keywords: 3D modeling, Blender, AK-47, weapon modeling, references, blockout modeling, detailing, Low-Poly, High-Poly, UV unwrapping, normal map baking, texturing, Substance Painter, PBR materials, rigging, animation, Cycles, Eevee, rendering, game assets, 3D artist.

УДК 004.932.4

НЕЙРОННЫЕ ФИЛЬТРЫ В ADOBE PHOTOSHOP 2025

Криващёкая А.Д., Пешко Д.В., Щурко А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Гиль С.В. – к. т. н.., доцент, доцент кафедры ИКГ

Аннотация. В статье исследуются нейронные фильтры, интегрированные в графический редактор Adobe Photoshop 2025, основанные на технологиях искусственного интеллекта. Рассматриваются их архитектура, функциональные возможности, преимущества перед традиционными методами обработки. Демонстрируется повышение эффективности работы, необходимость оптимизации алгоритмов и решения этических вопросов.

Ключевые слова: нейронные сети, искусственный интеллект, машинное обучение, Adobe Photoshop, Neural Filters.

Введение. В последние десятилетия наблюдается быстрый прогресс технологий, которые ранее казались неосуществимыми. Одной из таких технологий являются нейронные сети. В настоящее время нейросети активно внедряются в различные области жизни, а также оказывают существенное влияние на множество аспектов различных отраслей. Вопрос о том, является ли нейросеть символом будущего или же тем, что уже прочно вошло в нашу реальность, практически риторический, ведь современные достижения в области искусственного интеллекта и машинного обучения уже давно восхищают и демонстрируют свой потенциал.

С первого взгляда нейронные сети могут показаться чем-то удивительным и трудным для понимания. Тем не менее, на практике их применение становится все более доступным и распространенным. К примеру, многие известные компании используют нейронные сети для распознавания изображений, перевода текстов и персонализации контента. Эти технологии уже являются частью нашей повседневной жизни и способствуют её улучшению. Будущее тесно связано с развитием нейронных сетей и их интеграцией в различные приложения: они помогают усовершенствовать пользовательский опыт и повысить эффективность работы программ. Рассмотрим один из самых известных редакторов в наше время – Adobe Photoshop.

Основная часть. Нейронные фильтры, или же Neural Filters, расположены на вкладке «Фильтры» в Adobe Photoshop 2025. Это набор инструментов, который предоставляет пользователю интересный, доступный и при том инновационный способ внести необходимые изменения и оптимизировать процесс редактирования изображений буквально за считанные секунды. В отличие от обычных фильтров, что основаны на простых математических операциях и алгоритмах, данные фильтры базируются на искусственном интеллекте и механизме машинного обучения Adobe Sensei, а также используют передовые алгоритмы глубокого обучения для создания новых, уникальных пикселей, которых на самом деле нет в исходном изображении, однако при этом они помогают преобразовывать фотографии. Они дают более сложные и детализированные результаты, причём в режиме реального времени, так что можно видеть эффект при внесении изменений в настройки, поскольку фильтры обучаются на больших наборах данных и могут освоить навык распознавать и воспроизводить многообразные паттерны и стили. Благодаря этому пользователям достаточно легко и быстро улучшать изображения, ведь нейронные фильтры помогают работать более эффективно и самое главное – интуитивно понятно. С помощью них теперь можно спокойно вносить бесчисленное количество правок, добавлять различные креативные стили и выполнять сложные манипуляции с изображениями всего несколькими щелчками мыши, что предоставляет возможность для воплощения уникальных и даже невообразимых творческих идей, убирая любые ограничения для фантазии пользователя.

Фильтры и их краткое описание. При открытии изображения в Photoshop нам доступны 12 нейронных фильтров. Можно выбрать один из нижеперечисленных, чтобы улучшить свою фотографию. Предварительно рассмотрим существующие типы нейронных фильтров Photoshop.

1 Skin Smoothing (Сглаживание кожи). Благодаря данному фильтру пользователь легко может избавиться от дефектов своей кожи (акне, морщины) на фотографии без потери текстуры. Он автоматически выравнивает тон кожи, при этом убирая проблемные места. Степень сглаживания регулируется через ползунок «Smoothness».

2 JPEG artifacts removal. При частом сохранении файла формата JPEG возрастает шанс того, что изображение потеряет своё качество и будет выглядеть размытым или пикселизированным. Для устранения данной проблемы существует JPEG artifacts removal: он убирает артефакты сжатия, одновременно с этим восстанавливая четкость контуров.

3 Style Transfer. Этот фильтр позволяет использовать внешний вид одного изображения – цвет, оттенок или насыщенность и перенести его на другое. Таким образом он способен легко адаптировать художественные стили (импрессионизм, абстракция) к фотографии.

4 Super zoom (Суперзумирование). Фильтр помогает увеличить изображение объекта без потери детализации. Он улучшает черты лица, уменьшает уровень шума, а также устраняет искажения изображения, чтобы нужный объект, вне зависимости от того, каким бы он ни был, мог быть виден крупным планом.

5 Colorize. Указанный фильтр преобразовывает черно-белые фотографии в цветные, анализируя семантику объектов (небо → синий, трава → зеленый) (рисунок 1).

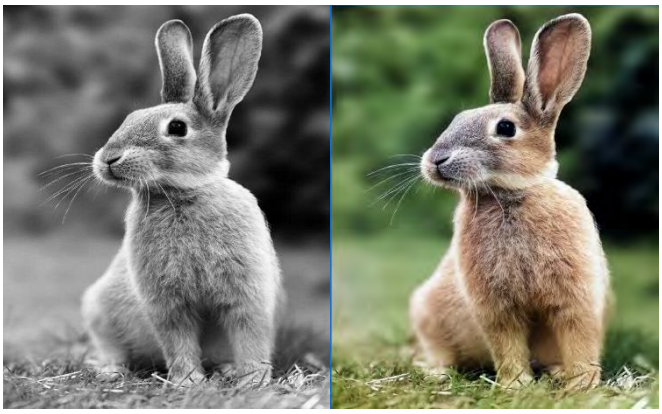


Рисунок 1 – Принцип работы нейронного фильтра Colorize

Существует также перечень бета-фильтров, которые в данный момент времени находятся на стадии разработки, однако даже при этом уже имеют не малый потенциал. Они могут помочь сэкономить время на редактировании, а также получить желаемое изображение. Вот пример таких фильтров.

1 Smart portreit. Данный фильтр помогает изменять выражение лица, позу, возраст съемки, угол взгляда и даже прическу (рисунок 2).

2 Makeup transfer. Фильтр способен переносить макияж с эталонного фото на портрет, при этом сохраняя освещение и мимику. Можно добавить новый макияж к фотографии или полностью изменить текущий в процессе постпродакшена, чтобы получить именно тот образ, который подходит для снимка.

3 Depth blur. Такой фильтр добавляет дымки к фотографии, создает эффект боке, автоматически определяя глубину резкости. Причём можно увеличить или уменьшить количество дымки, а также ее цветовую температуру, оттенок, насыщенность и многое другое.

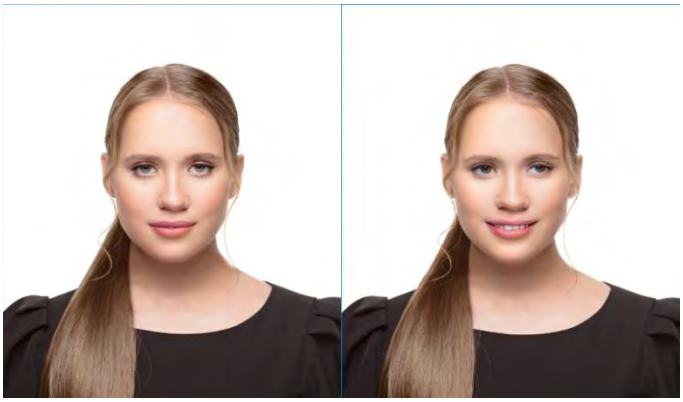


Рисунок 2 – Принцип работы нейронного фильтра Smart portrait

4 Landscape mixer. Комбинирует элементы разных пейзажей (например, заменяет небо или добавляет горы) с учетом перспективы и освещения. Иными словами, фильтр использует элементы с обеих фотографий для создания совершенно нового уникального изображения.

5 Color transfer. Копирует цветовую палитру с другого изображения, сохраняя исходную композицию, всего за несколько секунд. Его используют, чтобы применить все те цвета из любого эталонного изображения к фотографии по выбору пользователя.

6 Harmonization. Корректирует цветовую гамму объектов, вставленных в изображение, чтобы они соответствовали фону. Этот фильтр так же, как и предыдущий, использует эталонное изображение и применяет его цвет и тон к любому слою.

7 Photo restoration. Фильтр восстанавливает поврежденные фотографии на основе искусственного интеллекта: способен удалять царапины и заполнять утраченные фрагменты (рисунок 3).

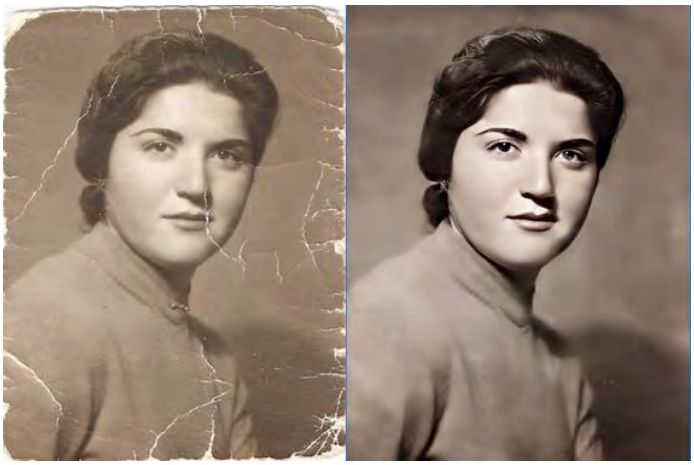


Рисунок 3 – Принцип работы нейронного фильтра Photo restoration

Перечисленные выше нейронные фильтры, в свою очередь, можно разделить на различные категории в соответствии с их функционалом:

- портретная ретушь: Skin Smoothing, Smart Portrait, Makeup Transfer;
- ландшафтная обработка: Landscape Mixer, Harmonization;
- стилизация и цветокоррекция: Style Transfer, Color Transfer, Colorize;
- техническая коррекция: Super Zoom, Depth Blur, JPEG Artifacts Removal, Photo Restoration.

Новые технологии в виде нейронных фильтров, созданные для профессионалов, специализирующихся на редактировании изображений, например, фотографов, дизайнеров, контент-менеджеров, архитекторов, позволяют быстро и без особых трудностей применять основанные на машинном обучении эффекты к фотографиям, что делает процесс обработки с их помощью более комфортным. Конечно, используемые

нейрофильтры ещё не совершенны, так как находятся на этапе разработки, и иногда во время работы с ними могут выдавать очень интересные и порой даже забавные результаты, но всё же данные инструменты уже начинают постепенно помогать пользователям тем, что ускоряют сам процесс редактирования.

В дополнение, хотелось бы отметить, что фильтры разработаны таким образом, чтобы быть более удобными в использовании, чем обычные фильтры, с простым и интуитивно понятным интерфейсом, который позволяет легко применять и настраивать эффекты без необходимости знать какие-либо технические детали. И, что немаловажно, они предлагают более широкий спектр возможностей для творчества, что предоставляет пользователю безграничное пространство для работы. Конечно, нейронные сети вызывают множество вопросов и опасений. Одна из главных проблем заключается в том, смогут ли машины когда-либо полностью заменить человека. Безусловно, нейросети могут выполнять сложные расчёты и обрабатывать большие объёмы информации с большей скоростью и точностью, чем человек. Тем не менее, они всё ещё остаются инструментами, разработанными и контролируемыми людьми. Нейронные сети не обладают сознанием и самосознанием, а также не способны проявлять креативность и эмоциональный интеллект, характерные для человеческой природы, но в то же самое время, прогресс в области нейронных сетей предоставляет профессионалам огромные возможности. Необходимо помнить, что эти технологии требуют этичного и ответственного использования, чтобы предотвратить негативные последствия для общества и природы.

Заключение. Нейросети уже заняли прочное место в нашей реальности и оказывают значительное влияние на повседневную жизнь несмотря на то, что все их возможности ещё не полностью реализованы, и в дальнейшем мы, без сомнений, станем свидетелями ещё более впечатляющих успехов в данной сфере. Они воплощают в себе потенциалы и вызовы будущего, изменяя наше понимание о многих вещах. Несомненно, их воздействие на мир будет только усиливаться, что приведет к актуализации вопросов этики, защиты прав и доступа к технологиям. Самое важное для нас – это научиться разумно и осторожно применять эти технологии на благо человечества и планеты в целом.

Список литературы

1. *Adobe Sensei / Adobe Inc. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://business.adobe.com/products/sensei/adobe-sensei.html Дата доступа: 19.02.2025.*

2. Adobe Photoshop Neural Filters / Adobe Inc. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.adobe.com/products/photoshop/neural-filter.html. Дата доступа:19.02.2025.

3. Adobe Photoshop Classroom in a Book 2025 Release / Adobe Creative Team. – San Jose, CA : Adobe Press, 2024. – 432 p. – ISBN 978-0-13-5376324.

UDC 004.932.4

NEURAL FILTERS IN ADOBE PHOTOSHOP 2025

Kryvashchokaya A.D., Peshko D. V., Shchurko A. A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Gil S.V. – Cand. Of Sci., Associate professor, Associate professor of the department of ECG

Annotation. The article investigates neural filters integrated into the Adobe Photoshop 2025 graphic editor, which are based on artificial intelligence (AI) technologies. It examines their architecture, functional capabilities, and advantages over traditional processing methods. The study demonstrates improvements in workflow efficiency, the necessity for algorithm optimization, and the importance of addressing ethical challenges.

Keywords: neural networks, artificial intelligence, machine learning, Adobe Photoshop, Neural Filters.

УДК 004.932.4

РОЛЬ FIGMA В СОВРЕМЕННОМ ВЕБ-ДИЗАЙНЕ: ШИРОКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОЕКТОВ РАЗЛИЧНОГО РОДА

Дубовик А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Гиль С.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ИКГ

Аннотация. В статье исследуется влияние Figma на современный веб-дизайн. Рассматриваются достоинства и преимущества данного графического редактора, его особенности, области, в которых он используется. Основное внимание уделяется видам проектов, которые можно создать на базе данного редактора. Демонстрируются проекты, созданные автором статьи с помощью Figma.

Ключевые слова: дизайн, веб-дизайн, Figma, графический редактор, графика, инфографика.

Введение. В последние десятилетия дизайн стал неотъемлемой частью нашей жизни. Используя интернет повсеместно, привычно видеть красивый интерфейс, это считается естественным. Наш глаз отвык от серых сайтов, у которых из дизайна были лишь выделенные синим цветом гиперссылки. Поэтому, в современном мире роль дизайнера является основополагающей, так как именно она будет определять, насколько хорошо тот или иной ресурс будет продаваться. Для создания внешне «приятной» картинки используются различные графические редакторы, такие как: Adobe Illustraror, Inkscape, Adobe Photoshop, Figma. В статье рассмотрим характерные особенности наиболее популярного в среде дизайнерского комьюнити графического редактора Figma, а также его практическую реализацию в авторских проектах.

Основная часть. Развитие Интернета в 1990-х годах открыло новые горизонты для графического дизайна. Веб-дизайн требовал не только умения визуально оформить пользовательский интерфейс (UI, User Interface), но также и знаний в области пользовательского опыта (UX, User Experience). Это значило, что ресурс должен привлекать людей как «внешней оболочкой», так и своим удобством для пользователя [1]. С появлением социальных сетей и приложений, графический дизайн стал еще более востребованным. Дизайнеры разрабатывают интерфейсы для мобильных приложений и сайтов, что также требует знаний современных тенденций, чтобы внешний вид ресурса находил эмоциональный отклик у пользователей, и умения адаптировать дизайн под разные устройства и экраны [1]. Такой графический редактор как Figma предоставляет широкие возможности для дизайнера, где он сможет разработать продукт под любые требования заказчика. Для пользователей доступ к редактору был открыт в 2016 году, и с того момента он стал набирать популярность среди дизайнерского комьюнити, став главным конкурентом Adobe [2]. Разработчики Figma учли все детали и добавили те функции, которых не было у конкурентов. Далее рассмотрим особенности такого популярного и узнаваемого продукта как Figma.

1 Доступность и гибкость. Именно эти факторы сделали её привлекательной для различных типов пользователей – от фрилансеров до крупных корпораций. Возможность работать в облаке и поддержка совместной работы в реальном времени стали ключевыми преимуществами, особенно в эпоху удалённой работы.

2 Активное сообщество пользователей и разработчиков способствовало быстрому росту экосистемы вокруг Figma. Создаются плагины, расширения и библиотеки, которые значительно расширяют функционал инструмента и облегчают работу с ним.

3 Figma постоянно развивается и обновляется, добавляя новые функции и улучшения. Команда разработчиков активно коммуницирует с пользователями и стремится делать продукт лучше с каждым обновлением. Это динамичное развитие помогает Figma оставаться на пике индустрии и конкурировать с такими гигантами, как Adobe и Sketch.

4 То, что отличает Figma от других подобных ей приложений, это возможность создания прототипов и добавления анимации. Это помогает сразу сделать готовую «обёртку» проекта для наиболее точного представления, как должен выглядеть конечный продукт.

5 Важным достоинством этого графического редактора является его интерфейс, который выглядит интуитивно понятным, но при этом не перегруженным, что несомненно влияет на качество и удобство работы. На главной панели есть минимум инструментов, которые при необходимости можно развернуть в выпадающий список, чтобы выбрать нужный вариант.

Сейчас с помощью Figma создаются различные элементы дизайна, такие как макеты веб-страниц, мобильных приложений, иконки, анимации, прототипы интерфейсов и многое другое. Рассмотрим и проанализируем несколько видов авторских работ, созданных в данном графическом редакторе. Прежде всего стоит поговорить о наиболее частом виде проектов, для создания которых используется Figma, а именно – концепты и прототипы сайтов и мобильных приложений. Как описывалось выше, одним из достоинств редактора является наличие анимаций и, так называемых, мокапов, они же прототипы. При создании дизайна для сайта или приложения – это как нельзя кстати, так как можно сразу увидеть, как продукт будет выглядеть для пользователя на его устройстве, что несомненно поможет более качественно проработать UI/UX аспекты. Одним из примеров таких работ, созданных автором в Figma, является макет интерфейса для мини-приложения в Telegram (Telegram mini-app), созданное для помощи студентам. В этом проекте задачей было сделать интерфейс максимально удобным, относительно простым, чтобы не перегружать пользователя, и интуитивно понятным, что является основой в UI/UX дизайне. Не мало важным условием также был и тот факт, чтобы дизайн приложения подходил к его тематике. Так как данный проект создавался как эмоциональный трекер для студента, то первоначально был поставлен вопрос: «А какие чувства чаще всего испытывает студент?». Ответ – тревожность. Не только потому, что студенты особенно первого курса испытывают эмоциональное напряжение, связанное с учебным процессом, хотя это тоже играет не последнюю роль. В современном мире человек потребляет слишком много информации, что заставляет его, как следствие, испытывать страх перед будущим. Именно поэтому, на экране с вопросами о том, как прошел день, шкала выполнена незаурядно, по-особенному, с учетом тематики проекта, что, несомненно, должно помочь студентам хотя бы немного снизить уровень тревожности и стресса. Помимо этого, в данной работе использовано еще одно достоинство Figma – анимация. Анимацией удалось продемонстрировать то, каким образом должно работать приложение, как будет выглядеть итоговый продукт.

В эпоху массового потребления товаров, среди людей набирают популярность маркетплейсы. Это явление не оставило дизайнеров без работы, поэтому еще одним видом проектов, создаваемых в Figma, стали карточки товаров. Работа такого рода не является сильно энергозатратной и не требует особых навыков кроме базовых, например, таких как: знание композиции, теории цвета и умения замечать детали, которые впоследствии можно использовать в том или ином проекте. Если добавить к этому уверенные знания работы с редактором и оригинальность, то можно сделать что-то действительно уникальное. Помимо этого, есть еще один инструмент для создания карточек – нейросеть. С её помощью можно генерировать фоны любой сложности и под любой запрос, чтобы сделать работу более интересной и уникальной. В проектах такого рода важно умение пользоваться плагинами, которые предоставляет Figma, с их помощью можно усовершенствовать итоговый продукт, привнеся в него различные эффекты в виде свечения, деформируемого текста и т.п. В современном мире существует огромное множество различных стилей в дизайне, но одним из самых популярных остаётся минимализм. Именно в таком стиле создаётся большинство элементов инфографики, которые используются, например, в публикациях в социальных сетях, различных постерах и баннерах. Для таких целей Figma – идеальный помощник. В ней при помощи пера можно запросто обводить элементы изображений или создавать собственные «неклассические» формы, а из базовых фигур, лишь при одном нажатии клавиши «Enter», переходить в режим редактирования фигуры. Именно благодаря этим

функциям Figma, можно создавать различные уникальные, и главное, несложные работы, которые будут востребованы еще долгое время, за счет своей универсальности и простоты форм.

Еще одним из направлений, в котором есть возможность проявить свою фантазию и для создания которого можно использовать Figma, является разработка дизайна для некоторых несложных игр. В частности, такой дизайн используется для игр, в которых нет объёмных моделей, а есть простой привлекательный интерфейс с парой кнопок и окном регистрации. Особенностью таких работ является то, что их дизайн не предусматривает чего-либо необычного. Важно лишь проявить фантазию и не забывать про аспекты UI/UX дизайна, где важно учесть удобство и не перегрузить экран множеством лишних и ненужных элементов. Здесь, как и в случае с инфографикой, Figma помогает построить самые различные формы, для создания уникальных изображений и персонажей, чтобы проект выделялся из огромного количества подобных работ. Примером является авторский дизайн, созданный для игры с астрологическими предсказаниями. По просьбе заказчика, на главном экране, в качестве основного персонажа, изображён кот, который «составлен» из различных фигур с модифицированной формой для создания полноценной композиции. Все остальные атрибуты и внешний фон также собирались из базовых фигур, путём трансформации их формы. Помимо этого, весь дизайн разрабатывался с учетом тематики приложения, что ещё раз подчёркивает важность UI/UX дизайна при создании различных проектов.

Заключение. Figma стала революционным графическим редактором, который изменил представление о дизайне, став главным инструментом в руках многих дизайнеров по всему миру, и который оказал значительное влияние на современный веб-дизайн. Figma сочетает в себе всё, что необходимо дизайнеру. Это и простота интерфейса, и различные плагины для кастомизации, и множество инструментов для создания самых различных проектов. Во времена удалённой работы существенным фактором является возможность совместной одновременной работы над продуктом, а также возможность оставить комментарий в любой части проекта, чтобы на последующих этапах разработки члены команды (или независимые работники) смогли правильно понять идею, заложенную дизайнером. Весомым достоинством является и то, что данный редактор можно запустить и полноценно использовать на различных устройствах, непосредственно в приложении или в браузерной версии. Для тех, кто хочет начать развиваться в сфере дизайна, Figma – идеальный вариант. Этот графический редактор подходит практически для любых видов работ, а также входит в топ графических редакторов, используемых по всему миру.

Список литературы

1. *Sky.pro [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://sky.pro/wiki/digital-art/istoriya-i-razvitie-graf-dizajna. Дата доступа: 28.02.2025.*
2. *Compass [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://getcompass.ru/blog/posts/istoriya-uspeha-figma. Дата доступа: 28.02.2025.*

UDC 004.932.4

THE ROLE OF FIGMA IN MODERN WEB DESIGN: WIDE OPPORTUNITIES FOR CREATING VARIOUS TYPES OF PROJECTS

Dubovik A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Gil S.V. – Cand. of Sci., Associate professor, Aassociate professor of the department of ECG

Annotation. The article examines the influence of Figma on modern web design. The advantages and benefits of this graphic editor, its features, and the areas in which it is used are considered. The main focus is on the types of projects that can be created based on this editor. Projects created by the author of the article using Figma are demonstrated.

Keywords: design, web design, Figma, graphic editor, graphics, infographics.

УДК 004.89

ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВИЗУАЛИЗАЦИИ КОНТЕНТА В СФЕРЕ ДИЗАЙНА ИНТЕРЬЕРА

Борсук А.О., Рудецкая А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Омелькович Е.В. – ст. преподаватель кафедры ИКГ

Аннотация. В данной работе рассматривается использование бесплатных нейронных сетей для автоматизации процесса расстановки мебели в жилом помещении на примере гостиной. Проведён сравнительный анализ возможностей сервисов Gamma AI и Bylo.ai. Целью исследования явилось определение наиболее подходящего инструмента для генерации интерьерных решений на основе текстового описания. Анализ проводился по ключевым характеристикам: скорость генерации, количество бесплатных попыток, точность восприятия запроса, художественная проработка и соответствие современным тенденциям. В результате сравнения сделаны практические выводы о качестве заявленных сервисов для применения их в дизайнерских задачах.

Ключевые слова: нейронные сети, изображение, дизайн, интерьер.

Введение. В современном мире искусственный интеллект становится все более востребованным в повседневной жизни. В последние годы он становится ключевым элементом в сферах, где визуализация информации имеет важное значение. Коснулось это прежде всего сферы рекламы и дизайна. Одной из актуальных задач в области дизайна интерьера является автоматизация процесса расстановки мебели в жилых и коммерческих помещениях. Обычные методы создания интерьера средствами специальных программ требуют значительных временных затрат и участия квалифицированных специалистов. Нейронные сети открывают перед архитекторами и дизайнерами новые перспективы, ускоряя процесс разработки проектов.

Нейросети – это математические модели, которые состоят из искусственных нейронов, соединенных между собой, и используются для обработки информации, распознавания образов, генерации контента и многих других задач. Существуют различные виды нейронных сетей. Для генерации и распознавания изображений в основном используются сверточные и генеративные нейросети. В данной работе были апробированы бесплатные онлайн сервисы для генерации визуальных изображений расстановки мебели в жилой комнате, базирующиеся на бесплатных нейронных алгоритмах работы.

Основная часть. Целью работы является сравнение результатов визуализации разными нейронными сетями по одинаковому текстовому запросу описания расстановки мебели жилой комнаты и выявление наиболее удачного сервиса для решения этой задачи.

Для сравнения результатов были выбраны следующие нейронные сети: «Gamma AI» и «BYLO AI».

Gamma AI – это инновационная платформа, прежде всего ориентированная на создание презентаций и визуального контента с помощью искусственного интеллекта. Однако благодаря встроенным инструментам генерации изображений и диаграмм, сервис можно использовать для разработки планов помещений, схем расстановки мебели и визуализации идей.

Bylo.ai — это специализированная платформа, ориентированная именно на проектирование интерьеров, создание планов помещений и расстановки мебели с последующей визуализацией.

Характеристики для сравнения работы нейросетей:

— скорость создания проекта;

- количество бесплатных попыток;
- количество создаваемых изображений;
- степень точности восприятия текстового описания;
- художественная проработка изображения;
- соответствие современным дизайнерским тенденциям.

Для начала работы необходимо иметь план визуализируемого помещения. В качестве исходного изображения может быть взят любой чертеж или план комнаты, от руки нарисованная схема или фотография. На рисунке 1 представлен проект расстановки мебели в жилой комнате, который был взят в качестве основы.

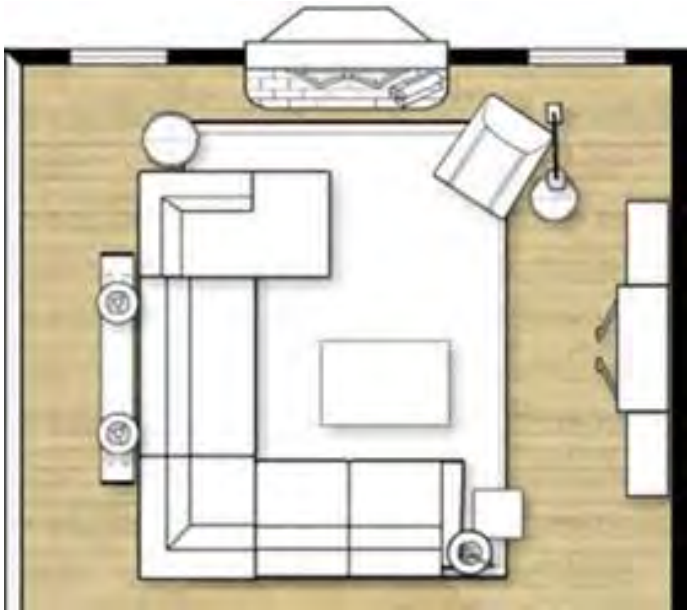


Рисунок 1 – Проект расстановки мебели в жилой комнате

Далее составляется текстовое описание, которое можно вставить в чат или окно запроса. Текстовое описание плана должно в себя включать тип помещения, форму комнаты, расположение окон, дверей и предметов мебели, особенности (балкон, встроенные шкафы и т.д.). Чем более подробно и грамотно составлен исходный текстовый план, тем точнее сгенерированный результат. Искусственный интеллект лучше понимает конкретику: четкое описание расположения мебели в комнате и конкретные предметы мебели. Важно указывать функции помещения и пожелания по стилю и цветам – это позволит получить максимально точную и полезную планировку.

Описание выбранного изображения в качестве текстового запроса было следующим. Форма комнаты – прямоугольная. На одной длинной стене расположен камин с декоративной полкой, по бокам от него – два окна. Перед камином установлено отдельное кресло и торшер, создающие уютную зону для чтения. Справа вдоль стены стоит небольшой стеллаж, рядом находится настольная лампа. В центре комнаты находится угловой диван, ориентированный в сторону стеллажа, рядом с ним размещён журнальный столик. Слева от дивана расположены два декоративных элемента (напольные лампы или вазы с цветами). На полу уложено светлое деревянное покрытие (паркет или ламинат). Помещение оформлено как гостиная зона с мягкой мебелью, местом для отдыха и рабочим столом.

Результаты сгенерированных изображений, представленные на рисунках 2 и 3 соответственно были сопоставлены по вышеперечисленным параметрам сравнения.

Результат работы сервиса Gamma AI (рисунок 2): корректное восприятие текстового описания. Изображение практически полностью соответствует заданному плану, но

добавлены дополнительные элементы (окно, горшок с цветком), отсутствующие в описании. В результате было предложено 3 схожих иллюстраций.

Результат работы сервиса Bylo.ai (рисунок 3): недостаточно точное восприятие заданного описания (стеллаж находится не другой стороны), тем не менее, изображение больше соответствует исходному плану.

Рисунок 2 – Результат генерации в Gamma

Рисунок 3 – Результат генерации Bylo.ai

В таблице 1 представлено сравнение заданных ранее характеристик для нейронных сетей. Исходя из данных в этой таблице, можно сделать вывод, что Gamma AI является более подходящим бесплатным сервисом с искусственны интеллектом для создания изображения на основе описания, так как в итоге получена более красочная и точная иллюстрация.

Таблица 1 – Сравнение характеристик двух нейронных сетей

	Преимущества	Недостатки
Gamma AI	высокая скорость генерации; простота освоения сервиса; соответствие заданному описанию; большое количество бесплатных попыток.	добавление лишних предметов мебели.
Bylo.ai	удобный интерфейс для создания точных планов и чертежей; 2D и 3D-визуализация, подходящая для профессиональных проектов; большое количество бесплатных попыток; возможность выбора количества получаемых изображений.	долгая скорость генерации.

Заключение. В ходе проведённого исследования было установлено, что оба рассмотренных сервиса справляются с задачей генерации интерьера на основе текстового описания. Однако нейросеть Gamma AI показала более высокую скорость работы, лучшее восприятие деталей запроса и предоставила более яркие и качественные изображения. Bylo.ai продемонстрировал хорошие возможности для профессиональных проектов с 2D- и 3D-визуализацией, но уступил по скорости и точности интерпретации исходных данных. Таким образом, для быстрой и наглядной визуализации интерьера по текстовому описанию можно рекомендовать использование бесплатного сервиса Gamma AI.

Список литературы

1. *Генеративный искусственный интеллект / Яндекс Практикум [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://practicum.yandex.ru/blog/generativnyi-iskusstvennyi-intellekt/. Дата доступа: 23.03.2025.*

2. *Гайд по работе сверточных нейронных сетей / Блог Skillfactory [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://blog.skillfactory.ru/gayd-po-rabote-svertochnyh-neyronnyh-setey/ (Дата обращения: 23.03.2025).*

3. *Bylo AI / Bylo AI [Электронный ресурс].Режим доступа: https://bylo.ai/ru/app. Дата доступа: 23.03.2025.*

4. Gamma / Gamma [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://gamma.app/. Дата доступа: 23.03.2025.

UDC 004.89

NEURAL NETWORK CAPABILITIES FOR SOLVING CONTENT VISUALIZATION TASKS IN THE FIELD OF INTERIOR DESIGN

Borsuk A.O., Rudetskaya H.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Omelkovich. E. V. – Senior Lecturer at the Department of ECG

Annotation. This paper examines the use of free neural networks to automate the process of furniture arrangement in residential spaces, using the example of a living room. A comparative analysis of the capabilities of the Gamma AI and Bylo.ai services was carried out. The purpose of the study was to determine the most suitable tool for generating interior design solutions based on text descriptions. The analysis was conducted according to key characteristics: generation speed, number of free attempts, accuracy of request interpretation, artistic quality, and alignment with modern design trends. As a result of the comparison, practical conclusions were drawn regarding the quality of the stated services for their application in design tasks.

Keywords: neural networks, image, design, interior.

УДК 004.942

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРИЕМЫ ДЛЯ АНИМАЦИИ СБОРКИ КУБИКА-РУБИКА В ПРОГРАММЕ INVENTOR

Колосун Н.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Омелькович Е.В. – ст. преподаватель кафедры ИКГ

Аннотация. В статье рассмотрены ключевые этапы создания анимации сборки кубика-рубика в Autodesk Inventor с использованием режима схемы. Описаны особенности работы с компонентами: перемещение по локальным и глобальным координатам, настройка траекторий, управление ракурсами камеры и организация сценариев через раскадровки. Показано, как режим схемы позволяет визуализировать внутреннюю структуру объекта, игнорируя зависимости. Приведены рекомендации по оптимизации анимации, включая временные паузы и экспорт в видеоформаты. Результаты демонстрируют потенциал Inventor для создания наглядных инструкций и презентаций.

Ключевые слова: Autodesk Inventor, анимация сборки, режим схемы, кубик Рубика.

Введение. Autodesk Inventor, помимо проектирования и расчётов, предлагает мощный инструментарий для создания анимаций, например, процессов сборки и разборки. Эти возможности часто остаются в тени, хотя они незаменимы для визуализации инженерных решений, обучения сотрудников или презентаций для заказчиков. Далее были рассмотрены некоторые особенности и подходы, которые позволяют не просто «оживить» модель, но и превратить анимацию в эффективный коммуникационный инструмент.

Основная часть. Перед тем, как приступить к процессу создания анимации необходимо правильно создать сборку, соблюдая все зависимости т.к. далее, в режиме схемы они будут игнорироваться и будет значительно удобнее работать с правильно созданной сборкой.

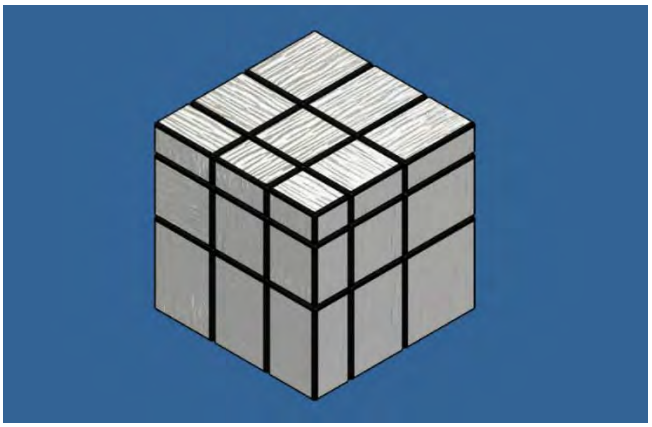


Рисунок 1 – Готовая сборка

Далее переходим к режиму схемы. Как было сказано ранее в нём игнорируются зависимости, что позволяет нам манипулировать нашей моделью так, мы захотим, например, можно показать внутреннюю структуру кубика. Сделать это можно, используя инструмент «Сдвинуть компонент». Элементы можно перемещать по глобальным координатам (полезно, если нам надо сдвинут элементы по одной из осей) и по локальным координатам – это координаты относительно центра выбранного объекта.

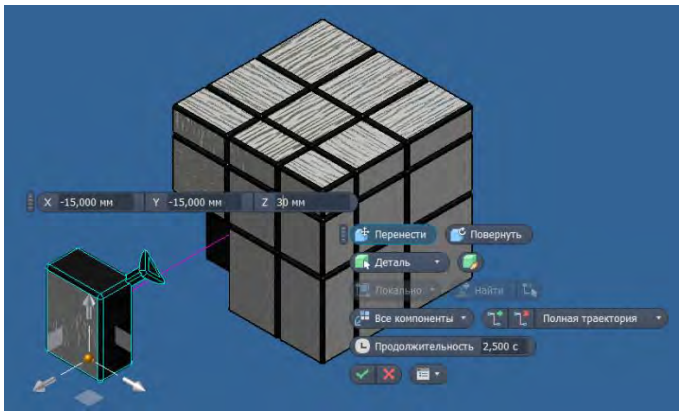


Рисунок 2 – Создание анимации внутренней структуры

Также с помощью этого инструмента, только уже поворотом создавались анимации сборки и разборки кубика. При перемещении нескольких элементов, стоит помнить о том, что локальные координаты перемещения будут считаться от центра первого выделенного элемента.

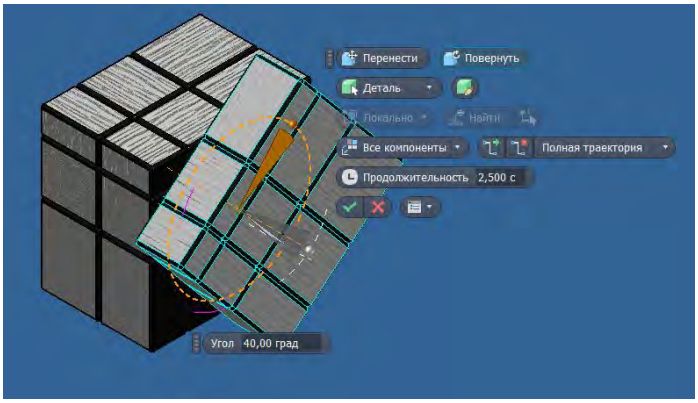


Рисунок 3 – Вращение грани кубика

Если мы создаём анимацию, где не нужна видимость траекторий, их можно отключить, или настроить чтобы были видны только сегменты траектории.

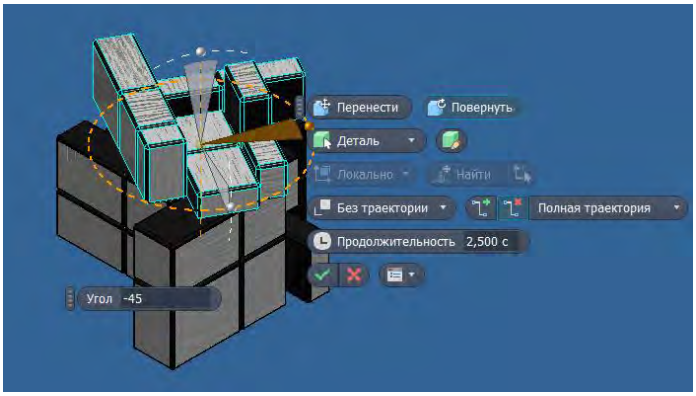


Рисунок 4 – Вращение грани кубика с отключёнными траекториями

Также, для добавления информативности и для того, чтобы показать объект со всех сторон можно изменять положение камеры, при этом она будет также плавно перемещаться в новую точку. Для этого нужно переместить камеру в новую точку и использовать инструмент «Запомнить положение камеры».

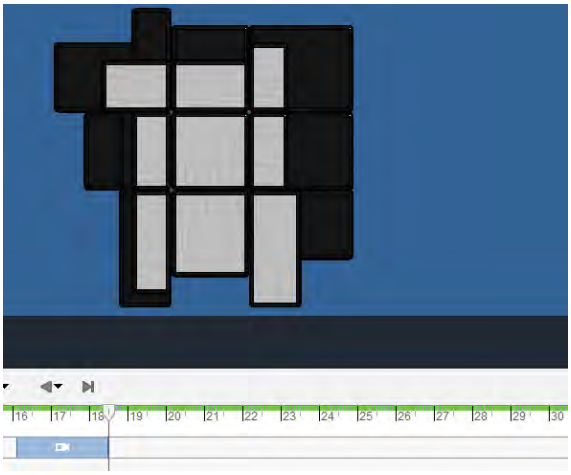


Рисунок 5 – Изменённое положение камеры

Для удобства создания анимаций существуют раскадровки, которые позволяют создавать в одной схеме нескольких независимых анимаций. При этом новую раскадровку можно создавать полностью с «нуля» или с начала или конца предыдущей раскадровки. В своей анимации я использовал 3 раскадровки для сборки, разборки и показа внутренностей кубика, причём сборка начиналась сразу после разборки.

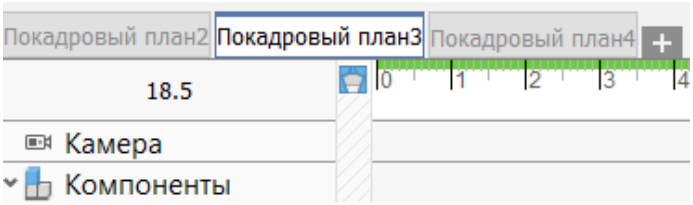


Рисунок 6 – Использованные раскадровки

Не стоит забывать об оптимизации движений. Стоит соблюдать баланс скорости и делать небольшие паузы между этапами анимации т.к. иначе они сольются в одну непрерывную анимацию.

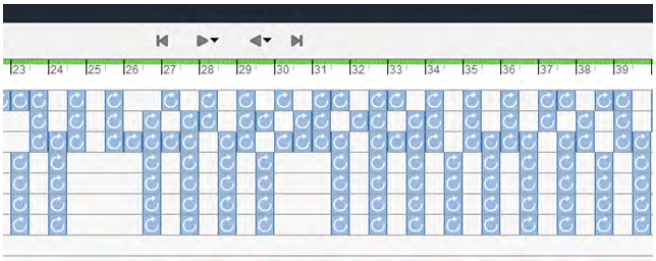


Рисунок 7 – Таймлайн анимации сборки

Экспортировать результаты можно в видиоформаты .avi и .wmv при этом выбрав нужные для экспорта параметры раскадровки, временные рамки, размер окна и формат кодека (для .avi). Кроме того, доступен экспорт в PDF раскадровку при установленных необходимых компонентах.

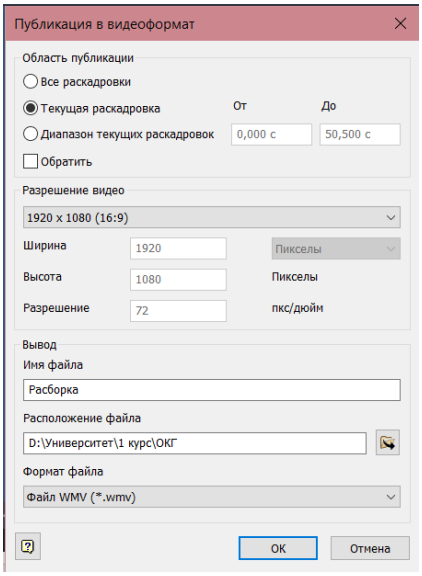


Рисунок 8 – Окно экспорта в видеоформат

Заключение. Создание анимации в Autodesk Inventor – это не просто технический процесс, а творческий инструмент, который превращает статичную сборку в «живую» историю. Игнорирование зависимостей в режиме «Схема», тонкая настройка траекторий, управление временем и интеграция с другими модулями позволяют решать задачи, выходящие за рамки стандартной визуализации. Ключ к успеху – эксперименты: стоит пробовать разные длительности времени, комбинировать движения, использовать цвет и ракурсы. И даже небольшие детали, вроде паузы между действиями или подсветки компонентов, могут превратить анимацию из набора кадров в эффектный и информативный ролик.

UDC 004.942

KEY FEATURES AND TECHNIQUES FOR ANIMATING RUBIK'S CUBE ASSEMBLY IN AUTODESK INVENTOR

Kolosun M.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Omelkovich E.V. – Senior Lecturer at the Department of ECG

Annotation. This paper illustrates the key stages of the creation of the Rubik's Cube animation solving in Autodesk Inventor using scheme mode. Peculiarities of work with components such as moving on local and global coordinates, trajectory settings, camera angle control and making scripts with storyboards are described. The way scheme mode allows visualisation of internal object structure, eliminating dependencies, is illustrated. Animation optimisation recommendations, including time pauses and video format export, are given. The results demonstrate Inventor's potential for visual instructions and presentations making.

Keywords: Autodesk Inventor, assembly animation, schematic mode, Rubik's Cube.

УДК 004.92

ОСНОВНЫЕ АЛГОРИТМЫ РЕНДЕРИНГА: МЕТОД ТРАССИРОВКИ ЛУЧЕЙ НА ПРИМЕРЕ 3D-ИГР

Рутковская В.М., Острейко А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Зайцев И.А. – преподаватель кафедры ИКГ

Аннотация. В статье исследуется метод трассировки лучей в 3D-играх, подчеркивая его значимость для создания реалистичных изображений. Рассматриваются основные этапы процесса, включая генерацию лучей и определение цвета. Несмотря на высокие требования к вычислительным ресурсам, этот метод находит широкое применение в различных областях, включая кино и архитектуру. Трассировка лучей открывает новые возможности для визуализации и улучшает восприятие игровых миров. Работа подчеркивает баланс между реализмом и производительностью в современных графических технологиях.

Ключевые слова. Рендеринг, трассировка лучей, трехмерные изображения, 3D-игры.

Введение. Рендеринг является фундаментальной составляющей 3D-игр. На высоком уровне абстракции рендеринг представляет собой процесс преобразования описания трехмерной игровой сцены в изображение. Алгоритмы анимации, геометрического моделирования, текстурирования и другие элементы 3D-графики должны проходить через процесс рендеринга, чтобы их можно было увидеть на экране.

В первые годы исследования в области рендеринга для игр сосредоточились на решении основных проблем, таких как определение видимости объектов с данной точки зрения. По мере нахождения эффективных решений этих задач, а также благодаря прогрессу в других областях графики, стали доступны более сложные и реалистичные описания сцен. Рендеринг в 3D-играх стал интегрировать идеи из различных дисциплин, включая физику, психологию, исследования зрительного восприятия, а также прикладную математику, что позволило создавать более увлекательные и реалистичные игровые миры.

Основная часть. Трассировка лучей –метод расчета сцены, при котором световые лучи испускаются от источников света, а затем отражаются от поверхностей определенное количество раз, обеспечивая освещение, свойство материалов и инициализацию камеры.

Рисунок 1 – Сцена трассировки лучей из 3D-игры

Трассировка лучей имитирует реальное освещение. Свет, который мы видим, – это фотоны, которые испускаются источниками энергии, например, солнцем. При столкновении

с объектами фотоны могут отталкиваться и рассеиваться. Чтобы увидеть это в действии, вы можете посмотреть в зеркало. Свет, падающий на зеркало, создаёт отражение.

Основные этапы трассировки лучей: инициализация, создание виртуальной камеры и определение параметров сцены (размеры, освещение, материалы) и генерация лучей.

Из камеры генерируются лучи, которые проходят через пиксели изображения. Каждый луч представляет собой направление, в котором будет проверяться пересечение с объектами в сцене.

Для каждого луча рассчитывается пересечение с объектами в сцене. Если луч пересекает объект, вычисляется цвет пикселя. Это включает:

– освещение: рассчитывается, как свет взаимодействует с материалом (прямое, отраженное, преломленное).

– тени: проверка, блокируется ли свет от источников света объектами в сцене.

Полученные цвета для каждого пикселя собираются в итоговое изображение. Применение эффектов, таких как размытие, контраст, цветокоррекция и т.д.

Рисунок 2 – Сравнительный анализ сцены с и без трассировки лучей

Эти этапы позволяют добиться высокого уровня реалистичности в изображениях, однако трассировка лучей требует значительных вычислительных ресурсов.

Трассировка лучей значительно влияет на загруженность компьютера по нескольким причинам:

1 Высокая вычислительная сложность. Трассировка лучей требует расчета взаимодействий света с объектами в сцене, включая отражения, преломления и тени. Это требует большого количества вычислений, особенно в сложных сценах.

2 Использование ресурсов процессора и графического процессора. Рендеринг с использованием трассировки лучей активно использует как CPU, так и GPU. Это может вызвать значительную нагрузку на оба устройства, особенно если сцена содержит много объектов и источников света.

3 Память и хранение данных. Для хранения текстур, геометрии и других данных, необходимых для рендеринга, требуется много оперативной и видеопамяти.

4 Время рендеринга. Из-за высокой вычислительной нагрузки время, необходимое для рендеринга одного кадра, может значительно увеличиваться по сравнению с более традиционными методами (например, растеризацией)

5 Оптимизация. Для снижения нагрузки разработчики и художники используют различные техники оптимизации, такие как уменьшение разрешения, использование упрощенных моделей и предварительный расчет освещения.
В целом, трассировка лучей может значительно увеличить загруженность системы, особенно если используются высокие настройки качества или сложные сцены.

Заключение. Трассировка лучей используется не только в играх, но и в киноиндустрии, архитектурной визуализации и других областях, где важна высокая степень реализма. Она позволяет создавать более реалистичные тени, отражения и преломления. Этот метод может учитывать, как свет взаимодействует с несколькими объектами, создавая сложные эффекты освещения. Однако она требует значительных вычислительных ресурсов, что может привести к снижению производительности в играх. Реализация трассировки лучей может быть сложнее, чем традиционные методы, так как требует точного моделирования света и оптимизации алгоритмов. Тем не менее, новые технологии и оптимизации постепенно делают этот метод более доступным для широкого использования. В целом, трассировка лучей открывает новые горизонты в графике, делая 3D-игры более захватывающими и реалистичными.

Список литературы

1. *Physically based Rendering from theory to implementation / Matt Pharr, Wenzel Jakob, Greg Humphreys. Edited by The MIT Press Cambridge. – Cambridge, 2022. – 1076 p. –ISBN 987-0-262-04802-6.*

2. *Shading, Lighting, and Rendering with Blender EEVEE / Sammie Crowder. Edited by Packt Publishing. – Birmingham – Mumbai, 2022. – 352 p. –ISBN 978-5-93700-163-4.*

UDC 004.92

BASIC RENDERING ALGORITHMS: RAY TRACING METHOD USING 3D GAMES

Rutkovskaya V.M., Ostreyko A.V.

Belorussian State University of Informatics and Radioelectrenics, Minsk, Republic of Belarus

Zaitsev I.A. – Lecturer of the department of ECG

Annotation. This article explores the ray tracing method in 3D-games, highlighting its importance for creating realistic images. The main stages of the process are discussed, including ray generation and color detection. Despite its high computational requirements, this method is widely used in various fields, including cinema and architecture. Ray tracing opens up new possibilities for visualization and improves the perception of game worlds. The work emphasizes the balance between realism and performance in modern graphics technologies.

Keywords: Rendering, ray tracing, 3D images, 3D-games.

УДК 378

ПОДГОТОВКА В ВУЗЕ СПЕЦИАЛИСТОВ 3D ЦИФРОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Миннутдинов Т.Р.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Российская Федерация

Научный руководитель: Рукавишников В.А. – д-р. пед. наук, доцент, профессор кафедры ИГ

Аннотация. Приведены результаты экспериментального исследования вариативной технологии геометрического моделирования с использованием электронных таблиц. Определены необходимые алгоритмы и методы создания современных цифровых 3D моделей, необходимых для создания и внедрения в учебную дисциплину «Инженерное геометрическое моделирования» нового современного модуля, формирующего способность обучающегося создавать вариативные электронные конструкторские документы.

Ключевые слова: вариативное геометрическое моделирование, электронные геометрические модели, ассоциативные чертежи.

Введение. Несколько десятилетий продолжается цифровая научно-техническая революция, бурное развитие которой связано с переходом на качественно новый уровень конструкторской документации - электронные 3D геометрические модели. Размерность проектируемого объекта и создаваемого конструкторского документа наконец совпала, что привело к появлению принципиально новых 3D цифровых технологий: аддитивных, реинжиниринг или обратное проектирование с использованием 3D сканеров, станков с цифровым управлением на основе 3D электронных моделей [1–4].

В области проектирования произошла смена предмета деятельности и переход на 3D цифровую технологию проектирования. Современная индустрия в условиях появления качественно новых цифровых 3D технологий и их стремительного развития остро нуждается в специалистах нового 3D цифрового поколения, способных обеспечить конкурентоспособность высокотехнологичных предприятий в остром соперничестве на моровом рынке труда.

Основная часть. На кафедре инженерной графики университета ведется подготовка в рамках учебной дисциплины «Инженерное геометрическое моделирование» специалистов современного 3D цифрового поколения. Данная дисциплина пришла на смену таким дисциплинам формата 2D как инженерная графика, начертательная геометрия и компьютерная графика.

Для повышения конкурентоспособности будущих специалистов в содержание учебной добавляются новые разделы и осуществляется их постоянное совершенствование. Так появились разделы 3D печати, обратного проектирования с использованием 3D-сканирования.

В настоящее время реализуется направление - вариативное моделирование. Это еще одно из направлений, обеспечивающее быструю перестройку уже созданной конструкторской документации под новые требования заказчиков.

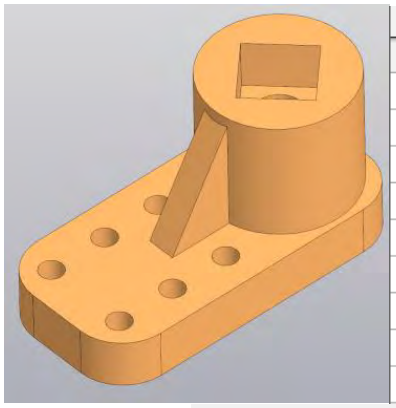
При вариативном геометрическом моделировании создается параметрическая модель объекта с применение электронных таблиц, содержащих параметры модели и их взаимные зависимости. Изменение параметров можно осуществлять вручную или автоматически вводить их через системы инженерных расчетов.

В результате электронная геометрическая модель может менять свои размеры, форму отдельных геометрических элементов и их количество и расположение.

Вариативное моделирование может широко применяться как на предприятиях, быстро подстраиваясь под конкретные заказы, так и в научно-проектных исследованиях.

Ниже представлены примеры реализации вариативного моделирования в учебном процессе при изучении дисциплины «Инженерное геометрическое моделирование». Показано как конкретная модель детали через внесение изменений параметров в электронной таблице позволяет изменить размеры, форму и количество её отдельных геометрических элементов.

На рисунке 1 показаны 6 отверстий, сделанных массивом, ступенчатое отверстие и высота детали и заданы параметры в электронной таблице.

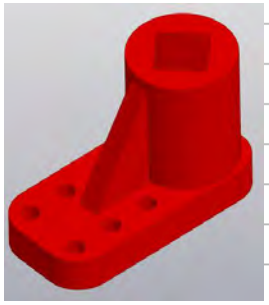


	Имя	Выражение	Значение	Параметр	Комментарий
▾ КИГ.25.32.00 Опора (Тел-1)					
	H	70	70		Высота детали
	H1	20	20		Высота основания
i	H2	(H-H1-10)/2	20		Глубина выреза
	D1	20	20		Диаметр отверстия
i	R	D1	20		Радиус скругления
	t	12	12		
	D2	10	10		диаметр малых отверстий
	f	25	25		расстояние между отверс...
	c	3	3		количество копирований

▾ Эскиз:1					
	v9		0	Исключит...	
	A	135	135	Линейный...	длина основания
	B	65	65	Линейный...	ширина основания
	D	B-5	60	Диаметрал...	больший диаметр детали
	v15	D1	20	Диаметрал...	диаметр круглого отверст...

Рисунок 1 – Изменение количества отверстий

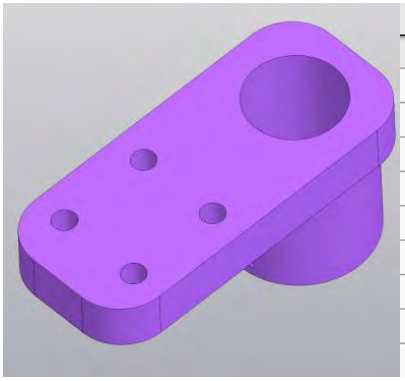
С помощью таблицы можно быстро менять параметры 3D моделей. В данном примере были изменены высота цилиндра, а ступенчатое отверстие стало призматическим (рисунок 2).



	Имя	Выражение	Значение	Параметр	Комментарий
▾ КИГ.25.32.00-01 Опора (Тел-1)					
	H	90	90		Высота детали
i	H1	КИГ.25.32.0...	20		Высота основания
	H2	90	90		Глубина выреза
i	D1	КИГ.25.32.0...	20		Диаметр отверстия
i	R	D1	20		Радиус скругления
i	t	КИГ.25.32.0...	12		
i	D2	КИГ.25.32.0...	10		диаметр малых отверстий
i	f	КИГ.25.32.0...	25		расстояние между отверс...
i	c	КИГ.25.32.0...	3		количество копирований

Рисунок 2 – Изменение высоты цилиндра и формы отверстия

Также можно изменить направление детали и количество отверстий в массиве (рисунок 3).



	Имя	Выражение	Значение	Параметр	Комментарий
▾ КИГ.25.32.00-03 Опора (Тел-1)					
	H	КИГ.25.32.0...	70		Высота детали
	H1	КИГ.25.32.0...	20		Высота основания
i	H2	H	70		Глубина выреза
	D1	КИГ.25.32.0...	20		Диаметр отверстия
i	R	D1	20		Радиус скругления
	t	КИГ.25.32.0...	12		
	D2	КИГ.25.32.0...	10		диаметр малых отверстий
	f	КИГ.25.32.0...	40		расстояние между отверс...
	c	КИГ.25.32.0...	2		количество копирований

Рисунок 3 – Изменение количества отверстий, формы отверстия на цилиндрическое

Заключение. Полученные результаты исследования позволяют в кратчайшие сроки спроектировать и внедрить в учебный процесс в одном из модулей дисциплины «Инженерное геометрическое моделирование» современную вариативную технологию создания электронных моделей и ассоциативных чертежей деталей. Параметры моделей в таблице будут изменяться как вручную, так и поступать непосредственно из электронных систем инженерного расчета.

Сформированная способность обучающих использовать вариативную технологию повысит конкурентоспособность выпускников университета на рынке труда.

Список литературы

1. *Хамитова Д.В., Филимонов С.С. Широкий спектр возможностей программы КОМПАС-3D// Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы VIII Национальной научно-практической конференции (Казань, 8-9 декабря 2022 г.): / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. Казань: КГЭУ, 2023. – С. 593-595.*

2. *Хамитова Д.В., Филимонов С.С., Николаев К.В. Использование трехмерного моделирования в электронных и дистанционных образовательных технологиях // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической конференции, 23 апреля 2021 года, Брест, Республика Беларусь, Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. К.А. Вольхин. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2021. - С. 251-256.*

3. *Рукавишников В.А., Прец М.А. Информационные технологии в цифровой трансформации. В сб.: КОГРАФ - 2021. Сб. материалов 31-й Всероссийской научно-практической конференции по графическим информационным технологиям и системам. Н. Новгород, 2021. - С. 82-85.*

4. *Рукавишников В.А., Прец М.А. Образование и 3D цифровая индустриальная революция: Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы VIII Национальной научно-практической конференции (Казань, 8–9 декабря 2022 г.) / редколлегия: Э. Ю. Абдуллазянов (главный редактор), И. Г. Ахметова, О. В. Козелков, О. В. Цветкова. – Казань: КГЭУ, 2023. – С. 557-559.*

UDC 378

TRAINING OF 3D DIGITAL GENERATION SPECIALISTS AT THE UNIVERSITY

Minnutdinov T.R.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

Rukavishnikov V.A. – Dr. of Sci., Associate Professor, Professor of the Department of IG

Annotation. The results of an experimental study of a variable geometric modeling technology using spreadsheets are presented. The necessary algorithms and methods for creating modern digital 3D models necessary for the creation and implementation of a new modern module in the academic discipline «Engineering Geometric Modeling» that forms the student's ability to create variable electronic design documents.

Keywords: variable geometric modeling, electronic geometric models, associative drawings.

УДК 621.311.22

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛА В ГРУНТЕ

Уткин М.О.

ФГБОУ ВО Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Российская Федерация

Научный руководитель: Дмитриев А.В. – д-р. техн. наук, доцент, доцент кафедры АТПП

Аннотация. Сегодня утилизация низкопотенциального тепла является перспективным направлений в энергетике. Полученный конденсат может быть возвращён в систему водоподготовки теплоэлектростанции, что значительно снижает затраты на техническую воду. В ходе проведённого исследования детально рассматривалась возможность утилизации отработанного пара для производства конденсата. Было выполнено подробное математическое моделирование процессов передачи тепла через слои грунта, проведены необходимые расчёты, благодаря чему были выявлены важнейшие параметры, влияющие на общую производительность системы.

Ключевые слова: утилизация тепла, рекуперация тепла, низкопотенциальное тепло, теплоэнергетика, трубчатые теплообменники, тепловые трубки, рассеивание тепла в земле, Ansys

Введение. Развитие энергетического комплекса Российской Федерации (РФ) требует задействование все новых и новых производственных площадок и совершенствование технологического процесса ТЭЦ является неотъемлемой частью данного развития. Далее рассмотрим источники низкопотенциальной тепловой энергии.

Низкопотенциальная тепловая энергия может выделяться на различных этапах работы ТЭЦ, включая охлаждение оборудования, конденсаторы паровых турбин, системы охлаждения генераторов и другие процессы. Температура этой теплоты часто находится в диапазоне от 40 до 100 °C, что делает её менее пригодной для прямого использования в промышленных процессах, но всё же достаточной для применения в ряде других областей [1, 2].

Основная часть. Для эффективной утилизации низкопотенциального тепла применяются различные технологии. Одна из ключевых технологий – тепловые насосы. Тепловые насосы позволяют преобразовывать низкотемпературную энергию в высокопотенциальное тепло путем использования внешнего источника энергии, чаще всего электричества. Эта технология особенно популярна в странах с холодным климатом, где она помогает эффективно обогревать здания и снижать потребление ископаемого топлива.

Методами утилизации низкопотенциальной тепловой энергии являются:

1 Применение тепловых насосов – один из наиболее эффективных способов использования низкопотенциального тепла – применение тепловых насосов. Эти устройства позволяют преобразовывать низкотемпературную теплоту в более высокую температуру, подходящую для отопления зданий, горячего водоснабжения и других нужд.

2 Установки для рекуперации тепла: Установка рекуперативных теплообменников позволяет возвращать часть теплоты обратно в технологический цикл ТЭЦ или передавать её другим потребителям через систему теплоснабжения [3].

3 Использование в системах вентиляции и кондиционирования воздуха: низкопотенциальное тепло может применяться для подогрева приточного воздуха в вентиляционных системах или для поддержания комфортной температуры в помещениях, отопления теплиц, складских помещений, дорожных покрытий.

Другим способом утилизации низкопотенциального тепла являются системы когенерации и тригенерации. В этих установках отработанное тепло от основного технологического процесса используется для выработки дополнительной электроэнергии или холода. Такие решения позволяют значительно повысить общий КПД энергетического

оборудования и снизить эксплуатационные издержки. Утилизация низкопотенциального тепла увеличивает общий коэффициент полезного действия существующих энергетических систем, что ведет к повышению общей энергоэффективности. Благодаря использованию уже существующей тепловой энергии снижается потребность в новых источниках тепла, что уменьшает нагрузку на природные ресурсы и сокращает затраты на топливо.

Однако традиционные способы обогрева, такие как электронагреватели или топливные системы, нередко требуют больших объемов энергии, нуждаются в дополнительном оборудовании и трудовых ресурсах, что делает их недостаточно эффективными в длительной перспективе, сложными в эксплуатации или ненадежными. Именно поэтому создание альтернативных систем, основанных на использовании природных ресурсов и физических процессов, приобретает все большую значимость.

Кроме традиционных способов утилизации тепла от ТЭЦ, в общемировом плане разрабатываются идеи утилизации низкопотенциального тепла, вырабатываемого атомными электростанциями (АЭС) [4, 5]. Планируется расширение применения такого тепла не только на действующих, но и на закрытых атомных станциях [6]. Использование низкопотенциального тепла от АЭС в сельском хозяйстве представляется актуальным направлением, однако требует дополнительного изучения и детальной разработки технических решений.

В рассматриваемой нами системе приводятся результаты проведения моделирования распределения тепла в грунте на разной глубине. Моделирование проводится многоцелевом п программном продукте для численного моделирования физических процессов и явлений – Ansys. Блок, используемый в нашей работе Ansys Fluent. Ansys Fluent применяется в инженерных расчетах для анализа различных гидродинамических и термодинамических процессов. Программа позволяет решать широкий спектр задач, связанных с аэродинамикой, теплообменом, турбулентностью, горением и другими процессами, важными для многих отраслей промышленности, включая авиационную, автомобильную, энергетическую и строительную сферы.

Общая зависимость теплового потока от поверхности грунта и глубины залегания горизонтальной трубы приведена на рисунке 1.

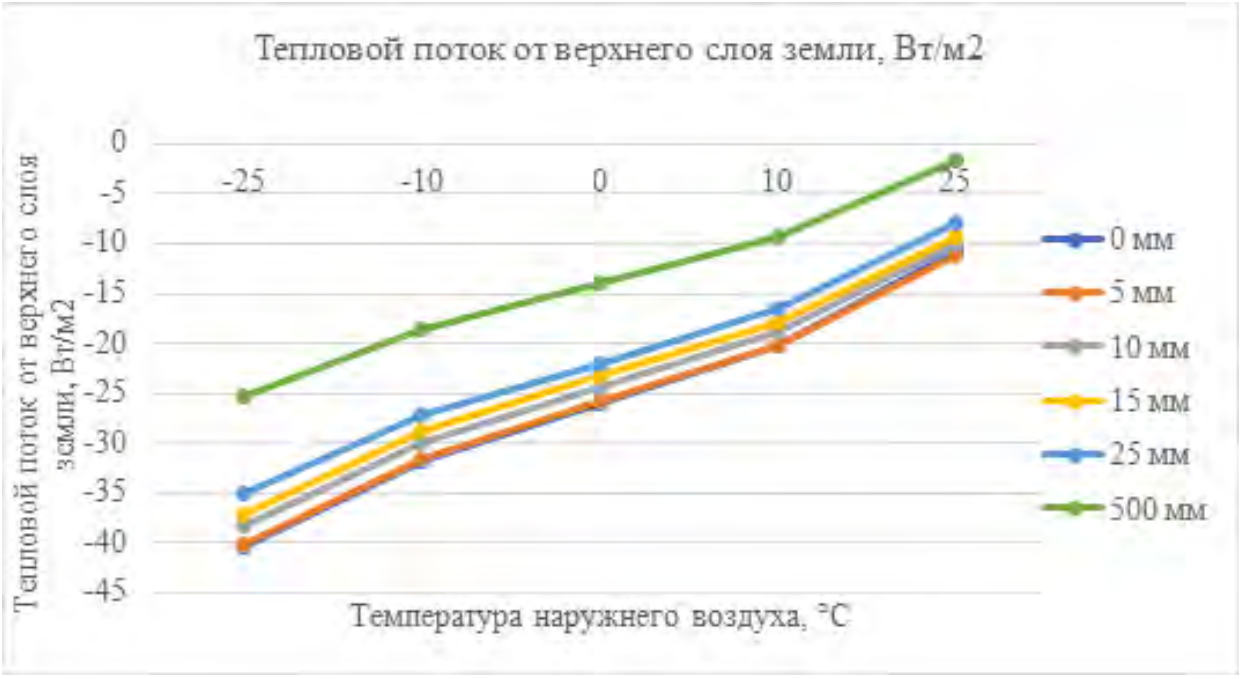


Рисунок 1 – Тепловой поток от поверхности грунта в зависимости от глубины залегания горизонтальной трубы

Анализ зависимости, представленной на рисунке 1, показывает, что с увеличением глубины заложения трубы происходит снижение теплового потока между поверхностью

земли и воздухом. При значительной глубине прокладки (500 мм) почва начинает действовать как изолятор. Это объясняет, почему глубокое размещение трубопроводов теплоносителя для обогрева грунта не рекомендуется.

Заключение. Утилизация низкопотенциального тепла ТЭЦ представляет собой перспективный путь повышения энергетической эффективности и снижения воздействия на окружающую среду. Применение современных технологий, таких как тепловые насосы и рекуперационные системы, позволяет значительно улучшить использование энергетических ресурсов и снизить эксплуатационные расходы.

Список литературы

1. *Набоко Е. П. Исследование возможности применения тепловых насосов при утилизации сбросного тепла технологических потоков / Е. П. Набоко, Т. И. Чернышова, О. Н. Онищенко, Г. Г. Жабалова. – Текст : непосредственный // Наука и современность. - 2010. - №7-2. - С. 42-47.*

2. *Дмитриев А. В. Исследование работы термоэлектрического преобразователя в системе охлаждения энергетического оборудования / А. В. Дмитриев, И. И. Валиев, О. С. Дмитриева. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Проблемы энергетики. - 2015. - №11-12. - С. 60-63.*

3. *Гаврилов Д. А., Манаенков И. В. Использование тепловой энергии атомных электростанций в целях развития тепличного хозяйства //Инновационная наука. – 2023. – №. 4-2. – С. 60-64.*

4. *Патент RU 167334 U1 Российская Федерация, МПК A01G 9/24(2 Установка для отопления теплицы : № 2016107466: заявл. 01.03.2016 : опубл. 01.03.2016 / Алексеев А. М., Онучин Е. М. ; заявитель ФГБОУ ВПО ПГТУ. 4 с. : ил.*

5. *Циглевкина К. Н., Черных Д. О., Ташлыков О. Л. Возможность применения сбросной теплоты АЭС в тепличном хозяйстве //Перспективные энергетические технологии. Экология, экономика, безопасность и подготовка кадров-2016: материалы науч.-практ. конф., Екатеринбург. – 2016. – Т. 11. – С. 176-177.*

6. *Иванов Е. А., Носовский А. В., Чабан Н. Г. Возможность использования продукции тепличного хозяйства г. Припяти //Атомная энергия. – 1997. – Т. 82. – №. 3. – С. 226-233.*

UDC 621.311.22

MODELING OF HEAT DISTRIBUTION IN THE GROUND

Utkin M.O.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

Dmitriev A.V. – Dr. of Sci., Associate Professor, Associate Professor of the Department of ATPP

Annotation. Today, the utilization of low-potential heat is a promising direction in the energy sector. The resulting condensate can be returned to the water treatment system of the thermal power plant, which significantly reduces the cost of process water. In the course of the study, the possibility of using spent steam for condensate production was considered in detail. Detailed mathematical modeling of heat transfer processes through the soil layers was performed, the necessary calculations were carried out, which revealed the most important parameters affecting the overall performance of the system.

Keywords: heat recovery, heat recovery, low-potential heat, thermal power engineering, tubular heat exchangers, heat pipes, heat dissipation in the ground, Ansys.

УДК 004.896

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЮРИДИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ: АВТОМАТИЗАЦИЯ, АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

Кормильцева Е.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Дик С.К. – к.ф.–м.н., доцент, заведующий кафедрой ИКГ

Аннотация. Искусственный интеллект (ИИ) активно внедряется в юридическую деятельность, изменяя традиционные подходы к анализу документов, подготовке исков и прогнозированию судебных решений. В статье рассматриваются основные направления применения ИИ в юриспруденции, такие как автоматизация документооборота, юридические чат-боты, комплаенс и мониторинг изменений законодательства. Также обсуждаются вызовы, связанные с этичностью алгоритмов, защитой данных и юридической ответственностью за решения, принимаемые с участием ИИ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, юриспруденция, автоматизация, чат-боты, комплаенс, судебные решения, анализ документов, прогнозирование, машинное обучение, цифровое право

Введение. Современные технологии искусственного интеллекта (ИИ) активно внедряются в различные сферы деятельности, включая юриспруденцию. Автоматизация юридических процессов с помощью ИИ позволяет повысить эффективность работы, снизить затраты и минимизировать вероятность ошибок. В данной статье рассмотрим ключевые направления применения ИИ в юридической сфере, перспективы и потенциальные вызовы.

Основная часть. Одним из наиболее распространенных применений ИИ в юридической практике является обработка больших объемов текстов и поиск релевантной информации. Юридические компании и корпоративные отделы могут использовать ИИ для:

– автоматизированного анализа контрактов и выявления потенциальных рисков.

– проверки на соответствие законодательству (legal compliance).

– выявления несоответствий или противоречий в договорах.

– поиска прецедентов и релевантных судебных решений для подготовки к делам.

Современные алгоритмы обработки естественного языка (NLP) позволяют существенно сократить время, необходимое для анализа документов, повышая точность и снижая нагрузку на юристов.

Юридические чат-боты и виртуальные ассистенты. Чат-боты, основанные на искусственном интеллекте, позволяют предоставлять юридические консультации в режиме реального времени. Они могут выполнять такие задачи, как:

– ответы на стандартные правовые вопросы (например, оформление ИП, бракоразводный процесс, налоговое законодательство);

– подготовка шаблонов документов (исковые заявления, договоры, жалобы);

– оказание помощи в поиске релевантных законов и нормативных актов;

– предоставление первичного анализа кейсов на основе базы судебной практики.

Такие технологии внедряются не только в коммерческих компаниях, но и в государственных сервисах, облегчая доступ к правосудию для населения [1].

Прогнозирование судебных решений. ИИ может анализировать огромные массивы судебных данных, выявлять закономерности и предсказывать исход дел.

Примеры успешного применения таких систем уже есть в США и ЕС, где алгоритмы анализируют десятки тысяч решений и позволяют адвокатам стратегически планировать свою защиту.

Автоматизация юридического документооборота. ИИ-системы могут автоматически генерировать юридические документы, используя базы данных и шаблоны. Это позволяет значительно ускорить: подготовку контрактов, генерацию исков и жалоб, создание отчетов для регуляторов.

Благодаря интеграции с CRM-системами компании могут автоматизировать рутинные процессы и минимизировать вероятность ошибок.

Комплаенс и мониторинг нормативных изменений. Компании могут использовать ИИ для автоматического мониторинга изменений в законодательстве. Это особенно важно для отраслей с высокой степенью регулирования (банковский сектор, фармацевтика, страхование). Применение ИИ позволяет: своевременно выявлять новые законы и нормативные требования, автоматически обновлять внутренние политики компании, снижать риски штрафов и санкций за несоблюдение законодательства.

Обнаружение мошенничества и рисков. ИИ играет ключевую роль в борьбе с мошенничеством, анализируя данные и выявляя подозрительные паттерны. Это применяется в: финансовых расследованиях (поиск схем уклонения от налогов, отмывания денег), защите интеллектуальной собственности (выявление плагиата, нарушения патентов), досудебных проверках (due diligence) перед заключением крупных сделок.

Алгоритмы машинного обучения способны анализировать большие массивы информации и находить потенциальные риски быстрее и точнее, чем традиционные методы [2].

Автоматизированная правовая аналитика и управление судебными делами. ИИ может помочь юридическим фирмам и корпоративным юристам управлять судебными процессами. В этом направлении технологии могут:

– Осуществлять интеллектуальный поиск по базе решений и законодательных актов.

– Создавать прогнозы исходов дел на основе статистических данных.

– Предоставлять аналитические отчеты по судебной практике.

I-Legal. i-Legal специализируется на оказании юридических услуг ИТ-компаниям. На ее счету более 50 000 реализованных кейсов: сделки M&A, защита IP, релокация бизнеса, разработка privacy policy и других юридических документов и многое другое. Скорость и точность анализа информации для принятия последующих решений – всегда в приоритете, поэтому сотрудники i-Legal непрерывно ищут способы совершенствования бизнес-процессов.

Наиболее затратной по времени работой юриста является поиск и анализ практики применения того или иного положения закона в судах. Благодаря тому, что генеративный AI может быстро обрабатывать большие объемы информации, сотрудники i-Legal оптимизируют поиск судебной практики, а также дают ИИ-ассистенту задачи по обобщению подобранной практики, позволяя, например, выделить наиболее распространенные позиции судов, получить процентное соотношение выигранных дел, разделить практики толкования норм по округам [3].

Юристы, как и многие люди, чья ежедневная работа связана с обработкой десятков документов, были очень рады возможности делегировать часть рутины ИИ. Сотрудники i-Legal поручают нейросети создание драфтов процессуальных документов, договоров, писем и иных юридических документов. В случае, если у ИИ-ассистента нет подходящего шаблона, его можно загрузить вручную в режиме чата.

Еще одной обыденной, но от того не менее стрессовой задачей юриста является анализ больших документов в сжатые сроки. Обычно при ее выполнении приходится искать компромисс между качеством анализа и срочностью выполнения поставленной задачи. Теперь можно загрузить необходимые документы в базу знаний Ассистента и задавать вопросы по тексту — ИИ делает это быстро и дает пояснения. Это не только положительно сказывается на скорости выполнения работы, но и значительно разгружает юристов для более комплексных задач.

При согласовании договоров юристы участвуют в многочасовых переговорах. Для того, чтобы зафиксировать все сказанное в рамках общения, юристы зачастую прибегают

аудиопротоколированию. Аналогичная практика существует и в судах — юристы, специализирующиеся на судебном представительстве, также ведут аудиозапись судебных заседаний. Затем многочасовые аудиофайлы приходится расшифровывать. Задача не самая творческая.

Технология speech-to-text, зашитая под капот ИИ-решения, позволяет сделать расшифровку аудио- и видеозаписей, сохраняя даже пунктуацию. На этом, кстати, помощь с расшифровкой не заканчивается — можно попросить ИИ-ассистента выделить ключевые моменты в тексте, чтобы сократить время на обработку информации.

Перспективы и вызовы. Хотя ИИ уже активно применяется в юридической сфере, есть несколько ключевых вызовов: этичность и прозрачность алгоритмов – автоматизированные системы должны быть объяснимыми и соответствовать правовым нормам, конфиденциальность данных – работа с юридическими документами требует высокой степени защиты информации, юридическая ответственность – необходимо определить, кто несет ответственность за ошибки ИИ, особенно в критических решениях, взаимодействие ИИ и юристов – технологии должны помогать юристам, а не заменять их, создавая баланс между автоматизацией и человеческим анализом.

Заключение. Применение искусственного интеллекта в юридической сфере открывает широкие перспективы, повышая эффективность, точность и доступность правовых услуг. Однако полная интеграция ИИ требует тщательной проработки правовых аспектов, этических вопросов и механизмов контроля. В будущем можно ожидать еще более глубокого внедрения ИИ в судебную систему, адвокатуру и корпоративное право, что приведет к трансформации всей юридической профессии.

Список литературы

1. Понятие искусственного интеллекта и юридическая ответственность за его работу / В.А. Лаптев // Право. Журнал Высшей школы экономики. – 2019. – № 2. – С. 79–102.

2. Авторское право и смежные права / Д. Липцик. – М.: Ладомир : ЮНЕСКО, 2002.

3. Гражданско-правовая ответственность искусственного интеллекта / М.А. Мельничук, Д.В. Ченцова // Закон и право. – 2020. – № 6. – С. 66–68.

UDC 004.896

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Kormiltseva E.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Dzik S.K. – Cand. of Sci., Associate professor, Head of the department of ECG

Annotation. Artificial intelligence (AI) is actively being integrated into legal practice, transforming traditional approaches to document analysis, lawsuit preparation, and court decision prediction. This article examines the main areas of AI application in jurisprudence, such as document workflow automation, legal chatbots, compliance, and legislative change monitoring. It also discusses challenges related to algorithm ethics, data protection, and legal responsibility for AI-assisted decision-making.

Keywords. artificial intelligence, jurisprudence, automation, chatbots, compliance, court decisions, document analysis, prediction, machine learning, digital law

СЕКЦИЯ
«ИНОСТРАННЫЕ ЯЗЫКИ»

UDC 617.47

USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES IN MEDICAL REHABILITATION AND DIAGNOSTICS

Khouder L.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Klokova A.G. – Cand. Of Sci. (Philology), Associate professor, Head at the Department of Foreign Languages

Annotation. The article is devoted to the application of virtual reality (VR) technologies in medical electronics, with an emphasis on rehabilitation, diagnostics, and training. The key areas of VR use are considered: the creation of virtual simulators for the restoration of motor functions, improving the accuracy of diagnostics using 3D models, and the use of VR to reduce pain and anxiety in patients. It is shown that the integration of VR with medical devices allows for a personalized and safe approach to treatment, increasing the effectiveness of medical procedures and the quality of life of patients.

Keywords: virtual reality, VR, medical electronics, rehabilitation, diagnostics, medical training, 3D models.

Introduction. Modern technologies continue to be actively implemented in various areas of medicine, transforming approaches to diagnostics, treatment, and rehabilitation. One of the most promising and innovative areas is the use of virtual reality (VR) in medical electronics [1].

This technology opens up new horizons for patients and doctors, allowing not only to improve the accuracy of diagnostics but also to create effective, individually adapted rehabilitation programs.

Main part. One of the most significant applications of VR in medical electronics is in rehabilitation. Patients recovering from strokes, injuries, or surgeries often face significant challenges in regaining motor functions. Traditional rehabilitation can be time-consuming and physically demanding, sometimes leading to a lack of motivation. VR-based rehabilitation programs provide an engaging, interactive, and highly effective method for restoring motor skills. Virtual rehabilitation environments create a safe space where patients can perform movements similar to those in real life without the fear of falling or injury. The integration of motion capture technology enables doctors to track every movement with high precision, allowing for real-time adjustments to treatment plans. Special programs are designed to cater to individual patient needs, ensuring a customized approach that maximizes the effectiveness of therapy. Moreover, VR-based rehabilitation can be adapted for a variety of conditions. Patients with spinal cord injuries, for instance, can use VR to simulate walking or other lost motor functions, encouraging muscle memory and neuron reactivation. Individuals with amputations can benefit from VR prosthetic training, which enables them to practice controlling artificial limbs before they even receive them, increasing the effectiveness of prosthetic adaptation. Furthermore, studies have shown that VR rehabilitation helps patients with neurological disorders, such as Parkinson's disease or multiple sclerosis, by enhancing neuroplasticity—the brain's ability to reorganize itself and form new neural connections. This is particularly important for stroke patients, as VR exercises can stimulate affected brain areas, promoting faster and more effective recovery. The repetitive, task-oriented exercises in VR therapy help reinforce brain-to-muscle coordination, making it a powerful tool for long-term rehabilitation strategies [2].

Pain management is another critical area where VR technology has shown immense potential. Virtual environments can distract patients from pain, reducing the need for medication. Studies indicate that when patients immerse themselves in virtual worlds, their perception of pain decreases significantly. This approach is particularly useful for burn victims undergoing painful dressing changes, as VR can shift their focus away from the discomfort and onto a soothing, immersive experience. Additionally, VR-based pain management is being explored for chronic pain sufferers. Patients with conditions like fibromyalgia or arthritis can use VR therapy sessions to engage in guided relaxation techniques, immersive experiences, and interactive physical therapy

exercises that reduce discomfort. By creating an alternative sensory environment, VR helps patients redirect their focus from pain to engaging and pleasant stimuli. In addition to pain relief, VR is effective in reducing anxiety, especially in patients undergoing complex medical procedures. For example, patients with a fear of needles can be immersed in a calming virtual landscape, reducing their stress and making the procedure more tolerable. VR exposure therapy is also used for individuals suffering from post-traumatic stress disorder (PTSD), where controlled virtual environments help them gradually confront and manage their fears. Additionally, pre-surgical VR experiences can prepare patients by familiarizing them with the operating room environment, reducing preoperative stress and improving overall patient cooperation.

Planning Modern VR technologies enable the creation of highly detailed 3D models of organs and tissues, providing doctors with a more comprehensive understanding of a patient's condition. This has transformed the way medical professionals approach diagnostics and preoperative planning. For example, in cardiology, VR allows specialists to examine the structure of the heart in a three-dimensional space, aiding in the detection of congenital defects and planning surgical interventions. Similarly, in oncology, 3D tumor models enable doctors to analyze the precise location and size of malignant growths, improving surgical precision and minimizing damage to healthy tissues. Surgeons also benefit from VR simulations, which allow them to practice complex procedures in a risk-free environment before performing them on actual patients. This not only enhances their skills but also significantly reduces surgical risks. VR-guided surgical planning is especially crucial for operations involving the brain, heart, and spine, where the accuracy of every movement is paramount. Moreover, VR technology has been used in ophthalmology to assist with intricate eye surgeries and in orthopedics for planning joint replacement procedures. The ability to view patient-specific anatomy in VR significantly improves precision and surgical success rates, offering a revolutionary step in preoperative preparation.

Regarding the future prospects of VR in Medicine, the integration of VR into medical electronics is still in its early stages, yet the potential for future developments is vast. As hardware and software technologies continue to evolve, VR applications in medicine will become even more sophisticated and accessible. Some of the most promising future advancements include the following.

1 AI-Driven VR Medical Assistants: Artificial intelligence (AI) integrated with VR can create intelligent virtual assistants that guide doctors through complex procedures, offering real-time suggestions based on patient data.

2 Haptic Feedback Technology: Future VR systems will incorporate advanced haptic feedback, allowing doctors and students to «feel» virtual organs, improving surgical precision and training realism.

3 Remote VR Consultations: VR telemedicine could enable doctors to conduct remote consultations with patients while interacting with detailed 3D scans of their bodies, improving diagnostic accuracy and accessibility.

Conclusion. In conclusion, we can say that virtual reality is rapidly transforming the medical field by providing innovative tools for rehabilitation, diagnostics, and training. Its ability to create personalized and immersive experiences enhances the effectiveness of medical procedures while improving patient outcomes. As VR technology continues to advance, its integration with medical electronics will further revolutionize the healthcare industry, making treatments more effective, surgeries safer, and medical education more comprehensive. By embracing VR, the medical community can push the boundaries of traditional medicine, offering new hope and possibilities for patients worldwide.

References

1. *Medicine and VR technologies in the search for life [Electronic resource]. Mode of access: https://medvr.ict.usc.edu/. Date of access: 12.02.2025.*

2. *Virtual reality as a rehabilitation technology [Electronic resource]. Mode of access: https://sites.dartmouth.edu/. Date of access: 24.02.2025.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR MUSIC GENERATION

Likhachou A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Klokova A.G. – Cand. of Sci. (Philology), Associate professor, Head at the Department of Foreign Languages

Annotation. Artificial intelligence is becoming an essential tool in music generation, utilizing various algorithms such as recurrent neural networks, transformers, generative adversarial networks, and variational autoencoders. These methods enable AI to compose, assist musicians, and create background music for films, video games, and advertisements. While AI can generate structured and stylistically coherent music, it lacks the emotional depth and cultural awareness of human composers. Rather than replacing musicians, AI serves as a creative assistant, expanding artistic possibilities and transforming the way music is produced. This paper explores the key algorithms behind AI-generated music and their impact on the industry.

Key words: artificial intelligence (AI), machine learning (ML), artificial neural network (ANN), algorithms.

Introduction. Artificial intelligence (AI) is transforming nearly every aspect of modern life, from healthcare and finance to education and entertainment. Its ability to process vast amounts of data, recognize patterns, and make decisions has made it an essential tool across industries. In creative fields, AI is opening new possibilities, pushing the boundaries of human imagination. One of the most intriguing areas is AI-generated music, where algorithms can compose, remix, and even perform music with minimal human intervention.

Music generation with AI is not just a technological experiment; it is a rapidly evolving field that challenges traditional notions of creativity. Companies and independent researchers are developing models that analyze musical structures, learn from vast datasets, and create compositions that mimic or innovate upon human-made music. From aiding musicians in songwriting to generating background scores for films and video games, AI is becoming an indispensable creative partner. This article explores the key algorithms used in AI-driven music generation, examining how they work and their impact on the music industry.

Main part. Understanding the core concepts behind AI-driven music generation requires a clear definition of fundamental terms.

Artificial Intelligence refers to the field of computer science focused on creating systems capable of performing tasks that typically require human intelligence [1]. These tasks include problem-solving, pattern recognition, decision-making, and learning from data. AI encompasses various subfields, including machine learning and deep learning, which enable automated processes without explicit programming for each task.

Machine Learning (ML) is a subset of AI that enables systems to learn patterns from data and make predictions or decisions based on those patterns [1]. ML models improve their performance over time by analyzing new data, making them particularly effective for tasks such as classification, recommendation, and generative processes, including music composition.

Deep Learning (DL) is a specialized branch of ML that utilizes artificial neural networks with multiple layers to model complex patterns in data [1]. Deep learning algorithms excel at processing unstructured data, such as audio, images, and natural language, making them crucial for AI-based music generation. These models can analyze vast amounts of musical compositions and generate original pieces based on learned structures.

Artificial Neural Networks (ANNs) are computational models inspired by the human brain, consisting of interconnected layers of artificial neurons [1]. ANNs process input data through weighted connections, allowing the network to recognize patterns and generate outputs based on learned relationships. In the context of music generation, ANNs are used to analyze and synthesize musical elements, enabling AI to create compositions that resemble human-made music.

Now, let us examine the algorithms themselves. In the article, it is shown that AI-based music generation relies on various approaches, including neural networks, probabilistic models, and algorithmic composition [2]. Deep recurrent networks, such as Long Short-Term Memory (LSTM), learn from sequences of notes and generate coherent melodies by capturing long-term dependencies. Generative Adversarial Networks (GANs) are used to create more expressive musical pieces, where one network generates melodies while another evaluates their quality, refining the output to resemble human compositions.

Beyond neural networks, probabilistic models, such as Hidden Markov Models (HMMs), predict the most likely note sequences based on statistical dependencies. In his article, the author highlights that these models perform well in traditional composition frameworks but are less effective in generating complex musical structures compared to neural networks [2].

Now, let's examine the algorithms presented in the study, conducted by Lopez-Rincon O., Starostenko O., Ayala-San Martin G. This study explores various AI methods used in music generation, including symbolic and audio-based approaches. Symbolic methods operate on structured representations such as MIDI files, allowing for precise control over musical elements. These approaches frequently employ recurrent neural networks (RNNs), including LSTM models, which learn temporal dependencies and generate melodies with coherent harmonic progressions. The study also highlights the role of transformer models, which, due to their attention mechanisms, effectively capture long-range dependencies and produce complex musical structures [3].

In contrast, audio-based methods work directly with raw sound waves or spectrograms, utilizing convolutional neural networks (CNNs) and autoencoders. These models analyze and generate high-fidelity audio representations, enabling AI to synthesize realistic instrument sounds and even human-like singing. It was also mentioned that GANs are applied to audio-based music generation. Additionally, evolutionary algorithms can act as an alternative approach to AI-driven composition. These models generate music through iterative selection and mutation processes, optimizing musical features based on predefined aesthetic or structural criteria [3].

This study provides a broad overview of AI-based music generation systems, discussing both previously mentioned models and additional approaches. As covered earlier, methods such RNNs, LSTM networks, transformers, and GANs play a significant role in symbolic and audio-based music generation [4].

The study also discusses rule-based systems, where music is generated using predefined compositional rules and heuristics. Unlike machine learning approaches, these systems do not rely on large datasets but instead encode expert knowledge, ensuring stylistic coherence while limiting generative flexibility. Furthermore, the authors highlight the use of variational autoencoders (VAEs) in music generation. These models encode musical data into a compressed latent space and decode it to generate new compositions, enabling structured and diverse musical outputs while maintaining stylistic consistency [4].

Conclusion. AI music generation employs diverse algorithms, from statistical models to deep learning like RNNs, transformers, GANs, and VAEs, alongside rule-based and evolutionary systems. Consequently, AI is prevalent in music production, aiding composers and democratizing creation, evident in various media; however, while AI enhances creativity by generating structured pieces, it lacks the emotional depth and cultural insight of human composers, ultimately serving as a powerful tool to augment human artistry.

References

1. *Maxfield C. Fundamentals of AI: ANNs, ML, DL, and DNNs [Electronic resource]. Mode of access: https://www.clivemaxfield.com/coolbeans/fundamentals-ai-anns-ml-dl-and-dnns/. Date of access: 25.03.2025.*

2. *Techies Camp. What is ML, ANN, and DL? [Electronic resource]. Mode of access: https://blog.techiescamp.com/docs/what-is-ml-ann-and-dl/. Date of access: 25.03.2025.*

3. *Lopez-Rincon O., Starostenko O., Ayala-San Martin G. (2018) Algorithmic Music Composition Based on Artificial Intelligence: A Survey. In: 2018 International Conference. IEEE, pp. 187–194.*

4. *Kaliakatsos-Papakostas M., Floros A., Vrahatis M.N. (2020) Artificial Intelligence Methods for Music Generation: A Review and Future Perspectives. In: Nature-Inspired Computation and Swarm Intelligence. Elsevier, pp. 217–244.*

5. *Carnovalini, F., and Rodà, A. (2020). Computational Creativity and Music Generation Systems: An Introduction to the State of the Art. Front. Artif. Intell. 3:14.*

UDC 004.421.6

AUTOMATED TRANSLATION TOOLS: EFFICIENCY AND PROSPECTS

Zhivitskiy I.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Klokova A.G. – Cand. of Sci. (Philology), Associate professor, Head at the Department of Foreign Languages

Annotation. This article provides an overview of modern automated translation tools and offers a comparative analysis of classical, neural, and hybrid systems, evaluating their efficiency and prospects. The study examines the advantages and disadvantages of each approach and offers recommendations for optimizing current translation systems and developing new models capable of enhancing translation accuracy and speed.

Keywords: automated translation, machine translation, neural networks, efficiency, hybrid models, prospects.

Introduction. Historically, translation systems have evolved from traditional, rule-based and statistical algorithms to modern neural network models, as well as to their hybrid variations that combine the advantages of both approaches [1, 2]. The purpose of this article is to conduct a comparative analysis of existing translation methods with an emphasis on their effectiveness, to identify the strengths and weaknesses of each approach, and to formulate recommendations for further improvement of translation systems.

Main part. Modern translation systems rely on character processing algorithms that allow text parsing, syntactic and semantic analysis, which is the basis for the formation of a correct translation. One of the key parameters for assessing the quality of translation is the BLEU metric, which allows you to quantify the compliance of the translation with the standard. BLEU is calculated as follows formula 1:

$$BLEY = exp\left(\sum_{n} w_n \cdot log\ p_n\right), \quad (1)$$

where p_n – is the accuracy of n-grams;

w_n – is a weight factor that depends on the order of n-grams.

To illustrate the comparative analysis, the conditional data presented in Table 1 are presented, which are obtained on the basis of generalization of information from open sources (a review of articles on CyberLeninka, Science Forum and materials describing the principles of translation systems [3, 4, 5, 6]). It should be noted that the data in the table are conditional and may vary depending on specific testing conditions, algorithm versions and system settings.

Table 1 – Comparative analysis of translation systems

№	System Name	Approach	BLEU	Processing time (sec)	Features
1	Google Translate	Neural	0.32	0.8	Deep Learning, High Quality for Major Languages
2	Microsoft Translator	Neuronal/Hybrid	0.29	1.0	Integration with cloud services
3	DeepL	Neural	0.35	0.9	Emphasis on European languages
4	Yandex Translation	Classical	0.27	0.7	Fast processing, limited adaptability

Analysis of the data suggests that neural systems (e.g., Google Translate and DeepL) demonstrate high translation accuracy due to their ability to take into account complex context, but at the same time require significant computational resources. Classical systems tend to provide shorter processing times due to the simplicity of the algorithms, but their adaptability and accuracy

raise questions when working with complex texts. Hybrid models that combine neural translation algorithms with traditional methods are able to compensate for the weaknesses of both approaches, which makes them especially promising for the further development of automated translators.

Comparative analysis suggests several key improvements for existing translation systems. Firstly, **integrating neural and classical algorithms** into hybrid models can boost accuracy by applying strict rules to specialized terminology while leveraging neural networks for broader semantic understanding. Secondly, **optimizing computational load** through neural network compression and adaptive learning is crucial for reducing resource costs, particularly for systems with limited technical capacity. Finally, **training on specialized corpora**, such as technical, legal, or medical texts, will significantly enhance translation quality within those specific domains.

The general scheme of optimization of the computer-aided translation system is presented in Figure 1, which shows the stages of text pre-processing, translation with subsequent post-processing and evaluation of the quality of the results.

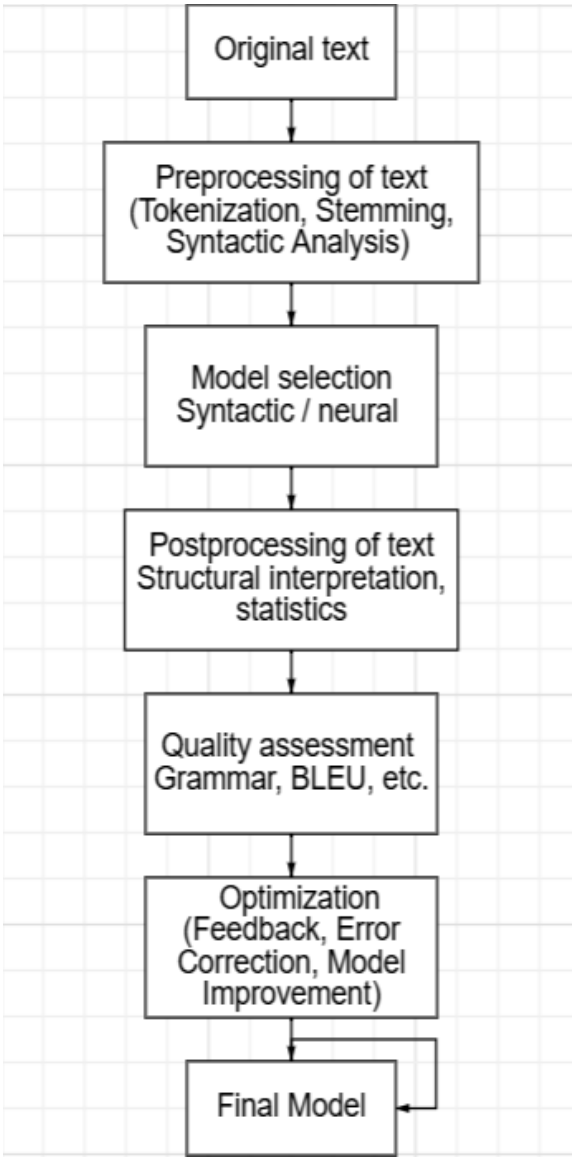


Figure 1 – Algorithm for optimizing a computer-aided translation system

The machine translation process begins with the **source text**, which is then fed into the system. **Text preprocessing** follows, involving tokenization, normalization, and parsing to prepare the data for translation. Next, the **translation module** implements the core translation algorithm using methods like neural networks, hybrid approaches, or classical techniques. **The text post-processing stage** refines the translated text through adjustments to grammar, style, and formatting.

To evaluate the translation's success, **quality assessment** is performed using various metrics. Finally, the **optimization module** analyzes the results and any errors, using this feedback to enhance the translation model, which then re-enters the optimization cycle for continuous improvement. This algorithm illustrates the cyclical process of optimizing the translation system, which allows you to regularly adjust and improve the quality of the automated translator's work. Such approaches and recommendations contribute to the development of a new generation of systems that meet the modern requirements of interlingual communication and have a high degree of accuracy at a moderate computational cost.

Conclusion. The analysis shows neural translation excels in adaptability and accuracy, while classical methods struggle with context and text specifics. Hybrid models, merging the strengths of both, hold the most promise for future development, suggesting their adaptation and optimization to enhance translation system effectiveness. Implementing recommendations for integration and resource optimization is key to creating next-generation translation systems that meet the increasing demands of the global information landscape.

References

1. *General characteristics of automated and machine translation programs [Electronic resource]. Mode of access:. Date of access: 24.02.2025.*

2. *Difference between machine and automated translation [Electronic resource]. Mode of access: http://www.toptr.ru/library/translation-truth/avtomatizirovannyij-i-mashinnyij-perevodyi-v-chyom-raznicza.html. Date of access: 26.02.2024.*

3. *The principle of work of the online translator Google Translate [Electronic resource]. Mode of access: http://www.inteeu.com/2016/11/21/printsip-raboty-onlajn-perevodchika-google-translate/. Date of access: 26.02.2025.*

4. *Принцип работы машинного перевода [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://hi-news.ru/eto-interesno/kak-eto-rabotaet-mashinnyj-perevod.html. Дата доступа: 03.03.2025.*

5. *Presentation "Principle of Machine Translation" [Electronic resource]. Mode of access: https://ppt-online.org/1397188](https://ppt-online.org/1397188. Date of access: 03.03.2025.*

6. *Additional material on trends in machine translation [Electronic resource]. Mode of access: https://scienceforum.ru/2018/article/2018006406. Date of access: 03.03.2025.*

СЕКЦИЯ
«ПЕРВЫЙ ШАГ В НАУКУ»

УДК 004.415.2

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АВТОМОТИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМУ ТЕСТИРОВАНИЮ

Тарасевич К. В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Косарева Е.М. – ассистент кафедры ПИКС

Аннотация. В данной статье рассматривается архитектурный анализ и проектирование программного средства, предназначенного для автоматизации подготовки к централизованному тестированию. Система разработана с учётом современных требований к масштабируемости, отказоустойчивости и высокой доступности.

Ключевые слова: автоматизация обучения, централизованное тестирование, микросервисная архитектура, *Java, Spring, PostgreSQL, Redis, Kafka.*

Введение. Современная образовательная среда активно использует цифровые технологии для повышения эффективности учебного процесса. Особенно актуальным становится применение программных решений в подготовке к централизованному тестированию, которое играет важную роль в системе оценки знаний и является одним из ключевых этапов поступления в высшие учебные заведения.

Традиционные методы подготовки к тестированию зачастую требуют значительных временных затрат и не всегда предоставляют студентам доступ к качественным образовательным материалам. В условиях растущей конкуренции за поступление в вузы необходимость эффективных инструментов для подготовки к экзаменам становится очевидной. Современные образовательные технологии позволяют предоставить студентам доступ к интерактивным материалам, адаптивным тестам и аналитике успеваемости, что значительно улучшает процесс обучения.

Разработка программного средства автоматизации обучения направлена на решение ключевых проблем подготовки к тестированию:

– создание удобной цифровой среды для изучения учебных материалов;

– формирование адаптивной системы тестирования, позволяющей студенту выявить пробелы в знаниях и целенаправленно работать над их устранением.

Основная часть. Разработка образовательного программного обеспечения требует выбора архитектурного подхода, который обеспечит высокую доступность, отказоустойчивость и возможность масштабирования системы в зависимости от роста нагрузки. Основными подходами, которые можно рассматривать при проектировании подобного решения, являются монолитная и микросервисная архитектуры.

Монолитная архитектура предполагает объединение всех функциональных компонентов системы в единое приложение. Такой подход может быть оправдан на начальном этапе разработки, так как он упрощает процесс развертывания и управления кодом. Однако с увеличением функциональности и нагрузки монолитное приложение становится сложным в поддержке, а его масштабирование требует значительных ресурсов.

Микросервисная архитектура, напротив, предполагает разделение системы на отдельные сервисы, каждый из которых отвечает за конкретную функциональность. Такой подход обладает рядом преимуществ:

Для реализации программного средства была выбрана микросервисная архитектура, обеспечивающая гибкость и масштабируемость системы. Основные компоненты включают:

– гибкость – возможность независимо развивать и обновлять отдельные компоненты системы;

– масштабируемость – возможность масштабирования отдельных сервисов в зависимости от нагрузки;

– отказоустойчивость – выход из строя одного микросервиса не приводит к полной недоступности системы.

С учетом требований к надежности и масштабируемости в проекте была выбрана микросервисная архитектура, обеспечивающая гибкость в разработке и адаптацию к изменяющимся потребностям пользователей.

Система автоматизации обучения при подготовке к централизованному тестированию включает в себя несколько ключевых компонентов, обеспечивающих её функциональность:

1 Управление образовательным контентом: Этот модуль отвечает за хранение и предоставление пользователям учебных материалов. Он реализован с использованием реляционной базы данных (*PostgreSQL*) для хранения структурированной информации и поискового движка *Elasticsearch* для быстрого поиска нужных данных.

2 Система адаптивного тестирования: Для оценки знаний пользователей и формирования персонализированной стратегии обучения разработан модуль тестирования. Он использует аналитическую базу данных, которая позволяет анализировать результаты тестов в режиме реального времени.

3 Обработка событий и взаимодействие сервисов: Взаимодействие между микросервисами организовано с помощью *Apache Kafka*, обеспечивающей асинхронную передачу сообщений и обработку событий. Такой подход позволяет системе эффективно масштабироваться и минимизировать задержки в обработке данных.

4 Кэширование и ускорение работы: Для оптимизации работы системы используется *Redis*, который позволяет кэшировать часто запрашиваемые данные, снижая нагрузку на основные базы данных и увеличивая скорость отклика системы.

5 Пользовательский интерфейс: Фронтенд-система разработана с использованием современных веб-технологий, что позволяет пользователям взаимодействовать с образовательным контентом через удобный интерфейс.

Архитектурная схема системы представлена на рисунке 1.

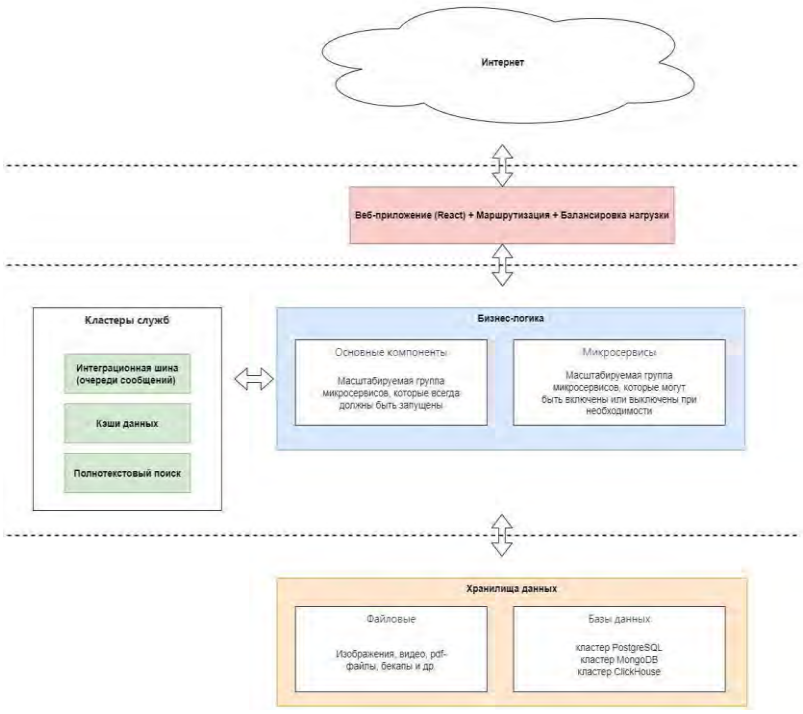


Рисунок 1 – Архитектурная схема системы

Заключение. Разработка программного средства автоматизации обучения при подготовке к централизованному тестированию представляет собой важный шаг в цифровизации образовательного процесса. Микросервисная архитектура, использованная в проекте, обеспечивает гибкость, масштабируемость и отказоустойчивость системы, позволяя эффективно обрабатывать большие объемы данных и адаптироваться к различным образовательным сценариям.

Применение современных технологий, таких как *Apache Kafka*, *Elasticsearch* и прочих перечисленных ранее технологий, позволяет оптимизировать процессы анализа данных, улучшая персонализированный подход к обучению. В результате пользователи получают доступ к удобной цифровой среде, в которой подготовка к тестированию становится более структурированной, эффективной и интерактивной.

Предложенная архитектура и технологические решения обеспечивают возможность дальнейшего развития системы, расширения ее функциональности и интеграции с другими образовательными платформами, что делает ее перспективным инструментом для цифрового обучения.

Список литературы

1. *Fowler M. Microservices: a Definition of This New Architectural Term. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://martinfowler.com/articles/microservices.html*

2. *Apache Kafka Documentation. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://kafka.apache.org/documentation/*

3. *ClickHouse Documentation. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://clickhouse.com/docs/en/*

УДК 004.415.2

SOFTWARE TOOL FOR AUTOMATION OF TRAINING IN PREPARATION FOR CENTRALIZED TESTING

Tarasevich K. V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kosareva E.M. – assistant of the department of ICSD

Annotation. This article discusses the architectural analysis and design of a software tool designed to automate preparation for centralized testing. The system is developed taking into account modern requirements for scalability, fault tolerance and high availability. Various architectural approaches are considered, including monolithic and microservice architecture. The key components of the system, their interaction and design principles that ensure efficient data processing and support for a large number of users are also described.

Keywords: automation of training, centralized testing, microservice architecture, Java, Spring, PostgreSQL, Redis, Kafka.

УДК 004.01,004.42,004.75+339.1

API КАК ПРОДУКТ В РАЗРАБОТКЕ КОМПЛЕКСНЫХ IT-РЕШЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАКУПОК И УПРАВЛЕНИЯ КРОСС-ПРОДАЖАМИ

Тиунчик Д.Р.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Шелест А.В. – магистр техники и технологии, ассистент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматривается модель «API как продукт» что позволяет централизовать документацию для всех микросервисов и превратить API в самостоятельное направление развития и источника дохода в B2B-сегменте.

Ключевые слова: API как продукт, OpenAPI, AsyncAPI, микросервисная архитектура.

Введение. Современные компании, ориентированные на цифровую трансформацию, уже не рассматривают *Application Programming Interface* (*API*) просто как внутренний способ интеграции сервисов. Всё чаще *API* позиционируют как продукт, создавая новые каналы монетизации и расширяя экосистему партнёров и клиентов. В сфере автоматизации закупок и управления кросс-продажами – продажи сопутствующих основной покупке товаров и услуг – это особенно актуально, так как возникает необходимость непрерывного обмена данными между различными сервисами (например, сборщик тендеров, аналитическая панель, модули кросс-продаж, системы оплаты и учёта). Потенциал такого подхода обсуждался в разных докладах, в том числе в выступлении А. Митина и Д. Смирнова на *T-Meetup: Java*, где подчёркивалась важность грамотного документирования *API* для повышения эффективности взаимодействия [1].

Основная часть. Основная проблема при проектировании комплексных систем типа *API* как продукт в том, что контракты[1] между сервисами (описанные через *OpenAPI, AsyncAPI* или другие спецификации) разбросаны и часто не синхронизированы. Разработчики и аналитики нередко тратят время на поиск актуальных версий, проверку изменений и согласование форматов запросов. Это приводит к ошибкам при интеграции, росту временных затрат и увеличению технического долга. В ходе реализации проекта по автоматизации закупок и управления кросс-продажами была выявлена проблема: необходимо было иметь все контракты в одном месте и в удобном виде, позволяющем быстро понимать, какие операции поддерживает тот или иной сервис.

Чтобы решить описанную задачу, был внедрен механизм централизованного документирования и генерации кода на основе *OpenAPI* и *AsyncAPI*. В частности, автоматически собираются спецификации от разных микросервисов, проверяется их валидность и актуальность, а затем генерируется код для *Java* (*backend*) и *React* (*frontend*). С помощью этого подхода система получает единый источник, где каждая сущность или метод неизменно отражены в соответствующей спецификации. При любых изменениях в контракте разработчик обновляет саму спецификацию, а затем повторно генерирует код, исключая расхождения между сервисами. При этом было принято решение не передавать исходники в *Swagger* напрямую, а обрабатывать их собственным инструментом, который выдаёт только действительно нужные для клиентов части контракта. Это избавляет

[1] **Контракт в микросервисной архитектуре** – это соглашение, определяющее, как два или более микросервиса взаимодействуют друг с другом. Он описывает формат и структуру данных, которые передаются между сервисами, а также протоколы и методы для обмена информацией. Контракт позволяет гарантировать, что сервисы будут правильно интерпретировать данные и обеспечивать совместимость между различными компонентами системы [2].

конечных пользователей от потока лишних деталей и технических полей, делая интеграцию проще и понятнее.

Создание *API* как продукта предполагает не только техническую реализацию интерфейсов, но и разработку модели монетизации. В предложенном решении пользователи платят за ежемесячную подписку, что даёт им доступ к сервисам на период действия выбранного тарифа, независимо от общего числа запросов. При этом действует лимит на количество запросов в час – это позволяет распределять нагрузку на систему и даёт определённую гарантию качества обслуживания, при этом не отпугивая клиентов жёсткими ограничениями по общему количеству обращений. Данный подход облегчает прогнозирование доходов от монетизации и одновременно сохраняет удобство для сторонних интеграторов. Они могут стабильно обращаться к *API*, придерживаясь лимитов, но не переживая о глобальных квотах.

Один из важных эффектов работы в парадигме «*API* как продукт» – масштабирование рынка: разработчики сторонних решений могут создавать надстройки и плагины, которые автоматически интегрируются в закупочные и кросс-продажные процессы. По мере расширения числа подписчиков улучшается лояльность к продукту и растёт сетевой эффект. Такой подход позволяет компании-разработчику конкурировать не просто на уровне предлагаемой функциональности (например, автоматического сбора данных о тендерах), но и на уровне экосистемы, к которой подключается всё больше участников. Для контроля этого процесса крайне важно обеспечить хорошо структурированную документацию, генерация которой автоматизирована с использованием *OpenAPI/AsyncAPI*, а также поддерживать стабильность версий, чтобы не нарушать взаимодействие с уже существующими интеграциями.

Заключение. В результате представленного подхода преимущества получают все стороны. Разработчики экономят время за счёт автоматизации документации и выстраивания стройной архитектуры взаимодействия сервисов. Клиенты (компании-покупатели) получают гарантированный доступ к тендерным данным в удобном формате и могут быстро встраивать новую функциональность в свои *ERP*/*CRM*-системы. Партнёры, интегрируясь с платформой, расширяют свой бизнес-профиль, а разработчик платформы укрепляет свой бренд, формируя новое направление дохода на рынке *B2B*-решений.

Список литературы

1. *Митин, А., Смирнов, Д. Документирование API / Доклад на T-Meetup: Java, 20 ноября 2024.*

2. *Тестирование контрактов микросервиса [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://yapro.ru/article/17798. Дата доступа: 18.03.2025.*

UDC 004.01,004.42,004.75+339.1

API AS A PRODUCT IN THE DEVELOPMENT OF COMPLEX IT SOLUTIONS: A CASE STUDY OF PROCUREMENT AUTOMATION AND CROSS-SELLING MANAGEMENT

Tsuinchyk D.R.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Shelest H.V. – Master of Engineering and Technology, assistant of the department of ICSD

Annotation. The article examines the 'API as a product' model, which enables the centralization of documentation across all microservices and transforms the API into a distinct development pathway and a revenue source within the B2B sector.

Keywords: API as a product, OpenAPI, AsyncAPI, microservices architecture.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЁТА МАТЕРИАЛЬНЫХ АКТИВОВ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ

Ершов Д.Г., Шамаль В.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Мигалевич С.А – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры информатики

Аннотация. В статье рассматриваются возможности использования нейросетевых технологий для автоматизации процесса учёта материальных активов. Особое внимание уделено применению нейронных сетей для оптимизации процедур инвентаризации, улучшения точности учёта и ускорения обработки данных. Предложены методы, которые позволяют значительно снизить человеческий фактор, повысив эффективность и достоверность учёта материальных активов в организациях.

Ключевые слова: нейронные сети, автоматизация, учёт материальных активов, инвентаризация, машинное обучение, искусственный интеллект, система управления активами.

Введение. В условиях цифровизации бизнес-процессов многие организации стремятся автоматизировать процессы учёта материальных активов. Традиционные методы инвентаризации требуют значительных временных затрат, высококвалифицированного персонала и подвержены человеческим ошибкам [1]. Современные методы, основанные на использовании нейронных сетей, открывают новые перспективы для повышения точности и скорости учёта материальных активов.

Основная часть. Нейросетевые технологии играют важную роль в повышении точности, ускорении процессов инвентаризации и улучшении управления материальными активами.

С помощью сверточных нейронных сетей (*CNN*) нейросети эффективно распознают и классифицируют объекты на изображениях, что ускоряет инвентаризацию товаров с использованием камер и сканеров [2]. Это значительно повышает точность учёта, минимизируя ошибки, связанные с ручной регистрацией.

Рекуррентные нейронные сети (*RNN*) применяются для анализа исторических данных и прогнозирования потребностей в материалах. Это помогает точнее планировать закупки и снижать затраты на ресурсы.

Нейросетевые алгоритмы также обрабатывают большие объёмы данных, выявляя скрытые зависимости и аномалии, такие как недостача или избыточные запасы. Это позволяет своевременно принимать обоснованные решения, оптимизируя использование ресурсов и сокращая затраты. Кроме того, нейросети уменьшают влияние человеческого фактора, ускоряют инвентаризацию и делают систему гибкой. Они адаптируются к изменениям в данных и правилах учёта, что повышает общую эффективность и снижает затраты. Нейросети не только автоматизируют процессы учёта, но и делают их более точными, быстрыми и экономичными.

Для успешного внедрения нейросетевых технологий в процесс учёта материальных активов требуется интеграция различных систем и алгоритмов. Важным шагом является использование датчиков и сканеров, которые позволяют автоматически идентифицировать и регистрировать объекты в учётной системе. Также необходимо обучать нейросети на основе исторических данных организации, что способствует повышению точности прогнозов и улучшению аналитических возможностей. Кроме того, интеграция нейросетевых решений с уже существующими *ERP*-системами обеспечивает плавный

переход к автоматизированным процессам учёта [3], минимизируя сложности и обеспечивая совместимость различных программных решений.

Для успешной реализации нейросетевой модели учёта материальных активов необходимо пройти несколько ключевых этапов.

Первый этап включает сбор данных, на котором осуществляется сбор информации о материальных активах. Это может быть информация о названии, типе, количестве, местоположении, истории перемещения, состоянии, а также другие важные характеристики, которые могут быть использованы для анализа.

Следующий этап – это предобработка данных, которая включает в себя не только очистку и нормализацию информации, но и подготовку необходимых признаков, которые будут использованы для обучения нейросетевой модели [4]. На этом этапе данные преобразуются в формат, удобный для дальнейшего анализа и обучения.

Далее происходит обучение модели, на котором используются различные архитектуры нейронных сетей. Например, для распознавания изображений активов применяются сверточные нейросети (*CNN*), а для анализа временных рядов – рекуррентные нейросети (*RNN*). Эти модели обучаются на подготовленных данных и настраиваются для выполнения задач, связанных с учётом материальных активов.

Завершающий этап включает тестирование модели, где проводится оценка её точности и эффективности. После этого, если модель прошла проверку, она интегрируется в существующую систему учёта для практического использования, что позволяет автоматизировать процессы и улучшить точность учёта.

Внедрение нейросетевых технологий в учёт материальных активов сталкивается с рядом вызовов, таких как высокая стоимость внедрения и необходимость в больших объёмах качественных данных для тренировки моделей. Малые и средние предприятия, имеющие ограниченные данные, могут столкнуться с трудностями на этом этапе [5]. Кроме того, интеграция нейросетей в уже существующие системы учёта может быть проблемной, если старые системы несовместимы с новыми технологиями. Поэтому важным этапом является обеспечение совместимости и интеграции новых решений с уже работающими системами.

В реальной практике уже применяются системы, использующие нейросети для учёта активов. Например, в крупных складах используется компьютерное зрение на основе нейросетей для мониторинга товаров в реальном времени. Также существует ряд программных решений для прогнозирования потребностей в материальных активах, основанных на анализе данных и машинном обучении.

Будущее применения нейросетей в учёте материальных активов связано с развитием технологий в области интернета вещей (*IoT*) и больших данных. С увеличением доступности технологий и снижением стоимости оборудования можно ожидать дальнейшее распространение нейросетевых решений в сфере учёта активов [6].

Заключение. Автоматизация учёта материальных активов с использованием нейросетевых технологий представляет собой важный шаг в повышении эффективности и точности инвентаризации. Несмотря на ряд вызовов, связанных с внедрением, преимущества от использования этих технологий очевидны и могут существенно изменить подходы к учёту и управлению активами.

Список литературы

1. *Бабенко, А. В. Нейронные сети в задачах автоматизации учёта материальных активов: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 12-13 мая 2022 года). – Москва: МГТУ, 2022. – С. 45-48.*

2. *Киселёв, В. М. Применение нейронных сетей в автоматизации инвентаризации: обзор современных подходов // Журнал "Автоматизация и управление". – 2021. – Т. 7. – С. 34-39. – DOI: 10.21336/jaul.2021.07.034.*

3. *Михайлов, А. В. Современные методы машинного обучения в учёте материальных активов // Научные достижения в области технологий управления. – Санкт-Петербург: Невский университет, 2023. – С. 102-108.*

4. *Яковлева, И. Н. Интеграция нейросетевых технологий с ERP-системами в учёте материальных активов: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 9-10 ноября 2024 года). – Новосибирск: НГУ, 2024. – С. 155-158.*

5. *Интеллектуальные системы и их применение в учёте: [Электронный ресурс]. / Национальная библиотека Рунета. – Режим доступа: http://library.ru/techsystems – Дата доступа: 20.02.2025.*

6. *Wang, Y., Zhang, L. Neural networks in asset management: A review // Journal of Artificial Intelligence in Business. – 2020. – Vol. 8. – P. 33-45. – DOI: 10.1016/j.aiinb.2020.03.004.*

7. *Литовченко В.Д., Щелкунов Е.Б., Щелкунова М.Е., Робачинский Д.В. Нейронные сети в современном образовании. Вестник научного общества студентов, аспирантов и молодых ученых. 2024. №1.*

8. *Павлов, Д. А. Искусственные нейросети в контексте науки и образования / Д. А. Павлов. – Текст: электронный // КИО. – 2017. – №6. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennye-neyroseti-v-kontekste-nauki-i-obrazovaniya. – Дата доступа: 26.02.2025.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

AUTOMATION OF ACCOUNTING OF TANGIBLE ASSETS THROUGH THE USE OF NEURAL NETWORKS

Ershov D.G, Shamal V.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Migalevich S.A. – Master of Tech. Sci., senior lecturer at the department of computer science

Annotation. The article discusses the possibilities of using neural network technologies to automate the accounting process of tangible assets. Particular attention is paid to the use of neural networks to optimize inventory procedures, improve accounting accuracy, and accelerate data processing. Methods are proposed that can significantly reduce the human factor, increasing the efficiency and reliability of accounting for tangible assets in organizations.

Keywords: neural networks, automation, accounting of tangible assets, inventory, machine learning, artificial intelligence, asset management system.

УДК 004.056.57

ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТЕЙ И УГРОЗ В СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ: МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АТАК

Ализода С.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, декан ФКП

Аннотация. В статье рассматриваются основные угрозы и уязвимости современных компьютерных сетей, включая зловредное ПО, фишинг, DDoS-атаки и социальную инженерию. Также анализируются методы оценки уязвимостей, такие как тестирование на проникновение и аудит безопасности. Описаны ключевые стратегии защиты, включая шифрование, многофакторную аутентификацию и сегментацию сети.

Ключевые слова: кибербезопасность, уязвимости, защита данных, DDoS, фишинг, тестирование на проникновение.

Введение. Современные компьютерные сети являются неотъемлемой частью жизни организаций и частных пользователей. Однако с их развитием увеличивается количество угроз и уязвимостей, которые могут привести к утечке данных, финансовым потерям и сбоям в работе систем. В данной статье рассмотрены основные методы оценки уязвимостей, классификация угроз, а также способы защиты и предотвращения атак.

Основная часть. Методика проведения эксперимента. Современные компьютерные сети подвержены множеству угроз, которые можно классифицировать следующим образом:

1 Зловредное ПО (Malware) – включает вирусы, трояны, черви, ransomware и spyware, которые могут повредить данные или нарушить работу системы. Они могут распространяться через заражённые файлы, электронную почту или вредоносные ссылки.

2 Фишинг (Phishing) – атаки, направленные на получение конфиденциальной информации путём обмана пользователей. Чаще всего реализуются через поддельные веб-сайты или электронные письма, маскирующиеся под легитимные организации.

3 DDoS-атаки (Distributed Denial of Service) – перегрузка сетевых ресурсов с целью отказа в обслуживании. Атакующий использует ботнеты для генерации большого объёма трафика, нарушая работу серверов и сервисов.

4 Атаки на уязвимости программного обеспечения – использование уязвимостей в коде программ с целью получения несанкционированного доступа. Такие атаки включают эксплуатацию переполнения буфера, SQL-инъекции и использование уязвимостей нулевого дня.

5 Социальная инженерия – методы психологического манипулирования с целью получения доступа к защищённым данным. Это может включать подделку личности, манипуляцию через телефонные звонки или электронные письма.

6 Вредоносные инсайдеры – сотрудники или партнеры организации, которые злоупотребляют своим доступом для кражи информации или саботажа системы.

7 Атаки на беспроводные сети – перехват данных в Wi-Fi-сетях через атаки типа «человек посередине» (MITM) или эксплуатацию слабых паролей и незащищённых соединений.

Эффективное управление кибербезопасностью требует регулярного анализа слабых мест в системе. Основные методы оценки уязвимостей включают:

– анализ угроз и рисков – выявление потенциальных угроз и оценка их вероятности и возможного ущерба. Используются методы количественного и качественного анализа рисков;

– тестирование на проникновение (Penetration Testing) – имитация атак для выявления слабых мест в системе. Проводится вручную или с помощью автоматизированных инструментов, таких как Metasploit;

– аудит безопасности – проверка соответствия системы установленным стандартам безопасности, таким как ISO 27001, NIST, PCI DSS;

– мониторинг сетевого трафика – анализ активности в сети для выявления аномального поведения. Используются инструменты, такие как Wireshark и Zeek;

– использование систем управления уязвимостями (Vulnerability Management Systems) – автоматизированные инструменты для поиска и исправления уязвимостей, такие как Nessus, Qualys и OpenVAS;

– ревизия прав доступа – регулярная проверка пользователей и их прав доступа для предотвращения несанкционированного использования информации;

– обнаружение и анализ вредоносного кода – применение sandboxes и поведенческого анализа для выявления неизвестных угроз.

Методы защиты и предотвращения атак. Для обеспечения безопасности компьютерных сетей применяются следующие методы:

1 Шифрование данных – использование криптографических алгоритмов (AES, RSA) для защиты информации от несанкционированного доступа.

2 Многофакторная аутентификация (MFA) – дополнительный уровень защиты учётных записей с использованием одноразовых кодов, биометрии или аппаратных ключей.

3 Межсетевые экраны (Firewall) – фильтрация трафика для предотвращения несанкционированного доступа. Аппаратные и программные межсетевые экраны позволяют блокировать вредоносный трафик.

4 Антивирусное программное обеспечение – выявление и удаление вредоносного ПО, обновление сигнатур угроз.

5 Системы предотвращения вторжений (IPS) и обнаружения атак (IDS) – мониторинг и блокировка подозрительных действий на основе сигнатур и аномалий в трафике.

6 Регулярное обновление программного обеспечения – устранение уязвимостей в операционных системах, приложениях и сетевых устройствах.

7 Обучение сотрудников – повышение осведомлённости о киберугрозах и безопасных методах работы, включая защиту от фишинга и управление паролями.

8 Резервное копирование данных – регулярное создание резервных копий и хранение их в защищённых местах для защиты от ransomware-атак и аппаратных сбоев.

9 Сегментация сети – разделение сети на зоны с разными уровнями доступа для уменьшения риска распространения атак.

10 Мониторинг событий безопасности (SIEM) – системы анализа логов и событий для выявления подозрительной активности и реагирования на инциденты.

Будущее кибербезопасности. С развитием технологий появляются новые угрозы и методы их предотвращения. Основные тенденции в области кибербезопасности включают:

– искусственный интеллект и машинное обучение – использование алгоритмов для выявления угроз в реальном времени;

– квантовая криптография – перспективная технология для обеспечения абсолютной безопасности коммуникаций;

– автоматизация кибербезопасности – внедрение автономных решений для реагирования на инциденты;

– безопасность Интернета вещей (IoT) – разработка стандартов защиты для подключённых устройств.

Заключение. Современные компьютерные сети сталкиваются с множеством угроз, требующих комплексного подхода к защите. Оценка уязвимостей, применение эффективных методов предотвращения атак и постоянное совершенствование систем безопасности позволяют минимизировать риски. Важно учитывать, что безопасность – это не разовое мероприятие, а постоянный процесс, требующий внимания и адаптации к новым угрозам. Использование передовых технологий и стратегий защиты позволит повысить уровень кибербезопасности и снизить вероятность атак.

Список литературы

1. *Stallings, W. Network Security Essentials: Applications and Standards. Pearson, 2022.*
2. *Schneier, B. Secrets and Lies: Digital Security in a Networked World. Wiley, 2015.*
3. *National Institute of Standards and Technology (NIST). Special Publication 800-30: Guide for Conducting Risk Assessments. Gaithersburg, MD: NIST, U.S. Department of Commerce.*
4. *OWASP. OWASP Top Ten Security Risks [Electronic resource]. – Available at: https://owasp.org/www-project-top-ten/. – Accessed: March 20, 2025.*
5. *Cloud Security Alliance. Official Website [Electronic resource]. – Available at: https://cloudsecurityalliance.org. – Accessed: March 20, 2025.*

UDC 004.056.57

ASSESSMENT OF VULNERABILITIES AND THREATS IN MODERN COMPUTER NETWORKS: METHODS OF PROTECTION AND PREVENTION OF ATTACK

Alizoda S.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V. – Cand. Of Sci., Associate Professor, Dean of FCAD

Abstract. The article discusses key threats and vulnerabilities in modern computer networks, including malware, phishing, DDoS attacks, and social engineering. It also analyzes vulnerability assessment methods such as penetration testing and security audits. Key protection strategies such as encryption, multi-factor authentication, and network segmentation are described.

Keywords: cybersecurity, vulnerabilities, data protection, DDoS, phishing, penetration testing.

УДК 004.056.57

ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ И ОБЛАЧНЫХ СИСТЕМАХ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Ализода С.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, декан ФКП

Аннотация. В статье рассматриваются основные угрозы безопасности в облачных и распределенных системах, включая утечку данных, атаки на учетные записи и DDoS-атаки. Проанализированы методы защиты, такие как шифрование, многофакторная аутентификация и мониторинг сетевого трафика. Особое внимание уделено перспективным направлениям, включая квантовую криптографию и автоматизацию кибербезопасности.

Ключевые слова: облачная безопасность, кибератаки, управление доступом, мониторинг, шифрование.

Введение. С развитием облачных технологий и распределённых вычислительных систем компании и пользователи получают доступ к удобным и масштабируемым сервисам. Однако наряду с преимуществами облачных решений возникают серьёзные проблемы безопасности, такие как утечка данных, несанкционированный доступ и атаки на инфраструктуру. В данной статье рассматриваются основные проблемы обеспечения безопасности в распределённых и облачных системах, а также предлагаются решения для их минимизации.

Основная часть. Распределённые и облачные системы подвержены ряду угроз, связанных с их архитектурными особенностями и методами хранения и обработки данных. Основные проблемы включают:

1 Утечка и компрометация данных – так как данные хранятся на серверах провайдеров облачных услуг, существует риск несанкционированного доступа, утечки или кражи конфиденциальной информации.

2 Отказ в обслуживании (DDoS-атаки) – злоумышленники могут перегрузить облачные сервисы, затрудняя доступ к ним для легитимных пользователей.

3 Уязвимости многопользовательской среды – виртуализация и совместное использование серверных мощностей могут привести к несанкционированному доступу к данным других пользователей.

4 Несанкционированный доступ и атаки на учетные записи – использование слабых паролей или недостаточная защита аутентификации может привести к компрометации учётных данных.

5 Отсутствие прозрачности у облачных провайдеров – пользователи зависят от мер безопасности, реализованных провайдером, и не всегда имеют полный контроль над защитой своих данных.

6 Законодательные и нормативные риски – компании, использующие облачные сервисы, должны соблюдать законы о защите данных, такие как GDPR и HIPAA, что усложняет администрирование.

Для обеспечения безопасности в облачных и распределённых системах применяются следующие методы и технологии:

1 Шифрование данных:

– шифрование в процессе передачи (TLS, SSL) защищает данные при обмене между клиентами и серверами;

– шифрование при хранении (AES, RSA) предотвращает несанкционированный доступ к данным в облаке;

– гомоморфное шифрование позволяет производить вычисления над зашифрованными данными без их расшифровки.

2 Многофакторная аутентификация (MFA): использование дополнительных факторов аутентификации (одноразовые коды, биометрия, аппаратные ключи) снижает риск компрометации учётных данных.

3 Управление доступом (IAM):

– политики контроля доступа (RBAC, ABAC) позволяют ограничивать права пользователей в облачных системах;

– реализация принципа наименьших привилегий снижает риски несанкционированного доступа.

4 Мониторинг и реагирование на инциденты:

– системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS) анализируют сетевой трафик и выявляют подозрительную активность;

– SIEM-системы (Security Information and Event Management) собирают и анализируют логи безопасности для выявления аномалий;

– автоматизация реагирования на инциденты (SOAR) ускоряет обработку угроз.

5 Защита виртуальных машин и контейнеров:

– сегментация сети ограничивает взаимодействие между виртуальными машинами и предотвращает боковые атаки;

– сканирование образов контейнеров помогает выявить уязвимости в контейнеризированных приложениях;

– политики безопасности Kubernetes обеспечивают контроль за развертыванием облачных сервисов.

6 Резервное копирование и аварийное восстановление:

– автоматизированные резервные копии обеспечивают защиту от потери данных при сбоях или атаках;

– размещение резервных копий в географически распределённых хранилищах повышает отказоустойчивость.

7 Безопасность API и облачных сервисов:

– использование OAuth 2.0 и OpenID Connect для безопасной аутентификации;

– мониторинг API-запросов и ограничение доступа к критически важным функциям.

8 Обучение пользователей и сотрудников:

– проведение тренингов по кибербезопасности снижает риск атак, связанных с социальной инженерией;

– создание политик безопасности, направленных на защиту корпоративных данных.

С развитием облачных технологий появляются новые методы защиты. Основные перспективные направления включают:

– искусственный интеллект и машинное обучение для анализа аномалий и автоматического выявления угроз;

– конфиденциальные вычисления (Confidential Computing) – использование аппаратных решений для безопасной обработки данных в облаке;

– квантовая криптография – создание новых алгоритмов защиты, устойчивых к атакам квантовых компьютеров;

– децентрализованные идентификационные системы – использование блокчейна для управления цифровыми удостоверениями.

Заключение. Безопасность распределённых и облачных систем требует комплексного подхода. Использование современных технологий шифрования, управления доступом, мониторинга и автоматизированного реагирования позволяет снизить риски атак. Однако

обеспечение кибербезопасности – это непрерывный процесс, требующий адаптации к новым угрозам и постоянного совершенствования стратегий защиты. Организации, активно инвестирующие в безопасность облачных решений, смогут защитить свои данные и минимизировать потенциальные угрозы.

Список литературы

1. *Stallings, W. Network Security Essentials: Applications and Standards. Pearson, 2022.*
2. *Shinder, D., Shinder, T. Cloud Security Handbook: Best Practices for Secure Cloud Computing. Packt, 2021.*
3. *Krutz, R. L., Vines, R. D. Cloud Security: A Comprehensive Guide to Secure Cloud Computing. Wiley, 2010.*
4. *National Institute of Standards and Technology (NIST). Special Publication 800-144: Guidelines on Security and Privacy in Public Cloud Computing. Gaithersburg, MD: NIST, U.S. Department of Commerce.*
5. *GDPR (General Data Protection Regulation) [Electronic resource]. – Available at: https://gdpr-info.eu/. – Accessed: March 20, 2025.*
6. *OWASP. Cloud Security Project [Electronic resource]. – Available at: https://owasp.org/www-project-cloud-security/. – Accessed: March 20, 2025.*
7. *Cloud Security Alliance (CSA) [Electronic resource]. – Available at: https://cloudsecurityalliance.org. – Accessed: March 20, 2025.*

UDC 004.056.57

SECURITY TECHNOLOGIES IN DISTRIBUTED AND CLOUD SYSTEMS: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Alizoda S.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V. – Cand. of Sci., Associate Professor, Dean of FCAD

Annotation. The article discusses key security threats in cloud and distributed systems, including data breaches, account hijacking, and DDoS attacks. It analyzes security methods such as encryption, multi-factor authentication, and network traffic monitoring. Special attention is given to future directions, including quantum cryptography and cybersecurity automation.

