

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



ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

**62-я научная конференция
аспирантов, магистрантов и студентов**

СБОРНИК СТАТЕЙ

13–17 апреля 2026 года
Минск, ИИТ БГУИР

УДК 004+621.3

ББК 32.97+32.81

Информационные системы и технологии : сборник статей 62-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 13-17 апреля 2026 г.) / Институт информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники; редкол. : А. И. Парамонов [и др.] – Минск, 2026. – 112 с.; ил.

В сборнике представлены статьи по материалам докладов 62-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (секция «Программная и компьютерная инженерия»).

Сборник может быть полезен аспирантам, магистрантам, студентам высших учебных заведений, научным и инженерно-техническим работникам, преподавателям.

Редакционная коллегия:

А.И. Парамонов, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных систем и технологий ИИТ БГУИР (руководитель секции «Программная и компьютерная инженерия»).

М.Л. Маковский, заместитель декана ФКТ ИИТ БГУИР (председатель комиссии по организации и проведению конференции «Информационные системы и технологии»).

С.В. Власюк, ведущий специалист ФКТ ИИТ БГУИР (заместитель председателя комиссии по организации и проведению конференции «Информационные системы и технологии»).

И.И. Шпак, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий ИИТ БГУИР.

С.А. Медведев, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий ИИТ БГУИР.

О.Ю. Кунцевич, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий ИИТ БГУИР.

А.Г. Савенко, магистр технических наук, старший преподаватель кафедры информационных систем и технологий ИИТ БГУИР.

Ответственность за достоверность публикуемых материалов несут их авторы.

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Институт информационных технологий, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

1	Веб-платформа для планирования путешествий и туристических маршрутов...	4
2	Мобильное приложение для изучения японского языка.....	8
3	Анализ данных окружающей среды для предупреждения обострений бронхиальной астмы.....	12
4	Анализ и повышение достоверности медицинских данных на основе фильтрации шумов.....	17
5	Программное средство для автоматизации работы приемной комиссии вуза	22
6	Программное средство тестирования и анализа результатов пользователей с использованием искусственного интеллекта.....	25
7	Программное средство автоматизации бизнес- процессов организации по оказанию охранных услуг.....	29
8	Автоматизация процедур проведения конкурсных мероприятий.....	33
9	Мобильное приложение ведения семейного бюджета.....	43
10	Прикладные задачи интеллектуальной обработки видеопотока.....	48
11	Программное средство для отслеживания спотового портфеля криптовалют. налоговый модуль.....	52
12	Веб-приложение для автоматизации оценки профессиональных навыков сотрудников.....	73
13	Веб-приложение для B2B-клиентов по автоматизации отслеживания статусов сделок перевозки автомобилей с интеграцией CRM Битрикс24.....	78
14	Анализ производительности SQL и NoSQL при различных профилях нагрузки (OLTP и OLAP).....	83
15	Программный модуль ведения документации испытательной лаборатории химических материалов.....	87
16	Программное средство для структурированного хранения учебно- методического комплекса.....	90
17	Мобильное игровое приложение «объёмная башня» на анализ рынка цифровых платформ для организации адаптивного обучения.....	99
18	Программное средство автоматизации работы фитнес-клуба.....	103
19	Программное средство автоматизации учёта сервисного обслуживания картриджей для печатной техники.....	106

УДК 004.4: 379.85

ВЕБ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПУТЕШЕСТВИЙ И ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ

Адарич К.А., студент гр.281076

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

Кунцевич О.Ю. – канд. пед. наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. В статье рассматривается разработка веб-платформы для планирования путешествий и туристических маршрутов, ориентированной на объединение всех этапов подготовки поездки в едином цифровом пространстве. Проведен анализ предметной области и существующих аналогов, обоснован выбор технологий, описаны процессы моделирования, проектирования архитектуры, реализации функциональных модулей и базы данных. Представлены результаты тестирования программного средства, а также технико-экономическое обоснование целесообразности его разработки и внедрения.

Ключевые слова. Веб-платформа, планирование путешествий, туристические маршруты, Angular, ASP.NET Core, IDEF0, Tailwind CSS, Angular Material, инфологическое проектирование, логическое проектирование, база данных, экономическая эффективность.

Процесс планирования путешествий включает в себя несколько этапов: выбор направления, составление маршрута, поиск жилья и транспорта, расчет бюджета, а также координацию действий между участниками поездки. На практике большинство пользователей используют сразу несколько различных сервисов, что делает подготовку путешествия неудобной и трудоемкой.

На сегодняшний день существует множество онлайн-сервисов, предназначенных для помощи туристам. Однако большинство из них решает только отдельные задачи, такие как бронирование билетов, поиск отелей или просмотр достопримечательностей. Это приводит к необходимости постоянно переключаться между различными платформами.

В рамках анализа были рассмотрены такие сервисы, как Google Travel, Triplt, Roadtrippers и Sygic Travel (таблица 1). Анализ показал, что данные решения имеют ряд ограничений: ограниченные возможности ручного редактирования маршрутов, отсутствие учета расходов, платный доступ к расширенному функционалу, а также недостаточное развитие социальных функций. В результате ни одно из рассмотренных решений не предоставляет пользователю полноценного инструмента для комплексного планирования путешествий.

Таблица 1 – Сравнение аналогов

Параметр	Google Travel	Triplt	Roadtrippers	Sygic Travel
Тип сервиса	Онлайн-сервис	Веб и мобильное приложение	Веб-приложение	Веб и мобильное приложение
Основная цель	Поиск/бронирование	Автоматизация маршрутов	Путешествия на авто	Планирование и бронирование
Построение маршрута вручную	Частично	Нет	Да	Да
Бесплатный доступ	Да	Частично	Частично	Частично
Учет расходов	Нет	Нет	Нет	Нет
Социальные функции (лайки, комментарии)	Нет	Нет	Нет	Нет
Русскоязычный интерфейс	Да	Нет	Нет	Частично

В связи с этим актуальной является задача разработки веб-платформы, которая объединяет основные функции планирования поездок в одном приложении.

Основные задачи системы:

- создание маршрута с указанием всей необходимой информации;
- добавление точек маршрута (достопримечательностей, отелей, ресторанов);
- хранение информации о каждой точке: название, краткое описание, адрес, стоимость;
- ведение бюджета и учет расходов, связанных с маршрутом;
- обмен маршрутами между пользователями, комментирование и оценка поездок.

Разрабатываемая система ориентирована на индивидуальных путешественников, туристические группы и пользователей, предпочитающих самостоятельно организовывать свои поездки.

Для разработки веб-платформы был выбран современный технологический стек, обеспечивающий надежность, удобство разработки и возможность дальнейшего расширения функционала.

Серверная часть приложения реализована на языке программирования C# с использованием фреймворка ASP.NET Core. Данный фреймворк позволяет создавать производительные веб-приложения, поддерживает архитектуру REST API и имеет встроенные средства для обеспечения безопасности [1].

Клиентская часть разработана с применением фреймворка Angular, который широко используется для создания одностраничных веб-приложений. Angular обеспечивает удобную работу с данными, динамическое обновление интерфейса и четкую структуру проекта [2]. Для оформления пользовательского интерфейса применялись Angular Material и Tailwind CSS, что позволило создать адаптивный и современный дизайн.

В качестве системы управления базами данных был выбран Microsoft SQL Server, обеспечивающий надежное хранение информации и поддержку сложных запросов. Для работы с базой данных использовалась технология Entity Framework Core. В процессе разработки применялись среды Visual Studio и Visual Studio Code.

Для описания функционирования системы использовалась методология IDEF0, позволяющая наглядно представить основные процессы и их взаимосвязи. Контекстная диаграмма показывает систему в ее окружении и демонстрирует, что приложение получает на вход данные и запросы от пользователей, обрабатывает их и формирует на выходе результаты в виде маршрутов, сводных данных, списков и т.п.

В результате декомпозиции были выделены основные функции системы: управление учетными записями пользователей, создание и редактирование маршрутов, добавление точек маршрута, учет расходов и социальное взаимодействие. Каждая функция имеет определенные входные и выходные данные.

Также была разработана диаграмма вариантов использования UML, которая позволяет определить границы системы, взаимосвязи между пользователями и программным продуктом, а также уточнить функциональные требования [3]. Диаграмма позволяет наглядно представить, какие действия доступны зарегистрированным и незарегистрированным пользователям. Разработанная диаграмма вариантов использования представлена на рисунке 1.

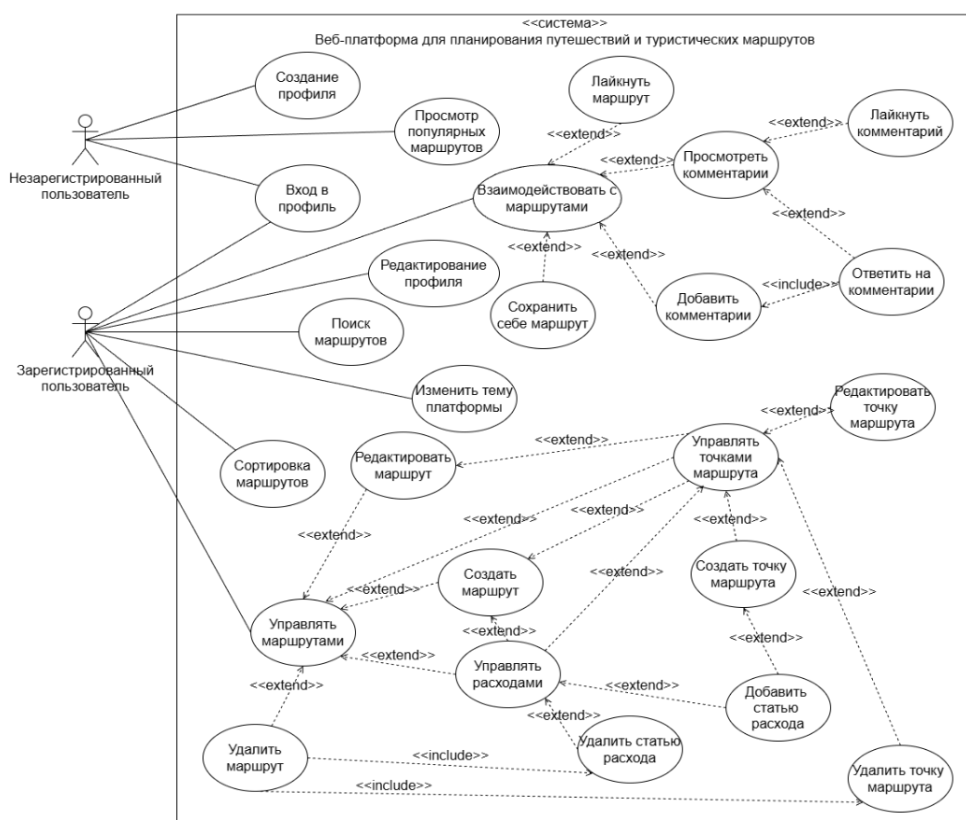


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Проектирование базы данных является важным этапом разработки веб-платформы. В ходе работы были выделены основные сущности, такие как пользователь, маршрут, точка маршрута, расход и комментарий. Между сущностями определены логические связи, обеспечивающие целостность данных. На рисунке 2 представлена инфологическая модель базы данных.

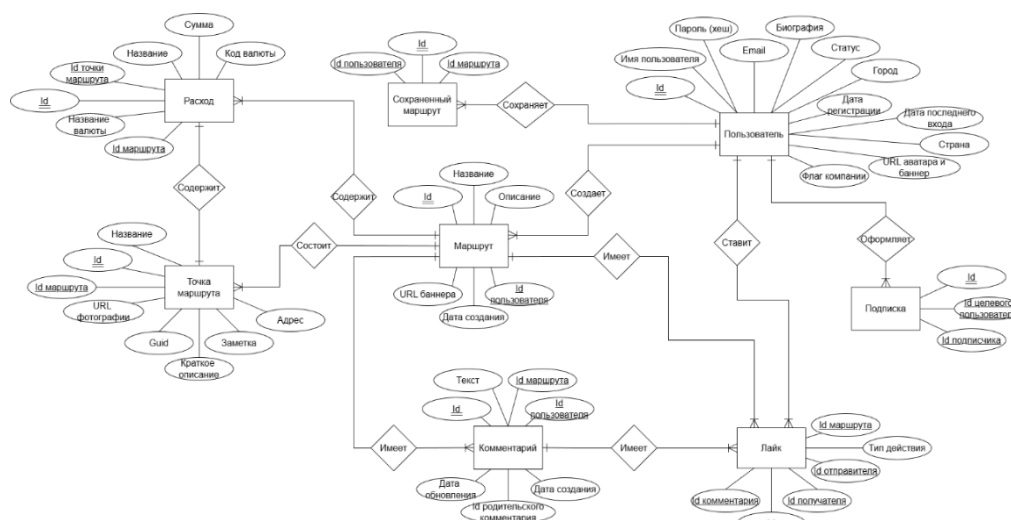


Рисунок 2 – Инфологическая модель базы данных

База данных была нормализована с целью устранения избыточности и повышения эффективности хранения информации. Определены все внешние ключи и правила каскадного удаления (Cascade, Restrict, ClientCascade). Используются ограничения уникальности для предотвращения дублирования подписок и сохраненных маршрутов. Типы данных выбраны с учетом EF Core и SQL Server (NVARCHAR для строк, DATETIME2 для дат, FLOAT для стоимости, BIT для логических полей). Физическая модель базы данных представлена на рисунке 3.

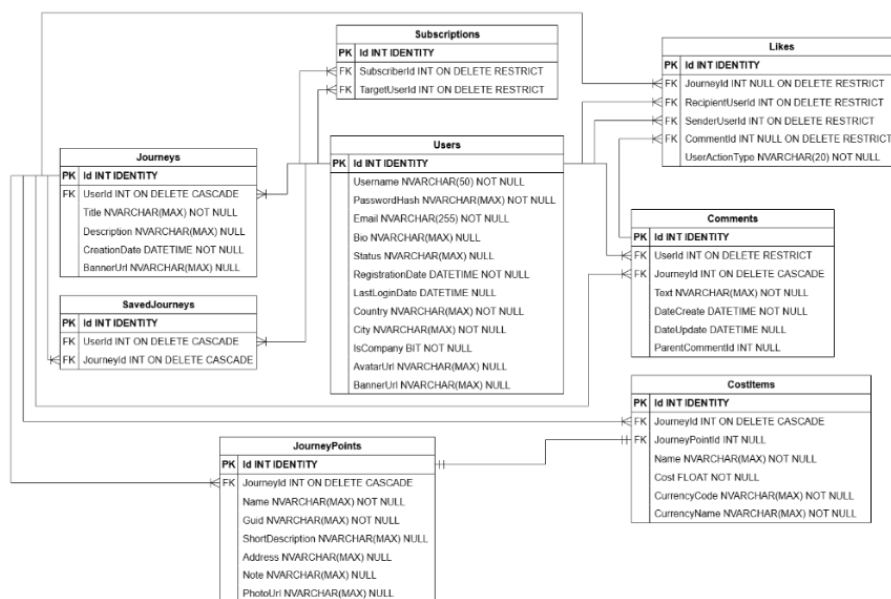


Рисунок 3 – Физическая модель базы данных

Разработанная структура базы данных обеспечивает удобную работу приложения и позволяет в дальнейшем расширять функциональные возможности системы без значительных изменений.

Веб-платформа реализована с использованием многоуровневой архитектуры, включающей уровень представления, бизнес-логику и уровень доступа к данным. Такое разделение приложения на части обеспечивает независимость слоев, уменьшает связанность компонентов и упрощает в дальнейшем внесение изменений без нарушения общей структуры системы. [4].

Тестирование программного средства проводилось путем проверки основных сценариев работы системы. В ходе тестирования была подтверждена корректная работа функциональных модулей, а также стабильность приложения при выполнении пользовательских операций.

В рамках технико-экономического обоснования были рассчитаны затраты на разработку веб-платформы, включая временные и трудовые ресурсы. Также была оценена потенциальная эффективность внедрения программного средства.

В процессе разработки были реализованы основные функции системы: регистрация и авторизация пользователей, создание и редактирование маршрутов, добавление точек маршрута, учет расходов, поиск маршрутов и элементы социального взаимодействия. На рисунке 4 представлена блок-схема работы программы.

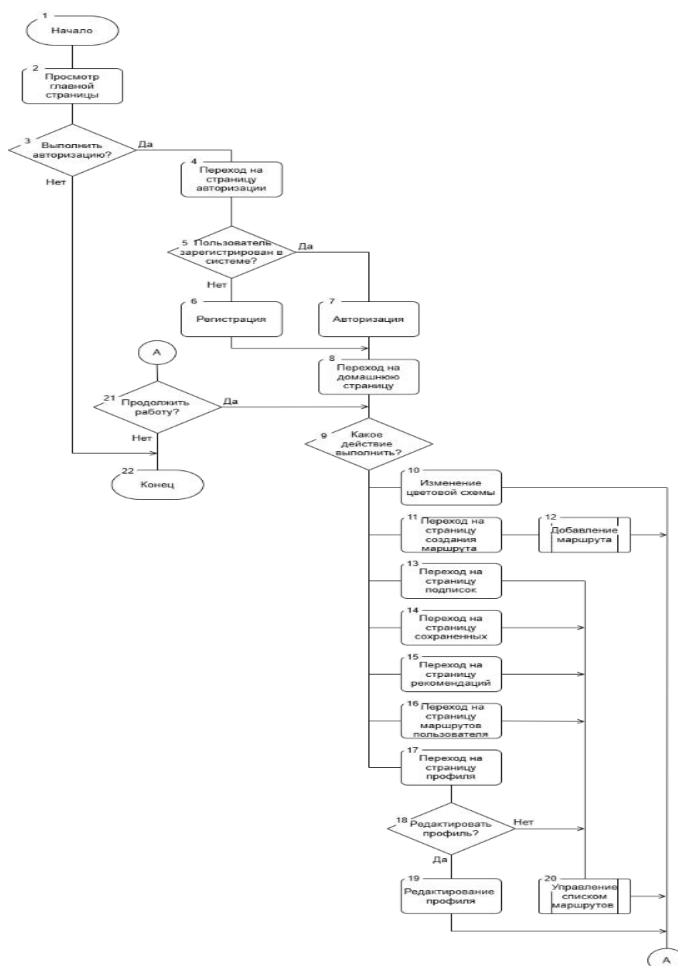


Рисунок 4 – Основной алгоритм

В результате работы была разработана веб-платформа для планирования путешествий и туристических маршрутов, объединяющая создание маршрутов, учет расходов и социальное взаимодействие пользователей. Анализ существующих решений показал актуальность разработки комплексного инструмента, устраняющего разрозненность сервисов и повышающего удобство планирования поездок. Реализованная система продемонстрировала корректную работу основных функций и перспективность применения в сфере туристических цифровых сервисов.

Список использованных источников:

1. Прайс, М. Д. С# 10 и .NET 6. Современная кросс-платформенная разработка / М.Д. Прайс. – Санкт-Петербург : Питер, 2023. – 848 с.
2. Фримен, А. Angular для профессионалов / А. Фримен ; пер. с англ. – Москва : Диалектика, 2023. – 800 с.
3. Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя : практическое руководство / Г. Буч, Дж. Рамбо, И. Якобсон ; пер. с англ. Н. Мухина. – 3-е изд. – Москва : ДМК Пресс, 2022. – 495 с.
4. Ричардс, М. Паттерны архитектуры программного обеспечения / М. Ричардс ; пер. с англ. Д. Дудкина. – 2-е изд. – Москва : O'Reilly Media, 2022. – 66 с.

UDC 004.4: 379.85

WEB PLATFORM FOR PLANNING TRIPS AND TOURIST ROUTES

Adarich K.A.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Kuntsevich O.Yu. – Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor

Annotation. The article focuses on a web platform for planning trips and tourist routes that integrates all stages of travel organization within a unified digital environment. It examines key aspects of travel planning, including route creation, data management, user interaction, and financial tracking, as well as compares the proposed solution with existing platforms. Special attention is given to the system architecture, applied technologies, and the practical relevance of the platform for individual travelers and tourism-related organizations.

Keywords. Web platform, travel planning, tourist routes, Angular, ASP.NET Core, IDEF0, Tailwind CSS, Angular Material, infological design, logical design, database, cost-effectiveness.

УДК 374.1

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЯПОНСКОГО ЯЗЫКА

Биневский И.А., студент гр.281073

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Власова Г.А. – канд. техн. наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. Данный проект посвящен разработке мобильного приложения для изучения японского языка, ориентированного на систематическое и интерактивное обучение. Обоснована актуальность изучения иностранных и восточных языков в условиях глобализации и сложности освоения японской письменности для носителей русского языка. Описана архитектура клиент-серверного приложения. Особое внимание уделено алгоритму сравнения кривых для тренировки написания иероглифов, повышающему эффективность усвоения письменности и обучения языку.

Ключевые слова. Мобильное приложение, изучение японского языка, электронное обучение, японская письменность, иероглифы, алгоритм сравнения кривых, клиент-серверная архитектура, мелкая моторика.

В эпоху глобализации и быстрого развития интернета знание иностранных языков становится ключевым фактором для личного и профессионального роста. Оно открывает доступ к новым знаниям и технологиям, позволяет читать литературу в оригинале без искажений перевода, расширяет кругозор и повышает уровень конкурентоспособности на рынке труда. Многие международные компании требуют от сотрудников владение хотя бы одним иностранным языком.

Особое внимание уделяется изучению восточных языков, поскольку они открывают доступ к уникальным культурным и деловым возможностям. Они позволяют выйти на одни из крупнейших и значимых рынков мира, с огромным потребительским потенциалом и значительным влиянием на глобальную торговлю. Япония – яркий пример такого рынка, поскольку она является одной из ведущих мировых экономик, центром высоких технологий и инноваций. Также Япония обладает богатым культурным наследием и значительным влиянием на мировую поп-культуру. Интерес к изучению японского языка проявляется как у студентов, так и у специалистов различных областей, включая бизнес, IT, искусство и гуманитарные науки. Большинство людей считают изучение иностранных языков важным для личного и профессионального роста. Согласно опросу всероссийского центра изучения общественного мнения от 30 сентября 2019 года [1], японский язык входит в число наиболее популярных азиатских языков для изучения. На рисунке 1 приведен результат опроса о том, какой иностранный язык важно и полезно изучать в настоящее время. Согласно данному опросу, японский язык занимает второе место среди названных восточных языков, сразу после китайского языка.

По Вашему мнению, какой иностранный язык важно и полезно изучать в настоящее время? (открытый вопрос, до пяти ответов, % от всех опрошенных, представлены ответы, названные не менее чем 1% респондентов)

	Все опрошенные
Английский	93
Французский	21
Китайский	48
Немецкий	32
Испанский	9
Японский	6
Итальянский	4
Арабский	3
Русский	2
Корейский	1
Турецкий	1
Все / любой / язык местности, в которой проживают	1
Никакой	0
Затрудняюсь ответить	2

Рисунок 1 – Результат опроса о выборе иностранного языка

При этом японский язык отличается высокой сложностью для носителей русского языка [2]. Его уникальная система письменности включает три основные части: хирагану, катакану и кандзи. Для свободного общения нужно выучить тысячи иероглифов, каждый из которых имеет несколько чтений. Грамматика, фонетика и культурные нормы вежливости сильно отличаются от индоевропейских языков. Все это делает процесс освоения японского языка очень трудоемким, долгим и требующим систематического подхода и часто заучивания наизусть.

Согласно корпоративному блогу Google от 2022 года, в мире насчитывается более трёх миллиардов активных устройств Android. Активными устройствами считаются те, которые в течение месяца хотя бы раз отметились в магазине приложений. Из всего этого можно сделать вывод, что мобильные устройства на базе операционной системы Android являются самыми популярными платформами для распространения мобильных приложений, что делает их оптимальным выбором для реализации проекта, а также подтверждает целевую аудиторию.

Существуют различные мобильные приложения, предлагающие пользователям возможность изучать различные иностранные языки, включая японский. Среди наиболее популярных можно выделить такие приложения, как Duolingo, LingoDeer и Busuu. Однако аналоги зависят от интернета, предоставляют поверхностную информацию, доступ к большинству функций доступен только при подписке, нет обучения письму, что является одним из главных недостатков при электронном изучении языка.

Данные условия обосновывают потребность в создании программного средства, которое могло бы облегчить обучение, сделав его более удобным, интерактивным, повседневным, таким, чтобы регулярная практика легко входила в привычку, и при этом оставалось доступным для широкой аудитории. Реализация проекта в виде мобильного приложения позволяет обеспечить данный ежедневный и систематический подход к обучению в любое удобное время, поскольку мобильные устройства стали частью повседневной жизни, сопровождая людей на протяжении всего дня.

Для разработки проекта была выбрана клиент-серверная архитектура. Клиентская часть представляет собой мобильное приложение, установленное на устройстве пользователя, а сервер обрабатывает запросы, выполняет логику приложения и взаимодействует с базой данных.

Для создания серверной части выбран фреймворк ASP.NET Core Web API, предоставляющий удобные средства для разработки REST-сервисов, передающих данные в формате JSON. База данных PostgreSQL хранит информацию о теоретических уроках, параметрах упражнений и данных пользователей. Это позволяет сохранять прогресс и синхронизировать данные между устройствами.

Клиентская часть реализована на кроссплатформенном фреймворке .NET MAUI, что обеспечивает возможность будущего расширения. Архитектура Model-View-ViewModel четко разделяет интерфейс, логику и данные. Для неизменной справочной информации, такой как список символов и их чтение, используется локальная база данных SQLite. Это позволяет приложению поддерживать базовый функционал, такой как просмотр справочной информации и прохождение базовых упражнений, без зависимости от интернета.

Архитектура разработанных баз данных, описанная при помощи физической модели, представлена на рисунке 2.

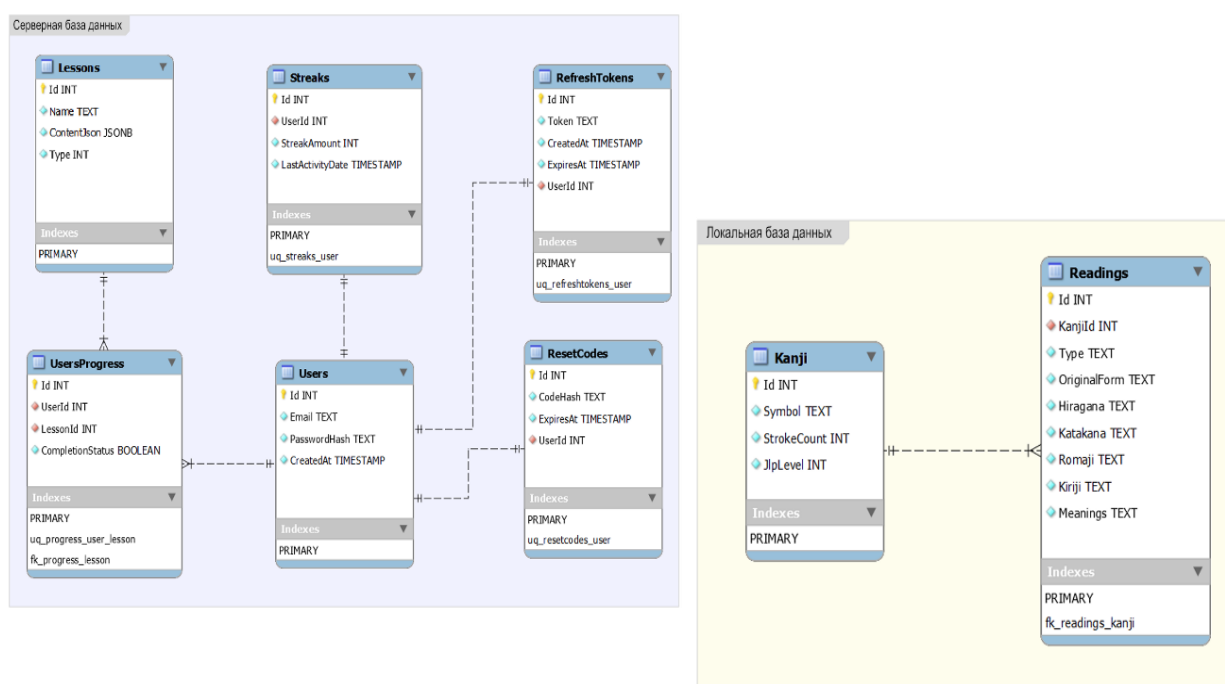


Рисунок 2 – Физическая модель баз данных

Данный проект реализовывает следующий функционал:

- регистрацию и аутентификацию пользователей;
- базовый функционал управления аккаунтом;
- отправку уведомлений;
- просмотр основной базовой информации об языке;
- доступ к теоретическим материалам в качестве уроков;
- прохождение упражнений в виде теста с выбором правильного ответа;
- доступ к тренировке рисования символов.

Основываясь на функционале и возможностях мобильного приложения, была построена диаграмма вариантов использования, представленная на рисунке 3.

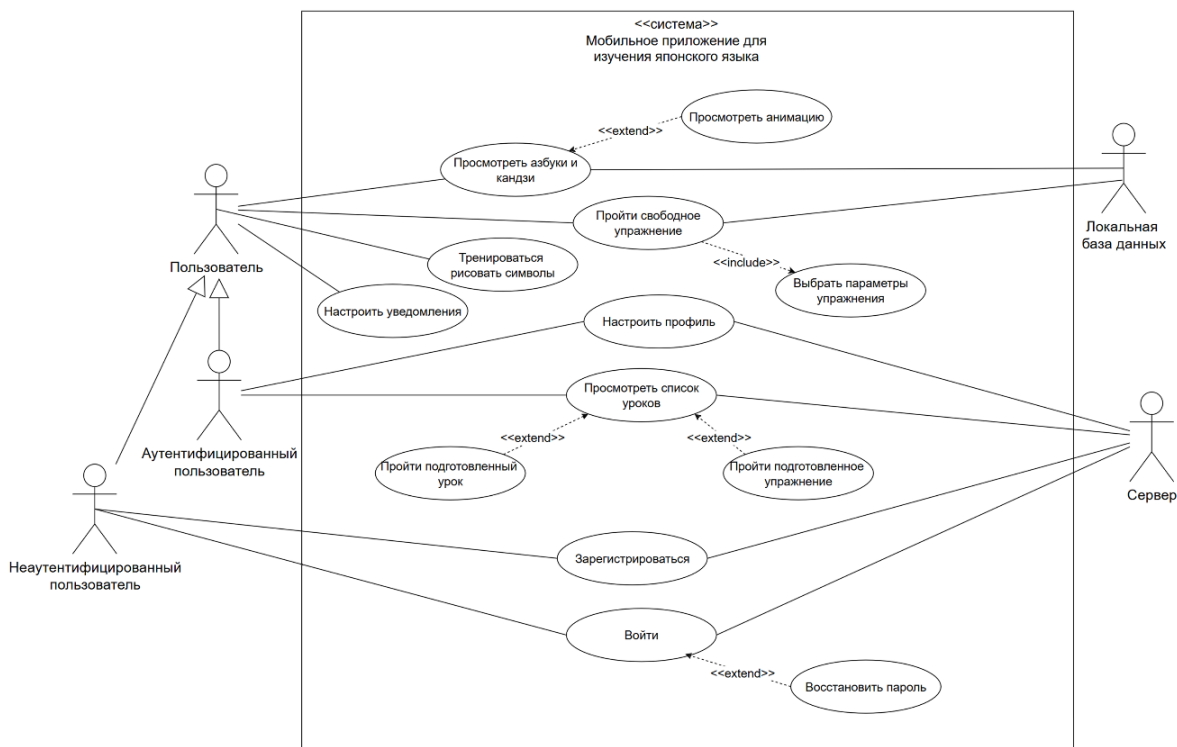


Рисунок 3 – Диаграмма вариантов использования

Основными актерами являются «Аутентифицированный пользователь», «Неаутентифицированный пользователь» и обобщенный актер «Пользователь», которые взаимодействуют с системой в соответствии с их уровнем доступа.

Неаутентифицированный пользователь тоже имеет доступ к базовому функционалу, для которого не нужна связь с сервером или интернетом. Кроме того, данный вид пользователей может провести аутентификацию доступа к остальным функциям программного средства.

Аутентифицированный пользователь имеет доступ к базовому функционалу и может взаимодействовать со своим профилем, а также проходить специально подготовленные уроки и упражнения, информация о которых берётся с сервера. Однако данный вид пользователей не может аутентифицироваться, поскольку он уже аутентифицирован.

Основной вид упражнений – это тест с четырьмя вариантами ответов, где пользователь должен выбрать правильный. Тесты формируются программно на основе полученных параметров, заданных пользователем, или параметров, взятых из базы данных, если выбрано стандартное упражнение для постепенного обучения. При выборе неправильного ответа засчитывается ошибка, при выборе правильного ответа происходит переход к следующему вопросу.

Одной из главных проблем обучения восточным на электронных устройствах является письменность. Написание сложных иероглифов с помощью клавиатуры занимает несколько секунд, но их воспроизведение на бумаге является гораздо более сложной задачей, особенно учитывая, что порядок штрихов и их направления важны при написании. Даже если пользователь различает символы по виду, это не обеспечивает, что он освоит моторику для их написания, так как за это отвечают разные участки мозга [3]. Для решения данной проблемы был разработан и реализован алгоритм, сравнивающий нарисованную пользователем кривую с эталонной. Данный алгоритм основан на анализе локальных характеристик, таких как направления сегментов и их сравнение вдоль нормализованной длины. Алгоритм позволяет учесть направление, точность и количество штрихов, введенных пользователем. Экран приложения, на котором пользователь может нарисовать японский символ и сравнить его с эталоном, приведен на рисунке 4.

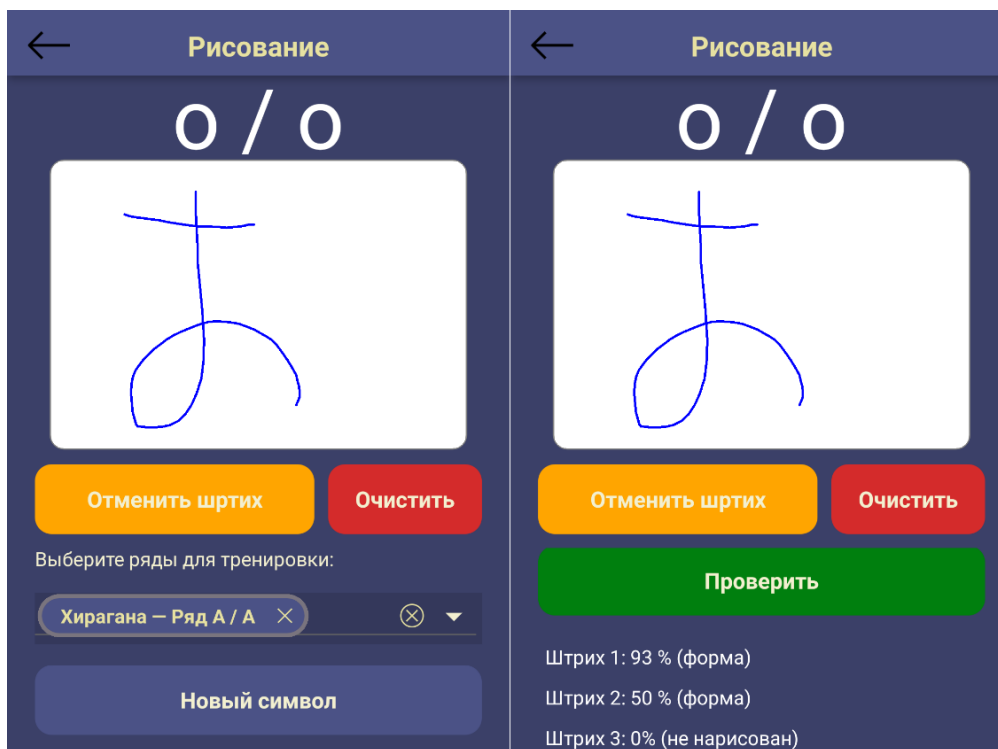


Рисунок 4 – Экран тренировки рисования

Несмотря на то, что электронное обучение языку не обеспечивает автоматическое обучение письму, исследования подтверждают, что, в свою очередь, обучение письменности позволяет лучше запоминать и изучать язык [4]. Также данный алгоритм подходит не только для обучения японской письменности, но и для развития мелкой моторики и когнитивных навыков в целом [5].

В результате реализации проекта было разработано мобильное приложение, предоставляющее не только весь необходимый функционал для изучения японского языка, но и предлагающее решение одной из самых ключевых проблем при электронном изучении нового языка: формирование навыков написания сложных иероглифов.

Список использованных источников:

1. Иностранный язык — перспективная инвестиция [Электронный ресурс] / ВЦИОМ. — Режим доступа: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/inostrannyj-yazyk-perspektivnaya-investicziya> — Дата доступа: 20.09.2025.
2. Осадчий, А. А. Сложности изучения языков с точки зрения русского языка: перцептивная оценка / А. А. Осадчий, С. В. Андросова // Гуманитарные исследования. История и филология. — 2025. — № 17. — С. 79–87.
3. Marano, G. The Neuroscience Behind Writing: Handwriting vs. Typing—Who Wins the Battle? / G. Marano, G. D. Kotzalidis, F. M. Lisci, M. B. Anesini, S. Rossi, S. Barbonetti, M. Mazza // Life. — 2025. — Т. 15. — № 3. — С. 345. — DOI: 10.3390/life15030345.
4. Wiley, R. W. The effects of handwriting experience on literacy learning / R. W. Wiley, B. Rapp // Psychological Science. — 2021. — Т. 32. — № 7. — С. 1086–1103. — DOI: 10.1177/09567976219931.
5. Бинеуский, И. А. Применение адаптивного алгоритма анализа кривых для развития мелкой моторики и когнитивных навыков на примере японской письменности / И. А. Бинеуский, Г. А. Власова // Непрерывное профессиональное образование лиц с особыми потребностями : сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12 декабря 2025 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: А. И. Яцук [и др.]. — Минск, 2025. — С. 20–25.

UDC 374.1

MOBILE APPLICATION FOR LEARNING THE JAPANESE LANGUAGE

Bineuski I.A.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Vlasova G.A. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. This project is devoted to the development of a mobile application for learning the Japanese language, focusing on systematic and interactive education. The relevance of studying foreign and Oriental languages in the context of globalization is substantiated, along with the complexity of mastering Japanese writing for native Russian speakers. The architecture of the client-server application is described. Special attention is paid to a curve comparison algorithm for practicing character writing, which enhances the efficiency of mastering the writing system and language learning.

Keywords. Mobile application, Japanese language learning, e-learning, Japanese writing system, hieroglyphs, curve comparison algorithm, client-server architecture, fine motor skills.

УДК 616.248:681.5

АНАЛИЗ ДАННЫХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБОСТРЕНИЙ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ

Василевская В.С., студент гр.481578

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Институт информационных технологий*

г. Минск, Республика Беларусь

Скудняков Ю.А. – канд. техн. наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. В работе рассматривается задача предупреждения обострений бронхиальной астмы на основе анализа данных окружающей среды. Предлагается архитектура информационной системы, осуществляющей сбор и обработку данных о концентрации взвешенных частиц (PM_{2.5}, PM₁₀), метеорологических параметрах и уровне аллергенов. В качестве основного метода используется корреляционный анализ с учетом временных лагов между воздействием факторов и клиническим проявлением. На основе выявленных зависимостей формируется индекс риска и реализуется механизм оповещения пользователя. Показана возможность практического применения предложенного подхода и определены направления дальнейшего развития, связанные с персонализацией прогнозирования.

Ключевые слова. Бронхиальная астма, анализ данных, PM_{2.5}, PM₁₀, корреляционный анализ, интернет вещей, прогнозирование, окружающая среда.

Введение. Бронхиальная астма является одним из наиболее распространённых хронических заболеваний дыхательной системы, характеризующимся наличием воспалительного процесса в дыхательных путях и сопровождающимся периодическими обострениями различной степени тяжести. Данные обострения оказывают существенное негативное влияние на общее состояние пациентов, значительно снижая качество их жизни, ограничивая физическую активность и повышая риск госпитализаций.

В ряде случаев неконтролируемое течение заболевания может приводить к развитию осложнений и увеличению нагрузки на систему здравоохранения.

Одним из ключевых факторов, провоцирующих возникновение обострений, являются параметры окружающей среды. К таким параметрам относятся уровень загрязнения атмосферного воздуха (включая концентрацию мелкодисперсных частиц и вредных газов), метеорологические условия (температура, влажность, атмосферное давление), а также концентрация аллергенов, таких как пыльца растений, споры грибов и бытовые аллергены.

Влияние данных факторов может носить как краткосрочный, так и накопительный характер, что усложняет своевременное выявление риска ухудшения состояния пациента.

На основе результатов первичного исследования определяется направление дальнейшей диагностики и представление патологии заболевания.

Проведение инструментальных исследований позволяет подробно изучить причины возникновения и суть процесса протекания бронхиальной астмы.

Применяя одну из первоначальных и основных спирометрических методик можно оценить объем легких, функциональное состояние бронхов как важного стандарта пульмонологического обследования.

В качестве динамического исследования используют пикфлоуметрию с применением медицинского прибора, с помощью которого оценивается функциональная сохранность бронхов и легких для подтверждения диагноза.

Кроме того, дополнительно возможно применение методов диагностики путем проведения ЭКГ, рентгенографии и бронхоскопии при сомнении в результатах, полученных в процессе диагностирования.

Современные подходы к мониторингу состояния пациентов с бронхиальной астмой в большинстве случаев ориентированы на реактивное лечение, при котором терапевтические меры принимаются уже после возникновения симптомов или обострения. При этом превентивные методы, направленные на предупреждение ухудшения состояния на основе анализа внешних факторов и прогнозирования риска, остаются недостаточно развитыми и внедрёнными в практику. Это обусловлено как сложностью сбора и обработки разнородных данных, так и отсутствием интегрированных решений, объединяющих медицинские и экологические показатели.