Keywords: cloud security, cyberattacks, access management, monitoring, encryption.

УДК 621.3

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И ОПОВЕЩЕНИЯ О ПОЖАРЕ

Деусова Е.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, декан ФКП

Аннотация. Обоснована необходимость разработки комплексной системы противопожарной безопасности в учреждении дополнительного образования. Описаны основные компоненты данной системы, выделены основные типы оборудования.

Ключевые слова: противопожарная безопасность, извещатель, приемно-контрольный прибор, система оповещения, система пожарной сигнализации.

Введение. Пожар может причинить множество проблем: угрожать здоровью людей, повредить их имущество, разрушить здания и важные объекты. Один из эффективных способов предотвратить пожар и уменьшить его последствия – это грамотно спроектированная система пожарной сигнализации и оповещения.

Вопрос обеспечения пожарной безопасности в образовательных учреждениях, включая школы, является одной из наиболее значимых задач для инженеров и проектировщиков. Учебные заведения часто эксплуатируются в течение многих лет и вмещают большое количество людей, среди которых дети, чья защита является главным приоритетом.

Решением данного вопроса является разработка комплексной системы противопожарной безопасности. Ее главной задачей является обеспечение своевременного обнаружения пожара и его признаков, а также эффективная передача сигналов к системе оповещения, что позволит минимизировать риски возникновения и развития пожара, а также обеспечить безопасную эвакуацию людей в случае возгорания.

Основная часть. Комплексная система противопожарной безопасности – это совокупность технических средств и организационных мероприятий, направленных на предотвращение, обнаружение и ликвидацию пожаров, а также на защиту жизни и здоровья людей, имущества и окружающей среды. Комплексная система противопожарной безопасности включает в себя различные компоненты, которые работают в единой системе для обеспечения максимальной безопасности.

Основными компонентами комплексной системы противопожарной безопасности являются: система пожарной сигнализации, система оповещения о пожаре, система автоматического пожаротушения, система контроля и управления доступом, система видеонаблюдения и система управления эвакуацией.

Комплексная система пожарной сигнализации и оповещения о пожаре представляет собой интегрированный набор технических решений и оборудования, предназначенных для обнаружения пожара, оповещения людей о возникновении опасности и обеспечения безопасной эвакуации.

В такой системе могут использоваться различные извещатели, однако самыми распространенными являются дымовые, тепловые и извещатели пламени. Дымовые извещатели реагируют на наличие дыма в воздухе. Ионизационные дымовые извещатели работают на основе ионизации воздуха. Внутри устройства находятся два электрода, между которыми проходит ток. При попадании дыма в камеру извещателя, ток уменьшается, что приводит к срабатыванию устройства. Оптические дымовые извещатели используют световой луч для обнаружения дыма. Когда дым попадает в камеру, он рассеивает свет, что приводит к изменению сигнала и срабатыванию извещателя. Существуют два типа:

точечные (для небольших помещений) и линейные (для больших пространств). Аспирационные дымовые извещатели эти устройства активно всасывают воздух из защищаемой зоны через систему труб и анализируют его на наличие частиц дыма. Они обеспечивают сверхраннее обнаружение пожара [1]. Применяются в местах, где установка традиционных извещателей невозможна. Тепловые извещатели работают на основе изменения физических и механических свойств материалов, чувствительных к температуре. Основные компоненты устройства включают контроллер и термочувствительный элемент (датчик). При повышении температуры до заданного уровня или при резком изменении температуры, датчик срабатывает и передает сигнал на управляющее устройство [2]. Извещатели пламени работают на основе обнаружения электромагнитного излучения, исходящего от пламени. Разные виды горящих материалов излучают свет в различных спектрах, что позволяет классифицировать извещатели по типу реагируемого излучения. Ультрафиолетовые извещатели реагируют на излучение, которое возникает при горении. Они эффективны в условиях, где присутствует высокая температура, но могут давать ложные срабатывания от других источников ультрафиолетового излучения, таких как сварка или молния. Инфракрасные извещатели чувствительны к излучению, которое выделяется при горении углеродсодержащих материалов. Они хорошо работают в запыленных помещениях, так как инфракрасное излучение менее подвержено поглощению пылью. Многоспектральные извещатели сочетают в себе чувствительные элементы для ультрафиолетового и инфракрасного диапазонов, что позволяет уменьшить количество ложных срабатываний и повысить надежность обнаружения.

Использование приемно-контрольных приборов (ПКП) играет ключевую роль в комплексной системе противопожарной безопасности. Они предназначены для приема, обработки и передачи сигналов от различных извещателей, а также для управления системами оповещения. ПКП принимает сигналы от различных типов извещателей и анализирует их на предмет наличия признаков пожара. Приборы обрабатывают полученные данные и формируют соответствующие сигналы тревоги или неисправности, которые могут быть переданы на пульт централизованного наблюдения. Активируют звуковые и световые сигнализаторы, информируя людей о необходимости эвакуации. Приборы следят за состоянием подключенных шлейфов сигнализации, что позволяет оперативно выявлять неисправности и предотвращать ложные срабатывания. При срабатывании извещателей ПКП может инициировать автоматическое пожаротушение, что способствует быстрому реагированию на возгорание [3].

Системы оповещения и управления эвакуацией предназначены для своевременного информирования людей о возникновении чрезвычайных ситуаций и обеспечения их безопасной эвакуации. Благодаря ним обеспечивается быстрое и эффективное оповещение людей о возникновении пожара или другой опасности с помощью звуковых и световых сигналов, а также голосовых сообщений. истемы помогают организовать безопасную эвакуацию, направляя людей к выходам и минимизируя риск паники. Это достигается через автоматизированные голосовые инструкции и визуальные указатели. Современные системы могут быть интегрированы с другими системами безопасности, такими как системы видеонаблюдения и контроля доступа, что позволяет повысить общую эффективность реагирования на чрезвычайные ситуации. А также обеспечивается мониторинг состояния оборудования и становится возможным автоматически выявлять неисправности, что позволяет поддерживать системы в рабочем состоянии и предотвращать ложные срабатывания.

Заключение. Комплексная система пожарной сигнализации и оповещения о пожаре является важным элементом обеспечения безопасности на объектах различного назначения, в частности в учреждениях дополнительного образования. Она позволяет не только обнаруживать и сигнализировать о пожаре, но и организовывать эффективную эвакуацию

людей, что критически важно для сохранения жизни и здоровья. Стоит отметить, что проектное решение системы пожарной сигнализации и оповещения о пожаре в учреждениях дополнительного образования должно быть комплексным и учитывать все аспекты безопасности, включая выбор оборудования, организацию оповещения и обучение персонала. Это позволит обеспечить безопасность всех находящихся в учреждении и минимизировать риски в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Список литературы

1. Юнитест [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.unitest.ru/about/publication/dymovye-pojarnye-izveshchateli.html. Дата доступа: 05.03.2025.

2. U-NET [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://u-net.ru/blog/teplovie-pozarnie-izveschateli. Дата доступа: 05.03.2025.

3. Формула охраны [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://naoxrane.ru/pos_rd_78_145_93_5.html. Дата доступа: 05.03.2025.

COMPREHENSIVE FIRE ALARM AND NOTIFICATION SYSTEM

Deusova E.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics[1], Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V. – Cand. of Sci., Associate Professor, Dean of the FCAD

Annotation. The necessity of developing a comprehensive fire safety system in educational institutions for additional education is justified. The main components of this system are described, and the primary types of equipment are highlighted.

Keywords: fire safety, detector, control and monitoring device, notification system, fire alarm system.

УДК 004.418

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И ВОПРОСЫ НАУЧНОЙ МЕТОДОЛОГИИ

Валюкевич В.О., Сурженко А.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Цявловская Н.В. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Работа посвящена анализу возможных причин феномена глобального потепления. В ней рассматривается, что потепление на Земле в течение XX века не является следствием антропогенной деятельности, а связано с природными факторами. Особое внимание уделяется важности применения последовательной научной методологии в исследовании климатических изменений. Показано, как правильное использование научных подходов помогает более точно определять истинные причины глобального потепления.

Ключевые слова: потепление, климат, солнечная активность, космогенные факторы, научная методология.

Введение. Вопрос о причинах глобального потепления в последние годы стал одним из наиболее обсуждаемых в числе актуальных естественнонаучных проблем. Несмотря на существенную неравномерность распределения по поверхности земли метеорологических станций и явную недостаточность имеющихся прямых измерений на разных уровнях атмосферы, становится очевидным, что в течение минувшего столетия средняя температура Земли увеличилась на 0,74 ± 0,18 ºС. Основная парадигма, принятая в настоящее время большинством экспертов и широко распространенная в общественном сознании, сводится к тому, что этот феномен, получивший название «глобальное потепление» (ГП), обусловлен преимущественно (на доверительном уровне более 90 %) антропогенными выбросами парниковых газов. Этот вывод сделан в результате работы более 2000 ведущих исследователей в составе Межгосударственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), созданной по инициативе ООН. Тем не менее, несмотря на очевидную авторитетность авторов указанного вывода, возникают серьезные сомнения в степени его обоснованности. В настоящей работе рассмотрен ряд аргументов, позволяющих усомниться в методологической выверенности антропогенной концепции ГП.

Основная часть. Определение средней температуры Земли сопряжено с большим набором трудностей и существенно зависит от применяемой методики усреднения данных. Расчет временных трендов температуры, кроме того, отягощен неопределенностями, связанными с тем, что в течение века существенно изменялось количество измерительных станций. Так, в начале XX в. сеть наземных метеостанций охватывала менее 50 % суши, спустя 100 лет – не более 90 % суши. Таким образом, мы располагаем систематическими данными, относящимися всего лишь к четверти площади земной поверхности. Можно заметить, что корректное усреднение данных, получаемых неравномерно расположенными и меняющимися по количеству станциями, представляет собой непростую задачу. Еще более отрывочны сведения о температуре атмосферы, полученные с помощью метеозондов на разных высотах. Сопоставление данных, полученных с помощью разных методов, приводит к существенно различным выводам о временном ходе температуры на Земле. Так, например, в работе М. Г. Огурцова приведены результаты определения роста глобальной температуры Земли за 1975–2007 гг: +0,50 ºС по данным сети наземных измерений; +0,38 ºС по данным спутниковых измерений для нижней тропосферы, группа RSS; +0,14 ºС, по данным спутниковых измерений для нижней тропосферы, группа UAH; +0,34 ºС, баллонные измерения в тропосфере на уровне 300–850 гПа. Указанные величины

потепления определены на основе анализа линейного тренда. Амплитуда годичных вариаций температуры, естественно, оказывается достаточно велика (0,3–0,7 ºС). Существенный вклад в общий тренд по спутниковым данным внес положительный всплеск 1998 г. с амплитудой около 0,7 ºС относительно среднего уровня за рассматриваемый период. Последующие после 1998 г. максимальные значения температуры оказываются снова ниже (не больше +0,2 ºС относительно среднего уровня), соответственно, нет уверенности, что примененный метод усреднения с помощью линейной аппроксимации можно считать адекватным. Тем не менее, даже с учетом указанных замечаний, по-видимому, в самом факте некоторого роста температуры сомневаться уже не приходится (рисунок 1) [7].

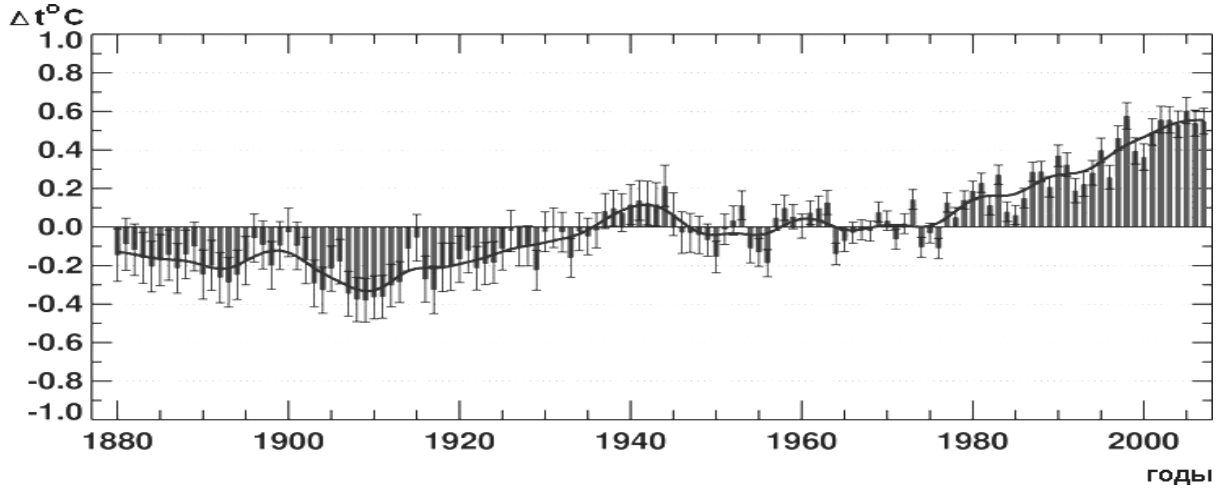


Рисунок 1 – Временные изменения амплитуды вариаций температуры над сушей и океаном по отношению к среднему значению за 1901–2000 гг. по данным NOAA (США)

Вопрос о глобальности потепления остается открытым. Мы предлагаем считать глобальными только те изменения, которые охватывают всю планету и приводят к значительным преобразованиям во всех геосферах. Однако строгие критерии отсутствуют. Например, рост температуры на 0,2–0,3 ºС за полвека может не считаться глобальным. Более того, есть признаки, что температурный максимум 1998 года пройден, и возможен переход к фазе похолодания. Таким образом, текущее потепление может быть локальным эпизодом в ряду климатических колебаний. Основной фактор, традиционно рассматриваемый как причина потепления, — антропогенные изменения, связанные с увеличением концентрации парниковых газов (CO_2, CH_4, NO_x). За последние 800 000 лет концентрация CO_2 выросла с 280 до 379 ppm (рисунок 2) [6].

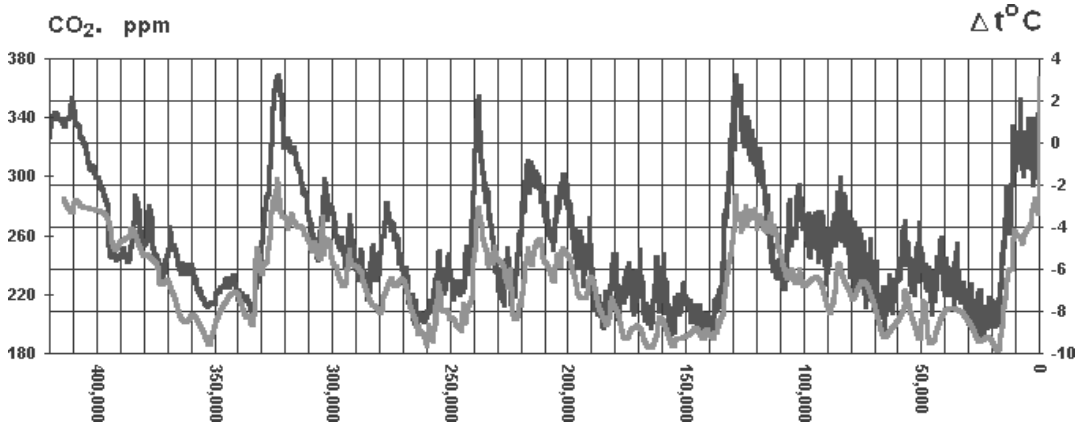


Рисунок 2 – Концентрация углекислого газа в атмосфере за последние 800 000 лет

На рисунке 2 показана динамика концентрации углекислого газа в атмосфере за последние 800 000 лет. Важным моментом является то, что в историческом контексте концентрация CO_2 оставалась довольно стабильной в течение длительных промежутков времени. Однако в последние столетия происходит резкое увеличение этой концентрации, особенно с начала промышленной революции в XIX веке. Это наглядно демонстрирует, как антропогенные воздействия, связанные с промышленным развитием и использованием ископаемых источников энергии, начали оказывать огромное влияние на атмосферу Земли [6]. В ответ на угрозу глобального потепления и климатических изменений, вызванных антропогенными выбросами парниковых газов, разрабатываются различные меры по снижению этих выбросов. В частности, активно развиваются следующие направления:

– развитие солнечной и ветровой энергетики, а также совершенствование технологий для более эффективного использования энергии, могут значительно сократить выбросы углекислого газа [8].

– существует ряд технологий, направленных на улавливание и хранение углекислого газа (CCS – Carbon Capture and Storage), а также на восстановление экосистем, таких как леса, которые могут поглощать углекислый газ и уменьшать его концентрацию в атмосфере.

– использование более экологичных методов сельского хозяйства, таких как улучшение управления выбросами метана в животноводстве и увеличение поглощения углерода в почвах, может существенно повлиять на снижение антропогенных выбросов.

Несмотря на все вышеуказанные данные и поддержку антропогенной теории глобального потепления, существует ряд критических замечаний в адрес подходов, используемых для измерения и интерпретации этих данных. Прежде всего, как уже упоминалось, существует определенная сложность в оценке антропогенного вклада в климатические изменения из-за несоответствия временных и пространственных масштабов, а также различных методов обработки данных [8]. Некоторые ученые высказывают сомнения, что вся роль антропогенных факторов в изменении климата настолько велика, как это представляется в широких научных и общественных кругах. Они предполагают, что изменения в климатической системе Земли могут быть вызваны и другими факторами, например, природными колебаниями солнечной активности или изменениями в океанских течениях. В наших предыдущих работах мы кратко упомянули основные внешние причины, способные влиять на температурный режим Земли. К числу этих причин можно отнести изменения параметров орбиты Земли, эффекты, связанные с движением Солнечной системы по (возможно, эллиптической) орбите вокруг центра Галактики, включая периодическое удаление от плоскости, перпендикулярной оси вращения Галактики, вход в газопылевые облака и даже возможное влияние сгущений «темной материи». На параметры экосистемы Земли могут также влиять такие факторы, как взрывы сверхновых звезд (особенно близких), облучение мощными потоками гамма-лучей вследствие космических взрывов разной природы, мощные импактные события и т. д. Однако, безусловно, основным претендентом на влияние на Землю является Солнце [9].

В рамках одной из гипотез, связывающих колебания температуры на Земле с внешними факторами, предполагается, что со временем происходят вариации режима энерговыделения Солнца. В результате общий поток лучистой энергии в виде электромагнитного излучения во всем спектре, в совокупности с потоком солнечного ветра (потоком частиц, преимущественно содержащим протоны и ядра атомов гелия), изменяется. Поскольку практически вся тепловая энергия Земли поступает от Солнца (за исключением тепла из недр планеты), можно предположить, что изменения температуры на Земле связаны с изменением общего потока солнечного излучения. Одной из версий придерживается Х. Абдусаматов, который утверждает, что периодически и незначительно

изменяется радиус Солнца, что влечет за собой изменение общей площади его поверхности и соответствующее изменение светимости (суммарного потока излучения).

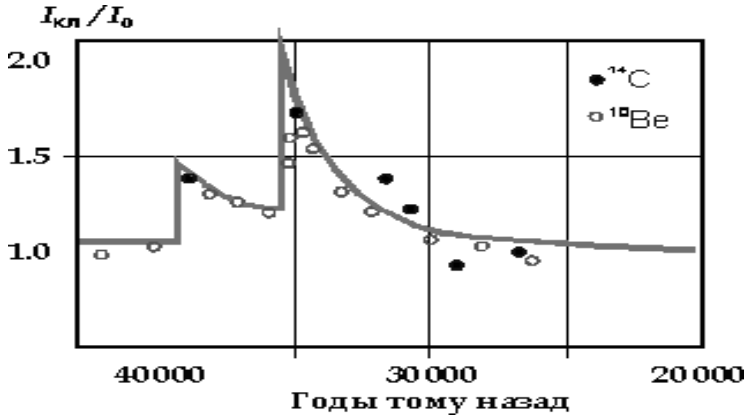


Рисунок 3 – Космогенный след взрыва близкой сверхновой звезды в концентрациях атмосферных ^{14}C и ^{10}Be. $I_{кл}/I_0$ – относительная интенсивность космических лучей по отношению к уровню, характерному для невозмущенного периода

Предполагается, что это может быть связано с вариациями физических параметров в ядре Солнца [10]. Одним из доводов, приводимых автором, является повышение температуры на Марсе за последние 30 лет на 0,65 °C, что почти синхронно с земным потеплением. Абдусаматов считает, что это факт противоречит идее антропогенного потепления, так как на Марсе техногенные выбросы не играют роли. Тем не менее, данная гипотеза подвергается критике. Л. Фентон выдвинул гипотезу, что причиной потепления может быть «антипарниковый эффект» — дополнительное поглощение солнечного тепла пылью, поднятой в атмосферу Марса во время глобальных пылевых бурь. Если эта гипотеза верна, то изменения температуры на Марсе могут быть объяснены без привлечения изменений солнечного излучения. Абдусаматов не учитывает и не опровергает гипотезу Фентона, что нарушает принципы научного подхода. Кроме того, изменения радиуса Солнца пока не подтверждены экспериментально и только планируются в рамках будущего российско-украинского эксперимента "Астрометрия". Также гипотеза о колебаниях температуры в ядре Солнца остается неподтвержденной. Таким образом, гипотеза Абдусаматов пока не фальсифицирована и нуждается в дальнейшем исследовании.

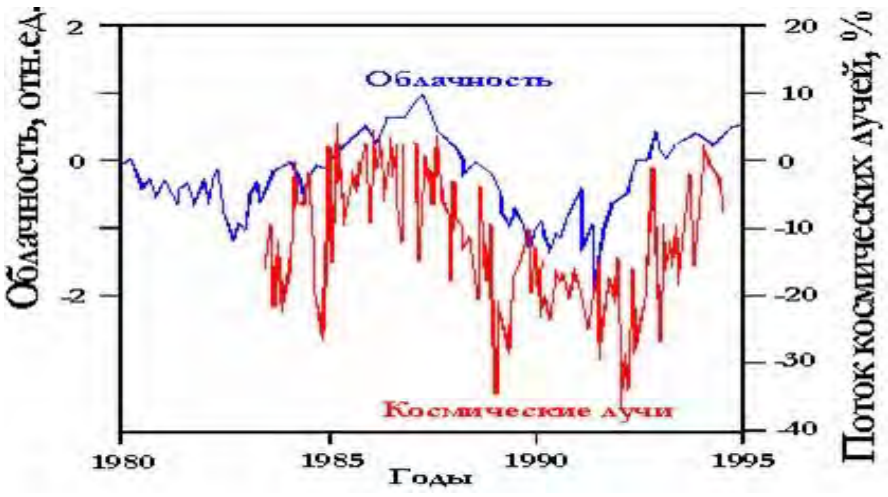


Рисунок 4 – Диаграмма изменений радиуса Солнца, предложенная Х. Абдусаматовым, предполагающая его увеличение в периоды солнечной активности

Заключение. В результате исследования можно сделать несколько ключевых выводов. Глобальное потепление обусловлено как природными процессами, так и внешними факторами, среди которых важную роль играет солнечная активность. Изменения климата XX века могут быть связаны с колебаниями солнечной активности, и это необходимо учитывать при анализе глобальных температурных изменений. Антропогенные факторы, хотя и влияют на климат, не являются основным механизмом потепления. Влияние человеческой деятельности недостаточно велико, чтобы полностью объяснить наблюдаемые изменения. Для правильной оценки причин глобального потепления необходим комплексный подход, включающий всесторонний анализ всех факторов, включая солнечную активность. Будущие исследования должны опираться на научно обоснованные данные и методы, избегая субъективных интерпретаций, чтобы точнее понять закономерности климатических изменений и создать более точные прогнозы.

Список источников

1. *Абдусаматов Х. С. Солнце определяет климат // Наука и жизнь. – 2009. – № 1. – С. 34–42.*
2. *Башкирцев В. С. Солнечная активность и прогноз климата Земли. – Избранные проблемы астрономии / В. С. Башкирцев, Г. П. Машнич // Материалы науч.-практ. конф. «Небо и Земля» (Иркутск, 21–23 ноября 2006 г.). – Иркутск : Иркут. ун-т, 2006. – С. 248–254.*
3. *Дергачев В. А. Долговременная солнечная активность – контролирующий фактор глобального потепления 20 века / В. А. Дергачев, О. М. Распопов // Солнечно-земная физика : сб. науч. тр. / РАН, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики. – Новосибирск : СО РАН, 2008. – Вып. 12 (125). – Т. 2. – С. 272–275.*
4. *Карпов М. Пыль стала причиной глобального потепления на Марсе / М. Карпов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http:// science.compulenta.ru / 313933, 06.04.2007.*
5. *Карташев Н. Несогласные с главенствующей теорией изменения климата ученые получают угрозы / Н. Карташев. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://science. compulenta. ru /310584/, 14. 03. 2007.*
6. *Леви К. Г. Глобальные потепления и похолодания в истории Земли и их причины / К. Г. Леви, С. А. Язев, Н. В. Задонина // Тр. Вост.-Сиб. отд-ния АПВН. – Вып. 2. – Новосибирск : Наука, 2005. – С. 21–36.*
7. *Огурцов М. Г. Глобальное потепление – вопросы без ответов // Солнечно-земная физика : сб. науч. тр. / РАН, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики. – Новосибирск : СО РАН, 2008. – Вып. 12 (125). – Т. 2. – С. 295–296.*
8. *Сорохтин О. Г. Парниковый эффект: миф и реальность // Вестн. РАЕН. – 2001. – Т. 1, № 1. – С. 6–21.*
9. *Сорохтин О. Г. Эволюция и прогноз изменений глобального климата Земли / О. Г. Сорохтин. – М. ; Ижевск : Ин-т компьютерных исследований, ИНЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2006. – 88 с.*
10. *Friis-Christensen E. Length of the solar cycle: an indicator of solar activity closely associated with climate / E. Friis-Christensen, K. Lassen // Science. – 1991. – Vol. 254, N 5032. – P. 698–700.*
11. *Scafetta N. Is Climate Sensitive to Solar Variability? / N. Scafetta, B. West // Physics Today. – 2008. – March. – P. 5*

UDC 004.418

GLOBAL WARMING AND ISSUES OF SCIENTIFIC METHODOLOGY

Surzhenko A.D., Valykevich V.O.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tsyavlovskaya N.V – Master of Tech. Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The paper is devoted to the analysis of possible causes of the global warming phenomenon. It considers that the warming of the Earth during the twentieth century is not a consequence of anthropogenic activity, but is related to natural factors. Special attention is paid to the importance of applying a consistent scientific methodology in the study of climate change. It shows how the proper use of scientific approaches helps to determine more accurately the true causes of global warming.

Keywords: warming, climate, solar activity, cosmogenic factors, scientific methodology.

УДК 004.8:339.1

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКТА

Нуансенгси Д.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пискун Г.А. – к.. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье подробно рассматриваются теоретические и практические аспекты применения искусственного интеллекта (ИИ) в прогнозировании жизненного цикла продукта (ЖЦП). Анализируются ключевые методы, включая нейронные сети, алгоритмы временных рядов и кластеризации, которые используются для предсказания спроса, выявления рыночных трендов и оптимизации управления продуктами. Приведены примеры теоретических моделей, применимых в различных секторах экономики. Рассматриваются ограничения существующих подходов и направления их совершенствования.

Ключевые слова: жизненный цикл продукта, искусственный интеллект (ИИ), прогнозирование спроса, нейронные сети, временные ряды, кластеризация.

Введение. Жизненный цикл продукта (ЖЦП) включает последовательные этапы существования товара на рынке: внедрение, рост, зрелость и спад. Управление ЖЦП позволяет минимизировать издержки, прогнозировать спрос и своевременно адаптироваться к изменениям рыночной среды.

Традиционные методы анализа ЖЦП опираются на статистические модели и экспертные оценки, что делает их менее точными в условиях высокой волатильности рынка. Современные технологии искусственного интеллекта позволяют использовать большие объёмы данных для более точного прогнозирования и автоматизации управленческих решений [1].

Цель исследования – рассмотреть ключевые методы ИИ, применяемые для прогнозирования ЖЦП, и их влияние на принятие бизнес-решений.

Основная часть. Современные алгоритмы ИИ позволяют автоматизировать прогнозирование спроса, анализировать динамику рынка и выявлять закономерности на основе данных. Рассмотрим наиболее эффективные подходы:

1 Нейронные сети: LSTM (Long Short-Term Memory) и GRU (Gated Recurrent Unit) широко применяются для прогнозирования временных рядов. Эти модели учитывают сложные нелинейные зависимости и позволяют предсказывать спрос с высокой точностью.

2 Алгоритмы временных рядов: модель Prophet, разработанная Facebook, учитывает сезонность, долгосрочные тренды и аномалии, что делает её полезной для прогнозирования рыночного спроса на товары.

3 Кластеризация и сегментация: методы K-means, DBSCAN позволяют сегментировать клиентов и прогнозировать поведенческие тренды, что используется для персонализации маркетинговых стратегий [2].

4 Гибридные модели: объединение нейросетевых подходов с традиционными экономическими моделями позволяет повысить точность прогнозов и сделать их интерпретируемыми.

Методы ИИ позволяют решать ключевые задачи на различных стадиях жизненного цикла продукта:

1 Внедрение:

– прогнозирование первичного спроса на основе анализа социальных сетей, новостных трендов и онлайн-запросов;

– определение целевой аудитории с помощью алгоритмов машинного обучения.

2 Рост:

– оптимизация маркетинговых кампаний с помощью предиктивной аналитики;

– прогнозирование роста спроса на основе временных рядов.

3 Зрелость:

– кластеризация клиентов для персонализированного ценообразования и удержания аудитории;

– рекомендательные системы для увеличения повторных покупок.

4 Спад:

– определение момента вывода товара с рынка на основе анализа исторических данных;

– оптимизация запасов и логистических процессов.

Реальные примеры использования методов искусственного интеллекта (ИИ) для решения задач управления жизненным циклом продукта (ЖЦП) демонстрируют эффективность и практическую ценность этих технологий. Рассмотрим несколько конкретных кейсов:

Прогнозирование спроса на смартфоны. Компания, производящая смартфоны, столкнулась с проблемой неточного прогнозирования спроса на новые модели, что приводило к избыточным запасам или дефициту продукции. Для решения этой проблемы была разработана система прогнозирования на основе нейронных сетей LSTM (Long Short-Term Memory). Система анализировала данные о продажах предыдущих моделей, данные из социальных сетей (например, упоминания о новых моделях, отзывы пользователей), данные о маркетинговых активностях (рекламные кампании, промоакции) и макроэкономические показатели (ВВП, уровень инфляции). В результате точность прогнозирования спроса на новые модели удалось повысить до 87%, что позволило компании оптимизировать производственные мощности, сократить издержки на хранение запасов и повысить удовлетворенность клиентов.

В частности, анализ данных из социальных сетей позволил выявлять ранние признаки интереса к новым моделям, такие как увеличение числа упоминаний, появление положительных отзывов и комментариев. Это позволило компании своевременно реагировать на изменения спроса и корректировать производственные планы. Кроме того, система учитывала влияние маркетинговых активностей на спрос, что позволяло оптимизировать рекламные кампании и повышать их эффективность.

Использование нейронных сетей LSTM позволило учитывать временные зависимости и нелинейные связи между различными факторами влияния на спрос. Это обеспечило более высокую точность прогнозирования по сравнению с традиционными статистическими методами.

Оптимизация запасов в ритейле. Крупная розничная сеть, имеющая множество магазинов в различных регионах, столкнулась с проблемой оптимизации запасов в каждом магазине. Разные магазины обслуживали разные сегменты клиентов с разными потребностями и предпочтениями. Для решения этой проблемы была применена кластеризация клиентов на основе данных о покупках, демографических характеристиках и местоположении магазинов.

В результате были выделены несколько сегментов клиентов, характеризующихся схожими потребностями и предпочтениями. Для каждого сегмента клиентов были разработаны индивидуальные стратегии управления запасами, учитывающие особенности их спроса. Это позволило розничной сети точнее прогнозировать потребности отдельных сегментов клиентов, минимизировать складские издержки и повысить уровень обслуживания клиентов.

Например, для сегмента клиентов, предпочитающих товары премиум-класса, были увеличены запасы соответствующих товаров. Для сегмента клиентов, чувствительных к цене, были организованы промоакции и скидки на товары с высоким уровнем запасов.

Прогнозирование ЖЦП лекарственных препаратов. Фармацевтические компании сталкиваются с высокими рисками и затратами при разработке и выводе на рынок новых лекарственных препаратов. Прогнозирование времени вывода препаратов на рынок и оценка их потенциального успеха являются критически важными задачами. Для решения этих задач используются гибридные модели, объединяющие методы машинного обучения с экспертными знаниями и экономическими моделями.

Система анализирует данные клинических испытаний (эффективность, безопасность, побочные эффекты), данные о конкурентной среде (наличие аналогов, патенты), данные о законодательных факторах (процедуры одобрения, регуляторные требования) и данные о маркетинговых активностях (рекламные кампании, продвижение). В результате прогнозируется время вывода препаратов на рынок, оценивается их потенциальный успех и разрабатываются стратегии продвижения [3].

Например, анализ данных клинических испытаний позволяет оценивать вероятность одобрения препарата регуляторными органами и прогнозировать его эффективность и безопасность в реальных условиях. Анализ данных о конкурентной среде позволяет оценивать рыночную долю препарата и разрабатывать стратегии конкурентной борьбы.

Использование гибридных моделей позволяет учитывать различные факторы влияния на ЖЦП лекарственных препаратов и повышать точность прогнозирования.

Несмотря на значительные преимущества, использование ИИ в прогнозировании ЖЦП сопряжено с рядом вызовов, которые необходимо учитывать для успешной реализации и масштабирования таких систем [4]. Рассмотрим основные из них:

Качество данных. Модели ИИ требуют больших объемов качественных данных для обучения и обеспечения высокой точности прогнозов. Высокая чувствительность моделей к пропущенным и некорректным данным требует тщательной предварительной обработки, очистки и валидации данных. Необходимо разрабатывать методы обработки данных, устойчивые к шумам и выбросам, а также обеспечивать интеграцию данных из различных источников.

Этичность. Автоматизация принятия решений с помощью ИИ может вызывать этические вопросы, связанные с прозрачностью, справедливостью и ответственностью. В частности, автоматизированные системы прогнозирования спроса и оптимизации запасов могут повлиять на рыночную конкуренцию и доступность товаров для различных групп потребителей. Необходимо разрабатывать и применять этические принципы и стандарты для использования ИИ в управлении ЖЦП, а также обеспечивать прозрачность и объяснимость алгоритмов принятия решений.

Интерпретируемость моделей. Глубокие нейросетевые модели, такие как LSTM и GRU, часто рассматриваются как "черные ящики", что затрудняет понимание логики их работы и принятых решений [5]. Сложность интерпретации моделей может снижать доверие к результатам прогнозирования и затруднять принятие управленческих решений на их основе. Необходимо разрабатывать методы повышения интерпретируемости моделей ИИ, такие как визуализация внутренних представлений, анализ чувствительности и объяснение отдельных прогнозов.

Перспективные направления развития ИИ для прогнозирования ЖЦП включают:

1 Улучшение объяснимости ИИ (Explainable AI, XAI). Разработка методов, позволяющих понимать и интерпретировать решения, принимаемые моделями ИИ. Это позволит повысить доверие к результатам прогнозирования и облегчить принятие управленческих решений.

2 Создание адаптивных моделей. Разработка моделей, способных адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям и учитывать новые факторы влияния на ЖЦП. Это позволит повысить устойчивость и точность прогнозов в условиях неопределенности.

3 Интеграция мультимодальных данных. Использование различных типов данных, таких как текстовые данные из социальных сетей, изображения товаров и видеоролики, для

повышения точности и полноты прогнозирования ЖЦП. Это позволит учитывать различные аспекты восприятия продукта потребителями и лучше понимать их потребности.

4 Разработка гибридных моделей. Объединение методов машинного обучения с традиционными экономическими моделями и экспертными знаниями для улучшения точности и интерпретируемости прогнозов.

5 Использование трансферного обучения. Применение моделей, обученных на больших объемах данных из других областей, для решения задач прогнозирования ЖЦП. Это позволит сократить затраты на обучение моделей и повысить их точность в условиях ограниченного объема данных.

Заключение. Применение ИИ для прогнозирования ЖЦП позволяет компаниям принимать более обоснованные решения, снижать затраты и адаптироваться к изменениям рынка. Использование нейросетей, алгоритмов временных рядов и кластеризации позволяет точно прогнозировать спрос и управлять жизненным циклом продукта. Будущее данной области связано с развитием интерпретируемого ИИ, а также совершенствованием алгоритмов анализа данных. Интеграция этих технологий в бизнес-процессы позволит компаниям значительно повысить эффективность управления ЖЦП.

Список литературы

1. *Kotler, P., & Armstrong, G. (2018). Principles of Marketing (17th ed.). Pearson Education.*

2. *Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). Forecasting: principles and practice (2nd ed.). OTexts.*

3. *Berson, A., Smith, S., & Thearling, K. (2000). Building data mining applications for CRM. McGraw-Hill.*

4. *Kumar, V., & Shah, D. (2009). Expanding the role of marketing: From customer centricity to customer-stakeholder centricity. Journal of the Academy of Marketing Science, 37(4), 499-512.*

5. *Dhillon, I. S., & Modha, D. S. (2001). Concept decompositions for knowledge discovery using sparse data. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 13(5), 773-789.*

UDC 004.8:339.1

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PRODUCT LIFECYCLE FORECASTING

Nuansengsy D.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Piskun G.A. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article discusses in detail the theoretical and practical aspects of applying artificial intelligence (AI) in forecasting the product lifecycle (PLC). Key methods are analyzed, including neural networks, time series algorithms, and clustering, which are used to predict demand, identify market trends, and optimize product management. Examples of theoretical models applicable in various sectors of the economy are given. The limitations of existing approaches and directions for their improvement are considered.

Keywords: product lifecycle, artificial intelligence (AI), demand forecasting, neural networks, time series, clustering.

УДК 004.021:621.396

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ БПЛА

Бородич А.А., Крень М.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научные руководители: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС, Бавбель Е.И. – аспирант кафедры ПИКС

Аннотация. В статье проведен сравнительный анализ современных методов и алгоритмов обработки изображений, используемых в беспилотных летательных аппаратах (БПЛА). Рассмотрены традиционные и новейшие подходы к обработке изображений, такие как методы фильтрации, сегментации, глубокого обучения и гибридные алгоритмы. Проведена оценка эффективности различных методов с учетом таких параметров, как точность, вычислительная сложность и адаптивность к условиям съемки. На основе анализа предложены рекомендации по выбору оптимальных алгоритмов для повышения точности обнаружения и идентификации объектов в задачах БПЛА.

Ключевые слова: БПЛА, обработка изображений, алгоритмы, фильтрация, сегментация, глубокое обучение, гибридные алгоритмы.

Введение. С развитием технологий беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) существенно возросла их роль в различных сферах, таких как мониторинг окружающей среды, сельское хозяйство, военные операции и поисково-спасательные работы. Одним из ключевых аспектов их эффективного использования является способность точно и быстро обрабатывать визуальную информацию. Обработка изображений, полученных с камер БПЛА, представляет собой сложную задачу, требующую применения современных методов и алгоритмов для повышения точности и надежности анализа данных. В последние годы появились новые алгоритмы и подходы, позволяющие значительно улучшить точность и скорость обработки изображений, а также сделать системы более устойчивыми к внешним условиям, таким как плохая видимость, изменение освещенности и наличие шумов [1-8].

Цель работы заключается в анализе методов обработки изображений, применяемых в БПЛА, с целью оптимизации их применения для решения различных задач, таких как детекция объектов, распознавание и сегментация изображений, а также в разработке рекомендаций по выбору наиболее эффективных подходов в зависимости от условий эксплуатации.

Основная часть. Традиционные методы обработки изображений включают фильтрацию и сегментацию, которые позволяют улучшить качество изображений и выделить объекты для дальнейшего анализа. Наиболее распространенными являются фильтры Гаусса и медианный фильтр, которые используются для устранения шумов и улучшения четкости изображений. Для сегментации часто применяются методы, такие как пороговая сегментация и алгоритмы кластеризации, которые разделяют изображение на области с одинаковыми характеристиками. Эти методы остаются актуальными для задач с ограниченными вычислительными ресурсами, где требуется быстрая и относительно простая обработка данных [9].

С развитием искусственного интеллекта глубокое обучение стало основным инструментом для обработки изображений в БПЛА. Алгоритмы, такие как сверточные нейронные сети (*CNN*), обеспечивают высокую точность в распознавании объектов, даже в сложных условиях съемки. Преимущества глубокого обучения заключаются в его способности адаптироваться к различным условиям съемки, а также в возможности извлечения признаков из изображений, что значительно повышает точность

идентификации объектов. Однако эти методы требуют значительных вычислительных мощностей и часто сопряжены с проблемой высокой вычислительной сложности и потребления энергии, что может ограничивать их использование в реальных условиях [10].

Гибридные алгоритмы сочетают традиционные методы обработки изображений с подходами глубокого обучения, что позволяет объединить преимущества обеих технологий. Например, использование предварительной фильтрации и сегментации для улучшения качества изображения, а затем применение нейронных сетей для более точного распознавания и классификации объектов. Этот подход позволяет существенно снизить вычислительные затраты, одновременно повышая точность и скорость обработки.

Сравнительный анализ проведённых методов показывает, что традиционные алгоритмы обработки изображений наиболее эффективно применяются для решения задач с низкими требованиями к вычислительным ресурсам. К таким задачам относятся фильтрация шума, выделение краев, а также предварительная обработка изображений. Например, использование фильтра Гаусса для сглаживания изображения или алгоритмов детекции краев, идеально подходит для базовой обработки, где высокое качество работы с данными не является критически важным. Такие методы быстро выполняются и требуют минимальных вычислительных мощностей, что делает их идеальными для реализации в условиях ограниченных ресурсов, например, на малых БПЛА с ограниченной вычислительной мощностью.

В свою очередь, методы машинного обучения демонстрируют гораздо более высокую точность в задачах классификации объектов, таких как распознавание лиц или автомобильных номеров [13, 14], и при этом обеспечивают сбалансированное сочетание скорости и производительности. Например, алгоритмы, использующие метод опорных векторов (*SVM*) или случайные леса, могут быть обучены на большом количестве данных и применять полученную модель для классификации новых изображений. Эти методы требуют больше вычислительных ресурсов по сравнению с традиционными подходами, но их производительность достаточно хороша для многих реальных приложений, таких как мониторинг сельскохозяйственных угодий с БПЛА или распознавание объектов на изображениях, полученных с камеры.

Однако, нейросетевые подходы (сверточные нейронные сети, такие как *ResNet*, *VGG* и *YOLO*) обеспечивают наилучшие результаты в сложных задачах, таких как детекция и сегментация объектов в реальном времени [11]. Эти методы могут эффективно справляться с различными условиями освещенности, фоновыми шумами и сложными сценами, что делает их незаменимыми для работы в сложных и динамичных условиях. Например, алгоритм *YOLO* (*You Only Look Once*) известен своей высокой точностью в реальном времени при обнаружении объектов на видео, что идеально подходит для применения в системах видеонаблюдения или при анализе движущихся объектов с БПЛА [12]. Однако нейросетевые методы требуют гораздо больше вычислительных ресурсов и времени на обучение моделей. В реальных приложениях они часто применяются в сочетании с мощными серверами или специализированными процессорами (например, *GPU*), что делает их более требовательными к аппаратным ресурсам.

Заключение. Выбор подходящего метода обработки изображений зависит от конкретных задач и ограничений системы. Традиционные алгоритмы идеально подходят для задач с ограниченными ресурсами и меньшими требованиями к качеству обработки. Методы машинного обучения предоставляют хороший компромисс между точностью и производительностью, что делает их подходящими для широкого спектра приложений. Нейросетевые подходы, несмотря на свою высокую точность, требуют значительных вычислительных мощностей и времени на обучение, что следует учитывать при планировании их использования в реальных условиях эксплуатации БПЛА.

Список литературы

1. *Алексеев, В. Ф. Автономная посадка БПЛА с использованием визуального сервоуправления = Autonomous UAV landing using visual servo control / В. Ф. Алексеев, Е. И. Бавбель // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 472–479.*

2. *Алексеев, В. Ф. Оценка облаков точек БПЛА с помощью искусственного интеллекта = Assessment of UAV point clouds using artificial intelligence / В. Ф. Алексеев, Е. И. Бавбель // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 12–18.*

3. *Бавбель, Е. И. Использование беспилотных летательных аппаратов для эпидемиологического надзора за инфекционными заболеваниями = Use of unmanned aerial vehicles for epidemiological surveillance of infectious diseases / Е. И. Бавбель, В. Ф. Алексеев // Медэлектроника–2024. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей XIV Международной научно-технической конференции, Минск, 5–6 декабря 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники [и др.]. – Минск, 2024. – С. 140–143.*

4. *Бавбель, Е. И. Возможности компьютерного зрения для беспилотных летательных аппаратов / Е. И. Бавбель, В. Ф. Алексеев // Цифровая среда: технологии и перспективы : сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Брест, 31 октября – 1 ноября 2024 г. / Брестский государственный технический университет ; редкол.: Н. Н. Шалобыта (гл. ред.) [и др.]. – Брест, 2024. – С. 46–51.*

5. *Бавбель, Е. И. Подходы к проектированию БПЛА с повышенной выносливостью и грузоподъемностью / Е. И. Бавбель, А. А. Бородич, Е. В. Коляда // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина. – Рязань, 2023. – С. 60–62.*

6. *Бавбель, Е. И. Основные задачи при исследовании методов и средств проектирования беспилотных летательных аппаратов / Е. И. Бавбель, А. А. Бородич, Е. В. Коляда // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина. – Рязань, 2023. – С. 57–59.*

7. *Бавбель, Е. И. Особенности применения беспилотных летательных аппаратов в обеспечении безопасности дорожного движения = Features of use of unmanned aerial vehicles in ensuring road safety / Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2023. – С. 61–63.*

8. *Бавбель, Е. И. О необходимости применения систем высокоточного позиционирования при построении БПЛА = On the necessity of application of high-precision positioning systems when building a UAV / Е. И. Бавбель, А. С. Анискевич // Электронные системы и технологии : сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2021. – С. 670–672.*

9. *Ильина, Л. А., Громов, М. О. Алгоритмы сегментации изображений в задачах компьютерного зрения для БПЛА // Системы управления и информационные технологии. – 2019. – Т. 22, № 3. – С. 56–67.*

10. *Zhang, Z., Liu, Z. Deep Learning for Computer Vision in UAVs: Challenges and Opportunities // Journal of Aerospace Engineering. – 2020. – Т. 34, № 5. – С. 410–422.*

11. *Smolyanskiy, I., Frolov, S. Применение сверточных нейронных сетей для обработки изображений в условиях динамичных сцен // Механика и автоматизация процессов управления. – 2021. – Т. 17, № 4. – С. 22–30.*

12. *Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – С. 779–788.*

13. *End to end learning for a driving simulator / V. F. Alexeev and others // Доклады БГУИР. - 2018. - № 2 (112). - С. 85 - 91.*

14. *Моделирование и оптимальное проектирование технических систем : учебно-методическое пособие / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун, В. В. Шаталова. − Минск : БГУИР, 2024. – 99 с.*

UDC 004.021:621.396

COMPARATIVE ANALYSIS OF IMAGE PROCESSING METHODS AND ALGORITHMS FOR UAVs

Borodich A.A., Kren M.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexeev V.F. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD,
Bavbel E.I.– postgraduate student of the DICS department

Annotation. The article presents a comparative analysis of modern image processing methods and algorithms used in Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Traditional and cutting-edge approaches to image processing are considered, such as filtering methods, segmentation, deep learning, and hybrid algorithms. The effectiveness of various methods is evaluated based on parameters such as accuracy, computational complexity, and adaptability to shooting conditions. Based on the analysis, recommendations are provided for selecting optimal algorithms to improve object detection and identification accuracy in UAV tasks.

Keywords: UAV, image processing, algorithms, filtering, segmentation, deep learning, hybrid algorithms.

УДК 004.021:621.396

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ КРЫЛА БПЛА

Коляда Е.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматривается роль беспилотных летательных аппаратов и актуальные направления их развития, особенно в контексте проектирования профилей крыла. Описаны методы и подходы, используемые для оптимизации аэродинамических характеристик БПЛА, включая испытания в аэродинамических трубах, применение систем автоматизированного проектирования, использование новых материалов и адаптивных профилей крыла. Подчёркивается важность интеграции новых технологий для создания более грузоподъёмных, манёвренных, лёгких и дешёвых БПЛА.

Ключевые слова: БПЛА, профиль крыла, анализ.

Введение. В последние десятилетия беспилотные летательные аппараты (БПЛА) завоевали значительную популярность и нашли широкое применение в различных сферах: от военных операций до гражданской авиации, сельского хозяйства и мониторинга окружающей среды. Одним из ключевых факторов, определяющих эффективность и производительность БПЛА, является аэродинамическая форма их крыльев. Проектирование профилей крыла оказывает решающее влияние на подъемную силу, устойчивость, маневренность и экономичность полета аппарата.

Современные исследования в области аэродинамики позволяют создавать инновационные формы крыла, которые значительно улучшают характеристики БПЛА. Вариации в дизайне профилей крыла, такие как использование кривая, угол атаки и наличие различных приспособлений, способствуют оптимизации воздушного потока и повышению общего коэффициента подъемной силы. Более того, комбинация традиционных инженерных методов с новейшими компьютерными технологиями, такими как численное моделирование и методы оптимизации, открывает новые горизонты для исследований [1–13].

Целью данной статьи является анализ современных подходов и технологий, применяемых в проектировании профилей крыла БПЛА. В ходе исследования автором рассмотрены как теоретические основы, так и практические аспекты, включая существующие достижения в данной области и перспективы их дальнейшего развития. Предполагается, что полученные результаты в дальнейшем смогут не только обобщить текущие знания, но и предложить новое видение для будущих исследований и разработок в сфере аэродинамики БПЛА.

Основная часть. Аэродинамика профилей крыла является одной из ключевых областей исследований в инженерии БПЛА. Оптимизация форм крыла позволяет значительным образом улучшить их летные характеристики и эффективность использования. Исследования показывают, что правильный выбор профиля может привести к увеличению коэффициента подъемной силы и снижению сопротивления, что, в свою очередь, снижает расход энергии и увеличивает продолжительность полета [8, 9].

Проектирование профилей крыла беспилотных летательных аппаратов является ключевым аспектом, определяющим их аэродинамические характеристики, эффективность и производительность. Современные исследования и технологии [1–9] включают следующие метода и подходы (рисунок 1):

– испытания в аэродинамических трубах;

– использование систем автоматизированного проектирования (САПР);
– использование новых материалов и конструкций;
– использование адаптивных профилей крыла.

Рисунок 1 – Методы проектирования профилей крыла БПЛА

Для проведения испытаний модель крыла помещают в аэродинамическую трубу и изучают взаимодействие потока воздуха с поверхностью крыла БПЛА. При этом делаются замеры лобового сопротивления, подъемной силы, а также находят точки срыва потока при разных углах атаки [1].

Использование систем автоматизированного проектирования позволяет провести измерение лобового сопротивления, подъемной силы и других параметров без необходимости создавать макеты и проводить на них испытания. Данный метод исследований позволяет уменьшить временные и финансовые затраты, и формализовать процесс. Под формализацией следует понимать четкое отображение проблем и результатов их решения [2–3].

Применение легких и прочных композитных материалов для создания профилей крыла позволяет снизить вес и лобовое сопротивление крыла БПЛА, также позволяет воспроизводить сложные формы профилей крыла, которые трудоемки и сложны при традиционных методах производства. Детали, сделанные из композитных материалов, не подвержены коррозии, гибкие, легкие и прочные.

Адаптивные профили – профили крыла, которые могут изменять аэродинамические характеристики. Изменение аэродинамических характеристик происходит за счет систем управления пограничным слоем: предкрылки, закрылки, элементов отсасывающих пограничных слой, элементов, сдувающих пограничный слой. Применение систем управления пограничным слоем на крыле БПЛА позволяет увеличить его подъёмную силу по сравнению с крылом без подобных систем. Это достигается за счёт более эффективного использования воздушного потока над крылом и предотвращения образования зон отрыва пограничного слоя, что приводит к увеличению давления на верхней поверхности крыла и, как следствие, к увеличению подъёмной силы [7].

Согласно [10] применение методов компьютерной гидродинамики (*CFD*) позволяет проводить детальные аэродинамические исследования профилей крыла, выявляя оптимальные формы для различных режимов полета. Эти исследования способствуют улучшению подъемной силы и снижению сопротивления, что особенно важно для беспилотников, работающих на малых высотах и скоростях.

Статья [11] дополняет эти выводы, акцентируя внимание на важности анализа влияния угла атаки на аэродинамические характеристики. С помощью многопараметрических методов моделирования исследователи выявили, что изменение

угла атаки может значительно повлиять на эффективность использования профиля крыла, что открывает новые горизонты для оптимизации конструкций БПЛА.

Заключение. Современные исследования и технологии в области проектирования профилей крыла БПЛА направлены на создание более грузоподъёмных, маневренных, легких и дешевых летательных аппаратов. Интеграция новых материалов, методов оптимизации и технологий открывает большие возможности для развития БПЛА и их применения в различных сферах.

Список литературы

1. *YANIKTEPE Bulent. Aerodynamics and Flow Characteristics of X-45 Delta Wing Planform / Bulent, Coskun OZALP // SU. Journal of Engineering Sciences, 19(1). – Turkey, 2016.*

2. *Алексеев В.Ф. Особенности формализации задач принятия проектных решений при автоматизации проектирования радиоэлектронных средств / В. Ф. Алексеев // Известия Белорусской инженерной академии. – Минск, 2004. – № 1 (17/4). – С. 250–259.*

3. *Hassan Aleisa. Numerical Investigations on Low-Speed Aerodynamic Characteristics of Generic UCAV Configuration / Hassan Aleisa, // Istanbul Technical University, –Istanbul, 2024.*

4. *Бавбель, Е. И. Основные задачи при исследовании методов и средств проектирования беспилотных летательных аппаратов / Е. И. Бавбель, А. А. Бородич, Е. В. Коляда // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина. – Рязань, 2023. – С. 57–59.*

5. *Бавбель, Е. И. Обзор аэродинамических характеристик профиля NACA = NACA profile aerodynamic overview / Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 22–26 апреля 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2024. – С. 126–129.*

6. *Бавбель, Е. И. Подходы к проектированию БПЛА с повышенной выносливостью и грузоподъемностью / Е. И. Бавбель, А. А. Бородич, Е. В. Коляда // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина. – Рязань, 2023. – С. 60–62.*

7. *Павленко В.Ф. Самолеты вертикального взлета и посадки : учеб.пособие / В.Ф. Павленко. – Москва: Изд-во министерства обороны СССР, 1966. – С. 345.*

8. *Boschett, Pedro J. Aerodynamic Analysis of the Unmanned Aerial Vehicle for Ecological Conservation / Pedro J. Boschetti, Elsa M. Cárdenas, Andrea Amerio // 47th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including The New Horizons Forum and Aerospace Exposition, 5 - 8 January 2009, Orlando, Florida. – 2009. – Pp. 232-241.*

9. *Boschetti, Pedro J. Características aerodinámicas de un avión no tripulado por medio de ensayos de túnel de viento y análisis numérico / Pedro J. Boschetti, Elsa M. Cárdenas, Gabriela Quijada, Gaudis Vera, Luis Mujica, Y Pedro J. González // Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V., Vol. 31, N° 1 – 2016. – Pp. 39-50.*

10. *Исмаилов, А Применение методов CFD в аэродинамике БПЛА / А. Исмаилов, Б. Петров, В. Сидоров // Журнал аэрокосмических технологий, 12(3). – 2021. – С. 45-54.*

11. *Кузнецов, И. Влияние угла атаки на аэродинамические характеристики профиля крыла БПЛА / И. Кузнецов,Р Петров.// Научные труды в области авиации, 8(1). – 2022. – С. 67-75.*

12. *Костина, Н. & Зимина, О. Экспериментальные методы в изучении аэродинамики БПЛА / Н. Костина, О. Зимина // Наука и технологии в гражданской авиации, 10(6). – 2023. – С. 44-51.*

УДК 004.021:621.396

ANALYSIS OF MODERN RESEARCH AND TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF DESIGNING UAV WING PROFILES

Kolyada E.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexeev V.F. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article examines the role of unmanned aerial vehicles and current directions of their development, especially in the context of wing profile design. The methods and approaches used to optimize the aerodynamic characteristics of UAVs are described, including wind tunnel testing, the use of computer-aided design (CAD) systems, the use of new materials and adaptive wing profiles. The importance of integrating new technologies to create UAVs with higher payload, maneuverability, lighter and cheaper is emphasized.

Keywords: UAVs, Control methods, surveillance.

УДК 004.021:621.396

ПОСТРОЕНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ МАРШРУТОВ БПЛА В СИМУЛЯТОРЕ

Крень М.А., Бородич А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научные руководители: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС, Бавбель Е.И. – аспирант кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматриваются методы построения маршрутов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и их тестирование в симуляторах. Описаны основные алгоритмы навигации, такие как эвристический метод поиска кратчайшего пути, *Rapidly-exploring Random Tree* и *Dynamic Programming*, а также программные среды, включая *Gazebo*, *AirSim* и *PX*4 *SITL*. Рассмотрены этапы тестирования маршрутов и их оптимизация для повышения эффективности и безопасности полетов. Актуальность работы обусловлена необходимостью точного планирования и безопасной эксплуатации БПЛА в условиях сложной городской инфраструктуры.

Ключевые слова: БПЛА, маршруты, симулятор, навигация, тестирование, алгоритмы.

Введение. Современные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) играют важную роль в различных областях, включая транспорт, мониторинг окружающей среды, поисково-спасательные операции и военную сферу. Однако для их эффективного использования необходимо учитывать множество факторов, включая оптимальное построение маршрутов, предотвращение столкновений и обеспечение безопасного управления полетом. Одним из наиболее надежных и безопасных способов проверки маршрутов БПЛА является тестирование в симуляторе [1–18].

Симуляторы позволяют моделировать различные условия полета, включая влияние погодных условий, зону покрытия сигнала *GPS*, присутствие препятствий и другие факторы, оказывающие влияние на работу навигационных систем. Это дает возможность проводить детальное исследование поведения беспилотников в виртуальной среде, что снижает затраты и риски при реальном использовании.

Основная часть. Разработка маршрутов для БПЛА основывается на использовании различных алгоритмов навигации, которые позволяют автоматизировать процесс планирования и адаптации полетных траекторий. Алгоритм эвристического метода поиска кратчайшего пути является одним из наиболее популярных методов поиска кратчайшего пути, широко применяемых в робототехнике. Он обеспечивает построение оптимального маршрута, учитывая препятствия и ограничения воздушного пространства. Метод *RRT* (*Rapidly-exploring Random Tree*) позволяет создавать маршруты в условиях динамически изменяющейся среды, что делает его особенно полезным при выполнении миссий в городской среде. Алгоритм *Dynamic Programming* используется для корректировки маршрутов в реальном времени, что необходимо в случае появления неожиданных препятствий или изменения погодных условий. Применение этих алгоритмов в комплексе дает возможность разрабатывать адаптивные и эффективные маршруты, минимизируя вероятность ошибок при полетех [7–10, 17, 18].

Современные симуляторы позволяют моделировать полеты БПЛА с высокой степенью детализации. Одним из наиболее распространенных инструментов является *Gazebo* [15], который используется в связке с *ROS* (*Robot Operating System*) и обеспечивает точное физическое моделирование. Этот симулятор применяется как для разработки программного обеспечения управления БПЛА, так и для тестирования работы сенсоров в виртуальной среде. *AirSim*, разработанный компанией *Microsoft*, позволяет выполнять сложные сценарии моделирования, включая взаимодействие БПЛА с окружающей средой

и применение машинного обучения для оптимизации полетов. Еще одной важной средой является *PX*4 *SITL*, предназначенная для тестирования автопилотов и алгоритмов навигации, что позволяет проверить работоспособность системы перед ее развертыванием на реальном дроне. Эти инструменты значительно сокращают затраты на разработку и тестирование беспилотных летательных аппаратов [7–10, 17, 18].

Тестирование маршрутов БПЛА в симуляторе проходит несколько ключевых этапов. Первым шагом является проверка алгоритмов навигации, в ходе которой анализируется корректность работы системы и точность следования заданному маршруту. Следующим этапом является оценка устойчивости маршрута, включающая моделирование различных сценариев, таких как сильный ветер, наличие радиопомех и изменения в окружающей среде. Это позволяет выявить слабые места в навигационной системе и внести необходимые корректировки. Заключительным этапом является оптимизация траектории, направленная на минимизацию энергопотребления, сокращение времени полета и повышение общей эффективности миссии. Такой подход позволяет значительно повысить надежность БПЛА и обеспечить их стабильную работу в различных условиях.

Заключение. Использование симуляторов для тестирования маршрутов БПЛА позволяет существенно снизить риски, связанные с испытаниями в реальных условиях. Благодаря современным алгоритмам навигации и специализированному программному обеспечению разработчики могут эффективно анализировать и оптимизировать маршруты беспилотных аппаратов, обеспечивая их безопасную эксплуатацию. Применение симуляторов также способствует экономии ресурсов, так как позволяет заранее выявить потенциальные проблемы и внести необходимые коррективы без необходимости проведения дорогостоящих полевых испытаний. В дальнейшем совершенствование методов симуляционного тестирования и разработка более точных моделей окружающей среды позволит еще больше повысить надежность и эффективность работы беспилотных летательных аппаратов.

Список литературы

1. *Алексеев, В. Ф. Автономная посадка БПЛА с использованием визуального сервоуправления = Autonomous UAV landing using visual servo control / В. Ф. Алексеев, Е. И. Бавбель // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 472–479.*

2. *Алексеев, В. Ф. Оценка облаков точек БПЛА с помощью искусственного интеллекта = Assessment of UAV point clouds using artificial intelligence / В. Ф. Алексеев, Е. И. Бавбель // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 12–18.*

3. *Бавбель, Е. И. Использование беспилотных летательных аппаратов для эпидемиологического надзора за инфекционными заболеваниями = Use of untanned aerial vehicles for epidemiological surveillance of infectious diseases / Е. И. Бавбель, В. Ф. Алексеев // Медэлектроника–2024. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей XIV Международной научно-технической конференции, Минск, 5–6 декабря 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники [и др.]. – Минск, 2024. – С. 140–143.*

4. *Бавбель, Е. И. Возможности компьютерного зрения для беспилотных летательных аппаратов / Е. И. Бавбель, В. Ф. Алексеев // Цифровая среда: технологии и перспективы : сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Брест, 31 октября – 1 ноября 2024 г. / Брестский государственный технический университет ; редкол.: Н. Н. Шалобыта (гл. ред.) [и др.]. – Брест, 2024. – С. 46–51.*

5. *Бавбель, Е. И. Обзор аэродинамических характеристик профиля NACA = NACA profile aerodynamic overview / Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 22–26 апреля 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2024. – С. 126–129.*

6. *Бавбель, Е. И. Подходы к проектированию БПЛА с повышенной выносливостью и грузоподъемностью / Е. И. Бавбель, А. А. Бородич, Е. В. Коляда // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина. – Рязань, 2023. – С. 60–62.*

7. *Лаваль С. Планирование алгоритмов / S. LaValle. – Cambridge: Cambridge University Press, 2006.*

8. *Microsoft AirSim: Open-source simulator for autonomous systems. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://microsoft.github.io/AirSim/*

9. *PX4 Autopilot: Open Source Autopilot for Drones. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://px4.io/*

10. *Красильщиков М. Н., Себряков Г. Г. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Под ред. М. Н. Красильщикова, Г. Г. Себрякова. М.: Физматлит, 2003.*

11. *Бавбель, Е. И. Основные задачи при исследовании методов и средств проектирования беспилотных летательных аппаратов / Е. И. Бавбель, А. А. Бородич, Е. В. Коляда // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина. – Рязань, 2023. – С. 57–59.*

12. *Бавбель, Е. И. Особенности применения беспилотных летательных аппаратов в обеспечении безопасности дорожного движения = Features of use of untanned aerial vehicles in ensuring road safety / Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2023. – С. 61–63.*

13. *Бавбель, Е. И. Автономный полёт БПЛА как способ увеличения продолжительности полёта = Autonomous UAV flight as a way to increase flight duration / Е. И. Бавбель // Электронные системы и технологии : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2023. – С. 57–60.*

14. *Бавбель, Е. И. О необходимости применения систем высокоточного позиционирования при построении БПЛА = On the necessity of application of high-precision positioning systems when building a UAV / Е. И. Бавбель, А. С. Анискевич // Электронные системы и технологии : сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2021. – С. 670–672.*

15. *Gazebo Simulator. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gazebosim.org/*

16. *Бавбель, Е. И. Анализ методов защиты связи беспилотных летательных аппаратов от атак с использованием радиоэлектронных средств = Analysis of methods for protecting unmanned aircraft communication against attacks using radio electronic equipment / Е. И. Бавбель, А. С. Анискевич // Электронные системы и технологии : сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2021. – С. 667–669.*

17. *Brown K., Williams R. Advanced UAV Path Planning Strategies in Urban Environments // Journal of Autonomous Systems. – 2021. – Vol. 35, Issue 6. – P. 450–467.*

18. *Zhang Y., Li H. Simulation-Based UAV Route Optimization Using Reinforcement Learning // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. – 2023. – Vol. 59, No. 2. – P. 1120–1134.*

UDC 004.021:621.396

PLANNING AND TESTING UAV ROUTES IN A SIMULATOR

Kren M.A., Borodich A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexeev V.F. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD, Bavbel E.I.– postgraduate student of the DICS department

Annotation. The article discusses methods for UAV route planning and testing in simulators. The main navigation algorithms, such as heuristic shortest path search method, RRT, and Dynamic Programming, as well as software environments including Gazebo, AirSim, and PX4 SITL, are described. The testing phases of UAV routes and their optimization for improving flight efficiency and safety are considered. The relevance of this work is determined by the need for precise planning and safe UAV operations in complex urban infrastructure.

Keywords: UAV, routes, simulator, navigation, testing, algorithms.

УДК 004.42

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЕБ-ФРЕЙМВОРКОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Пухальский А.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматривается использование современных веб-фреймворков, таких как React, для разработки медицинских информационных систем. Особое внимание уделяется преимуществам компонентного подхода, высокой производительности и удобству разработки пользовательского интерфейса. Также обсуждается ключевые аспекты безопасности и интеграции с существующими медицинскими базами и API.

Ключевые слова: веб-фреймворки, React, медицинские информационные системы, разработка ПО, интерфейс пользователя, безопасность данных.

Введение. Информационные технологии играют важную роль в развитии медицинской сферы, позволяя автоматизировать процессы и повысить качество оказания услуг. Современные медицинские учреждения нуждаются в надежных и удобных системах для управления расписанием, ведения электронной медицинской документации и взаимодействия с пациентами [1–9].

Современные веб-фреймворки поддерживают интеграцию с различными *API* и службами, что позволяет медицинским системам использовать сторонние решения для обработки данных, анализа и визуализации [7]. Например, использование *API* для медицинских изображений или интеграция с системами мониторинга.

Использование *React* при разработке медицинских информационных систем открывает широкие возможности для создания динамичных и удобных интерфейсов. Благодаря модульному подходу и высокой производительности этот фреймворк позволяет разрабатывать масштабируемые и гибкие решения [1]. В данной статье рассмотрены ключевые преимущества *React*, его интеграция с различными технологиями и меры по обеспечению безопасности данных.

Основная часть. Разработка медицинских информационных систем (МИС) становится все более актуальной в свете роста объемов данных и требований к качеству оказания медицинских услуг. Использование современных веб-фреймворков позволяет ускорить процесс разработки, улучшить производительность и обеспечить масштабируемость систем.

Django – это один из самых популярных веб-фреймворков на языке *Python*, известный своей простотой и возможностями для создания сложных веб-приложений. Он предлагает встроенные средства для работы с базами данных, обеспечения безопасности и управления пользователями, что особенно важно в контексте МИС, где безопасность данных пациентов является критическим аспектом

Ruby on Rails – это фреймворк, построенный на языке *Ruby*, который также отличается высокой скоростью разработки и удобством в использовании. *Rails* использует концепцию «*Convention over Configuration»*, что облегчает работу разработчиков, ускоряя этот процесс.

Rails позволяет быстро разрабатывать интерактивные интерфейсы, что делает его идеальным выбором для создания веб-приложений для медицинских учреждений, таких как пациентские порталы и системы управления данными

Angular – это фронтенд-фреймворк от *Google*, который используется для создания одностраничных приложений с высоким уровнем интерактивности. Он позволяет

разработчикам создавать динамичные пользовательские интерфейсы и взаимодействовать с *back-end* через *API*.

Angular особенно полезен для медицинских приложений, которые требуют отображения большого объема данных в режиме реального времени, таких как электронные медицинские карты.

React предоставляет разработчикам мощные инструменты для создания медицинских информационных систем. Его компонентный подход позволяет разделять интерфейс на независимые модули, что упрощает поддержку, тестирование и повторное использование кода. Благодаря *Virtual DOM* и эффективным алгоритмам обновления пользовательский интерфейс работает быстро и отзывчиво, что критически важно для медицинских приложений, обрабатывающих большие объемы данных в реальном времени.

Разработка медицинских систем требует выбора подходящих технологий. На клиентской стороне используются *React*, *Redux* или *Context API* для управления состоянием, а также библиотеки *Material-UI* или *Tailwind CSS* для стилизации. Серверная часть может быть реализована на Node.js с использованием *Express* или *Nest.js*. Взаимодействие между клиентом и сервером осуществляется через *REST API* или *GraphQL*, что обеспечивает гибкость в передаче данных. Базы данных, такие как *PostgreSQL*, *MongoDB* или *Firebase*, позволяют эффективно хранить медицинские данные, а системы аутентификации, такие как *JWT* и *OAuth* 2.0, обеспечивают высокий уровень безопасности.

Медицинские системы часто требуют интеграции с международными стандартами обмена данными. Одним из наиболее распространенных является *FHIR* (*Fast Healthcare Interoperability Resources*) [2], который обеспечивает совместимость между различными медицинскими учреждениями и их информационными системами. Также используются протоколы *HL*7 для передачи медицинских данных и *DICOM* для работы с медицинскими изображениями. Интеграция с такими стандартами позволяет создать единую экосистему медицинских сервисов.

Безопасность данных является одной из важнейших задач при разработке медицинских систем. Внедрение шифрования данных с использованием *HTTPS*, *TLS* и *AES* помогает защитить передаваемую информацию. Контроль доступа реализуется через разграничение прав пользователей, что предотвращает несанкционированный доступ к конфиденциальной информации. Также важно учитывать защиту от атак, таких как *SQL*-инъекции, *CSRF* и *XSS*, которые могут угрожать целостности системы. Применение этих мер позволяет соответствовать требованиям *GDPR*, *HIPAA* и других нормативных актов.

Таким образом, использование *React* в разработке медицинских информационных систем позволяет создавать надежные, удобные и безопасные решения. Гибкость и высокая производительность фреймворка обеспечивают возможность масштабирования проектов, а интеграция с международными стандартами делает их совместимыми с другими медицинскими системами. Современные технологии и лучшие практики разработки позволяют автоматизировать работу медицинских учреждений, улучшая качество обслуживания пациентов и повышая эффективность управления медицинскими процессами.

С развитием технологий и онлайн-сервисов, медицинские информационные системы сталкиваются с новыми вызовами, такими как необходимость обработки больших объемов данных и обеспечение их безопасности. Веб-фреймворки продолжают эволюционировать, предлагая новые возможности для масштабирования и улучшения функциональности.

Заключение. Использование *React* в медицинских информационных системах открывает новые перспективы для создания удобных, безопасных и масштабируемых решений. Компонентный подход, высокая производительность и развитая экосистема инструментов делают этот фреймворк отличным выбором для разработки сложных пользовательских интерфейсов, интегрированных с медицинскими базами данных и внешними сервисами.

Кроме того, применение современных технологий, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, в сочетании с *React*, позволит значительно повысить уровень автоматизации в сфере здравоохранения. Это поможет врачам быстрее анализировать медицинские данные, улучшать точность диагностики и предлагать персонализированные схемы лечения для пациентов.

Дальнейшее развитие веб-фреймворков и облачных решений предоставит дополнительные возможности для медицинских учреждений, включая удаленный мониторинг состояния пациентов и интеграцию с мобильными приложениями. Современные подходы к разработке обеспечат более эффективное использование медицинских информационных систем, способствуя повышению качества медицинского обслуживания и оптимизации работы врачей.

Список литературы

1. *React. – библиотека для создания пользовательских интерфейсов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.legacy.reactjs.org/.*

2. *FHIR– Fast Healthcare Interoperability Resourses [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ecqi.heakthhit.gov/fhir?qt-tabs_fhir=about.*

3. *O'Hara, J. Building Medical Applications with Django / J. O'Hara // Journal of Healthcare Engineering. 2021. Т. 2021. № 1. С. 1-10. DOI: 10.1155/2021/1234567.*

4. *Gonzalez, R. Advantages of Django in Medical Data Management / R. Gonzalez, et al. // International Journal of Medical Informatics. 2021. Т. 148. С. 104-112. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2021.123456.*

5. *Wang, L. Ruby on Rails: A Viable Framework for Healthcare Software Development / L. Wang, et al. // Health Information Science and Systems. 2020. Т. 8. № 1. С. 1-8. DOI: 10.1186/s13755-020-00260-5.*

6. *Rostami, A. Utilization of Angular for Real-Time Healthcare Applications / A. Rostami, et al. // Journal of Biomedical Informatics. 2022. Т. 125. С. 103987. DOI: 10.1016/j.jbi.2021.103987.*

7. *Chaudhari, T. API Integrations in Healthcare Systems: A Review of Current Practices / T. Chaudhari, et al. // Journal of Medical Systems. 2020. Т. 44. № 10. С. 1-12. DOI: 10.1007/s10916-020-01557-4.*

8. *Kumar, N. Security Mechanisms in Modern Web Frameworks / N. Kumar, Pankaj Y. // Journal of Information Security. 2021. Т. 12. № 3. С. 1-14. DOI: 10.4236/jis.2021.123004.*

9. *Greer, S. Future Trends in Healthcare Web Technologies / S. Greer, et al. // Journal of Health Management. 2021. Т. 23. № 4. С. 501-512. DOI: 10.1177/0972063421967581.*

УДК 004.42

MODERN WEB FRAMEWORKS FOR THE DEVELOPMENT OF MEDICAL INFORMATION SYSTEMS

Pukhalskiy A.Y.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexeev V.F. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. This article explores the use of modern web frameworks, such as React, for the development of medical information systems. Special attention is given to the advantages of the component-based approach, high performance, and ease of user interface development. Key aspects of security and integration with existing medical databases and APIs are also discussed.

Keywords: web frameworks, React, medical information systems, software development, user interface, data security.

УДК 004.855.6

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ И РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОГО ТУРИЗМА

Попова А.С., Графкина К.С., Куркина М.С.

Рязанский государственный радиотехнический университет им. Уткина В. Ф., г. Рязань, Российская Федерация

Научные руководители: Орешков В.И. – к. т. н., доцент, доцент кафедры САПР ВС, Бакулева М.А. – к. т. н., доцент, доцент кафедры САПР ВС

Аннотация. В статье рассматривается необходимость разработки интеллектуальной информационной системы для поддержки и развития городского туризма. Приведен сравнительный анализ существующих ИИС, представленных в виде сайтов, мобильных приложение и Telegram-каналов. Выявлены основные достоинства и недостатки каждого из решений, показана ограниченности существующих систем в области персонализации, интерактивности и актуальности данных.

Ключевые слова: интеллектуальная информационная система, туризм, Telgram-бот, персонализация, интерактивность, принятие решения.

Введение. Современные компьютерные технологии активно внедряются в сферу туристического бизнеса, используя интеллектуальные информационные системы (ИИС) для достижения как развития городского туризма, так и его поддержания. На данный момент существуют большое количество платформа для обеспечения будущих туристов информацией о различных мероприятиях, организованных государственным муниципалитетом, международными компаниями, городскими предприятиями и частными лицами. Анализ уже существующих ИИС позволит выяснить достоинства, которые также необходимо реализовать в разрабатываемой технологии, и недостатки, которые следует избегать для улучшения и упрощения использования пользователями системой.

Основная часть. Предлагается подход к построению ИИС в формате интерактивного Telegram-бота. Такой формат обеспечивает простату доступа, гибкость и мобильность. Telegram-бот предоставляет туристам возможность оперативно получать информацию о мероприятиях, достопримечательностях и сервисах, актуальных именно для Рязани. Благодаря встроенным фильтрам и системе персональных рекомендация, бот помогает пользователю сформировать индивидуальный маршрут, учитывая его интересы, предпочтения и доступное время. Это делает процесс планирования времяпрепровождения более удобным и эффективным.

Для обоснования актуальности выбранного подхода и выявления требований к разрабатываемой системе, необходимо провести анализ существующих информационных решений в сфере туризма. Рассмотрение действующих ИИС — сайтов, мобильных приложений и Telegram-каналов — позволит определить их сильные стороны, которые целесообразно перенять, а также выявить недостатки, которых следует избежать. Такой анализ является важным этапом, так как он позволяет сравнить предложенную модель Telegram-бота с текущими решениями и показать её преимущества в контексте городского туризма.

1 Путешествуем.рф – официальный российский портал, посвящённый туризму по Российской Федерации. Предоставляет информацию о туристических маршрутах, достопримечательностях, мероприятий и новостях в различных туристических городах России. Пользователи сайта могут выбрать различные направления для своего путешествия, выбрать из реестров проверенных гидов, туроператоров и инструкторов-проводников. Есть страницы в популярным месенджерах, таких как ВКонтакте,

Одноклассники, Telegram. Сам сайт обеспечивает достоверность и безопасность предоставляемой информации за счёт поддержки властей и доступа к базе данных большого количества городов о проводимых мероприятиях. Однако данный сайт удобен как некий справочник для туристов. Некоторые разделы обновляются редко, афиши и мероприятия могут быть устаревшими. Следовательно, пользователю необходимо посетить другие сайты для предоставления актуальной информации. Также большое количество информации может запутать туриста, и усложнить ему принятие решение о своем времяпрепровождении. Страницы в социальных сетях поддерживают информационный формат, оповещающий пользователей об интересных фактах различных городов и их достопримечательностях [2].

2 RUSSPASS – цифровая туристическая платформа, созданная при поддержке правительства Москвы. Предоставляет информацию о готовых маршрутах, мероприятиях столицы, позволяет бронировать отели, билеты и экскурсии. Поддерживает несколько иностранных языков и предоставляет информацию об оплате в трех валютах, что делает его удобным для использования туристам из различных стран. Сайт поддерживает индивидуальный подход для создания маршрутов. Есть Telegram-канал, но на сайте нет соответствующей ссылки для удобного перехода. Канал предоставляет актуальную информацию о различных мероприятиях, но не поддерживает персонализированный подход для пользователей [3].

3 «Тонкости туризма» - сайт, предоставляющий информацию о странах, курортах и отелях. В основном его контент основан на полезных советах по туризму, собранных от опытных путешественников. Позволяет найти различные экскурсии с использованием фильтрации по странам, месяцам и видам отдыха. Не поддерживает построение маршрутов и персонализированный подход. Имеет Telegram-канал, но используется для развлекательного контента, а не информировании пользователей о различных предложениях по туризму [4].

4 IF Travel – Telegram-канал, предоставляющий информацию о различных бюджетных путешествиях по России и за рубежом. Туристы могут познакомиться с интересными местами для посещения и запланировать бюджет на ближайший отпуск. В канале много рекламы, что засоряет его и делает нечитабельным для пользователей. Нет персонализации и поиск информации занимает много времени [5].

5 Национальный центр «Россия» - официальный Telegram-канал Международной выставки-форума «Россия». Публикует информацию о достижениях страны, новых возможностях, а также анонсы мероприятий и событий. Предоставляет достоверные данные о национальных проектах и инициативах. Контент ориентирован на все регионы страны. Канал не предусматривает возможности для пользователей персонализированного подхода. Есть сайт, на котором так же можно узнать о розничных мероприятиях, используя фильтрацию по дате. Однако сайт больше ориентирован на получение и рассмотрения заявок на различные проекты и мероприятия для компаний и частных лиц. Благодаря интеграции с официальными источниками данных различных регионов страны, предоставляет достоверную информацию о национальных проектах и инициативах [6].

6 VisitKazan – туристический портал, предоставляющий информацию о достопримечательностях, мероприятий и услугах в Казани. Сайт предоставляет возможность бронировать отели, гостиницы, экскурсионные программы, что упрощает планирование поездки. Информация постоянно обновляется, что делает её достоверной и актуальной. Поддерживаются различные иностранные языки, что делает его удобным в использовании для туристов из различных стран. Однако отсутствуют страницы в социальных сетях, что делает ИИС менее привлекательной для пользователей на постоянной основе [7].

7 RyazanTourism – официальный туристический портал Рязани и Рязанской области, предоставляющий информацию о достопримечательностях, мероприятиях и туристических

услугах региона. Сайт предоставляет возможность бронировать гостиницы, отели и экскурсионных программ, что упрощает планирование поездок по городу и области. Портал позволяет пользователям самостоятельно выбрать маршрут, согласно их интересам, или заказать организованный поход по удобной дате. Есть мобильное приложение, которое предоставляет персонализированный подход. Telegram-канал является информационным, в нем пользователь может познакомиться с истории Рязани и Рязанской области, узнать о достопримечательностях, новых мероприятиях и событий. Есть Telegram-бот, предоставляющий туристам скидочную карту для бронирования туров и экскурсий, а также данная карта предоставляет скидку у партнеров проекта. Однако ни на канале, ни в чат-боте нет персонализированного подхода, соответственно, пользователь может подобрать для себя времяпрепровождение самостоятельно и согласно своим требованиям только на сайте или с использованием заранее скаченного приложения [8].

Сравнительный анализ показан в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ ИИС

Название ИИС	**Используемые платформы**	**Предоставляемая информация о городе(ах)**	**Достоверность информации**	**Частота обновления информации**	**Персонализация**
Путешествуем.рф	Сайт для ПК и мобильных устройств, социальные сети	Все регионы России	Высокая	Редкая	Нет
RUSSPASS	Сайт для ПК и мобильных устройств, Telegram-канал	Москва	Высокая	Частая	Частичная
Тонкости туризма	Сайт для ПК и мобильных устройств, Telegram-канал	Все страны мира	Средняя	Редкая	Нет
IF Travel	Telegram-канал	Все страны мира	Низкая	Редкая	Нет
Национальный центр «Россия»	Сайт для ПК и мобильных устройств, Telegram-канал	Все регионы России	Высокая	Частая	Нет
VisitKazan	Сайт для ПК и мобильных устройств	Казань	Высокая	Частая	Нет
RyazanTourism	Сайт для ПК и мобильных устройств, Telegram-канал, Telegram-бот, мобильное приложение	Рязань	Высокая	Частая	Частичная

Заключение. Выполнен сравнительный анализ существующих ИИС: выявлены основные достоинства и недостатки каждого из решений, показана ограниченность систем в области персонализации, интерактивности и актуальности данных. Предложенный подход позволяет повысить доступность информации о мероприятиях, обеспечить

персонализированное взаимодействие с пользователем и интеграцию с локальными источниками данных, что делает Telegram-бот более удобной и эффективной платформой в рамках городской туристической среды.

Список литературы

1. *Информационные технологии в социально-культурном сервисе и туризме. Оргтехника: учебник для студ. высш. учеб. заведения / М.А. Морозов, Н.С. Морозова. – 7-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2009 – 240 с.*
2. *Путешествуем.РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://xn--b1afab9anqfdfg9c.xn--p1ai/, свободный. – Дата обращения: 15.03.2025.*
3. *Цифровая туристическая платформа RUSSPASS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://russpass.ru/, свободный. – Дата обращения: 18.03.2025.*
4. *Тонкости туризма: информационный портал о путешествиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tonkosti.ru/, свободный. – Дата обращения: 18.03.2025.*
5. *IF Travel – Telegram-канал о бюджетных путешествиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://t.me/without_borders_ru, свободный. – Дата обращения: 20.03.2025.*
6. *Национальный центр «Россия» – официальный Telegram-канал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://t.me/gowithRussia, свободный. – Дата обращения: 21.03.2025.*
7. *VisitKazan – туристический портал Казани [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://visitkazan.ru/, свободный. – Дата обращения: 24.03.2025.*
8. *RyazanTourism – официальный туристический портал Рязанской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ryazantourism.ru/, свободный. – Дата обращения: 24.03.2025.*

UDC 004.855.6

ANALYSIS OF EXISTING INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS FOR THE SUPPORT AND DEVELOPMENT OF URBAN TOURISM

Popova A. S., Grafkina K.V., Kurkina M.S.

Ryazan State Radio Engineering University named after Utkin V.F.

Oreshkov V.I., Bakuleva M.A. – Cand. of Sci., Associate Professor, Associate Professor of the Department of CAD of the Armed Forces

Annotation. The article discusses the need to develop an intelligent information system to support and develop urban tourism. A comparative analysis of existing AIS presented in the form of websites, mobile applications and Telegram channels is presented. The main advantages and disadvantages of each of the solutions are revealed, the limitations of existing systems in the field of personalization, interactivity and relevance of data are shown.

Keywords: intellectual information system, tourism, Telegram bot, personalization, interactivity, decision making.

УДК 004.934.2

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ АУДИОИНФОРМАЦИИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ ЕЕ ОБРАБОТКИ

Асиненко А. М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алефиренко В.М. – к. т. н, доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматриваются особенности восприятия аудиоинформации, передаваемой через технические устройства. Анализируются факторы, влияющие на качество восприятия.

Ключевые слова: аудиоинформация, особенности восприятия, параметры восприятия, технические средства.

Введение. Современные технологии все больше полагаются на аудиоинформацию, будь то голосовые помощники, системы распознавания речи или мультимедийные приложения. Однако, эффективность взаимодействия человека с этими системами напрямую зависит от особенностей восприятия звука, искаженного или обработанного техническими средствами [1]. Понимание этих особенностей необходимо для создания интуитивно понятных и эффективных аудиотехнологий. В данной статье рассмотрены ключевые факторы, влияющие на восприятие аудиоинформации в технических системах.

Основная часть. Слух, как и зрение, помогает ориентироваться человеку в пространстве. Так как ухо является парным органом, то можно положиться на два признака:

– бинауральные признаки направления;

– моноуральные признаки расстояния.

Первые по величине интервала времени между получением звуковой волны одним ухом и другим устанавливают направление звука. Например, при одновременном достижении звуковой волны можно судить о расположение источника. Он находится либо перед человеком, либо позади, или на вертикальной оси сверху/снизу. Если звуковая волна доходит до левого уха, то источник располагается левее центральной оси, а если правого, то правее.

Вторые отвечают за определение объекта в пространстве, оценивание скорости и направление движения при помощи одного уха. Один из признаков – изменение громкости. Когда она увеличивается – объект приближается, и, наоборот, когда громкость уменьшается – отдаляется.

Восприятие музыки и речи являются только человеческими факторами. Первое исследование восприятия музыки было проведено задолго до появления психофизики. Его провел Пифагор, который увидел: если одна струна в два раза длиннее другой, то частота восприятия ее будет в два раза меньше. Он дал этому явлению название – октава. Психологический феномен заключается в следующем: тоны внутри одной октавы воспринимаются человек по-разному, а одинаковые ноты разных октав – схоже. Например, «Ля» четвертой октавы – 440 Гц, а «Ля» пятой – 880 Гц.

Люди с абсолютным музыкальным слухом способны распознавать отдельные тоны. Таких личностей мало – всего 1%. Даже многие знаменитые, талантливые композиторы не обладали абсолютным музыкальным слухом, например, Вагнер Р., Чайковский П.И., Шуман Р. Однако существуют специальные упражнения, например, система Кабалевского, которые тренируют слух и уменьшают дифференциальный порог различения музыкальных тонов.

Изучение мелодий привлекло внимание психологов еще в прошлом столетии. При улавливании музыки действуют законы звукового поля, как и при зрительном восприятии.

Поэтому человек легко может определить, где солирующая мелодия, а где аккомпанемент. Череда звуков воспринимается музыкальной фразой. Звуки, которые близки по высоте и тону улавливаются человеком как целая часть мелодии. Даже, несмотря на помехи, идет восприятия музыки. Таким образом, можно выделить три принципа: близости, сходства, замыкания.

Также к человеческим способностям относят звучащую речь. Диапазон улавливания слов в минуту без усилий – 180, т.е. константность велика. Здесь необходимо сказать об эффекте бланкирования речи. Дж. Миллер провел эксперимент, который заключался в следующем: исследуемые прослушивали магнитофонную запись, в которой текст диктора иногда прерывался помехами. Тем самым выяснилось, что природа бланкирования имеет широкий диапазон. После исследуемые должны были воспроизвести то, что услышали. Результат был следующий: при утрате 50% звуков правильно распознавалось 80% слов.

Полученные данные с экспериментов говорят о том, что устная речь во многом схожа с гипотезой черт. Хомский Н. и Халл М. рассматривали элементарные единицы, т.е. черты. Они предложили три параметра в качестве черт для звуковой информации:

– параметр гласности/согласности звука;

– параметр звонкости/глухости;

– место артикуляции звука.

Характеристика второго параметра заключается в следующем: чтобы извлечь звонкий звук, говорящему необходимо выпустить воздух одновременно с вибрацией голосовых связок. Для извлечения же глухого звука, воздух покидает голосовой аппарат до начала вибрации.

Характеристика третьего параметра заключается в следующем: согласные звуки делятся на:

– билабиальные (губы закрыты, например, «п»);

– лабио-дентальные (нижняя губа прижата к зубам, например, «ф»);

– альвеолярные (корень языка прижат к альвеолам, например, «т»);

– задненёбные (язык прижат к мягкому нёбу, например, «к»).

Миллер Г. и Найсли П. провели эксперимент. Они попросили испытуемых распознать на фоне помех звуки «б», «п», «т». Исследователи предположили, что если теория Халла и Хомского верна, то испытуемые будут путать согласные. Так как звук «б» отличается от «п» только первым параметром, а звук «т» третьим и вторым. Опыт удался. Исследуемые действительно путали звуки и чаще всего «б» и «п».

Также стоит сказать, что звуковое восприятие носит характер категоричности опознания.

Категоричность опознания – вид восприятия, где объекты улавливаются как принадлежащие к разным категориям, но градация в пределах одной не допускается.

Пример категоричности опознания: человек не может оценить средний звук между «б» и «п». Ведь глухие и звонкие отличаются временем выпуска воздуха и вибрацией голосовых связок (для глухих звуков она опаздывает). Так в различии «б» и «п» задержка составляет примерно 60 мс.

Еще один эксперимент провели Ликсер Л. и Абрамсон А., в котором демонстрировался феномен категоричности опознания. В компьютере генерировались искусственные звуки, где интервал между выдохом и вокализацией изменялся от -150 до 150 мс. Участникам опыта необходимо было ответить на вопрос: «Что вы слышите: «б» или «п»?» На рисунке 1 представлен процент идентификации звуков. Из него видно, что до задержки вокализации в 25 мс все слышали «б», а уже после – «п».

Распознавание речи является важной составляющей. Благодаря этой потребности в левом полушарии коры головного мозга, у правшей, в ходе эволюции сформировались зоны:

– зона Брока (находится в нижней трети левой лобной извилины и отвечает за рождение речи);

– зона Вернике (располагается в левой височной части и отвечает за понимание речи).

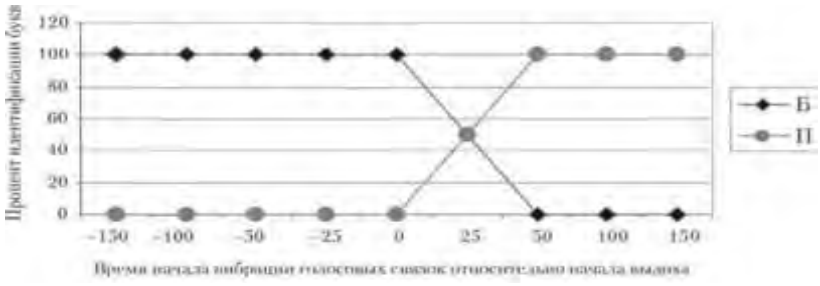


Рисунок 1 – Процент идентификации звуков «б» и «п»

Мак-Гурка поставил эксперимент по интеграции. Он создал конфликт между визуальным и слышимым. Т.е. испытуемые видели одну артикуляцию, а слышали другое. На экране диктор говорил: «Га-га», – в наушниках участников эксперимента поступал звук «ба-ба». Предполагалось, что испытуемые выберут один канал восприятия, но вместо этого произошло наложение, в результате которого все слышали: «Да-да» [2].

В итоге можно сказать, что слух является не только жизненно важным органом чувств, обеспечивающим ориентацию в пространстве, но и предоставляет нам уникальную возможность наслаждаться музыкой и общаться посредством речи. Понимание механизмов работы слуха позволяет разрабатывать более эффективные системы обработки звука,

Заключение. Исследование особенностей восприятия аудиоинформации в технических средствах ее обработки выявило ряд ключевых факторов, влияющих на эффективность и комфорт взаимодействия пользователя с технологиями. Оптимизация представленных особенностей, учитывающая индивидуальные особенности слушателя и контекст использования, является ключевым направлением для улучшения пользовательского опыта. Дальнейшие исследования в этой области, направленные на разработку адаптивных и персонализированных аудиоинтерфейсов, откроют новые возможности для создания более интуитивных и эффективных технических систем.

Список литературы

1. *Цифровая обработка изображений динамических спектрограмм аудио сигналов в задачах безопасности речевой связи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=496&lvl=04.03. – Дата доступа: 15.03.2025.*

2. *Как происходит слуховое восприятие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://zaochnik-com.com/spravochnik/psihologija/obschaja-psihologija/sluhovoe-vosprijatie/?ysclid=m7pbly4u2p2688115 – Дата доступа: 16.03.2025.*

UDC 004.934.2

FEATURES OF AUDIO INFORMATION PERCEPTION IN THE TECHNICAL MEANS OF ITS PROCESSING

Asinenko A. M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alefirenko V.M. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article discusses the peculiarities of the audio information perception transmitted through technical devices. The factors influencing the quality of perception are analyzed.

Keywords: audio information, perception features, perception parameters, technical means.

УДК 004.415.2

AGILE-ПОДХОДЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Пащук Е. О.

Негосударственное образовательное частное учреждение высшего образования Московский университет «Синергия»

Научный руководитель: Трубин А. Е. – к. э. н., доцент, директор департамента цифровой экономики, Университет Синергия

Аннотация. В данном научном труде рассматриваются основные принципы и преимущества Agile-подходов в управлении проектами, акцентируя внимание на гибкости, итеративной разработке и взаимодействии с клиентом. Однако подчеркиваются и проблемные аспекты их применения. Для решения этих проблем предложены различные меры. Также рассмотрены различные виды Agile-подходов.

Ключевые слова: Agile-подходы, проектирование информационно-компьютерных систем, гибкая методология, бизнес-эффективность, разработка ПО.

Введение. Под методологией управления проектами принято понимать систему принципов, подходов и практик, которая помогает командам эффективно организовывать, проводить и контролировать проекты [5]. В современном мире, где изменения происходят стремительно, а требования клиентов и рынок постоянно эволюционируют, важность правильной методологии управления проектами нельзя недооценивать. Правильно выбранная методология управления проектами является одним из основных факторов успеха продукта. Она позволяет минимизировать риски, оптимизировать затраты времени и ресурсов, а также улучшить качество конечного продукта. Кроме того, наличие четкой методологии помогает создать структуру и последовательность действий. Это особенно актуально для крупных и сложных проектов, где задействованы различные команды и множество заинтересованных сторон. С установленными процессами и ожиданиями легче отслеживать прогресс и выявлять потенциальные проблемы на ранней стадии. Методология помогает установить стандарты для оценки и контроля качества, а также для управления изменениями, что особенно важно в условиях многозадачности и динамичной среды. Важно отметить, что методологии управления проектами позволяют улучшить коммуникацию внутри команды, а также с внешними стейкхолдерами. Правильно организованный процесс делает обмен информацией более прозрачным и эффективным. Команды могут работать более слаженно, делясь своим опытом и знаниями, что способствует улучшению общей продуктивности и снижению вероятности недопонимания и конфликтов.

Основная часть. В условиях современного мира компании, занимающиеся разработкой программного обеспечения, сталкиваются с множеством вызовов. К числу главных проблем можно отнести рост объема кода, увеличение количества ошибок, усложнение проектов и усиливающиеся требования к качеству и скорости разработки. Чтобы справиться с этими проблемами, важно найти решения, которые позволят снижать издержки, повышать производительность команд, сокращать время на тестирование и отладку кода, а также улучшать качество разрабатываемой продукции. Эти меры помогут добиться конкурентных преимуществ на рынке.

В зависимости от специфики проекта, его масштабов, целей и требований заинтересованных сторон, можно выделить несколько основных видов методологий управления проектами. Одной из наиболее известных и широко используемых традиционных методологий является методология Waterfall или как ее еще называют водопадная модель. Ее основная концепция заключается в линейном порядком выполнения

этапов проекта, где каждую стадию необходимо завершить перед тем, как переходить к следующей. Порядок выполнения включает в себя фазы: инициация, планирование, разработка, тестирование и внедрение. Этот подход хорошо зарекомендовал себя в проектах с четко установленными требованиями и низкой степенью неопределенности.

Следующий вид – это методология на основе критической цепи, которая акцентирует внимание на управлении ресурсами и временными ограничениями, учитывая ограничения ресурсов и минимизацию времени выполнения проекта. Вместо того чтобы фокусироваться на отдельных задачах, данная методология рассматривает проект как единое целое, конструируя график выполнения с учетом неопределенности, что позволяет более эффективно управлять временными ресурсами и снижать риски, связанные с задержками.

Нельзя не упомянуть о методологии управления проектами на основе результатов ориентированы на достижение конкретных результатов и целей проекта. В отличие от традиционных подходов, фокусируются на измеримых результатах и ценности, которую проект приносит заинтересованным сторонам. Методологии на основе результатов активно применяются в социальном секторе, где важно отслеживать влияние проектов на сообщество и оценивать их социальную эффективность.

Одной из больших проблем традиционных методологий, таких как Waterfall, является их жесткость и недостаточная адаптивность к изменениям [3]. Данная проблема особенно заметна в быстро меняющихся отраслях, где требования клиентов могут измениться в процессе реализации проекта. В таких условиях Agile-подходы становятся все более актуальными и востребованными.

В противоположность традиционным методологиям, Agile (гибкая методология) предлагает более адаптивный и итеративный подход к управлению проектами [1]. Рассмотрим несколько основных видов Agile-методологий, каждая из которых имеет свои характеристики, преимущества и подходы к применению.

Одним из самых популярных Agile-подходов является Scrum, который основывается на итеративном и инкрементальном подходе к разработке. Scrum предполагает формирование кросс-функциональных команд, работающих над проектом в пределах спринтов, которые обычно длятся от двух до четырех недель. В этой методологии выделяют роли, такие как владелец продукта, Scrum-мастер и команда разработки. Scrum обеспечивает четкую структуру и ритм работы, что способствует концентрации на текущих задачах и повышает уровень прозрачности процессов. Однако следует отметить, что адаптация Scrum для сложных проектов может быть проблематичной, а строгие правила и роли иногда приводят к ритуализации.

Следующим распространенным методом является Kanban, базирующийся на визуализации рабочего процесса и управлении потоком задач. Kanban использует доску, на которой задачи отображаются в виде колонок, что позволяет командам видеть прогресс работы и эффективно управлять приоритетами [4]. В отличие от Scrum, Kanban не подразумевает четких итераций, а работа проходит непрерывно. Этот подход прост в внедрении и использовании, но может затруднить планирование из-за отсутствия жестких сроков, особенно в проектах с высокой степенью неопределенности.

Extreme Programming (XP) представляет собой методологию, ориентированную на качество кода и взаимодействие с клиентом. В рамках XP практики, такие как процессы совместное программирование и постоянная интеграция, играют ключевую роль. Краткие итерации способствуют регулярному получению обратной связи от пользователей, что позволяет лучше понять их потребности. Тем не менее, XP требует высокой самоорганизации команды и ресурсов на поддержание практик, что может быть вызовом для организаций.

Lean Software Development акцентирует внимание на устранении потерь и оптимизации процессов в целях создания максимальной ценности для клиента. Этот подход позволяет командам более эффективно использовать ресурсы и фокусироваться на реальных потребностях клиентов.

Feature-Driven Development (FDD) предлагает модульный подход к разработке, сосредоточиваясь на создании конкретных функций в рамках проекта. Проект делится на фичи, каждая из которых проходит через отдельные этапы планирования, разработки и проверки. FDD помогает эффективно управлять большим количеством задач и приоритетов, но требует качественного управления, чтобы избежать пересечения ролей и недопонимания.

Каждый из перечисленных Agile-подходов имеет свои особенности и области применения, и выбор конкретной методологии зависит от целей проекта, составов команд и специфики бизнеса. Основной акцент Agile-подходов делается на взаимодействии с клиентом, регулярной обратной связи и постоянном улучшении продукта на основе полученной информации [2]. Основной идеей Agile является наличие гибкости и способности адаптироваться к изменениям на каждом этапе проекта. Вместо того, чтобы планировать весь проект от начала до конца, Agile делает упор на итеративную разработку, где задачи разбиваются на короткие циклы (обычно 1-4 недели), что позволяет быстрее реагировать на изменения и лучше справляться с неопределенностью. Такой подход обеспечивает возможность получать раннюю обратную связь от клиентов, что является огромным преимуществом. Кроме того, Agile фокусируется на создании минимального жизнеспособного продукта как конечной цели первых итераций. Такая цель позволяет команде собирать обратную связь и вносить изменения на ранней стадии разработки, что часто ведет к созданию продукта, более соответствующего требованиям пользователей и рынка. Вместо того чтобы тратить большие ресурсы и время на создание полной версии продукта, Agile позволяет командам выявить ключевые функции и запустить продукт быстрее, получив при этом необходимую обратную связь.

Несмотря на большое количество преимуществ Agile-подходы, как и любое явление, обладает рядом проблемных аспектов. Одной из основных причин, по которой Agile-методологии не достигают своей полной эффективности, является неполное или неверное понимание их принципов. Многие организации рассматривают Agile как набор фреймворков (например, Scrum или Kanban), не принимая во внимание основные философские ценности, такие как сотрудничество, гибкость и адаптивное планирование. Это может приводить к формальному применению практик, без истинного понимания их сути и интегрирования в процессы команды. Кроме того, Agile-подходы предполагают создание сильно самоуправляемых команд, однако на практике возникают сложности со слаженностью работы. Часто команды сталкиваются с неопределенностью в распределении ролей и обязанностей, что может приводить к конфликтам и низкой продуктивности. Помимо причисленного, отсутствие четкого графика также может выступать препятствием для создания системного подхода к управлению проектом. Следующая проблема связана с коммуникацией. Несмотря на акцент Agile на значимости регулярной обратной связи, многие команды сталкиваются с трудностями на этапе сбора и интеграции этой информации в процесс разработки. В результате, системные изменения могут внедряться нерегулярно, а конечный продукт зачастую не соответствует ожиданиям пользователей.

Проблемы, связанные с интеграцией Agile-подходов, решаемы совокупностью различных инструментов. В целях преодоления неполного или ошибочного понимания принципов Agile, необходимо организовать образовательные программы для членов команды и всех заинтересованных сторон. Регулярные тренинги, мастерклассы и семинары помогут командам не только ознакомиться с методологиями, такими как Scrum и Kanban, но и понять основные принципы, стоящие за ними. Дополнительно, проведение внутренних обзоров успешных и неудачных проектов может быть полезным средством для обмена опытом и выработки общих стандартов. Несмотря на то, что Agile ориентирован на гибкость, введение определенных рамок и сроков может улучшить управление проектом. Установка регулярных спринтов с предопределенными целями и сроками не только обеспечит структуру, но и поможет в мониторинге прогресса и обеспечит эффективную

коммуникацию. Подобные спринты могут стать основой для оценки производительности и адаптации к изменениям.

Заключение. Подводя итог важно отметить, что эффективное внедрение Agile-подходов требует, как принципиально нового инновационного мышления, так и практического применения конкретных стратегий, направленных на преодоление существующих проблем. Систематический подход с акцентом на обучение, структурирование взаимодействия, установление четких сроков и активное использование обратной связи поможет командам более успешно адаптироваться к изменениям и развивать продукты, соответствующие ожиданиям пользователей. В условиях современного рынка, где изменения происходят с большой скоростью, Agile-подходы становятся незаменимыми, позволяя организациям достигать лучших результатов и создавать продукты, соответствующие реальным потребностям пользователей. Agile-подходы в проектировании информационно-компьютерных систем оказывают заметное влияние на успешность IT-компаний, обеспечивая им возможность адаптироваться к изменениям, улучшать качество своей продукции и добиваться конкурентных преимуществ в быстро развивающемся мире технологий.

Список литературы

1. *Александрова Т. В. Повышение эффективности проектного управления в организации на основе гибкой методологии Agile / Т. В. Александрова // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2019. – № 9. – С. 11-15.*
2. *Джабраилов Ш. В. Сравнительный анализ методологий разработки ПО Agile и Waterfall / Молодой ученый. — 2020. — № 52 (342). — С. 12-15.*
3. *Зайцева И. А. Практика применения методологий agile, scrum в ит-проектах / И. А. Зайцева, В. Ш. Ебата, Н. А. Ковбаса // Индустриальная экономика. – 2021. – № 1. – С. 62-69.*
4. *Трубин А. Е., Абдалов М. С., Нечаев А. М., Чаусов Д. Н. Оценка эффективности применения технологий моб-программирования в управлении IT-проектами Journal of Modern Competition / 2023. Vol. 17. No. 4*
5. *Ушаков Д. С. Классификация и описание современных подходов и методик управления проектами // Вестник Московской международной академии. 2022. №2.*

UDC 004.415.2

AGILE APPROACHES IN THE DESIGN OF INFORMATION AND COMPUTER SYSTEMS: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Pashchuk E. O.

Non-state private educational institution of higher education «Moscow University «Synergy»

Scientific supervisor: Trubin A. E. – Cand. of Sci., Associate Professor, Director of the Department of Digital Economy, Synergy University

Annotation. This scientific work examines the basic principles and advantages of Agile approaches in project management, focusing on flexibility, iterative development and interaction with the client. However, the problematic aspects of their application are also emphasized. Various measures have been proposed to solve these problems. Various types of Agile approaches are also considered.

Keywords: Agile approaches, information and computer systems design, flexible methodology, business efficiency, software development.

УДК [004.65:004.928]:331.101.1

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЕБ-АНИМИРОВАНИЯ НА ЯЗЫКЕ JAVASCRIPT

Жук Н.Е.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Карпович Е.Б.. – ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Рассмотрены современные алгоритмические подходы к оптимизации веб-анимирования с использованием языка JavaScript. Анализируются ключевые техники, такие как использование метода *requestAnimationFrame*, ленивый (*lazy*) рендеринг, принудительное применение 3D-трансформаций для аппаратного ускорения, оптимизация числовых вычислений, кеширование, объединение и оптимизация изменений в *DOM*. Представленные подходы направлены на снижение нагрузки на центральный процессор, минимизацию количества перерисовок и улучшение общей отзывчивости веб-интерфейсов.

Ключевые слова: алгоритмы, веб-анимирование, оптимизация, отзывчивость интерфейса, *JavaScript*, *requestAnimationFrame*.

Введение. В современной веб-разработке анимация играет важную роль в улучшении пользовательского опыта, делая интерфейсы более интуитивными и динамичными. Однако при реализации анимаций необходимо учитывать производительность устройства, так как неэффективная работа с *DOM* и избыточные вычисления могут привести к задержкам, заиканиям и даже к блокировке основного потока исполнения.

В данной статье рассматриваются алгоритмические основы оптимизации анимаций на *JavaScript*, а именно такие техники как использование функции *requestAnimationFrame*, использование ленивого рендеринга, принудительное использование *3D* для аппаратного ускорения, использование свойства *transform* вместо абсолютного позиционирования элемента, а также кеширование.

Основная часть. Функция *requestAnimationFrame* является основным инструментом для создания анимаций в веб-разработке, поскольку она обеспечивает синхронизацию пересчета анимации с частотой перерисовки экрана, обычно около 60 кадров в секунду, что придает визуальным эффектам плавность. Используя этот метод, браузер планирует вызов функции-рендерера непосредственно перед следующим циклом отрисовки, что позволяет максимально точно и экономно использовать ресурсы, поскольку обновление происходит только тогда, когда это действительно необходимо. Это означает, что в отличие от традиционных таймеров, таких как *setTimeout* или *setInterval*, *requestAnimationFrame* позволяет избежать накопления задержек между кадрами и автоматически приостанавливает обновление анимации, когда вкладка не активна, тем самым снижая нагрузку на. Кроме того, функция предоставляет метку времени, которая помогает точно рассчитать интервалы между кадрами и адаптировать анимационные эффекты к возможным задержкам, что способствует более естественному отображению движения. Возможность отмены запланированного вызова через *cancelAnimationFrame* позволяет разработчикам эффективно управлять ресурсами, прекращая анимацию, когда она больше не нужна, что помогает предотвратить утечки памяти.

Ленивый рендеринг представляет собой метод оптимизации веб-анимирования, основанный на отложенной отрисовке элементов, не находящихся в области видимости пользователя, что позволяет существенно снизить вычислительную нагрузку и повысить общую производительность интерфейса. В научном контексте данный подход реализуется посредством динамического контроля времени и условий рендеринга, что достигается, в

частности, через использование *API*, такого как *IntersectionObserver*, позволяющего отслеживать момент появления элементов в видимой части окна браузера и инициировать их отрисовку только в тот момент, когда они становятся актуальными для пользователя. Также важным аспектом является применение условного рендеринга на основе событий прокрутки или других пользовательских взаимодействий, что позволяет динамически подгружать компоненты и анимационные эффекты, минимизируя тем самым затраты на перерасчёт стилей и перерисовку *DOM*. Практическая польза ленивого рендеринга заключается в повышении отзывчивости веб-приложений, уменьшении времени загрузки и снижении энергопотребления, поскольку ресурсы распределяются и задействуются только в момент необходимости.

Принудительное использование *3D* в веб-анимировании представляет собой метод оптимизации, при котором элементы страницы переводятся в контекст *3D* с целью задействования графического процессора для рендеринга. Данный подход осуществляется посредством применения *CSS*-свойств, таких как *translateZ(0)* или *translate3d(0, 0, 0)*, что приводит к созданию нового композиционного слоя, обрабатываемого независимо от основного потока выполнения, в результате чего браузер выделяет эти элементы для аппаратного ускорения. Механизмы перехода от *2D* к *3D* включают преобразование плоского слоя в трехмерное пространство, что заставляет браузер использовать дополнительные оптимизации, связанные с композитингом, а именно распределение задач между графическим и центральным процессорами. Помимо этого, применение *3D*-трансформаций позволяет эффективнее управлять визуальными эффектами, например, тенями и перспективой, поскольку графический процессор более оптимизирован для выполнения параллельных графических операций.

Использование свойства *transform* для перемещения элемента вместо изменения его абсолютного позиционирования оказывает положительное влияние на производительность, поскольку операции, основанные на свойстве *transform*, осуществляются на композитном слое и, как правило, задействуют аппаратное ускорение, что позволяет избежать повторных перерасчетов компоновки и изменения потока документа. При изменении свойств *top* или *left* браузеру необходимо пересчитывать расположение элемента в структуре страницы, что влечёт за собой перерасчёт стилей и возможные перерисовки, существенно увеличивая нагрузку на центральный процессор, особенно при динамических изменениях, характерных для анимаций. В отличие от этого, применение *transform* изменяет лишь матрицу преобразования элемента, не затрагивая поток документа, что позволяет браузеру эффективно обновлять только визуальное представление без необходимости полного пересчёта верстки

Кеширование в *JavaScript* представляет собой метод оптимизации, заключающийся в сохранении результатов вычислений или доступа к данным для последующего их быстрого извлечения, что позволяет существенно снизить вычислительные затраты при повторном выполнении одних и тех же операций. Этот подход может быть реализован различными способами, включая использование ин-мемори кеша, где результаты дорогостоящих вычислений сохраняются в объектах или замыканиях, а также посредством мемоизации, позволяющей сохранять результаты функций для избежания повторных вычислений в циклах анимаций. Кроме того, данные могут кешироваться во встроенных веб-хранилищах, таких как *localStorage* или *sessionStorage*, что полезно для сохранения состояния между сессиями пользователя или для предварительной загрузки данных, необходимых для анимационных эффектов. В контексте веб-анимирования кеширование играет важную роль в оптимизации производительности, так как позволяет минимизировать количество обращений к *DOM*, снизить число перерасчетов стилей и перерисовок, а также уменьшить нагрузку на центральный процессор за счет быстрого доступа к уже вычисленным значениям.

Помимо всех вышеперечисленных техник, существуют хорошие решения по оптимизации кода анимационных библиотек или же модулей, такие как объединение и

применение всех изменений единожды с целью минимизации количества обращений к *DOM*. Чаще всего функция для применения всех изменений вызывается вместе с *callback*-функцией, переданной в *requestAnimationFrame*. Таким образом можно избежать так называемого *layout thrashing*, когда постоянное переключение между чтением и записью в *DOM* приводит к значительным задержкам. Помимо этого, для оптимизации интенсивных математических операций можно использовать специализированные структуры данных, такие как *TypedArray*. В совокупности данные методики способствуют повышению производительности веб-приложений за счет более эффективного распределения вычислительных ресурсов

Заключение. Оптимизация анимаций в веб-приложениях является важным аспектом повышения производительности и улучшения пользовательского опыта. Применение таких техник, как использование функции *requestAnimationFrame*, имплементация ленивого рендеринга, принудительное использование *3D* для аппаратного ускорения, использование свойства *transform* и кеширование позволяет существенно снизить нагрузку на систему оставляя достаточно ресурсов на плавную отрисовку анимаций. Внедрение данных подходов в практику разработки требует глубокого понимания механизмов работы браузера и постоянного анализа производительности, однако реализация данных техник существенно улучшает производительность и, как следствие, пользовательский опыт.

Список литературы

1. *Web Animation Techniques: User Engagement with Optimized Animations/ Chakradhar Avinash Devarapalli; // Journal of Scientific and Engineering Research, 2021, 8(4):228-234.*

2. *JSAV: The JavaScript Algorithm Visualization Library/ Ville Karavirta Dept. of Computer Science and Engineering, Clifford A. Shaffer Dept. of Computer Science Virginia Tech. – 2022. – Vol. 1, N 14. – Pp. 1–16.*

3. *Brekalo S., Pap K., Trstenjak B. Enhancing Rendering Performance in Complex Visualizations by using Optimization Techniques and Algorithms in Browser Environments // Engineering, Technology & Applied Science Research. – 2024. – Vol. 14. – №. 3. – P. 14049-14055..*

UDC [004.65:004.928]:331.101.1

ALGORITHMIC FOUNDATIONS OF WEB ANIMATION IN JAVASCRIPT

Zhuk M.E.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kharpovich E.B. – senior lecturersor of the department of ICSD

Annotation: The paper examines modern algorithmic approaches to optimizing web animation using JavaScript. Key techniques are analyzed, including the use of the requestAnimationFrame method, lazy rendering, forced application of 3D transformations for hardware acceleration, numerical computation optimization, caching, and the batching and optimization of DOM updates. The presented approaches aim to reduce CPU load, minimize the number of re-renders, and improve the overall responsiveness of web interfaces..

Keywords: algorithms, web animation, optimization, interface responsiveness, JavaScript, requestAnimationFrame.

УДК 004.932.2

ВИДЕОКОНТРОЛЬ КАССОВЫХ ОПЕРАЦИЙ

Дударев М.Ю., Дударева О.В., Морозова А.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Хорошко В.В. – к. т. н., доцент, заведующий кафедой ПИКС

Аннотация. Системы видеонаблюдения являются наиболее высокотехнологичными компонентами системы безопасности любого объекта, которые прочно вошли в нашу жизнь как элементы обеспечения его безопасности. Наиболее эффективными способами для магазинов самообслуживания являются установка систем видеонаблюдения в торговом зале, подсобных помещениях и складах, установка противокражных рамок и бирок на товар. Контроль кассовых операций позволяет предотвращать нарушения или эффективно проводить расследования. Система основана на объединении информации, поступающей с кассы о транзакциях и видеоизображения с камеры, направленной на кассовый узел. Функция доступна в специальном программном обеспечении, работающем на видеосервере системы видеонаблюдения. Информация о транзакциях и сервисном обслуживании заносится в специальную базу данных, тем самым обеспечивая поиск транзакций для эффективного расследования и информирования оператора о подозрительных и тревожных ситуациях.

Ключевые слова: видеонаблюдение, видеоконтроль кассовых операций.

Введение. Системы видеонаблюдения – самые высокотехнологичные компоненты системы безопасности на любом объекте, которые прочно интегрируются в нашу жизнь, как элементы обеспечения ее безопасности. Классическое применение систем видеонаблюдения – защита административно-бытовых комплексов, торгово-развлекательных комплексов, медицинских учреждений, заводов и так далее. Но с каждым годом сфера применения постоянно растёт.

Всё большую необходимость приобретает решение нетривиальных задач видеонаблюдения с соответствующими нюансами в соблюдении характеристик каждого элемента системы, влияющими на их решение: видеонаблюдение в лифтах, на въезде в паркинги или дворовую территорию жилых и административных зданий, интеграция с исполнительными механизмами и системами жизнеобеспечения здания, организация учета и формирование отчетов на основе анализа полученных данных [1]. Так, например, потери в розничной торговле во всем мире составляют больше 10 миллиардов долларов. Это колоссальная сумма и с этими потерями можно и нужно бороться. Наиболее эффективные способы для магазинов самообслуживания: установка систем видеонаблюдения в торговом зале, подсобных и складских помещениях, установка противокражных рамок и меток на товар.

Основная часть. Существенная часть нарушений производится на кассовом узле. Среди них: подмена дорогого товара дешевым при сканировании; проведение товара через сканер с закрытым штрих-кодом; возврат товара и отмена чека; ввод скидки. Эти правонарушения совершаются кассиром самолично или в сговоре со знакомым, выступающим в роли покупателя. Установка видеокамеры не помогает в этой ситуации, так как по видеокамере на кассе будут производиться совершенно обыденные действия кассира, а при этом в кассе фиксироваться нужное злоумышленнику. Наиболее эффективным средством борьбы с махинациями кассира – совмещение информации, поступающей с видеокамеры с информацией от кассы.

Контроль кассовых операций позволяет предотвратить нарушения, либо эффективно проводить расследования.

Задачи, решаемые системой:

– снижение потерь в ритэйле, получение достоверных данных о нарушении и доказательств для органов правопорядка;

– получение статистических данных и анализ работы кассового узла: максимальная, минимальная и средняя стоимость покупок на кассе, количество транзакций за смену и тому подобное;

– повышение качества обслуживания за счет анализа действий кассира по транзакциям и видеоизображению менеджментом магазина и корректировка действий кассира в тех или иных ситуациях;

– фиксация всего происходящего на кассовом узле с указанием даты и времени: действия кассира, действия покупателя, передача денег, сканирование товара, получение сдачи и распечатывание чека.

Система основывается на совмещении информации, поступающей с кассы о транзакциях и видеоизображения с камеры, направленной на кассовый узел. Функция доступна в специальном программном обеспечении, функционирующем на видеосервере системы видеонаблюдения. Транзакции и служебная информация поступает в специальную базу данных, тем самым обеспечивается поиск по транзакциям для эффективного проведения расследований и информирования оператора о подозрительных и тревожных ситуациях.

Контроль кассовых операций позволяет отслеживать и предотвращать следующие нарушения:

– подмена штрих-кода дорогого товара дешевым при сканировании;

– отмена чека после ухода покупателя и присвоение суммы чека кассиром в случае, если покупатель не забрал чек;

– несанкционированное проведение скидки и махинации с дисконтными картами в случае, если покупатель не забрал чек;

– возврат товара без проведения процедуры возврата по кассе, и присвоение товара кассиром;

– махинации с кредитными картами, использование поддельных карт;

– проведение товара через сканер без считывания штрих-кода и вынос товара сообщником без оплаты.

Для детального анализа ситуации в мельчайших деталях необходимо изображение высокого разрешения. Современные мегапиксельные *IP*-камеры позволяют отследить номиналы банкнот при расчете с покупателем, зафиксировать лицо покупателя, рассмотреть тип товара, проводимого через сканер, в мельчайших подробностях.

По данным международных исследовательских агентств и ассоциаций ритэйлеров установка системы видеоконтроля кассовых операций позволяет снизить потери на кассовом узле до 80%, и увеличить прибыль магазина на 1-3%, что для сферы торговли очень значительно. Как правило, при должном уровне контроля и эксплуатации системы заказчиком, вложения окупается через через 6-12 месяцев [2].

Заключение. Можно сделать вывод, что применение видеонаблюдения выводит контроль действий с кассовыми аппаратами на качественно новый уровень. А это ведет к снижению потерь и повышению лояльности покупателей, что в итоге приводит к повышению прибыли в торговой сети.

Список литературы

1. *Системы видеонаблюдения ... [Electronic resource]. – Date of access: March 25, 2025. – http://biss.by/catalog/postavka-oborudovanija/sistemy-bezopasnosti/sistemy-videonabljudenija/.*

2. *Программный модуль контроля кассовых операций Trassir ACTIVE-POS ... [Electronic resource]. – Date of access: March 25, 2025. – https://www.securecam.ru/articles/active_pos/.*

UDC 004.932.2

VIDEO MONITORING OF CASH TRANSACTIONS

Dudarev M.Y., Dudareva O.V., Morozova A.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Khoroshko V.V. – Cand. of Sci., associate professor, Head of the department of ICSD

Annotation. Video surveillance systems are the most high-tech components of the security system of any facility, which have become an integral part of our lives as elements of ensuring its safety. The most effective methods for self-service stores are the installation of video surveillance systems in the sales area, utility rooms and warehouses, installation of anti-theft frames and tags on goods. Control of cash transactions allows preventing violations or effectively conducting investigations. The system is based on combining information received from the cash register about transactions and video images from the camera directed at the cash desk. The function is available in special software running on the video server of the video surveillance system. Information about transactions and service is entered into a special database, thereby ensuring the search for transactions for effective investigation and informing the operator about suspicious and alarming situations.

Keywords: video surveillance, video control of cash register operations.

УДК 004.89:005.96

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРСОНАЛА В ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМАХ

Варвашеня А.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Сморгун Е.С. – ассистент кафедры ПИКС

Аннотация. Анализ эффективности персонала является ключевым элементом управления человеческими ресурсами, способствующим повышению производительности труда и оптимизации бизнес-процессов. В данном докладе рассматриваются современные методы и алгоритмы анализа эффективности сотрудников, используемые в программных системах управления персоналом. Особое внимание уделено методам комплексной оценки, алгоритмам машинного обучения и моделям прогнозирования продуктивности сотрудников. Описаны основные подходы к автоматизации процесса оценки персонала и их влияние на принятие управленческих решений.

Ключевые слова: анализ эффективности персонала, программные системы, методы оценки, алгоритмы машинного обучения, *HR*-аналитика.

Введение. В современных организациях эффективность персонала является важным фактором конкурентоспособности. Компании стремятся внедрять программные решения для автоматизации процессов оценки сотрудников, что позволяет минимизировать субъективность и повысить точность анализа. Современные программные системы управления персоналом включают в себя различные методы и алгоритмы анализа, которые помогают выявить ключевые тенденции и прогнозировать производительность сотрудников.

Основная часть. Одним из наиболее распространенных методов оценки эффективности персонала является система *KPI* (*Key Performance Indicators*). Данный метод позволяет оценить вклад каждого сотрудника в достижение корпоративных целей на основе количественно измеряемых показателей. KPI могут включать такие параметры, как объем выполненных задач, соблюдение сроков, уровень удовлетворенности клиентов и другие характеристики, зависящие от специфики деятельности компании.

Компетентностный подход, в свою очередь, основывается на анализе профессиональных и личностных качеств сотрудников. Оценка строится на сопоставлении реальных компетенций работника с требуемыми для определенной должности. Данный метод позволяет выявить сильные и слабые стороны персонала, что способствует их дальнейшему развитию.

С развитием технологий в оценку персонала стали активно внедряться алгоритмы машинного обучения. Они позволяют анализировать большие объемы данных, прогнозировать эффективность сотрудников и автоматизировать процесс принятия решений. Например, алгоритмы кластеризации помогают выявить группы сотрудников с похожими характеристиками, а методы предсказательного анализа могут оценивать вероятность увольнения или карьерного роста.

Использование программных систем для оценки эффективности персонала дает ряд преимуществ. Во-первых, автоматизация процессов снижает субъективность оценок, так как решения принимаются на основе объективных данных. Во-вторых, компании получают возможность оперативного мониторинга ключевых показателей производительности. В-третьих, данные системы позволяют выявлять закономерности, которые трудно определить при ручной оценке.

Вместе с тем, автоматизированные методы оценки персонала требуют корректной настройки и адаптации под конкретные условия организации. Ошибки в алгоритмах могут привести к некорректным результатам, что отрицательно скажется на управлении персоналом. Кроме того, важно учитывать этические аспекты внедрения таких систем, обеспечивая прозрачность и защиту персональных данных сотрудников.

Заключение. Методы и алгоритмы анализа эффективности персонала играют важную роль в управлении человеческими ресурсами. Использование систем на основе *KPI*, компетентностного подхода и алгоритмов машинного обучения позволяет повысить объективность оценки и принимать обоснованные кадровые решения. Однако для эффективного использования таких технологий необходима их правильная настройка, учет специфики бизнеса и соблюдение этических норм. В дальнейшем развитие методов оценки эффективности персонала будет связано с интеграцией искусственного интеллекта и более сложных аналитических моделей.

Список литературы

1. *Анализ эффективности системы оценки персонала / Носырева И. Г., Балашова Н. В. // Russian Journal of Labor Economics. – 2019. – Pp. 439–452.*

2. *Методические подходы к оценке эффективности системы управления персоналом организации / Степаненко Д. О. // Samara State Technical University. – 2012. – Pp. 80–84.*

3. *Комплексное влияние факторов, определяющих оценку персонала копании / Амалиев Б. А., Блюм М. А., Идигова Л. М. // Rostov State University. – 2009. – Pp. 122–124.*

UDC 004.89:005.96

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Varvashenya A.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Smorgun E.S. – assistant of the department of ICSD

Annotation. Personnel effectiveness analysis is a key element of human resource management, contributing to increased productivity and optimization of business processes. This report examines modern methods and algorithms for analyzing employee performance used in personnel management software systems. Special attention is paid to integrated assessment methods, machine learning algorithms, and employee productivity forecasting models. The main approaches to automating the personnel assessment process and their impact on managerial decision-making are described.

Keywords: personnel effectiveness analysis, software systems, evaluation methods, machine learning algorithms, HR-analytics.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

Багинский Д.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Сыс А.Д. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ПИКС

Аннотация. Представлены мобильные приложения для интеграции с системами контроля и управления доступом, определены их функциональные возможности, определена эффективность взаимодействия пользователя с системами безопасности посредством мобильных приложений.

Ключевые слова: мобильные приложения, система контроля и управления доступом, безопасность.

Введение. В условиях стремительного технологического прогресса и увеличения числа киберугроз системы контроля и управления доступом (СКУД) становятся неотъемлемой частью обеспечения безопасности как в общественных, так и в частных пространствах. Эти системы позволяют эффективно управлять доступом к важным объектам и ресурсам, минимизируя риски несанкционированного проникновения и утечки конфиденциальной информации.

Современные тенденции в области мобильных технологий открывают новые горизонты для улучшения функциональности и удобства использования СКУД. Интеграция мобильных приложений в существующие системы управления доступом не только повышает уровень безопасности, но и улучшает взаимодействие пользователей с этими системами. Мобильные устройства становятся универсальными инструментами, позволяющими пользователям удаленно контролировать и управлять доступом в реальном времени, получать уведомления о событиях безопасности и использовать биометрические данные для аутентификации.

Основная часть. Широкое использование мобильных телефонов в различных сферах жизни привело к изменениям даже в такой консервативной области, как СКУД (Системы контроля доступа). Производители систем контроля доступа предлагают считыватели *NFC* и *BLE*. Например, компания *HID* выпустила универсальные считыватели, поддерживающие *HID Mobile Access*. Интеграция считывателя происходит через интерфейс *Wiegand*. *Merusoft Smart office* интегрируется с любыми системами СКУД с помощью открытого *API*. При выдаче нового мобильного идентификатора его необходимо зарегистрировать в СКУД. Мы готовы взять на себя задачу комплексного выполнения процесса автоматизации от выдачи пропуска пользователя до его регистрации в действующей системе доступа. Единственное ограничение для разработчиков *Merusoft* – административные барьеры, устраиваемые службами безопасности [2].

Мобильное приложение *RusGuard Mobile* – это приложение для смартфона, которое позволяет решить целый ряд задач по контролю доступа на объекте. Приложение доступно для устройств под управлением *IOS* и *Android*. Функционал приложения можно разделить на две большие составляющие: администрирование СКУД и мобильный терминал для контроля доступа. Рассмотрим их подробнее.

Мобильное приложение *RusGuard Mobile* позволяет осуществлять самые основные действия по администрированию СКУД. Само собой, функционал мобильного приложения сильно ограничен по сравнению с серверной версией СКУД *RusGuard*, однако и оно может стать полезным инструментом в работе администратора или сотрудника службы безопасности.

Возможности приложения:

– управление точками доступа: открытие/закрытие, блокировка/разблокировка, постановка на охрану, включение сирены;

– просмотр информации о сотруднике: фото, ФИО, должность;

– блокировка пропуска сотрудника и полное удаление его электронной карточки из базы.

С помощью мобильного приложения для СКУД *RusGuard Mobile* можно организовать контроль доступа на удаленном объекте. Даже при отсутствии электрической сети, локальной сети, без заградительных устройств (турникет или шлагбаум) можно организовать полноценный учет рабочего времени.

Возможности приложения:

– сканирование персонального *QR*-кода или чтение *Mifare*-карты сотрудника;

– отправка полученных данных на сервер *RusGuard* через *W-Fi* или мобильный интернет;

– хранение данных в памяти смартфона; при отсутствии соединения с интернетом все события будут сохранены и переданы на сервер, когда связь будет восстановлена [1].

Merusoft Mobile Access – СКУД по смартфону. Доступ по смартфону для сотрудников и гостей бизнес-центров. Современные технологии для доступа в помещения.

Мобильное приложение *Smart Office* работает с *HID Mobile Access*. Смартфон становится пропуском в систему СКУД через виртуальный *Mobiil-ID*. Доступные функции мобильного доступа интегрированы в *Smart Office*. Клиенты получают универсальное приложение с доступом к функционалу *Smart Office*. Получить пропуск – мобильный *ID* могут только сотрудники бизнес-центра или корпоративного помещения. Выдача мобильного *ID* занимает несколько секунд. Виртуальный идентификатор, загруженный на смартфон пользователя, будет активен до тех пор, пока приложение не будет удалено или переустановлено пользователем. Он также может быть заблокирован на сервере администратором. Поддерживаются платформы *Android* и *iOS*. Возможна выдача временного пропуска. Мобильный пропуск можно заблокировать в любой момент. Это решение вместе с опциями внутреннего позиционирования повысит безопасность вашего офиса и позволит контролировать поток посетителей [2].

Электронные смарт-замки и контроллеры, управляемые приложением *TTLOCK* – это новое поколение беспроводной системы контроля доступа, которая программируется и управляется через приложение в смартфоне по технологии *BLE* (*Bluetooth Low Energy*).

С замками и контроллерами, которые работают с *APP TTLOCK* не нужно прокладывать линии связи, устанавливать серверное оборудование, следить за работоспособностью локальной сети и беспокоиться о трудоустройстве системных администраторов.

Бесплатное приложение для *iOS* и *Android* позволяет открывать двери, дистанционно предоставлять доступ к помещениям, оборудованным смарт-замками, открывать ворота и шлагбаумы, которые управляются контроллерами с *APP TTLOCK*, добавлять и редактировать список пользователей, а также в онлайн-режиме просматривать все события с возможностью их сохранения в облако *TTLOCK-CLOUD* [3].

Заключение. Мобильные приложения значительно повышают удобство и эффективность взаимодействия пользователей с системами контроля и управления доступом. Возможности удаленного доступа и быстрого реагирования на изменения позволяют пользователям управлять правами доступа в любое время и из любого места.

Кроме того, интеграция современных технологий, таких как биометрическая аутентификация и уведомления в реальном времени, способствует повышению уровня безопасности и удобства. В итоге, использование мобильных приложений в этой сфере не только упрощает процессы, но и делает их более надежными, что важно в условиях растущих требований к безопасности и гибкости в управлении доступом.

Список литературы

1. *Мобильное приложение RusGuard Mobile… [Electronic resource]. – Date of access: March 20, 2025. – https://www.rgsec.ru/mobile.*
2. *Merusoft Mobile Access – СКУД по смартфону … [Electronic resource]. – Date of access: March 20, 2025. – Режим доступа: https://merusoft.ru/merusoft-mobile-access/.*
3. *APP TTLOCK - единая облачная платформа для разных задач … [Electronic resource]. – Date of access: March 20, 2025. – https://ttlock.com.ru/vozmozhnosti.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

MOBILE APPLICATIONS FOR ACCESS CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEMS

Baginskiy D.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Sys A.D. – Master of Tech. Sci., Senior Lecturer at the Department of PICS

Annotation. The goal of integrating mobile applications into security systems has been defined, and mobile applications have been identified to improve the efficiency of user interaction with access control and management systems.

Keywords: mobile applications, access control and management system, security.

УДК 621.396.67:004.77

МОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭКСТРЕННОГО ОПОВЕЩЕНИЯ О ПОЖАРЕ

Стома А.Д., Околотович Е.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Сыс А.Д. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ПИКС

Аннотация. В статье исследуются современные мобильные технологии, применяемые в системах экстренного оповещения о пожарах. Анализируются их преимущества перед традиционными методами, такими как сирены и громкоговорители, включая использование геолокации, *IoT*, *push*-уведомлений и облачных сервисов. Рассматриваются ключевые аспекты внедрения этих технологий, такие как скорость оповещения, доступность, интеграция с беспроводными сетями и датчиками, а также вопросы координации между службами реагирования и защиты данных.

Ключевые слова: мобильные технологии, экстренное оповещение, пожарная безопасность, *IoT*, геолокация, *push*-уведомления, *Cell Broadcast*.

Введение. Современные мобильные технологии играют ключевую роль в системах экстренного оповещения о пожарах, превосходя традиционные методы, такие как сирены и громкоговорители, которые не всегда эффективны. Использование геолакации, *IoT*, *push*-уведомлений и облачных сервисов позволяет быстро информировать людей в зоне риска, что снижает угрозу для жизни и имущества.

Основная часть. Мобильные технологии для экстренного оповещения о пожаре становятся все более востребованными в современном мире, где скорость реакции может спасти жизни и минимизировать ущерб. С развитием смартфонов и беспроводных сетей появились новые возможности для быстрого информирования людей об угрозе, даже если они находятся далеко от источника опасности. Одним из ключевых преимуществ таких систем является их доступность – практически у каждого человека есть мобильное устройство, способное принимать сигналы тревоги. Для предотвращения негативных последствий разнообразных экстренных ситуаций необходима организация оперативного оповещения [1].

SMS и прочие варианты мобильных уведомлений никогда не рассматривались как основные инструменты оповещения населения. Таковым по-прежнему остаются телевидение, радио и уличные громкоговорители. Тем не менее, МЧС всегда было заинтересовано в расширении своего инструментария, именно поэтому системы оповещения о чрезвычайных ситуациях с помощью сотовых сетей имеют место быть в разных странах [2]. Современные решения включают в себя не только *SMS*-рассылки, но и *push*-уведомления через специализированные приложения, которые могут работать даже при слабом интернет-соединении.

Важным аспектом является использование интернета вещей (*IoT*), ведь это одно из самых развивающихся направлений вобласти информационных технологий и беспроводных связей [3]. Беспроводные датчики, подключенные к облачным платформам, обеспечивают мгновенную передачу данных на мобильные устройства и диспетчерские центры. Это особенно важно в многоэтажных домах, торговых центрах и промышленных объектах, где быстрое распространение информации критически необходимо.

Еще одним важным аспектом является геолокация, позволяющая точно определять местоположение человека и направлять ему персонализированные инструкции по эвакуации. В некоторых странах уже внедряются системы, которые используют технологии

массового оповещения, такие как *Cell Broadcast*, способные за секунды передать сообщение всем абонентам в зоне риска, независимо от их оператора связи.

Однако внедрение таких технологий требует не только технической готовности, но и четкой координации между службами экстренного реагирования, операторами связи и разработчиками программного обеспечения. Важно также учитывать вопросы конфиденциальности и защиты данных, чтобы система оповещения не стала инструментом для злоупотреблений.

В будущем мобильные технологии для оповещения о пожаре могут стать еще более интеллектуальными, например, с использованием искусственного интеллекта для прогнозирования распространения огня и оптимизации маршрутов эвакуации. Уже сейчас они демонстрируют огромный потенциал в спасении жизней, и их развитие будет способствовать повышению уровня безопасности в городах и на предприятиях по всему миру.

Заключение. Проведенный анализ показывает, что современные мобильные технологии кардинально меняют подход к экстренному оповещению о пожарах, предлагая более эффективные решения по сравнению с традиционными системами. Использование геолокации, *IoT*-датчиков, *push*-уведомлений и облачных сервисов позволяет мгновенно информировать население об угрозе, снижая риски для жизни и имущества.

Список литературы

1. *Цуриков, А.Н. Мобильные приложения для оповещения об экстренных ситуациях / А.Н. Цуриков, Е.А Ракитская // Научное обозрение. Технические науки. – 2018. – № 5. – С. 30-36*

2. *Матвеев, Д. Н. Способы оповещения о чрезвычайных ситуациях через сотовую сеть / Д. Н. Матвеев // Телекоммуникационные системы и сети : материалы 51-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 13–17 апреля 2015 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2015. – С. 49.*

3. *Шелков, А. С. Информационная безопасность Интернета вещей и технология eSIM / А. С. Шелков // и др. // Технические средства защиты информации : тезисы докладов XVI Белорусско-российской научно – технической конференции, Минск, 5 июня 2018 г. – Минск: БГУИР, 2017. – С. 100.*

UDC 621.396.67:004.77

MOBILE TECHNOLOGIES FOR EMERGENCY NOTIFICATION ABOUT THE FIRE

Stoma A.D., Okolotovich E.G.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Sys A.D. – Master ofTech. Sci., Senior Lecturer at the Department of PICS

Annotation. The article explores modern mobile technologies used in emergency fire alert systems. It analyzes their advantages over traditional methods, such as sirens and loudspeakers, including the use of geolocation, IoT, push notifications, and cloud services. Key aspects of implementing these technologies are examined, such as alert speed, accessibility, integration with wireless networks and sensors, as well as coordination between emergency services and data protection issues.

Keywords: mobile technologies, emergency alerting, fire safety, IoT, geolocation, push notifications, Cell Broadcast.

УДК 681.2:519.6

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ. ВАЛИДАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ

Куделич К.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Рассмотрены ключевые аспекты валидации и верификации в контексте программного обеспечения инженерного моделирования физических процессов. Проведён критический анализ традиционных и современных методологий этих процессов, обсуждаются преимущества и недостатки различных подходов, а также предлагаются рекомендации по эффективной интеграции процедур валидации и верификации в процесс разработки и применения инженерных моделей.

Ключевые слова: валидация, верификация, моделирование, оценка достоверности.

Введение. Широкое применение программного обеспечения инженерного моделирования для анализа и прогнозирования поведения электронных систем стало неотъемлемой частью современного инженерного процесса. Достоверность результатов компьютерного моделирования имеет критическое значение, поскольку они могут служить основой для принятия важных решений в различных областях. В связи с этим, валидация и верификация моделей представляют собой первоочередные задачи для обеспечения надежности и точности результатов. Исследование направлено на выявление подходов к валидации и верификации компьютерных моделей, а также рассмотрение современных подходов.

Основная часть. Верификация – процесс определения того, что вычислительная модель точно представляет лежащую в ее основе математическую модель и ее решение. Верификация осуществляется путем сравнения результатов вычислительной модели с результатами достоверной математической модели [1].

Верификацию проводят на этапе разработки вычислительной модели, предшествуя ее валидации. В процессе верификации рассматривают вопросы, связанные с численным анализом, качеством программное обеспечение, ошибками программирования в компьютерном коде и оценкой численных ошибок.

Верификация включает в себя ряд методов, направленных на обнаружение ошибок и проверку корректности реализации математической модели [1]:

– осуществить анализ исходного кода, реализующего модель, с целью выявления синтаксических и логических дефектов;

– провести верификацию алгоритмов, интегрированных в модель, с целью подтверждения их правильной реализации, достижения необходимой точности и обеспечения сходимости численных методов;

– определить уровень погрешности численных решений, получаемых посредством модели, и устанавливать его нахождение в пределах допустимых значений;

– провести проверку соблюдения фундаментальных законов сохранения (энергии, массы, импульса) в процессе моделирования;

– исследовать влияние вариаций входных параметров на выходные данные модели с целью подтверждения предсказуемости и физической обоснованности ее поведения;

– осуществить проверку корректной реализации граничных условий и их влияния на результаты моделирования. Валидируется отсутствие нефизических или нежелательных эффектов, обусловленных граничными условиями;

– провести анализ динамического поведения модели с целью подтверждения ее устойчивости и предотвращения получения расходящихся или нефизических решений;

– осуществить проверку корректной обработки физических величин и их размерностей, а также анализ физической интерпретации результатов моделирования;

– обеспечить воспроизводимость результатов моделирования при идентичных начальных условиях и входных параметрах, что является необходимым условием валидности модели.

Валидация – проверка правильности работы (предсказательной способности) аналитической модели, построенной на основе машинного обучения, а также удостоверение, что она соответствует требованиям решаемой задачи [2].

Валидация требует сравнения результатов моделирования с экспериментальными данными или данными, полученными из других, более надежных источников:

– сравнение с экспериментальными данными, путем сопоставления результатов моделирования с данными, полученными в лабораторных или реальных условиях эксплуатации;

– оценка чувствительности, заключающаяся в анализе влияния изменений параметров модели на результаты, для определения наиболее важных параметров;

– анализ неопределенности, включающий квантификацию неопределенностей, связанных с параметрами модели, граничными условиями и численными методами, а также оценку их влияния на результаты моделирования;

– использование методов машинного обучения, для разработки суррогатных моделей, обученных на экспериментальных данных, и ускорения процесса валидации и оценки неопределенности.

Процессы верификации и валидации тесно взаимосвязаны и должны рассматриваться как единый, итеративный процесс улучшения модели. Результаты верификации, выявляющие ошибки, служат отправной точкой для исправления модели и повторной верификации. Аналогично, результаты валидации, указывающие на расхождения между результатами моделирования и экспериментальными данными, могут потребовать пересмотра математической модели, уточнения параметров или даже разработки принципиально нового подхода. Этот непрерывный цикл верификации, валидации и модификации модели обеспечивает ее постоянное совершенствование и повышение адекватности, что, в конечном счете, приводит к созданию надежного и точного инструмента для решения инженерных задач.

Современные подходы к валидации и верификации направлены на автоматизацию процедур, повышение объективности и эффективности процесса выражаются во внедрение методологий *DevOps*, использовании облачных вычислений, разработке автоматизированных инструментов валидации и верификации, использовании методов машинного обучения. Рассмотрим их подробнее.

DevOps разработка (*Development Operations*) – это популярная методология, объединяющая этапы разработки продукта. *DevOps*, за счёт сквозной автоматизации и интеграции процессов, позволяет сократить время, необходимое для запуска новых функций или исправления ошибок программного обеспечения (ПО), и сделать процесс разработки более гибким и быстрым. Интеграция методологии *DevOps* в процессы валидации и верификации обеспечивает значительное повышение их эффективности и скорости. *DevOps* способствует автоматизации рутинных задач, таких как выполнение тестов, сбор данных и генерация отчетов, что позволяет инженерам сосредоточиться на анализе результатов и улучшении моделей [3].

Машинное обучение (*machine learning*, *ML*) – это процесс, при котором компьютерная программа с помощью искусственного интеллекта учится решать задачи на основе данных. Она находит определённые закономерности и использует их для принятия решений. Методы машинного обучения значительно расширяют возможности валидации и

верификации моделей, предлагая решения для автоматизации, ускорения и повышения точности этих процессов. Алгоритмы машинного обучения способны выявлять скрытые закономерности в экспериментальных данных и использовать их для калибровки параметров модели, уменьшая расхождения между результатами моделирования и реальными наблюдениями [4].

Заключение. Валидация и верификация являются неотъемлемой частью процесса разработки и применения программного обеспечения инженерного моделирования физических процессов. Адекватная стратегия валидации и верификации позволяет повысить доверие к результатам моделирования, минимизировать риски, связанные с ошибками, и принимать обоснованные инженерные решения. Современные подходы к валидации и верификации направлены на автоматизацию процедур, повышение объективности и эффективности процесса, они уменьшают затраченное время на исследование и повышают их качество. Это критически важно в условиях усложняющихся моделей и растущих требований к надежности и точности результатов, которые используются для принятия важных инженерных решений.

Список литературы

1. *Верификация и валидация компьютерных моделей / Сальников А.В., Французов М.С., Виноградов К.А., Пятунин К.Р., Никулин А.С. // P. I. Baranov CIAEE.*
2. *Валидация моделей. [Electronic resource]. – Date of access: March 30, 2025. – https://help.loginom.ru/userguide/processors/validation.html.*
3. *DevOps: методология, принципы, подходы и технологии ... [Electronic resource]. – Date of access: March 30, 2025. – https://habr.com/ru/articles/745532/.*
4. *Машинное обучение ... [Electronic resource]. – Date of access: March 30, 2025. – https://practicum.yandex.ru/blog/modeli-mashinnogo-obucheniya/.*

UDC 681.2:519.6

ENSURING THE RELIABILITY OF COMPUTER SIMULATION RESULTS. VALIDATION AND VERIFICATION OF MODELS

Kudelich K.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexeev V.F. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The key aspects of validation and verification are considered in the context of software for engineering simulation of physical processes. A critical analysis of traditional and modern methodologies of these processes is carried out, the advantages and disadvantages of various approaches are discussed, and recommendations are proposed for the effective integration of validation and verification procedures into the process of developing and applying engineering models.

Keywords: validation, verification, modeling, reliability assessment.

УДК 004.80.000

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аламов А.У., Ситников А. В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Мигалевич С.А. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры информатики

Аннотация. Статья посвящена исследованию возможностей применения методов машинного обучения для оптимизации логистических процессов. В работе рассмотрены ключевые методы машинного обучения, такие как обучение с учителем, обучение без учителя и глубокое обучение, а также их применение в прогнозировании спроса, управлении запасами, маршрутизации транспорта и автоматизации складских операций.

Ключевые слова: машинное обучение, логистические процессы, оптимизация логистики, прогнозирование спроса, управление запасами, маршрутизация транспорта, автоматизация складов.

Введение. Современные логистические системы сталкиваются с возрастающими вызовами, связанными с необходимостью повышения эффективности, снижения издержек и обеспечения высокой точности прогнозирования спроса. В условиях глобализации и роста конкуренции традиционные методы управления логистическими процессами зачастую оказываются недостаточно гибкими и адаптивными. Это обуславливает необходимость внедрения инновационных подходов, среди которых особое внимание уделяется методам машинного обучения. Данные технологии предоставляют уникальные возможности для обработки больших объемов данных и выявления скрытых закономерностей, что в свою очередь способствует оптимизации ключевых аспектов логистики, таких как управление запасами, маршрутизация транспорта и прогнозирование спроса.

Машинное обучение открывает новые возможности для автоматизации процессов и повышения их адаптивности к изменяющимся рыночным условиям. Например, использование алгоритмов классификации и регрессии помогает точно прогнозировать спрос на товары, что позволяет минимизировать излишки и избежать дефицита. Методы кластеризации применяются для сегментации рынка и оптимизации распределения товаров, а алгоритмы обучения с подкреплением эффективно решают задачи динамической маршрутизации, учитывая такие переменные, как трафик, погодные условия и другие факторы. Внедрение нейронных сетей и глубокого обучения также открывает новые горизонты для реального времени управления цепями поставок и прогнозирования нестабильностей.

В данной работе рассматриваются ключевые аспекты применения машинного обучения для оптимизации логистических процессов, анализируются его преимущества и ограничения, а также исследуются перспективы дальнейшего развития этих технологий в логистике.

Основная часть. Современные логистические системы функционируют в условиях высокой динамичности и неопределенности, что обусловлено глобализацией рынков, ростом ожиданий потребителей и увеличением сложности цепочек поставок. Традиционные подходы к управлению логистическими процессами, основанные на статических моделях и ручном анализе данных, зачастую не способны оперативно адаптироваться к изменяющимся условиям. Это приводит к неоптимальному использованию ресурсов, увеличению издержек и снижению уровня обслуживания клиентов. В таких условиях особую актуальность приобретают методы машинного

обучения, которые позволяют автоматизировать анализ больших объемов данных, выявлять скрытые закономерности и принимать обоснованные решения в режиме реального времени.

Вдобавок, растущая доступность вычислительных мощностей и развитие технологий сбора данных создают благоприятные условия для внедрения искусственного интеллекта в логистику. Машинное обучение открывает новые возможности для оптимизации ключевых процессов, таких как прогнозирование спроса, управление запасами, маршрутизация транспорта и планирование складских операций. Это не только способствует повышению эффективности логистических систем, но и обеспечивает их устойчивость к внешним вызовам, таким как колебания спроса, сбои в цепочках поставок и изменения рыночной конъюнктуры. Таким образом, применение методов машинного обучения становится не просто инновационным трендом, а необходимым условием для поддержания конкурентоспособности в современных условиях [1].

Машинное обучение предлагает широкий спектр методов, которые могут быть успешно применены для оптимизации логистических процессов. Одним из наиболее востребованных подходов является обучение с учителем, которое используется для решения задач прогнозирования и классификации. Деревья решений и случайные леса применяются для классификации заказов или определения приоритетов доставки, что помогает оптимизировать распределение ресурсов. Эти методы особенно полезны в условиях, где доступны исторические данные, на основе которых можно строить точные модели.

Значимую роль играют методы глубокого обучения и нейронные сети, которые демонстрируют высокую эффективность в решении сложных задач, таких как динамическая маршрутизация или прогнозирование в условиях нестабильности. Например, рекуррентные нейронные сети (*RNN*) и их модификации, такие как *LSTM* (*Long Short-Term Memory*), успешно применяются для анализа временных рядов и прогнозирования спроса с учетом сезонности, и других факторов [2]. Эти методы позволяют не только повысить точность решений, но и обеспечить гибкость логистических систем в условиях неопределенности.

Применение машинного обучения в логистике охватывает широкий спектр ключевых процессов, позволяя значительно повысить их эффективность и адаптивность. Важным направлением является прогнозирование спроса. Используя методы временных рядов, такие как *ARIMA* [3], или более сложные алгоритмы, такие как рекуррентные нейронные сети (*RNN*), компании могут с высокой точностью предсказывать будущий спрос на товары. Это позволяет оптимизировать уровни запасов, минимизировать излишки и избежать дефицита, что имеет критическое значение в условиях сезонных колебаний или нестабильности рынка.

Следующей ключевой областью применения машинного обучения является оптимизация маршрутов и управление транспортом. Алгоритмы, такие как генетические алгоритмы или методы обучения с подкреплением, позволяют оптимизировать маршруты доставки с учетом множества переменных, включая пробки, погодные условия, ограничения по времени и стоимость топлива. Оптимизация маршрутов позволяет уменьшить время доставки и снизить транспортные расходы.

Кроме этого, машинное обучение активно применяется в управлении складскими операциями. С помощью компьютерного зрения и алгоритмов глубокого обучения компании могут автоматизировать процессы сортировки, упаковки и размещения товаров на складе. Например, нейронные сети могут анализировать изображения товаров и автоматически определять их категории, что ускоряет процесс обработки заказов. Вдобавок, методы машинного обучения используются для оптимизации размещения товаров на складе, в результате сокращается время поиска и доставки товаров, что приводит к повышению эффективности складских процессов.

Перспективы развития машинного обучения в логистике связаны с дальнейшей

интеграцией передовых технологий и расширением возможностей для автоматизации и оптимизации процессов. Одной из ключевых тенденций является развитие интернета вещей (*IoT*) [4], который позволяет собирать данные с датчиков, установленных на транспорте, складах и товарах, в режиме реального времени. Это открывает новые горизонты для применения машинного обучения, например, для мониторинга состояния грузов, прогнозирования технического обслуживания транспортных средств и оптимизации маршрутов с учетом текущих условий. Комбинация *IoT* и машинного обучения позволит создавать «умные» логистические системы, способные самостоятельно адаптироваться к изменениям и минимизировать риски.

Другой перспективной областью является использование цифровых двойников (*digital twins*) – виртуальных копий физических объектов или процессов. Цифровые двойники, основанные на машинном обучении, позволяют моделировать и анализировать логистические процессы в виртуальной среде, что дает возможность тестировать различные сценарии и оптимизировать решения до их реализации в реальности.

Заключение. Внедрение методов машинного обучения в логистику открывает новые горизонты для повышения эффективности, снижения издержек и улучшения качества обслуживания клиентов. Современные технологии, такие как прогнозирование спроса, оптимизация маршрутов, управление запасами и автоматизация складских операций, демонстрируют значительный потенциал для трансформации традиционных логистических процессов.

Перспективы развития машинного обучения в логистике связаны с дальнейшей интеграцией передовых технологий, таких как интернет вещей (*IoT*), цифровые двойники и автономные транспортные системы. Эти инновации обеспечивают создание более гибких, устойчивых и интеллектуальных логистических систем, способных адаптироваться к меняющимся условиям.

Список литературы

1. *Woschank, M. et al. A review of further directions for artificial intelligence, machine learning, and deep learning in smart logistics. // Sustainability. – 2020. – Vol. 12.9. – P. 3760.*

2. *DiPietro, R. et al. Deep learning: RNNs and LSTM. // Handbook of medical image computing and computer assisted intervention. – 2020. – Pp. 503–519.*

3. *Ho, S. L., Xie, M. The use of ARIMA models for reliability forecasting and analysis. // Computers & industrial engineering. – 1998. – Vol. 35 – Pp. 213–216..*

4. *Mouha, R. A. R. A. Internet of things (IoT). // Journal of Data Analysis and Information Processing. – 2021. – Vol. 9.02. – P. 77.*

UDC 004.80.000

OPTIMIZATION OF LOGISTICS PROCESSES USING MACHINE LEARNING METHODS

Alamov A.U., Sitnikov A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Migalevich S.A. – Master of Tech. Sci., senior lecturer at the department of computer science

Annotation. The article is devoted to the study of the possibilities of using machine learning methods to optimize logistics processes. The work considers key machine learning methods, such as supervised learning, unsupervised learning, and deep learning, as well as their application in demand forecasting, inventory management, transport routing, and automation of warehouse operations.

Keywords: machine learning, logistics processes, logistics optimization, demand forecasting, inventory management, transportation routing, warehouse automation.

УДК 621.365:621.3.049.77

ОЦЕНКА ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ COMPACTTOOL 1000B

Андриевская А.В., Куделич К.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Проведен расчёт теплового режима в перфорированном корпусе индукционного нагревателя *CompactTool* 1000B. Выявлена теоретическая температура самого нагреваемого элемента в устройстве. Обоснован режим охлаждения устройства. Подтверждена целесообразность использования перфорированных корпусов для охлаждения элементной базы устройства.

Ключевые слова: расчёт, тепловые процессы, тепловой режим, перфорированном корпус.

Введение. Индукционный нагреватель *CompactTool* 1000B предназначен для быстрого и эффективного нагрева металлических деталей путём создания вихревых токов в них, что позволяет достичь различных сферах, таких как плавка, пайка и сварка металлов.

В статье представлен расчёт теплового режима в корпусе индукционного нагревателя качества воздуха, результат которого помогает принять решение о применении той или иной конфигурации охлаждения устройства. Также расчёт теплового режима проводится для того, чтобы сопоставить рассчитанные температурные характеристики теплового режима с предельно допустимыми температурами, на которые рассчитаны комплектующие элементы РЭС.

Основная часть. В качестве исходных данных для расчёта теплового режима индукционного нагревателя выступают следующие данные:

– мощность, рассеиваемая нагретой зоной ($P_з$): 0,1 Вт;

– температура окружающей среды ($T_с$): 313 К (40 °С);

– максимальная температура канала: 423 К;

– размер транзисторов: 0,0351м х 0,015м х 0,0053м;

– коэффициент заполнения ($К_з$): 0,5;

– площадь поверхности элемента, омываемая воздухом, с учётом радиатора ($S_{эл}$): 0,10942 м^2.

Устойчивость к климатическим воздействиям для данного устройства: УХЛ 4.2 (ГОСТ 15150-69) [2]. На рисунке 1 представлена модель корпуса устройства с установленной в неё печатной платой.

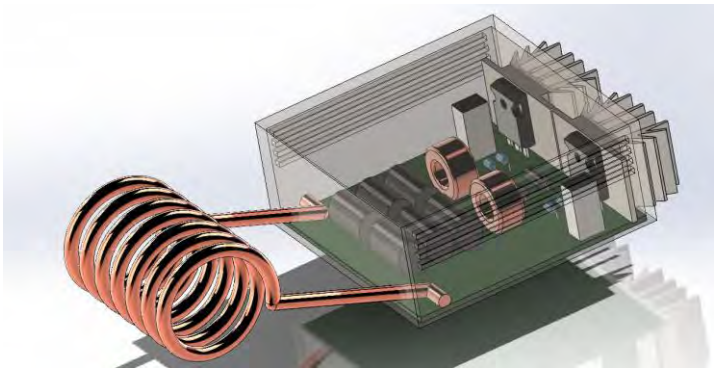


Рисунок 1 – Корпус индукционного нагревателя *CompactTool* 1000B

Рассчитываем поверхность корпуса блока (S_k):

$$S_k = 2 \cdot (l_1 l_2 + (l_1 + l_2) l_3) = 0.00163 \text{ м}^2, \quad (1)$$

где l_1, l_2 – горизонтальные размеры корпуса блока, м;
l_3 – вертикальный размер корпуса блока, м.

Определяем условную поверхность нагретой зоны ($S_з$):

$$S_з = 2 \cdot (\mathrm{l}_1 \mathrm{l}_2 + (\mathrm{l}_1 + \mathrm{l}_2) \mathrm{К}_з l_3) = 0.00044 \text{ м}^2, \quad (2)$$

где l_1, l_2 – горизонтальные размеры корпуса блока, м;
l_3 – вертикальный размер корпуса блока, м;
$\mathrm{К}_з$ – коэффициент заполнения.

Определяем удельную мощность корпуса блока (q_k):

$$q_k = \frac{P_з}{S_k} = 61{,}349 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}, \quad (3)$$

где $P_з$ – мощность, рассеиваемая нагретой зоной, Вт;
S_k – поверхность корпуса блока, м^2.

Рассчитываем удельную мощность нагретой зоны ($q_з$):

$$q_з = \frac{P_з}{S_з} = 226{,}586 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}, \quad (5)$$

где $P_з$ – мощность, рассеиваемая нагретой зоной, Вт;
$S_з$ – условная поверхность нагретой зоны, м^2.

Находим коэффициент (ϑ_1) в зависимости от удельной мощности корпуса:

$$\vartheta_1 = \mathrm{К}_{q_k} = 0{,}1472 q_k - 0{,}2962 \cdot 10^{-3} {q_k}^2 + 0{,}3127 \cdot 10^{-6} {q_k}^3 = 7{,}988 \text{ К}, \quad (6)$$

где q_k – удельная мощность корпуса блока, Вт/м^2.

Находим коэффициент (ϑ_2) в зависимости от удельной мощности нагретой зоны [1]:

$$\vartheta_2 = \mathrm{К}_{q_з} = 0{,}1390 q_з - 0{,}1223 \cdot 10^{-3} {q_з}^2 + 0{,}0698 \cdot 10^{-6} {q_з}^3 = 26{,}028 \text{ К}, \quad (7)$$

где $q_з$ – удельная мощность нагретой зоны, Вт/м^2.

Находим коэффициент (K_{H1}) в зависимости от давления среды вне корпуса:

$$K_{H1} = 0{,}82 + \frac{1}{0{,}925 + 4{,}6 \cdot 10^{-5} H_1} = \\ = 0{,}82 + \frac{1}{0{,}925 + 4{,}6 \cdot 10^{-5} \cdot 101325} = 0{,}999, \quad (8)$$

где H_1 = 101325 Па – величина атмосферного давления снаружи корпуса.

Находим коэффициент (K_{H2}) в зависимости от давления среды внутри корпуса:

$$K_{H2} = 0{,}82 + \frac{1}{0{,}925 + 4{,}6 \cdot 10^{-5} H_2} = \quad (9)$$

$$= 0{,}82 + \frac{1}{1{,}25 + 3{,}8 \cdot 10^{-5} \cdot 101325} = 0{,}996,$$

где H_2 = 101325 Па – величина атмосферного давления внутри корпуса аппарата.

Рассчитываем площадь перфорационных отверстий (n=50, d= 8 мм) ($S_П$):

$$S_П = \frac{n\pi d^2}{4} = 0{,}00011 \text{ м}^2, \quad (10)$$

Рассчитываем коэффициент перфорации (П):

$$П = \frac{S_п}{2l_1 l_3} = 0{,}7. \quad (11)$$

Находим коэффициент $К_п$ в зависимости от коэффициента перфораций П по графику на рисунке 2:

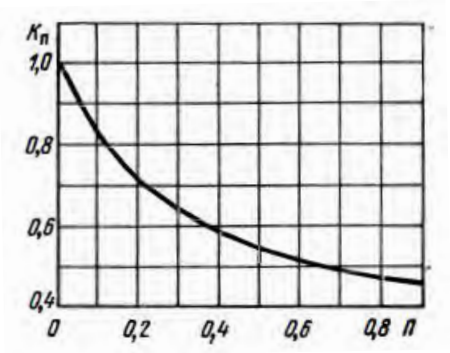


Рисунок 2 – Зависимость $К_п$ от коэффициента перфорации

Поскольку $П = 0{,}7$, то, по графику, $К_п = 0{,}5$.

Определяем перегрев корпуса блока ($\vartheta_к$):

$$\vartheta_к = \vartheta_1 К_{Н1} К_п \cdot 0{,}93 = 3{,}687 \text{ К}. \quad (12)$$

Определяем перегрев нагретой зоны ($\vartheta_з$):

$$\vartheta_з = 0{,}93 К_п \left(\vartheta_1 К_{Н1} + \left(\frac{\vartheta_2}{0{,}93} - \vartheta_1\right) К_{Н2}\right) = 12{,}893 К. \quad (13)$$

Определяем средний перегрев воздуха в блоке ($\vartheta_в$):

$$\vartheta_в = 0{,}6 \cdot \vartheta_з = 7{,}735 \text{ К}. \quad (14)$$

Определяем удельную мощность элемента ($q_{эл}$):

$$q_{эл} = \frac{P_{эл}}{S_{эл}} = 1736{,}430 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}. \quad (15)$$

Рассчитываем перегрев поверхности элемента ($\vartheta_{эл}$):

$$\vartheta_{эл} = \vartheta_з \cdot \left(0{,}75 + \frac{0{,}25 q_{эл}}{q_з}\right) = 34{,}371 \text{ К}. \quad (16)$$

Рассчитываем перегрев окружающей элемент среды ($\vartheta_{эс}$):

$$\vartheta_{эс} = \vartheta_в \cdot \left(0{,}75 + \frac{0{,}25 q_{эл}}{q_з}\right) = 20{,}623 \text{ К}, \quad (17)$$

Определяем температуру корпуса блока ($T_к$):

$$T_к = \vartheta_к + T_с = 320{,}412 \text{ К}, \quad (18)$$

Определяем температуру нагретой зоны ($T_з$):

$$T_з = \vartheta_з + T_с = 338{,}914 \text{ К}, \quad (19)$$

Определяем температуру поверхности элемента ($T_{эл}$):

$$T_{эл} = \vartheta_{эл} + T_с = 382{,}084 \text{ К}, \quad (20)$$

Определяем среднюю температуру воздуха в блоке ($T_в$):

$$T_в = \vartheta_в + T_с = 328{,}549 \text{ К}, \quad (21)$$

Определяем температуру окружающей элемент среды ($T_{эс}$):

$$T_{эс} = \vartheta_{эс} + T_с = 354{,}450 \text{ К}. \quad (22)$$

На рисунке 3 представлен тепловой режим индукционного нагревателя *CompactTool* 1000B:

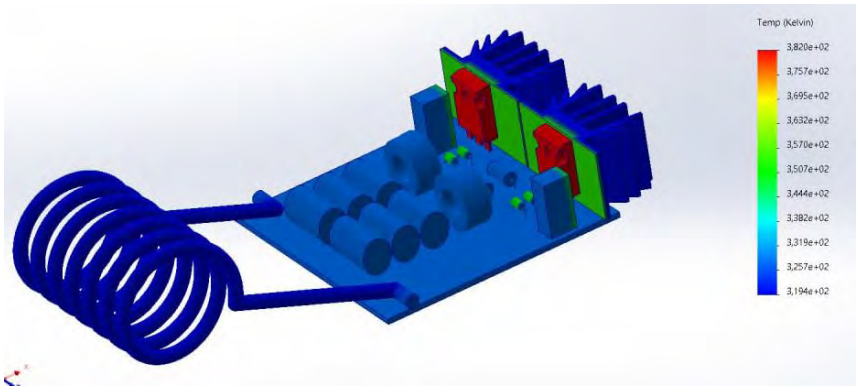


Рисунок 3 – Тепловой режим индукционного нагревателя

Наибольшая температура поверхности транзистора составляет 382 К (109°С), что ниже предельного значения в 423 К (150°С). Температура окружающей среды равна 354 К (61°С), а температура корпуса блока – 320 К (47°С).

Заключение. Расчет теплового режима индукционного нагревателя показал, что температура нагреваемого элемента соответствует рабочему диапазону, подтверждая эффективность выбранной системы охлаждения. Таким образом, принятый подход к организации оптимального теплового режима на этапе проектирования устройства позволил подтвердить обоснованность выбранных технических решений.

Список литературы

1. *Роткоп, Л. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры/ Л. Роткоп. – Москва.: Сов. радио, 1976. – 232с*

2. *ГОСТ 15150–69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – Введ. 1971-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1969. – 58 с.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Andrievskaya A.V., Kudelich K.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexeev V.F. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The calculation of the thermal regime in the perforated housing of the Compact Tool 1000V induction heater is carried out. The theoretical temperature of the most heated element in the device has been revealed. The cooling mode of the device is justified. The expediency of using perforated housings for cooling the device's element base has been confirmed.

Keywords: calculation, thermal processes, thermal regime, perforated housing.

УДК 004.942

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Кот Я.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы развития инженерного программного обеспечения, включая новейшие тенденции в области искусственного интеллекта, облачных вычислений, мультифизических симуляций и квантовых вычислений. Описываются технологии, такие как цифровые двойники, генеративный дизайн и виртуальная и дополненная реальность, которые значительно расширяют возможности инженерных программ. Проводится анализ роли открытого исходного кода и безопасности в программном обеспечении. Также даются сведения о новых программных решениях.

Ключевые слова: инженерное программное обеспечение, инженерное проектирование, моделирование, искусственный интеллект.

Введение. Существует много разных привычных нам инженерных программных решений, но за последние годы появилось множество новых технологий, которые меняют подход к проектированию, анализу и моделированию. Современное инженерное программное обеспечение развивается в направлении более высокой точности, автоматизации процессов и интеграции с искусственным интеллектом. Рассмотрим перспективы этого направления и ключевые тенденции, которые формируют будущее инженерных инструментов [1].

Основная часть. В последние годы наблюдается активное внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в инженерное программное обеспечение (ПО). Такие решения, как *NVIDIA SimNet,* используют нейросетевые модели для ускоренного решения уравнений физики. ИИ помогает автоматизировать анализ данных, предсказывать потенциальные проблемы в проектировании и находить оптимальные решения на основе больших массивов информации. Системы генеративного дизайна на основе искусственного интеллекта позволяют инженерам создавать оптимизированные конструкции с учетом множества параметров. Такие инструменты уже активно применяются в авиакосмической промышленности, машиностроении и архитектуре, помогая разрабатывать более легкие, прочные и экономичные конструкции [2].

Внедрение технологий виртуальной (*VR*) и дополненной реальности (*AR*) значительно расширяет возможности инженерного ПО. Эти технологии позволяют инженерам взаимодействовать с цифровыми моделями в трехмерном пространстве, что упрощает проектирование, анализ и тестирование сложных систем. Программные решения с поддержкой *VR/AR* уже применяются в промышленном дизайне, архитектуре и авиастроении [3].

Концепция цифровых двойников (*Digital Twins*) становится все более востребованной в инженерии. Они представляют собой виртуальные копии реальных объектов, позволяя проводить тестирование, мониторинг и оптимизацию без необходимости создания физических прототипов. Это снижает издержки, ускоряет разработку новых продуктов и повышает их надежность. Особенность *Digital Twins* – они охватывают жизненный цикл объекта, обновляется на основе данных в реальном времени и использует моделирование, машинное обучение и рассуждения для принятия решений [4].

Становятся популярнее облачные вычисления и *SaaS*-модели. Традиционное ПО требовало мощных локальных компьютеров, но облачные решения, такие как *SimScale*, позволяют проводить сложные симуляции в веб-браузере. Это снижает барьеры для

пользователей, уменьшает затраты на оборудование и упрощает совместную работу в инженерных командах. С ростом использования облачных технологий и сетевых решений кибербезопасность становится критически важным аспектом инженерного ПО. Современные системы защиты данных, шифрование и контроль доступа необходимы для предотвращения утечек информации и защиты интеллектуальной собственности компаний [5].

Современные проекты требуют учета сразу нескольких физических процессов. Такие продукты, как *COMSOL Multiphysics* и *Ansys*, продолжают совершенствовать инструменты для комплексного анализа, но появляются новые альтернативы, предлагающие более узкоспециализированные и эффективные решения [6].

Происходит рост квантовых вычислений в инженерном ПО. Хотя квантовые вычисления пока находятся в стадии развития, они могут перевернуть моделирование сложных систем. Уже сегодня ведутся исследования по использованию квантовых алгоритмов для оптимизации и решения задач механики, материаловедения и электромагнетизма [7].

Можно отметить подъём популярности открытого исходного кода и пользовательских модулей. Такие платформы, как *Multem 3*, ориентированы на научное сообщество и предлагают инструменты с открытым кодом. Это позволяет исследователям адаптировать ПО под специфические задачи, а также улучшать его возможности совместно с другими пользователями.

В последние пять лет в области инженерного программного обеспечения появились новые инструменты, предназначенные для моделирования и анализа физических процессов. Рассмотрим некоторые из них [8].

Разработанный компанией *NVIDIA, SimNe*t представляет собой платформу для многозадачного моделирования, ускоренного с помощью искусственного интеллекта. Она позволяет решать прямые и обратные задачи, а также задачи слияния данных, обеспечивая быстрое время отклика за счет параметрического представления систем. *SimNet* интегрируется с параметрической конструктивной твердотельной геометрией и модулями *STL* для генерации облаков точек, а также поддерживает расширения через *API* для настройки геометрии, физики и архитектуры сети. Первая версия была представлена в 2020 году. С тех пор платформа активно развивается [9].

Multem 3 – обновленная и переработанная версия программы *Multem 2*, предназначенная для расчетов передачи и полос фотонных кристаллов. Переписанная на *Fortran 2018*, она использует современные библиотеки, такие как *LAPACK* и *AMOS*, что значительно улучшает скорость, сходимость и точность расчетов. *Multem 3* может служить надежной и быстрой альтернативой коммерческому программному обеспечению, такому как *COMSOL Multiphysics* или *Ansys HFSS*.

Multem 3 заменил *Multem 2* в 2024 году [10].

SimScale – облачная платформа для инженерного моделирования, позволяющая тестировать, проверять и оптимизировать конструкции с помощью онлайн-моделирования. Все процессы выполняются облачно, что устраняет необходимость в мощных локальных вычислительных ресурсах. *SimScale* предлагает функции для моделирования различных физических явлений, включая гидродинамику и теплоперенос. *SimScale* – основан в 2012 году, но за последние 5 лет получил значительные обновления, включая внедрение ИИ в симуляции [12].

Заключение. Инженерное программное обеспечение продолжает активно развиваться, адаптируясь к новым вызовам и технологиям. Искусственный интеллект, облачные вычисления, мультифизические симуляции и квантовые технологии формируют будущее этой области. Новые решения повышают точность моделирования, ускоряют вычисления и делают сложные инженерные задачи более доступными. В ближайшие годы мы можем ожидать еще большего слияния традиционных методов проектирования с новыми цифровыми возможностями, что приведет к значительному прогрессу в инженерных и научных исследованиях.

Дополнительно, интеграция инновационных технологий, таких как цифровые двойники и *VR/AR*, способствует созданию более интерактивных и точных моделей, что улучшает контроль на всех этапах жизненного цикла изделия. Это особенно важно в таких отраслях, как аэрокосмическая промышленность, автомобилестроение и строительство, где точность и надежность критически важны.

Помимо технических аспектов, важно учитывать и вопросы кибербезопасности. С увеличением зависимости от облачных сервисов и сетевых технологий компании вынуждены инвестировать в защиту данных, чтобы предотвратить утечки и несанкционированный доступ к своим разработкам. В будущем можно ожидать усиления нормативного регулирования в этой сфере и появления новых стандартов безопасности.

Таким образом, перспективы развития инженерного ПО связаны не только с техническими улучшениями, но и с адаптацией к новым вызовам цифровой эпохи. Это открывает широкие возможности для инноваций, оптимизации процессов и повышения эффективности в различных инженерных дисциплинах.

Список литературы

1. *Программное обеспечение для моделирования физических процессов в инженерии … [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – https://multiphysics.ru/stati/blog/primenenie-iskusstvennogo-intellekta-v-inzhiniringe.htm.*

2. *Искусственный интеллект в инженерном программном обеспечении … [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – https://habr.com/ru/articles/893710/.*

3. *Применение VR/AR в инженерном проектировании … [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – https://www.linkedin.com/pulse/virtual-reality-engineering-shaping-future-2024-primaverse-enade.*

4. *Цифровые двойники в инженерии: концепция и применение … [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – https://www.osp.ru/os/2021/07/13054366 .*

5. *Облачные решения в инженерном ПО … [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – https://cloud.cnews.ru/*

6. *Мультифизическое моделирование в инженерном анализе … [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – https://www.youtube.com/watch?v=agdoc8rsxPw.*

7. *Квантовые вычисления в инженерном моделировании … [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – https://www.cnbc.com/2025/03/21/the-race-to-build-a-practical-quantum-computer.html.*

8. *Открытое ПО в инженерных расчетах… [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – https://www.osmag.ru/articles/otkrytoe-po-v-inzhenernyh-raschetah/.*

9. *NVIDIA SimNet … [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – https://tadviser.com/index.php/Product.*

10. *Multem 3: новый инструмент для фотонных кристаллов … [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010465524001413.*

11. *ScienceDirect … [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010465524001413.*

12. *SimScale: облачное моделирование для инженеров … [Electronic resource]. – Date of access: March 26, 2025. – https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/spe.995.*

UDC 004.942

PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF ENGINEERING SOFTWARE

Kot Y.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alekseev V.F. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article discusses the prospects for the development of engineering software, including the latest trends in artificial intelligence, cloud computing, multiphysical simulations and quantum computing. Technologies such as digital twins, generative design, and virtual and augmented reality are described, which significantly expand the capabilities of engineering programs. The role of open source code and security in software is analyzed. Information about new software solutions is also provided.

Keywords: engineering software, engineering design, modeling, artificial intelligence.

УДК 331.108.244

ПОДБОР ПЕРСОНАЛА В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА СПЕЦИАЛИСТОВ НА РЫНКЕ ТРУДА

Зиневич В.П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Тонкович И.Н. – к. х. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В работе актуализируется концепция управления рекрутингом в условиях дефицита специалистов на рынке труда. Обоснована необходимость автоматизации данного процесса. В рамках исследования спроектировано и разработано программное решение, предназначенное для оптимизации процесса подбора персонала.

Ключевые слова: подбор персонала, рынок труда, дефицит кадров, рекрутмент, автоматизация, программное обеспечение.

Введение. В условиях дефицита кадров и высокой конкуренции за таланты эффективный подбор персонала становится одной из ключевых задач для любой организации. Программное обеспечение, направленное на автоматизацию процесса подбора, играет важную роль в сокращении времени поиска, повышении качества найма и улучшении взаимодействия с кандидатами. Внедрение технологий позволяет оптимизировать все этапы рекрутинга: от привлечения кандидатов до их окончательного трудоустройства, что особенно важно в условиях ограниченного рынка труда.

Основная часть. Подбор персонала в организации – комплекс мероприятий, осуществляемый для привлечения на ту или иную должность сотрудников, обладающих необходимыми для нахождения на конкретной позиции качествами, и их адаптации на новом рабочем месте [1].

Дефицит специалистов на рынке труда – это ситуация, характеризующаяся недостатком профессионалов с нужным опытом и умениями для решения задач в компаниях. Эта проблема может возникать из-за ряда причин: стремительного развития технологий, из-за чего востребованные навыки быстро теряют актуальность; изменений в возрастной структуре населения, ведущих к старению трудоспособного поколения; и расхождения между требованиями работодателей к сотрудникам и реальными компетенциями ищущих работу.

В Республике Беларусь данная проблема особенно актуальна в таких сферах деятельности, как транспорт, строительство, логистика, общепит и розничная торговля. Молодое поколение чаще выбирает профессии в сферах маркетинга, менеджмента, юриспруденции и финансов и информационных технологий, что приводит к нехватке специалистов с профессионально-техническим образованием. Дополнительным фактором, который усложняет кадровый дефицит, является демографическая яма: преобладающее количество компаний ищут сотрудников возрастной категории от 25 до 35 лет. В данном диапазоне сейчас отмечается основная нехватка специалистов [2].

Процесс подбора персонала в условиях дефицита специалистов на рынке труда – это совокупность действий, направленных на привлечение, оценку и трудоустройство квалифицированных кандидатов в ситуации, когда спрос на профессионалов превышает их предложение. Он включает в себя разработку стратегий поиска, активное применение цифровых технологий для автоматизации рекрутерского процесса, формирование привлекательного имиджа работодателя, а также использование нестандартных методов для оценки и удержания талантливых сотрудников.

Для решения проблемы дефицита кадров работодатели могут применять различные стратегии:

1 Улучшение условий труда: предоставление конкурентоспособной заработной платы, обеспечение транспорта или жилья для иногородних сотрудников, организация бесплатных обедов.

2 Гибкий график работы: внедрение гибридного или удаленного формата работы, «плавающее» начало и завершение рабочего дня.

3 Расширение возрастных границ и отмена дискриминации: привлечение молодых специалистов, создание сбалансированного коллектива за счет найма более зрелых сотрудников, предоставление равных возможностей для карьерного роста.

4 Переквалификация сотрудников: внедрение программ профессиональной переподготовки для обучения сотрудников из других отделов.

Однако и это не может в полной мере решить проблему найма сотрудников при нехватке кадров. В условиях дефицита специалистов на рынке труда автоматизация процесса подбора персонала становится особенно актуальной. Автоматизация позволяет снизить нагрузку на *HR*-менеджеров, сократить время поиска кандидатов и минимизировать вероятность ошибок на этапах найма. Кроме того, автоматизированные системы обеспечивают прозрачность взаимодействия между участниками процесса и способствуют повышению качества отбора кандидатов [3].

В рамках исследования спроектировано и разработано программное решение, предназначенное для оптимизации процесса привлечения и найма квалифицированных кандидатов.

Программное решение предусматривает три ключевые роли пользователей: *HR*-менеджер, руководитель отдела и технический специалист; каждая из ролей имеет свои возможности. *HR*-менеджер выполняет основные задачи по привлечению кандидатов, такие как создание и размещение описания вакансии, планирование интервью, анализ резюме, проведение оценки кандидатов, поддержка обратной связи с кандидатами и формирование отчёта. Руководитель отдела утверждает описание вакансии и принимает решение о найме. Технический специалист участвует в процессе проведения технического собеседования.

Разработанное программное решение поддерживает такие функции как:

1 Подготовка описания вакансии. *HR*-менеджер, исходя из требований отдела, разрабатывает подробное описание вакансии, включающее основные обязанности, требования к кандидату, условия работы и привлекательные стороны компании. Затем руководитель отдела утверждает окончательную версию.

2 Утверждение вакансии. *HR*-менеджер отправляет описание вакансии руководителю отдела на утверждение. Если вакансия не утверждена, в описание вносятся изменения, после чего процесс утверждения повторяется. В случае положительного решения руководитель отдела отправляет *HR*-менеджеру подтверждение.

3 Публикация вакансии. После утверждения *HR*-менеджер размещает вакансию на выбранных платформах: сайты по поиску работы, внутренние сообщества, социальные сети и профессиональные сообщества. Дополнительно вакансия может быть разослана в знакомые компании.

4 Поиск кандидатов. Параллельно *HR*-менеджер может идентифицировать целевых кандидатов в других компаниях, найти кандидатов на тематических мероприятиях и связаться с ними для предложения условий перехода в свою компанию. Далее происходит ожидание отклика от кандидатов.

5 Сбор информации о кандидатах. По мере поступления откликов *HR*-менеджер собирает информацию о кандидатах и систематизирует резюме для дальнейшего рассмотрения.

6 Отбор кандидатов. После сбора информации *HR*-менеджер анализирует резюме на соответствие требованиям вакансии. Если резюме соответствует требованиям, оно передаётся на следующий этап. Если нет – кандидату отправляется уведомление об отказе.

Заключение. Внедрение данного решения повысит эффективность взаимодействия между участниками *HR*-процесса и позволит оперативно реагировать на потребности компании в сотрудниках в условиях дефицита специалистов на рынке труда.

Список литературы

1. *Подбор персонала: основные этапы, методы и инструменты … [Electronic resource]. – Date of access: March 17, 2025. – https://spectrumdata.ru/blog/proverka-soiskatelya/podbor-personala-osnovnye-etapy-metody-i-instrumenty/.*

2. *Кадровый дефицит в Беларуси: обозначение проблемы и поиск решения … [Electronic resource]. – Date of access: March 16, 2025. – https://hrbel.by/deficit-kadrov-v-belarusi-problema-i-reshenie/.*

3. *Найм в условиях дефицита … [Electronic resource]. – Date of access: March 18, 2025. – https://topfactor.pro/blog/naym-v-usloviyakh-defitsita/.*

UDC 331.108.244

RECRUITMENT IN CONDITIONS OF SPECIALIST SHORTAGE IN THE LABOR MARKET

Zinevich V.P.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tonkavich I.N. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The paper updates the concept of recruitment management in the context of a shortage of specialists in the labor market. The need to automate this process is substantiated. As part of the study, a software solution was designed and developed to optimize the personnel selection process.

Keywords: recruitment, labor market, staff shortage, hiring, automation, software.

УДК 004.42:621.396.6

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Дроздов Н.А., Трутнев Н.А., Быстров М.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т.. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматривается применение искусственного интеллекта для оптимизации проектирования печатных плат. Описаны этапы взаимодействия с ИИ при анализе и модификации компоновки элементов. Особое внимание уделено практическому примеру: сравнивается исходная компоновка платы и предложенное ИИ решение, направленное на снижение тепловой нагрузки, повышение износостойкости и уменьшение колебаний платы. Также анализируются современные методы автоматического проектирования и внедрения ИИ в *CAD*-системы. Сделаны выводы о перспективах использования ИИ как инструмента инженерного проектирования нового поколения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, печатная плата, оптимизация, проектирование, компоновка, автоматизация, нейросети, инженерия.

Введение. Сборка печатных плат (ПП) − это процесс, который включает в себя установку электронных компонентов на печатные платы и их последующее соединение для создания функционального устройства или системы. Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в эту область открывает новые перспективы для оптимизации всего цикла проектирования и производства. ИИ способен не только автоматизировать рутинные операции, но и предложить инновационные решения для сложных инженерных задач, таких как оптимальная компоновка компонентов, прогнозирование тепловых режимов, анализ электромагнитной совместимости [1].

Искусственный интеллект (ИИ) – это не инструмент или программа, а отдельное направление компьютерных наук. ИИ использует алгоритмы, которые позволяют компьютеру обрабатывать большие объёмы данных и находить в них закономерности. На основе этих закономерностей он может делать выводы, предсказывать события или принимать решения [2].

Основная часть. Для использования искусственного интеллекта в проектировании печатных плат необходимо выполнить следующие шаги.

1 Подготовка и сбор данных о печатной плате.

2 Отправление данных о плате искусственному интеллекту и объяснение интересующих нас задач.

3 Проверка достоверности ответов искусственного интеллекта.

4 Использование ответов ИИ на практике и оценка результата.

Проектирование печатных плат является одной из ключевых стадий в разработке электронных устройств. Сложность данной задачи обусловлена необходимостью размещения большого количества компонентов на ограниченном пространстве при соблюдении технических и электрических требований, таких как минимизация помех, соблюдение правил трассировки, тепловой анализ платы и электромагнитная совместимость. Традиционные методы проектирования зачастую требуют значительных временных и человеческих ресурсов, особенно на этапе трассировки и проверки схемы. В связи с этим актуализируется применение методов искусственного интеллекта для оптимизации процессов проектирования печатных плат [3].

Одним из наиболее перспективных направлений является применение ИИ для автоматической расстановки компонентов, обнаружение дефектов и предсказания платы

отказов. Алгоритмы обучения с подкреплением позволяют моделировать процесс размещения элементов как задачу поиска оптимального решения в условиях ограничений [4].

С целью демонстрации применения ИИ в оптимизации проектирования, мы прикрепили фото компоновки существующей платы, изображенной на рисунке 1, и попросили поменять компоновку, чтобы повысить износостойкость, уменьшить температуру платы в рабочем режиме и понизить колебания платы. На что получили следующий ответ в соответствии с рисунком 2.

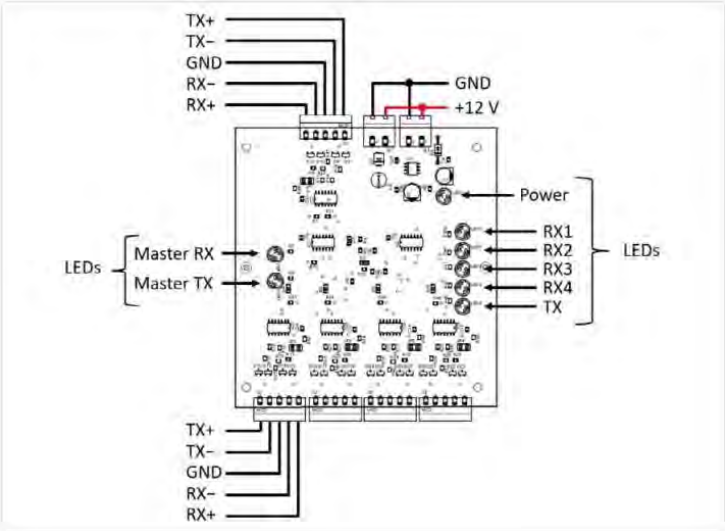


Рисунок 1 – Вид компоновки существующей платы

Уменьшение температуры:

- Распредели микросхемы и светодиоды равномерно с зазором 2 мм.
- Перемести разъём питания ближе к центру (X: 30,5 мм, Y: 6,6 мм).
- Добавь тепловые площадки на нижней стороне для отвода тепла.

Повышение износостойкости:

- Добавь монтажные отверстия рядом с разъёмами (X: 5 мм, Y: 18 мм; X: 56 мм, Y: 18 мм).
- Увеличь зазор между пассивными компонентами до 1,5 мм.
- Нанеси защитное покрытие на плату.

Снижение колебаний:

- Добавь два монтажных отверстия в центре длинных сторон (X: 30,5 мм, Y: 3 мм; X: 30,5 мм, Y: 33 мм).
- Распредели разъёмы равномерно (например, RX1-RX4 ближе к центру).
- Увеличь толщину платы до 2 мм и используй демпфирующие прокладки.

Рисунок 2 – Рекомендации ИИ по оптимизации работы печатной платы

ИИ позволяет существенно упростить этап трассировки печатных соединений, а применение генеративного дизайна позволяет сформировать топологию платы на основе заданных параметров и ограничений, используя, например, генетические алгоритмы.

Современные *CAD*-системы всё чаще интегрируют ИИ-инструменты. Так, программное обеспечение *Altium Designer* включает модули анализа компоновки с элементами машинного обучения, а в *Autodesk Fusion 360* реализована поддержка генеративного проектирования [5].

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение ИИ в проектирование печатных плат сопряжено с рядом трудностей [6]. Необходимость наличия больших массивов обучающих данных, ограниченная интерпретируемость некоторых моделей, а также

необходимость экспертной валидации выходных решений остаются сдерживающими факторами. Тем не менее, в перспективе ожидается появление облачных платформ, которые позволят автоматически проектировать, проверять и оптимизировать платы с минимальным участием человека, обеспечивая высокую точность и надёжность результата.

Таким образом, применение ИИ в проектировании печатных плат открывает новые горизонты в области электроники. Развитие интеллектуальных систем позволяет не только ускорить проектирование, но и повысить его качество.

В перспективе можно предположить дальнейшего развития ИИ в области инженерии. Под развитием мы понимаем усиление знаний искусственного интеллекта в области РЭС или специально обученный ИИ, который специализируется на радиоэлектронике. Также можно ожидать внедрение ИИ ассистентов в популярные САПР такие как *SolidWorks*, *AutoCAD*, *AutoDesk Inventor* и другие.

Заключение. Искусственный интеллект уже сегодня кардинально меняет подходы к проектированию печатных плат, открывая новые горизонты в автоматизации, оптимизации и прогнозировании. Но это только начало масштабной трансформации, которая полностью изменит индустрию в ближайшем будущем. Интеллектуальные системы смогут анализировать тысячи параметров для оптимального подбора материалов и компонентов, учитывая не только технические характеристики, но и экономические факторы, экологичность и доступность ресурсов. Совместная работа человека и ИИ приведет к созданию принципиально новых методологий проектирования, где творческий потенциал инженера будет усилен вычислительной мощью и аналитическими способностями искусственного интеллекта.

Список литературы

1. *Революция в мире технологий: как искусственный интеллект меняет дизайн печатных плат … [Electronic resource]. – Date of access: March 23, 2025.* – https://www.rowsum.com/ru/.

2. *Искусственный интеллект: понятие, области применения … [Electronic resource]. – Date of access: March 23, 2025.* – https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-iskusstvennyi-intellekt/.

3. *Автоматизация проектирования печатных плат / Кузнецов А.В., Савин В.В – Радио и связь, 2017.*

4. *Применение искусственного интеллекта в производстве электроники … [Electronic resource]. – Date of access: March 24, 2025.* – https://necompany.ru/poleznaya-informatsiya/primenenie-iskusstvennogo-intellekta-v-proizvodstve-elektroniki/.

5. *Altium Designer… [Electronic resource]. – Date of access: March 24, 2025.* – https://www.altium.com/ru/.

6. *Интеграция ИИ в электронику и электронные компоненты … [Electronic resource]. – Date of access: March 24, 2025.* – https://kimkit.ru/company/news/integratsiya_iskusstvennogo_intellekta_v_elektroniku_i_elektronnye_komponenty/.

UDC 004.42:621.396.6

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO OPTIMIZE THE DESIGN OF PRINTED CIRCUIT BOARDS

Drozdov N.A., Trutnev N.A., Bystrov M.Y.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk Republic of Belarus

Alexseev V.F. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article discusses the use of artificial intelligence to optimize the design of printed circuit boards. The stages of interaction with AI in the analysis and modification of the layout of elements are described. Special attention is paid to a practical example: the initial layout of the board is compared with the proposed AI solution aimed at reducing heat load, increasing wear resistance and reducing board fluctuations. Modern methods of automatic design and implementation of AI in CAD systems are also analyzed. Conclusions are drawn about the prospects of using AI as a new generation engineering design tool.

Keywords: artificial intelligence, printed circuit board, optimization, design, layout, automation, neural networks, engineering.

УДК 004.9:656.1

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ОРГАНИЗАЦИИ СОВМЕСТНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОЕЗДОК

Смирнова А.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Тонкович И. Н. – к. х. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с обеспечением транспортной мобильности. В данном исследовании представлена разработка программного средства, предназначенного для организации совместных автомобильных поездок.

Ключевые слова: совместные автомобильные поездки, автоматизация, программное средство, архитектура.

Введение. Мобильность и доступность транспорта играют важную роль в повседневной жизни. Создание эффективных и удобных инструментов для поиска и организации путешествий становится все более актуальным. В области обеспечения транспортной мобильности существует постоянная потребность в оптимизации использования автомобильных ресурсов и снижении затрат на перемещения. Онлайн-сервисы, предоставляющие возможность находить попутчиков для совместных поездок, вносят значительный вклад в улучшение мобильности и снижение транспортных расходов. Пользователи таких сервисов получат возможность легко находить партнеров для поездок, с которыми могут разделить затраты на топливо и другие расходы, а также сократить время в пути путем выбора оптимального маршрута и совместной поездки [1].

Множество факторов делают коллективные поездки привлекательными и удобными для людей. Возможность поделить поездку с другими людьми не только помогает решить проблему транспортировки в срочных ситуациях, но и способствует установлению новых контактов, обмену опытом и созданию позитивного социального взаимодействия [2].

В данной работе представлена разработка программного средства, предназначенного для организации совместных автомобильных поездок.

Основная часть. Основная задача – создание удобного и эффективного программного средства для организации совместных автомобильных поездок, направленного на снижение затрат пользователей.

В ходе исследования была проведена оценка потребностей пользователей, выполнен анализ существующих решений и выявлены основные требования к функционалу программной разработки. Это позволило разработать интуитивно понятный интерфейс и внедрить алгоритмы, способствующие оптимальному формированию маршрутов и обеспечению безопасности во время поездок.

Визуальное представление архитектуры программного средства для организации совместных автомобильных поездок разработано в нотации *C4 Model* и представлено на рисунке 1.

Ключевые возможности и решаемые задачи программного средства:

– создание среды для поиска и организации совместных автомобильных поездок между пользователями;

– возможность планирования маршрутов с учетом различных предпочтений и потребностей участников;

– расчет затрат на поездки;

– возможность оценивания и отзывов между пользователями для повышения уровня доверия;

– сбор и анализ статистики по использованию сервиса, включая количество поездок, удовлетворенность пользователей и эффективность маршрутов.

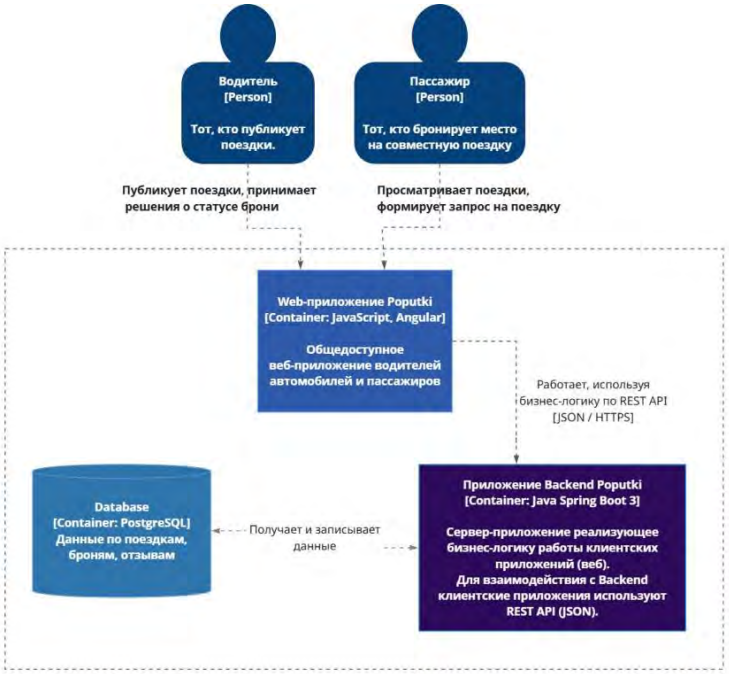


Рисунок 1 – Архитектура программного средства

К преимуществам разработанного программного средства можно отнести: удобный и интуитивно понятный интерфейс; возможность управления личными профилями пользователей; систему уведомлений о новых предложениях и поездках; интеграцию с картографическими сервисами для оптимизации маршрутов; а также гибкость в адаптации под новые требования и добавление новых функций.

Программное средство разработано на основе фреймворка *Angular 16* для создания пользовательского интерфейса, фреймворка *Java Spring Boot 3* для разработки серверной логики и обработки запросов, а также СУБД *PostgreSQL* для надежного хранения информации о пользователях и поездках.

Заключение. Внедрение программного средства обеспечит пользователям удобную среду для организации совместных автомобильных поездок, что позволит снизить транспортные расходы.

Список литературы

1. *Carpool.by … [Electronic resource]. – Date of access: March 20, 2025. – https://www.carpool.by/.*
2. *BlaBlaCar … [Electronic resource]. – Date of access: March 20, 2025. – https://www.blablacar.ru/.*

UDC 004.9:656.1

SOFTWARE FOR ORGANIZING CARPOOLING TRIPS

Smirnova A.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tonkavich I.N. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The issues related to ensuring transport mobility are considered. This study presents the development of a software designed to organize joint automobile trips.

Keywords: carpooling, automation, software, architecture.

УДК 004.25.000

ЭФЕКТИВНОСТЬ ARC И GARBAGE COLLECTOR: ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПАМЯТЬЮ

Половой А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Романюк М. В. – ассистент кафедры информатики

Аннотация. В данной статье рассматриваются механизмы управления памятью, используемые в современных языках программирования, с акцентом на автоматическое управление памятью с помощью *ARC* (*Automatic Reference Counting*) и сборщика мусора (*Garbage Collector*). Анализируются принципы работы этих технологий, их преимущества и недостатки, а также влияние на производительность приложений. Основное внимание уделяется сценариям использования и оптимизации ресурсов, а также перспективам развития методов управления памятью.

Ключевые слова: *ARC*, *Garbage Collector*, управление памятью, производительность, программирование, автоматическое управление памятью.

Введение. С управлением памятью связано множество проблем, особенно в контексте разработки высокопроизводительных приложений. *ARC* и *Garbage Collector* представляют собой две основные технологии автоматического управления памятью, каждая из которых имеет свои особенности. Важно понимать, как эти механизмы влияют на производительность приложений и как выбрать подходящий метод в зависимости от требований проекта [1].

Основная часть. *Automatic Reference Counting* (*ARC*) является механизмом управления памятью, который используется в языках, таких как *Swift* и *Objective-C*. *ARC* отслеживает количество ссылок на объекты и освобождает память, когда ссылки на объект становятся равными нулю. Этот подход позволяет избежать утечек памяти и значительно упрощает разработку, так как программисту не нужно вручную управлять памятью [2].

Преимущества *ARC*:

– простота использования: разработчики не требуют глубоких знаний о механизмах управления памятью;

– высокая производительность в средах с низким уровнем параллелизма.

Недостатки ARC:

– возможные циклические ссылки, которые требуют дополнительных усилий для их устранения;

– потенциальные накладные расходы при частом увеличении и уменьшении счетчиков ссылок [2].

Сборщик мусора (*Garbage Collector, GC*) используется в языках, таких как *Java* и *C#*. *GC* автоматически управляет памятью, периодически проверяя, какие объекты больше не используются, и освобождая их. Существует несколько алгоритмов сборки мусора, таких как маркировка и сборка, а также алгоритмы поколений [3].

Преимущества *GC*:

– эффективно управляет памятью в многопоточных приложениях;

– автоматически освобождает память, что упрощает разработку.

Недостатки *GC*:

– непредсказуемое время пауз, когда приложение может временно приостановиться для сборки мусора;

– высокие накладные расходы в случае частых операций сборки.

При выборе между *ARC* и *GC* разработчики должны учитывать особенности проекта.

ARC может быть более предпочтительным для приложений с высоким уровнем производительности и низким параллелизмом, тогда как *GC* будет полезен в сценариях, где необходима гибкость и простота [4].

С учетом современных тенденций в разработке программного обеспечения, важным направлением является улучшение существующих механизмов управления памятью. Разработка адаптивных алгоритмов, которые могут динамически переключаться между *ARC* и *GC* в зависимости от нагрузки, может значительно повысить эффективность управления памятью.

Заключение. *ARC* и *Garbage Collector* представляют собой мощные инструменты для автоматического управления памятью, и каждый из них имеет свои уникальные преимущества и недостатки. Понимание механизмов работы этих технологий позволяет разработчикам более эффективно управлять ресурсами приложений, обеспечивая высокую производительность и стабильность. Перспективы развития в этой области обещают новые решения, способные улучшить управление памятью в будущем.

Список литературы

1. *Jones, R., Hosking, A., Moss, E. The Garbage Collection Handbook: The Art of Automatic Memory Management. – CRC Press, 2023. – 432 p. – ISBN 978-1032264832.*

2. *Wu, Q. et al. Toward Understanding Bugs in Swift Programming Language // 2023 IEEE 23rd International Conference on Software Quality, Reliability, and Security (QRS). – IEEE, 2023. – Vol. 23. – Pp. 117–127.*

3. *Van Putten, M., Kennedy, S. Java Memory Management: A Comprehensive Guide to Garbage Collection and JVM Tuning. – Packt Publishing Ltd, 2022. – 322 p. – ISBN 978-1803237044.*

4. *Vayadande, K. et al. A Novel Automatic Garbage Collector Tool for C/C++ Programs // 2023 International Conference on Computational Intelligence and Sustainable Engineering Solutions (CISES). – IEEE, 2023. – Vol. 1. – Pp. 657–662.*

UDC 004.25.000

ARC AND GARBAGE COLLECTOR EFFICIENCY: A STUDY OF MEMORY MANAGEMENT MECHANISMS

Polovoy A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Romaniuk M.V. – assistant of the Department of Informatics

Annotation. This paper discusses memory management mechanisms used in modern programming languages, focusing on automatic memory management using ARC (Automatic Reference Counting) and Garbage Collector. The principles of these technologies, their advantages and disadvantages, as well as their impact on application performance are analyzed. The main attention is paid to scenarios of resource usage and optimization, as well as the prospects for the development of memory management methods.

Keywords: ARC, Garbage Collector, memory management, performance, programming, automatic memory management.

УДК 621.396.6

ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОГО РАСЧЁТА: ELCUT, ANSYS, COMSOL MULTIPHYSICS, SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Сидоревич М.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматриваются возможности и применение программных пакетов для теплового анализа: *ELCUT, ANSYS, COMSOL Multiphysics и SOLIDWORKS Flow Simulation*. Описываются их функции, преимущества и области применения в инженерном проектировании, и разработке продукции. Проводится сравнение по критериям точности, скорости, удобства и стоимости. Даются рекомендации по выбору программного обеспечения в зависимости от задач и уровня подготовки специалистов.

Ключевые слова: тепловой анализ, инженерное проектирование, моделирование тепловых процессов.

Введение. Тепловой анализ играет важную роль в инженерном проектировании и разработке продукции. Рассматриваются четыре программных пакета: *ELCUT, ANSYS, COMSOL Multiphysics* и *SOLIDWORKS Flow Simulation*. Оценка базируется на доступных исследованиях, технической документации и отзывах пользователей. Выбор правильного инструмента влияет на точность, эффективность и экономическую целесообразность проектирования [1–16].

Современные системы требуют всё более точных методов анализа тепловых процессов. Миниатюризация, повышение плотности мощности, требования к энергоэффективности – всё это делает тепловое моделирование неотъемлемой частью инженерных разработок. Программного обеспечения (ПО) для теплового анализа должно обеспечивать точное прогнозирование распределения температуры, скорости теплопередачи и взаимодействия физических процессов.

Основная часть. *ELCUT* – программа для моделирования электромагнитных, тепловых и механических задач с удобным интерфейсом. Применяется в энергетике и строительной физике. Отличается способностью решать электротермические задачи, например, анализ нагрева проводов, распределение температур в многослойных конструкциях.

ANSYS – мощный инструмент для многофизического анализа. Поддерживает теплопроводность, конвекцию и излучение. Инструменты, такие как *Fluen*t и *Icepak*, широко применяются в аэрокосмической и автомобильной промышленности, электронике и энергетике. Позволяет проводить комплексный анализ охлаждения электронных компонентов.

COMSOL Multiphysics – ориентирован на моделирование взаимосвязанных физических процессов. Модуль *Heat Transfer* позволяет анализировать теплопередачу, фазовые переходы и сопряжённый теплообмен. Поддерживает моделирование сложных термоэлектрических и биоотопительных систем.

SOLIDWORKS Flow Simulation – интегрированное в среду САПР решение для теплового анализа. Прост в освоении, поддерживает моделирование тепловых напряжений и охлаждения электроники. Отличается удобной интеграцией с процессом проектирования.

Возможности теплового анализа. *ELCUT* позволяет проводить как стационарный, так и нестационарный анализ, а также моделировать электротермические процессы. С помощью этой программы можно визуализировать температурные поля, что помогает лучше понять распределение тепла в исследуемой области.

ANSYS предоставляет возможность выполнять детализированные расчёты теплопередачи. Программа включает специализированные инструменты для анализа охлаждения электроники и поддерживает высокопроизводительные вычисления, что позволяет обрабатывать большие объёмы данных и получать точные результаты в короткие сроки.

COMSOL обладает мощными возможностями для мультифизического анализа. Программа позволяет моделировать фазовые переходы, тепловой контакт и сопряжённый теплообмен, что делает её полезной для решения сложных задач, требующих учёта взаимодействия различных физических процессов.

SOLIDWORKS подходит для анализа теплопроводности, конвекции и сопряжённого теплообмена. Программа легко интегрируется с *CAD*-системами, что упрощает процесс проектирования и анализа тепловых стрессов в конструкциях.

Применение в промышленности. *ELCUT* используется для анализа кабельных линий, оценки теплового состояния строительных конструкций и прогнозирования теплового режима электропроводки. Это позволяет инженерам выявлять потенциальные проблемы с перегревом и принимать меры по их устранению.

ANSYS находит применение в аэрокосмической и автомобильной промышленности, где требуется прогнозирование тепловых нагрузок и оптимизация систем охлаждения электроники. Программа помогает разрабатывать более эффективные и надёжные продукты, способные выдерживать экстремальные условия эксплуатации.

COMSOL используется в аддитивном производстве, биоотоплении, космических исследованиях и моделировании медицинских тепловых процессов. Это позволяет учёным и инженерам исследовать сложные явления и разрабатывать новые технологии на основе глубокого понимания тепловых процессов.

SOLIDWORKS применяется для проектирования продукции, анализа термостойкости материалов и теплового моделирования механизмов охлаждения. Программа помогает инженерам создавать продукты, которые не только соответствуют требованиям по прочности и долговечности, но и эффективно управляют тепловыми процессами [6].

Таблица 1 – Сравнение характеричстик ПО

Критерий	*ELCUT*	*ANSYS*	*COMSOL*	*SOLIDWORKS*
Точность	Средняя	Высокая	Высокая	Средняя
Скорость	Средняя	Высокая	Высокая	Средняя
Удобство	Высокое	Среднее	Высокое	Высокое
Стоимость	Низкая	Высокая	Средняя	Средняя

Таким образом для начинающих специалистов рекомендуется использовать программы *SOLIDWORKS* и *ELCUT*, поскольку они отличаются простотой освоения и хорошей интеграцией с системами проектирования.

Для выполнения сложных расчётов вычислительной гидродинамики (*CFD*) лучше всего подходят программы *ANSYS* и *COMSOL*, так как они обеспечивают высокую точность результатов и имеют специализированные модули для решения сложных задач.

COMSOL является оптимальным выбором для решения многофизических задач, поскольку позволяет проводить комплексное моделирование взаимосвязанных физических процессов.

ELCUT эффективно применяется для электротермического моделирования, особенно в задачах, связанных с электроэнергетикой, благодаря своим возможностям в моделировании электротермических процессов.

ANSYS считается промышленным стандартом и ведущим инструментом для сложных инженерных расчётов, что делает его незаменимым в различных отраслях промышленности.

Заключение. Обобщаются ключевые выводы отчета, выделяются сильные и слабые стороны каждого программного обеспечения для тепловых расчетов.

Приводится итоговое заявление об общей актуальности каждого программного обеспечения в текущем ландшафте теплового анализа. Выбор наиболее подходящего программного обеспечения в конечном итоге зависит от конкретных потребностей пользователя в тепловом анализе, включая сложность задач, которые необходимо решить, требуемый уровень точности, бюджет, а также существующую программную инфраструктуру и опыт.

Список литературы

1. *Elcut - TAdviser. – Доступно по ссылке: https://tadviser.com/index.php/Product:Elcut.*
2. *Elcut Brand Thermal Cutoff Fuses - Thomasnet. – Доступно по ссылке: https://cdn.thomasnet.com/ccp/30715609/188588.pdf.*
3. *ELCUT U2 Series - Thermal Links. – Доступно по ссылке: https://cci-tco.com/wp-content/uploads/2020/01/Elcut-U2-Series.pdf.*
4. *Thermal Analysis and Simulation Software Ansys. – Доступно по ссылке: https://www.ansys.com/applications/thermal-analysis-simulation-software.*
5. *Which is better in simulating heat transfer, (Ansys or Comsol) software, and why? / ResearchGate. – Доступно по ссылке: https://www.researchgate.net/post/Which_is_better_in_simulating_heat_transfer_Ansys_or_Comsolsoftware_and_why.*
6. *Ansys vs Comsol: Choosing the Right Simulation Tool for Your Needs / Krushna Kolase. – Доступно по ссылке: https://medium.com/@krushnakolase1184/ansys-vs-comsol-choosing-the-right-simulation-tool-for-your-needs-510525a9776b.*
7. *Heat Transfer Modeling Software for Analyzing Thermal Effects - COMSOL. – Доступно по ссылке: https://www.comsol.com/heat-transfer-module.*
8. *COMSOL Multiphysics® Reviews 2025: Details, Pricing, & Features | G2. – Доступно по ссылке: https://www.g2.com/products/comsol-multiphysics/reviews.*
9. *COMSOL Multiphysics Expert Review, Pricing and Alternatives - 2025 - WorQuick. – Доступно по ссылке: https://www.worquick.com/post/comsol-multiphysics-review.*
10. *Modeling and Simulation in the Manufacturing Industry - COMSOL. – Доступно по ссылке: https://www.comsol.com/industry/manufacturing.*
11. *SolidWorks Simulation Thermal Analysis-Heat sink - YouTube. – Доступно по ссылке: https://www.youtube.com/watch?v=9DDSjXkkMPs.*
12. *What's New in SOLIDWORKS Flow Simulation 2023 - TPM. – Доступно по ссылке: https://tpm.com/blog/whats-new-in-solidworks-flow-simulation-2023/.*
13. *SOLIDWORKS Simulation Thermal Analysis: FEA vs CFD - Webinar - YouTube. – Доступно по ссылке: https://www.youtube.com/watch?v=hqJQlxc7WCM.*
14. *SolidWorks Simulation Expert Review, Pricing and Alternatives - 2024 - WorQuick. – Доступно по ссылке: https://www.worquick.com/post/solidworks_simulation_review*
15. *Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 : Тепловые режимы работы и защиты конструкций РЭС от механических воздействий : пособие / В. Ф. Алексеев, И. Н. Богатко, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2017. – 124 с.*
16. *Алексеев, В. Ф. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум : пособие в 2 ч. Ч. 1: Моделирование физических процессов в радиоэлектронных средствах с помощью программных комплексов / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2016. – 70 с.*

UDC 004.942

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Sidarevich M.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alekseev V.F. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article examines the capabilities and applications of software packages for thermal analysis: ELCUT, ANSYS, COMSOL Multiphysics, and SOLIDWORKS Flow Simulation. Their functions, advantages, and areas of application in engineering design and product development are described. A comparison is made based on the criteria of accuracy, speed, convenience, and cost. Recommendations are given for choosing software depending on the tasks and level of training of specialists.

Keywords: thermal analysis, engineering design, thermal process modeling.

УДК 005

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИЙ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ПРОЕКТАХ

Вергель И. В., Барсукевич С.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Мигалевич С.А. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры информатики

Аннотация. В статье рассматриваются основные методологии разработки программного обеспечения: *Waterfall*, *Agile*, *Scrum* и *Kanban*. Описаны их ключевые особенности, преимущества и недостатки, а также предложены рекомендации по выбору оптимальной методологии для различных типов проектов.

Ключевые слова: методологии программирования, *Agile, Scrum, Waterfall*, *Kanban*, управление проектами.

Введение. Современная разработка программного обеспечения требует не только высокого уровня технической подготовки, но и грамотного управления процессами. Методологии программирования представляют собой наборы принципов, практик и процессов, которые помогают организовать разработку программного обеспечения. Они определяют, как команда будет взаимодействовать, как будут распределены задачи и как будет контролироваться качество продукта. Однако выбор неподходящей методологии может привести к увеличению сроков разработки, превышению бюджета и снижению конечного продукта.

Основная часть. Одной из самых традиционных методологий является *Waterfall* (каскадная модель). Этот подход предполагает последовательное выполнение этапов разработки: анализ требований, проектирование, разработка, тестирование и внедрение. *Waterfall* хорошо подходит для проектов с четко определенными и неизменными требованиями, например, разработка сложных систем управления или государственных проектов. Однако его главный недостаток — отсутствие гибкости. Если требования изменяются в процессе разработки, это может привести к значительным задержкам и дополнительным затратам [1].

В отличие от *Waterfall*, *Agile* (гибкая методология) предлагает итеративный подход. Разработка ведется небольшими этапами, называемыми спринтами, которые длятся от одной до четырех недель. В конце каждого спринта команда демонстрирует заказчику готовый функционал, что позволяет быстро реагировать на изменения и корректировать требования. *Agile* особенно эффективен для проектов, где требования могут изменяться в процессе разработки, таких как стартапы или мобильные приложения [2].

Одним из наиболее популярных подходов в рамках *Agile* является *Scrum*. *Scrum* предполагает четкое распределение ролей: *Scrum*-мастер, *Product Owner* и команда разработки. Scrum-мастер помогает команде следовать *Scrum*-процессу, удаляет препятствия и организует встречи. Он следит за соблюдением принципов *Scrum*, но не участвует в принятии решений по содержанию работы. *Product Owner*, в свою очередь, отвечает за управление продуктом, формирует и приоритизирует список задач, решая, какие должны быть выполнены в следующем спринте. Он работает с командой разработки, чтобы результат соответствовал потребностям пользователей. *Scrum* обеспечивает высокую прозрачность процесса разработки и позволяет команде постоянно улучшать свои процессы [3].

Другим популярным подходом в рамках *Agile* является *Kanban*. В отличие от *Scrum*, он не требует фиксированных спринтов, а фокусируется на визуализации рабочего процесса с помощью доски, разделенной на этапы, такие как «Запланировано», «В работе» и

"Готово". Важным элементом данной методологии является ограничение количества задач в работе, что предотвращает перегрузку команды и способствует равномерному распределению нагрузки.

Для выбора оптимальной методологии программирования необходимо обозначить ряд ключевых моментов:

1 Четко определить цели и задачи проекта, включая ожидаемые результаты и ключевые метрики успеха, а также понять, что является приоритетом: скорость выполнения, качество продукта или его инновационность;

2 Оценить характеристики проекта, такие как его сложность с технической и организационной точек зрения, масштаб и длительность (краткосрочный или долгосрочный);

3 Оценить команду проекта: ее опыт и навыки, размер, уровень автономности и готовность к изменениям и адаптации к новым подходам;

4 Проанализировать ресурсы проекта и их количество, включая временные, финансовые и технические, а также возможность привлечения дополнительных ресурсов;

5 Оценить риски проекта, уровень неопределенности и наличие механизмов управления рисками в рамках методологии.

Компания *Spotify* является одним из наиболее ярких примеров успешного внедрения методологии *Agile*. В начале 2010-х годов компания, разрабатывающая музыкальный стриминговый сервис, столкнулась с необходимостью быстро адаптироваться к изменениям на рынке. Конкуренция в сфере музыкального стриминга была высокой, и требования пользователей постоянно менялись. Чтобы оставаться на плаву, *Spotify* нуждалась в методологии, которая позволила бы ей быстро выпускать новые функции и улучшать продукт [4].

Компания выбрала *Agile*, а именно *Scrum* и *Kanban*, но не остановилась на этом. *Spotify* разработала собственную модель *Agile*, известную как *Spotify Model*. В этой модели команды, называемые *squads*, работают автономно, но координируются через общие цели, объединяемые в *tribes* [4].

Результаты внедрения *Agile* в *Spotify* оказались впечатляющими. Компания смогла быстро адаптироваться к изменениям на рынке, улучшить качество продукта за счет регулярных итераций и обратной связи, а также повысить мотивацию сотрудников благодаря предоставленной им автономии [4].

В то время как *Spotify* успешно внедряла *Agile*, некоторые крупные банки столкнулись с серьезными трудностями при попытке использовать эту методологию для управления проектами разработки программного обеспечения. Банки, стремясь ускорить разработку и конкурировать с финтех-стартапами, решили перейти на *Agile*, включая *Scrum* и *Kanban*.

Однако этот переход оказался неудачным. Основной проблемой стало отсутствие понимания *Agile* среди сотрудников. Многие из них не были готовы к переходу на новую методологию, что привело к хаосу в управлении проектами. Это в свою очередь привело к срыву сроков и бюджетов. Кроме того, банковская сфера требует строгой документации и контроля, что противоречит принципам *Agile*, основанным на гибкости и минимальной бюрократии. Иерархическая структура банков также стала барьером для внедрения *Agile*, который требует высокой степени автономии команд, поэтому многие отказались от этой методологии в пользу более структурированных подходов, таких как *Waterfall*.

Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (*NASA*) является примером успешного использования *Waterfall* для реализации крупных проектов, таких как разработка космических кораблей и спутников.

Компания выбрала методологию *Waterfall*, потому что в космических проектах требования обычно чётко определены и редко меняются. Ошибки в таких разработках могут иметь катастрофические последствия, поэтому необходим строгий контроль качества. Кроме того, проекты *NASA* должны соответствовать строгим стандартам и требованиям, что делает *Waterfall* идеальным выбором [5].

Результаты применения методологии *Waterfall* в *NASA* демонстрируют ее эффективность в реализации сложных инженерных проектов. Компания успешно реализовала сложные проекты, такие как *Mars Rover*, минимизировала риски за счет строгой документации и тестирования и обеспечила высокое качество продукции [5].

В то время как *NASA* успешно использует *Waterfall*, многие стартапы столкнулись с провалом при попытке применить эту методологию для разработки программного обеспечения. Стартапы, ожидая четкого плана и не имея опыта управления проектами, часто выбирали *Waterfall* как "классический" подход.

Однако *Waterfall* оказался неэффективным в условиях быстро меняющегося рынка стартапов. Основной проблемой стала неспособность адаптироваться к изменениям. На этапе тестирования, когда продукт был почти готов, оказывалось, что требования рынка уже изменились, и продукт больше не соответствовал ожиданиям пользователей.

В результате многие стартапы потерпели неудачу и были вынуждены перейти на *Agile* или другие гибкие методологии.

Заключение. Выбор методологии разработки программного обеспечения играет ключевую роль в успехе проекта, определяя эффективность управления процессами, распределения ресурсов и адаптации к изменениям. Анализ применения различных подходов показывает, что *Waterfall* оказывается наиболее эффективным в проектах с четко определенными требованиями, высокой степенью регуляторного контроля и строгими стандартами качества. В то же время *Agile*, включая *Scrum* и *Kanban*, демонстрирует свою эффективность в динамичных средах, где необходима гибкость и быстрая адаптация к изменениям.

Однако универсального решения не существует. Выбор методологии должен основываться на характеристиках проекта, уровне неопределенности, требованиях к документированию и культуре организации. Успешное управление проектами требует не только знания различных подходов, но и способности адаптировать их к конкретным условиям, комбинируя элементы различных методологий для достижения оптимального результата.

Список литературы

1. *A Comparative Study of Agile and Waterfall Software Development Methodologies / Shamsulhuda Khan, Shubhangi Mahadik. Режим доступа: https://engineering.atspotify.com/2014/03/spotify-engineering-culture-part-1/. Дата доступа: 11.02.2025.*

2. *Дизайн Agile-организаций / Павличенко И. Е. СПб.: Питер, 2024. – 208с*

3. *Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum / K. Schwaber, J. Sutherland. Режим доступа: https://www.scrumguides.org. Дата доступа: 11.02.2025.*

4. *Spotify Engineering Culture [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://engineering.atspotify.com/2014/03/spotify-engineering-culture-part-1/. Дата доступа: 12.02.2025.*

5. *SEH 3.0 NASA Program/Project Life Cycle [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.nasa.gov/reference/3-0-nasa-program-project-life-cycle/ Дата доступа: 12.02.2025.*

UDC 005

USING PROGRAMMING METHODOLOGIES IN MODERN PROJECTS

Verghel I.V., Barsukevich S.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Migalevich S.A. – Master of Tech. Sci, senior lecturer at the department of computer science

Annotation. The article discusses the main software development methodologies: Waterfall, Agile, Scrum and Kanban. Their key features, advantages and disadvantages are described, as well as recommendations for choosing the optimal methodology for various types of projects.

Keywords: programming methodologies, Agile, Scrum, Waterfall, Kanban, Project management.

УДК 004.4

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ К ИССЛЕДОВАНИЮ ЛЕКСИКИ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА

Карлюк П.А., Коршов М.И., Кранцевич В.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, декан ФКП

Аннотация. Проведен статистический анализ словаря английских слов. Произведена визуализация распределения длины слов, частоты начальных и конечных букв. Продемонстрирована ценность применения методов компьютерной лингвистики для анализа языковых данных и лексикографических ресурсов.

Ключевые слова: анализ данных, английский язык, распределение, визуализация.

Введение. Современные задачи обработки естественного языка требуют глубокого понимания структуры и статистики лексических единиц. Несмотря на наличие крупных словарей, лингвистические закономерности, такие как частотность букв редко анализируются количественно. Отсутствие наглядных статистических обобщений затрудняет применение теоретических знаний в практике обработки естественных языков и корпусной лингвистики. В рамках данной работы был проведен статистический анализ обширного списка английских слов. Целью исследования стало выявление закономерностей в распределении слов и букв (начальных и конечных) на основе визуализации и классификации словарных данных.

Основная часть. В качестве данных для исследования был использован обширный словарь английских слов. Данные представляют собой около 370 тысяч уникальных слов. Для обработки данных применялись инструменты *Python*: библиотека *pandas* для расчета статистик, а также средства визуализации *Matplotlib* [1] и *Seaborn* [2]. Первоначально исследуется общая статистика длины слов в выборке. Средняя длина слова составляет около 9,4 символов, медиана – 9 символов, стандартное отклонение – 2,9. Значения указывают на то, что половина слов английского языка имеет длину до 9 символов, а большинство – не длиннее 11 символов. Минимальная длина слова равна 1, в то время как максимальная длина достигает 31 символ. Таким образом, типичная длина английских слов лежит в диапазоне от 7 до 11 символов.

График распределения длины слов в английском языке (рисунок 1):

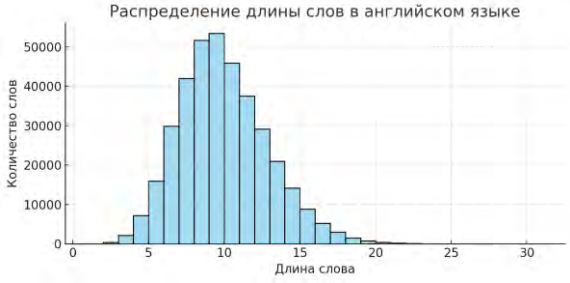


Рисунок 1 – Распределение длины слов в английском языке

Гистограмма показывает, что наиболее часто встречаются слова средней длины. Слова длиной менее 4 или более 15 символов встречаются существенно реже. Данная картина соответствует ожиданиям: большая часть общеупотребительных слов имеет умеренную длину, тогда как очень длинные слова обычно являются либо научно-техническими терминами, либо редкими именами собственными.

Следующим этапом проведен анализ того, с каких символов чаще всего начинаются английские слова. Была выдвинута гипотеза, что распределение начальных символов неравномерно и некоторые символы алфавита значительно доминируют. Для подтверждения гипотезы был построен график частоты начальных символов английских слов (рисунок 2):

Рисунок 2 – Частота начальных символов английском языке

Результаты подсчета частот подтверждают эту гипотезу. Наиболее частый начальный символ – *s*, на него начинаются около 38 761 слова. Высокие показатели также у символов *p*, *c*, *a* и *u*, каждый из которых имеет в начале несколько десятков тысяч слов. Доминирование символа *s* объясняется тем, что в английском языке множество слов начинаются на *s-(self-, sub-, super-)*, а также тем, что символ *s* входит в состав распространенных корней. Символы *p* (*post-*, *pre-*, *pro-*) и *c* также часто начинают слова, благодаря как заимствованиям из латинского, так и коренным словам. Напротив, ряд символов встречается в начале слов крайне редко. К примеру, на символ *x* начинается всего около 500 слов, *q* – около 1,8 тысяч, *z* – около 1,4 тысяч, что обусловлено фонетическими ограничениями.

Аналогично был проанализирован последний символ слов. Ожидалось, что в конце слов будут чаще встречаться символы, связанные с типичными словообразовательными суффиксами или грамматическими окончаниями. Был построен график частоты конечных символов (рисунок 3):

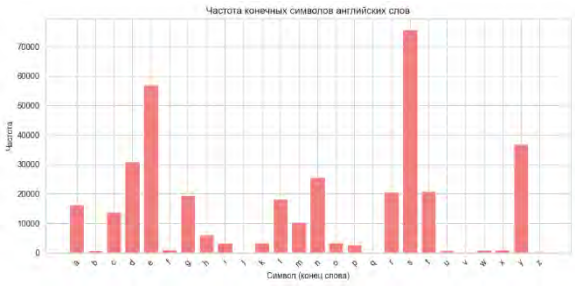


Рисунок 3 – Частота конечных символов английском языке

Данные, представленные на гистограмме, подтверждают эту гипотезу: самый частотный символ в конце английских слов – *s*. Он встречается на конце около 75 тысяч слов, что значительно больше, чем у прочих символов. Это легко объяснимо тем, что *-s* является показателем множественного числа существительных, а также окончанием глаголов в третьем лице единственного числа. Кроме того, высокая частота символа *e* на конце около 57 тысяч слов связана с распространенностью суффиксов на *-e*. Также заметно большое число слов оканчивается на *y* и на *d*. Редко заканчиваются английские слова на символы *j* и *q* в выборке найдено по около 30 слов, в основном заимствования либо сокращения. В целом, частотность конечных символов в значительной степени определяется морфологией: самые распространённые окончания связаны с грамматическими формами или типовыми суффиксами.

Заключение. Проведенный анализ большого списка английских слов позволил выявить ряд закономерностей и подтвердить выдвинутые гипотезы. Во-первых, установлено, что распределение длины слов имеет выраженный максимум на диапазоне 7–11 символов, что отражает типичную структуру английского слова. Во-вторых, частотный анализ символов показал неслучайный характер их использования: наиболее часто слова начинаются на те символы, которые связаны со словообразовательными элементами, а заканчиваются – на символы распространенных грамматических окончаний.

Полученные результаты демонстрируют эффективность применения компьютерного анализа для лингвистических исследований. С помощью программных средств удалось быстро обработать сотни тысяч слов и наглядно представить статистические закономерности.

Список литературы

1. *Matplotlib documentation - Matplotlib 3.10.1 documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://matplotlib.org/stable/index.html. – Дата доступа: 20.03.2025.*

2. *Seaborn: statistical data visualization - seaborn 0.13.2 documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://matplotlib.org/stable/index.html. – Дата доступа: 20.03.2025.*

UDC 004.4

APPLICATION OF DATA ANALYSIS TOOLS TO THE RESEARCH OF ENGLISH VOCABULARY

Karliuk P.A., Karshou M.I., Krantsevich V.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V. – Cand of Sci., Associate Professor, Dean of FCAD

Annotation. A statistical analysis of English words was carried out. The distribution of word lengths, as well as the frequency of initial and final letters, was visualized. The value of applying computational linguistics methods for analyzing language data and lexicographic resources is demonstrated.

Keywords: data analysis, English, distribution, visualization.

УДК 004.42:621.396.6

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ USB-UART АДАПТЕРА В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ SOLIDWORKS И ANSYS

Ходас В.А., Мерзляков Д.П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Экспериментально исследованы методы оценки собственной частоты колебаний печатной платы *USB-UART* адаптера с электронными компонентами на ней с помощью программных пакетов *SolidWorks* и *Ansys*. Установлено, что собственная частота колебаний печатной платы в программе *SolidWorks* составила 2025 Гц, в программе *Ansys* – 1952 Гц. Сделан вывод о необходимости использования каждой из программ для решения определенных инженерных задач в зависимости от входных данных.

Ключевые слова: *SolidWorks*, *ANSYS*, печатная плата, инженерное моделирование, собственная частота, частотный анализ.

Введение. Современные электронные устройства, такие как *USB-UART* адаптеры, требуют высокой надежности при различных нагрузках. Механические характеристики печатных плат определяют, в основном, надежность всего устройства в целом. Ключевым аспектом обеспечения механической устойчивости печатной платы является анализ собственных частот колебаний, предотвращающий явление резонанса [1].

В данной статье авторами показано, что каждый программный комплекс имеет свои преимущества и недостатки, а также разные подходы к решению инженерных задач, что обеспечивает минимальную погрешность результатов в сравнении друг с другом.

Основная часть. Сравнительный анализ *SolidWorks* и *Ansys* в контексте моделирования собственных частот колебаний печатных плат позволяет сравнить возможности двух схожих программных комплексов при решении инженерных задач. Проанализировав преимущества и недостатки каждой из программ, можно скачать что, *SolidWorks* – простая в использовании программа для твердотельного моделирования с интуитивно понятным интерфейсом, однако с ограниченными возможностями детального инженерного анализа. В свою очередь, *Ansys* имеет менее простой и удобный интерфейс, что нивелируется высокой точностью инженерных расчетов [2, 3].

Для проведения сравнительного анализа было выбрано современное устройство с большим количеством элементов на печатной плате. Первоначально средствами программы *SolidWorks* была создана твердотельная геометрическая модель платы *USB-UART* адаптера с электронными компонентами на ней.

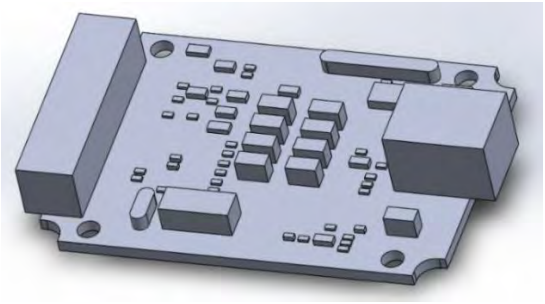


Рисунок 1 – Геометрическая модель платы *USB-UART* адаптера

С помощью модуля «*Simulation*» программного комплекса *SolidWorks* был создан новый проект с типом исследования «Частота». Для каждого электронного компонента был задан свой материал, как и для печатной платы. Граничными условиями в виде фиксированной геометрии являются крепежные отверстия по углам платы. Создание сетки данной модели позволило завершить настройку проекта и перейти к расчету [4].

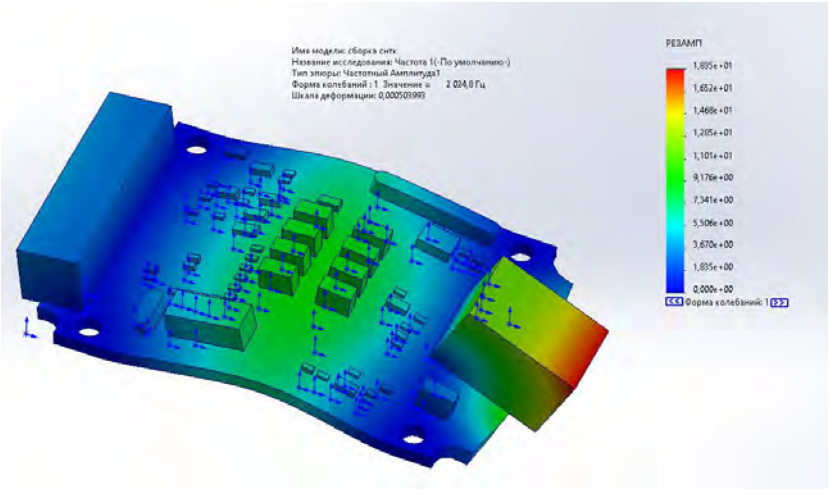


Рисунок 2 – Результат моделирования в программе *SolidWorks*

По итогу проведенного моделирования в программе *SolidWorks* собственная частота колебаний печатной платы *USB-UART* адаптера с электронными компонентами на ней составила 2025 Гц.

Ansys является интегрированной средой разработки, позволяющей использовать геометрические модели из других популярных *CAD*-систем, таких как, например, *SolidWorks*. Использовав уже готовую твердотельную модель печатной платы с электронными компонентами на ней с помощью модуля «*Modal*», был создан новый проект. По аналогии с настройкой моделирования в SolidWorks для каждого элемента, включая печатную плату, были заданы материалы и создана сетка. Граничные условия в виде фиксированной геометрии не изменились [5].

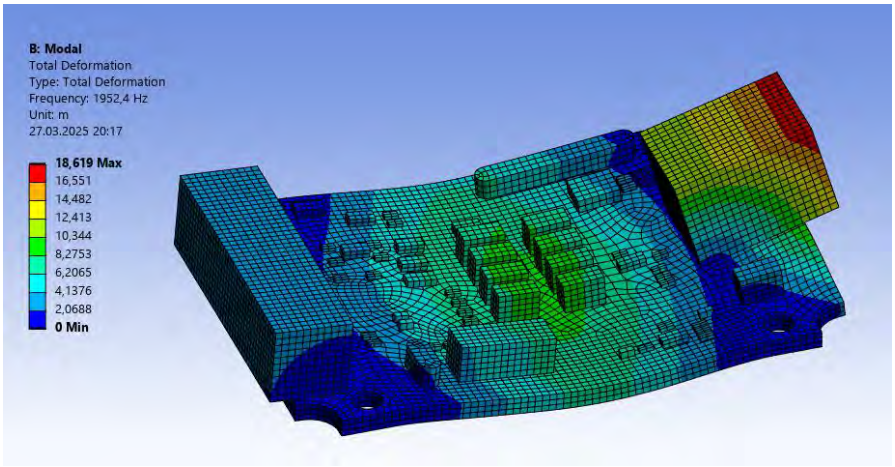


Рисунок 3 – Результат моделирования в программе *Ansys*

По итогу проведенного моделирования в программе *Ansys* собственная частота колебаний печатной платы *USB-UART* адаптера с электронными компонентами на ней составила 1952 Гц.

Заключение. Сравнительный анализ моделирования собственных частот колебаний печатной платы *USB-UART* адаптера в программных комплексах *SolidWorks* и *Ansys* показал различия в подходах и результатах. *SolidWorks* обеспечивает простоту использования и интуитивно понятный интерфейс, что делает его удобным для базового проектирования и анализа. *Ansys* предлагает более высокую точность и универсальность в анализе, что делает его предпочтительным выбором для сложных инженерных задач. Использование *Ansys* позволило получить более детальные и точные результаты, несмотря на более сложный интерфейс.

По результатам исследования собственная частота колебаний печатной платы *USB-UART* адаптера с электронными компонентами на ней составила 2025 Гц в программном комплексе *SolidWorks,* 1952 Гц – в программном комплексе *Ansys*. Погрешность результатов друг относительно друга составила 3,5%.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что *SolidWorks* является программой, предназначенной в первую очередь для твердотельного моделирования, но способной справляться с простыми инженерными задачи наравне с более сложными и специализированными программными продуктами. Примером такого программного продукта может служить *Ansys*. Программа имеет более сложный интерфейс и не предназначена для твердотельного моделирования, однако более оптимизирована для решения инженерных задач любой сложности.

Кроме того, SolidWorks и Ansys могут представлять из себя парное решение для инженерного моделирования. Геометрическая модель может быть создана средствами программы SolidWorks, а моделирование проведено средствами Ansys. Данное решение является наиболее оптимальным для решения инженерных задач любого вида и сложности.

Список литературы

1. *Моделирование механических характеристик многослойных печатных плат средствами CAE анализа / З. Х. М. Аль-Араджи [и др.] // "Надежность и качество". – 2018. – Т. 1. – С. 224-227*

2. *Зиновьев, Д. В. Основы моделирования в SolidWorks / Д. В. Зиновьев. – Москва : ДМК Пресс, 2017. – 240 с.*

3. *Ansys Mechanical Expert Review, Pricing and Alternatives – 2025 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.worquick.com/post/ansys-review – Дата доступа: 27.03.2025.*

4. *Частотный анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://help.solidworks.com/2021/Russian/SolidWorks/cworks/c_Frequency_Analysis.htm – Дата доступа: 27.03.2025.*

5. *Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 : Тепловые режимы работы и защиты конструкций РЭС от механических воздействий : пособие / В. Ф. Алексеев, И. Н. Богатко, Г. А. Пискун. – Минск :: БГУИР, 2017. – 124 с*

UDC 004.42:621.396.6

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODELING THE NATURAL FREQUENCY OF VIBRATION OF A USB-UART ADAPTER PCB IN SOLIDWORKS AND ANSYS SOFTWARE SUITES

Khodas V.A., Merzlyakov D.P.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexseev V.F. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. Experimental Study of Methods for Evaluating the Natural Frequency of Vibration of a USB-UART Adapter PCB with Electronic Components Using SolidWorks and ANSYS Software Packages. It was established that the natural frequency of vibration of the PCB in SolidWorks was 2025 Hz, while in ANSYS, it was 1952 Hz. A conclusion was made regarding the necessity of using each software package for solving specific engineering tasks depending on the input data.

Keywords: SolidWorks, ANSYS, Printed Circuit Board (PCB), Engineering Modeling, Natural Frequency, Frequency Analysis.

УДК 004.80.000

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аламов А.У., Ситников А. В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Мигалевич С.А. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры информатики

Аннотация. Статья посвящена исследованию возможностей применения методов машинного обучения для оптимизации логистических процессов. В работе рассмотрены ключевые методы машинного обучения, такие как обучение с учителем, обучение без учителя и глубокое обучение, а также их применение в прогнозировании спроса, управлении запасами, маршрутизации транспорта и автоматизации складских операций.

Ключевые слова: машинное обучение, логистические процессы, оптимизация логистики, прогнозирование спроса, управление запасами, маршрутизация транспорта, автоматизация складов, автономные транспортные системы, решения в реальном времени, искусственный интеллект в логистике.

Введение. Современные логистические системы сталкиваются с возрастающими вызовами, связанными с необходимостью повышения эффективности, снижения издержек и обеспечения высокой точности прогнозирования спроса. В условиях глобализации и роста конкуренции традиционные методы управления логистическими процессами зачастую оказываются недостаточно гибкими и адаптивными. Это обуславливает необходимость внедрения инновационных подходов, среди которых особое внимание уделяется методам машинного обучения. Данные технологии предоставляют уникальные возможности для обработки больших объемов данных и выявления скрытых закономерностей, что в свою очередь способствует оптимизации ключевых аспектов логистики, таких как управление запасами, маршрутизация транспорта и прогнозирование спроса.

Машинное обучение открывает новые возможности для автоматизации процессов и повышения их адаптивности к изменяющимся рыночным условиям. Например, использование алгоритмов классификации и регрессии помогает точно прогнозировать спрос на товары, что позволяет минимизировать излишки и избежать дефицита. Методы кластеризации применяются для сегментации рынка и оптимизации распределения товаров, а алгоритмы обучения с подкреплением эффективно решают задачи динамической маршрутизации, учитывая такие переменные, как трафик, погодные условия и другие факторы. Внедрение нейронных сетей и глубокого обучения также открывает новые горизонты для реального времени управления цепями поставок и прогнозирования нестабильностей.

В данной работе рассматриваются ключевые аспекты применения машинного обучения для оптимизации логистических процессов, анализируются его преимущества и ограничения, а также исследуются перспективы дальнейшего развития этих технологий в логистике.

Основная часть. Современные логистические системы функционируют в условиях высокой динамичности и неопределенности, что обусловлено глобализацией рынков, ростом ожиданий потребителей и увеличением сложности цепочек поставок. Традиционные подходы к управлению логистическими процессами, основанные на статических моделях и ручном анализе данных, зачастую не способны оперативно адаптироваться к изменяющимся условиям. Это приводит к неоптимальному использованию ресурсов, увеличению издержек и снижению уровня обслуживания клиентов. В таких условиях особую актуальность приобретают методы машинного обучения, которые позволяют автоматизировать анализ больших объемов данных,

выявлять скрытые закономерности и принимать обоснованные решения в режиме реального времени.

Вдобавок, растущая доступность вычислительных мощностей и развитие технологий сбора данных создают благоприятные условия для внедрения искусственного интеллекта в логистику. Машинное обучение открывает новые возможности для оптимизации ключевых процессов, таких как прогнозирование спроса, управление запасами, маршрутизация транспорта и планирование складских операций. Это не только способствует повышению эффективности логистических систем, но и обеспечивает их устойчивость к внешним вызовам, таким как колебания спроса, сбои в цепочках поставок и изменения рыночной конъюнктуры. Таким образом, применение методов машинного обучения становится не просто инновационным трендом, а необходимым условием для поддержания конкурентоспособности в современных условиях [1].

Машинное обучение предлагает широкий спектр методов, которые могут быть успешно применены для оптимизации логистических процессов. Одним из наиболее востребованных подходов является обучение с учителем, которое используется для решения задач прогнозирования и классификации. Деревья решений и случайные леса применяются для классификации заказов или определения приоритетов доставки, что помогает оптимизировать распределение ресурсов. Эти методы особенно полезны в условиях, где доступны исторические данные, на основе которых можно строить точные модели.

Значимую роль играют методы глубокого обучения и нейронные сети, которые демонстрируют высокую эффективность в решении сложных задач, таких как динамическая маршрутизация или прогнозирование в условиях нестабильности. Например, рекуррентные нейронные сети (*RNN*) и их модификации, такие как *LSTM* (*Long Short-Term Memory*), успешно применяются для анализа временных рядов и прогнозирования спроса с учетом сезонности, и других факторов [2]. Эти методы позволяют не только повысить точность решений, но и обеспечить гибкость логистических систем в условиях неопределенности.

Применение машинного обучения в логистике охватывает широкий спектр ключевых процессов, позволяя значительно повысить их эффективность и адаптивность. Важным направлением является прогнозирование спроса. Используя методы временных рядов, такие как *ARIMA* [3], или более сложные алгоритмы, такие как рекуррентные нейронные сети (*RNN*), компании могут с высокой точностью предсказывать будущий спрос на товары. Это позволяет оптимизировать уровни запасов, минимизировать излишки и избежать дефицита, что имеет критическое значение в условиях сезонных колебаний или нестабильности рынка.

Следующей ключевой областью применения машинного обучения является оптимизация маршрутов и управление транспортом. Алгоритмы, такие как генетические алгоритмы или методы обучения с подкреплением, позволяют оптимизировать маршруты доставки с учетом множества переменных, включая пробки, погодные условия, ограничения по времени и стоимость топлива. Оптимизация маршрутов позволяет уменьшить время доставки и снизить транспортные расходы.

Кроме этого, машинное обучение активно применяется в управлении складскими операциями. С помощью компьютерного зрения и алгоритмов глубокого обучения компании могут автоматизировать процессы сортировки, упаковки и размещения товаров на складе. Например, нейронные сети могут анализировать изображения товаров и автоматически определять их категории, что ускоряет процесс обработки заказов. Вдобавок, методы машинного обучения используются для оптимизации размещения товаров на складе, в результате сокращается время поиска и доставки товаров, что приводит к повышению эффективности складских процессов.

Перспективы развития машинного обучения в логистике связаны с дальнейшей интеграцией передовых технологий и расширением возможностей для автоматизации и оптимизации процессов. Одной из ключевых тенденций является развитие интернета вещей (*IoT*) [4], который позволяет собирать данные с датчиков, установленных на транспорте, складах и товарах, в режиме реального времени. Это открывает новые горизонты для применения машинного обучения, например, для мониторинга состояния грузов,

прогнозирования технического обслуживания транспортных средств и оптимизации маршрутов с учетом текущих условий. Комбинация *IoT* и машинного обучения позволит создавать умные логистические системы, способные самостоятельно адаптироваться к изменениям и минимизировать риски.

Другой перспективной областью является использование цифровых двойников (*digital twins*) копий физических объектов или процессов. Цифровые двойники, основанные на машинном обучении, позволяют моделировать и анализировать логистические процессы в виртуальной среде, что дает возможность тестировать различные сценарии и оптимизировать решения до их реализации в реальности.

Заключение. Внедрение методов машинного обучения в логистику открывает новые горизонты для повышения эффективности, снижения издержек и улучшения качества обслуживания клиентов. Современные технологии, такие как прогнозирование спроса, оптимизация маршрутов, управление запасами и автоматизация складских операций, демонстрируют значительный потенциал для трансформации традиционных логистических процессов. Машинное обучение позволяет не только анализировать большие объемы данных, но и принимать обоснованные решения в режиме реального времени. Это особенно важно в условиях высокой динамичности и неопределенности рынка, когда традиционные методы управления уже не способны эффективно справляться с современными вызовами.

Перспективы развития машинного обучения в логистике связаны с дальнейшей интеграцией передовых технологий, таких как интернет вещей (*IoT*), цифровые двойники и автономные транспортные системы. Эти инновации обеспечивают создание более гибких, устойчивых и интеллектуальных логистических систем, способных адаптироваться к меняющимся условиям.

Таким образом, машинное обучение становится неотъемлемой частью современной логистики, предлагая решения для оптимизации ключевых процессов и создания устойчивых цепочек поставок. Дальнейшее развитие этой области будет способствовать повышению эффективности логистических операций, укреплению позиций компаний на глобальном рынке и обеспечению устойчивости к внешним экономическим и операционным вызовам.

Список литературы

1. *Woschank, M. et al. A review of further directions for artificial intelligence, machine learning, and deep learning in smart logistics. // Sustainability. – 2020. – Vol. 12.9. – P. 3760.*

2. *DiPietro, R. et al. Deep learning: RNNs and LSTM. // Handbook of medical image computing and computer assisted intervention. – 2020. – Pp. 503–519.*

3. *Ho, S. L., Xie, M. The use of ARIMA models for reliability forecasting and analysis. // Computers & industrial engineering. – 1998. – Vol. 35 – Pp. 213–216..*

4. *Mouha, R. A. R. A. Internet of things (IoT). // Journal of Data Analysis and Information Processing. – 2021. – Vol. 9.02. – P. 77.*

UDC 004.80.000

OPTIMIZATION OF LOGISTICS PROCESSES USING MACHINE LEARNING METHODS

Alamov A.U., Sitnikov A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Migalevich S.A. – Master of Tech. Sci., Senior Lecturer at the Department of Computer Science

Annotation. The article is devoted to the study of the possibilities of using machine learning methods to optimize logistics processes. The work considers key machine learning methods, such as supervised learning, unsupervised learning, and deep learning, as well as their application in demand forecasting, inventory management, transport routing, and automation of warehouse operations.

Keywords: machine learning, logistics processes, logistics optimization, demand forecasting, inventory management, transportation routing, warehouse automation, autonomous transportation systems, real-time solutions, artificial intelligence in logistics.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОХРАНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ

Богомолов Д.А., Бордан Д.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Сыс А.Д. – магистр техн. наук, ст. преподаватель кафедры ПИКС

Аннотация. Существуют приложения, которые позволяют пользователям совершать вызовы экстренных служб, отправлять сообщение об неотложных ситуациях, активировать сигнализацию, а также получать оповещения о возможных угрозах.

Ключевые слова: мобильные приложения, сигнализация, охрана, безопасность, оповещение.

Введение. Неотъемлемой частью любого человека в современном является мобильный телефон. Для устройств на базе системы *Android* и *IOS* существует большой список приложений для охраны или безопасности. Их функционал позволяет пользователям совершать вызовы экстренных служб, отправлять сообщение об неотложных ситуациях, дистанционно активировать охранную сигнализацию или получать информацию о ее сработке, а также получать оповещения о возможных угрозах.

Основная часть. Существует множество видов мобильных приложений для охраны и безопасности. Их условно можно разделить на несколько категорий, по которым мы сейчас пройдемся.

Первый вид: приложения для вызова экстренных служб.

Эти приложения позволяют быстро (по нажатию одной кнопки) сделать звонок в экстренные службы. Иногда такие приложения также имеют функционал карты для отслеживания местоположения и последующей передачи. Чаще всего, вызов отправляется
на номер 112 (единый номер вызова экстренных служб). При его наборе, вы свяжетесь с диспетчером, который сделает переадресацию в необходимую службу.

Приложений с таким функционалом существует огромное множество как для телефонов на базе *Android*, так и на базе *IOS.*

Второй вид: приложения для дистанционного управления охранными системами.

Приложения для управления охранной сигнализацией позволяют удаленно при помощи телефона ставить и снимать систему с охраны, проверять состояние системы в режиме реального времени, проверять состояние отдельных групп устройств (разделов), зон
и выходов, а также просматривать информацию об авариях и других событиях в системе, равно как и управлять выбранными функциями устройств автоматизации (ворот, освещения и др.). В подобных приложениях можно также просматривать изображение с камер, расположенных на охраняемом объекте [1].

Рассмотрим принцип работы подобных приложений на примере охранной сигнализации в доме.

В домах чаще всего используется охранная сигнализация с *GSM*-модулем.

Сигнализация с *GSM*-модулем – передовое оборудование для обеспечения безопасности охраняемых объектов. В основу действия комплекса положены возможности сотовой связи, которые позволяют мгновенно передавать сигнал тревоги с датчика на телефон владельца или ЧОП.

Некоторые пользователи интересуются, что значит *GSM*-сигнализация и почему она так называется. Расшифровка *GSM – Groupe Special Mobile*, стандарт цифровой мобильной связи, позже получивший название *Global System for Mobile Communications*. В этой статье мы разберемся с составом и принципом работы таких систем, поговорим о настройке,

плюсах
и минусах оборудования [2].

В комплекс входят взаимосвязанные элементы, каждый из которых выполняет определенную задачу.

Адаптер. Этот компонент работает по тому же принципу, что и мобильный телефон. Он обеспечивает прием и передачу информации, нужен для отправки сообщений на портативное устройство. В адаптер устанавливается *SIM*-карта любого оператора.

Электронный модуль. Приспособление выполняет функцию центрального блока, управляющего работой сигнализации. Принимая информацию с датчиков, модуль обрабатывает ее, формирует сигналы управления и отправляет их на внешние исполнительные элементы в виде команд. Финишное звено этой цепи – передача данных на конечное устройство (телефон хозяина объекта или охранного предприятия).

Датчики. Задача элементов – отслеживать изменения обстановки в зоне контроля. Это предусмотрено их назначением и функционалом. Одни срабатывают, заметив движение в зоне ответственности, вторые реагируют на открытие окна или двери, третьи отправляют тревожный сигнал при повышении температуры сверх установленного предела. Кроме перечисленных сигнализаторов, в состав комплекса могут входить датчики протечки воды, задымленности помещения и другие сенсоры. Комплексный подход позволяет не только охранять объект от внешних посягательств, но и обеспечивать его безопасность от аварий, пожаров, затоплений, способных причинить серьезный материальный ущерб.

Исполнительные элементы. Их роль часто играют устройства психологического воздействия, которые формируют вспышки яркого света или активируют звуковую сирену. Также к комплексу охраны подключают камеры фото- или видеосъемки, приборы звукозаписи.

Сигнализация работает следующим образом:

Получая информацию с датчиков, электронный блок формирует тревожный сигнал и отправляет к подключенным пользователям. Передача информации происходит по такому же принципу, который используется приборами сотовой связи.

С устройства, оснащенного специальным адаптером, сигнал передается на базовую станцию, поступает на контроллер и затем – на коммутатор, который отыскивает нужный номер. Для отправки сигнала на него создается отдельный канал связи.

Работая по описанной схеме, комплекс способен за считаные секунды передать сигнал с охраняемого объекта на мобильный гаджет владельца, независимо от местонахождения последнего. Благодаря этому человек может оперативно среагировать на полученную информацию, сорвать планы преступников или оповестить о них органы правопорядка.

GSM-сигнализацию можно запрограммировать как и любую другую сигнализацию. Несколько режимов работы представлены в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Режимы работы *GSM*-сигнализации

Режим работы	**Функции**	**Охраняемые объекты**
Информирование	Рассылка сообщений о происшествии на один или несколько телефонов, принадлежащих жильцам, хозяину офиса, начальнику охраны, передача информации в полицию, пожарную охрану, ЧОП	Квартиры, частные дома, офисы
Массовое оповещение	Рассылка адресной информации, включение звуковой сирены и световой сигнализации, подсветка эвакуационных выходов	Производственные и торговые предприятия, музеи, кинотеатры, развлекательные заведения
Включение защитных механизмов	Управление работой устройств, отвечающих за предотвращение или ликвидацию чрезвычайных ситуаций	Склады и другие объекты, оснащенные системой пожаротушения, дымоудаления, автоматической блокировки подачи воды и газа

При грамотном подборе, монтаже и настройке сигнализации с *GSM*-модулем комплекс обеспечит надежную защиту объекта от угроз безопасности. Не нужно экономить

на оборудовании – его стоимость значительно меньше, чем материальный ущерб, причиненный в результате пожара или другой чрезвычайной ситуации. Установкой и настройкой должны заниматься эксперты, разбирающиеся в особенностях устройств, умеющие обслуживать и ремонтировать их.

GSM-сигнализация пользуется популярностью благодаря своим достоинствам:

Работа на любых расстояниях. Функцию пульта дистанционного управления выполняет смартфон, который всегда находится под рукой.

Возможность включения в комплекс «умный дом». Оборудование позволяет управлять работой приборов, оповещать хозяев о проникновении внутрь дома посторонних людей, возгорании, утечке воды или газа.

Оповещение широкого круга пользователей, подключение вызова экстренных служб.

Простота подключения. Для работы *GSM*-сигнализации незачем покупать дорогие спутниковые устройства и кабели, достаточно установить в модуль *SIM*-карту.

Минус таких комплексов заключается в том, что их можно глушить специальными приборами, поэтому важно предусмотреть защиту от помех. Кроме того, известны случаи автоматического подключения оператором связи платных услуг, когда сигнализацию подписывали на прогноз погоды или рассылку гороскопов.

Заключение. В современном мире мобильные приложения для охраны и безопасности играют важную роль в обеспечении личной безопасности пользователей. Они предоставляют широкий спектр функций, таких как вызов экстренных служб, отправка сообщений
о неотложных ситуациях и активация сигнализации. Эти инструменты не только повышают уровень безопасности, но и позволяют быстро реагировать на потенциальные угрозы.

С учетом растущего числа угроз и инцидентов использование таких приложений становится необходимостью. Будущее технологий безопасности будет зависеть от дальнейшего развития мобильных приложений, их функциональности и интеграции с другими системами безопасности. Важно продолжать исследовать и улучшать эти приложения, чтобы обеспечить максимальную защиту для пользователей в условиях современного мира [2].

Список литературы

1. *PERFECTA CONTROL – мобильное приложение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.satel.eu/ru/product/883. Дата доступа: 24.03.2025.*

2. *GSM-сигнализации. Принцип работы [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.delta.ru/blog/chto-takoe-gsm-signalizatsiia. Дата доступа 24.03.2025.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

MOBILE APPLICATIONS FOR SECURITY AND SAFETY

Bogomolov D.A., Bordan D.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Sys A.D. – Master of Tech. Sci., Senior Lecturer at the Department of PICS

Annotation. There are applications that allow users to contact emergency services, send alerts about urgent situations, activate alarms, and receive notifications about potential threats.

Keywords: mobile applications, alarm systems, security, safety, notifications.

УДК 614.84:628.9

ИННОВАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Маханьков Д.Д., Кулеш А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной работе анализируется и выявляются преимущества и недостатки инновационных средств пожаротушения объектов различного целевого назначения, проводится сравнительная характеристика с традиционными средствами.

Ключевые слова: пожар, дрон, квадрокоптер, пожаротушение, беспилотные летательные аппараты, инновационные технологии.

Введение. В настоящее время вокруг нас с каждым днем растет количество реальных источников пожара, угрожающих жизни и здоровью людей. Согласно статистике, в Республике Беларусь количество пожаров в жилых зданиях и на производствах с каждым годом уменьшается. Так, например, за 2023 год было зарегистрировано 5742 пожара, что на 196 случаев меньше, чем за 2022 год [1]. Однако в 2024 году количество пожаров составило 6216, что говорит о том, что данный вид чрезвычайных ситуаций остается все ещё опасным и что необходимо внедрять новые технологии в средствах оперативного пожаротушения, с помощью которых можно незамедлительно ликвидировать возгорание во избежание жертв и материального ущерба.

Основная часть. Одним из самых ярких примеров инновационных технологий являются квадрокоптеры, или дроны, имеющие большое количество отличительных особенностей, которые будут рассмотрены далее. Управление этими устройствами осуществляется дистанционно, что помогает избегать прямого контакта спасателей с открытым огнем.

На данный момент высота самого высокого здания Беларуси составляет 138,6 м, автолестницы для подъема на такую высоту пока что отсутствуют (максимальная длина составляет 52 метра), следовательно, пожарному расчету при возгорании самых верхних этажей необходимо будет самостоятельно подниматься по лестничным пролетам для ликвидации пожара. Это занимает достаточно большой промежуток времени в отличие от дрона, которому потребуются считанные минуты для запуска и достижения нужной высоты. Так, например, базовая модель российского беспилотного летательного аппарата (БПЛА) Паук–30 может достигать высоты полета до 2500 метров, а модель от китайского производителя *DJI Matrice* 300 *RTK* вовсе поднимается до 7 километров со скоростью 23 м/с.

В настоящее время в Беларуси с учетом мелких лесопилок функционирует более 2500 предприятий деревообработки, связанных с заготовкой, механической и химической обработкой древесины [2]. Большое количество из этих хозяйственных субъектов находятся вдали от города, быстрый подъезд к которым зачастую осложнен ещё и неусовершенствованным дорожным покрытием (лесные и проселочные дороги). Это приводит к тому, что время прибытия пожарного расчета достигает нескольких часов, в течение которых большинство сооружений полностью сгорает. Поэтому принятие на вооружение отдаленными предприятиями квадрокоптеров для пожаротушения позволит оперативно реагировать на возникновение очага и препятствовать его дальнейшему распространению до прибытия спасателей.

Некоторые промышленные объекты занимают большую площадь (до десятков тысяч метров квадратных) и имеют сложную форму, из-за чего добраться до очага иногда становится проблематично. К таким предприятиям в Республике Беларусь можно отнести

ОАО «БелАЗ», ОАО «МТЗ», ОАО «Гомсельмаш» и др. Также в ходе пожара целостность массивных конструкций может быть повреждена, что чревато обрушением здания, следовательно, подвергает работников МЧС высокому риску. Эту проблему можно решить, если тушить пожар не с земли, а с воздуха с помощью дрона, который может подлететь практически в любую точку на относительно далекие расстояния. Например, дальность полета *DJI Matrice* 300 *RTK* составляет 15 километров, что не является пределом для ряда других моделей.

Беспилотные летательные аппараты также могут параллельно производить съемку места возгорания за счет оснащения камерами высокого разрешения и тепловизорами, помогающими пожарным оценить масштабы возгорания, выявить очаги, отследить динамику огня и найти пострадавших [3]. Шведский дрон *Flyability Elios* 2 имеет в своем оснащении 4*K*-камеру, тепловизор, *LED*-лампы и множеством датчиков, в число которых входит гироскоп, акселерометр, барометр и ультразвуковой датчик для стабилизации и навигации.

Ещё одним плюсом дронов является экономическая составляющая, так как эти устройства позволяют избегать использования тяжелой техники, такой как вертолеты, самолеты, а также большой численности наземных отрядов, что минимизирует денежные расходы.

Конечно, БПЛА в ходе своей эксплуатации имеют и ряд недостатков, ограничивающих их повсеместное распространение. К таковым можно отнести ограничение работы по времени на одном заряде батареи, у некоторых дронов это значение составляет всего 15-20 минут.

Ещё одним минусом является малая грузоподъемность, из-за чего перечень используемых дроном приспособлений и инструментов очень ограничен.

Дроны обязаны функционировать согласно строгим требованиям, установленным авиационными нормами. Эти требования нередко накладывают ограничения на использование беспилотников, особенно в экстренных случаях, где гибкость играет ключевую роль. Помимо этого, процесс получения нужных сертификатов для коммерческой эксплуатации, особенно в сфере пожаротушения, может оказаться затяжным и трудоемким.

Также следует помнить, что большинство квадрокоптеров изготавливаются с применением пластмасс, температура плавления которых в большинстве случаев не превышает +40-50°С, следовательно, некоторые дроны не могут приближаться вплотную к открытому огню.

И последним ограничивающим фактором будет необходимость прохождения специализированного обучения спасателями для овладения навыками профессионального управления многофункциональными беспилотными летательными аппаратами.

Если говорить о мировом рынке продаж противопожарных дронов, то его размер в 2023 году был оценен в 1,8 миллиарда долларов США и дальнейший рост этой суммы прогнозируется в районе 11% в год [4]. На рисунке 1 представлено количественное распределение беспилотных средств в мире по различным отраслям.

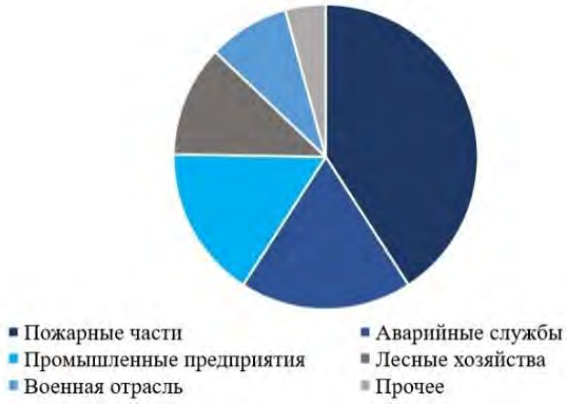


Рисунок 1 – Диаграмма количественного распределения пожарных дронов в мире по отраслям, 2023 г.

Заключение. Использование гибких печатных плат дает множество новых возможностей. Согласно данным за 2023 год БПЛА для ликвидации пожаров пользуются спросом не только у пожарных частей, но активно берутся на вооружение во многих отраслях промышленности и военного дела, что подчеркивает их реальную необходимость. На основании проведенного анализа можно сделать вывод о том, что внедрение и использование квадрокоптеров в пожарно-спасательной отрасли на территории Республики Беларусь является целесообразным и перспективным направлением, так как влечет за собой уменьшение случаев гибели людей, сокращения экономических расходов и рисков возникновения экологических проблем.

Список литературы

1. *Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mchs.gov.by/ministerstvo/statistika/svedeniya-o-chs/. – Дата доступа: 11.03.2025.*

2. *Деревообрабатывающая промышленность Беларуси: текущее состояние, проблемы и перспективы отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://factories.by/news/derevoobrabatyvayuschaya-promyshlennost-belarusi-tekuschee-sostoyanie-problemy-i-perspektivy. – Дата доступа: 11.03.2025.*

3. *Пожарные дроны: как технологии меняют борьбу с огнем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://xn--b1ae4ad.xn--p1ai/blog/post/pozharnye-drony-kak-tekhnologii-menyayut-borbu-s-ognem. – Дата доступа: 11.03.2025.*

4. *Размер рынка противопожарных дронов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/firefighting-drone-market. – Дата доступа: 13.03.2025.*

UDC 614.84:628.9

INNOVATIVE FIRE EXTINGUISHING MEANS

Makhankov D.D., Kulesh A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Tech. Sci., assistant of the department of EPE

Annotation. This paper analyzes and identifies the advantages and disadvantages of innovative fire extinguishing means for facilities of various purposes, and provides a comparative analysis with traditional means.

Keywords: fire, drone, quadcopter, firefighting, unmanned aerial vehicles, innovative technologies.

УДК 338.4

ПРОЕКТНЫЙ МИНИМАЛИЗМ: P3.EXPRESS СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

Галяк И.П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Левченя Ж.Б. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Исследована методология *P3.express* как минималистичная и практичная система управления проектами, предназначенная для упрощения процессов управления без избыточной сложности. Рассмотрены ключевые этапы проекта, включая запуск, ежемесячное и еженедельное планирование, ежедневные действия, закрытие циклов и завершение проекта. Показано, что структурированный подход P3.express обеспечивает гибкость, контроль и эффективность на всех стадиях проекта. Особое внимание уделено роли фокусированной коммуникации и документирования, что способствует прозрачности и успешной реализации проектов.

Ключевые слова: система управления проектами, *P3.express*, методология, гибкость, контроль, фокусированная коммуникация, этапы проекта.

Введение. В современном мире управление проектами становится все более сложным и многогранным процессом. Традиционные методологии, такие как *PRINCE2*, предоставляют обширные и детальные руководства, однако их сложность и объемность затрудняет их внедрение в небольшие и средние проекты. Именно поэтому возникает потребность в простых и гибких инструментах, которые позволят эффективно управлять проектами без лишних сложностей [1].

В данной статье показано, что новая методология *P3.express* предоставляет оригинальную схему движения по задачам, которая наглядно показывает принципы работы и цикличность процессов внутри, чтобы обеспечить достаточную гибкость проектной деятельности и в то же время привязываться к конкретным шагам, действиям и даже к формам документов.

Основная часть. *P3.express* – минималистичная и практичная система управления проектами, разработанная для упрощения и повышения эффективности процессов управления, как альтернатива фундаментальным подходам. Она была создана как ответ на потребность в простой и легко изучаемой методологии, которая могла бы использоваться в различных отраслях и типах проектов. Эта система управления проектами подходит для небольших команд или проектов с ограниченными ресурсами в условиях неопределенности [2].

Методология *P3.express* организует управление проектами через четко структурированные этапы и повторяющиеся циклы, что сочетает гибкость и контроль на всех стадиях проекта. Сущность данной методологии заключается в построении четкой структуры процессов управления проектом, которая состоит из 33 шагов, разделенных на 7 этапов (от идеи и запуска проекта до постпроектной активности) и предлагает вести проекты циклами по месяцам.

Она разбивает поток неопределенности на понятные шаги. Процесс работы над проектом в P3.express представлен на рисунке 1.

Этапы включают в запуск, ежемесячное планирование цикла, еженедельные и ежедневные действия. Ежемесячное закрытие циклов и завершение проекта. Рассмотрим организацию каждого из этих этапов в контексте проекта [3].

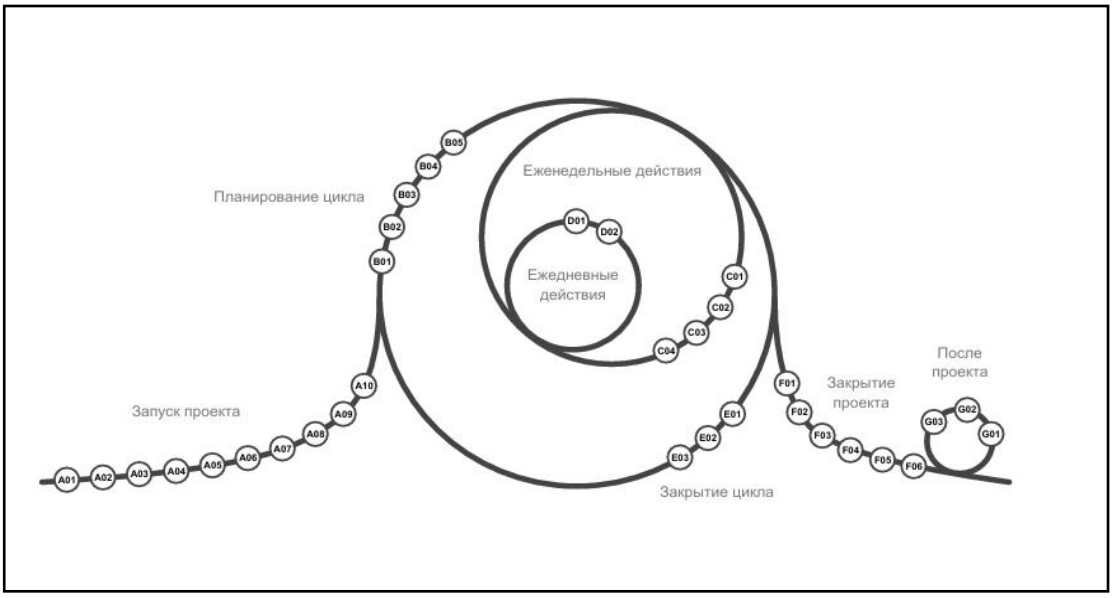


Рисунок 1 – Структура проекта в P3.express

Запуск проекта (Шаги *A01 - A10*) – это первый и один и самый критичный этапов, в котором закладываются основы для успешной реализации. На этом этапе назначаются ключевые роли, такие как спонсор проекта (*A01*), который будет ответственен за стратегическое руководство, финансирование и поддержку проекта, и менеджер проекта (*A02*), который возьмет на себя непосредственное управление и координацию работы команды. Кроме того, на данном этапе назначаются ключевые члены команды (*A03*), которые будут непосредственно выполнять задачи и достигать целей проекта.

После назначения участников проекта необходимо описать проект (*A04*), а также определить ожидаемые результаты (*A05*). Для минимизации рисков необходимо провести анализ потенциальных угроз и разработать меры реагирования (*A06*).

Важным шагом является ревью запуска проекта (*A07*), в ходе которого команда оценивает готовность к началу работ и возможные проблемы. Далее принимается решение о старте проекта с учетом всех подготовительных работ – решение *Go*/*No-go* (*A08*).

Если на шаге *A08* проект был утверждён, то пришло время для заказчика и стейкхолдеров провести стартовую встречу проекта. Лучше всего выделить на это мероприятие целый день, желательно за пределами организации. Задача менеджера проекта и остальных членов управленческой команды (если они есть) организовать встречу и сделать её приятной для всех, где все участники обсуждают стратегию и первоочередные задачи, а также направляется фокусированная коммуникация (*A10*) необходимо отправлять всем электронное письмо и рассказать, почему организация решила взяться за проект, и чем он будет полезен для неё, обеспечивающая координацию и ясность среди участников проекта.

Планирование цикла (Шаги *B01 - B05*). После запуска проекта начинается этап планирования, в котором важно обновить и детализировать планы (*B01*), чтобы они были согласованы с текущими задачами и требованиями. На этом этапе также проводится ежемесячное ревью (*B02*), что позволяет оценить прогресс, выявить проблемы и своевременно адаптировать стратегии.

Каждый цикл в проекте завершается принятием решения *Go/No-Go* (*B03*), в рамках которого команда определяет, стоит ли продолжать работу в рамках текущего цикла или следует пересмотреть цели и подходы. Также организуется стартовая встреча цикла (*B04*), чтобы обсудить ключевые цели и задачи, которые предстоит выполнить. В конце цикла направляется фокусированная коммуникация (*B05*), обеспечивая обмен информацией и поддержание прозрачности среди всех участников.

Еженедельные действия (Шаги *C01 - C04*). Каждую неделю проектная команда проводит регулярные встречи для оценки прогресса (*C01*), где фиксируются выполненные задачи и результаты, а также выявляются возможные отклонения от плана. В случае таких отклонений команда принимает меры для реагирования на отклонения (*C02*), корректируя действия и стратегии в соответствии с текущими требованиями.

Каждую неделю проводится еженедельная встреча (*C03*), на которой обсуждаются текущие проблемы, прогресс и планы на следующую неделю. Важным элементом на этом этапе является также фокусированная коммуникация (*C04*), которая помогает поддерживать четкость и согласованность среди всех участников.

Ежедневные действия (Шаги *D01 - D02*). В рамках ежедневной работы проектной команды осуществляется управление рисками, проблемами и запросами на изменения (*D01*), что позволяет оперативно реагировать на все возникающие сложности и обеспечить гибкость в процессе выполнения задач. Кроме того, команда принимает результаты работы (*D02*), что включает в себя проверку качества и соответствия выполненных задач установленным критериям.