С развитием технологий интернета вещей (IoT), а также с ростом доступности открытых экологических данных и сенсорных систем мониторинга окружающей среды, появляется возможность создания интеллектуальных систем раннего предупреждения обострений бронхиальной астмы. Такие системы способны в режиме, близком к реальному времени, анализировать совокупность факторов риска, выявлять потенциально опасные условия и информировать пациента или медицинский персонал о вероятности ухудшения состояния.

Целью данной работы является разработка подхода к оценке риска обострений бронхиальной астмы на основе корреляционного анализа данных окружающей среды, включая выявление значимых зависимостей между внешними факторами и состоянием пациента, а также проектирование архитектуры соответствующей информационной системы. Предполагается, что предложенный подход позволит повысить эффективность профилактики обострений, снизить частоту госпитализаций и улучшить качество жизни пациентов за счёт своевременного информирования и принятия превентивных мер.

Основная часть. Обострения бронхиальной астмы в значительной степени обусловлены воздействием различных факторов окружающей среды, которые могут выступать как триггерами острых состояний, так и факторами, усугубляющими хроническое течение заболевания. Влияние этих факторов носит комплексный характер и зависит от их сочетания, интенсивности и длительности воздействия. Наиболее значимыми среди них являются концентрация взвешенных частиц в атмосферном воздухе (PM), метеорологические условия и уровень биологических аллергенов.

Взвешенные частицы (PM_{2.5} и PM₁₀) представляют собой аэрозольные загрязнители, состоящие из смеси твёрдых и жидких микрочастиц, находящихся в воздухе. Основными источниками их образования являются выбросы автотранспорта, промышленная деятельность, сжигание топлива и природные процессы. Частицы PM_{2.5} обладают особенно высокой проникающей способностью: они способны проникать в глубокие отделы дыхательной системы, включая бронхиолы и альвеолы, вызывая воспалительные реакции и повреждение тканей. Это приводит к повышению чувствительности дыхательных путей и увеличению вероятности развития обострений бронхиальной астмы [1-3]. Согласно рекомендациям World Health Organization, существует прямая зависимость между увеличением концентрации мелкодисперсных частиц в воздухе и ростом заболеваемости респираторными заболеваниями, а также частотой госпитализаций.

Метеорологические параметры, такие как температура воздуха, относительная влажность, атмосферное давление и скорость ветра, также оказывают значительное влияние на состояние пациентов с бронхиальной астмой. Резкие колебания температуры могут вызывать рефлекторный бронхоспазм, особенно при вдыхании холодного воздуха. Высокая влажность способствует увеличению концентрации биологических аллергенов и развитию плесневых грибов, тогда как низкая влажность может приводить к пересушиванию слизистой оболочки дыхательных путей. Кроме того, погодные условия влияют на распространение загрязняющих веществ в атмосфере, что дополнительно усиливает их воздействие на организм человека.

Дополнительным значимым фактором являются аллергены, включая пыльцу растений, споры грибов, клещей домашней пыли и другие биологические агенты. Их концентрация в окружающей среде подвержена сезонным колебаниям и зависит от климатических условий и географических особенностей региона. Воздействие аллергенов особенно критично для пациентов с аллергической формой бронхиальной астмы, поскольку приводит к активации иммунного ответа и развитию воспалительных процессов в дыхательных путях. Данная зависимость подтверждается рядом клинических исследований, результаты которых рассмотрены в работах [4–10], в которых показана значительная роль аллергенов в развитии и обострении заболевания.

Таким образом, совокупность указанных факторов формирует сложную и динамическую среду риска, в которой вероятность возникновения обострений определяется не отдельным параметром, а их комбинацией и взаимным влиянием. Это обуславливает необходимость комплексного анализа данных окружающей среды и разработки методов, позволяющих учитывать многомерность и изменчивость внешних воздействий при оценке состояния пациентов.

Для реализации задачи прогнозирования обострений предлагается архитектура информационной системы, основанная на принципах распределённой обработки данных и использовании edge-вычислений.

В качестве вычислительного узла используется *Raspberry Pi* (одноплатный компьютер на Linux размером с банковскую карту), обеспечивающий локальный сбор и предварительную обработку данных. Это позволяет снизить задержки обработки и обеспечить автономность системы.

На рисунке 1 представлена архитектура системы мониторинга и прогнозирования обострений заболевания.

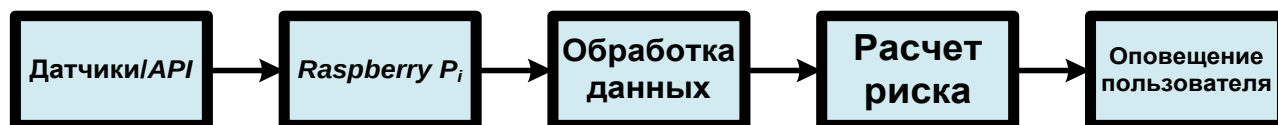


Рисунок 1 – Архитектура системы мониторинга и прогнозирования обострений заболевания

Источниками данных являются:

- внешние API (метеорологические данные, качество воздуха);
- локальные сенсоры (PM_{2.5}, PM₁₀, температура, влажность);

– сервисы мониторинга аллергенов.

Собранные данные поступают в модуль обработки, где выполняется их предварительная фильтрация, нормализация и агрегация. Далее данные передаются в аналитический модуль, реализующий оценку риска.

Результаты анализа используются для формирования предупреждений, направляемых пользователю через интерфейс системы.

Рассматриваемая архитектура соответствует современным тенденциям развития интернета вещей, описанным в работах Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies [11], и обеспечивает масштабируемость и гибкость системы.

В качестве основного метода оценки взаимосвязи между параметрами окружающей среды и обострениями бронхиальной астмы в данной работе используется корреляционный анализ. Данный метод позволяет количественно оценить степень зависимости между различными переменными и выявить наличие статистически значимых связей между воздействием внешних факторов и изменениями состояния пациента.

Для количественной оценки зависимости применяется коэффициент корреляции Пирсона, широко используемый в статистическом анализе для определения силы и направления линейной связи между двумя переменными [12].

Особенностью рассматриваемой задачи является наличие временной задержки между воздействием факторов окружающей среды и проявлением симптомов заболевания. Реакция организма на изменение качества воздуха, погодных условий или уровня аллергенов может проявляться не мгновенно, а спустя определённый промежуток времени — от нескольких часов до нескольких суток. В связи с этим вводится понятие временного лага, учитывающего сдвиг во времени между наблюдаемыми параметрами и откликом системы.

Корреляция рассчитывается с учетом временного сдвига:

$$r = \text{corr}(X(t), Y(t + \Delta t)),$$

где:

- $X(t)$ – значение экологического параметра (например, PM2.5);
- $Y(t + \Delta t)$ – наличие симптомов через промежуток времени Δt .

Для учёта данного эффекта проводится анализ корреляции с различными значениями временного лага, при котором один из временных рядов (например, концентрация PM2.5) последовательно сдвигается относительно другого (например, показатели симптомов пациента). Это позволяет определить временной интервал, при котором наблюдается максимальная корреляция, что может свидетельствовать о наиболее вероятном времени реакции организма на воздействие конкретного фактора. На рисунке 2 показана зависимость коэффициента корреляции между концентрацией PM2.5 и симптомами от временного лага.

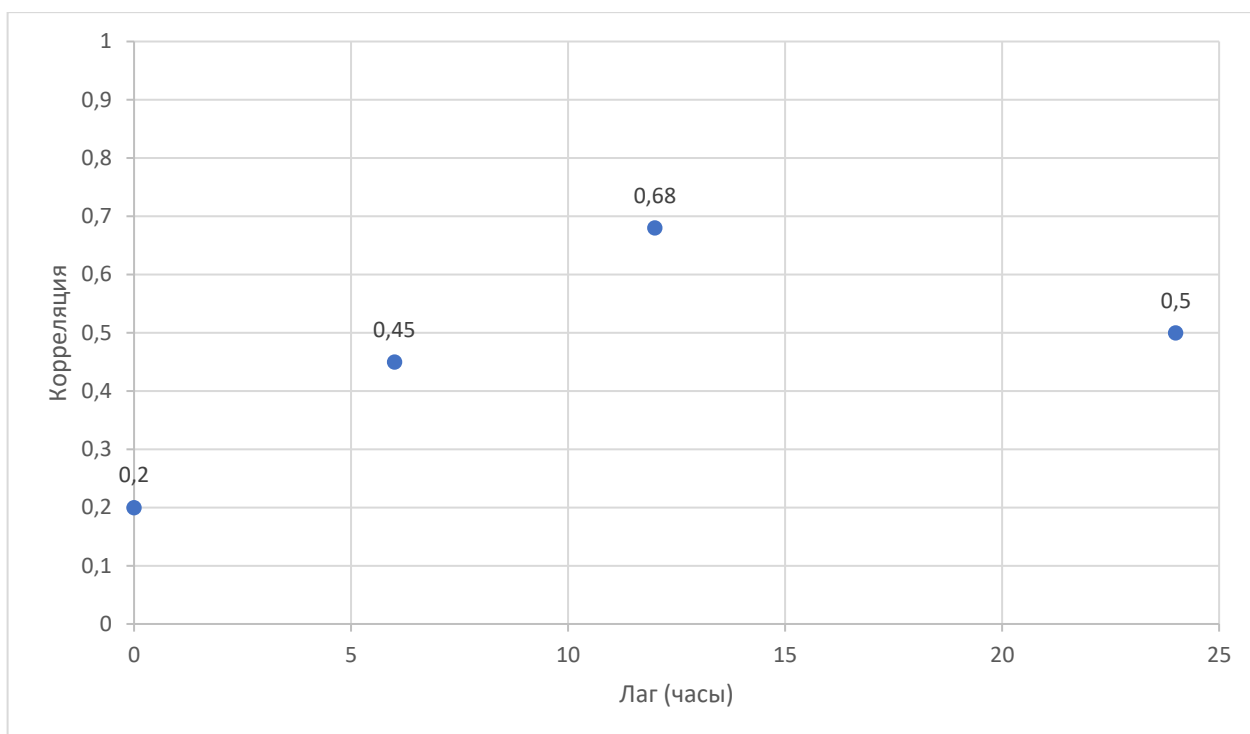


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента корреляции между концентрацией PM2.5 и симптомами от временного лага

На основе полученных коэффициентов формируется интегральный показатель риска:

$$Risk = \sum_{i=1}^n w_i \cdot X_i,$$

где:

- X_i – нормализованные значения факторов;
- w_i – веса, пропорциональные коэффициентам корреляции.

Такой подход обеспечивает интерпретируемость модели и позволяет учитывать вклад каждого фактора в общий риск.

Работа системы реализуется в виде последовательности этапов:

- сбор данных из внешних источников и сенсоров;
- предобработка данных (очистка, нормализация, синхронизация по времени);
- расчет корреляционных зависимостей с учетом временных лагов;
- формирование интегрального показателя риска;
- генерация предупреждений при превышении заданных пороговых значений.

Результаты анализа могут быть представлены в виде уровней риска (низкий, средний, высокий), что упрощает интерпретацию для пользователя.

В качестве одного из ключевых направлений дальнейшего развития разрабатываемой системы предлагается расширение её функциональных возможностей за счёт внедрения мобильного приложения, ориентированного на взаимодействие с конечным пользователем.

Такое приложение позволит пациенту в удобной форме фиксировать субъективные симптомы, общее самочувствие, а также эпизоды обострений бронхиальной астмы, включая их частоту, продолжительность и предполагаемые причины.

Дополнительно может быть реализована возможность ввода информации о принимаемых лекарственных препаратах и уровне физической активности.

Систематический сбор пользовательских данных обеспечит формирование индивидуальной базы наблюдений для каждого пациента, отражающей особенности течения заболевания в динамике. Наличие таких данных создаёт предпосылки для проведения более глубокого анализа, направленного на выявление скрытых закономерностей и триггеров, характерных для конкретного пользователя, что невозможно при использовании исключительно обезличенных или усреднённых данных.

Интеграция пользовательских данных с параметрами окружающей среды, такими как уровень загрязнения воздуха, метеорологические условия и концентрация аллергенов, позволит формировать комплексные обучающие выборки.

На основе этих выборок становится возможным применение методов машинного обучения для построения прогностических моделей.

Использование таких методов обеспечит постепенный переход от обобщённых моделей оценки риска, основанных на среднестатистических зависимостях, к персонализированным моделям прогнозирования, учитывающим индивидуальные особенности организма пациента, его чувствительность к различным внешним воздействиям и историю заболевания.

Персонализированные модели прогнозирования могут учитывать широкий спектр факторов, включая:

- индивидуальные реакции пациента на концентрации взвешенных частиц PM2.5 и PM10, включая пороговые значения, при которых возрастает риск обострения;
- влияние метеорологических условий (температура, влажность, атмосферное давление) и их резких изменений на состояние дыхательной системы;
- воздействие аллергенов с учётом сезонности и географических особенностей;
- динамику субъективных симптомов, фиксируемых пользователем, а также их взаимосвязь с объективными параметрами окружающей среды.

Дополнительно перспективным направлением является внедрение адаптивных алгоритмов, способных автоматически корректировать модель прогнозирования по мере накопления новых данных, что позволит повышать точность предсказаний с течением времени.

Также возможно использование методов интеллектуального анализа данных для выявления ранее неизвестных факторов риска и сложных нелинейных зависимостей между параметрами.

Таким образом, интеграция мобильного приложения с системой мониторинга окружающей среды и аналитическим модулем позволит не только повысить точность прогнозирования обострений бронхиальной астмы, но и трансформировать систему в полноценный инструмент профилактического здравоохранения.

Такая система будет способствовать раннему выявлению неблагоприятных условий, своевременному принятию превентивных мер и, как следствие, снижению частоты обострений и улучшению качества жизни пациентов с хроническими заболеваниями дыхательной системы.

Заключение. В данной работе предложен подход к обнаружению и предупреждению обострений бронхиальной астмы на основе анализа данных окружающей среды.

Разработана архитектура информационной системы, обеспечивающая сбор и обработку данных о концентрации PM_{2.5} и PM₁₀, метеорологических параметрах и уровне аллергенов, а также оценку риска с использованием корреляционного анализа с учётом временных лагов между воздействием факторов и проявлением симптомов.

Предложенный метод отличается простотой реализации, интерпретируемостью и возможностью быстрого внедрения, что делает его практически применимым для пациентов и специалистов здравоохранения.

Результаты анализа позволяют формировать предупреждения о возможных обострениях, обеспечивая превентивный контроль состояния пациента.

В перспективе планируется расширение функциональности системы за счёт внедрения мобильного приложения для фиксации субъективных симптомов пользователей и использования этих данных для построения персонализированных моделей прогнозирования с помощью методов машинного обучения.

Это позволит повысить точность оценки риска и создать инструмент индивидуального мониторинга, способствующий улучшению качества жизни пациентов с хроническими заболеваниями дыхательной системы.

Список использованных источников:

1. Глобальные рекомендации ВОЗ по качеству воздуха: твердые частицы (PM_{2.5} и PM₁₀), озон, диоксид азота, диоксид серы и монооксид углерода. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>.
2. Докери, Д.В. Влияние загрязнения воздуха твердыми частицами на здоровье / Д.В. Докери. – *Ann Epidemiol*, 2009 апрель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3367838/>.
3. Шварц, Дж. Загрязнение воздуха и госпитализации по поводу респираторных заболеваний / Дж. Шварц, *Эпидемиология*. Январь 1996 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8664396/>.
4. Балаболкин, И.И. Аллергическая бронхиальная астма у детей: особенности развития и современные подходы к терапии / И.И. Балаболкин, И.Е. Смирнов. // *Российский педиатрический журнал*, 2018, Т. 21, № 1. – С. 38-45.
5. Ильенкова, Н.А. Эффективность наблюдения врачом-аллергологом детей с бронхиальной астмой с оценкой их качества жизни / Н.А. Ильенкова, И.П. Артюхов, Л.В. Степанова, А.В. Шульмин // *Вопросы современной педиатрии*, 2010, Т. 9, № 4. – С. 168 – 170.
6. Назарова, Е.В. Алгоритм оценки контроля бронхиальной астмы / Е.В. Назарова, О.М. Курбачева, Н.И. Ильина // *Российский аллергологический журнал*, 2011, № 2. – С. 27-33.
7. Выхристенко, Л.Р. Внутрикожная аллерген-специфическая иммунотерапия при atopической бронхиальной астме / Л.Р. Выхристенко, *Иммунопатология, аллергология, инфектология*, 2014, № 3. – 28 с.
8. Федоров, А.С. Аллерген-специфическая иммунотерапия: терапевтические вакцины для аллергических заболеваний / А.С. Федоров, Л.С. Литвинова, В.И. Бут-Гусаим // *Медицинская иммунология*, 2015. – 422 с.
9. Гуцин И. С. Аллергия и аллерген-специфическая иммунотерапия / И. С. Гуцин, О.М. Курбачева // М.: Фармарус Принт Медиа, 2010. – 228 с.
10. Павлова К.С. Патогенетическая терапия аллергических заболеваний: возможности АСИТ в России. Эффективная фармакотерапия / К.С. Павлова, О.М. Курбачева // *Аллергология и иммунология*, 2012. – 27 с.
11. Джаявардхана, Губби. Интернет вещей (IoT): видение, архитектурные элементы и будущие направления / Губби Джаявардхана, Буйя Раджумар, Славен Марушич, Маримуту Паланисвами // *Компьютерные системы будущего поколения*, Том 29, Выпуск 7, 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167739X13000241>.
12. Джеймс, Г. Введение в статистическое обучение / Г. Джеймс, Д. Виттен, Т. Хастис, Р. Тибширани. – Springer, 2013. – 441 с.

UDC 616.248:681.5

ENVIRONMENTAL DATA ANALYSIS FOR THE PREVENTION OF EXACERBATION OF BRONCHIAL ASTHMA

Vasilevskaya V.S.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Skudnyakov Yu.A. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Annotation. This paper examines the problem of preventing asthma exacerbations based on environmental data analysis. It proposes the architecture of an information system for collecting and processing data on particulate matter concentrations (PM_{2.5}, PM₁₀), meteorological parameters, and allergen levels. The primary method utilizes correlation analysis, taking into account time lags between exposure to factors and clinical manifestations. Based on the identified relationships, a risk index is generated and a user alert mechanism is implemented. The feasibility of the proposed approach is demonstrated, and future development directions related to personalized forecasting are identified.

Keywords. Bronchial asthma, data analysis, PM_{2.5}, PM₁₀, correlation analysis, Internet of Things, forecasting, environment.

УДК 616-072.7:621.391.822

АНАЛИЗ И ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ФИЛЬТРАЦИИ ШУМОВ

Василевская В.С., студент гр.481578

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Институт информационных технологий
г. Минск, Республика Беларусь*

Скудняков Ю.А. – канд. техн. наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. В работе рассматривается проблема достоверности медицинских данных, используемых при диагностике и мониторинге состояния пациентов. Предлагается подход к анализу и обработке биометрических данных, направленный на выявление шумов, аномалий и пропусков измерений. Описаны методы фильтрации сигналов и алгоритм оценки качества данных. Показано, что повышение достоверности исходных данных позволяет снизить вероятность ошибочных диагностических решений.

Ключевые слова. Медицинские данные, шумы, фильтрация сигналов, достоверность данных, биометрия, анализ данных

Введение. Современные медицинские информационные системы в значительной степени опираются на данные, получаемые с различных измерительных устройств, включая датчики биометрических параметров, носимые устройства, а также специализированное диагностическое оборудование. К таким данным относятся показатели дыхательной активности, сердечного ритма, уровня кислорода в крови и другие физиологические параметры, используемые для мониторинга состояния пациента. Качество принимаемых медицинских решений, включая постановку диагноза, выбор терапии и оценку динамики заболевания, напрямую зависит от достоверности и полноты этих данных.

В условиях активного внедрения цифровых технологий в здравоохранение, а также развития телемедицины и удалённого мониторинга, объём собираемых медицинских данных существенно возрастает. Однако на практике такие данные подвержены различным видам искажений, включая шумы, пропуски значений, артефакты и ошибки измерений. Причинами возникновения подобных искажений могут являться как технические ограничения используемых устройств (например, погрешности сенсоров, нестабильность сигналов, сбои передачи данных), так и внешние факторы, включая влияние окружающей среды, особенности эксплуатации оборудования и поведенческие характеристики пациентов [1].

Наличие недостоверных или искажённых данных может приводить к снижению точности анализа, ошибочным выводам и, как следствие, к принятию некорректных медицинских решений. Это особенно критично для систем, работающих в режиме реального времени или поддерживающих функции автоматизированной диагностики и прогнозирования. В связи с этим задача повышения качества и достоверности медицинских данных становится одной из ключевых в области разработки и внедрения медицинских информационных систем.

Согласно требованиям стандартов качества медицинских систем, разрабатываемых под эгидой International Organization for Standardization [2], обеспечение целостности, точности и надёжности данных является обязательным условием их использования в клинической практике. Это включает в себя разработку методов предварительной обработки данных, направленных на выявление и устранение шумов, аномалий и пропущенных значений.

Целью данной работы является разработка подхода к повышению достоверности медицинских данных на основе методов анализа и фильтрации шумов. Предполагается, что применение предложенного подхода позволит улучшить качество исходных данных, повысить точность последующего анализа и, как следствие, увеличить надёжность принимаемых на их основе медицинских решений.

Основная часть. В современных медицинских системах данные формируются на основе измерений, получаемых с различных устройств, таких как пульсоксиметры, тонометры, электрокардиографы, а также носимые устройства мониторинга, обеспечивающие непрерывный сбор физиологических показателей пациента. Эти устройства позволяют получать широкий спектр параметров в режиме, близком к реальному времени, что существенно расширяет возможности диагностики и наблюдения за состоянием здоровья. Однако, несмотря на широкое распространение подобных технологий и их высокую практическую значимость, получаемые данные не являются абсолютно точными и могут содержать различные виды искажений, способных повлиять на корректность последующего анализа.

Одной из наиболее распространённых проблем является наличие шумов и артефактов, возникающих непосредственно в процессе измерения. Шумы могут быть обусловлены как внутренними особенностями работы сенсоров, так и внешними воздействиями. Например, при использовании

пульсоксиметра некорректное положение датчика, слабый контакт с кожей или движение пациента могут приводить к резким скачкам значений сатурации кислорода в крови. Аналогично, при регистрации электрокардиограммы (ЭКГ) движения пациента, мышечная активность (миографические помехи), а также влияние внешних электромагнитных источников могут существенно исказить форму сигнала, затрудняя его интерпретацию и автоматическую обработку.

Кроме шумов, значительное влияние на качество медицинских данных оказывают единичные аномальные значения, или выбросы, которые не соответствуют реальному физиологическому состоянию пациента. Такие значения могут возникать вследствие кратковременных сбоев в работе оборудования, ошибок передачи данных или некорректной интерпретации сигнала. Например, значение частоты сердечных сокращений может кратковременно увеличиться до 180–200 ударов в минуту при отсутствии клинических предпосылок, что с высокой вероятностью указывает на ошибку измерения, а не на реальное изменение состояния пациента. Наличие подобных выбросов может существенно исказить статистические характеристики данных и приводить к ложным выводам при автоматизированном анализе.

Также распространённой проблемой являются пропуски данных, возникающие при потере связи с измерительным устройством, временном отключении датчика, разряде батареи или сбоях в передаче информации. Пропущенные значения нарушают непрерывность временных рядов, что затрудняет корректный анализ динамики состояния пациента, особенно при использовании методов, чувствительных к полноте данных, таких как прогнозирование или выявление трендов. В ряде случаев наличие пропусков требует применения специальных методов восстановления данных или интерполяции.

Дополнительно следует отметить, что различные типы искажений могут проявляться одновременно, усиливая общее влияние на качество данных. Это особенно характерно для систем длительного мониторинга, где накапливаются большие объёмы информации с различным уровнем достоверности.

Таким образом, медицинские данные, получаемые с измерительных устройств, требуют обязательной предварительной обработки перед их использованием для диагностики, мониторинга и последующего анализа. Такая обработка должна включать в себя методы фильтрации шумов, выявления и устранения выбросов, а также обработки пропущенных значений, что позволит повысить достоверность данных и обеспечить надёжность принимаемых на их основе медицинских решений.

Для повышения достоверности медицинских данных применяется ряд методов обработки сигналов, направленных на устранение шумов и аномалий [3].

На практике наиболее часто используются простые и интерпретируемые методы, не требующие сложных вычислений, такие как:

- скользящее среднее;
- медианная фильтрация;
- пороговая фильтрация;
- адаптивные методы фильтрации.

Скользящее среднее позволяет сгладить случайные колебания сигнала и представлено на рисунке 1. Например, при измерении частоты пульса вместо мгновенного значения используется среднее значение за последние несколько измерений. Это позволяет устранить резкие скачки, вызванные шумом.

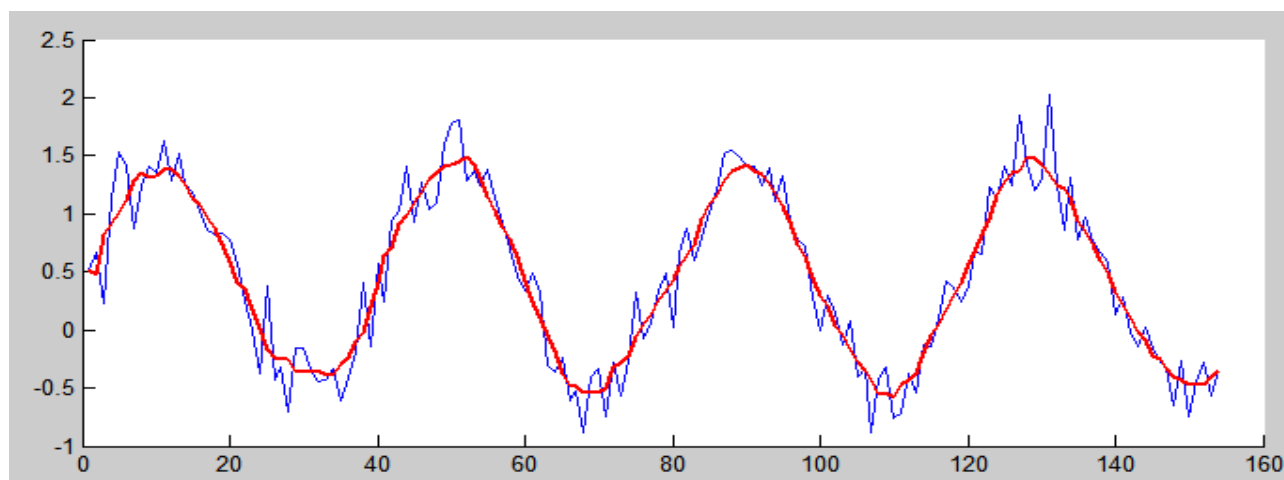


Рисунок 1 – Скользящее среднее

Медианная фильтрация применяется для удаления выбросов и представлена на рисунке 2. Суть метода заключается в замене текущего значения медианой набора соседних значений. Данный подход особенно эффективен при наличии одиночных аномалий.

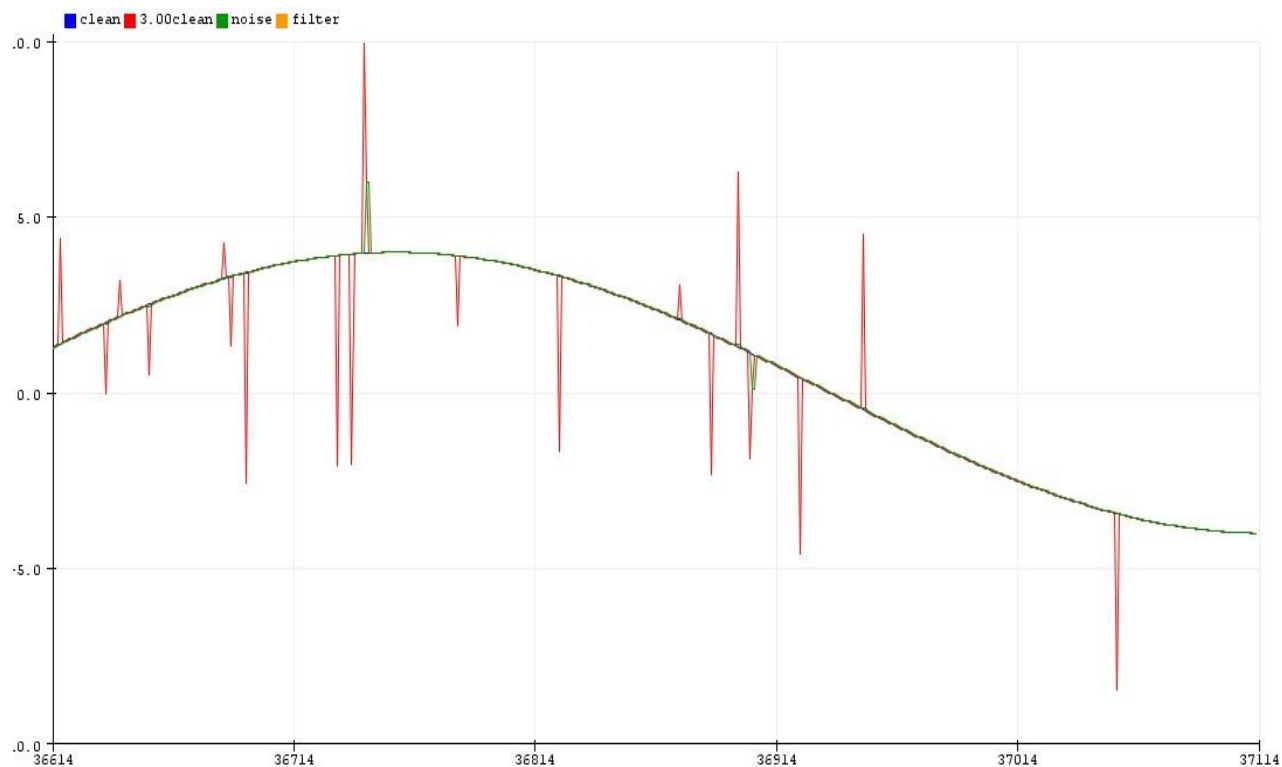


Рисунок 2 – Медианная фильтрация

Например, если последовательность значений пульса имеет вид:

72, 74, 73, 180, 75,

то после медианной фильтрации значение 180 будет заменено на 74, что соответствует реальному тренду.

Пороговая фильтрация используется для исключения заведомо некорректных значений, представлена на рисунке 3. Например, можно задать допустимый диапазон частоты пульса (например, 40-180 уд/мин), выход за который рассматривается как ошибка измерения.

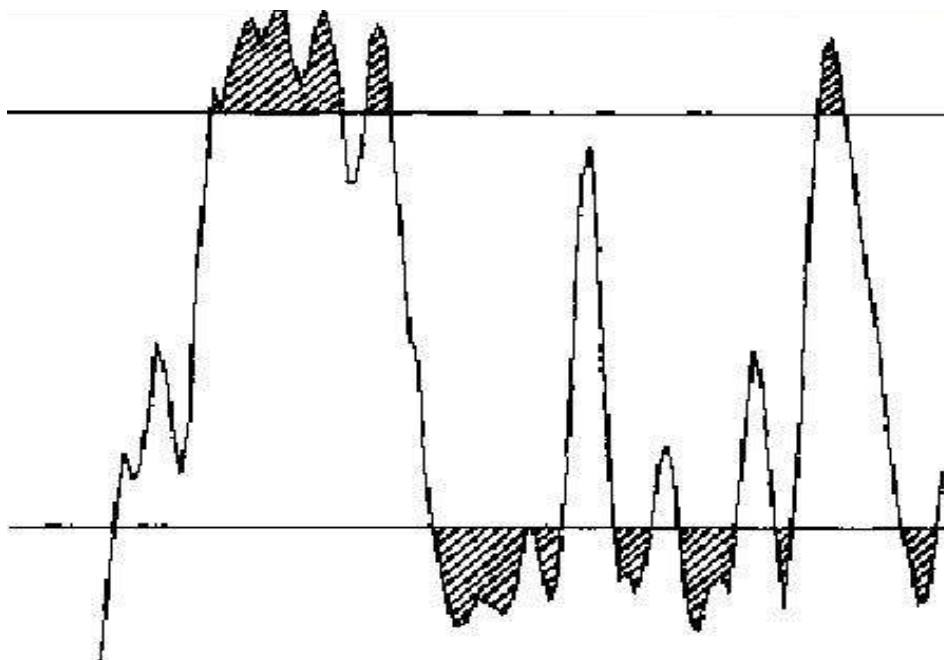


Рисунок 3 – Пороговая фильтрация

В более сложных случаях могут применяться адаптивные методы, учитывающие динамику сигнала. Например, если значение изменяется слишком резко за короткий промежуток времени, оно

может быть классифицировано как аномалия. Одним из примеров эффективных методов является фильтр Калмана—адаптивный метод, учитывающий динамику сигнала и предыдущие измерения, для оценки «истинного» значения в условиях шума [4], представлен на рисунке 4. На практике фильтр позволяет:

- уменьшать случайные колебания;
- корректировать значения при кратковременных сбоях датчика;
- учитывать временную последовательность данных, что особенно важно при мониторинге ЭКГ или пульса.

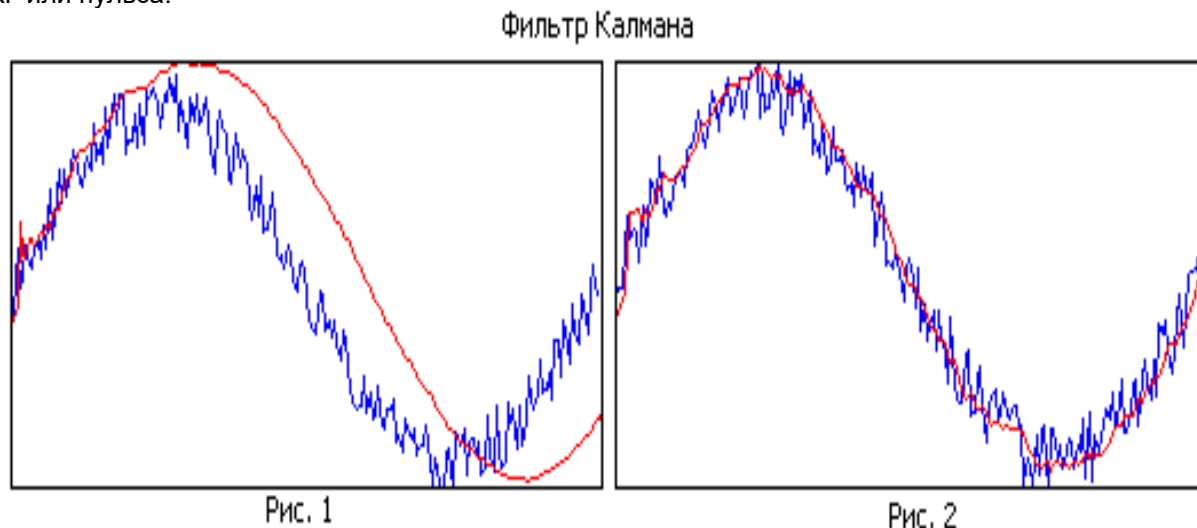


Рисунок 4 – Преобразование сигнала фильтром Калмана

Таким образом, комбинация простых методов фильтрации позволяет существенно повысить качество данных без значительного усложнения системы.

Помимо фильтрации, важной задачей является оценка качества получаемых данных. Для этого предлагается использовать интегральный показатель достоверности, отражающий степень доверия к измерениям.

Оценка достоверности может включать следующие критерии:

- стабильность сигнала – отсутствие резких колебаний;
- количество аномалий – число выбросов за определённый период;
- полнота данных – наличие пропусков;
- согласованность параметров – логическая взаимосвязь между показателями.

Например, при анализе состояния пациента можно сопоставлять частоту сердечных сокращений и уровень физической активности.

Если фиксируется высокий пульс при отсутствии движения, это может свидетельствовать о некорректности измерений.

На основе указанных критериев формируется обобщённый показатель качества данных:

$$Q = f(s, v, p),$$

где:

- s – стабильность оценивает колебания сигнала;
- v – количество выбросов отражает частоту аномальных значений;
- p – полнота данных учитывает пропуски.

При низком значении Q данные могут быть помечены как ненадёжные и исключены из анализа либо использованы с пониженным уровнем доверия.

Для повышения точности оценки можно использовать кросс-проверку нескольких параметров. Например, высокий пульс без движения пациента может быть подозрительным, а высокий пульс во время физической активности – реальным.

Такой подход позволяет учитывать не только значения параметров, но и их качество, что особенно важно при автоматизированной обработке медицинской информации.

Несмотря на эффективность методов фильтрации, их применение связано с риском удаления клинически значимых данных. В частности, аномальные значения параметров могут отражать не только ошибки измерения, но и реальные патологические состояния пациента.

Например, резкое увеличение частоты сердечных сокращений может быть как результатом сбоя датчика, так и проявлением тахикардии. Применение агрессивной фильтрации в данном случае может привести к потере важной диагностической информации.

В связи с этим необходимо использовать подходы, позволяющие различать шум и потенциально значимые события.

Для снижения риска предлагаются следующие меры:

- пометка аномальных значений вместо автоматического удаления;
- контрастная оценка – анализ соседних точек и динамики изменения сигнала;
- кросс-проверка параметров – сопоставление пульса, активности и других данных;
- уровни доверия к данным – высокий, средний, низкий;
- эскалация – сигнализация при подозрительных отклонениях для проверки специалистом.

Такой подход позволяет повышать качество данных, не теряя редкие клинически важные события.

Повышение достоверности данных имеет важное значение для медицинской практики. Использование необработанных сигналов может приводить к ложным тревогам, например, при мониторинге состояния пациента в стационаре.

В системах удалённого мониторинга, таких как носимые устройства, проблема качества данных становится ещё более актуальной, поскольку условия измерения не контролируются медицинским персоналом.

Внедрение методов фильтрации и оценки качества данных позволяет снизить количество ложных срабатываний, повысить точность мониторинга, обеспечить более надёжную основу для принятия медицинских решений.

Таким образом, обеспечение достоверности данных является неотъемлемой частью современных медицинских информационных систем и напрямую влияет на качество диагностики и лечения.

В дальнейшем возможно применение методов машинного обучения для автоматического выявления сложных аномалий в данных [5].

Также перспективным направлением является интеграция систем оценки качества данных в медицинские информационные платформы, что позволит повысить общую надёжность цифровых решений в здравоохранении.

Заключение. В работе рассмотрена проблема достоверности медицинских данных и предложен подход к её решению на основе методов фильтрации и анализа сигналов.

Разработанный алгоритм позволяет выявлять шумы и аномалии, а также оценивать качество данных.

Повышение достоверности медицинской информации способствует улучшению точности диагностики и надёжности медицинских систем, что делает предложенный подход актуальным для современных цифровых решений в здравоохранении.

Список использованных источников:

1. Хоссейнзаде, Э. Оценка качества данных в здравоохранении: аспекты, методы и инструменты: систематический обзор / Э. Хоссейнзаде, М. Афканпур, М. Момени, Х. Табеш, 2025 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12335082/>.
2. ISO 13485: Медицинские изделия – Системы управления качеством. – Женева: ISO, 2016. – 60 с.
3. Оппенгейм, А.В. Цифровая обработка сигналов / А.В. Оппенгейм, Р.В. Шафер, 2010. – 960 с.
4. Кальман, Р.Е. Новый подход к задачам линейной фильтрации и прогнозирования / Р.Е. Кальман. – Журнал фундаментальной инженерии, 1960. – 12 с.
5. Джеймс, Г. Введение в статистическое обучение / Г. Джеймс, Д. Вуттен, Т. Хасту, Р. Тибширани. – Springer, 2013. – 426 с.

UDC 616-072.7:621.391.822

ANALYSIS AND INCREASE OF RELIABILITY OF MEDICAL DATA BASED ON NOISE FILTERING

Vasilevskaya V.S.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Skudnyakov Yu.A. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Annotation. This paper examines the reliability of medical data used in diagnosing and monitoring patients. An approach to analyzing and processing biometric data aimed at identifying noise, anomalies, and missing measurements is proposed. Signal filtering methods and a data quality assessment algorithm are described. It is shown that increasing the reliability of initial data reduces the likelihood of erroneous diagnostic decisions..

Keywords. Medical data, noise, signal filtering, data reliability, biometrics, data analysis.

Ганчарик М.Ю., студент гр. 281077

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий
г. Минск, Республика Беларусь*

Сицко В.А. – старший преподаватель кафедры ИСиТ

Ключевые слова. автоматизация, приемная комиссия, программное средство, база данных, информационная безопасность, C#, .NET Framework, IDEF0, UML.

Цель проекта заключается в создании полнофункционального клиент-серверного приложения, которое позволит автоматизировать процессы дистанционной регистрации абитуриентов, ведения личных дел, обработки документов, учета результатов вступительных испытаний (ЦТ/ЦЭ), проведения конкурсного отбора с учетом приоритетов и льгот, а также формирования рейтинговых списков и приказов на зачисление. Для достижения поставленной цели был реализован полный цикл проектирования: проведен анализ предметной области и аналогов, выполнено комплексное моделирование системы, спроектирована архитектура и база данных, проведено тестирование и экономическое обоснование. В основе разработки лежат проверенные технологии для корпоративных систем: C# и .NET Framework для реализации бизнес-логики [1, 2], Microsoft SQL Server в качестве СУБД [3], а также Entity Framework для объектно-реляционного отображения данных. Для обеспечения информационной безопасности, соответствующей требованиям ведомственных учреждений, реализована многофакторная аутентификация и разграничение прав доступа по ролям (абитуриент, оператор, администратор).