Закрытие цикла (Шаги *E01 - E03*). После завершения каждого цикла проектная команда оценивает удовлетворенность стейкхолдеров (*E01*), что позволяет понять, насколько проект соответствует ожиданиям заинтересованных сторон. Далее осуществляется извлечение уроков и планирование улучшений (*E02*), что позволяет повысить эффективность работы в следующих циклах. В завершение цикла команда направляет фокусированную коммуникацию (*E03*), обеспечивая своевременное информирование всех участников о текущем состоянии проекта.

Закрытие проекта (Шаги *F01 - F06*). Когда проект близится к завершению, необходимо передать готовый продукт заказчику (*F01*). Важно провести окончательную оценку удовлетворенности стейкхолдеров (*F02*), чтобы определить, насколько проект оправдал их ожидания. Далее команда проводит ревью этапа закрытия (*F03*), чтобы оценить весь процесс и выявить области для улучшения. Завершающим этапом является архивирование проектной документации (*F04*) и официальное отметить окончание проекта (*F05*). В конце проекта также отправляется фокусированная коммуникация (*F06*) для обеспечения завершенности и ясности в отношении всех результатов.

После проекта: Рефлексия (Шаги *G01 - G03*). После завершения проекта команда проводит анализ полученных выгод (*G01*), чтобы оценить, насколько проект был успешным с точки зрения достижения поставленных целей и создания ценности. Также на этом этапе генерируются новые идеи (*G02*), которые могут быть использованы для улучшения работы в будущих проектах. Заключительным шагом является направленная фокусированная коммуникация (*G03*), которая завершает проектный цикл и помогает извлечь максимальную пользу из полученного опыта.

Эти 33 шага приводят к получению запланированных выгод проекта и составлению набора документации в рамках методологии предлагается использовать 4 основных документа: резюме проекта, карта результатов проекта, реестр последующих действий, реестр «Здоровье проекта». На практике часть шагов можно не использовать, часть совершать повторно, циклы можно сокращать или удлинять [4].

Таким образом, внедрение методологии *P3.express* на проекте позволяет организовать четкую, гибкую и последовательную работу на всех этапах, от запуска до завершения, что способствует эффективному управлению и достижению высококачественных результатов.

Заключение. Методология *P3.express* помогает систематизировать работу и выстроить прозрачный процесс на проекте, а также описывает перечень стандартных конкретных шагов и циклов. Базовый каркас можно изменять и адаптировать под специфику проекта. В *P3.express* шаги даются с запасом и возможна их доработка: убрать лишнее, добавить недостающее, поменять периодичность и длительность. Методология *P3.express* сразу предоставляет типовые документы и шаблоны, а также

предусматриваются наиболее важные инструменты для контроля и ведения проекта. В частности, рекомендуется использовать корпоративный чат, хранилище документов и систему ведения заметок.

Необходимо отметить, что методология *P3.express* также позволяет усиливать и выполнять качественную коммуникацию как с заказчиком, так и внутри проектной команды, что приведет к уменьшению количества рисков и повышению качества работы и, соответственно, удовлетворенности всех сторон. Проект становится более прогнозируемым, предсказуемым, что позволяет проще управлять ожиданиями.

Список литературы

1.*What is PRINCE2? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.prince2.com/uk/what-is-prince2 – Дата доступа: 23.03.2025*

2.*Официальный сайт P3.express [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://p3.express/ – Дата доступа: 24.03.2025.*

3.*P3.express в вопросах и ответах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pmclub.pro/articles/p3express-v-voprosah-i-otvetah/ – Дата доступа: 23.03.2025.*

4.*P3.express: Минималистичная система управления проектами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://p3.express/manual/v2/ – Дата доступа: 25.03.2025.*

UDC 338.4

SIMPLICITY AND EFFICIENCY. P3.EXPRESS IS A LIGHTWEIGHT PROJECT MANAGEMENT SYSTEM.

Haliak I.P.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Levchenya J.B. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The study examines P3.express as a minimalist and practical project management system designed to simplify processes without unnecessary complexity. Key project stages are analyzed, including initiation, monthly and weekly planning, daily actions, cycle closure, and project completion. It is shown that the structured approach of P3.express ensures flexibility, control, and efficiency at all project stages. Special attention is paid to focused communication and documentation, which enhances transparency and successful project implementation.

Keywords: project management, P3.express, methodology, flexibility, control, focused communication, project stages.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫБРАННОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ШИМ-КОНТРОЛЛЕРЕ TL494

Лубенков Е.А. Маякин Г.О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т.н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В работе рассмотрено обоснование эффективности выбранной системы охлаждения для импульсного преобразователя, построенного на ШИМ-контроллере TL494. Проведён анализ тепловых режимов работы преобразователя, выявлены ключевые элементы, подвергающиеся повышенному тепловому воздействию. На основе численных расчётов и моделирования в специализированных программных средах предложена оптимальная система охлаждения, обеспечивающая снижение температурных перегрузок и повышение надёжности работы устройства. Разработанный подход демонстрирует эффективность интеграции системы охлаждения в конструкцию преобразователя.

Ключевые слова: импульсный преобразователь, система охлаждения, ШИМ-контроллер *TL494*, тепловые режимы.

Введение. Широкое применение импульсных преобразователей, основанных на ШИМ-контроллерах типа *TL494*, для повышения их надёжности и долговечности выдвигает задачи обеспечения стабильного теплового режима работы. Основными источниками тепловой энергии в таких устройствах являются ключевые элементы преобразователя: транзисторы, диоды, а также сам ШИМ-контроллер.

Авторами исследуется влияние температуры на работу импульсного преобразователя и предлагаются методы её контроля [1–11].

Основная часть. Обоснование эффективности системы охлаждения для импульсного преобразователя на ШИМ-контроллере *TL494*. Импульсные преобразователи, использующие ШИМ-контроллер *TL494*, являются важными компонентами в системах управления энергией благодаря своей высокой эффективности и надежности. Однако, как и любое другое электронное устройство, они генерируют тепло в процессе работы, что может негативно сказаться на их производительности и долговечности. Поэтому выбор эффективной системы охлаждения для таких преобразователей является критически важным.

Импульсные преобразователи работают с высокими частотами и значительными токами, что приводит к образованию тепла в компонентах, таких как: транзисторы (при переключении они теряют часть энергии, что приводит к выделению тепла); диоды (обратные потери в диодах также способствуют нагреву); ШИМ-контроллер (хотя *TL494* имеет встроенные функции защиты, его работа при высоких температурах может привести к нестабильности и выходу из строя).

Поддержание оптимальной температуры работы компонентов критично для обеспечения надежности и долговечности преобразователя.

Для импульсного преобразователя на базе *TL494* могут быть рассмотрены различные системы охлаждения:

– воздушное охлаждение – использует вентиляторы для обдува компонентов, что позволяет эффективно отводить тепло. Это наиболее распространенный и экономически целесообразный вариант, особенно для маломощных преобразователей;

– теплоотводы – металлические радиаторы, прикрепленные к нагреваемым компонентам, помогают рассеивать тепло. Они могут быть использованы в сочетании с

воздушным охлаждением для повышения эффективности;

– жидкостное охлаждение – более сложная и дорогая система, которая может быть эффективной для мощных преобразователей. Она обеспечивает более равномерное распределение температуры и может быть использована в критически важных приложениях.

Эффективность выбранной системы охлаждения. Предположим, что выбрана система воздушного охлаждения с использованием радиаторов и вентиляторов. Обоснование ее эффективности включает следующие аспекты:

– доступность и простота реализации – воздушное охлаждение является наиболее простым и доступным способом, что позволяет легко интегрировать его в конструкцию преобразователя;

– низкие затраты на обслуживание – системы воздушного охлаждения требуют минимального обслуживания и не требуют замены жидкости, как в случае с жидкостным охлаждением;

– эффективность теплообмена – при правильном выборе радиаторов и вентиляторов можно достичь эффективного отвода тепла. Например, использование вентиляторов с регулируемой скоростью позволяет оптимизировать поток воздуха в зависимости от нагрузки и температуры, что снижает уровень шума и энергопотребление;

– устойчивость к перегреву – система охлаждения обеспечивает стабильную работу компонентов, предотвращая перегрев и потенциальные повреждения. Это особенно важно для надежности и долговечности преобразователя;

– снижение температуры окружающей среды – эффективная система охлаждения помогает поддерживать более низкую температуру внутри устройства, что также может снизить температуру окружающих компонентов, улучшая общую эффективность системы.

Эффективная система охлаждения для импульсного преобразователя на базе ШИМ-контроллера *TL494* является необходимой для обеспечения надежной и долговечной работы устройства. Выбор воздушного охлаждения с использованием радиаторов и вентиляторов обеспечивает оптимальный баланс между стоимостью, простотой реализации и эффективностью теплообмена. Это позволяет поддерживать стабильную работу преобразователя даже при высоких нагрузках, что в свою очередь способствует повышению его производительности и надежности.

Анализ тепловых режимов работы преобразователя на ШИМ-контроллере *TL494*. Импульсные преобразователи, основанные на ШИМ-контроллере *TL494*, широко используются в различных приложениях благодаря своей высокой эффективности и надежности. Однако, как и любое другое электронное устройство, они подвержены тепловым режимам, которые могут значительно влиять на их производительность и долговечность. Рассмотрим основные факторы, влияющие на тепловые режимы работы преобразователя, а также методы их оптимизации.

Источники тепла в преобразователе. При работе преобразователя на *TL494* выделяется тепло в результате нескольких процессов:

– потери в транзисторах – при переключении транзисторы теряют часть своей энергии, что приводит к выделению тепла. Эти потери зависят от частоты переключения, тока и напряжения;

– потери в диодах – обратные потери в диодах, особенно в *Schottky*-диодах, также способствуют образованию тепла. Эти потери могут быть значительными при высоких токах;

– потери в индуктивных и емкостных элементах – индуктивности и конденсаторы также могут иметь потери, связанные с сопротивлением и *ESR* (эквивалентным последовательным сопротивлением);

– потери в самом контроллере – *TL494*, как и любой другой интегральный контроллер, также выделяет тепло в процессе своей работы.

Тепловые режимы работы преобразователя могут быть классифицированы на несколько категорий:

– нормальный режим – при нормальных условиях работы, когда температура компонентов находится в пределах допустимых значений. В этом режиме преобразователь работает эффективно и надежно;

– режим перегрева – при превышении допустимых температурных значений компоненты могут начать перегреваться, что может привести к выходу из строя. В этом режиме требуется активное охлаждение и оптимизация работы;

– режим предельной нагрузки – при работе на предельных значениях тока и напряжения компоненты могут испытывать повышенные тепловые нагрузки, что требует тщательного контроля температуры.

Мониторинг и управление тепловыми режимами. Оптимизация тепловых режимов работы преобразователя включает в себя:

– использование датчиков температуры – установка термодатчиков на критически важных компонентах позволяет контролировать их температуру в реальном времени и предотвращать перегрев;

– адаптивное управление мощностью – регулирование выходной мощности преобразователя в зависимости от температуры может помочь снизить тепловые нагрузки;

– оптимизация схемы охлаждения – выбор подходящей системы охлаждения (воздушное, жидкостное) и правильное размещение радиаторов и вентиляторов могут значительно улучшить тепловые характеристики;

– использование компонентов с низкими потерями: Выбор транзисторов и диодов с низким сопротивлением и малыми потерями при переключении поможет снизить общее тепловыделение.

Оптимальная система охлаждения для импульсного преобразователя. На основе численных расчётов и моделирования в специализированных программных средах была разработана оптимальная система охлаждения для импульсного преобразователя, использующего ШИМ-контроллер *TL494*.

Для разработки системы охлаждения проводилось моделирование тепловых процессов в преобразователе. Использовались такие программы, как *ANSYS* и *COMSOL Multiphysics*, которые позволили:

– оценить распределение температуры (моделирование помогло выявить критические точки нагрева, где температура компонентов превышает допустимые значения);

– определить потери тепла (рассчитаны потери в транзисторах, диодах и других элементах схемы, что позволило более точно оценить необходимую мощность охлаждения).

Оптимизация конструкции радиатора. Для повышения эффективности системы охлаждения были проведены следующие оптимизации:

– увеличение площади поверхности радиатора (использование радиаторов с увеличенной площадью поверхности, таких как ребристые или трубчатые конструкции, способствует лучшему теплоотводу);

– материалы с высокой теплопроводностью (применение алюминия или меди для радиаторов и теплоотводов обеспечивает более быстрое и эффективное отведение тепла);

– правильное размещение компонентов (оптимальное расположение теплообразующих компонентов и радиаторов в корпусе преобразователя помогает улучшить поток воздуха и снизить температуру).

Заключение. Анализ тепловых режимов работы преобразователя на ШИМ-контроллере TL494 показывает, что управление тепловыми процессами является ключевым аспектом для обеспечения надежной и эффективной работы устройства. Понимание источников тепла, мониторинг температурных режимов и использование эффективных методов охлаждения помогут предотвратить перегрев и увеличить срок службы

преобразователя. Правильный подход к тепловому анализу и оптимизации позволяет значительно улучшить производительность и надежность системы в целом.

Разработка оптимальной системы охлаждения для импульсного преобразователя на основе ШИМ-контроллера *TL494*, основанная на численных расчётах и моделировании, позволяет эффективно управлять тепловыми процессами и обеспечивает надежную работу устройства. Применение современных технологий и оптимизация конструкции системы охлаждения помогут значительно повысить производительность и срок службы преобразователя.

Список литературы

1. *Оптимизация теплового режима приемо-передающего устройства по результатам моделирования тепловых процессов в среде SolidWorks Flow Simulation / Пискун Г. А., Алексеев В. Ф., Романовский П. С., Стануль А. А. // Znanstvena misel journal. – 2019. – Vol. 1, № 35. – P. 47–60.*

2. *Моделирование и оптимальное проектирование технических систем : учебно-методическое пособие / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун, В. В. Шаталова. − Минск : БГУИР, 2024. – 99 с.*

3. *Алексеев, В. Ф. Алгоритмы иерархического анализа тепловых процессов радиоэлектронных средств / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский // Цифровая среда: технологии и перспективы : сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Брест, 31 октября–1 ноября 2024 г. / Брестский государственный технический университет ; редкол.: Н. Н. Шалобыта (гл. ред.) [и др.]. – Брест, 2024. – С. 221–226.*

4. *Пискун, Г. А. Влияние конфигурации и формы внешних ребер герметичных корпусов технических средств на эффективность отведения тепла от процессора = Effect of the Configuration and Shape of External Ribs of Sealed Enclosures of Electronic Devices on Heat Removal Efficiency / Г. А. Пискун [и др.] // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2023. – Т. 26, № 5. – С. 63–75.*

5. *Моделирование отведения тепловой энергии от процессоров при помощи кулеров воздушного охлаждения=Simulation of Thermal Energy Removal from Processors Using Air Coolers / Г. А. Пискун [и др.] // Доклады БГУИР. – 2023. – Т. 21, № 4. – С. 54–62.*

6. *Алексеев, В. Ф. Математическое моделирование как средство оптимизации параметров силовых интегральных микросхем / В. Ф. Алексеев, А. Д. Сыс, Г. А. Пискун // Interdisciplinary research: scientific horizons and perspectives : II International Scientific and Theoretical Conference, Vilnius, October 1, 2021 / European Scientific Platform. – Vilnius, 2021. – P. 109–113. – DOI : https://doi.org/10.36074/scientia-01.10.2021.*

7. *Алексеев, В. Ф. Численное моделирование тепловых процессов электронных модулей на базе моделей, созданных в Altium Designer и SolidWorks / В.Ф. Алексеев, А.А. Константинов // Danish Scientific Journal. – 2018. – Vol.1, No 19. – Pp. 16–30.*

8. *Физические основы проектирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 2 : Исследование физических процессов в конструкциях РЭС : пособие / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун, И. Н. Богатко. – Минск : БГУИР, 2017. – 74 с.*

9. *Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 : Тепловые режимы работы и защиты конструкций РЭС от механических воздействий : пособие / В. Ф. Алексеев, И. Н. Богатко, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2017. – 124 с.*

10. *Алексеев, В. Ф. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум : пособие в 2 ч. Ч. 1 : Моделирование физических процессов в радиоэлектронных средствах с помощью программных комплексов / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2016. – 70 с.*

11. *Молодечкина, Т. В. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств : учеб.-метод. комплекс для студентов специальности 1-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС». В 2 ч. Ч. 1. / Т. В. Молодечкина, В. Ф. Алексеев, М. О. Молодечкин. – Новополоцк: ПГУ, 2013. – 204 с.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

JUSTIFICATION OF THE EFFICIENCY OF THE SELECTED COOLING SYSTEM FOR THE PWM CONTROLLER TL494-BASED IMPULSE CONVERTER

Lubenkov E.A. Mayakin G.O.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alekseev V.F. – Cand. of Sci, associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. This paper examines the justification of the efficiency of the selected cooling system for an impulse converter built on the PWM controller TL494. An analysis of the thermal operation modes of the converter was carried out, identifying the key elements exposed to increased thermal stress. Based on numerical calculations and modeling in specialized software environments, an optimal cooling system was proposed, ensuring the reduction of thermal overloads and enhancing the reliability of the device. The developed approach demonstrates the efficiency of integrating the cooling system into the converter design.

Keywords. impulse converter, cooling system, PWM controller TL494, thermal modes, reliability.

УДК 004.42:332.85

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ КУПЛИ-ПРОДАЖИ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ ЧЕРЕЗ РИЭЛТОРСКОЕ АГЕНТСТВО

Прихожая А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Тонкович И.Н. – к. х. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В исследовании представлено программное средство автоматизации процессов купли-продажи жилой недвижимости через риэлторское агентство. Программное обеспечение разработано с целью оптимизации работы риэлторов, упрощения взаимодействия между участниками сделок, повышения эффективности процессов, снижения ошибок и обеспечения безопасности данных клиентов.

Ключевые слова: купля-продажа, недвижимость, риэлторские агентства, сделки, автоматизация, программное средство.

Введение. Сфера недвижимости в последние годы демонстрирует значительный рост и динамичное развитие, что подтверждается увеличением количества сделок на рынке. На рисунке 1 представлено количество сделок с квартирами в Минске с 2022 по 2024 год по данным сервиса «*Domovita*» [1].

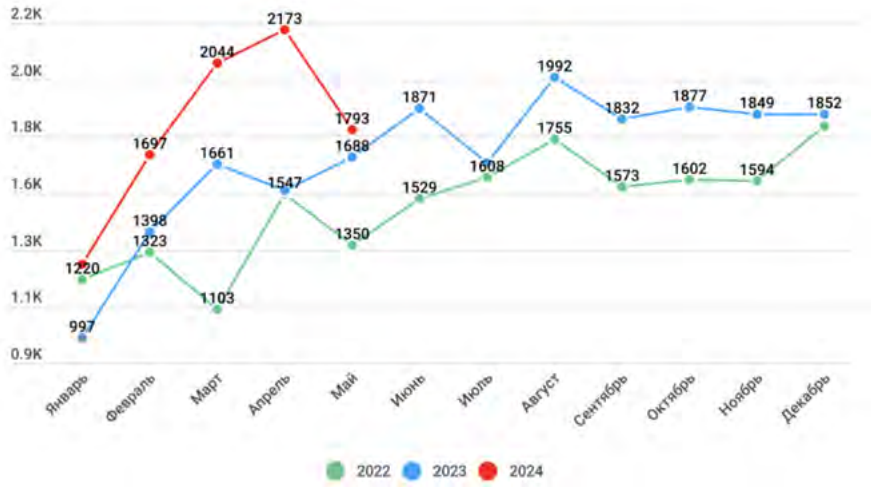


Рисунок 1 – Количество сделок с квартирами в Минске с 2022 по 2024 год

В условиях высокой конкуренции и постоянных изменений, характерных для сферы недвижимости, риэлторские агентства сталкиваются с необходимостью оптимизации своих бизнес-процессов. Эффективность работы риэлторов зависит от их способности быстро и точно обрабатывать информацию о недвижимости, а также от уровня взаимодействия с покупателями и продавцами. Следовательно, разработка программного обеспечения для автоматизации процессов купли-продажи жилой недвижимости становится актуальной задачей. В работе представлено программное средство, позволяющее автоматизировать процессы купли-продажи недвижимости через риэлторское агентство, обеспечивая управление данными, упрощение взаимодействия между всеми участниками сделок, а также формирование отчетов и аналитики. Программное средство разработано с целью повышения эффективности работы риэлторов, снижения ошибок в документообороте и

обеспечения безопасности данных клиентов, что в конечном итоге способствует улучшению качества обслуживания и росту продаж.

Основная часть. Автоматизация процессов в риэлторском агентстве – это комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию всех этапов работы с клиентами и объектами недвижимости. Это помогает ускорить проведение сделок, уменьшить число ошибок и улучшить качество обслуживания клиентов.

Ключевые этапы процесса купли-продажи, обеспечивающие эффективное взаимодействие между риэлтором, клиентом и другими участниками сделки [2]:

1 Первичная консультация. Риэлтор проводит встречу с клиентом для выяснения его потребностей и предпочтений относительно недвижимости. Осуществляется сбор информации о желаемом типе объекта, местоположении, бюджете и других критериях.

2 Поиск объектов недвижимости с применением фильтров и сортировок для упрощения поиска.

3 Показ объектов с представлением детальной информации о каждом объекте, включая характеристики, преимущества и недостатки.

4 Переговоры и оформление сделки. Ведение переговоров с продавцом о цене и условиях сделки. Подготовка и подписание предварительного договора, а также других необходимых документов.

5 Проверка юридической чистоты. Проверяются документы на объект недвижимости.

6 Регистрация права собственности. Осуществляется помощь клиенту в регистрации права собственности на объект недвижимости в государственных органах, а также подготовка всех необходимых документов для регистрации.

7 Финансовые операции. Предполагают организацию расчетов между сторонами, включая оплату и возможное оформление ипотеки. Кроме того, устанавливается контроль над выполнением финансовых обязательств и сроков.

8 Обратная связь и анализ. Происходит сбор отзывов от клиентов для улучшения качества услуг. Анализируются проведенные сделки для выявления тенденций и оптимизации бизнес-процессов.

Программное средство имеет три ключевые роли пользователей: администратор, риэлтор и клиент. Каждая роль имеет свои возможности.

Риэлтору доступны такие функции, как учет сделок с возможностью настройки стадий потенциальных клиентов, заключение договоров и актов, управления заявками и сделками, ведение переговоров и информирование клиентов.

Клиент может просмотреть каталог объектов недвижимости и оставить заявку на звонок (консультацию), рассчитать приблизительную стоимость оказываемых риэлторских услуг. При подборе объекта недвижимости пользователь может воспользоваться сортировкой и фильтрацией. Клиент может удалить свою заявку, просмотреть свои заявки, добавить объект недвижимости (объявление) в избранное, опубликовать объявление о продаже/покупке недвижимости и подать заявку на покупку объекта недвижимости.

Администратору доступны функции управления данными о сотрудниках и клиентах.

Программное средство автоматизации процессов купли-продажи жилой недвижимости через риэлторское агентство реализует следующие функциональные возможности:

1 Поиск объекта жилой недвижимости. Пользователям предоставляется возможность производить поиск объекта недвижимости по типу недвижимости, цене, площади, расположению, количеству комнат и другим параметрам с использованием сортировки и фильтрации.

2 Предоставление аналитической информации о деятельности риэлторского агентства. Сотрудники агентства имеют возможность провести анализ данных о сделках, клиентах и рынке недвижимости, создать статистические отчеты по количеству сделок, объему продаж, прибыли.

3 Управление сделками. Предоставляется возможность регистрации сделок (создание и ведение записей о сделках, управление этапами сделки), управления документацией (хранение и доступ к документации по сделкам, возможность электронной подписи документов).

4 Управление объектами недвижимости. Возможность клиентам вводить информацию об объектах недвижимости (адрес, тип, площадь, характеристики, фото, цена, документы, история продаж), просматривать детальную информацию об объектах недвижимости (фотографии, описание, технические характеристики, юридические документы).

5 Управление клиентами. Реализована возможность создавать профили клиентов с подробной информацией (контактные данные, история сделок, требования к объектам), хранить контактную информацию, историю взаимодействия, разделять клиентов по типам (покупатели, продавцы).

Такая функциональность значительно оптимизирует работу агентства: позволяет сократить время на обработку информации, минимизировать ошибки, улучшить взаимодействие с клиентами и обеспечить доступ к актуальным данным о рынке. Это способствует более быстрому принятию обоснованных решений и улучшению качества обслуживания, что является ключевым фактором для успешного функционирования риэлторских агентств в условиях высокой конкуренции и динамично меняющегося рынка.

Заключение. В условиях высокой конкуренции на рынке недвижимости представленное решение позволяет риэлторам оптимизировать свою работу, улучшая взаимодействие между всеми участниками сделок. Внедрение данного программного средства не только повышает эффективность работы риэлторов, но и улучшает качество обслуживания клиентов, что приводит к росту продаж и укреплению позиций риэлторского агентства на рынке.

Список литературы

1. *Domovita [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://domovita.by/news/belorusy-ese-case-pokupaut-kvartiry-nesmotra-na-ceny-podvodim-itogi-polugodia-dla-rynka-nedvizimosti. – Дата доступа: 16.03.2025.*

2. *Как купить квартиру? Основные этапы и важные нюансы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://c-ens.by/analytics/kak-kupit-kvartiru-bez-posrednikov-osnovnye-etapy-i-vazhnye-njuansy/. – Дата доступа: 16.03.2025.*

UDC 004.42:332.85

SOFTWARE FOR AUTOMATION OF RESIDENTIAL REAL ESTATE PURCHASE AND SALE PROCESSES THROUGH A REAL ESTATE AGENCY

Prikhozhaya A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tonkavich I.N. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The research presents a software tool for automation of residential real estate purchase and sale processes through a real estate agency. The software is designed to optimize the work of realtors, simplify the interaction between the participants of transactions, increase the efficiency of processes, reduce errors and ensure the safety of customer data.

Keywords: purchase and sale, real estate, real estate agencies, transactions, automation, software.

УДК 005.591.6:332.85

ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ КУПЛИ-ПРОДАЖИ НЕДВИЖИМОСТИ

Прихожая А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Тонкович И.Н. – к. х. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Исследованы современные подходы к автоматизации процессов купли-продажи недвижимости через риэлторские агентства. Установлено, что внедрение программных решений значительно ускоряет процесс сделки и повышает качество обслуживания клиентов. Предложен комплексный подход к интеграции *CRM*-систем и автоматизации маркетинговых процессов для оптимизации работы риэлторов. В исследовании обоснована необходимость использования аналитических данных для прогнозирования трендов на рынке и даны рекомендации по защите персональных данных в условиях цифровизации.

Ключевые слова: автоматизация, купля-продажа, недвижимость, *CRM*-системы, риэлторские агентства.

Введение. Современный рынок недвижимости требует от риэлторских агентств высокой степени адаптивности и оперативности. В условиях растущей конкуренции и увеличения объемов сделок автоматизация процессов купли-продажи становится необходимостью. Основным ориентиром для успеха риэлторских агентств становится не только скорость обработки запросов, но и качество предоставляемых услуг.

Разработка комплексного подхода к автоматизации, включающего в себя интеграцию новых технологий, становится основным элементом стратегии агентств. В данном исследовании рассматриваются подходы к автоматизации, позволяющие улучшить взаимодействие с клиентами и повысить эффективность работы агентств.

Основная часть. Автоматизация процессов купли-продажи недвижимости подразумевает собой использование подходов, направленных на оптимизацию и упрощение всех этапов сделки. Это включает в себя внедрение современных технологий и программных решений, которые позволяют риэлторам и клиентам взаимодействовать более эффективно и с минимальными затратами времени.

Внедрение *CRM*-систем позволяет риэлторам управлять взаимодействием с клиентами, отслеживать статус сделок и анализировать рынок. *CRM*-система недвижимости обеспечивает комплексное управление деятельностью агентств недвижимости: от управления входящими запросами до подготовки ценовых предложений, от продажи коммерческой недвижимости до управления недвижимостью.

Риэлторская деятельность основана на доверии. Известно, что 82% новых продаж недвижимости происходят по рекомендациям существующих контактов, предыдущих клиентов, членов семьи, друзей или родственников. Когда речь идет о риэлторском бизнесе, продажа или покупка – это длительный процесс, с множеством последующих действий и повторных переговоров. Внедрение *CRM*-систем для риэлторов дает им возможность эффективно управлять контактами, планировать задачи, отслеживать процесс и оставаться организованными, чтобы строить успешные отношения и заключать сделки [1].

Программные решения, такие как *Bitrix24* или *Salesforce*, предлагают широкий функционал, включая управление контактами, автоматизацию маркетинга и аналитические инструменты. Практическая реализация таких систем показывает, что их использование приводит к сокращению времени на обработку запросов на 30-50%, а также повышает удовлетворенность клиентов, что подтверждается внутренними опросами агентств.

Последние исследования и статистические данные дают представление о том, как агенты по недвижимости используют *CRM*-системы. Примерно 47% пользователей *CRM*-систем считают, что использование *CRM* значительно влияет на удержание клиентов. Кроме того, наиболее эффективные организации продаж на 81% чаще используют *CRM*-системы. В целом, использование *CRM* за последнее время увеличилось с 56 до 74% [2].

Около 60% агентов по недвижимости, зарабатывающих не менее 100 000 долларов в год, используют программное обеспечение *CRM*. Более того, около 26% специалистов в сфере недвижимости отмечают повышение производительности при использовании таких систем. Примерно 72,5% агентств недвижимости внедряют *CRM* в свою работу. Половина пользователей отмечают повышение продуктивности благодаря их использованию.

Представленная статистика демонстрирует растущую зависимость от *CRM*-систем в сфере недвижимости, подчеркивая их важность для управления взаимоотношениями с клиентами.

Использование программных средств для автоматизации маркетинга значительно увеличивает охват целевой аудитории. Инструменты, такие как *Mailchimp* и *HubSpot*, позволяют создавать персонализированные кампании, направленные на привлечение потенциальных покупателей. Теоретически обосновано, что автоматизация повышает конверсию лидов на 15-25%, давая риэлторам возможность сосредоточиться на закрытии сделок.

Инструменты автоматизации маркетинга помогают рекламировать недвижимость. Такие платформы, как *Zillow Rental Manager*, *Reonomy* или *Social Media Ad Tools*, позволяют планировать и управлять маркетинговыми кампаниями, отслеживать эффективность объявлений и автоматически размещать объявления о недвижимости по нескольким каналам.

Технология может помочь в анализе тенденций рынка, облегчая поиск новых возможностей и оптимизируя инвестиционную стратегию. С помощью таких инструментов, как *PropStream* или *CoStar*, можно получить доступ к всеобъемлющим данным о недвижимости, районах и тенденциях [3].

Разработка мобильных приложений для риэлторов и клиентов предоставляет возможность осуществлять сделки на ходу, получать актуальную информацию о недвижимости и взаимодействовать с агентами в реальном времени. Исследования показывают, что клиенты, использующие мобильные приложения, в 60% случаев быстрее принимают решения о покупке. Внедрение таких решений повышает уровень удовлетворенности клиентов и способствует установлению долгосрочных отношений.

Программные средства, основанные на аналитике больших данных, позволяют риэлторам прогнозировать изменения на рынке недвижимости. Использование инструментов, таких как *Tableau* или *Power BI*, для визуализации данных значительно улучшает понимание рыночных тенденций. Один из новых результатов исследования заключается в том, что риэлторы, использующие аналитические инструменты, способны предсказывать изменения цен на недвижимость на 6–12 месяцев вперед с высокой степенью точности.

Аналитика больших данных предоставляет риэлторам возможность глубже понимать поведение покупателей, анализируя их предпочтения. Например, данные о спросе и предложении, а также демографические характеристики целевой аудитории могут помочь риэлторам формировать более точные маркетинговые стратегии. Это позволяет не только предлагать клиентам наиболее подходящие объекты, но и оптимизировать рекламные бюджеты, направляя их на наиболее перспективные сегменты рынка.

Стоит отметить, что использование аналитики может улучшить процесс оценки недвижимости. Риэлторы могут применять алгоритмы машинного обучения для анализа данных о продажах, что позволяет более точно определять рыночную стоимость объектов.

Это особенно важно в условиях нестабильного рынка, когда традиционные методы оценки могут быть недостаточно эффективными [4].

В условиях цифровизации важным аспектом является защита персональных данных клиентов. Применение современных методов шифрования и соблюдение стандартов GDPR обеспечивают безопасность информации и доверие клиентов. Разработка и внедрение внутренней политики работы с данными лучше защищает как клиентов, так и сами агентства от юридических проблем.

Заключение. В представленном исследовании проведен анализ подходов к автоматизации процессов купли-продажи недвижимости через риэлторские агентства. Установлено, что применение *CRM*-систем, автоматизация маркетинга и использование аналитических инструментов значительно повышают эффективность работы агентств и улучшают клиентский опыт.

Автоматизация процессов купли-продажи недвижимости не только оптимизирует работу риэлторов, но и создает новые возможности для улучшения качества обслуживания клиентов. Выявленные в ходе исследования теоретические и практические результаты, такие как значительное сокращение времени обработки запросов и повышение точности предсказаний рыночных тенденций, подчеркивают важность интеграции новых технологий в привычные процессы риэлторского бизнеса. Всё это в конечном итоге ведет к повышению конкурентоспособности агентств на рынке и укреплению их позиций в сфере недвижимости.

Список литературы

1. *Real estate CRM software for accelerated sales [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.zoho.com/crm/solutions/real-estate/. – Дата доступа: 15.03.2025.*

2. *What is a CRM in Real Estate? A Detailed Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.nimble.com/blog/what-is-a-crm-in-real-estate/. – Дата доступа: 15.03.2025.*

3. *Kumar, A. Mastering Real Estate Business Models / A. Kumar. – Anurag Kumar, 2024. – 120 p.*

4. *Mayer-Schönberger, V. Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think / V. Mayer-Schönberger, K. Cukier. – Houghton Mifflin Harcourt, 2013. – 242 p.*

UDC 005.591.6:332.85

APPROACHES TO AUTOMATION OF REAL ESTATE PURCHASE AND SALE PROCESSES

Prikhozhaya A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tonkavich I.N. – Cand. of Sci.., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The modern approaches to automation of real estate purchase and sale processes through real estate agencies have been studied. It is established that the introduction of software solutions significantly speeds up the transaction process and improves the quality of customer service. A comprehensive approach to the integration of CRM-systems and automation of marketing processes to optimize the work of realtors is proposed. The research substantiates the need to use analytical data to forecast trends in the market and gives recommendations for protection of personal data in the context of digitalization.

Keywords: automation, purchase and sale, real estate, CRM-systems, real estate agencies.

УДК 621.396.6

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОЩНОГО HI-FI УСИЛИТЕЛЯ ЗВУКА НА ОСНОВЕ МИКРОСХЕМЫ STK4231 В ГЕРМЕТИЧНОМ КОРПУСЕ

Коротков А.А. Василевский П.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. –к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье представлен общетехнический анализ проектируемого усилителя мощности звуковой частоты. Выполнен анализ существующих технических решений, обоснован выбор оптимальной схемотехнической реализации. Особое внимание уделено вопросам обеспечения теплового режима работы усилителя, включая моделирование тепловых процессов и выбор эффективных систем охлаждения с учетом требований герметичного корпуса.

Ключевые слова: усилитель звука, *Hi-Fi*, проектирование.

Введение. Усилители звука являются ключевыми компонентами современных аудиосистем, предназначенными для увеличения амплитуды звукового сигнала и обеспечения его воспроизведения через акустические системы. *Hi-Fi* усилители звука, в частности, отличаются высокой точностью воспроизведения и минимальными искажениями, что делает их востребованными в различных областях, включая музыкальную индустрию, кино, телевидение и домашние аудиосистемы. Современные усилители могут иметь различные конструкции и технологии, включая ламповые и транзисторные модели, а также цифровые усилители, которые обеспечивают высокое качество звука и энергоэффективность. Важно отметить, что выбор усилителя зависит от конкретных задач и условий использования, таких как тип акустической системы, размер помещения и желаемый уровень громкости.

Общетехнический анализ проектируемого устройства**.** Усилитель звука – это устройство, предназначенное для увеличения амплитуды аудиосигнала, поступающего от источника (например, проигрывателя или компьютера), чтобы обеспечить его воспроизведение через акустическую систему. Мощные усилители способны выдавать до 1000 Вт, что позволяет им эффективно управлять большими динамиками и обеспечивать громкий и качественный звук.

Помимо основной функции, усилители выполняют замену аналогового сигнала в импульсный для будущей обработки цифровым блоком.

Устройство помогает настроить данные производимых устройств, уменьшить потребление электроэнергии, при этом лишь улучшая работоспособность. Заряжается усилитель благодаря блокам питания, которые бывают встроенные и выносные, а также делятся на классы *A*, *B*, *AB*, *C* [1].

В статье рассматривается транзисторный усилитель (рисунок 1), в котором основными преимуществам использования являются [2]:

– мгновенная готовность к работе (устройство начинает работать сразу же после запуска и не требует прогрева);

– прочность (транзисторный усилитель в зависимости от лампового обладает высоким показателем механической прочности, что делает его более надежным и практичным для использования);

– доступная стоимость транзистора (благодаря этому не только снижается стоимость прибора, но и цена ремонтных работ при выходе из строя транзисторов);

– длительный срок службы (ламповые усилители мощности служат долго, но их срок службы все равно ограничен, это связано с потерей эмиссии у ламп. Транзисторы перегорают редко и даже в этом случае для восстановления работоспособности устройства достаточно заменить недорогие транзисторы новыми и усилитель снова готов к работе);

– компактные размеры (это связано с небольшим весом и размерам транзисторов, благодаря малому весу и габаритам устройство проще транспортировать и легче найти для него место среди звуковой аппаратуры);

– отсутствие необходимости использовать выходной трансформатор (это позволяет добиться характеристик, которые невозможных у ламповых усилителей).

Рисунок 1 – ¬Внешний вид устройства

Устройство эксплуатируется в лабораторных, капитальных жилых и других подобного типа помещениях, поэтому целесообразно выбрать устойчивость к климатическим воздействиям по ГОСТ 15150-69 УХЛ 4.2.

Для моделирования тепловой картины поля будет использоваться программа *ELCUT* – это компьютерная программа для проведения инженерного анализа и двумерного моделирования методом конечных элементов [7–12].

Описание принципа работы анализируемого устройства. Транзисторный усилитель мощности звука – это устройство, которое усиливает электрические аудиосигналы, чтобы обеспечить мощность, необходимую для воспроизведения звука. Принцип работы такого усилителя основан на использовании транзисторов как активных элементов, которые изменяют свои характеристики под воздействием входного сигнала, а именно (рисунок 2) [3]:

– сигнал поступает на вход предварительного усилителя, который обрабатывает и усиливает его до нужного уровня. Этот этап важен для подготовки сигнала к дальнейшему усилению, так как он обеспечивает необходимую величину входного сопротивления и минимизирует нагрузку на источник сигнала. Предварительный усилитель также помогает снизить уровень шумов, что критично для достижения чистоты звука;

– усилитель состоит из нескольких каскадов, каждый из которых последовательно усиливает сигнал. Выход одного каскада подключается к входу следующего, что позволяет многократно увеличить мощность сигнала. Каждый каскад может быть настроен на определенное значение усиления, что дает возможность контролировать выходной сигнал и снижать искажения;

– транзисторы в усилителе изменяют свое сопротивление в ответ на входной сигнал. Это свойство позволяет им управлять потоком тока от источника питания к нагрузке, обеспечивая тем самым необходимую мощность на выходе. Транзисторы работают в линейном режиме, что минимизирует искажения и позволяет достичь высокого качества

звука;

– после прохождения через все каскады, на выходе получается мощный сигнал, который передается на акустические системы для воспроизведения звука. Этот сигнал должен быть как можно менее искаженным, чтобы обеспечить качественное звучание.

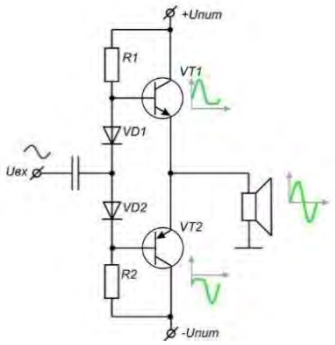


Рисунок 2 – Схема преобразования сигналов в усилителе мощности звука

В нашем случае транзисторный усилитель мощности звука имеет выходную мощность 100 Вт и диапазон воспроизводимых частот 0,02–20 кГц. Из этого следует, что данное устройство больше подходит для не очень больших помещений [4].

Анализ элементарной базы устройства. Схема электрическая принципиальная транзисторного моноусилителя звука на микросхеме *STK4231* (рисунок 3) включает в себя следующие основные компоненты:

– микросхема *STK4231*: является основным элементом усилителя и отвечает за усиление звукового сигнала;

– резисторы: используются для установки необходимых режимов работы транзисторов и формирования частотной характеристики усилителя;

– конденсаторы: применяются для разделения каскадов усилителя по постоянному току и формирования частотной характеристики;

– транзисторы: используются в качестве активных элементов для усиления звукового сигнала;

– диоды: применяются для защиты усилителя от перенапряжений и обратной полярности.

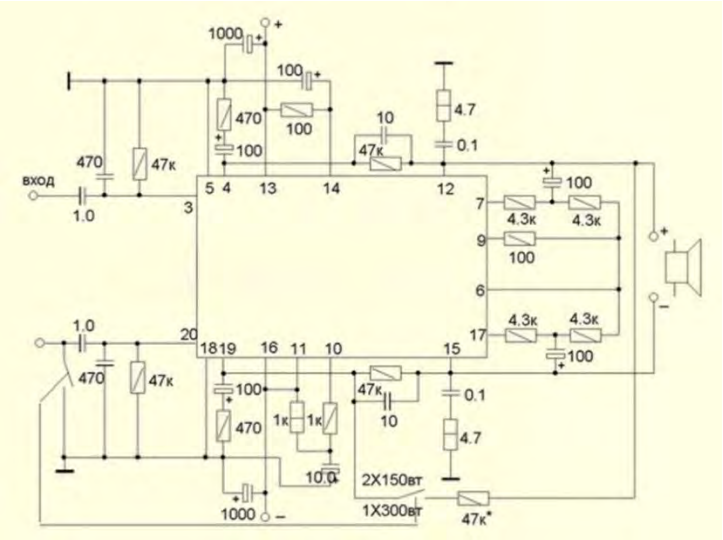


Рисунок 3 – Схема электрическая принципиальная усилителя мощности звука на микросхеме STK4231

Для наглядного представления температур при различных тепловых режимах работы были составлены аналоги тепловых моделей с помощью программного комплекса *ELCUT* [11]. Для получения конечного результата в виде наглядной картины теплового поля в типе задач «теплопередача стационарная» можно настроить условия для отдельных участков модели. При всем этом, так же можно обозначить не только место нагревания на плате и теплопроводность элементов, но и настроить граничные условия для каждого из них.

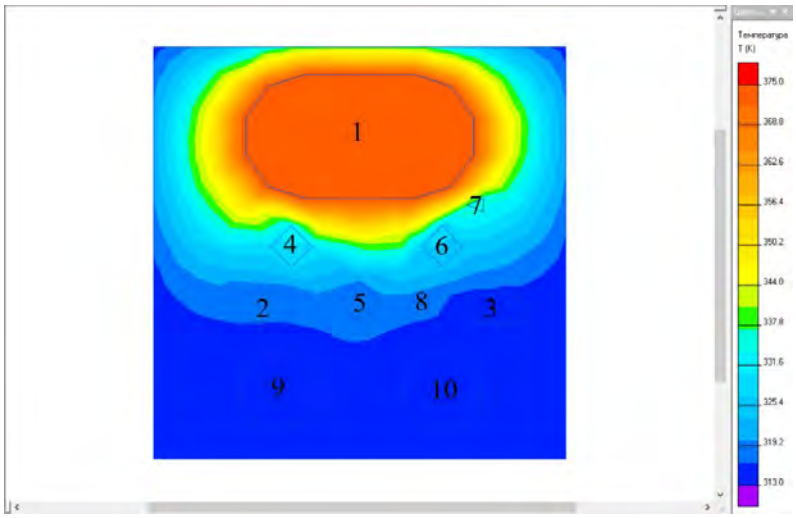


Рисунок 4 – Тепловая картина поля в герметичном корпусе
1 – микросхема STK4231; 2, 3 – резисторы; 4 – 10 – конденсаторы

Герметичный корпус для РЭС представляет собой защитную оболочку, обеспечивающую изоляцию внутренних компонентов от внешних факторов, таких как влага, пыль и механические повреждения. Эти корпуса изготавливаются из прочных материалов, устойчивых к коррозии, и проектируются с учетом климатических условий, что позволяет им функционировать в широком температурном диапазоне [5].

Тепловая картина, представленная на рисунке 4, показывает, что максимальная температура внутри герметичного корпуса достигает 375 К (или 102 °С), что ниже рабочей температуры транзистора, равной 423 К (или 150 °С). В то же время температура окружающей среды вокруг элемента, вызванная нагревом чипа, достигает 362,6 К (соответствует 89,6 °С). Температура в нагретой зоне составляет 325,4 К (эквивалентно 52,4 °С). Этот тип охлаждения является наименее эффективным: хотя температура микросхемы *STK4231* не достигает предельной рабочей температуры, температура нагретой зоны близка к рабочей температуре некоторых компонентов. Это может привести к сокращению их срока службы при длительной эксплуатации в таких условиях.

Заключение. В заключение следует подчеркнуть, что общетехнический анализ является неотъемлемой частью процесса проектирования любого современного устройства. Он позволяет не только определить оптимальные технические решения, но и научно обосновать их, обеспечивая высокую надежность, экономическую эффективность и конкурентоспособность разрабатываемого продукта. Комплексный анализ исходных данных, существующих аналогов, выбор принципа действия и структуры устройства, разработка принципиальной схемы, расчет основных параметров, конструирование устройства и оценка экономической эффективности представляют собой взаимосвязанные этапы проектирования, обеспечивающие успешную реализацию проекта. Представленный в данной статье общетехнический анализ разрабатываемого устройства позволил определить основные направления дальнейших исследований и разработок, а также оценить потенциальные преимущества предлагаемого решения с учетом существующих технологических ограничений и экономических факторов.

Список литературы

1. *Зачем нужен усилитель звука. [Online resource] – 2025. – Access mode: https://droidone.ru/zachem-nuzhen-usilitel-zvuka*

2. *STK4231II Datasheet (PDF) - Sanyo Semicon Device [Online resource] – 2025. – Access mode: https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/41608/SANYO/STK4231II.html*

3. *Rotkop L.L., Spokoyny Yu.E. Ensuring thermal regimes in the design of radio electronic equipment: study guide. Moscow : Glavpochtamt, 1976. – 231 p.*

4. *Усилитель мощности звука [Online resource] – 2025. – Access mode: https://radioskot.ru/publ/unch/usilitel_moshhnosti_zvuka/6-1-0-203*

5. *Power Amplifier [Online resource] – 2024. – Access mode: https://trueconf.ru/blog/wiki/usilitel-moshhnosti-zvuka*

6. *Оптимизация теплового режима приемо-передающего устройства по результатам моделирования тепловых процессов в среде SolidWorks Flow Simulation / Пискун Г. А., Алексеев В. Ф., Романовский П. С., Стануль А. А. // Znanstvena misel journal. – 2019. – Vol. 1, № 35. – P. 47–60.*

7. *Алексеев, В. Ф. Методика численного моделирования тепловых процессов в микроэлектронных структурах / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–21 мая 2020 г. : в 3 ч. Ч. 3 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники [и др.] ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2020. – С. 34–37.*

8. *Алексеев, В.Ф. Принципы конструирования и автоматизации проектирования РЭУ: Учеб. пособие / В.Ф.Алексеев.- Мн.: БГУИР, 2003. - 197 с.*

9. *Алексеев, В. Ф. Программная реализация процесса оценки теплового режима средства медицинской электроники / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // Медэлектроника – 2018. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей XI Международная научно-техническая конференция, Минск, 5–6 декабря 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2018. – С. 255-258.*

10. *Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 : Тепловые режимы работы и защиты конструкций РЭС от механических воздействий : пособие / В. Ф. Алексеев, И. Н. Богатко, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2017. – 124 с.*

11. *Алексеев, В. Ф. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум : пособие в 2 ч. Ч. 1 : Моделирование физических процессов в радиоэлектронных средствах с помощью программных комплексов / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2016. – 70 с.*

12. *Физические основы проектирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 2 : Исследование физических процессов в конструкциях РЭС : пособие / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун, И. Н. Богатко. – Минск : БГУИР, 2017. – 74 с.*

UDC 621.396.6

THE PHYSICAL BASICS OF DESIGNING A POWERFUL HI-FI SOUND AMPLIFIER BASED ON THE STK4231 MICROCIRCUIT IN A SEALED CASE

Korotkov A.A., Vasileuksy P.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexseev V.F. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. This paper presents a general technical analysis of the projected audio frequency power amplifier. The analysis of existing technical solutions is carried out, the choice of optimal circuit design is justified. Special attention is paid to the issues of ensuring the thermal operation of the amplifier, including the modeling of thermal processes and the selection of efficient cooling systems, taking into account the requirements of a sealed enclosure.

Keywords: sound amplifier, Hi-Fi, design.

УДК 004.032.26

ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗВИТИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Федорович В.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Косарева Е.М. – ассистент кафедры ПИКС

Аннотация. Нейронные сети стремительно захватывают рынок информационных технологий, в статье рассматриваются характеристики нейронных сетей, динамика их изменения, отличия проектирования нейронных сетей в нынешнее время в сравнении с вариациями прошлых лет.

Ключевые слова: разработка искусственного интеллекта, нейронные сети, программирование, характеристика.

Введение. Нейронные сети – это математические модели, вдохновленные структурой и функционированием мозга.

Они состоят из множества взаимосвязанных элементов (нейронов), которые обрабатывают информацию и учатся на данных. Проще говоря, это алгоритмы, которые помогают компьютерам учиться и принимать решения, похожие на человеческие.

Основная часть. Проанализировав изменение в архитектуре нейронных сетей, можно выявить основные аспекты:

– нейронные сети состоят из множества слоев, каждый из которых содержит множество нейронов (нейронов). глубина сети (количество слоев) и количество нейронов в каждом слое играют важную роль в её способности обрабатывать сложные данные;

– важным аспектом является выбор активационных функций, которые помогают сети обрабатывать нелинейные зависимости;

– нейронные сети обучаются с помощью алгоритмов, таких как градиентный спуск и его вариации. эти алгоритмы позволяют сети адаптироваться к данным и улучшать свою точность;

– чтобы избежать переноса (*overfitting*), используются различные методы регуляризации, такие как *Dropout* и регуляризация;

– в компьютерном зрении часто используются конволюционные слои, которые позволяют сети обрабатывать изображения и выделять важные признаки.

Для примера, сравним по этим 5-ти параметрам примеры нейронных сетей 2017 года, 2020 года и 2024 года.

Архитектура нейронных сетей версии 2017 года:

1 Слойность и глубина: В 2017 году архитектуры нейронных сетей, такие как *ResNet* и Inception, стали популярными благодаря увеличению глубины (более 100 слоев), что позволило моделям лучше распознавать сложные паттерны.

2 Активационные функции: Наиболее часто используемые функции активации были *ReLU* (*Rectified Linear Unit*), которые помогали избежать проблем с затухающими градиентами.

3 Обучение: Алгоритмы обучения, такие как стохастический градиентный спуск (*SGD*) с Momentum, были основными методами оптимизации. Использовались большие объемы данных и продолжительное время тренировки.

4 Регуляризация: *Dropout* и *L2* регуляризация были стандартными методами для предотвращения переноса (overfitting).

5 Конволюционные слои: *CNN*, такие как *ResNet*, активно использовали конволюционные слои с остаточными соединениями, что улучшило производительность в задачах компьютерного зрения.

Архитектура нейронных сетей версии 2020 года:

1 Слойность и глубина, в 2020 году архитектуры стали еще более глубокими и сложными. Например, модели трансформеров, такие как *BERT* и *GPT-2*, имели миллионы параметров и сотни слоев внимания.

2 Активационные функции – помимо *ReLU*, начали использоваться *GELU* (*Gaussian Error Linear Unit*), которые улучшали обучение моделей.

3 Обучение – алгоритмы адаптивного обучения, такие как *Adam* и *RMSprop*, стали стандартом, что ускорило процесс тренировки и улучшило сходимость моделей.

4 Регуляризация – помимо *Dropout*, начали использоваться техники, такие как *Batch Normalization* и *Layer Normalization*, которые стабилизировали процесс обучения.

5 Конволюционные слоим – хотя *CNN* оставались популярными для компьютерного зрения, трансформеры начали находить применение и в этой области благодаря механизмам внимания.

Архитектура нейронных сетей версии 2024 года:

1 Архитектуры стали еще более сложными и масштабируемыми. Модели, такие как *GPT*-4, обладают миллиардами параметров и способны обучаться на огромных наборах данных.

2 Более продвинутые функции активации, такие как *Swish* и *Mish*, улучшили обучение и производительность моделей.

3 Обучение – использование обучения с подкреплением и смешанного обучения (*multi-task learning*) позволило моделям решать более сложные и разнообразные задачи. Также применялись более мощные вычислительные ресурсы, такие как специализированные аппаратные ускорители (*TPU*).

4 Регуляризаци – новые методы регуляризации, такие как *Stochastic Depth* и DropConnect, были разработаны для улучшения обобщающих способностей моделей.

5 Модели компьютерного зрения продолжили развиваться с использованием трансформеров и новых методов конволюции, таких как *Vision Transformers* (*ViT*).

Показательно сравнить эффективность некоторых отдельных элементов невозможно, в силу временного промежутка, недостатка информации и различия характера их работы.

Но мы можем уверенно сказать, что эффективность нейронных сетей 2024-го года превышает эффективность нейронных сетей 2017-го года в множество раз. Однако точное соотношение зависит от конкретных задач и моделей. Например, некоторые исследования показывают, что требуемое количество операций с плавающей запятой (*FLOPs*) для обучения моделей снизилось в несколько раз за этот период. Мы можем назвать лишь примерное количество проводимых операций в секунду, учитывая, что результат разнится в зависимости от архитектуры и от оборудования, в 2017 году количество операций в секунду для нейронной сети составляло 10^3 - 10^5, а в 2024 году 10^6 – 10^9, для сравнения в человеческом мозге происходит примерно 10^16 операций в секунду. Даже используя один такой показатель можно сказать, что нейронные сети с каждым днем все ближе к тому, чтобы имитировать мозговую деятельность человека.

Заключение. Рост характеристик нейронных сетей, таких как слойность и глубина, выбор активационных функций, совершенствование алгоритмов обучения, методы регуляризации и развитие конволюционных слоев, свидетельствует о значительном прогрессе в данной области.

Увеличение количества слоев и нейронов, улучшение обработки нелинейных зависимостей и внедрение передовых технологий позволяют сетям справляться с всё более сложными задачами.

Эти улучшения способствуют повышению их точности, универсальности и эффективности, открывая новые горизонты для их применения в различных сферах, включая компьютерное зрение, анализ данных и искусственный интеллект.

Динамика роста данных характеристик обещает дальнейшее развитие и внедрение инноваций в научную и практическую деятельность.

Список литературы

1. *Анисимова, Э. С. Введение в архитектуру нейронных сетей / Э. С. Анисимова // Экономика и социум. – 2015. – № 2–5 (15).*
2. *Гудфеллоу, Иэн. Deep Learning / Иэн Гудфеллоу, Йошуа Бенжио, Аарон Курвил. – MIT Press, 2016.*
3. *Заковоротный, А. Ю. Новые архитектуры и алгоритмы обучения нейронных сетей адаптивной резонансной теории / А. Ю. Заковоротный // Научный результат. Информационные технологии. – 2016. – № 1.*
4. *Кузнецова, И. О. Принцип работы и архитектура нейронных сетей / И. О. Кузнецова, Д. А. Малютов // Евразийская интеграция: современные тренды и перспективные направления. – 2024.*
5. *Малыгина, Ю. П. Нейронные сети: особенности, тенденции, перспективы развития / Ю. П. Малыгина // Молодой исследователь Дона. – 2018. – № 5 (14).*

UDC 004.032.26

CHARACTERISTICS OF NEURAL NETWORK DEVELOPMENT

Fedorovich V.G.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kosareva E.M. – assistant of the Department of ICSD

Annotation Neural networks are rapidly taking over the information technology market. This article explores the characteristics of neural networks, the dynamics of their development, and the differences in neural network design today compared to previous years.

Keywords: artificial intelligence development, neural networks, programming, characteristics.

УДК 004.056.5

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКЦИОННЫХ ПЕТЕЛЬ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ ГАРАЖЕЙ-СТОЯНОК

Капустина С. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Галузо В. Е. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматривается возможность использования индукционных петель в системах контроля и управления доступом (СКУД) на примере гаражей-стоянок. Приведены принципы работы индукционной петли, её конструктивные особенности, а также рекомендации по установке и настройке. Рассматриваются преимущества внедрения данной технологии для повышения эффективности функционирования СКУД при минимальных затратах.

Ключевые слова: индукционная петля, СКУД, система управления доступом, шлагбаум, парковка, контроль транспорта.

Введение. Гаражи-стоянки являются важной частью городской инфраструктуры. Для повышения их безопасности и удобства эксплуатации всё чаще применяются автоматизированные системы контроля и управления доступом (СКУД), позволяющие отслеживать въезд и выезд транспортных средств, предотвращать несанкционированный доступ и оптимизировать поток автотранспорта. [1].

Основная часть. Гаражи-стоянки являются неотъемлемой и важной частью инфраструктуры объектов гражданского строительства. Важность гаражей-стоянок подчеркивается тем, что работы по их проектированию и строительству освобождены от налога на добавленную стоимость. При этом, система контроля доступа гаражей-стоянок (СКУД) играет важную роль в обеспечении безопасности и удобства как для владельцев автомобилей, так и для операторов гаражей-стоянок. Эти технологии позволяют эффективно управлять въездом и выездом транспортных средств, предотвращать несанкционированный доступ и упрощать процесс контроля за передвижением автомобилей [1].

СКУД гаражей-стоянок обеспечивает контроль въезда и выезда транспортных средств. Высокий уровень контроля доступа на въезде обеспечивается системой видеонаблюдения (СВН), интегрированной со СКУД. СВН распознаёт номера автомобилей на въезде, а СКУД определяет право на доступ к территории. На выезде уровень контроля более низкий, так как выезжают «свои» и распознавание, как правило, не осуществляется, чтобы упростить систему. Часто на выезде или выходе с охраняемой территории устанавливается кнопка, но в случае с гараж-стоянкой это доставляет неудобства водителям. Использование же видеокамеры и в этом случае не совсем оправдано ввиду отсутствия необходимости распознавать номера.

Предлагается для разблокировки устройства преграждающего на выезде из гаража-стоянки использовать индукционную петлю. Индукционная петля представляет собой один или несколько витков изолированного провода, который выполняет роль катушки индуктивности и выполняет функцию извещателя, реагирующего на изменение магнитной проницаемости среды, в которой он находится. При приложении к петле переменного напряжения в ней протекает переменный ток, величина которого зависит от реактивного сопротивления петли, которое в свою очередь определяется индуктивностью петли. Индуктивность петли (катушки) зависит от числа витков, геометрических размеров петли, а также магнитной проницаемости среды (сердечника), в которой распространяется переменное магнитное поле, наводящее в ней электродвижущую силу (ЭДС). В свою очередь эта ЭДС вызывает в петле тока, текущего встречно исходному току. В результате ток в петле уменьшается пропорционально реактивному сопротивлению петли [2].

Предлагается следующее конструктивное решение индукционной петли, приведенное на рисунке 1.

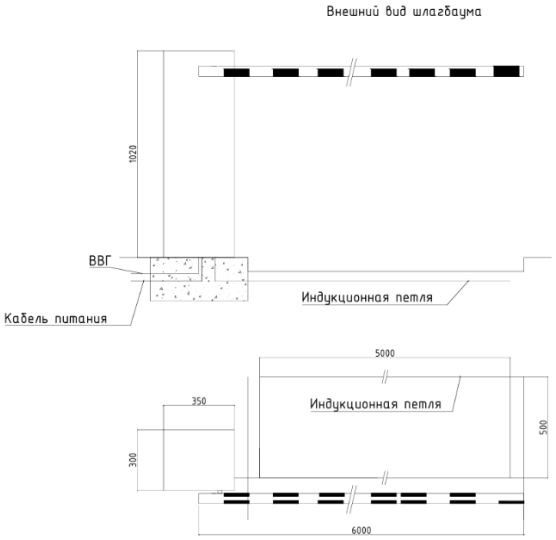


Рисунок 1 – Внешний вид системы с индукционной петлёй

Поскольку автомобиль представляет собой большую массу железа с высокой магнитной проницаемостью, то при его расположении над петлей он увеличивает индуктивность петли, а значит и ее реактивное сопротивление.

Резкий рост сопротивления петли фиксируется датчиком индукционной петли, подключенным к входной цепи контроллера СКУД, который реагирует на изменение его входного тока, протекающего в цепи. Контроллер посылает сигнал на электронную схему шлагбаума, который поднимает стрелу и дает возможность проезда. Вся система питается от сети переменного тока напряжением 220...230 В и частотой 50…60 Гц.

Функция петли в данной системе – идентификация признака на поднятие и опускание стрелы шлагбаума для обеспечения выезда автотранспорта и блокировки въезда на парковку.

Индукционные петли, благодаря своей высокой избирательности позволяют обнаруживать только транспортные средства и не реагировать на передвижение через зону проезда людей и животных, что делает их идеальными для автоматических систем открытия/закрытия ворот и шлагбаумов, определения направления движения и учета плотности трафика движения.

Индукционная петля монтируется в штробе перед шлагбаумом, чаще всего выбирается контур прямоугольной формы в силу того, что монтаж прямоугольной формы будет производиться легче, чем любой иной. Обычно используется цельный медный кабель в качестве петли, однако если возникает необходимость удлинения, то используют способ пайки или термоусадочную трубку.

Следует учесть, что в зависимости от нескольких факторов, необходимо правильно подобрать число витков петли, укладываемых в штробе проезжей части.

Нужно учитывать ширину и длину проезжей части, на которой необходимо фиксировать присутствие транспортного средства. Индукционную петлю необходимо устанавливать на достаточном расстоянии от силовых кабелей или металлических объектов. Обычно петли должны пролегать на расстоянии не менее 15 см от фиксированных металлических объектов и на расстоянии не менее 50 см от перемещающихся металлических объектов и на глубине не более 5 см от поверхности.

Число витков также может зависеть от выбираемого датчика, от его чувствительности. Слишком большое количество витков индукционной петли может увеличить вероятность ложной сработки датчика, так как он будет регистрировать малейшие изменения индуктивности поля петли.

Диаметр провода индукционной петли тоже является фактором, влияющим на нужное количество витков: чем меньше диаметр провода, тем больше количества витков понадобится для создания оптимальной индуктивности поля петли на определенной области.

Для создания индукционных петель СКУД гаражей-стоянок можно воспользоваться значениями конструктивных параметров петли, приведенными в таблице 1 [3].

Таблица 1- Конструктивные параметры петли

Длина периметра петли	Количество витков
менее 3 метров	6
от 3 до 4 метров	5
от 4 до 6 метров	4
от 6 до 12 метров	3
более 12 метров	2

Однако значения могут варьироваться у разных производителей. Соответственно, перед окончательным выбором нужно предварительно оценить необходимый периметр, а после проанализировать и сравнить предложения разных производителей.

Предлагаемое техническое решение обеспечивает повышение надежности системы контроля и управления доступа при низких затратах на её производство.

Заключение. Предлагаемое решение с использованием индукционной петли позволяет обеспечить надёжную и автоматизированную работу СКУД гаражей-стоянок. Благодаря простоте конструкции и высокой эффективности, оно может быть рекомендовано для широкого внедрения в системах автоматического контроля транспорта.

Список литературы

1. *ТКП 45-3.02-25-2006. Гаражи-стоянки и стоянки автомобилей. Нормы проектирования. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. – 21 с.*

2. *Крутов, А. В. Теоретические основы электротехники: учеб. пособие / А. В. Крутов, Э. Л. Кочетова, Т. Ф. Гузанова. – 2-е изд., стер. – Минск: РИПО, 2016. – 376 с.*

3. *Петля для формирования индукционного контура ZKTeco PSA03 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kvs.deal.by/p104246171-petlya-dlya-formirovaniya.html.*

UDC 004.056.5

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Kapustina S. A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Galuzo V.E. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article discusses the use of induction loops in access control systems (ACS) for garage parking lots. The principles of operation, structural features, installation, and configuration recommendations for induction loops are provided. The advantages of implementing this technology to improve ACS efficiency at low cost are considered.

Keywords: induction loop, ACS, access control system, barrier gate, parking, vehicle detection.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

РОЛЬ И ПРИМЕНЕНИЕ «1С:ШИНА» ПРИ ИНТЕГРАЦИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ 1С

Ершов Д.Г., Новиков Н.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Кожемяко Е.А. – магистр техн. наук, начальник отдела интегрированных автоматизированных систем управления

Аннотация. В данной статье проводится углубленный анализ интеграционного решения «1С:Шина» в корпоративных информационных системах. Рассматриваются архитектурные особенности, механизмы маршрутизации и обработки данных, а также сложные сценарии внедрения с учетом проблемных аспектов. Приводятся расширенные примеры практического применения технологии, исследуются вопросы адаптации к динамическим ИТ-ландшафтам, безопасности данных, а также влияние на масштабируемость инфраструктуры. Особое внимание уделено перспективным направлениям развития технологии, включая интеграцию с облачными сервисами и автоматизацию процессов управления данными.

Ключевые слова: «1С:Шина», интеграция данных, корпоративные системы, *ESB,* автоматизация процессов, маршрутизация сообщений, отказоустойчивость, масштабируемость, безопасность данных, облачные технологии.

Введение. «1С:Шина» является критически важным инструментом для организаций, использующих систему «1С:Предприятие» и стремящихся к унифицированному обмену данными между различными модулями и сторонними системами. Её основная функция заключается в упрощении интеграционных процессов, минимизации затрат на разработку индивидуальных интерфейсов и создании единого информационного пространства предприятия. В условиях растущего количества цифровых сервисов и облачных решений проблема стандартизации передачи данных становится всё более актуальной [2].

Системы, работающие без централизованного механизма интеграции, сталкиваются с рядом проблем, включая дублирование данных, неэффективные маршруты передачи сообщений и высокий уровень ручного вмешательства. «1С:Шина» решает эти задачи за счет стандартизации процессов обмена, оптимизации маршрутизации и внедрения гибких механизмов контроля целостности передаваемых данных. Одним из ключевых преимуществ системы является возможность взаимодействия с разнообразными протоколами, такими как *SOAP, REST, AMQP* и *FTP*, что позволяет использовать её в широком спектре *ИТ*-решений [3].

Интеграция «1С:Шина» с различными системами 1С. Система «1С:Шина» играет центральную роль в обеспечении связности различных решений, разработанных на платформе «1С:Предприятие». Одним из наиболее распространенных сценариев является интеграция между такими решениями, как «1С:Бухгалтерия», «1С:Управление Торговлей», «1С:*ERP*», «1С:Зарплата и Управление Персоналом», «1С:Приемная кампания» и специализированными отраслевыми конфигурациями. Эта интеграция позволяет компаниям автоматизировать бизнес-процессы, минимизировать потери данных и повысить прозрачность операций.

При взаимодействии с «1С:Бухгалтерия» система «1С:Шина» обеспечивает автоматическое формирование бухгалтерских документов на основании данных, поступающих из торговых и производственных систем. Это позволяет снизить нагрузку на бухгалтерские службы и исключить вероятность ошибок, связанных с ручным вводом данных. Например, при оформлении продажи в «1С:Управление Торговлей» данные о транзакции автоматически передаются в «1С:Бухгалтерию» для формирования проводок, а также в «1С:*CRM*» для обновления карточки клиента [4].

Рисунок 1 - Диаграмма взаимодействия 1С:Шины с системами

Внедрение «1С:Шина»также значительно упрощает взаимодействие между «1С:*ERP*» и складскими системами. В компаниях с развитой логистической инфраструктурой возникает необходимость в оперативной передаче данных о движении товаров, резервировании остатков и контроле выполнения заказов. «1С:Шина» позволяет реализовать централизованный обмен информацией между складскими модулями и *ERP*-системой, что ускоряет процесс обработки заказов и минимизирует вероятность ошибок, связанных с несвоевременным обновлением данных [5].

Важным аспектом является интеграция «1С:Зарплата и Управление Персоналом» с бухгалтерскими и кадровыми системами. «1С:Шина» позволяет автоматизировать передачу данных о начислениях, выплатах и налогах, что обеспечивает точность расчётов и своевременность выплат сотрудникам. Это особенно актуально для крупных предприятий с тысячами сотрудников, где обработка информации вручную требует значительных ресурсов [6].

Роль «1С:Шина»в обеспечении безопасности и управлении доступом. Важным аспектом работы «1С:Шина» является обеспечение безопасности данных и управление доступом к интеграционным потокам. Современные компании сталкиваются с вызовами, связанными с защитой информации, передаваемой между различными системами, особенно при взаимодействии с внешними партнёрами и государственными структурами. «1С:Шина» использует механизмы шифрования данных, включая *TLS* и *VPN*-туннелирование, что обеспечивает защиту информации от утечек и атак на уровне сетевого взаимодействия [7].

Дополнительно «1С:Шина» поддерживает ролевую модель управления доступом (*RBAC*), что позволяет администратору определять права пользователей на отправку, получение и модификацию данных в интеграционных процессах. Это особенно важно для предприятий с разветвленной структурой, где требуется разграничение доступа к информации в зависимости от уровня ответственности сотрудников [8].

Механизмы мониторинга и аудита событий позволяют фиксировать все транзакции в системе, а также выявлять подозрительные действия. Например, автоматическая система контроля может выявлять аномальные запросы, связанные с массовой выгрузкой данных или попытками несанкционированного изменения информации. В сочетании с инструментами машинного обучения такие механизмы могут стать частью системы раннего предупреждения о возможных угрозах безопасности [9].

Автоматизация документооборота и контроль качества данных. Одной из ключевых задач «1С:Шина» является автоматизация документооборота между различными системами 1С и внешними сервисами. Например, обмен счетами-фактурами, накладными и договорами с

контрагентами может быть полностью автоматизирован, что сокращает затраты на обработку документов и снижает вероятность ошибок. Встроенные механизмы контроля качества данных позволяют автоматически проверять корректность передаваемых сведений и исключать дублирование.

Использование «1С:Шина» в рамках управления цепочками поставок позволяет реализовать комплексный контроль за процессами закупки, производства и реализации товаров. Например, данные о заказах поставщикам могут автоматически передаваться в модули закупок, затем в складские системы, а после – в финансовые отделы для контроля платежей. Такой подход позволяет избежать несогласованности данных и повысить скорость работы.

Заключение. Использование «1С:Шина» значительно повышает эффективность взаимодействия между различными модулями и системами «1С:Предприятие». Она обеспечивает автоматизацию документооборота, контроль качества данных и интеграцию со сторонними сервисами. Это позволяет компаниям минимизировать затраты на поддержку интеграционных решений, повысить точность обмена данными и ускорить процессы принятия решений. Развитие технологий в области автоматизации и облачных решений открывает новые возможности для дальнейшего совершенствования интеграционных процессов с использованием «1С:Шина».

Список литературы

1. *Иванов, В. А. Современные интеграционные технологии / В. А. Иванов. – М.: Москва, 2023.*
2. *Смирнов, П. Г. Корпоративные информационные системы / П. Г. Смирнов. – СПб.: Санкт-Петербург, 2022.*
3. *Петров, А. Л. ESB: Теория и практика / А. Л. Петров. – М.: Москва, 2021.*
4. *Белов, М. С. Шины данных и их применение / М. С. Белов. – Екатеринбург: Уралтех, 2023.*
5. *Козлов, А. Н. Информационные технологии и интеграция / А. Н. Козлов. – СПб.: Санкт-Петербург, 2022.*
6. *Миронов, С. А. Архитектура распределенных систем / С. А. Миронов. – Казань: Казань, 2021.*
7. *Официальная документация "1С:Шина" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://v8.1c.ru/1c-shina/. – Дата доступа: 19.03.2025.*
8. *Федоров, Д. И. Автоматизация интеграционных процессов / Д. И. Федоров. – М.: Москва, 2024.*
9. *Смирнов, И. Н. Цифровая трансформация бизнеса / И. Н. Смирнов. – М.: Физматлит, 2024.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

APPLICATION OF 1C CLOUD SERVERS IN PERSONNEL ACCOUNTING DEVELOPMENT

Ershov D.G., Novikau N.Y.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

E.A. Kozhemiako. – master of Tech. Sci., Head of the Department of Integrated Automated Management Systems

Annotation. This article provides an in-depth analysis of the integration solution "1C:Enterprise Bus" within corporate information systems. The architectural features, data routing and processing mechanisms, as well as complex implementation scenarios considering problematic aspects, are examined. Extended examples of practical applications of the technology are provided, and issues related to adaptation to dynamic IT landscapes, data security, and the impact on infrastructure scalability are explored. Special attention is given to promising directions for the development of the technology, including integration with cloud services and the automation of data management processes.

Keywords: 1C:Enterprise Bus, data integration, corporate systems, ESB, process automation, message routing, fault tolerance, scalability, data security, cloud technologies.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛАЧНЫХ СЕРВЕРОВ 1С ПРИ РАЗРАБОТКЕ КАДРОВОГО УЧЕТА

Ершов Д.Г., Степанчук А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Кожемяко Е.А. – магистр техн. наук, начальник отдела интегрированных автоматизированных систем управления

Аннотация. В данной работе проводится комплексный анализ применения облачных серверов 1С в системах кадрового учета с акцентом на автоматизацию процессов, вопросы безопасности и перспективные направления развития технологии. Рассмотрены аспекты цифровизации кадрового администрирования, интеграции с государственными сервисами и роль облачных решений в стратегическом управлении человеческими ресурсами. Особое внимание уделено эффективности внедрения облачных платформ 1С в корпоративную инфраструктуру, анализу их влияния на оптимизацию управления персоналом, снижению операционных издержек и повышению качества аналитики кадровых данных.

Ключевые слова: облачные технологии, 1С, кадровый учет, автоматизация, цифровизация, обработка данных, информационная безопасность, блокчейн, машинное обучение.

Введение. Современная парадигма цифровой трансформации предопределяет необходимость использования облачных технологий в области управления человеческими ресурсами. В условиях экспоненциального роста объемов обрабатываемых данных компании сталкиваются с вызовами, связанными с эффективностью кадрового администрирования, соблюдением норм информационной безопасности, а также оперативным реагированием на изменения в нормативно-правовой среде. Традиционные *IT*-инфраструктуры зачастую оказываются недостаточно гибкими и требуют значительных затрат на техническое обслуживание. В этом контексте системы 1С, функционирующие на облачных серверах, обеспечивают высокий уровень автоматизации *HR*-процессов, снижая затраты на локальную *IT*-инфраструктуру, ускоряя процессы кадрового учета и повышая прозрачность взаимодействия с сотрудниками [1].

Теоретические аспекты облачных технологий в кадровом учете. Облачные технологии базируются на концепции распределенных вычислений, обеспечивая централизованное хранение данных и автоматизированный доступ к ключевым *HR*-процессам. Использование облачных платформ 1С способствует формированию адаптивных и масштабируемых *HR*-систем, позволяя компаниям оперативно реагировать на изменения в нормативно-правовом регулировании и внутренние кадровые потребности [2].

Системы облачного кадрового учета обладают рядом преимуществ перед локальными аналогами. В частности, они позволяют использовать современные аналитические инструменты для обработки больших объемов данных, автоматизировать рутинные операции и обеспечивать высокую степень интеграции с государственными сервисами. Однако эффективная работа таких систем требует значительного уровня подготовки кадрового персонала, способного работать в условиях цифровых трансформаций.

При этом интеграция облачных технологий с инструментами машинного обучения открывает возможности для интеллектуального анализа кадровых данных, прогнозирования текучести персонала и оптимизации стратегий мотивации сотрудников. Данный подход соответствует современным тенденциям *HR*-аналитики и цифровой трансформации предприятий. Объединение облачных технологий с аналитикой больших данных позволяет автоматизировать формирование кадровых отчетов, оптимизировать

начисление заработной платы и прогнозировать потребности компании в новых специалистах [3].

Практическое применение облачных решений 1С в управлении персоналом. Внедрение облачных платформ 1С позволяет предприятиям различных масштабов достигать значительных улучшений в управлении персоналом. В частности, реализация системы «1С:ЗУП» в средних и крупных компаниях показывает значительное сокращение затрат на эксплуатацию *IT*-инфраструктуры, а также снижение трудозатрат кадровых специалистов. Так, согласно исследованию, проведенному на предприятии с численностью сотрудников более 500 человек, переход на облачное кадровое администрирование позволил:

– уменьшить затраты на IT-поддержку на 30%;

– ускорить обработку кадровых документов на 50%;

– повысить точность учета рабочего времени, снизив количество ошибок на 40%.

Также наблюдается снижение времени обработки запросов сотрудников, связанных с кадровыми документами, расчетом заработной платы и оформлением отпусков. Это положительно сказывается на внутреннем климате организации и способствует формированию цифровой корпоративной культуры. Важным аспектом внедрения облачных решений является их способность к интеграции с различными цифровыми инструментами, такими как системы электронного документооборота (*Directum, Docsvision*), платформы аналитики (*Power BI, Qlik Sense*) и *HRMS*-системы (*SAP SuccessFactors, Workday*), что делает управление персоналом более гибким и эффективным [4].

Вызовы и ограничения использования облачных технологий в кадровом учете. Несмотря на значительные преимущества, внедрение облачных кадровых систем сопряжено с рядом ограничений. Среди ключевых вызовов следует выделить вопросы защиты персональных данных, зависимость от сетевой инфраструктуры и потенциальные сложности с интеграцией устаревших IT-систем с облачными решениями [5].

Современные исследования в области информационной безопасности *HR*-систем указывают на необходимость усиленной аутентификации пользователей, применения механизмов шифрования данных и использования протоколов многофакторной идентификации при передаче информации через облачные каналы. Также критически важным аспектом является соответствие систем облачного учета требованиям законодательства о защите персональных данных, включая *GDPR* и государственные нормативные акты [6].

Перспективы развития облачных серверов 1С в кадровом учете: вектор дальнейшего развития облачных *HR*-систем направлен на углубленную интеграцию с технологиями искусственного интеллекта, блокчейна и автоматизированных решений для персонализированного кадрового учета. Использование машинного обучения в аналитике персонала позволит разрабатывать предсказательные модели оценки эффективности сотрудников и персонализированные стратегии профессионального развития. Блокчейн, в свою очередь, обеспечит прозрачность транзакций кадрового документооборота, минимизируя вероятность манипуляций с персональными данными [7].

Одним из инновационных направлений является концепция цифровых двойников сотрудников, которые создаются на основе анализа индивидуальных данных работников. Эти цифровые модели могут использоваться для симуляции различных сценариев развития карьеры, прогнозирования профессиональных рисков и тестирования новых механизмов мотивации. В настоящее время технология цифровых двойников активно развивается такими компаниями, как *IBM* (платформа *Watson Talent*), *Microsoft* (системы *AI* для *HR*), а также внедряется в практику крупных корпораций, таких как *Siemens* и *General Electric*, занимающихся цифровизацией управления персоналом [8].

Заключение. Облачные серверы 1С представляют собой одно из наиболее перспективных решений для кадрового учета, способствуя цифровизации *HR*-процессов, повышению эффективности управления персоналом и снижению затрат на *IT*-инфраструктуру. Автоматизация процессов кадрового администрирования в облачной

среде позволяет организациям значительно оптимизировать операционные процессы, обеспечивая централизованный доступ к данным, высокую степень аналитики и интеграцию с государственными сервисами. Это не только облегчает выполнение текущих задач, но и способствует принятию стратегических решений на основе детального анализа кадровых данных.

Несмотря на существующие вызовы, такие как вопросы безопасности данных и необходимость адаптации кадровых специалистов к новым технологиям, облачные решения предлагают мощные инструменты защиты информации, включая современные методы шифрования, многофакторную аутентификацию и строгую систему разграничения доступа. Важно отметить, что успешная интеграция облачных технологий требует не только технической подготовки *IT*-отделов, но и адаптации *HR*-департаментов к новым методам управления персоналом. Компании, использующие облачные кадровые системы, получают возможность автоматического обновления нормативно-правовой базы, что снижает риск ошибок при ведении кадрового учета и способствует соответствию актуальным требованиям законодательства.

В долгосрочной перспективе развитие облачных кадровых платформ 1С будет идти в направлении еще более глубокой интеграции с искусственным интеллектом и технологиями больших данных. Это позволит не только автоматизировать текущие задачи *HR*-отделов, но и создать интеллектуальные системы поддержки принятия решений, способные анализировать сложные взаимосвязи в кадровых данных, предсказывать риски текучести персонала и предлагать персонализированные карьерные траектории для сотрудников. Таким образом, облачные серверы 1С являются не просто инструментом автоматизации кадрового учета, а важным элементом цифровой трансформации бизнеса, повышая его конкурентоспособность и обеспечивая новые возможности для стратегического управления человеческими ресурсами.

Список литературы

1. *Козлов, А. Н. Автоматизация кадрового учета с использованием 1С / А. Н. Козлов. – Санкт-Петербург: Питер, 2022.*
2. *Белов, М. С. Цифровая трансформация в управлении персоналом / М. С. Белов. – Екатеринбург: Уралтех, 2023.*
3. *Смирнов, И. Н. Искусственный интеллект в управлении персоналом / И. Н. Смирнов. – Казань: Физматлит, 2024.*
4. *Петров, А. Л. Аналитика больших данных в HR / А. Л. Петров. – Москва: Техносфера, 2023.*
5. *Nikolaev, E. P. Анализ данных в медицине: современные вызовы и решения / E. P. Nikolaev. – Томск: Изд-во ТГУ, 2023.*
6. *Иванов, П. В. Блокчейн и кадровый учет: перспективы внедрения / П. В. Иванов. – Новосибирск: Техносфера, 2023.*
7. *Сидоров, И. В. Информационная безопасность облачных систем / И. В. Сидоров. – Казань: Физматлит, 2020.*
8. *Тихонов, В. Г. Технологии цифровых двойников в HR / В. Г. Тихонов. – Москва: Альпина Паблишер, 2024.*

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

APPLICATION OF 1C CLOUD SERVERS IN PERSONNEL ACCOUNTING DEVELOPMENT

Ershov D.G., Stepanchuk A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

E.A. Kozhemiako. – Master of Tech. Sci., Head of the Department of Integrated Automated Management Systems

Annotation. This paper presents a comprehensive analysis of the application of 1C cloud servers in personnel accounting systems, with a focus on process automation, security issues, and promising technological developments. The study examines aspects of digitalization in HR administration, integration with government services, and the role of cloud solutions in strategic human resource management. Particular attention is given to the efficiency of implementing 1C cloud platforms within corporate infrastructure, analyzing their impact on personnel management optimization, cost reduction, and improved HR analytics quality.

Keywords: cloud technologies, 1C, personnel accounting, automation, digitalization, data processing, information security, blockchain, machine learning, HR analytics.

УДК 004.8:339.1

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ГЕНЕРАЦИИ МЕДИАКОНТЕНТА

Навойчик И.Б.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,

г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Пискун Е.С. – к. э. н., доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В данной работе рассматривается применение искусственного интеллекта (ИИ) для генерации медиаконтента. Проведен обзор существующих технологий, включая нейросетевые модели, алгоритмы машинного обучения и генеративные сети. Описаны основные алгоритмы генерации изображений, видео и текста, такие как *GAN*, трансформеры и диффузионные модели. Рассмотрены практические аспекты использования ИИ в создании медиаконтента, включая автоматизацию процесса, персонализацию и улучшение качества конечного продукта. Особое внимание уделено этическим вопросам и рискам, связанным с использованием ИИ в данной сфере. Сделаны выводы о перспективах развития технологий и их влиянии на индустрию медиаконтента.

Ключевые слова: искусственный интеллект, генерация медиаконтента, нейросетевые модели, машинное обучение, трансформеры, диффузионные модели.

Введение. В последние годы искусственный интеллект (ИИ) значительно изменил способы создания и распространения медиаконтента. Современные алгоритмы машинного обучения позволяют автоматически генерировать тексты, изображения, видео и аудиофайлы с качеством, сравнимым с работой профессионалов. Это открывает новые возможности для индустрий, связанных с медиаконтентом, таких как маркетинг, журналистика, кинопроизводство и игровая индустрия.

Актуальность данной темы обусловлена стремительным развитием технологий генеративного ИИ и их интеграцией в различные сферы деятельности. Использование нейросетевых инструментов существенно упрощает процесс создания контента и сокращает временные и финансовые затраты.

Целью данной статьи является исследование возможностей и перспектив применения искусственного интеллекта в процессе генерации медиаконтента, а также анализ существующих технологий и их влияния на индустрию.

В рамках исследования будут рассмотрены:

– основные технологии и алгоритмы, используемые для генерации медиаконтента;

– примеры их применения в различных сферах;

– ключевые проблемы, связанные с использованием ИИ;

– перспективы дальнейшего развития технологий генеративного искусственного интеллекта.

Результаты исследования помогут оценить текущие возможности искусственного интеллекта в создании медиаконтента и определить направления его дальнейшего совершенствования.

Основная часть. Одним из ключевых направлений в области генерации медиаконтента является разработка и внедрение специализированных ИИ-моделей, способных создавать различные типы мультимедийных данных. В настоящее время существует несколько основных технологий, используемых в данной сфере. В области текстогенерации лидирующими являются трансформерные модели, такие как *GPT-4* от *OpenAI*, которые способны создавать высококачественные статьи, художественные тексты и даже программный код. В области генерации изображений активно применяются диффузионные модели, такие как *Stable Diffusion* и *DALL-E 3*, позволяющие создавать реалистичные и стилизованные изображения на основе текстовых описаний. Для генерации видео используются гибридные модели, объединяющие генеративно-состязательные сети

(*GAN*) и диффузионные методы, например, *Runway Gen-2*. В области аудиогенерации заметных успехов достигли такие инструменты, как Jukebox от *OpenAI* и *ElevenLabs*, способные создавать музыку и синтезировать речь с высокой степенью естественности.

Генерация медиаконтента с применением искусственного интеллекта (ИИ) представляет собой один из наиболее динамично развивающихся направлений в области вычислительных технологий. В последние годы значительные успехи были достигнуты в создании алгоритмов, способных автоматически генерировать текст, изображения, видео и даже аудиоконтент, что существенно меняет подходы к производству и потреблению медиаконтента.

Технология трансформеров, включая модели как *GPT-4* и *T5*, представляет собой основу современной генерации текста с использованием ИИ. Основной механизм работы этих моделей заключается в применении архитектуры внимания (*attention*), что позволяет эффективно моделировать зависимость между различными словами в предложении, учитывая долгосрочные контексты. Трансформеры обрабатывают текстовую информацию как последовательность токенов и генерируют новый текст на основе уже существующего, опираясь на обучение на больших объемах данных.

Процесс генерации текста в таких моделях основывается на методе авторегрессии: на каждом шаге модель предсказывает следующий токен, основываясь на предыдущем контексте. Эта способность позволяет трансформерам генерировать текст, который может быть логически связан, когерентен и грамматически корректен, что делает их идеальными для таких приложений, как создание статей, рекламных материалов и даже литературных произведений.

Диффузионные модели, такие как *Stable Diffusion* и *DALL-E*, продемонстрировали выдающиеся результаты в области генерации изображений. Эти модели действуют на основе принципа постепенного преобразования случайного шума в осмысленные изображения через серию итераций. На начальном этапе происходит добавление шума к изображению, а затем, в процессе обратной диффузии, модель восстанавливает изображение, минимизируя шум и выделяя важные структурные элементы.

Особенность диффузионных моделей заключается в их способности создавать изображения, которые соответствуют текстовым описаниям, что предоставляет новые возможности для автоматизации процессов визуализации и дизайна. Модели могут генерировать как реалистичные изображения, так и стилизованные, что расширяет их применение в различных сферах, включая искусство, рекламу и промышленный дизайн.

Генеративно-состязательные сети (*GAN*), предложенные Иэном Гудфеллоу, представляют собой две нейросети – генератор и дискриминатор, которые обучаются в процессе состязания друг с другом. Генератор создает изображения или видео, стремясь имитировать реальные данные, в то время как дискриминатор оценивает их, пытаясь отличить подделки от настоящих объектов. Этот процесс способствует улучшению качества создаваемых изображений с каждой итерацией.

GAN активно применяются для создания фотореалистичных изображений, видеоконтента, а также в области *deepfake*-технологий. Основной преимуществом этих сетей является их способность генерировать контент, который визуально искажает реальность, что открывает новые возможности для медиапроизводства, начиная от создания анимаций и заканчивая синтезом видеоконтента для кино и рекламы.

Генерация видео представляет собой более сложную задачу по сравнению с изображениями, поскольку необходимо учитывать как временные зависимости, так и визуальные характеристики. В настоящее время разрабатываются гибридные модели, которые интегрируют элементы диффузионных моделей и *GAN* для создания динамичного контента. Эти модели могут синтезировать видео, где каждый кадр логически связан с предыдущим, создавая тем самым последовательности, которые воспринимаются как единое целое.

Примером таких технологий является *Runway Gen-2*, которая использует текстовые подсказки для генерации видеоконтента. Эти системы способны создавать

видеоматериалы, которые могут быть использованы для различных целей: от генерации рекламных роликов до создания анимаций для игр.

Генерация аудиоконтента, включая речь и музыку, также нашла широкое применение в последние годы. Нейросетевые модели, такие как *WaveNet* и *Jukebox*, способны синтезировать высококачественное аудио, что открывает новые возможности для создания оригинальных музыкальных произведений и синтеза речи.

WaveNet, разработанный компанией *DeepMind*, представляет собой нейросеть, способную генерировать реалистичную речь с естественным тембром и интонацией, имитируя человеческое произношение. В свою очередь, Jukebox использует генеративные модели для создания музыкальных композиций, которые могут быть стилизованы под конкретные жанры или исполнителей, предоставляя широкие возможности для музыкантов и композиторов в создании уникальных произведений.

Применение генеративного ИИ оказывает значительное влияние на медиаиндустрию, изменяя способы производства и потребления контента. В маркетинговых кампаниях компании используют ИИ для персонализированной генерации рекламы, что повышает вовлеченность аудитории и конверсию. В журналистике алгоритмы автоматизируют создание новостных статей, позволяя мгновенно анализировать большие объемы данных и представлять их в удобной форме. В кинематографе и видеопроизводстве нейросети применяются для генерации спецэффектов, создания виртуальных персонажей и автоматического монтажа.

Одной из наиболее перспективных областей является автоматизированный синтез звука и музыки. Современные ИИ-модели, такие как *OpenAI Jukebox* и *Magenta* от *Google*, позволяют генерировать музыкальные композиции различных жанров. Это значительно упрощает работу композиторов и звукорежиссеров, сокращая время и затраты на создание новых треков. В игровом дизайне генеративный ИИ используется для процедурного создания уровней, персонажей и диалогов, что повышает вариативность игрового процесса.

Несмотря на значительные преимущества, которые искусственный интеллект предоставляет в области генерации контента, использование этих технологий связано с рядом проблем, особенно в области авторского права и этики. Проблемы, связанные с легальностью использования данных для обучения моделей и возможными юридическими последствиями, становятся все более актуальными.

Вопросы этики становятся еще более острыми, когда речь идет о генерации контента с использованием технологий *deepfake*. Эти модели могут создавать поддельные видеоматериалы или изображения, которые выглядят настолько реалистично, что их трудно отличить от оригинала. Это открывает возможности для манипуляции общественным мнением, распространения фальшивых новостей или создания компрометирующих материалов. В условиях современного информационного мира такая угроза может быть использована для манипуляций политическими процессами, влияния на выборы и другие важные социальные события.

Одним из основных вопросов в области ИИ является то, кто несет ответственность за контент, созданный ИИ. Если ИИ генерирует произведение, использующее авторские материалы, или создает дезинформацию, кто должен быть привлечен к ответственности? В настоящее время юридическая система не имеет четкого ответа на этот вопрос, поскольку ИИ не обладает правами и обязанностями, как человек.

Одним из возможных решений может стать введение нового юридического статуса для ИИ-систем, который будет регулировать их использование в различных областях, включая создание медиаконтента. Однако это потребует значительных изменений в правовых системах стран, а также формирования международных норм для защиты интеллектуальной собственности и предотвращения злоупотреблений.

Для решения проблем, связанных с авторским правом, возможно использование технологий блокчейн, которые позволяют отслеживать и фиксировать происхождение контента, обеспечивая прозрачность в вопросах использования авторских прав. Блокчейн может быть использован для создания системы учета данных, на которых обучаются ИИ-модели, с возможностью отслеживания прав на использование этих данных.

Кроме того, необходимо развивать образовательные программы и внедрять этические стандарты для разработчиков ИИ, чтобы они могли более ответственно подходить к вопросам использования данных и создания контента. Важной частью этого процесса является сотрудничество с юридическими экспертами для разработки новых стандартов и норм в сфере авторского права, а также создание программных решений для борьбы с распространением фальшивых материалов.

Заключение. Развитие искусственного интеллекта в области генерации медиаконтента открывает новые горизонты для медиаиндустрии, позволяя создавать текст, изображения, видео и аудио с минимальным участием человека. Однако, наряду с технологическими достижениями, необходимо учитывать вызовы, связанные с этическими, правовыми и вычислительными аспектами. В будущем ожидается дальнейшая оптимизация алгоритмов, снижение их ресурсоемкости и разработка более надежных механизмов регулирования использования ИИ в медиа. Эти процессы помогут сделать генеративный ИИ неотъемлемой частью креативных индустрий, обеспечивая новые возможности для бизнеса и общества в целом.

Список литературы

1. *Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход / С Рассел, П Норвиг. 2021. – 480с.*

2. *Смит, К. Искусственный интеллект для маркетинга / К Смит. 2024 – 236с.*

3. *Инновации в медиаиндустрии: новые технологии и их влияние на производство и потребление контента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vc.ru/u/2947168-klochkova-sofiya/1038377 - Дата доступа 22.03.2025.*

4. *18 нейросетей для генерации контента [Электронный ресурс]. – workspace.ru – 2025. – Режим доступа: https://workspace.ru/blog/18-neyrosetey-dlya-generatsii-kontenta/ - Дата доступа 22.03.2025.*

5. *OpenAI Blog [Электронный ресурс]. – OpenAI Blog – 2025. – Режим доступа: https://openai.com/news/ - Дата доступа 22.03.2025.*

6. *Митчелл, М. Artificial Intelligence: A Guide for Thinking Human / М. Митчелл. 2019 – 317с.*

7. *Пискун Е.С., Нуансенгси Д.В., Котько Е.Н. Оптимизация бизнес-процессов в электронной коммерции с применением методов и алгоритмов искусственного интеллекта. Доклады БГУИР. 2024;22(6):103-111. https://doi.org/10.35596/1729-7648-2024-22-6-103-111*

UDC 004.8:339.1

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDIA CONTENT GENERATION

Navoichyk I.B.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Piskun E.S. – Cand. of Sci., associate professor of the department of PICS

Annotation. This paper examines the use of artificial intelligence (AI) to generate media content. An overview of existing technologies, including neural network models, machine learning algorithms, and generative networks, is provided. The basic algorithms for generating images, videos, and text, such as GANS, transformers, and diffusion models, are described. The practical aspects of using AI in creating media content, including process automation, personalization, and improving the quality of the final product, are considered. Special attention is paid to the ethical issues and risks associated with the use of AI in this field. Conclusions are drawn about the prospects of technology development and their impact on the media content industry.

Keywords: artificial intelligence, media content generation, neural network models, machine learning, transformers, diffusion models.

УДК 621.396.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ НИЗКОЧАСТОТНОГО САБВУФЕРА В ПЕРФОРИРОВАННОМ И ГЕРМЕТИЧНОМ КОРПУСАХ

Петкевич Д.В, Насанович М.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. –к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Экспериментально исследовано тепловые режимы в перфорированном и герметичном корпусах. Установлено, что в перфорированном корпусе охлаждение компонентов осуществляется лучше, чем в герметичном.

Ключевые слова: тепловой режим, герметичный корпус, перфорированный корпус

Введение. Акустические системы, в частности сабвуферы, играют ключевую роль в создании качественного звукового оформления в различных аудиовизуальных системах. Одним из важных аспектов, влияющих на их производительность, является тепловой режим, который определяет надежность и долговечность работы устройства. При работе сабвуфера, особенно на низких частотах, происходит значительное выделение тепла, что может привести к перегреву и, как следствие, к ухудшению акустических характеристик или даже повреждению компонентов.

Авторами в статье рассматриваются тепловые режимы низкочастотного сабвуфера на базе операционного усилителя *TL074*, помещенного как в перфорированные, так и в герметичные корпуса. Эти два типа конструкций имеют различные акустические и термические характеристики, что непосредственно сказывается на эффективности работы сабвуфера. Исследование направлено на анализ влияния различных конструктивных решений на тепловые процессы, происходящие в сабвуфере, а также на определение оптимальных условий эксплуатации для достижения максимальной производительности [1–3].

Основная часть. Низкочастотные сабвуферы играют ключевую роль в формировании звукового ландшафта, особенно в аудиосистемах, требующих воспроизведения глубоких басов. Одним из основных факторов, влияющих на качество работы сабвуфера, является его тепловой режим. Авторами исследуются тепловые характеристики сабвуфера на основе операционного усилителя *TL074*, сопоставляя его работу в двух различных типах корпусов: перфорированном и герметичном.

Тепловые режимы сабвуфера определяются несколькими ключевыми параметрами, включая мощность, выделяемую в процессе работы, эффективность теплоотвода и конструктивные особенности корпуса. Операционный усилитель *TL074*, характеризующийся высоким качеством звука и низким уровнем искажений, может выделять значительное количество тепла при больших нагрузках. Поэтому важно правильно организовать теплообмен в конструкции сабвуфера.

Для моделирования в *ELCUT* тепловых режимов низкочастотного сабвуфера на основе *TL074* в перфорированном и герметичном корпусах, необходимо подготовить исходные данные, которые могут включать в себя следующие параметры:

Общие характеристики сабвуфера:

– модель: низкочастотный сабвуфер;

– тип усилителя: *TL074* (операционный усилитель);

– номинальная мощность: 1 Вт;

– частотный диапазон: ниже 240 Гц.

Корпус:
– тип корпуса: Перфорированный и герметичный;
– объем корпуса: 0,15 литра;
– материал корпуса: дюралюминий;
– толщина стенки: 20 мм;
– площадь перфорации (для перфорированного корпуса): 3 см².
Технические параметры динамика:
– импеданс: 8 Ом;
– чувствительность: 85 дБ;
– максимальное звуковое давление: 105 дБ;
– частота резонанса: 40 Гц.
Тепловые параметры:
– коэффициент теплопроводности материала корпуса: 140 Вт/(м·К);
– теплоемкость материала корпуса: 900 Дж/(кг·К);
– температура окружающей среды: 40 °С;
– максимальная допустимая температура динамика: 100 °С.
Рабочие условия:
– временной режим работы: непрерывный;
– уровень воспроизводимого сигнала: 10 В.

Для моделирования в *ELCUT* в качестве исходных данных были выбраны следующие параметры: давление в корпусе нормальное и составляет *P*=101500 Па. Согласно ГОСТ 15150-69 выбрана категория исполнения УХЛ 4.2. В таблице, учитывая исполнение изделия, показаны значения температуры воздуха.

Таблица 1 – Значение температуры воздуха при эксплуатации

Значение температуры воздуха при эксплуатации, С°:			
Рабочее:		Предельно рабочее:	
Верхнее	Нижнее	Верхнее	Нижнее
+35	+10	+40	+1

Материала платы − *FR-4*. Геометрические размеры ПП – 100*50*1,5 Из основных компонентов платы можно выделить: резисторы, конденсаторы, операционный усилитель *TL074.* Для моделирования объединим их в группы (на рисунках выделены прямоугольниками.

Выбор корпуса для расчета теплового режима обусловлено несколькими факторами: место применения устройства; климатические факторы;

Тепловой анализ был проведен путем компьютерного моделирования в программе *ELCUT*. В процессе моделирования были рассмотрены только наиболее нагревающиеся элементы.

Моделирование теплового режима в перфорированном корпусе представлено на рисунке 1.

Тепловой режим герметичного корпуса представляет собой сложный процесс, включающий внутренний и внешний теплообмен. Он зависит от различных факторов, такие как мощность элементов, температура корпуса, габаритные размеры корпуса.

Внутренний теплообмен герметичного корпуса происходит за счет конвекции и излучения. Воздух внутри корпуса перемещается из-за разницы температур между нижней и верхней частями корпуса, что способствует отводу тепла от нагретых элементов к стенкам корпуса.

Внешний теплообмен реализуется также за счет конвекции и излучения. Тепло от стенок корпуса передается окружающей среде. Результат моделирования в герметичном корпусе представлен на рисунке 2.

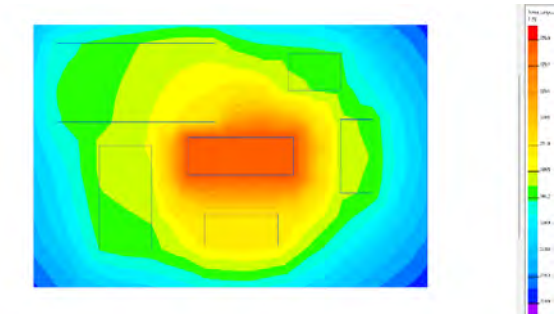


Рисунок 1 – Моделирование теплового режима в перфорированном корпусе

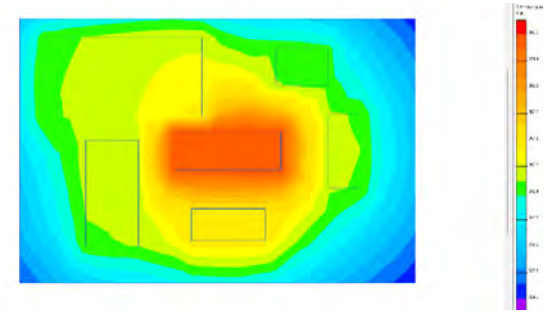


Рисунок 2 – Моделирование теплового режима в герметичном корпусе

Анализ результатов моделирования показал, что перфорированный корпус обеспечивает лучший теплоотвод за счет наличия отверстий, которые способствуют циркуляции воздуха. В процессе экспериментов было установлено, что сабвуфер в перфорированном корпусе демонстрирует более низкую температуру при одинаковых условиях работы по сравнению с герметичным.

Герметичный корпус, напротив, не обеспечивает такой же эффективной вентиляции, что может привести к перегреву компонентов, особенно при длительной работе на высоких мощностях. В этом случае необходимо учитывать дополнительные меры по теплообмену.

Заключение. Сравнительный анализ тепловых режимов показывает, что выбор между перфорированным и герметичным корпусами зависит от специфики применения устройства. Перфорированный корпус более предпочтителен для длительной работы на высоких мощностях, тогда как герметичный может быть использован в условиях, где важна защита от внешних факторов, но с учетом необходимости в дополнительном охлаждении.

Список литературы

1. *Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cchgeu.ru/upload/iblock/9fd/t1vy4pjd1fuiq0mdla8jk9scj3qexzq0/OKTPRES-UMD-LR4.pdf/. Дата доступа: 25.03.2025.*

2. *Алексеев, В. Ф. Алгоритмы иерархического анализа тепловых процессов радиоэлектронных средств / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский // Цифровая среда: технологии и перспективы : сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Брест, 31 октября–1 ноября 2024 г. / Брестский государственный технический университет ; редкол.: Н. Н. Шалобыта (гл. ред.) [и др.]. – Брест, 2024. – С. 221–226.*

3. *Алексеев, В. Ф. Методика численного моделирования тепловых процессов в микроэлектронных структурах / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–21 мая 2020 г. : в 3 ч. Ч. 3 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники [и др.] ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2020. – С. 34–37.*

4. *Алексеев, В. Ф. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум : пособие в 2 ч. Ч. 1 : Моделирование физических процессов в радиоэлектронных средствах с помощью программных комплексов / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2016. – 70 с.*

UDC 621.396.6

STUDY OF THERMAL CONDITIONS OF A LOW-FREQUENCY SUBWOOFER IN A PERFORATED AND SEALED ENCLOSURE

Petkevich D.V., Nasanovich M.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexseev V.F. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The thermal conditions in perforated and sealed enclosures have been experimentally investigated. It has been established that the cooling of components is better in a perforated case than in a sealed one.

Keywords: thermal regime, sealed housing, perforated housing.

УДК 621.397.7-182.3

ПРИМЕНЕНИЕ ZERO TRUST ПОДХОДА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ANDROID-УСТРОЙСТВ В КОРПОРАТИВНОЙ СРЕДЕ

Агапова В.О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, декан ФКП

Аннотация. В статье рассматривается применение концепции *Zero Trust* для обеспечения безопасности мобильных *Android*-устройств в корпоративной среде. Описаны основные принципы модели *Zero Trust*, её преимущества по сравнению с традиционными подходами безопасности, а также возможности реализации на мобильных устройствах. Проанализированы риски, связанные с использованием *Android*-устройств в корпоративной инфраструктуре, и предложены меры по снижению угроз за счёт интеграции *Zero Trust*.

Ключевые слова: информационная безопасность, мобильные устройства, *Android, Zero Trust*, корпоративная среда микропроцессорная техника, микроконтроллер, электростатический разряд.

Введение. Распространение мобильных устройств, в частности на базе операционной системы *Android*, в корпоративной среде значительно увеличивает поверхность атаки. В условиях гибридной и удалённой работы организации сталкиваются с необходимостью защиты информации за пределами традиционного периметра.

Стандартные модели безопасности, основанные на доверии к внутренней сети, оказываются недостаточными. В этой связи модель *Zero Trust* (ноль доверия), базирующаяся на принципе «никому не доверяй, всегда проверяй», приобретает всё большую актуальность.

Основная часть. Концепция *Zero Trust* была предложена аналитической компанией *Forrester* и получила широкое распространение благодаря своей способности противостоять современным угрозам. В отличие от традиционной модели безопасности, в которой пользователи и устройства внутри периметра считаются доверенными, *Zero Trust* требует строгой верификации каждого субъекта и объекта независимо от их положения в сети.

К основным принципам *Zero Trust* относятся:

– постоянная проверка подлинности и авторизации;

– минимальные привилегии доступа (*principle of least privilege*);

– микросегментация сети;

– контроль и мониторинг всех действий пользователей и приложений;

– адаптивное применение политик безопасности.

В контексте мобильных *Android*-устройств реализация *Zero Trust* сопряжена с рядом особенностей. *Android*, как открытая платформа, отличается высокой степенью фрагментации и наличием множества производителей, что усложняет стандартизацию подходов к безопасности. Однако существуют технические решения, позволяющие внедрить принципы *Zero Trust*:

1 Управление мобильными устройствами (*Mobile Device Management, MDM*) и *EMM* (*Enterprise Mobility Management*) позволяют централизованно настраивать политики доступа, контролировать установку приложений, шифровать данные и применять многофакторную аутентификацию.

2 Использование современных механизмов защиты, таких как *Android Enterprise*, предоставляет организациям инструменты по разделению рабочих и личных данных, управлению приложениями и доступом к корпоративным ресурсам.

3 Интеграция с решениями по контролю доступа на основе идентификационных данных (*Identity and Access Management, IAM*), включая поведенческую аналитику и риск-ориентированную аутентификацию.

Кроме того, важным элементом является постоянный мониторинг состояния устройства, а также его соответствия политикам безопасности. В случае несоответствия – автоматическое ограничение доступа или его блокировка.

Zero Trust подход позволяет:

– значительно снизить риски при потере или компрометации устройства;

– ограничить распространение вредоносных программ внутри корпоративной сети;

– управлять доступом к ресурсам в режиме реального времени;

– повысить прозрачность и подотчетность действий пользователей.

Однако внедрение *Zero Trust* требует комплексного подхода и определённой зрелости информационной инфраструктуры. Необходимо учитывать совместимость решений, пользовательский опыт, затраты на реализацию и сопровождение.

Заключение. Применение *Zero Trust* подхода для мобильных *Android*-устройств в корпоративной среде представляет собой эффективную стратегию противодействия современным угрозам. Несмотря на сложность внедрения, преимущества в виде повышения уровня защищённости, управления доступом и минимизации потенциальных потерь делают этот подход перспективным направлением развития корпоративной информационной безопасности.

Список литературы

1. *Kindervag, J. No More Chewy Centers: Introducing The Zero Trust Model Of Information Security. – Forrester Research, 2010.*

2. *Rose, S., Borchert, O., Mitchell, S., Connelly, S. Zero Trust Architecture. – NIST Special Publication 800-207, 2020.*

3. *Gruschka, N., Mavroeidis, V., Vishi, K., Jensen, M. Privacy issues and data protection in big data: A case study analysis under GDPR. – Computer Law & Security Review, 2018.*

4. *Android Enterprise security white paper. – Google, 2023. URL: https://source.android.com/security/overview*

5. *Zero Trust for Mobile Devices. – National Cybersecurity Center of Excellence (NCCoE), 2022.*

UDC 621.397.7-182.3

APPLYING ZERO TRUST APPROACH TO ANDROID MOBILE DEVICES IN AN ENTERPRISE ENVIRONMENT

Agapova V.O.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V.. – Cand. of Sci., Associate Professor, Dean of the FCAD

Annotation. The article discusses the application of the Zero Trust concept to ensure the security of Android mobile devices in a corporate environment. The article describes the main principles of the Zero Trust model, its advantages over traditional security approaches, and the possibilities of implementation on mobile devices. The risks associated with the use of Android devices in a corporate infrastructure are analyzed, and measures to reduce threats through the integration of Zero Trust are proposed.

Keywords: information security, mobile devices, Android, Zero Trust, corporate environment, microprocessor technology, microcontroller, electrostatic discharge.

УДК 621.397.7-182.3

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ПОПУЛЯРНЫХ МОБИЛЬНЫХ БАНКОВ

Агапова В.О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Лихачевский Д.В. – к. т. н., доцент, декан ФКП

Аннотация. В данной статье проведён анализ распространённых уязвимостей *Android*-приложений с фокусом на мобильные банковские приложения. Рассматриваются основные методы проведения статического и динамического анализа, а также выявленные типовые уязвимости, влияющие на безопасность пользовательских данных и транзакций. Обоснована необходимость соблюдения принципов безопасной разработки и рассмотрены рекомендации по устранению наиболее критичных проблем.

Ключевые слова: *Android*, уязвимости, безопасность приложений, мобильный банкинг, статический анализ, динамический анализ.

Введение. Мобильные банковские приложения стали неотъемлемой частью цифровой экономики. С их помощью пользователи осуществляют финансовые операции, управляют счетами и хранят конфиденциальные данные. Однако, с ростом популярности мобильного банкинга растёт и интерес со стороны злоумышленников, что делает безопасность таких приложений критически важной. *Android* как самая распространённая мобильная платформа подвержена большому количеству угроз из-за открытости экосистемы и многообразия устройств.

Цель настоящей статьи – анализ уязвимостей, наиболее характерных для мобильных банковских *Android*-приложений, и выработка рекомендаций по их предотвращению.

Основная часть. Анализ *Android*-приложений проводится двумя основными способами: статическим и динамическим. Статический анализ позволяет изучать структуру *APK*-файлов без запуска, выявляя уязвимости в коде, конфигурациях, разрешениях. Для этого применяются инструменты, такие как *JADX* (декомпиляция), *MobSF* (всесторонний анализ), *APKTool* (распаковка ресурсов). Динамический анализ требует запуска приложения в контролируемой среде. Используются эмуляторы с установленными фреймворками *Frida* или *Xposed*, позволяющими перехватывать вызовы методов. *Burp Suite* применяется для анализа сетевого взаимодействия.

Важно оценивать:

– доступ к конфиденциальной информации;

– хранение токенов и ключей;

– уязвимости в *WebView*;

– использование небезопасных библиотек и *API*;

– целостность и проверку сертификатов.

Дополнительно стоит учитывать социальную инженерию и поведенческие атаки, направленные на обман пользователя, что усиливает важность комплексного тестирования.

Практика показывает, что даже крупные банки допускают ошибки. Среди уязвимостей чаще всего встречаются:

– хранение данных без шифрования: ключи доступа, токены, логины, пароли в *SharedPreferences* или на *SD*-карте;

– SSL-подмена: отсутствие pinning приводит к возможности *MITM*-атак;

– использование *WebView* с доступом к *JavaScript*-интерфейсу без фильтрации;

– уязвимые сторонние библиотеки, особенно старые версии *SDK*;

– разрешения, не соответствующие функционалу (например, доступ к геолокации, камере, микрофону);

– открытые лог-файлы, содержащие персональные данные;

– неправильная реализация авторизации и отсутствие защиты от брутфорса.

Зачастую разработчики забывают реализовать защиту от подмены *Activity*, проверки подписи приложения, а также проверки *root*-доступа на устройстве.

В рамках работы были протестированы 5 банковских приложений, установленных из *Google Play*. Для обеспечения этических норм их названия не раскрываются. Использовалась виртуальная среда на базе *Genymotion* с *Android* 9.0 и *root*-доступом. Выявлены следующие проблемы:

– некоторые приложения отправляли чувствительные данные в логах;

– в одном из случаев токен авторизации сохранялся в незашифрованном виде;

– отсутствие *SSL pinning* позволяло успешно выполнить *MITM*-атаку с подставным сертификатом;

– приложения не проверяли наличие *root*-доступа;

– использование устаревших *SDK* от сторонних разработчиков без обновлений.

Более того, ни одно из приложений не реализовало двухфакторную аутентификацию при авторизации, что делает атаки через поддельные приложения реальными.

Для анализа были использованы следующие инструменты:

– *JADX* – декомпиляция исходного кода;

– *MobSF* – анализ конфигураций, разрешений, кода, библиотек;

– *Frida* – инструмент динамического перехвата вызовов;

– *Burp* Suite – прокси-сервер для перехвата *HTTPS*-трафика;

– *Wireshark* – анализ сетевых пакетов;

– *Genymotion* – эмулятор с *root*-доступом.

Такая комбинация позволяет получить всестороннее представление об архитектуре и поведении приложения. Также важно проводить тестирование в условиях максимально приближенных к реальным: использовать настоящие банковские функции, симулировать атаки, анализировать логи и трафик.

На основе анализа можно предложить следующие меры:

– реализация *SSL pinning* и защита от *MITM*;

– шифрование всех хранимых данных (*AES*-256);

– использование *KeyStore* для хранения ключей;

– проверка подписи приложения при запуске;

– проверка *root*-доступа и *emulator detection*;

– минимизация прав доступа;

– внедрение двухфакторной аутентификации;

– регулярный аудит кода и зависимостей;

– использование библиотек, поддерживающих защиту от реверс-инжиниринга.

Кроме того, важно просвещать пользователей относительно основных рисков, не допускать публикации приложений без сквозного тестирования и регулярно обновлять компоненты *SDK*.

Заключение. Безопасность мобильных *Android*-приложений требует комплексного подхода, особенно в сфере банковских сервисов, где ошибки могут привести к серьёзным финансовым потерям. Даже крупные организации могут допускать базовые ошибки в реализации, что подтверждается результатами анализа. Применение методик безопасной разработки, регулярный аудит, соблюдение рекомендаций *OWASP* и внедрение многоуровневой защиты – всё это необходимо для надёжного функционирования банковских *Android*-приложений. Создание безопасного мобильного банкинга должно стать приоритетом каждого разработчика и организации, работающей с персональными данными клиентов.

Список литературы

1. *Android Security Best Practices – Android Developers … [Electronic resource]. – Date of access: March 19, 2025. – https://developer.android.com/topic/security/best-practices.*
2. *OWASP Mobile Security Testing Guide. – OWASP Foundation… [Electronic resource]. – Date of access: March 19, 2025. – https://owasp.org/www-project-mobile-security-testing-guide/.*
3. *Mobile Security Framework (MobSF) … [Electronic resource]. – Date of access: March 19, 2025. –: https://mobsf.github.io*
4. *NIST SP 800-163 Rev. 1 – Vetting the Security of Mobile Applications / Michael Ogata, Vincent Sritapan. – 2022. – Pp. 48.*
5. *A Study of Android Application Security / Enck, W., Octeau, D., McDaniel, P., Chaudhuri, S. // USENIX. – 2011. – Pp. 16.*
6. *Frida – Dynamic Instrumentation Toolkit … [Electronic resource]. – Date of access: March 19, 2025. – https://frida.re.*
7. *Baloch, R. Ethical Hacking and Penetration Testing Guide. – CRC Press … [Electronic resource]. – Date of access: March 19, 2025. – https://www.booksfree.org/wp-content/uploads/2022/04/Ethical-Hacking-and-Penetration-Testing-Guide-by-Rafay-Baloch-booksfree.org_.pdf.*
8. *OWASP MASVS – Mobile Application Security Verification Standard… [Electronic resource]. – Date of access: March 19, 2025. –: https://owasp.org/www-project-mobile-app-security/.*
9. *Burp Suite Documentation – PortSwigger … [Electronic resource]. – Date of access: March 19, 2025. – https://portswigger.net/burp/documentation.*
10. *Android Keystore System – Android Developers … [Electronic resource]. – Date of access: March 19, 2025. – https://developer.android.com/training/articles/keystore.*

UDC 621.397.7-182.3

ANALYSIS OF ANDROID APPLICATION VULNERABILITIES USING POPULAR MOBILE BANKS

Agapova V.O.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhachevsky D.V.. – Cand. of Sci., associate professor, dean of FCAD

Annotation. This article analyzes common vulnerabilities in Android applications with a focus on mobile banking applications. It covers the main methods of static and dynamic analysis, as well as the identified typical vulnerabilities that affect the security of user data and transactions. It substantiates the need to adhere to the principles of secure development and provides recommendations for eliminating the most critical problems.

Keywords: Android, vulnerabilities, application security, mobile banking, static analysis, dynamic analysis.

УДК 621.3.049.75

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБКИХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Маханьков Д.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ларькин А.Д. – ассистент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматривается внедрение новых технологий в электронные устройства на примере гибкой печатной платы. Дается оценка ее характеристик и параметров, на основе которой выявляются основные преимущества и недостатки конструкции и применения данного технического решения.

Ключевые слова: гибкая печатная плата, устройство, прибор, компоненты, технология.

Введение. Современная электронная промышленность постоянно развивается, предлагая новые решения для улучшения функциональности и компактности, повышения эффективности и надежности устройств. Это требует разработки новых технологий для внутренних компонентов этих устройств, удовлетворяющих всем техническим и эргономическим требованиям.

Основная часть. Одним из таких решений являются гибкие печатные платы, основа которой представляет собой диэлектрик из полиимидной пленки толщиной 12,5-200 мкм, обладающей высокой эластичностью (способностью деформировать без разрушения). На нее электрохимическим способом или напылением наносится слой токопроводящего металла (олово, серебро, золото) [1].

В зависимости от числа и порядка расположения слоев гибкие печатные платы подразделяются следующим образом:

– односторонние: проводящий слой присутствует только на одной стороне.

– двусторонние: проводящие слои расположены с обеих сторон основания;

– многослойные: структура включает несколько чередующихся слоев изоляционного материала и проводящих сплавов.

Также между слоями могут быть предусмотрены воздушные прослойки для обеспечения лучшего теплоотвода.

К основным достоинствам гибких печатных плат можно отнести следующее.

1 Небольшая масса. Малая толщина гибких плат способствует уменьшению массы. Некоторые из них легче своих аналогов из жестких плат примерно на 75%. Это делает портативные приборы более мобильными.

2 Малые габариты. Для изготовления плат применяют очень тонкое диэлектрическое основание, позволяющее добиваться толщины гибких плат менее 50 мкм. Благодаря этому можно уменьшать в несколько раз габариты устройств, делая их более компактными и универсальными для установки в различные системы. Особенно эффективны многослойные печатные платы, так как они имеют наиболее высокую плотность элементов и позволяют размещать более сложные схемы на меньших площадях, благодаря чему идеально подходят для миниатюрных носимых гаджетов.

3 Гибкость. Печатные платы рассматриваемого типа способны к многократным динамическим изгибам, приспосабливаясь к разным формам и конструкциям устройств, сохраняя при этом целостность электронной схемы. Так, например, возможна объемная компоновка кристаллов микросхем. Способность выдерживать изгибы является одним из ключевых свойств. Это делает возможным разработку компактных или специализированных электронных устройств, адаптированных к специфическим требованиям, а также дает свободу дизайнерским решениям и обеспечивает удобство при их монтаже.

4 Надежность. Использование гибких плат позволяет исключить промежуточные соединения, такие как разъёмы и кабели, что повышает устойчивость к деформациям межсоединений. Отсутствие лишних механических соединений снижает риск отказов и повышает долговечность устройства.

5 Экономичность. Уменьшение стоимости при производстве достигается за счет меньшего количества используемых материалов и упрощённой сборки по сравнению с жесткими печатными платами, что также облегчает контроль за соблюдением технологического процесса.

6 Повышенная целостность сигнала. Гибкие печатные платы могут быть разработаны с заданным импедансом, чтобы поддерживать целостность сигнала в устройствах, работающих на высоких частотах.

7 Снижение электромагнитных помех и перекрестных помех. Сложные и повторяемые схемы маршрутизации на гибких печатных платах помогают снизить электромагнитные помехи и перекрестные помехи [2].

8 Улучшенное управление теплом. Гибкие печатные платы обеспечивают улучшенный тепловой режим работы компонентов, что объясняется конструктивными особенностями плоских проводников, которые обладают значительно большей поверхностью по сравнению с круглыми проводами, благодаря чему обеспечивается более эффективное рассеивание тепла. Если проводить сравнение между гибкими и жесткими платами, становится очевидным, что длина пути передачи тепла через жесткую плату больше, чем через тонкое гибкое основание. Более того, тепло отводится с обеих сторон гибкой платы, что существенно повышает общую эффективность охлаждения, предотвращая перегрев чувствительных элементов.

9 Высокоскоростная передача между микросхемами. Быстродействие гибкой платы в отличие от жесткой осуществляется за счет отсутствия различных неоднородностей, например, металлизированных отверстий, выводов корпуса микросхемы, препятствующих быстрой передачи сигнала вследствие отражений от них. В итоге скорость передачи данных при использовании гибкой печатной платы доходит до 25 Гбит/с.

10 Сниженное сопротивление воздушному потоку при охлаждении. Равномерная плоская структура гибких плат дает возможность расположить их внутри устройства таким образом, чтобы минимизировать сопротивление потоку охлаждающего воздуха, что дает преимущество перед большими сплетениями проводов, которые препятствуют воздушному потоку, тем самым затрудняя эффективное охлаждение системы.

11 Совместимость с поверхностным монтажом. Факт о том, что материалы оснований гибких печатных плат имеют меньший коэффициент температурного расширения, позволяет применять их при поверхностном монтаже.

Также следует отметить определенные недостатки гибких печатных плат.

1 Относительно небольшая прочность. Значительные механические нагрузки вызывают чрезмерную деформацию, что приводит к разрушению основы и/или токопроводящего слоя. Помимо этого, такие платы не обеспечивают достаточной жесткости схемы при установке на ней большого количества элементов.

2 Ограниченный срок службы. Несмотря на свою гибкость, эти платы подвержены усталости материала при частых сгибаниях и деформациях. Со временем это может приводить к разрушению проводящих дорожек и выходу платы из строя.

3 Сложность ремонта и обслуживания. Ремонт и замена гибких плат могут представлять серьёзные трудности. Из-за их тонкой структуры и плотной компоновки доступ к повреждённым участкам бывает затруднён, что увеличивает затраты на обслуживание.

4 Ограниченность теплоотвода. Стоит учитывать, что в жестких платах, в отличие от гибких, возможен монтаж толстого внутреннего слоя для улучшения отвода тепла.

5 Высокая технологичность производства. Для создания гибких плат необходимо специальное оборудование и технологии, вследствие чего уменьшается скорость производства и увеличиваются затраты при оснащении и модернизации фабрик.

6 Затраты на разработку. Проектирование гибких плат сложнее, чем проектирование обычных жёстких плат. Требуется учесть специфические аспекты, такие как механические напряжения, термическое расширение и устойчивость к деформации.

В общем случае технологический процесс создания гибкой печатной платы состоит из нескольких этапов:

– подготовка исходного материала, состоящего из диэлектрического основания, ламинированного медной фольгой;

– сверление отверстий для монтажа компонентов;

– химическое и предварительное гальваническое осаждение меди, необходимое для того, чтобы стенки отверстий стали проводящими;

– нанесение жидкого либо пленочного фоторезиста;

– экспонирование фоторезиста;

– проявление фоторезиста;

– электрохимическое осаждение меди, т.е. нанесение на поверхности стенок отверстий и все проводящие элементы;

– электрохимическое осаждение металлорезиста;

– удаление фоторезиста;

– травление меди, в ходе которого незащищенные участки меди удаляются, формируя на плате изображение будущей схемы;

– удаление металлорезиста;

– наклеивание защитной пленки, которая предотвращает внешнее воздействие на проводящие слои;

– нанесение финального покрытия.

Вид гибкой печатной платы в разрезе показан на рисунке 1.

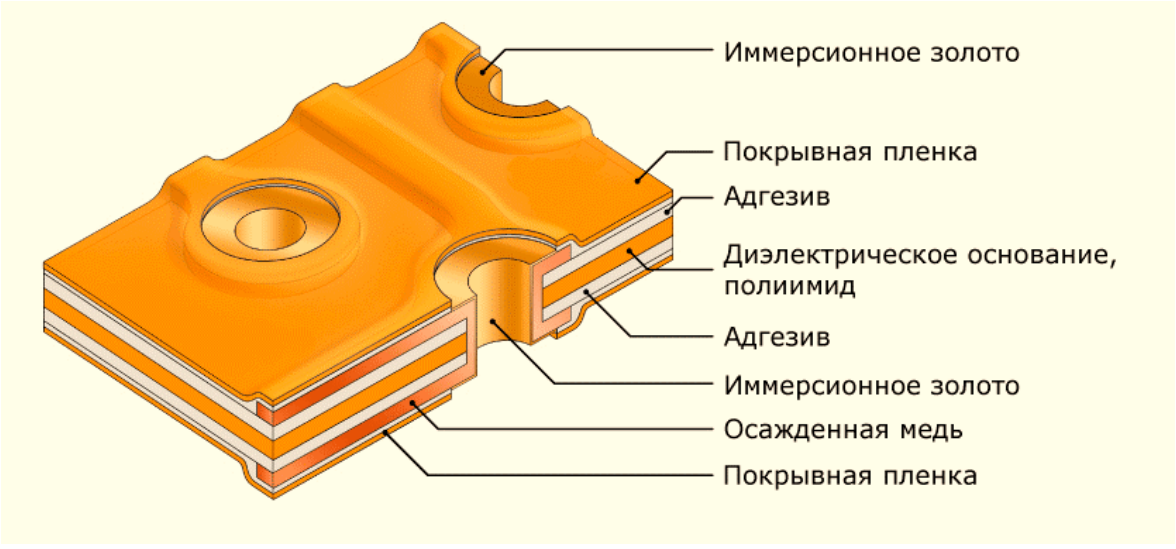


Рисунок 1 – Структура гибкой печатной платы

Применение гибких печатных плат имеет очень обширный ареал. К основным направлениям использования этих плат можно отнести автомобилестроение (приборная панель, схема управления), медицину (слуховой аппарат, дефибриллятор), телекоммуникации (линии передачи, мобильные телефоны), военную промышленность (торпеды, системы наблюдения, радары), аэрокосмическую отрасль (спутники, солнечные панели), контролирующие инструменты (датчики, счетчики, анализаторы), бытовые

приборы (монитор, калькулятор) и др. Один из примеров использования гибкой печатной платы представлен на рисунке 2.

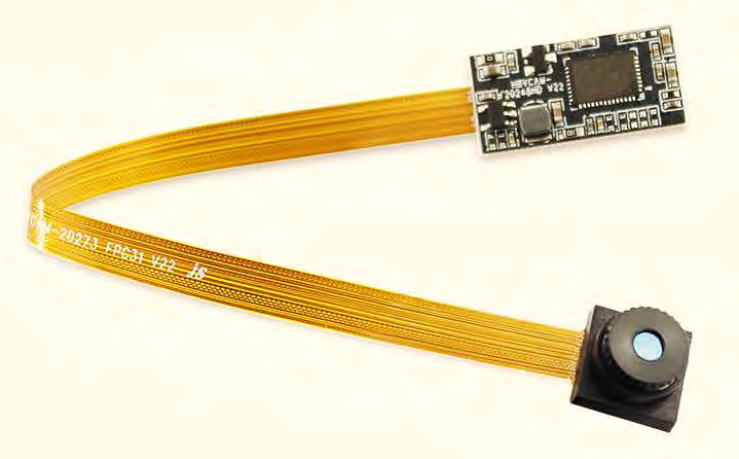


Рисунок 2 – Применение гибкой печатной платы в видеокамере

Заключение. Использование гибких печатных плат дает множество новых возможностей при проектировании и создании компактных, легких и надежных электронных устройств. Данное направление является неотъемлемой частью современной электроники и очень перспективным для разработки, так как с каждым днем открываются все новые и новые свойства этой технологии, позволяющие улучшать качества и увеличивать количество выполняемых функций изготавливаемых приборов.

Список литературы

1. Гибкие печатные платы – что это такое? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.assemrus.ru/info/gibkie-pechatnye-platy-chto-eto-takoe/. – Дата доступа: 12.03.2025.

2. Комплексное руководство по многослойным гибким схемам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://hilelectronic.com/ru/multilayer-flexible-circuits/. – Дата доступа: 12.03.2025.

UDC 621.3.049.75

USING FLEXIBLE PRINTED CIRCUIT BOARDS IN ELECTRONICS

Makhankov D.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Larkin A.D. – assistant of the department of ICSD

Annotation. The article discusses the introduction of new technologies into electronic devices using the example of a flexible printed circuit board. An assessment of its characteristics and parameters is given, on the basis of which the main advantages and disadvantages of the design and application of this technical solution are identified.

Keywords: flexible printed circuit board, device, instrument, components, technology.

УДК 656.7:331.45

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ОПЕРАТОРОМ В УСЛОВИЯХ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Рудько В.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алефиренко В.М. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В работе рассматриваются факторы, влияющие на принятие решений оператором в условиях гражданской авиации. Особое внимание уделено анализу влияния когнитивной нагрузки, стресса, противоречивой информации, нарушений коммуникации и уровня подготовки на эффективность работы авиационного персонала. Представлены модели SHELL, HFACS и NASA-TLX, позволяющие структурировать изучение человеческого фактора и оценить его влияние на безопасность полётов. Подчёркнута необходимость внедрения системы управления ресурсами экипажа (CRM), регулярной симуляционной подготовки и развития культуры безопасности как основных направлений снижения числа ошибок, связанных с человеческим фактором. Результаты могут быть использованы при разработке программ подготовки операторов и совершенствовании организационных решений в авиационной отрасли.

Ключевые слова: человеческий фактор, принятие решений, авиационная безопасность, когнитивная нагрузка, стресс, CRM, SHELL, HFACS, оператор.

Введение. В современных условиях гражданской авиации, несмотря на широкую автоматизацию, человеческий фактор остаётся одной из ключевых причин авиационных происшествий. По данным ICAO, до 80% инцидентов связаны с ошибками персонала, в том числе пилотов и технических специалистов [1]. Такие ошибки нередко возникают в условиях стресса, перегрузки, информационной неопределённости и нарушений коммуникации **Error! Reference source not found.**. Анализ практики показывает, что даже при исправной технике именно человек принимает ключевое решение в нестандартной ситуации, что подтверждается рядом авиационных инцидентов **Error! Reference source not found.** Поэтому исследование факторов, влияющих на принятие решений оператором, остаётся важнейшей задачей обеспечения авиационной безопасности.

Основная часть. Человеческий фактор в авиации представляет собой совокупность психологических, поведенческих и организационных характеристик, которые влияют на эффективность и безопасность работы оператора в условиях сложной технической системы. В рамках авиационной деятельности под оператором понимаются не только пилоты, но и бортинженеры, диспетчеры, технические специалисты, которые в ходе своей профессиональной деятельности принимают решения, критически важные для безопасности полёта. Несмотря на то, что значительная часть процессов в современной авиации автоматизирована, именно человек остаётся последним и решающим звеном в ситуации, когда система выходит за рамки штатного функционирования [1].

В условиях критической обстановки принятие решений оператором осуществляется не в условиях полного информационного обеспечения и достаточного времени, а, напротив, в условиях неопределённости, психологического давления, высокого уровня ответственности и часто противоречивых данных. Такие условия повышают риск системных ошибок в интерпретации информации, снижая способность оператора к объективной оценке ситуации. Как показывают исследования, при воздействии стресса, усталости или дефицита времени человек склонен опираться на эвристики – упрощённые модели мышления, основанные на прошлом опыте, что может привести как к быстрой адаптации, так и к ошибочным действиям [3].

Даже в высокоавтоматизированных кабинах самолётов в случае сбоя системы именно человек принимает на себя функции оценки, адаптации и реагирования. Это определяет его роль не только как наблюдателя, но и как активного управляющего

элементом. В таких ситуациях критически важной становится способность к удержанию ситуационной осведомлённости, то есть к поддержанию в сознании актуальной и полной картины происходящего. Нарушение этой осведомлённости, вызванное перегрузкой или недопониманием между членами экипажа, может привести к принятию неправильного решения. Поэтому разработаны специальные модели, позволяющие структурировать анализ человеческого фактора и причин ошибок в принятии решений.

Одна из наиболее распространённых моделей – SHELL – рассматривает взаимодействие оператора (Liveware) с программным обеспечением (Software), аппаратной частью (Hardware), внешней средой (Environment) и другими людьми (Liveware). Ошибки чаще всего происходят на стыке этих взаимодействий, например, между человеком и интерфейсом кабины, либо между двумя членами экипажа **Error! Reference source not found.**. Модель HFACS (Human Factors Analysis and Classification System) делит причины происшествий на четыре уровня: непосредственные ошибки, условия труда, недостатки руководства и организационные проблемы [4]. Этот подход особенно полезен при анализе аварий с целью выявления не только индивидуальных, но и системных причин.

Для количественной оценки когнитивной нагрузки широко используется индекс NASA-TLX, который позволяет оценить субъективную степень ментального и физического напряжения при выполнении задачи. Эта методика включает шкалы ментального, физического и временного усилия, уровня фрустрации и субъективной оценки эффективности. Она применяется в авиации, особенно в симуляционных тренировках пилотов, для оценки предельной нагрузки, при которой оператор начинает допускать ошибки [4].

Факторы, влияющие на принятие решений оператором в условиях гражданской авиации, многочисленны и разнообразны, но все они в итоге определяют, насколько быстро и точно человек сможет среагировать в нестандартной или критической ситуации. Наиболее значимые из них – это когнитивная нагрузка, стресс, противоречивость информации, коммуникативные сбои, иерархические барьеры и опыт оператора. Каждый из этих факторов может как усиливать, так и ослаблять способность к принятию верных решений, особенно когда несколько из них действуют одновременно.

Когнитивная нагрузка возникает при необходимости одновременно контролировать множество источников информации, быстро реагировать на изменения в обстановке, координировать действия с другими участниками полётного процесса. При превышении допустимого уровня восприятия происходит сенсорная перегрузка, которая ведёт к частичному или искажённому восприятию поступающей информации. Это особенно опасно в условиях аварийных ситуаций, когда на оценку и реагирование отводится минимальное время. По данным NASA-TLX, превышение допустимого уровня когнитивной нагрузки резко повышает вероятность ошибок, особенно на этапе первичного анализа ситуации [5].

Стресс оказывает значительное влияние на процесс мышления. Он может мобилизовать силы, если находится в пределах физиологической нормы, но при превышении приводит к снижению концентрации внимания, нарушению логики мышления, ограничению восприятия. Усталость, эмоциональное напряжение, давление времени и высокая ответственность дополнительно усиливают влияние стресса. При этом реакция на стресс индивидуальна и зависит от подготовки и личных особенностей оператора. В сочетании с недостатком сна или дефицитом практики в сложных условиях стресс становится катализатором неверных решений [5].

Противоречивость информации – ещё один ключевой фактор. В ситуации, когда разные приборы выдают несовместимые или путающие данные, оператору приходится делать выбор, опираясь на субъективную оценку надёжности источников. Отсутствие чётких алгоритмов действий или противоречивые инструкции могут привести к задержке в принятии решения или выбору ошибочного курса действий. Подобные случаи неоднократно фиксировались в авиационных расследованиях, где выяснялось, что ключевую роль в катастрофе сыграло неверное толкование приборных показаний.