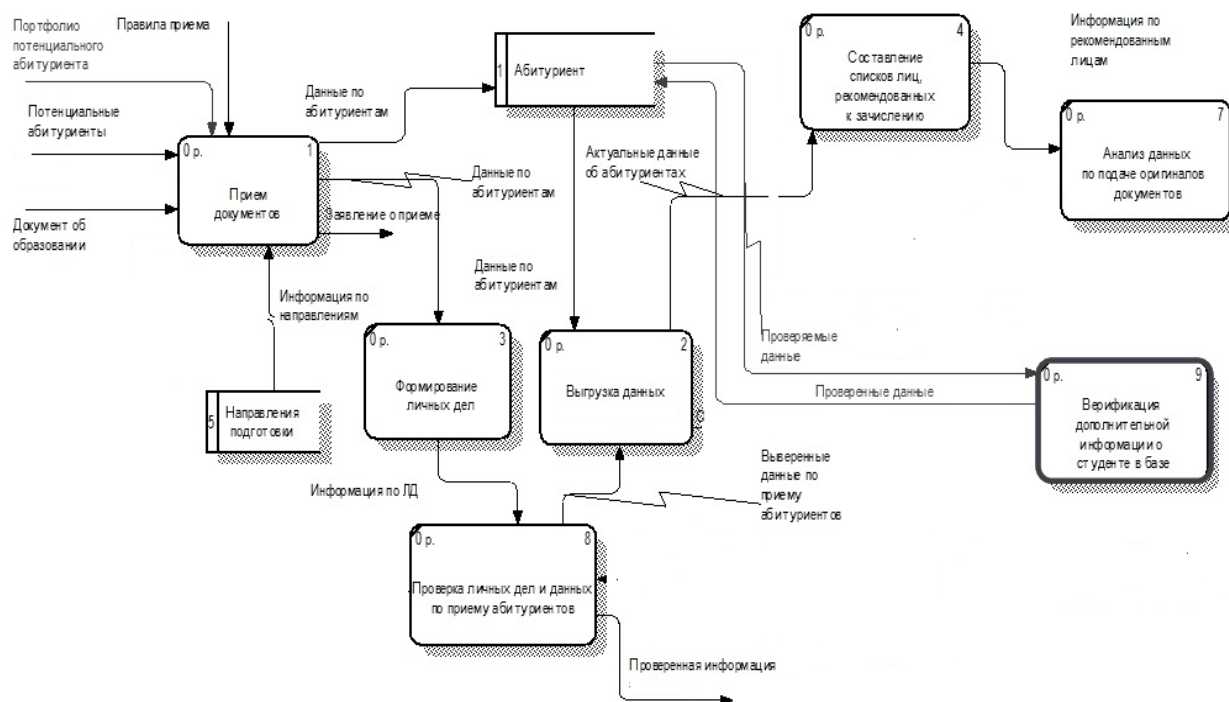


Рисунок 1 – Сбор данных об абитуриенте

Важным аспектом работы стало комплексное моделирование предметной области: разработка функциональной модели средствами IDEF0, информационной модели (ER-диаграммы) и диаграмм UML (вариантов использования, последовательностей).



Рисунок 2 – Контекстная диаграмма IDEF0. Нулевой уровень

Спроектирована реляционная база данных, содержащая 22 нормализованные таблицы и поддерживающая полный жизненный цикл данных об абитуриенте. Архитектура системы построена по многоуровневому принципу и предусматривает гибридную модель: веб-интерфейс для абитуриентов (интегрированный с официальным сайтом на базе CMS 1C-Bitrix) и десктоп-приложение для сотрудников приемной комиссии, что обеспечивает как удобство подачи документов, так и высокую производительность обработки конфиденциальных данных.

Практическая значимость проекта заключается в его прямой ориентации на специфические требования ведомственного высшего учебного заведения силового блока Республики Беларусь. Внедрение системы позволит значительно сократить сроки обработки заявлений, исключить рутинные ошибки, повысить прозрачность процедуры зачисления и упростить формирование регламентированной отчетности для вышестоящих органов.

Научная ценность и новизна работы состоят в разработке и верификации комплексной методологии проектирования корпоративного ПО для государственных учреждений, которая включает сопряжение структурных (IDEF0, IDEF3) и объектно-ориентированных (UML) моделей для формализации сложных бизнес-процессов с особыми требованиями к безопасности, а также в создании адаптивной модели данных и алгоритма конкурсного отбора, обеспечивающих корректный учет многоуровневых приоритетов абитуриентов, льгот и формирование рейтинговых списков с гарантированной прозрачностью.

Важной частью дипломного проекта является разработка удобного и строгого пользовательского интерфейса десктоп-приложения для сотрудников приемной комиссии. Интерфейс обеспечивает централизованное управление всеми аспектами кампании: регистрацией, верификацией документов, мониторингом статусов, запуском алгоритма ранжирования и генерацией отчетов. При проектировании форм и навигации учтены принципы юзабилити для минимизации ошибок ввода и повышения скорости работы операторов.

Ниже представлено место для иллюстрации интерфейса проекта:

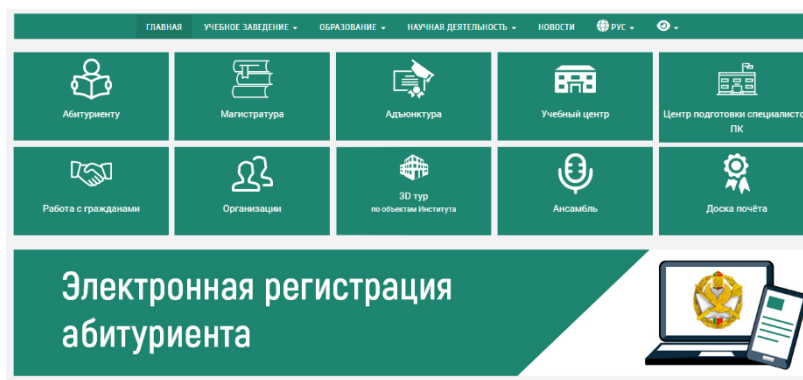


Рисунок 3 – Интерфейс главной формы для электронной регистрации абитуриента

Представленная форма демонстрирует ключевой публичный интерфейс системы — портал для дистанционной подачи документов. Она реализует принцип "единого окна", позволяя абитуриенту поэтапно внести все необходимые данные: от персональной информации и сведений об образовании до выбора специальностей по приоритету и загрузки сканов документов. Логическая структура и

встроенные подсказки минимизируют количество ошибок при заполнении, а автоматические проверки формата данных обеспечивают их корректность до отправки в приемную комиссию вуза.

Рисунок 4 – Главная форма программного средства с правами «Администратор»

Таким образом, результатом дипломного проекта является законченное, методологически обоснованное проектное решение — верифицированная модель специализированной информационной системы, прошедшая полный цикл проектирования от анализа предметной области до технико-экономического обоснования. Комплексный подход к моделированию и выбор надежных технологий обеспечили создание безопасного, масштабируемого и экономически эффективного решения, полностью адаптированного под специфику военного учебного заведения. Проведенное тестирование подтвердило корректность работы ключевых алгоритмов. Разработанное программное средство не только готово к внедрению и способно кардинально повысить качество, скорость и прозрачность проведения приемной кампании, но и устанавливает методический стандарт для создания аналогичных систем в образовательных учреждениях с повышенными требованиями, внося вклад в цифровизацию государственных услуг в сфере образования.

Список использованных источников:

- [1] Рихтер Д. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C# / Д. Рихтер. – Москва : Питер, 2023. – 896 с.
- [2] Microsoft .NET Framework 4.8 Developer Guide. – Redmond : Microsoft Press, 2022. – 452 p.
- [3] Microsoft SQL Server 2022. Руководство для разработчиков / под редакцией Л. К. Тричетта. – Москва : Лори, 2023. – 678 с.
- [4] Методология функционального моделирования IDEF0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://advanced-quality-tools.ru/assets/idef0-rus.pdf>. – Дата доступа : 06.04.2026.

UDC 004.4

SOFTWARE TOOL FOR AUTOMATING THE WORK OF THE UNIVERSITY ADMISSIONS COMMITTEE

Gancharyk M. Yu.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Institute of Information Technologies
Minsk, Republic of Belarus

Sitsko V.A. – Senior Lecturer

Annotation. This diploma project is devoted to the development of a software tool aimed at automating the key business processes of the admission committee of a higher educational institution. The developed software tool is designed to eliminate the disadvantages of paper document management, ensuring transparency, speed, and security of all stages of the admission campaign.

Keywords. automation, admissions committee, software tool, database, information security, C#, .NET Framework, IDEF0, UML.

УДК 004.89:37.018.43

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ТЕСТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Гарбуз И.А., студент гр. 281075, Потоцкий Д.С. магистрант гр. 355841

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Потоцкий Д.С. – ассистент кафедры ИСиТ

Аннотация. В статье рассматривается разработка программного средства для интеллектуального тестирования и анализа результатов обучающихся с применением технологий искусственного интеллекта. Система использует большие языковые модели (GPT-5.4, Claude Opus 4.6, Gemini 3.1 Pro) для динамической генерации уникальных заданий, архитектуры трансформеров (BERT, sentence-transformers) для семантического анализа ответов, а также алгоритмы кластеризации и предиктивной аналитики для персонализации образовательных траекторий. Обоснована актуальность разработки в контексте глобального роста рынка ИИ в образовании, прогнозируемого на уровне 7,49 млрд долларов в 2026 году. Описаны архитектурные решения, принципы обеспечения цифровой доступности и инклюзивности системы, а также этические аспекты применения ИИ в оценке знаний.

Ключевые слова. Искусственный интеллект, адаптивное тестирование, большие языковые модели, семантический анализ, предиктивная аналитика, инклюзивное образование, цифровые компетенции, персонализация обучения, компьютерное адаптивное тестирование.

Введение. Стремительное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) трансформирует ключевые отрасли экономики, и сфера образования не является исключением. Согласно исследованию ResearchAndMarkets (март 2026 г.), мировой рынок больших языковых моделей (LLM) в образовании вырос с 5,07 млрд долларов в 2025 году до 7,49 млрд долларов в 2026 году при среднегодовом темпе роста 47,7 %, а к 2030 году прогнозируется его увеличение до 35,23 млрд долларов [1]. По данным отчёта X-Pilot Research, 83 % учебных заведений планируют внедрение ИИ-ассистентов преподавателя к 2026 году, а применение адаптивных систем обучения демонстрирует повышение образовательных результатов на 42 % [2].

Несмотря на очевидный потенциал, традиционные системы тестирования и оценки знаний по-прежнему демонстрируют ряд системных ограничений. Стандартизированный подход, при котором всем обучающимся предлагается одинаковый набор статических вопросов с жёстко заданными вариантами ответов, не позволяет объективно оценить глубину понимания предмета. Классические алгоритмы тестирования игнорируют контекст, в котором происходит обучение, не учитывают индивидуальные когнитивные и физические особенности обучающихся и не способны адаптироваться под изменяющийся уровень подготовки в режиме реального времени. Это существенно снижает мотивацию пользователей и создаёт барьеры для инклюзивного образования.

Целью настоящей работы является проектирование и разработка программного средства, использующего современные технологии ИИ для трансформации тестирования из статичного инструмента контроля в адаптивную экосистему, обеспечивающую персонализацию образовательного процесса, интеллектуальную оценку знаний и формирование индивидуальных траекторий обучения.

Анализ существующих решений и обоснование разработки. В ходе анализа современного рынка образовательных технологий были рассмотрены платформы, использующие элементы ИИ для генерации и оценки тестовых заданий. К наиболее заметным решениям относятся Examica (генерация тестов на основе LLM), Quizlet (адаптивные флэш-карточки с алгоритмом интервального повторения), а также Google Socratic (распознавание вопросов и поиск объяснений). Анализ показал, что указанные платформы, как правило, ограничиваются одной функцией – либо генерацией заданий, либо их проверкой – и не обеспечивают замкнутый цикл «генерация – оценка – аналитика – персонализация».

Кроме того, многие из рассмотренных решений работают исключительно с закрытыми форматами вопросов (множественный выбор), что исключает возможность оценки развёрнутых ответов и эссе. Зависимость от единственного поставщика языковых моделей создаёт риски, связанные с доступностью сервиса и стоимостью API-вызовов. Практически ни одно из решений не реализует принципы цифровой доступности для лиц с особыми потребностями в полном объёме.

Важным направлением развития образовательных технологий является компьютерное адаптивное тестирование (CAT – Computerized Adaptive Testing), основанное на теории ответа на задание (IRT – Item Response Theory). В рамках данного подхода каждому заданию присваиваются статистические параметры сложности, дискриминативности и угадывания, а уровень подготовленности обучающегося оценивается итеративно на основе его ответов. Однако классические CAT-системы ограничены фиксированным банком заданий и не способны генерировать новые вопросы, что существенно ограничивает их масштабируемость [3].

Выявленные недостатки обосновали необходимость разработки собственного программного средства, объединяющего генеративные возможности LLM, семантическую проверку ответов на основе трансформеров и адаптивную аналитику в единой платформе с поддержкой нескольких языковых моделей и встроенными функциями инклюзивности.

Архитектура и ключевые модули программного средства. Для реализации поставленных задач была спроектирована модульная архитектура, обеспечивающая гибкость и расширяемость функционала. Система построена на стеке технологий Python (FastAPI) для серверной части, React для клиентского интерфейса и PostgreSQL для хранения данных. Взаимодействие с языковыми моделями реализовано через унифицированный API-адаптер, поддерживающий GPT-5.4 (OpenAI), Claude Opus 4.6 (Anthropic), Gemini 3.1 Pro (Google DeepMind) и Qwen 3.5 (Alibaba Cloud). Данный набор отражает актуальное состояние рынка LLM на март 2026 года, когда темп выпуска новых моделей достигает 30+ релизов в месяц. Выбор FastAPI обусловлен встроенной поддержкой асинхронных операций, автоматической генерацией документации OpenAPI и высокой производительностью при обработке конкурентных запросов к внешним API языковых моделей.

Архитектура следует принципам разделения ответственности (Separation of Concerns) и реализована в виде трёхуровневой модели: уровень представления (React SPA с адаптивным дизайном), уровень бизнес-логики (микросервисы FastAPI) и уровень данных (PostgreSQL с расширением pgvector для хранения векторных эмбедингов). Взаимодействие между уровнями осуществляется через REST API с аутентификацией на основе JWT-токенов. Система состоит из трёх функционально независимых, но взаимосвязанных модулей.

Модуль интеллектуальной генерации заданий. Центральным элементом системы является модуль динамической генерации тестовых заданий на основе больших языковых моделей. В отличие от статичных баз данных вопросов, подверженных быстрому устареванию, данный модуль создаёт уникальные задания, адаптированные под уровень знаний конкретного пользователя. Алгоритм анализирует профиль обучающегося, историю предыдущих ответов и текущий прогресс, формируя контекстуализированный промпт для выбранной нейросети. Результатом является генерация заданий соответствующей сложности и тематики в реальном времени.

Промпт-инженерия реализована с использованием техники chain-of-thought (цепочка рассуждений), что повышает качество генерируемых заданий и обеспечивает логическую связность дистракторов в вопросах с множественным выбором. Каждый сгенерированный тест проходит автоматическую валидацию: проверяется наличие единственно верного ответа, отсутствие двусмысленных формулировок и соответствие заданному уровню сложности по таксономии Блума.

Применение нескольких языковых моделей (GPT-5.4, Claude Opus 4.6, Gemini 3.1 Pro, Qwen 3.5) обеспечивает вариативность формулировок, снижает зависимость от единственного поставщика и позволяет проводить сравнительный анализ качества генерации. Поддержка различных форматов заданий – от вопросов с множественным выбором до открытых вопросов и задач на анализ – существенно расширяет возможности оценки. Каждый сгенерированный тест является уникальным экземпляром, что исключает возможность механического списывания и заучивания ответов.

Модуль семантического анализа ответов. Ключевой инновацией системы является модуль проверки ответов, основанный не на простом сравнении строк, а на семантическом анализе с использованием архитектур трансформеров. Модуль базируется на предобученных моделях BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) и библиотеке sentence-transformers, позволяющих преобразовывать текстовые ответы в плотные векторные представления (эмбединги) фиксированной размерности (768 измерений для базовой модели и 1024 для расширенной).

Процесс проверки происходит следующим образом: ответ обучающегося и эталонный ответ преобразуются в векторные представления, после чего вычисляется косинусное сходство между ними. Данный подход позволяет корректно обрабатывать случаи, когда студент использовал синонимы, перефразировал определение или изложил мысль другими словами, сохранив её смысл. Для повышения точности применяется многоуровневая стратегия оценки: при значении косинусного сходства выше 0,85 ответ считается полностью верным, в диапазоне 0,65–0,85 – частично верным с автоматическим формированием рекомендаций, ниже 0,65 – неверным с детальным анализом расхождений.

Согласно исследованиям в области автоматизированной оценки текстов, применение моделей на основе трансформеров обеспечивает точность оценки, сопоставимую с экспертной оценкой преподавателя, достигая корреляции $r = 0,85\text{--}0,92$ с оценками экспертов [4]. Это делает возможной автоматизированную проверку открытых вопросов, эссе и развёрнутых ответов, стимулируя обучающихся к осмысленному изложению материала вместо механического запоминания.

Модуль предиктивной аналитики и персонализации. Третий модуль системы выходит за рамки простой фиксации баллов и реализует комплексный аналитический функционал. Алгоритмы кластеризации (K-Means, DBSCAN) позволяют группировать обучающихся по схожим паттернам поведения, типам допускаемых ошибок и темпу освоения материала, выявляя системные пробелы в знаниях. Дополнительно используются алгоритмы ассоциативных правил (Apriori) для обнаружения скрытых зависимостей между тематическими блоками – например, выявления того, что студенты,

допускающие ошибки в разделе «Наследование», как правило, имеют пробелы в понимании «Инкапсуляции».

На основе накопленных данных система строит индивидуальные образовательные траектории, рекомендуя материалы для повторения в областях затруднений и предлагая углублённые задания в зонах успешности. Модуль прогнозирования (Early Warning System) позволяет заблаговременно выявлять обучающихся, находящихся в зоне риска академической неуспеваемости, на основе анализа временных паттернов ответов, динамики результатов и паттернов вовлечённости. По данным Educause (2025), внедрение подобных систем раннего предупреждения позволяет сократить отсев обучающихся на 15 % [5]. Визуализация результатов реализована через интерактивные дашборды (библиотека Recharts), предоставляющие преподавателю наглядную картину прогресса группы и каждого студента.

Этические аспекты применения ИИ в оценке знаний. Интеграция искусственного интеллекта в процесс оценки знаний порождает ряд этических вопросов, которые необходимо учитывать при проектировании системы. Ключевой проблемой является алгоритмическая предвзятость (algorithmic bias): языковые модели, обученные на определённых корпусах текстов, могут демонстрировать систематические отклонения при генерации заданий для различных культурных и языковых контекстов [6].

Для минимизации данных рисков в разработанной системе реализованы следующие механизмы: мониторинг распределения сложности генерируемых заданий по демографическим группам; отсутствие использования персональных данных обучающихся при формировании промптов для языковых моделей; прозрачность критериев оценки – обучающийся может увидеть, по каким параметрам был оценён его ответ; возможность апелляции результатов автоматической проверки с привлечением преподавателя. Принцип «human-in-the-loop» (человек в контуре управления) гарантирует, что ИИ выступает инструментом поддержки принятия решений, а не заменяет экспертное суждение преподавателя.

Обеспечение инклюзивности и цифровой доступности. Важнейшим аспектом разработки является социальная ориентированность программного средства. Интерфейс спроектирован в соответствии с рекомендациями WCAG 2.2 (Web Content Accessibility Guidelines) уровня AA и реализует следующие функции доступности: совместимость с экранными дикторами (JAWS, NVDA, VoiceOver), обеспечивающая полноценное взаимодействие незрячих пользователей с интерфейсом посредством семантической HTML-разметки и ARIA-атрибутов; адаптивность визуального ряда – настройка контрастности (минимальное соотношение 4,5:1), размера шрифтов и цветовых схем для слабовидящих пользователей и лиц с дислексией; мультимодальность – голосовые подсказки, дублирующие визуальную информацию и снижающие когнитивную нагрузку; полная навигация с клавиатуры без необходимости использования мыши.

Особое внимание уделено нейроадаптивности – способности системы подстраиваться под особенности восприятия обучающихся с ADHD и расстройствами аутистического спектра, регулируя темп предъявления заданий, частоту перерывов и объём одновременно отображаемой информации. По данным исследований NIH (Национальные институты здоровья, США), нейроадаптивные системы обучения демонстрируют улучшение образовательных результатов на 63 % для данных категорий обучающихся [7]. Реализация указанных функций делает систему универсальной для применения как в образовательных учреждениях, так и в центрах профессиональной переподготовки, где аудитория может иметь различные физические и когнитивные возможности.

Апробация и результаты тестирования. Прототип системы прошёл апробацию в рамках учебного процесса с участием группы из 45 студентов технического профиля. Тестирование проводилось по дисциплине «Объектно-ориентированное программирование» в течение 4 недель. Сравнительный анализ результатов с контрольной группой (35 студентов), использовавшей традиционные тестовые задания, показал следующие результаты: средний балл экспериментальной группы вырос на 18 % по сравнению с контрольной; время, затрачиваемое на прохождение теста, сократилось на 23 % благодаря адаптивному подбору сложности; количество повторных обращений к учебным материалам после получения персонализированных рекомендаций увеличилось на 37 %, что свидетельствует о повышении мотивации к самостоятельному обучению.

Нагрузочное тестирование серверной части подтвердило способность системы обслуживать до 200 одновременных пользователей при среднем времени генерации задания 1,9 секунды (GPT-5.4) и 1,4 секунды (Claude Opus 4.6). Семантический анализ ответа выполняется в среднем за 150 миллисекунд благодаря локальному развёртыванию модели sentence-transformers.

Интеграция с системами управления обучением. Для обеспечения совместимости с существующей образовательной инфраструктурой программное средство реализует поддержку стандартов LTI 1.3 (Learning Tools Interoperability) и xAPI (Experience API). Протокол LTI 1.3 позволяет встраивать систему тестирования в популярные LMS-платформы – Moodle, Canvas, Blackboard – без повторной аутентификации. Спецификация xAPI обеспечивает передачу данных об учебной активности в хранилище учебных записей (Learning Record Store, LRS), формируя единый профиль обучающегося. Поддержка OAuth 2.0 и OpenID Connect обеспечивает безопасную межсистемную аутентификацию.

Заключение. Разработанное программное средство демонстрирует высокий потенциал применения современных технологий искусственного интеллекта в образовательной сфере. Интеграция генеративных языковых моделей для динамического создания учебного контента, трансформерных архитектур для семантической проверки ответов и алгоритмов машинного обучения для предиктивной аналитики позволяет преодолеть системные недостатки традиционных платформ тестирования.

Ключевым преимуществом системы является реализация замкнутого цикла «генерация – оценка – аналитика – персонализация», обеспечивающего непрерывную адаптацию образовательного процесса к индивидуальным потребностям каждого обучающегося. Поддержка четырёх языковых моделей (GPT-5.4, Claude Opus 4.6, Gemini 3.1 Pro, Qwen 3.5) снижает зависимость от единственного поставщика и позволяет автоматически переключаться на альтернативную модель при недоступности сервиса. Встроенные механизмы цифровой доступности и нейроадаптивности делают систему пригодной для инклюзивного образования. Реализация принципов этичного ИИ обеспечивает прозрачность оценочных процедур.

Перспективы дальнейшего развития включают интеграцию мультимодальных моделей (обработка изображений и аудио в заданиях), разработку модуля эмоционального анализа на основе аффективных вычислений, создание портативных профилей обучающихся для кросс-институциональной мобильности образовательных траекторий, а также внедрение механизмов федеративного обучения для совершенствования моделей оценки без передачи персональных данных. Планируется интеграция с DeepSeek V4 – моделью с 1 триллионом параметров, выпущенной в марте 2026 года. Внедрение подобных интеллектуальных систем является необходимым шагом к формированию справедливой и доступной образовательной среды будущего [8].

Список использованных источников:

1. *Large Language Models (LLMs) in Education Market Report 2026* [Electronic resource]. – ResearchAndMarkets, March 2026. – Mode of access: <https://www.researchandmarkets.com>. – Date of access: 25.03.2026.
2. *The Future of AI in Education: 2026 Trends Report* [Electronic resource] / X-Pilot Research. – 2026. – Mode of access: <https://www.x-pilot.ai/blog/future-ai-education-2026-trends-report>. – Date of access: 25.03.2026.
3. Wainer, H. *Computerized Adaptive Testing: A Primer* / H. Wainer. – 2nd ed. – Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates, 2000. – 335 p.
4. *The e-Assessment Association. AI in educational assessments: balancing innovation with responsibility* [Electronic resource]. – 2023. – Mode of access: <https://www.e-assessment.com>. – Date of access: 20.03.2026.
5. Engageli. *25 AI in Education Statistics to Guide Your Learning Strategy in 2026* [Electronic resource]. – 2026. – Mode of access: <https://www.engageli.com/blog/ai-in-education-statistics>. – Date of access: 25.03.2026.
6. *Несколько ключевых принципов этичного ИИ в образовании* / UNESCO. – Рекомендация об этических аспектах искусственного интеллекта. – Париж, 2021. – 30 с.
7. *United Nations Development Programme. Digital Inclusion and Accessibility in Education: Guidelines for Sustainable Development* [Electronic resource]. – UNDP, 2024. – Mode of access: <https://www.undp.org>. – Date of access: 20.03.2026.
8. Багдасарова, Н. А. *Этика и искусственный интеллект в образовании* / Н. А. Багдасарова, Б. Б. Величковский, В. Д. Соловьев // *Вопросы образования*. – 2023. – № 4. – С. 112–125.

UDC 004.89:37.018.43

SOFTWARE TOOL FOR TESTING AND ANALYZING USER RESULTS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Garbuz I.A., Pototski D.S.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Pototski D.S. – Assistant of department IS&T

Annotation. This paper presents the design and development of a software tool for intelligent testing and analysis of learning outcomes using artificial intelligence technologies. The system employs large language models (GPT-5.4, Claude Opus 4.6, Gemini 3.1 Pro) for dynamic generation of unique assignments, transformer architectures (BERT, sentence-transformers) for semantic analysis of answers, and clustering and predictive analytics algorithms for personalization of educational trajectories. The paper describes architectural solutions, ethical AI principles, and digital accessibility mechanisms. Pilot testing with 45 students demonstrated an 18% improvement in average scores and a 23% reduction in test completion time compared to traditional testing methods.

Keywords. Artificial intelligence, adaptive testing, large language models, semantic analysis, predictive analytics, inclusive education, digital competencies, personalized learning, computerized adaptive testing.

УДК 658.5:004

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПО ОКАЗАНИЮ ОХРАННЫХ УСЛУГ

Гутько М.М., студент гр. 281074

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Шпак И.И. – канд. техн. наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. Статья посвящена разработке программного средства для автоматизации бизнес-процессов организации по оказанию охранных услуг. Основная цель проекта — создание удобного и функционального инструмента, который оптимизирует процессы управления доступом, оформления пропусков, учета посещений, контроля сотрудников и взаимодействия с клиентами. Программное обеспечение направлено на упрощение рабочих процессов, минимизацию ошибок, повышение производительности труда сотрудников организации и улучшение качества охранных услуг.

Ключевые слова. Оказание охранных услуг, управление доступом, OneBox, USU Software, Booklux, Система "Диспетчер" PLANRADAR, 1С: Управление охраной труда, -генерация штрих-кодов.

В современных условиях охранные предприятия сталкиваются с необходимостью эффективного управления комплексными бизнес-процессами, включая контроль физического доступа, ведение журналов событий, управление персоналом и объектами, формирование отчетности. Традиционные, часто ручные методы управления создают значительные трудности: ошибки в учете, нерациональное распределение ресурсов, низкая оперативность реагирования на события. Это делает автоматизацию охранных организаций важнейшей задачей для повышения их конкурентоспособности [1].

Внедрение системы автоматизации позволяет существенно повысить эффективность управления доступом, объектами охраны и персоналом, минимизировать ошибки при оформлении документов. Такое решение помогает не только сократить затраты времени на обработку данных, но и улучшить контроль за безопасностью объектов, что способствует росту доверия клиентов и их лояльности.

Автоматизация процессов охранного предприятия дает возможность администраторам сосредоточиться на стратегическом управлении и развитии бизнеса, а сотрудникам на местах — эффективно выполнять свои обязанности. Это улучшает организацию работы компании, повышает прозрачность процессов и позволяет быстрее реагировать на возникающие угрозы и инциденты.

Анализ существующих решений, таких как OneBox [2], USU Software [3], Booklux [4], Система "Диспетчер" [5] и PLANRADAR [6], 1С: Управление охраной труда[7] показал, что многие из них имеют ограничения, связанные с высокой стоимостью, сложностью интеграции, избыточным функционалом или недостаточной специализацией именно на пропускном режиме и управлении доступом. Эти недостатки создают потребность в создании нового программного средства, которое будет учитывать специфику охранных услуг и предоставлять гибкий, адаптированный функционал.

Разработанное программное средство для автоматизации охранных услуг решает эти проблемы и предлагает следующие возможности:

- управление доступом и оформление пропусков для посетителей и сотрудников;
- ведение электронного журнала посещений с возможностью поиска и фильтрации;
- генерация уникальных штрих-кодов для пропусков по стандарту EAN-13;
- автоматическое формирование документов-пропусков по шаблону MS Word;
- управление справочной информацией (клиенты, объекты охраны, области доступа);
- поддержка двухуровневой системы доступа: администраторы и охранники;
- формирование отчетности и статистики по посещаемости.

Для реализации этого функционала использованы современные технологии, включая язык программирования C# и платформу Windows Forms, что обеспечивает стабильную работу программы в среде Windows. Программа разработана на основе клиент-серверной архитектуры с использованием СУБД Microsoft SQL Server для организации локальной базы данных, что позволяет эффективно обрабатывать запросы и поддерживать многопользовательский режим работы.

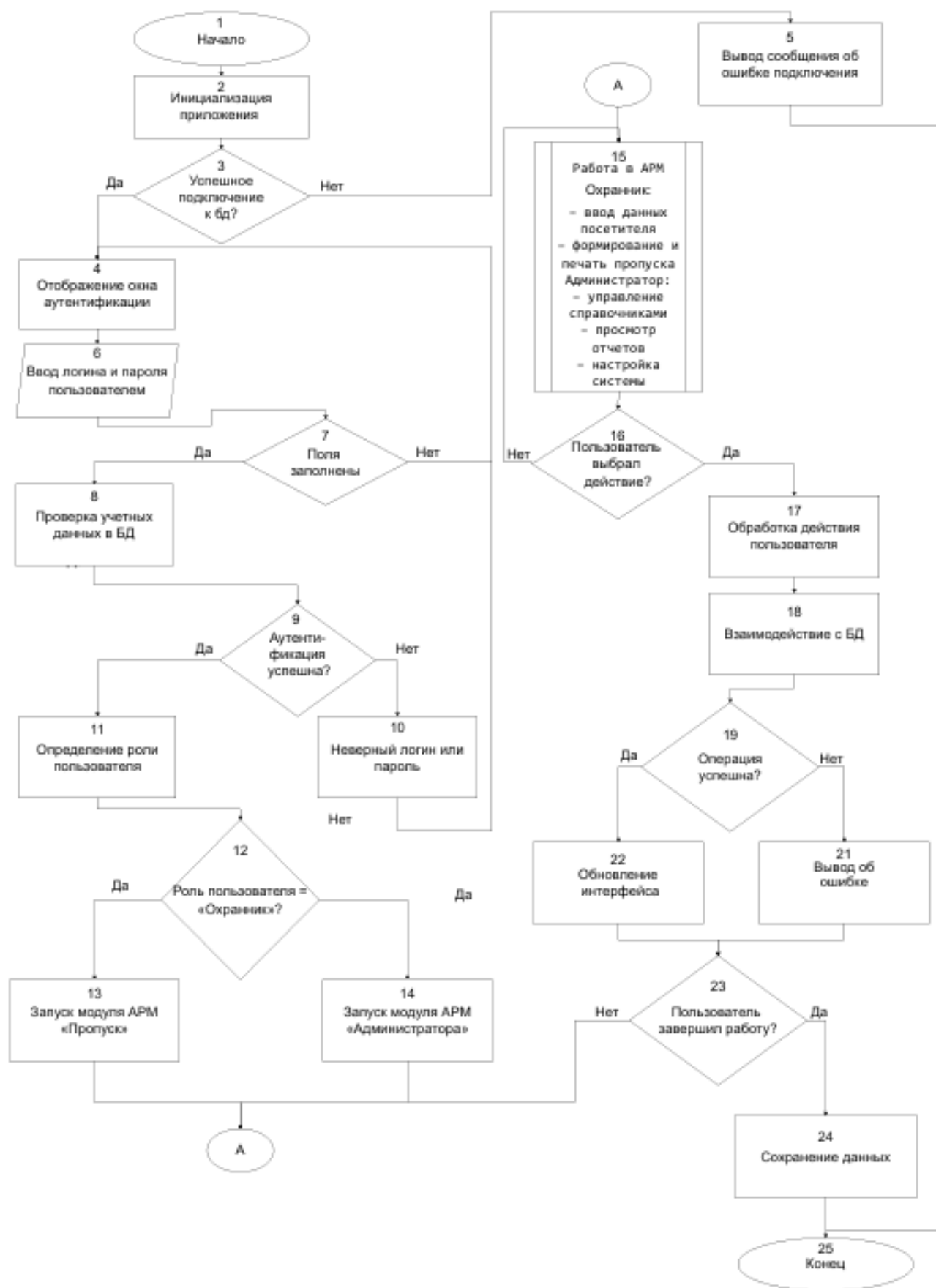
Входные данные для работы приложения включают информацию о посетителях, организациях, областях доступа, сотрудниках. Выходные данные представлены в виде оформленных пропусков (документы и штрих-коды), записей в журнале посещений и отчетов.

Система предлагает две основные роли пользователей:

- администратор — обладает полным доступом к системе: управления справочниками, просмотр и редактирование журнала посещений, настройка системы.
- охранник — работает с модулем оформления пропусков: ввод данных посетителей,

формирование штрих-кодов и документов, просмотр актуальной информации.

Схема работы приложения представлена на рисунке 1.



Рисунке 1 - Схема работы приложения.

Для хранения данных о посетителях, организациях, областях доступа и записях журнала была создана нормализованная реляционная база данных. В ней хранятся сведения о следующих сущностях:

- посетители;
- организации;
- области доступа;
- журнал посещений.

Схема базы данных для формы «Пропуск» разработана с обеспечением целостности данных и оптимальной производительности.

Логическая информационная модель данных для модуля «АРМ Пропуск» представлена на рисунке 2.

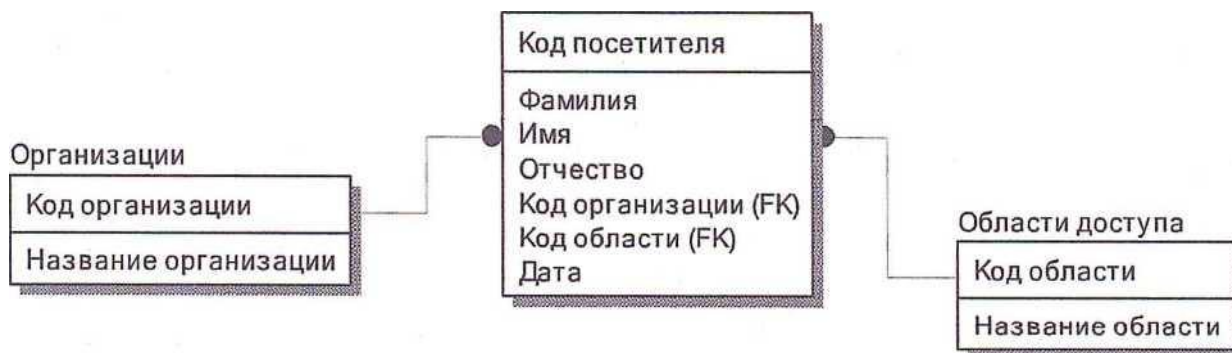


Рисунок 2 - Логическая информационная модель данных для модуля «АРМ Пропуск»

Основной функциональностью, позволяющей оптимизировать процессы работы охранного предприятия, является возможность автоматизации оформления пропусков и ведения журнала посещений, включая ввод данных о посетителе, выбор области доступа, генерацию штрих-кода и формирование документа. Благодаря этому процесс пропуска посетителей становится быстрым, стандартизированным и полностью документированным.

Главное окно авторизации является начальным интерфейсом системы и обеспечивает безопасный доступ к приложению. При запуске программы пользователь видит форму с полями для ввода логина и пароля, кнопками «Вход» и «Выход». Система реализует ролевую модель доступа с предустановленными учетными данными: для сотрудника на контрольно-пропускном пункте — «Охранник/ohrana», для администратора объекта — «Администратор/admin». После успешной проверки учетных данных система автоматически определяет роль пользователя и запускает соответствующий функциональный модуль, закрывая окно авторизации. При попытке входа с пустыми полями или неверными данными система выдает соответствующие предупреждающие сообщения, обеспечивая базовый уровень защиты от несанкционированного доступа.

Главное окно для клиента представлено на рисунке 3.

Рисунок 3 показывает главное окно авторизации. Вверху окна заголовок «Авторизация». В центре окна расположены следующие элементы: поле «Роль:» с выпадающим списком, поле «Пароль:» с текстовым полем ввода, кнопка «Войти» (зеленая) и кнопка «Выход» (красная).

Рисунок 3 - Главное окно авторизации

Главное окно для охранника (модуль "АРМ Пропуск") содержит интерфейс для ввода данных посетителя, выбора области доступа и даты, кнопки для генерации штрих-кода, формирования документа и добавления записи в журнал.

Модуль «АРМ Пропуск» представлен на рисунке 4.

Рисунок 4 —Модуль «АРМ Пропуск»

Таким образом, разработанное программное средство для автоматизации бизнес-процессов охранной организации предоставляет администрации и сотрудникам инструмент для оптимизации операционных процессов, повышения эффективности управления доступом и пропускного режима, а также улучшения контроля и документирования деятельности. В условиях цифровизации сферы безопасности, роста требований к прозрачности и отчетности такие решения становятся неотъемлемой частью успешной деятельности охранных предприятий, обеспечивая значительное конкурентное преимущество за счет повышения качества сервиса, оперативности и снижения административных затрат. Расчет экономической эффективности показал высокую рентабельность инвестиций (ROI более 235%), что подтверждает целесообразность внедрения разработанного программного средства.

Список использованных источников:

1. Внуков, А. А. Основы информационной безопасности: защита информации: учебное пособие для среднего профессионального образования / А. А. Внуков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 161 с.
2. Воронова, В.А. Системы контроля и управления доступом / В.А. Воронова, В. А. Тихонов. — М.: «Горячая линия – Телеком», 2020. — 272 с.
3. СmeBox [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://lums.crm-onebox.com> (дата обращения: 22.10.2025).
4. USU Software [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ususoft.com> (дата обращения: 22.10.2025).
5. Booklux [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.booklux.com> (дата обращения: 22.10.2025).
6. PLANRADAR [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.planradar.com> (дата обращения: 22.10.2025).
7. 1С: Управление охраной труда [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://a2is.ru/catalog/programmy-dlya-obespecheniya-okhrany-truda/1sproizvodstvennaya-bezopasnost-okhrana-truda> (дата обращения: 22.10.2025).

UDC 658.5:004

SOFTWARE FOR AUTOMATION OF THE ORGANIZATION FOR THE PROVISION OF SECURITY SERVICES BUSINESS TOOL-PROCESSES

Gutko M.M.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Shpak Ivan Ilyich – PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The article is devoted to the development of a software tool for automating the business processes of an organization providing security services. The main goal of the project is to create a convenient and functional tool that optimizes the processes of access control, registration of passes, registration of visits, employee control and customer interaction. The software is aimed at simplifying work processes, minimizing errors, increasing the productivity of the organization's employees and improving the quality of security services.

Keywords. Provision of security services, access control, OpeVoh, USU Software, Booklux, PLANRADAR Dispatcher system, 1С: Occupational Health and Safety Management, barcode generation.

УДК 004.45:005.8

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР ПРОВЕДЕНИЯ КОНКУРСНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Демидова Е.А. студентка гр.281074

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Парамонов А.И. – канд. техн. наук, заведующий кафедрой ИСиТ

Аннотация. В работе рассматривается проблема повышения эффективности и прозрачности проведения конкурсных мероприятий. Предложено программное решение, ориентированное на автоматизацию ключевых процессов обработки заявок и экспертной оценки. Разработанная платформа реализует формализованные методы расчёта итоговых результатов и механизмы разрешения конфликтных ситуаций, возникающих при равенстве оценок. Архитектурные и технологические решения направлены на обеспечение масштабируемости, управляемости и устойчивости функционирования. Результаты разработки подтверждают возможность практического применения платформы для организации конкурсных процедур в различных предметных областях.

Ключевые слова. Автоматизация, микросервисная архитектура, конкурсные мероприятия, ранжирование участников, ролевая модель.

Введение. Современные организации активно используют конкурсные процедуры как механизм отбора проектов, распределения ресурсов и принятия управленческих решений. Эффективность таких процедур во многом определяется прозрачностью процессов оценки, корректностью обработки данных и соблюдением установленных регламентов проведения.

Конкурсное мероприятие представляет собой регламентированную процедуру отбора участников на основании заранее определённых критериев оценки, направленную на достижение установленной цели [1].

На рисунке 1 отражены основные принципы, обеспечивающие прозрачность и объективность конкурсных мероприятий.

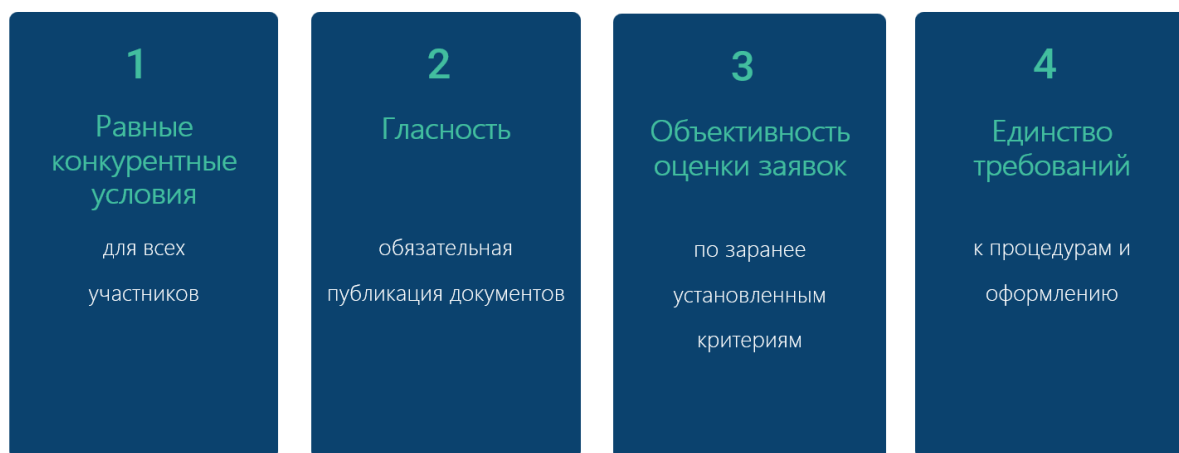


Рисунок 1 – Базовые принципы проведения конкурсных мероприятий

Конкурс может быть рассмотрен как управляемый процесс, состоящий из последовательности взаимосвязанных этапов, включающих подготовку условий проведения, подачу заявок, их административную проверку, экспертную оценку и формирование итоговых результатов.

На начальном этапе осуществляется подготовка конкурсного извещения, в котором формируются условия участия, сроки проведения, требования к конкурсным материалам и критерии оценки заявок. После публикации извещения начинается этап приёма заявок на участие в установленный срок. Каждая заявка проходит процедуру предварительной проверки, направленной на подтверждение соответствия установленным требованиям. По результатам проверки формируется перечень заявок, допущенных к экспертной оценке. Этап экспертной оценки предполагает анализ представленных материалов членами комиссии и выставление баллов по установленным критериям. На завершающем этапе осуществляется сбор и агрегирование результатов оценки, формирование рейтинга участников и формирование итогового протокола конкурса.

Актуальность разработки специализированного программного средства обусловлена тем, что конкурсные процедуры сегодня широко применяются в различных сферах: в образовательной и научной деятельности, при распределении грантов и субсидий, при кадровом отборе, а также в различных профессиональных и творческих соревнованиях. Вместе с тем на практике такие процессы

нередко остаются недостаточно структурированными: значительная часть операций выполняется вручную, информация хранится разрозненно, а контроль соблюдения нормативов во многом зависит от человеческого фактора.

Применяемый процесс проведения конкурса создаёт значительную нагрузку организаторов, усложняет координацию работы комиссии и снижает прозрачность процедур. Практический анализ типового процесса проведения конкурса наглядно выявил эти недостатки и подтвердил необходимость создания специализированного программного решения.

Предлагаемое программное средство ориентировано на формирование единой цифровой среды для обеспечения сквозной поддержки всех этапов конкурсного мероприятия, объединённых в логически выстроенный и управляемый процесс. Платформа обеспечивает централизованное хранение данных, автоматизацию расчётов, повышение прозрачности процедур и воспроизводимость получаемых результатов.

Архитектурное решение программной платформы.

В основу решения положена микросервисная архитектура, предусматривающая разделение платформы на независимые компоненты, каждый из которых отвечает за свою функциональную область: аутентификацию пользователей, управление конкурсами, обработку заявок, проведение экспертной оценки и формирование итоговых результатов [2].

В рамках архитектурной декомпозиции были выделены следующие основные сервисы:

- сервис управления пользователями и аутентификацией;
- сервис управления конкурсными мероприятиями;
- сервис обработки заявок участников;
- сервис экспертной оценки и формирования итоговых результатов.

На рисунке 2 представлена общая архитектура платформы.

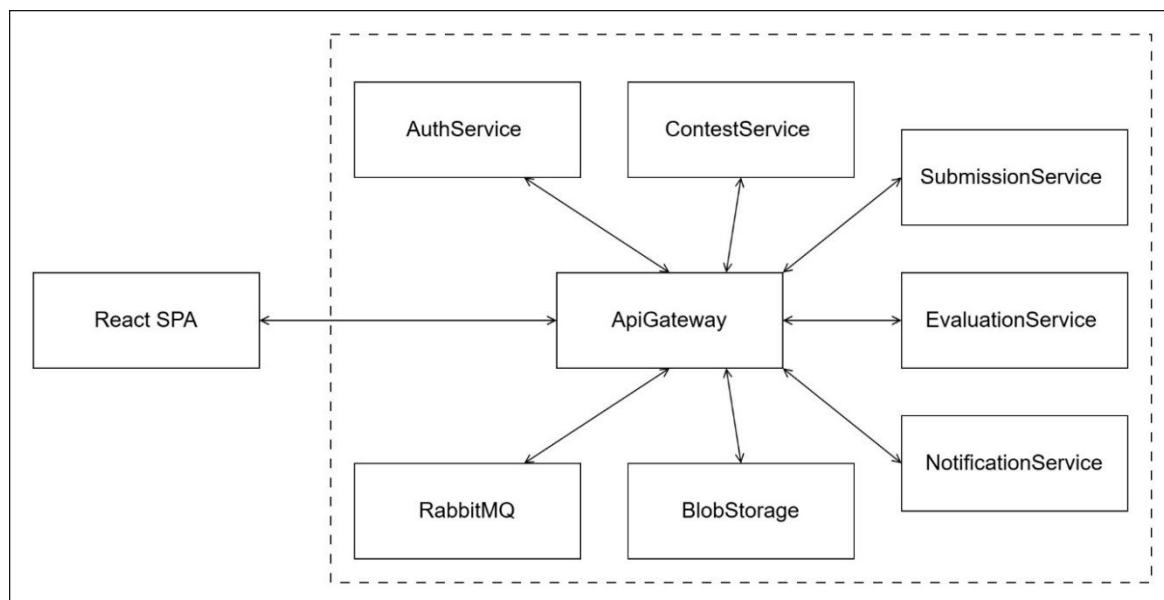


Рисунок 2 – Архитектура программного средства (платформы для проведения конкурсов)

Использование микросервисной архитектуры позволяет обеспечить модульность и независимость компонентов системы, возможность масштабирования отдельных сервисов, упрощение сопровождения и развития программного комплекса, и повышение отказоустойчивости системы. Внутренняя структура сервисов реализована в соответствии с концепцией «Clean Architecture», предусматривающей разделение системы на уровни, что изолирует бизнес-логику от деталей реализации и упрощает изменение технологий хранения данных и интеграции без переработки прикладной логики [3].

При разработке программного средства соблюдались принципы «SOLID», что снижает связанность компонентов, повышает предсказуемость поведения системы и упрощает её развитие [4].

Проектирование сопровождалось построением архитектурных схем, диаграммы вариантов использования, деятельности, классов и описанием алгоритмов работы системы. Всё перечисленное позволило заранее формализовать бизнес-логику, проработать пользовательские сценарии и убедиться в логической согласованности всех процессов ещё на этапе проектирования.

Отдельно стоит отметить, что авторизация реализована на основе ролевой модели. В рамках платформы предусмотрены следующие категории пользователей: организатор; участник; эксперт; секретарь комиссии; администратор. Каждой роли соответствует набор допустимых операций, что обеспечивает разграничение доступа к функциональности системы.

Также дополнительно реализованы следующие механизмы защиты:

- передача данных по защищённым протоколам;
- валидация входных данных;
- журналирование действий пользователей.

Эти аспекты важны при построении современных цифровых платформ и требует детальной проработки, чтобы обеспечить надежное и стабильное функционирование.

Особенности реализации алгоритмов.

Отдельное внимание в работе уделено разработке вычислительных алгоритмов. Были реализованы различные стратегии расчёта итоговых баллов, а также формализованные методы разрешения ситуаций равенства результатов, что имеет принципиальное значение для обеспечения объективности и корректности конкурсных процедур [5].

Стратегия *TotalScore* (суммарный балл) обеспечивает расчёт итоговой оценки как суммы всех выставленных баллов:

$$TotalScore(submission) = \sum_{i=1}^n Score_i, \quad (1)$$

где $Score_i$ — количество баллов, установленное при оценке экспертом по i -му критерию.

Преимущества:

- простая и прозрачная методика;
- высокая вычислительная эффективность (используются агрегирующие запросы без сложной постобработки);
- подходит для конкурсов с большим количеством критериев.

Особенности применения:

- все критерии имеют одинаковый вес;
- в случае равенства итоговых сумм применяются стратегии разрешения ничьих.

Стратегия *WeightedScore* (взвешенный балл) учитывает различную значимость критериев:

$$WeightedScore(submission) = \sum_{i=1}^n (Score_i \cdot Weight_i), \quad (2)$$

где $Weight_i$ — весовой коэффициент значимости критерия i -го критерия.

Преимущества:

- гибкость настройки под любой тип конкурса;
- позволяет учесть приоритетность различных аспектов конкурсных работ;
- применима в регламентированных и многоуровневых оценочных системах.

Особенности применения:

- требует корректной настройки весов на этапе подготовки мероприятия.
- позволяет уменьшить количество ничьих за счёт более точного ранжирования.
- используется преимущественно на финальных этапах.

Стратегия *MedianScore* (медианный балл) определяет итоговую оценку как медиану выборки:

$$MedianScore(submission) = median(Score_1, Score_2, \dots, Score_n). \quad (3)$$

Преимущества:

- устойчивость к выбросам и аномальным значениям;
- снижает субъективность отдельных экспертов;
- хорошо применима при большом количестве экспертов.

Особенности применения:

- дополнительная логика вычислений;
- может давать идентичные медианы у разных участников, что повышает вероятность ничьих.

Стратегия *ExpertPriorityScore* (с приоритетом экспертов) учитывает значимость отдельных экспертов:

$$ExpertPriorityScore(submission) = \sum_{i=1}^n (Score_{expert(i)} \cdot ExpertWeight_i), \quad (4)$$

где $ExpertWeight_i$ — весовой коэффициент значимости оценки i -го эксперта.

Преимущества:

- позволяет учесть компетентность и роль экспертов;
- обеспечивает более взвешенное распределение баллов;

- подходит для специализированных конкурсов (научных, инженерных).
- Особенности применения:
- требует корректной настройки приоритетов.
 - при неправильной конфигурации может привести к чрезмерной концентрации веса на одном эксперте.
 - не всегда подходит для массовых конкурсов с равноправным голосованием.
- После расчёта итоговых значений выполняется ранжирование заявок. Рейтинг формируется путём сортировки по убыванию итогового балла:

$$R = \text{sort}; k = 1, \dots, N. \quad (5)$$

Позиция заявки определяется её местом в упорядоченном списке:

$$P_k = \text{rank}(S_k),. \quad (6)$$

Параметр *Top-N* задаётся на уровне этапа и используется для:

- отбора заявок в следующий этап;
- формирования списка финалистов;
- определения победителей.

При совпадении значений на границе *Top-N* в результирующее множество включаются все заявки с одинаковым баллом.

Для разрешения ситуаций равенства реализованы следующие стратегии:

- *BySubmissionDate* — по времени подачи заявки;
- *ByHigherKeyCriteriaScore* — по ключевым критериям;
- *ByPrioritizedExpertScore* — по приоритетным экспертам;
- *Manual* — ручное решение.

Технологии и средства реализации программной платформы.

Выбор используемого технологического стека обусловлен требованиями к масштабируемости, надёжности и удобству сопровождения программного средства. Используемые решения охватывают серверную, клиентскую и инфраструктурную части системы и обеспечивают согласованную работу всех компонентов платформы.

Серверная часть реализована на базе платформы .NET 9 с использованием ASP.NET Core 9.0, что обеспечивает высокую производительность обработки запросов, встроенные механизмы маршрутизации и гибкую организацию веб-API. Данный стек позволяет эффективно реализовать сервисную архитектуру и обеспечить устойчивую работу при увеличении нагрузки. Для взаимодействия с базой данных используется Entity Framework Core совместно с провайдером Npgsql для PostgreSQL. Применение ORM-инструмента позволяет работать с данными на уровне объектной модели, упрощает разработку и сопровождение, а также обеспечивает согласованность структуры базы данных за счёт механизма миграций.

Обмен данными между сервисами организован с использованием RabbitMQ, выступающего в роли брокера сообщений. Такой подход обеспечивает асинхронную обработку задач, снижает связанность компонентов и позволяет перераспределять нагрузку между сервисами. Для работы с файловыми ресурсами используется Azure Blob Storage, обеспечивающее надёжное хранение файлов большого объёма и возможность масштабирования без увеличения нагрузки на основную базу данных.

Клиентская часть реализована с использованием React и языка TypeScript, что обеспечивает создание интерактивного и типобезопасного пользовательского интерфейса. Использование Vite ускоряет процесс сборки и разработки приложения. Для построения пользовательского интерфейса применяется библиотека Material UI, обеспечивающая единообразие визуального представления. Взаимодействие с серверной частью осуществляется через библиотеку Axios, которая позволяет централизовать выполнение HTTP-запросов, управлять заголовками и обрабатывать ошибки на уровне клиентского слоя.

Инфраструктурная часть построена с использованием контейнеризации на базе Docker и Docker Compose, что обеспечивает изолированное и воспроизводимое окружение для всех компонентов системы. В составе инфраструктуры используются PostgreSQL 16 в качестве основной СУБД и RabbitMQ 3 как брокер сообщений. Для локальной разработки и тестирования применяется Azurite, эмулирующий работу Azure Blob Storage. Клиентская часть развёртывается с использованием Node.js 20 и проксируется через nginx, что обеспечивает эффективную доставку статического контента.

Таким образом, выбранный технологический стек обеспечивает надёжную основу для разработки, масштабирования и эксплуатации программного средства, позволяя реализовать как вычислительные, так и инфраструктурные требования системы.

Аутентификация пользователей реализована на основе механизма JSON Web Token. После успешного входа пользователь получает токен, который используется при обращении к API, что

обеспечивает проверку подлинности пользователя при каждом запросе без повторной передачи учётных данных.

Заключение. В работе описана архитектура и особенности реализации полнофункционального программного средства для обеспечения автоматизации процедур проведения конкурсных мероприятий. Серверная архитектура обеспечивает обработку бизнес-логики, хранение данных и файлов, а также защиту и разграничение доступа. Клиентская часть предоставляет удобные средства взаимодействия для всех категорий пользователей. Использование документированного программного интерфейса делает систему пригодной для интеграции с внешними информационными системами организаций. Принятые архитектурные и технологические решения обеспечивают масштабируемость, расширяемость и практическую применимость разработанного программного средства.

Для подтверждения корректности работы ключевых компонентов были разработаны и проведены модульные тесты, направленные на проверку алгоритмов расчёта и разрешения ничьих. Результаты тестирования продемонстрировали соответствие фактических значений ожидаемым, что подтверждает корректность реализованной логики и готовность к практическому использованию.

Разработанное решение ориентировано на повышение прозрачности, объективности и управляемости конкурсных процедур и может быть эффективно использовано в организациях, где данные характеристики являются критически важными.

Дальнейшее развитие системы целесообразно ориентировать на расширение и углубление реализованных механизмов управления конкурсом. В первую очередь это касается системы уведомлений: помимо базовых оповещений, может быть реализована событийная модель с гибкой настройкой триггеров (изменение статуса заявки, завершение этапа, необходимость оценки), а также поддержка различных каналов доставки (электронная почта, push-уведомления, интеграция с корпоративными мессенджерами). Рассматривается возможность реализации конструктора конкурсных извещений с параметризацией условий участия и автоматической генерацией документации. Также перспективным направлением модернизации является развитие аналитического слоя системы, включающего расширенные средства визуализации результатов: распределение оценок, сравнительный анализ участников, выявление отклонений в экспертных оценках. Это позволит использовать систему не только как инструмент проведения конкурса, но и как средство анализа его результатов. По итогам эксплуатации будет рассмотрена целесообразность развития механизма апелляций с поддержкой многоэтапного рассмотрения и фиксации всех изменений, что обеспечит прозрачность и воспроизводимость принимаемых решений. С точки зрения масштабирования и нагрузочной эксплуатации предполагается совершенствование механизмов отказоустойчивости, что позволит адаптировать систему к росту числа пользователей и конкурсных мероприятий.

Реализация указанных направлений развития позволит трансформировать текущую версию платформы из инструмента автоматизации отдельных процедур в полноценную универсальную платформу управления конкурсными мероприятиями, адаптируемую под различные предметные области и масштабы применения.

Список использованных источников:

1. Постановление Министерства образования Республики Беларусь 12 апреля 2021 г. № 65 [Электронный ресурс] / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 26.05.2021, 8/36706. Режим доступа: <https://pravo.by/>. Дата обращения: 15.04.2026.
2. Richardson, C. *Microservices Patterns (2nd Edition)* / C. Richardson — Manning Publications, — 2024. — 592 p.
3. Martin, R. C. *Clean Architecture* / R. C. Martin — Pearson Education, — 2018 — 432 p.
4. Martin, R. C. *Agile Software Development, Principles, Patterns, and Practices* / R. C. Martin. — Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003. — 552 p.
5. Kendall, M. G. *The Advanced Theory of Statistics* / M. G. Kendall, A. Stuart. — London: Charles Griffin & Company, 1969. — 585 p.

UDC 004.45:005.8

AUTOMATION OF COMPETITIVE PROCEDURES

Demidova E. A.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Paramonov A.I. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. This paper addresses the problem of improving the efficiency and transparency of competitive procedures. A software solution focused on automating key processes of application processing and expert evaluation is proposed. The developed platform implements formalized methods for calculating final results and mechanisms for resolving conflicts arising from tied scores. The architectural and technological solutions are aimed at ensuring scalability, manageability, and operational reliability. The development results confirm the possibility of practical application of the platform for organizing competitive procedures in various subject domains.

Keywords. Automation, microservice architecture, competitive procedures, participant ranking, role-based model.

УДК 004.42:519.872.1

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОТКАЗАМИ

Деревяго А.С., студент гр. 281072

Институт информационных технологий
Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Климов С.М. – старший преподаватель кафедры ИСиТ

Аннотация. В статье рассматривается разработка программного средства для исследования многоканальных систем массового обслуживания с отказами типа G/G/c/c. Актуальность работы обусловлена ограничениями аналитических методов при анализе систем с произвольными распределениями. В основе решения лежит ядро дискретно-событийного имитационного моделирования, реализованное на базе асинхронной клиент-серверной архитектуры. Программа поддерживает использование эмпирических данных и включает алгоритмы оптимизации числа каналов по критериям затрат и качества обслуживания. Адекватность модели подтверждена верификацией по формуле Эрланга В. Практическая ценность доказана внедрением в производственные процессы для планирования операционной нагрузки.

Ключевые слова. Система массового обслуживания, имитационное моделирование, G/G/c/c, дискретно-событийное моделирование, оптимизация ресурсов, вероятность отказа, веб-приложение, планирование ресурсов.

Введение.

Системы массового обслуживания с отказами широко применяются для описания процессов, в которых обслуживание запроса возможно только при наличии свободного ресурса. К таким системам относятся колл-центры, веб-серверы, телекоммуникационные каналы, производственные участки и сервисные платформы. В подобных условиях поступившая заявка при отсутствии свободного канала не становится в очередь, а немедленно отклоняется. Для проектирования и эксплуатации таких систем необходимо оценивать вероятность отказа, загрузку ресурсов, пропускную способность и выбирать рациональное число каналов обслуживания [1].

Классические аналитические методы теории массового обслуживания позволяют получать точные результаты лишь для ограниченного числа моделей. Наиболее известным примером является формула Эрланга В, применимая к системе M/M/c/c, где межприходные интервалы и время обслуживания подчиняются экспоненциальному закону [2]. Однако в реальных процессах эти предположения нередко нарушаются: поток обращений может быть более регулярным или, наоборот, более вариативным, а длительность обслуживания часто описывается неэкспоненциальными распределениями. В таких случаях исследование систем типа G/G/c/c целесообразно проводить средствами имитационного моделирования [3].

Целью работы является разработка программного средства в виде веб-приложения для исследования качественных характеристик многоканальной системы массового обслуживания с отказами, а также для решения прикладной задачи подбора числа каналов обслуживания по заданным критериям.

Сравнительный анализ существующих подходов.

Для выбора направления разработки был проведён анализ существующих инструментов исследования систем массового обслуживания. К ним относятся библиотеки имитационного моделирования, специализированные аналитические калькуляторы и комплексные коммерческие пакеты. Результаты краткого сравнения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение существующих подходов к исследованию СМО

№п/п	Решение	Поддержка произвольных распределений	Наличие готового веб-интерфейса	Средства оптимизации	Основные ограничения
1	SimPy	Да	Нет	Нет	Требует навыков программирования
2	Онлайн-калькуляторы	Нет	Да	Ограниченно	Работают только для частных аналитических случаев
3	AnyLogic, Arena	Да	Ограниченно	Да	Высокая стоимость и избыточность для узкой задачи
4	Разработанное ПО	Да	Да	Да	Ориентировано на класс G/G/c/c

Как видно из таблицы 1, ни одно из распространённых решений не сочетает одновременно поддержку систем G/G/c/c, доступность для неподготовленного пользователя, веб-ориентированность и специализированные алгоритмы оптимизации под задачи ресурсного планирования. Это определяет актуальность разработки собственного программного средства.

Математическая модель и метод моделирования.

В работе рассматривается многоканальная система массового обслуживания с отказами типа G/G/c/c. Первый символ G означает произвольный закон распределения межприходных интервалов, второй – произвольный закон распределения времени обслуживания, третий символ задаёт число параллельных каналов обслуживания, а четвёртый – общую ёмкость системы, совпадающую с числом каналов, то есть очередь отсутствует [1].

Для оценки эффективности функционирования системы в программном средстве рассчитываются следующие основные метрики:

$$P_{\text{отк}} = \frac{N_{\text{отк}}}{N}, \quad (1)$$

где $N_{\text{отк}}$ – число отклонённых заявок; N – общее число поступивших заявок.

$$U = \frac{\sum_{i=1}^C t_i^{\text{busy}}}{CT}, \quad (2)$$

где t_i^{busy} – суммарное время занятости i -го канала; T – длительность моделирования.

$$A = \frac{N_{\text{обс}}}{T}, \quad (3)$$

где $N_{\text{обс}}$ – число успешно обслуженных заявок.

Для исследования систем выбран метод дискретно-событийного имитационного моделирования. Его применение позволяет описывать поведение системы как последовательность событий двух основных типов: прибытие заявки и завершение обслуживания. Время в модели продвигается скачками от одного события к другому, а текущее состояние определяется числом занятых каналов, содержимым календаря событий и накопленной статистикой [4].

Разработанное ядро моделирования поддерживает параметрические и эмпирические распределения случайных величин. Для задания процессов поступления и обслуживания реализована поддержка экспоненциального, равномерного, усечённого нормального, гамма-распределения, распределения Вейбулла, а также эмпирического распределения по выборке наблюдений. Это позволяет использовать программное средство как для учебных экспериментов, так и для анализа систем на основе реальных данных предприятия.

Программная реализация.

Программное средство реализовано на основе клиент-серверной архитектуры. Серверная часть разработана на языке Python с использованием FastAPI, клиентская часть – на React и TypeScript. Для хранения пользователей, конфигураций экспериментов, отчётов и фоновых задач используется СУБД PostgreSQL. Ресурсоёмкие вычисления выполняются асинхронно при помощи Celery, а Redis используется в качестве брокера сообщений и средства хранения состояния задач.

Такой подход обеспечивает разграничение ответственности между компонентами системы. Пользователь через веб-интерфейс формирует конфигурацию эксперимента, задавая число каналов, время моделирования, число репликаций, законы распределения и их параметры. После запуска расчёта запрос принимается API, проходит валидацию, затем задача ставится в очередь и выполняется в фоновом режиме без блокировки интерфейса. По завершении результаты сохраняются в базе данных и становятся доступны для последующего просмотра, повторного анализа и сравнения.

Отдельной функцией программного средства является подбор числа каналов обслуживания. Для этого реализованы два алгоритма. Первый основан на бинарном поиске минимального числа каналов, при котором вероятность отказа не превышает заданного значения. Второй реализует поиск конфигурации, минимизирующей суммарные затраты:

$$\text{Cost}(c) = C_{\text{кан}} \cdot c + C_{\text{отк}} \cdot N \cdot P_{\text{отк}}(c), \quad (4)$$

где $C_{\text{кан}}$ – стоимость одного канала; $C_{\text{отк}}$ – потери от одной отклонённой заявки.

Наличие указанного функционала позволяет использовать систему не только как средство исследования, но и как инструмент поддержки принятия решений при планировании ресурсов.

Результаты моделирования и верификация.

Пример страницы отчёта, формируемой разработанным программным средством по результатам имитационного моделирования, приведён на рисунке 1. На данном примере показаны агрегированные

метрики для конфигурации с тремя каналами обслуживания, экспоненциальным потоком поступления заявок с интенсивностью потока заявок $\lambda = 5$, интенсивностью обслуживания $\mu = 10$ и длительностью моделирования $T = 1000$.

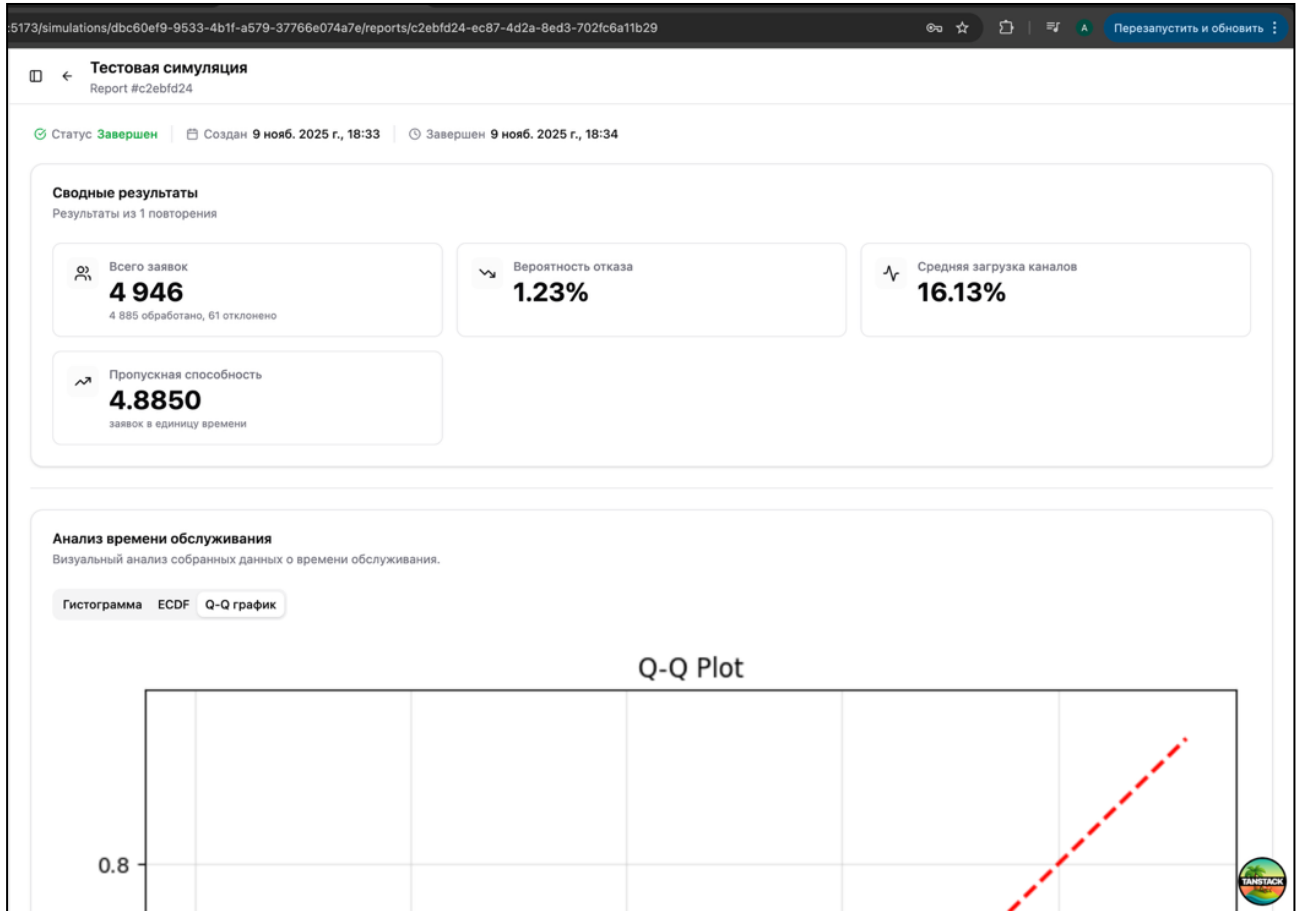


Рисунок 1 – Страница отчёта по результатам имитационного моделирования

Для указанной конфигурации, являющейся частным случаем системы $M/M/3/3$, возможно сопоставление результатов, полученных в программном средстве, с теоретическими оценками. В качестве теоретической вероятности отказа используется формула Эрланга В [2]:

$$P_{\text{отк}} = \frac{\frac{\rho^c}{c!}}{\sum_{k=0}^c \frac{\rho^k}{k!}}, \quad (5)$$

где $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ – приведённая нагрузка.

Для рассматриваемых параметров $\rho = \frac{5}{10} = 0,5$, $c = 3$. Тогда теоретическая вероятность отказа составляет $P_{\text{отк}} \approx 0,01266$ или 1,266%. Теоретическая абсолютная пропускная способность определяется как:

$$A = \lambda(1 - P_{\text{отк}}), \quad (6)$$

а средняя загрузка каналов – как:

$$U = \frac{A}{c\mu}, \quad (7)$$

Результаты сопоставления теоретических значений и фактических данных, полученных в программном средстве, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сопоставление теоретических и симуляционных результатов для конфигурации (М/М/3/3)

№п/п	Показатель	Теоретическое значение	Значение по симуляции
1	Вероятность отказа, %	1,266	1,23
2	Средняя загрузка каналов, %	16,46	16,13
3	Абсолютная пропускная способность	4,9367	4,8850
4	Математическое ожидание числа поступивших заявок	5000	4946

Как видно из таблицы 2, значения, полученные в результате симуляции, близки к теоретическим оценкам. Наблюдаемые различия объясняются стохастической природой процесса и тем, что на рисунке 1 представлен результат конкретного вычислительного прогона, а не усреднение по большой серии репликаций.

Для более наглядной оценки согласованности результатов в таблице 3 приведены абсолютные и относительные отклонения симуляционных значений от теоретических.

Таблица 3 – Отклонение результатов симуляции от теоретических оценок

№п/п	Показатель	Абсолютное отклонение	Относительное отклонение, %	Вывод
1	Вероятность отказа	0,036 п.п.	2,83	Отклонение незначительно
2	Средняя загрузка каналов	0,33 п.п.	1,98	Отклонение незначительно
3	Абсолютная пропускная способность	0,0517	1,05	Высокая близость результатов
4	Число поступивших заявок	54	1,08	Соответствует случайным колебаниям

Приведённое сопоставление подтверждает корректность вычислительных процедур, реализованных в программном средстве. Даже для одиночного прогона наблюдается хорошее согласование между ожидаемыми характеристиками системы и результатами имитационного моделирования. При увеличении числа репликаций и длительности моделирования расхождение дополнительно уменьшается, а аналитические значения попадают в рассчитанные доверительные интервалы.

Оптимизация числа каналов обслуживания.

Помимо расчёта основных метрик, программное средство поддерживает автоматический подбор числа каналов обслуживания по заданному критерию. Пример результата нахождения рациональной конфигурации системы приведён на рисунке 2.

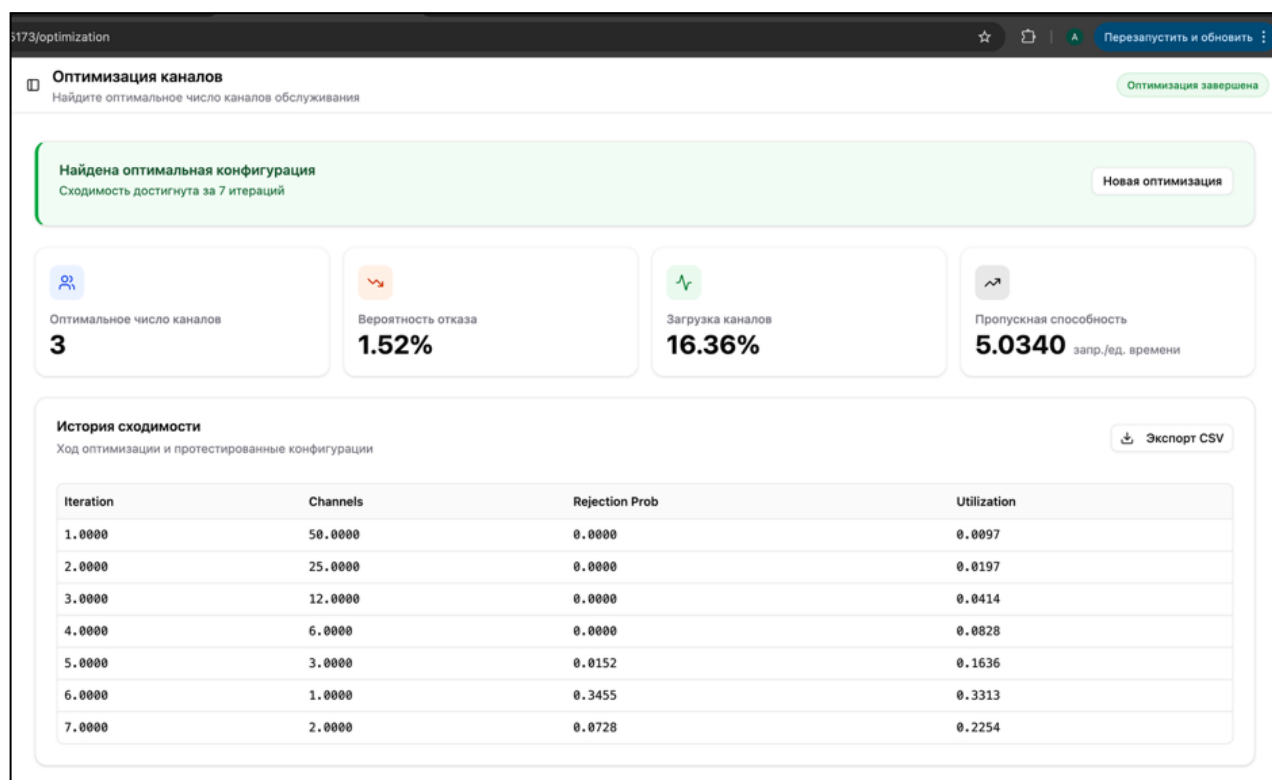


Рисунок 2 – Результат нахождения оптимальной конфигурации системы

Реализованный механизм оптимизации позволяет исследовать влияние числа каналов на вероятность отказа, загрузку ресурсов и пропускную способность, а также выбирать конфигурацию либо по критерию достижения заданного уровня качества обслуживания, либо по критерию минимизации совокупных затрат. Это расширяет область применения программного средства и позволяет использовать его не только в учебных и исследовательских целях, но и в практических задачах планирования ресурсов.

Заключение.

В статье представлено программное средство для исследования качественных характеристик многоканальных систем массового обслуживания с отказами типа G/G/c/c. Разработанное решение сочетает дискретно-событийное имитационное моделирование, поддержку произвольных и эмпирических распределений, а также алгоритмы оптимизации числа каналов обслуживания. Сопоставление результатов моделирования с теоретическими оценками для частного случая M/M/c/c подтвердило корректность реализованной модели. Практическая значимость работы заключается в возможности применения программного средства для задач анализа, планирования ресурсов и выбора рациональной конфигурации системы, а также подтверждается внедрением разработанного программного средства в деятельность организации для анализа процессов обслуживания и оценки качественных характеристик обработки заявок в условиях ограниченных ресурсов на фасовочных линиях.

Список использованных источников:

1. Kendall, D. G. *Stochastic Processes Occurring in the Theory of Queues and their Analysis by the Method of the Imbedded Markov Chain* // *The Annals of Mathematical Statistics*. – 1953. – Vol. 24, No. 3. – P. 338–354.
2. Erlang, A. K. *Solution of Some Problems in the Theory of Probabilities of Significance in Automatic Telephone Exchanges* // *Post Office Electrical Engineer's Journal*. – 1917. – Vol. 10. – P. 189–197.
3. Shortle, J. F. *Fundamentals of Queueing Theory* / J. F. Shortle, J. M. Thompson, D. Gross, C. M. Harris. – 5th ed. – Hoboken : Wiley, 2020. – 541 p.
4. Вьюненко, Л. Ф. *Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов* / Л. Ф. Вьюненко, М. В. Михайлов, Т. Н. Первозванская. – Москва : Юрайт, 2024. – 283 с.

UDC 004.42:519.872.1

SOFTWARE TOOL FOR STUDYING QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF A SIMULATION MODEL OF A MULTI-CHANNEL LOSS QUEUEING SYSTEM

Dereviago A.S.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Klimov S.M. – Senior Lecturer

Abstract. This paper describes the development of a software tool for the investigation of multichannel loss queueing systems of the G/G/c/c type. The study is motivated by the limitations of analytical approaches in the analysis of systems with general interarrival and service-time distributions. The proposed tool is based on a discrete-event simulation engine implemented within an asynchronous client-server architecture. It supports the use of empirical data and includes algorithms for optimizing the number of service channels according to cost and quality-of-service criteria. The model adequacy was validated through verification against the Erlang B formula. The practical value of the tool was demonstrated through its deployment in production environments for operational workload planning.

Keywords: queueing system, simulation modeling, G/G/c/c, discrete-event simulation, resource optimization, blocking probability, web application, capacity planning.

УДК 004.02

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ВЕДЕНИЯ СЕМЕЙНОГО БЮДЖЕТА

Захарчик К.О., студент гр.281078

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Скудняков Ю.А. – канд. техн. наук, доцент каф. ИСиТ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы разработки мобильного приложения для ведения семейного бюджета. Описан пользовательский интерфейс приложения, обоснован выбор средств и технологий разработки, а также проведён анализ существующих аналогов и выявлены их основные недостатки. Представлены ключевые функциональные возможности разрабатываемого приложения, направленные на учёт доходов и расходов, управление кошельками и финансовыми данными пользователей. В качестве языка программирования выбран язык Java, используемый для разработки мобильных приложений под операционную систему Android.

Ключевые слова. Мобильное приложение, семейный бюджет, Java, Android.

Введение. Мобильная индустрия - это растущая отрасль, которая привлекает компании со всех рынков. Неудивительно - согласно прогнозам, выручка от мобильных приложений в 2026 году достигнет почти 600 миллиардов долларов. Стремительный рост популярности смартфонов и планшетов сделал разработку мобильных приложений все более популярной тенденцией среди владельцев бизнеса во всем мире [1].

Одной из ключевых особенностей современной цифровой среды является многоканальность. Обеспечение эффективного присутствия в тех каналах, которые обеспечивают контакт с потенциальными клиентами, становится жизненно важной задачей для бизнеса.

Мобильные приложения считаются одним из самых мощных инструментов для контакта с целевой аудиторией с точки зрения ведения бизнеса. Смартфон есть почти у каждого взрослого человека в мире, и этот рынок продолжает расти.

Это довольно весомый аргумент в пользу того, что стоит сосредоточиться на мобильных технологиях [2].

Кроме того, управление бизнесом, основанном на мобильном приложении не требует большого количества времени. Основная работа связана с обновлением приложений для новых версий программных средств и добавлением новых функций.

Большинство людей проводит много времени со смартфоном, и это дает дополнительные маркетинговые возможности владельцам мобильных приложений. Например, можно разместить рекламу в социальных сетях, при клике на которую пользователь сразу попадает в магазин мобильных приложений и сможет установить программное средство на свой смартфон.

На основании вышеописанного можно с уверенностью сказать, что последние несколько лет электронная коммерция семимильными шагами перемещается в мобильную плоскость.

Учитывая современные тенденции, разработка приложений для мобильных устройств обеспечит конкурентное преимущество, увеличит лояльность клиентов бренду. Без сомнения, будущее за мобильными приложениями.

Для реализации приложения были обоснованно выбраны современные технологии мобильной разработки: язык программирования Java и среда разработки Android Studio. Для хранения данных используется локальная база данных SQLite. В процессе разработки выполнено тестирование с применением ручного и регрессионного тестирования. Результаты тестирования подтвердили корректность работы всех заявленных функций.

Целью данной работы является приобретение практических навыков в области проектирования, создания и документирования мобильного приложения. В ходе выполнения было разработано мобильное приложение, которое предназначено для учета финансовых средств семьи.

Основными задачами данной работы являются:

- постановка задачи;
- проектирование;
- разработка мобильного приложения.

Были выполнены следующие шаги:

- разработана логика работы мобильного приложения;
- разработан прототип интерфейса;
- разработано мобильное приложение с использованием языка программирования Java;
- проведено тестирование мобильного приложения.