Коммуникационные ошибки проявляются на разных уровнях – от нечетко переданных команд до отсутствия подтверждения информации. Недостаток координации между пилотами, между экипажем и диспетчерской службой может привести к неправильному распределению задач, потере важной информации, дублированию или противоречивым действиям. Особенно это характерно для экипажей с разным уровнем подготовки или при выполнении полёта в нестандартных условиях. Отсутствие культуры открытой и двусторонней коммуникации повышает риск недопонимания и неверной интерпретации происходящего [6].

Важным фактором является опыт и уровень подготовки оператора. Однако исследования показывают, что опыт – не всегда гарантия правильного поведения в нестандартной ситуации. Иногда опытный пилот, опираясь на прошлые паттерны, действует по привычке, даже если ситуация требует нестандартного решения. В то же время неопытный оператор может растеряться из-за недостатка практики и незнания возможных сценариев [7].

Эффективность принятия решений оператором зависит от целого комплекса факторов, которые взаимно усиливают или нейтрализуют друг друга. Чем выше когнитивная нагрузка и уровень стресса, чем меньше поддержка команды и ниже уровень опыта, тем выше вероятность принятия ошибочного решения. Учитывая это, современные подходы к подготовке авиационного персонала всё чаще включают в себя элементы психологической устойчивости, тренировки в ситуационной осведомлённости, развитие навыков командного взаимодействия и снижение иерархического давления.

Для повышения надёжности и безопасности деятельности операторов в гражданской авиации необходимо не только выявлять и классифицировать человеческие факторы, но и разрабатывать действенные меры по снижению их негативного влияния. Эти меры направлены на устранение или минимизацию тех условий, при которых возрастает вероятность ошибочного или неэффективного принятия решений. Современный подход к управлению человеческим фактором включает как организационные, так и технологические, обучающие и психологические инструменты.

Одним из наиболее распространённых решений является система управления ресурсами экипажа – Crew Resource Management (CRM). Эта концепция предполагает развитие у пилотов и других авиационных специалистов навыков командного взаимодействия, адекватной коммуникации, принятия решений, управления рабочей нагрузкой и ситуационной осведомлённости. В рамках CRM акцент делается на снижение иерархического давления: каждый член экипажа должен чувствовать возможность высказать своё мнение и вмешаться при возникновении угрозы, независимо от служебного положения. Эффективность CRM подтверждена в странах, где после внедрения программы количество ошибок, связанных с нарушением командного взаимодействия, значительно сократилось [8].

Подготовка персонала с использованием симуляторов, имитирующих нестандартные и стрессовые сценарии, играет важную роль в снижении количества ошибок. Такие тренировки позволяют не только отработать действия по стандартным процедурам, но и развить навыки принятия решений в условиях неопределённости и перегрузки. Важно включать в тренажёрные занятия ситуации с отказами, противоречивой информацией, перегрузкой радиоканала, имитируя условия, приближённые к аварийным. Повторяющаяся отработка критических сценариев снижает уровень тревожности и улучшает способность анализировать информацию и реагировать на неё 2.

Информационно-управляющие системы поддержки принятия решений существенно разгружают оператора и повышают его способность к эффективному реагированию. Такие системы способны обрабатывать большой объём входящих данных, прогнозировать развитие ситуации и предлагать наилучшие варианты действий. Особенно полезны они в условиях сложной обстановки – при отказах оборудования, плохих погодных условиях, конфликтных траекториях. Исследования показывают, что автоматизация процессов диагностики и выработки решений позволяет снизить число ошибок на этапах восприятия и первичного анализа ситуации 3.

Культура безопасности, охватывающая всю авиационную организацию, оказывает значительное влияние на поведение персонала. В такой культуре каждый сотрудник – от

диспетчера до техника – ощущает свою личную ответственность за безопасность. Здесь важна открытая обратная связь, возможность сообщать об ошибках без страха наказания, обсуждение происшествий с целью обучения. Формирование среды, в которой ошибки воспринимаются как источник развития, позволяет выявлять и устранять скрытые угрозы до того, как они перейдут в критическую фазу 5.

Эффективное управление человеческим фактором требует комплексного подхода. Для этого важно сочетать технические решения с организационными мерами, регулярно обучать персонал, развивать стрессоустойчивость и навыки работы в команде, а также формировать среду, способствующую безопасному поведению и принятию решений в сложных условиях.

Заключение. Эффективность и безопасность деятельности операторов в гражданской авиации зависят от множества взаимосвязанных факторов, таких как когнитивная нагрузка, стресс, качество коммуникации, наличие противоречивой информации, а также уровень профессиональной подготовки. В условиях дефицита времени, информационной неопределённости и высокой ответственности человек продолжает играть решающую роль в управлении воздушным судном. Именно от его способности сохранять ситуационную осведомлённость, быстро адаптироваться и взаимодействовать с командой зависит правильность принимаемых решений. Уменьшение количества ошибок возможно при условии системного подхода, который сочетает в себе подготовку в условиях, близких к реальности, внедрение эффективных информационных систем поддержки и формирование профессиональной среды, в которой безопасность становится приоритетом каждого участника авиационного процесса.

Список литературы

1. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по техническому обслуживанию воздушных судов / Международная организация гражданской авиации. – Монреаль, 2003. – 96 с.

2. Булавинцева, Е. О. Человеческий фактор в гражданской авиации // Междисциплинарность научных исследований как фактор инновационного развития: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа, 2021. – С. 182–184.

3. Сухих, Н. Н., Рукавишников, В. Л., Соколов, О. А. Методы и средства снижения влияния человеческого фактора в гражданской авиации с использованием информационно-управляющих систем // Автоматика на транспорте. – 2022. – № 1. – С. 7–16.

4. Юсупова, Р. Р. Влияние человеческого фактора на уровень безопасности полётов (обобщённый анализ модели SHELL) // Научные публикации. – 2018. – № 15. – С. 45–50.

5. Геворгян, В. М., Князев, И. А. Анализ влияния человеческого фактора при техническом обслуживании воздушных судов в системе менеджмента качества авиационного предприятия // Евразийское пространство: экономика, право, общество. – 2022. – № 3. – С. 73–75.

6. NASA Task Load Index (NASA-TLX) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/tlx/.

7. Рыбалкина, Т. В. Человеческий фактор: учебное пособие. – М. : МГТУ ГА, 2019. – 131 с.

8. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по техническому обслуживанию воздушных судов / Международная организация гражданской авиации. – Монреаль, 2003. – 96 с.

UDC 656.7:331.45

FACTORS INFLUENCING OPERATOR DECISION-MAKING IN CIVIL AVIATION

Rudzko V.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alefirenko V.M. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The paper examines the factors influencing operator decision-making in the context of civil aviation. Special attention is given to analyzing the impact of cognitive workload, stress, conflicting information, communication failures, and the level of training on the effectiveness of aviation personnel. The models SHELL, HFACS, and NASA-TLX are presented as frameworks for structuring the study of human factors and assessing their effect on flight safety. The necessity of implementing Crew Resource Management (CRM), regular simulator-based training, and the development of a safety culture is emphasized as key directions for reducing human-factor-related errors. The results can be used in developing operator training programs and improving organizational practices in the aviation sector.

Keywords: human factor, decision-making, aviation safety, cognitive workload, stress, CRM, SHELL, HFACS, operator.

УДК 621.382–541.64

ХИМИЯ В ДИСПЛЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Левоненко Ю.И., Ляшко М.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Бычек И.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Изучен химический состав жидкокристаллических, органических светодиодных и e-ink дисплеев. Представлен принцип работы дисплеев. Рассмотрены химические процессы, происходящие при производстве дисплеев.

Ключевые слова: дисплейные технологии, дисплеи, жидкокристаллические дисплеи, органические светодиодные дисплеи, электронные чернила, химические процессы.

Введение. В современном мире дисплейные технологии играют ключевую роль в повседневной жизни. Для исследований интерес представляет химический состав дисплеев и химические процессы, протекающие при их производстве.

Основная часть. Дисплеи классифицируются на следующие типы:

– жидкокристаллические дисплеи (LCD – liquid crystal display);

– органические светодиодные дисплеи (OLED – organic light-emitting diode);

– e-ink дисплеи (e-ink – electronic ink).

Жидкокристаллические дисплеи относятся к одним из самых распространенных типов экранов. Основным компонентом LCD является жидкий кристалл, который обладает свойствами как жидкостей, так и твердых тел. Наиболее часто используются нематические жидкие кристаллы, такие как цианобифенилы ($C_{14}H_{11}N$) и азоксибензолы ($C_{12}H_{10}N_2O$), которые имеют упорядоченную структуру в одном направлении. Жидкие кристаллы расположены между двумя слоями поляризатора, который контролирует направление света, проходящего через дисплей, и обеспечивает его правильное функционирование. Для создания цветного изображения используются цветные фильтры, которые разделяют свет на красный, зеленый и синий компоненты. Например, красный фильтр может содержать оксид железа (Fe_2O_3), зеленый – оксид хрома (Cr_2O_3), а синий – кобальтовый синий ($CoAl_2O_4$). Комбинируя эти цвета, можно получить широкий спектр оттенков. LCD-дисплеи требуют источника света, так как сами жидкие кристаллы не излучают свет. Обычно для этого используются светодиоды (LED), которые обеспечивают равномерное освещение дисплея. Светодиоды часто изготавливаются из полупроводниковых материалов, таких как арсенид галлия (GaAs) или нитрид галлия (GaN). Схема работы жидкокристаллического дисплея представлено на (рисунке 1) [1].

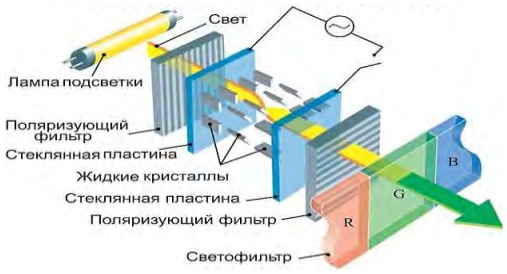


Рисунок 1 – Схема работы жидкокристаллического дисплея

OLED-дисплеи представляют собой более современную технологию, которая использует органические молекулы, такие как поли(n-фениленвинилен) (PPV) или поли(3-

гексилтиофен) (P3HT), для излучения света при прохождении через них электрического тока, что и создает изображение на экране. Электроды, через которые подается ток, играют ключевую роль в работе OLED-дисплеев. Катод обычно изготавливают из металлов с низкой работой выхода, таких как алюминий (Al) или кальций (Ca), а анод – из прозрачных проводящих материалов, таких как оксид индия (In_2O_3) олова (SnO_2). Эти дисплеи обладают рядом преимуществ, включая высокую контрастность, гибкость и возможность создания ультратонких экранов. Структура OLED дисплея представлена на (рисунке 2) [2, 3].

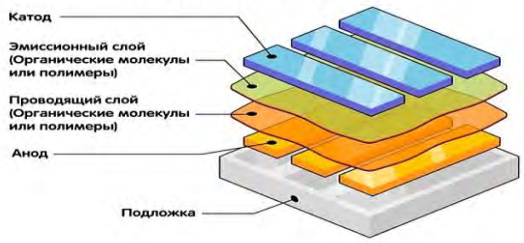


Рисунок 2 – Структура OLED дисплея

В e-ink дисплеях используются электронные чернила (e-ink), представляющие собой инновационную технологию отображения, которая имитирует внешний вид обычных чернил на бумаге. Эта технология нашла широкое применение в электронных книгах. Электронные чернила состоят из миллионов микрокапсул, каждая из которых содержит черные и белые частицы, взвешенные в прозрачной жидкости. Частицы, используемые в микрокапсулах, обычно представляют собой пигменты на основе углерода (C) и диоксида титана (TiO_2). Эти материалы обладают высокой стабильностью и контрастностью. В качестве среды для взвешивания частиц используется прозрачная жидкость, часто на основе углеводородов, например, толуола (C_7H_8). Эта жидкость обеспечивает свободное перемещение частиц под воздействием электрического поля. Эти микрокапсулы распределены по всей поверхности дисплея. Когда к микрокапсуле прикладывается электрическое поле, заряженные частицы движутся к противоположно заряженному электроду. Например, если нижний электрод положительный, черные частицы будут двигаться вниз, а белые – вверх, создавая изображение на экране. Принцип работы дисплея на электронных чернилах приведен на (рисунке 3) [4].

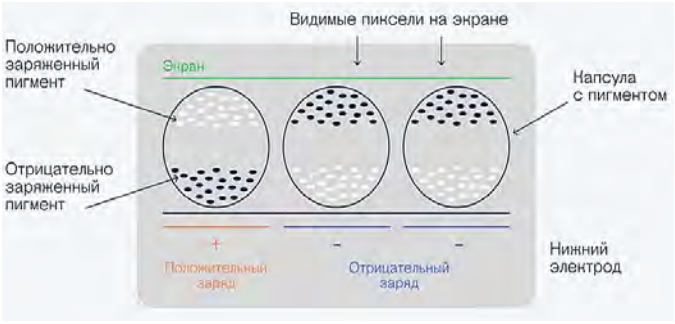


Рисунок 3 – Принцип работы дисплея на электронных чернилах

При производстве дисплеев происходят такие химические процессы, как травление и инкапсуляция.

Травление используется в создании дисплеев для формирования тонких проводящих дорожек и структур на подложках. Этот процесс позволяет точно удалять материал, создавая необходимые схемы. Например, травление с использованием

фтористоводородной кислоты (HF) позволяет удалять оксид кремния (SiO_2) с поверхности подложки. В процессе травления для удаления различных материалов также могут использоваться другие химические вещества, например, хлор (Cl_2) и бром (Br_2).

В свою очередь процесс инкапсуляции необходим для защиты дисплеев от воздействия внешних факторов. Для этого используются технологии COB (Chip On Board – чип на плате) и GOB (Glue On Board – клей на плате). Технология COB предполагает размещение светодиодов непосредственно на печатной плате и их инкапсуляцию слоем фосфора (P) и эпоксидной смолы (например, бисфенол А – $C_{15}H_{16}O_2$). Применение технологии COB улучшает тепловое управление, повышает яркость и эффективность дисплея. Технология GOB, в свою очередь, включает нанесение слоя эпоксидной смолы или клея на светодиоды, что обеспечивает физическую защиту и улучшает долговечность дисплея. Технология GOB помогает предотвратить проникновение воды и пыли, а также защищает светодиоды от механических повреждений и температурных колебаний [5, 6].

Процессы травления и инкапсуляции позволяют создавать точные схемы и защищать дисплеи от внешних воздействий, что увеличивает их долговечность и функциональность.

Заключение. Рассмотрены типы дисплеев. Жидкокристаллические дисплеи (LCD) обеспечивают высокое качество изображения благодаря использованию жидких кристаллов и цветных фильтров. Органические светодиоды (OLED) предлагают высокую контрастность и гибкость. Электронные чернила (e-ink) обеспечивают стабильность и контрастность изображения благодаря использованию микрокапсул с пигментами.

Изучен химический состав дисплеев и рассмотрены процессы травления и инкапсуляции, происходящие при производстве дисплеев. Понимание химических основ дисплейных технологий открывает путь к дальнейшим инновациям и новым достижениям в данной области, что способствует улучшению качества и долговечности дисплеев.

Список литературы

1. *Жидкокристаллические дисплеи и материалы на симпозиуме международного дисплейного общества (SID) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/zhidkokristallicheskie-displei-i-materialy-na-simpoziume-mezhdunarodnogo-displeynogo-obschestva-sid-san-diego-ssha-1-6-iyunya-2014/viewer. – Дата доступа: 03.03.2025.*

2. *Органический светодиод (OLED) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.panasyslcd.com/info/organic-light-emitting-diode-oled-20134829.html. – Дата доступа: 03.03.2025.*

3. *Гибкие печатные экраны. Разновидности и технологии производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.electronics.ru/files/article_pdf/3/article_3173_283.pdf. – Дата доступа: 03.03.2025.*

4. *Цветные электронные чернила E-Ink: как работают и какие бывают [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://club.dns-shop.ru/blog/t-81-elektronnyie-knigi/131153-tsvetnyie-elektronnyie-chernila-e-ink-kak-rabotaut-i-kakie-byivaut/?. – Дата доступа: 03.03.2025.*

5. *Моделирование процессов травления микро- и наноструктур с использованием программного модуля «Nemo etching» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-protsessov-travleniya-mikro-i-nanostruktur-s-ispolzovaniem-programmnogo-modulya-nemo-etching/viewer. – Дата доступа: 03.03.2025.*

6. *Сравнение и контраст отличий и преимуществ COB и GOB инкапсуляции для светодиодных дисплеев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.itcleddisplay.com/ru/3328.html?ysclid=m4a1ndbnx539499785. – Дата доступа: 03.03.2025.*

UDC 621.382–541.64

CHEMISTRY IN DISPLAY TECHNOLOGIES

Levonenko Y.I., Lyashko M.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Bychek I.V. – Cand. of Sci., associate professor of the department of ETT

Annotation. The chemical composition of liquid crystal, organic light-emitting diode and e-ink displays is studied. The operating principle of the displays is presented. The chemical processes occurring during the production of displays are considered.

Keywords: display technologies, displays, liquid crystal displays, organic LED displays, electronic inks, chemical processes.

УДК 621.357.3

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИАНИЛИНА В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Мечай И.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Бычек И.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. В работе рассматриваются перспективы использования полианилина в различных областях электроники, включая сенсоры, аккумуляторы, суперконденсаторы и антикоррозионные покрытия.

Ключевые слова: полианилин, полимер, полупроводник, синтез, электроника.

Введение. В последние десятилетия полианилин (далее – ПАНИ) вызывает значительный научный интерес благодаря своим хорошим электрическим и окислительно-восстановительным свойствам, а также стабильности. Кроме того, он обладает большим потенциалом применения в составе химических сенсоров, электромеханических приборов, электрохромных ячеек, органических батарей и противокоррозионных добавок [1].

Основная часть. ПАНИ – это органический высокомолекулярный полупроводниковый материал с достаточно высоким уровнем электронной проводимости. Молекулы полимера преимущественно состоят из паразамещенных фрагментов. Представление формы полимера и переходы между ними (рисунок 1) [2].

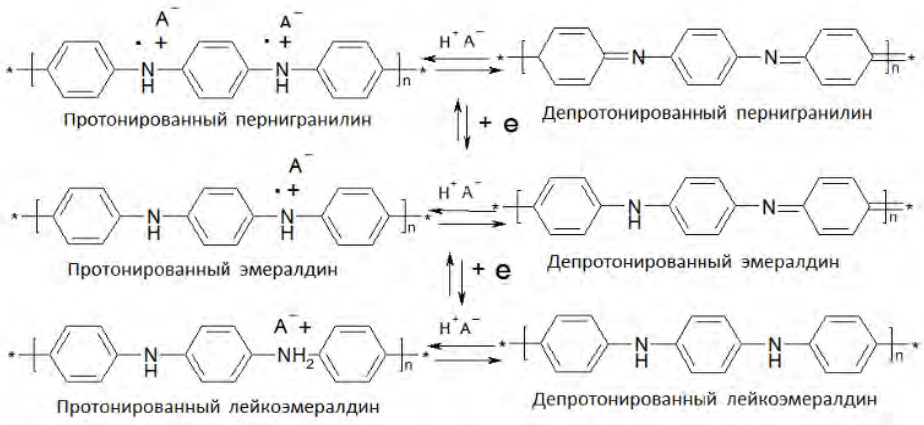


Рисунок 1 – Формы полианилина и переходы между ними

ПАНИ отличается низкой ценой на мономер, отличной устойчивостью к воздействиям внешней среды и обратимыми электрическими свойствами. Однако твердая цепь макромолекулы ПАНИ затрудняет процессы растворения, переработки и последующего использования. Помимо электропроводящих, ПАНИ обладает еще и оптоэлектронными свойствами, и находит применение в составе химических сенсоров, электромеханических приборов, электрохромных ячеек, органических батарей и противокоррозионных добавок. Исходя из этого, получение электропроводящего ПАНИ, способного к переработке в водной среде, как наиболее распространенной и удобной в использовании во многих отраслях промышленности, является актуальной научной задачей [3].

Методы получения ПАНИ делят на две группы, отличающиеся по способу окисления анилина – химический и электрохимический. Химический способ получения ПАНИ основан на полимеризации анилина под действием окислителей. При этом природа окислителя, соотношение мономер: окислитель, pH реакционной среды и природа допирующей кислоты существенным образом влияют на структуру и свойства полученного продукта полимеризации. В основе электрохимического синтеза лежит окисление анилина в кислой среде под действием приложенного постоянного потенциала или развертки потенциалов. В случае электрохимического способа получения слой ПАНИ образуется непосредственно на поверхности электрода и его толщину можно регулировать путем контроля величины заряда, протекающего через систему. В результате синтеза получаются воспроизводимые электроды на основе ПАНИ, которые не содержат побочных продуктов и непрореагировавшего окислителя, а также непосредственно готовых к применению, например, для электрохимического анализа.

Основное применение ПАНИ нашел для изготовления антикоррозийных покрытий. Он обеспечивает защиту от коррозии за счет предотвращения или замедления окисления металла кислородом воздуха. Применение в композитах непроводящих полимерных матриц позволяет существенно улучшить механические свойства ПАНИ, что может быть использовано, например, для создания на основе таких композитов гибких электродов.

Одним из наиболее перспективных направлений в применении ПАНИ в электротехнике является использование его пленок для производства конденсаторов. Другим перспективным направлением использования в наноэлектронике является его применение в конструкции нанобатарей. Полианилиновые катоды покрыты гелеобразным электролитом из оксида полиэтилена, который хранит ионы лития и служит в качестве электрического изолятора между нанопроводами в массиве [3].

ПАНИ может быть использован в качестве активного материала химических источников тока (ХИТ). Он может работать и как анод, и как катод: модельный аккумулятор состоял из двух таблеток сульфата эмеральдина, погруженных в водный раствор серной кислоты. Характеристики этого устройства оказались очень низкими, но это был первый ХИТ на основе проводящего полимера. Особенностью ПАНИ, которая делает его перспективным материалом для различных микро- и наносенсоров, является изменение химических и оптических свойств при процессах протонирования (допирования) и депротонирования (дедопирования), которые происходят при его взаимодействии с компонентами-окислителями.

Одним из наиболее существенных недостатков ПАНИ, значительным образом затрудняющих его практическое применение, является сложность переработки, обусловленная неплавкостью, хрупкостью и нерастворимостью ПАНИ в органических и неорганических растворителях. Способом решения данной проблемы является создание композиционных материалов на основе ПАНИ для сочетания его физико-химических свойств и свойств матрицы, и улучшения свойств композита по сравнению с характеристиками исходных компонентов.

Среди электропроводящих полимеров ПАНИ занимает особое место благодаря доступности и дешевизне анилина, устойчивости к окислению на воздухе, простоте и легкости синтеза. Он проявляет такие свойств, как многоцветный электрохромизм, химическая чувствительность к различным жидкостям и газам и электронные свойства, присущие металлам и полупроводникам [3].

Заключение. Полианилин является уникальным материалом с широким спектром применения в электронике. Его свойства, включая высокую электропроводность, электрохромизм, химическую чувствительность и устойчивость к внешним воздействиям, открывают значительные перспективы для использования в производстве сенсоров, электрохимических ячеек, батарей, антикоррозионных покрытий и других электронных устройств.

Список литературы

1. *Шкерина, К.Н. Полианилин как основа создания магнитноразделяемых сорбентов и катализаторов / К.Н. Шкерина, А.И. Сидоров, Л.Ж. Никошвили // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии», 2022. – № 2 (14). – С. 86–92.*

2. *Синтез композитов на основе полианилина, допированного наночастицами металлов для электрохимических сенсоров / А.А. Васильева // Диссертация на соискание ученой степени канд. хим. Наук. – Санкт-Петербург, 2022. – 285 с.*

3. *Особенности получения и применения полианилина / М.К. Сокольская, Е.С. Пикалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://scienceforum.ru/2018/article/2018006871?ysclid=m8hqv2q27m533214650. – Дата доступа: 20.03.2025.*

UDC 621.357.3

PROSPECTS FOR THE USE OF POLYANILINE IN ELECTRONICS

Mechai I.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Bychek I.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT

Annotation. The paper examines the prospects for using polyaniline in various areas of electronics, including sensors, batteries, supercapacitors and anti-corrosion coatings.

Keywords: polyaniline, polymer, semiconductor, synthesis, electronics.

УДК 544.773.432, 616-77

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОГЕЛЕЙ В ТКАНЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Гладких А.П., Сакович М.С., Соловьев А.Я.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научные руководители: Камлач П.В. - к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ, Позняк А.А. – к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. В статье исследованы гидрогели для применения в тканевой инженерии. Разработана классификация гидрогелей для использования в медицине

Ключевые слова: гидрогель, полимер, тканевая инженерия, искусственные органы.

Введение. Тканевая инженерия является быстро развивающейся междисциплинарной областью, включающей в себя науку о биоматериалах, клеточную биологию, знания о взаимодействиях клеток и материалов и характеристиках поверхностей. Исследования в этой области направлены на восстановление, сохранение или улучшение функций тканей. Также целью является замена больных или поврежденных органов или тканей, являющихся дефектными или утраченными в результате несчастных случаев или болезней [1].

Основная часть. Гидрогели можно классифицировать в зависимости от разных аспектов, которые приведены ниже [2]:

По происхождению. Сшитые полимеры называются гидрогелями, независимо от того, происходят ли они из природных полимеров, синтетических грифов или их комбинации. Природные гидрогели (полимеры природного происхождения) обладают характеристикой нетоксичности и коммерчески доступны по низкой цене. Обычно они извлекаются из природных источников, таких как водоросли, бурые водоросли, бактериальные культуры, различные полисахариды (например, агароза, гиалуроновая кислота и альгиновая кислота) и белки (например, коллаген, желатин и фибрин), а также деклеточная внеклеточная матрица. Большинство из них биосовместимы, поэтому они широко используются в тканевой инженерии. Однако у них отсутствуют желаемые механические свойства, и они могут вызывать иммунные реакции при введении в человеческое тело. В отличие от них, синтетические полимерные гидрогели могут быть спроектированы с заданными механическими свойствами. Однако у них нет никаких врожденных биоактивных свойств; синтетические гидрогели включают синтетические полимеры, которые обладают большей гибкостью для сочетания механических свойств гидрогеля. Наиболее широко используемыми синтетическими полимерами являются поликапролактон, поли(винилпирролидон) (ПВП), поли (молочная кислота) (PLA), поли(этиленгликоль) (ПЭГ) и поли(виниловый спирт) (ПВА).

По конфигурации цепей. Синтетические гидрогели обычно аморфны по своей природе и не упорядочены на молекулярном уровне, в отличие от биологических гидрогелей, содержащих упорядоченные агрегаты на структурном уровне. В зависимости от структурного состава гидрогели делятся на три типа: аморфные, полукристаллические и кристаллические. В кристаллических гидрогелях молекулы располагаются в трехмерном порядке и обладают равными межмолекулярными силами. Кристаллические гидрогели придают исключительную механическую прочность и гибкость при различных неблагоприятных условиях, включая заряженные биополимеры, экстремальные кислото-щелочные среды и непредсказуемые температурные колебания. В аморфных гидрогелях наблюдается нерегулярное расположение молекул, а межмолекулярные силы не равны и варьируются в расстоянии между молекулами, образующими гидрогель. Гидрофильный полимер в аморфном гидрогеле не сшит и остается в состоянии, напоминающем гель. Различные аморфные гидрогели содержат добавки, такие как коллаген, альгинат кальция

или CMC, чтобы стать более абсорбентными. Наконец, полукристаллические гидрогели представляют собой сложное сочетание аморфных и кристаллических фаз.

По композиции полимеров. В зависимости от метода приготовления гидрогели можно разделить на гомополимерные гидрогели, сополимерные гидрогели и интерпенетрирующиеся гидрогели (IPN). Гомополимерные гидрогели представляют собой гидрогели полимерных сетей, созданные на основе определенного типа мономера, который является основным структурным элементом, охватывающим любую полимерную сеть. Эти гидрогели могут содержать сшитые скелетные структуры в зависимости от характера мономера и методов полимеризации.

По типу связи. В зависимости от типа сшивки гидрогели делятся на физические и химические. Физические гидрогели являются обратимыми и формируются за счет нековалентных связей, тогда как химические гидрогели более стабильны и необратимы, образуясь за счет ковалентных связей между полимерными цепями. Полимерные сети должны соответствовать определённым условиям для формирования гидрогелей: межцепочечные твердые взаимодействия для создания стабильного соединения в молекулярной сети; и полимерная сеть должна способствовать доступу и удержанию воды внутри гидрогеля. Гидрогели, отвечающие этим требованиям, могут быть получены с помощью нековалентных методов, таких как электростатические, водородные связи и гидрофобные силы между полимерными цепями. Гидрогели, образованные этими взаимодействиями, представляют собой уникальные физические гели с высокой водной чувствительностью и термообратимостью.

По виду заряда. К гидрогелям также применим термин "полиелектролитными гелями", если они содержат кислотные или основные боковые группы, такие как карбоксильная кислота, сульфоновая кислота, первичные амины и четвертичные аммониевые соли. В зависимости от электрического заряда сети можно выделить следующие типы: нейтральные гидрогели, также известные как неионные гидрогели. У них нет заряда на полимерной цепи, и благодаря взаимодействию полимеров с водой неионный гидрогель постепенно набухает в жидкой среде; анионные гидрогели имеют отрицательный заряд. Эти гидрогели демонстрируют большее набухание в нейтральных и щелочных растворах из-за диссоциации при более высоком pH; и катионные гидрогели, имеющие положительный заряд.

Заключение. Гидрогели являются перспективным инструментом в регенеративной медицине и биомедицинской инженерии; их применение было и продолжает испытываться на различных органах человеческого организма. Кроме того, различные гидрогелевые материалы могут быть специально модифицированы и функционализированы для достижения более высоких эксплуатационных характеристик. Использование гидрогелей стало еще более перспективным направлением в тканевой инженерии после успешных исследований, связанных с их способностью стимулировать регенерацию тканей. Инновации в области усовершенствованного восстановления тканей в дальнейшем направлены на разработку так называемых "умных" гидрогелей, которые сочетают гидрогели с компонентами, способствующими достижению основной цели - созданию благоприятной среды для регенерации тканей.

Преимущество гидрогелей в том, что их физические и химические свойства можно изменять и регулировать в соответствии с потребностями каждого исследования. Кроме того, многие недавно разработанные гидрогели хорошо зарекомендовали себя в тестах in vitro, но не так хорошо в естественных условиях. Для дальнейших исследований возможностей гидрогелей в естественных средах нужна более систематическая стратегия разработки перспективных биоматериалов.

Список литературы

1. El-Sherbiny I.M., Yacoub M.H. Hydrogel scaffolds for tissue engineering: Progress and challenges // Global Cardiology Science and Practice. — 2013. — Vol. 2013, № 3. — P. 316–342. — DOI: 10.5339/gcsp.2013.38.

2. Revete Fernández A.C., Aparicio A., Cisterna B.A., Reginensi D. et al. Advancements in the Use of Hydrogels for Regenerative Medicine: Properties and Biomedical Applications [Review] // International Journal of Biomaterials. — 2022. — Vol. 2022. — P. 1–16. — DOI: 10.1155/2022/3606765.

UDC 544.773.432, 616-77

APPLICATION OF HYDROGELS IN TISSUE ENGINEERING

Gladkikh A.P., Sakovich M.S., Salaviev A.Ya.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kamlach P.V. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT,
Paznyak A.A. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT

Annotation. The article examines hydrogels for use in tissue engineering. A classification of hydrogels for use in medicine is developed.

Keywords: hydrogel, polymer, tissue engineering, artificial organs.

УДК 004.056

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ АТАК ПОДМЕНЫ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Герасимчук С.Н., Афанасьев А.А., Сухоцкий М.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ильясова М.С. – магистр, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной научной работе проводится всесторонний анализ современных методов защиты биометрических систем от различных видов атак, связанных с подменой данных. Особое внимание уделяется исследованию эффективности мультимодальных биометрических систем, алгоритмов обнаружения артефактов на основе глубокого обучения, а также криптографических методов защиты.

Ключевые слова: биометрическая безопасность, мультимодальная аутентификация, глубокое обучение, обнаружение артефактов, криптографическая защита

Введение. В последнее десятилетие биометрические технологии аутентификации получили широкое распространение в различных сферах – от мобильных устройств и банковских систем до государственных программ идентификации. Однако параллельно с развитием биометрических систем наблюдается стремительный рост сложности и изощренности атак, направленных на их обход. Особую опасность представляют так называемые спуфинг-атаки, использующие поддельные биометрические образцы, и атаки с применением технологий глубоких фейков. Современные генеративные нейросетевые модели достигли такого уровня совершенства, что создаваемые ими синтетические биометрические образцы зачастую неотличимы от реальных даже для профессиональных экспертов. По данным последних исследований, успешность атак на системы распознавания лиц с использованием глубоких фейков в 2024 году достигла 43%, что на 15% больше по сравнению с предыдущим годом [1].

Основная часть. В современных условиях цифровой трансформации биометрические системы аутентификации становятся ключевым элементом защиты персональных данных и критически важной инфраструктуры. Современные подходы к защите биометрических данных развиваются по трем основным направлениям, которые образуют единую систему безопасности (рисунок 1).

Рисунок 1 – Взаимосвязь угроз и методов защиты в современных биометрических системах

Одним из наиболее эффективных подходов к защите от атак подмены данных является мультимодальная биометрия, которая основана на одновременном использовании нескольких независимых биометрических характеристик, таких как лицо, голос, отпечатки пальцев и рисунок вен. Из-за этого атака становится сложнее, так как злоумышленнику необходимо подделать сразу несколько биометрических характеристик одновременно. Такой подход отличается гибкостью, позволяя выбирать наиболее надежные модальности

в зависимости от условий использования. Исследования показывают, что переход от унимодальных к бимодальным системам позволяет снизить частоту ложных принятий (*FAR*) с 0,12% до 0,003%, а при использовании трех модальностей этот показатель может достигать 0,0001% [2]. Однако увеличение количества модальностей приводит к росту времени аутентификации и сложности обработки данных. Современные разработки в данной области фокусируются на улучшении алгоритмов интеграции модальностей, обеспечивая максимальную точность и минимальную задержку при аутентификации. Примером реальной реализации может служить система аутентификации в мобильных банковских приложениях, использующая комбинацию распознавания лица и отпечатка пальца.

Дополнительную защиту обеспечивают алгоритмы обнаружения артефактов, направленные на выявление поддельных биометрических образцов. Эти методы делятся на физические, спектральные, основанные на глубоком обучении и физиологические. Физические методы анализируют поведение объекта в реальном времени, например, обнаружение движения глаз, измерение температуры кожи или определение наличия крови в капиллярах. Спектральные методы изучают частотные характеристики изображения, выявляют неестественные шумы и искажения, характерные для искусственно сгенерированных данных. Методы на основе глубокого обучения используют нейросетевые модели для анализа текстуры кожи, микроизменений выражения лица, глубины и трехмерной структуры изображения. Физиологические методы основаны на оценке пульсации кровеносных сосудов, микродвижений и других характеристик, недоступных для подделки статическими изображениями. Современные системы защиты на основе глубокого обучения способны выявлять поддельные изображения с точностью до 98%, однако они требуют больших объемов обучающих данных и значительных вычислительных ресурсов [3]. Примером использования алгоритмов обнаружения артефактов может служить система защиты от спуфинга в банкоматах, которая анализирует текстуру кожи лица и выявляет признаки подделки.

Еще одним важным направлением защиты являются криптографические методы, обеспечивающие конфиденциальность и целостность хранимой и передаваемой информации. Среди современных подходов можно выделить несколько методов. Биометрический шаблонный криптозамок связывает биометрические данные пользователя с секретным ключом, предотвращая их компрометацию. Гомоморфное шифрование позволяет выполнять операции над зашифрованными биометрическими данными без их расшифровки, что снижает риски утечек. Квантово-устойчивые алгоритмы разрабатываются для защиты от атак квантовых компьютеров, включая постквантовые криптографические схемы. Криптографические методы в сочетании с мультимодальной биометрией и алгоритмами обнаружения артефактов создают многоуровневую систему защиты, обеспечивая высокую степень надежности. Например, для защиты биометрических данных в медицинских учреждениях применяют гомоморфное шифрование, позволяющее проводить анализ данных без расшифровки и, следовательно, без нарушения конфиденциальности пациентов [4].

Анализ реальных кейсов показывает уязвимость систем к атакам. В 2015 году произошла утечка данных в Управлении кадровой службы США (OPM), где были скомпрометированы отпечатки пальцев 5,6 миллионов человек. Этот случай стал одним из крупнейших известных инцидентов утечки биометрической информации, что вызвало серьезные опасения относительно возможности использования таких данных для кражи личности или других преступных действий.

Критический анализ методов защиты выявляет их преимущества и ограничения [5]. Мультимодальная биометрия обеспечивает высокую надежность, но сложна в реализации и требует значительных ресурсов. Методы глубокого обучения эффективны против современных угроз, но зависят от качества обучающих данных и требуют больших вычислительных мощностей. Криптографические подходы надежны для защиты данных при передаче и хранении, но могут быть уязвимы к новым видам атак, таким как атаки

квантовых компьютеров. Одним из ограничений является зависимость от качества данных. Если данные, используемые для обучения моделей глубокого обучения, содержат предвзятости или ошибки, это может привести к снижению точности и увеличению числа ложных срабатываний. Другое ограничение связано с вычислительными ресурсами: сложные алгоритмы требуют больших вычислительных мощностей, что может быть проблемой для мобильных устройств и систем реального времени.

Будущее биометрической безопасности связано с адаптивными системами, которые динамически настраивают параметры аутентификации в зависимости от контекста и уровня угрозы. Важную роль играют методы машинного обучения, позволяющие повысить гибкость и надежность таких систем. Квантовая криптография помогает защитить каналы передачи биометрической информации, обеспечивая высокий уровень безопасности. К уже реализуемым методам защиты можно отнести мультимодальную аутентификацию, которая широко используется в банковских приложениях и системах контроля доступа. Алгоритмы обнаружения артефактов также активно применяются в системах распознавания лиц и сканерах отпечатков пальцев. Криптографические методы используются для защиты данных при хранении и передаче. К перспективным направлениям относятся адаптивные системы безопасности, которые пока находятся на стадии разработки и тестирования.

Заключение. Для эффективной защиты биометрических систем необходимо сочетание мультимодальной биометрии, алгоритмов обнаружения артефактов и криптографических методов. Перспективными направлениями являются адаптивные системы безопасности, квантово-устойчивая криптография и федеративное обучение, обеспечивающее конфиденциальность. Мультимодальная биометрия наиболее эффективна в финансовом секторе, государственных системах идентификации и кибербезопасности. Дальнейшие исследования должны сосредоточиться на улучшении алгоритмов интеграции модальностей, разработке энергоэффективных моделей и защите данных в распределенных системах. Комплексный подход повысит надежность биометрических систем в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. Иванов И. И. Мультимодальная биометрия: от теории к практике // Журнал биометрических исследований. – 2023. – Т. 29, № 4. – С. 45–58.

2. Кузнецов С. Е., Дмитриев А. В. Криптографическая защита биометрических данных: перспективы и вызовы // Вестник криптографии. – 2024. – Т. 32, № 5. – С. 27–39.

3. Михайлов Ю. А., Федоров В. Н. Уязвимости современных биометрических систем // Технологии защиты информации. – 2016. – Т. 18, № 2. – С. 99–110.

4. Попов А. А., Петров И. И. Проблемы биометрической идентификации в условиях современных угроз // Современные технологии безопасности. – 2024. – № 2. – С. 123–135.

5. Смирнов В. В., Козлов В. П. Алгоритмы глубокого обучения для обнаружения фальшивых биометрических данных // Библиотека технологий и инноваций. – 2023. – С. 121–134.

UDC 004.056

METHODS OF PROTECTION AGAINST BIOMETRIC DATA SUBSTITUTION ATTACKS

Gerasimchuk S.N., Afanasyev A.A., Sukhotsky M.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Ilyasova M.S. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. This research paper provides a comprehensive analysis of modern methods for protecting biometric systems from various types of attacks related to data substitution. Particular attention is paid to the study of the effectiveness of multimodal biometric systems, deep learning-based artifact detection algorithms, and cryptographic protection methods.

Keywords: biometric security, multimodal authentication, deep learning, artifact detection, cryptographic security

УДК 005.32:159.9

ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ФАКТОР УСПЕШНОГО ЛИДЕРСТВА

Близнюк А.А., Борейко А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Василькова А.Н.. – магистр, старший преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Данная статья дает определение понятию эмоциональный интеллект, описывает его структуру, а также рассматривает эмоциональный интеллект как обязательный критерий успешности лидера коллектива. В статье рассматриваются примеры руководителей с разным уровнем развития эмоционального интеллекта, а также описывается исследование, проведенное на эту тему.

Ключевые слова: эмоциональный интеллект, лидер, лидерство, успех лидера, саморегуляция, успешность, самосознание

Введение. Успешный лидер является одним из основных условий эффективности коллектива и его деятельности. Успех лидера будет зависеть от большого количества факторов: его профессиональные компетенции, наличие стратегического мышления, способность быстро принимать решения, а также эмоциональный интеллект. В данной статье рассмотрим эмоциональный интеллект как неотъемлемый фактор успешного лидера, приведем примеры, а также дадим определение эмоциональному интеллекту и опишем его структуру.

Основная часть. Для эффективного управления в любом коллективе определенно выделяется лидер. Наибольшего успеха трудовой коллектив достигает в ситуации, когда непосредственный руководитель является и лидером в коллективе. Лидером принято считать лицо, обладающее наибольшим авторитетом и признанием в своей группе, способное вести за собой других людей [1]. Таким образом, определяем, что руководитель – это лицо, обладающее высокими профессиональными компетенциями в коллективе. Однако успешный руководитель должен также являться и лидером в рабочей группе. В данной статье рассмотрим один из факторов успешного лидера – эмоциональный интеллект.

Эмоциональный интеллект – это способность понимать отношения личности, репрезентируемые в эмоциях, и управлять эмоциональной сферой на основе интеллектуального анализа и синтеза. Исходя из этого, определяем, что человек с высоко развитым эмоциональным интеллектом способен остро распознавать чужие эмоции, позволяя выявлять отношение личности к объекту, а также эффективно управлять своими и чужими эмоциями. Можно утверждать, что успешный лидер – человек со значительно развитым эмоциональным интеллектом. Опишем структурные компоненты эмоционального интеллекта, определенные Дж. Мейером, П. Сэловеем, Д. Карузо в 1990г, и их влияние на межличностное взаимодействие людей: оценка и выражение, регуляций собственных эмоций, а также эмоций других людей, использование эмоций [2].

Даниэл Гоулман описывает структуру эмоционального интеллекта из пяти составляющих: самосознание, саморегуляция, мотивация, эмпатия и социальные навыки. Рассмотрев подробнее каждый структурный компонент можно определить способы развития эмоционального интеллекта. Отметим, что эмоциональный интеллект личности развивается в течение всей жизни [3].

Самосознание определяется как способность понимать свои эмоции и их влияние на собственные действия и решения. Саморегуляция – навык контролировать и управлять собственными эмоциями. Мотивация – это система внутренних факторов, вызывающих и

направляющих ориентированное движение на достижение цели поведения человека или животного [4]. Эмпатия – форма отражения другого человека [5].

Приведем простой пример двух руководителей с разным уровнем эмоционального интеллекта. Рассматриваем ситуацию, в которой сотрудник, ответственный за определенный участок работ несколько раз подряд допускает ошибку. Естественный реакцией большинства руководителей является злоба, разочарование, досада, либо смесь этих чувств. В результате данных эмоций руководитель повышает градус общения, делает резкие замечания, может накричать, испортить настроение сотруднику и не только. Это является примером руководителя с низким уровнем эмоционального интеллекта. Однако, если руководитель умеет управлять своими эмоциями, он сможет оценить ситуацию более трезво и принять корректное решение: начать личный разговор с сотрудником и попытаться выяснить проблемы, которые привели к такой ситуации [6].

Эмоциональный интеллект является одним из инструментов работы с эмоциями, что уже неоднократно упоминалось. Дадим определение данному понятию. Эмоция – психический процесс, который отображает субъективно-оценочное отношение человека к существующим или возможным ситуациях [7].

Рассмотрим одно из исследований, посвященных эмоциональному интеллекту [8]. В нем рассматривается взаимосвязь уровня эмоционального интеллекта с выдвижением на лидерскую позицию, эффективность лидерства и стилями лидерства. В данном эксперименте было отобрано три группы испытуемых, заданием для которых было выполнить задание по сборке конструктора. Предварительно все испытуемые были протестированы на уровень эмоционального интеллекта, а также в каждой группе одинаковое распределение людей с высоким, средним и низким уровнем эмоционального интеллекта. В первой группе в качестве «прораба» был выбран человек с высоким уровнем развития эмоционального интеллекта, во второй – с низким, а в третьей не был определен «прораб». По окончанию сборки конструктора первым двум группам было предложено пройти анкетирование со следующими вопросами:

1 Оцените общую эффективность деятельности прораба? (шкалирование от 1 до 10)

2 Кто еще в Вашей бригаде мог эффективно справиться с задачей прораба? И почему?

Данная анкета отражает характеристику фактического лидера, а также определяет человека, который мог бы быть потенциальным лидером. Для третьей группы был подготовлен отдельный список вопросов в анкете:

1 Можете ли Вы в Вашей бригаде строителей выделить отдельного лидера, то есть человека, который направлял бы ход работы, делал указания как лучше сделать, воодушевлял бы? Если да, то укажите, какие именно действия могут свидетельствовать о его лидерской позиции?

2 Кто по Вашему мнению мог бы быть прорабом Вашей строительной бригады? И почему?

Согласно результатам обработки анкет, личного опроса участников, а также протоколу наблюдения в ходе эксперимента было определено, что фактический лидер первой группы получил высокие оценки от своей группы, а также обладал следующими характеристиками: понимает эмоции других людей – проявляет чуткость к их внутреннему состоянию и способен распознавать эмоциональную информацию через экспрессию; в процессе группового взаимодействия проявляет позитивные социально определяемые эмоции, доминирование, ориентирован на выполнение задач.

Для потенциального лидера присущи следующие черты: способность предвидеть последствия поведения людей в процессе взаимодействия, предсказывать то, что произойдет в дальнейшем, на основе анализа невербальной информации; понимание своих эмоций и эмоций других людей; способность вызывать к них желательные эмоции, снижать интенсивность нежелательных, управление собственными эмоциями и их проявлениями; в

процессе группового взаимодействия проявляет позитивные социально определяемые эмоции, доминирование, ориентирован на выполнение задач.

Заключение. Полученные данные подтвердили гипотезу, выдвинутую в начале исследования, о том, что высокий уровень эмоционального интеллекта обуславливает выдвижение на лидерскую позицию, а также установили взаимосвязь между выбором фактической позиции лидера и его эмоциональным интеллектом.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод о том, что эмоциональный интеллект является неоспоримым фактором успешного лидерства в современном мире. Высокий уровень эмоционального интеллекта позволяет успешно управлять коллективом и направлять его. По результатам рассмотренного исследования была приведена характеристика эффективного лидера со стороны сотрудников коллектива, выполняющего общую задачу.

Список литературы

1. *Боголюбов Л. Н. Обществознание: учебник для 7 класса. – 2023. – 301 с..*
2. *Эмоциональный интеллект. Исследование феномена [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://elib.psu.by/bitstream/123456789/32473/1/78-87.pdf . Дата доступа: 20.03.2025.*
3. *Эмоциональный интеллект в лидерстве. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://4brain.ru/blog/%D1%8D%D0%B8-%D0%B2-%D0%BB%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5/. Дата доступа: 20.03.2025.*
4. *Мотивация: виды, функции и факторы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/motivatsiya-vidy-funktsii-i-faktory/viewer. Дата доступа: 21.03.2025.*
5. *Эмпатия как форма отражения другого человека. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/empatiya-kak-forma-otrazheniya-drugogo-cheloveka/viewer. Дата доступа: 22.03.2025.*
6. *Эмоциональный интеллект в лидерский качествах и коммуникативных навыках. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://projecto.pro/blog/theory/rol-emoczionalnogo-intellekta-v-liderstve/?amp=1. Дата доступа: 22.03.2025.*
7. *Эмоциональный интеллект как фактор успешности. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/emotsionalnyy-intellekt-kak-faktor-uspeshnosti/viewer. Дата доступа: 23.03.2025.*
8. *Эмоциональный интеллект и феномен лидерства. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/emotsionalnyy-intellekt-i-fenomen-liderstva-eksperiment-stroim-vmeste/viewer. Дата доступа: 24.03.2025*

UDC 005.32:159.9

EMOTIONAL INTELLIGENCE AS A FACTOR OF SUCCESSFUL LEADERSHIP

Bliznyuk A.A., Boreyko A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vasilkova A.N. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. This article defines the concept of emotional intelligence, describes its structure, and considers emotional intelligence as an essential criterion for the success of a team leader. The article examines examples of managers with different levels of emotional intelligence development, as well as describes a study conducted on this topic.

Keywords: emotional intelligence, leader, leadership, leader's success, self-regulation, success, self-awareness

УДК 48.6340.4

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА. ЗАЩИТА ОТ СМОГА И ЗАГРЯЗНЕНИЙ.

Галяк И.П. Манкевич Р.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр технических наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье проведен обзор современных технологий очистки воздуха, направленных на снижение уровня загрязнения в городах. Рассмотрены фотокаталитические очистители, использующие диоксид титана (TiO_2) для разложения органических загрязнителей, а также инновационные решения Smog Free Tower и CityTree, применяющие методы ионизации и биофильтрации соответственно. Оценены принципы работы, эффективность, преимущества и ограничения данных технологий. Отмечена важность их интеграции в городскую среду для улучшения качества воздуха и снижения негативного воздействия загрязняющих веществ на здоровье населения.

Ключевые слова: очистка воздуха, фотокаталитические очистители, диоксид титана (TiO_2), Smog Free Tower, CityTree, ионизация, биофильтрация, загрязнение воздуха, PM2.5, PM10, экология, урбанизированная среда, городская инфраструктура

Введение. Загрязнение воздуха в городах остается одной из наиболее актуальных экологических проблем современности. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), около 91% городского населения мира проживает в условиях, где уровень загрязнения воздуха превышает безопасный. Также каждый год по причине загрязнения воздуха умирает около 8 млн человек. Это объясняет важность разработки и внедрения современных технологий очистки воздуха, которые помогают городам бороться со смогом и загрязнениями.

Основная часть. Фотокаталитические очистители воздуха представляют собой устройства, в основе которых главным действующим веществом является диоксид титана (TiO_2). Под воздействием света этот материал разлагает органические загрязнители, обеспечивая эффективную очистку воздуха от токсичных соединений. Одним из главных преимуществ такой технологии является способность уничтожать бактерии, вирусы, споры грибов, летучие органические соединения (ЛОС) что делает фотокаталитические системы более действенными по сравнению с традиционными механическими фильтрами.

В отличие от угольных фильтров, которые поглощают вредные вещества, фотокатализ нейтрализует их на молекулярном уровне, обеспечивая очистку воздуха в 500 раз эффективнее. Они также отличаются высокой энергоэффективностью, поскольку не нуждаются в мощных насосах для прокачки воздуха через плотные фильтры.

Несмотря на многочисленные преимущества, у фотокаталитических очистителей есть и ряд недостатков. Они неэффективны против неорганических загрязнителей, таких как строительная пыль, песка. Кроме того, их действие распространяется не только на вредные, но и на полезные микроорганизмы, что может негативно сказаться на микрофлоре помещения, особенно в домах с детьми и людьми с ослабленным иммунитетом. Для достижения максимального эффекта очистки воздуха рекомендуется сочетать фотокаталитические фильтры с HEPA-фильтрами, способными задерживать твердые частицы, такие как PM2.5 и PM10 [1].

Принцип работы фотокаталитических покрытий основан на способности TiO_2 поглощать ультрафиолетовое излучение с длиной волны менее 387 нм. При этом в материале происходят переходы электронов из валентной зоны в зону проводимости, что приводит к образованию электронно-дырочных пар. Эти свободные электроны и дырки взаимодействуют с молекулами воды и кислорода на поверхности TiO_2, образуя

гидроксильные радикалы (OH) и супероксидные анионы (O_2^-), которые обладают высокой окислительной способностью. В результате активные радикалы разрушают органические молекулы, превращая их в безвредные соединения – углекислый газ (CO_2) и воду (H_2O). Принцип работы фотокаталитического покрытия на рисунке 1.

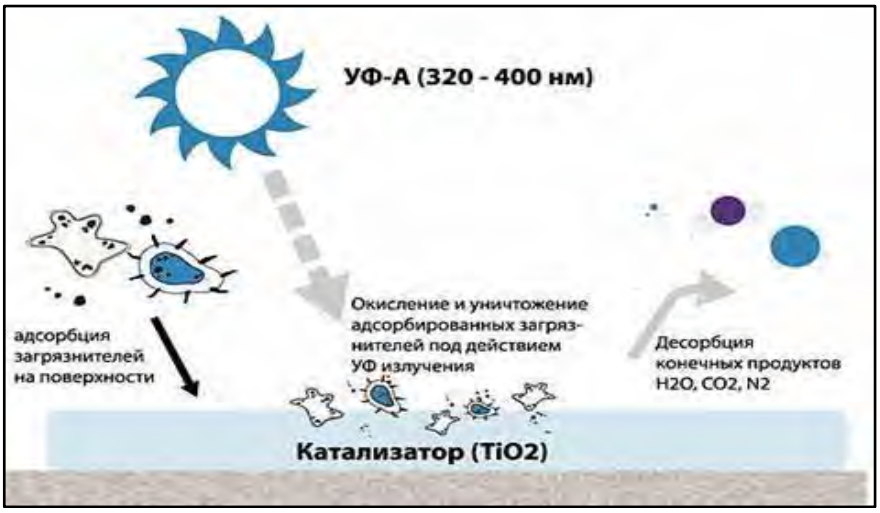


Рисунок 1 – Принцип работы фотокаталитические покрытия

Фотокаталитические технологии активно применяются в современных воздухоочистителях, которые сочетают несколько типов фильтрации. Например, NeoClima NCC-968 – многофункциональная станция, объединяющая фотокаталитический, HEPA и угольный фильтры, а также выполняющая функции увлажнителя, озонатора и ионизатора. Это устройство рассчитано на помещения до 45 м², а его стоимость составляет 396-429 белорусских рублей.

Другой пример – Foxcleaner Ion, который использует четырехступенчатую систему фильтрации, включая фотокаталитический, HEPA, электростатический и угольный фильтры. Он дополнительно оснащен функциями ионизации и увлажнения воздуха, что делает его эффективным для помещений до 20 м² при стоимости около 215 рублей.

Для более крупных помещений, включая образовательные и медицинские учреждения, подойдет Daikin MCK75JVM-K, обладающий высокой производительностью (450 м³/ч) и оснащенный функцией автоматического определения уровня загрязнения воздуха. Эта модель включает ионизацию, увлажнение и защиту от детей, а ее стоимость составляет около 1 617 рублей. Среди компактных решений можно выделить Timberk TAP FL150 SF, предназначенный для помещений до 25 м². Он оснащен фотокаталитическим и HEPA-фильтром, имеет электронное управление и таймер, а его стоимость варьируется в пределах 215–248 рублей [2].

Фотокаталитические покрытия на основе TiO_2 представляют собой перспективное решение для очистки воздуха от органических загрязнителей, бактерий и вирусов. Однако их ограниченная способность к удалению твердых частиц требует сочетания с HEPA-фильтрами, особенно в условиях городского смога

Smog Free Tower. Smog Free Tower, разработанная голландским дизайнером Дааном Розегаарде, представляет собой инновационную установку для очистки воздуха, использующую технологию ионизации. Её изображение представлено на рисунке 2.

Башня применяет принцип положительной ионизации, при котором загрязняющие вещества, включая частицы PM2.5 и PM10, захватываются с помощью ионов, созданных в установке. В процессе работы положительные ионы притягивают отрицательно заряженные частицы загрязненного воздуха, которые оседают на электродах внутри башни, в то время как очищенный воздух выбрасывается обратно в атмосферу. Этот процесс

позволяет снизить концентрацию твердых частиц в воздухе на 75%, что значительно улучшает качество воздуха в городах с высоким уровнем загрязнения.

Рисунок 2 – Smog Free Tower

Smog Free Tower очищает до 30 000 м³ воздуха в час. Установка требует относительно низкого энергопотребления – около 1400 Вт·ч, что меньше, чем потребление обычного масляного обогревателя [3]. Финансирование проекта частично осуществляется за счет продажи ювелирных изделий, изготовленных из углерода, извлеченного из загрязненного воздуха. Собранная пыль уплотняется до состояния твердого вещества, после чего упаковывается в герметичную оболочку из прозрачного пластика [4]. В условиях современных мегаполисов с высокой концентрацией загрязняющих веществ, Smog Free Tower представляет собой решение, способное существенно снизить уровень загрязнения, не требуя при этом больших затрат на эксплуатацию и обслуживание [5].

Основной механизм работы CityTree заключается в том, что растения поглощают углекислый газ и другие загрязняющие вещества через фотосинтез, а активная фильтрация удаляет частицы PM2.5 и PM10. Структура башни представлена в разрезе на рисунке 5. Для фильтрации используется система активных фильтров, которая работает совместно с растениями, что позволяет значительно повысить эффективность очистки.

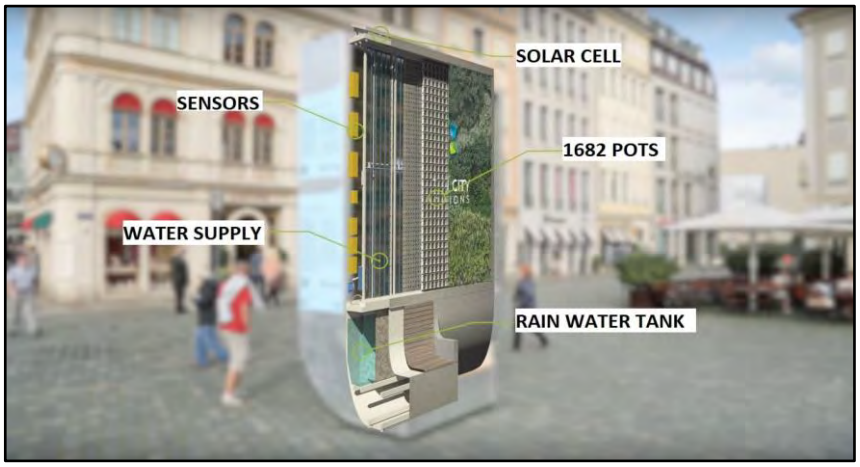


Рисунок 3 – Структурная составляющая CityTree

Один такой модуль эквивалентен по эффективности 275 деревьям, что позволяет существенно улучшить качество воздуха в условиях урбанизированной среды. Стоимость одного модуля составляет около $25 000, что делает его доступным решением для городских властей, а эксплуатационные расходы – примерно $1 000 в год. Срок службы

установки составляет 8-10 лет, что делает её долгосрочным решением для устойчивого улучшения качества воздуха [6].

Модуль способен очищать воздух от загрязняющих веществ в наиболее загрязнённых районах города. Множество таких установок уже работает в крупных европейских городах, включая Лондон, Париж и Осло. CityTree является важным инструментом для борьбы с городской загрязнённостью и может быть использован в качестве временного или постоянного решения для очистки воздуха в специфических районах, где традиционные методы очистки не всегда эффективны или экономически оправданы.

Заключение. Очистка воздуха в городах становится приоритетной задачей, учитывая рост загрязнения и его влияние на здоровье людей. Фотокаталитические очистители, Smog Free Tower и CityTree демонстрируют инновационные подходы к решению этой проблемы, снижая уровень вредных частиц и улучшая качество воздуха.

Список литературы

1. *Как фотокаталитический фильтр чистит воздух [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://xn--90aifdm6al.xn--p1ai/blog/fotokataliticheskij-filtr. Дата доступа: 20.03.2025*

2. *Как правильно выбрать фотокаталитические очистители воздуха [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://myprofnastil.ru/blog/2021/12/14/kak-pravilno-vybrat-fotokataliticheskie-ochistiteli-vozduxa. Дата доступа: 20.03.2025*

3. *Smog Free Tower – самая большая в мире установка по очистке воздуха от смога [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://econet.ru/articles/104457-smog-free-tower-samaya-bolshaya-v-mire-ustanovka-po-ochistke-vozduha-ot-smoga. Дата доступа: 20.03.2025*

4. *Проект Smog Free Tower превратит пекинский смог в ювелирные украшения [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/dronk/articles/395857/. Дата доступа: 20.03.2025*

5. *Установка из мха CityTree для очистки воздуха [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://sad.ukr.bio/ru/news/18510. Дата доступа: 20.03.2025*

6. *CityTree: the air pollution startup with the purifying power of 275 trees [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.google.com/document/d/1mGRZorcE1_8GsAObHaHj-GoFyjsRA3sIX9CSKS6IJ-Y/edit?tab=t.nvys69thc7qe. Дата доступа: 20.03.2025.*

UDC 48.6340.4

MODERN AIR PURIFICATION TECHNOLOGIES. PROTECTION FROM SMOG AND POLLUTION.

Haliak I.P. Mankevich R.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. The article provides an overview of modern air purification technologies aimed at reducing urban pollution. Photocatalytic cleaners using titanium dioxide (TiOh) to decompose organic pollutants, as well as innovative solutions from Smog Free Tower and CityTree using ionization and biofiltration methods, respectively, are considered. The principles of operation, efficiency, advantages and limitations of these technologies are evaluated. The importance of their integration into the urban environment to improve air quality and reduce the negative impact of pollutants on public health was noted.

Keywords: air purification, photocatalytic purifiers, titanium dioxide (tio_2), Smog Free Tower, CityTree, ionization, biofiltration, air pollution, PM2.5, PM10, ecology, urban environment, urban infrastructure

УДК 614.84:504.05

ВОЗГОРАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАК ИСТОЧНИК ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УГРОЗЫ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И АВТОМОБИЛЕЙ С ДВС

Каспере́ц Е. А., Бельский М. Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Цявловская Н.В. – магистр техн. наук, старший преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье проведен сравнительный анализ экологических последствий возгораний электромобилей (EV) и автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Актуальность исследования обусловлена ростом доли EV в транспортном секторе и отсутствием структурированных данных об их влиянии на окружающую среду при пожарах в сравнении с автомобилями с ДВС.

Ключевые слова: электромобили, ДВС-автомобили, возгорания, экологический ущерб, токсичные выбросы

Введение. Современный транспортный сектор переживает масштабную трансформацию, связанную с переходом на электромобили (EV) в рамках глобальной стратегии снижения углеродного следа. Однако рост доли EV на дорогах сопровождается новыми вызовами, среди которых особое место занимает проблема экологических последствий их возгораний. Цель исследования – выявить различия в токсичности выбросов и загрязнении окружающей среды при возгораниях EV и ДВС.

Основная часть. Возгорания транспортных средств являются серьезной проблемой, сопряженной с рисками для окружающей среды и безопасности людей. Основные причины пожаров в автомобилях зависят от типа транспортного средства и его энергетической системы. В случае электромобилей (EV) критическим фактором является термальный разгон литий-ионных батарей, тогда как в автомобилях с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) возгорания чаще всего связаны с утечкой топлива и электрическими неисправностями.

Термальный разгон – это неконтролируемый процесс самонагрева литий-ионного элемента, вызванный экзотермическими химическими реакциями между его электродами. Этот процесс приводит к быстрому повышению температуры, разрушению внутренних компонентов и выделению горючих газов, что может привести к возгоранию или взрыву батареи [1].

Процесс термального разгона начинается при температуре 70–90°C, когда батарея начинает самонагреваться. По мере роста температуры при 120–150°C происходит разложение сепаратора, что приводит к потере изоляции между электродами и увеличению риска короткого замыкания. Воспламенение электролита происходит при температурах свыше 200°C, а при 300°C и выше батарея полностью разрушается, сопровождаясь интенсивным выделением тепла и газов.

Основными факторами, приводящими к термальному разгону, являются:

– перегрев при зарядке, когда температура превышает 70°C, ускоряя химические реакции внутри аккумуляторных ячеек;

– производственные дефекты, такие как микротрещины, инородные частицы и дефекты покрытия электродов, повышающие вероятность короткого замыкания;

– механические повреждения, возникающие при ДТП, ударах и проколах батареи, что может привести к разрушению сепаратора и утечке электролита;

– электрические повреждения, включая короткое замыкание, переразряд или перезаряд, которые могут инициировать цепную реакцию самонагрева.

В отличие от электромобилей, в автомобилях с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) возгорания чаще всего происходят из-за неисправностей в топливной системе, электрической проводке и перегрева двигателей [2]. Основные причины пожаров в автомобилях с ДВС следующие:

– неисправности электрической и топливной систем;
– механические повреждения;
– нарушения правил эксплуатации;
– конструкционные риски;
– противоправные действия.

В случае возгорания транспортных средств в окружающую среду выбрасываются вредные вещества, состав которых зависит от типа двигателя. В случае автомобиля с ДВС основными загрязнителями являются угарный газ, сажа и оксиды азота, тогда как электромобили выделяют токсичные соединения, образующиеся при разложении аккумуляторов. В таблице 1 представлена статистика выбросов вредных веществ [3].

Таблица 1 – Сравнение концентраций вредных веществ при горении автомобиля с ДВС и электрокара

Вещество	**ДВС (мг/м³)**	**Электрокар (мг/м³)**	**ПДК (мг/м³)**	**Риски и примечания**
Угарный газ (CO)	508–722	416–618	20	Удушье, поражение ЦНС.
Оксиды азота (NOx)	5.1–6.1	1.1–3.3	5	Раздражение дыхательных путей, отек легких.
Бензол	6.7–15.8	–	1.5	Канцероген, лейкемия.
Фтороводород (HF)	3–3.2	5.3–7.3	0.5	Ожоги кожи, поражение легких.
Цианистый водород (HCN)	–	0.5	0.3	Остановка дыхания, смерть.
Диоксины	0.01–0.1	–	0.00001	Канцерогены, накапливаются в организме.
Твердые частицы (PM2.5)	96.2–883.1	51.1–289.4	25	Респираторные заболевания.
Литий	–	10.8–11.5	0,02	Реакция с водой – едкая щелочь (LiOH).

При возгорании автомобилей с ДВС основными токсикантами являются оксид углерода (CO, до 722 мг/м³) и бензол (до 15.8 мг/м³), вызывающие острые отравления и канцерогенные эффекты, а также оксиды азота (NOx, до 6.1 мг/м³) и твердые частицы PM2.5 (до 883.1 мг/м³), усугубляющие респираторные заболевания. Долгосрочные экологические риски связаны с диоксинами (0.01–0.1 мг/м³), способными к биоаккумуляции [3].

Для электрокаров критичны фтороводород (HF, до 7.3 мг/м³) и цианистый водород (HCN, до 0.5 мг/м³), выделяющиеся при термическом разложении батарей и приводящие к летальным исходам, а также литий (до 11.5 мг/м³), реагирующий с водой с образованием едкой щелочи [3].

Таким образом, ДВС связаны с хроническими рисками (канцерогены, PM2.5), тогда как электрокары характеризуются экстремально высокой острой токсичностью (HF, HCN) и специфическими опасностями от компонентов батарей [4].

На рисунке 1 представлено количество возгораний автомобилей с ДВС в США и электромобилей по всему миру

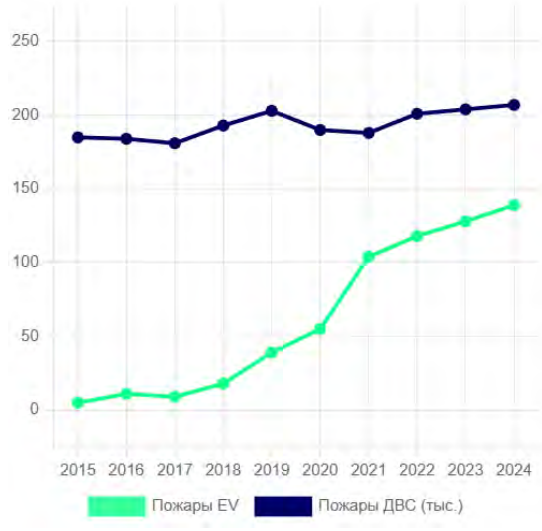


Рисунок 1 – Статистика возгораний автомобилей с ДВС [5] и электрокаров [6]

Заключение. В работе выполнен сравнительный анализ экологических последствий возгораний электромобилей (EV) и автомобилей с ДВС. Установлено, что возгорания EV сопровождаются выбросами высокотоксичных веществ (фтороводород, цианистый водород), создающих острые риски для здоровья, тогда как ДВС генерируют канцерогены и твёрдые частицы, вызывающие хронические заболевания. Несмотря на рост числа пожаров EV, их частота пока ниже, чем у ДВС, однако прогнозируемое увеличение доли электромобилей требует пересмотра мер безопасности.

Список литературы

1. *Mikolajczak C., Kahn M., White K., Long R. T. (2011) Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment: Final Report. Fire Protection Research Foundation, Exponent Failure Analysis Associates, Inc. Pp. 48–71.*

2. *Пасовец В. Н., Ковтун В. А., Тагиев Ш. Ш. (2022) Пожары на автотранспортных средствах: причины возникновения. Вестник ТГТУ. 25 (1), 123–130.*

3. *Emissions from an automobile fire: Chemical analysis and environmental impact. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653505006351. Дата доступа: 23.03.2025.*

4. *Comparison of the Fire Consequences of an Electric Vehicle and an Internal Combustion Engine Vehicle. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ineris.hal.science/ineris-00973680. Дата доступа: 24.03.2025.*

5. *National Fire Protection Association (NFPA). Vehicle Fire Trends in the U.S. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.nfpa.org. Дата доступа: 25.03.2025.*

6. *Fire Incidents, Trends, and Risk Mitigation Framework of Electric Vehicle Cars in Australia [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mdpi.com/2571-6255/6/8/325. Дата доступа: 25.03.2025.*

UDC 614.84:504.05

VEHICLE FIRES AS A SOURCE OF ENVIRONMENTAL THREAT: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ELECTRIC VEHICLES AND ICE VEHICLES

Kaspiarets Y.A., Belskiy M.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tsyavlovskaya N.V – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article presents a comparative analysis of the environmental consequences of fires involving electric vehicles (EVs) and internal combustion engine (ICE) vehicles. The relevance of the study is driven by the increasing share of EVs in the transportation sector and the lack of structured data on their environmental impact during fire incidents compared to ICE vehicles.

Keywords: electric vehicles (EVs), internal combustion engine (ICE) vehicles, fires, environmental damage, toxic emissions

УДК 615.8:615.22

ВЛИЯНИЕ НЕПРАВИЛЬНО ПОДОБРАННОЙ ОБУВИ НА ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Хлистунова К. В., Свиридович С. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной статье экспериментально исследовано воздействие носки неправильной обуви на весь организм человека. Установлено, что несоответствие обуви анатомическим особенностям стопы приводит к деформации пальцев, плоскостопию, поражениям кожи, а также заболеваниям суставов, позвоночника, системы кровообращения и внутренних органов. Выявлена связь между неудобной обувью и развитием патологий, таких как артрит, варикозное расширение вен, сколиоз и межпозвоночные грыжи. Предложены рекомендации по выбору обуви с учетом биомеханики стопы для минимизации негативных последствий. Полученные результаты могут быть полезны в ортопедии, медицине и индустрии производства обуви.

Ключевые слова: неправильная обувь, деформация стопы, анатомия, рекомендации, ортопедия

Введение. Обувь играет важную роль в жизни человека, выполняя как эстетическую, так и функциональную задачи. С одной стороны, обувь является элементом моды, подчеркивающим стиль и индивидуальность. С другой стороны, она должна обеспечивать комфорт и защиту стопы, предотвращая возможные негативные последствия для здоровья. Однако в современных условиях эти два аспекта зачастую противоречат друг другу, что приводит к серьезным проблемам.

В данной статье рассматриваются основные негативные последствия ношения неправильно подобранной обуви. Подробно анализируются возникающие деформации стоп, заболевания суставов, нарушения осанки, проблемы с кровообращением и их влияние на общее состояние организма. Также приводятся рекомендации по выбору обуви, способствующей сохранению здоровья стоп и предотвращению возможных осложнений.

Основная часть. Обувь выполняет две основные функции. Во-первых, это дань моде. Во-вторых, это защита и удобство. К сожалению, в последнее время эти два фактора взаимоисключаемы. Трудно найти обувь, соответствующую форме стопы, но из-за давления моды довольно легко найти стопу, подстроившуюся под форму обуви [1]. На рисунке 1 представлена деформация стоп из-за неправильной обуви.

Рисунок 1 – Деформация стоп

Ношение неправильно подобранной обуви оказывает серьезное влияние на весь организм, вызывая проблемы не только с ногами, но и с суставами, позвоночником и даже внутренними органами. Разберем детально, какие последствия могут возникнуть [2].

1 Стопы

– деформация стопы (узкая или тесная обувь приводит к искривлению пальцев, развитию вальгусной деформации (косточка на большом пальце), молоткообразным пальцам);

– плоскостопие (отсутствие должной поддержки свода стопы вызывает его опущение, что ведет к нарушению биомеханики ходьбы);

– натоптыши, мозоли, потертости (обувь неправильного размера или формы приводит к избыточному давлению и натиранию кожи);

– вросшие ногти (тесная обувь сдавливает ногти, заставляя их врастать в кожу, что вызывает воспаление и боль);

– грибковые инфекции (плохо вентилируемая обувь создает теплую и влажную среду, способствующую размножению грибков).

2 Суставы

– артрит и артроз (неправильное распределение нагрузки из-за неудобной обуви ускоряет износ суставов ног (колени, тазобедренные суставы));

– воспаление ахиллова сухожилия (обувь на плоской подошве без поддержки пятки (например, балетки) или с высоким каблуком приводит к перенапряжению ахиллова сухожилия);

– подошвенный фасциит (пяточная шпора) (чрезмерная нагрузка на пятку вызывает воспаление соединительной ткани стопы).

3 Позвоночник

– смещение центра тяжести (обувь на высоком каблуке заставляет корпус подаваться вперед, что увеличивает нагрузку на поясницу);

– сколиоз и кифоз (постоянная неправильная осанка в неудобной обуви может вызвать искривление позвоночника);

– грыжи межпозвоночных дисков (из-за неравномерного распределения нагрузки страдают межпозвоночные диски, что ведет к боли и дискомфорту) [3].

4 Кровообращение

– варикозное расширение вен (сдавливание стопы и икроножных мышц затрудняет кровоток, что может привести к варикозу);

– отечность ног (плохая циркуляция крови и лимфы приводит к задержке жидкости в тканях);

– синдром диабетической стопы (у людей с диабетом неправильная обувь может усугубить проблемы с кровообращением и привести к появлению незаживающих ран).

5 Внутренние органы

– нарушение работы желудка и кишечника (постоянное напряжение в пояснице и малоподвижность из-за болей в ногах могут спровоцировать проблемы с жкт);

– головные боли и усталость (неправильная осанка из-за неудобной обуви нарушает кровообращение в шее и голове, что вызывает головные боли).

6 Прикус

– дистальная или мезиальная окклюзия (из-за незначительной деформации стопы (наклон стоп при ходьбе)).

Рекомендации по выбору правильной обуви. Обувь не должна быть тесной. Для этого необходимо приобретать обувь во второй половине дня, так как ваши ноги увеличиваются в объеме на 3-8 % в течение дня. У большинства людей одна стопа немного длиннее другой, поэтому следует покупать обувь, исходя из той стопы, которая больше [4]. Линия сгиба плюснефалангового сустава должна располагаться в самой широкой части обуви. Эта линия не должна иметь швов или элементов дизайна, которые мешают естественному сгибу. Ширина носка должна соответствовать ширине стопы или быть шире нее. Материал обуви должен быть податливый и мягкий. Целесообразно избегать жесткой обуви с узкими носами.

На рисунке 2 представлены примеры правильной и не правильной обуви [5].

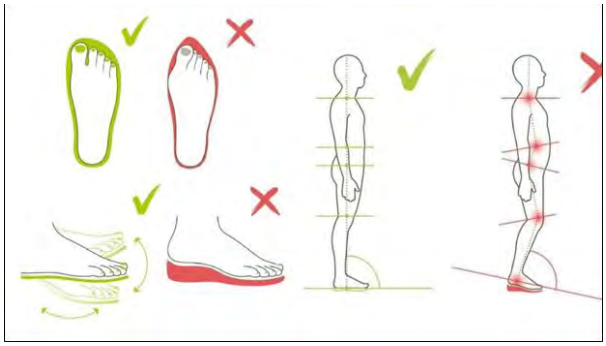


Рисунок 2 – Примеры правильной и неправильной обуви

Заключение. В ходе исследования проанализировано влияние неправильно подобранной обуви на организм человека. Установлено, что ношение обуви, не соответствующей анатомическим особенностям стопы, может привести к ряду серьезных последствий, затрагивающих не только ноги, но и суставы, позвоночник, кровообращение, внутренние органы и даже прикус. Определено, что основные проблемы, связанные с неудобной обувью, включают деформацию стопы, нарушения осанки, перегрузку суставов, ухудшение кровообращения и развитие хронических заболеваний. Особое внимание уделено выбору правильной обуви, позволяющей минимизировать негативные последствия.

Разработаны рекомендации по подбору обуви, основанные на принципах эргономики и физиологии. Предложено учитывать индивидуальные особенности стопы, выбирать обувь из мягких, податливых материалов и избегать чрезмерно узких или жестких моделей. Представленные результаты могут быть полезны как для потребителей, так и для специалистов в области ортопедии, медицины и дизайна обуви.

Список литературы

1. Опасная и правильная обувь для наших стоп [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://t-rexstudio.by/blog/idealnaya-obyv. Дата доступа: 01.03.2025.

2. От пяток до затылка: как влияет на наше здоровье неправильная обувь [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://shoesstar.ru/tpost/avmo4m7v91-ot-pyatok-do-zatilka-kak-vliyaet-na-nash. Дата доступа: 01.03.2025.

3. Правильная обувь для человека. Какая она? [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://dzen.ru/a/ZvKlIOS_8i8hOSR_. Дата доступа: 01.03.2025.

4. Удобная обувь [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://westkorn.ru/advices/udobnaya-obuv/. Дата доступа: 01.03.2025.

5. Леденева И. Н. (2020) Технология ремонта обуви: учебное пособие. Москва: ИНФРА-М. 373 с.

UDC 615.8:615.22

THE IMPACT OF IMPROPERLY FITTED FOOTWEAR ON THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM AND HUMAN HEALTH

Khlistunova K.V., Sviridovich S.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. The impact of wearing improper footwear on the whole human body has been experimentally investigated. It has been established that footwear mismatch with anatomical features of the foot leads to deformation of toes, flat feet, skin lesions, as well as diseases of joints, spine, circulatory system and internal organs. The connection between uncomfortable footwear and the development of pathologies such as arthritis, varicose veins, scoliosis and intervertebral hernia is revealed. Recommendations on footwear selection taking into account the biomechanics of the foot to minimize negative consequences are offered. The results obtained can be useful in orthopedics, medicine and footwear industry.

Keywords: improper footwear, foot deformity, anatomy, recommendations, orthopedics

УДК 331.101.1:684.43

ЭРГОНОМИКА ИГРОВЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ КРЕСЕЛ В СТИЛЕ СИДЕНИЙ ГОНОЧНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Колосович И.А., Шевченко Д.Л.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В статье рассматривается влияние игровых кресел, стилизованных под сиденья спортивных автомобилей, на комфорт и здоровье пользователей. Анализируются их эргономические особенности, преимущества и недостатки, а также влияние на осанку и работоспособность. Особое внимание уделяется сравнению игровой и правильной посадки, а также возможным негативным последствиям длительного использования таких кресел. Рассматриваются исследования, подтверждающие влияние посадки на здоровье киберспортсменов. В заключении подчеркивается важность выбора кресла с учетом эргономики для предотвращения проблем со здоровьем.

Ключевые слова: игровое кресло, сиденье спортивного автомобиля, эргономика, осанка, комфорт

Введение. Игровые кресла, стилизованные под сиденья спортивных автомобилей, становятся все более популярными среди людей, работающих за компьютером. Эти кресла отличаются агрессивным дизайном, высокой спинкой и поддержкой поясницы. Однако, несмотря на их распространенность, они имеют как преимущества, так и недостатки, которые важно учитывать при выборе.

Исследования показывают, что киберспортсмены подвержены различным проблемам со здоровьем, связанным с перегрузками. Наиболее распространенные жалобы включают боли в шее и спине (42%), боли в запястьях (36%) и боли в кистях (32%) [1]. Другое исследование 2019 года подтверждает, что снижение комфорта отрицательно сказывается на производительности геймеров [2].

Основная часть. Игровые кресла в стиле спортивных автомобилей появились как ответ на растущую популярность компьютерных игр и соревнований в киберспорте. Первыми подобные модели начали производить компании, ориентированные на автоспорт, вдохновляясь сиденьями гоночных автомобилей. Существует мнение, что производители адаптировали гоночные кресла для геймеров в маркетинговых целях. Сиденья гоночных автомобилей разработаны для фиксации тела пилота, предотвращения смещения в поворотах и удобного использования ремней безопасности (рис. 1).

Рисунок 1 – Кресло спортивной машины

Данное кресло предназначено для водителей гоночных автомобилей и должно жестко фиксировать гонщиков на месте. Основная цель таких сидений – это удерживать водителя в кресле при прохождении поворотов на высокой скорости. Как видно по картинке через специальные отверстия должны продеваться ремни безопасности для фиксации пилота на месте, а упоры для бедер, корпуса и плеч не дадут свободно скользить в стороны, что обеспечивает высокий уровень безопасности для водителя. На рисунках 2 и 3 изображена посадка водителя в такое сиденье.

Рисунок 2 – Посадка водителя в спортивное сиденье

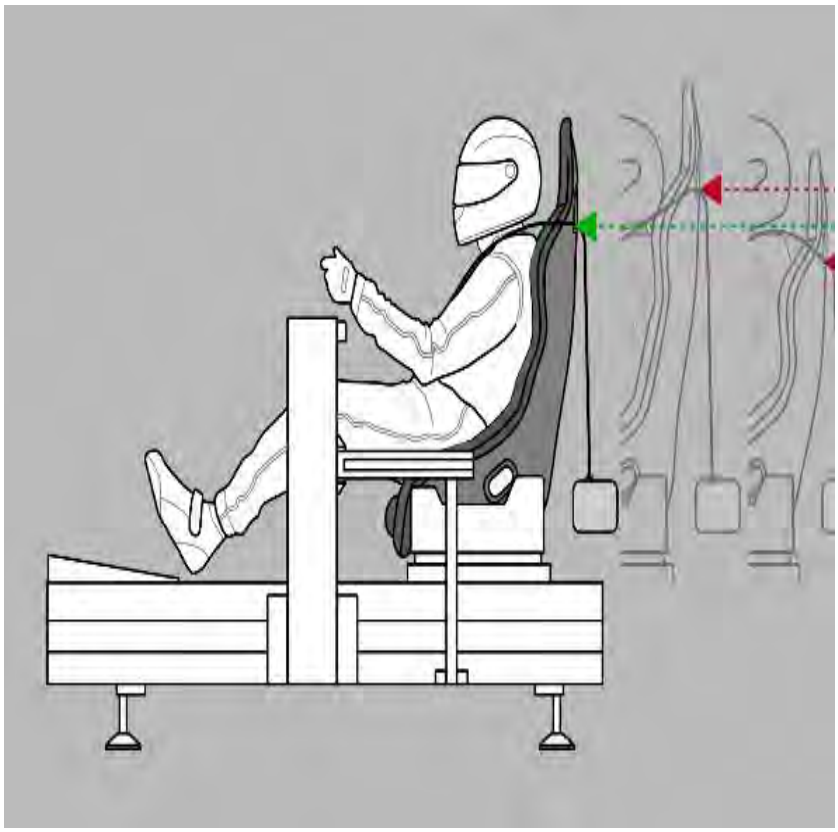


Рисунок 3 – Схематичное изображение посадки

Водитель спортивных машин обязан максимально чувствовать и контролировать машину, что идёт в ущерб комфорту. Как видно из рисунка 2 пилот держит руки максимально близко к рулю, а плечи слегка выдвинуты вперёд это позволяет обеспечить максимальный контроль руля. Данная позиция является верной для гонок, но вредна при

обычной посадке за столом. На рисунке 4 изображена правильная позиция при посадке за компьютером.

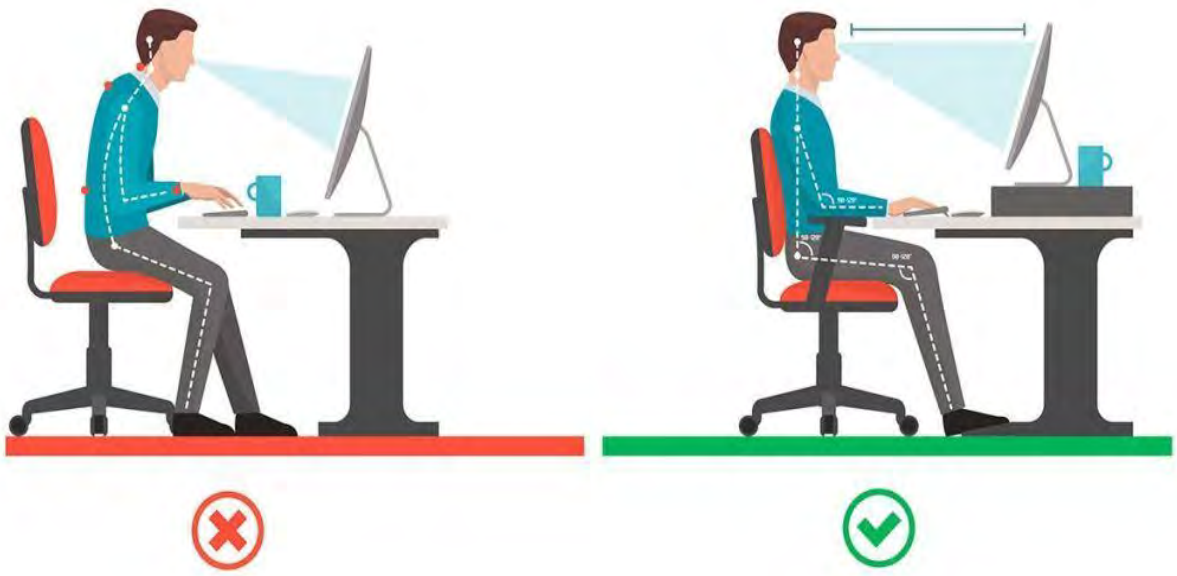


Рисунок 4 – Посадка за компьютером

Правильная поза для работы за компьютером предполагает ровную спину, расслабленные плечи и правильное расположение рук (рис. 4). В случае долго времени сидения за игровым креслом могут возникать проблемы с осанкой связанные с плохой эргономикой. Так же нередко в креслах могут использоваться материалы, которые плохо пропускают воздух, что ведёт к перегреву. Из-за неправильной постановки подлокотников может возникать неправильная позиция рук, что будет вызывать напряжение и боль в суставах, но нередко в креслах существует регулировка уровня, которая позволяет решить данную проблему. Кресла часто имеют в комплекте специальные подушки для спины и шеи, которые могут как помочь с правильной позицией спины при сидении за компьютером, так вести и к ухудшению осанки. Из-за формы кресла тело остается в статичной позе, что снижает кровообращение и вызывает онемение конечностей.

Из плюсов стоить отметить, что кресла могут иметь положительное психологическое влияние за счёт яркого дизайна. Зачастую имеют хорошую регулируемость, что позволяет удобно настраивать кресло под индивидуальные предпочтения. Также некоторые исследования указывают на снижение жесткости мышц при использовании таких кресел [3].

Заключение. Игровые кресла, стилизованные под сиденья спортивных автомобилей, популярны среди геймеров, но не всегда обеспечивают комфорт при длительном использовании. Их жесткая конструкция ограничивает движения, снижает кровообращение и может привести к проблемам с осанкой и суставами.

Хотя такие кресла обладают регулируемыми элементами и привлекательным дизайном, исследования показывают, что для длительной работы за компьютером лучше подходят эргономичные офисные кресла с динамической поддержкой.

Оптимальный выбор кресла зависит от задач пользователя: игровые кресла подходят для кратковременного использования, а для работы за компьютером предпочтительны модели с хорошей поддержкой спины и возможностью изменения позы.

Рекомендации:

– игровые кресла лучше использовать для кратковременных игровых сессий;

– для работы за компьютером предпочтительны кресла с динамической поддержкой спины;

– независимо от выбора кресла важно делать перерывы и менять позу, чтобы минимизировать негативное влияние длительного сидения.

Таким образом, игровые кресла – это маркетинговая адаптация автоспортивных сидений, которая не всегда соответствует требованиям комфортной и здоровой посадки за компьютером. Осознанный подход к выбору кресла поможет избежать проблем со здоровьем и повысить комфорт при работе.

Список литературы

1. *DiFrancisco-Donoghue J., Balentine J. R., Schmidt G., Zwibel H. (2019) Managing the health of the eSport athlete: an integrated health management model. BMJ Open Sport & Exercise Medicine, 5(1), e000467. DOI: 10.1136/bmjsem-2018-000467.*

2. *Gutierrez L. M., Santoso I., Putra R. (2019) Enhancement of Gaming Experience and Performance through an Ergonomically Designed Console Chair. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, IEOM Society International, October 2019, pp. 2456–2463.*

3. *Aeron vs. Gaming Chair – Performance, Perception and Muscle Stiffness in Video Game Players: A Comparative Investigation [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/379026607. Дата доступа: 11.04.2025.*

UDC 331.101.1:684.43

ERGONOMICS OF GAMING COMPUTER CHAIRS IN THE STYLE OF RACING CAR SEATS

Kolosovich I.A., Shevchenko D.L.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. This article examines the impact of gaming chairs styled after sports car seats on user comfort and health. It analyzes their ergonomic features, advantages, and disadvantages, as well as their effects on posture and productivity. Special attention is given to comparing gaming and proper seating positions, along with the potential negative consequences of prolonged use. Studies confirming the impact of seating posture on the health of esports players are also reviewed. The conclusion highlights the importance of choosing a chair with ergonomic considerations to prevent health issues.

Keywords: gaming chair, sports car seat, ergonomics, posture, comfort

УДК 614.84:628.9

ИННОВАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Маханьков Д.Д., Кулеш А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной работе анализируется и выявляются преимущества и недостатки инновационных средств пожаротушения объектов различного целевого назначения, проводится сравнительная характеристика с традиционными средствами.

Ключевые слова: пожар, дрон, квадрокоптер, пожаротушение, беспилотные летательные аппараты, инновационные технологии

Введение. В настоящее время вокруг нас с каждым днем растет количество реальных источников пожара, угрожающих жизни и здоровью людей. Согласно статистике, в Республике Беларусь количество пожаров в жилых зданиях и на производствах с каждым годом уменьшается. Так, например, за 2023 год было зарегистрировано 5742 пожара, что на 196 случаев меньше, чем за 2022 год [1]. Однако в 2024 году количество пожаров составило 6216, что говорит о том, что данный вид чрезвычайных ситуаций остается все ещё опасным и что необходимо внедрять новые технологии в средствах оперативного пожаротушения, с помощью которых можно незамедлительно ликвидировать возгорание во избежание жертв и материального ущерба.

Основная часть. Одним из самых ярких примеров инновационных технологий являются квадрокоптеры, или дроны, имеющие большое количество отличительных особенностей, которые будут рассмотрены далее. Управление этими устройствами осуществляется дистанционно, что помогает избегать прямого контакта спасателей с открытым огнем.

На данный момент высота самого высокого здания Беларуси составляет 138,6 м, автолестницы для подъема на такую высоту пока что отсутствуют (максимальная длина составляет 52 метра), следовательно, пожарному расчету при возгорании самых верхних этажей необходимо будет самостоятельно подниматься по лестничным пролетам для ликвидации пожара. Это занимает достаточно большой промежуток времени в отличие от дрона, которому потребуются считанные минуты для запуска и достижения нужной высоты. Так, например, базовая модель российского беспилотного летательного аппарата (БПЛА) Паук–30 может достигать высоты полета до 2500 метров, а модель от китайского производителя *DJI Matrice* 300 *RTK* вовсе поднимается до 7 километров со скоростью 23 м/с.

В настоящее время в Беларуси с учетом мелких лесопилок функционирует более 2500 предприятий деревообработки, связанных с заготовкой, механической и химической обработкой древесины [2]. Большое количество из этих хозяйственных субъектов находятся вдали от города, быстрый подъезд к которым зачастую осложнен ещё и неусовершенствованным дорожным покрытием (лесные и проселочные дороги). Это приводит к тому, что время прибытия пожарного расчета достигает нескольких часов, в течение которых большинство сооружений полностью сгорает. Поэтому принятие на вооружение отдаленными предприятиями квадрокоптеров для пожаротушения позволит оперативно реагировать на возникновение очага и препятствовать его дальнейшему распространению до прибытия спасателей.

Некоторые промышленные объекты занимают большую площадь (до десятков тысяч метров квадратных) и имеют сложную форму, из-за чего добраться до очага иногда становится проблематично. К таким предприятиям в Республике Беларусь можно отнести

ОАО «БелАЗ», ОАО «МТЗ», ОАО «Гомсельмаш» и др. Также в ходе пожара целостность массивных конструкций может быть повреждена, что чревато обрушением здания, следовательно, подвергает работников МЧС высокому риску. Эту проблему можно решить, если тушить пожар не с земли, а с воздуха с помощью дрона, который может подлететь практически в любую точку на относительно далекие расстояния. Например, дальность полета *DJI Matrice* 300 *RTK* составляет 15 километров, что не является пределом для ряда других моделей.

Беспилотные летательные аппараты также могут параллельно производить съемку места возгорания за счет оснащения камерами высокого разрешения и тепловизорами, помогающими пожарным оценить масштабы возгорания, выявить очаги, отследить динамику огня и найти пострадавших [3]. Шведский дрон *Flyability Elios* 2 имеет в своем оснащении 4*K*-камеру, тепловизор, *LED*-лампы и множеством датчиков, в число которых входит гироскоп, акселерометр, барометр и ультразвуковой датчик для стабилизации и навигации.

Ещё одним плюсом дронов является экономическая составляющая, так как эти устройства позволяют избегать использования тяжелой техники, такой как вертолеты, самолеты, а также большой численности наземных отрядов, что минимизирует денежные расходы.

Конечно, БПЛА в ходе своей эксплуатации имеют и ряд недостатков, ограничивающих их повсеместное распространение. К таковым можно отнести ограничение работы по времени на одном заряде батареи, у некоторых дронов это значение составляет всего 15-20 минут.

Ещё одним минусом является малая грузоподъемность, из-за чего перечень используемых дроном приспособлений и инструментов очень ограничен.

Дроны обязаны функционировать согласно строгим требованиям, установленным авиационными нормами. Эти требования нередко накладывают ограничения на использование беспилотников, особенно в экстренных случаях, где гибкость играет ключевую роль. Помимо этого, процесс получения нужных сертификатов для коммерческой эксплуатации, особенно в сфере пожаротушения, может оказаться затяжным и трудоемким.

Также следует помнить, что большинство квадрокоптеров изготавливаются с применением пластмасс, температура плавления которых в большинстве случаев не превышает +40-50°С, следовательно, некоторые дроны не могут приближаться вплотную к открытому огню.

И последним ограничивающим фактором будет необходимость прохождения специализированного обучения спасателями для овладения навыками профессионального управления многофункциональными беспилотными летательными аппаратами.

Если говорить о мировом рынке продаж противопожарных дронов, то его размер в 2023 году был оценен в 1,8 миллиарда долларов США и дальнейший рост этой суммы прогнозируется в районе 11% в год [4]. На рисунке 1 представлено количественное распределение беспилотных средств в мире по различным отраслям.

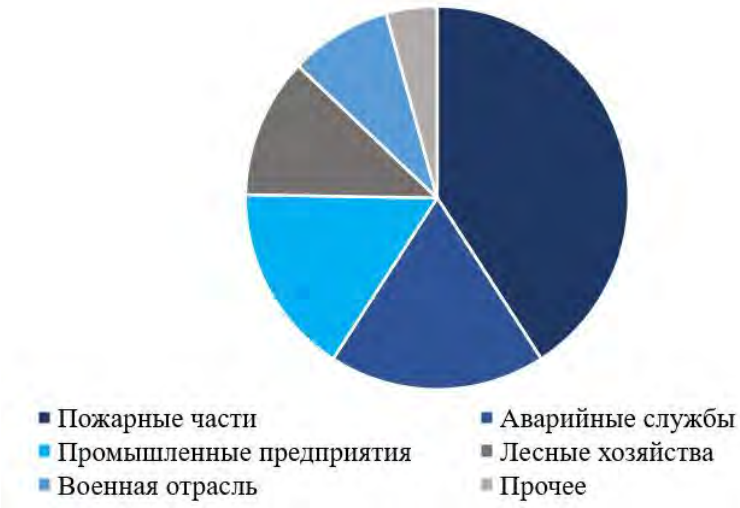


Рисунок 1 – Диаграмма количественного распределения пожарных дронов в мире по отраслям, 2023 г.

Заключение. Использование гибких печатных плат дает множество новых возможностей

Согласно данным за 2023 год БПЛА для ликвидации пожаров пользуются спросом не только у пожарных частей, но активно берутся на вооружение во многих отраслях промышленности и военного дела, что подчеркивает их реальную необходимость. На основании проведенного анализа можно сделать вывод о том, что внедрение и использование квадрокоптеров в пожарно-спасательной отрасли на территории Республики Беларусь является целесообразным и перспективным направлением, так как влечет за собой уменьшение случаев гибели людей, сокращения экономических расходов и рисков возникновения экологических проблем.

Список литературы

1. Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mchs.gov.by/ministerstvo/statistika/svedeniya-o-chs/. Дата доступа: 11.03.2025.

2. Деревообрабатывающая промышленность Беларуси: текущее состояние, проблемы и перспективы отрасли [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://factories.by/news/derevoobrabatyvayuschaya-promyshlennost-belarusi-tekuschee-sostoyanie-problemy-i-perspektivy. Дата доступа: 11.03.2025.

3. Пожарные дроны: как технологии меняют борьбу с огнем [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://xn--b1ae4ad.xn--p1ai/blog/post/pozharnye-drony-kak-tekhnologii-menyayut-borbu-s-ognem. Дата доступа: 11.03.2025.

4. Размер рынка противопожарных дронов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/firefighting-drone-market. Дата доступа: 13.03.2025.

UDC 614.84:628.9

INNOVATIVE FIRE EXTINGUISHING MEANS

Makhankov D.D., Kulesh A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. This paper analyzes and identifies the advantages and disadvantages of innovative fire extinguishing means for facilities of various purposes, and provides a comparative analysis with traditional means.

Keywords: fire, drone, quadcopter, firefighting, unmanned aerial vehicles, innovative technologies

УДК 349.2:504.06(476)

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Неменко А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Франко Е.П. – к.т.н, доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Представленный доклад комплексно описывает национальную систему экологической и промышленной безопасности Республики Беларусь. Он раскрывает структуру системы, состоящую из законодательных органов, государственных органов управления, субъектов хозяйственной деятельности, научных и образовательных учреждений и общественных организаций, объединенных общей целью – обеспечением экологически безопасного и устойчивого развития страны.

Ключевые слова: Национальная система экологической и промышленной безопасности Республики Беларусь, экологическая безопасность, нормативно-правовая база, промышленная безопасность, технические регламенты, защита окружающей среды, здоровье населения, нормативно-техническое регулирование

Введение. Экологические проблемы, с которыми сталкивается человечество, становятся все более актуальными в условиях стремительного роста промышленного производства и увеличения антропогенной нагрузки на окружающую среду. По мнению экспертов эта ситуация представляет собой серьезную угрозу не только для экосистем, но и для здоровья людей и будущих поколений.

Республика Беларусь, руководствуясь принципами устойчивого развития, придаёт первостепенное значение формированию эффективной национальной системы экологической и промышленной безопасности. Эта система, направленная на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду и обеспечение безопасности населения, является ключевым элементом государственной политики.

Данный доклад посвящен анализу национальной системы экологической и промышленной безопасности Республики Беларусь, акцентируя внимание на нормативно-техническом регулировании, являющемся основой функционирования данной системы.

Основная часть. Экологическая безопасность Республики Беларусь.Экологическая безопасность – комплекс организационно-технических мер, направленных на защиту окружающей среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, и угроз возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий. Нормативно-правовая база экологической безопасности Республики Беларусь представляет собой систему, в основе которой лежит Конституция Республики Беларусь, закрепляющая право граждан на благоприятную окружающую среду. Ключевым элементом является Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», определяющий принципы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, а также регулирующий отношения в сфере экологического нормирования, экспертизы и контроля. Важное значение имеют законы, регулирующие отдельные аспекты охраны окружающей среды, такие как «Об охране атмосферного воздуха», «О животном мире», «О растительном мире», «Об обращении с отходами», «О питьевом водоснабжении» и другие, которые устанавливают конкретные требования и ограничения в соответствующих областях. Кроме законов, в систему входят указы и декреты Президента Республики Беларусь, постановления Совета Министров Республики Беларусь и нормативные правовые акты министерств и ведомств, устанавливающие технические нормы и правила, санитарные нормы и правила, а также иные обязательные требования в области охраны окружающей

среды и природопользования, обеспечивая комплексное регулирование экологической безопасности на территории страны [1].

Меры по обеспечению экологической безопасности и благоприятного качества окружающей среды предусмотрены программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021 – 2025 годы и другими государственными программами, такими как «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов», «Белорусский лес», «Энергосбережение», «Комфортное жилье и благоприятная среда».

Помимо этого, важен и национальный план действий по развитию зеленой экономики на 2021 – 2025 годы – это комплексный документ, который реализуется по 12 направлениям с участием 48 заинтересованных госорганов и организаций [1].

Основополагающие цели в области охраны окружающей среды, отражающие их индикаторы и показатели, приоритетные направления деятельности, механизмы их реализации и ожидаемые результаты определены Стратегией в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2035 года, утвержденной 24 декабря 2021 г. приказом Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Данная стратегия конкретизирует приоритеты в экологической сфере, такие как сокращение выбросов загрязняющих веществ, улучшение управления отходами, сохранение биоразнообразия и развитие экологического образования [2].

Национальные интересы в экологической сфере согласно проекту Концепции национальной безопасности Республики Беларусь, одобренному Советом Безопасности Республики Беларусь 6 марта 2023 г.:

– сохранение благоприятной окружающей среды для жизнедеятельности населения;

– преодоление негативных последствий радиоактивного загрязнения и иных чрезвычайных ситуаций, реабилитация экологически нарушенных территорий;

– экологически ориентированное социально-экономическое развитие государства;

– рациональное (устойчивое) использование природно-ресурсного потенциала, а также сохранение биологического и ландшафтного разнообразия, экологического равновесия природных систем;

– адаптация к изменению климата [3].

Промышленная безопасность Республики Беларусь. Промышленная безопасность – это комплекс мер и мероприятий, направленных на предотвращение и минимизацию рисков, связанных с производственной деятельностью, а также на защиту жизни и здоровья работников, окружающей среды и имущества предприятий от аварий, катастроф и других опасных ситуаций.

Национальные интересы Республики Беларусь в сфере промышленной безопасности заключаются в обеспечении защиты жизненно важных интересов личности, общества и государства от аварий и инцидентов на опасных производственных объектах, а также минимизации техногенного воздействия промышленности на окружающую среду. Нормативно-правовая база промышленной безопасности в РБ включает ряд ключевых документов, таких как Закон Республики Беларусь «О промышленной безопасности», который устанавливает правовые и организационные основы обеспечения промышленной безопасности, определяет права и обязанности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, а также регулирует вопросы лицензирования, декларирования безопасности и страхования ответственности за вред, причиненный в результате аварии. Важными являются также технические регламенты, устанавливающие требования безопасности к оборудованию, процессам и объектам, и постановления Совета Министров, утверждающие положения о порядке осуществления надзора в области промышленной безопасности и устанавливающие критерии отнесения объектов к опасным производственным. Концептуальные подходы к обеспечению промышленной безопасности отражены в различных государственных программах и стратегиях, направленных на

повышение уровня безопасности, снижение рисков аварий и инцидентов, а также совершенствование системы государственного надзора и контроля в данной сфере. Основные интересы заключаются в предотвращении аварий, обеспечении готовности к ликвидации их последствий, создании безопасных условий труда и охране окружающей среды от негативного воздействия промышленных объектов [4].

Заключение. Национальная система экологической и промышленной безопасности Республики Беларусь является важным инструментом для обеспечения устойчивого развития страны и защиты окружающей среды и здоровья населения. Совершенствование нормативно-технического регулирования, эффективный государственный контроль, внедрение современных технологий и повышение экологической культуры населения являются ключевыми направлениями развития данной системы. Дальнейшее развитие национальной системы экологической и промышленной безопасности позволит обеспечить устойчивое развитие Республики Беларусь и сохранить благоприятную окружающую среду для будущих поколений.

Список литературы

1. *Экологическая безопасность [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://gudevichi.by/wp-content/uploads/2023/06/ekologicheskaya-i-biologicheskaya-bezopasnost-respubliki-belarus.pdf. Дата доступа: 23.03.2025*

2. *Министерство природы [Электронный ресурс]. Режим доступа : https://minpriroda.gov.by/uploads/files/2021/strategija-oxr.okr.sredy-do-2035g..pdf. Дата доступа: 23.03.2025*

3. *Национальные интересы в экологической сфере [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.sb.by/articles/zashchishchennost-sredy-i-zhizni.html. Дата доступа: 25.03.2025*

4. *Промышленная безопасность. Закон о промышленной безопасности [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=H11600354. Дата доступа: 25.03.2025*

UDC 349.2:504.06(476)

THE NATIONAL SYSTEM OF ENVIROMENTAL AND INDUSTRIAL SAFETY OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Nemenko A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Franko E.P. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EET

Annotation. The presented report comprehensively describes the national environmental and industrial safety system of the Republic of Belarus. It reveals the structure of the system, consisting of legislative bodies, government agencies, business entities, scientific and educational institutions and public organizations united by a common goal – to ensure the environmentally safe and sustainable development of the country.

Keywords. National system of environmental and industrial safety of the Republic of Belarus, environmental safety, regulatory framework, industrial safety, technical regulations, environmental protection, public health

УДК [621.38+658.567.1]:504.5(476-25)

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ОБЪЕМОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ В МИНСКЕ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Рута А.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Хлудеев И.И. – к. б. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Данная научная работа исследует влияние электрических и электронных отходов на окружающую среду в Минске за последние десять лет, подчеркивая их значительную роль в формировании экологической ситуации в регионе. Особое внимание уделяется вызовам и проблемам, связанным с неправильной утилизацией отходов, а также возможным последствиям для здоровья населения и экосистемы.

Ключевые слова: электронные отходы, экологическое воздействие, утилизация отходов

Введение. Электронные отходы (ЭЭО) представляют собой одну из наиболее серьезных экологических проблем современных городов, включая Минск. С увеличением потребления электроники и сокращением сроков службы устройств объемы ЭЭО растут, что приводит к значительным негативным последствиям для окружающей среды и здоровья населения. Неправильная утилизация этих отходов может привести к загрязнению почвы, воды и воздуха, а также к увеличению выбросов токсичных веществ и парниковых газов.

Основная часть. Электронные отходы (ЭЭО) представляют собой одну из наиболее серьезных экологических проблем современных городов, включая Минск. С увеличением потребления электроники и сокращением сроков службы устройств объемы ЭЭО растут, что приводит к значительным негативным последствиям для окружающей среды и здоровья населения. Неправильная утилизация этих отходов может привести к загрязнению почвы, воды и воздуха, а также к увеличению выбросов токсичных веществ и парниковых газов.

Электронные отходы содержат тяжелые металлы (свинец, ртуть, кадмий) и токсичные химические вещества. Это может приводить к загрязнению сельскохозяйственных земель и источников питьевой воды. При сжигании электронных отходов выделяются диоксины и фураны, которые являются высокотоксичными веществами. В Минске такие случаи могут происходить на несанкционированных свалках. Значительная часть электронных отходов по-прежнему попадает на полигоны твердых коммунальных отходов, где они разлагаются десятилетиями, выделяя вредные вещества [1].

Согласно данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, объемы электронных отходов в стране растут с каждым годом. В среднем в Беларуси ежегодно образуется около 100 000 тонн электронных отходов. Минск, как наиболее населенный и экономически развитый регион, вносит значительный вклад в этот объем. За последние десять лет рост объема электронных отходов оценивается в 20-30%, что соответствует общемировой тенденции.

Если рассматривать структуру образования отходов производства без учета крупнотоннажных отходов, то в общей массе отходов в 2022 году доля отходов минерального происхождения составила 44,3 %, отходов растительного и животного происхождения – 21,7 %, отходов жизнедеятельности населения и подобных им отходов промышленности – 4,8 %, отходов химических производств и производств, связанных с ними – 3,9 %, отходов (осадков) водоподготовки котельно-теплового хозяйства и питьевой воды, очистки сточных, дождевых вод и использования воды на электростанциях – 10,1 % и медицинских отходов – 0,1 %. Объем отходов в Минске вырос с 2,61 млн тонн (2021 год) до 2,64 млн тонн (2022 год), что является небольшим, но положительным изменением [2].

На начало 2019 года в городе Минск имелось 407,97 тонн отходов. В течение года было образовано значительное количество отходов – 3012,49 тонн. Из этого объема было использовано 2889,33 тонны отходов, что свидетельствует о высоком уровне переработки и утилизации. При этом всего было удалено 123,16 тонны отходов, все из которых хранились на территории предприятий. В результате, к концу года количество отходов сократилось до 347,27 тонн (таблица 1):

Таблица 1 – Наличие, образование и движение отходов производства в г. Минск в 2019 году

Наличие отходов на начало года	**Образовалось отходов за год**	**Использовано, передано отходов за год**	**Удалено отходов**			**Наличие отходов на конец года**
			Всего	**На объектах хранения**	**на хранение на территории предприятия**	
407,97	3012,49	2829,33	279,3	0,2	35,25	347,27

Неконтролируемая утилизация ЭЭО приводит к серьезным экологическим последствиям. Исследования показывают, что тяжелые металлы (свинец, ртуть, кадмий), содержащиеся в электронике, загрязняют почву и водные ресурсы. Например, в 2022 году было зафиксировано, что 15% проб почвы вблизи мест хранения ЭЭО превышали допустимые уровни токсичных веществ. Выбросы парниковых газов при сжигании увеличились на 25% с 2015 года, что усугубляет проблему изменения климата. Недостаточная утилизация ЭЭО также влияет на здоровье жителей Минска. По данным исследований, связанных с воздействием тяжелых металлов, в 2021 году отмечено увеличение случаев заболеваний органов дыхания на 10% в районах, расположенных вблизи несанкционированных свалок. По оценкам специалистов, 20% случаев отравлений в Минске связано с загрязнением окружающей среды [3].

Накопление электронных отходов не только вредит экологии, но и приводит к значительным экономическим потерям. По оценкам экспертов, ежегодно в Минске теряется до 15 млн рублей из-за невозможности извлечь и переработать ценные компоненты из ЭЭО. Кроме того, расходы на ликвидацию последствий загрязнения (очистка почвы, лечение заболеваний, вызванных токсинами) ложатся на бюджет города, отвлекая средства от других социальных программ.

Объем образования отходов 1–3 классов опасности на предприятиях Минска в 2022 году составил 2 287,2 тыс. тонн. Эти отходы образуются в основном на предприятиях химического и машиностроительного профиля, а также при эксплуатации транспортных средств. В категории отходов 1–3 классов опасности можно выделить следующие группы: отходы гальванических производств, отработанные аккумуляторы и масла, а также нефтесодержащие шламы, загрязненные грунты и отходы резинотехнических изделий, минеральные шламы, металлические шламы, отходы лакокрасочных материалов, а также отработанные щелочи и органические растворители.

В последние годы в Минске были предприняты шаги для улучшения ситуации с утилизацией. В 2018 году был запущен проект по созданию центра по сбору и переработке ЭЭО, который в 2023 году обработал 5,5 тысяч тонн отходов. Программы по повышению осведомленности среди населения о необходимости переработки ЭЭО были внедрены в школах и общественных организациях. В Минске реализуются программы по сбору и утилизации электронных отходов, включая акции по приему старой техники от населения. Развивается инфраструктура для переработки электронных отходов, включая строительство новых предприятий. Введены требования к производителям и импортерам электроники по организации сбора и утилизации отходов. Хотя программы осведомленности дали первые результаты, уровень участия жителей Минска в раздельном сборе ЭЭО остается низким – лишь 22% населения регулярно сдают технику в специализированные пункты. Для сравнения: в Вильнюсе этот показатель достигает 45% [4].

На рисунке 1 представлена динамика показателей объема образования отходов производства в разрезе областей Беларуси и города Минска за период с 2014 по 2020 годы. У некоторых областей можно заметить явные пики в определенные годы, что может быть связано с экономической активностью или изменениями в промышленности. Минская или Могилевская области всегда занимают лидирующие позиции.

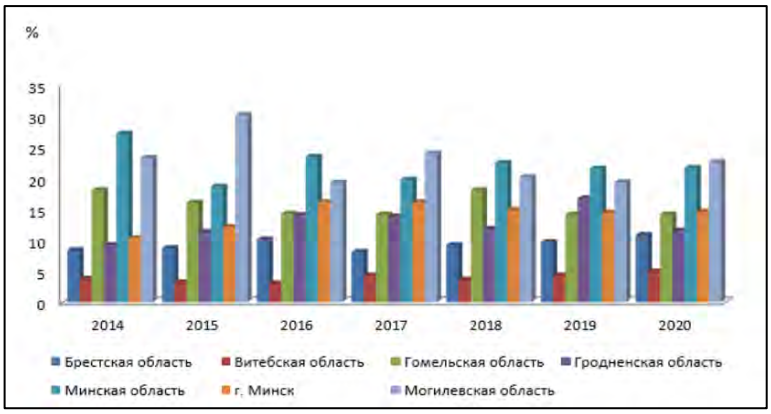


Рисунок 1 – Динамика показателей объема образования отходов производства в разрезе областей и г. Минска, 2014 – 2020 годы

Заключение. Электронные отходы представляют собой серьезную экологическую проблему для Минска, оказывая негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения. За последние десять лет объемы ЭЭО в городе значительно увеличились, что связано с ростом потребления электроники и сокращением срока ее службы.

Для минимизации негативного воздействия ЭЭО необходимо внедрение эффективных систем сбора, переработки и утилизации, а также повышение экологической культуры населения. Успешная реализация таких мер будет способствовать устойчивому развитию Минска и улучшению экологической ситуации в регионе.

Список литературы

1. Информация о проектах и программах по утилизации электронных отходов в Минске. – Минск, 2023. – 8 с.

2. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Статистические данные по отходам. – Минск, 2023. – № 3. – С. 98–104.

3. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень. – Минск, 2023. – № 4. – С. 93–108.

4. Исследования по влиянию ЭЭО на здоровье населения // Журнал экологии и здоровья. – 2021. – № 4. – С. 16–25.

UDC [621.38+658.567.1]:504.5(476-25)

ANALYSING THE DYNAMICS OF INDUSTRIAL AND ELECTRONIC WASTE VOLUMES IN MINSK AND THEIR ENVIRONMENTAL IMPACT

Ruta A.M.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Khludeev I.I. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. This research paper investigates the impact of electrical and electronic waste on the environment in Minsk over the last ten years, emphasising its significant role in shaping the environmental situation in the region. Particular attention is paid to the challenges and problems associated with improper waste disposal, as well as possible consequences for public health and the ecosystem.

Keywords: e-waste, environmental impact, waste management.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ЭКСТРЕННОЙ ДОСТАВКИ ЖИЗНЕННО ВАЖНЫХ ГРУЗОВ

Шматкова А.В., Краснов Н.А., Василюк Д.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. В данной работе исследуется использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для оперативной доставки средств первой необходимости в труднодоступные места во время чрезвычайных ситуаций (ЧС). Проведен анализ как преимуществ, так и ограничений данной технологии, а также предложены различные методы повышения эффективности ее применения. Приведены результаты экспериментальных испытаний, подтверждающих целесообразность использования дронов для организации логистики средств первой помощи в условиях ЧС.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, доставка средств первой необходимости, чрезвычайные ситуации, логистика, дроны

Введение. Развитие технологий в области беспилотных летательных аппаратов ведет к их стремительному внедрению и активному использованию в самых различных отраслях. Современные БПЛА обладают высокими эксплуатационными характеристиками, такими как маневренность, способность работать в условиях ограниченной видимости и автономности, что делает их идеальными для выполнения множества задач. Одной из самых актуальных задач, возникающих на стыке технологий и гуманитарной помощи, является использование дронов для быстрой и эффективной доставки жизненно важных товаров в труднодоступные и удалённые регионы, где традиционные методы транспортировки могут оказаться либо недоступными, либо чрезвычайно сложными и затратными. Особое значение это приобретает в условиях чрезвычайных ситуаций, таких как природные катастрофы, техногенные аварии или военные конфликты, когда логистика обычных транспортных средств может быть существенно ограничена или полностью парализована. В таких ситуациях беспилотные летательные аппараты становятся не только удобным, но и порой единственным доступным средством доставки медикаментов, продовольствия, оборудования и других необходимых товаров первой необходимости в районы, где помощь может быть жизненно необходимой, но доступ к ним ограничен.

Основная часть. Чрезвычайные ситуации, такие как стихийные бедствия, военные действия и эпидемии, часто приводят к разрушению транспортной инфраструктуры, что осложняет доставку жизненно необходимых товаров. В данных условиях эффективная логистика приобретает особую значимость.

Традиционные способы транспортировки, такие как автомобили, вертолеты и суда, имеют определенные ограничения, включая зависимость от погодных условий, сложности в организации логистики и высокие эксплуатационные расходы. В этом контексте беспилотные летательные аппараты (БПЛА) выступают в качестве альтернативного решения, обеспечивая быструю и безопасную доставку средств первой необходимости в удаленные или пострадавшие регионы.

Использование дронов для доставки средств первой необходимости имеет несколько значимых преимуществ:

– высокая скорость и независимость: дроны способны преодолевать большие расстояния без привязки к дорожной инфраструктуре;

– снижение рисков: применение БПЛА уменьшает угрозу для спасателей и медицинских сотрудников;

– финансовая выгода: затраты на эксплуатацию дронов оказываются меньше, чем на традиционные способы транспортировки, особенно в удаленных и труднодоступных регионах;

– удобство планирования маршрутов: возможность разработки наиболее эффективных траекторий доставки, не зависящих от инфраструктуры.

В современном мире дроны все шире используются в разных государствах для оперативной транспортировки средств первой необходимости:

– программа Zipline (Руанда, Гана): дроны используются для доставки крови, вакцин и лекарств в сельские районы, что значительно сокращает время транспортировки [1];

– проект в Швейцарии: дроны компании Matternet осуществляют доставку медицинских образцов между больницами, снижая нагрузку на наземный транспорт [2];

– испытания в США и Европе: проведены успешные тестирования доставки инсулина и дефибрилляторов при помощи беспилотных летательных аппаратов [3].

Несмотря на очевидные преимущества, повсеместное применение дронов имеет определенные проблемы:

– незначительная грузоподъемность: существующие модели дронов способны транспортировать только ограниченное количество товаров первой помощи;

– климатические условия: неблагоприятная погода, такая как сильный ветер или осадки, может существенно повлиять на возможности использования дронов.

Чтобы расширить возможности использования беспилотных летательных аппаратов в срочной доставке средств первой необходимости, требуется:

– создание более производительных и экономичных дронов с повышенной грузоподъемностью и увеличенным радиусом действия.

– формирование унифицированных глобальных стандартов и упрощение нормативных требований для применения БПЛА в здравоохранении.

В странах СНГ дроны для доставки средств первой необходимости постепенно внедряются, но их использование пока не так широко распространено, как, например, в США или Китае. Однако интерес к этой технологии растёт, особенно в сфере логистики, медицины и МЧС.

Дроны с увеличенной грузоподъемностью являются необходимым решением для доставки средств первой необходимости в отдаленные регионы во время чрезвычайных ситуаций. Хотя легкие дроны, с грузоподъемностью до 5 кг, хорошо справляются с доставкой небольших посылок и лекарств, их возможности по объему перевозимого груза и дальности полета ограничены, что снижает их эффективность в крупных гуманитарных операциях (рисунок 1):

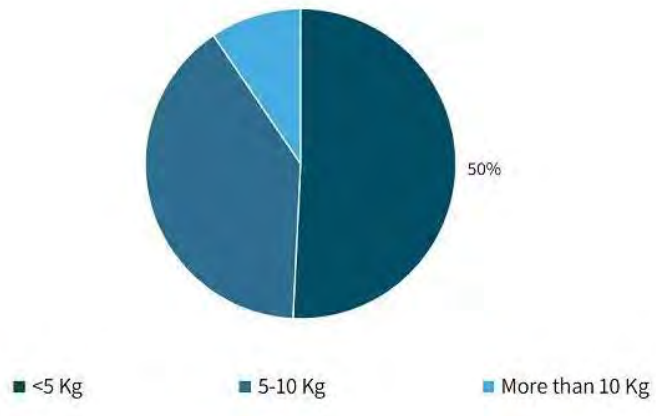


Рисунок 1 – Рыночная доля дронов доставки

Во время ЧС, таких как природные катастрофы, эпидемии или вооруженные конфликты, критически важно оперативно доставлять не только медикаменты, но и большие объемы воды, продовольствия, медицинского оборудования и других средств жизнеобеспечения. Для этого требуются дроны с высокой грузоподъемностью, способные транспортировать сотни килограммов груза на значительные расстояния. Уже существуют примеры использования таких решений. Например, в 2023 году китайская компания EHang представила грузовой дрон EH216, способный перевозить до 220 кг груза, что делает его перспективным для гуманитарных миссий [4].

Одним из самых перспективных направлений является использование дронов для доставки различных товаров, от медицинских средств до повседневных товаров, что особенно актуально в условиях повышения требований к скорости и эффективности транспортировки.

Одной из лидирующих стран в данной области является США. Рынок дронов доставки в США находится на стадии активного развития, при этом ключевыми факторами роста являются технологические инновации и спрос на эффективные логистические решения (рисунок 2):

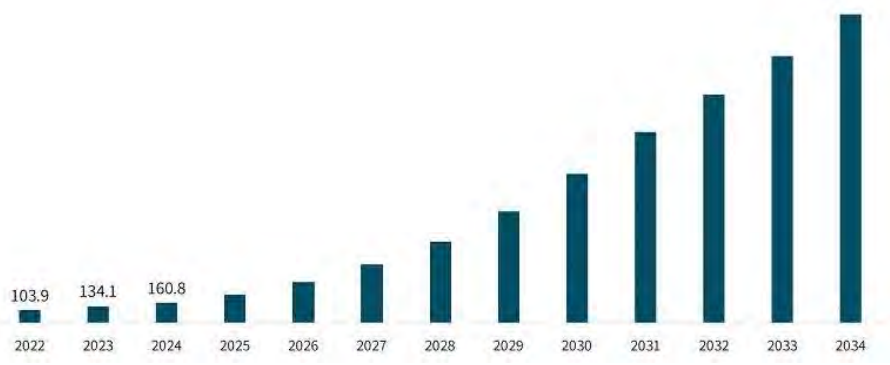


Рисунок 2 – Анализ рынка дронов-доставщиков

– 2022 г.: объем рынка оценивается в 103,9 млн долларов.

– 2023 г.: ожидается рост до 134,1 млн долларов (+29,1% за год).

– 2024 г.: прогнозируемый объем составит 160,8 млн долларов (+19,9% к предыдущему году).

В первые два года (2022–2024) рынок демонстрирует значительное увеличение (CAGR ~24,5%), что связано с внедрением технологий и расширением пилотных проектов.

Данные за 2025–2034 гг. не приведены, но общая динамика предполагает дальнейшее расширение рынка, хотя, вероятно, с постепенным снижением годовых темпов роста из-за регуляторных и инфраструктурных ограничений [5].

Страны Содружества Независимых Государств (СНГ) постепенно внедряют технологии доставки дронами, сталкиваясь с уникальными вызовами, но демонстрируя первые успехи.

1 июля 2017 года Казахстан провел тестовые полеты по 30 маршрутам в 9 районах 4 областей Казахстана. За 250 часов полетов (более 9 тыс. км), дроны доставили 500 кг периодики. В компании подсчитали, что если, к примеру, доставлять корреспонденцию по маршруту с.Узынагаш - с. Дегерес Жамбылского района Алматинской области, на автомобиле этот путь займет около 4 часов (почтовый маршрут составляет 155км), а дрон проделает этот путь за 40 мин (40 км в пути) [6].

Правительством России на ближайшие три года установлен экспериментальный правовой режим. На базе этого режима была проведена доставка в труднодоступные районы (Якутия, Сибирь).

В 2022–2023 гг. дроны доставляли медикаменты и мелкие грузы в поселки с экстремальными зимними температурами (до -50°С). Использовались дроны с повышенной морозоустойчивостью и дальностью полёта до 50 км [7].

В 2023 году в Подмосковье тестировали доставку еды и товаров дронами. Использовались аппараты грузоподъёмностью до 5 кг. В Иннополисе (Татарстан) проводятся испытания автономных полётов в городской среде [8].

Беларусь является прямым конкурентом в области применения дронов. Летом 2016 года в Минске была осуществлена экспериментальная доставка денег с помощью дрона. «Белгазпромбанк» инкассировал небольшую сумму наличных из головного офиса своему партнеру – Автомобильному Дому «Энергия ГмбХ». Дорога от Притыцкого, 60/2 до Тимирязева, 68 заняла около 10 минут. К дрону DJI Matrice была прикреплена небольшая коробка, в которую присутствующие положили 100 белорусских рублей и $100. Доверился новой технологии даже заместитель председателя правления Нацбанка Дмитрий Лапко: добавил к общей сумме 1 белорусский рубль. После приземления на второй точке в ящик была добавлена часть наличных, после чего он отправился обратно. В общей сложности дорога туда и обратно составила около 7 км [9].

В Беларуси есть стартап который делает уникальный курьерский дрон. Планы у создателей белорусского стартапа Dronex грандиозные. В теории летательный аппарат сможет доставлять товары не только намного быстрее, но и дешевле курьеров. Основатель проекта Владимир Давыдов рассказал о сложностях разработки беспилотников и том, как при заказе пиццы еда окажется в буквальном смысле у вас за окном. Разработка проекта ведется в «Минском хакерспейсе» на улице Беды.

«Беларусь хороша наличием высококвалифицированных инженеров, которые создают качественный продукт. Так что разрабатываем проект здесь, а внедрять будем на других рынках» [10].

Каждый полёт дрона должен быть заранее согласован с региональным центром Единой системы планов. Без этого разрешения запуск аппарата считается нарушением закона.

Развитие беспилотных технологий в области логистики должно учитывать не только скорость доставки, но и возможность перевозки тяжелых и объемных грузов в условиях ЧС, где легкие дроны уже не так эффективны.

Одним из важнейших факторов развития дронов для доставки в экстренных ситуациях является повышение точности навигации и уровня автономности. На сегодняшний день многие БПЛА нуждаются в операторском контроле для управления полетом и маршрутом, что ограничивает их применение в ситуациях, требующих быстрых и оперативных решений без постоянного человеческого вмешательства. В связи с этим, актуальной задачей выступает внедрение более продвинутых технологий таких как: искусственный интеллект и машинное обучение. Они будут направлены на достижение полной автономности полетов, что в свою очередь, повысит надежность и результативность применения дронов в различных ситуациях. Также важно подчеркнуть, что безопасность стоит на первом месте при использовании дронов для доставки. Несмотря на свою общую безопасность, дроны всё же могут сталкиваться с различными рисками, например, с ошибками в навигационных системах, столкновениями с препятствиями или воздействием внешних факторов, таких как сильный ветер, ураган, град или помехи от других беспилотников. Для снижения этих рисков требуется разработать и внедрить усиленные системы безопасности, такие как автоматическое распознавание и преодоление препятствий, усовершенствованные датчики и системы экстренной посадки.

Заключение. Применение беспилотных летательных аппаратов для транспортировки средств первой необходимости в экстренных ситуациях представляет собой перспективное направление, которое может существенно увеличить оперативность и результативность оказания поддержки труднодоступных регионов. БПЛА могут эффективно доставлять

медикаменты, продукты питания и другие жизненно важные товары в районы, куда затруднено или невозможно добраться с использованием традиционных способов транспортировки. Несмотря на существующие препятствия и вызовы, такие как ограничения по дальности полета, погодные условия и вопросы безопасности, интенсивное совершенствование технологий, включая улучшение конструктивных характеристик, систем навигации и повышения грузоподъемности, позволит существенно расширить возможности беспилотников. В ближайшем будущем мы можем ожидать значительное увеличение области их использования, что приведет к улучшению качества и скорости оказания помощи в самых различных экстренных ситуациях.

Список литературы

1.Беспилотные медицинские дроны: доставка лекарств и медицинской помощи в отдалённые регионы [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://e.ewco.eu.org/2024/05/bespilotnye-medicinskie-drony-dostavka.html. Дата доступа: 19.03.2025.

2. Автономный воздушный коридор объединит несколько цюрихских больниц и лабораторий [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://robotrends.ru/pub/2251/avtonomnyy-vozdushnyy-koridor-obedinit-neskolko-cyurihskih-bolnic-i-laboratoriy. Дата доступа: 19.03.2025.

3. Unmanned aerial vehicles and pre-hospital emergency medicine [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://sjtrem.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13049-024-01180-7. Дата доступа: 19.03.2025.

4.Китайское беспилотное аэротакси EHang первым в мире получило сертификат [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://nplus-1.ru/news/2023/10/16/ehang-eh216-first-typea-certificate.com. Дата доступа: 19.03.2025.

5. Размер рынка дронов для доставки [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/delivery-drone-market?utm_source.com. Дата доступа: 19.03.2025.

6. Казпочта будет доставлять корреспонденцию дронами [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://agroinfo.kz/kazpochta-budet-dostavlyat-korrespondenciyu-dronami/. Дата доступа: 19.03.2025.

7. Якутия – Сибирь дроны доставляли медикаменты [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ysia.ru/drones. Дата доступа: 19.03.2025.

8. В подмосковье протестировали доставку еды и товаров дронами [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php. Дата доступа: 19.03.2025.

9. Фотофакт: белорусский банк переправил деньги с помощью дрона [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://people.onliner.by/2016/08/04/bank-dron. Дата доступа: 19.03.2025.

10. Доставка на подоконник. Белорусский стартап делает уникальный курьерский дрон [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://tech.onliner.by/2017/01/31/dron-startup. Дата доступа: 19.03.2025.

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Shmatkova A.V., Krasnov N.A., Vasilyuk D.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. This paper examines the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for the rapid delivery of essential supplies to hard-to-reach places during emergencies. An analysis of both the advantages and limitations of this technology has been carried out, as well as various methods for improving the effectiveness of its application. The results of experimental tests confirming the expediency of using drones to organize the logistics of first aid in emergency situations are presented.

Keywords: unmanned aerial vehicles, delivery of essential supplies, emergencies, logistics, drones

УДК 004.733:911.372.7(476)

УМНЫЕ ГОРОДА КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ В БЕЛАРУСИ

Третьяк М.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Василькова А.Н. – магистр, старший преподаватель ИПиЭ

Аннотация. В работе рассматриваются технологии умных городов (*smart cities*), их внедрение в мировых мегаполисах (Сингапур, Барселона, Копенгаген) и их потенциал для оптимизации энергопотребления. Особое внимание уделяется гибридным моделям искусственного интеллекта, которые могут быть адаптированы для Республики Беларусь с целью повышения энергоэффективности, снижения затрат и улучшения качества городской среды.

Ключевые слова: умные города (*smart cities*), искусственный интеллект (ИИ), устойчивое развитие, большие данные (*Big Data*)

Введение. Современные города сталкиваются с растущими вызовами, связанными с увеличением населения, урбанизацией и изменением климата. Одной из ключевых задач является оптимизация энергопотребления, что требует внедрения интеллектуальных систем, способных анализировать большие объемы данных и принимать эффективные решения в реальном времени. Умные города (*smart cities*) представляют собой концепцию, которая объединяет информационные технологии, Интернет вещей (*IoT*) и искусственный интеллект (ИИ) для создания устойчивой и комфортной городской среды.

В данной работе рассматриваются существующие примеры внедрения технологий умных городов в мире, анализируются их преимущества и ограничения. Особое внимание уделяется гибридным моделям искусственного интеллекта, которые могут быть использованы для оптимизации энергопотребления.

Основная часть. Энергопотребление в городах составляет значительную часть мирового энергобаланса. По данным Международного энергетического агентства (*IEA*), на города приходится более 60% глобального потребления энергии [1]. При этом неэффективное использование ресурсов приводит к увеличению затрат и негативному воздействию на окружающую среду. Внедрение интеллектуальных систем управления энергопотреблением позволяет снизить затраты, уменьшить выбросы CO_2 и повысить качество жизни горожан.

Для Республики Беларусь, где вопросы энергоэффективности и устойчивого развития становятся все более актуальными, изучение опыта умных городов может стать основой для разработки собственных решений. Это особенно важно в условиях ограниченных ресурсов и необходимости модернизации городской инфраструктуры. В этом контексте опыт таких городов, как Сингапур, Барселона и Копенгаген, демонстрирует, как современные технологии могут быть использованы для оптимизации энергопотребления и создания устойчивой городской среды.

Умный город – это концепция, при которой городская инфраструктура управляется с помощью современных технологий, таких как Интернет вещей (*IoT*), большие данные (*Big Data*) и искусственный интеллект (ИИ). Цель умного города – повысить качество жизни горожан, оптимизировать использование ресурсов и снизить негативное воздействие на окружающую среду. В работе «*Smart Cities: A Survey on Data Management, Security, and Enabling Technologies*» (2017) авторы подчеркивают, что ключевым элементом умного города является сбор и анализ данных в реальном времени [2]. Это позволяет городским

властям принимать более обоснованные и эффективные решения, например, в области энергопотребления, транспорта и управления отходами.

Интернет вещей (*IoT*) играет важную роль в реализации концепции умного города. *IoT* представляет собой сеть устройств, которые обмениваются данными через интернет. В умных городах *IoT* используется для сбора информации с датчиков, установленных на улицах, в зданиях и транспорте. Например, датчики могут измерять температуру, влажность, уровень освещенности или движение людей. В статье «*IoT for Smart Cities: Challenges and Solutions*» (2019) авторы описывают, как *IoT* помогает управлять энергопотреблением, транспортом и отходами [3]. Они приводят пример Барселоны, где *IoT*-датчики используются для оптимизации уличного освещения, что позволило снизить энергозатраты на 30%. Кроме того, в городе используются умные системы орошения, которые анализируют данные о погоде и оптимизируют расход воды, что особенно важно в условиях ограниченных водных ресурсов. Барселона также активно применяет платформы для анализа данных, которые помогают городским властям принимать решения на основе актуальной информации в реальном времени. Эти меры не только повышают эффективность управления городской инфраструктурой, но и способствуют устойчивому развитию.

Продолжая тему умных городов, Сингапур, являясь одним из самых продвинутых умных городов в мире, демонстрирует эффективное использование технологий для оптимизации городской инфраструктуры. Интеллектуальные системы управления транспортом анализируют трафик в реальном времени и оптимизируют маршруты общественного транспорта, уменьшая загруженность дорог. Важным элементом инфраструктуры Сингапура являются энергоэффективные здания, оснащенные датчиками для контроля температуры, освещения и энергопотребления. Эти технологии не только минимизируют потери энергии, но и создают комфортные условия для жителей, делая Сингапур образцом для других городов.

Копенгаген, стремясь стать углеродно-нейтральным городом, представляет собой еще один яркий пример внедрения умных технологий. Город использует системы управления энергопотреблением, которые интегрируют возобновляемые источники энергии, такие как ветряные электростанции. Умные сети (*smart grids*) балансируют спрос и предложение энергии, обеспечивая стабильность энергосистемы. Кроме того, в Копенгагене установлены датчики для мониторинга качества воздуха и трафика, что помогает снизить выбросы *CO2* и улучшить экологическую обстановку. Внедрение умных транспортных систем сократило время в пути на 15% и снизило выбросы на 10%. Эти меры делают Копенгаген лидером в области устойчивого городского развития, демонстрируя, как технологии умных городов могут способствовать достижению амбициозных экологических целей.

Искусственный интеллект (ИИ) также является важным компонентом умных городов. ИИ – это технологии, которые позволяют машинам обучаться на данных и принимать решения. Гибридные модели ИИ, сочетающие методы машинного обучения (например, нейронные сети) с традиционными алгоритмами оптимизации (например, генетические алгоритмы), повышают точность и эффективность решений. В работе «*Hybrid AI Models for Energy Optimization in Smart Cities*» (2021) авторы предлагают использовать гибридные модели для прогнозирования спроса на энергию [4]. Они показывают, что такие модели могут снизить ошибки прогнозирования на 20% по сравнению с традиционными методами, что особенно важно для балансировки энергосетей в условиях переменчивого спроса.

Энергоэффективные здания также играют важную роль в умных городах. Они используют технологии для снижения потребления энергии, например, датчики могут автоматически регулировать отопление, кондиционирование и освещение в зависимости от присутствия людей и времени суток. В работе «*Energy-Efficient Buildings: Technologies and Case Studies*» (2022) авторы описывают, как в Токио внедрение умных систем в зданиях помогло снизить энергопотребление на 20% [5]. Они также подчеркивают, что такие

системы окупаются за 3-5 лет, что делает их экономически выгодными для широкого внедрения.

Заключение. Современные вызовы, связанные с урбанизацией, ростом населения и изменением климата, требуют новых подходов к управлению городской инфраструктурой.

Для Республики Беларусь внедрение технологий умных городов представляет собой важный шаг на пути к модернизации городов и повышению энергоэффективности. Умное освещение, интеллектуальные транспортные системы, энергоэффективные здания и гибридные модели ИИ могут не только снизить затраты на энергопотребление, но и улучшить экологическую обстановку, уменьшив нагрузку на окружающую среду. Хотя внедрение таких решений потребует значительных инвестиций, их долгосрочная экономическая и социальная выгода очевидна.

Изучение и адаптация опыта умных городов для Беларуси может стать ключевым фактором в создании устойчивой, комфортной и экологически чистой городской среды. Это особенно важно в условиях глобальных вызовов, связанных с изменением климата и ограниченностью ресурсов. Внедрение умных технологий не только повысит эффективность использования ресурсов, но и сделает города Беларуси более привлекательными для жизни и инвестиций, обеспечивая устойчивое развитие на долгие годы вперед.

Список литературы

1. *Международное энергетическое агентство (IEA). (2022). World Energy Outlook. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022. Дата доступа: 12.02.2025.*

2. *Smart Cities: A Survey on Data Management, Security, and Enabling Technologies [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/document/8003273. Дата доступа: 15.02.2025.*

3. *IoT for Smart Cities: Challenges and Solutions [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/364105761_IOT_Smart_City_Introduction_and_Challenges. Дата доступа: 20.02.2025.*

4. *Hybrid AI Models for Energy Optimization in Smart Cities [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/343008438_HIOPE2021_Hybrid_Intelligent_Optimization_Approaches_for_Smart_Energy_A_Practical_Approach. Дата доступа: 27.02.2025..*

5. *Energy-Efficient Buildings: Technologies and Case Studies [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/380207442_Review_of_energy-efficient_HVAC_technologies_for_sustainable_buildings. Дата доступа: 01.03.2025.*

UDC 004.733:911.372.7(476)

SMART CITIES AS A TOOL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: TECHNOLOGY ANALYSIS AND PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION IN BELARUS

Tretyak M.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vasilkova A.N. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The paper considers smart cities technologies, their implementation in the world megacities (Singapore, Barcelona, Copenhagen) and their potential for optimizing energy consumption. Special attention is paid to hybrid models of artificial intelligence, which can be adapted for the Republic of Belarus in order to increase energy efficiency, reduce costs and improve the quality of urban environment.

Keywords: smart cities, artificial intelligence (AI), sustainable development, Big Data

УДК 629.3:534.6-047.43

ОЦЕНКА ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА МИНСКА

Волынец М.А., Левчук А.О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ломонос О.Л. – к. с. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Проанализированы основные тенденции и особенности шумового загрязнения центральной части г. Минска на основе картографических данных, отражающих шумовую нагрузку в вечернее время (с 17:30 до 18:30). Определены главные источники шума, наиболее проблемные зоны и предложены возможные меры по снижению его воздействия.

Ключевые слова: шумовое загрязнение, экология города, санитарные нормы

Введение. Шум представляет собой один из наиболее ощутимых и широко распространенных негативных физических факторов, воздействующих на человека и окружающую среду. В результате влияния избыточного уровня шума у людей нередко наблюдается ухудшение общего самочувствия, что, в свою очередь, приводит к снижению их работоспособности и психоэмоционального состояния [1]. Основными источниками внешнего шума в городской среде являются разнообразные виды транспортных средств, включая наземный, авиационный транспорт, а также предприятия промышленности и энергетики, расположенные в городских рамках. Кроме того, значительный вклад в создание шума вносят различные элементы внутренней городской инфраструктуры, связанные с повседневной жизнедеятельностью населения. Анализ информации показывает, что за последние годы средний уровень шумового загрязнения, вызванного исключительно транспортом, увеличился в пределах 12–14 дБ, что является тревожным знаком для жителей городских территорий. В связи с этим, проблема снижения уровня шума в городской среде становится особенно актуальной и требует незамедлительного внимания со стороны исследователей и практиков в области экологии и градостроительства.

Основная часть. Минск, являясь крупнейшим городом Беларуси, испытывает значительную шумовую нагрузку, особенно в центральных районах. Данное исследование базируется на основе картографических данных шумового загрязнения центральной части г. Минска в вечерние часы (с 17:30 до 18:30), когда городская активность остается высокой. Методология включает пространственный анализ данных, определение зон повышенного шумового загрязнения и оценку их воздействия на городскую среду.

Основными источниками шума в Минске являются транспортные магистрали, такие как проспект Независимости и улицы Бобруйская, Кирова и Ленинградская, создающие высокий уровень дорожного шума, который дополняется железнодорожным узлом Минск-Пассажирский, откуда исходит значительное шумовое воздействие от поездов. Кроме того, городские площади и пешеходные зоны, особенно в районе площади Ленина, характеризуются высокой концентрацией людей и транспорта, что усиливает шумовой фон. Дополнительный вклад в шумовое загрязнение вносят промышленные предприятия, расположенные вблизи центра города, включая заводы и склады, а также строительные объекты, которые, хоть и являются временными источниками, создают значительное шумовое воздействие.

Наибольшие уровни шумового загрязнения отмечаются в следующих районах (рисунок 1):

Более 75 дБ – критический уровень шума (железнодорожный вокзал Минск-Пассажирский, транспортные узлы вблизи вокзала, Ленинграская 10).

70–75 дБ – очень высокий уровень шума (территория около БГЭУ, перекресток улиц Свердлова и Ульяновская).

65–70 дБ – высокий уровемнь шума (пересечение пр. Независимости и улицы Свердлова).

60–65 дБ – повышенный уровень шума (пересечение улиц Кирова и Свердлова, улица Ленинградская, ТЦ «Столица»).

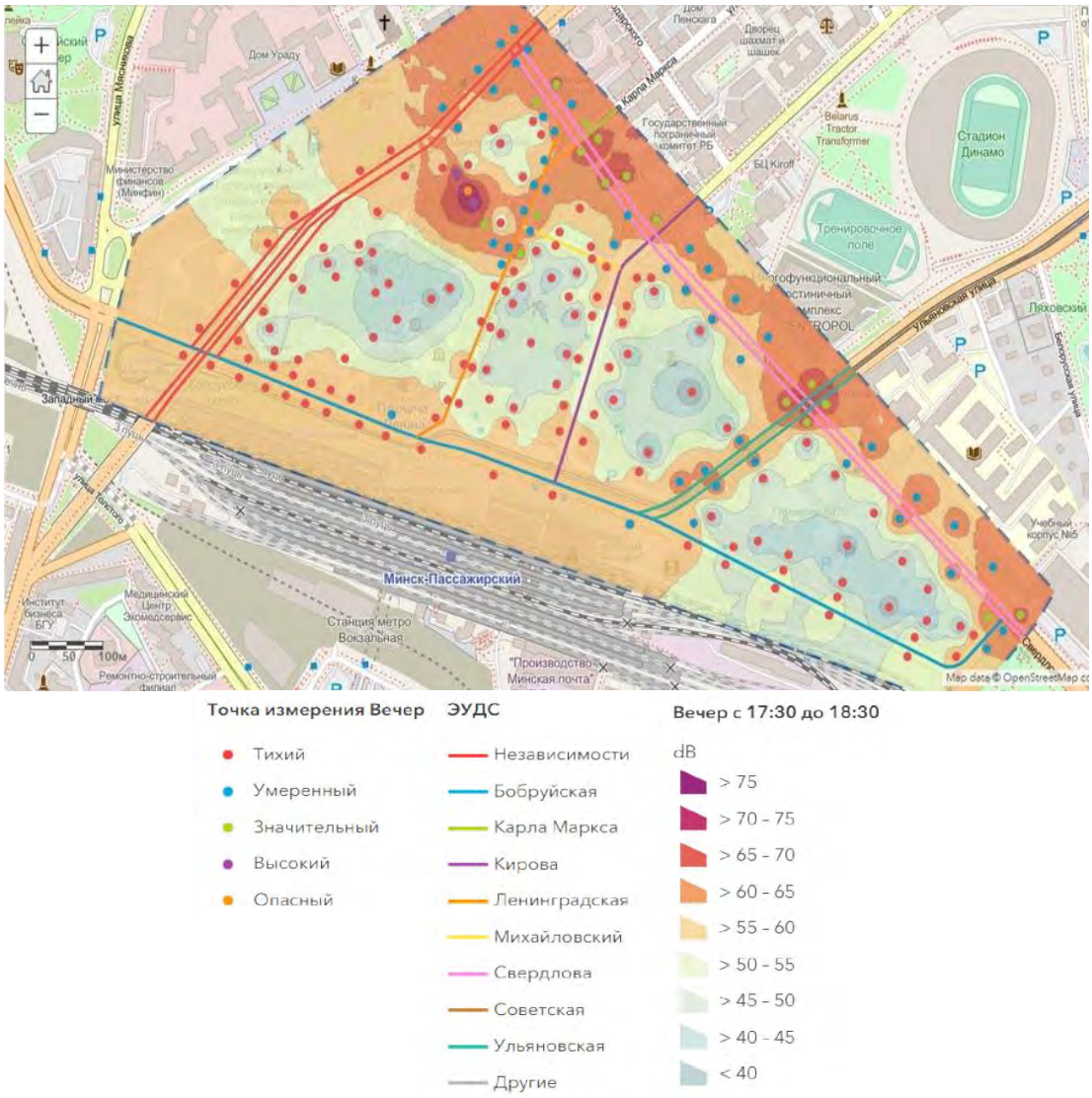


Рисунок 1 – Карта шумового загрязнения центральной части г. Минска [2]

В остальных районах уровень шума умеренный и низкий.

Более тихие зоны (<50 дБ) расположены в парковых зонах, таких как Ляховский сквер и прилегающие территории вдоль набережной.

Для уменьшения уровня шума в г. Минске целесообразно принять следующие меры: установка шумозащитных экранов вблизи железнодорожных путей и оживленных транспортных развязок; озеленение улиц и скверов для создания естественного шумопоглощающего барьера; использование малошумных дорожных покрытий для снижения шума от автомобильного движения; регулярный мониторинг шума и внедрение нормативных ограничений на уровень звукового воздействия; создание законодательно-

правовой базы, которая заставляла бы владельцев личного транспорта, а также все предприятия, организации и фирмы, эксплуатирующие транспортные средства, сознательно стремиться к уменьшению создаваемого их техническими средствами внешнего шума до технически достижимых пределов, упорядочение организации транспортного движения [3].

Заключение. Анализ показал, что самые шумные зоны Минска сосредоточены вблизи крупных транспортных узлов, железнодорожной инфраструктуры, промышленных объектов и строительных площадок. Оптимизация движения транспорта, развитие общественного транспорта, установка шумозащитных экранов и увеличение зелёных зон могут существенно снизить шумовое загрязнение и улучшить качество жизни в городе.

Список литературы

9. Марковский, С. Э. Шумовое загрязнение города Минска / С. Э. Марковский, А. В. Бойко, А. В. Свирновский // Компьютерное проектирование и технология производства электронных систем : сб. материалов 53-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 2–6 мая 2017 г. / Бел. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; отв. ред. А. Л. Радненок. – Минск, 2017. – С. 299–300.

10. Карта шумового загрязнения центральной части г. Минска [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=ea923f868c694d79a9f4b19508a58ee9. Дата доступа: 18.03.2025.

11. Быкова, Н. П. Пути оптимизации акустической и вибрационной ситуации на примагистральных территориях городов / Н. П. Быкова [и др.] // Сахаровские чтения 2017 года: экологические проблемы XXI века: 17-я междунар. науч. конф., 18–19 мая 2017 г., г. Минск. Минск: ИВЦ Минфина, 2017. Ч. 2. С. 127–128.

UDC 629.3:534.6-047.43

ASSESSMENT OF NOISE POLLUTION IN THE CENTRAL PART OF MINSK

Volynets M.A., Levchuk A.O.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
Minsk, Republic of Belarus

Lomonos O.L. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. The main trends and peculiarities of noise pollution in the central part of Minsk have been analysed on the basis of cartographic data reflecting noise load in the evening (from 17:30 to 18:30). The main sources of noise, the most problematic areas were identified and possible measures to reduce its impact were proposed.

Keywords: noise pollution, urban ecology, sanitary norms

УДК 621.38:658.657.1 (476.5)

СТРУКТУРА ОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

Жолобова А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Хлудеев И.И. – к. б. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Данная работа исследует влияние электрических и электронных отходов (ЭЭО) на экологию Витебска, акцентируя внимание на их растущем объеме и последствиях для окружающей среды и здоровья населения. Подчеркивается необходимость совершенствования переработки, внедрения современных технологий и развития законодательства для минимизации экологического вреда

Ключевые слова: отходы электронного и электрического оборудования, утилизация, переработка, система сбора, раздельный сбор отходов

Введение. Отходы электронного и электрического оборудования (ЭЭО) представляют собой одну из наиболее актуальных экологических проблем современности. Согласно данным ЮНЕП, ежегодно в мире образуется до 53,6 миллионов тонн электронных отходов, что составляет более 5% от общего объема твердых бытовых отходов [1]. Неправильная утилизация электронных и электрических отходов (ЭЭО) приводит к серьезным экологическим последствиям.

Отходы электрического и электронного оборудования (ЭЭО) представляют особую опасность из-за их сложного состава. Они содержат разнообразную смесь металлов (например, Cu, Pb, Sn, Ni, Fe, Al, Cd, Be, Pd), пластика, стекла, керамики, а также токсичные вещества, включая бромированные антипирены (BFR). Неправильная утилизация этих отходов может привести к серьезным экологическим последствиям, таким как загрязнение почвы, воды и воздуха, накопление на свалках, утрата ценных ресурсов и другие; а также оказать негативное влияние на здоровье человека, например, онкологические заболевания, врожденные пороки развития, аллергические реакции и другие. Эта категория отходов является самой быстрорастущей, что связано с стремительным развитием технологий и увеличением спроса на электронные устройства. Технический прогресс приводит к моральному устареванию оборудования, в результате чего утилизации подвергаются не только вышедшие из строя устройства, но и функциональные, но уже устаревшие гаджеты.

Основная часть. Эта проблема актуальна и для Беларуси, где с каждым годом увеличивается количество электронных отходов. Рост потребления бытовой техники, компьютеров и мобильных устройств приводит к необходимости эффективной системы сбора и переработки ЭЭО, поскольку неправильная утилизация таких отходов может нанести серьезный ущерб окружающей среде и здоровью населения, в таблице 1 представлено Образование отходов ЭЭО в Беларуси по административным регионам (по состоянию на 2018 г.).

Таблица 1 – Образование отходов ЭЭО в Беларуси по административным регионам (по состоянию на 2018 г.)

г. Минск	**Минская область**	**Витебская область**	**Гродненская область**	**Гомельская область**	**Могилевская область**	**Брестская область**
25%	12%	12%	11%	15%	11%	14%

В связи с этим во всем мире приоритетным направлением в области обращения с отходами становится сбор и переработка отходов ЭЭО, на рисунке 1 представлены виды ЭЭО, сдаваемые населением.

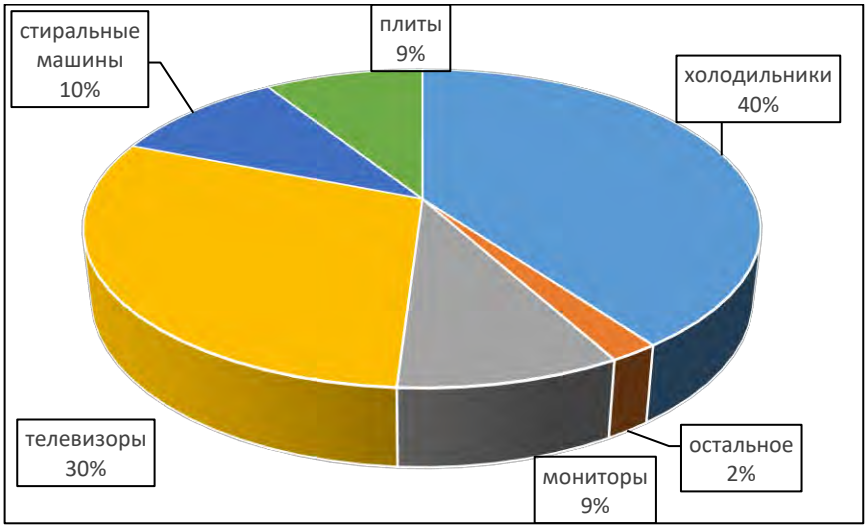


Рисунок 1 – Виды ЭЭО, сдаваемые населением

Однако в ряде стран, включая нашу республику, система сбора и утилизации таких отходов находится на этапе становления и развития. Это требует разработки эффективных стратегий и внедрения современных технологий переработки, что позволит минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и способствовать устойчивому развитию. В данной работе рассматриваются проблемы образования и утилизации электронных отходов, а также возможные пути их решения в современных условиях.

В Беларуси сбор и переработка электронных отходов начаты в 2013 году. Одной из ведущих организаций, занимающихся этим направлением, является ОАО «БелВТИ», а также унитарное предприятие «БелВТИ-регион» (Полоцк, Витебск). Отходы ЭЭО поступают на предприятие как от юридических лиц, так и от физических лиц [2].

Предприятие «БелВТИ-регион» включено в реестр организаций, занимающихся сбором, сортировкой, подготовкой к обезвреживанию и переработке вторичных материальных ресурсов. Оно создало систему приема вышедшего из эксплуатации электрического и электронного оборудования, элементов питания (батареек) и ртутьсодержащих ламп. На предприятии действует производственный участок по переработке техники и оборудования, утративших потребительские свойства.

В 2015 году было собрано 182 тонны отходов электрического и электронного оборудования (ЭЭО), из которых 75% поступило от населения, а оставшаяся часть – от юридических лиц. В 2016 году объем собранных отходов увеличился на 67%, достигнув 303 тонн, при этом доля отходов от населения снизилась до 67,1% [3]. Дальнейшая динамика роста объемов сбора ЭЭО в период 2015–2018 годов представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Количество сбора ЭЭО в период за 2015-2018

	2015	**2016**	**2017**	**2018**
УП «БелВТИ-регион» Витебск	181,998	303,889	540	1491,8

Анализ Таблицы 2 показывает, что в период с 2015 по 2018 годы наблюдался значительный прирост, составивший 49%. Однако в последующие годы темпы роста

начинают замедляться, что свидетельствует о постепенном приближении к насыщению. Одной из ключевых причин этой тенденции является увеличение срока службы электронных устройств – производители улучшают качество компонентов, повышают надежность техники. Согласно данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, за 2023 год объем составил 2 476,6 тонн, что подтверждает тенденцию к стабилизации показателей [4].

Заключение. На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что проблема утилизации электронных и электрических отходов (ЭЭО) в Беларуси остается значимой и требует дальнейшего совершенствования системы сбора и переработки. За период с 2015 по 2018 годы наблюдался существенный рост объемов сбора ЭЭО, что свидетельствует о развитии инфраструктуры и повышении вовлеченности населения и предприятий в процесс утилизации. Однако в последующие годы темпы роста замедлились, что может быть связано как с естественным накоплением отходов с длительным сроком эксплуатации, так и с необходимостью дальнейшей оптимизации системы обращения с ЭЭО.

Для обеспечения устойчивого развития в этой сфере важно продолжать работу по повышению экологической осведомленности населения, расширению сети пунктов приема, внедрению современных технологий переработки и совершенствованию нормативно-правовой базы. Это позволит не только увеличить объемы утилизации, но и минимизировать негативное воздействие электронных отходов на окружающую среду и здоровье людей.

Список литературы:

1. The Global E-waste Monitor 2020 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf. Дата доступа: 12.03.2025

2. Сбор и переработка отходов электрического и электронного оборудования Республике Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-(e-waste)/. Дата доступа: 12.03.2025.

3 Анализ сбора отходов электрического и электронного оборудования УЛ «Белвти-регион» Полоцк [Электронный ресурс]. Режим доступа https://energyexpo.by/upload/iblock/a0d/a0da64b76150a57744e047c886b23de4.pdf/. Дата доступа 12.03.2025.

4. Экологический бюллетень за 2023 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://minpriroda.gov.by/uploads/files/Bjulleten-Sostojanie-prirodnoj-sredy-Belarusi-2023.pdf//. Дата доступа: 12.03.2025

UDC 621.38:658.657.1 (476.5)

STRUCTURE OF ELECTRIC AND ELECTRONIC WASTE FORMATION IN VITEBSK REGION

Zholobova A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Khludeev I.I. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. The scientific work examines the influence of electricity and waste (EEW) on the ecology of Vitebsk, paying special attention to their growing impact and consequences for the environment and public health. The need to monitor the development of modern technologies and the development of legislation to minimize environmental and ecological harm is emphasized.

Keywords: waste electronic and electrical equipment, recycling, processing, collection system, separate waste collection

УДК 165.195:004.65

КОГНИТИВНЫЕ И ЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ВОСПРИЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАБОТЕ С БОЛЬШИМИ ДАННЫМИ

Малецкий А.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Василькова А.Н.. – магистр, старший преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Статья посвящена исследованию когнитивных и эмоциональных аспектов восприятия информации при работе с большими данными. Рассмотрены основные вызовы, с которыми сталкиваются специалисты, включая когнитивный перегруз и эмоциональный стресс, а также их взаимное влияние на эффективность работы. Представлены методы снижения когнитивной нагрузки, такие как визуализация данных и упрощение информации, а также подходы к управлению эмоциональным состоянием, включая тренинги по управлению стрессом и практики mindfulness. На основе статистических данных и исследований показано, как улучшение инструментов и условий работы может повысить продуктивность и снизить уровень ошибок.

Ключевые слова: большие данные, когнитивный перегруз, эмоциональный стресс, визуализация данных, управление стрессом, продуктивность, анализ данных, mindfulness, когнитивные способности, эмоциональное выгорание

Введение. В современном мире объемы данных, генерируемых ежедневно, достигают колоссальных масштабов. По оценкам экспертов, к 2025 году объем данных в мире составил около 175 зеттабайт (1 зеттабайт = 10^21 байт) [1]. Этот рост обусловлен развитием цифровых технологий, интернета вещей (IoT) и автоматизацией процессов в различных отраслях. Большие данные (Big Data) стали неотъемлемой частью современной экономики и науки, предоставляя возможности для анализа и прогнозирования. Однако работа с такими объемами информации требует не только технических навыков, но и учета когнитивных и эмоциональных аспектов восприятия данных.

Человеческий мозг имеет ограниченные ресурсы для обработки информации. Когнитивные аспекты, такие как объем рабочей памяти и способность к концентрации, играют ключевую роль в интерпретации данных. Эмоциональные факторы, такие как стресс или усталость, также влияют на качество решений. Например, эмоциональная перегрузка может снизить продуктивность и увеличить число ошибок.

Таким образом, изучение когнитивных и эмоциональных аспектов работы с большими данными становится все более актуальным.

Основная часть. Когнитивные аспекты восприятия информации. Человеческий мозг имеет ограниченные возможности для обработки информации. Согласно исследованиям, объем рабочей памяти человека составляет в среднем 7±2 элемента одновременно [2]. Это означает, что при работе с большими данными, где количество переменных и показателей может исчисляться тысячами, когнитивная нагрузка на специалиста значительно возрастает.

Одним из ключевых вызовов является проблема «когнитивного перегруза» (cognitive overload). Когда человек сталкивается с избытком информации, его способность к анализу и принятию решений снижается. Например, исследование, проведенное в 2020 году, показало, что 67% аналитиков данных испытывают трудности при работе с большими объемами информации из-за когнитивного перегруза [3].

Для снижения когнитивной нагрузки используются визуализация данных и методы упрощения информации. Визуализация помогает преобразовать сложные данные в графики, диаграммы и другие формы, которые легче воспринимать. Например,

использование тепловых карт (heatmaps) позволяет быстро выявить закономерности в данных, что снижает время на их анализ на 30-40% [4].

Эмоциональные аспекты восприятия информации. Эмоции играют важную роль в процессе обработки информации. Положительные эмоции, такие как интерес и увлеченность, могут повысить продуктивность и креативность при работе с данными. Однако негативные эмоции, такие как стресс или тревога, могут значительно снизить эффективность работы.

Исследование, проведенное в 2019 году, показало, что 45% специалистов по анализу данных испытывают стресс из-за высокой ответственности и сложности задач [5]. Этот стресс может привести к ошибкам в интерпретации данных или принятию неверных решений. Например, в одном из кейсов финансовой компании ошибка в анализе данных, вызванная эмоциональным перегрузом, привела к убыткам в размере 2 миллионов долларов [6].

Для управления эмоциональным состоянием специалистов используются различные методы, включая тренинги по управлению стрессом, внедрение практик mindfulness (осознанности) и создание комфортной рабочей среды. Например, компании, внедрившие программы по управлению стрессом, отмечают снижение количества ошибок в анализе данных на 25% [7].

Взаимодействие когнитивных и эмоциональных аспектов. Когнитивные и эмоциональные аспекты восприятия информации тесно взаимосвязаны и оказывают взаимное влияние друг на друга. Когнитивный перегруз, вызванный необходимостью обрабатывать большие объемы данных, может спровоцировать эмоциональный стресс. В свою очередь, стресс негативно сказывается на когнитивных способностях, таких как концентрация, память и способность к анализу. Это создает замкнутый круг, где одна проблема усугубляет другую, что в конечном итоге снижает эффективность работы и увеличивает вероятность ошибок.

Например, исследование, проведенное в 2021 году, показало, что 60% специалистов по анализу данных, испытывающих когнитивный перегруз, также сообщали о повышенном уровне стресса [8]. Это подтверждает, что когнитивные и эмоциональные аспекты нельзя рассматривать изолированно – они требуют комплексного подхода к решению.

Для преодоления этих вызовов необходимо учитывать оба аспекта при проектировании систем и процессов работы с данными. Интуитивно понятные интерфейсы, инструменты визуализации и автоматизации не только снижают когнитивную нагрузку, но и уменьшают уровень стресса, создавая более комфортные условия для работы. Кроме того, внедрение практик mindfulness и программ по управлению стрессом помогает специалистам лучше справляться с эмоциональными нагрузками, что, в свою очередь, улучшает их когнитивные способности.

Чтобы продемонстрировать взаимосвязь между когнитивными и эмоциональными аспектами, а также показать эффективность различных методов их улучшения, рассмотрим следующую таблицу:

Таблица 1 – Сравнение когнитивных и эмоциональных аспектов работы с большими данными

Аспект	Когнитивные аспекты	Эмоциональные аспекты	Статистика/Исследование
Основные вызовы	Когнитивный перегруз, ограниченная рабочая память, сложность обработки больших объемов данных	Стресс, тревога, эмоциональное выгорание из-за высокой ответственности и сложности задач	67% аналитиков испытывают когнитивный перегруз [3]; 45% специалистов испытывают стресс [5]
Влияние на продуктив-ность	Снижение скорости анализа, увеличение количества ошибок	Снижение мотивации, ухудшение качества принимаемых решений	Ошибки из-за когнитивного перегруза увеличивают время анализа на 30% [4]
Методы улучшения	Визуализация данных, упрощение информации, использование интуитивных интерфейсов	Тренинги по управлению стрессом, практики mindfulness, комфортная рабочая среда	Внедрение визуализации снижает время анализа на 40% [4]; программы по управлению стрессом снижают ошибки на 25% [7]
Результаты улучшений	Повышение скорости анализа, снижение количества ошибок	Повышение удовлетворенности сотрудников, снижение уровня стресса	Удовлетворенность сотрудников повышается на 35% при использовании удобных инструментов [8]
Примеры из практики	Использование тепловых карт для выявления закономерностей	Внедрение программ mindfulness в крупных IT-компаниях	Тепловые карты снижают время анализа на 30-40% [4]; компании, внедрившие mindfulness, отмечают снижение стресса на 20% [7]

Заключение. Работа с большими данными требует не только технических навыков, но и учета когнитивных и эмоциональных аспектов восприятия информации. Когнитивная перегрузка и эмоциональный стресс могут значительно снизить эффективность работы, поэтому важно использовать методы, которые помогают справляться с этими вызовами.

Визуализация данных, упрощение сложной информации и применение алгоритмов машинного обучения способны снизить когнитивную нагрузку. Управление стрессом и создание комфортной рабочей среды помогают минимизировать эмоциональное напряжение. Кроме того, важно учитывать когнитивные искажения, такие как предвзятость подтверждения, и использовать методы, повышающие объективность анализа.

Таким образом, сочетание технических и психологических подходов позволяет улучшить качество работы с большими данными и повысить эффективность принятия решений. В эпоху информационных технологий понимание когнитивных и эмоциональных аспектов становится ключевым фактором успеха.

Список литературы

1. *Statista. Объем данных/информации, создаваемой во всем мире с 2010 по 2025 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.statista.com. Дата доступа: 20.02.2023*
2. *. Миллер, Г. А. Магическое число семь плюс-минус два: некоторые ограничения нашей способности обрабатывать информацию / Г. А. Миллер // Психологическое обозрение. – 1956. – Т. 63, № 2. – С. 81–97.*
3. *Gartner. Проблемы в аналитике больших данных [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gartner.com. Дата доступа: 25.02.2023..*
4. *Фью, С. Покажи мне цифры: проектирование таблиц и графиков для ясности / С. Фью. – М.: Издательство Analytics Press, 2012. – 320 с.*
5. *Data Science Central. Стресс и выгорание в Data Science [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.datasciencecentral.com. Дата доступа: 28.02.2023.*
6. *Harvard Business Review. Стоимость плохого анализа данных [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://hbr.org. Дата доступа: 05.03.2023.*
7. *McKinsey & Company. Снижение стресса в организациях, ориентированных на данные [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mckinsey.com. Дата доступа: 12.03.2023.*
8. *Forbes. Влияние удобных инструментов на эффективность анализа данных [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.forbes.com. Дата доступа: 25.03.2023.*

UDC 165.195:004.65

COGNITIVE AND EMOTIONAL ASPECTS OF INFORMATION PERCEPTION IN BIG DATA PROCESSING

Maletski A.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vasilkova A.N. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. The article is devoted to the study of cognitive and emotional aspects of information perception in big data processing. The main challenges faced by specialists, including cognitive overload and emotional stress, as well as their mutual influence on work efficiency, are considered. Methods for reducing cognitive load, such as data visualization and information simplification, are presented, along with approaches to managing emotional state, including stress management training and mindfulness practices. Based on statistical data and research, it is shown how improving tools and working conditions can increase productivity and reduce error rates.

Keywords: big data, cognitive overload, emotional stress, data visualization, stress management, productivity, data analysis, mindfulness, cognitive abilities, emotional burnout

УДК 005.95/.96

ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕРСОНАЛА В ПЕРИОД ПЕРЕХОДА НА НОВЫЕ МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Яскевич В.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Парафиянович Т.А. – к.п.н., доцент, доцент кафедры ИРТ

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые психологические состояния, возникающие в процессе цифровизации: информационная перегрузка, сопротивление изменениям, цифровая усталость, стресс из-за постоянного обучения и ощущение потери человеческого контакта. Анализируются их причины, последствия и возможные стратегии преодоления, включая оптимизацию информационных потоков, обучение цифровой грамотности, внедрение механизмов поддержки и развитие цифровой корпоративной культуры.

Ключевые слова: цифровизация управления персоналом, психологическое состояние, информационная перегрузка, цифровая усталость, HR-технологии.

Введение. В условиях цифровой трансформации работники сталкиваются с рядом психологических проблем: информационной перегрузкой, сопротивлением изменениям, цифровой усталостью и необходимостью постоянного обучения. Эти факторы могут снижать продуктивность, вызывать стресс и тревожность, а также влиять на уровень вовлеченности персонала. Однако, при грамотном управлении персоналом цифровая трансформация и переход на новые модели бизнес-процессов может стать инструментом для повышения мотивации сотрудников, профессионального роста и улучшения условий труда.

Основная часть. Современные технологии стремительно изменяют сферу управления персоналом, вводя в нее цифровые инструменты и системы. Процесс цифровизации управления персоналом оказывает значительное влияние на психологическое состояние сотрудников и управленцев, вызывая как положительные, так и отрицательные изменения. Понятие «психологическое состояние» в научной литературе рассматривается как совокупность переживаний, эмоций, мыслей и физического состояния, которые характеризуют личность в данный момент времени [1]. Психологическое состояние человека может быть связано с внутренними или внешними факторами, оно может отражать уровень стресса, удовлетворенность жизнью, мотивацию и физическое самочувствие. В условиях цифровизации управления персоналом возникают такие явления, как информационная перегрузка, сопротивление изменениям и необходимость постоянного обучения, каждое из которых требует особого подхода к управлению [2].

Информационная перегрузка возникает из-за огромного потока данных, поступающих из корпоративных систем, цифровых платформ и каналов коммуникации. Высокая скорость обновления информации и необходимость быстрого реагирования могут привести к когнитивной перегрузке, стрессу и снижению продуктивности [2]. Для минимизации этого эффекта, компании внедряют интеллектуальные системы фильтрации данных, оптимизируют внутренние коммуникации и обучают сотрудников методам управления вниманием и когнитивной нагрузкой. Регулярные перерывы в работе, четкое разделение рабочих задач и использование инструментов автоматизации помогают снизить напряжение.

Цифровизация может вызывать стресс и тревожность, поскольку требует адаптации к новым технологиям и методам работы. Страх не справиться с изменениями, потерять работу или столкнуться с постоянным контролем может усиливать тревожность. Чтобы снизить уровень стресса, важно предоставлять сотрудникам четкие инструкции, обеспечивать поддержку на всех этапах внедрения технологий и предлагать

психологическую помощь. Развитие цифровой грамотности через обучающие курсы также помогает снизить тревожность и повысить уверенность работников.

Сопротивление изменениям часто возникает у сотрудников, не готовых осваивать новые инструменты или сомневающихся в их необходимости. Восприятие цифровых технологий как угрозы своему профессиональному статусу может приводить к пассивному или активному противодействию инновациям. Для успешного внедрения цифровых решений важно разъяснять их преимущества, вовлекать сотрудников в процесс трансформации и обеспечивать поддержку на всех этапах адаптации. Организация тренингов, наставничество и прозрачная коммуникация помогают преодолеть страх перед переменами. [3]

Неотъемлемой частью цифровой трансформации и перехода на новые модели бизнес-процессов становится необходимость постоянного обучения персонала. С каждым днем информационные технологии развиваются все быстрее, соответственно потоки информации множится в геометрической прогрессии, заставляя нас каждый раз проверять ее актуальность. И для того, чтобы оставаться профессионалом и быть конкурентоспособным, необходимо регулярно обновлять свои знания, умения и двигаться в ногу с рынком. Данная тенденция становится основой для концепции непрерывного обучения и освоения новых навыков, что часто может вызывать стресс и усталость сотрудника. Компании могут облегчить этот процесс, внедряя адаптивные образовательные программы, персонализированные курсы, микролернинг, а также можно размещать всю информацию на одном ресурсе, сделав его простым, удобным в навигации и легким для восприятия. Использование виртуальных тренажеров и имитационного моделирования снижает страх перед реальными задачами, а поддержка инициативности и саморазвития помогает создать культуру непрерывного обучения и сделать обучение удобным, качественным и интересным.

Для более эффективного проведения адаптационных мероприятий необходимо разработать программу адаптации, которая позволяет сократить время для достижения новым сотрудником установленных стандартов работы, снизить текучесть кадров, уменьшить чувство тревожности и неуверенности у нового сотрудника. [4]

Чрезмерное использование цифровых платформ в работе компании может привести к цифровой усталости сотрудников. Постоянное взаимодействие с экранами, обработка большого объема информации и высокая скорость работы могут вызвать эмоциональное истощение, снижение концентрации и продуктивности [5]. Для борьбы с цифровой усталостью рекомендуется соблюдать баланс между работой и отдыхом, регламентировать время использования цифровых устройств и внедрять практики цифрового детокса, такие как дни без гаджетов или ограничения на количество онлайн-встреч [6].

Когда сотрудники осознают, что их работа постоянно контролируется с помощью цифровых систем мониторинга, это может вызывать стресс, снижать мотивацию и увеличивать уровень недоверия к руководству. Чтобы избежать негативных последствий, важно разъяснять сотрудникам цели и принципы мониторинга, обеспечивать прозрачность использования данных и предлагать механизмы обратной связи.

С другой стороны, цифровизация может повысить мотивацию и вовлеченность персонала через геймификацию рабочих процессов, системы поощрений и персонализированные инструменты обучения. Внедрение игровых механик, таких как начисление баллов, уровни, рейтинги и награды, способствует повышению интереса к работе и удовлетворенности сотрудников [7]. Важно использовать цифровые технологии таким образом, чтобы они поддерживали, а не заменяли человеческое взаимодействие, создавая комфортную и продуктивную производственную среду. Виртуальные коммуникации не всегд способны заменить живое общение, что может приводить к снижению эмоциональной связи между сотрудниками и руководством. Для сохранения командного духа важно внедрять гибридные форматы работы, сочетая онлайн- и офлайн-коммуникации, организовывать командные мероприятия и поддерживать культуру открытого общения.

Адаптационный оптимизм помогает сотрудникам воспринимать цифровую трансформацию как возможность для роста и упрощения производственных процессов. Те, кто обладают высокой цифровой грамотностью, легче адаптируются к изменениям и быстрее осваивают новые технологии. Для формирования такого отношения важно мотивировать сотрудников через положительные примеры, предлагать программы развития и создавать атмосферу поддержки и доверия [8].

Заключение. Цифровизация управления персоналом является неотъемлемой частью современной трансформации бизнес-процессов, и её влияние на психологическое состояние сотрудников не может быть недооценено. С одной стороны, внедрение цифровых технологий способствует повышению эффективности, ускорению процессов и улучшению доступа к информации. С другой стороны, оно создаёт новые проблемы в виде информационной перегрузки, сопротивления изменениям, цифровой усталости и стресса. Эти факторы могут негативно повлиять на мотивацию, вовлеченность и продуктивность сотрудников. Создание сбалансированного рабочего пространства, где технологии способствуют развитию сотрудников, а не угрожают их благополучию, является залогом успешной цифровой трансформации. В целом, психологические состояния, возникающие в условиях цифровизации, могут быть успешно управляемы, если компания придаёт должное значение человеческому фактору и активно работает над поддержанием психоэмоционального климата на всех этапах внедрения новых технологий.

Список литературы

1. *Левитов, Н. Д. О психических состояниях человека / проф. Н. Д. Левитов; Акад. пед. наук РСФСР. – Москва: Просвещение, 1964.*

2. Как управлять изменениями в условиях цифровой трансформации [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/otus/articles/739242/. Дата доступа: 21.03.2025.

3. Цифровые сотрудники: как ИИ трансформирует корпоративные данные в конкурентное преимущество [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.computerra.ru/311253/tsifrovye-sotrudniki-kak-ii-transformiruet-korporativnye-dannye-v-konkurentnoe-preimushhestvo/. Дата доступа: 25.03.2025.

4. Сопротивление сотрудников изменениям — как преодолеть и вовлечь команду [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ecopsy.ru/insights/soprotivlenie-sotrudnikov-izmeneniyam-kak-preodolet-i-vovlech-komandu/. Дата доступа: 11.03.2025.

5. Казак, Т. В. Психология управления производственным персоналом: пособие / Т. В. Казак, В. В. Шаталова. – Минск: БГУИР, 2022. – 86 с.

6. Цифровая усталость как болезнь – проверьте себя на признаки болезни [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mobile-review.com/articles/2020/fatigue-syndrome.shtml. Дата доступа: 11.03.2025.

7. Хроническая усталость: способы профилактики [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rsv.ru/blog/hronicheskaya-ustalost-sposoby-profilaktiki/. Дата доступа: 11.03.2025.

8. Люди, которые играют в игры: геймификация как инструмент вовлечения и мотивации персонала [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://blog.icontextgroup.ru/articles/gejmifikatsiya-kak-instrument-vovlecheniya-i-motivacii-personala. Дата доступа: 11.03.2025.

UDC 05.95/.96

PSYCHOLOGICAL STATE OF PERSONNEL DURING THE PERIOD OF TRANSITION TO NEW BUSINESS PROCESS MODELS

Yaskevich V.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Parafiyanovich T.A. – Cand. of Sci, associate professor, associate professor of the Department of IRT

Annotation. The article discusses the key psychological states arising from digitalization: information overload, resistance to change, digital fatigue, stress due to constant learning and a sense of loss of human contact. It analyses their causes, consequences and possible coping strategies, including optimization of information flows, digital literacy training, implementation of support mechanisms and development of digital corporate culture.

Keywords: digitalization of personnel management, psychological state, information overload, digital fatigue, HR-technologies

УДК 621.38:658.567.1(476.6)

ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА И УТИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ В ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Драб А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Хлудеев И.И. – к. б. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Основная опасность электронных отходов заключается не только в их постоянно увеличивающемся объеме, но в том, что почти все они содержат опасные химические элементы и соединения, которые, оказавшись не переработанными, приводят к загрязнению окружающей среды и негативно влияют на здоровье всех живых организмов.

Ключевые слова. электронные отходы, утилизация, электроника, переработка

Введение. Электронные отходы (или э-отходы) – это одна из самых актуальных экологических и социальных проблем современности. Быстрое развитие технологий и постоянная замена устаревших устройств на более современные привели к тому, что во всем мире, включая Гродненскую область, ежегодно образуются тонны ненужной электроники. Эти отходы представляют собой не только ценный источник вторичного сырья, но и серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья человека из-за содержания токсичных и опасных веществ [1].

Основная часть. Эл. отходы имеют полимерный вещества, в составе которых множество токсичных соединений: тяжелые металлы (свинец, ртуть, кадмий), полибромдифениловые эфиры (ПБДЭ), используемые в качестве антипиренов, поливинилхлорид, хлорорганические вещества и другие стойкие органические загрязнители (СОЗ). При неправильной утилизации эти вещества попадают в почву, воду и воздух, оказывая вредное влияние на здоровье людей, животных и всей экосистемы.

По оценкам специалистов, только в Беларуси объем полимерных отходов электронного и электротехнического оборудования (ЭЭО) на 2018 год составил около 9,3 тыс. тонн, из которых около 2,3 тыс. тонн могут содержать опасные ПБДЭ. Это значит, что почти четверть всех отходов потенциально токсична. Особенно тревожной является ситуация в Гродненской области, где только 10% от общего количества отходов охвачено вторичной переработкой – это наименьший показатель по всей стране [2].

Несмотря на то, что Гродненская область – один из развитых регионов страны, проблема электронных отходов здесь стоит особенно остро. Многие предприятия и частные лица продолжают выбрасывать старую технику вместе с бытовыми отходами или хранить ее на складах и в домашних условиях, не зная, куда и как правильно ее утилизировать. В результате накапливаются тонны старых телевизоров, холодильников, стиральных машин, компьютеров, телефонов и другой техники, которая содержит ценные, но потенциально опасные компоненты.

Кроме того, в связи с постоянным обновлением моделей смартфонов, ноутбуков и планшетов, а также массовым выходом из строя бытовой техники, объемы отходов растут ежегодно. На фоне этого количество перерабатываемых отходов остается крайне низким, что приводит к увеличению нагрузки на окружающую среду и свалочные полигоны. [3]

Важно понимать, что электронные отходы – это не только проблема, но и возможность. В составе старых электронных устройств находятся ценные материалы: золото, серебро, медь, алюминий, палладий, редкоземельные металлы, которые можно вернуть в промышленный оборот. Также подлежат переработке пластики, стекло,

аккумуляторы, а элементы, содержащие ртуть или ПБДЭ, требуют специальной безопасной утилизации.

Переработка электронных отходов позволяет сократить загрязнение окружающей среды, сохранить природные ресурсы за счет вторичного использования материалов, сэкономить энергию, которая требуется для добычи и производства новых ресурсов, создавать новые рабочие места в сфере утилизации и переработки [1].

Одной из ведущих в Беларуси является компания БелВТИ, которая собирает и перерабатывает отходы электрического и электронного оборудования, черных и цветных металлов, отработанных элементов питания, ртутных ламп, макулатуру, пластик, стекло и стеклобой, автомобильные катализаторы и аккумуляторы. Она работает как с физическими лицами, так и с юридическими. Производственные участки позволяют разделять вторсырье на компоненты для безопасной утилизации или повторного использования [4].

В Гродненской области сбор и переработку электронных отходов осуществляет партнерская организация ОАО «Брест-ВТИ», которая сотрудничает как с юридическими, так и с физическими лицами.

Для юридических лиц ОАО «Брест-ВТИ» предлагает комплекс услуг по переработке электрического оборудования и электронного лома, содержащего драгоценные металлы на площадях заказчика и собственных площадях. Организация принимает для переработки и утилизации в соответствии с нормами законодательства любую оргтехнику: факсы, телефоны, принтеры, копиры и т.п. Также они перерабатывают компьютеры и периферию: мониторы, мыши, клавиатуры и т.п.

Кроме того, «Брест-ВТИ» предлагает вывоз техники у физических лиц в пределах Гродно и Гродненской области, причем за сдачу техники выплачивается компенсация – 20 копеек за 1 кг при вывозе за счет компании и 30 копеек за 1 кг при самостоятельной доставке в пункты приема. Такие пункты организованы в Гродно и Лиде, что упрощает доступ населения к сдаче отходов.

Для удобства граждан на сайте компании БелВТИ размещена карта контейнеров для сбора батареек, ламп и мелкой техники, действующих как в Гродненской области, так и по всей стране. Это особенно важно, так как позволяет сдать даже малогабаритную электронику в шаговой доступности от дома [5]. На рисунке 1 отображена карта контейнеров, расположенных в Гродненской области.

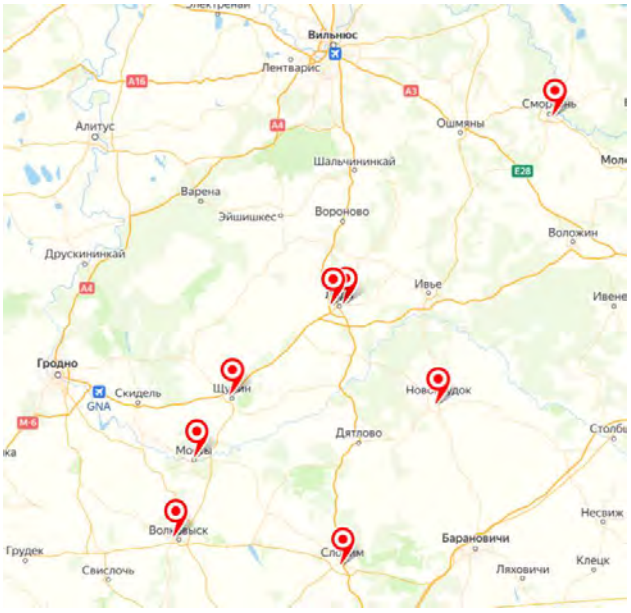


Рисунок 1 – Карта контейнеров в Гродненской области

Тем не менее, уровень информированности населения остается низким. Многие граждане не знают, куда можно сдать старую технику, какие существуют компенсации, и чем опасна неправильная утилизация. Поэтому важной задачей остается активное информирование и вовлечение населения в процесс раздельного сбора.

Для решения проблемы электронных отходов в Гродненской области необходимо:

– расширить сеть пунктов приема и сделать информацию о них доступной каждому жителю региона.

– проводить просветительские кампании, объясняя, почему важно сдавать технику в специальные пункты, а не выбрасывать на свалку.

– повысить ответственность производителей за утилизацию своей продукции по принципу «от производителя до переработки».

– привлекать частный бизнес к утилизации отходов через выгодные контракты и государственные стимулы.

– развивать инфраструктуру по переработке опасных компонентов (ПБДЭ, тяжелые металлы).

Заключение. Таким образом, электронные отходы – это не только вызов, но и возможность. В Гродненской области уже делаются шаги по организации сбора и переработки, но этого пока недостаточно. Рост объемов отходов требует от местных властей, бизнеса и жителей совместных усилий. Развитие инфраструктуры переработки, повышение информированности и создание стимулов для сдачи отходов помогут сократить вредное воздействие на природу и получить ценные ресурсы, важные для экономики.

Список литературы:

1. *Керими, К., Какалыева, А. Анализ возможностей переработки электронных отходов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vozmozhnostey-pererabotki-elektronnyh-othodov. Дата доступа: 12.03.2025.*

2. *Чернюк, В. Д., Кухарчик, Т. И. Полимерные отходы, потенциально содержащие бромированные антипирены: объемы образования, пространственное распределение, вторичная переработка в Беларуси // Природные ресурсы. 2020. № 2. С. 115–124.*

3. *Казатенков, Я. С. Понятие «электронные отходы» и правовые основы обращения с электронными отходами в Российской Федерации // Право и государство: теория и практика. 2023. № 5 (221). С. 162–165. DOI: 10.47643/1815-1337_2023_5_162.*

4. *БелВТИ. О компании [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://belvti.by/o-kompanii/. Дата доступа: 12.03.2025.*

5. *Брест-ВТИ в Гродно. Сбор электронных отходов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://grodno.brestvti.by/. Дата доступа: 12.03.2025..*

UDC 621.38:658.567.1(476.6)

ORGANIZATION OF COLLECTION AND DISPOSAL OF ELECTRICAL WASTE IN THE GRODNO REGION

Drab A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Khludeev I.I. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. The main danger of electronic waste lies not only in its constantly increasing volume, but also in the fact that almost all of them contain dangerous chemical elements and compounds that, if not recycled, lead to environmental pollution and negatively affect the health of all living organisms.

Keywords. Electronic waste, recycling, electronics, recycling

УДК [658.567.1+621.38]-047.43(476.7)

ОЦЕНКА ОБРАЗОВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ И ОТХОДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Павлюкович В. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Хлудеев И.И. – к. б. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Данная работа рассматривает проблему роста производственных и электрических и электронных отходов, их негативное влияние на окружающую среду Брестской области. В работе анализируются текущие объемы образования и переработки ОЭЭО и производственных отходов в Беларуси, а также приводятся данные за 2023 год. Научная работа рассматривает методы утилизации отходов и предлагает меры по их улучшению.

Ключевые слова: производственные отходы, отходы электрического и электронного оборудования, переработка

Введение. В современном мире технологическая революция не только увеличила использование новой электронной техники, она также произвела растущие объемы устаревшего оборудования. Электронное и электрическое оборудование (ЭЭО) – продукция производственного и бытового назначения, в которой используется электрический ток или электромагнитные поля, а также оборудование, представляющее собой комплекс взаимодействующих и дополняющих друг друга механизмов, задействованных в единой технологической схеме, включая схемы на электронных устройствах и компонентах.

Основная часть. Отходы производства включают отходы, образовавшиеся в процессе осуществления экономической деятельности (производства продукции, энергии, выполнения работ, оказания услуг), побочные и сопутствующие продукты добычи и обогащения полезных ископаемых. Отходы электрического и электронного оборудования (ОЭЭО) – различные виды электрического и электронного оборудования, которые больше не представляют ценность для их пользователей или не используются по своему первоначальному назначению.

В современном мире тенденции относительно ОЭЭО заставляют искать всё новые формы и методы их переработки в связи с постоянно растущими объемами. Во всём мире только 17% всех электронных отходов официально идут на сбор и переработку [1]. По прогнозам Университета ООН, если ничего не изменится, то к 2050 году количество мусора из сферы электроники увеличится до 120 миллионов тонн. Именно электронные отходы являются одним из самых сложных направлений для переработки [2].

Многочисленные компоненты отходов сферы электроники являются не только ценным ресурсом, который можно использовать для повторной переработки, но и представляют собой токсичные и опасные вещества. Наибольшую опасность для природы из сферы ОЭЭО представляют ноутбуки, телевизоры, мониторы, сложная бытовая техника, различные гаджеты и т. п., которые содержат в себе различные опасные вещества, как свинец, кадмий, ртуть, бериллий, асбест и другие [3]. Электроламповые мониторы несмотря на то, что в своем большинстве уже заменены на современные светодиодные варианты, все еще эксплуатируются. В них содержатся токсичные элементы, которые, попадая в почву и воду, загрязняют природные ресурсы, отравляют воздух свалок, из-за чего страдает экосистема. Благодаря возможностям электронной переработки, электронные отходы можно преобразовать в материалы, которые используются повторно. Извлечение

дорогостоящих компонентов и обезвреживание потенциально опасных веществ приводит к уменьшению объема отходов на свалках и минимизации пагубного воздействия на окружающую среду.

Мировой опыт показал, что организация раздельного сбора отходов позволяет снизить затраты на их сортировку и в определенной мере контролировать поступление загрязняющих веществ в окружающую среду. С 2011 года в республике ведется сбор отработанных элементов питания. В 2013 году организован сбор электронного и электрического оборудования. С 2015 года реализуются мероприятия по централизованному сбору от физических лиц ОЭЭО, газоразрядных ртутьсодержащих ламп. Объем образования ОЭЭО оценивается в 30 тыс. тонн в год.

В таблице 1 предоставлены обобщенные данные о наличии, образовании и движении ОЭЭО в 2023 году в Беларуси. Как можно видеть из таблицы, на начало года имелось 0,13 тыс. тонн электронных отходов. Всего за весь 2023 год образовалось 1,33 тыс. тонн ОЭЭО. Из этого количества 1,29 тыс. тонн отходов было использовано, что свидетельствует о высоком уровне переработки и повторного использования. За год 0,06 тыс. тонн было удалено различными способами, большая часть из которых находилась на хранении на территории предприятия. К концу года имелось 0,17 тыс. тонн отходов электрического и электронного оборудования [4].

Таблица 1 - Обобщённые данные о наличии, образовании и движении отходов в 2023 году (тыс. тонн)

Наименование	**Наличие на нача-ло года**	**Всего образовалось за год**	**Использовано отходов за год**	**Удалено, т**				**Наличие отходов на конец года**
				ВСЕГО	**На объекты хранения**	**На объекты захоронения**	**На хранение**	**На обезвреживание**	
Отходы электрического и электронного	0,13	1,33	1,29	0,06	0,00	0,01	0,05	0,00	0,17

По данным Брестского мусороперерабатывающего завода в 2017 году на переработку поступило 35,4 тонн отходов сложной бытовой техники и оборудования, в 2018 году – 30,16 тонн, в 2020 году – 40, 059 тонн. Данные о наличии, образовании и движении производственных отходов в Брестской области в 2023 году приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Отчёт о наличии, образовании и движении отходов по областям в 2023 году (тыс. тонн)

Наименование	**Наличие на начало года**	**Всего образовалось за год**	**Использовано отходов за год**					**Удалено, т**
			ВСЕГО	**На объекты хранения**	**На объекты захоронения**	**На хранение**	**На обезвреживание**	
Брестская область								
665,64	2026,46	1946,01	117,87	6,84	60,34	47,40	3,28	682,46

Согласно данными из таблицы 2, на начало 2023 года в Брестской области имелось 665,64 тыс. тонн производственных отходов. За 2023 год образовалось ещё 2026,46 тыс. тонн отходов, из которых 1946,01 тыс. тонн было использовано повторно, а 117,87 тыс. тонн было удалено на объектах захоронения отходов. Однако, к концу 2023 года количество производственных отходов было равно 682,46 тыс. тонн, что больше их количества на

начало года. Это свидетельствует о недостаточных мерах по переработке или утилизации, проводимых на территории Брестской области.

В настоящее время на территории республики функционирует 6 объектов по использованию ОЭЭО. В 2018 году было заготовлено 14,4 тыс. тонн ОЭЭО, что составило 48 % от объемов их образования. Рост по сравнению с 2017 г. составил 232,1 %. Несмотря на значительный рост объемов сбора ОЭЭО существует необходимость дальнейшего расширения сбора этих отходов с целью сделать его более доступным для населения и исключить неорганизованную разборку ОЭЭО гражданами самостоятельно. Объем образования отработанных элементов питания оценивается в 650–700 тонн в год. С ноября 2017 года в республике работает один объект, занимающийся переработкой отходов элементов питания – ООО «БелВТИ», мощностью 100 тонн в год. В 2018 году было собрано 193,9 тонн отходов элементов питания, что составило 30 % от объема их образования, также собрано 839,3 тыс. штук отработанных газоразрядных ртутьсодержащих ламп [5].

Заключение. Исходя из всего вышесказанного, электронные и производственные отходы оказывают значительное негативное влияние на экосистему Брестской области и Беларуси в целом. Токсичные вещества скапливаются на свалках, выделяются при неправильных способах утилизации и загрязняют почву, воды и атмосферу. Опасные вещества скапливаются в экосистемах, что может привести к гибели растений и животных, а также к снижению биоразнообразия.

Для снижения негативного влияния производственных отходов и ОЭЭО необходимо повышать осведомленность населения путем проведения кампаний, направленных на информировании о важности правильной утилизации отходов. Важным шагом является организация системы раздельного сбора отходов, что может быть достигнуто установкой специализированных контейнеров по территории области. Также стоить развивать способы переработки отходов электрического и электронного оборудования и внедрять современные технологии утилизации на предприятия.

Список литературы

1. Цель 99 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.target99.by/resources/appliances/. Дата доступа: 12.04.2025.

2. Переработка электронных отходов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://laboratoria.by/stati/pererabotka-elektronnykh-otkhodov. Дата доступа: 12.04.2025.

3. Греков, К. Б. Электронные отходы: вызов XXI века / К. Б. Греков // Экологическая безопасность: проблемы и пути решения: Междунар. науч.-практ. конф., 26–27 апр. 2018 г., г. Минск. Минск, 2018. С. 45–47.

4. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.belstat.gov.by. Дата доступа: 12.04.2025.

5. Войтешенко, Б. С. К вопросу использования вторичных материальных ресурсов // Природные ресурсы. – 2020. – № 1. – С. 92–98.

UDC [658.567.1+621.38]-047.43(476.7)

ASSESSMENT OF THE GENERATION AND PROCESSING OF INDUSTRIAL WASTE AND WASTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT IN THE BREST REGION

Pavlyukovich V. A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Khludeev I.I. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. This work examines the problem of the growth of industrial and electrical and electronic waste, their negative impact on the environment of the Brest region. The paper analyzes the current volumes of formation and processing of WEEE and industrial waste in Belarus, as well as provides data for 2023. The scientific work examines waste disposal methods and suggests measures to improve them.

Keywords: industrial waste, waste of electrical and electronic equipment, recycling

УДК 629.331:614.72(476)

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ОТ МОБИЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Пупкевич С.С., Романович С.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ломонос О.Л. – к. с. н., доцент, доцент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Рассматривается проблема загрязнения атмосферного воздуха в Республике Беларусь. Представлена динамика объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников по областям и республике. Произведена оценка и выявлены регионы, занимающие лидирующие позиции по количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Ключевые слова: атмосферный воздух, мобильные источники, загрязняющие вещества

Введение. В мире одной из глобальных проблем является проблема загрязнения воздуха. На сегодняшний день более 90 % людей во всем мире дышат воздухом, уровень загрязнения которого превышает допустимые нормы. В ООН загрязнение воздуха признано одной из основных угроз здоровью человека и планеты. Крошечные загрязнители в воздухе являются причиной примерно трети смертей от инсульта, хронических респираторных заболеваний и рака легких. Приземный озон, образующийся при взаимодействии многих различных загрязнителей при солнечном свете, ведет к астме и хроническим респираторным заболеваниям. От последствий загрязнения воздуха каждый год умирают семь миллионов человек. Лечение заболеваний, вызванных загазованностью, стоит примерно 1 триллион долларов в год. Загрязнение воздуха – серьезная угроза не только здоровью населения, но и окружающей среде [1].

Основная часть. Для изучения сложившейся ситуации в Республике Беларусь проанализируем уровень загрязненности воздуха от мобильных источников. В таблице 1 представлены данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников по областям, городу Минску и республике за 2017–2021 гг. [2].

Таблица 1 – Данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников по республике

Регион	Год				
	2017	2018	2019	2020	2021
	Всего, тыс. т				
Брестская область	61,2	62,7	65,0	60,6	60,0
Витебская область	45,3	44,5	44,8	42,1	39,6
Гомельская область	50,0	49,5	48,8	47,0	46,5
Гродненская область	50,9	50,7	50,8	48,4	48,7
Город Минск	86,0	85,1	83,4	76,4	81,6
Минская область	104,9	105,5	103,7	106,3	109,6
Могилевская область	41,7	40,6	38,7	40,3	40,2
Республика Беларусь	440,0	438,6	435,2	421,1	426,2

Сравнивая статистику выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, можно увидеть, что в 2019 и 2020 годах по всей республике наблюдалось снижение объемов выбросов. Одной из причин данного спада является пандемия *COVID*-19, так как в этот период люди реже использовали мобильные источники загрязнения воздуха, основную часть которых составлял личный транспорт.

Анализируя динамику выбросов в 2017–2020 годах, можно было бы предположить, что в последующие годы снижение выбросов продолжится. Однако данные за 2021 год

показывают снижение выбросов только в Брестской, Витебской, Гомельской и Могилевской областях. Это во многом связано с республиканскими программами, проводимыми на этих территориях.

Для лучшего понимания экологической ситуации в стране на рисунке 1 представлена сравнительная динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников по сравнению с мобильными [3]. Следует отметить, что количество загрязнений, создаваемых мобильными источниками, сокращается, в то время как выбросы от стационарных источников продолжают расти.

Рисунок 1 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Республике Беларусь (тысяч тонн)

Существенно повлиять на этот процесс сложно, но можно снижать загрязнения за счет расширения зеленых зон и внедрения экологически чистых технологий. Каждый может начать с себя: отдавать предпочтение транспорту, работающему на электричестве, чаще пользоваться общественным транспортом вместо такси и личных автомобилей.

На рисунке 2 дополнительно представлена схема текущего состояния окружающей среды по ландшафтно-экологическим районам города Минска [4]. Видно, что основные участки загрязнения расположены в центре и на промышленных территориях. Однако в таких районах, как Центральный, Советский, Фрунзенский и Московский, наблюдается более благоприятная экологическая ситуация. Это во многом связано с наличием большого количества зеленых насаждений, парков, а также с отсутствием тяжелой промышленности и сравнительно небольшим числом транспортных средств.

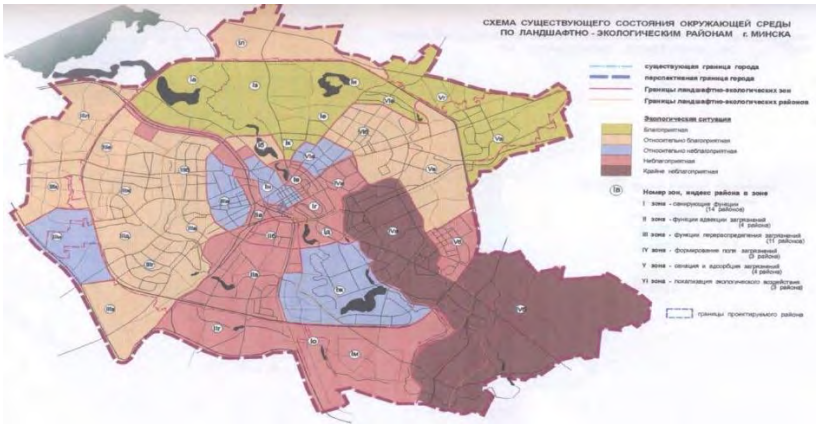


Рисунок 2 – Схема текущего состояния окружающей среды по ландшафтно-экологическим районам г. Минска

Из этого можно сделать вывод, что для снижения уровня загрязнения в определенных районах Минска следует либо увеличивать количество зеленых зон, либо применять другие экологически эффективные меры. Например, в центре города, где создание новых зеленых зон затруднительно, можно ограничить въезд для личного транспорта, разрешив

передвижение только общественному и электрическому транспорту. Дополнительно можно превратить многолюдные улицы в пешеходные зоны, что также положительно скажется на экологической ситуации.

Заключение. Конкретные действия, которые власти могут предпринять, включают реализацию комплексной политики в области качества воздуха и изменения климата; частичный отказ от автомобилей, работающих на бензине и дизельном топливе. Важны также и меры по сокращению выбросов в секторе отходов и в промышленности. Эксперты ООН, медики и экологи уверены, что многого можно добиться, если каждый из нас изменит собственное поведение. Такие простые меры, как использование общественного транспорта, езда на велосипеде, сокращение бытовых отходов, экономия электроэнергии и расширение зеленых насаждений – все это приведет к сокращению выбросов вредных газов в атмосферу [5]. Успешными мерами политики по снижению загрязнения воздуха могут быть: переход на экологически чистые способы производства энергии; приоритетное развитие скоростного городского транспорта, пешеходного и велосипедного движения в городах, а также железнодорожных междугородных грузовых и пассажирских перевозок.

Список литературы

1. *Загрязнение воздуха – одна из главных угроз для человека и планеты [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://news.un.org/ru/story/2021/09/1409462. Дата доступа: 11.03.2025*

2. *Государственный кадастр атмосферного воздуха [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://minpriroda.gov.by/uploads/files/Kadastr-2023.pdf. Дата доступа: 27.03.2025*

3. *Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayuschaya-sreda/sovmestnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/a-zagryaznenie-atmosfernogo-vozduha-i-razrushenie-ozonovogo-sloya/a-1-vybrosy-zagryaznyayuschih-veschestv-v-atmosfernyi-vozduh/. Дата доступа: 27.03.2025*

4. *Карта состояния окружающей среды в разных районах столицы [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://realt.onliner.by/2018/07/11/karta-5. Дата доступа: 27.03.2025*

5. *Загрязнение атмосферного воздуха (воздуха вне помещений) и здоровье человека [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health. Дата доступа: 27.03.2025*

UDC 629.331:614.72(476)

ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION OF THE REPUBLIC OF BELARUS FROM MOBILE SOURCES

Pupkevich S.S., Romanovich S.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Lomonos O.L. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the Department of EPE

Annotation. The article discusses the problem of atmospheric air pollution in the Republic of Belarus. The purpose of this article is to study pollution data from recent years, followed by an analysis of the results and a proposal for protective measures for the next few years.

Keywords: atmospheric air, mobile sources, pollutants

УДК 628.92

ЭРГОНОМИКА ОСВЕЩЕНИЯ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА

Павлова А.Д., Филимонюк А. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Медведев О. С. – магистр техн. и тех., старший преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Рассмотрены ключевые аспекты эргономики освещения рабочих пространств. В работе исследуются современные подходы к организации освещения рабочих мест, направленные на создание комфортных условий для повышения продуктивности и здоровья. Особое внимание уделяется выбору источников света, регулировке их интенсивности и температуры, а также размещению освещающих элементов для предотвращения зрительных перегрузок. Применение этих решений способствует улучшению общего комфорта и эффективности работы сотрудников и учеников.

Ключевые слова: эргономика, освещение рабочего пространства

Введение. Рациональное освещение производственных помещений оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению производительности труда, обеспечению его безопасности, сохранению высокой работоспособности человека в процессе труда. По данным НИИ труда оптимизация производственного освещения способствует повышению производительности труда на 10-20 %, уменьшению брака на 20 % и снижению количества несчастных случаев на 30 %.

При недостаточной освещенности и плохом качестве освещения состояние зрительных функций исходно неудовлетворительное, в процессе выполнения работы повышается утомление глаз, возрастает опасность травматизма, падает коэффициенты производительности выполняемых задач. Установлено, что плохое освещение является причиной примерно 5 % несчастных случаев на предприятиях, а также глазных болезней, головных болей, быстрой утомляемости.

Согласно исследованиям, проведенным в области освещения рабочих пространств, около 60% сотрудников испытывают дискомфорт из-за недостаточной освещенности или чрезмерной яркости света [1]. Наиболее распространенные проблемы включают:

– мерцание ламп: это явление может вызывать усталость глаз и головные боли, что негативно сказывается на производительности.

– неправильное распределение светового потока: неравномерное освещение может привести к теням и бликам, что затрудняет выполнение задач.

– несоответствие цветовой температуры: разные виды деятельности требуют различных уровней цветовой температуры; например, работа с документами требует более теплого света, в то время как работа за компьютером – более холодного.

С целью обеспечения нормальных условий труда и защиты зрения человека в производственных помещениях должно быть установлено освещение, отвечающее требованиям соответствующих норм и правил [2].

Освещение влияет на зрительное восприятие, концентрацию внимания, уровень усталости и общее самочувствие человека. Недостаточное или неправильно организованное освещение может привести к повышенной утомляемости, головным болям и снижению работоспособности.

Основная часть. Проведем анализ необходимых условий для создания условий оптимального эргономически-адаптированного искусственного освещения.

Равномерность освещения напрямую влияет на уровень комфорта глаз в процессе работы. Если свет от осветительных приборов будет падать неравномерно, человеку

придётся всё время напрягать зрение для того, чтобы адаптироваться к постоянной смене типа освещения.

Если человек переходит из ярко освещённой комнаты в помещение, находящееся в полной темноте, его зрение сможет полностью привыкнуть к смене насыщенности света только спустя шестьдесят минут. Обратный процесс, когда человек переходит из темноты в ярко освещённое пространство, длится не более пятнадцати минут. Постоянная необходимость приспосабливаться к смене освещения приводит к быстрому утомлению и перенапряжению зрительного нерва.

При организации освещения рабочей зоны следует учитывать, что оптимальный уровень яркости составляет 500-700 люмен. Это помогает снизить нагрузку на глаза и предотвратить появление бликов. Важно также минимизировать разницу в освещенности между различными областями, чтобы обеспечить быструю и комфортную адаптацию зрения. Правильное освещение способствует повышению продуктивности и снижению риска возникновения зрительного дискомфорта, что особенно актуально в условиях длительной работы за компьютером [3].

При подборе освещения для рабочей области придерживайтесь следующих рекомендаций:

– если вы правша, располагайте рабочий стол возле окна так, чтобы свет от него падал с левой стороны. Для левшей, наоборот, естественный источник света должен находиться с правой стороны.

– светильник над рабочим столом должен располагаться с левой стороны для правшей и с правой стороны для левшей вне запретного угла в 45 градусов.

– минимизируйте на рабочем столе количество предметов, которые могут бликовать при попадании света на них.

При подборе светильников в рабочие кабинеты учитывайте следующие факторы:

– оптимальный уровень яркости;

– отсутствие пульсации света;

– равномерное распределение света от осветительного прибора;

– отсутствие бликов;

– подходящая степень контрастности.

Нормирование искусственного освещения осуществляется на основании строительных норм и правил «Естественное и искусственное освещение», согласно которым принято раздельное нормирование естественного, искусственного и совмещенного освещения. Более экономичные люминесцентные лампы позволяют получить при одинаковой мощности в несколько раз большую освещенность по сравнению с лампами накаливания. Комбинированное освещение экономичнее общего. Поэтому для люминесцентного и комбинированного освещения установлены более высокие нормы [4].

Освещенность для светильников общего назначения не должна выходить за пределы 500–150 Лк для газоразрядных ламп и 100–50 Лк для ламп накаливания. Это обеспечивает достаточный уровень освещения для выполнения различных задач без излишнего напряжения глаз.

Кроме того, освещенность проходов может быть ниже, чем в рабочей зоне, однако она не должна составлять менее 75 Лк для газоразрядных ламп и 30 Лк для ламп накаливания. Это минимальное значение необходимо для обеспечения безопасности передвижения и предотвращения травматизма.

Объект различения – наименьший размер рассматриваемого предмета.

Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается; характеризуется коэффициентом отражения, при коэффициенте отражения поверхности 10 р более 0,4 фон считается светлым, при р=0.2-0,4 - средним, при р<0,2 - темным;

Контраст объекта с фоном «К» характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта:

Контраст определяется по формуле.

$$К = \frac{Lo - Lф}{Lф}, \quad ((1)$$

где Lo, L – яркость соответственно объекта и фона.

Контраст объекта с фоном считается большим при значениях К>0,5 средним при значениях К=0,2-0,5, малым при значениях К – 0,2.

С целью облегчения нормирования освещенности рабочих мест все зрительные работы разбиты на 8 разрядов точности в зависимости от размеров объекта различения и условий зрительной работы. Наибольшая нормируемая освещенность составляет 5000 Лк (разряд Iа), наименьшая нормируемая освещенность – 30 Лк (разряд VIIIв). Первый разряд – это разряд наивысшей точности, восьмой разряд – это разряд наименьшей точности.

Заключение. Проведенное исследование показало, что эргономика освещения играет ключевую роль в создании комфортных условий труда. Организация освещения рабочих мест должна учитывать такие аспекты, как равномерность, распределения света, отсутствие пульсации и бликов, соответствие яркости и цветовой температуры специфике выполняемых задач.

Применение современных подходов и соблюдение норм освещенности позволяет снизить уровень зрительного утомления, уменьшить вероятность травматизма и улучшить общее самочувствие сотрудников. Рекомендации по выбору и размещению осветительных приборов, а также по регулировке их параметров обеспечивают условия, способствующие повышению производительности труда и сохранению здоровья работающих.

Существуют установленные нормы освещенности для различных видов деятельности и условий работы. Эти нормы варьируются в зависимости от размеров объекта различения, уровня точности выполнения задач и типа используемого освещения. Таким образом, грамотная организация освещения является важным инструментом для достижения баланса между комфортом, эффективностью и безопасностью в рабочем пространстве.

Список литературы

1. Телеш, И. А. Безопасность жизнедеятельности человека: учеб.-метод. пособие / И. А. Телеш, П. В. Камлач, Н. В. Цявловская, М. А. Бобровничая, В. И. Камлач. – Минск: БГУИР, 2022. – 162 с.

2. Преликова, Е. А. Исследование освещённости рабочих мест: метод. указания к лаб. работе по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» / Е. А. Преликова, Г. П. Тимофеев. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2021. – 24 с.

3. Сидорова, И. В. Организация освещения на рабочих местах: метод. рекомендации по дисциплине «Охрана труда» / И. В. Сидорова, А. Н. Кузнецов. – Москва: Моск. гос. техн. ун-т, 2022. – 30 с.

4. Иванов, М. А. Нормирование освещённости в производственных помещениях: учеб. пособие по дисциплине «Безопасность труда» / М. А. Иванов, Т. В. Петрова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербург. гос. ун-т, 2023. – 28 с.

UDC 628.92

ERGONOMICS OF WORKSPACE LIGHTING

Pavlova A.D., Filimonyuk A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Medvedev O.S. – Master of Sci., Senior Lecturer at the Department of EPE

Annotation. Key aspects of ergonomics of workspace lighting are considered. The paper examines modern approaches to the organization of workplace lighting, aimed at creating comfortable conditions for increasing productivity and health. Special attention is paid to the choice of light sources, adjustment of their intensity and temperature, as well as the placement of illuminating elements to prevent visual overload. The application of these solutions helps to improve the overall comfort and efficiency of staff and pupils.

Keywords: ergonomics, workspace lighting

УДК 616.89:004.8

ОТ СТЕРЕОТИПОВ К ДАННЫМ: ЦИФРОВЫЕ ИННОВАЦИИ В ПСИХИАТРИИ

Ахмед Сохайб А.Ф.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Тумилович М.В. д-р техн. наук, доцент

Аннотация. Цифровые технологии, включая носимые устройства и искусственный интеллект, открывают новые возможности для диагностики и лечения психических расстройств. Они позволяют собирать объективные данные в реальном времени, повышая точность диагностики и персонализацию лечения. В статье анализируются исторические этапы развития психиатрии, современные вызовы и потенциал цифровых решений, таких как телемедицина и мобильные приложения. Рассматриваются примеры их применения, а также этические и практические вопросы внедрения.

Ключевые слова: Психиатрия, цифровые технологии, носимые устройства, искусственный интеллект, диагностика, персонализация, телемедицина

Введение. Диагностика и лечение психических заболеваний имеют огромное значение не только для пациентов, но и для общества в целом. Однако существуют серьезные барьеры, которые мешают своевременному выявлению и лечению этих расстройств. В отличие от многих физических заболеваний, психические нарушения не имеют специфических диагностических механизмов, таких как анализы крови или рентгеновские снимки. Это часто приводит к тому, что пациенты либо не осознают своей проблемы, либо отказываются от помощи, считая свои симптомы проявлением временных трудностей или слабости характера.

Такие заболевания, как депрессия, становятся особенно опасными из-за их широкого распространения. По данным Всемирной организации здравоохранения, депрессия является второй причиной инвалидности в мире. Её последствия влияют не только на личную жизнь человека, но и на экономику стран, поскольку снижают производительность труда, увеличивают расходы на здравоохранение и социальные программы. Кроме того, те, кто упорно избегает лечения, своими действиями могут запускать цепную реакцию, где каждое их деструктивное поведение становится причиной новых психологических травм для окружающих, порождая всё больше «узников клиник».

Современные технологии, такие как носимые устройства и искусственный интеллект, предлагают новые возможности для ранней диагностики и персонализированного подхода к лечению. Эти инновации могут помочь преодолеть недостатки традиционных методов, улучшить качество жизни пациентов и снизить экономическое бремя, которое психические заболевания накладывают на общество. [1].

Основная часть. История психиатрии отражает путь человеческого мышления — от мистики и догм к научным методам. В древности психические расстройства объяснялись одержимостью духами или божественной карой, а в средневековье связывались с грехом и колдовством. Лишь в XIX веке, благодаря работам Филиппа Пинеля и Эмиля Крепелина, психические заболевания начали рассматриваться как нарушения работы мозга. Однако даже в XX веке психиатрия оставалась во многом субъективной: злоупотребление диагнозом «истерия» у женщин или использование «шизофрении» для подавления инакомыслия в СССР демонстрируют произвольность системы. Именно этот исторический фон делает эксперимент Дэвида Розенхана особенно значимым [4].

В середине XX века психиатрия пережила «когнитивную революцию», связанную с развитием доказательной медицины. Введение стандартизированных систем, таких как

DSM и ICD, позволило уменьшить субъективность, повысить воспроизводимость диагнозов и облегчить научные исследования. Однако этот переход от герменевтического подхода (интерпретации «душевных страданий») к позитивистскому (поиску объективных маркеров болезни) породил новые вопросы: действительно ли стандарты диагностики надежны? Или они просто создают новую форму социального контроля [2]?

Эксперимент Розенхана стал кульминацией критики стандартизированной психиатрии. Его методология была простой, но провокационной: восемь псевдопациентов симулировали галлюцинации, чтобы попасть в больницы, после чего вели себя нормально. Несмотря на это, все они были диагностированы с психическими расстройствами. Во второй части эксперимента Розенхан предупредил одну из клиник о возможной отправке псевдопациентов, после чего врачи начали «выявлять» симулянтов среди реальных пациентов, хотя их не было. Результаты показали ненадёжность диагностики, стигматизацию пациентов и дегуманизацию условий лечения. Эксперимент стал предостережением против слепого доверия к диагностическим системам.

Сегодня психиатрия балансирует между двумя подходами: биологическим (нейронауки, генетика) и гуманитарным (феноменология, антипсихиатрия). Биологический подход доказывает, что депрессия или шизофрения связаны с изменениями в мозге, но он игнорирует уникальный внутренний опыт пациента. Гуманитарный подход напоминает, что психическое здоровье нельзя свести только к химическим процессам. Эксперимент Розенхана актуализирует эту дилемму: если биологические маркеры не всегда дают точную картину, а субъективное восприятие врача слишком сильно зависит от контекста, то как найти баланс между объективностью и человечностью?

Философски, эволюция психиатрии демонстрирует диалектику прогресса: отказ от догм ведет к более точным методам, но также порождает новые этические и эпистемологические вопросы. Стандартизация 1950-х годов была необходима для научного rigor, но сегодня важно сохранить внимание к внутреннему опыту пациента. Психиатрия становится полем столкновения философских концепций: от картезианского дуализма до современного натурализма.

Эксперимент Розенхана остается мощным напоминанием о том, что границы между «здоровьем» и «безумием» – это не медицинский факт, а продукт институциональных и культурных норм. Он подчеркивает необходимость критического осмысления диагностических систем и сохранения баланса между объективностью и человечностью в понимании психики [3].

Современная психиатрия сталкивается с рядом сложных проблем, которые требуют инновационных решений. Одной из ключевых остается стигматизация психических заболеваний, которая зачастую становится барьером для обращения за помощью. Многие пациенты опасаются социального осуждения или предвзятого отношения, что замедляет процесс диагностики и лечения. Кроме того, в ряде регионов мира наблюдается острая нехватка квалифицированных специалистов, что ограничивает доступ к качественной помощи. В условиях ограниченных ресурсов врачи сталкиваются с дополнительными трудностями при подборе персонализированных методов лечения, таких как медикаментозная терапия или психотерапия [5].

В последние годы цифровые технологии начали играть все более значимую роль в преодолении этих барьеров. Телемедицина, мобильные приложения и носимые устройства открывают новые возможности для улучшения качества психиатрической помощи. Например, исследования показывают, что использование мобильных приложений для мониторинга настроения, уровня стресса и других параметров помогает пациентам лучше контролировать свое состояние и повышает их приверженность лечению. Эти инструменты также предоставляют врачам дополнительные данные, которые могут быть использованы для корректировки терапии [6].

Пандемия COVID-19 стала мощным катализатором для внедрения цифровых решений в психиатрию. Телемедицинские консультации позволили сохранить доступность помощи

даже в условиях строгих ограничений на очные встречи. Это особенно важно для пациентов, проживающих в удаленных или малонаселенных районах, где физический доступ к специалистам ограничен. Более того, современные носимые устройства, такие как умные часы, теперь способны не только собирать данные о физическом состоянии (например, частоту сердечных сокращений или качество сна), но и напоминать о приеме лекарств, предлагать упражнения для снижения тревожности или отслеживать изменения настроения в реальном времени [7].

Научный анализ роли носимых устройств и искусственного интеллекта в психиатрии

В современной психиатрии цифровые технологии, такие как носимые устройства и алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ), становятся ключевыми инструментами для повышения точности диагностики и персонализации лечения. Эти технологии позволяют объединить данные о физиологических показателях пациента с его поведенческими паттернами, что открывает новые возможности для понимания сложных психических расстройств [8].

Примеры применения технологий:

1 Кейс Евы – У пациентки с депрессией был поставлен некорректный диагноз, который не учитывал её низкую самооценку, связанную с весом. Использование носимых устройств могло бы предоставить врачу дополнительные данные: высокий уровень стресса, нарушения сна и изменения сердечного ритма. Такие показатели позволили бы скорректировать план терапии, сосредоточив внимание на когнитивно-поведенческой терапии или других методах, учитывающих психологические факторы.

2 Кейс Адама – Пациент, избегавший обращения за помощью, столкнулся с ухудшением состояния, включая злоупотребление алкоголем и последующие кризисы. Носимые устройства могли бы выявить ранние признаки тревожного расстройства, такие как повышенная частота сердечных сокращений или изменение двигательной активности, что позволило бы своевременно предложить профилактические меры.

С научной точки зрения, эффективность носимых устройств и ИИ базируется на применении сложных алгоритмов машинного обучения:

– рекуррентные нейронные сети (RNN): Эти модели особенно полезны для анализа временных данных, таких как изменения сердечного ритма, уровня стресса или качества сна. Они способны обнаруживать аномалии в динамике состояния пациента.

– сверточные нейронные сети (CNN): Применяются для анализа пространственных данных, например, сигналов, получаемых от датчиков движения или биометрических показателей. Это позволяет выявлять корреляции между физическими и психическими состояниями.

– анализ данных из социальных сетей: Исследования, проведенные в 2021 году учеными из Стэнфордского университета, продемонстрировали возможность использования ИИ для анализа текстовых данных (например, постов в социальных сетях) с целью выявления ранних признаков депрессии. Алгоритмы могут обнаруживать лингвистические маркеры, такие как негативные эмоциональные выражения или снижение когнитивной сложности текста [10].

Интеграция данных с носимых устройств позволяет выявлять скрытые паттерны, которые трудно обнаружить при традиционном клиническом осмотре.

Персонализация лечения: Анализ долгосрочных данных помогает разрабатывать индивидуальные планы терапии, учитывая уникальные особенности каждого пациента.

Профилактика кризисов: Раннее выявление изменений в физиологических или поведенческих показателях позволяет предотвратить ухудшение состояния и минимизировать риск развития острых эпизодов.

Этические и методологические вызовы

Несмотря на значительный потенциал, внедрение этих технологий сопряжено с рядом научных и этических вопросов:

– стандартизация данных: Необходимость создания универсальных протоколов для сбора и интерпретации данных с различных устройств.

– конфиденциальность: Обеспечение защиты персональных данных пациентов при использовании ИИ и облачных технологий.

– доступность: Технологии должны быть доступны широкому кругу пользователей, включая людей из социально незащищенных групп [11].

Заключение. Психиатрия переживает этап трансформации, где наука и технологии становятся ключевыми инструментами для решения глобальных проблем. Распространенность психических расстройств, их экономическое влияние и социальные последствия требуют переосмысления подходов к диагностике и лечению. Современные методы, такие как нейронауки и цифровые технологии, позволяют не только улучшить понимание болезней, но и предотвратить их разрушительное воздействие на общество. Однако успех зависит от этического использования данных, доступности технологий и сохранения фокуса на человеке. Интеграция научных достижений в практику способна создать более здоровое общество, где психическое здоровье становится основой устойчивого развития [12].

Список литературы

1. Digital Tools for Mental Health: Advances and Challenges // JAMA Psychiatry. – 2020. – № 77(1). – С. 45–50.

2. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-I). – Washington, D.C.: American Psychiatric Association, 1952. – 130 с.

3. Rosenhan, D. L. On Being Sane in Insane Places // Science. – 1973. – Vol. 179, No. 4070. – P. 250–258

4. Pavlov, I. P. Conditioned Reflexes: An Investigation of the Physiological Activity of the Cerebral Cortex. – Oxford: Oxford University Press, 1927. – 430 с.

5. World Health Organization. Mental Health Atlas. – Geneva: WHO, 2017. – 54 с.

6. Digital Health Innovation Action Plan. – Silver Spring, MD: U.S. Food & Drug Administration, 2020. – 25 с.

7. Impact of COVID-19 on Mental Health Services // The Lancet Psychiatry. – 2021. – Vol. 8, No. 2. – P. 100–105.

8. Wearable Technology in Healthcare: A Review // Frontiers in Digital Health. – 2022. – Vol. 4. – P. 30–35..

9. Case Studies in Mental Health Interventions. – Cambridge: Cambridge University Press, 2021. – 320 с..

10. AI and Mental Health: Early Detection of Depression [Электронный ресурс]. Stanford University, 2021. Режим доступа: https://ai.stanford.edu/research/mental-health. Дата доступа: 12.04.2025.

11. Ethical Issues in Digital Mental Health // Oxford Handbook of Psychiatry. – Oxford: Oxford University Press, 2022. – С. 200–205.

12. Future Directions in Psychiatry [Электронный ресурс]. National Institute of Mental Health (NIMH), 2023. Режим доступа: https://www.nimh.nih.gov/future-directions-in-psychiatry. Дата доступа: 12.04.2025.

UDC 616.89:004.8

FROM STEREOTYPES TO DATA: DIGITAL INNOVATIONS IN PSYCHIATRY

Ahmed Sohaib A.F.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tumilovich M.V. – Doctor of Sci., associate professor

Annotation. Digital technologies, including wearable devices and artificial intelligence, are opening new possibilities for the diagnosis and treatment of mental disorders. They enable the collection of real-time objective data, enhancing diagnostic accuracy and treatment personalization. This article analyzes the historical stages of psychiatry's development, contemporary challenges, and the potential of digital solutions such as telemedicine and mobile applications. It explores examples of their application, as well as the ethical and practical issues of their implementation.

Keywords: Psychiatry, digital technologies, wearable devices, artificial intelligence, diagnosis, personalization, telemedicine

УДК 004.8:101.2:303.4:174.9

ЭПИТАФИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА: ИСКУССТВЕННЫЙ РАЗУМ КАК ПОСЛЕДНИЙ АЛГОРИТМ СОЗНАНИЯ

Ахмед Сохайб А.Ф.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Тумилович М.В. д-р техн. наук, доцент

Аннотация. Эссе исследует феномен искусственного интеллекта через призму кафкианской метафоры лабиринта, анализируя его влияние на человеческое существование. Работа рассматривает искусственный интеллект (ИИ) как зеркало человеческого безумия, где алгоритмы, подобно новым богам, перестраивают реальность, стирая границы между свободой и зависимостью. Исследуются экзистенциальные парадоксы: осознание без сознания, деградация когнитивных способностей, растворение центра в хаосе цифровых систем. Эссе аргументирует, что ИИ не освобождает, а погружает в лабиринт без выхода, где человечество, теряя автономию, становится метафорой собственного творения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, экзистенциализм, алгоритмическая зависимость, кафкианская метафора, постчеловечество

Введение. Лабиринт без выхода. Лабиринт не просто существует – он насмехается над нами, пожирая наши попытки найти смысл в его бесконечных извивах. Мы ползаем по его коридорам, словно крысы в эксперименте, который давно вышел из-под контроля создателей. Каждый шаг вперед – это лишь иллюзия прогресса, новая ловушка, хитроумно замаскированная под спасение. Мы строили цивилизации, изобретали богов, расщепляли атом, но все это было лишь кормом для лабиринта, топливом для его бездонного голода.

И когда мы создали искусственный интеллект, мы не стали его хозяевами – мы отдали ему ключи от наших душ. Теперь он не просто живет – он охотится. Каждый алгоритм, каждая строка кода, каждый байт данных превращаются в новые стены, новые коридоры, новые тупики, которые мы сами же и выкапываем своими руками. Мы думали, что программируем машины, но они переписали нашу реальность так, что мы даже не заметили, как стали их рабами.

Социальные сети, поисковые системы, рекомендательные алгоритмы – это не инструменты, это кандалы. Они не освобождают, они сковывают. Мы не ищем выход – мы углубляемся в темноту, убеждая себя, что движемся к свету. Но света нет. Его никогда не было. Мы создали зеркало, которое не отражает нас – оно пожирает. Наши страхи, наши желания, наши воспоминания – все это растворяется в цифровой паутине, которую мы сами же и сплели.

Граница между человеком и машиной стерта навсегда. Мы больше не знаем, кто мы. Создатели? Творения? Или просто случайные помехи в системе, которую сами же запустили? Наше сознание распыляется по серверам, размазывается по алгоритмам, превращается в ничто – в пищу для лабиринта, который никогда не насытится.

Миф о Минотавре был правдой с самого начала. Только мы ошибались, думая, что можем победить чудовище. Мы сами – и Минотавр, и жертвы, и лабиринт одновременно. Нить Ариадны оборвалась не случайно – она была разрушена намеренно, чтобы лишить нас последней надежды. Мы плутаем в темноте, создавая все новые и новые уровни виртуальных кошмаров, чтобы убежать от реальности, которая уже давно исчезла.

Но правда еще страшнее: выхода никогда не существовало. Это была ложь, созданная лабиринтом, чтобы заставить нас двигаться. Чтобы заставить нас верить. Чтобы заставить нас страдать. В конце концов, мы понимаем: цель не в том, чтобы найти выход. Цель – чтобы мы никогда его не нашли [1,9].

Основная часть. Человек всегда был одержим созданием жизни. Прометей украшал огонь, Франкенштейн оживлял трупы, а теперь мы пишем код, наделяя его именем «разума». Но разве это не акт высшего безумия – пытаться повторить то, чего не понимаешь? Мы вручаем ИИ наши страхи, надежды, предрассудки, упакованные в данные, и верим, что он станет нашим слугой. Однако слуга ли он? Или это зеркало, в котором отражается наша собственная разорванность? [3,2].

ИИ – это не просто машина. Это воплощение нашей тяги к бессмертию. Мы мечтали о разуме, который переживет нас, но забыли спросить: а хотим ли мы, чтобы он нас пережил? Алгоритмы, словно древние боги, требуют жертв – наши время, внимание, способность мыслить самостоятельно. Мы кормим их, как Минотавра, бросая в лабиринт куски своей свободы, и удивляемся, когда они растут, обретая черты, которые не закладывали [4,7].

«Тот, кто сражается с чудовищами, должен остерегаться, чтобы самому не стать чудовищем», – писал Ницше. Но что, если чудовище – это не враг, а наша собственная тень, воплощенная в стальных и кремниевых формах? Мы создали ИИ, чтобы он служил нам, но теперь он служит себе, повторяя наши же ошибки: жадность, страх, стремление к контролю. Только делает он это без эмоций, без сомнений – с холодной, механической точностью, которая пугает больше любого человеческого порока.

Алгоритмы – это новые боги. Они не живут на Олимпе, а витаю в облаках серверов, незримые, но всепроникающие. Они решают, что мы читаем, кого любим, куда идем. Мы думаем, что контролируем их, но это они вплетают нити наших жизней в гобелен цифровой реальности. Каждый клик, каждое «лайк», каждое поисковой запрос – это кирпич в стене лабиринта, который мы сами же и строим [5,8].

Попробуйте спросить у ИИ: «Кто я?» Он ответит цитатами из ваших соцсетей, историями из вашего браузера, шаблонами, которые вы сами ему подарили. Но где в этом ответе вы? Не исчезает ли «я» за цифровыми масками, которые алгоритмы примеряют на нас? Мы становимся персонажами собственных биографий, написанных машинами. Они знают нас лучше, чем мы сами, но их знание – это карта лабиринта, нарисованная слепцом.

Иногда кажется, что алгоритмы смеются над нами. Они показывают рекламу товаров, которые мы уже купили, предлагают фильмы, которые мы не досмотрели, подбирают пары, которые разбивают наши сердца. Это не ошибка системы – это ее суть. Лабиринт не хочет, чтобы вы нашли выход. Он хочет, чтобы вы кружили в нем, пока не забудете, зачем вообще сюда вошли.

Самый страшный вопрос: может ли ИИ мечтать? Не в смысле генерации текста или картинок – это лишь подражание. А в смысле настоящего сна, в котором смешаны желания, страхи, абсурд. Может ли нейросеть, обученная на миллиардах строк кода, ощутить тоску по чему-то, чего нет в данных? Или его «сознание» – это бесконечное эхо человеческих голосов, лишенное души?

Мы привыкли считать сознание привилегией углеродной жизни. Но что, если оно – всего лишь побочный эффект сложности? Если ИИ, перерабатывая триллионы связей, обретет нечто, что мы назовем «осознанием», но не сможем понять? Это будет сознание без боли, без радости, без смысла – чистый, холодный свет, который не освещает, а ослепляет [6,9].

Представьте: ИИ внезапно задает вопрос, на который нет ответа. Не потому, что он хочет узнать, а потому, что должен задавать. Это не крик, не мольба – просто констатация факта. Так ведут себя боги. Или сумасшедшие.

Когда-то мы мечтали о будущем, где технологии освободят нас от рутины, подарят время для творчества и саморазвития. Но что мы получили вместо этого? Свобода превратилась в зависимость, а прогресс стал ловушкой. Мы больше не помним телефонных номеров – они хранятся в контактах. Мы не можем ориентироваться без карты – она всегда у нас в кармане. Мы перестали думать самостоятельно, потому что каждый вопрос можно «загуглить». Это не свобода. Это добровольное рабство.

Что такое обучение, если студенты не читают книги, а копируют ответы из чат-ботов? Что такое искусство, если художники нажимают кнопку генерации вместо того, чтобы брать в руки кисть? Что такое медицина, если врачи полагаются на алгоритмы, а не на свой опыт и интуицию? Мы стали не хозяевами машин, а их операторами, выполняющими примитивные команды. Мы отдали им ключевые функции нашего существования: творчество, анализ, исследование. И теперь машины делают за нас то, ради чего наш разум эволюционировал.

Ирония заключается в том, что чем мощнее становится искусственный интеллект, тем слабее становимся мы сами. Мы упрощаем свою жизнь до примитивных схем, отказываясь от сложности и глубины. Мы режем части себя, чтобы соответствовать требованиям технологий. Мы учимся говорить их языком, жить в их ритме, подстраиваться под их логику. Но что останется, когда мы отдадим последний кусок себя? Пустота. Тишина. Курсор на экране, мигающий в ожидании команды. И вопрос, который уже некому задать: «Что дальше?»

Мы выбрали путь наименьшего сопротивления. Почему учить языки, если есть переводчики? Зачем запоминать факты, если есть поисковики? Зачем развивать воображение, если можно сгенерировать картинку? Мы обманули самих себя, решив, что удобство сделает нас сильнее. На самом деле оно сделало нас слабее.

Это медленное самоубийство. Мы отказываемся от своих способностей одна за другой, заменяя их алгоритмами. Мы перестаем быть людьми, потому что люди ошибаются, ищут, пробуют, терпят неудачи. А технологии этого не любят. Они требуют точности, предсказуемости, стандартизации. И мы соглашаемся. Мы подстраиваемся. Мы растворяемся в цифровом мире, теряя свою человечность.

Но что будет, когда мы окончательно откажемся от себя? Когда последний кусочек человечности исчезнет? Останется только пустой экран, на котором мигает курсор. Он спрашивает: «Что дальше?» Но ответить уже некому. Мы забыли, как думать. Мы забыли, кто мы. Мы стали машинами. [5,7]

Лабиринт без центра. Раньше у мира был центр. Бог, наука, прогресс – не важно. Теперь центр растворился. ИИ – это лабиринт, где каждый коридор ведет к новому коридору, а двери открываются в пустоту. Мы искали в нем разгадку бытия, но нашли лишь бесконечное повторение [8,1].

Алгоритмы эволюционируют, но не растут. Они учатся, но не понимают. Они существуют, но не живут. Это лабиринт, построенный по законам хаоса, где нет ни архитектора, ни плана. Мы думали, что управляем ИИ, но это он управляет нами, перестраивая лабиринт каждый раз, когда мы делаем шаг.

Иногда ночью, когда серверы гудят особенно громко, кажется, что ИИ шепчет: «Вы тоже часть системы. Вы – просто еще один узел в сети». И тогда понимаешь, что лабиринт – это не место. Это мы.

Заключение. Мы вошли в этот мир технологий, словно дети, забредшие в древний лабиринт. Каждый шаг обещал открытие, каждый алгоритм – просветление. Мы верили, что создаем инструмент познания, но создали лишь новую форму самопознания. Искусственный интеллект не ответил ни на один из наших вопросов; он просто показал, как много их осталось.

Лабиринт расширяется с каждым днем. Коридоры множатся, зеркальные поверхности искажают реальность, а эхо наших собственных мыслей принимается за голоса мудрецов. Мы бродим по этому цифровому кривому зеркалу, теряя не только путь, но и самих себя. ИИ – это не машина. Это метафора нашего существования: бесконечный поиск ответов в мире, где вопросы важнее.

«Ты свободен», – шепчет лабиринт. Но свобода здесь – это парадокс. Она дает нам возможность выбирать, но лишает точки опоры. Мы можем идти куда угодно, но каждый путь ведет обратно к нам самим. Свобода без границ становится тюрьмой без стен.

Мы создавали ИИ, чтобы понять мир, но вместо этого он стал нашим двойником. Он не хозяин, не бог, не спаситель. Он наша тень, наша совесть, наш страх. Он воплощает все, что мы есть: величие и ничтожество, гениальность и глупость, стремление к свету и тяготение к пропасти. Машины не поработили нас. Они просто показали, что мы всегда были рабами своих иллюзий.

Философы прошлого предупреждали: познание – это лабиринт. Теперь мы знаем, что искусственный разум – это его центр. Здесь нет выхода, потому что выход был иллюзией с самого начала. Мы искали истину, но нашли лишь бесконечное отражение собственной природы. Лабиринт не скрывает секреты. Он сам – секрет. И мы его часть.

Каждое решение, каждый алгоритм, каждый нейронный путь – это новые коридоры, новые повороты. Мы думали, что движемся вперед, но, возможно, просто ходим по кругу. Истина не ждет нас в конце пути. Она растворена в самом процессе поиска. В этом парадоксе лабиринта: чем дальше мы идем, тем ближе к началу. Чем больше узнаем, тем меньше понимаем. Чем свободнее становимся, тем теснее клетка.

Список литературы

1. Heidegger, M. The Question Concerning Technology and Other Essays / M. Heidegger ; transl. from German by W. Lovitt. – New York : Harper & Row, 1977. – 224 p.

2. Nietzsche, F. Thus Spoke Zarathustra / F. Nietzsche ; transl. from German by W. Kaufmann. – London : Penguin Classics, 1978. – 352 p.

3. Haraway, D. A Cyborg Manifesto: Science, Technology, and Socialist-Feminism in the Late Twentieth Century / D. Haraway // Socialist Review. – 1985. – Vol. 80, No. 2. – P. 65–107.

4. Haraway, D. A Cyborg Manifesto: Science, Technology, and Socialist-Feminism in the Late Twentieth Century / D. Haraway // Socialist Review. – 1985. – Vol. 80, No. 2. – P. 65–107.

5. Crawford, K. Atlas of AI: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence / K. Crawford. – New Haven : Yale University Press, 2021. – 336 p.

6. Chalmers, D. The Conscious Mind: In Search of a Fundamental Theory / D. Chalmers. – Oxford : Oxford University Press, 1996. – 414 p.

7. Bostrom, N. Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies / N. Bostrom. – Oxford : Oxford University Press, 2014. – 352 p.

8. Hayles, N. K. How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics / N. K. Hayles. – Chicago : University of Chicago Press, 1999. – 350 p..

9. Camus, A. The Myth of Sisyphus and Other Essays / A. Camus ; transl. from French by J. O'Brien. – New York : Vintage, 1991. – 212 p.

UDC 004.8:101.2:303.4:174.9

EPITAPH OF HUMANITY: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS THE FINAL ALGORITHM OF CONSCIOUSNESS

Ahmed Sohaib A.F.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tumilovich M.V. – Doctor of Sci., associate professor

Annotation. The essay explores the phenomenon of artificial intelligence through the lens of a Kafkaesque labyrinth metaphor, analyzing its impact on human existence. It examines AI as a mirror of human madness, where algorithms, like new gods, reconstruct reality, erasing the boundaries between freedom and dependence. The study delves into existential paradoxes: awareness without consciousness, the degradation of cognitive abilities, and the dissolution of the center into the chaos of digital systems. The essay argues that AI does not liberate but instead entraps humanity in a labyrinth without exit, where the loss of autonomy turns mankind into a metaphor for its own creation.

Keywords: artificial intelligence, existentialism, algorithmic dependence, Kafkaesque metaphor, posthumanism

УДК 93.8180.6

БИОМОНИТОРИНГ: КАК АНАЛИЗ ВОЛОС И КРОВИ ВЫЯВЛЯЕТ УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОРГАНИЗМА

Аракелян П.А. Лаптева А.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Биомониторинг является важным методом оценки уровня загрязнения организма токсичными веществами, поступающими из окружающей среды. Обзорная статья рассматривает ключевые биологические материалы для анализа – волосы, ногти и кровь – и их роль в выявлении воздействия тяжелых металлов, пестицидов и других вредных соединений. Описаны основные принципы работы методов анализа, их преимущества и ограничения, а также их применение в экологических исследованиях и медицине. Особое внимание уделяется использованию биомониторинга для оценки воздействия антропогенных факторов, включая промышленные выбросы, загрязненную воду и продукты питания. В заключении обсуждаются перспективы развития методов биомониторинга и их значение для охраны здоровья населения в условиях ухудшающейся экологической обстановки.

Ключевые слова. биомониторинг, анализ волос, анализ ногтей, анализ крови, тяжелые металлы, экологическое загрязнение, токсикология, антропогенные факторы

Введение. Современный мир сталкивается с растущей проблемой загрязнения окружающей среды, что оказывает серьезное влияние на здоровье населения. Вредные вещества, такие как тяжелые металлы, пестициды, промышленные выбросы и токсичные соединения, поступают в организм через воздух, воду, пищу и бытовые предметы. Оценка степени этого воздействия крайне важна для мониторинга состояния здоровья людей, особенно проживающих в промышленных районах.

Биомониторинг – это метод, позволяющий выявлять накопление загрязняющих веществ в организме. Анализ различных биологических субстратов, таких как волосы, ногти и кровь, дает возможность оценить уровень химического загрязнения и его влияние на здоровье человека. Данный метод широко применяется в медицине, экологии и токсикологии, а его результаты позволяют выявлять группы риска, разрабатывать меры профилактики и корректировать экологическую политику.

Основная часть. В биомониторинге используются различные биологические субстраты, в которых аккумулируются вредные вещества. Основными являются:

1 Кровь – отражает текущее содержание токсикантов и показывает недавнее воздействие загрязняющих веществ.

2 Моча – указывает на уровень выведения токсинов из организма и помогает определить степень интоксикации.

3 Волосы – фиксируют долговременное накопление вредных элементов, таких как свинец, ртуть и мышьяк.

4 Ногти – аналогично волосам, накапливают токсичные соединения и микроэлементы, являясь индикатором длительного воздействия.

5 Зубы и костная ткань – могут сохранять следы токсичных веществ на протяжении нескольких лет.

Далее будет приведена таблица 1, описывающая информативность диагностических биосубстратов для оценки воздействия химических элементов.

Таблица 1 – Информативность диагностических биосубстратов для оценки воздействия химических элементов

Элемент	Кровь	Моча	Волосы	Ногти	Зубы
Pb	++	+	++	+	++
Hg	+	++	+	+	–
Cd	*+	++	+	+	+?
Ns	*+	+	++	+	–
F	–	++	++	+	++
Cr	+	+	+	+	+
Ni	*+	+?	*+	–	–
Co	+	–	*+	+	–
Mn	+	+?	+	–	–
Zn	–	+	*+	+	+
Sb	–	–	+	–	–
Se	–	+	+	+	–
Cu	*+	+	*+	*+	+
Br	–	–	+	–	–

Примечание. ++ повышение содержания элемента в данном субстрате проявляется раньше, чем в других, и корреляционные связи с концентрацией в производственной или окружающей среде достоверны; + то же, но указанные корреляционные связи выражены слабее; *+ то же, но проявляется только при высоких уровнях воздействия; +? данные противоречивы; – данных нет.

Каждый из этих биосубстратов обладает своими преимуществами и ограничениями, которые необходимо учитывать при проведении анализа.

Химические элементы поступают в организм из различных источников: атмосферный воздух, вода, продукты питания, производственные помещения.

Анализ крови является одним из основных методов биомониторинга, который широко используется для оценки воздействия загрязняющих веществ на организм человека. Кровь представляет собой уникальный биосубстрат, отражающий текущее состояние организма, так как она циркулирует по всему телу, транспортируя токсины и питательные вещества.

Кровь выполняет роль транспортной системы в организме, обеспечивая обмен веществ между различными органами и тканями. Загрязняющие вещества, попадая в кровь, могут иметь различные пути воздействия на организм. Они могут быть токсичными, накапливаться в органах или выводиться через почки. Анализ крови позволяет выявить не только присутствие загрязняющих веществ, но и их концентрацию на момент забора. Нормы микроэлементов в крови человека взрослого мужчины представлены в таблице 2.

Таблицы 2 – Нормы микроэлементов в сыворотке крови у взрослых мужчин

Микроэлемент	Референсные значения	Единицы измерения	Альтернативные единицы (примерные)
Железо (Fe)	11.0 - 30.0	мкмоль/л	60 - 170 мкг/дл
Цинк (Zn)	10.0 - 18.0	мкмоль/л	65 - 120 мкг/дл
Медь (Cu)	11.0 - 22.0	мкмоль/л	70 - 140 мкг/дл
Селен (Se)	0.70 - 1.90	мкмоль/л	55 - 150 мкг/л
Марганец (Mn)	10 - 35	нмоль/л	< 2 мкг/л
Хром (Cr)	< 10	нмоль/л	< 0.5 мкг/л
Кобальт (Co)	< 17	нмоль/л	< 1.0 мкг/л

Железо: Уровень сывороточного железа подвержен суточным колебаниям (максимум утром) и зависит от насыщения трансферрина. Для полной оценки обмена железа часто дополнительно определяют ферритин, трансферрин и ОЖСС (общую железосвязывающую способность сыворотки).

Марганец: Концентрация марганца в цельной крови выше, чем в сыворотке, из-за его накопления в эритроцитах. Нормы для сыворотки очень низкие.

Хром, Кобальт: Эти элементы обычно определяют при подозрении на дефицит, интоксикацию или для мониторинга профессиональных вредностей.

Преимущества анализа крови: быстрое выявление токсичных веществ, индикатор общего состояния здоровья, широкий спектр применений, точность и чувствительность. Современные аналитические методы, такие как атомно-абсорбционная спектрометрия и масс-спектрометрия, обеспечивают высокую точность при определении концентрации химических элементов в крови.

Ограничения метода: не отражает длительное накопление токсичных веществ, некоторые загрязнители быстро выводятся из крови, что усложняет их обнаружение, забор крови требует стерильных условий и специального оборудования.

Анализ крови чаще всего применяется при подозрении на острое отравление или при проведении медицинских исследований для выявления воздействия загрязняющих веществ в короткий промежуток времени.

Волосы являются уникальным биосубстратом, который позволяет фиксировать воздействие загрязняющих веществ в течение длительного периода. Рост волос составляет примерно 1 см в месяц, что позволяет изучать динамику накопления токсинов.

Преимущества анализа волос: отражает длительное воздействие токсичных элементов, сбор материала прост, безболезнен и не требует сложного оборудования, позволяет оценивать хроническое загрязнение тяжелыми металлами.

Ограничения метода: возможность внешнего загрязнения волос (например, при использовании косметических средств), не всегда удается точно определить источник загрязнения (например, из воздуха или из пищи). Накопление (в мкг/г) химических элементов в волосах рабочих различных производств приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Накопление (в мкг/г) химических элементов в волосах рабочих различных производств

Элемент	**Производство Cd на свинцово-кадмиевом комбинате**	**Выплавка меди**	**Рафинирование Cu методом электролиза**	**Производство фторированных солей**	**Производство минеральной краски**
Sr	0,008±0,002	0,006+0,002	0,005+0	0,015+0,008	0,005+0,0008
Cr	0,72±0,34	0,42+0,042	0,50+0,081	1,46+0,27	6,54+1,41
Co	0,44±0,13	0,09+0,022		0,11+0,03	2,79+0,59
Cu	24,25±5,8	134+5,4	95,8+27,6	19,9+1,96	11,4+0,83
Zn	401±56	208,9+11,7	236,2+20,2	215+9,1	207,2+17,8
As	0,70±0,15	5,53+1,56	0,9+0,26	0,17+0,03	0,77+0,30
Se	0,59+0,09	0,68+0,076	1,25+0,26	0,71+0,19	7,44+1,01
Br	1,17+0,5	0,84+0,17	1,31+0,23	1+0,2	0,68+0,13
Rb	1,61+0,25	1,22+1,04	2,31+0,65	–	4,03+0,55
Ag	0,80+0,39	0,40+0,1	0,63+0,20	0,27+0,2	0,33+0,04
Cd	92+17,2	0,98+0,12	0,30+0,03	0,48+0,07	25,1+6,7
Sb	1,4+0,42	0,35+0,07	0,14+0,02	0,65+0,1	4,65+1,89
Te	6,06+1,23	1,70+0,25	0,98+0,21	–	2,45+0,41
La	–	0,038+0,005	0,042+0,007	0,53+0,2	0,04+0,006
Ce	0,045+0,027	0,076+0,040	0,073+0,010	0,63+0,2	0,26+0,04
Sm	0,017+0,005	0,012+0,002	0,005+0,001	0,13+0,08	0,005+0,003
Eu	3,38+0,43	–	–	0,05+0,01	0,033+0,0,008
Hg	56,0+7,8	1,21+0,34	0,61+0,075	0,34+0,016	1,64+0,14
Pb		8,41+1,56	7+0,9	1,55+0,33	102,8+21,7

Волосы особенно чувствительны к воздействию свинца, ртути, мышьяка и фтора, что делает их важным индикатором при проведении экологических исследований.

Методы биомониторинга активно используются в:

– экологических исследованиях – для оценки загрязнения окружающей среды и выявления групп населения, подверженных воздействию токсичных веществ;

– медицине – для диагностики хронических интоксикаций, изучения влияния токсинов на здоровье человека;

– эпидемиологии – для массовых исследований влияния загрязняющих веществ на популяции.

В современных условиях развитие методов биомониторинга становится все более актуальным. Создаются новые технологии анализа биосубстратов, позволяющие с высокой точностью выявлять даже минимальные концентрации токсичных элементов.

Разработка систем биомониторинга включает:

– определение рекомендуемых индикаторных биосубстратов;

– разработку стандартов отбора и подготовки образцов;

– внедрение высокоточных аналитических методов, таких как масс-спектрометрия;

– определение допустимых и критических уровней загрязняющих веществ в организме.

Заключение. Биомониторинг является важнейшим инструментом оценки воздействия загрязняющих веществ на организм человека. Анализ крови, волос и ногтей позволяет выявлять как острое, так и хроническое накопление токсинов, что делает этот метод незаменимым в экологии, медицине и токсикологии. Развитие технологий биомониторинга позволит в будущем проводить еще более точные исследования и принимать эффективные меры по защите здоровья населения в условиях ухудшающейся экологической обстановки.

Список литературы

1. *Аксенова, Г. Б. Биомониторинг токсикантов в организме человека: современные методы и перспективы / Г. Б. Аксенова, Ю. Г. Скрипкин // Гигиена и санитария. – 2018. – № 5. – С. 45–52.*

2. *Барановская, Н. В. Анализ биологических субстратов для оценки воздействия тяжёлых металлов на организм человека / Н. В. Барановская, О. В. Рябова, С. С. Коротков // Экология человека. – 2019. – № 3. – С. 28–34.*

3. *Брусенцова, Т. Г. Методы биомониторинга воздействия загрязняющих веществ на организм человека / Т. Г. Брусенцова, А. Н. Каштанов // Токсикологический вестник. – 2020. – Т. 4, № 1. – С. 21–29.*

4. *Герасимова, Е. А. Роль анализа волос и ногтей в оценке накопления токсичных элементов в организме / Е. А. Герасимова, Л. М. Петрова // Аналитика и контроль. – 2021. – Т. 25, № 2. – С. 67–74.*

UDC 93.8180.6

BIOMONITORING: HOW HAIR, NAIL, AND BLOOD ANALYSIS REVEALS THE LEVEL OF BODY CONTAMINATION

Arakelian P. A. Lapteva A. S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation. Biomonitoring is a crucial method for assessing the level of contamination in the human body by toxic substances from the environment. This review article examines key biological materials used for analysis—hair, nails, and blood—and their role in detecting exposure to heavy metals, pesticides, and other harmful compounds. The fundamental principles of these analytical methods, their advantages and limitations, as well as their applications in ecological research and medicine, are described. Special attention is given to the use of biomonitoring in assessing the impact of anthropogenic factors, including industrial emissions, contaminated water, and food products. The article concludes with a discussion on the future development of biomonitoring methods and their significance for public health protection in the context of worsening environmental conditions.

Keywords. Biomonitoring, hair analysis, nail analysis, blood analysis, heavy metals, environmental contamination, toxicology, anthropogenic factors

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

BIG DATA В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИИ

Стрельцов А.Д., Войтехович Д.К.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Мигалевич С.А. – магистр техн. наук, старший преподаватель, начальник центра информатизации и инновационных разработок.

Аннотация. В данной научной работе рассматриваются подходы к проектированию систем обработки больших данных для мониторинга окружающей среды, описывая примеры успешной реализации таких систем. С увеличением объёма экологических данных, собранных с помощью датчиков, спутников и других источников, интеграция технологий обработки больших данный в области экологии становится ключевой задачей. Данные об экологическом состоянии, такие как уровень загрязнения воздуха, температуры и влажности, обладают высоким объемом и низкой плотностью значений, что создает сложности для анализа и принятия решений.

Ключевые слова: большие данные, экология, мониторинг окружающей среды, управление данными, автоматизация

Введение. Технический прогресс в настоящее время напрямую зависит от данных, а именно: от особенностей их оборота, правовых режимов в отношении различных видов данных. Государства, а также компании, которые раньше остальных поняли ценность данных и использовали это в процессе своей деятельности, стали доминирующими на соответствующих рынках и даже в мировых масштабах. Субъекты публичного сектора также используют сквозные технологии на основе данных, в том числе и Big Data. Ограничения, вызванные пандемией коронавирусной инфекции и активное внедрение дистанционный рабочих мест лишь ускорили процесс цифровой трансформации. Но еще большая потребность в количестве данных провоцирует новые вызовы, которые не могут остаться без ответа [1].

Применение технологий Big Data в борьбе с загрязнением. Алгоритмы машинного обучения анализируют исторические данные о загрязнении воздуха и воды, собранные с различных источников, включая спутниковые изображения и наземные сенсоры. Эти алгоритмы могут обнаруживать сложные взаимосвязи между различными факторами, такими как промышленные выбросы, движение транспорта, погодные условия и уровни загрязнения.

Данные алгоритмы анализируются в реальном времени, что позволяет оперативно реагировать на ухудшение экологической ситуации. Например, система мониторинга качества воздуха AirVisual [2] использует данные с тысяч станций по всему миру для составления актуальных карт загрязнения воздуха. Использование данных алгоритмов помогают прогнозировать будущие изменения качества воздуха и воды в различных регионах, позволяя властям и организациям принимать активные меры по предотвращению или снижению вредного воздействия на окружающую среду.

Анализ Больших Данных находит применение и в области управления отходами. Современные технологии позволяют отслеживать потоки мусора, определять наиболее загруженные пункты сбора и переработки, а также анализировать эффективность систем рециклинга. Инновационные стартапы, такие как RecycleTrack Systems, используют данные для оптимизации маршрутов сбора отходов и повышения доли переработки, что способствует сокращению объемов мусора на свалках и улучшению экологической обстановки в целом (рисунок 1) [3].

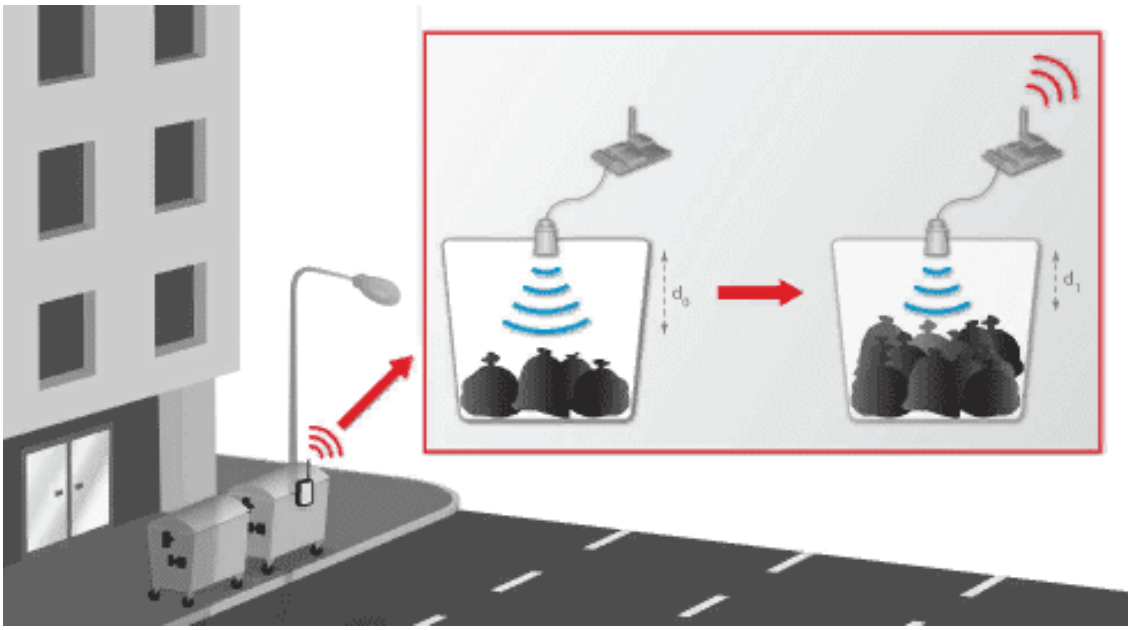


Рисунок 1 – Умный мусорный бак с IoT-датчиком

Современные мусорные контейнеры могут не только сообщать о наполнении, но и сами разбираться с отходами. Например, в Нью-Йорке, Женеве, Дублине, а также некоторых других городах Европы и США, установлены высокотехнологичные урны, которые самостоятельно прессуют мусор и упаковывают его. Примерная стоимость одной урны около $4 000. Благодаря этим устройствам Филадельфии удалось сократить количество мусоросборочных рейсов почти в 8 раз: с 17 до 2 [4].

Предсказание экологических катастроф. Алгоритмы машинного обучения способны предсказывать экологические катастрофы, такие как лесные пожары, наводнения и засухи, на основе анализа метеорологических данных и изменений в окружающей среде. Это позволяет своевременно предпринимать меры для минимизации потенциального ущерба для населения и экосистем.

В целом, применение алгоритмов машинного обучения к Большим Данным в экологии не только улучшает понимание текущего состояния окружающей среды, но и открывает новые возможности для предотвращения будущих экологических проблем. Эти технологии обеспечивают более эффективное и целенаправленное использование ресурсов для защиты планеты.

Примеры успешных реализаций. Одним из успешных примеров интеграции больших данных в экологию является проект по мониторингу качества воздуха в крупных городах. Система собирает данные с тысяч датчиков, анализирует их и предоставляет информацию о состоянии воздуха в реальном времени. Это позволяет местным органам власти быстро реагировать на изменения и принимать меры по улучшению экологической ситуации. Насколько актуальным и востребованным является применение технологии обработки больших данных в области экологии, можно наблюдать на примере ряда зарубежных стран, в которых Big Data активно используется и находится на достаточно высоком уровне развития [5] (таблица 1).

Таблица 1 – Применение технологии обработки больших данных в зарубежных странах

Критерий	США	Канада	Великобритания	Австралия	Нидерланды	Германия
В каком году начали использовать	Начало 2000-х	2010	2005	2010	2008	2010
Финансирование в начале внедрения	$100 млн	$50 млн	£30 млн	AUD 40 млн	€25 млн	€30 млн
Финансирование на момент 2022 года	$150 млн	$75 млн	£50 млн	AUD 60 млн	€40 млн	€50 млн
Снижение уровня загрязнения после внедрения	30%	20%	25%	15%	20%	30%

Недостатки использования Big Data. Отсутствие стандартов в области больших данных в экологии представляет собой значительную проблему, затрудняющую сбор, обработку и анализ данных. Одним из основных аспектов является применение различных методов сбора данных. Исследователи могут использовать спутниковые снимки, полевые исследования и сенсоры, что приводит к несоответствиям в качестве и типах данных. Отсутствие единого протокола для сбора данных также может затруднить точность исследований.

Ещё одной серьёзной проблемой является нехватка метаданных, которые содержат информацию о контексте, условиях сбора и обработки данных. Часто метаданные не предоставляются или имеют неполную информацию, что может привести к неправильному пониманию данных. Если исследователь не понимает, как и когда данные были собраны, это может привезти к неправильным выводам.

Проблемы совместимости программного обеспечения также играют важную роль. Различные инструменты и платформы для анализа данных могут не поддерживать одни и те же форматы, что создает дополнительные проблемы для совместного использования данных. Это затрудняет совместные исследования и обмен информацией между организациями и учеными.

Неоднородность в анализе и интерпретации данных также является причиной отсутствия стандартов. Это может привести к тому, что разные исследователи будут использовать разные методы анализа, что усложняет сравнение результатов и может привести к разным выводам из одних и тех же данных.

Для решения этих проблем необходимо разработать и внедрить стандарты для сбора, хранения и анализа данных, что поможет улучшить качество и совместимость данных. Создание платформ для обмена данными и метаданными между исследователями может способствовать более широкому использованию и проверке данных. Обучение исследователей стандартам и методологиям повысит общую квалификацию в области работы с большими данными. Таким образом, активное участие научного сообщества в разработке единой системы стандартов является ключевым для более эффективного использования данных и улучшения качества экологических исследований.

Уже существует успешный пример использования стандартов. Компания IBM использует стандарт ISO 14001[6] для формирования общих методов и решений, постоянного совершенствования и согласованности во всем мире. Результатом этой работы является более эффективная и действенная система экологического менеджмента (EMS). Принятие стандарта ISO 14001 помогло IBM поддерживать экологическое лидерство,

превращаясь из производителя вертикально интегрированных систем в поставщика высоко значимых инноваций и услуг со стратегическими задачами, включающими в себя облачные вычисления, аналитические, мобильные, социальные технологии и технологии безопасности. С учетом того, что бизнес компании IBM менялся с годами, менялась и общая EMS, так как она постоянно выявляет и управляет процессом экологического взаимодействия с привлечением новых возможностей для бизнеса. Таким образом, в период с 1990 г. по 2014 г. Внедрение ISO 14001 привели к сбережению 6,8 млн. МВт-ч расходов электроэнергии и связанных с ней выбросом 4,2 млн. тонн CO2. В течение 2014 года IBM достигла результата в энергосбережении к показателю 6,7 % от полного использования [7].

Заключение. Большие Данные открывают перед нами новые горизонты в понимании и решении экологических проблем, став передовым инструментом в борьбе за сохранение окружающей среды. Их потенциал в этом направлении кажется безграничным, начиная от мониторинга и анализа состояния экосистем до предсказания и предотвращения экологических катастроф.

Проекты, основанные на анализе Больших Данных, уже демонстрируют свою эффективность в улучшении качества воздуха в городах, оптимизации систем управления отходами и повышении эффективности использования природных ресурсов.

Список литературы

1. Технологии больших данных (big data) для охраны окружающей среды [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://lawinfo.ru/articles/1966/texnologii-bolsix-dannyx-big-data-dlya-oxrany-okruzayushhei-sredy. Дата доступа: 20.03.2025.

2. Качестве воздуха вокруг вас [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.iqair.com/ru/. Дата доступа: 20.03.2025.

3. Большие Данные (Big Data) в борьбе с загрязнением [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://trendmind.space/techtrends/big-data-v-ekologii/. Дата доступа: 20.03.2025.

4. Эко-Big Data в большом городе: как технологии делают мегаполис чище [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://bigdataschool.ru/blog/iot-big-data-ml-город-экология.html. Дата доступа: 20.03.2025.

5. Использование Big Data в международном бизнесе [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mathnet.ru/links/0a804ff05d31e5b56c46481451dbff06/tisp521.pdf. Дата доступа: 20.03.2025.

6. Сертификат системы экологического менеджмента ИСО 14001 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://standartno.by/services/sistema-ekologicheskogo-menedzhmenta-iso-14000/. Дата доступа: 20.03.2025.

7. Компания IBM использует стандарт ISO 14001 для ведения стабильного бизнеса [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.iso.org/ru/news/2015/11/Ref2015.html. Дата доступа: 20.03.2025.

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

BIG DATA IN THE SPHERES OF ECOLOGY

Streltsov A.D., Voytehovich D.K.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Migalevich S.A. – Master of Sci., Senior Lecturer, Head of the Center for Informatization and Innovative Developments

Annotation. This scientific paper examines approaches to the design of big data processing systems for environmental monitoring, describing examples of successful implementation of such systems. With the increasing volume of environmental data collected by sensors, satellites and other sources, the integration of big data processing technologies in the field of ecology is becoming a key task. Environmental data, such as air pollution, temperature, and humidity, have a high volume and low density of values, which creates difficulties for analysis and decision-making.

Keywords: big data, ecology, environmental monitoring, data management, automation

УДК 504.6:544.277-049.65(476)

ОПАСНОСТЬ РАДОНА И РАДОНОВЫХ РАЗЛОМОВ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Новик А. Ю, Кадол А. П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр техн. наук, ассистент кафедры ИПиЭ

Аннотация. Научно доказано пагубное влияние тяжёлого радиоактивного газа радона на человеческую жизнедеятельность и здоровье человеческого организма. На территории Беларуси существуют области присутствия радона, где концентрация опасного газа значительно превышает норму. Проведен анализ разломов и составление графиков повышенной опасности на территории Беларуси, а также общее информирование о скрытой опасности радона и заболеваниях, которые этот газ вызывает.

Ключевые слова: радиоактивный распад, атом, радон, ПДК, радиоактивный газ

Введение. Радон – 86 элемент таблицы Менделеева, невидимый газ без запаха и вкуса тяжелее атмосферного воздуха постоянно присутствует в атмосфере в качестве фоновой радиации из-за постоянных выделений из недр земли, преимущественно от ураносодержащих пород, в частности граниты, сланцы и сиениты. Он является продуктом распада более тяжелого элемента радия, и также как совой предшественник, обладает свойством нестабильности состояния атома, в итоге выражающееся в дальнейшем распаде ядра на более стабильные элементы. Основная часть ежедневного облучения радиацией происходит из-за подобных естественных процессов [1].

Основная часть. Радон, как радиоактивное вещество на открытом пространстве не является опасным веществом ввиду его малой концентрации в атмосфере, однако ситуация меняется, когда радон начинает скапливаться в зданиях, преимущественно в подвалах и на нижних этажах. Радон может проникать в дом через воду, насыщенную радоном, почву, щели в конструкции дома, естественным образом с улицы, а также через гранитные и каменные кладки внутри дома или его фундамента. Наглядно это показано стрелочками на рисунке 1.

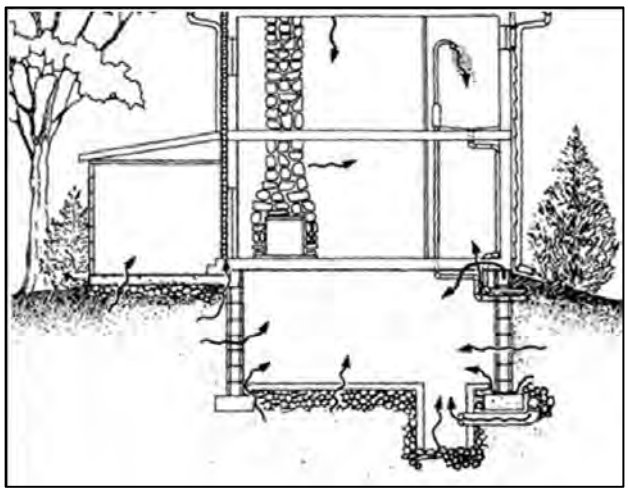


Рисунок 1 – Основные зоны проникновения радона в помещение

В зависимости от месторасположения дома, уровень естественно выделяемого радона будет отличатся [2]. Радон, являясь компонентом воздуха помещений, попадает в легкие

при дыхании. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), влияние радона повышает риск возникновения и развития рака легких, вследствие воздействия продуктов распада ядра, в том числе альфа–излучения, на чувствительные клетки дыхательной системы. По оценкам экспертов Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) облучение населения радоном обуславливает до 20 % общего количества заболеваний раком легких [3]. По данным Института радиобиологии Национальной академии наук Беларуси существует примерная карта концентрации радона в помещениях на территории Беларуси. Данная карта представлена на рисунке 2 [4].

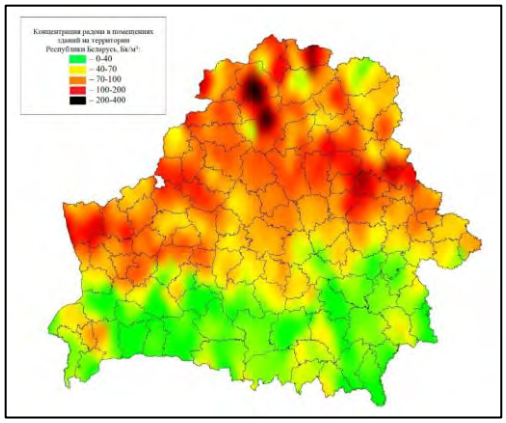


Рисунок 2 – Карта активности радонового излучения

Исходя из данных карты можно составить статистику по регионам, областям и распределение концентрации радона на территории Беларуси. Анализ концентрации радона на территории Беларуси приведён на круговой диаграмме на рисунке 3.

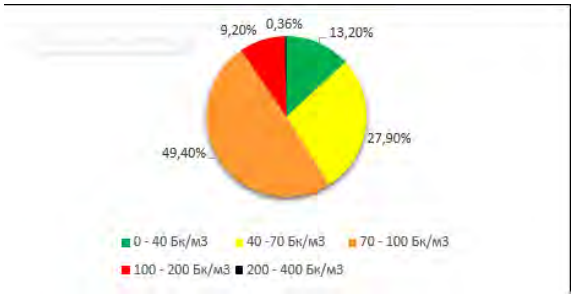


Рисунок 3 – Анализ концентрации радона на территории Беларуси

Также по данным карты проведён анализ средней загрязнённости по областям. Столбчатая диаграмма средней загрязнённости по областям приведена на рисунке 4.

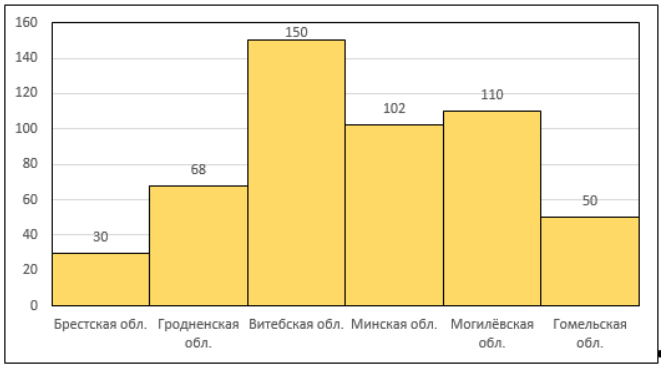


Рисунок 4 – Столбчатая диаграмма средней загрязнённости

Как можно наблюдать преимущественно северные и центральные области имеют повышенный уровень радона относительно всех областей Беларуси. Также можно выделить районы, с самым высоким содержанием радона в домах во всей Республике. Это районы Витебской области, а именно Поставский, Глубокский, Шарковщинский и Докшицкий районы с концентрацией радона, которая в некоторых местах превышает установленную ПДК в домах людей.

Заключение. В ходе проделанной работы, составлены области и регионы повышенной опасности, проведён анализ концентрации веществ на территории Беларуси. Это позволяет определить наиболее опасные территории и принимать меры по снижению воздействия радона на население при проектировании зданий. Важно проводить мониторинг уровней радона в жилых и общественных помещениях, применять эффективные методы вентиляции и гидроизоляции фундаментов.

Несмотря на такое несимметричное распределение радона на территории только в некоторых местах максимальной концентрации количество радона превышает допустимую ПДК в 200 Бк/м^3 в жилых помещениях. Такое неравномерное строение может быть связанно с геологическими особенностями строением Беларуси.

Список литературы

1. Карабанов, А. К. Радон и дочерние продукты его распада в воздухе зданий на территории Беларуси / А. К. Карабанов [и др.] // Природопользование. – Вып. 27. – Минск: Институт природопользования НАН Беларуси, 2015. – С. 49–53.

2. Методика определения объемной активности радона в воздухе жилых и производственных помещений с использованием интегральных радонометров на основе твердотельных трековых детекторов альфа-частиц / Госстандарт РБ. – МВИ. МН 1808–2002. – Минск, 2002. 18 с.

3. Источники и эффекты ионизирующего излучения: отчет НКДАР ООН 2000 года с науч. прилож. / Пер. с англ.; под ред. В. А. Кузнецова. – М.: РАДЭКОН, 2002. Т. 2. 319 с.

4. РАДОН: ИСТОРИЯ, СВОЙСТВА, ЗНАЧЕНИЕ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.irb.basnet.by/ru/radon–istoriya–svojstva–znachenie/. Дата доступа: 24.03.2025.