В процессе работы была подробно изучена специфика предметной области, проведен сравнительный анализ существующих аналогов на рынке финансовых мобильных приложений, а также

сформировано чёткое представление о функциональном назначении разрабатываемого мобильного приложения.

На основании вышеописанного можно сделать вывод, что разработанное мобильное приложение может быть использовано для ведения семейного бюджета, обеспечивая удобный контроль финансов, повышение финансовой дисциплины и эффективности управления денежными средствами.

Основная часть. Разработка мобильных приложений может быть трудоемким процессом, особенно в сложных предметных областях. Для облегчения этой задачи на ранних этапах проектирования часто используются различные виды диаграмм, а одним из наиболее распространенных языков для их моделирования является унифицированный язык моделирования (UML). С помощью UML можно визуализировать процессы, протекающие в программных системах, и сделать их понятными и доступными для обсуждения заказчиком и разработчиками.

Одним из основных инструментов UML является диаграмма вариантов использования, которая позволяет описать функциональность приложения при взаимодействии с пользователем. Эта диаграмма представляет собой набор актеров и вариантов использования, которые являются ключевыми элементами системы [3].

Пользователь взаимодействует с системой через мобильное приложение, имея возможность запускать его, проходить первый запуск, создавать кошельки, а также управлять всеми финансовыми данными семьи. При первом запуске приложения пользователь может выбрать обучение или восстановление ранее сохранённых данных.

После настройки кошелька пользователь получает доступ к основным функциям системы:

- добавление, редактирование и удаление доходов, расходов, долгов, сбережений и бюджетов;
- просмотр статистики, транзакций, завершённых и активных сбережений;
- создание категорий, мест, событий и членов семьи, необходимых для организации использования финансов;
- редактирование и удаление этих элементов при необходимости;
- работа с выдачей денег в долг и управление возвратом;
- осуществление конвертации валют и выбор валюты для кошельков;
- просмотр общей структуры бюджета, его динамики и структуры расходов.

Диаграмма вариантов использования мобильного приложения представлена на рисунке 1.

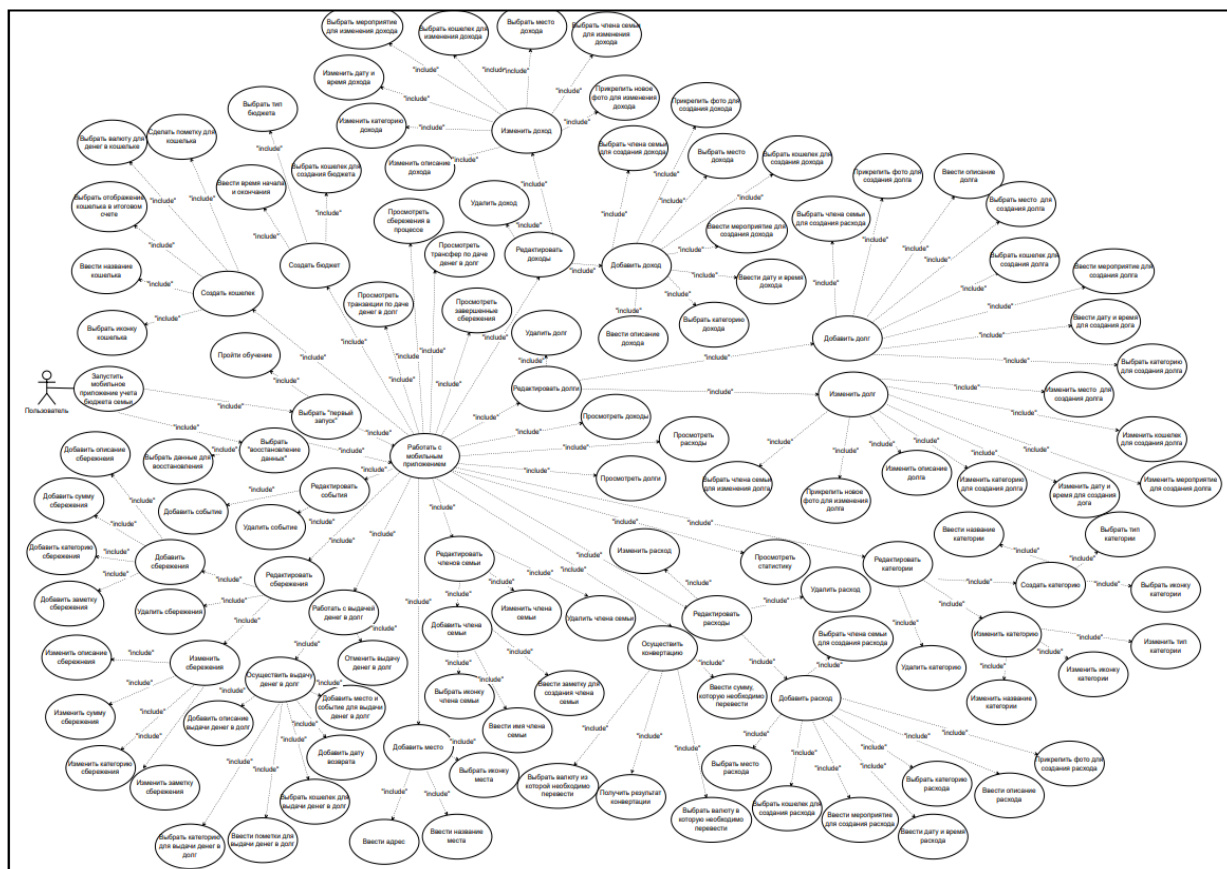


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Также рассмотрим архитектуру мобильного приложения.

Это основа, на которой строится весь процесс разработки, функционирования и сопровождения программного продукта.

Она определяет общую структуру системы, распределение функций между компонентами и взаимодействие между ними.

Грамотно выбранная архитектура обеспечивает устойчивость, гибкость и возможность дальнейшего расширения приложения, а также упрощает его тестирование, обновление и поддержку.

Существует множество архитектурных подходов: одноуровневые и многоуровневые структуры, микросервисная архитектура, клиент-серверная модель и другие.

Каждый из них имеет свои особенности, преимущества и ограничения.

Выбор архитектурного решения напрямую влияет на качество, производительность и масштабируемость приложения.

Для реализации мобильного приложения ведения семейного бюджета была выбрана клиент-серверная архитектура.

Этот подход предполагает разделение системы на две основные части:

- клиентскую часть, реализованную в виде мобильного приложения на платформе Android;
- серверную часть, которая обеспечивает хранение, обработку и синхронизацию данных.

Коммуникация между клиентом и сервером осуществляется по принципу «запрос–ответ» с использованием сетевого API (REST или аналогичного протокола обмена).

Клиентская часть формирует запросы к серверу (например, добавление, изменение или получение данных о транзакциях, бюджете, категориях), а сервер обрабатывает их, взаимодействует с базой данных и возвращает результат в виде структурированных данных (обычно в формате JSON).

Такое распределение обязанностей позволяет:

- разгрузить клиентское приложение, оставив ему только функции пользовательского интерфейса и отображения данных;
- централизовать обработку и хранение информации на сервере, обеспечивая безопасность и согласованность данных;
- синхронизировать данные между несколькими устройствами пользователя;
- обеспечивать работу приложения как в онлайн, так и в офлайн-режиме (с последующей синхронизацией при подключении к Интернету).

Выбор клиент-серверной архитектуры обусловлен рядом преимуществ:

- масштабируемость — возможность увеличивать производительность системы при росте числа пользователей и объёма данных за счёт добавления серверных ресурсов;
- гибкость — упрощённое обновление клиентской части без изменения 24 серверной логики;
- надёжность и безопасность — централизованное хранение данных и контроль доступа;
- удобство сопровождения — изоляция бизнес-логики на сервере позволяет вносить изменения без необходимости обновления мобильного клиента;
- независимость — клиенты и серверы могут быть разработаны на разных платформах и языках программирования;
- асимметричность — клиент инициирует соединение, а сервер ожидает и обрабатывает запросы;
- централизация управления — ресурсы и бизнес-логика сосредоточены на серверной части.

Таким образом, клиент-серверная архитектура является оптимальным решением для мобильного приложения учёта семейного бюджета.

Она обеспечивает эффективную работу системы, гибкость при дальнейшей доработке, устойчивость при увеличении числа пользователей и удобство сопровождения на всех этапах жизненного цикла программного обеспечения.

Разработанное мобильное приложения ведения семейного бюджета помогает пользователю производить ввод данных о производимых им финансовых операций для последующего анализа целесообразности собственной финансовой деятельности.

Реализованное программное средство может являться отличным инструментом контроля за ведением бюджета.

После запуска мобильного приложения на экране появляется главная страница «Приветствие» после чего пользователю необходимо нажать на кнопку, расположенную в левом верхнем углу экрана для вызова главного меню программы, содержащего основные компоненты программы.

На экране главного меню пользователь может выбрать необходимую для него в конкретный момент времени функцию и перейти к соответствующему окну.

Для перехода к странице «Расходы» необходимо нажать на элемент списка главного меню, после чего произойдёт открытие страницы «Доходы», на которой отображаются уже введенные пользователем записи, и кнопка «Добавить», соответственно для ввода новой.

Пример интерфейса представлен на рисунке 2. В частности, на нем можно увидеть пример создания новой категории.



Рисунок 2 – Добавление новой категории в мобильном приложении ведения семейного бюджета

В процессе разработки и проверки мобильного приложения использовались как функциональные, так и нефункциональные виды тестирования.

Функциональное тестирование направлено на проверку корректности выполнения основных функций приложения и соответствия реализованного функционала требованиям пользователя.

Нефункциональное тестирование, в свою очередь, позволяет оценить такие характеристики программного продукта, как производительность, удобство использования, устойчивость к ошибкам и надежность работы [4].

Основным инструментом проведения тестирования являлись тест-кейсы. Тест-кейс представляет собой формализованное и детальное описание последовательности действий, необходимых для проверки определенного аспекта работы программы, включая элементы пользовательского интерфейса.

Каждый тест-кейс содержит описание предусловий, которые должны быть выполнены перед началом тестирования, пошаговый алгоритм действий пользователя, а также ожидаемый результат, который должен быть получен после выполнения всех шагов.

Такая структура тест-кейса обеспечивает однозначность интерпретации сценария тестирования и исключает неоднозначность при проверке работы мобильного приложения.

Наличие четко сформулированных предусловий позволяет воспроизвести одинаковые условия тестирования при повторных запусках, что особенно важно при регрессионном тестировании и проверке исправлений после устранения выявленных дефектов. Это обеспечивает воспроизводимость результатов тестирования и повышает достоверность выводов о корректности работы программного обеспечения.

Пошаговое описание действий пользователя позволяет детально проверить корректность выполнения каждой функции мобильного приложения, а также выявить возможные ошибки, связанные с пользовательским интерфейсом или логикой обработки данных.

Такой подход способствует выявлению скрытых дефектов, которые могут проявляться только при выполнении определённой последовательности действий.

Ожидаемый результат, указанный в тест-кейсе, служит критерием оценки успешности прохождения тестирования. Сравнение фактического результата с ожидаемым позволяет объективно

определить корректность работы проверяемой функции и зафиксировать наличие или отсутствие ошибок. Использование структурированных тест-кейсов обеспечивает систематичность процесса тестирования и способствует повышению качества разрабатываемого мобильного приложения.

Использование тест-кейсов обеспечивает систематичность и повторяемость процесса тестирования, что способствует повышению качества разрабатываемого программного продукта.

Закключение. В ходе работы был проведен анализ предметной области, включающий оценку современного состояния рынка мобильных приложений, а также изучение основных подходов к разработке приложения для мобильных устройств.

В качестве инструмента разработки была выбрана и изучена среда Android Studio, а также язык программирования Java.

Разработанное в рамках работы мобильное приложение является актуальным на сегодняшний день и обладает высокой практической значимостью.

Для повышения качества разрабатываемого приложения был проведен анализ существующих программных решений в данной предметной области, что позволило учесть их недостатки и реализовать более удобный и функциональный продукт.

Было выполнено тестирование, результаты которого показали корректную работу приложения и его готовность к практическому использованию.

Была приведена информация о функциональном назначении программы, требованиях к установке, аппаратным и программным ресурсам, а также представлен пример работы с приложением.

В ходе выполнения работы были подробно описаны основные этапы проектирования и разработки мобильного приложения в соответствии с требованиями технического задания.

Все цели разработки были достигнуты, а программное средство полностью соответствует предъявленным требованиям.

Дополнительно в рамках работы были рассмотрены вопросы обеспечения удобства пользовательского интерфейса и повышения эргономичности приложения, что способствует комфортной работе пользователей и снижению вероятности ошибок при вводе данных.

Особое внимание было уделено логике навигации и наглядности представления информации о доходах и расходах.

Перспективы дальнейшего развития разработанного приложения включают расширение функциональных возможностей, таких как добавление облачной синхронизации данных, поддержка нескольких пользователей, а также реализация аналитических инструментов для более детального анализа финансовых показателей.

Возможна адаптация приложения под другие версии операционной системы Android и внедрение дополнительных механизмов защиты пользовательских данных.

Таким образом, все поставленные задачи были выполнены, основная цель, сформулированная в данной работе, была успешно достигнута.

Список использованных источников:

1. Баранова, А. Ю. Финансовая грамотность: учебное пособие / А. Ю. Баранова. – М.: ИНФРА-М, 2023. – 225 с.
2. Дейтел, П. Android для разработчиков: программирование для Android с использованием AndroidStudio / П. Дейтел. – СПб.: Питер, 2022. – 512 с.
3. Васильев, А. Н. Java. Объектно-ориентированное программирование / А. Н. Васильев. – СПб.: Питер, 2024. – 397 с.
4. Тамре, Л. Тестирование программного обеспечения / Л. Тамре – М. : Вильямс, 2021. – 368 с.

UDC 004.02

MOBILE APPLICATION FOR FAMILY BUDGET MANAGEMENT

Zakharchik K.O.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Skudnyakov Yu.A. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Annotation. The article discusses the development of a mobile application for managing a family budget. The user interface of the application is described, the choice of development tools and technologies is justified, and the analysis of existing analogues is conducted, revealing their main disadvantages. The key features of the developed application, which are aimed at accounting for income and expenses, managing wallets and financial data of users, are presented. Java, a programming language used for developing mobile applications for the Android operating system, is chosen as the programming language.

Keywords. Mobile application, family budget, Java, Android.

УДК 004.93

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ВИДЕОПОТОКА

Карпик С.Э., магистрант гр.55624

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Парамонов А.И. – канд. техн. наук, заведующий кафедрой ИСиТ

Аннотация. Рассматривается проблема интеллектуальной обработки видеопотока в условиях роста объемов видеоданных и увеличения нагрузки на операторов. Проанализированы ограничения традиционных систем видеонаблюдения и обоснована необходимость перехода к автоматизированному анализу визуальной информации видеопотока. Описана архитектура современных систем видеоаналитики, включая этапы предварительной обработки, детекции, классификации и трекинга объектов. Рассмотрены методы компьютерного зрения и машинного обучения, а также основные прикладные области применения интеллектуальных систем видеонаблюдения.

Ключевые слова. Интеллектуальная обработка видеопотока, видеоаналитика, компьютерное зрение, детекция объектов, трекинг объектов, нейронные сети, глубокое обучение, OpenCV.

Введение. В статье рассматривается проблема интеллектуальной обработки видеопотока и её применение для решения прикладных задач анализа визуальной информации. В современном мире системы видеонаблюдения и видеомониторинга широко используются в различных областях — от обеспечения общественной безопасности до промышленного контроля и управления транспортными потоками. Количество установленных камер видеонаблюдения ежегодно увеличивается, что приводит к резкому росту объемов видеоданных, требующих обработки и анализа.

Традиционные системы видеонаблюдения в основном выполняют функцию записи и хранения видеоматериалов. Однако такой подход имеет существенные ограничения.

Во-первых, анализ видеозаписей часто осуществляется человеком-оператором, что требует значительных трудовых ресурсов.

Во-вторых, человек способен эффективно контролировать лишь ограниченное количество видеопотоков. При длительной монотонной работе внимание оператора снижается, что повышает вероятность пропуска значимых событий.

В-третьих, увеличение числа камер делает ручной анализ видеоданных практически невозможным.

В последние годы наблюдается стремительный рост количества систем видеонаблюдения. По различным оценкам, в крупных городах количество установленных камер исчисляется десятками и сотнями тысяч. В результате ежедневно формируются терабайты видеоданных, которые требуют хранения, обработки и анализа. Обработка таких объемов информации традиционными методами становится практически невозможной. Это приводит к формированию нового класса систем — интеллектуальных систем видеоаналитики, способных автоматически анализировать визуальные данные и извлекать из них полезную информацию.

В условиях роста количества видеопотоков возникает необходимость автоматизации их анализа. Интеллектуальная обработка видеопотока представляет собой совокупность методов компьютерного зрения и машинного обучения, направленных на автоматическое обнаружение объектов, анализ поведения, распознавание событий и выявление аномалий в видеоданных [1]. Такие системы могут работать как в режиме реального времени, так и при обработке архивных записей.

Развитие технологий компьютерного зрения привело к появлению эффективных алгоритмов анализа изображений и видео. Особенно значительный прогресс был достигнут с внедрением методов глубокого обучения, в частности сверточных нейронных сетей. Эти методы позволяют автоматически извлекать признаки из изображений и обеспечивают высокую точность распознавания объектов даже в сложных условиях наблюдения.

Архитектурные решения современных систем мониторинга видеопотока.

Современные системы интеллектуального анализа видео строятся по многоуровневой архитектуре, включающей несколько этапов обработки данных. Такой подход позволяет эффективно обрабатывать большие объемы видеоданных и распределять вычислительную нагрузку между различными компонентами системы.

На первом этапе выполняется захват видеопотока. Источниками данных могут выступать IP-камеры, видеорегистраторы, потоковые протоколы передачи данных (например, RTSP), а также архивные видеозаписи. В некоторых случаях используются специализированные камеры с поддержкой встроенной аналитики.

После получения видеопотока выполняется декодирование кадров и их предварительная обработка. Данный этап играет важную роль, поскольку позволяет уменьшить влияние шумов, улучшить качество изображения и подготовить данные для последующего анализа. Предварительная обработка может включать фильтрацию шумов, коррекцию яркости и контрастности, стабилизацию изображения, нормализацию цветового пространства, масштабирование изображений.

Следующим этапом является выделение областей интереса на изображении. Для этого применяются методы обнаружения движения, вычитания фона и поиска контуров. Основная задача данного этапа заключается в том, чтобы сократить объём информации, передаваемой на последующие стадии обработки.

Полученные области интереса передаются на следующий уровень обработки — системы распознавания объектов. На данном этапе используются алгоритмы компьютерного зрения, позволяющие определить наличие объектов на изображении и определить их положение. После обнаружения объектов выполняется их классификация.

После обнаружения объектов на отдельных кадрах возникает задача их сопоставления между последовательными кадрами видеопотока. Этот процесс называется трекингом объектов. Основной целью трекинга является сохранение идентификатора объекта на протяжении всей последовательности кадров и определение его траектории движения.

Одним из распространённых подходов является использование фильтра Калмана, который позволяет прогнозировать положение объекта на следующем кадре на основе предыдущих наблюдений. Для сопоставления обнаруженных объектов между кадрами применяется алгоритм венгерского назначения.

В современных системах широко используются алгоритмы SORT (Simple Online Realtime Tracking) и Deep SORT. Алгоритм Deep SORT дополняет классический подход использованием нейросетевых признаков внешнего вида объекта, что позволяет уменьшить количество ошибок сопоставления.

На заключительном этапе выполняется анализ событий и интеграция результатов в прикладные системы. Полученная информация может использоваться для формирования сигналов тревоги, записи событий в базу данных, управления оборудованием или визуализации результатов для оператора.

Предварительная обработка является важным этапом интеллектуального анализа видеопотока, поскольку позволяет повысить точность последующих алгоритмов обработки. На практике используются различные методы обработки изображений, позволяющие выделять информативные признаки сцены.

Одним из наиболее распространённых методов является вычитание фона. Данный метод основан на построении модели статического фона сцены и сравнении текущего кадра с этой моделью. Если на изображении появляются новые объекты, они рассматриваются как движущиеся элементы.

В библиотеке OpenCV реализованы алгоритмы MOG и MOG2, основанные на гауссовых моделях смеси. Эти алгоритмы позволяют адаптивно обновлять модель фона и учитывать постепенные изменения освещения.

Другим важным методом является поиск контуров. Контуров позволяют определить границы объектов на изображении и выделить отдельные области интереса. После обнаружения контуров выполняется их фильтрация по различным параметрам, таким как площадь, форма или положение.

Также широко применяются морфологические операции обработки изображений. К ним относятся операции расширения, эрозии, открытия и закрытия. Эти методы позволяют устранить шумы, заполнить небольшие разрывы в объектах и улучшить качество сегментации изображения. Дополнительно могут использоваться методы компенсации дрожания камеры, а также алгоритмы подавления теней. Эти методы особенно важны для систем видеонаблюдения, установленных на открытых пространствах.

В последние годы основным направлением развития компьютерного зрения стало использование методов глубокого обучения. Сверточные нейронные сети продемонстрировали высокую эффективность в задачах анализа изображений и видео.

Одной из наиболее известных архитектур является YOLO (You Only Look Once) [2]. Данный алгоритм выполняет обнаружение объектов на изображении за один проход нейронной сети, что обеспечивает высокую скорость обработки. Благодаря этому YOLO широко применяется в системах анализа видео в реальном времени [3].

Другим популярным алгоритмом является SSD (Single Shot Detector). Он также относится к методам одношаговой детекции объектов и обеспечивает хорошее соотношение скорости и точности.

Для более сложных задач сегментации используется архитектура Mask R-CNN. Она позволяет не только обнаружить объект, но и определить его точную форму на уровне пикселей.

Помимо детекции объектов важной задачей является их отслеживание во времени. Для этого используются алгоритмы трекинга, такие как Kalman Filter, SORT, Deep SORT. Эти алгоритмы позволяют связывать объекты между кадрами видеопотока и анализировать их движение.

Прикладные задачи интеллектуальной обработки видеопотока

Современные системы интеллектуального анализа видеопотока находят применение в различных областях.

Одним из наиболее распространённых применений является анализ дорожного движения. Системы видеоаналитики позволяют обнаруживать транспортные средства, подсчитывать их количество, анализировать плотность движения и выявлять нарушения правил дорожного движения.

Такие системы могут фиксировать пересечение стоп-линии, движение по выделенной полосе или въезд в запрещённую зону.

В промышленности интеллектуальные системы анализа видео используются для контроля производственных процессов. Камеры устанавливаются над конвейерными линиями и автоматически отслеживают перемещение продукции.

Система может подсчитывать количество произведённых изделий, обнаруживать дефекты и фиксировать отклонения в технологическом процессе.

В системах безопасности алгоритмы компьютерного зрения используются для обнаружения подозрительных действий, анализа поведения людей и выявления потенциальных угроз. Например, система может обнаружить проникновение на охраняемую территорию, обнаружить оставленный предмет или зафиксировать агрессивное поведение.

В концепции «умных» зданий видеоаналитика используется для анализа загруженности помещений, управления освещением и оптимизации использования ресурсов. Система может определять количество людей в помещении, анализировать потоки посетителей и автоматически управлять инженерными системами здания.

Ещё одной важной задачей является поиск событий в архивных видеозаписях. Использование алгоритмов компьютерного зрения позволяет автоматически индексировать видеоданные и выполнять поиск по заданным параметрам. Это значительно ускоряет анализ видеоматериалов и упрощает работу с большими архивами.

Анализ современных систем интеллектуальной обработки видеопотока показывает, что наилучшие результаты достигаются при комбинировании различных методов обработки данных. Классические методы компьютерного зрения обладают высокой скоростью работы и низкими требованиями к вычислительным ресурсам. Они хорошо подходят для предварительной обработки данных и выделения областей интереса. Однако такие методы имеют ограниченные возможности и плохо справляются с задачами сложного распознавания объектов.

Методы глубокого обучения обеспечивают более высокую точность распознавания и способны работать в сложных условиях. Они устойчивы к изменениям освещения, частичным перекрытиям объектов и сложной геометрии сцены. Тем не менее использование нейросетевых моделей требует значительных вычислительных ресурсов и наличия обучающих данных. Поэтому современные системы видеоаналитики обычно используют гибридную архитектуру, в которой классические алгоритмы выполняют предварительную обработку данных, а нейронные сети выполняют сложный анализ изображений.

Интеллектуальный анализ видеопотока требует значительных вычислительных ресурсов, особенно при обработке видео высокого разрешения в режиме реального времени. Для ускорения вычислений широко используются графические процессоры (GPU), которые позволяют выполнять параллельную обработку данных.

Одним из распространённых решений являются специализированные вычислительные платформы для edge-обработки, такие как NVIDIA Jetson. Эти устройства позволяют выполнять нейросетевой анализ видео непосредственно на уровне камеры или локального вычислительного узла, что снижает задержки передачи данных и уменьшает нагрузку на центральный сервер.

Заключение.

В статье была рассмотрена проблема интеллектуальной обработки видеопотока и проанализированы основные методы и технологии, применяемые в системах видеоаналитики. Показано, что современные системы анализа видео постепенно переходят от пассивного хранения видеоданных к активному анализу происходящих событий. Использование методов компьютерного

зрения и машинного обучения позволяет значительно повысить эффективность обработки видеоданных и автоматизировать решение многих прикладных задач.

Одним из ключевых направлений развития является применение более современных архитектур глубокого обучения. В последние годы активно исследуются трансформерные модели (Vision Transformers и Video Transformers), которые позволяют учитывать пространственно-временной контекст видеоданных. В отличие от классических сверточных нейронных сетей, такие архитектуры способны анализировать взаимосвязи между объектами на разных участках изображения и учитывать динамику сцены во времени. Это особенно важно для задач анализа поведения людей, обнаружения сложных событий и прогнозирования развития ситуации.

Другим перспективным направлением является использование методов self-supervised learning и semi-supervised learning. Традиционные модели машинного обучения требуют больших объемов размеченных данных для обучения, получение которых является трудоёмким и дорогостоящим процессом. Использование методов самообучения позволяет обучать модели на больших объемах неразмеченных видеоданных, что существенно снижает зависимость от ручной разметки и ускоряет разработку новых систем видеоаналитики.

Значительное внимание уделяется развитию технологий edge computing. В классической архитектуре систем видеонаблюдения видеопоток передаётся на центральный сервер, где выполняется его обработка. Однако при большом количестве камер такая схема приводит к высокой нагрузке на сеть и вычислительные ресурсы серверов. Использование периферийных вычислительных устройств (edge-устройств) позволяет выполнять часть обработки непосредственно на уровне камеры или локального вычислительного узла. Такой подход снижает задержки обработки данных и повышает масштабируемость системы.

Ещё одним перспективным направлением является разработка более компактных и энергоэффективных нейросетевых моделей. В условиях использования интеллектуальной видеоаналитики на мобильных устройствах, беспилотных системах и встроенных платформах возникает необходимость оптимизации моделей по размеру и вычислительной сложности. Для этого применяются методы квантования, прунинга нейронных сетей и knowledge distillation, позволяющие существенно уменьшить размер моделей без значительного снижения точности.

Перспективным направлением является также развитие методов автоматического анализа поведения и обнаружения аномалий. Такие системы способны выявлять нестандартные или потенциально опасные ситуации без заранее заданных сценариев. Это особенно актуально для систем безопасности, мониторинга общественных пространств и промышленного контроля.

Развитие интеллектуальных систем анализа видеопотока позволит существенно повысить уровень автоматизации различных отраслей экономики и создать новые возможности для использования видеоданных в качестве источника аналитической информации.

Список использованных источников:

1. Szeliski, R. *Computer Vision: Algorithms and Applications* [Электронный ресурс] / R. Szeliski. – Режим доступа: <https://szeliski.org/Book/> – Дата доступа: 10.04.2026.
2. *Small Object Detection with YOLO: A Performance Analysis Across Model Versions and Hardware* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/html/2504.09900v1> – Дата доступа: 10.04.2026.
3. *YOLO Evolution: A Comprehensive Benchmark and Architectural Review of YOLOv12, YOLO11, and Their Previous Versions* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/html/2411.00201v2> – Дата доступа: 10.04.2026.

UDC 004.93

APPLIED TASKS OF INTELLIGENT VIDEO STREAM PROCESSING

Karpik S.E.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Paramonov A.I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The problem of intelligent video stream processing is considered under conditions of growing volumes of video data and increasing operator workload. The limitations of traditional video surveillance systems are analyzed, and the necessity of transitioning to automated analysis of visual information from video streams is substantiated. The architecture of modern video analytics systems is described, including stages of preprocessing, detection, classification, and object tracking. Methods of computer vision and machine learning are examined, as well as the main application areas of intelligent video surveillance systems.

Keywords. Neural Intelligent video stream processing, video analytics, computer vision, object detection, object tracking, neural networks, deep learning, OpenCV.

Серверная часть программного средства реализована в виде API-приложения и включает в себя набор специализированных компонентов, каждый из которых отвечает за выполнение определённого класса задач. Контроллер регистрации и авторизации обеспечивает управление учётными записями пользователей, включая процессы регистрации, аутентификации и проверки прав доступа. Данный компонент играет ключевую роль в обеспечении безопасности системы и ограничении доступа к функциональности программного средства.

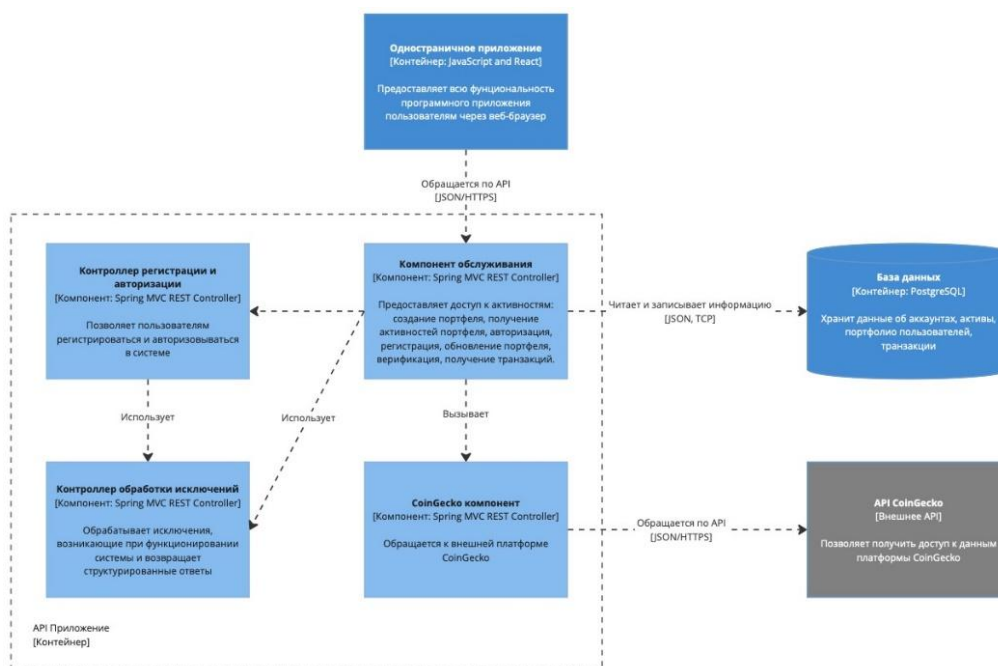


Рисунок 2 – Компонентный уровень представления архитектуры ПО

Компонент обслуживания пользователей отвечает за выполнение операций, связанных с управлением портфелем криптовалют, включая создание портфеля, добавление и редактирование активов, обработку транзакций и формирование аналитических показателей. Взаимодействие между контроллерами и внутренней бизнес-логикой организовано с использованием шаблонов проектирования Service и DAO, что упрощает сопровождение и расширение системы.

Для получения актуальных данных о стоимости криптовалют используется отдельный компонент интеграции с внешним сервисом CoinGecko [3], который осуществляет обращения к API сторонней платформы по защищённому каналу связи. Полученные данные используются для пересчёта текущей стоимости активов, анализа динамики портфеля и формирования показателей прибыли и убытков. Такое разделение ответственности компонентов снижает связанность модулей и повышает устойчивость системы к изменениям внешних сервисов.

Хранение данных осуществляется в централизованной базе данных, предназначенной для сохранения информации о пользователях, портфелях, криптовалютных активах и транзакциях. Взаимодействие серверной части с базой данных реализовано по протоколу TCP с использованием механизмов сериализации и десериализации данных. Данный подход обеспечивает целостность информации и надёжность хранения данных при высокой нагрузке на систему. Логическая модель данных, отражающая связи между пользователями, портфелями и операциями, представлена на рисунке 3.

Данная логическая модель данных представляет взаимодействие между сущностями и процессами в системе управления спотовым портфелем криптовалют. Пользователь инициирует взаимодействие, после чего происходит внедрение команд в систему. Центральным элементом является портфель, представляющий совокупность активов пользователя. Выбор обозначает принятие решений, из него исходят пути к добавлению активов, изменению активов и журналу транзакций. Просмотр аналитических данных происходит через одноименный элемент, связанный с портфелем и дашбордом, который служит интерфейсом для визуализации данных и отчетности. Диаграмма показывает множественные (m) и единичные (1) связи между элементами, указывая на возможные взаимодействия, например, один пользователь может работать с множеством портфелей, а один портфель может быть зарегистрирован в журнале или изменен множеством способов.

Frontend-слой отвечает за визуализацию данных и взаимодействие пользователя с системой. Пользовательский интерфейс реализует дашборды с графиками распределения активов, динамикой стоимости портфеля и показателями P&L. Пример экрана дашборда с визуализацией структуры портфеля представлен на рисунке 4.

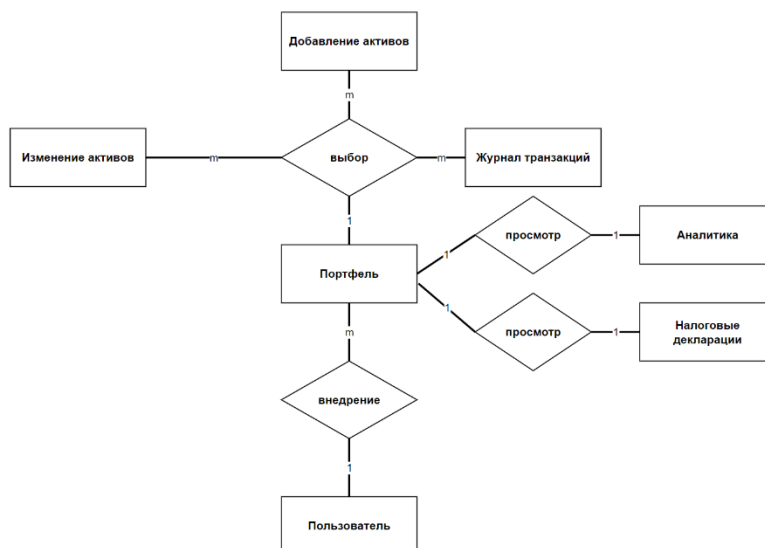


Рисунок 3 – Логическая модель данных

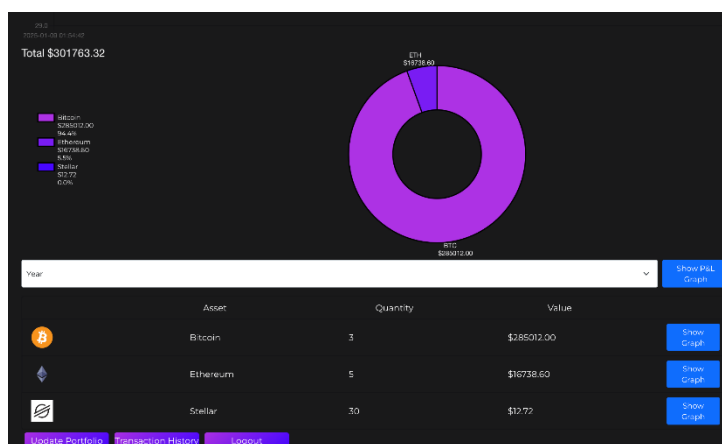


Рисунок 4 – Информационная панель портфеля

Внедрение разработанного программного средства позволяет существенно сократить временные затраты на анализ портфеля криптовалют и минимизировать ошибки при расчёте финансовых и налоговых показателей. Автоматизация учёта транзакций и формирования отчётности исключает необходимость ручного ведения таблиц и повышает точность расчётов

Список использованных источников:

1. Forbes. Криптовалютный рынок и цифровые активы: тенденции и перспективы развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.forbes.com>
2. Spring Boot Reference Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spring.io/projects/spring-boot>
3. CoinGecko API Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.coingecko.com/en/api>

UDC 004.4:336.2

SOFTWARE TOOL FOR TRACKING A SPOT CRYPTOCURRENCY PORTFOLIO. TAX MODULE

Kavalchuk V.A.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Shvedova O.A. — Senior Lecturer, Department of IS&T

Annotation. A web application for monitoring and analyzing cryptocurrency assets has been developed. The primary focus is on automating transaction accounting and developing a tax module. The system enables consolidation of trade data, calculation of profit and loss (P&L), and generation of reports in accordance with legislation. Architectural decisions, technology stack selection, and data processing algorithms are discussed.

Keywords. Cryptocurrency, spot portfolio, accounting automation, tax module, P&L analytics, Java, Spring Boot.

УДК 616.5:681.5

ГРАФОВАЯ И АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ КОЖНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЧЕЛОВЕКА

Лазарева Ю.А., магистрант гр.556241

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Институт информационных технологий
г. Минск, Республика Беларусь*

Скудняков Ю.А. – канд. техн. наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. Данная статья посвящена актуальной теме — разработке графовой и алгоритмической моделей для диагностики и лечения кожных заболеваний человека. Разработанная графовая модель обладает свойством универсальности, поскольку ее использование позволяет формализовать процесс построения и проведения диагностического анализа и потенциально лечения всех известных и еще необнаруженных видов кожных заболеваний человека. Использование разработанного алгоритма обеспечивает автоматизацию проведения диагностики и лечения кожных заболеваний с обработкой больших массивов данных, что дает возможность получать более точные и эффективные результаты решения вышеприведенных задач с минимизацией временных издержек по сравнению с еще применяемыми в настоящее время ручными методами.

Ключевые слова. Кожные заболевания человека, диагностика, лечение, графовая и алгоритмическая модели.

Введение. К настоящему времени в области диагностики и лечения кожных заболеваний (КЗ) человека получены значительные результаты [1]. Однако, наличие весьма сложных процессов, происходящих в кожных покровах, требует выполнения более всестороннего, глубокого их исследования, разработки новых методов, моделей и средств автоматизации решения задач для достижения цели получения эффективных результатов диагностики и лечения КЗ человека, дополняющих существующие подходы. Исходя из вышеизложенного следует, что рассматриваемая проблема является актуальной и перспективной.

Целью данной работы является создание новой универсальной графовой модели (ГМ) и алгоритмической модели (АМ) для проведения диагностики и лечения КЗ человека.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- проведение исследования достоинств и недостатков существующих подходов к решению задач диагностического анализа и лечения КЗ человека;
- выполнение разработки универсальной ГМ, использование которой позволяет проведение и получение результатов диагностики и лечения КЗ любого количества пациентов по различным известным и, потенциально, еще необнаруженным КЗ человека;
- создание АМ, использование которой позволяет автоматизированное проведение диагностики и лечения КЗ человека и, тем самым, минимизировать временные издержки, повысить пропускную способность, производительность, комфортность обслуживания процесса анализа и лечения патологических состояний кожи, а также расширить его функциональные возможности.

Лечению КЗ предшествует диагностика вида патологического образования на кожном покрове человека. Одними из самых простых, мобильных и широко применяемых в диагностике КЗ являются визуальные средства: лампа Вуда [2] и дерматоскоп [3]. Следует отметить, что из этих средств наибольшее практическое применение получил дерматоскоп, позволяющий осуществлять осмотр новообразований кожи при увеличении и с подсветкой. С помощью дерматоскопа можно детально рассмотреть структуру элементов эпидермиса на уровне, недоступном невооруженному глазу.

Использование данного средства позволяет решать следующие задачи: 1) выявить вид КЗ (доброкачественное, диспластическое или онкологическое образование); 2) определить особенности структуры кожного образования; 3) оценить динамику развития новообразования; 4) принять решение о необходимости удаления новообразования или биопсии.

К достоинствам данного устройства можно отнести: 1) с его помощью возможно выявление патологических образований еще до появления видимых симптомов и, следовательно, можно упредить развитие нежелательной патологии; 2) при использовании средства отсутствует внедрение в кожу; 3) точность визуального измерения при диагностике составляет до 95-97%; 4) возможность проведения временного контроля путем сравнения текущих результатов в виде снимков с предыдущими; 5) оперативность осмотра новообразований (от 3 до 5 минут); 6) не требуется специальной подготовки для пользования данным устройством. Конструкция дерматоскопа состоит из следующих узлов: 1) оптической системы с увеличением изображения от 10 до 40 крат, что позволяет рассмотреть микроизменения в структуре кожи; 2) средства подсветки из светодиодных ламп для обеспечения равномерного освещения и исключения бликов; 3) поляризационного фильтра для формирования четкого изображения и устранения отражения; 4) корпуса и линзы с насадками для контакта с кожей.

На рисунке 1 приведены примеры конструкций дерматоскопов.



Рисунок 1 – Примеры конструкций дерматоскопов

Поскольку в настоящее время КЗ человека много, то в качестве примера в работе рассмотрен способ лечения одного из видов заболевания кожи – базалиомы. В качестве способа лечения используется метод короткофокусной лучевой терапии (КФЛТ). Данный способ относительно дешевый и получил широкое применение в практике лечения КЗ.