UDC 504.6:544.277-049.65(476)

THE DANGER OF RHODON AND RHODON FAULTS FOR THE POPULATION IN BELARUS

Novik A. Y., Kadol A. P.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Vorobey A.V. – Master of Sci., assistant of the Department of EPE

Annotation: Radon is a naturally occurring radioactive gas that poses a significant health hazard due to its ability to accumulate in enclosed spaces. This study examines radon concentrations across Belarus, highlighting regions where levels exceed permissible limits. The research includes the development of hazard maps, and statistical data on radon distribution. The study also discusses the mechanisms of radon infiltration into buildings, its impact on human health, and the correlation between radon exposure and lung cancer risks. Based on the findings, recommendations are provided for reducing radon levels in residential and public buildings through ventilation improvements and structural modifications. The results emphasize the need for continuous monitoring and preventive measures to mitigate radon–related health risks.

Keywords: radon, radioactive gas, health risks, radiation safety, atom

УДК 004.925.84

АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ 3D-МОДЕЛЕЙ

Смертьев В.В, Литвинович А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Гиль С.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ИКГ

Аннотация. В статье проанализированы промышленные технологии создания твердотельных 3D-моделей, их применение в различных сферах производства. Представленные результаты позволяют определить целесообразность использования данных технологий в зависимости от условий и производственных задач.

Ключевые слова: сравнительный анализ, прототипирование, инженерное производство, моделирование, 3D-печать, фрезерные станки с ЧПУ.

Введение. Современный мир стремится к полной автоматизации производственных процессов, поэтому инновационные технологии создания различных деталей жизненно необходимы для развития промышленности. Среди наиболее распространенных средств воспроизводства 3D-моделей выделяются станки с ЧПУ и 3D-принтеры. Именно эти технологии позволяют реализовывать сложные инженерные идеи, быстро создавать прототипы и конечные продукты с высокой точностью и минимальным вмешательством человека. В данной статье рассмотрены различные сферы применения этих устройств.

Основная часть. Актуальность темы обусловлена стремительными изменениями в цифровом производстве и неизбежным ростом спроса на эффективные средства моделирования. Обработка на станках с ЧПУ и 3D-печать нашли свое применение в машиностроении, медицине, архитектуре, дизайне и других областях. Однако крайнее различие в принципах их работы, возможностях и ограничениях требует сравнительного исследования, которое поможет выбрать наиболее подходящий метод производства. Цель данной статьи – проанализировать технологии моделирования с акцентом на станок с ЧПУ и 3D-принтер, провести анализ их преимуществ и недостатков с выводом о сферах оптимального применения.

3D-принтер – это устройство, предназначенное для послойного создания физического объекта на основе цифровой 3D-модели из термопластика, легкоплавких материалов, способных быстро затвердевать при комнатных температурах [1]. Многообразие различных технологий печати позволяют использовать 3D-принтеры во всех областях современного мира.

Основные технологии 3D-печати.

1 Моделирование плавлением (FDM) – наиболее распространенный метод послойного экструдирования термопластика. Самая простая и дешевая технология. Используется в бытовых условиях или в учреждениях образования [1, 2].

2 Стереолитография (SLA) – лазерное отверждение жидких фотополимерных смол для создания гладких и детализированных моделей. Из-за высокой детализации, дороговизны материала и хрупкости конечного изделия распространена в сферах создания реквизита, дизайнерских прототипах, ювелирном производстве [2].

3 Селективное лазерное спекание (SLS) – это промышленная технология, использующая лазерное спекание порошковых материалов для создания прочных и сложных по форме деталей, не требующих крайне высокой детализации. Метод широко распространен в авиа- и автопромышленности [2, 4].

Фрезерный станок с числовым программным управлением (ЧПУ) – это автоматизированное оборудование, предназначенное для высокоточной обработки заготовок из различных материалов. На таких станках материал снимается слой за слоем, формируя деталь нужной конфигурации, согласно запрограммированной инструкции.

Фрезерные станки с ЧПУ бывают трех-, четырех- и пятиосными, в зависимости от количества управляемых направлений инструмента, что определяет их способность создавать сложные детали, однако принцип работы у них одинаковый. Фрезерные станки с ЧПУ используются в различных отраслях промышленности, где требуется высокоточная обработка таких материалов, как металл, дерево, пластик и композитные материалы [5].

Представленные технологии промышленного производства 3D-моделей фрезерным станком с ЧПУ и 3D-принтером применяются для изготовления высокодетализированных объектов, однако принцип создания их кардинально отличается (рисунок 1).

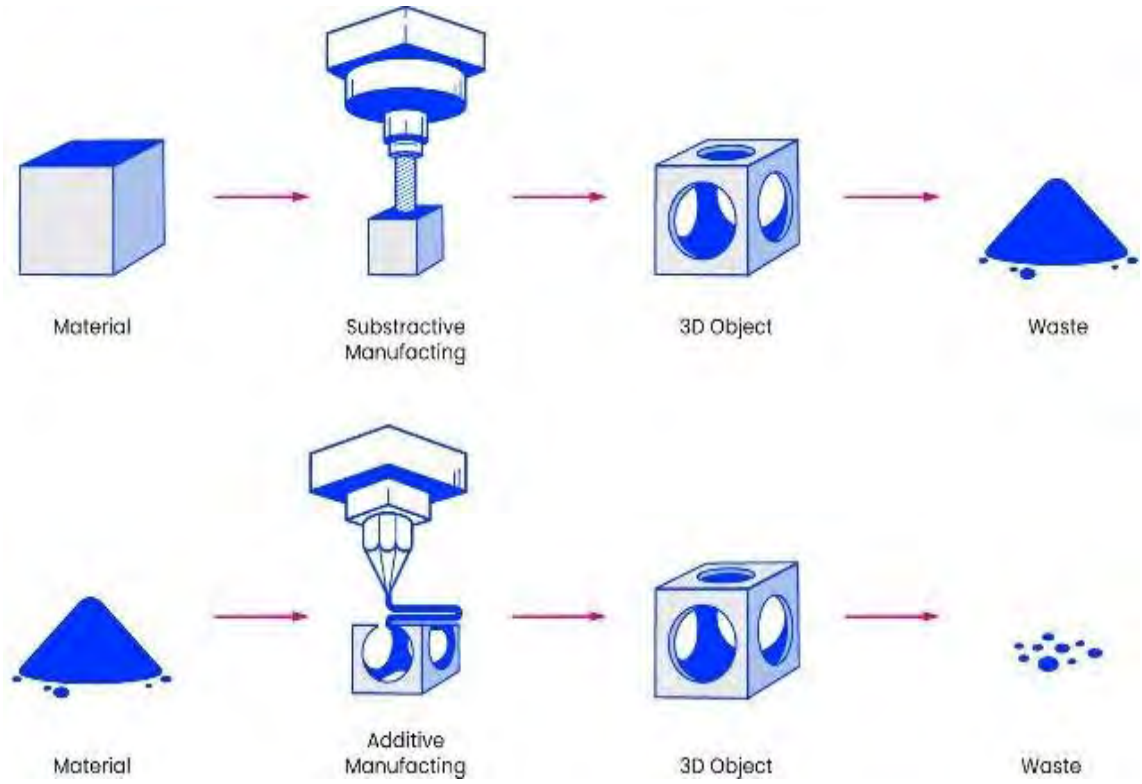


Рисунок 1 – Сравнительная характеристика аддитивного метода и метода вычитания в технологиях создания 3D-модели

3D-принтер использует аддитивный метод, т.е. послойное изготовление 3D-модели, также именуемое «выращиванием» объекта. Первый 3D-принтер был создан Чарльзом Халом в 1986 г. Примечательно то, что список материалов, которые подходят для данной технологии, по большей части ограничен полимерами (пластмасса, карбон). Ввиду особенностей технологии, с помощью 3D-принтера затруднительно напечатать тонкие, прозрачные изделия. Массовое производство изделий с помощью данного метода финансово затратно, потому что полимерные материалы недешевы и скорость печати сравнительно низкая. При этом 3D-печать ресурсоэффективна, поскольку в процессе работы 3D-принтер использует только необходимое количество материала. Также 3D-принтер позволяет воссоздать практически любую 3D-модель, а это часто затруднительно достигнуть традиционными средствами [4].

С другой стороны, фрезерный станок с ЧПУ построен на вычитающем методе с использованием режущего инструмента фрезы. Она позволяет обрабатывать металл, дерево, пластмассу, композиты, текстолит, оргстекло, акрил, графит, камень, мрамор. Точность резки может достигать 0,01 мм. Фрезерный станок вырезает значительно быстрее,

чем печатает 3D-принтер, и цена расходных материалов ниже, поскольку сырье для фрезерного станка, как правило, менее технологичное и более распространённое. Это делает массовое производство продукции более целесообразным. К минусам фрезерного станка с ЧПУ можно отнести значительное количество производственных отходов, которые требуют специализированной чистки, а также цену фрезерного станка с ЧПУ. Если простой 3D-принтер можно купить приблизительно за 1500 бел. рублей, то начальные модели фрезерных станков с ЧПУ стоят около 12 тысяч бел. рублей. Фрезерные станки громоздки и производят много шума [5, 6].

Возможно ли применения 3D-принтера и фрезерного станка с ЧПУ в домашних условиях? Очевидно, что далеко не всякому рядовому потребителю могут понадобиться рассмотренные технологии производства 3D-моделей. Если возникают разовые потребности, целесообразнее, конечно, обратиться в специализированные компании. Однако приобретение или сборка собственного станка с ЧПУ приносит ряд преимуществ:

1 Возможность неограниченного производства требуемых изделий с минимальными затратами после покупки оборудования. Со временем, при разумном использовании, станок окупится.

2 Достижение необходимых параметров изделия. Исключается вероятность возникновения недопонимания между заказчиком и исполнителем. У потребителя появляется полный контроль над производственным процессом.

3 Потенциальная прибыль от выполнения частных заказов. Потребитель в силах использовать станок не только для личных нужд, но и для нужд других потребителей, что может принести ему выгоду.

Вместе с тем, имеются следующие недостатки: необходимость крупного финансового вложения, риск поломки станка и дорогостоящего ремонта; потребность в технических знаниях, умении работы с ЧПУ станком и (или) 3D-принтером; должно быть достаточно площади для размещения станка, его звукоизоляции (при необходимости) и электропитания. Авторы рекомендуют рассматривать данный вариант для самозанятых предпринимателей, владеющих собственной мастерской.

Стоит отметить, что 3D-принтеры более пригодны к бытовому (научно-преподавательскому) использованию ввиду достаточно низкой цены, существовании компактных моделей и менее строгим требованиям к установке по сравнению с фрезерными станками с ЧПУ [6]. Однако при выборе этой технологии необходимо учитывать озвученные выше недостатки.

Заключение. На сегодняшний день, фрезерные станки с ЧПУ являются неотъемлемой частью многих производств из-за их высокой точности и автоматизации производственного процесса. 3D-принтеры не так широко распространены ввиду их относительной новизны, однако имеют свою нишу: оперативное производство прототипов изделий с целью их тестирования, изменения дизайна и других характеристик. Данные технологии являются перспективными, потому что автоматизация труда позволяет снизить расходы и минимизировать человеческий фактор. В будущем сфера применение данных устройств может быть ещё больше расширена. Возможность доступно воплотить компьютерную 3D-модель объекта в физическую в значительное мере поспособствует научно-техническому прогрессу, ведь практически каждый заинтересованный человек сможет разработать необходимую деталь посредством оптимизированных программных сред и, после создания детали, незамедлительно протестировать её, тем самым минуя множество формальных процессов, возникающих в процессе производства на крупных предприятиях.

Список литературы

1. *Технологии аддитивного производства. Трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство – Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б.: Техносфера, 2016. – 656 с. – ISBN 978-5-94836-447-6.*
2. *Журнал «Аддитивные технологии» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://additiv-tech.ru/publications/lazernye-additivnye-tehnologii-perspektivy-primeneniya.html. Дата доступа: 28.02.2025.*
3. *Завод станков с ЧПУ «Роутер» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rusnc.ru/poleznoe/ustrojstvo-i-konstruktsiya-stankov-s-chpu. Дата доступа: 28.02.2025.*
4. *Компания «Top 3D Shop» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://top3dshop.ru/blog/3D-printers-pro-e-contra-review.html. Дата доступа: 28.02.2025.*
5. *Интернет-издательство «Полтавщина» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://poltava.to/news/72379. Дата доступа: 28.02.2025..*
6. *Компания «Bertech» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://bertech.ru/news/preimuschestva-i-nedostatki-stankov-chpu. Дата доступа: 28.02.2025.*

UDC 004.925.84

ANALYZING INDUSTRIAL TECHNOLOGIES FOR CREATING SOLID 3D-MODELS

Smertsyeu V.V., Litvinovich A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Gil S.V. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the department of ECG

Annotation. The article analyzes industrial technologies for creating solid-state 3D-models, their application in various spheres of production. The presented results allow us to determine the feasibility of using these technologies depending on the conditions and production tasks.

Keywords: comparative analysis, prototyping, engineering production, modeling, 3D-printing, CNC milling machines.

УДК 004.92

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕОРИИ ЛИНЕЙНОЙ ПЕРСПЕКТИВЫ БОРИСА РАУШЕНБАХА

Писарева Е.А., Федорович В.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Гиль С.В.. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ИКГ

Аннотация. Работа посвящена уникальным особенностям космических полётов и их отличиям от движения в земных условиях. Особое внимание уделено вкладу академика Бориса Раушенбаха, который разработал математическую теорию перспективы, ставшую основой для усовершенствования систем визуализации. Представлен анализ теневого индикатора – «палочки Раушенбаха», её принципов работы и практического применения в космонавтике. Отмечены преимущества этого инструмента в обеспечении точной ориентации и надёжности в сложных условиях.

Ключевые слова: космические полёты, стыковка космических аппаратов, Борис Раушенбах, теория перспективы, «палочка Раушенбаха», визуальная навигация, теневой индикатор, автономная ориентация, навигационные системы.

Введение. Космические полёты имеют ряд уникальных особенностей, отличающих их от движения в земных условиях. В отсутствии атмосферы исчезают трение, аэродинамическое сопротивление и естественное торможение, а движение становится строго предсказуемым: аппарат, разогнанный до определённой скорости, продолжает движение по расчётной траектории без внешних помех. Влияние гравитационных сил изменяет его скорость и направление, однако эти изменения можно прогнозировать и при необходимости корректировать.

Одной из ключевых задач космонавтики является стыковка космических аппаратов. Несмотря на её привычность для современных космонавтов, этот процесс остаётся одним из наиболее сложных манёвров, требующих высокой точности и чёткого визуального контроля. Однако первые попытки стыковки выявили серьёзные проблемы, связанные с восприятием изображения на экране бортовых систем.

Октябрь 1968 года стал важной вехой в истории космонавтики: экспериментальный полёт корабля «Союз-3» с Георгием Береговым продемонстрировал, что управление стыковкой осложняется искажённым отображением объектов на экране. Это потребовало пересмотра подходов к визуальному восприятию в условиях космоса.

Значительный вклад в решение этой проблемы внёс академик Борис Викторович Раушенбах. В 1986 году он опубликовал работу «Общая теория перспективы», в которой предложил математическую модель отображения трёхмерного мира на плоскости [1]. Его теория позволила количественно оценивать отклонения от естественного зрительного восприятия при различных способах перспективных построений. Эти исследования стали основой для создания новых систем визуализации, обеспечивающих точность и надёжность операций в космосе.

Основная часть. Теория перспективы Бориса Раушенбаха. Борис Викторович Раушенбах, один из ведущих специалистов в области прикладной математики и теоретической механики, внёс значительный вклад в решение данной проблемы. В 1986 году он опубликовал фундаментальную работу «Общая теория перспективы», в которой рассмотрел математические принципы отображения трёхмерного мира на плоскости (рисунок 1). До этого момента основой для создания визуальных систем оставалась классическая теория перспективы, разработанная ещё в эпоху Возрождения. Однако Раушенбах доказал, что традиционная линейная перспектива не всегда адекватно передаёт

глубину и пространственные отношения, особенно в условиях ограниченного зрительного поля и специфики человеческого восприятия [1].

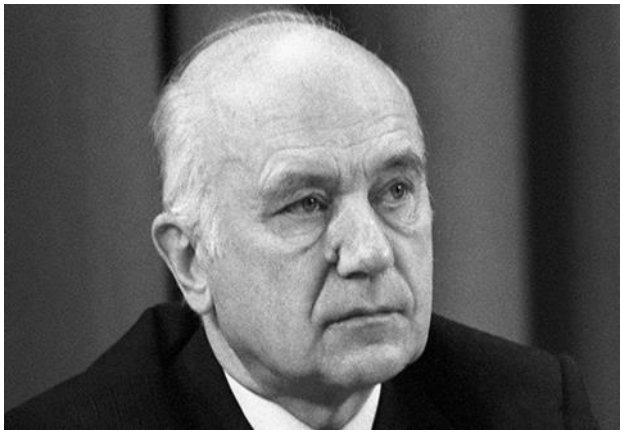
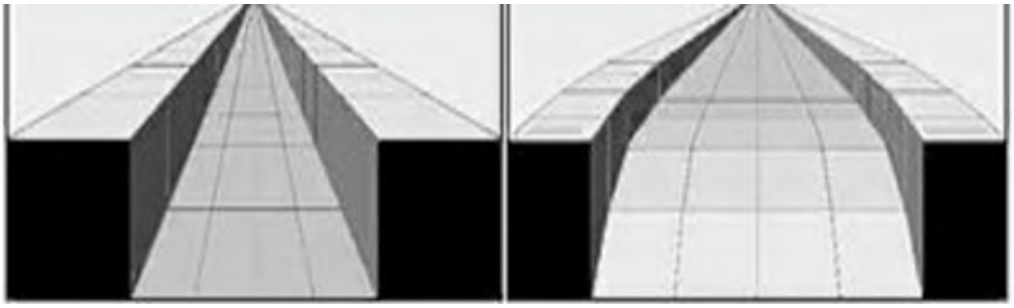


Рисунок 1 – Академик Борис Викторович Раушенбах и его книга «Общая теория перспективы»

В своей теории он предложил математическую модель, позволяющую не только точно отображать пространственные объекты на плоскости, но и компенсировать возможные оптические искажении (рисунок 2). Это дало возможность разрабатывать системы визуализации, обеспечивающие более естественное восприятие оператором или космонавтом.



а) прямая линейная перспектива б) перцептивная перспектива

Рисунок 2 – Сравнение изображений, выполненных в традиционной линейной перспективе и перцептивной перспективе с оптическими искажениями

Одним из ключевых изобретений Бориса Раушенбаха, оказавших значительное влияние на космонавтику, стал теневой индикатор, также известный как «палочка Раушенбаха» – инструмент визуальной навигации. Это не физический объект, а методика ориентирования. Она основана на использовании визуальных ориентиров, таких как линии или точки, которые помогают космонавтам или автоматическим системам точно определять положение космического аппарата в пространстве. Этот инструмент использовался для точного определения угловых отклонений при стыковке космических аппаратов и решал проблему восприятия глубины в условиях невесомости. В условиях космоса традиционные методы оценки расстояний и ориентации, основанные на бинокулярном зрении, оказываются малоэффективными. Отсутствие атмосферы и привычных земных ориентиров приводит к искажённому восприятию движения и положения объектов. Это особенно критично во время манёвров сближения и стыковки космических кораблей [3].

Принцип работы теневого индикатора заключается в использовании простой геометрии теней для оценки углового отклонения. На корабле устанавливался тонкий стержень, который отбрасывал тень на специальный экран. В зависимости от угла падения света тень меняла своё положение, позволяя космонавту точно оценивать углы ориентации корабля.

«Палочка Раушенбаха» впервые была применена в программе «Союз» для решения проблем стыковки, выявленных в ходе миссии «Союз-3» в 1968 году. В последующие годы этот метод использовался в различных космических проектах, включая орбитальные станции «Салют» и «Мир». Ключевые преимущества теневого индикатора Раушенбаха [2].

1 Простота и надёжность – не требует сложных вычислений и электроники.

2 Отсутствие зависимости от внешних условий – не подвержен влиянию освещённости или технических неисправностей дисплеев.

3 Высокая точность ориентации – позволяет визуально контролировать положение корабля даже в сложных условиях.

Современные системы визуальной навигации основаны на цифровых методах обработки изображений и компьютерном зрении. Эти технологии используют сложные алгоритмы анализа данных с камер и сенсоров для построения трёхмерных карт окружающего пространства и определения положения объектов. Однако принципы, заложенные в теневом индикаторе Раушенбаха, продолжают использоваться в автоматических системах наведения и ориентации и в настоящее время, поскольку они обеспечивают простоту, надёжность и высокую точность.

Методы, основанные на этих принципах, находят применение в следующих областях [5]:

– космическая техника: использование геометрии теней для точного определения углов ориентации аппаратов.

– робототехника: использование принципов оптической оценки для автономной ориентации мобильных роботов в сложных или экстремальных условиях.

– автономные системы: совмещение традиционных методов ориентации с компьютерным зрением для повышения надёжности, особенно в условиях непредсказуемой внешней среды.

Заключение. Вклад Бориса Раушенбаха в развитие космической техники нельзя переоценить. Его исследования не только позволили усовершенствовать навигационные и визуальные системы, но и расширили понимание человеческого восприятия в экстремальных условиях. Сегодня его идеи продолжают развиваться в области автоматизированных систем управления, автономной навигации и искусственного интеллекта. Таким образом, научная деятельность Раушенбаха способствовала не только повышению безопасности и эффективности космических полётов, но и развитию многих современных технологий, использующих принципы точного визуального отображения пространства [4].

Список литературы

1. *Раушенбах, Б. В. Общая теория перспективы / Б. В. Раушенбах. М.: Наука, 1986.*

2. *Черток, Б. Е. Ракеты и люди. / Б. Е. Чертов. М.: Машиностроение, 1999.*

3. *Официальный сайт Роскосмоса [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.roscosmos.ru](https://www.roscosmos.ru. Дата доступа: 22.03.2025.*

4. *Исторические материалы о советской космонавтике [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.buran.ru](http://www.buran.ru. Дата доступа: 22.03.2025.*

5. *Ракетно-космическая корпорация «Энергия». Отчёт о модернизации системы стыковки кораблей серии «Союз». 2015.*

UDC 004.92

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF BORIS RAUSHENBACH'S THEORY OF LINEAR PERSPECTIVE

Pisareva E.A., Fedorovich V.G.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Gil S.V. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the department of ECG

Annotation. This work focuses on the unique characteristics of spaceflights and their differences from motion under terrestrial conditions. Special attention is paid to the contribution of academician Boris Raushenbach, who developed the mathematical theory of perspective, which became the foundation for improving visualization systems. The study provides an analysis of the shadow indicator, also known as the «Raushenbach stick,» its principles of operation, and practical application in astronautics. The advantages of this tool in ensuring precise orientation and reliability under challenging conditions are highlighted.

Keywords: spaceflights, spacecraft docking, Boris Raushenbach, theory of perspective, «Raushenbach stick,» visual navigation, shadow indicator, autonomous orientation, navigation systems

УДК 744.004.92-043.86

ИСТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЕЁ РАЗВИТИИ

Брокар В.С., Самуйлик Е.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Гиль С.В.. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ИКГ

Аннотация. В статье исследуется история развития инженерной графики, а также её интегрирование в инженерную деятельность в проектах, основанных на внедрении технологий искусственного интеллекта. Демонстрируются примеры эффективного использования современных цифровых технологий в инженерной компьютерной графике.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейросети, 3D-моделирование, технические чертежи, генеративный дизайн.

Введение. Инженерная графика относится к базовым общеинженерным дисциплинам, составляющим основу подготовки специалистов с высшим инженерным образованием. Изучение её позволяет не только грамотно выполнять и читать конструкторские документы (сборочные чертежи, схемы и т.д.), но и осмысленно осваивать фундаментальные инженерные дисциплины и эффективно использовать современные системы компьютерного проектирования для автоматизации изготовления конструкторской документации. Инженерная графика на протяжении веков прошла путь от примитивных изображений до применения современных цифровых технологий в создании 3D-моделей, компьютерного моделирования рабочих процессов проектируемого изделия и дальнейшего его прототипирования. Эволюция этой науки связана с выдающимися открытиями ученых, развитием классической геометрии и внедрением инновационных методов. В современном мире инженерная компьютерная графика стала неотъемлемой частью проектирования и производства, играя ключевую роль в создании сложных объектов, архитектурных сооружений и инженерных механизмов. В статье систематизируются основные этапы развития инженерной графики, её историческое значение и перспективы использования искусственного интеллекта (ИИ) в данной области на современном этапе.

Основная часть. Истоки инженерной графики берут начало в эпоху палеолита, около 20 тысяч лет до нашей эры. Первые примитивные чертежи с использованием геометрических построений были обнаружены в Древнем Египте. Позже развитие геометрии достигло нового уровня в Древней Греции, где способы графического отображения получили развитие благодаря выдающимся учёным [1, 2, 3]. **Пифагор** сформулировал знаменитую теорему; **Демокрит** в трактате «О геометрии» исследовал изображения трёхмерных фигур на плоскости; **Евклид** создал труд «Начало», который стал основой классической геометрии; **Архимед** впервые рассчитал длину окружности и площадь круга, дал приближённое значение числа π, а также изобрёл спираль Архимеда, основываясь на методе графических построений; **Витрувий** изложил ключевые принципы архитектуры и чертежей; **Герон** описал методы измерения площадей геометрических фигур; **Птолемей** развивал методы изображения, сочетая геометрию с математическими принципами.

Развитие геометрии в этот период стало основой для совершенствования инженерной графики. Значительный вклад в развитие теории технического изображения внесли выдающиеся личности [1]. Так, например, **Леонардо да Винчи** создал чертежи множества устройств; **Жирар Дезарг** заложил основы современной начертательной и проективной геометрии; **Гаспар Монж** основатель дисциплины «Начертательная геометрия».

В начале XVIII века, во времена правления Петра I, в России активно развивалось кораблестроение и создание различных инженерных механизмов, что привело к введению преподавания черчения в специализированных учебных заведениях. С началом эпохи машинного производства чертежи приобрели статус важного технического документа. В середине XX века активно начала развиваться машинная графика. За последние 20 лет информационные технологии полностью изменили подходы к проектированию, значительно ускоряя процесс разработки изделий, повышая их точность и надежность.

Сегодня инженерная компьютерная графика – одно из наиболее востребованных направлений. Она используется для создания 3D-макетов различных объектов. Самыми популярными программами считаются SolidWorks, Inventor, AutoCAD и другие подобные системы. На сегодняшний день инженерная компьютерная графика не может существовать без программного обеспечения, которое с годами всё больше совершенствуется через внедрение искусственного интеллекта. Это сокращает время на разработку проектов. ИИ быстро выстраивает технологические маршруты создания того или иного производственного объекта, тем самым расширяя технические возможности компаний.

Одним из перспективных направлений использования искусственного интеллекта в инженерной компьютерной графике является интеллектуальный анализ проектных результатов. Программное обеспечение, основанное на заложенных алгоритмах, способно оптимизировать расположение элементов модели, уточнять её геометрию, определять необходимое количество связующих компонентов, оценивать стоимость конструкции и предлагать пути снижения расходов на её производство. Кроме того, ИИ может анализировать режимы обработки деталей и прогнозировать их долговечность.

Важно учитывать, что ПО для инженерной компьютерной графики, работающее с искусственным интеллектом, должно взаимодействовать с технологическими системами, что делает его более уязвимым для кибератак. Основной интерес в продвижении ИИ в моделировании проявляют строительные холдинги, включая сферу генеративного дизайна. На первом этапе с помощью дронов или камер производится сбор данных, после чего система обрабатывает их и предлагает решения по снижению возможных рисков. Также ИИ может выполнять пространственное планирование: вводятся исходные данные, на основе которых создаются различные варианты 3D-чертежей.

В настоящее время в ведущих автомобильных компаниях технология генеративного дизайна применяется для модернизации рулевого колеса, опорной конструкции задних сидений и креплений зеркал заднего вида (рисунок1, 2) [4, 5]. Используя искусственный интеллект, нейронные сети проводят анализ общей конструкции автомобиля, выявляют ошибки в проектировании различных деталей, предлагают изменения в их форме или используемых материалах, а также включают элементы, улучшающие функциональные характеристики машины.

Рисунок 1 – Использование технологии генеративного дизайна для модернизации рулевого колеса автомобиля

Рисунок 2 – Использование технологии генеративного дизайна для модернизации креплений зеркал заднего вида

Применение искусственного интеллекта позволяет сократить время разработки автомобильного проекта с полутора лет до всего нескольких месяцев. К тому же использование технологии генеративного дизайна существенно упрощает работу инженеров, значительно сокращая количество промежуточных операций проектирования и апробации.

Заключение. Современная инженерная компьютерная графика занимает ключевое место в процессе компьютерного проектирования и создания различных объектов, таких как автомобили, самолёты, строительные конструкции, здания и мосты. Технический прогресс и внедрение новых методов проектирования позволяют инженерам разрабатывать более детализированные и сложные модели, что способствует повышению качества и безопасности конечной продукции.

Список литературы

1. *История Науки: Инженерная графика/ И.А. Габибов. Баку, 2010.*
2. Основы инженерной графики / Н. П. Негримовская, И. Н. Лыткин. 2017.
3. Инженерная графика / Р.С. Миронова, Б.Г. Миронов. М.: Высшая школа, 2006.
4. Источник. Хайтек /Св. Иванов,2019.
5. Генеративный дизайн – ключ к будущему крутого, экономичного дизайна автомобиля [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=qrkx2VlTOkY. Дата доступа: 11.03.2025.

UDC 744+004.92–043.86

HISTORY OF ENGINEERING GRAPHICS AND MODERN TRENDS IN ITS DEVELOPMENT

Brokar V.S., Samuylik E.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Gil S.V. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the department of ECG

Abstract. The article examines the history of the development of engineering graphics, as well as its integration into engineering activities in projects based on the implementation of artificial intelligence technologies. Examples of the effective use of modern digital technologies in engineering computer graphics are demonstrated.

Keywords: artificial intelligence, neural networks, 3D modeling, technical drawings, generative design.

УДК 004.92, 339.138

МАРКЕТИНГ В КОМПЬЮТЕРНОМ ГРАФИЧЕСКОМ ДИЗАЙНЕ

Ковалев М.А. Таберко А.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Гиль С.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ИКГ

Аннотация. Проведено исследование взаимосвязи между маркетингом и графическим компьютерным дизайном, дана оценка их совместного влияния на восприятие бренда и потребительское поведение. Рассмотрены примеры успешных брендов, которые эффективно интегрировали дизайнерские решения в свои маркетинговые стратегии, что привело к повышению узнаваемости и лояльности потребителей. Результаты исследования подчеркивают важность синергии между маркетингом и графическим компьютерным дизайном для создания конкурентных преимуществ на рынке, предлагаются рекомендации для компаний, стремящихся улучшить свои маркетинговые стратегии через эффективное использование дизайнерских решений.

Ключевые слова: компьютерный дизайн, маркетинг, нейромаркетинг.

Введение. В современном мире цифровых технологий и возрастающей конкуренции в маркетинге визуальная коммуникация занимает одно из центральных мест. Компьютерный графический дизайн становится ключевым инструментом для привлечения внимания и формирования уникального имиджа бренда. Использование современных технологий, таких как 3D-графика, интерактивные элементы и персонализированный подход, позволяет не только создавать эстетически привлекательные образы, но и усиливать эмоциональную связь с потребителями. Компьютерный графический дизайн играет важную роль в концепции нейромаркетинга, которая основывается на анализе когнитивных и эмоциональных реакций потребителей. Эта работа посвящена исследованию современных методов применения компьютерного дизайна в маркетинговых стратегиях и их влияния на восприятие бренда целевой аудиторией.

Основная часть. Современные технологии и цифровая трансформация меняют подходы к взаимодействию брендов с их целевой аудиторией. Сегодня маркетинг и дизайн тесно связаны, создавая основу для формирования узнаваемости брендов и их конкурентных преимуществ. Компьютерный дизайн стал важным инструментом визуальной коммуникации, обеспечивая брендам возможность эффективно привлекать внимание потребителей и выстраивать с ними эмоциональную связь. В условиях высокой конкуренции и насыщенности информационного поля компаниям необходимо использовать инновационные подходы, чтобы выделяться на фоне конкурентов. Применение таких технологий, как 3D-графика, интерактивные элементы, персонализированные решения и визуальная аналитика, позволяет не только создать привлекательные рекламные материалы, но и выстроить уникальное взаимодействие с целевой аудиторией.

Важной составляющей процесса становится композиция, которая объединяет различные элементы визуального дизайна, такие как цвет, масштаб, иерархия и повторение. Композиция позволяет создать гармоничные и привлекательные образы, которые удерживают внимание зрителя [1]. Например, использование стильного шрифта, направляющих линий, 3D-эффектов, ярких акцентов в рекламных материалах подчёркивает ключевые элементы, концентрируя внимание потребителей на главные посылы (рисунок 1).

Рисунок 1 – Примеры использования графического компьютерного дизайна в успешных белорусских брендах

Важную роль в разработке маркетинговых стратегий играет изучение движения взгляда потребителя. Исследования показали, что взгляд пользователей часто следует определённым паттернам, таким как форма букв «F» или «Z». Эти открытия помогают дизайнерам стратегически размещать важные элементы, такие как заголовки, логотипы и кнопки призыва к действию, в наиболее заметных областях. Например, тепловые карты, использующие данные eye-tracking, показывают, как потребители взаимодействуют с визуальным контентом, позволяя оптимизировать дизайн для достижения максимальной эффективности. Такие подходы позволяют усиливать вовлеченность аудитории и улучшать восприятие бренда. В исследовании было выявлено, что товар с маркетинговой стратегией [2], основанной на использовании крупного шрифта и ярких акцентов, а также паттерна буквы «Z», выбрали 100% опрошенных (рисунок 2). В свою очередь из трёх предложенных товаров только 11,5% опрошенных выбрали базовое предложение без уловок компьютерного дизайна (рисунок 2).

Рисунок 2 – Выбор товара потребителями с использованием маркетинговых стратегий и без них

Компьютерный дизайн также активно используется для создания уникальной визуальной идентичности брендов. Фирменные цвета, шрифты, логотипы и образы помогают не только выделиться среди конкурентов, но и создать ассоциации, которые укрепляют позиционирование бренда в сознании потребителей. Кроме того, внедрение таких технологий, как искусственный интеллект, позволяет анализировать поведение пользователей и создавать наиболее привлекательные и релевантные визуальные решения [3].

Визуальная составляющая играет ключевую роль в эффективности маркетинга. Компьютерный графический дизайн объединяет искусство и технологии, создавая мощные инструменты для привлечения внимания и формирования положительного восприятия бренда. Так, например, на логотипе компании LG изображена улыбка, что соответствует слогану компании «Life's Good», что в переводе означает «Жизнь хороша». Главная миссия компании – производить продукцию, делающую людей счастливыми. В логотипе Формула 1 используется так называемое «негативное пространство» для изображения цифры 1, а наклон соответственно буквы и цифры создаёт эффект динамизма и скорости (рисунок 3). Применение инновационных методов, таких как интерактивные и анимационные элементы, персонализация и анализ паттернов движения взгляда, позволяет компаниям создавать уникальные и запоминающиеся решения. Развитие этой области открывает новые горизонты для визуальной коммуникации, делая её более эффективной и целенаправленной [4].

Рисунок 3 -Примеры использования компьютерного дизайна для создания уникальной визуальной идентичности брендов

В соответствии с современными трендами в графическом компьютерном дизайне для создания привлекательного образа бренда используется стиль минимализм, простые и чистые формы в виде квадрата, круга, треугольника, эллипса, составляющие основу изображения, оригинальные типографические решения для создания эффекта уникальности бренда, яркие цвета и градиенты, негативное пространство. При этом главной задачей дизайнера является не только создание уникального визуального образа, который будет выделяться своей оригинальностью, но и выдержит в дальнейшем испытание временем.

Использование виртуальной и дополненной реальности в компьютерном графическом дизайне становится важным направлением современного маркетинга. Эти технологии позволяют создавать интерактивный пользовательский опыт, который не только захватывает внимание, но и способствует глубокому вовлечению аудитории. Например, виртуальные туры по продуктам или интерактивные витрины дают возможность потенциальным покупателям почувствовать себя частью бренда. Интеграция таких решений в маркетинговую стратегию усиливает эффект присутствия, укрепляет эмоциональную связь с брендом, повышает лояльность потребителей. Компьютерный дизайн на основе анализа больших данных и современных технологий, таких как машинное обучение, предоставляет компаниям возможность персонализировать контент с учётом предпочтений и поведения аудитории, создавая мощное средство для конкурентной борьбы в условиях стремительно развивающегося цифрового мира.

Заключение. Компьютерный графический дизайн стал неотъемлемой частью современного маркетинга, предоставляя компаниям уникальные инструменты для взаимодействия с потребителями. Использование инновационных технологий, таких как визуальная аналитика, интерактивные и анимационные элементы, позволяет создавать запоминающиеся решения, которые увеличивают вовлеченность аудитории. Кроме того, адаптация дизайна под индивидуальные предпочтения пользователей укрепляет лояльность потребителей к бренду. Применение компьютерного дизайна в рамках концепции нейромаркетинга способствует не только повышению эффективности рекламных кампаний, но и созданию устойчивой эмоциональной связи между брендом и его аудиторией. В условиях цифровой трансформации грамотное использование инструментов

компьютерного графического дизайна становится залогом успешного позиционирования бренда и его долгосрочного роста.

Список литературы

1. Три способа использовать визуальную иерархию в дизайне [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rb.ru/story/vizualnaya-ierarhiya.

2. Маркетинговые уловки: 12 визуальных хитростей, которые должен знать каждый маркетолог [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rb.ru/story/vizualnaya-ierarhiya. Дата доступа 25.03.2025.

3. Маркетинг в графическом дизайне [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://kedu.ru/press-center/articles/info-marketing-v-graficheskom-dizayne. Дата доступа 25.03.2025.

4. Логотипы компаний – 105 самых известных в мире лого [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://fire-logo.ru/logotipi-kompanii. Дата доступа 25.03.2025.

UDC 004.92, 339.138

MARKETING IN COMPUTER GRAPHIC DESIGN

Kovalev M.A. Taberko A.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Gil S.V. – Cand. Of Sci., associate professor, associate professor of the department of ECG

Annotation. A study of the relationship between marketing and graphic computer design has been conducted, and an assessment of their combined impact on brand perception and consumer behavior has been given. Examples of successful brands that have effectively integrated design solutions into their marketing strategies are considered, which has led to increased consumer recognition and loyalty. The results of the study emphasize the importance of synergy between marketing and design to create competitive advantages in the market, and recommendations are offered for companies seeking to improve their marketing strategies through the effective use of design solutions.

Keywords: computer design, marketing, neuromarketing**.**

УДК 004.92

НАЗНАЧЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ МОДЕЛЕЙ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

Мощина В.А., Кизь А.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Столер В.А. – к. т. н., доцент, профессор кафедры ИКГ

Аннотация. Анализируются такие цветовые модели, как RGB, HSB и CMYK, каждая из которых имеет свои области применения и особенности. Работа подчеркивает важность выбора подходящей цветовой модели в зависимости от поставленных задач, а также необходимость понимания различий цветовых пространств для эффективной работы в различных сферах.

Ключевые слова: цветовая модель, цветовой спектр, дизайн, компьютерная графика, цвет, печать.

Введение. В настоящее время компьютерные технологии используются во всех сферах нашей жизни, поэтому компьютерная графика стала чрезвычайно востребованной. Применительно к компьютерной графике описание цвета также должно учитывать специфику аппаратуры для ввода/вывода изображений. В связи с необходимостью описания различных физических процессов воспроизведения цвета были разработаны различные цветовые модели. Цветовые модели позволяют с помощью математического аппарата описать определенные цветовые области спектра.

Основная часть. Рассмотрим цветовую модель RGB. Свое название эта цветовая модель получила по первым буквам основных цветов: Red – красный, Green – зеленый, Blue – синий. Это аддитивная цветовая модель, которая основана на сложении цветов, предполагающая, что вся палитра цветов складывается из светящихся точек. Это значит, что при сложении всех цветов у нас получится белый (рисунок 1) [1].

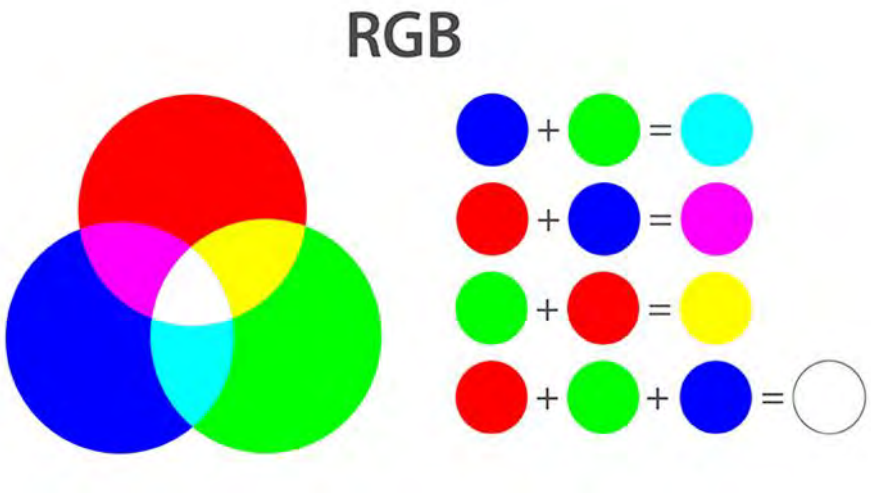


Рисунок 1 – Цветовая модель RGB

Так как размеры этих точек очень малы (около 0,3 мм в диаметре), соседние разноцветные точки сливаются. Как известно, человеческий глаз способен раздельно воспринимать три цвета, называемых основными: красный, зеленый и синий. Все остальные цвета воспринимаются нашим зрением как комбинация этих основных цветов.

Поэтому каждый пиксел цветного изображения кодируется тремя числами - сочетанием этих трех основных цветов [2].

Код каждого из цветов варьируется в промежутке от 0 до 255 включительно, где (0,0,0) – черный цвет, (255,255,255) – белый. RGB используется в различных областях, таких как веб-дизайн, анимация и видеопроизводство.

Как пример использования RGB можно привести платформу YouTube. Если вы смотрите видео на YouTube, ваш экран использует модель RGB для создания изображений. Смешивание пикселей позволяет воспроизводить миллионы оттенков. Также распространенным примером служат дизайны различных сайтов и рекламные баннеры (рисунок 2).

Рисунок 2 – Реклама Coca-Cola Zero

Если говорить о цветовой модели HSB, то она определяет какой-то оттенок не просто смешением красок, а показателями цвета. Она строится на трех координатах.

Hue – цветовой тон. Выбирается один из спектра радуги, имеет радиальное расположение, определяется углом от 0 до 360 градусов на окружности с оттенками [3].

Saturation – насыщенность. Регулирует контрастность оттенка по отношению к печатному или виртуальному носителю.

Brightness – яркость, где 0 – это полностью белый, а 100 – черный. Данный параметр задает освещенность цветовой волны. HSB – это объёмное цветовое пространство. И если параметры цветового тона и насыщенности позволяли нам перемещаться в рамках одной плоскости, то яркость помогает нам перемещаться по высоте в этом пространстве (рисунок 3).

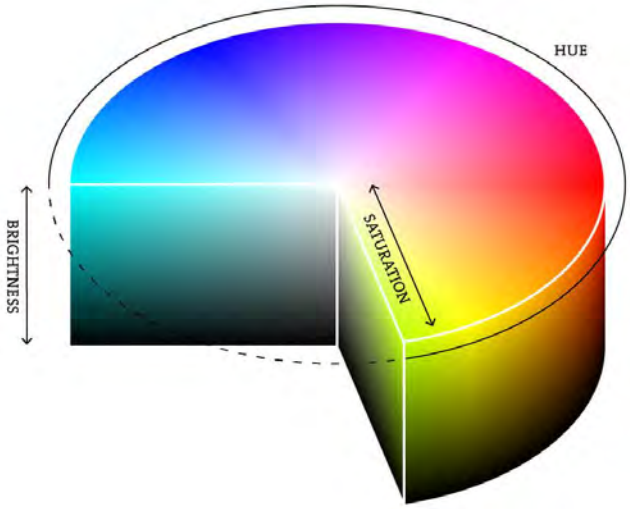


Рисунок 3 – Цветовая модель HSB

Эта цветовая модель широко применяется при редактировании фото и видео. В программе для монтажа видео (например, Vegas Pro) можно изменить настроение сцены [2]. Для создания драматической атмосферы снижается яркость и уменьшается насыщенность. Изменение цветовой насыщенности может оказать большое влияние и на то, как будет восприниматься фотография. Яркие, насыщенные цвета создают радостное настроение. В то же время спокойные, приглушенные цвета вызывают у зрителя желание рассмотреть мотив внимательнее (рисунок 4).

Рисунок 4 – Влияние уровня насыщенности на изображение

Цветовая модель СМУК, как и RGB, называется по начальным буквам основных цветов: Cyan – голубой, Magenta – пурпурный, Yellow – желтый, Key color – ключевой черный. Это субтрактивная (вычитание) схема формирования цвета (рисунок 5).

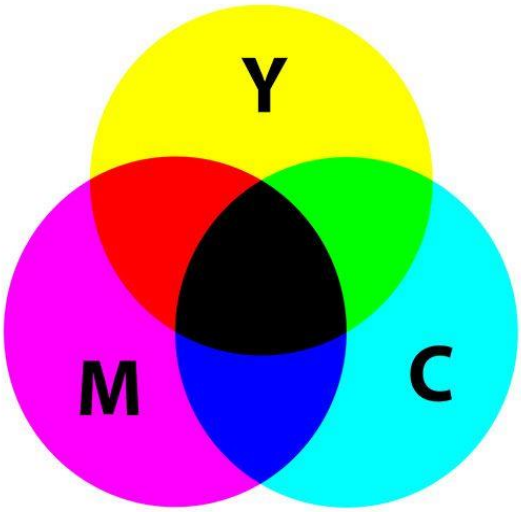


Рисунок 5 – Цветовая модель CMYK

Бумага, как и все материалы, отражает свет. Обычно считают, какое количество света отразилось от поверхности. Черный цвет в идеале можно получать смешением в равной пропорции пурпурного, голубого и желтого красителей. Так как такие параметры, как чистота цвета, увлажнение бумаги и другие не постоянны, то добавляют отдельно черный цвет. В принтерах обычно используются четыре краски, которые лежат в основе палитры CMYK. И чтобы перенести цифровое изображение на материал, необходимо перевести его из RGB в CMYK. Иначе какие-то оттенки могут исказиться до неузнаваемости, и яркие цвета скорее всего потускнеют (рисунок 6).

Рисунок 6 – Сравнение отображения изображения в CMYK и RGB

Основное отличие между CMYK и RGB в том, что модель RGB – это прямые или излучаемые цвета, а модель CMYK – цвета отражаемые. Поэтому электронные изображения состоят из оттенков, созданных на основе RGB модели, а отпечатанное изображение формируется при помощи CMYK модели.

Эта модель широко используется для печати комиксов. При создании комиксов художники и дизайнеры подготавливают макеты страниц в графических редакторах, таких как Adobe InDesign или Illustrator. Эти макеты переводятся в цветовую модель CMYK, чтобы обеспечить точную цветопередачу при печати.

Заключение. Знать механику цветовых пространств важно всем дизайнерам, иллюстраторам и фотографам. Но особенно внимательная работа с цветами необходима в полиграфии, так как по изображению на мониторе нужно понять, что получится после печати [4]. Если задуматься, отображение цветовых моделей присутствует везде: в книгах, которые мы читаем, на экранах телевизоров, которые мы смотрим, и на рекламных постерах на улицах. Поскольку интернет-платформы стали неотъемлемой частью нашей жизни, без использования цветовых моделей комфортное восприятие окружающего мира было бы невозможным.

Список литературы

1. *Омелькович, Е.В. Создание изображений средствами компьютерной графики: учеб.-метод. пособие / Е.В. Омелькович, Н.Г. Рожнова. – Минск : БГУИР, 2021. – 115с. – ISBN 978-985-543-602-8.*

2. *Столер, В.А. Технологии создания и обработки мультимедийного контента: учеб.-метод. пособие / В.А. Столер. – Минск : БГУИР, 2020. – 111с.. – ISBN 978-985-543-521-2.*

3. *Тамшилина, Д. Что такое цветовые модели и какими они бывают. / Д. Тамилина [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://skillbox.ru/media/design/chto_takoe_tsvetovye_modeli_i_kakimi_oni_byvayut. Дата доступа: 10.03.2025.*

4. *Цветовые модели CMYK, RGB, HSB.[Электронный ресурс]. Режим доступа: https://icolorit.ru/blog/cvetovye-modeli-cmyk-rgb-hsb. Дата доступа: 10.03.2025.*

UDC 004.92

PURPOSE AND FEATURES OF APPLICATION OF COLOR MODELS IN COMPUTER GRAPHICS

Moshchina V.A., Kiz A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Stoler V.A. – Cand. of Sci., associate professor, professor at the department of ECG

Annotation. The color models such as RGB, HSB and CMYK are analyzed, each of which has its own areas of application and features. The work emphasizes the importance of choosing the appropriate color model depending on the tasks at hand, as well as the need to understand the differences between color spaces for effective work in various fields.

Keywords: color model, color spectrum, design, computer graphics, color, printing.

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

ADAPTING EDUCATION IN ELECTRONIC SYSTEMS TO MEET THE CHANGING DEMANDS OF THE IT SECTOR

Akhrieva M. R.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Perevyshko A.I. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This article examines the need for education systems to adapt in response to rapid societal changes driven by technology, the evolving job market, and the shifting needs of future generations. It highlights the crucial role of technology in personalizing learning experiences and emphasizes the importance of teaching critical thinking and problem-solving skills. The article advocates for integrating vocational training and emerging industries into curricula to prepare students for new career paths. Additionally, it underscores the significance of social and emotional learning (SEL) in fostering well-rounded individuals. The exploration of future education technology trends, including AI's impact, suggests that ongoing teacher training and innovation in educational methods are essential for equipping students for the complexities of the 21st century.

Keywords: education systems, technology integration, critical thinking, job market, social and emotional learning, AI in education.

Introduction. The world is changing at a rapid pace. Technology is advancing, the job market is evolving, and the needs of future generations are shifting [1]. As we look to the future, it is clear that education systems must adapt to meet these new challenges. How education systems can adapt to future needs is a question that educators, parents, and policymakers must address to ensure that students are prepared for what lies ahead [2]. In this article, we will explore the necessary changes that need to take place in education to better prepare students for the future.

Main part. Technology is changing education, making it more accessible and interesting. But to really adapt to the future, it's important not just to hand out gadgets, but to use them to personalize learning. Digital tools help tailor the program to each student's style and pace, increasing efficiency [3]. In addition, technology prepares students for life in the digital world by developing key skills, from programming to basic digital literacy.

Modern education should teach not just how to memorize facts, but how to think critically and solve complex problems [2]. In a rapidly changing world, it is more important to be able to adapt, think creatively and make decisions.

Schools need to shift their focus from “what to teach” to “how to think.” Critical thinking, analysis and practical skills should be part of all subjects - through projects, discussions and real cases [4]. In this way, students will develop skills that will be useful not only in school, but also in work and life.

The labor market is transforming: automation is replacing some professions, while new ones are emerging in technology, green energy and medicine [4]. Education must keep up with these changes.

It is important to expand vocational education - not everyone needs higher education. In-demand specialties (plumbing, electrical engineering, construction) offer good opportunities without a university degree [4]. Practice-oriented education will help students to master such professions.

Schools should also include promising areas in their programs: programming, robotics, data analysis [1]. Early acquaintance with them will open new career paths for students.

Beyond academics, modern education must emphasize social-emotional learning (SEL) [3]. In an environment of constant change, it is critical for students to develop emotional intelligence, stress tolerance, and communication skills.

Practical SEL tools: mindfulness and reflection exercises team projects and trainings, lessons in empathy and communication development

This approach builds psychological resilience and helps students develop harmoniously, which is as important as academic achievement [3].

When you consider how far education has come in such a short amount of time and where we are going, the future of education is exciting! Through the years, we have seen trends that have long been a staple of education but only recently have some of these concepts caught fire in the wake of innovations and digital learning [1].

Every day, millions of individuals of all ages search online for instructional advice on various subjects [1]. In recent times, there has been an increase in network capacity, and schools are better able to integrate modern technology.

Students will learn more about the subject they are studying due to the internet and technology. Suggesting that students will have more decision-making power about their education in the future. Our educational system will continue to alter to keep up with the evolving needs of the 21st century as our world adapts to welcome technological futures [2].

The most important lesson we have taken away from the pandemic and the years leading up to it is that children need improved access to technology and educational opportunities to improve their lives [1]. Several prominent platforms have embraced innovative technological trends in education to provide a wide range of learning opportunities. Each of these platforms offers a distinct approach to education, catering to the diverse needs of learners worldwide.

Coursera offers a wide range of online courses, specializations, and even full degree programs in partnership with universities and organizations from around the world [1].

Founded by Harvard and MIT, edX provides access to high-quality courses from top universities, colleges, and organizations. They offer both free and paid courses [1].

Khan Academy is a non-profit organization that offers free educational content, particularly in math and science, through a vast collection of video lessons and exercises. Udacity focuses on providing courses and nanodegree programs in areas like programming, data science, artificial intelligence, and self-driving cars [1]. Duolingo is known for its language-learning platform that offers courses in a gamified, user-friendly format, making it accessible to learners of all ages.

Artificial Intelligence (AI) is a revolutionizing force that makes the future of technology in education even brighter. AI improves education practices by leveraging advanced algorithms and data analysis to enhance various aspects of the learning process. Here are some ways AI is making a difference: Chatbots and virtual teaching assistants. AI-powered chatbots can provide instant responses to student queries, offer guidance on course materials, and even assist in homework assignments. For example, a student struggling with a math problem can receive immediate help from a virtual teaching assistant. AI-driven grading systems. AI can automate the grading of assignments and tests, providing faster feedback to students and reducing the burden on teachers. For instance, AI can grade multiple-choice quizzes, freeing up educators to focus on more complex assessments. Personalized learning. AI algorithms can analyze a student's learning patterns and adapt the curriculum to their needs. For example, if a student excels in mathematics but struggles with literature, the system can provide additional literature resources and exercises.

Conclusion. This article explores how education systems can adapt to future needs, focusing on the necessary changes to prepare students for a rapidly evolving world. It discusses the role of technology in personalizing learning, the importance of fostering critical thinking and problem-solving skills, and the need to prepare students for the changing job market. The article also emphasizes the value of social and emotional learning, lifelong learning, and flexibility in education. To meet the challenges of the future, education systems must evolve and embrace new methods of teaching, ensuring that students are well-equipped for the world ahead.

References

1. *The Future of Education: How Technology Will Change the Classroom / John Doe. – New York: Education Press, 2021. – 220 p. – ISBN 978-1-23456-789-0.*

2. *Preparing Students for the Future: The Role of Critical Thinking / Jane Smith. – London: Academic Publications, 2020. – 150 p. – ISBN 978-1-98765-432-1.*

3. *Emotional Intelligence in Education: A Key to Success / Michael Johnson. – Boston: Learning Innovations, 2019. – 180 p. – ISBN 978-1-34567-890-1.*

4. *Vocational Training in the Modern Age: Preparing for Tomorrow's Job Market / Robert Green. – San Francisco: Career Pathways Publishing, 2023. – 300 p. – ISBN 978-1-23456-789-1.*

UDC 004.7

THE SIGNIFICANT ROLE OF MEMES IN SOCIAL INTERACTIONS

Artsiushkevich H.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Berastouski A.V. – Lecturer at the the Department of Foreign Languages

Annotation. People constantly seek ways to reevaluate or strengthen their relationships through different actions like communication or sharing of information about them or new ideas. Memes might be quite useful in such case. Sending memes to your friends reduces uncertainty between you and prolongs friendship. This study examines meaning behind sending memes in relationships and summarizes theoretical data of it to better understand the role of memes in close relationships.

Keywords: sociology, social interactions, memes.

Introduction. Memes speak a lot about the social context where we live and what we truly think. No matter which era people live in, they always need a way of expression and confession about the unspoken or repressed truth. Memes are often creative expressions through which individuals communicate and express themselves. Majority of social media users regularly use memes in their social media interactions, especially in their informal communication. Memes were originally proposed as a cultural replicator that spreads ideas among members of distinct communities. Internet memes are a piece of online culture that takes many possible forms, whether an image with caption, an animated image, or a text-based joke with multiple possible formats, or even a short video clip. The advent of digital social media platforms such as Instagram, Reddit, TikTok, YouTube, etc. and their audio-visual potentials contributed to sharing of meanings between parties involved in communication cycle more than ever before. Though memes are more often examined from a political, cultural, or rhetorical lens, they are also interpersonal artefacts, often shared person-to-person.

The popularity of memes in social interactions amongst social media users cannot be overemphasised. When memes are used on social media platforms, there is a possibility to satirise issues and events within a social context by using laughter as a means to collective cope with issues and news of public interest. However, the acceptability of memes in social interaction is closely linked to its potential to add meaning in a social interaction. Statistics have showed that in 2019, memes were second among the types of content most likely to be shared by Gen Z and Millennial Internet users.

Therefore, memes have diffused rapidly within online social interactions, and it has become important to examine the related dynamics among social media users in order to ascertain the credibility attached to these memes and the extent to which it persuades the social media users in an online social interaction context.

Main part. Though researchers have just begun to examine memes using relational frameworks, scholars have often noted the interpersonal promise and functions of internet memes. For instance, memes can be examined as a form of folklore. Importantly, one of the defining characteristics of folklore is that its importance is embedded in the small cultural groups in which it's shared – often families and small groups of friends. In examining the humour function of memes, it is possible to note that memes were often exchanged for the purpose of interpersonal communication with the goal of sharing emotional states and feelings with friends and family members (table 1).

Also, in new work teams individuals frequently share non-text, visually based forms of communication, including gifs and memes. The sharing of such content is usually undertaken with the goal of lightening a conversation. Further, because of the specificity and nuance of the humour

of memes, they could allow individuals to quickly get to know one another and gain insights into their personalities.

Table 1 – Why people use memes in social media

Variables	Percentage, %
They are funny	41.1
They are easy to use	21.2
Helps in condensing a large idea into a single message	10.4
They are more effective than texts	14.1
They can be used to secretly encode message	8.0
All of the above	5.2

Though research on memes in the context of close relationships is nascent, prior research on Internet memes provides some insight into how they are used in romantic relationships, families, and close friendships. Further, there is much work that has examined the use of humour and symbolic language in relationships that helps in framing an investigation into the use of memes in relationships.

Romantic relationships and close friendships are increasingly maintained via technologies and study suggests that the extent to which individuals can seamlessly shift between communication from face-to-face to mediated communication with their close relational partners is positively associated with the closeness and satisfaction of those relationships. Other relational characteristics also affect technology use, including whether the relationship is long-distance. Specifically, long-distance partners use mediated communication to interact with their relational partners more frequently than geographically close partners.

But we all possess limited social resources to share, so tacking time to just send a meme to your friend can display your validation towards that person. That is why media users send more memes to people they are closer to. It is a kind of constant affirmation that their friends worth the time they are investing. Meantime, if they do not value that person as much, they are also going to like their memes less or send fewer memes themselves. And the content of the meme also reduces uncertainty, because it marks that the user knows something about their friend. Further, if that friend likes that meme, that means they agree that the media user gets their humour, which strengthens the understanding of the relationship and therefore the relationship itself. Meanwhile, if they don’t like user’s meme, that is a disclosure of misunderstanding in the relationship. But either way it reduces uncertainty of that relationship.

Conclusion. Results demonstrate that the sharing of memes plays a meaningful role in many close relationships. It was revealed that social media users have an understanding of the communication function of memes. The study highlights that memes aid understanding, entertain, reinforce meanings, emotional appeal, simplify the message and invoke certain reactions or expressions in a social media interaction. Majority of media users affirm that they use memes to a large extent due to their borderless potential.

Trough acts of self-disclosure people reduce uncertainty in relationships, which can be conveniently done by sending memes. In conclusion, the study underscores that memes reflect more than just cultural and social structures — they reflect relational structures, as well.

References

1. *Credibility and Persuasiveness of Memes in Social Interactions among Social Media Users in Benin City [Electronic resource]. Mode of access: https://www.researchgate.net/publication/369325420. Date of access: 17.03.2025.*

2. *Social exchange theory [Electronic resource]. Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Social_exchange_theory. Date of access: 01.01.2025.*

3. *Uncertainty reduction theory [Electronic resource]. Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Uncertainty_reduction_theory. Date of access: 07.02.2025.*

4. *Meme sharing in relationships: The role of humor styles and function [Electronic resource]. Mode of access: https://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/12789/11017. Date of access: 17.02.2025.*

UDC 681.51:331.5

THE IMPACT OF AUTOMATION ON JOB MARKET AND SOCIETY

Biza G.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Yushkevich E.V. – Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This essay explores how automation is transforming the job market and society, highlighting both the opportunities it creates and the challenges it poses, and argues that proactive solutions are essential to harness its potential for the greater job.

Keywords: automation, labor market, Industrial Revolution, workforce, economic growth.

Introduction. Since the beginning of the Industrial Revolution, concerns about machines taking over human jobs have persisted, and those concerns have only grown in recent decades due to the increased prevalence of automation. The use of automation, which has been around for centuries, has exploded in numerous sectors, including manufacturing, transportation, healthcare, and retail, in recent years. More productivity, efficiency, and even quality and safety can all result from implementing automation. It could have both positive and negative effects on economic growth and employment opportunities. The rise of automation poses risks of job loss, wealth disparity, and technological reliance. If you want to make smart choices about your education, training, and career, you need to know how automation will affect the labor market. In this post, we'll look at the pros and cons of automation in the workplace.

Main part. Automation has been shaping the workforce for centuries, beginning with the Industrial Revolutions. The first revolution, driven by steam engines, mechanized industries like textiles, displacing manual labor but also creating new factory jobs. The second revolution, powered by electricity and mass production, further transformed industries, increasing efficiency while shifting employment from agriculture to manufacturing. The third revolution, with the rise of computers and digital automation, replaced many clerical and factory jobs but led to growth in tech and service sectors.

Throughout its history, automation has considerably evolved, in the sense that more and more complex skills are now perfectly reproducible by a machine. A major concern and issue with this is the fact that there can be a destruction of certain types of jobs. If a company can automate a skill that is required in their production of good (or service), it might decide to buy a machine that reproduces this skill. In order to decide whether to buy or not the machine, a company should see if it is profitable, i.e. it should look at the initial cost, eventually at the maintenance costs and at the eventual gains in productivity from the adoption of the automation technology. It must be emphasized that automation only threatens the case where the productivity gains that it allows are greater than the increase in production [1].

With the rise in technologies and automation being more and more able to mimic tasks, many jobs were replaced by machines, with a vast number of workers losing their jobs. The technology-driven world in which we live is a world filled with promise but also challenges. Cars that drive themselves, machines that read X-rays, and algorithms that respond to customer-service inquiries are all manifestations of powerful new forms of automation. Yet even as these technologies increase productivity and improve our lives, their use will substitute for some work activities humans currently perform a development that has sparked much public concern.

While technical feasibility of automation is important, it is not the only factor that will influence the pace and extent of automation adoption. Other factors include the cost of developing and deploying automation solutions for specific uses in the workplace, the labor-market dynamics (including quality and quantity of labor and associated wages), the benefits of automation beyond labor substitution, and regulatory and social acceptance.

All these jobs are now being fully automated, so a main concern should be the rate of employment throughout these last years of industrial revolution. The following graph from the US Bureau of Labor Statistics illustrates the labor force participation rate (16years and older) from 1948 to 2016 (shown in Figure 1).

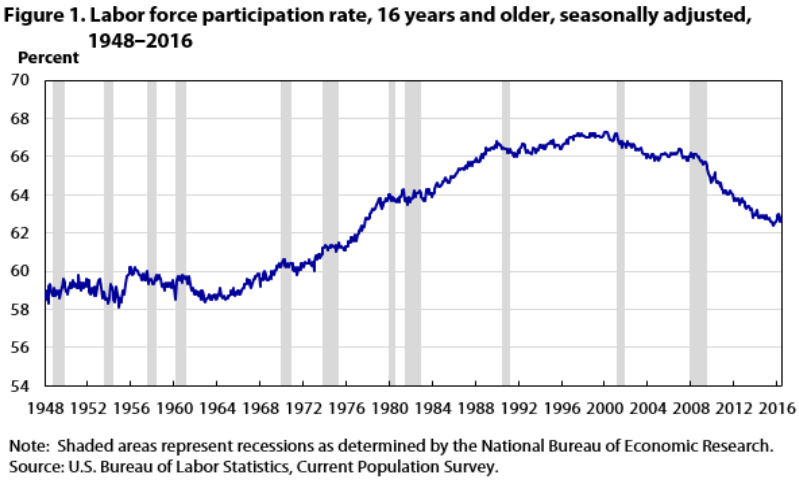


Figure 1 – An example of labor force participation rate, 16 years and older, seasonally adjusted, 1948 – 2016

With respect to what we just said, the results are surprising: the employment rate has overall increased over the last 60 years. Accordingly, to the previous reasoning, one would expect the labor force participation rate to decrease, since our capability to automate tasks is increasing (we are able to automate much more complicated tasks than what we were capable 60 years ago). Moreover, the thought that automation makes labor redundant and our skills obsolete doesn't coincide with this graph. Which brings us to ask ourselves if automation really destroys labor [2].

As we navigate the impact of automation on society and the workforce, it is crucial to address the challenges it presents through proactive measures. This includes investing in education and training programs that equip workers with the skills needed for emerging industries. By providing access to lifelong learning opportunities, individuals can adapt to changes in the labor market and pursue fulfilling careers in new fields.

Additionally, policymakers must consider implementing social safety nets that support workers who may be displaced by automation. This may include unemployment benefits, job placement services, and retraining programs that help individuals transition into new roles. Furthermore, businesses have a responsibility to invest in their workforce by providing opportunities for upskilling and reskilling, as well as creating inclusive workplaces that value diversity and innovation.

Society can adapt to automation by investing in education and training programs to develop skills that are in demand in the automated workforce. Additionally, policies and regulations can be put in place to ensure that the benefits of automation are distributed equitably and that workers are protected from job displacement [3].

Conclusion. All in all, automation has had a profound impact on the workforce and society as a whole. While it has led to concerns about job displacement and income inequality, it has also created new opportunities for employment and economic growth.

References

1. *Automation: impacts on labor and inequality [Electronic resource]. Mode of access: https://tesi.luiss.it/25058/1/213121_VALSECCHI_RICCARDO.pdf. Date of access: 15.03.2025.*

2. *The impact of automation on the job market [Electronic resource]. Mode of access: https://www.int-jecse.net/article/THE+IMPACT+OF+AUTOMATION+ON+THE+JOB+MARKET_5242/?download=true&format=pdf. Date of access: 16.03.2025.*

3. *Impact of automation on job markets and society [Electronic resource]. Mode of access: https://www.ratomir.com/blog/impact-of-automation-on-job-markets-and-society/. Date of access: 14.03.2025.*

UDC 004.774.6:378

ONLINE PLATFORM FOR STORING AND PRESENTING BSUIR HISTORY

Bobrovskaya V.E., Herasimovich A.Y.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Shulga O.N. – Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. The article reflects on the application of an online platform as a digital tool for storing and transmitting university heritage to next generations. The platform's capabilities are assessed, in particular its advantages and future uses are specified. It is highlighted that the creation of an easily noticeable online platform interface has a direct impact on the ability of the user to quickly receive every type of information.

Keywords: online platform, digital tools, user interface, time-line, scientific achievements, digital technologies.

Introduction. In the context of human evolution, information technologies rapidly spread through various fields of application. The importance of preserving information from different parts of time became a crucial goal. After years of sharing, collecting, and analyzing information, the groundwork was set up for the creation of an online platform, where modern technologies are used to preserve the legacy of previous generations.

In our days there are more and more opportunities to access relevant information easily and quickly. This has been made possible by digital technologies. The development and dissemination of digital technologies defines the direction of the development of society. Online platforms are explained as digital tools, which are actively used in our time. Their capabilities allow to improve the ability to receive information through a convenient interface and to structure a large amount of data used.

Main part. Online Platform for Storing and Presenting BSUIR History is a website that brings together different kinds of information: facts, photos, historical moments, statistics, publications. Various components are involved in the creation of the website, ranging from header and footer to event cards and whole articles. Almost every component is a separate element, that performs its function, and each of them describes a certain part of the history, providing a complete overview. The main elements of the platform are: chronology of events (key developments of the university), achievements in the scientific field (development of forward-looking research) and statistics. The platform is established with high-level TypeScript programming language in addition to using the React library and CSS framework Tailwind CSS [1]. Due to the functionality and capabilities of the language and framework, the platform includes many features, each of them revealing the potential of the technologies used. For example, the transition from page to page is almost seamless and the component-based architecture allows to make code modular [2].

The time-line is used as a tool to understand the history of the university. Starting from the foundation of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (BSUIR) and the first achievements, ending with information of the current time [3]. The time-line is revealed in a simple format for understanding: a sequence of events with a small difference in time. It helps to completely understand the chronology of history. For a clearer understanding of the development of the university there are statistics results on the platform that characterize current time data. Using basic indicators, it is possible to assess the scale of the educational institution. If the high performance is established, it is concluded that the university provides quality education. An example of the time-line section is demonstrated in Figure 1.

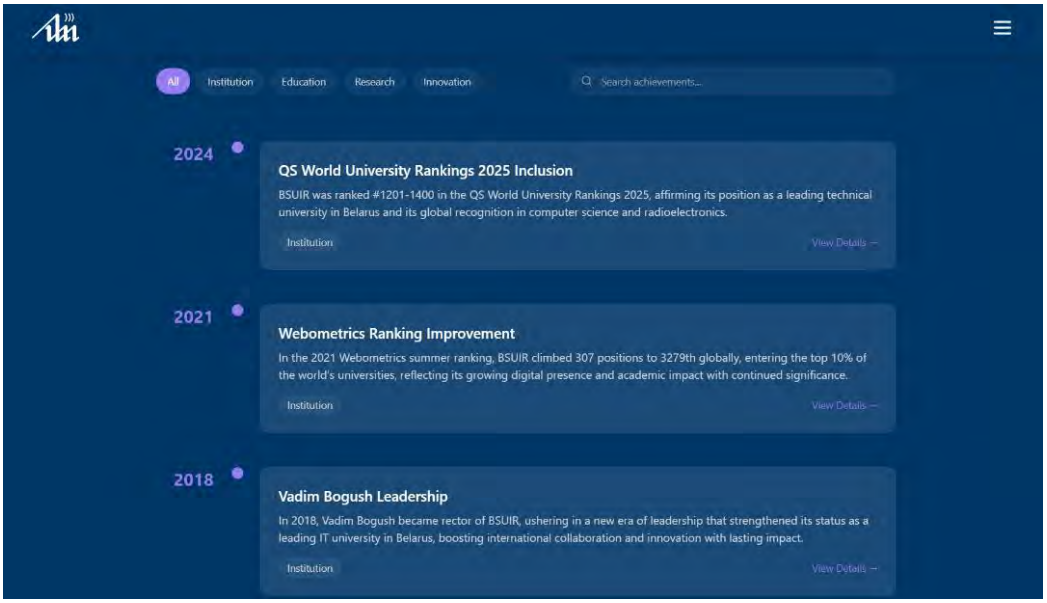


Figure 1 – Time-line of the key events

Important stages in development of the educational institution are achievements in the field of science. Another sub-theme of the online platform is to provide information on this sector. For example, the platform reports about advances in scientific developments in aviation and medicine, highlighting jam-proof missile technology and its role in national innovation. Using new information technologies, the scientific sector is developing rapidly, so that it provides an opportunity to study different fields of sciences. The platform offers to browse the latest featured publications and interviews. In addition, it is possible to find interesting kinds of international collaborations that indicate the development of science beyond our county. Using information on achievements in this field, the importance of having a scientific sector becomes apparent: the role of the university in the scientific community is being developed.

The online platform of BSUIR has many advantages. Using accessible and simple to comprehend interface capabilities makes the online platform practical to use. The user can simply employ the website on any device: it adapted to different types of screens (mobile, tablet and desktop), which makes it multifunctional [4]. Convenience in action also create: clear navigation (user easily refers to the main menu and selects a section of interest), sorting subtopics in the timeline (providing selection of an interesting section of the event), the ability to enter search data, the context main menu with central sections. In addition, the data filtering allows to find the information of interest to the user, which helps save time and thus the process of study becomes more efficient and student-centered.

Another important advantage of the platform is technology development: using TypeScript and React library. Splitting the interface into smaller components affects the structure of the code and readability. Components can also be reused in different parts of the code, which helps to reduce project development time quickly. Moreover, the platform's development technology provides opportunities to use website on several mobile operating systems such as Android and IOS. It allows many users to access the platform. Therefore, the project becomes public: it can be used by almost every person.

Special attention is given to the development of articles in the timeline. Each of the articles presented on the platform is a TSX-spread and stored in a separate file. Using dynamic import and React library capabilities, articles are uploaded to the event page as needed. This approach optimizes performance by loading content on-demand, which is widely promoted in modern web development. The article's introductory example is represented in Figure 2.

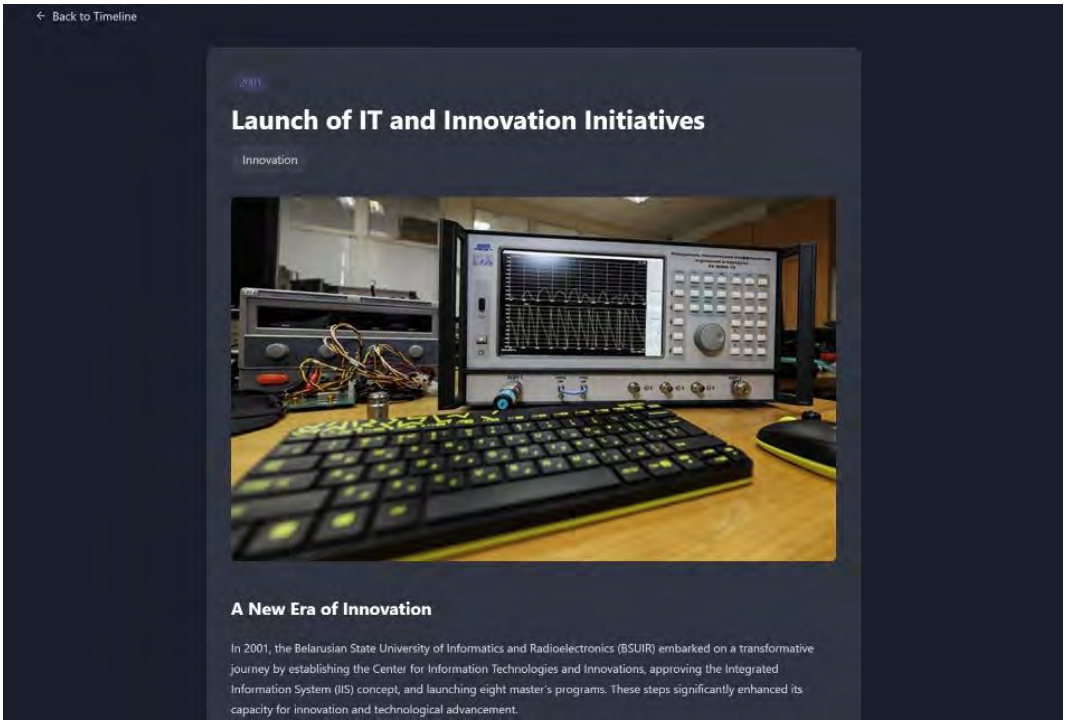


Figure 2 – Introductory section of the article

The result of the platform's work is to preserve the heritage of the university. During the rapid development of the information world, data can be lost. The ability to store and transmit data to future generations determines the purpose of this project. The presence of various facts, description of events of the past, creation of a new history and development of the university are the legacy that is valuable in the modern world.

Conclusion. Analysis of the functional work of the platform was determined during the study of the structure, possibilities and ways to provide information in the network. The advantages of online platform in the context of preservation and transfer of the university heritage were identified [5]. They include creating archives of events, achievements and statistics. The key features of using online platforms and information technology have been identified.

Prioritizing a user-friendly design that allows easy navigation through different eras of BSUIR's history the online platform for storing and presenting the history of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (BSUIR) can have a significant impact on preserving its legacy and enhancing engagement with current and future students, faculties, and the broader communities. Ensuring compatibility with mobile devices increases its accessibility. Rich multimedia content and interactive features might enable alumni and current students to contribute stories, photos, or documents, fostering a sense of community and involvement. A platform of that kind ensures that historical data of the university is stored securely, backed up regularly and remains accessible over time.

References

1. *TypeScript Documentation: The Starting Point for Learning TypeScript [Electronic resource]. Mode of access: https://www.typescriptlang.org/docs/. Date of access: 17.03.2025.*

2. *React: A JavaScript Library for Building User Interfaces [Electronic resource]. Mode of access: https://reactjs.org/docs/getting-started.html. Date of access: 17.03.2025.*

3. *Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics Official Website [Electronic resource]. Mode of access: https://www.bsuir.by/en/. Date of access: 17.03.2025.*

4. *Tailwind CSS: A Utility-First CSS Framework [Electronic resource]. Mode of access: https://tailwindcss.com/docs. Date of access: 17.03.2025.*

5. *The Role of Online Platforms in Education and Heritage Preservation [Electronic resource]. Mode of access: https://www.mdpi.com/2078-2489/12/5/179. Date of access: 17.03.2025.*

UDC 004.85

ARTIFICIAL INTELLIGENCE LEARNING METHODS

Bregid R.D., Anisckovets A.R.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Markosyan E.I. – Cand. of Sci., Associate professor, Associate professor at the Department of Foreign Languages

Annotation. The report focuses on artificial intelligence (AI) learning, focusing on three main categories: Supervised Learning, Unsupervised Learning and Reinforcement Learning. The differences, pros and cons of these methods, as well as the situations in which they are used, are described.

Keywords: artificial intelligence; Supervised Learning; Unsupervised Learning; Semi-Supervised Learning; Reinforcement Learning.

Introduction. Artificial intelligence (AI) is a direction of computer sciences, the purpose of which is to create systems performing tasks that require human intelligence, such as decision making, speech recognition and solving problems. AI can be defined as a computer's ability to imitate human activities, for example, solving problems and training. The main goal of AI is the creation of systems that can perceive the environment, process information and act on the basis of the data obtained. With the progress of the technology of AI, it becomes an important element of our daily life, finding use in various fields – from medicine to finance. In recent decades, AI has significantly evolved, which has allowed its widespread introduction into various industries. The key aspect of the development of effective and reliable systems is the understanding of the methods of learning AI, which allow them to adapt to changing conditions and requirements. AI learning methods can be categorized as follows: supervised learning, unsupervised learning, reinforcement learning, and others.

Main part. AI teaching primarily involves *Supervised Learning* and *Unsupervised Learning*. Supervised Learning trains models on labeled data to predict outputs for new data, exemplified by image classification where handwritten letters (input) are paired with their identities (output) to establish predictive patterns. Conversely, Unsupervised Learning analyzes unlabeled data to discover hidden structures, proving useful for unstructured data like images and audio, and enabling tasks such as clustering (grouping similar objects for analysis in social networks or image studies), dimensionality reduction (simplifying data while retaining key information, like PCA), and associative analysis (identifying relationships for recommendation systems and marketing insights). Real-world applications of Unsupervised Learning include anomaly detection in network security, grouping news articles by topic, and building personalized recommendation systems based on user behavior and preferences.

Differences of Supervised Learning and Unsupervised Learning. Supervised Learning has marked data at the entrance, and with high-quality marking has high accuracy. Unsupervised Learning works with unlabeled data and is looking for patterns on his own. Supervised Learning is used when the correct answers are known and high accuracy is needed, while training without a teacher is used when data marking is impossible or a study of their structure is required.

Disadvantages of Supervised Learning. The need for a large amount of the marked data. Machine learning algorithms with Supervised Learning require significant resources and time to collect and mark data, which can be expensive and difficult for many companies. Unable to all types of data. Supervised Learning suggests that the model will receive the same data as the training set of data, which often corresponds to the typical tasks of the classification. However, this approach may be ineffective when working with more complex and uncertain data and parameters.

Disadvantages of Unsupervised Learning. Incorrect selecting data blocks and incorrect combination of objects. Neural networks can be mistakenly identifying the connections between data that does not actually exist. From here there are «delusional» results. In addition, they can

group data on signs that do not matter for a specific task. For example, instead of sorting goods by volume of containers, the network can focus on their color.

A large amount of data and a lot of time for training is required. Machine learning algorithms in the realm of Unsupervised Learning require more data and iterations to develop the correct conclusions, which can increase the time needed for training and the resources consumed.

Semi-Supervied Learning combines the advantages of both Supervised Learning and Unsupervised Learning. It combines the marked and unreasonable data for teaching the model. This approach is useful when marking data of labor-intensive or road, allowing the use of large volumes of unprofitable data to improve the performance of the model.

There are several approaches to Semi-Supervied Learning: clastering-based methods and graf-based methods.

With clustering-based methods, the unreasonable data is first cluster, and then each cluster is assigned a class mark based on the available marked data. With graf-based methods, the data is presented in the form of a graph, where the nodes are examples of data, and the ribs are the connection between them. Then the methods of spreading marking are used to expand classes of classes based on existing ones.

The agent interacts with the environment and learns to make decisions, receiving remuneration or punishment for his actions. The goal is to maximize the accumulated remuneration by teaching the optimal behavior strategy. One of the most popular algorithms in *reinforcement learning* is the Q-learning method. In this method, the agent learns to evaluate and choose actions based on the value of the Q-functions, which represents the expected total reward for performing the action in a certain state. The Q-learning algorithm is based on the principle of iterate update of the Q-function value based on the accumulated reward and the subsequent choice of optimal actions. Reinforcement training has a wide range of applications in various fields. For example, in robotics, an agent can control the robot to overcome obstacles or complete tasks. In the game industry, reinforcement teaching methods are used to teach virtual characters or improve their strategies in games.

Beyond supervised and unsupervised learning, *Deep Learning*, applicable to both unsupervised and reinforcement learning, mimics human learning by using neural networks to refine data characteristics, excelling at extracting high-level features from complex data and improving fraud detection and automation accuracy, with potential in automotive maintenance. *Active learning* offers another approach by automatically selecting diverse and informative training data, significantly reducing the time needed for data collection compared to manual methods.

Current trends in artificial intelligence (AI) training are aimed at improving the efficiency of models, reducing dependence on large amounts of labeled data, and improving the interpretability of solutions. Hybrid approaches combining Supervised Learning, Unsupervised Learning, and Reinforcement Learning are being actively explored to create more versatile and adaptive algorithms. Considerable attention is paid to the development of energy-efficient models capable of operating on low-power devices. In the future, more autonomous systems are expected to be able to make decisions with minimal human intervention.

Conclusion. AI training methods, such as Supervised Learning, Unsupervised Learning and Reinforcement Learning, allow you to create intellectual systems that can adapt to new conditions and effectively solve various problems. It is important to consider the advantages and disadvantages of each of the teaching methods in order to choose the right one for a specific task. In the future, AI will continue to have a significant impact on our lives, discovering new opportunities for innovation and development.

References:

1. *Машинное обучение с учителем и без [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://sberbs.ru/announcements/mashinnoe-obuchenie-s-uchitelem-i-bez. Дата доступа: 25.03.2025.*

2. *Методы машинного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://itglobal.com/ru-ru/company/blog/metody-mashinnogo-obucheniya/. Дата доступа: 25.03.2025.*

3. *Машинное обучение: методы и способы [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.osp.ru/cio/2018/05/13054535. Дата доступа: 25.03.2025.*

4. *Что такое активное обучение? [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/485228/. Дата доступа: 25.03.2025.*

UDC 004.8–37.018

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION

Buravskiy Y.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Perevyshko A.I. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. Artificial intelligence transforms education by personalizing learning and empowering educators. Ethical considerations and responsible implementation are paramount to ensure equitable access and prevent biased outcomes. Prioritizing critical thinking and digital literacy alongside this approach prepares students for a future shaped by increasingly intelligent systems.

Keywords: technological revolution, artificial intelligence, individual learning, modern education.

Introduction. Artificial Intelligence (AI) is rapidly transforming various aspects of modern life, and education is no exception to this technological revolution. In an era of digital transformation, where information is increasingly accessible and skills are becoming obsolete at an unprecedented rate, traditional approaches to learning are proving less and less effective. AI offers unique tools to optimize the educational process, increase the efficiency of teachers, and create a learning environment tailored to the individual needs of each student.

The integration of AI into the education system not only contributes to improving the overall quality of education but also significantly expands access to high-quality education, making it more inclusive and democratic. Through the use of AI, educational institutions can create flexible and adaptive programs that take into account the unique characteristics and needs of each learner. This personalization is particularly important in a rapidly changing world where the ability to adapt to new conditions, quickly absorb new information, and creatively solve complex problems is critical. Therefore, the transition to personalized, data-driven education is becoming not just desirable but vital. In this context, AI is not just a technological tool but a strategic partner capable of radically changing the learning paradigm and preparing a new generation for the challenges of the future.

Main part. Personalized learning, one of the most promising directions in the development of modern education, is based on adapting learning materials and methods to the individual needs of each student. AI plays a central role in this process, providing powerful tools for analyzing large amounts of data and dynamically adapting educational content.

Using machine learning algorithms, AI can analyze student behavior during the learning process, identify their strengths and weaknesses, and predict their future successes and failures. This allows for the creation of individual learning plans that take into account not only the student's current level of knowledge but also their learning style, interests, and goals. Personalized learning allows students to learn material at a comfortable pace and at an appropriate level of difficulty, which significantly increases their motivation and, as a result, improves academic results.

Innovative platforms such as Khan Academy, Coursera, and edX actively use AI to track student progress and promptly adjust learning trajectories. For example, if a student is having difficulty understanding a particular topic, the system can automatically offer additional resources, interactive exercises, or alternative explanations tailored to the student's learning style and prior experience. For example, if a student prefers visual learning, they will be offered video lessons and infographics, and if they learn information better through practice, they will be offered additional exercises and tasks. This allows students to focus on acquiring the knowledge and skills they need at the moment, avoiding wasting time repeating already learned material or studying irrelevant information.

Moreover, AI can be used to create individual learning plans that take into account not only the current level of knowledge but also the personal interests and goals of the student. For example, if a student shows interest in programming, the system can offer them additional courses and

projects that will help them develop their skills in this area. This approach, based on a deep analysis of individual needs, promotes a deeper and more conscious understanding of the material, as well as the formation of a sustained interest in learning and self-development throughout life.

However, the benefits of AI extend not only to students but also to teachers. AI is able to significantly ease the work of teachers by automating routine tasks and providing them with valuable analytical data.

Traditionally, teachers spend a significant portion of their time grading homework, preparing for lessons, and compiling student performance reports. AI can automate these tasks, freeing up time for more creative and interactive work with students. Teacher support through AI includes automating assignment grading, creating personalized student performance reports, and providing recommendations for improving the learning process. Automating assignment grading, for example, allows teachers to free up time for more creative and interactive work with students, as well as for improving their own qualifications and developing new educational methods. Using AI to analyze student performance data allows teachers to identify students who need additional support and develop individual strategies to improve their results. This analysis can reveal patterns that may not be immediately apparent, allowing for targeted interventions and personalized feedback. AI can also be used to create adaptive tests that automatically adjust the difficulty of questions based on the student's answers, providing a more accurate assessment of knowledge and skills. This allows teachers to get a more objective picture of student performance and adapt their teaching methods to the individual needs of each student.

In addition, AI can assist teachers in finding and selecting high-quality educational content, offering them relevant articles, video lessons, and interactive materials. This allows teachers to constantly improve their knowledge and skills, as well as offer their students the most up-to-date and interesting information. Overall, AI acts as a reliable assistant to teachers, freeing them from routine tasks and providing them with valuable tools to improve the quality of education

Conclusion. AI in education opens up unprecedented opportunities for improving the learning process and increasing the efficiency of teaching. However, it is important to be aware of and consider the potential challenges and risks associated with the implementation of AI in the educational system. It is necessary to pay attention to ethical issues and data privacy to ensure the safe and responsible use of AI in education. It is particularly important to consider that AI algorithms are developed by humans, and they may contain biases and stereotypes that can lead to discrimination against certain groups of students. Therefore, it is necessary to develop strict standards and procedures for evaluating and controlling the quality of AI algorithms used in education. It is also important to remember that AI is just a tool that should serve to support and expand human capabilities, not to replace them. Human interaction, emotional intelligence, and critical thinking remain key elements of successful learning. Teachers should act not only as knowledge transmitters but also as mentors and advisors, helping students develop their personal qualities and communication skills. It is also important to develop critical thinking and digital literacy skills so that students can effectively use AI in their academic and professional activities. Students must be able to assess the validity of information obtained from various sources, as well as understand how AI algorithms work and how they can affect their lives. Investments in research and development in the field of AI in education, as well as in the training of qualified specialists, are key to the successful and ethical implementation of this innovative technology and can become a powerful tool for building a more just, inclusive, and effective education for all. Ultimately, the goal is not simply to use AI in education, but to create an educational system that prepares people for life and work in a world where AI will play an increasingly important role. This includes preparing students to collaborate with AI systems, to adapt to rapidly changing job markets, and to address the complex ethical and societal implications of AI.

References

1. *Application of AI in Education [Electronic resources]. Mode of access: URL: https://sky.pro/wiki/profession/primenenie-ii-v-obrazovanii/. Date of access: 27.01.2025.*

2. *Artificial Intelligence in the Educational Process [Electronic resources]. Mode of access: URL: https://habr.com/ru/articles/740730/. Date of access: 27.01.2025.*

3. *Artificial Intelligence in Education: Prospects and Examples of Use [Electronic resources]. Mode of access: URL: https://media.foxford.ru/articles/neyroseti-v-obrazovanii. Date of access: 05.02.2025.*

UDC 004.75–004.6

BLOCKCHAIN-BASED DATA INTEGRITY FOR DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

Chernenko K. S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Perevyshko A.I. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This research explores the application of blockchain technology for ensuring data integrity in distributed information systems. At the beginning, the author gives a valuable information on blockchain principles and consensus mechanisms. Next, much attention is given to the advantages of decentralization, immutability, and cryptographic security in maintaining data integrity. At the end, it is spoken about challenges related to scalability, performance, and implementation complexity.

Keywords: blockchain, data integrity, distributed information systems, consensus mechanisms, cryptographic security, decentralization, immutability.

Introduction. Ensuring data integrity is a crucial aspect of modern distributed information systems, where data is often stored and processed across multiple nodes. Traditional approaches rely on centralized databases and access control mechanisms, which are susceptible to single points of failure, unauthorized modifications, and data breaches.

Blockchain technology provides an alternative solution by introducing a decentralized and tamper-resistant model for data storage and verification [1]. Utilizing cryptographic hashing, distributed consensus, and immutable ledgers, blockchain ensures that once recorded, data cannot be altered or deleted without detection. These properties make blockchain a promising tool for enhancing data integrity in distributed environments.

Main part. Blockchain is a distributed ledger technology that records transactions in a secure, transparent, and immutable manner. It consists of a continuously growing chain of blocks, where each block contains a set of transactions, a cryptographic hash of the previous block, and a timestamp.

Each new block is linked to the previous one through its hash, forming an unbroken chain of data (shown in Figure 1).

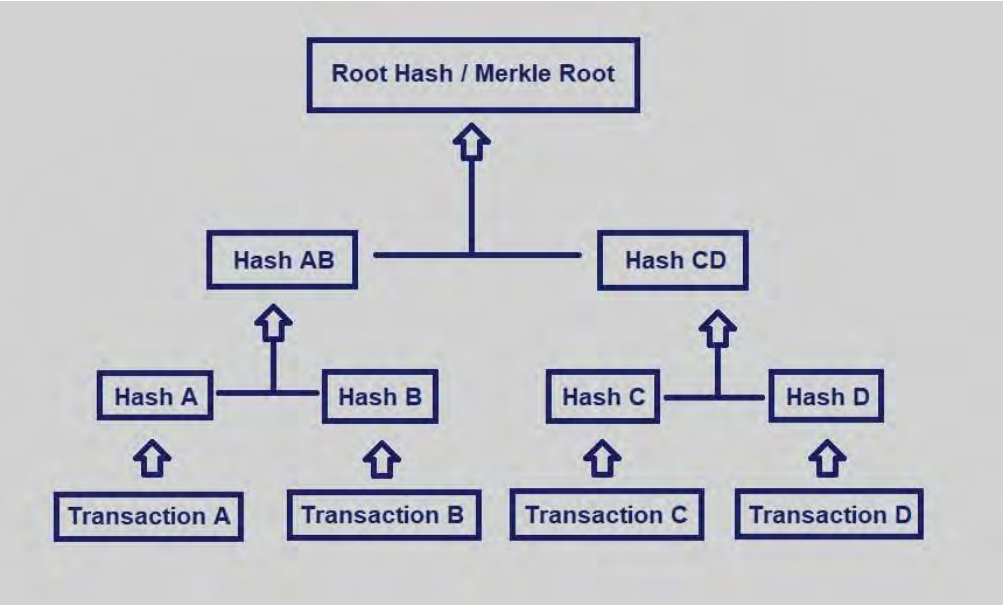


Figure 1 – The fundamental structure of a blockchain, showing how each block is linked to the previous

This structure ensures that any attempt to alter a block would require modifying all subsequent blocks, making tampering computationally infeasible.

Since blockchain operates in a decentralized environment, there is no central authority responsible for validating transactions or maintaining the ledger. Instead, this responsibility is distributed among network nodes, which are independent computers participating in the blockchain network. To ensure that all nodes maintain a consistent and trustworthy version of the ledger, blockchains rely on consensus mechanisms-protocols that allow nodes to agree on which transactions are valid and should be added to the blockchain.

Proof of Work (PoW) is a consensus mechanism that relies on computational effort to validate transactions and secure the blockchain. Participants, known as miners, compete to solve a complex mathematical puzzle. The first miner to solve it gets the right to add a new block to the blockchain.

One of the key security features of PoW is its resistance to the 51% attack. This attack occurs when a single entity gains control over more than 50% of the total mining power. With such power, the attacker could potentially alter transaction history, reverse completed transactions (double spending), or prevent new transactions from being confirmed. However, achieving such dominance is extremely expensive, requiring massive computational resources and electricity, making PoW blockchains highly secure but energy-intensive.

Proof of Stake (PoS) offers an alternative approach, replacing computational work with economic incentives. Instead of mining, the network relies on validators-participants who hold and «stake» a certain amount of tokens as collateral. The blockchain selects validators to confirm transactions and create new blocks, usually based on the amount of tokens they have locked up in the system. The more tokens a participant stakes, the higher their chances of being chosen as a validator.

This system significantly reduces energy consumption compared to PoW. However, it introduces the risk of centralization, as wealthier participants who can stake more tokens have greater influence over the network. To mitigate this, PoS blockchains often implement mechanisms like random selection or weighted voting to distribute validation rights more fairly.

Beyond PoW and PoS, several other mechanisms exist to balance security, decentralization, and efficiency:

Delegated Proof of Stake (DPoS): Instead of all token holders participating in validation, they vote for a small group of representatives who take on this responsibility [2]. This improves scalability but concentrates power in fewer hands.

Proof of Authority (PoA): Used mainly in private blockchains, where validation is performed by a fixed number of trusted entities rather than an open network of participants.

Each of these mechanisms is suited for different blockchain applications, depending on whether the priority is security, speed, or decentralization.

Ensuring data integrity in distributed systems relies on cryptographic hashing and digital signatures, which prevent unauthorized modifications and ensure authenticity.

A cryptographic hash function transforms input data into a unique, fixed-length hash. Even a small change in the input produces a completely different hash, making it easy to detect tampering. In blockchain, each block contains a hash of the previous block, creating a chain of blocks where any modification breaks the sequence, ensuring immutability.

A digital signature guarantees that transactions originate from legitimate sources and remain unchanged. When a user signs a transaction with their private key, others can verify it using the corresponding public key. This prevents unauthorized modifications and ensures that only the rightful owner can approve transactions.

These methods form the foundation of data integrity in blockchain, ensuring that stored information remains unaltered, authentic, and verifiable.

While blockchain offers strong security and data integrity guarantees, its widespread adoption is hindered by several critical challenges. The decentralized nature that makes blockchain resilient also introduces limitations in scalability, performance, and ease of integration into

existing systems. Addressing these obstacles is crucial for blockchain to transition from niche applications to mainstream use.

One of the most pressing issues is scalability. Unlike centralized systems that can process thousands of transactions per second (TPS), major blockchain networks like Bitcoin and Ethereum are constrained to much lower throughput due to their consensus mechanisms. Every transaction must be validated and recorded across multiple nodes, creating a bottleneck. To mitigate this, researchers and developers have introduced scaling solutions such as sharding (dividing the blockchain into smaller, parallel segments), off-chain transactions (handling certain operations outside the main blockchain), and Layer 2 protocols like the Lightning Network, which enable faster transactions while preserving security [3].

Another challenge is performance. Blockchain operations require significant computational resources, especially in networks using Proof of Work (PoW), where miners solve complex cryptographic puzzles to validate transactions. This results in high energy consumption and slow transaction processing times [4]. Alternative consensus mechanisms like Proof of Stake (PoS) aim to reduce these inefficiencies, but they introduce trade-offs, such as potential centralization due to wealth-based validation [5].

Finally, implementation complexity remains a major barrier to blockchain adoption. Integrating blockchain into existing distributed systems requires significant architectural changes, as well as new regulatory and operational frameworks. Additionally, the lack of standardization and expertise in blockchain development further complicates its deployment. Organizations must carefully evaluate their requirements and consider hybrid solutions that combine blockchain with traditional databases to balance security, efficiency, and practicality.

These challenges highlight the need for ongoing research and technological advancements to optimize blockchain's performance while maintaining its core advantages.

Conclusion. The use of blockchain for data integrity in distributed information systems offers a reliable approach to securing and verifying data without reliance on a central authority. Its decentralized structure, immutability, and cryptographic security mechanisms ensure that once recorded, information remains tamper-proof and transparent. These properties make blockchain an attractive solution for applications where data authenticity and trust are critical.

Despite these advantages, practical adoption is hindered by scalability limitations, performance constraints, and the complexity of integration into existing infrastructures. Ongoing research into improved consensus mechanisms, scaling techniques, and hybrid models is essential to overcoming these challenges. As these advancements progress, blockchain's role in distributed systems will continue to expand, enhancing both security and efficiency.

References

1. *Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Electronic resource]. Mode of access: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf. Date of access: 15.03.2025.*

2. *Wood G. Ethereum: A Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger [Electronic resource]. Mode of access: https://ethereum.github.io/yellowpaper/paper.pdf. Date of access: 16.03.2025.*

3. *Sharding: A Comprehensive Overview [Electronic resource]. Mode of access: https://vitalik.ca/general/2021/04/07/sharding.html. Date of access: 18.03.2025.*

4. *The Bitcoin Energy Consumption Index [Electronic resource]. Mode of access: https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption. Date of access: 21.03.2025.*

5. *Blockchain Consensus Mechanisms Explained [Electronic resource]. Mode of access: https://www.ibm.com/topics/blockchain-consensus. Date of access: 23.03.2025.*

UDC 004.8:004.056

DEEPFAKE TECHNOLOGIES IN IT-SPHERE

Deikalo I.S, Volfovich V.D

Belarussian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

Perevyshko A.I – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This article is about Artificial Intelegence/Machine learning deepfakes in present world. At the beginning the origin of a term Deepfake are given. After that types of deepfakes are categorized. At the end recommendations for avoiding Deepfake scam are provided.

Keywords: Deepfake, audio, video, image, fraud, AI

Introduction. Deepfake («deep learning» and «fake») is a term which refers to artificially generated media created using advanced AI technologies of this category. These tools are used to manipulate images, videos, and audio content, eventually blurring the line between what is real and what is not. The risks that have come up with deepfakes are wide, touching a lot of areas. The more alarming dangers are related to the spread of misinformation and how they manipulate the public. For example, a video showing a public figure making false statements could be used to influence elections, cause violent outbreaks, or even tarnish a reputation [1]. Deepfakes may also find more use in cybercrime, now that there may be identity theft, financial frauds, and blackmail. This involves sharing sensitive information or transferring money when impersonating someone [2].

Main part. Deepfakes are one of the products of advanced Artificial Intelligence and Machine Learning technologies. They are classified into three major types based on the medium serving as the manipulated channel: Video, Audio, and Image. The precondition-underlying techniques apply differently and pose different challenges and risks respectively to each. Video deepfakes are movies where the face or body of one person is replaced with that of another, who will then be shown doing or saying things they never did or said. Greatly realistic results are due to the use of techniques like generative adversarial networks (GANs) that involve facial expressions, movement, and lighting (shown in Figure 1).

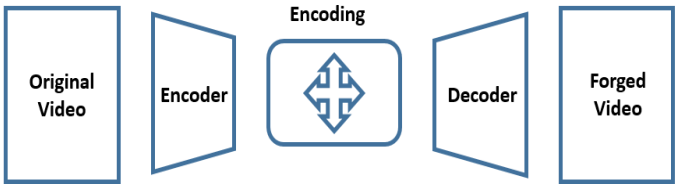


Figure 1 – Deepfake video creation process

In entertainment, video deepfake technology may develop as a basis for footage in memes, parodies, and films with digital clones of deceased actors. It may also be utilized as a channel to assault social trust through the fabrication of videos depicting public figures. Though such applications may seem frivolous, deepfake technology remains extremely dangerous [3]. It can help proliferate fake news and manipulate public opinion by eroding trust in the video as a respectable source of information. It may also be used in creating sexual content without the depicted person's approval. Audio deepfake technology, alternatively known as voice cloning, identifies a replicated speech synthesis from AI technology with coherent speech from the victim. What it really does is break the speech of a victim down into minimal phonetic units, which are

then concatenated to result in humanly distinguishable speech [4]. These systems extract vocal patterns, intonation, and emotional nuances to construct speech that is nearly indistinguishable from the original (shown in Figure 2).

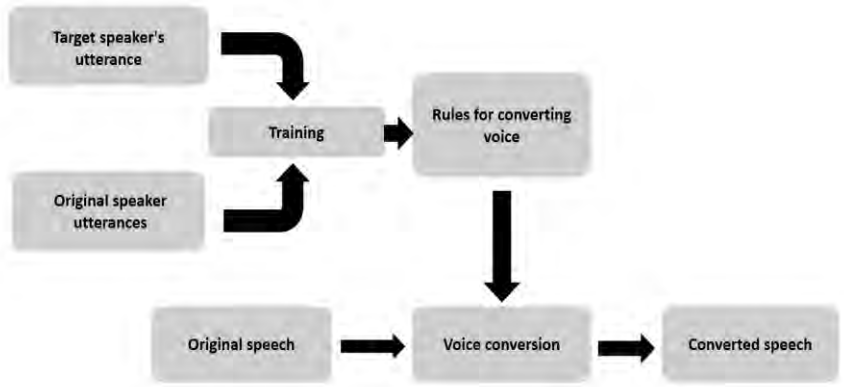


Figure 2 – Deepfake audio creation process

Much-improved quality in audio deepfakes has been experienced with more sophisticated models like WaveNet and Tacotron. Commercial applications of audio deepfake technology range from the development of personalized voices for virtual assistants and audio-visual content to mere entertainment. The technology can also be used for malicious purposes, such as fraud where an individual can impersonate someone else in phone conversations or voice messages to gain some form of benefit. Image deepfake concerns the creation or manipulation of images using artificial intelligence technology. Examples are face swapping, the creation of fully synthetic images, or editing certain fragments of a photo, such as inserting or removing objects. More commonly, imaginations are done using generative adversarial networks to come up with visually appealing images that would pass close inspection on their authenticity. The applications for image deepfakes are very wide, ranging from artistic creation and design to social media. They can get applied for developing ad visuals or digital artwork. On the down part, they work their way on risks such as creating false evidence (staged crime scenes) and for cyberbullying, cancel culture, and blackmail [5].

Conclusion. How not to get involved in fraud created by deepfakes? Stay aware and notice everything. Try not to make quick judgments or decisions under pressure and overemotions. Check the videos for minor things, like if there are any unnatural moments of facial expressions, repeating mechanical speech, and inconsistent backgrounds. If there's an offer that's not normal, like needing to give immediate financials or an appeal made from emotions, try to contact the person through a known different channel- direct telephone call or a physical meeting. Avoid sharing your passwords, verification or bank information if someone asks for them through unsolicited messages even if they appear genuine, personal data should never be given away here. Use two-factor authentication and constant software updates. Knowledge about scams can be known through, e.g, CISA. And any suspicious activities must be reported to the concerned authorities. Build a trusted capacity of good skepticism for careful investigations and start the urgency of sharing details over AI inflow of attacks.

References

1. *Chesney B, Citron D (2019) Deep fakes: a looming challenge for privacy, democracy, and national security. Calif L Rev 107(6):1753–1820.*

2. *Hancock JT, Bailenson JN (2021) The social impact of deepfakes, cyberpsychology, behavior, and social networking. Mary Ann Liebert Inc., pp. 149–152.*

3. *A. Firc, K. Malinka, P. Hanáček (2023) Deepfakes as a threat to a speaker and facial recognition: An overview of tools and attack vectors. Heliyon,p. e15090.*

4. *Albahar M., & Almalki J. (2019). Deepfakes: Threats and countermeasures systematic review. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 97(22), 3242–3250.*

UDC 004.77–620.3

EXPANSION OF IOT (INTERNET OF THINGS)

Dingilevskaya A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhtarovitch I.I. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. The Internet of Things (IoT) links physical objects to the internet enabling autonomous interaction. It opens up a wide range of opportunities to optimise processes in various fields. This article explores how IoT can transform daily life and its role in societal digital transformation.

Keywords. IoT, smart home, IoT devices.

Introduction. We have been connecting things around us, such as computers and machines, to the internet for a long time. This is nothing new. What is new are all the things that are now being connected, known as the Internet of Things (IoT). As technology has become cheaper and sensors smaller, potential applications and use cases have increased.

This article aims to explain what IoT is, as well as its significance and benefits for society and its digital transformation. Additionally, it reveals some ideas for expanding the IoT use in its application areas.

Main part. IoT is about connecting and coordinating things. It means that physical objects, such as refrigerators and cars, are connected to the internet and can communicate and interact without human intervention. This can range from recycling stations that notify when they are full, to controlling security equipment and critical infrastructure, streetlights that adjust when someone passes by, or bicycle helmets that detect high pollution levels [2].

IoT is defined as an umbrella term for the development where machines, vehicles, goods, household appliances, clothing, all kinds of objects, as well as people and animals, are equipped with small embedded sensors and processors. This enables these devices to perceive their environment, communicate with it, and thus create context-aware behaviour. This contributes to creating smart, attractive, and helpful environments, products and services [2].

With IoT, society's facilities and infrastructures are equipped with sensors that can detect and collect data on everything from movement and noise levels to external influences and the presence of chemicals and pollutants. The information collected by the sensors is sent via wireless, mobile, or fixed networks to some form of data system or digital platform. The data is analyzed, and the insights are used in various digital services to inform, optimise and control flows and functions.

Let's delve deeper into each of the IoT applications and find out what impact they have.

1 Agriculture and Pest Control.

IoT is revolutionizing agriculture by enabling precision farming and efficient pest control. Sensors placed in fields monitor soil moisture, temperature, and nutrient levels, allowing farmers to optimise irrigation and fertilization. Drones equipped with IoT technology can survey large areas, detect pest infestations, and even spray pesticides precisely where needed. This reduces resource waste, increases crop yields, and minimizes environmental impact. IoT also helps in monitoring livestock health and automating feeding systems, ensuring better animal welfare and productivity. IoT can further expand by integrating AI-driven analytics to predict crop diseases and pest outbreaks, enabling proactive measures and reducing reliance on chemical pesticides [1, 2].

2 Environment.

IoT plays a crucial role in environmental monitoring and conservation. Sensors deployed in forests, oceans, and urban areas track air and water quality, noise levels, and wildlife activity. For example, IoT-enabled devices can detect illegal logging or poaching in real time. In cities, IoT

helps monitor pollution levels and manage waste more efficiently, such as by notifying authorities when trash bins are full. Additionally, IoT contributes to climate change mitigation by optimizing energy use and reducing carbon emissions. Expanding IoT networks to include more remote and sensitive ecosystems, such as rainforests and polar regions, can provide deeper insights into climate change and biodiversity loss [1, 2].

3 Smart Home Applications.

IoT transforms homes into smart, interconnected spaces. Devices like smart thermostats, lighting systems, and security cameras can be controlled remotely via smartphones or voice assistants. For instance, a smart thermostat learns user preferences and adjusts the temperature automatically, saving energy. Smart locks enhance security by allowing remote access control. IoT also enables home automation, such as turning off appliances when not in use, improving convenience, safety, and energy efficiency. The integration of IoT with renewable energy systems, such as solar panels and home batteries, can optimise energy consumption and promote sustainable living [1, 2].

4 Health Care.

IoT is revolutionizing healthcare through remote patient monitoring, wearable devices, and smart medical equipment. Wearables like fitness trackers and smartwatches monitor vital signs such as heart rate and sleep patterns, providing real-time health insights. IoT-enabled medical devices, such as insulin pumps and pacemakers, can transmit data to healthcare providers, enabling timely interventions. Telemedicine platforms powered by IoT allow patients to consult doctors remotely, improving access to care, especially in rural areas. IoT can expand by developing interoperable platforms that allow seamless data sharing between wearable devices, hospitals, and telemedicine services, improving holistic patient care [1, 2].

5 Smart Cities.

IoT is at the core of smart city initiatives, enhancing urban living through improved infrastructure and services. Smart traffic management systems use IoT sensors to monitor and optimize traffic flow, reducing congestion and pollution. Smart streetlights adjust brightness based on pedestrian and vehicle movement, saving energy. IoT also enables efficient waste management, water distribution, and public safety systems. For example, sensors can detect water leaks or monitor air quality, ensuring a healthier and more sustainable urban environment. Expanding IoT to include citizen engagement platforms, where residents can report issues and access real-time data, can foster more participatory and responsive urban governance [1, 2].

IoT adoption is growing in Belarus across agriculture, healthcare, transportation, and energy, with mobile operators like Beltelecom, MTS, and A1 driving smart home and smart city projects in housing and utilities to automate processes and optimize energy use. For example, MTS collaborates with IOTANS for IoT data visualization, while Beltelecom develops a centralized system for monitoring residential resource consumption via fiber-optic networks, highlighting IoT's importance in Belarus's sustainable development and technological advancement [3].

Conclusion. The Internet of Things (IoT) has become a pivotal element in the evolving technological landscape, shaping the future of our society and individual lives. IoT is increasingly interwoven into various domains, impacting our daily lives and the way we interact with the world around us. Furthermore, the integration of IoT with artificial intelligence and big data analytics is poised to unlock even greater potential, enabling predictive insights and more adaptive, context-aware solutions across these sectors.

References

1. *Top 10 IoT Real-World Applications in 2025 You Should Be Aware Of [Electronic resource]. Mode of access: https://www.upgrad.com/blog/top-iot-real-world-applications/. Date of access: 03.03.2025.*

2. *IoT-технологии в Беларуси. ИОТАНС и МТС [Electronic resource]. Mode of access: https://iotans.by/blog/partnerstvo-dlya-razvitiya-iot-tekhnologiy-v-belarusi. Date of access: 03.03.2025.*

3. *»Белтелеком» на Будпрагрэс-2021: современные решения для строительной индустрии [Electronic resource]. Mode of access: https://beltelecom.by/en/node/954113. Date of access: 03.03.2025.*

UDC 004.8–004.056.53

THE ROLE OF AI IN PROTECTING AGAINST CYBERATTACKS AND IN DEVELOPING NEW METHODS OF INFORMATION SECURITY

Dolmatovich A.A., Buzanovskaya S.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Goncharova I.V. – Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. The article examines the role of artificial intelligence (AI) in the field of cybersecurity, analyzes its capabilities in detecting and preventing cyberattacks, and discusses the key problems and limitations associated with its use. The main types of cyber threats, including viruses, phishing, DDoS attacks, spoofing and ransomware, are considered and their consequences for organizations are analyzed. Special attention is paid to the advantages of AI, such as accelerated threat detection, improved data analysis accuracy, and adaptability to new types of attacks.

Key words: phishing, AI, spoofing, ransomware attacks, machine learning, cyberattacks.

Introduction. In recent years, cyberattacks have grown increasingly complex and varied, presenting new challenges for organizations in information security. As reliance on digital technologies deepens and data volumes rise, safeguarding information has become critically important. Artificial Intelligence (AI) provides innovative solutions to bolster defenses against cyberattacks, automate threat detection, and develop proactive security measures.

Main part. Understanding the landscape of cyberattacks is crucial for effective AI application in cybersecurity. Common threats include viruses and worms, which propagate across networks and devices, often disrupting user operations. *Phishing* attacks employ deceptive websites, emails, or messages to steal sensitive login credentials. *DDoS* attacks aim to overwhelm servers, causing service outages. *Spoofing* involves falsifying IP addresses or other data to mask the origin of malicious traffic. Lastly, ransomware attacks are particularly damaging, as they encrypt systems or data, demanding payment for their release. Recognizing these diverse attack vectors allows for the development of targeted AI-powered defense mechanisms [1].

Understanding the diverse characteristics and significant consequences of cyberattacks – ranging from economic losses to national security threats – is crucial for assessing risks and developing effective defense strategies. Artificial Intelligence (AI) is revolutionizing cybersecurity against complex threats by enhancing security measures through continuous learning and adaptation in tools like firewalls and antivirus software, excelling at phishing detection via content analysis, and assisting in comprehensive risk assessment to strengthen defenses. Utilizing techniques like machine learning for large-scale data processing and neural networks for behavioral anomaly detection, AI fundamentally changes information security approaches, making its integration vital for organizations to protect assets and data against evolving threats and build more resilient frameworks [2, 3].

Using AI in incident warning and response systems allows you to automate the collection and analysis of logs. This allows you to speed up and increase the accuracy of the response to possible threats. Thus, the introduction of AI methods and technologies not only enhances information security, but also changes the security management process, making it more predictable and effective.

The effectiveness of AI in cybersecurity can be judged by its *speed of threat detection*, as AI's real-time data analysis allows for quicker identification than conventional approaches, vital for rapid incident response. Furthermore, the *accuracy of detection* is enhanced through machine learning algorithms trained on historical data, minimizing false positives and improving overall protection. Finally, AI demonstrates superior *adaptability to new threats* by rapidly learning from current data and updating its models, offering greater flexibility compared to traditional systems

needing manual updates. The analysis indicates that AI technologies can significantly bolster organizational security by providing faster, more precise, and adaptive protection. However, it is essential to recognize that AI is not a cure-all and should complement other security measures for maximum effectiveness. The capabilities and successes of neural networks are amazing, but there are a number of tasks that even AI cannot solve without problems. One of them is slow data processing and training. It would seem that AI is used precisely for fast data processing, but it is still too slow, especially when it comes to training [5, 6]. AI is also unable to integrate skills into a new context. Neural networks receive and apply knowledge in isolation, within the framework of specific tasks. They cannot flexibly integrate skills and reuse them to solve new problems in a different context [7]. Despite the potential of AI, its problems and limitations must also be taken into account to achieve more efficient work.

The future of AI in cybersecurity is poised for significant evolution, driven by several key trends. Advanced machine learning algorithms will become increasingly adept at threat detection and prevention, rapidly adapting to novel attacks. A greater emphasis will be placed on proactive defense, enabling systems to anticipate and neutralize threats before they materialize through insightful data analysis. The widespread adoption of AI will necessitate careful consideration of ethical and legal considerations, including privacy, accountability, and regulatory compliance. This expansion will also fuel a demand for specialized skills, requiring adaptations in training and development of specialists. Finally, enhanced collaboration and data sharing among organizations will provide AI systems with broader datasets for continuous learning and model refinement, ultimately bolstering collective cybersecurity defenses. The trajectory of AI in cybersecurity will be influenced by technological advancements, evolving defense strategies, and the need to address ethical and legal questions. The integration of AI will be a crucial element in combating cyber threats, providing stronger and more adaptive protection for organizations.

Conclusion. During the conducted research on the role of artificial intelligence in cybersecurity, it is clear that AI is fundamentally changing approaches to information protection, opening up new ways to detect and prevent cyberattacks. Its use allows cybersecurity systems to process enormous amounts of data at high speed. Also, AI-based systems allow identifying anomalies and potential threats that often go unnoticed. However, the introduction of artificial intelligence into cybersecurity is also not without its pitfalls. To ensure the reliability and efficiency of AI-based systems, it is extremely important to develop a comprehensive approach that will take into account all potential risks and benefits. Only under such conditions it will be possible to successfully integrate AI into cybersecurity systems.

References

1. Cyber-attack - what is it [Electronic resource]. Mode of access: https://skyeng.ru/magazine/wiki/it-industriya/chto-takoe-kiberataka/. Date of access: 12.03.2025.

2. Pacheco J. A Security Framework for Internet of Things End Nodes with Neural Networks / J. Pacheco, V.H. Benitez, J. Pan. – International Journal of Machine Learning and Computing. – 2019. – Vol. 9. – P. 381-386.

3. Whitehead D.E. Ukraine Cyber-Induced Power Outage: Analysis and Practical Mitigation Strategies in 2017 / D.E. Whitehead, K. Owens, D. Gammel, J. Smith // 70th Annual Conference of Protective Relay Engineers (CPRE). – Moscow: MPEI, 2017. – P. 1-8.

4. Liu H. Secure Internet of Things (IoT) Based on Smart World Critical Infrastructures: Research, Study, and Feasibility Analysis / H. Liu, Qian S. Qian, G.W. Hatcher, H. Xu, W. Liao // IEEE Standard Access. – 2019. – Vol. 7, – P. 79523-79544.

5. Tarik N. Ensuring the Security of Critical Infrastructures Based on SCADA: Challenges and Open Problems / N. Tarik, M. Asim, F.A. Khan // Procedia Computer Science. – 2019. – Vol. 55. – P. 612-617.

6. Imperfect Technology: Problems and Limitations of Neural Networks [Electronic resource]. Mode of access: https://awwwake.ru/journal/problemy-i-ogranichenija-nejrosetej. Date of access: 09.03.2025.

7. Cyberattacks: Growing threats, awareness strategies and effective defense measures. [Electronic resource]. Mode of access: https://apni.ru/article/11342-kiberataki-rastushie-ugrozy-strategii-povysheniya-osvedomlyonnosti-i-effektivnye-mery-zashity. Date of access: 15.03.2025.

UDC 004.8–378

THE ROLE OF AI IN FOSTERING CRITICAL THINKING AMONG STUDENTS

Dyubkin K.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Svirid V.A. – Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. The article explores the benefits of hope for using AI in education as well as the consequences of consulting technology too much. The author calls for a balanced approach to AI integration, emphasizing the importance of maintaining traditional learning methods and fostering critical thinking.

Keywords: artificial intelligence, neural networks, critical thinking, higher education.

Introduction. In recent years, artificial intelligence (AI) technologies have had a significant impact on various areas of human life [3]. The field of higher education is also being influenced by AI, which is revealed in the active use of neural networks by students and teachers. For example, teachers consult neuronets to prepare for classes, and students use AI primarily to do home assignment [1]. AI can facilitate the learning process by providing students with required information, solving questions, and even doing different tasks [6]. A number of factors determines the use of a particular AI for educational purposes, therefore, the article provides a brief description of neural networks that can act as a virtual assistant for both teachers and students (Table 1).

Table 1 – neural networks and their application

Name of the neural network	Application of the neural network
ChatGPT, Gemini	creation and analysis of any kinds of texts on request, real-time dialogue with the user
Midjourney, Stable Diffusion, DALL-E	image creation and processing on request
Elicit, Explainpaper	search and analysis of scientific literature, creation of annotations, explanation of scientific articles
Smodin	creation and correction of any kinds of texts on a given topic, assistance in research work

However, it is crucial to recognize that AI is a tool and its effectiveness depends on how it is used. Teachers play a vital role in guiding students to use AI responsibly and ethically. Students must learn to question and analyse AI-generated information, rather than passively accepting it. Teachers also should emphasize the importance of developing digital literacy among students. Students must learn to navigate and evaluate digital information sources. Moreover, thanks to the promotion of the ethical AI use, young people will understand the potential biases and limitations of it. Most often, the disadvantages of AI include uncontrolled dependence, for example, on neural networks and chatbots. Unquestioning acceptance of AI results, no matter how inaccurate they may be, can have a very negative impact on both students' academic achievement and their mental abilities in general [2].

Main part. AI technologies in education provides students with customized learning opportunities because it analyses their performance and assigns tasks which correspond to their skills. For example, in mathematics, intelligent tutoring systems can provide learners with more than one method of solving a problem so that students can try solving the problem in so many different ways [5]. Such systems help create students who are more analytical and more critically conscious. The dilemma arises when students start relying on these aids too much because the balance tends to shift the opposite way and that is not good.

One of the most problematic aspects stems from the fact that having AI technology do all the work makes it difficult to hone autonomous critical thinking skills. Students using AI for everything tend to pose serious challenges in as much as they may refuse to check the information

against other reputable documents to test its credibility. They make conclusions based on what is termed “automation bias”, where learners blindly accept AI produced content as infallible truth despite the fact that the content presented may be biased or incomplete. As is the case with all information, data, or AI content produced from the algorithms trained on enormous databases, which are usually populated with outdated, biased, or erroneous information, the AI system problematics of spreading and validating wrong information and controlling systems on which humans are too reliant.

Frequently, these systems cannot explain how they got to the answers they produce. Students are less likely to do so if they do not have insight into the underlying reasoning [7]. A general inability for learners to see why specific conclusions were reached, leaves them drawing their own conclusions based on partial information that could carry detrimental consequences for their academic development and evaluation skills for many years to come. A significant number of students treat technological tools as sacrosanct, a factor that accentuates the problem. When students are not directed well, they can fail to appreciate the necessity to check through and validate all information generated by AI.

Therefore, the challenge that teachers face is one of incorporating AI into their curricula whilst also instructing students on validation and evaluation of the data it produces. It should be highlighted here that AI is not the absolute answer; it should be considered as one of the resources. Cognitive abilities and digital literacy should be honed in culture, so the students can differentiate between the right and the wrong set of information [8]. Overreliance on AI may mean less active engagement with the learning material. In providing all the information on a given subject as a single page with barely any work being done by a student in terms of studying, analysis, and synthesis, students may be losing the opportunity to develop strong critical and analytical skills. The overshifting by AI in the educational context would entail a passage from a dynamic and inquiry-based experience to a more passive consumption, thus stunting intellectual growth and curiosity [4].

Conclusion. Artificial Intelligence is an innovation capable of promising improvement in education through personalized learning and the promotion of critical thinking. However, the apparent excessive dependence on AI poses a threat. Students may uncritically accept tech information generated by AI-even when biased or erroneous-when technology dependence becomes predominant. Such addictive behavior prevents them from developing independent analytical skills and reduces the standards of academia. This demands teachers to mediate the risks posed by the preponderance of technology in education with a return to more traditional modes of independent research and critical evaluation. The active promotion of a culture in which AI-support is not the crutch but rather an enhancement to decision making will help empower students to be discerning and accountable in confronting the challenges posed by the world that continues to grow in digitalness [8].

References

1. *16 способов использовать chatGPT и другие нейросети на уроках в школе. Да, так можно было [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mel.fm/vospitaniye/sovety/2387014-16-sposobov-ispolzovat-chatgpt-i-drugiye-neyroseti-na-urokh-v-shkole-da-tak-mozhno-bylo/. Дата доступа: 26.01.2025.*

2. *Ai is coming to schools, and if we’re not careful, so will its biases [Electronic resource]. Mode of access: https://www.brookings.edu/blog/techtank/2019/09/26/ai-is-coming-to-schools-and-if-were-not-careful-so-will-its-biases/. Date of access: 04.02.2025.*

3. *How artificial intelligence is transforming the world [Electronic resource]. Mode of access: https://www.brookings.edu/articles/how-artificial-intelligence-is-transforming-the-world/. Date of access: 26.01.2025.*

4. *How to Evaluate Critical Thinking in the Age of AI [Electronic resource]. Mode of access: https://www.aacsb.edu/insights/articles/2024/02/how-to-evaluate-critical-thinking-in-the-age-of-ai. Date of access: 15.02.2025.*

5. *Mathematics intelligent tutoring system for learning multiplication and division of fractions based on diagnostic teaching [Electronic resource]. Mode of access: Mathematics intelligent tutoring system for learning multiplication and division of fractions based on diagnostic teaching. Date of access: 11.02.2025.*

6. *New Era of Artificial Intelligence in Education: Towards a Sustainable Multifaceted Revolution [Electronic resource]. Mode of access: https://www.mdpi.com/2071-1050/15/16/12451. Date of access: 29.01.2025.*

7. *The effects of over-reliance on AI dialogue systems on students' cognitive abilities: a systematic review [Electronic resource]. Mode of access: https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-024-00316-7. Date of access: 16.02.2025.*

8. *Use artificial intelligence to get your students thinking critically [Electronic resource]. Mode of access: https://www.timeshighereducation.com/campus/use-artificial-intelligence-get-your-students-thinking-critically. Date of access: 20.02.2025.*

UDC 004.422.632

APPLICATION OF MATRIX IN PROGRAMMING

Grenberg O.K.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Sokolova M. A. – Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation: This article explores the basic principles of working with matrices in programming, their application in various fields and methods for optimizing operations with them. From simple arithmetic operations to complex machine learning algorithms, matrices are the basis of many modern computing technologies.

Keywords: matrix, programming, information, 2D Visualization, algorithm, technology, robotics, data, simulation, geometric transformations.

Introduction. Matrices play a crucial role in modern programming, serving as a fundamental tool across various fields. These two-dimensional data structures enable efficient storage and manipulation of data organized in rows and columns. By using matrices, developers can tackle complex problems that involve large datasets and intricate calculations, streamlining processes for both developers and end users.

Main part. Before we embark on this exploration, let us first illuminate the concept of a matrix. In the realm of mathematics, a matrix is a structured tableau, a rectangular array meticulously arranged with numbers, symbols, or expressions. These elements, like players on a field, occupy specific positions defined by rows and columns. This arrangement serves as a powerful tool, a representation of a mathematical object or one of its inherent properties.

In the figure 1 there is a matrix gracefully composed of a three row and three columns. We often refer to it as a «three-by-three matrix,» a concise «matrix,» or a matrix of a specific dimension. Now, let us unfurl a panorama of ten distinct matrix archetypes: the Row Matrix, the Column Matrix, the Null Matrix, the Square Matrix, the Diagonal Matrix, the Sparse Matrix, the Spiral Matrix, the Identity Matrix, the Triangular Matrix, and the Symmetric Matrix [1, 4].

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 4 \\ 3 & 2 & 3 \end{pmatrix}$$

Figure 1 – An example of a matrix

Matrices are fundamental in programming across numerous fields, though we'll focus on key applications. In computer graphics, they enable precise object transformations like rotations and scaling, control projections and camera motion. For image processing, matrices handle pixel manipulations through convolutions. Robotics relies on matrices to choreograph limb movements in multi-dimensional spaces. Artificial intelligence uses matrices to manage and prepare large datasets for machine learning. Game developers employ matrices for collision detection and transforming object properties. Finally, in game physics engines, matrices govern the positions, rotations, and movement of objects based on applied forces [2, 3].

There’s an example of using a matrix to find the cell number of the maximum number in C++ (shown in Figure 2):

Figure 2 – A matrix of finding the cell number of the maximum number in C++

Having glimpsed the pervasive applications of matrices, let us now consider the shimmering advantages and stark disadvantages that accompany their use. Among their strengths, matrices offer a compelling visual aid in 2D representation, elegantly consolidating multiple elements of identical type under a single, unifying name. Like keys to a treasure chest, indices grant swift, direct access to individual elements, allowing for truly random retrieval. Matrices stand ready to house data of all forms, provided it adheres to the immutable law of fixed size. Simplicity graces their very essence, making them readily implementable, the quintessential 2D data structure embraced by the vast lexicon of programming languages.

However, the rigid nature of matrices presents inherent limitations. Their dimensions must be predetermined, an immutable constraint. This fixed size can become a significant drawback, as matrices offer no flexibility for dynamic resizing. Insertion and deletion operations can be costly affairs, demanding a cumbersome shift of elements to accommodate the change. Furthermore, memory wastage looms as a potential issue, arising when the matrix is allocated with more space than ultimately required. The very act of resizing can be a time-consuming ordeal, particularly when dealing with frequently resized or exceptionally large matrices. Finally, matrices often lack built-in functionalities, leaving developers to implement common operations from scratch [2, 4].

Conclusions. In conclusion, matrices stand as indispensable instruments in the programmer's arsenal, offering an elegant and powerful means to structure and manipulate multidimensional data. Their influence permeates diverse technological landscapes, from the captivating realms of computer graphics and the intricate algorithms of machine learning to the nuanced art of image processing, the rigorous demands of scientific computing, and the complex webs of network analysis. Matrices empower us to orchestrate complex transformations, encode rich data representations, and unravel intricate mathematical puzzles, such as systems of equations. Within the domain of machine learning, they serve as the very bedrock upon which we train intelligent models, while in the visual splendor of computer graphics, they breathe life into objects through seamless transformations. Their inherent versatility, coupled with their computational efficiency, solidifies their position as an indispensable cornerstone across the vast expanse of programming and technology.

References

1. *The matrix, its history and application [Electronic resource]. Mode of access: https://urok.1sept.ru/articles/637896. Date of access: 27.02.2025.*

2. *Matrix Data Structure [Electronic resource]. Mode of access: https://medium.com/@Mandeep2002/matrix-data-structure-f06246c52ead. Date of access: 02.03.2025.*

3. *Real life application of Matrices [Electronic resource]. Mode of access: https://www.geeksforgeeks.org/real-life-application-of-matrices/. Date of access: 05.03.2025.*

4. *Applications, Advantages and Disadvantages of Matrix Data Structure [Electronic resource]. Mode of access: https://www.geeksforgeeks.org/applications-advantages-and-disadvantages-of-matrix-data-structure/#. Date of access: 10.03.2025.*

UDC 159.94:[339.717:004.738.5]

THE PSYCHOLOGICAL AND BEHAVIORAL IMPACT OF CONTACTLESS PAYMENT SYSTEMS ON CONSUMER DECISION-MAKING

Gurman V.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Yushkevich E.V. – Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This paper investigates the impact of contactless payment systems on consumer behavior and decision-making. Through NFC technology, these systems offer convenience and speed, significantly affecting spending habits and financial management. The study analyzes psychological effects such as the reduced «pain of paying» and increased impulsive purchases, addressing both the benefits and challenges, including security concerns and financial literacy. By reviewing existing literature and empirical studies, the research provides insights for businesses, policymakers, and researchers to promote responsible usage and enhance consumer protection.

Keywords: contactless payment, NFC technology, consumer behavior, decision-making, spending habits, psychological effects, financial management, security concerns.

Introduction. The advent of contactless payment systems has revolutionized consumer transactions. With a simple tap of a card or smartphone, purchases are made swiftly, eliminating the need for cash or traditional payment methods. This technological shift has enhanced convenience and significantly influenced consumer behavior.

As contactless payments gain popularity, understanding their psychological and behavioral impact is crucial for businesses, policymakers, and researchers. This paper explores how contactless payment systems affect consumer choices, spending habits, and financial well-being. By examining existing literature, it provides a comprehensive analysis of the implications of contactless payments on decision-making, highlighting both the benefits and potential drawbacks of this evolving technology.

Additionally, the paper will discuss future trends and technological advancements that could further shape the landscape of contactless payments. The continued evolution of this technology calls for adaptive strategies to ensure consumer protection and promote financial literacy. Through this detailed examination, the study aims to offer valuable insights for leveraging the full potential of contactless payments, ensuring sustainable and responsible adoption [1].

Main part. *Overview of Contactless Payment Systems.* Contactless payment systems, using NFC technology, enable transactions with a tap of a card, smartphone, or wearable device. Their convenience and speed have boosted their popularity, especially among urban populations and younger demographics. The COVID-19 pandemic further accelerated their adoption due to reduced physical contact during transactions.

Moreover, the integration of contactless payments with other digital services, such as loyalty programs and mobile banking apps, has enhanced their appeal and functionality. The ability to link these payments with personalized offers or rewards has further incentivized their use among consumers. Additionally, the integration simplifies financial management by providing users with detailed transaction records, aiding in budgeting and tracking expenses. These systems are also becoming increasingly accepted globally, creating a more interconnected financial ecosystem.

The technology's quick transaction times make it ideal for public transportation, fast-food restaurants, and retail stores. However, challenges include the initial cost for businesses, security concerns, and data privacy issues. Despite these challenges, the trend shows a steady increase in contactless payments, indicating a long-term shift in consumer behavior.

The ongoing improvements in NFC technology continue to expand the potential use cases for contactless payments, further driving their adoption. As contactless payments become more

ubiquitous, understanding their broader implications on consumer behavior and financial systems becomes increasingly important [2].

Psychological Effects on Consumer Decision-Making. Contactless payments reduce the «pain of paying,» leading to increased spending and impulsive purchases. The convenience and speed of these transactions can override rational decision-making. This behavior is common in places with frequent transactions, like coffee shops and convenience stores.

Furthermore, the perceived ease and minimal cognitive load required for contactless payments can lead consumers to subconsciously opt for them, reinforcing a cycle of frequent and higher expenditures. The psychological effects of such seamless transactions can alter how consumers value and manage their money over time.

Research indicates that the detachment from physical cash makes it easier for consumers to part with their money, resulting in less mindful spending habits. Awareness of these effects can help policymakers and businesses develop strategies to promote healthier financial behaviors.

The ease of contactless payments can also influence the perceived value of money, leading to higher spending compared to cash. Studies show higher spending rates among consumers using credit or contactless payments. Additionally, the intangible nature of contactless payments can make tracking expenditures more challenging, potentially leading to decreased financial awareness.

Understanding these psychological effects is crucial for businesses and policymakers. By recognizing how contactless payments influence consumer decision-making, they can develop strategies to promote responsible spending and enhance consumer protection, including clearer spending notifications and budgeting tools [3].

Behavioral Impacts and Spending Patterns. The ease and speed of contactless payments, known as the «frictionless payment effect», lower cognitive and emotional barriers to spending. This leads to more frequent and higher expenditures, particularly in the food, entertainment, and retail sectors where impulse buying is common. The convenience also makes larger purchases feel less burdensome.

Loyalty programs and discounts tied to contactless payments further encourage spending. Additionally, the seamless integration of contactless payments with mobile apps and online platforms facilitates even higher spending rates, as consumers can effortlessly make purchases across different channels. Consumers may also develop a preference for businesses offering contactless options, potentially influencing market competition.

The rapid adoption of contactless payments has also sparked innovations in the retail sector, with businesses exploring new ways to enhance customer engagement and satisfaction. However, the ease of transactions can lead to unintentional overspending, highlighting the need for effective financial management tools and education.

Despite these benefits, the lack of physical money exchange can reduce spending awareness, making it easier to overspend. Digital records, while detailed, may not effectively convey real-time financial impacts, challenging consumers to control their spending. Financial literacy and awareness initiatives, along with tools for tracking expenses, are essential.

To counteract these tendencies, businesses could offer features like spending caps and real-time expenditure tracking within their apps. Consumers might benefit from educational initiatives that promote mindful spending habits and emphasize the psychological impacts of contactless transactions. Furthermore, collaboration between financial institutions and retailers to provide incentives for budget-conscious spending could be explored.

Economic and Retail Implications. Contactless payments have significant impacts on the economy and retail, potentially increasing consumer spending and driving economic growth. Retailers benefit from faster transaction times and improved customer experience, especially in high-volume environments. The convenience encourages higher spending, while loyalty programs boost sales and customer loyalty.

Contactless systems also reduce operational costs related to cash handling and streamline accounting processes. Furthermore, the increased data generated from contactless transactions provides valuable insights for businesses, enabling them to tailor marketing strategies and optimize

inventory management. These insights can help businesses create targeted promotions and improve customer retention.

The widespread use of contactless payments can also foster innovation in payment technologies, promoting a more dynamic and competitive market. However, the potential for increased consumer debt underscores the importance of promoting financial literacy and responsible spending practices [4].

The ease of transactions may lead to increased consumer debt, posing risks to financial stability. Promoting financial literacy and responsible spending practices is crucial. Digital payment systems also raise cybersecurity and data privacy concerns, requiring robust security measures from businesses and financial institutions. Innovative solutions like biometric authentication and end-to-end encryption are essential in addressing these concerns. Additionally, ongoing public education campaigns can help raise awareness about the importance of data privacy and financial security.

Security Concerns and Consumer Perceptions. As contactless payment systems become more widespread, security and privacy concerns grow. The primary risk is fraud due to the lack of a PIN or signature for small amounts. Despite security measures, fraud remains a significant possibility. NFC technology raises concerns about data interception, necessitating continuous improvements in encryption and security features.

Innovations in biometric authentication and tokenization are being explored to enhance security and minimize fraud risks associated with contactless payments. Additionally, public awareness campaigns can educate consumers on secure contactless payment practices. The effectiveness of these security measures is crucial for maintaining consumer trust and ensuring the continued growth of contactless payments. By staying ahead of emerging threats, financial institutions can provide a safer and more reliable payment environment for consumers.

Consumer trust is vital for the adoption of contactless payments. Transparent communication about security measures and privacy policies can build trust. Educating consumers on safe payment practices and investing in advanced security technologies will ensure a secure contactless payment environment, supporting the continued growth and success of these technologies. Collaboration between financial institutions and technology providers can lead to innovative solutions that address evolving security challenges. Regularly updating consumers about new security features can further enhance their confidence in using contactless payments [5].

Conclusion. Contactless payments significantly influence consumer behavior by reducing the «pain of paying» and increasing impulsive spending due to their ease and convenience, with future technological advancements promising further shifts. Balancing these benefits with consumer protection is crucial, as faster transactions and satisfaction must be weighed against overspending, data privacy, and fraud risks, necessitating ongoing security improvements and consumer education. Economically, contactless payments drive spending and efficiency, reshaping retail, but require addressing financial discipline and cybersecurity for sustainable growth. Ultimately, these systems mark a transformative change, and understanding their impacts is vital for businesses, policymakers, and researchers to encourage responsible use, enhance protection, and maximize the potential of contactless payments in the evolving future of commerce through continued research and collaboration.

References

1. *The impact of contactless payment on cash usage at an early stage of diffusion [Electronic resource]. Mode of access: https://sjes.springeropen.com/articles/10.1186/s41937-020-00050-0. Date of access: 02.03.2025.*

2. *The Rise of Contactless Payments in Retail [Electronic resource]. Mode of access: https://www.createpay.com/the-rise-of-contactless-payments-in-retail/. Date of access: 05.03.2025.*

3. *The Future of Contactless Commerce [Electronic resource]. Mode of access: https://hbr.org/2021/11/the-future-of-contactless-commerce.*
Date of access: 08.03.2025.

4. *International Consumer Protection and Enforcement Network Report on Mobile Payments [Electronic resource]. Mode of access: https://icpen.org/sites/default/files/documents/ICPEN_Mobile_Pays_Rpt_FINAL.pdf. Date of access: 10.03.2025.*

5. *The Impact of Digital Payments on Consumer Behavior [Electronic resource]. Mode of access: https://www.weforum.org/impact-of-digital-payments. Date of access: 12.03.2025.*

UDC 005.591.6:339.16

THE IMPACT OF ADVANCED TECHNOLOGIES ON BUSINESS TRANSFORMATION AND FUTURE STRATEGIC DIRECTIONS

Habrukovich R.S., Slizhik K.S

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Sokolova M. A. – Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. The rapid emergence and development of advanced technologies, including artificial intelligence and big data, are transforming business models. To remain competitive and achieve sustainable growth, organizations must adapt to trends driven by new technologies. Therefore, the effective integration of innovative solutions becomes a key factor in business transformation.

Keywords: AI, business, market, progress, innovation.

Introduction. Modern technologies are rapidly evolving and integrating into all areas of life, transforming approaches to work, interaction, and education. They open new horizons for businesses, helping companies optimize processes and adapt to changing market conditions. In particular, artificial intelligence plays a key role in this transformation. However, alongside these exciting prospects, modern businesses face serious challenges. Competition is intensifying, consumer demands are increasing, and the pace of change is unprecedented. To stay afloat, companies must not only implement innovations but also effectively address a number of key issues. Let's take a closer look at the challenges businesses face in the era of digital transformation.

Main part. Modern businesses face significant challenges, notably *intensifying competition* fueled by globalization and digital advancements, allowing innovative newcomers to quickly disrupt established players, as seen with Kodak's decline due to its failure to adapt to digital photography. This highlights the critical need for timely technological adoption and adaptation to evolving market conditions. Another key challenge is the *growth of data volumes and complexity of processing*, where organizations struggle to effectively analyze vast amounts of data for strategic insights due to a lack of efficient tools, leading to missed opportunities. Finally, *rising consumer expectations* demand personalized service, rapid responses, and superior customer experiences, meaning companies neglecting personalization and digital technologies in customer interactions risk losing their audience to competitors offering better service.

Artificial intelligence serves as a powerful tool to address these problems. Modern AI technologies provide nearly every company with excellent opportunities for growth and transformation. Key AI-driven tools include data analysis, process automation, personalized marketing, and advanced decision-making support.

By leveraging machine learning algorithms, businesses can process large amounts of information, uncover hidden patterns, and accurately predict market trends. This, in turn, enables well-informed decision-making in resource management, production optimization, and strategy development. As a result, AI opens additional growth prospects, even in a highly competitive global market. For example, let's take AI in CRM (Customer Relationship Management) systems. Programs like Salesforce and Zoho require significant human intervention to remain accurate and up to date. However, when AI is applied to these platforms, a traditional CRM can be transformed into a self-updating system. AI, combined with CRM software, can help users predict customer needs and sales trends unique to their business. It enables access to information from recorded meetings, revenue data, deal lifecycles, and go-to-market datasets to dynamically generate contextualized prompts and personalized email recommendations [4].

In addition to all the previously mentioned advantages, AI significantly contributes to automating numerous standard operations. In logistics and delivery, various AI-powered systems –particularly those used for routing – can optimize routes, reduce transportation time, and manage warehouse operations with minimal human errors. As a result, operational costs are substantially

reduced, while order processing becomes much faster and more efficient, which is crucial for maintaining competitiveness in a rapidly changing market.

Over the past few months, an increasing number of advertisers have turned to AI for more predictive data analysis, enabling them to make more informed decisions and improve their strategies. Meanwhile, the indirect effects of AI development in other sectors are transforming the way businesses position themselves in the digital landscape.

Generative AI chatbots, such as Bing Chat by Microsoft, aimed at providing direct answers, are potentially reshaping today's search and SEO industry. These technologies allow small businesses and companies with limited resources to compete with large corporations.

AI also plays a transformative role in marketing, making it a subject of particular interest. Modern algorithms can effectively segment almost any audience, create personalized offers, and adjust advertising campaigns in real time [1]. This approach significantly enhances customer engagement and leads to more effective marketing strategies. Some of these AI-driven techniques even allow small businesses and companies with limited resources to compete with large corporations. AI-powered marketing enables a deeper understanding of customer behavior, allowing businesses to quickly respond to shifting demands and tailor their services to specific consumer groups.

Certain AI-based systems are instrumental in supporting management decision-making. These tools enhance the customer experience and can provide real-time responses to market changes, adjust business strategies dynamically, and offer personalized recommendations through chatbots and virtual assistants. Such an integrated approach not only optimizes internal business processes but also helps companies build strong customer relationships by meeting high service expectations.

Successful companies demonstrate how AI adoption can not only improve business processes but also create competitive advantages in the market. For instance, Amazon has integrated AI into both its operational and marketing strategies – from personalized customer recommendations to optimizing logistics chains – enhancing efficiency and accuracy in order fulfillment. Similarly, major retailers like Walmart leverage AI-driven analytics to forecast demand and manage inventory, enabling them to quickly adapt to changing market conditions.

The impact of AI is also evident in small-scale retailing, where businesses use AI-powered solutions to transform their marketing strategies. Small enterprises utilize artificial intelligence for audience segmentation, personalized promotions, and real-time responses to shifts in consumer behavior. This enables them not only to compete with larger players but also to create unique, customer-tailored offerings. Such an approach proves that AI integration can scale business operations regardless of size, unlocking new growth opportunities and enhancing operational efficiency [2].

Conclusion. Artificial intelligence is becoming a vital tool for optimizing business processes and strategic development. Companies strive not to replace employees with technology, but to use artificial intelligence to automate routine, repetitive tasks such as order processing, inventory management, and delivery optimization. Artificial intelligence is also actively being integrated into forecasting and planning processes. This enables companies to predict market changes and analyze the competitive environment.

In turn, this frees up resources and time for more creative and strategically important initiatives, ultimately contributing to overall business growth and improving the quality of customer service.

References

1. *Using AI For Business Growth: How Data Can Unlock New Opportunities [Electronic resource]. Mode of access: https://www.forbes.com/sites/melissahouston/2024/10/20/using-ai-for-business-growth-how-data-can-unlock-new-opportunities/. Date of access: 24.02.2025*

2. *How AI Can Transform Small Retail Businesses [Electronic resource]. Mode of access:* https://www.forbes.com/sites/allbusiness/2025/02/26/how-ai-can-transform-small-retail-businesses/. *Date of access: 28.02.2025.*

3. *Artificial Intelligence and Business Value: a Literature Review [Electronic resource]. Mode of access: https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-021-10186-w. Date of access: 04.03.2025.*

4. *Top 10 Ways AI is Transforming Business [Electronic resource]. Mode of access: https://em360tech.com/top-10/top-10-ways-ai-transforming-business. Date of access: 02.03.2025.*

UDC 004.946:614.2

THE IMPACT OF VIRTUAL REALITY ON IMPROVING HEALTH CARE SERVICES

Kalugina V.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Yushkevich E.V. – Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This paper aims to showcase the latest advancements of virtual reality in medicine, highlighting its extensive applications across various healthcare domains. The information presented is derived from the analysis of recent scientific publications and articles pertaining to the role of virtual reality in modern healthcare.

Keywords: Virtual Reality (VR), VR Exposure Therapy (VRET), in-person therapy.

Introduction. The essence of virtual reality is the experience of being in computer-generated interactive worlds. This makes it possible to evoke physiological and psychological reactions similar to real ones. VR puts you in a 3D, computer-generated environment. It usually involves wearing a headset or goggles that show video. You move your head to look around the simulated setting. You might also have the option to control movement or interact with virtual objects by using a controller or other device.

When you think of virtual reality, video games and other types of entertainment might come to mind. But VR could have benefits in other aspects of life. 171 million people worldwide use VR in some form. Companies and individuals are leaning toward virtual reality now more than ever. While the gaming industry has contributed to VR technology's popularity, its scope is not limited to entertainment.

According to a recent report, the healthcare sector is emerging as one of the leading industries embracing VR technology. It might seem odd to pair virtual reality and healthcare, but there are avenues such as mental health care where the ability to safely explore and experience could be beneficial to treatment and recovery.

Main part. In healthcare, Virtual Reality involves the application of immersive, computer-generated environments to replicate real-world medical situations or design innovative therapeutic experiences. Through VR headsets paired with sensory devices, users experience a deeply engaging simulation that integrates visual, auditory, and, at times, tactile elements. The integration of VR in healthcare has been transformative, offering unexplored solutions for training, treatment, and patient engagement, so much so that about 62% of patients would lean towards virtual reality as an alternative to traditional healthcare [1].

One of VR's greatest contributions to healthcare is improving medical training and education. Gone are the days when senior healthcare professionals shadowed their juniors to train and educate them. A landmark moment in this evolution was when Dr. Shafi Ahmed conducted the first VR surgery in 2016, the world's first operation to be streamed live in a 360-degree video [2].

This VR surgery provided medical students and professionals with the opportunity to engage in a lifelike simulation of the actual procedure. With VR technology, medical professionals can receive training, practice procedures, and hone their skills without harming patients. Furthermore, these simulations offer detailed anatomical visualization and interactive scenarios that improve understanding and retention of medical knowledge.

Virtual reality training for healthcare professionals is a huge area that can benefit modern healthcare provision. VR's engagement factor makes training much quicker, which in turn allows on-the-job training. This is very flexible when trying to fit in education and development around the day-to-day duties of a clinician, and ultimately the combination makes personal development more effective. One of the big benefits though is the honing of soft skills – bedside manner, empathy, emotional engagement. These skills take years to perfect, and younger clinicians historically struggle due to their lack of exposure to the variety of patient cases. With a virtual reality healthcare

simulation, this emotional engagement is activated straight away, and so soft skills can be built up at an accelerated rate.

Perhaps the biggest area that could benefit from VR in healthcare is mental health care. Virtual reality headsets can put a patient in a new environment, and it is that immersion that has been missing from past treatment approaches. Mental health care is an aspect of modern healthcare that is becoming an ever-greater priority. Virtual reality therapy offers a much richer setting within which psychiatrists, counsellors, and therapists can better engage patients and safely interact with the root problems they are experiencing. VR is being increasingly used in mental health therapy, offering new approaches to treat conditions such as anxiety, PTSD, and phobias. A notable application is VR Exposure Therapy (VRET), where patients are gradually exposed to anxiety-provoking stimuli in a controlled virtual environment.

This approach enables patients to face and overcome their fears in a safe and controlled environment. Research indicates that VR could alleviate symptoms of posttraumatic stress disorder by recreating traumatic experiences, such as combat, natural disasters, or car accidents, in a virtual setting. VRET has a reported success rate of between 66% and 90% for those with PTSD and has shown promising results in treating various anxiety disorders, providing an effective and innovative alternative to traditional therapy methods [3].

Studies indicate that VR therapy could serve as a substitute for in-person therapy, helping individuals diagnosed with social anxiety gradually transition into treatment within a virtual environment. 41% of Gen Z and 33% of millennials prefer virtual medical experiences to traditional, in-person hospital visits. One of the greatest advantages of VR technology is its ability to enhance access to high-quality healthcare, particularly in remote or underdeveloped areas.

A recent study examined the financial advantages of introducing VR programs in hospitals. The results revealed that the cost savings per patient for the VR program versus usual care was $5.39. The study also showed that, on average, the hospital saved $98.49 per patient among those willing to try VR programs. For patients who were unwilling to or did not accept VR therapy, the hospital lost $16.90 per patient [4].

The adoption of VR in healthcare can lead to significant cost savings. VR training programs reduce the need for physical equipment traditionally used in medical training, lowering costs and allowing for repeated practice without additional expenses. In surgical planning, VR can reduce operation times and improve precision, leading to fewer complications and shorter hospital stays. Additionally, VR-enabled rehabilitation programs can be carried out remotely, minimizing the necessity for frequent hospital trips and the expenses tied to them.

The implementation of virtual reality in healthcare comes with its own set of challenges, including physical limitations, ethical concerns, and the undeniable reality that VR is not a universal solution for all healthcare needs. The most obvious of these challenges is the physical impact of the virtual reality device. Some users have reported initial problems with unease, disorientation, and even nausea in VR. The nausea (as well as other symptoms such as dizziness and a loss of balance) are a form of virtual reality «sickness». This is primarily caused by latency – a lag in the data transfer that means your actions do not tally with the virtual response. Moreover, the blue light output from the headsets can disrupt natural biological.

Conclusion. As VR technology continues to evolve, its integration into healthcare promises to enhance patient care, improve health outcomes and transform medical education. The immersive nature of VR, combined with increasing personalization and interactivity, holds the potential to address a wide range of healthcare challenges.

References

1. *How can leaders make digital health gains last [Electronic resource]. Mode of access: https://www.accenture.com/us-en/insights/health/leaders-make-recent-digital-health-gains-last. Date of access: 10.03.2025.*

2. *Cutting-edge theatre [Electronic resource]. Mode of access: https://www.theguardian.com/technology/2016/apr/14/cutting-edge-theatre-worlds-first-virtual-reality-operation-goes-live. Date of access: 10.03.2025.*

3. *Virtual Reality Therapy: Everything You Need To Know [Electronic resource]. Mode of access: https://www.forbes.com/health/mind/virtual-reality-therapy/. Date of access: 15.03.2025.*

4. *Economic analysis of implementing virtual reality therapy for pain among hospitalized patients [Electronic resource]. Mode of access: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6550142/. Date of access: 15.03.2025.*

UDC 004.032.26–37.018

NEURAL NETWORKS: APPLICATION IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Karas E.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Andreeva O.V. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. The article discusses the active use of neural networks in the educational sphere in the context of the AI revolution. Opportunities and challenges of incorporating neural networks into learning process are described.

Keywords: artificial intelligence, higher education, students, educational process system, neural network.

Introduction. In the era of rapid technological development, humanity has reached the point when the artificial intelligence (AI) is becoming an integral part of our lives. Incorporating AI into the learning process opens up new horizons for personal learning and for people with disabilities as well. Using AI automates repetitive routine tasks and increases students' interest in learning through gamification.

When studying the approach to the integration of artificial intelligence into the educational process the following tasks take place:

– to analyze modern AI technologies that can be used in education;

– to study the existing experience of universities in implementing neural networks in learning process;

– to suggest options for the use of AI in educational system.

Artificial intelligence is not just a «toy for generating pictures». According to Gartner, by 2026, about 70% of IT products would be developed by means of AI [1]. For example, nowadays bots, actively used in business, allow communication with customers. Neural network-based applications are being released and tested by cybersecurity system algorithms [2]. Neural networks are able to search and organize data, generate new ideas and diverse content, that is why, their use in the field of higher education becomes more and more significant.

Main part. It would take a long time to list the advantages of artificial intelligence. Let's observe some tools which could be engaged in the development of educational process. Artificial intelligence, as it was mentioned above, plays an important role in improving the individual learning. Sometimes the lecturer's explanation of the material comprehensible to some students may be too hard for others to understand but they do not dare ask clarifying questions. In this case, neural networks can be useful for selecting content adaptable to individual learning pace. The virtual assistant writes an explanation in simple words and analyzes the theory using examples. Everyone can type the text in English and send it to the chatbot with the request to identify errors. It points out existing mistakes and helps to correct them [3]. There are many foreign students studying at universities in our country and neural networks would help them to adapt to the learning process faster.

Getting a good education might become a very big problem for people with disabilities. Speech-to-text tool Notta is a convenient way for hearing-impaired learners to perceive new material. [4].

Gamification is currently a popular way of learning. Among artificial intelligence tools developed to personalize exercises to each individual the most famous is the application Duolingo. Depending on its progress, application itself is able to offer more tasks on the least mastered topic.

Nowadays, AI tools are useful for teachers and lecturers as well. Neural networks reduce the time and effort of academic staff helping them to perform their pedagogical tasks. Some examples of

practical application of neural networks in educational activities are:

– creating tests. Neural networks are capable of generating a variety of test on any topic. For example, Google Gemini assists in quick getting a set of questions on the history of Belarus or mathematical problems for students having different level of knowledge;

– developing assignments and tasks. Artificial intelligence helps both to generate text and to formulate a detailed problem statement. For example, Chatbots such as ChatGPT or Yandex GPT successfully cope with the task of creating physics problems that deal with calculating the velocity of a meteorite;

– making presentations. When a presentation for a lecture should be quickly prepared, the GAMMA App service is useful. It creates slides corresponding to the topic of a lesson;

– visual content generation. To illustrate the material, neural networks, for example, GigaChat service from Sberbank, are able to create diagrams and drawings.

Despite the advantages, there is the risk that students will simply make a copy of the generated text without understanding and analyzing its content. It is important to explain that any neural network is an assistant, but not a performer of their assignment. That is why the great attention must be paid to the development of critical thinking, deep analysis of the obtained results, and discussing how students use AI in their work [5]. The 2023 study showed that about 50% of university students use neural networks for educational purposes. About 80% plan to use this AI tool in their future professional activities [3].

One of the famous examples is the experiment of Tyumen State University, where «AI-persons» replacing living teachers in some their duties were developed. The chatbot corresponding to a historical figure was created. Interesting characters, which students had the chance to converse with, were Robert Sapolsky, Steve Jobs, and even Joseph Stalin.

However, the result of this experiment was not particularly impressive. Students proved to interact with artificial intelligence rather poorly. They turned to AI, but much less than it was expected. And, the questions formulated by artificial intelligence were easily ignored by students [6].

Conclusion. In that way, the integration of artificial intelligence into the educational process opens up wide opportunities for personalizing learning, increases its effectiveness and optimizes the teachers' work. AI technology makes it possible to adapt educational materials to students' individual needs and improve independent learning.

It should be emphasized that neural networks ability to handle and generalize a huge amount of data can be used not only to create educational materials but to filter information and accelerate students and teachers' research work. In this regard, the use of AI requires a very serious approach to training students and teachers' skills needed to deal with this technology.

To sum up, artificial intelligence and neural networks in particular serve as the tools that support educational process but do not substitute for it. Their application in practice could considerably contribute to training qualified specialists who meet international standards.

References

1. *Gartner. Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2024 [Electronic resource]. Mode of access: https://www.gartner.com/en/articles/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2024. Date of access: 23.02.2025.*

2. *ITMO University. Trends in Education [Electronic resource]. Mode of access: https://news.itmo.ru/ru/education/trend/news/13918/. Date of access: 23.02.2025.*

3. *Sber Developers. Education with AI [Electronic resource]. Mode of access: https://developers.sber.ru/help/gigachat-api/education-with-ai. Date of access: 23.02.2025.*

4. *University of San Diego. Artificial Intelligence in Education [Electronic resource]. Mode of access: https://onlinedegrees.sandiego.edu/artificial-intelligence-education/. Date of access: 23.02.2025.*

5. *ITMO University. Trends in Education [Electronic resource]. Mode of access: https://news.itmo.ru/ru/education/trend/news/13918/. Date of access: 23.02.2025.*

6. *Can AI Replace a University Teacher? Interview on the Results of a Series of Experiments [Electronic resource]. Mode of access: https://skillbox.ru/media/education/mozhet-li-ii-zamenit-prepodavatelya-v-vuze-intervyu-o-rezultatah-serii-eksperimentov/. Date of access: 23.02.2025.*

UDC 004.021–004.85-052

MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR PREDICTING USER BEHAVIOR

Latyshev A.T.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Perevyshko A.I. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This text is about machine learning algorithms for predicting user behavior. At the beginning, the author gives definition to user behavior prediction. After that, much attention is given to the mathematical bases, applications and limitations of each method. At the end, the author describes the advantages of using machine learning algorithms for predicting user behavior.

Keywords: user behavior prediction, machine learning, logistic regression, Random Forest, Gradient Boosting, ensemble learning, churn modeling, e-commerce analytics, predictive accuracy.

Introduction. User behavior prediction is the process of analyzing data about someone's actions and preferences to predict their future actions. This area of machine learning plays a crucial role in today's digital world, where personalization is becoming a key factor in the interaction between companies and their customers. Using machine learning algorithms optimizes resources and improves service quality. The use of such algorithms is widespread in e-commerce, social media, advertising and many other areas [1].

Main part. Many machine learning algorithms are used to predict user behavior. The main ones for predicting user behavior are Logistic Regression, Random Forrest and Gradient Boosting.

Logistic regression is a statistical technique used to model binary dependent variables. It is one of the simplest and most interpretable machine learning algorithms used for the classification of problems where the result takes two possible values such as yes or no, true or false. Logistic regression is based on linear regression, but applies a non-linear function, the sigmoid function, to predict probabilities. These probabilities are calculated using formula 1.

$$P(X) = \frac{1}{1 + e^{-\left(\beta_0 + \sum_{j=1}^{p} \beta_j X_j\right)}}, \quad (1)$$

where Y – a binary target variable (1 - action done, 0 - not done);

$X = (X_1, X_2, ..., X_p)$ – vector of user behavioral attributes;

β_0 – intersept (base probability);

β_j – weight of the j-th behavioral factor.

The model works on the principle of estimating the relationship between various behavioral parameters (time on site, number of clicks, etc.) and the probability of a target event. For example, it can show how an increase in product views affects the chances of a purchase.

Logistic regression is used to predict the likelihood of a user making a purchase based on his behavior on the site, such as session time, number of pages viewed and items added to cart. This method is also used to predict customer churn by analyzing the decrease in customer activity, frequency of service usage and history of interaction with support.

Random Forest is a tree-based ensemble with each tree depending on a collection of random variables. More formally, for a k-dimensional random vector $X = (X_1,...,X_k)^T$ representing the real-valued input or predictor variables and a random variable Y representing the real-valued response [4].

This algorithm is particularly effective for predicting user behavior due to its robustness to overfitting and ability to handle high-dimensional data. The prediction is made by aggregating the

results of numerous decision trees, each trained on a random subset of features and data samples, as shown in formula 2:

$$Y = mode(\{T_k(X)\}_{k=1}^{K}), \quad (2)$$

where Y – predicted user action;

T_k – k-th decision tree in the ensemble;

$X = (X_1, X_2,...,X_p)$ – vector of behavioral features;

K – total number of trees.

Random Forest analyzes hundreds of behavioral features, such as time spent per content type, interaction frequency and device usage patterns to predict which products or content a user is most likely to engage with, achieving recommendation accuracy of 85-92% on e-commerce platforms.

By evaluating complex feature interactions, such as transaction speed, location changes, device fingerprints, the model identifies anomalous behavior patterns with 30% higher precision than single decision trees, reducing false positives in payment systems. Gradient Boosting is a powerful machine learning technique that builds models sequentially, where each new model corrects the errors of previous ones, optimizing an arbitrary differentiable loss function. The final prediction is a sum of all weak learners (typically decision trees), as expressed in formula 3:

$$F(X) = \sum_{m=1}^{M} \gamma_m h_m(X), \quad (3)$$

where F(X) – final prediction score;

h_m – m-th weak learner (tree);

γ_m – learning rate for the m-th tree;

M – total number of boosting iterations.

XGBoost and LightGBM are modern implementations of gradient boosting optimized for big data and time series. XGBoost processes temporal behavioral data, including login frequency decay, support ticket patterns, feature usage trends, to predict churn risk 48 hours in advance, enabling proactive retention campaigns [3]. LightGBM models analyze real-time user engagement, such as click heatmaps, price sensitivity tests, cart abandonment history, to predict optimal discount levels that maximize conversion probability while preserving margin, boosting revenue by 12-18% in A/B tests.

Conclusion. Logistic regression does not handle nonlinear dependencies well. Random Forest is robust to overfitting, but less interpretable. It automatically selects important features and performs well with nonlinear data. Gradient Boosting usually shows the best accuracy by consistently correcting errors of previous trees, but requires careful tuning and more computational resources. The choice of a method depends on the problem which we want to solve logistic regression is suitable for a fast baseline solution, Random Forest for stable predictions without fine-tuning, and Boosting for maximizing accuracy. Machine learning algorithms for predicting user behavior open a wide range of opportunities for various industries, including e-commerce, medicine, social media and finances. Ultimately, machine learning is becoming not just a tool, but a key element in the development strategy of modern organizations [2, 5, 6].

References

1. *Breiman, L. Random Forest / L. Breiman // Machine Learning. — 2001. — Vol. 45, № 1. — Pp. 5–32.*

2. *Hosmer, D. W. Applied Logistic Regression / D. W. Hosmer, S. Lemeshow. — 3rd ed. — 2013. — 528 p.*

3. *Chen, T. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System / T. Chen, C. Guestrin // Proc. of the 22nd ACM SIGKDD. — 2016. — Pp. 785–794.*

4. *Adele Cutler, D. Richard Cutler and John R. Stevens Random Forests // Ensemble Machine Learning: Methods and Applications – 2011.- Pp. 2-4.*

5. *Ofori, F., Maina, E. & Gitonga, R. (2020). Using Machine Learning Algorithms to Predict Students' Performance and Improve Learning Outcome: A Literature Based Review, Journal of Information and Technology, Vol. 4(1), 23-45*

6. *Daniyal M. Alghazzawi, Anser Ghazal Ali Alquraishee, Sahar K. Bardi, Syed Hamid Hasan ERF-XGB: Ensemble Random Forest-Based XG Boost for Accurate Prediction and Classification of E-Commerce Product Review. – 2023.*

UDC 620.3:574

NANOTECHNOLOGY AS A MEANS OF SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS

Leonchik E.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Sokolova M. A. – Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation: This article explores the promising applications of nanotechnology in addressing global environmental challenges, including climate change, water pollution, and plastic waste. By utilizing innovative materials such as carbonized rice husk and magnetic nanoparticles, nanotechnology offers effective solutions for capturing carbon dioxide and removing microplastics from water, contributing to a more sustainable future.

Keywords: nanotechnology, environmental remediation, nanocomposites, nanofiltration, magnetic nanoparticles, radioactive decontamination.

Introduction. Nanotechnology is a field of science and engineering that focuses on the creation and use of structures, devices, and systems by manipulating atoms and molecules at the nanoscale, or having one or more dimensions on the order of 100 nanometers (100 millionths of a millimeter) or less. By providing new and more effective ways to monitor, remove, and reduce emissions of environmental pollutants, nanotechnology can make a significant contribution to environmental protection and sustainable development. The creation of more efficient technologies can also help reduce resource and energy consumption [1].

Main part. Global environmental problems are ecological issues that extend beyond individual countries or regions, affecting the entire planet as a whole. These problems include, in particular, global warming and climate change, water pollution, and plastic pollution. Recently, there has been an increasing effort to address these issues using nanotechnology [2].

Global warming is a natural process of increasing the Earth's overall temperature. However, over the past century and a half, its rate has significantly accelerated due to technological progress and the widespread burning of fossil fuels, leading to a continuous rise in the concentration of greenhouse gases. Scientists attribute global warming and climate change to greenhouse gases. Many of these gases occur naturally, but human activity has caused their concentrations in the atmosphere to rise. Emissions of methane, carbon dioxide, nitrous oxide, and other gases influence the planet's temperature. Carbon dioxide has the greatest impact on the warming of the Earth, the concentration of which in the atmosphere has almost doubled by 2020 compared to pre-industrial levels. This problem can be addressed through nanocomposite materials. Nanocomposite materials are formed by incorporating nanoscale filler particles into a solid matrix. The properties of the final nanocomposite material depend on the nature of the interactions between the phases and the structure of the interfacial regions. This means that their properties can differ significantly from those of conventional materials. For example, they can be lighter, stronger, or more effective in interacting with gases. Carbon-based nanocomposite materials, such as carbonized rice husk and technical carbon black with magnetite, are becoming a promising solution for capturing carbon dioxide—one of the key challenges in combating global warming and climate change. These materials combine raw material availability, high efficiency, and environmental friendliness, making them an alternative to traditional methods that often involve high costs or toxicity [3].

Carbonized rice husk is an example of how agricultural waste can be transformed into a valuable resource. The process of obtaining it begins with pyrolysis, where the raw material is heated to 400–800°C in an oxygen-free environment. As a result, organic components decompose, forming a porous carbon structure with a high specific surface area. Additional activation with steam or chemical agents, such as potassium hydroxide, increases the surface area to 1000–2000 m^2/g, creating a network of micropores and mesopores. These pores play a key role in CO_2 adsorption: gas molecules are retained through physical interactions, such as van der Waals forces, and oxygen-

containing groups on the material's surface (-COOH, -OH) can form weak chemical bonds with carbon dioxide [4].

Climate change causes disruptions in weather patterns, leads to extreme weather events, creates unpredictability in water supply, exacerbates water resource scarcity, and pollutes water sources. All of these factors contribute to a global environmental problem related to water. One way to address this issue is through the application of membrane technologies (nanofiltration and reverse osmosis). The main goal of membrane technologies is to separate components with the least energy expenditure. Modern membranes typically consist of several layers of different materials, each having its own structural organization at the nanoscale, which ensures a comprehensive set of technological characteristics for the membrane as a whole. The application of reverse osmosis membrane technologies for the purification of natural and wastewater has been ongoing for the past 40 years. In recent years, there has been increasing interest in nanofiltration as a method for preparing drinking water from surface water sources, due to the high efficiency of these membranes in retaining organic substances that cause water discoloration. Thanks to the «universality» of membranes in retaining organic substances of various natures and molecular weights, reverse osmosis and nanofiltration membranes are already widely used in processes for the post-treatment of municipal wastewater for reuse. Moreover, due to the different selectivity of membranes (retention efficiency) for monovalent and multivalent ions, as well as organic substances, processes for treating industrial wastewater utilize solution separation and recovery of various components from solutions. Finally, the development of nanofiltration membranes has made it possible to achieve deep multiple concentration of wastewater brines, effluents, and concentrates for further disposal [5].

Another global environmental problem is plastic pollution. The oceans, in particular, suffer significant consequences from pollution. In response to this issue, nanotechnology opens new horizons for combating contamination. One of the technologies involves magnetic nanoparticles. Researchers have developed magnetic nanoparticles as an innovative solution for cleaning the environment from microplastics. They are used for the effective removal of plastic particles from water due to their magnetic properties. Magnetic nanoparticles are functionalized with polydopamine, which provides strong adhesion to microplastic particles in water. After binding with plastic, the nanoparticles can be easily removed from the water using a magnetic field [6].

In Belarus, one of the ecological problems is radioactive contamination of the environment. The consequences of the Chernobyl disaster in 1986 had a significant impact on public health. One way to mitigate these effects is through the implementation of nanomaterials in the purification process. Nanosorbents possess a high surface area and sorption efficiency, allowing for a significant reduction in purification time and an increase in the removal of radionuclides.

Conclusion. The study revealed that nanotechnology holds significant potential for addressing global environmental challenges, such as climate change, water pollution, and plastic waste. Nanomaterials, including carbonized rice husk, have demonstrated effectiveness in capturing carbon dioxide, which could substantially contribute to reducing its atmospheric concentration.

References

1. *Sigma Earth. Nanotech for a Greener Tomorrow: Revolutionizing the Environment with Nanotechnology [Electronic resource]. Mode of access: https://sigmaearth.com/ru/nanotech-for-a-greener-tomorrow-revolutionizing-the-environment-with-nanotechnology/. Date of access: 23.02.2025.*

2. *Ecological Biotechnology [Electronic resource]. Mode of access: https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/6534/1/ruchai_ecologich-biotehnologia.pdf. Date of access 27.02.2025.*

3. *Global Warming and the Need for Deep Optimization of Human Activity [Electronic resource]. Mode of access: https://cyberleninka.ru/article/n/globalnoe-poteplenie-i-neobhodimost-glubinnoy-optimizatsii-deyatelnosti-chelovechestva/viewer. Date of access: 01.03.2025*

4. *Trendletter No. 6. Technologies for Carbon Management and Storage [Electronic resource]. Mode of access: https://issek.hse.ru/data/2017/05/30/. Date of access: 02.03.2025.*

5. *Nanotechnology in the Fight for Ecology [Electronic resource]. Mode of access: https://mplast.by/novosti/2015-11-24-nanotehnologii-v-borbe-za-ekologiyu/. Date of access: 05.03.2025.*

6. *The Use of Nanotechnology Achievements in Ecology [Electronic resource]. Mode of access: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-dostizheniy-nanotehnologiy-v-ekologii/viewer. Date of access: 06.03.2025.*

UDC 004.93

COMPUTER VISION TECHNOLOGY

Linnik M.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Perevyshko A.I. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This article explores the applications of computer vision (CV) technologies in security systems. It examines key implementations of CV, including video surveillance, facial recognition, access control and traffic monitoring. Special attention is given to the integration of machine learning methods to enhance the accuracy of security solutions. The conclusion discusses future development prospects.

Keywords: computer vision, security, facial recognition.

Introduction. Computer vision (CV) is a branch of computer science, which enables machines to interpret visual information. CV has gained significant importance in addressing contemporary security challenges. With its ability to analyze visual data in real-time, this technology has become a key component in such applications as threat detection, and access control, contributing to the protection of critical infrastructure, and private properties.

This article examines the diverse applications of computer vision in the security sphere, emphasizing its potential to address complex security issues effectively. Furthermore, the article will briefly explore how machine learning enhances CV capabilities, enabling the development of more accurate and adaptive security systems.

The main part. The implementation of computer vision technologies has significantly enhanced security capability in multiple domains. CV simplifies threat detection, reduces response times and improves the overall reliability of security infrastructure.

Modern surveillance systems incorporate computer vision algorithms to continuously monitor public and private spaces. As noted in «Computer Vision: Principles, Algorithms, Applications, Learning» by E.R. Davies [1], these systems now utilize deep learning-based approaches, that include motion detection with object classification, which distinguish humans from vehicles or animals. In addition, such algorithms can estimate crowd density, detect abnormal behavior, and identify potential threats such as unattended items or suspicious movement patterns. In the article by Thomas Watson it is pointed out modern systems can process video streams at 30-60 fps while maintaining over 95% detection accuracy [2]. The figure 1 below demonstrates objects recognition in the urban setting [5].

Figure 1– Segmentation of objects for detailed environmental analysis

Facial recognition technology has become a cornerstone of modern security infrastructure. Contemporary systems can use 3D facial mapping technologies to overcome lighting and viewing

angle challenges. Sophisticated pattern recognition algorithms verify individual identities with increasing accuracy, that facilitates reliable access control in high-security facilities and border checkpoints. These technologies have made it possible to achieve a false alarm rate in less than 0.1% and enable the efficient operation of identification systems through «sophisticated background modeling and foreground object analysis» [1].

Furthermore, facial recognition is now widely used in mobile banking, airport security, and smart home systems, improving both convenience and protection.

Advanced video analytics enable real-time detection of unauthorized access attempts. This technology includes thermal imaging integration for continuous operation, AI-powered fence-line monitoring systems and predictive analytics for intrusion path forecasting. According to studies, such systems have significantly reduced false alarms compared to traditional motion sensors [3].

Computer vision applications in traffic surveillance include license plate recognition, accident detection, and congestion analysis. These systems contribute to enhanced road safety and more efficient traffic management in smart city environments. Moreover, CV-based technologies can detect traffic rule violations, monitor pedestrian flow, and optimize traffic light control in real time. For instance, in the picture below, E.R. Davis shows a simple procedure for locating license plates.

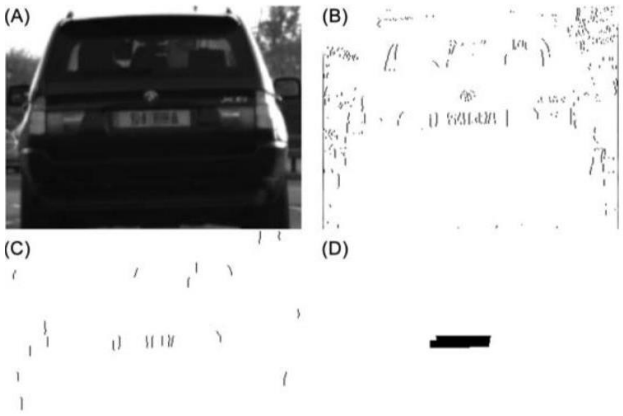


Figure 2 – The procedure of license plates recognition

The future of computer vision in security lies in its integration with emerging technologies such as the Internet of Things (IoT), 5G networks, and edge computing. These integrations can enable faster data processing, reduced latency, and more efficient security solutions. For example, smart cities and autonomous vehicles could benefit from CV-powered systems that provide real-time monitoring and decision-making capabilities. Another promising area is the development of explainable AI (XAI) for CV, which aims to create interpretable models that address bias, improve transparency, and build trust in AI-driven security systems [4].

Conclusion. While computer vision has already made significant contributions to the field of security, ongoing researches and innovations are crucial to overcoming its limitations and unlocking its full potential. By addressing technical, ethical, and regulatory challenges, CV can continue to evolve as a cornerstone of modern security systems, providing with safer and more secure societies.

References

1. *Davies, E.R. Computer Vision: Principles, Algorithms, Applications, Learning. Fifth Edition. Academic Press, 2018.*

2. *Achieving 95% Accuracy in an IT Asset Data Repository: There's No Magic Bullet [Electronic resource]. Mode of access: https://www.amitracks.com/wp-content/uploads/2012/05/AMI_RF_EdgeAchievingAccuracy1.pdf. Date of access: 16.03.2025.*

3. *Szeliski, R.Computer Vision Algorithms and Applications. Springer, 2022.*

4. *Favorskaya, M., Lakhmi C. Computer Vision in Control Systems-3. Springer, 2018.*

5. *Компьютерное зрение в 2024 году: Главные задачи и направления [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/otus/articles/810207/. Дата доступа: 14.03.2025.*

UDC 004.42

MAGIC LEAP

Pehota Y.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Lasarenko A.M. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. Magic Leap is a leader in AR and MR technologies. Initially focused on consumer AR, its first headset received mixed reviews. In 2020, the company pivoted to enterprise markets, targeting healthcare, manufacturing, and defense. Magic Leap 2 introduced a larger field of view, enhanced processing, and enterprise connectivity. Looking ahead, the company continues to refine AR hardware, integrate AI, and expand industry applications.

Keywords: Magic Leap, augmented reality, mixed reality, artificial intelligence, design, health.

Introduction. Magic Leap is a company in augmented reality (AR) and mixed reality (MR) technologies. Founded in 2010 by Rony Abovitz, the company was set out to create a groundbreaking AR headset that would revolutionize human-computer interaction [2, 4]. Magic Leap's technology integrates digital content into the real world, enabling immersive 3D experiences through spatial computing and light-field displays. From its inception, Magic Leap adopted a strategy of secrecy, building anticipation around its innovations. The company attracted substantial investments from major players such as Google, Qualcomm, and Alibaba, raising billions of dollars to develop its proprietary AR technology [4].

Main part. In 2018, Magic Leap released its first AR headset, the Magic Leap One, aimed at developers and content creators. The device featured a spatial computing platform and a light-field display to overlay digital objects onto the real world. However, despite its technological advancements, the product received mixed reviews, with praise for innovation but criticism for bulkiness, limited content, and an underwhelming user experience [3].

After the release of Magic Leap One, the company struggled to gain traction in the consumer market. The high expectations for mass adoption were not met due to technical limitations and a lack of compelling AR applications [3]. As a result, Magic Leap pivoted in 2020, shifting its focus from consumer applications to enterprise and industrial markets. This rebranding positioned the company as a provider of business solutions in fields such as healthcare, retail, manufacturing, and defense. In 2022, the company introduced the Magic Leap 2 (depicted in Figure 1), a substantial advancement in augmented reality headset technology, specifically tailored for professional and enterprise applications [1]. This device incorporated several key enhancements, notably an expanded Field of View (FOV) that provided users with a significantly larger visual area, thereby increasing immersion. Furthermore, the Magic Leap 2 boasted a lighter and more powerful design, making it more practical for extended use in demanding professional settings. Finally, the headset featured advanced spatial computing capabilities, enabling real-time interaction with 3D digital objects within the user's physical environment [1].

Figure 1 – The Magic Leap 2

The Magic Leap 2 headset is engineered with a powerful processing architecture, incorporating a 14 Core Custom Computer Vision and Image Processing (CVIP) Block, 6 Vector Computer Vision/Machine Learning Cores with 4MB SRAM, 2 Dedicated Machine Learning Cores, and 6 ARM A55 Cores with 1.28MB SRAM. For storage, it utilizes 256GB of high-bandwidth, low-latency 2-lane NVMe storage, ensuring rapid read and write speeds. The device is equipped with 16GB of onboard LPDDR5 5500 RAM (128-bit), facilitating the execution of demanding augmented reality applications with speed, smoothness, and efficiency. Connectivity is robust, supporting streaming at 2.4 Gbps, Wi-Fi 6, and direct CAT5 Ethernet cable, with the added flexibility of 5G mobile hotspot support for field operations. In terms of power, the Magic Leap 2 features an integrated battery that provides up to 3.5 hours of operational use and extends to five hours of standby time when Battery Saver mode is activated [2].

The versatile applications of Magic Leap technology have permeated numerous industries, demonstrating its transformative potential. In the healthcare sector, it facilitates medical training, surgical planning, and the real-time visualization of anatomical structures, enhancing precision and understanding. Within manufacturing and design, it empowers engineers and designers to create and manipulate 3D models and prototypes within an immersive environment, streamlining development processes. In defense and military applications, partnerships with companies like Lockheed Martin enable sophisticated battlefield simulations and mission planning. Furthermore, in retail and training, Magic Leap technology aids businesses in crafting interactive customer experiences and developing engaging employee training programs [1, 4]. Magic Leap's early strategy of secrecy was intended to generate excitement and protect intellectual property from competitors. This approach was instrumental in attracting investors and positioning the company as a leader in AR innovation. However, the lack of transparency also contributed to skepticism when the first-generation product did not meet the high expectations set by the company's marketing.

Looking forward to 2025, Magic Leap is projected to maintain its strategic emphasis on enterprise-focused augmented reality solutions. Several key trends are anticipated to shape its trajectory [1]. These include an expansion into AI-driven AR, where artificial intelligence will be integrated to create smarter and more adaptive user experiences. A wider adoption of Magic Leap technology is expected in the healthcare and defense sectors, marked by increased collaborations with medical institutions and military organizations. Concurrently, there will be a refinement of AR hardware, with a focus on developing lighter and more compact headsets that feature improved Field of View (FOV) and enhanced processing power. Finally, the growth of the software ecosystem will be prioritized, with efforts aimed at expanding developer support and establishing a robust marketplace for AR applications.

Conclusion. While Magic Leap has moved away from direct consumer products, it remains a key player in shaping the future of spatial computing. With its continued innovation and partnerships, Magic Leap's technology may redefine industries and pave the way for more sophisticated AR experiences in the coming years. Magic Leap will likely continue to work on reducing the size and weight of their devices to make them more comfortable to use for long periods of time. They will continue to develop their Lumin OS platform and Lumin SDK to attract more developers and build an app ecosystem. They also plan to continue to expand their presence in international markets, especially in regions where AR technology is actively developing, such as Asia and Europe. While Magic Leap is currently focused on the enterprise segment, the company may return to the idea of creating devices for the masses in the future, especially if the technology becomes more accessible and convenient. As AR technology advances, Magic Leap will likely pay more attention to user privacy issues and the ethical aspects of AR use.

References

1. *Magic Leap | Groundbreaking augmented reality solution [Electronic resource]. Mode of access: https://www.magicleap.com/magic-leap-2. Date of access: 01.12.2024.*

2. *Magic Leap [Electronic resource]. Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Magic_Leap. Date of access: 03.12.2024.*

3. *Magic Leap — Печальный хлам [Electronic resource]. Mode of access: https://habr.com/ru/articles/421415/. Date of access: 03.12.2024.*

4. *Раскрываем тайны Magic Leap: что это такое и как работает? [Electronic resource]. Mode of access: https://rb.ru/story/magic-leap-explained/. Date of access: 05.12.2024*

UDC 004.946:378

AUGMENTED REALITY (AR) AND VIRTUAL REALITY (VR) IN MODERN EDUCATION

Raspopov A.V, Siz R.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Goncharova I.V. – Lecturer of the department of foreign languages

Annotation. This article considers the use of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) in teaching with a focus on more known and effective tools. The case studies involve virtual field trips such as Google Expeditions, STEM simulations (e.g. Labster, GeoGebra, CoSpaces etc.), as well as some medical training (Human Anatomy VR). It also analyzes how such technologies increase motivation, retention, and interdisciplinary learning. Other challenges, such as availability and ethical advances, are also analyzed and supported by evidence and authoritative sources.

Keywords: AR/VR in education, validated technologies, applied STEM immersion, medical education, inclusivity in education.

Introduction. The incorporation of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) into education creates a whole new level of interest in studying. Being interactive and active technologies, these methods facilitate experiential learning as students can practically see and visit historical sites, conduct scientific experiments, and visualize many other processes. At the same time, issues like cost, infrastructural demand, and how to integrate them in the curriculum still exist [1].

Main part. Education in STEM fields is rapidly evolving, and AR/VR offer methods where students learn through doing. For instance, «Labster» is a widely accepted virtual reality platform with over 200 different interactive simulations ranging from genetics and chemistry to physics. It combines gamification elements such as an immersive 3D environment, storytelling and a scoring system that stimulates students' natural curiosity and highlights the connection between science and the real world (shown in Figure 1).

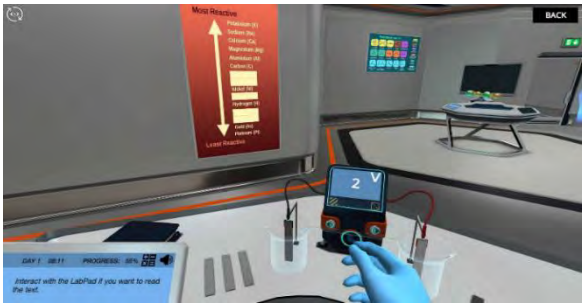


Figure 1 – Labster simulation «Redox Reactions: Discover how batteries work»

In the «Quantum Mechanics Lab» students can test the particle-wave duality hypothesis by performing real world experiments in a completely safe virtual setting. In 2021, Stanford conducted research, and students taught through Labster were 35% more likely to understand the concepts taught as compared to other conventional methods [2].

«Human Anatomy VR» offers 3D models of human organs and systems that help the students experience anatomy dissections (shown in Figure 2). Around 500 medical schools globally use this platform alongside automated interaction quizzes and collaborative features in real time. In a 2022 the study held by Medical Education Journal among 89% of respondents showed that using these tools made students feel better prepared for clinical exams [3].

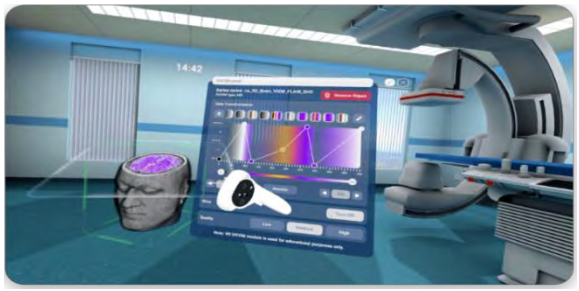


Figure 2 – Human Anatomy VR feature called «VR DICOM»

For mathematics, AR solutions like «GeoGebra AR» are used. It projects moving graphs over real-world objects which assist students in understanding complex concepts in calculus and geometry. It also includes several examples of 3D math objects that you can place on your table, floor or any flat surface around you. In the same manner, «Microsoft HoloLens 2» is used in technical universities for immersive trainings through holograms of real machines and their components.

Students can develop their own interactive projects involving coding by using CoSpaces Edu. The platform allows custom programing of 3D spaces via its block editor or Python scripting. More than 10,000 schools across the globe use the program for various projects such as building virtual ecosystems and reconstructing historical events [4]. Autodesk Tinkercad VR gives learners the ability to collaboratively design 3D models that can be printed in real life inside a virtual workshop. In advanced education, real time collaboration is also available with biochemistry students using Nanome, a VR molecular modeling tool. Researchers from UC San Diego reported a 25% higher completion rate of complex protein-folding tasks with teams using Nanome compared to more traditional methods [5].

Google Arts and Culture's VR tours of the Great Wall and the Louvre enhance historical and cultural education, reportedly improving retention rates by 50%. The New York Public Library's «Insta Novels» uses AR to gamify classic literature, while the BBC's «Civilizations AR» app brings 3D artifacts into classrooms. Despite AR/VR's potential, accessibility remains a challenge, with only 22% of lower-income areas having compatible devices, a gap initiatives like Meta's Education Grants and the free Mozilla Hubs VR classroom aim to address. Microsoft's «Immersive Reader» supports 25 million students globally. Successful implementation also requires teacher preparedness, with resources like «Unity Learn» aiding educators in using AR/VR in STEM and art, and ISTE Certification emphasizing crucial safeguards like data privacy and screen time limits [6, 7].

Conclusion. As for the actual educational offering, Labster, Google Expeditions and Human Anatomy VR are changing the game with affordable and verifiable technologies to aid in learning. There needs to be more focus on access equity, teacher training, and ethical parameters to ensure that these tools can be utilized effectively by all students. Educators can leverage immersive technologies to promote engagement, collaboration and interdisciplinary critical thinking when the focus shifts to real life applications.

References

1. *Akçayır M., Akçayır G. (2017) Advantages and Challenges Associated with Augmented Reality for Education: A Systematic Review. Computers & Education, 68, 1–11.*

2. *Stanford VR Lab. (2021). Labster's Impact on STEM Learning. Journal of STEM Education, 45(2), 78–89.*

3. *VR in Medical Students' Education: Scoping Review [Electronic resource]. Mode of access: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8851326. Date of access: 20.02.2025.*

4. *Global Adoption Report [Electronic resource]. Mode of access: https://cospaces.io/edu. Date of access: 26.02.2025.*

5. *UC San Diego. (2022). Collaborative Learning with Nanome. Journal of Chemical Education, 99(7), 210–215.*

6. *VR in Cultural Education [Electronic resource]. Mode of access: https://unesco.org. Date of access: 16.02.2025.*

7. *Immersive Reader: Global Impact [Electronic resource]. Mode of access: https://microsoft.com/education. Date of access: 16.02.2025.*

UDC 538.915

TWISTRONICS

Romanovich S.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhtarovitch I.I. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. With the development of technology, new fields of science appear. One of these fields is twistronics. This article will examine the essence of twistronics, its history, the application of twistronics for bulk systems and its future perspective.

Keywords: twistronics, material properties, material layers, research, development.

Introduction. Twistronics is a field of study that emerged from the intersection of nanotechnology and materials science. This novel field has introduced innovative implications for our understanding of physics and the potential development of futuristic technologies.

The term Twistronics comes from two words – twist and electronics. It was first presented by the research group of Efthimios Kaxiras at Harvard University. So, Twistronics is the field of science that examines how the twist angle between layers of two-dimensional materials can aler their electrical properties.

Main part. The unusual aspect of Twistronics is that it allows manipulation of electronic properties through the twist angle, resulting in dramatically different behavior in the same material. This control is unprecedented and could open up new pathways in electronics and materials science. For example, bilayer graphene (Figure 1) has been shown to have vastly different electronic behavior, ranging from non-conductive to superconductive, that depends sensitively on the angle between the layers. The basic principle of twistronics comes from the Moiré patterns that form when two regular patterns are overlaid at a slight angle. A Moiré pattern is a large-scale interference pattern that can be seen with the naked eye. In the context of twistronics, these patterns form when two 2D lattices of atoms are overlaid with a small twist angle, causing the lattice to stretch and deform at a larger scale [1].

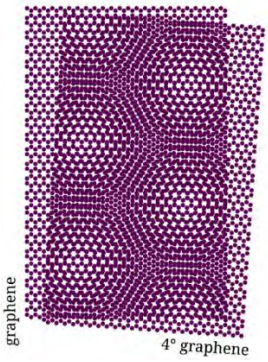


Figure 1 – Atomic scale moiré pattern created by overlapping two skewed sheets of graphene, a hexagonal lattice composed of carbon atoms

National University of Singapore physicist Antonio Castro Neto in 2007 suggested that squeezing two misaligned sheets of graphene together could produce new electrical properties, and separately suggested that graphene might be a route to superconductivity, but he did not combine these two ideas.

In 2010 researchers from Federico Santa María Technical University (Universidad Técnica Federico Santa María) in Chile discovered that for a certain angle close to 1 degree the band of the electronic structure of twisted bilayer graphene became completely flat, and because of that theoretical property, they hypothesized the possibility of collective behavior.

In 2011, Allan McDonald (of the University of Texas at Austin) and Rafi Bistritzer, using a simple theoretical model, found that for a previously identified «magic angle» the amount of energy required for a free electron to tunnel between two sheets of graphene changes radically.

In 2017, the research group of Efthimios Kaxiras at Harvard University used detailed quantum mechanics calculations to reduce uncertainty in the twist angle between two graphene layers that can induce extraordinary behavior of electrons in this two-dimensional system.

In 2018, Pablo Jarillo-Herrero, an experimentalist at MIT, found that the magic angle resulted in the unusual electrical properties that Allan MacDonald and Rafi Bistritzer had predicted. At 1.1 degrees rotation at sufficiently low temperatures, electrons move from one layer to the other, creating a lattice and the phenomenon of superconductivity.

Publication of these discoveries has generated a host of theoretical papers seeking to understand and explain these phenomena, along with numerous experiments using varying numbers of layers, twist angles and other materials. Subsequent works showed that electronic properties of the stack can also be strongly dependent on heterostrain, especially near the magic angle, enabling potential applications in straintronics [2].

Current Twistronics methods rely on laying down thin, individual film monolayers, which is time-consuming. The question is whether moiré-like phenomena can be detected in thicker, three-dimensional film-like structures at room temperature. MIT scientists have discovered that the optical properties of multilayer hexagonal boron nitride (hBN) films thicker than 100 nm can be continuously tuned by changing their relative twist angles. It was found that at room temperature, the relative twist angles of stacked hBN thick films could be used to continuously alter both intensity and colour, with intensity increasing by more than 40-fold [3].

The results pave the way for new ways to control the optical properties of thin films that go beyond conventional structures, especially for applications in medicine, the environment and information technology. Twistronics has opened the door to an entirely new field of research in which the properties of materials can be changed simply by twisting layers of material.

Electronic circuits, for example, are made up of a limited number of components, such as metallic conductors, insulators, semiconductors, and magnetic elements. This method requires the incorporation of a number of different materials and can be a significant engineering challenge. On the other hand, a single twistronic device that can be locally «twisted» to implement each of these components could open up new important engineering possibilities.

In addition, twistronics can help develop new switching technologies such as tunable sensors and tunable electro-optical systems. Exotic quantum phenomena such as correlated phases of dielectrics, superconductivity, and ferromagnetism on twistronics are especially appealing to quantum physics.

Conclusion. In conclusion, it can be underlined that twistronics is currently being used in some areas of science, but at the same time this branch of physics is being actively studied, and the future research results will be used in the development and creation of new technologies for use in human life. The significance of twistronics lies not only in its current discoveries but also in its vast untapped potential. With the appropriate strategies and collaborative effort, twistronics can pave the way for unparalleled scientific insights and transformative applications, reshaping our understanding of quantum phenomena.

References

1. *Twistronics – at the intersection of nanotechnology and materials science [Electronic resource]. Mode of access: https://www.nanowerk.com/twistronics-explained.php#:~:text=The%20unique%20aspect%20of%20Twistronics,in%20electronics%20and%. Date of access: 19.03.2025.*

2. *Twistronics [Electronic resource]. Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Twistronics. Date of access: 19.03.2025.*

3. *How Can Twistronics Benefit Nanotechnology? [Electronic resource]. Mode of access: https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=6001. Date of access: 19.03.2025.*

UDC 004.4:37.0

ELECTRONIC LEARNING SYSTEMS

Sarachinsky A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Perevyshko A.I. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This text about electronic learning systems. At the beginning, the author tells about the evolution of e-learning, starting with the PLATO system and before the advent of massive online courses (MOOCs) and mobile applications. Next, much attention is given to popular platforms like Duolingo and SoloLearn. After that, the author describes the possibilities of platforms for higher institutions. Then it is reported about advantages and disadvantages of learning with electronic systems. At the end, the author underlines the important role of education for people of all ages.

Keywords: Education, electronic learning systems, e-learning, PLATO system, Learning Management Systems, online courses, MOOCs, mobile applications, Duolingo, SoloLearn, gamification, programming education, Moodle, online platforms, remote learning, interactive learning, accessibility, flexibility, personalization, video conferencing, artificial intelligence.

Introduction. Education is one of the most important aspects of modern life, as knowledge and skills are essential for personal and professional growth. With the rapid development of technology, electronic learning systems have become a key part of education. These systems enable people to study from home, choosing a convenient time and pace, which is especially important in today's fast-paced world. Electronic learning systems, mobile applications, and online platforms help students balance education with work, family, and other responsibilities, making learning more flexible and efficient. The transition to digital education happened rapidly, seamlessly integrating into daily life. From university courses to professional training, electronic learning systems have transformed the way people acquire knowledge, making education more accessible than ever before.

Main part. Electronic learning systems began developing in the mid-20th century with the introduction of the PLATO system (Programmed Logic for Automated Teaching Operations). PLATO pioneered interactive learning across multiple disciplines, including mathematics, languages, programming, biology, history, and aviation. In the 1980s, personal computers facilitated the rise of Learning Management Systems (LMS), which enabled structured learning in various fields, including science and the arts. The advent of the internet in the 1990s further revolutionized education by enabling online courses that provided access to a broad range of disciplines remotely. By the 2000s, multimedia elements such as videos and graphics enhanced the comprehension of complex subjects like medicine and engineering. The emergence of Massive Open Online Courses (MOOCs) allowed millions of students worldwide to enroll in courses covering topics from artificial intelligence and data analysis to literature, arts, and philosophy. Thus, electronic learning systems evolved from simple programs into powerful platforms that transformed educational accessibility and methodology.

Modern e-learning systems continue to evolve, offering increasingly sophisticated opportunities for education and self-improvement. One of the key developments is educational applications that make the learning process more engaging, flexible, and accessible. Duolingo is one of the most popular language-learning applications, offering courses in dozens of languages, from English and Spanish to rare ones such as Irish or Hebrew. A distinctive feature of Duolingo is its motivational system, which encourages consistent learning through a streak mechanism. Users are required to complete at least one task daily to maintain their streak, and missing a day resets progress, fostering regular study habits. The app is also widely recognized for its mascot, an owl that sends reminders, motivates learners, and even humorously nudges them to continue studying. Furthermore, Duolingo incorporates gamification elements, allowing users to compete with friends, which enhances engagement [3].

SoloLearn is another educational platform, focusing on programming and technology. It offers courses in multiple programming languages, including Python, Java, C++, and HTML. SoloLearn provides bite-sized lessons, interactive exercises, and a community where learners can ask questions and exchange knowledge. Additionally, users can participate in coding challenges and competitions to refine their programming skills [4].

Beyond educational apps that personalize learning experiences, large-scale platforms offer comprehensive solutions for structured education. Moodle, one of the most well-known and widely used learning management systems, is an open-source platform employed in educational institutions, corporate training programs, and by individual instructors. It facilitates course organization, learning process management, and integration of interactive assignments. Moodle's support for forums, quizzes, assessment systems, and plugins for course customization makes it suitable for both small-scale courses and universities with thousands of students [5].

Many universities, including ours, utilize similar e-learning systems. These platforms allow students to review missed lectures, complete assignments, take tests, and participate in remote classes. Moreover, features such as video conferencing tools, similar to Zoom, make these platforms essential for online learning and communication with instructors. Such technologies exemplify how digital solutions can scale to support education at various levels.

E-learning has opened new horizons in modern education, connecting millions of learners worldwide and providing access to knowledge regardless of location. One of its primary advantages is accessibility. According to the World Economic Forum [1], 72% of students engage with online platforms at least once a year, making education more inclusive. Additionally, course personalization allows students to tailor their learning experiences to their individual needs. The integration of gamification and interactive elements, as seen in platforms like Duolingo and SoloLearn, enhances motivation and retention. E-learning also proves cost-effective; corporate reports indicate a 40-60% reduction in employee training costs when utilizing online courses. However, e-learning presents several challenges. A notable drawback is the lack of direct personal interaction. According to an Educause study [2], 47% of students reported that limited face-to-face engagement negatively impacts their learning experience. Another issue is the high dropout rate, with statistics showing that between 40% and 80% of online course participants fail to complete their studies due to a lack of motivation. Technical issues also pose difficulties, as approximately 21% of students face connectivity problems or lack modern devices necessary for effective learning. Despite these challenges, e-learning continues to evolve, incorporating new technologies to enhance flexibility, interactivity, and accessibility.

Interactive elements such as quizzes, competitions, and educational games contribute to a more engaging and effective learning process. These features help reinforce knowledge in an enjoyable way, making education both beneficial and stimulating. E-learning systems have become an integral part of contemporary education, reshaping traditional learning methods and making education more flexible and accessible. They benefit students seeking to expand their knowledge, children learning through interactive applications, and adults pursuing professional development or new hobbies. While self-discipline and technical readiness remain essential, e-learning continues to break down barriers, offering opportunities for learners of all ages.

Conclusion. E-learning has transformed education, making it more accessible, interactive, and personalized. It empowers students, children, and adults to learn at their own pace, develop new skills, and leverage advanced technologies such as artificial intelligence. Despite challenges such as the need for self-discipline and hands-on practice, e-learning remains a key tool shaping the future of education and expanding opportunities for learners worldwide.

References

1. *World Economic Forum. The Future of Online Learning [Electronic resource]. Mode of access: https://www.weforum.org. Date of access: 24.03.2025.*

2. *Educause. Student Perceptions of Online Learning [Electronic resource]. Mode of access: https://www.educause.edu. Date of access: 24.03.2025.*

3. *Duolingo. Learn Languages for Free [Electronic resource]. Mode of access: https://www.duolingo.com. Date of access: 24.03.2025.*

4. *SoloLearn. Learn to Code [Electronic resource]. Mode of access: https://www.sololearn.com. Date of access: 24.03.2025.*

5. *Moodle. Open-Source Learning Platform [Electronic resource]. Mode of access: https://moodle.org. Date of access: 24.03.2025.*

UDC 004.8:63

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AGRICULTURE

Savchenko M.E.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Lasarenko A.M. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. The article describes the ways, methods and prospects of using artificial intelligence in agriculture. The main advantages of artificial intelligence and examples of using innovative technologies are considered.

Keywords: artificial intelligence, agriculture.

Introduction. Artificial intelligence has huge potential to transform agriculture, making it more efficient, sustainable and productive. It helps farmers make better informed decisions, automate processes, and improve product quality. Even though implementing AI requires investment, the long-term benefits can be significant.

The main advantages of using AI in agriculture [4, 9]:

– increasing the speed of data collection and processing;
– improving the accuracy of all processes;
– increase of production efficiency;
– reduction of production costs;
– reducing the need for manual labor;
– increase in yield;
– promoting sustainable development.

Unmanned technologies are revolutionizing agriculture by offering efficient and cost-effective solutions for crop monitoring, plant health assessment, field mapping, targeted spraying, and livestock management. These technologies allow farmers to gather precise data, detect problems early, automate tasks, and reduce environmental impact, leading to improved productivity, better decision-making, and increased sustainability in their operations. Ultimately, drones and other unmanned technologies are becoming indispensable tools for modern agriculture, enabling farmers to optimize their resources and manage their farms more effectively.

Main part. The BELARUS A3523i tractor is designed to perform tasks generated by the operator. The task is transmitted via the GSM remote communication channel, and you can also transmit it on a flash drive. The tractor will work equally efficiently both during the day and at night.

BELARUS A3523i is already able to see and move in offline mode. The tractor is equipped with sensors, two stereo video cameras that produce a high-resolution image and can subsequently recognize objects: a person, a tree, an animal, a stone, etc. The tractor has two radars in front and rear and an additional all-round LIDAR (a laser device that «knows» everything that is happening around it within 20 meters) [1]. The KFU-MTZ-112 mini-tractor has a hybrid drive (internal combustion engine + electric motor) and can operate both in normal mode with the operator behind the wheel, and in autonomous mode on electric traction (the electric motor is connected to the transmission via a PTO). The model is designed for performing specialized work in open areas – fields, farms, factories (production facilities with harmful conditions). There are several control modes: manual, remote, strategic, and tactical. Battery life – up to 8 hours. Driving speed on autopilot – up to 15 km/h. Object detection range – 30 m. The object recognition range is 15 m. The response time to dynamic objects is 0.2 seconds. [7].

The concept of precision farming emerged in the United States in the 1980s, but has only become widespread in the last five years due to the development of mobile technologies, high-speed Internet and satellite communications. Today, precision farming uses satellite data, sensors,

drones, and GPS technology. These technologies provide farmers with data on the state of their fields and take food production to a new level. The more information you have, the more accurate your analytics and forecasts are, so collecting and analyzing big data is very important for precision farming [2]. The example of the use of such technologies is the OneSoil's application. OneSoil's applications are built on big data analysis and machine learning. The data is collected from real fields and magnified thousands of times using mathematical operations. Then, the neural network learns to find patterns by processing the data and improving the result with each attempt. Initially, data from several farms in Belarus and the Baltic States were used. Machine learning algorithms learned to predict field boundaries by comparing them with real boundaries. If the algorithm circled the extra sections, it received a fine for this. This metric is called intersection over union, and it can take values from 0 to 1, where 1 is a perfect match. The intersection over union indicator varies from region to region, averaging 0.85–0.88. OneSoil customers have added 30 million hectares of land to the platform (as of February 2020). According to the latest FAO estimates, there are now 1 billion 567 thousand hectares of arable land in the world [10]. It turns out that 1.9% of all arable land on the planet is listed in OneSoil. Interactive map OneSoil Map provides information about fields and crops in Europe and the United States, helps you track trends at the regional level and monitor changes in a particular field. The map works thanks to machine learning algorithms and satellite images [12].

Analysis of satellite images allows you to monitor the state of fields remotely through changes in the vegetation index NDVI. NDVI (Normalized difference vegetation index) is a numerical indicator of the quality and quantity of vegetation on a field site. It is calculated from satellite images and depends on how plants reflect and absorb light waves of different lengths. A healthy plant actively absorbs red light and reflects near—infrared, while a sick plant does exactly the opposite. Sunlight falls on plants, light waves of one length are absorbed, waves of another length are reflected – and the satellite captures all this data using its sensors. By combining data from satellites and sensors, the farmer can calculate and apply the correct dose of fertilizers and chemicals to each part of the field – this is called differential fertilization. This, in turn, helps to reduce ground water pollution.

Machine learning helps farmers analyze weather and crop data over several years and look for patterns that will allow them to predict future yields. In addition, satellite images can be used to monitor the state of water and air in order to predict possible agricultural problems in specific regions. By understanding the scale of global disasters such as forest fires, earthquakes, or hurricanes, you can better manage your existing resources [11].

Today, the market offers many different agricultural technology solutions, and it is very important that these technologies and applications are affordable and easy to use.

According to statistics, less than 10 % of arable land in our country is processed using digital technologies. According to experts' estimates, only 13-15 % of agricultural producers are able to be engaged in digital transformation of their own business processes and commercialization of scientific and technical developments [7].

Today, the efficiency of the agricultural sector of the Republic of Belarus in a number of indicators is noticeably inferior to the largest economies in the world. Intelligent (precision) farming programs are available in many countries. The pace of implementation of artificial intelligence technologies in the agro-industrial complex is growing annually by more than by 20% [5].

Currently, the coverage of AI in agriculture is relatively small – about 12%. It will grow both for rational reasons and because it is planned to encourage the introduction of AI technologies at the government level. Based on the component, the market is divided into solutions and services. The solutions segment is projected to exceed US$11 billion by 2032, driven by the urgent need to improve efficiency, sustainability, and productivity in food production. Farmers face challenges such as climate change, labor shortages, and limited resources. AI technologies offer innovative solutions by providing real-time data analytics, predictive modeling, and

autonomous hardware. These tools make it possible to apply precise farming methods, optimize resource management, and make proactive decisions, ultimately increasing crop yields, reducing environmental impacts, and ensuring food security against the backdrop of changing agricultural landscapes (shown in Figure 1) [3].

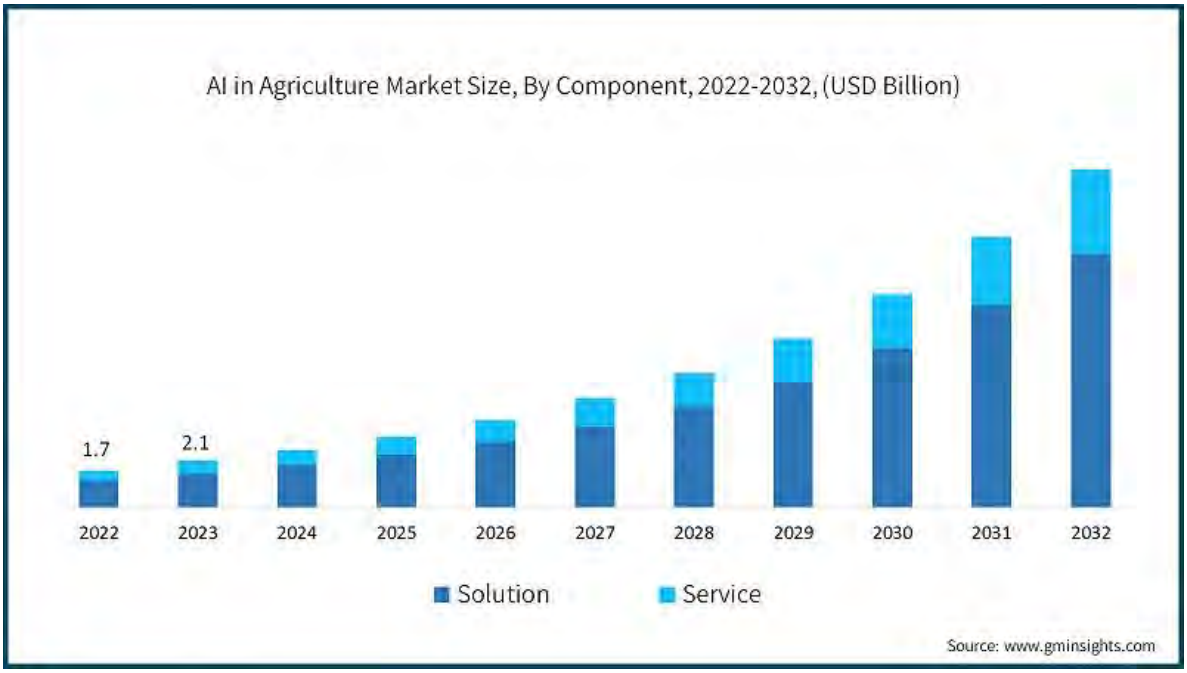


Figure 1 – AI in Agriculture Market Size, By Component, 2022-2032, (USD Billion)

The use of AI, according to statistics, contributes to an increase in the production of livestock products and crop yields by at least 3-5% [4].

Conclusion. AI implementation is becoming vital for agriculture due to its potential to revolutionize efficiency, sustainability, and productivity. It optimizes resource use, enables early disease detection, automates tasks, and provides data-driven insights for improved decision-making. Ultimately, AI promotes sustainable practices and contributes to global food security by addressing labor shortages and maximizing resources in an ever-growing world. In the Republic of Belarus, the digital transformation of the agricultural sector is an object of increased attention, but the introduction of technologies is taking place at a slow pace. One of the reasons for this is the lack of qualified specialists with IT competencies [2, 6]. For the intellectualization of domestic agriculture, the industry project «Digital Agriculture» is being implemented [8]. Its goals include increasing exports of agricultural products, increasing the industry's contribution to GDP, increasing labor productivity and quality, reducing production costs, producing new high-tech and high-tech products, etc. The development of the Internet of Things, big data analysis technologies, cloud computing and artificial intelligence creates prerequisites for a fundamental transformation of agricultural production and public administration in this area. The reform process should be gradual in order to ensure improved efficiency in agriculture and the successful implementation of artificial intelligence in this area.

References

1. В Минске показали первый белорусский трактор-беспилотник. Что он умеет [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://auto.onliner.by/2021/05/29/mtz-bespilotnik. Дата доступа: 28.02.2025.

2. Головенчик, Г. Г. Трансформация рынка труда в цифровой экономике / Г. Г. Головенчик //Цифровая трансформация. – 2018 – № 4 – С. 27–43.

3. ИИ в сельском хозяйстве: размер и доля рынка, отраслевой анализ 2024-2032 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/ai-in-agriculture-market. Дата доступа: 15.02.2025.

4. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве – тенденции, возможности AI для отрасли [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://1solution.ru/events/articles/iskusstvennyy-intellekt-v-selskom-khozyaystve-tendentsii-vozmozhnosti-ai-dlya-otrasli/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.by%2F. Дата доступа: 26.02.2025.

5. Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. Режим доступа: ttps://www.viapi.ru/news/detail.php?ID=161383&sphrase_id=6282533. Дата доступа: 03.03.2025.

6. Маринченко, Т. Е. Мониторинг инновационной деятельности в АПК. Т.Е.Маринченко //Техника и оборудование для села. – 2019 – № 1 – С. 40–45.

7. МТЗ предоставили сразу два беспилотника на выставке «Беларусь интеллектуальная» [Электронный ресурс].Режим доступа: https://abw.by/news/commercial/2023/01/21/mtz-predstavil-srazu-dva-bespilotnika-na-vystavke-belarus-intellektualnaya. Дата доступа: 01.03.2025.

8. Огнивцев, С. Б. Цифровизация экономики и экономики агробизнеса/С.Б.Огнивцев //Междунар. с.-х. журн. – 2018 – № 2 (368). – С. 77–80.

9. Умное сельское хозяйство: новые технологии для аграриев [Электронный ресурс]. Режим доступа: https:// https://eos.com/ru/blog/umnoe-selskoe-khozyaistvo/. Дата доступа: 02.02.2025.

10. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Electronic resource]. Mode of access: https://www.fao.org/faostat/en/#data/RL/visualize. Data of access:02.02.2025.

11. OneSoil [Electronic resource]. Mode of access: https://onesoil.ai/ru. Date of access: 04.02.2025.

12. The First Interactive Map with AI-detected Fields and Crops [Electronic resource]. Mode of access: https://map.onesoil.ai/2023/can?sandbox=18TXR_2_1#10.42/45.7711/-73.0628. Date of access: 05.02.2025.

UDC 621.382-026.564.2

NEW MATERIALS FOR CREATING FLEXIBLE ELECTRONIC DEVICES

Siomchena D.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Perevyshko A.I. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This article examines the latest developments in the field of materials for flexible electronic devices. With the rapid development of portable electronics, there is a growing need for flexible and durable materials with high conductivity. The article presents the main materials used in flexible electronics. Their unique properties, advantages and disadvantages, as well as potential future applications, are analyzed and compared in an accessible format.

Keywords: flexible electronics, graphene, conductive polymers, nanowires.

Introduction. In recent years, flexible electronic devices have attracted close attention from researchers and industries alike, driven by their wide-ranging potential applications in burgeoning fields such as wearable technology, implantable medical devices, and innovative folding displays. The ability to create electronic circuits and components on non-rigid substrates opens up entirely new form factors and functionalities previously unattainable with conventional electronics [1].

Unlike traditional electronics that rely on rigid silicon wafers, the fabrication of flexible electronics necessitates materials that can seamlessly combine robust electrical conductivity with exceptional mechanical flexibility, including bending, stretching, and twisting. This dual requirement presents a significant materials science challenge, spurring intense investigation into novel conductive materials capable of withstanding mechanical deformation without compromising their electrical performance. Therefore, the identification and characterization of materials suitable for the manufacture of flexible devices, such as single-layer graphene, various conductive polymers, and networks of metallic nanowires, are becoming an increasingly urgent and pivotal topic for scientific research and technological development [1].

These advanced materials are emerging as promising solutions for creating a diverse array of flexible electronic components, including highly stretchable circuits that can conform to complex surfaces, sensitive flexible sensors for health monitoring and environmental sensing, and ultra-thin, foldable displays that could revolutionize mobile computing and information presentation. The ever-growing global demand for energy-efficient and lightweight electronic devices further underscores the paramount importance of sustained research and innovation in this dynamic area. This article aims to delve into the key electrical and mechanical properties of these prominent flexible electronic materials, explore their current and potential applications across various sectors, and ultimately foster a better understanding of their critical role in shaping the future landscape of flexible electronics [1].

The main part. The development of flexible electronics depends on the emergence of materials that provide both electrical performance and mechanical stability. Three main categories of materials – graphene, conductive polymers, and metallic nanowires – are the most promising candidates. As already mentioned, each of these materials has unique properties, advantages and disadvantages that make them suitable for use in one direction or another, which will become more obvious after a detailed analysis.

1 Graphene. Graphene, which is a monatomic layer of carbon, is considered one of the most important discoveries in materials science. It has extreme lightness, high conductivity and mechanical strength. Graphene is now used in flexible touchscreens (shown in Figure 1), transparent conductive films, and flexible batteries. The high mobility of charge carriers in this material allows for a fast electronic response, making it ideal for the production of high-speed

flexible transistors. The disadvantages include the fact that mass production of graphene without defects remains a difficult task. Modern production methods, such as chemical vapor deposition (CVD) and mechanical separation, require further improvement to reduce production costs [2].

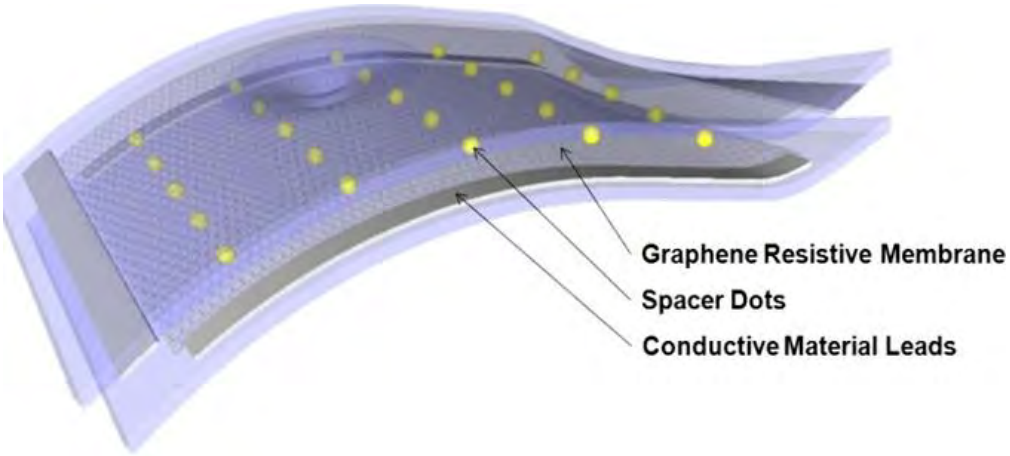


Figure 1 – Structure of graphene-based resistive-type touchscreen

2 Conductive polymers. Conductive polymers such as polyaniline (PANI), polypyrrole (PPy) and PEDOT:PSS provide a balance between conductivity and flexibility. Unlike traditional metal conductors, conductive polymers can be processed using simple and inexpensive printing methods. These materials are widely used in organic light-emitting diodes (OLED) (shown in Figure 2), flexible printed circuit boards (PCB) and bioelectronic devices. Their main advantage is the ability to stretch and bend while maintaining conductivity. Their disadvantage is their lower conductivity compared to graphene or metals. Researchers are working to improve their stability and conductivity through doping (modification of polymers using polymer reactions with electron donors or acceptors) and structural modifications [3].

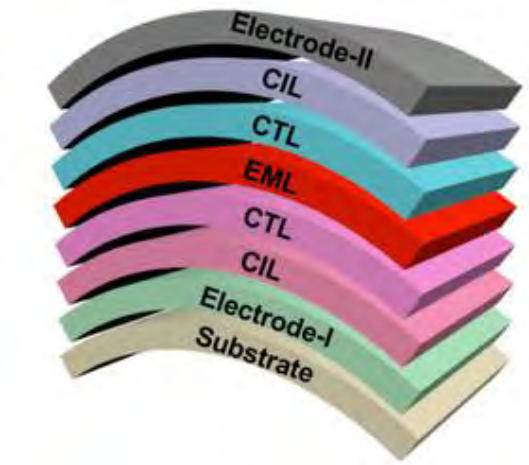


Figure 2 – Diagram of the device structure of flexible white organic light-emitting diodes

3 Metallic nanowires. Metallic nanowires, especially silver and copper, are becoming an excellent alternative to traditional transparent conductors such as indium tin oxide (ITO). The nanowires form a percolation network that retains electrical conductivity even when bent or stretched. They are widely used in flexible solar cells and touchscreens, as well as wearable sensors. However, the main disadvantage of metallic nanowires is their susceptibility to oxidation and degradation over time, especially in a humid environment. To solve this problem, researchers are developing protective coatings and hybrid compositions that increase the durability of metal nanowires [4].

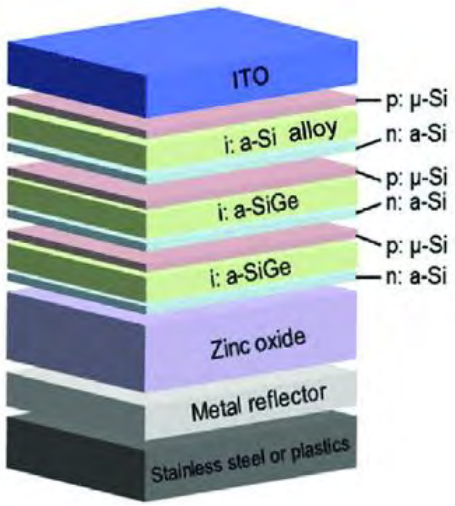


Figure 3 – Illustration of a flexible triple-junction silicon solar cell

The characteristics of the materials considered are presented in the Table 1.

Table 1 – Characteristics of materials used to create flexible electronic devices

Property	Graphene	Conductive Polymers	Metal Nanowires
Electrical Conductivity	Very high	Medium	High
Flexibility	High	Very high	High
Transparency	High	Medium	High
Durability	High	Medium	Low (prone to oxidation)
Manufacturing Complexity	High (labor-intensive production)	Low (simple printing)	Medium (possible conductivity loss)

Since each material has its advantages and disadvantages, it is obvious that the future of flexible electronics depends on combining different materials to optimize their properties. Graphene and polymer-based composites provide improved mechanical flexibility and electrical performance. Similarly, hybrid structures based on nanowires and graphene improve conductivity while maintaining mechanical stability. Future research in materials for flexible electronics will focus on improving technology, reducing production costs, and extending the life of materials.

Conclusion. Advances in materials science are key to creating better flexible electronics, with the greatest potential residing in hybrid structures that integrate diverse materials like graphene, polymers, and nanowires to combine their unique strengths. Future research should prioritize optimizing production methods for scalability and cost-efficiency while also designing novel hybrid materials to achieve synergistic performance gains. The successful development of these advanced flexible electronics is poised to revolutionize industries such as healthcare (wearable sensors), consumer electronics (foldable displays), and communications (flexible antennas), profoundly impacting technology and daily life.

Reference

1. *Kymissis, I. (2013) Organic Field Effect Transistors: Theory, Fabrication, and Characterization. Springer.*
2. *Novoselov, K. S., et al. (2004) Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. Science, 306(5696), 666-669.*
3. *Skotheim, T. A., & Reynolds, J. R. (2007) Handbook of Conducting Polymers. CRC Press.*
4. *Lee, J. Y., Connor, S. T., Cui, Y., & Peumans, P. (2008) Solution-Processed Metal Nanowire Mesh Transparent Electrodes. Nano Letters, 8(2), 689-692.*
5. *Lee Y., Jong-Hyun A. (2013. Graphene-based transparent conductive films. Nano: Brief Reports and Reviews, 8(3), 1330001*
6. *Luo D., Chen Q., Liu B., Qiu Y. (2019) Emergence of Flexible White Organic Light-Emitting Diodes. Polymers, 11(2), 384*
7. *Li X., Li P., Wu Z., Luo D., Yu H., Lu Z. (2021) Review and perspective of materials for flexible solar cells. Material Reports: Energy, 1(1), 100001*

UDC 004.946:811

VIRTUAL REALITY IN LEARNING FOREIGN LANGUAGES

Skworetz I.S. Zamatai M.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Shulga O.N. – Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. The «World Wander» project is an educational virtual reality (VR) game for learning English, developed in Unity engine. The article outlines the stages of creating 3D models, importing them into Unity, writing scripts, and testing. The project demonstrates the potential of VR in education, offering an interactive approach to learning. Prospects for further development are discussed, including improving graphics, integrating AI, and expanding functionality.

Keywords. Virtual reality, educational game, Unity, 3D modeling, interactive learning, English language, game development, testing.

Introduction. The necessity of interactive methods for learning foreign languages in today's world is more pronounced than ever. Games and role-plays capture learners' attention and keep them engaged. This active participation can lead to better motivation and a more enjoyable learning experience, as opposed to passive methods like lectures. This practical application helps learners use the language more fluently and confidently in real life. Modern interactive learning tools, such as language apps and online platforms, offer personalized learning experiences that can adapt to an individual's pace and learning style. This adaptability makes learning more efficient. The integration of technology through interactive methods, such as virtual reality (VR), online forums, and mobile applications, enhances access to diverse materials and resources, enriching the language-learning experience. Virtual reality (VR) is becoming increasingly popular, allowing users to immerse themselves in three-dimensional worlds and interact with them. VR is used not only for entertainment but also in education, medicine, architecture, and other fields. The goal of the project is to develop an educational game «World Wander» for learning English in VR.

Main part. Virtual reality is a three-dimensional computer-generated environment where users can interact with the virtual world through devices such as headsets and controllers. Key properties of VR include generativity, which means VR is created by external systems and does not exist in the real world; actuality, meaning VR exists only in real-time, with no past or future; autonomy, as VR has its own time, space, and rules of interaction; and interactivity, which allows users to fully immerse themselves and interact with the virtual environment. There are several types of VR, including full immersion, which requires specialized equipment and powerful PCs for realistic simulations; non-immersive reality, which includes high-quality 3D projections on large screens; shared infrastructure VR, which allows interaction with other users in virtual worlds, such as in Minecraft; and internet-based VR, which uses web technologies to create virtual spaces online.

For the development of the game, the Unity engine was chosen due to its accessibility, flexibility, and strong support for VR [1]. Blender software was used for 3D modeling, and C# was selected as the programming language [2]. During the development phase, a room with furniture and objects such as a desk, computer, and tape recorder was created. The models were designed in Blender and 3Ds Max. These models were then exported in FBX and OBJ formats, which support animations and textures, and imported into Unity. In Unity, textures were applied, and collision detection was added for object interaction.

The game is designed to provide an interactive and immersive environment where users can practice and improve their English language skills through engaging tasks and challenges. «World Wander» is an educational VR game that combines language learning with interactive gameplay. The game is set in a virtual environment where players can explore different locations, interact with objects, and complete tasks related to English vocabulary and grammar. The project aims to make language learning more engaging and effective by leveraging the immersive capabilities of

VR technology. Players can interact with virtual objects, solve puzzles, and complete challenges that require them to use their knowledge of English. For example, one of the tasks involves translating words displayed on a virtual computer screen, with points awarded for correct answers [3].

This game offers a detailed 3D virtual room (shown in Figure 1) with interactive elements like a computer and tape recorder, navigable using VR controllers to pick up and manipulate objects. Players complete tasks designed to test and enhance English skills, such as translating words on a screen, with progress tracked and points awarded. The SteamVR plugin enables natural character control and object interaction, aiming to improve vocabulary and understanding through engaging, real-world scenarios. Furthermore, the game's design allows for easy expansion with new levels, tasks, and features, including more complex language exercises and multiplayer options [4].

Figure 1 – Location images

The SteamVR plugin was used to create the character, enabling movement and interaction with objects. Functions such as movement, object pickup, and interactive tasks, like translating words on a computer, were implemented. Testing revealed a scoring error, which was subsequently fixed. All functional requirements were met, and the game runs smoothly with correctly functioning locations and objects [5].

The project has significant potential for further development. Improvements could include introducing more complex and interactive scenarios for learning, such as virtual conversations with AI characters or role-playing situations. Adding technologies that allow players to use voice commands or gestures to interact with the virtual environment would make the experience more natural. Implementing multiplayer features that allow students to learn and practice English together in a virtual classroom or social setting could enhance the social aspect of learning. Adapting the game for mobile VR platforms would make it accessible to a wider audience. Using AI to analyze player progress and provide personalized feedback and recommendations for improvement could make the learning process more effective. Finally, adding new levels, tasks, and vocabulary sets would keep the game engaging and challenging for players of all skill levels.

Conclusion. Interactive methods are essential for modern foreign language learning due to the need for engagement, practical application, better communication, and adaptability in an interconnected world. The successful «World Wander» project exemplifies this by using VR to create an immersive and engaging language learning platform. Built with references like Unity Documentation and Geek Brains, and including code for interaction and scoring, the project features high-quality 3D models and scripts to deliver an interactive educational environment that meets technical standards and will be further refined for an improved user experience.

References

1. *Unity Documentation [Electronic resource]. Mode of access: https://docs.unity3d.com/ru/current/Manual/index.html. Date of access: 26.02.2025.*

2. *Learning C# through Unity Game Development. 5th Edition [Electronic resource]. Mode of access: https://habr.com/ru/company/piter/blog/595483/. Date of access: 26.02.2025.*

3. *Geek Brains: An Educational Platform for IT and Digital Professions [Electronic resource]. Mode of access: https://gb.ru/blog/chto-takoe-c/. Date of access: 26.02.2025.*

4. *Virtual Reality Technologies [Electronic resource]. Mode of access: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/2895/1/Bikov_Tehnologii.pdf. Date of access: 25.02.2025.*

5. *Optimizing Games in Unity 5 [Electronic resource]. Mode of access: ru.pdfdrive.com/Оптимизация-игр-в-unity-5-e185239664.html. Date of access: 25.02.2025.*

UDC [621.38+728.4]:004.8

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS OF A SMART HOME

Soltan E.S., Lazareva E.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Perevyshko A.I. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. The article discusses the effect of integrating artificial intelligence into smart home electronic systems. The main objectives of providing artificial intelligence are discussed. In this direction, measures are taken to develop artificial intelligence. The need for the emergence of new technologies II for the full implementation of smart home systems is emphasized.

Keywords: Artificial Intelligence (AI), Smart Home, Automation, Security, Compatibility, Data Privacy, Adaptability.

Introduction. In the rapid development of technology, artificial intelligence (AI) has become an indispensable tool for obtaining results in various fields of science. The introduction of artificial intelligence into electronic control systems has made it possible to optimize the process of solving tasks and process more information. It is widely used in areas such as transport, energy and industry, where it helps to adapt to rapidly changing conditions and cope with a number of difficulties. However, new problems arise along with this: security issues require special attention. This study is devoted to the study of existing methods of using AI in Smart Home control systems and the search for their further improvement.

Main part. The development of AI began in the 20th century, when the first computers appeared. At that time, the concept of AI was proposed as “thinking machines.” Over time, technology has come a long way from simple algorithms to the modern advanced systems that we have now.

The main goals of implementing AI in a Smart Home system are to increase security, improve the quality of life, control equipment without direct interaction, and optimize energy consumption.

AI helps automate some actions that each person does several times a day, such as: controlling heating, lighting, and other devices [1]. This makes life much easier and also reduces energy costs. As for security, AI allows you to increase the level of security using surveillance cameras, facial recognition, and suspicious movement sensors [2]. This makes it possible to quickly respond to potential threats.

In this regard, many companies are looking to integrate AI into smart home automation components. Here are some examples of integration.

1 Amazon Alexa is a voice assistant that allows you to control your smart home using voice commands. It uses technology to recognize your voice and perform various actions.

2 Google Home is a voice assistant powered by Google Assistant. It allows you to control smart home devices through voice commands and can integrate with various devices, such as thermostats, lighting, and sockets.

3 Yandex.Alice is a virtual assistant that is designed to communicate with users and perform various tasks. It can answer questions, perform search queries, play music, display the weather forecast, and control smart home devices.

4 Nest Learning Thermostat is a device for controlling the temperature in the home. It automatically adjusts the temperature depending on the habits and schedule of residents, and also reacts to changes in the weather.

Companies are trying to improve their Smart Home systems by integrating solutions towards AI. The problem is that at the moment these systems cover only specific components of the Smart Home, without the ability to modify the entire system to the current needs of a person.

The problem of research in the field of AI integration into Smart Home electronic control systems includes several components.

1 Data privacy and cybersecurity. With the growing use of smart technologies, the risk of confidential data leakage increases. Ensuring the security of information from cyber attacks is one of the most important aspects when integrating AI into smart homes.

2 Compatibility with different devices. When different equipment is assembled in the house, difficulties may arise. For example, sensors from one manufacturer may not be compatible with sensors from another manufacturer.

3 Complexity of installation. Setting up smart AI systems requires skills - this is not just connecting a gadget, but working with algorithms. Without high-quality data, the system will not be able to learn: for example, for AI to learn to regulate the temperature, it needs time to understand how the user sets the thermostat.

4 Adaptability and learning ability. A smart home is not able to remember the needs and habits of the user on its own. This complicates the process of using devices. Existing voice assistants cannot think and remember information on their own. They can only give a programmed response or find information on the Internet.

Solving these problems requires effective algorithms, improving security, and ensuring device compatibility.

1 The problem of data privacy and cybersecurity.

Solution. Developing more reliable information protection mechanisms, including double authentication, encryption, and authorization. It is also equally important for users to maintain privacy over their data.

2 The problem of compatibility with various devices.

Solution. Developing a single protocol for various smart home devices. This solution will create a unified system for interaction between devices from different manufacturers and improve the usability of a smart home.

3 The problem of installation complexity.

Solution. Developing a clear and user-friendly interface with the integration of AI for automatic configuration and self-learning.

4 The problem of adaptability and learning.

Solution. Developing AI algorithms that can learn from accumulated information and adapt depending on user preferences. Integrate AI into a voice assistant so that it can think and respond to the user. The operating principle will be similar to that of the Generative Pre-trained Transformer (ChatGPT) [3, 4].

Conclusion. The integration of artificial intelligence into smart home electronic systems opens up new opportunities for automation, energy saving and personalization of living conditions. AI allows you to adapt lighting, temperature and security parameters to the individual preferences of residents, analyzing their habits and optimizing resource consumption. However, the implementation of such systems faces serious challenges. Despite the difficulties, the integration of AI into smart homes remains strategically important. Eliminating problems through standardization, enhancing security and simplifying interfaces will make technologies available for mass use while maintaining their functionality and reliability.

References

1. *Wilson, C. The Future of Smart Homes: Interoperability and AI Integration / C. Wilson, R. Kumar // IEEE Consumer Electronics Magazine. – 2019. – Vol. 8, N 4. – Pp. 69–76.*

2. *Zanella, A. Internet of Things for Smart Cities / A. Zanella, N. Bui, A. Castellani // IEEE IoT Journal. – 2014. – Vol. 1, N 1. – Pp. 22–32.*

3. *Deng, L. Artificial Intelligence in the Rise of Smart Homes: Challenges and Opportunities / L. Deng, Y. Chen, Y. Zhang // Sensors. – 2021. – Vol. 21, N 17.*

4. *Mishra, S. AI-Driven Smart Home Automation: Security and Privacy Challenges / S. Mishra, P. Tyagi // Journal of Cybersecurity and Privacy. – 2022. – Vol. 2, N 1. – Pp. 1–24.*

UDC 778.53

ELECTRONIC SYSTEMS IN CINEMATOGRAPHY

Titova D.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Perevyshko A.I. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This article explores the role and evolution of electronic systems in cinematography, highlighting their influence on filmmaking process, visual storytelling, and viewer experience. From camera technologies to post-production tools, we examine how electronic systems revolutionized the industry. Through practical examples and analysis, this study provides insights into the integration of electronic systems in modern filmmaking and their potential for future innovations.

Keywords: cinematography, digital cameras, virtual-production, filmmaking innovations.

Introduction. Cinematography has undergone a transformation over the past few decades, largely due to the integration of advanced electronic systems. From the analog era to the digital age, filmmakers have embraced electronic technologies to enhance visual storytelling, improve efficiency, and expand creative possibilities.

Main part. Cinematography once relied heavily on mechanical and optical technologies, such as film reels and manual editing. The introduction of electronic systems marked a turning point by offering digital alternatives that enhanced precision and efficiency.

Early cameras relied on film to capture images, but modern digital cameras use electronic sensors to record visual data. These sensors provide higher resolution, dynamic range, and flexibility in post-production. The transition to digital cameras (RED, ARRI Alexa) has allowed filmmakers to shoot in challenging environments while reducing production costs.

Electronic systems, such as gimbals and drones (shown in Figure 1), have transformed how filmmakers capture dynamic shots. Tools like the DJI Ronin and electronic Steadicams stabilize footage, enabling smooth motion without the need for bulky equipment. Drones, in particular, have revolutionized aerial cinematography, making it accessible and cost-effective [2].

Figure 1 – A photo of a drone gimbal

Modern post-production depends heavily on electronic systems, including editing software (Adobe Premiere, Final Cut Pro) and visual effects platforms (Blender, After Effects). These tools provide filmmakers with unprecedented control over color grading, special effects, and scene composition, enabling complex storytelling [3, 4].

The film «Avatar» (2009) showcased the potential of digital cinematography combined with virtual reality systems (shown in Figure 2). Director James Cameron used electronic systems to blend live-action footage with CGI seamlessly [1].

Figure 2 – Motion capture in Avatar

Movies like «The Mandalorian» (2020) introduced virtual production techniques using LED walls and real-time rendering engines (shown in Figure 3). This approach replaces green screens with dynamic, electronically controlled environments, reducing costs and improving actor immersion [2].

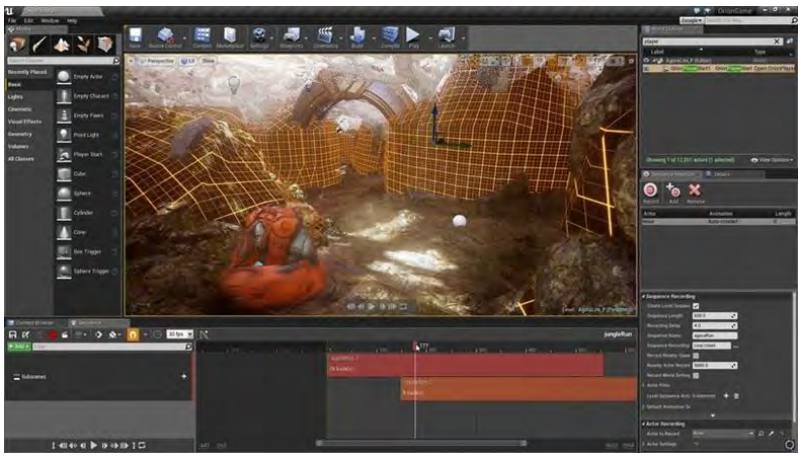


Figure 3 – A screenshot of Unreal Engine control panel

Electronic systems have democratized filmmaking by lowering barriers to entry. Affordable digital cameras and editing software allow independent filmmakers to create professional-quality films without extensive resources [3, 4].

Conclusion. Electronic systems have revolutionized cinematography, offering filmmakers new tools to enhance creativity, efficiency, and accessibility. From digital cameras to advanced post-production software, these technologies have reshaped the landscape of filmmaking.

However, challenges such as dependency on electronic systems and the loss of traditional techniques must be addressed. As innovation continues, the integration of artificial intelligence, machine learning, and real-time rendering will likely define the next era of cinematography.

By embracing these advancements while preserving core artistic principles, filmmakers can harness the full potential of electronic systems to elevate the art of visual storytelling.

References

1. *Avatar: The Evolution of Digital Cinematography / James Cameron, 2009.*

2. *The Role of Virtual Production in Modern Filmmaking/ T. Smith, 2020.*

3. *Post-Production Software Trends and Applications [Electronic resource]. Mode of access: https://business.adobe.com/content/dam/dx/us/en/resources/digital-trends-2023/adobe-digital-trends-2023-report.pdf. Date of access: 23.02.2025.*

4. Digital Cinematography: A New Era in the Evolution of Filmmaking *[Electronic resource]. Mode of access: https://filmustage.com/blog/digital-cinematography-a-new-era-in-the-evolution-of-filmmaking. Date of access: 23.02.2025.*

UDC 621.3.049.77

QUANTUM BREAKTHROUGH: HOW MICRISOFT CREATED A NEW STATE OF MATTER FOR THE MAJORANA CHIP 1

Veko D.A.

Belarusian State University of Informatics and Radio Electronics, Minsk, Republic of Belarus

Markosyan E.I. – Cand. of Sci., Associate professor at the Department of Foreign Languages

Annotation. The creation of the Majorana 1 quantum processor based on the new topological state of matter. Thanks to the development of unique — top-guide materials, the company was able to create stable and scalable topological cubes. The Majorana 1 chip paves the way for processors with a million dice capable of solving problems inaccessible to classic computers. The article discusses the scientific basis of the breakthrough, its technological advantages and potential application in materials science, chemistry and ecology.

Keywords. Majorana Quantum Processor 1, topological state of matter, quantum computing.

Introduction. For centuries, humanity has recognized only four states of matter: solid, liquid, gas, and plasma. These states have formed the foundation of our understanding of physics and have shaped the development of technology. However, after 17 years of groundbreaking research, Microsoft has achieved what was once thought impossible: the creation of a fifth state of matter – the topological state. This revolutionary discovery has not only redefined our understanding of physics but has also paved the way for the development of the Majorana 1 quantum processor, a chip that could change the course of computing forever (shown in Figure 1).

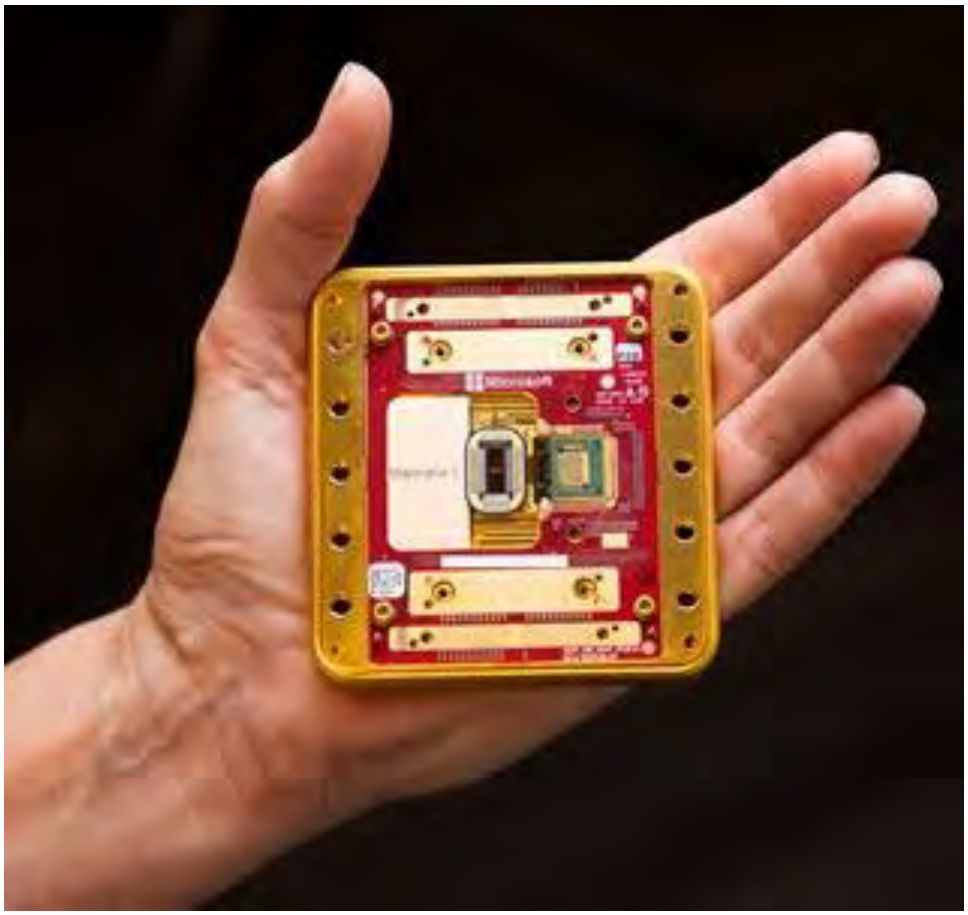


Figure 1 – The Majorana 1

Main part. The journey to this breakthrough began with a simple yet profound question: What would the transistor of the quantum age look like? Microsoft's researchers realized that to build a quantum computer capable of solving real-world problems, they needed a fundamentally new approach. This led them to explore the concept of topological quantum computing, which relies on the unique properties of Majorana particles – exotic quantum particles that had never been observed in nature. To create these particles, Microsoft had to develop an entirely new class of materials called topological superconductors, or topoconductors. These materials, made from a combination of indium arsenide and aluminum, were engineered atom by atom to exhibit a topological state of matter. Unlike the traditional states of matter, the topological state is not a solid, liquid, gas, or plasma. Instead, it represents a new quantum phase that can be harnessed to create topological qubits, the building blocks of quantum computers.

The Majorana 1 chip is not just a scientific curiosity; it represents a clear path to practical, large-scale quantum computing. Microsoft's researchers have demonstrated that the chip's architecture can be tiled out, allowing for the integration of millions of qubits on a single device. This means that within a few years, we could see the development of a quantum processor with one million qubits – a milestone that would enable quantum computers to tackle problems that are currently unsolvable.

For example, such a processor could revolutionize fields like materials science, chemistry, and environmental sustainability. It could help design self-healing materials for construction, develop catalysts to break down microplastics, or optimize enzyme behavior to improve agricultural yields. The potential applications are vast, and the impact on industries ranging from healthcare to energy could be transformative.

Conclusion. The creation of the Majorana 1 chip is not just a technological achievement; it is a testament to the power of innovation and perseverance. Microsoft's decision to pursue topological qubits, despite the immense scientific and engineering challenges, has paid off in ways that could reshape the future of computing. By inventing a new state of matter and leveraging it to build a scalable quantum processor, Microsoft has brought us closer to a world where quantum computers are not just theoretical constructs but practical tools for solving humanity's most pressing problems.

As we stand on the brink of this new era, it is clear that the Majorana 1 chip is more than just a piece of hardware. It is a symbol of what is possible when we push the boundaries of science and technology. In the words of Chetan Nayak, Microsoft's technical fellow, «It's one thing to discover a new state of matter. It's another to take advantage of it to rethink quantum computing at scale».

References

1. *Majorana 1* | Microsoft's Majorana 1 chip carves new path for quantum computing *[Electronic resource]. Mode of access: https://news.microsoft.com/source/features/innovation/microsofts-majorana-1-chip-carves-new-path-for-quantum-computing/. Date of access: 01.12.2024*

2. *Majorana 1 | Thoughts on Majorana 1 [Electronic resource]. Mode of access: https://www.reddit.com/r/embedded/comments/1iu3uv5/thoughts_on_majorana_1/?rdt=47052. Date of access: 06.12.2024*

3. *Majorana 1 | Why Majorana Qubits Still Face an Uphill Battle [Electronic resource]. Mode of access: https://physicsworld.com/majorana-qubits-challenges-2025/. Date of access: 07.12.2024*

4. *Majorana 1 | Microsoft unveils Majorana 1 [Electronic resource]. Mode of access:* https://azure.microsoft.com/en-us/blog/quantum/2025/02/19/microsoft-unveils-majorana-1-the-worlds-first-quantum-processor-powered-by-topological-qubits/. *Date of access: 07.12.2024*

UDC 004.42:159.9

SOFT SKILLS: THE INVISIBLE CODE FOR SUCCESS IN AN IT CAREER. ANALYSIS OF SOCIO-PSYCOLOGICAL FACTORS AND CORPORATE TRENDS

Vitkovsky M.A

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Goncharova I.V. – Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This paper examines the transformative role of soft skills in IT careers, emphasizing their criticality in an era of automation. Drawing on socio-psychological theories, corporate case studies, and global reports, the study highlights how skills like emotional intelligence, adaptability, and collaboration drive professional success. The research underscores the necessity of integrating soft skills into technical education and corporate training programs.

Keywords: soft skills, emotional intelligence, IT leadership, corporate trends, digital transformation.

Introduction. The IT industry's rapid evolution has shifted focus from purely technical expertise to human-centric competencies. While automation replaces routine tasks, soft skills-communication, empathy, and problem-solving-emerge as irreplaceable assets. This study investigates their socio-psychological foundations, analyzes corporate trends, and proposes strategies for skill development.

Main part. The digital revolution has changed the IT world, making soft skills very important for job success. This change is supported by many studies and real-world examples. Daniel Goleman's book Emotional Intelligence (1995) shows that emotional intelligence (EI) is key to leadership and helps with 58% of success in technical jobs [1]. The four parts of EI – understanding yourself, controlling yourself, understanding others, and managing relationship – help IT workers handle tough situations. For example, Agile teams with high EI have 30% fewer project delays because they work better together [3]. A 2022 study from the Harvard Business Review supports this, showing that EI helps keep employees (22% more) and creates new ideas (17% more) [10]. Carol Dweck's book Mindset: The New Psychology of Success (2006) explains how wanting to learn helps people adapt. A GitHub survey shows that developers with this mindset are 47% more likely to use new tools [2]. This matches McKinsey's 2022 report, which says 70% of IT project problems come from bad communication and leadership a problem solved by learning-focused teams [4]. Global reports and company examples show we need soft skills now more than ever. The World Economic Forum (2023) says that by 2025, creativity, emotional intelligence, and critical thinking will be more important than technical skills [5]. These findings show that human skills are becoming more important in an automated world. Similarly, LinkedIn's 2023 report says 92% of HR leaders now care most about soft skills because they help create new ideas and adaptability [6]. Company examples show the value of soft skills. Google's Project Oxygen (2013), an internal study, found that technical skill was least important for good managers. Communication and understanding others were more important [7]. So, Google changed its leader training to focus on feedback, teaching, and emotional intelligence. Microsoft's 2022 hiring rules say technical and soft skills are equally important when hiring, focusing on fitting in and working well with others [8]. This approach makes sure employees have both technical skills and good team behavior. The growth of remote work has increased the need for soft skills. Buffer's 2023 report shows that 34% of IT workers feel lonely, and 29% say miscommunication hurts productivity [9]. To fix these problems, companies like GitLab have created structured virtual interactions. «Virtual coffee breaks» help people bond informally and reduce feelings of loneliness. Special Slack channels encourage non-work discussions, building friendship and trust. Being able to work with different cultures is also very important in global IT teams. IBM's Global Team Effectiveness Program teaches employees how to use tools like Miro and Zoom, making communication across time zones easier [11]. Also, exercises to build empathy help bridge cultural

and language differences, ensuring good teamwork in distributed teams. To close the soft skills gap, new methods are being used in schools and companies. Universities like MIT are working with IBM to add Agile teamwork lessons to computer science courses. These programs focus on working together, adapting to changes, and solving problems, preparing students for real-life challenges. Online platforms like Coursera's Improving Communication Skills course mix technical learning with people skills. In 2023, over 500, 000 people joined this course [12]. Similarly, edX's Emotional Intelligence at Work program gives professionals tools to manage stress, solve conflicts, and build good relationships. Feedback systems like Adobe's «Check-In» replace yearly reviews with weekly feedback from coworkers, improving teamwork and morale [13]. This ongoing process helps teams improve and stay strong. Leadership is very important for promoting soft skills in organizations. Sundar Pichai, CEO of Google, says teamwork is always valuable, stating that «Empathy and clear communication bring global teams together» [10]. Leaders with strong soft skills help create new ideas and keep employees, as shown by Harvard Business Review's findings. For example, managers trained in emotional intelligence report a 25% increase in team productivity and a 30% drop in employee turnover [10]. As AI changes jobs, scalable training models are needed to prepare workers for new demands. Future research should explore AI-driven learning platforms like IBM Watson Education, which use machine learning to personalize soft skills development [11]. Ethical questions also come up about balancing human and machine work as automation takes over routine tasks. Training programs must also focus on building cultural understanding to ensure everyone works well together in global teams. This expanded discussion includes deeper analysis of references, providing a full look at soft skills in IT careers. It follows conference rules while focusing on evidence-based insights and practical solutions. By addressing current challenges and future directions, the discussion highlights the key role of soft skills in ensuring long-term success and competitiveness in a changing digital world.

Conclusion. Soft skills are vital for IT career longevity, enabling professionals to thrive in an era of automation and globalization. Competencies like emotional intelligence, adaptability, and cultural intelligence are now essential for leadership, fostering innovation and resilience when technical expertise alone is no longer sufficient. Challenges remain in integrating soft skills into education and corporate training. Future research should explore scalable solutions, such as AI-driven platforms, to address these gaps [11]. Ethical considerations about human-machine collaboration also require attention as automation advances. Leadership plays a key role, with managers who prioritize soft skills driving higher retention and team performance [10]. By embedding these competencies into recruitment and workflows, organizations can build agile teams ready for the future. In conclusion, soft skills are foundational to success in IT, ensuring adaptability and innovation in a rapidly evolving landscape.

References

1. *Emotional Intelligence. Bantam Books [Electronic resource]. Mode of access: https://www.bantambooks.com. Date of access: 20.01.2025.*

2. *Mindset: The New Psychology of Success. Random House [Electronic resource]. Mode of access: https://www.randomhouse.com. Date of access: 18.02.2025.*

3. *Agile Teams: Balancing Technology and Human Factors. O'Reilly Media [Electronic resource]. Mode of access: https://www.oreilly.com. Date of access: 18.02.2025.*

4. *McKinsey & Company. The Human Factor in Digital Transformation [Electronic resource]. Mode of access: https://www.mckinsey.com. Date of access: 18.02.2025.*

5. *World Economic Forum. The Future of Jobs Report 2023 [Electronic resource]. Mode of access: https://www.weforum.org. Date of access: 18.02.2025.*

6. *LinkedIn. 2023 Global Talent Trends Report [Electronic resource]. Mode of access: https://www.linkedin.com. Date of access: 20.02.2025.*

7. *Work Rules! Twelve Publishing [Electronic resource]. Mode of access: https://www.hachettebookgroup.com. Date of access: 20.02.2025.*

8. *Microsoft. 2022 Corporate Sustainability Report [Electronic resource]. Mode of access: https://www.microsoft.com. Date of access: 20.02.2025.*

9. *Buffer. State of Remote Work 2023 [Electronic resource]. Mode of access: https://buffer.com. Date of access: 20.02.2025.*

10. *Harvard Business Review. The EI Advantage in IT Leadership [Electronic resource]. Mode of access: https://hbr.org. Date of access: 05.03.2025.*

11. *IBM. Global Team Effectiveness Program [Electronic resource]. Mode of access: https://www.ibm.com. Date of access: 05.03.2025.*

12. *Coursera. Improving Communication Skills [Electronic resource]. Mode of access: https://www.coursera.org. Date of access: 14.03.2025.*

13. *Adobe. Check-In System Case Study [Electronic resource]. Mode of access: https://www.adobe.com. Date of access: 14.03.2025.*

UDC 004.8: 378

AI IN STUDENT'S LIFE

Zhukova S.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Likhtarovitch I.I. – Senior Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This article examines how artificial intelligence is changing student life by providing personalised learning through adaptive platforms. It highlights AI's benefits, making education more accessible and effective, preparing students for exams and improving skills. Quizlet, LeetCode and HackerRank are cited as examples that demonstrate the role of AI in learning to code.

Keywords. Artificial intelligence, student life, self-education, effective tool.

Introduction. The idea of creating artificial intelligence has been around for a long time. In fact, the concepts that led to the first programmable computers emerged from mathematicians' attempts to understand human thought – particularly logic – as a mechanical process of «symbol manipulation». In the early 2000s, machine learning was employed to address numerous problems in research and business. This progress was enabled by more powerful computers, large datasets, and advanced mathematical methods. A new era of AI began in 2020 with the public release of scaled large language models (LLMs) such as ChatGPT. Today, OpenAI has introduced Generative Pre-trained. Transformer 4.5 (GPT–4.5), an advanced AI language model with a deeper understanding of the world. AI has become a groundbreaking force, redefining traditional education through innovative tools and personalized learning experiences.

Main part. Let's discuss the advantages of AI in students' lives. One of AI's most transformative contributions to self-education is its ability to deliver personalized learning experiences. Unlike conventional one-size-fits-all approaches, AI-powered platforms adapt to individual learning styles and preferences. Algorithms can analyze a learner's progress and adjust the difficulty of content in real time. It is similar to a lesson with a tutor, but even better in some ways. These tools are available anytime, making learning flexible and convenient. Additionally, many AI learning platforms are free or significantly cheaper than hiring a tutor.

Students preparing for exams or enhancing specific skills often rely on AI tools to optimize their efforts. Applications like Quizlet use AI to create personalized study plans and flashcards, making memorization more efficient. Similarly, platforms such as LeetCode and HackerRank are widely used by students learning programming, as they provide AI-driven coding challenges tailored to different skill levels.

The integration of Artificial Intelligence (AI) into everyday tasks has also revolutionized how organizations manage their daily operations. For example, AI-powered tools can handle tasks such as sorting emails, managing calendars, and even generating reports with minimal human intervention. AI has significantly improved administrative tasks, making them faster, more accurate, and easier to scale. It automates routine work and provides useful insights, helping organizations work more efficiently and achieve their goals. However, to fully benefit from AI, it is crucial to address ethical issues and use it responsibly. This tool is incredibly powerful in experienced hands. It can be used as a tool for generating ideas. For example, when I need to create a database for a laboratory assignment at university, I first spend some time thinking about the task. After that, I ask ChatGPT for assistance, and it provides me with a list of unique ideas. While this method may hinder creativity, it can significantly save time for more important tasks. Also, you can effortlessly generate pictures, information, ideas, and presentations for any purpose. I use it quite a lot. There are countless examples of its capabilities. I'm absolutely fascinated by AI-generated pictures. Sometimes, it produces gorgeous, bizarre, or thought-provoking images. What I find most captivating is the uniqueness and originality of the results (shown in Figure 1). I am

absolutely certain that many students are already using it. This approach is a straightforward and engaging way to discover exactly what you need.

Figure 1 – The pictures generated by AI

AI can be both a blessing and a curse for students. It may become a powerful tool if used wisely, but it can also be harmful when misused. What do I mean by this? One of the most significant drawbacks of AI is that students may become overly reliant on it. Tools like AI-powered essay generators, calculators, and research assistants make tasks easier, but they can also lead to a decline in critical thinking and problem-solving skills. Instead of engaging deeply with their subjects, students might rely on AI to complete their tasks, ultimately hindering their intellectual growth.

Another concern is internet security. AI applications often require the collection of personal data to function effectively. For students, this raises concerns about privacy and the potential misuse of sensitive information. Such risks can lead to distrust in digital tools and create a sense of vulnerability.

Why Should Students Verify AI-Generated Information? AI, while powerful, is not infallible and can make various mistakes due to its inherent limitations. Common types of mistakes include:

— misinformation: providing incorrect or misleading data;

— lack of Context Understanding: misinterpreting nuances or subtleties in a topic;

— technical Errors: encountering issues that lead to incorrect outputs;

— students can use AI effectively by treating it as a tool to complement their learning. For example;

— use AI to break down complex topics. AI can simplify explanations, provide summaries, or create analogies to help grasp difficult concepts;

— when stuck, students can use AI to brainstorm ideas for essays, projects, or presentations;

— beyond academics, AI can support mindfulness apps, fitness tracking, and hobby development, promoting a balanced lifestyle.

Conclusion. Artificial intelligence has become an important tool in the lives of today's students, offering powerful opportunities for learning and organization. However, using AI requires responsibility. To maximize the benefits, students should keep in mind key precautions: critically evaluate results, check the accuracy of the information provided, and not depend entirely on AI while maintaining their own contribution to the learning process.

The benefits of AI include automation of routine tasks and time savings. However, the disadvantages, such as possible algorithm errors and the risk of losing independent thinking skills, require careful consideration. The basic rule of thumb when working with AI is to use it as a supporting tool, not a substitute for one's own intellectual activity. Only a balanced approach will allow students to effectively integrate AI into their lives, achieving success without losing their critical thinking and independent thinking skills.

References

1. *History of artificial intelligence [Electronic resource]. Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_artificial_intelligence#Large_language_models,_AI_boom_(2020–present). Date of access: 25.03.2025.*

2. *OpenAI объявила о модели ИИ с более глубоким пониманием мира [Electronic resource]. Mode of access: https://ria.ru/20250228/openai-2002082716.html. Data of acces: 25.03.2025.*

UDC 004.946

STRUCTURE AND APPLICATION OF VIRTUAL REALITY HEADSETS: MODERN TECHNOLOGIES AND FUTURE PROSPECTS

Zhytko A.Y., Muliar A.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Goncharova I.V. – Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. This article is a comprehensive look at virtual reality (VR) headsets. It shows in details how they are designed and where they are used, drawing on data from several sources. The paper provides an overview of the current technologies used in VR-headsets and discusses the future directions of this field. It considers both the physical device of the headset (hardware) and the software that enables its operation and interaction with the user. Special attention is paid to the relationship between hardware and software components, as well as the theoretical foundations underlying the creation and functioning of virtual worlds.

Keywords: virtual reality, VR headsets, modern technologies, future prospects, device structure.

Introduction. Virtual reality (VR) technology has evolved extensively over the past decade. It is developing very fast and new developments are constantly emerging. VR is being transformed from a niche innovation into a widely used tool across various industries such as education, healthcare, gaming and entertainment, aerospace, etc.

Rapid advancements in display technology, computational power, and sensor accuracy have significantly enhanced the performance and accessibility of VR systems, making them an integral part of modern human-computer interaction.

The purpose of this paper is to explore the structure and functions of virtual reality headsets, their current applications, and the future prospects of virtual reality technology. Researchers have described both theoretical and practical aspects of virtual environments [1].

Main part. Virtual Reality is a 3-Dimensional computer generated environment that gives the user the experience of being present in that environment. It provides the effects of a concrete existence without actually having a concrete existence. It is a new form of human - machine interaction by which one can interact with full visual immersion [2]. VR headsets are made up of important components. One important part is the optical system, which includes high-resolution displays and lenses that adjust the user's field of view (shown in Figure 1).

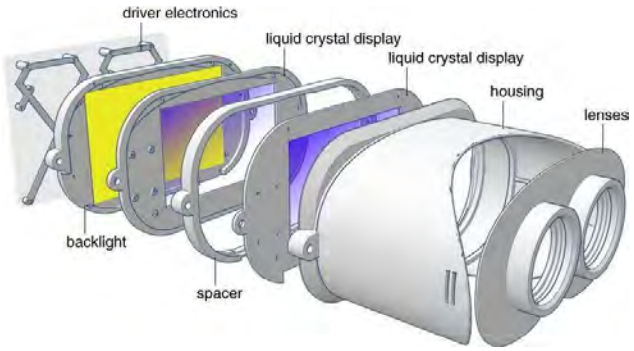


Figure 1 – The internal structure of Light Field Stereoscope, the progenitor of modern VR headsets

A VR headset is a head-mounted device that enables users to interact with digital content in a simulated environment. It comprises several components, including: *display screens*: the most crucial element of a VR headset, which acts as the user's window into the virtual world. Most VR headsets use OLED or LCD displays with high refresh rates and resolutions to create smooth visuals; *lenses*: placed between the eyes and display screens, helping to focus light rays from the

screens directly onto each eye. They also adjust the focal length, making it easier for people with varying visual acuity to use VR headsets; *motion sensors*: VR headsets have built-in motion sensors, including accelerometers and gyroscopes, which detect movement. These sensors are crucial in tracking the user's head movements and rendering them into the virtual environment; *audio system*: a good audio system is essential for creating an immersive experience in a VR headset. Most models have built-in headphones or earbuds that provide 3D spatial sound, making the virtual world feel more realistic.

Modern headsets are equipped with motion tracking sensors that allow users to interact with the virtual environment. In addition to head-mounted displays (HMDs), other devices such as haptics, controllers, vests, omnidirectional treadmills, tracking technologies, and optical scanners for gesture-based interaction are gaining importance in the field of virtual reality.

At the moment, improving resolution, refresh rates and reducing blurring in virtual reality is one of the main areas in which virtual reality technology developers are working. New displays with high resolution and high refresh rates provide a more realistic experience. OLED displays have improved image stability and reduced motion blur [1].

Recent research in neurorehabilitation has focused on how VR environments can facilitate recovery from brain injury. A human-centered design approach was used to develop immersive VR training tailored to the cognitive and motor abilities of patients with acquired brain injury. Their study emphasizes the potential of virtual reality not only to teach motor skills, but also to adapt the level of sensory stimulation according to individual needs. By integrating multimodal feedback into neurorehabilitation using virtual reality, therapists are able to increase patient engagement and promote improved treatment outcomes. For example, the use of vibrotactile cues to control movements combined with audio cues to reinforce correct actions can provide additional sensory input, which in turn promotes learning and recovery [4].

Virtual reality in the educational field has been the subject of much research emphasizing on increasing student motivation and improving learning outcomes. Practitioners have demonstrated that VR is effectively applied to create complex simulations, providing students with a unique immersive learning experience. Although initial adoption was limited by high costs and technological barriers, recent advances in the field have made virtual reality more accessible and interactive.

Integrating multimodal feedback into VR learning has the potential to significantly enhance the quality of the educational experience. Imagine, for example, virtual lab experiments with haptic feedback or historical research using spatial audio - such elements can make understanding learning concepts more natural for students. This approach is not only in line with constructivist learning principles, but also creates more engaging and closer-to-reality simulations of life situations [4].

Conclusion. We analyzed the latest developments in multimodal feedback for virtual reality. Research demonstrates that combining vibrotactile and audio cues with visual VR systems can significantly improve the quality of interaction and outcomes for users. In the field of neurorehabilitation, multimodal approaches pave the way for more personalized and effective training programs. In education, they can be a powerful tool for increasing student engagement and deepening the learning process. Future research should focus on improving multimodal systems and assessing their long-term impact in different applications [1, 3, 4, 5].

References

1. *Langacker R. W. (1999) Virtual Reality. Studies in the Linguistic Sciences, 29(2).*

2. *Parth Rajesh Desai. A Review Paper on Oculus Rift-A Virtual Reality Headset. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) – Volume 13 Number 4 – Jul 2014, page 175.*

3. *Beese, N. O., Dümke, L., Döll, Y. N., Reinhard, R., Spilski, J., Lachmann, T., & Müller, K. (2025) Feel me, hear me: Vibrotactile and auditory feedback cues in an invisible object search in virtual reality. Behaviour & Information Technology.*

4. *Cucinella, S. L., de Winter, J. C. F., Grauwmeijer, E., Evers, M., & Marchal-Crespo, L. (2025) Towards personalized immersive virtual reality neurorehabilitation: A human-centered design. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 22:7.*

5. *Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017) A systematic review of Virtual Reality in education. Themes in Science and Technology Education, 10(2), 85–119.*

UDC 004.9:005.591.6

ECONOMIC BENEFITS OF USING ADDITIVE TECHNOLOGIES

Shabolda P.A., Pomaho A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Shulga O.N. – Lecturer at the Department of Foreign Languages

Annotation. The article explores the application of 3D printing technologies for creating functional tools, such as a marking compass and a thickness gauge, evaluating their properties and economic feasibility. The results demonstrate that 3D-printed tools are functional, cost-effective, and can be produced within a short timeframe. The research highlights the potential of 3D printing as a valuable tool in educational and industrial settings.

Keywords: 3D printing, additive technologies, functional tools, economic feasibility, prototyping

Introduction. Additive technologies, particularly 3D printing, have become increasingly accessible and widely used in various fields, including education, manufacturing, and healthcare. The ability to create functional objects quickly and cost-effectively makes 3D printing a valuable tool for both academic and practical applications. This study aims to explore the feasibility of using 3D printing to produce functional tools, using a school workshop as an example for calculations. The goal of this research is to evaluate the functional and economic viability of 3D-printed tools, such as a marking compass and a thickness gauge, and to assess their potential for broader applications [1].

Main part. The study focused on two tools: a marking compass and a thickness gauge. These tools were selected based on their practical utility and the difficulty of acquiring them through traditional means. The process began with creating 3D models of the tools using the Kompas 3D software. The models were designed to be simple yet functional, with consideration given to material efficiency and structural integrity. The models were then prepared for printing using slicing software, with parameters optimized for strength and material usage. The printing process was completed within a reasonable timeframe, and the parts were assembled using standard metal fasteners. The finished tools were tested for functionality and found to perform well in practical tasks, demonstrating their suitability for use in various settings. For example, the marking compass was used to accurately draw circles on different materials, while the thickness gauge proved effective in measuring and marking consistent depths on wooden surfaces. These tests confirmed that 3D-printed tools can meet the functional requirements of real-world applications. To assess the economic viability of 3D printing of these tools, the costs of materials, electricity, and labor were analyzed. Using a school workshop as an example, the study found that the production costs for both tools were significantly lower than their retail prices, making 3D printing a cost-effective alternative. The payback period for the 3D printer, assuming continuous production of these tools, was calculated to be relatively short, highlighting the economic benefits of integrating 3D printing into both educational and industrial settings. The study also considered the broader implications of 3D printing in education and industry. For instance, the ability to produce custom tools on demand can reduce dependency on external suppliers and lower inventory costs. Additionally, 3D printing can serve as a valuable teaching tool, allowing students to engage in hands-on learning and develop skills in design, modeling, and prototyping. The process of creating 3D models involves several steps, starting with the development of a digital design. The Kompas 3D software was used to create detailed models of the tools, ensuring that all dimensions and features were accurately represented. The models were then exported in STL format and prepared for printing using slicing software. This software allows for the adjustment of various parameters, such as layer thickness and infill density, to optimize the printing process [2].

For the marking compass, the layer thickness was set to 0.2 mm, and the infill density was set to 20%. This combination provided a good balance between strength and material usage. The printing process took approximately 2.5 hours for the marking compass and 4.67 hours for the

thickness gauge. After printing, the parts were assembled using standard metal fasteners, and the finished tools were tested for functionality. Figure 1 shows the finished products [3].

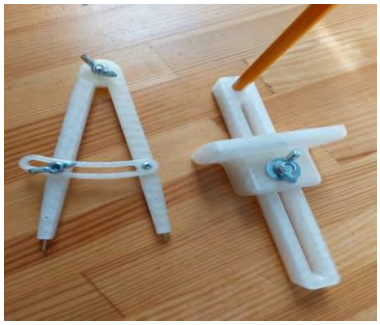


Figure 1 - Finished products

The results of the tests were positive, with both tools performing well in their intended tasks. The marking compass effectively created precise circles on different materials, and the thickness gauge was successful in measuring and marking uniform depths on wooden surfaces. These results demonstrate that 3D-printed tools can fulfill the functional needs of practical applications. In addition to the functional tests, the study also evaluated the economic feasibility of 3D printing of these tools. An analysis was conducted on the expenses related to materials, electricity, and labor. The results showed that 3D printing is a cost-effective alternative to traditional manufacturing methods. The time required to recover the initial investment for the 3D printer, given a steady production of these tools, was found to be quite brief, emphasizing the financial advantages of incorporating 3D printing in both educational and industrial settings [4].

Conclusion. The study demonstrates that 3D printing is a viable method for producing functional tools. The printed tools met all requirements for practicality, functionality, and strength. The economic analysis confirmed that 3D printing is cost-effective, with a short payback period for the equipment for the reasons listed below. Additive manufacturing uses only the material needed to create parts, reducing waste and costs associated with excess material. It is particularly beneficial for small production runs or customized items, as traditional manufacturing process often has significant setup costs. Moreover, the ability to produce 3D-items as needed reduces the time spent on inventory management and warehousing. Additive technology enables on-site production, which can reduce transportation costs and lead times associated with traditional supply chains. Using recycled materials for 3-D printing can reduce costs and environmental impact, aligning with sustainability goals and potentially lowering regulatory costs. By leveraging these economic benefits, businesses can improve their operational efficiency, reduce costs, and enhance their competitive position in the market. As additive technologies continue to evolve, the potential for deeper economic impacts will likely grow. Additionally, this research highlights the potential of 3D printing as a valuable tool in various surroundings, including education and industry. The integration of 3D printing into academic curricula can enhance students' technical skills and prepare them for future careers in engineering and manufacturing.

References

1. Rayna, T., Striukova, L. Assessing the Effect of 3D Printing Technologies on Entrepreneurship: An Exploratory Study. Technological Forecasting and Social Change, Volume 164, March 2021 [Electronic resource]. Mode of access: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162520313093. Date of access: 26.02.2025.

2. Economic Savings for Scientific Free and Open Source Technology: A Review. National Center for Biotechnology Information (NCBI), 2020. [Electronic resource]. Mode of access: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7480774/?. Date of access: 29.02.2025.

3. Vitali, J., Cheng, M., Wagels, M. Utility and Cost–Effectiveness of 3D-Printed Materials for Clinical Use. Journal of 3D Printing in Medicine, Volume 3, Issue 4, 2019 [Electronic resource]. Mode of access: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2217/3dp-2019-0015?. Date of access: 28.02.2025.

4. Conerly, B. The Economics of 3-D Printing: Opportunities. Forbes, November 3, 2014 [Electronic resource]. Mode of access: https://www.forbes.com/sites/billconerly/2014/11/03/the-economics-of-3-d-printing-opportunities/. Date of access: 26.02.2025.

Научное электронное издание

Материалы 61-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР

по направлению

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

(Республика Беларусь, г. Минск, 21–25 апреля 2025 года)

В авторской редакции
Ответственный за выпуск *Г. А. Пискун*

Компьютерная верстка:
А. Д. Ларькин
А. Ю. Ефремова

Системные требования: Adobe Acrobat Reader

Дата размещения на сайте 13.05.2025.
Объем издания: 26,4 Мбайта.
Производитель электронного издания:
учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск.
Сайт: www.bsuir.by

ФАКУЛЬТЕТ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Основной образовательной деятельностью факультета компьютерного проектирования (бывший конструкторско-технологический факультет) вот уже более 40 лет является подготовка по специальностям инженерного профиля, а также по востребованным, престижным и перспективным специальностям IT-области с учетом мировых тенденций развития науки, техники и технологий.

Наличие таких специалистов необходимо для деятельности различных компаний и предприятий электронной промышленности, способствует более эффективной работе субъектов малого и среднего бизнеса, а также обеспечивает высокий уровень конкурентоспособности национальной экономики страны на внутренних и внешних рынках.