На рисунке 2 приведена иллюстрация процесса лечения базалиомы.



Рисунок 2 – Иллюстрация процесса лечения КЗ с помощью устройства КФЛТ

Как видно из рисунка 2 область КЗ облучается при касании трубки устройства КФЛТ кожи пациента (на рисунке 2 в качестве примера показана на лбу пациента маркируемая область кожи для облучения в виде окружности). Для достижения полного лечения КЗ необходимо проведение 11 сеансов примерно в течение 3-х минут на каждый сеанс. Такой способ также применяется для лечения плоскоклеточного рака кожи.

Однако, существующие подходы и средства не в полной мере соответствуют современным требованиям диагностики и лечения КЗ человека и требуют своего дальнейшего развития и, особенно, эффективного применения в диагностической и лечебной практике.

Основная часть. Для достижения сформулированной выше цели в данной работе разработаны ГМ и АМ.

Рассмотрим назначение, структуру и функциональные возможности разработанной ГМ. ГМ предназначена для проведения диагностики и лечения различных видов КЗ человека.

Наглядное представление ГМ показано на рисунке 3.

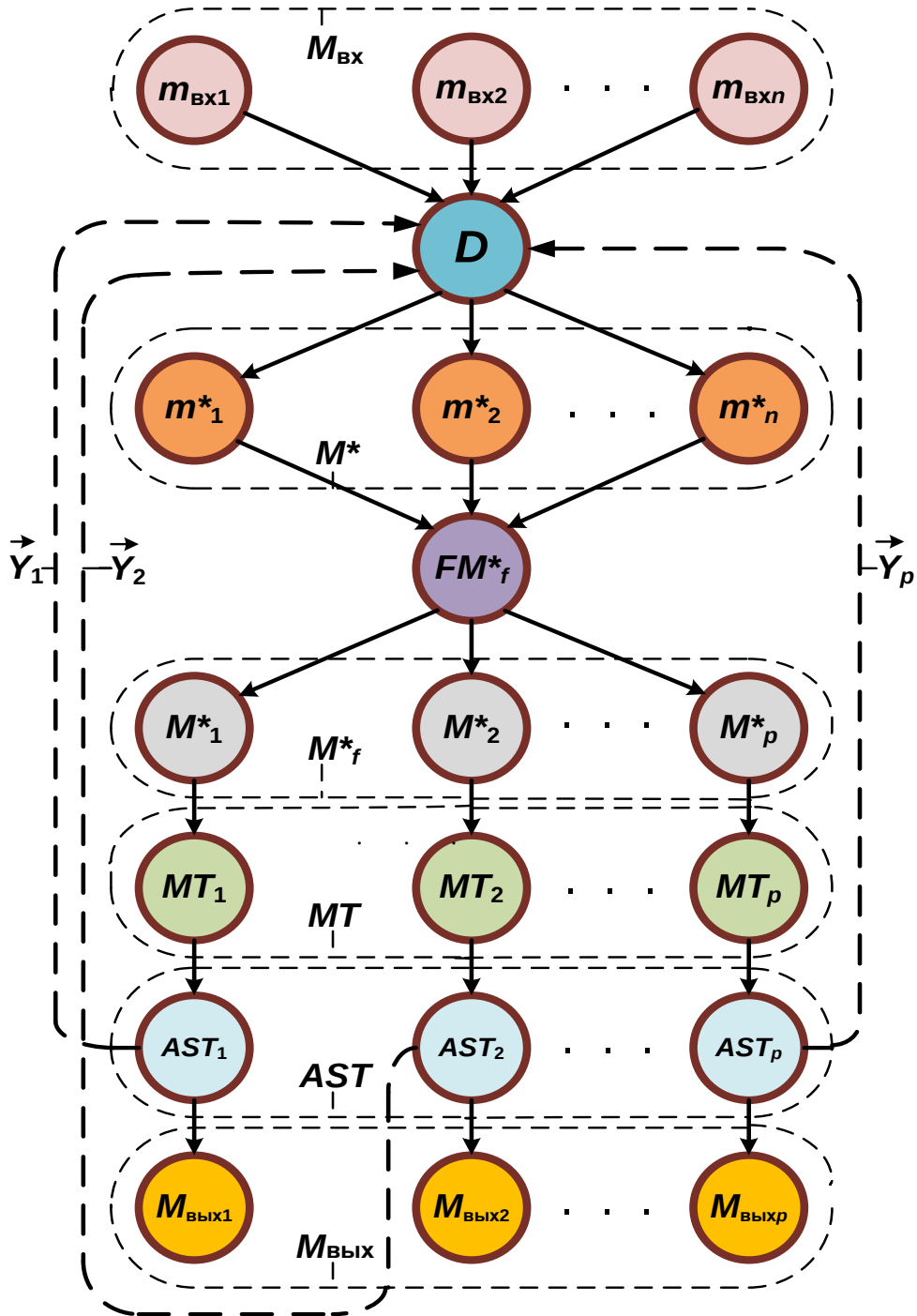


Рисунок 3 – ГМ диагностики и лечения КЗ человека

Из рисунка 3 видно, что структура ГМ представляет собой ориентированный граф, состоящий из 8 уровней, на каждом из которых имеют место следующие множества:

- $M_{BX} = \{m_{BXi}, i = \overline{1, n}\}$, $|M_{BX}| = n$ – множество входных моделей n пациентов, отражающих физическое состояние их кожи (*multiple input models of n patients reflecting the physical condition of their skin*);
- $D = \{d_j, j = \overline{1, p}\}$, $|D| = p$ – множество диагностических средств по p видам кожных заболеваний n пациентов (*multiple diagnostic tools for p types of skin diseases in n patients*);
- $P = \{p_j, j = \overline{1, p}\}$, $|P| = p$ – множество видов кожных заболеваний n пациентов (*multiple types of skin diseases n patients*);
- $M^* = \{m^*_i, i = \overline{1, n}\}$, $|M^*| = n$ – множество моделей n пациентов после проведения диагностики заболеваний их кожи (*multiple models of n patients after diagnosis of their skin diseases*);

— FM^*_f – формирование множества моделей, отражающих физическое состояние кожи n пациентов по p заболеваниям кожи после проведения диагностики (*formation of multiple models reflecting the physical condition of the skin of n patients by p skin diseases after diagnosis*);

— $M^*_f = \{M^*_j, j = \overline{1, p}\}$, $|M^*_f| = p$ – множество моделей n пациентов после их формирования по p видам кожным заболеваний (*multiple models of n patients after their formation by p types of skin diseases*);

— $M^*_1 = \{m^*_c, c = \overline{1, k}\}$, $|M^*_1| = k$ – множество моделей, отражающих физическое состояние кожи k пациентов после проведения их формирования по первому виду заболевания (*multiple models that reflect the physical condition of the skin of k patients after their formation according to the first type of disease*);

— $M^*_2 = \{m^*_e, e = \overline{1, l}\}$, $|M^*_2| = l$ – множество моделей, отражающих физическое состояние кожи l пациентов после проведения их формирования по второму виду заболевания (*multiple models that reflect the physical condition of the skin of l patients after their formation according to the second type of disease*);

— $M^*_p = \{m^*_z, z = \overline{1, r}\}$, $|M^*_p| = r$ – множество моделей, отражающих физическое состояние кожи r пациентов после проведения их формирования по p виду заболевания (*multiple models that reflect the physical condition of the skin of r patients after their formation according to the p type of disease*);

— $MT = \{MT_j, j = \overline{1, p}\}$, $|MT| = p$ – множество лекарственных средств для лечения n пациентов по p видам кожным заболеваний (*multiple medicinal products for the treatment of n patients with p types of skin diseases*);

— $MT_1 = \{mt_c, c = \overline{1, k}\}$, $|MT_1| = k$ – множество лекарственных средств для лечения по первому виду заболевания кожи k пациентов (*multiple medicaments products for treating the first type of skin disease k patients*);

— $MT_2 = \{mt_e, e = \overline{1, l}\}$, $|MT_2| = l$ – множество лекарственных средств для лечения по второму виду заболевания кожи l пациентов (*multiple medicinal products for treating a second kind of skin disease l patients*);

— $MT_p = \{mt_z, z = \overline{1, r}\}$, $|MT_p| = r$ – множество лекарственных средств для лечения по p виду заболевания кожи r пациентов (*multiple medicinal products for the treatment of p type of skin disease r patients*);

— $AST = \{AST_j, j = \overline{1, p}\}$, $|AST| = p$ – множество анализов результатов лечения кожи n пациентов по p видам заболевания (*multiple analyses of skin treatment outcomes of n patients by p disease*);

— $AST_1 = \{ast_c, c = \overline{1, k}\}$, $|AST_1| = k$ – множество анализов результатов лечения кожи k пациентов по первому виду заболевания (*multiple analyses of skin treatment results of k patients for the first type of disease*);

— $AST_2 = \{ast_e, e = \overline{1, l}\}$, $|AST_2| = l$ – множество анализов результатов лечения кожи l пациентов по второму виду заболевания (*multiple analyses of skin treatment results of l patients for the second type of disease*);

— $AST_p = \{ast_z, z = \overline{1, r}\}$, $|AST_p| = r$ – множество анализов результатов лечения кожи r пациентов по p виду заболевания (*multiple analyses of skin treatment outcomes r patients by p disease type*);

— $M_{вых} = \{M_{выхj}, j = \overline{1, p}\}$, $|M_{вых}| = p$ – множество выходных моделей после лечения кожи n пациентов по p видам заболеваний (*multiple output models after skin treatment n patients by p disease type*);

— $M_{вых1} = \{m_{выхc}, c = \overline{1, k}\}$, $|M_{вых1}| = k$ – множество выходных моделей после лечения кожи k пациентов по первому виду заболеваний (*multiple output models after skin treatment of n patients for the first kind of diseases*);

— $M_{вых2} = \{m_{выхe}, e = \overline{1, l}\}$, $|M_{вых2}| = l$ – множество выходных моделей после лечения кожи l пациентов по второму виду заболеваний (*multiple output models after skin treatment l patients for the second kind of diseases*);

— $M_{выхp} = \{m_{выхz}, z = \overline{1, r}\}$, $|M_{выхp}| = r$ – множество выходных моделей после лечения кожи r пациентов по p виду заболеваний (*multiple output models after skin treatment r patients by p type of disease*);

— $\overrightarrow{Y1} = \{\overrightarrow{Y}_c, c = \overline{1, k}\}$, $|\overrightarrow{Y1}| = k$ – множество дуг обратной связи ГМ – в случае принятия решения о повторной диагностике КЗ k пациентов, причем, количество дуг может быть различным в отрезке $[1, k]$ в зависимости от уровня лечения, т.е. чем более удачное лечение, тем меньше дуг обратной связи и, следовательно, меньше процедур диагностики и лечения. Естественно, лучший результат диагностики и лечения КЗ – отсутствие дуг обратной связи. Аналогично, данное утверждение справедливо относительно множеств $\overrightarrow{Y2}$, $\overrightarrow{Yp}$ с количеством дуг l и r соответственно ($n = k + l + \dots + r$).

Для автоматизации реализации процессов диагностики и лечения КЗ человека разработан алгоритм, укрупненная схема которого представлена на рисунке 4.

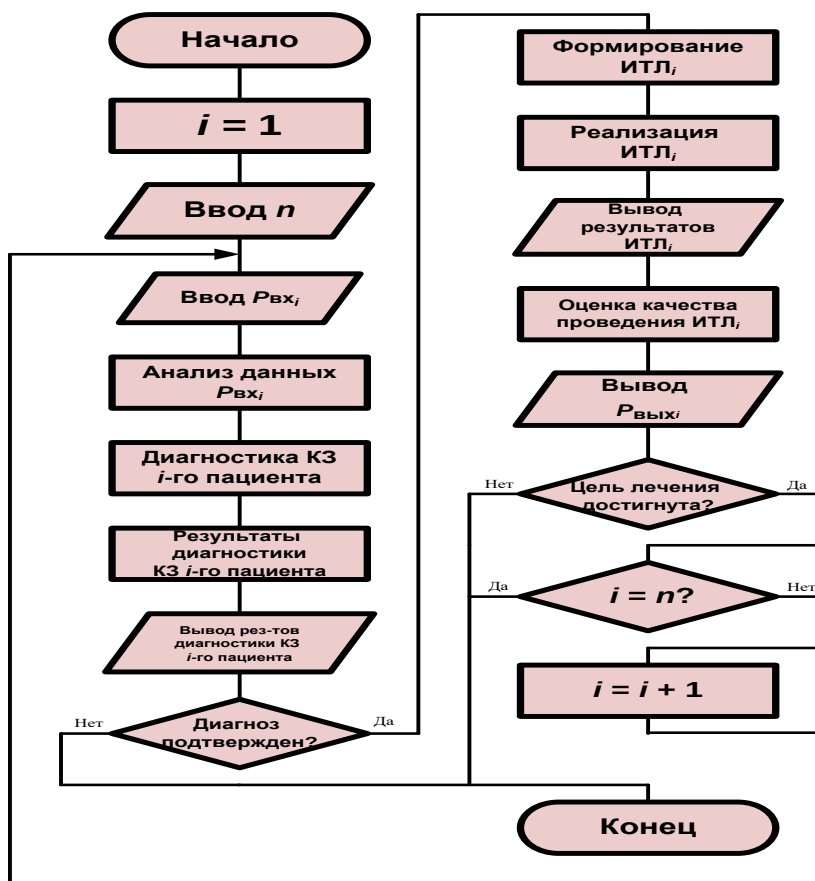


Рисунок 4 – Укрупненная схема алгоритма диагностики и лечения КЗ человека

На рисунке 4: $P_{вхi}$, $P_{выхi}$ – входные и выходные данные о КЗ i -го пациента до диагностики и после лечения соответственно, а $ИТЛ_i$ – индивидуальная траектория лечения КЗ i -го пациента.

Заключение. Для повышения эффективности процессов диагностики и лечения КЗ человека разработаны многофункциональная ГМ и АМ, применение которых позволяет повысить точность анализа состояния кожи пациента, улучшить качество и сократить время лечения.

Список использованных источников:

- 1.Потекаев, Н.Н., Дифференциальная диагностика и лечение кожных болезней / Н.Н. Потекаев, В.Г. Акимов. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2016. – 456 с.
- 2.Что такое лампа Вуда и как она работает [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.medkv.ru/chtotakoe-lampa-vuda-i-kak-ona-rabotaet.html>.
- 3.Аравийская, Е.Р. Руководство по дерматокосметологии / Е.Р. Аравийская, Е.В. Соколовский. – Санкт-Петербург: ООО «Издательство Фолиант», 2008. – 632 с.

UDC 616.5: 681.5

GRAPH AND ALGORITHMIC MODELS FOR DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN SKIN DISEASES

Lazareva Yu.A.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Skudnyakov Yu.A. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Annotation. This article is devoted to an urgent topic - the development of graph and algorithmic models for the diagnosis and treatment of human skin diseases. The developed graph model has the property of universality, since its use makes it possible to formalize the process of building and conducting diagnostic analysis and potentially treating all known and as yet undetected types of human skin diseases. The use of the developed algorithm provides automation of diagnosis and treatment of skin diseases with processing of large amounts of data, which makes it possible to obtain more accurate and effective results for solving the above problems with minimizing time costs compared to manual methods still used.

Keywords. Human skin diseases, diagnostics, treatment, graph and algorithmic models.

УДК 004.3:616.5

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ И ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ В ДИАГНОСТИКЕ КОЖНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАМПЫ ВУДА

Лазарева Ю.А., магистрант гр.556241

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Институт информационных технологий

г. Минск, Республика Беларусь

Скудняков Ю.А. – канд. техн. наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. В статье рассматривается применение методов компьютерного зрения и глубокого обучения для анализа изображений кожных покровов, полученных при освещении лампой Вуда. Предложен подход, использующий библиотеку OpenCV для предварительной обработки и сегментации изображений, сверточную нейросеть MobileNetV2 для классификации цвета и текстуры патологических участков, а также фреймворк TensorFlow для обучения модели. Разрабатываемая система направлена на автоматизацию выявления дерматологических патологий по флуоресцентным признакам, что позволяет повысить точность и объективность диагностики.

Ключевые слова. компьютерное зрение, глубокое обучение, лампа Вуда, OpenCV, MobileNetV2, TensorFlow, анализ изображений, диагностика кожных заболеваний, распознавание текстуры.

Введение. Диагностика кожных заболеваний на ранних стадиях является важной медицинской задачей, поскольку многие дерматологические патологии требуют своевременного выявления для успешного лечения. Одним из эффективных методов первичной диагностики является использование лампы Вуда, позволяющей визуализировать флуоресцентные признаки различных заболеваний кожи. Однако интерпретация получаемых изображений часто субъективна и зависит от опыта врача, что создает предпосылки для автоматизации данного процесса.

С каждым годом количество обращений к дерматологам неуклонно растет, что связано как с ухудшением экологической обстановки, так и с повышением осведомленности населения о необходимости контроля состояния кожи. При этом далеко не все пациенты имеют возможность своевременно попасть на прием к специалисту из-за территориальной удаленности медицинских учреждений или высокой нагрузки на врачей в поликлиниках.

В таких условиях особенно востребованными становятся средства первичной самодиагностики, позволяющие человеку самостоятельно оценить характер изменений на коже и принять обоснованное решение о необходимости визита к врачу. Мобильные технологии в сочетании с методами искусственного интеллекта способны восполнить этот пробел, предоставляя пользователям доступный и объективный инструмент предварительной оценки.

Современное развитие мобильных технологий и методов искусственного интеллекта открывает новые возможности для создания доступных диагностических средств. Интеграция камеры смартфона со спектральным освещением лампы Вуда в сочетании с алгоритмами компьютерного зрения позволяет разрабатывать приложения для объективного анализа состояния кожи. Использование нейросетевых моделей, таких как MobileNetV2, оптимизированных для работы на мобильных устройствах, дает возможность в реальном времени распознавать цветовые и текстурные особенности патологических участков.

Важно отметить, что диагностика по одному лишь цвету свечения не всегда является достаточной, поскольку различные заболевания могут давать схожую флуоресценцию, но при этом иметь различную текстуру поверхности. Например, грибковые инфекции часто сопровождаются шелушением и рыхлостью, тогда как бактериальные поражения могут проявляться гладкими блестящими участками. Учет текстурных характеристик позволяет существенно повысить точность дифференциальной диагностики и снизить вероятность ложных заключений.

Благодаря возможностям глубокого обучения современные нейросетевые архитектуры способны эффективно выделять и анализировать такие микроструктурные особенности, что делает их незаменимым инструментом при создании интеллектуальных диагностических систем.

В настоящее время существует ряд исследований, посвященных применению цифровых технологий в дерматологии, например:

- методы компьютерного зрения для анализа дерматологических изображений;
- мобильные приложения для первичной оценки кожных патологий;
- алгоритмы машинного обучения, включая сверточные нейросети, для классификации заболеваний;
- системы поддержки принятия врачебных решений на основе анализа изображений;
- технологии обработки изображений в нестандартных спектрах, включая флуоресцентную диагностику.

Данная статья посвящена рассмотрению подхода к совершенствованию мобильного приложения, использующего возможности лампы Вуда и нейросетевых моделей OpenCV, MobileNetV2 и TensorFlow для распознавания цвета и текстуры кожных заболеваний, что позволит повысить доступность и объективность первичной диагностики.

Основная часть. Дальнейшее совершенствование разработанного мобильного приложения для диагностики кожных заболеваний в свете лампы Вуда предполагает интеграцию трех ключевых технологий: библиотеки компьютерного зрения OpenCV, сверточной нейронной сети MobileNetV2 и фреймворка машинного обучения TensorFlow. Каждый из этих инструментов выполняет специфические функции на различных этапах обработки и анализа изображений, формируя единый конвейер (pipeline) от захвата кадра до выдачи диагностического заключения.

В существующей версии приложения OpenCV уже применяется для предварительной обработки изображений, получаемых с камеры смартфона при освещении лампой Вуда. Добавление нейросетевых компонентов позволит расширить функционал приложения, перейдя от простой визуализации и базовой обработки к автоматическому распознаванию и классификации патологических паттернов цвета и текстуры.

Общая архитектура усовершенствованного приложения может быть представлена следующим образом. Пользователь с помощью камеры смартфона, в свете лампы Вуда, получает изображение пораженного участка кожи.

На первом этапе OpenCV выполняет предварительную обработку кадра: нормализацию освещенности, удаление шумов, коррекцию цветового баланса и сегментацию области интереса. После подготовки изображения оно передается нейросетевой модели, созданной с использованием TensorFlow и оптимизированной архитектуры MobileNetV2. Данная модель классифицирует паттерны цвета и текстуры, характерные для различных дерматологических патологий (например, грибковые инфекции, бактериальные поражения, нарушения пигментации).

TensorFlow Lite обеспечивает выполнение модели непосредственно на устройстве пользователя без необходимости передачи данных на удаленный сервер, что критически важно для оперативности диагностики и соблюдения конфиденциальности медицинской информации. Результат анализа в виде вероятностной оценки отображается в интерфейсе приложения, выступая в роли вспомогательного инструмента для врача или средства первичного самоконтроля для пациента.

Далее рассмотрим подробнее роль и возможности каждой из указанных технологий в контексте поставленной задачи.

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – это библиотека с открытым исходным кодом, предназначенная для решения задач компьютерного зрения и машинного обучения. Она предлагает впечатляющий набор из более 2500 алгоритмов – от базовых функций обработки изображений до продвинутых методов распознавания объектов и анализа движения [1].

Возможности OpenCV для обработки изображений в свете лампы Вуда:

- предобработка изображений включает фильтрацию шумов (медианный фильтр, гауссово размытие), повышение контрастности и коррекцию цветовых искажений, неизбежно возникающих при съемке на мобильные устройства;
- сегментация областей интереса, позволяющая автоматически выделять пораженные участки кожи на общем фоне с использованием пороговых методов (thresholding), детектора границ Canny или алгоритмов поиска контуров. Это необходимо для фокусировки нейросетевого анализа именно на патологической области;
- извлечение цветовых и текстурных признаков OpenCV предоставляет инструменты для анализа цветовых пространств (HSV, LAB), что особенно важно при работе с лампой Вуда, где различные заболевания дают специфическое свечение (зеленое при грибковых инфекциях, кораллово-красное при эритроэзии и т.д.). Для анализа текстуры могут применяться методы локальных бинарных шаблонов (LocalBinaryPatterns) и фильтры Габора.

После того как OpenCV выполнил предварительную обработку и сегментацию изображения, выделив область интереса на коже пациента, перед системой встает ключевая задача – классифицировать полученный фрагмент, то есть определить, какие именно патологические признаки (цвет, текстура, форма) на нем присутствуют и какому заболеванию они соответствуют. Для этого необходим инструмент, способный обучаться на примерах, извлекать сложные иерархические признаки и при этом работать в режиме реального времени непосредственно на смартфоне.

Традиционные глубокие нейронные сети с десятками миллионов параметров слишком требовательны к вычислительным ресурсам и памяти, поэтому для мобильных применений были разработаны специализированные легкие архитектуры. Одной из наиболее удачных и широко используемых является MobileNetV2 – сверточная нейросеть, созданная компанией Google специально для встраиваемых и мобильных систем с ограниченными вычислительными возможностями.

MobileNet – это сверточная нейронная сеть глубокого обучения, разработанная с использованием послойно разделимых свёрточных слоёв. Эта модель значительно сокращает количество параметров по сравнению с другими моделями той же глубины. Она легковесна и оптимизирована для работы на мобильных и периферийных устройствах. В MobileNetV2 между слоями существует линейное ограничение. Оно позволяет сохранять информацию, не допуская, чтобы

нелинейные преобразования уничтожали слишком много данных. Короткие соединения между узкими местами [2].

- компактность модели размер сети составляет всего несколько мегабайт (например, 6.8 МБ после преобразования в формат TensorFlowLite), что позволяет легко встраивать ее в мобильное приложение без существенного увеличения его объема;

- высокая скорость инференса на современных мобильных устройствах время обработки одного кадра может составлять около 50 мс, что обеспечивает работу в режиме реального времени. Это достигается за счет архитектурных решений: использования обратных остаточных блоков (inverted residuals) и линейных узких мест (linear bottlenecks).

- возможность трансферного обучения, что модель может быть предварительно обучена на крупном датасете ImageNet, а затем дообучена (fine-tuned) на специализированной выборке изображений кожи, полученных под лампой Вуда. Это позволяет достичь высокой точности (до 97% в аналогичных задачах классификации) даже при ограниченном объеме обучающих данных.

- адаптация к анализу цвета и текстуры MobileNetV2 эффективно извлекает иерархические признаки изображений, что позволяет ей различать тонкие текстурные и цветовые различия между разными типами кожных патологий.

После того как выбрана архитектура нейронной сети (MobileNetV2) и определены методы предобработки изображений (OpenCV), ключевым вопросом становится выбор инструментария для обучения модели и ее последующего развертывания на мобильном устройстве. От того, насколько эффективно будет реализован этот этап, зависят как точность распознавания, так и производительность приложения в реальных условиях использования. В этом контексте особого внимания заслуживает экосистема TensorFlow, предоставляющая полный цикл разработки – от тренировки модели на сервере до ее оптимизированного выполнения на смартфоне пациента или врача.

Фреймворк TensorFlow – это относительно простой инструмент, который позволяет быстро создавать нейросети любой сложности. Он очень дружелюбен для начинающих, потому что содержит много примеров и уже готовых моделей машинного обучения, которые можно встроить в любое приложение. А продвинутым разработчикам TensorFlow предоставляет тонкие настройки и API для ускоренного обучения. TensorFlow поддерживает несколько языков программирования. Главный из них – это Python. Кроме того, есть отдельные пакеты для C/C++, Golang и Java. А ещё – форк TensorFlow.js для исполнения кода на стороне клиента, в браузере, на JavaScript[3].

Роль TensorFlow в разрабатываемой системе:

- обучение модели TensorFlow предоставляет среду для разработки и обучения нейросетевой модели MobileNetV2 на размеченном датасете изображений кожных заболеваний. Фреймворк поддерживает различные методы оптимизации (регуляризация, аугментация данных, ранняя остановка), позволяющие добиться высокой обобщающей способности модели;

- конвертация в формат TensorFlowLite после завершения обучения модель конвертируется в специальный формат (.tflite) с помощью конвертера TensorFlowLite. При конвертации применяются методы оптимизации, такие как квантование (преобразование 32-битных чисел с плавающей точкой в 8-битные целые), что дополнительно уменьшает размер модели и ускоряет вычисления;

- развертывание на Android: TensorFlowLite предоставляет API для интеграции модели в Android-приложение. Поддержка аппаратного ускорения через делегаты (GPU, NNAPI) позволяет повысить производительность инференса на совместимых устройствах;

- обеспечение конфиденциальности: выполнение модели непосредственно на устройстве пользователя исключает необходимость передачи медицинских изображений на внешние серверы, что соответствует требованиям безопасности персональных данных и медицинской этики.

Рассмотрим детально, как описанные выше технологии интегрируются в единый рабочий процесс мобильного приложения, предназначенного для первичной диагностики кожных заболеваний с использованием лампы Вуда.

Основная идея заключается в предоставлении пользователю (пациенту или врачу) простого и доступного инструмента, который позволяет получить объективную оценку состояния кожи на основе анализа цвета и текстуры пораженного участка.

Вначале выполняется получение изображения, пользователь направляет камеру смартфона на подозрительный участок кожи, предварительно освещенный лампой Вуда. В качестве источника ультрафиолетового света может использоваться как специализированная лампа, так и обычный фонарик с соответствующим фильтром, что делает методику доступной в домашних условиях. Приложение предоставляет два режима: съемка непосредственно через камеру или загрузка ранее сохраненного изображения из галереи устройства. На этом этапе важно обеспечить корректный захват кадра с минимальными искажениями и достаточным разрешением для последующего анализа.

После получения изображения оно передается в модуль предобработки, реализованный с использованием библиотеки OpenCV. На данном этапе выполняются следующие операции:

- удаление шумов – применение медианного фильтра или гауссова размытия для подавления цифрового шума, неизбежно возникающего при съемке в условиях недостаточного освещения;

–цветокоррекция – нормализация цветового баланса с учетом особенностей конкретного источника ультрафиолета и камеры смартфона. Это критически важно для достоверного распознавания флуоресцентного свечения, поскольку различные лампы могут давать незначительные отклонения в спектре;

–повышение контрастности – усиление границ между здоровой и пораженной кожей для облегчения последующей сегментации;

–сегментация области интереса – выделение участка кожи, на котором предположительно присутствует патология.

Для этого могут использоваться пороговые методы, алгоритмы поиска контуров или более сложные подходы на основе машинного обучения. В результате формируется маска, ограничивающая зону дальнейшего анализа, что позволяет исключить из рассмотрения фон и здоровые участки.

На следующем этапе приложение использует возможности OpenCV для количественной оценки цвета в выделенной области. Изображение преобразуется в цветовое пространство HSV (Hue, Saturation, Value), которое более точно отражает восприятие цвета человеком и менее чувствительно к изменениям освещенности.

Затем вычисляются гистограммы распределения оттенков и определяется доминирующий цвет свечения.

Например, для грибковых инфекций характерно зеленое свечение, для эритразмы – кораллово-красное, для витилиго – ярко-белое. Полученные цветовые характеристики могут служить первичным фильтром, позволяющим быстро отнести изображение к одной из групп заболеваний.

Параллельно с цветовым анализом сегментированное изображение подается на вход нейросетевой модели, построенной на архитектуре MobileNetV2. Данная модель предварительно обучена на большом массиве дерматологических изображений, полученных под лампой Вуда, с использованием трансферного обучения.

В отличие от анализа цвета, нейросеть способна улавливать сложные текстурные паттерны: рыхлость и шелушение при грибковых поражениях, выпуклость и четкие границы при разноцветном лишае, гладкость и блеск при некоторых видах новообразований. Модель возвращает вектор вероятностей для каждого из заранее определенных классов заболеваний.

Информация о цвете и текстурных признаках объединяется для получения итогового диагностического заключения. Возможны различные стратегии интеграции: взвешенное голосование, где каждому методу присвоен свой коэффициент достоверности, или двухуровневая классификация, где цветовой анализ сужает круг возможных диагнозов, а нейросеть уточняет результат. В любом случае конечный вывод представляется пользователю в понятной форме: указывается наиболее вероятное заболевание и степень уверенности модели.

Критически важным аспектом является то, что вся обработка данных, включая работу нейросети, выполняется непосредственно на смартфоне пользователя без передачи изображений на удаленные серверы. Это обеспечивается использованием TensorFlow Lite – оптимизированной версии фреймворка TensorFlow для мобильных устройств.

Модель MobileNetV2 предварительно конвертируется в формат .tflite с применением квантования, что позволяет уменьшить ее размер до нескольких мегабайт и обеспечить быстрое выполнение (порядка 50-100 мс на кадр).

Такой подход гарантирует конфиденциальность медицинских данных и возможность работы приложения в условиях отсутствия интернета.

Таким образом, комплексное применение рассмотренных технологий позволяет создать эффективное, компактное и безопасное мобильное приложение, способное распознавать цветовые и текстурные признаки кожных заболеваний в свете лампы Вуда. OpenCV отвечает за подготовку изображений, MobileNetV2 обеспечивает классификацию паттернов, а TensorFlow Lite служит средой выполнения обученной модели на устройстве.

Такой комплексный подход к анализу изображений позволяет существенно повысить точность диагностики по сравнению с использованием только цветовых характеристик. Дело в том, что разные заболевания могут давать схожее свечение в лучах лампы Вуда, но при этом иметь различную текстуру.

Например, некоторые грибковые инфекции и псевдомонадные инфекции могут проявляться зеленоватым свечением, однако структура пораженных участков будет различаться. Нейросетевой анализ текстуры помогает различить такие случаи, снижая вероятность ложноположительных срабатываний и повышая достоверность результатов.

Кроме того, накопление статистики использования приложения создает основу для дальнейшего совершенствования моделей.

Обезличенные данные о диагностированных случаях (с согласия пользователей) могут использоваться для дообучения нейросети, что позволит ей распознавать более редкие заболевания и редкие формы проявления распространенных патологий. Таким образом, приложение становится не просто статичным инструментом, а самообучающейся системой, точность которой со временем только возрастает.

Важно отметить, что разработанное решение не заменяет визит к врачу, а выступает в роли вспомогательного инструмента для первичной самодиагностики и мониторинга состояния кожи. Пользователь получает возможность оперативно оценить подозрительный участок и принять решение о необходимости обращения к специалисту, что особенно актуально для людей, проживающих в отдаленных районах с ограниченным доступом к дерматологической помощи.

Для врачей же приложение может служить удобным инструментом скрининга, позволяющим быстрее ориентироваться в потоке пациентов и обращать внимание на наиболее вероятные патологии.

Заключение. В статье рассмотрен подход к совершенствованию мобильного приложения для диагностики кожных заболеваний в свете лампы Вуда путем интеграции трех ключевых технологий: библиотеки компьютерного зрения OpenCV, легкой нейросетевой архитектуры MobileNetV2 и фреймворка машинного обучения TensorFlow. OpenCV обеспечивает качественную предобработку и сегментацию изображений, MobileNetV2 отвечает за классификацию цветовых и текстурных паттернов патологий, а TensorFlow Lite позволяет эффективно выполнять обученную модель непосредственно на устройстве пользователя.

Комплексное применение данных технологий обеспечивает синергетический эффект, при котором каждый инструмент решает свой круг задач, а вместе они формируют целостную диагностическую систему.

Благодаря использованию OpenCV достигается высокое качество входных данных за счет шумоподавления, цветокоррекции и точной сегментации областей интереса, что напрямую влияет на достоверность последующего анализа. MobileNetV2, в свою очередь, позволяет выявлять не только цветовые характеристики флуоресценции, но и тонкие текстурные особенности, такие как шелушение, рыхлость или гладкость поверхности, которые часто являются определяющими при дифференциальной диагностике схожих по свечению заболеваний.

Выполнение всех вычислений на устройстве с помощью TensorFlow Lite гарантирует конфиденциальность медицинских данных и обеспечивает работу приложения в условиях отсутствия стабильного интернет-соединения, что особенно важно для удаленных и труднодоступных регионов.

Разработанный подход может служить эффективным вспомогательным инструментом для врачей-дерматологов, а также использоваться для первичного самоконтроля пациентами, способствуя раннему выявлению кожных заболеваний.

Список использованных источников:

1. OpenCV в Python: зачем нужен и как использовать для работы с изображениями [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kurshub.ru/journal/blog/opencv-chto-eto/>. (дата доступа: 09.03.2026).
2. Распознавание изображений с помощью MobileNet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tutorialspoint.com/article/image-recognition-using-mobilenet> (дата доступа: 12.03.2026).
3. Библиотека TensorFlow: пишем нейросеть и изучаем принципы машинного обучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://skillbox.ru / media / code/biblioteka-tensorflow-pishe-neyroset-i-izuchaem-printsipy-mashinnogo-obucheniya/> (дата доступа: 17.03.2026).

UDC 004.3:616.5

COMPUTER VISION AND DEEP LEARNING IN DIAGNOSTICS OF SKIN DISEASES USING THE WOOD LAMP

Lazareva Yu.A.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Skudnyakov Yu.A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The article discusses the application of computer vision and deep learning methods for analyzing skin images obtained using a Wood lamp. An approach is proposed that uses the OpenCV library for image preprocessing and segmentation, the MobileNetV2 convolutional neural network for classifying the color and texture of pathological areas, and the TensorFlow framework for training the model. The developed system aims to automate the detection of dermatological pathologies based on fluorescent features, which can improve the accuracy and objectivity of diagnosis.

Keywords. computer vision, deep learning, Wood lamp, OpenCV, MobileNetV2, TensorFlow, image analysis, skin disease diagnosis, and texture recognition.

УДК 004.42+373.1

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТАМИ РЕНТГЕНОВСКОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Макарова В.Д., студент гр. 281079, Потоцкий Д.С. магистрант гр. 355841

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Потоцкий Д.С. – ассистент кафедры ИСиТ

Аннотация. В данной статье описывается процесс разработки программной системы для автоматизированного управления компонентами рентгеновского диагностического оборудования. В работе рассмотрены ключевые задачи проектирования, включая интеграцию с аппаратными модулями (блок управления конвейером CONPASS и детектор X-DAQ), обработку потоковых данных в реальном времени и создание пользовательского интерфейса.

Ключевые слова. Автоматизация управления, рентгеновское диагностическое оборудование, программная система, .NET, WPF, драйвер устройств, обработка данных.

Введение. В условиях роста требований к скорости, безопасности и эффективности диагностических процедур, автоматизация проведения рентгеновской диагностики является критически важной задачей. Современное рентгеновское диагностическое оборудование представляет собой комплекс взаимосвязанных аппаратных модулей, требующих высокой точности координации работы компонентов. ручное управление которыми снижает общую эффективность работы.

Актуальность разработки заключается в целенаправленном проектировании системы обеспечивающую мониторинг состояния, дистанционное управление и координацию работы стандартных компонентов рентгеновского досмотрового устройства, объединяя аппаратный комплекс в единую программную среду, преобразующим набор аппаратных компонентов в работоспособную досмотровую систему.

Объектом проектирования является программная система управления компонентов рентгеновского диагностического оборудования.

Целью данной работы является разработка программного средства, которое обеспечивает мониторинг состояния, дистанционное управление и координацию работы основных модулей рентгеновского оборудования, помогая повысить эффективность и удобство эксплуатации рентгенодиагностического оборудования.

Анализ предметной области и выбор инструментов разработки Программная система автоматизированного управления компонентов рентгеновского диагностического оборудования представляет собой представляет собой программную платформу, которая координирует работу аппаратных модулей в рамках единого технологического цикла досмотра от запуска конвейера и излучения до получения, обработки и отображения рентгеновского изображения.

Реализуемая модель рентгеновского сканера включает в себя четыре ключевых компонента: конвейерную ленту для транспортировки объектов инспекции, детектор рентгеновского излучения, отвечающий за регистрацию и оцифровку данных, программный компонент управления устройствами (оркестратор) и пользовательский интерфейс для оператора. Связь между аппаратными компонентами и оркестратором обеспечивается с помощью драйверов.

Для данного проекта была выбрана конвейерная лента на базе блока управления CONPASS. Это интегрированная система, объединяющая транспортер, электромеханический привод, датчики и автоматизированный контроллер. В качестве модуля детектора выбран X-DAQ – высокочувствительный рентгеновский детектор с высокоскоростным сбором данных. Он фиксирует изменения интенсивности прошедшего излучения, преобразуя их в цифровой поток для анализа.

Для реализации проекта была выбрана технология платформы Microsoft .NET с использованием языка C# и фреймворка WPF для создания программы с развитым графическим интерфейсом. Выбор технологии .NET обусловлен ее высокой производительностью, надежностью и широкими возможностями для реализации сложных алгоритмов. Выбор фреймворка WPF обусловлен его мощными средствами для построения сложных интерфейсов и, что особенно важно для данной задачи, высокой производительностью при работе с графикой, необходимой для визуализации потоковых данных досмотра в реальном времени.

Диаграмма компонентов системы рентгеновского досмотра представлена на рисунке 1.

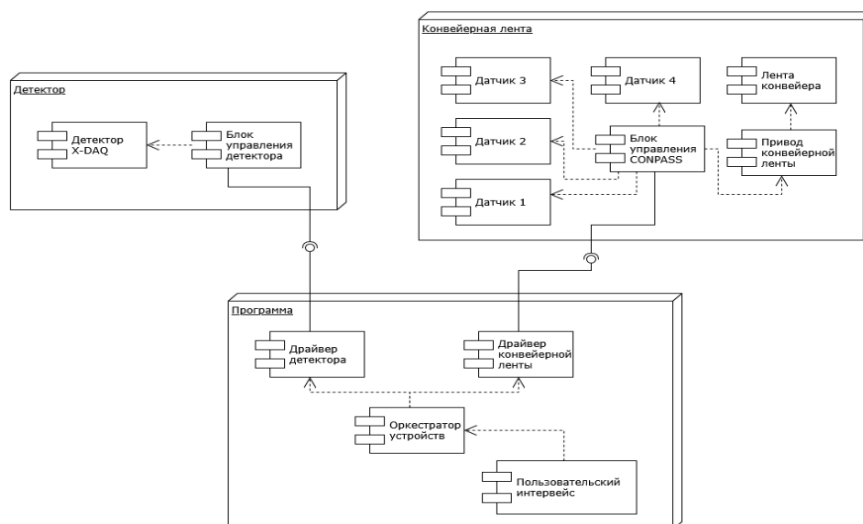


Рисунок 1 – Диаграмма компонентов системы

Основная часть. Программная система управления разработана как единый программный контроллер исключительно для аппаратных модулей блока управления конвейерной лентой CONPASS и детектора рентгеновского излучения X-DAQ. В связи с этим архитектура и протоколы обмена данными спроектированы в строгом соответствии с технической документацией и интерфейсами данных аппаратных компонентов.

1 Централизованное управление аппаратным комплексом: Программа выступает единым контроллером, координирующим запуск, работу и синхронизацию изолированных модулей детектора X-DAQ и конвейера CONPASS по заданным сценариям.

2 Обработка и визуализация данных в реальном времени: Система в реальном времени преобразует сырые сигналы детектора в анализируемое изображение с коррекцией искажений, обеспечивая его стабильный и непрерывный вывод на интерфейс оператора с минимальной задержкой.

3 Устойчивое сетевое взаимодействие: Взаимодействие с аппаратными модулями построено на надежных сетевых протоколах с особым вниманием к стабильности соединения, обработке сбоев и восстановлению без потери данных.

4 Интуитивный интерфейс оператора: WPF-интерфейс предоставляет единую точку контроля для управления всем процессом сканирования, отображения статусов оборудования в реальном времени и визуализации потока рентгеновских изображений, адаптированную для работы в условиях досмотра.

Архитектура системы построена по модульному принципу, что обеспечивает гибкость, масштабируемость и простоту поддержки. Система состоит из следующих ключевых компонентов:

- 1 Драйвера для взаимодействия с контрольным блоком конвейерной ленты CONPASS;
- 2 Драйвера для взаимодействия с детектором рентгеновского излучения X-DAQ;
- 3 Алгоритмов сборки и обработки потока данных, обеспечивающих формирование целостного изображения из фрагментированных пакетов данных;
- 4 Модуля визуализации для вывода снимка в реальном времени;
- 5 Графического пользовательского интерфейса, предоставляющий оператору интуитивный контроль над процессом сканирования.

Модуль драйвера взаимодействия с контрольным блоком CONPASS представляет собой специализированный программный компонент, который отвечает за низкоуровневую коммуникацию с аппаратным устройством по интерфейсу RS-232, управлением движения конвейерной ленты и мониторинга её состояния в реальном времени.

Модуль драйвера взаимодействия с детектором X-DAQ реализует протокол обмена данными по протоколам TCP/IP и UDP, управление работой детектора, приём и первичную обработку данных рентгеновских снимков, получаемых в виде необработанных пакетов данных.

Алгоритмы сборки и обработки потоков данных преобразуют сырые данные в целостное, готовое к анализу рентгеновское изображение, подготавливая его для финального вывода.

Модуль визуализации обеспечивает отображение этих снимков с минимальной задержкой, формируя плавный видеопоток в реальном времени для оператора.

Графический пользовательский интерфейс предоставляет оператору централизованный контроль над процессом проведения рентгеновского досмотра, что включает управление конвейерной лентой, инициирование сканирования и вывод формируемого изображения на экран в реальном времени.

Графический пользовательский интерфейс системы в моменте проведения рентгеновского сканирования представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Графический пользовательский интерфейс системы

Заключение. В рамках выполненной работы спроектировано и реализовано программное средство, представляющее собой специализированную программную систему автоматизированного управления компонентами рентгеновского диагностического оборудования. Разработанное программное средство интегрирует комплексное аппаратное обеспечение рентгеновского аппарата в единый программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий выполнение полного автоматизированного цикла рентгеновского досмотра.

Проведённое комплексное тестирование подтвердило, что синхронизация модулей и алгоритмы обработки изображений позволяют реализовать полный цикл досмотра с минимальным вмешательством человека, что способствует повышению пропускной способности и точности контроля.

Программная система представляет собой готовое к внедрению решение, способное функционировать как самостоятельный контроллер для конкретных моделей оборудования, так и в качестве интегрируемого модуля в составе более крупных комплексов безопасности. Модульная архитектура, построенная на основе четких протоколов взаимодействия, может служить типовым решением и допускает расширение для поддержки дополнительного оборудования или функций аналитики.

Список использованных источников:

1. Исаков, Р. В. Особенности применения рентгеновских досмотровых систем на объектах транспортной инфраструктуры: правовой режим и направления развития национальной безопасности в целях предупреждения преступлений в эпоху цифровых инноваций / Р. В. Исаков, С. Д. Петроченков, Д. В. Теткин // *Право : история и современность*. – 2021. – № 3. – С. 102–109.
2. *Mastering Windows Presentation Foundation: Build responsive UIs for desktop applications with WPF* / S. Yuen. – 2nd ed. – Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2020. – 626 с.
3. Линейка аппаратов CONPASS. Протокол обмена между контроллером и АРМ оператора [Электронный ресурс]: Pdf / Админ. – Режим доступа: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/48245/1/Butrim_Programmno_apparatnyy.pdf. Дата обращения: 13.12.2025.
4. *X-View Software (16 bits X-DAQ) 4.2 User's Manual / Detection Technology*. – Espoo: DT for MicroSecurity, 2020. – 62 p.
5. Сценарий работы багажного сканера [Электронный ресурс]: SVG. – Режим доступа : [BaggageScenarioWithVirtualSensorV2.svg](#) (дата обращения: 19.12.2024).

UDC 004.42+373.1

SOFTWARE SYSTEM FOR AUTOMATED CONTROL OF X-RAY DIAGNOSTIC EQUIPMENT COMPONENTS

Makarova V.D., Potosky D.S.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Potosky D.S. – assistant of department ISAT

Annotation. This article describes the development process of a software system for the automated control of X-ray diagnostic equipment components. The work examines key design challenges, including integration with hardware modules (the CONPASS conveyor control unit and the X-DAQ X-ray detector), real-time stream data processing, and the creation of a user interface.

Keywords. Automation of control, X-ray diagnostic equipment, software system, .NET, WPF, device driver, data processing.

УДК 004.657

ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТАБЛИЧНОГО ФОРМАТА APACHE ICEBERGB АНАЛИТИКЕ BIG DATA

Мамонова В.Н., студент гр.482571

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Институт информационных технологий
г. Минск, Республика Беларусь*

Скудняков Ю.А. – канд. техн. наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. Рассмотрена актуальная тема — обработка больших данных Big Data. Приведен наиболее эффективный и развивающийся открытый формат таблиц, который обеспечивает высокую производительность и мощные функции для работы с данными. Проанализирована архитектура формата Apache Iceberg, принципы его функционирования, механизмы управления метаданными, а также оценка его преимуществ при использовании в аналитических системах обработки больших данных. Представлена математическая модель для наглядности алгоритмов взаимодействия с Apache Iceberg.

Ключевые слова. Метаданные, транзакции, Apache Iceberg, база данных, снимок.

Введение. В настоящее время одной из важных, актуальных, перспективных и быстро развивающихся областей информационных технологий является разработка методов и средств анализа, хранения и обработки больших данных (Big Data).

Результаты анализа и обработки больших данных могут использоваться в различных сферах человеческой деятельности, в частности, в создании и практического использования искусственных интеллектуальных систем, прогнозирования погоды, в фармакологии для получения эффективных лекарственных средств, в принятии сложных решений и получении многих важных результатов в других областях.

Поскольку обработка больших массивов данных достаточно трудоемкая работа, то ее эффективное решение возможно при использовании распределенных компьютерных систем. Для построения и развития системы Big Data необходимо использовать широкий набор программных средств и другого инструментария, например, такого как: аналитические базы данных GreenPlum, Vertica, фреймворки распределённой обработки данных Hadoop, Spark, брокеры сообщений RabbitMQ, Kafka, инструменты трансформации и загрузки данных Apache Airflow, Prefect, сервисы координации Consul, ZooKeeper и многие другие системы и средства. Однако, ситуация может вызвать осложнения из-за постоянного изменения стека используемых технологий.

Разработка эффективных алгоритмов и новых подходов позволяет решать задачи интеграции Big Data с учетом закономерностей исходных данных с их последующей систематизацией в индивидуально заданную форму.

Анализ закономерностей исходных данных происходит за счет использования аналитических методов. Основной особенностью применения данных методов является использование ранее полученных экспериментальных данных. Необходимость в экспериментальных значениях обусловлена отсутствием единой математической модели, способной описать закономерности данных, полученных в результате различного рода деятельности. Например, изменения значений курса валют на фондовом рынке могут существенно отличаться от ряда показаний научных приборов.

К аналитическим методам можно отнести:

- получение экспериментальных данных;
- систематизация данных;
- проведение тестирования полученного решения на практике;
- проведение процесса на соответствие полученных результатов реальным эксплуатационным требованиям;
- составление новых данных.

Современные аналитические системы обработки больших данных Big Data всё чаще строятся на использовании архитектуры Data Lake, предполагающей хранение данных в виде файлов в распределённых хранилищах.

Такой подход обеспечивает высокую масштабируемость и низкую стоимость хранения, однако одновременно порождает ряд фундаментальных проблем, связанных с управлением схемой данных, согласованностью операций записи, производительностью аналитических запросов и поддержкой конкурентного доступа.

Традиционные файловые форматы и табличные абстракции, используемые в экосистеме Hadoop (например, Apache Hive), изначально не проектировались с учётом требований транзакционности и интенсивной аналитической нагрузки.

Таким образом, возникает противоречие между преимуществами архитектуры Data Lake, ориентированной на масштабируемость и экономичность, и требованиями к надёжности,

согласованности и гибкости управления данными, характерными для классических реляционных систем управления базами данных. Разрешение данного противоречия привело к появлению нового класса решений — табличных форматов нового поколения, обеспечивающих семантику реляционных таблиц поверх распределённых файловых хранилищ.

В период 2017–2019 г.г. крупные зарубежные компании, такие как Facebook и Uber, столкнулись с существенными ограничениями при использовании Apache Hive для анализа больших объёмов данных. Hive предоставляет возможность обращения к данным, хранящимся в распределённой файловой системе Hadoop (HDFS), с использованием SQL-подобного языка запросов.

Однако данная NoSQL-система (нереляционная) не предназначена для полноценной поддержки транзакционных нагрузок и динамических изменений схемы данных.

В частности, таблицы Hive используют фиксированную схему партиционирования, что делает изменение логики разбиения данных сложной и ресурсоёмкой операцией.

Для перераспределения данных зачастую требуется создание новой таблицы и полная перезагрузка набора данных, что приводит к значительным временным и вычислительным затратам [1].

К основным недостаткам Apache Hive относятся следующие:

- проблема консистентного чтения данных (операции записи в Hive не являются атомарными, а в случае сбоя выполнения задания записи в таблице могут оставаться частично записанные или неконсистентные данные, так называемые «мусорные» файлы, обнаружение и удаление которых представляет собой нетривиальную задачу);

- производительность сканирования метаданных (для получения списка файлов таблицы Hive вынужден рекурсивно обходить каталоги файловой системы, а при наличии миллионов файлов и большого числа партиций данная операция становится крайне медленной и негативно влияет на время выполнения аналитических запросов);

- хрупкость и сложность эволюции схемы и партиционирования (изменение типов столбцов, их порядка или схемы партиционирования в Hive является рискованной операцией и зачастую требует переписывания всей таблицы).

Кроме того, Apache Hive зависит от централизованного HiveMetastore, который может становиться узким местом при масштабировании системы.

Указанные ограничения привели к появлению нового класса решений — табличных форматов нового поколения, обеспечивающих семантику реляционных таблиц поверх файловых хранилищ.

Для наглядного сравнения традиционного подхода и форматов нового поколения в таблице 1 приведено сопоставление ключевых характеристик Apache Hive и Apache Iceberg.

Таблица 1 – Сравнение Apache Hive и Apache Iceberg

Критерий	Hive	Iceberg
ACID	Нет	Да
Time Travel	Нет	Да
Эволюция схемы	Ограничена	Полная
Конкурентная запись	Нет	Да
Централизация метаданных	Нет	Да

Основная часть. В данной статье подробно рассматривается архитектура Apache Iceberg, принципы его функционирования, механизм управления метаданными, а также его преимущества по сравнению с альтернативными решениями.

Apache Iceberg представляет собой спецификацию табличного формата для обработки крупных аналитических наборов данных. Iceberg предоставляет вычислительным системам, таким как Apache Spark, Trino, PrestoDB, Flink, Hive и Impala, унифицированный и высокопроизводительный табличный интерфейс, работающий аналогично таблицам в реляционных СУБД.

Ключевой особенностью Apache Iceberg и подобных ему форматов является обеспечение централизации метаданных: такой подход привел к существенному повышению производительности аналитических запросов и устранить архитектурные ограничения Apache Hive.

В отличие от Hive, где метаданные тесно связаны с физической структурой файловой системы, Iceberg хранит данные и метаданные в объектном хранилище и управляет ими через многоуровневую архитектуру.

Архитектура Apache Iceberg включает три иерархически организованных слоя. Верхний уровень представлен слоем каталога, отвечающим за управление версиями таблиц.

Следующий уровень — слой метаданных, включающий файлы метаданных, списки манифестов и манифест-файлы. Нижний уровень образуют непосредственно файлы данных, хранящие записи таблицы [2].

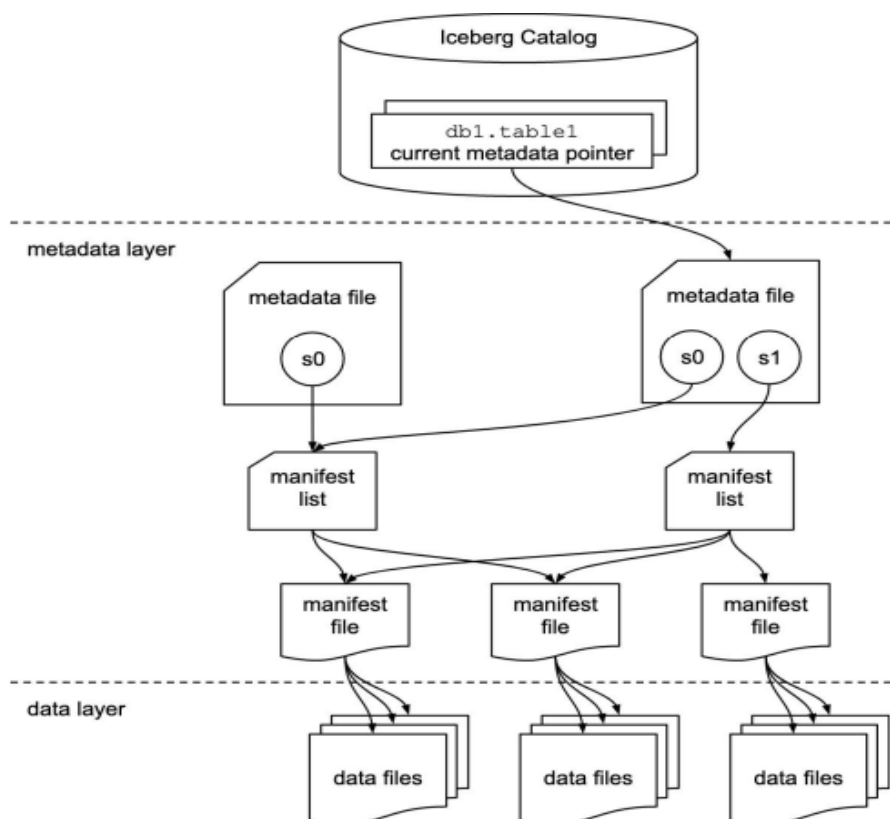


Рисунок 1 – Уровни архитектуры Iceberg

В слое метаданных хранится информация о консистентных состояниях таблицы, которые в терминологии Apache Iceberg называются снимками (snapshot). Снимок представляет собой неизменяемый набор файлов, описывающих результат конкретной транзакции. Каждый снимок содержит ссылки на соответствующие manifest-файлы, которые, в свою очередь, описывают наборы data-файлов.

По мере выполнения операций записи количество снимков увеличивается, что позволяет обращаться к предыдущим версиям таблицы. Для ограничения объёма хранимых метаданных используется политика хранения резервных копий (BackupRetention Policy), определяющая срок хранения снимков, который в типичных сценариях составляет около семи дней.

Iceberg предоставляет инженерам данных расширенные средства для эффективного управления жизненным циклом данных в аналитических хранилищах.

Эволюция схемы данных (Schema Evolution) в Apache Iceberg основана на использовании уникальных идентификаторов полей. Формат поддерживает добавление, удаление и переименование столбцов, а также изменение их порядка без переписывания существующих данных. Благодаря идентификации полей по ID корректная интерпретация данных сохраняется независимо от изменений схемы.

Эволюция партиционирования (Partition Evolution) позволяет изменять стратегию разбиения таблицы, например переходить от дневного партиционирования к часовому, без модификации ранее записанных данных. Apache Iceberg обеспечивает корректную обработку запросов к данным, используя различные схемы партиционирования, за счёт хранения информации о партициях в метаданных.

Поддержка временных запросов (Time Travel) реализуется через механизм снимков. Каждая операция фиксации изменений приводит к созданию нового снимка, что позволяет выполнять запросы к состоянию таблицы на определённый момент времени или по идентификатору снимка. Данная возможность особенно важна для задач аудита, анализа ошибок в конвейерах обработки данных и восстановления после сбоев.

Скрытое партиционирование (HiddenPartitioning) позволяет автоматически формировать партиционные значения на основе значений столбцов. Например, из значения временной метки может быть автоматически сформирована партиция по дате. Такой подход абстрагирует пользователей от физической структуры хранения данных и упрощает написание аналитических запросов [3-4].

Поддержка ACID-транзакций в Apache Iceberg реализуется за счёт механизма атомарной замены указателя на файл метаданных таблицы. Механизм фиксации изменений и изоляции снимков наглядно представлен на рисунке 2.

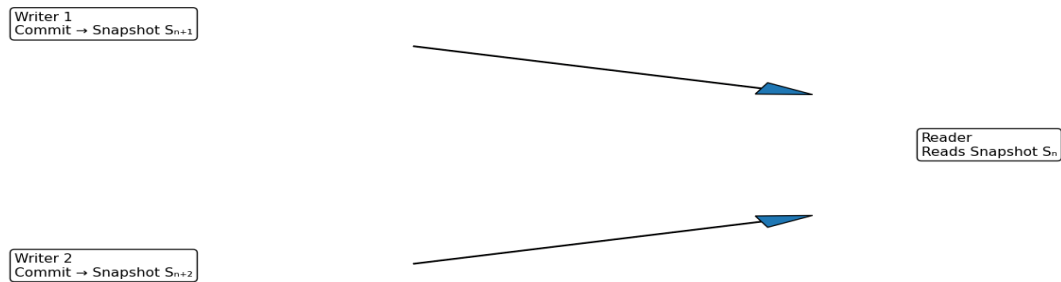


Рисунок 2 – Механизм commit-операций и snapshotisolation в Apache Iceberg

Данный подход обеспечивает выполнение свойств атомарности, согласованности, изоляции и долговечности транзакций. Все операции чтения выполняются относительно фиксированного снимка таблицы, что соответствует модели snapshotisolation и позволяет безопасно выполнять параллельные операции чтения и записи без нарушения целостности данных. Для формального описания механизма управления версиями данных в Apache Iceberg введём следующие обозначения.

Пусть T обозначает логическую таблицу Apache Iceberg, представляющую собой абстракцию над множеством версий данных. Состояние таблицы T в момент времени i задаётся снимком S_i , соответствующим результату i -й зафиксированной транзакции.

Математическая модель управления снимками:

Состояние таблицы T в дискретный момент времени i описывается снимком S_i , при этом множество всех снимков таблицы определяется как:

$$S = \{ S_0, S_1, \dots, S_n \}.$$

Каждый снимок S_i представлен в виде множества manifest-файлов:

$S_i = \{ M_1, M_2, \dots, M_k \}$, где S_i — i -й снимок таблицы, M_j — manifest-файлы, входящие в снимок.

Каждый manifest-файл M_j содержит описание набора физических файлов данных:

$M_j = \{ F_1, F_2, \dots, F_m \}$, где F_m — физические файлы данных, размещённые в распределённом хранилище.

Переход между снимками может быть описан функцией:

$S_{i+1} = \text{Commit}(S_i, \Delta_i)$, где Δ_i — множество изменений данных, выполненных в рамках i -й транзакции.

Алгоритм фиксации изменений в Apache Iceberg может быть представлен в виде блок-схемы, приведённой на рисунке 3.

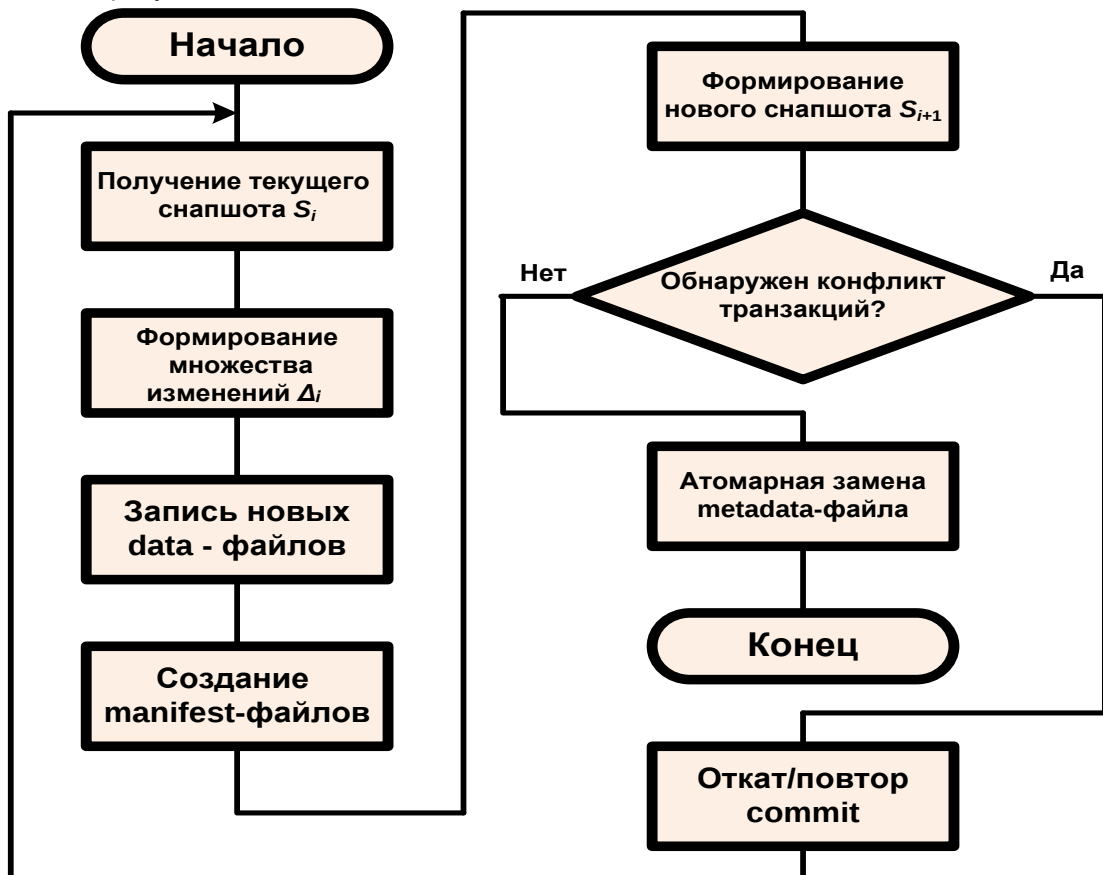


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма фиксации изменений (commit) в Apache Iceberg

Изменение и удаление данных в Apache Iceberg: в отличие от традиционных реляционных СУБД, Apache Iceberg не выполняет физическое удаление строк из файлов данных. Это связано с использованием неизменяемых файлов (immutable datafiles) в распределённом хранилище. Операции удаления данных (DELETE) реализуются с использованием стратегий Copy-on-Write и Merge-on-Read. В режиме Copy-on-Write создаётся новый файл данных без удалённых строк, после чего старый файл исключается из активного снимка.

В режиме Merge-on-Read удалённые строки фиксируются в отдельных delete-файлах, которые применяются во время выполнения запросов. Операции обновления данных (UPDATE) логически представляют собой комбинацию операций удаления и вставки. Физическое удаление устаревших файлов данных выполняется асинхронно в процессе очистки (garbage collection), что обеспечивает согласованность и отказоустойчивость системы [5].

Кроме того, Apache Iceberg собирает статистическую информацию, необходимую для оптимизации выполнения запросов. Точные статистики, такие как минимальные и максимальные значения столбцов и количество NULL-значений, хранятся в manifest-файлах и используются для dataskipping.

Приблизительные статистики, включая количество различных значений (NDV), вычисляемые с использованием theta-sketches, сохраняются в отдельных бинарных файлах в формате Puffin и применяются в cost-based оптимизации.

Заключение. В процессе исследования было проведено изучение существующих методов, технологий и средств организации хранения и обработки данных на основе архитектуры DataLake и табличных форматов Apache Iceberg и Apache Hive. Проанализированы их основные достоинства и недостатки, в том числе с точки зрения обеспечения целостности данных, согласованности состояний и устойчивости к конкурентному доступу.

На основе полученных результатов была составлена математическая модель и алгоритма фиксации изменений.

Предложенная модель позволяет формализовать механизм работы со снимками, выявления конфликтов транзакций и атомарной публикации изменений, что способствует повышению надёжности и предсказуемости функционирования систем хранения данных.

В качестве перспективного направления дальнейшего развития полученных результатов можно рассматривать интеграцию предложенного подхода с технологиями искусственного интеллекта, а также его адаптацию для высокопроизводительных и распределённых вычислительных сред.

В перспективе практического внедрения не исключается использование квантовых технологий, обладающих существенно большей вычислительной производительностью по сравнению с современными классическими компьютерными системами.

Список использованных источников:

1. Уайт, Т. Hadoop. Подробное руководство / Т. Н. Уайт; пер. с англ. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2020. – 672 с.
2. Хьюз, Дж. Apache Iceberg: архитектурный взгляд изнутри: руководство / Дж. Хьюз; Dremio[Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Доступ свободный. – Режим доступа: <https://www.dremio.com/resources/guides/apache-iceberg-an-architectural-look-under-the-covers/> – Загл. с экрана. – Яз. англ. – Дата доступа: 26.01.2026.
3. Хайман, Д., Apache Iceberg: The Definitive Guide. Архитектура табличных форматов для аналитических данных в масштабе петабайт / Д. Хайман, Дж. Хьюз; пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2024. – 450 с.
4. Apache Iceberg. // Big Data School[Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Доступ свободный. – Режим доступа: <https://bigdataschool.ru/wiki/apache-iceberg/> – Загл. с экрана. – Яз. рус. – Дата обращения: 29.01.2026.
5. The Apache Software Foundation. Apache Iceberg. Official Documentation and Specifications [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Доступ свободный. – Режим доступа: <https://iceberg.apache.org/> – Загл. с экрана. – Яз. англ. – Дата доступа: 01.02.2026.

UDC 004.657

PRINCIPLES OF FUNCTIONING OF THE APACHE ICEBERG TABLE FORMAT IN BIG DATA ANALYTICS

Mamonova V.N.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Skudnyakov Yu.A. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Annotation. This article examines the topic of Big Data processing, a highly relevant topic. It presents the most efficient and evolving open table format, which provides high performance and powerful data manipulation features. It analyzes the Apache Iceberg format's architecture, operating principles, and metadata management mechanisms, as well as assesses its advantages for use in big data analytics systems. A mathematical model is presented to illustrate the algorithms for interacting with Apache Iceberg.

Keywords. Metadata, transactions, Apache Iceberg, database, snapshot.

УДК 004.45

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ СОТРУДНИКОВ

Мурашко И.С., студент гр.281078

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Скудняков Ю.А. – канд. техн. наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы разработки веб-приложения для автоматизации процессов оценки профессиональных навыков сотрудников предприятия, представлен пользовательский интерфейс приложения, обоснован выбор средств разработки, перечислены недостатки аналогичных решений, представлены основные функциональные возможности программного средства. Серверная часть реализована на Java с использованием фреймворка Spring Boot, клиентская часть на TypeScript с использованием библиотеки React.

Ключевые слова. Веб-приложение, автоматизация тестирования, оценка персонала, Spring Boot, React, TypeScript.

Введение. В условиях цифровой трансформации экономики и стремительного развития технологий профессиональная подготовка персонала становится ключевым фактором повышения конкурентоспособности современных предприятий [1]. Современные организации сталкиваются с необходимостью постоянного мониторинга и оценки квалификации сотрудников, что определяется рядом критически важных аспектов. Во-первых, стремительная эволюция технологических стандартов и возникновение новых профессиональных компетенций требуют регулярного обновления методов оценки персонала. Во-вторых, традиционные подходы к аттестации, основанные на субъективных оценках и бумажном документообороте, демонстрируют свою ограниченную эффективность в условиях динамичной бизнес-среды [2].

Особое значение эти вопросы приобретают в IT-индустрии, где скорость устаревания знаний максимальна, а точность оценки профессиональных навыков напрямую влияет на успешность реализации проектов. Разработка автоматизированной системы тестирования позволяет решить указанные проблемы, обеспечивая стандартизированный, объективный и масштабируемый подход к оценке компетенций сотрудников.

Анализ существующих решений показал, что многие платформы для тестирования персонала недостаточно адаптированы под специфику различных предприятий. В ряде случаев функционал таких систем либо избыточен, либо не охватывает ключевые потребности организации. Это обуславливает необходимость разработки специализированного веб-приложения, способного эффективно решать задачи оценки профессиональных качеств сотрудников.

Целью данной работы является создание веб-приложения для автоматизации процессов оценки профессиональных навыков сотрудников предприятия. Проектирование системы базируется на принципах модульной архитектуры, реализованной на нескольких уровнях: на уровне бэкенда через четкое разделение на контроллеры, сервисы и репозитории; на уровне фронтенда – посредством компонентного подхода и выделения независимых модулей интерфейса [3,4].

В качестве технологического стека для серверной части выбран фреймворк Spring Boot, который предоставляет готовые решения для создания производственных приложений на Java, встроенные механизмы для разработки REST API, мощную систему инверсии контроля и зависимостей. Для клиентской части использованы библиотека React и язык TypeScript, что обеспечивает строгую типизацию данных и высокую поддерживаемость кода. Для управления состоянием применены библиотеки Zustand и TanStack React Query.

Архитектура системы построена по принципу «клиент-сервер» с использованием REST API для взаимодействия между компонентами. Серверная часть реализована на Spring Boot с использованием многослойной архитектуры (контроллеры, сервисы, репозитории). Клиентская часть представляет собой одностраничное приложение.

Практическая значимость результатов разработки заключается в возможности применения программного средства для автоматизации процессов оценки персонала на предприятиях различных отраслей.

Основная часть. Определим функциональные требования и назначение программного средства:

- управление пользователями и доступом с поддержкой ролевой модели (Администратор, Редактор, Пользователь);
- создание и редактирование тестовых заданий с поддержкой различных форматов вопросов (одиночный/множественный выбор, текстовый ответ, упорядочивание);
- категоризация вопросов по компетенциям и темам;

- настройка параметров тестирования (время выполнения, проходной балл, количество попыток);
- автоматическая и ручная проверка результатов тестирования;
- формирование аналитических отчетов по успеваемости сотрудников;
- просмотр истории тестирований и индивидуальной статистики.

Система проектировалась с учётом требований к расширяемости, безопасности и возможности одновременного прохождения тестирования для большого количества пользователей.

При запуске приложения пользователь проходит аутентификацию по персональному коду и паролю. В зависимости от назначенной роли пользователь получает доступ к соответствующему функционалу. Администраторы управляют пользователями и подразделениями, редакторы работают с тестовым контентом, обычные пользователи проходят тестирование и просматривают свои результаты.

На рисунке 1 представлен интерфейс главного окна после аутентификации, на котором доступен выбор вкладки.

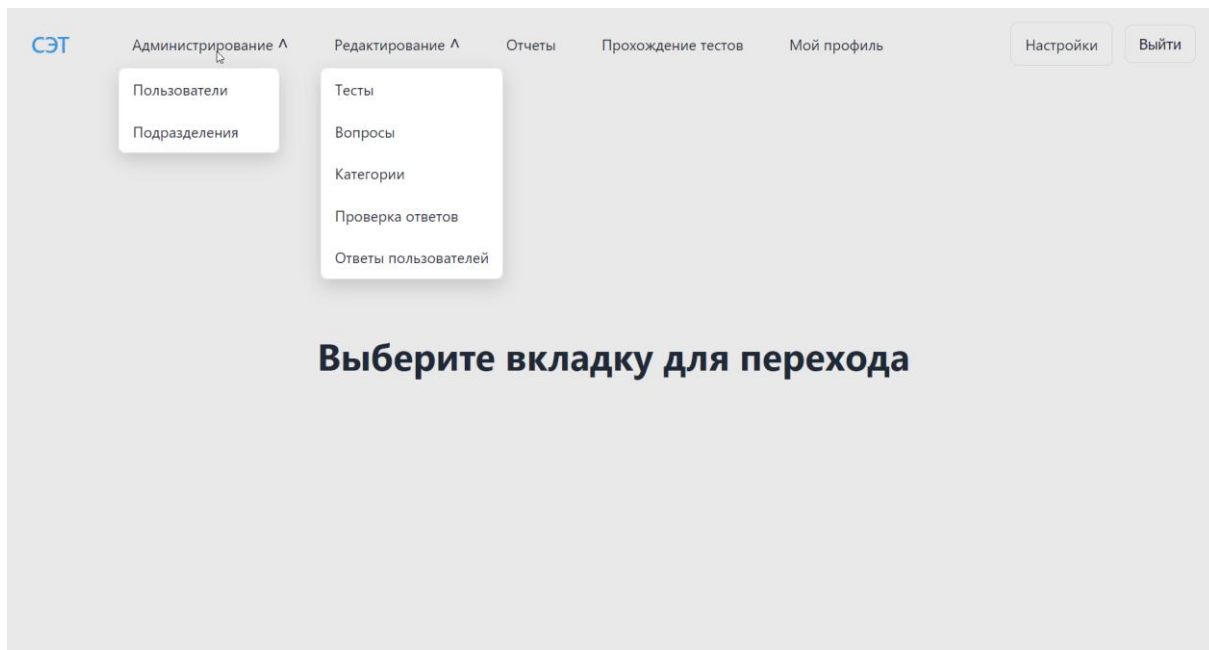


Рисунок 1 – Окно выбора рабочей вкладки

В верхней части окна расположена навигационная панель с доступными вкладками в зависимости от роли пользователя, а центральная часть отображает контент выбранной вкладки. Интерфейс реализован адаптивно и обеспечивает корректную работу на различных устройствах

Для создания тестов предусмотрены два подхода: фиксированный набор вопросов и динамический подбор вопросов из категорий. При фиксированном подходе редактор выбирает конкретные вопросы для теста. При динамическом подходе система случайно выбирает вопросы из указанных категорий в заданном количестве, что позволяет создавать различные варианты тестов для каждого пользователя.

Процесс тестирования включает следующие этапы:

- пользователь выбирает доступный тест из списка;
- система генерирует вопросы согласно стратегии теста;
- пользователь отвечает на вопросы с контролем времени;
- ответы автоматически сохраняются при переходе между вопросами;
- по завершении теста система вычисляет результат и предоставляет результат.

Методы проверки ответов различаются в зависимости от типа вопроса:

- для вопросов с выбором вариантов ответа проверка выполняется автоматически;
- для текстовых ответов предусмотрена ручная проверка редакторами;
- для заданий на упорядочивание применяется алгоритм сравнения последовательностей.

База данных спроектирована с учетом нормализации и включает 15 взаимосвязанных таблиц для хранения информации о пользователях, подразделениях, вопросах, тестах, категориях, результатах тестирования и ответах пользователей. Для обеспечения производительности разработаны индексы по ключевым полям таблиц.

Система безопасности включает аутентификацию на основе JWT-токенов, защиту от основных веб-уязвимостей и разграничение прав доступа в соответствии с ролевой моделью.

На рисунке 2 показан интерфейс создания вопроса с возможностью выбора типа вопроса, добавления вариантов ответа, прикрепления изображения и назначения категорий.

Рисунок 2 – Окно создания вопроса

Для улучшения пользовательского опыта были добавлены всплывающие подсказки, отображающиеся при наведении курсора на символ «(?)».

Сформируем модель расчета балла для ответа на вопрос. Для каждого вопроса определим:

$V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$ – множество неверных вариантов;

$V_c = \{v \in V | v \text{ является верным}\}$ – множество верных вариантов;

$V_i = \{v \in V | v \text{ является неверным}\}$ – множество неверных вариантов;

При этом выполняются условия:

$V_c \cap V_i = \emptyset; V_c \cup V_i = V; |V_c| + |V_i| = N$.

При ответе пользователь выбирает подмножество $U \subseteq V$. Определим:

$C = |U \cap V_c|$ – количество выбранных верных вариантов;

$I = |U \cap V_i|$ – количество выбранных неверных вариантов;

Формула расчета сырого балла следующая:

$$S_{raw} = \frac{C-I}{N}.$$

Граничными значениями являются $S_{min} = -|V_i| / N$, при выборе пользователем всех неверных вариантов ответов и ни одного верного и $S_{max} = |V_c| / N$, при выборе пользователем всех верных вариантов ответов и ни одного неверного.

После вычисления S_{raw} производим нормирование к диапазону $[0; 1]$:

$$\begin{cases} 0, & S_{raw} \leq 0 \\ S_{raw}, & 0 < S_{raw} < 1 \\ 1, & S_{raw} \geq 1 \end{cases}$$

Итого модель оценивания:

- обладает полной нормированностью, поскольку итоговое значение балла в явном виде ограничивается интервалом $[0; 1]$;
- является монотонной по отношению к качеству ответа. Увеличение количества выбранных верных вариантов приводит к увеличению итогового балла, тогда как добавление неверных вариантов не может повысить оценку;
- с точки зрения симметричности симметрична на уровне сырого балла, поскольку вклад одного верного и одного неверного варианта равен по модулю и противоположен по знаку. Однако после применения нормирования симметрия нарушается вблизи границ шкалы вследствие насыщения значений на границах;
- полностью ограничена и устойчива к некорректным или случайным стратегиям прохождения теста, включая выбор всех вариантов ответа или отсутствие выбора;
- соблюдает свойство инвариантности к перестановке вариантов ответа, поскольку расчёт оценки основан исключительно на количестве выбранных верных и неверных вариантов и не зависит от их порядка или представления в интерфейсе;
- легко объяснима – каждый компонент формулы имеет однозначную семантику.

Итоговый результат тестирования определяется как сумма всех нормированных баллов за все вопросы теста. Тест считается успешно пройденным при достижении порогового значения, определяемого редактором при создании теста.

При проектировании системы автоматизированного тестирования ключевой задачей являлся выбор модели оценивания, обеспечивающей объективную, устойчивую и интерпретируемую оценку профессиональных знаний сотрудников. В качестве базового подхода была рассмотрена бинарная модель оценивания, при которой ответ признаётся либо полностью верным, либо неверным. Однако данный подход не позволяет учитывать частично корректные ответы и не обеспечивает достаточной дифференциации результатов, что особенно критично при оценке профессиональных компетенций

Использование предложенной модели, основанной на разности количества выбранных верных и неверных вариантов ответа, позволяет учитывать степень корректности ответа пользователя и снижать влияние случайного угадывания. Введение штрафа за выбор неверных вариантов стимулирует осознанный выбор ответов и повышает достоверность получаемых результатов по сравнению с моделями, в которых учитываются только верные варианты.

На рисунке 3 показан интерфейс тестирования с отображением текущего вопроса, вариантов ответа, таймера и индикатора прогресса.

Рисунок 3 – Вкладка «Попытка тестирования»

После завершения теста пользователь перенаправляется на вкладку обзора результатов. На данной вкладке показывается текущий результат.

Для каждого вопроса теста отображается блок, в котором перечисляются возможные варианты ответов, ответ данный пользователем и корректный ответ. В случае, если для вопроса добавлено

пояснение, то пользователь увидит его. Если пользователь не дал ответ на вопрос, или ответ не подлежит автоматическому оцениванию, то в статусе будет написано «Без ответа» или «На рассмотрении» соответственно. При получении балла в диапазоне (0,1), статус будет «Частично правильно». Ответы, получившие максимальный балл или получившие минимальный балл, будут иметь статус «Правильно» и «Неправильно» соответственно.

На рисунке 4 изображена вкладка просмотра результатов тестирования.

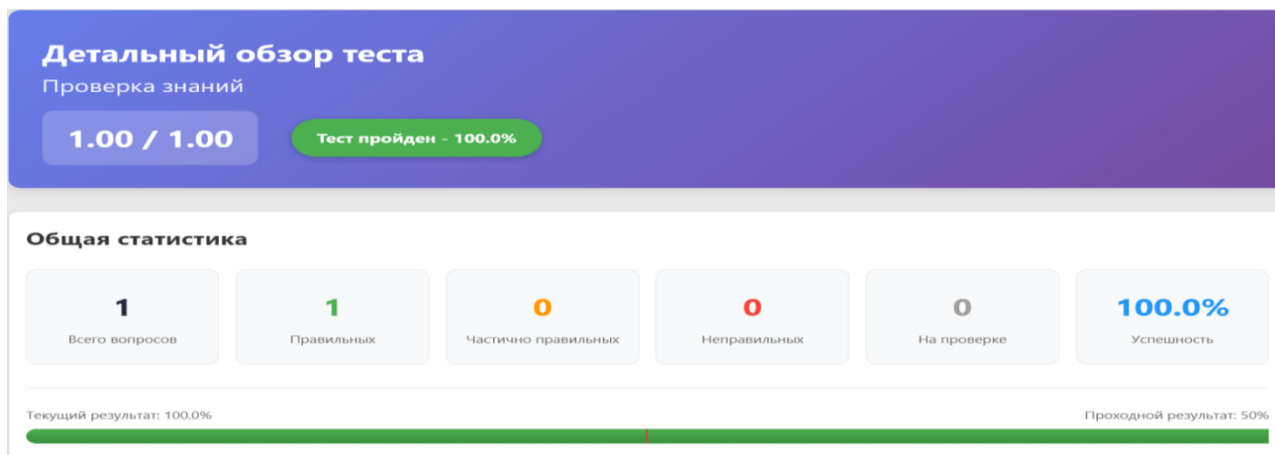


Рисунок 4 – Вкладка просмотра результатов

Заключение. Разработанное веб-приложение позволяет автоматизировать процессы планирования, проведения и анализа результатов тестирования профессиональных навыков сотрудников предприятия. Система обеспечивает стандартизированный, объективный и масштабируемый подход к оценке компетенций персонала, устраняя зависимость от бумажного документооборота и субъективных оценок. Ключевым достоинством используемой архитектуры является наличие веб-интерфейса, с которыми могут работать браузеры на смартфонах и компьютерах, не требуя установки дополнительного программного обеспечения.

Список использованных источников:

1. Прокопьев, А. В. Обучение персонала как фактор организационного развития / А. В. Прокопьев, Т. Н. Чернышова // *Cifra. Экономика*. – 2023. – №3. – Режим доступа: <https://doi.org/10.23670/ECNMS.2023.3.4>.
2. Шевнина, Ю.С. Автоматизация оценки профессиональных качеств и компетенций сотрудников предприятия / Ю.С. Шевнина, В.В. Константинов // *Вестник Астраханского гос. техн. ун-та*, 2021, №2(72), С. 7-14. DOI:10.24143/1812 – 9498-2021-2-7-14.
3. Мартин, Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения / Р. Мартин. – Санкт-Петербург. : Питер, 2021. – 384 с.
4. Блох, Д. Java. Эффективное программирование / Д. Блох – Санкт-Петербург: Диалектика, 2019. – 464 с.

UDC 004.45

WEB APPLICATION FOR AUTOMATION OF EMPLOYEE PROFESSIONAL SKILLS ASSESSMENT

Murashka I.S.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Skudnyakov Yu.A. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Annotation. This article discusses the development of a web application for automating employee professional skills assessment processes. It presents the application's user interface, justifies the choice of development tools, lists the shortcomings of similar solutions, and outlines the software's key functionality. The server-side component is implemented in Java using the Spring Boot framework, while the client-side component is written in TypeScript using the React library.

Keywords. Web application, test automation, personnel assessment, Spring Boot, React, TypeScript.

УДК 004.4:656.07

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ B2B-КЛИЕНТОВ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ОТСЛЕЖИВАНИЯ СТАТУСОВ СДЕЛОК ПЕРЕВОЗКИ АВТОМОБИЛЕЙ С ИНТЕГРАЦИЕЙ CRM БИТРИКС24

Потапова А.О., студент гр.281072

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Серёда И.А. – старший преподаватель кафедры ИСиТ

Аннотация. В статье рассматривается разработка веб-приложения личного кабинета для B2B-клиентов компании по доставке автомобилей. Решение интегрировано с CRM Битрикс24 и направлено на автоматизацию отслеживания статусов сделок, финансовых взаиморасчетов и логистических этапов. Представлены архитектура проекта, технологический стек (Python, React, MariaDB), функциональные модули (сделки, калькуляторы, уведомления) и результаты внедрения.

Ключевые слова. B2B-логистика, CRM Битрикс24, веб-приложение, автоматизация, отслеживание сделок, REST API, React, Python.

Введение.

Автоматизация бизнес-процессов является ключевым фактором успеха современных предприятий, особенно в сфере B2B-логистики, где сложность и многоступенчатость процессов требуют высокой степени прозрачности и контроля [1]. Существенную роль в этом играют CRM-системы, такие как Битрикс24, которые позволяют повысить эффективность работы, но зачастую нуждаются в доработке для решения специфических отраслевых задач. В последние годы наблюдается устойчивый рост внедрения CRM-решений на предприятиях, занимающихся организацией перевозок, что связано с необходимостью минимизации человеческого фактора, сокращения издержек и повышения скорости взаимодействия с клиентами. Несмотря на значительный прогресс, компаниям всё ещё требуются специализированные решения для автоматизации отслеживания статусов сложных сделок, характерных для B2B-логистики [2].

Целью данной работы является разработка веб-приложения личного кабинета для B2B-клиентов, интегрированного с CRM Битрикс24, которое обеспечит прозрачный контроль статусов сделок, финансовых данных и логистических этапов. Решение позволит синхронизировать данные между участниками процесса, минимизировать вероятность ошибок и повысить качество обслуживания корпоративных клиентов.

Анализ предметной области и постановка задачи.

Предметная область проекта охватывает B2B-логистику, связанную с перевозкой автомобилей. Это комплекс взаимосвязанных бизнес-процессов, направленных на организацию, планирование, контроль и обеспечение доставки автотранспортных средств между юридическими лицами [1]. Ключевой особенностью является необходимость тесной координации большого числа процессов: от формирования заказа до передачи автомобиля конечному клиенту, а также управления взаиморасчетами и документацией.

Анализ существующих на рынке решений (Roolz, LogistPro, KiberLog, Maxoptra, Битрикс24) показал, что универсальные CRM требуют тонкой доработки и доинтеграции специализированных «логистических» возможностей, в то время как специализированные TMS-платформы часто слабее в финансовой аналитике либо автоматизации всего бизнес-процесса B2B-компании. Это определяет актуальность создания комплексного, интегрированного решения, сочетающего в себе трекинг, аналитику, финансовый модуль и персонализацию личного кабинета.

На основе выявленных недостатков и требований была сформулирована цель проекта: создание веб-приложения для автоматизации процесса отслеживания статусов сделок перевозки автомобилей в B2B-секторе с интеграцией CRM Битрикс24. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- разработать архитектуру клиент-серверного приложения;
- реализовать модуль работы со сделками с фильтрацией и различными видами отображения (канбан/таблица);
- создать калькуляторы для расчета стоимости доставки и таможенных платежей;
- спроектировать алгоритмы идентификации пользователей по контактам Bitrix24 и синхронизации данных.

Моделирование предметной области.

Для формализации бизнес-процессов была разработана функциональная модель в нотации IDEFO [3]. На контекстной диаграмме (A-0) определена главная бизнес-функция системы –

«Управление сделками B2B-клиентов». Входными данными являются данные из CRM и от пользователей, управляющими – требования законодательства и бизнес-правила компании, механизмами – персонал и IT-инфраструктура, а выходными – актуальные статусы сделок, финансовая аналитика и уведомления.

Декомпозиция первого уровня (A0) выделяет четыре основных функциональных блока:

- регистрация и верификация пользователя;
- импорт и отображение сделок;
- формирование аналитики и отчетов;
- модуль уведомлений и сервисных инструментов.

Центральную роль в этой модели играет CRM Битрикс24, выступающая в качестве интеграционного сервиса – источника, приемника и обработчика корпоративных данных, а веб-приложение является пользовательским интерфейсом к этим процессам.

На основе функциональной модели была разработана диаграмма деятельности, моделирующая последовательность действий пользователя и системы. Основные этапы работы включают:

- инициализацию приложения и проверку статуса авторизации;
- регистрацию нового пользователя с верификацией данных в CRM Битрикс24;
- авторизацию и вход в личный кабинет;
- просмотр и фильтрацию списка сделок, полученных из CRM;
- использование калькуляторов для расчета затрат;
- просмотр финансовых отчетов и баланса;
- получение и обработку уведомлений;
- завершение сеанса работы.

Диаграмма деятельности позволяет наглядно представить логику работы системы и выявить потенциальные узкие места на этапе проектирования.

Проектирование и разработка программного средства.

Архитектура веб-приложения построена на разделении ролей между несколькими независимыми сервисами, что обеспечивает отказоустойчивость и масштабируемость. В качестве фронтенд-части используется JavaScript/TypeScript с библиотекой React, позволяющей создавать динамичный интерфейс [4]. Серверная часть реализована на Python (Flask), работающем под управлением Gunicorn за прокси nginx. Для хранения бизнес-данных применяется СУБД MariaDB. Взаимодействие с внешней CRM системой Битрикс24 осуществляется через REST API [2].

Логическая структура приложения включает следующие компоненты:

- Backend-сервис (Flask): реализует HTTP-интерфейс (API, страницы, авторизацию), принимает пользовательские запросы и создает задачи для асинхронной обработки.
- Scheduler-сервис: таймер, запускающий периодические задачи (например, обновление данных из CRM).
- Celery-воркеры: пул процессов, которые забирают задачи из очереди и выполняют асинхронную обработку (обращение к Битрикс24, синхронизация данных, тяжелые вычисления).
- Redis: используется как брокер сообщений (единая доска задач) между backend, scheduler и Celery.

Такая архитектура реализует возможность горизонтального масштабирования backend и celery-воркеров, обеспечивает надежность и поддерживает высокую доступность системы.

Для формализации структуры данных была разработана информационная модель базы данных в нотации IDEF1X [3]. Основные сущности модели включают:

- Users и Company – для хранения информации о пользователях и их компаниях.
- DealGeneral – центральная сущность, содержащая общие сведения о сделках.
- DealLogistics, DealPayment, DealPhotos, DealEvents – сущности, детализирующие логистику, платежи, медиа-файлы и события по каждой сделке.
- CompanyPayments и PaymentAllocations – для управления корпоративными платежами и их распределением.
- UserNotificationStatus – для работы системы уведомлений.

Информационная модель обеспечивает четкую структуру хранения данных, ориентированную на потребности автоматизации логистических процессов, и учитывает требования масштабируемости и безопасности.

Ключевым алгоритмом, обеспечивающим взаимодействие с внешней системой, является алгоритм обмена данными с CRM Битрикс24 [2]. Идентификация пользователя основана на сущности «Контакт» в Битрикс24: для каждого пользователя создается или используется существующий контакт, который обязательно содержит номер телефона и привязан к соответствующей компании. Это обеспечивает однозначное сопоставление авторизованного пользователя с его сделками. Синхронизация данных происходит в фоновом режиме: специальный воркер-процесс не реже одного раза в 10 минут запрашивает у внешней системы новые и измененные сделки и обновляет локальное хранилище. Схема данного алгоритма представлена на рисунке 1.

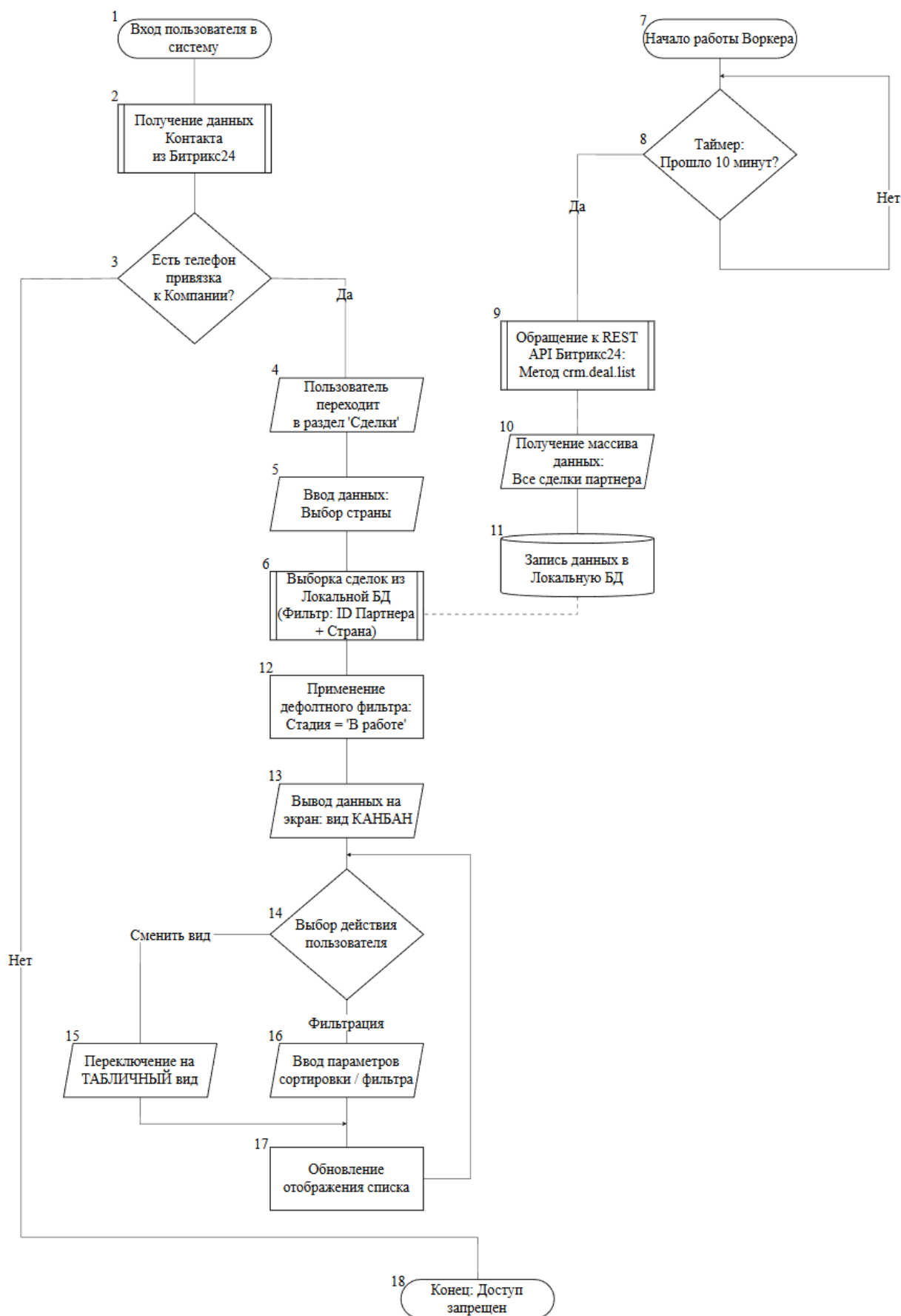


Рисунок 1 – Схема алгоритма обмена данными с внешней системой

Пользовательский интерфейс проектировался с учетом принципов адаптивности, лаконичности и интуитивной навигации. Основные макеты интерфейса включают:

1. Формы регистрации и авторизации, интегрированные с CRM для верификации данных.
2. Личный кабинет (профиль) с отображением информации о компании и возможностью редактирования данных.
3. Раздел «Заказы» с табличным и канбан-представлением сделок, а также страница статистики с графиками.
4. Раздел «Финансы» с таблицами баланса, платежей и задолженностей.
5. Раздел «Инструменты», содержащий калькуляторы для расчета стоимости доставки и таможенных платежей.

При вводе корректных данных, соответствующих существующему контакту в CRM, пользователь успешно регистрируется и получает доступ к личному кабинету. Результат успешной регистрации представлен на рисунке 2.

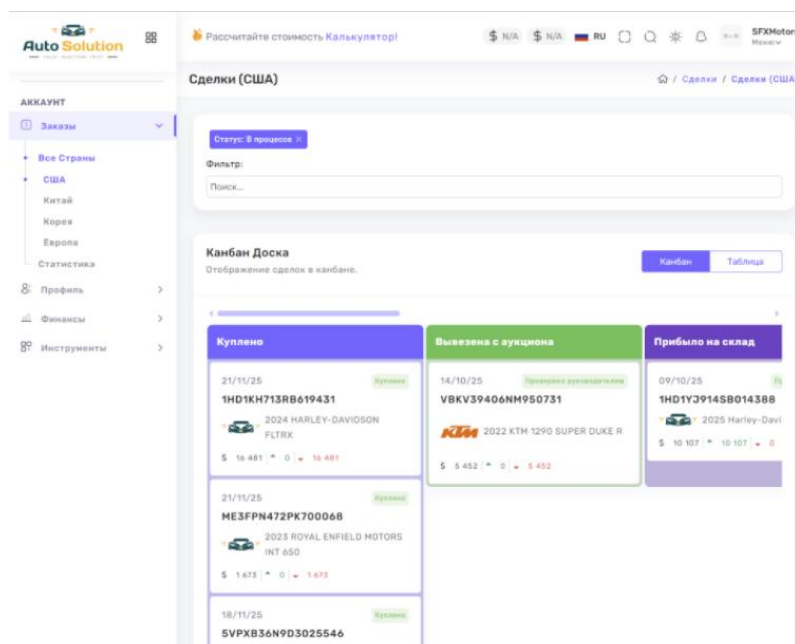


Рисунок 2 – Интерфейс при введении верных данных

В личном кабинете реализован раздел «Инструменты», содержащий калькуляторы для расчета стоимости доставки и таможенных платежей. Пользователь может выбрать тип калькулятора, ввести исходные данные и получить детализированный расчет. Результат работы калькулятора представлен на рисунке 3.

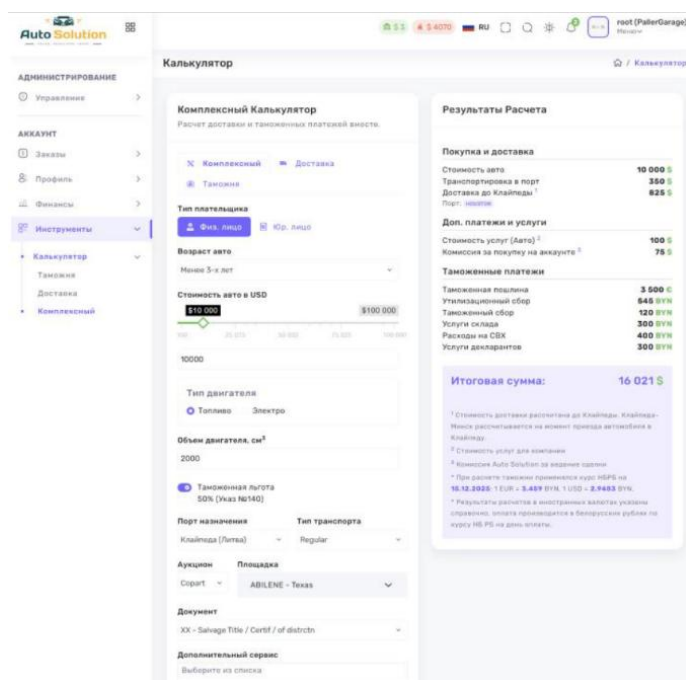


Рисунок 3 – Результат работы калькулятора

Тестирование и внедрение.

Тестирование программного средства проводилось с применением мануального подхода и метода «черного ящика» [5]. Такой подход позволяет проверить функционал приложения на соответствие требованиям без использования знаний о внутреннем устройстве программного кода. Набор тест-кейсов охватывал ключевые сценарии использования:

- регистрация и авторизация пользователей с проверкой корректности данных в CRM;
- работа фильтров в разделе «Заказы» и «Финансы»;
- расчеты с помощью калькуляторов;
- отображение и синхронизация данных по сделкам.

В ходе тестирования было выявлено, что функциональность продукта работает корректно и соответствует заявленным требованиям. Программа успешно прошла основные тест-кейсы, подтвердив свою готовность к эксплуатации в реальных условиях. Уровень качества продукта соответствует установленным стандартам.

Заключение.

В результате выполнения дипломного проекта было разработано и внедрено веб-приложение личного кабинета для B2B-клиентов компании по доставке автомобилей с интеграцией CRM Bitrix24. Разработанное решение позволяет автоматизировать ключевые бизнес-процессы: отслеживание статусов сделок, управление логистическими этапами, контроль финансовых взаиморасчетов и предварительный расчет затрат с помощью встроенных калькуляторов.

Применение современного технологического стека (Python, React, MariaDB) и микросервисной архитектуры обеспечило высокую производительность, масштабируемость и надежность системы. Внедрение разработанного программного средства позволило сократить трудозатраты менеджеров, минимизировать влияние человеческого фактора и повысить прозрачность процессов для корпоративных клиентов. Экономическая эффективность подтверждена расчетами, показывающими окупаемость проекта в течение 4,3 лет.

Дальнейшее развитие системы может быть направлено на расширение функционала за счет интеграции с GPS-трекерами для отслеживания транспорта в реальном времени, внедрения модуля для работы с документами (EDI) и использования технологий машинного обучения для прогнозирования сроков доставки.

Список использованных источников:

1. Лукинский, В. С. *Логистика и управление цепями поставок: учебник и практикум для академического бакалавриата* / В. С. Лукинский, В. В. Лукинский, Н. Г. Плетнева. – М. : Юрайт, 2025. – 359 с.
2. Документация Bitrix24 REST API [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dev.1c-bitrix.ru/rest_help/.
3. Черемных, С.В. *Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии* / С. Черемных. – М. : Финансы и статистика, 2023. – 368 с.
4. Кириченко, А. *JavaScript для FrontEnd-разработчиков. Написание. Тестирование. Развертывание* / А. Кириченко. – Санкт-Петербург. : Наука и Техника, 2020. – 242 с.
5. Паттон, Р. *Руководство по программному тестированию* / Р. Паттон. – М. : Вильямс, 2021. – 528 с.

UDC 004.4:656.07

WEB APPLICATION FOR B2B CLIENTS FOR AUTOMATING THE TRACKING OF CAR TRANSPORTATION DEAL STATUSES WITH INTEGRATION WITH BITRIX24 CRM

Potapova A.O.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Sereda I.A. – Senior Lecturer

Annotation. The article discusses the development of a personal account web application for B2B clients of a car delivery company. The solution is integrated with Bitrix24 CRM and is aimed at automating the tracking of deal statuses, financial settlements, and logistics stages. The project architecture, technology stack (Python, React, MariaDB), functional modules (deals, calculators, notifications), and implementation results are presented.

Keywords. B2B logistics, Bitrix24 CRM, web application, automation, deal tracking, REST API, React, Python.

УДК 004.6

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ SQL И NOSQL ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОФИЛЯХ НАГРУЗКИ (OLTP И OLAP)

Рыженкова Е.И., студент гр.382571, Терешёнок М.Н., студент гр.382571

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Бакунов А.М. – старший преподаватель кафедры ИСиТ

Аннотация. В статье был проведен сравнительный анализ эффективности MySQL (реляционная СУБД) и MongoDB (документно-ориентированная СУБД). Оценка производительности осуществлялась при моделировании различных сценариев нагрузки: OLTP (операции с транзакциями) и OLAP (аналитические запросы). Для эксперимента использовались дата сеты объемом от 100 записей до 10 миллионов, на которых выполнялись операции: INSERT, SELECT, UPDATE, OLAP и JOIN. Основная задача исследования заключалась в выявлении особенностей поведения каждой системы при масштабировании данных и интенсивности запросов.

Ключевые слова. SQL, NoSQL, MySQL, MongoDB, OLTP, OLAP, производительность, базы данных, нагрузка.

Введение.

Информационные системы сталкиваются с необходимостью высокоэффективной обработки значительных объемов данных в условиях разнообразных нагрузок. В качестве фундаментальных подходов к архитектуре хранения данных выступают реляционные (SQL) и нереляционные (NoSQL) системы управления базами данных [1]. Выбор между ними зависит от характера операций и объема данных.

Целью данной работы является сравнительный анализ производительности MySQL и MongoDB при выполнении операций, характерных для транзакционных (OLTP) и аналитических (OLAP) нагрузок [2, 3]. OLTP-нагрузка включает операции вставки, выборки, обновления, тогда как OLAP-нагрузка связана с агрегированием и анализом больших массивов данных.

Основная часть.

Анализ производился на персональном компьютере с 16 ГБ оперативной памяти и SSD-накопителем. Для получения достоверных результатов был разработан программный модуль на языке JavaScript (Node.js), позволяющий автоматизировать выполнение операций над базами данных. Перед началом базы данных очищались, что обеспечивало одинаковое начальное состояние.

Загрузка данных выполнялась пакетами. Размер пакета адаптировался в зависимости от объема данных, что позволило снизить расходы и повысить стабильность выполнения. После вставки формировался набор существующих идентификаторов, используемый в последующих операциях что исключало возможность ошибок, связанных с обращением к несуществующим записям.

Для обеспечения корректности сравнения в MongoDB были созданы по полям поиска, а в MySQL использовались встроенные механизмы индексирования. Замеры времени выполнения операций производились с помощью системного времени до и после выполнения серии запросов. Каждая операция выполнялась многократно, что позволило получить стабильные значения времени.

Исследование включало операции:

- INSERT – массовая вставка данных;
- SELECT – случайные выборки пользователей;
- UPDATE – обновление баланса пользователей;
- OLAP-запросы – агрегирование данных по странам;
- JOIN – соединение таблиц и агрегация заказов на пользователя.

Для каждого объема операции выполнялись отдельно для каждой СУБД, а результаты сохранялись для последующего анализа и визуализации, позволяя сравнить производительность MySQL и MongoDB при транзакционных и аналитических нагрузках.

Анализ результатов.

Операции вставки (INSERT). Результаты показывают, что при малых объемах данных MySQL и MongoDB показывают схожее время выполнения (рисунок 1). Но с увеличением объема данных преимущество постепенно переходит к MongoDB, так при 10 м записей MySQL потребовалось 411 168 мс, а MongoDB – 85 667 мс. Это объясняется более гибкой моделью хранения и отсутствием необходимости поддерживать сложные связи.

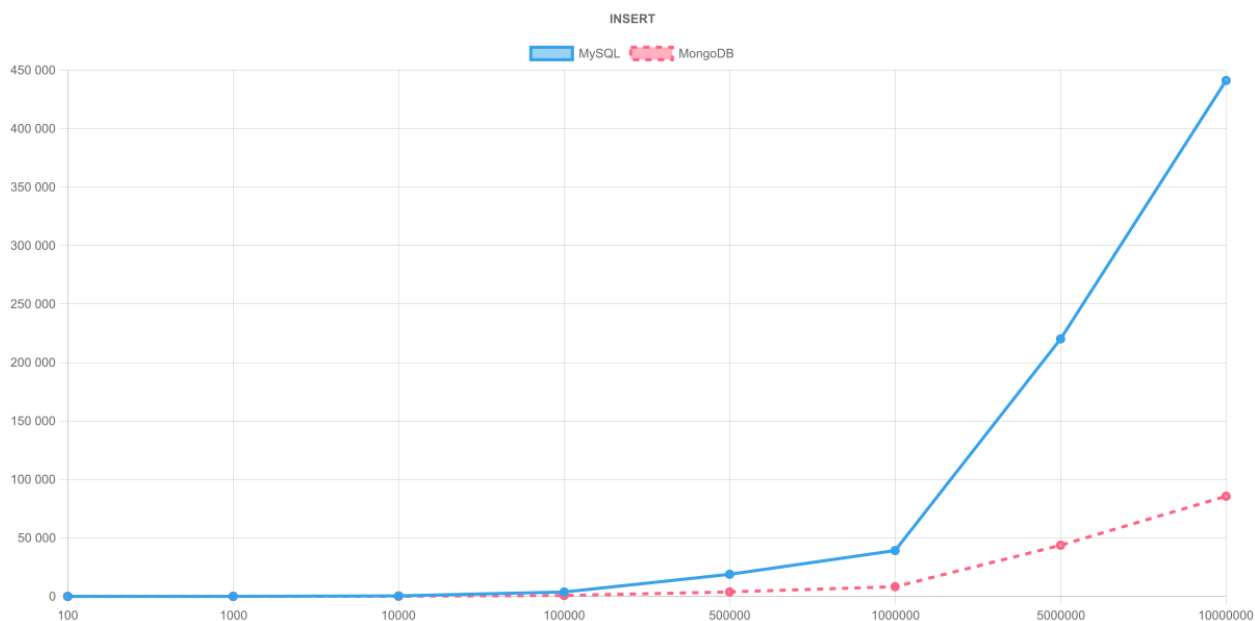


Рисунок 1 – Результаты операции INSERT

При массовой вставке данных MongoDB оказывала более высокую нагрузку на оперативную память и процессор, это связано с обработкой вложенных документов и дополнительными операциями подготовки структуры документа перед записью. MySQL использовал ресурсы более равномерно, и, как правило, не создавал высокой пиковой нагрузки на CPU, но при больших объемах также была заметна нагрузка на диск и оперативную память из-за пакетной записи и журналов.

Операции SELECT. Выборки данных продемонстрировали заметную разницу в поведении СУБД. MySQL показывала почти ровную линию на графике, так как поиск по индексированному полю оставался быстрым даже при росте объема данных (рисунок 2). В MongoDB время выборки увеличивалось с ростом объема данных. Основные причины происходящего - это структура документов, каждый пользователь содержит вложенный массив и при поиске обрабатывается весь документ, также база возвращает весь документ, а не отдельные поля, что повышает нагрузку на процессор и память.

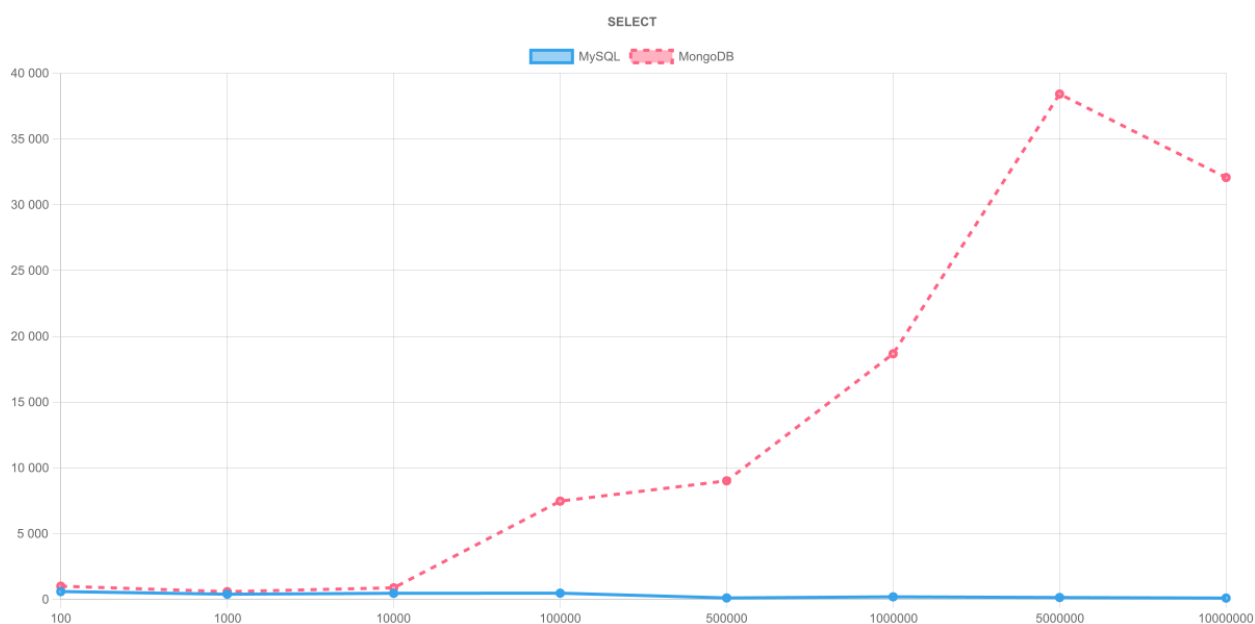


Рисунок 2 – График операции SELECT

Операции UPDATE. При операциях обновления график показывает интересную динамику: на малых и средних объемах MongoDB была быстрее, так как обновляла отдельные поля документа без пересчета индексов и связей (рисунок 3). Одна при росте объема данных MySQL опережает MongoDB. Из-за увеличения числа документов и параллельных операций MongoDB начинает потреблять больше

ресурсов, что замедляет выполнение, также вложенные массивы и объём документов заставляют перерабатывать больше данных, даже при обновлении одного поля. MySQL более стабильно использует ресурсы, даже не смотря на пересчёт индексов, увеличение объёма данных сказывается меньше, и при больших наборах данных MySQL становится более эффективной для обновлений.

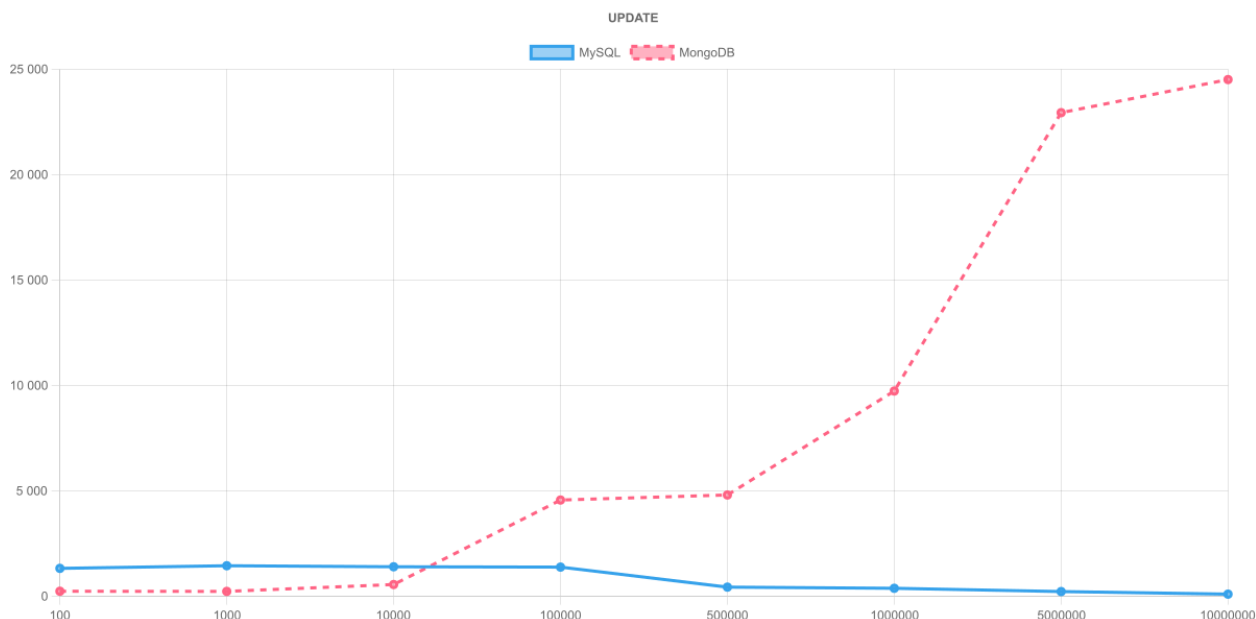


Рисунок 3 – График операции UPDATE

Операции OLAP. Для аналитических запросов наблюдается обратная тенденция: MongoDB показывает более высокую производительность при больших объёмах данных (Рисунок 4). MongoDB агрегирует данные без необходимости сканирования всех таблиц, кроме того, встроенная оптимизация работы с массивами и вложенными структурами хорошо справляется с массивами, ускоряя вычисления на средних и максимальных значениях. MySQL же требует пересчёта индексов и последовательного сканирования таблиц для агрегаций, что делает её медленнее при больших наборах данных, но потребление ресурсов при этом остаётся умеренным.

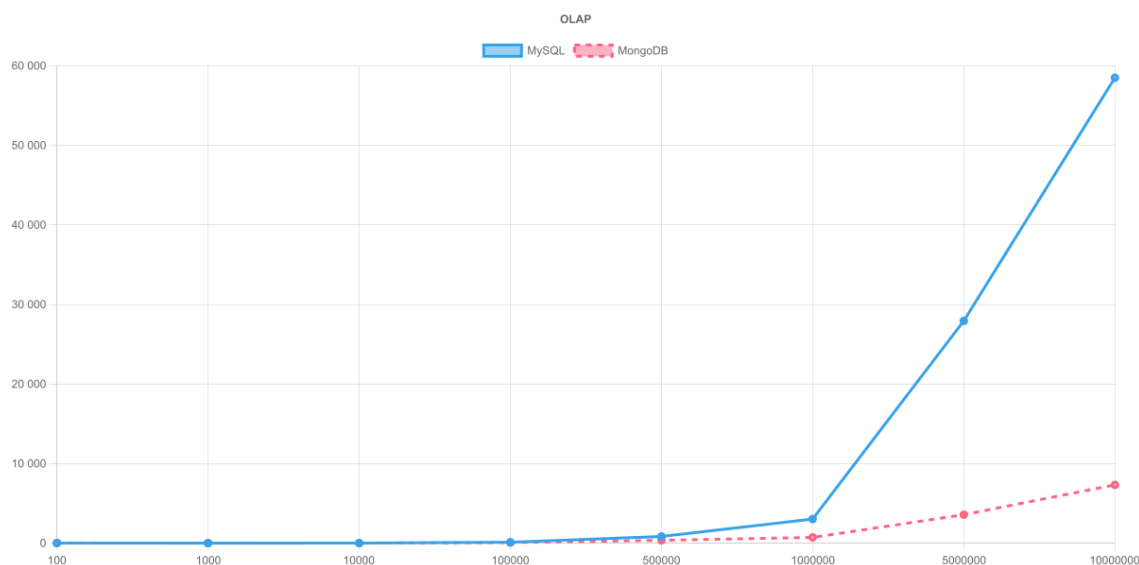


Рисунок 4 – График операции OLAP

Операции JOIN. Соединение таблиц в MySQL выполняется быстро и стабильно даже на больших объёмах: при 10 000 000 записей JOIN занимает 17 мс. MongoDB аналогичная операция требует значительно больше ресурсов CPU и памяти, а время выполнения достигает 89 634 мс (рисунок 5). Это подтверждает, что реляционная модель лучше подходит для сложных связей между таблицами.

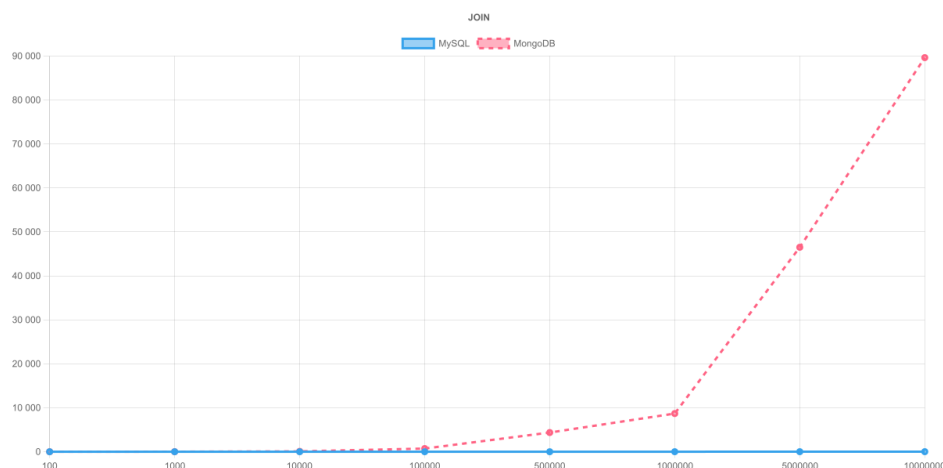


Рисунок 5 – График операции JOIN

Данные, приведенные в таблице 1, легли в основу графиков, визуализирующих масштабируемость исследуемых систем.

Таблица 1 – Результаты анализа

Операция	100	1000	10000	100000	500000	1 млн	5 млн	10 млн
MySQL_INSERT	15	47	453	3796	18914	39225	220178	441168
Mongo_INSERT	17	27	118	801	3838	8303	43755	85667
MySQL_SELECT	598	395	464	475	112	197	145	102
Mongo_SELECT	1005	590	883	7470	9015	18671	38412	32070
MySQL_UPDATE	1328	1453	1404	1388	438	383	228	105
Mongo_UPDATE	243	236	562	4569	4809	9739	22942	24512
MySQL_OLAP	2	2	11	116	843	3032	27937	58496
Mongo_OLAP	21	3	11	73	359	721	3578	7325
MySQL_JOIN	2	5	4	5	4	11	15	17
Mongo_JOIN	3	15	94	727	4369	8689	46503	89634

Заключение.

В ходе анализа показано, что MySQL эффективнее для транзакционных операций и сложных связей между таблицами, обеспечивая стабильность и быструю обработку выборок и обновлений. MongoDB превосходит при массовой вставке и аналитических запросах на больших объемах данных благодаря гибкой структуре документов и встроенным механизмам работы с массивами. Выбор СУБД должен основываться на характере нагрузки, объеме данных и требованиях к масштабируемости.

Список использованных источников:

1. *Seven Databases in Seven Weeks: A Guide to Modern Databases and the NoSQL Movement.* / Eric Redmond, Jim R. Wilson. // Pragmatic Bookshelf, 2018.
2. MySQL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mysql.com>. – Дата доступа: 24.03.2026.
3. MongoDB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mongodb.com>. – Дата доступа: 24.03.2026.

UDC 004.6

SQL AND NOSQL PERFORMANCE ANALYSIS UNDER DIFFERENT LOAD PROFILES (OLTP AND OLAP)

Ryzhenkova E.I., Tserashonak M.N.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Bakunov A.M. – Senior Lecturer, Department of IS&T

Annotation. This article provides a comparative analysis of the performance of MySQL (a relational DBMS) and MongoDB (a document-oriented DBMS). Performance was assessed using simulated workload scenarios: OLTP (transactional operations) and OLAP (analytical queries). The experiment utilized data sets ranging in size from 100 to 10 million records, executing the following operations: INSERT, SELECT, UPDATE, OLAP, and JOIN. The primary objective of the study was to identify the specific behavior of each system when scaling data and query intensity.

Keywords. SQL, NoSQL, MySQL, MongoDB, OLTP, OLAP, performance, databases, load.

УДК 681.518.5

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ВЕДЕНИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ХИМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Севастьянов К.С., студент гр.281075

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Институт информационных технологий
г. Минск, Республика Беларусь*

Матвеев А.В. – старший преподаватель кафедры ИСиТ

Аннотация. Разработан программный модуль для автоматизации ведения документации в испытательной лаборатории химических материалов на кожевенном производстве. Решение реализовано в среде 1С:ERP и охватывает полный цикл работы лаборатории: от фиксации результатов испытаний сырья и химикатов до формирования отчетности. Внедрение модуля позволило перейти от бумажных носителей к централизованной цифровой системе, что сократило время обработки данных, минимизировало ошибки ручного ввода и повысило оперативность контроля качества.

Ключевые слова. Автоматизация, цифровизация, документооборот, испытательная лаборатория, 1С:ERP, кожевенное производство, контроль качества.

В современных условиях цифровизации промышленных предприятий особую актуальность приобретает автоматизация технологических подразделений, в том числе испытательных лабораторий, выполняющих критически важные функции контроля качества. На предприятиях, лаборатории химических материалов традиционно полагались на бумажные журналы и разрозненные электронные таблицы для документирования результатов анализов. Подобный подход неизбежно порождал системные проблемы, включая высокую вероятность ошибок при ручном переносе данных, значительные временные затраты на поиск и обработку информации, задержки в подготовке отчетной документации, а также невозможность оперативного анализа накопленных данных для выявления технологических тенденций. Указанные недостатки напрямую влияли на эффективность работы лаборатории как ключевого звена в цепи обеспечения качества готовой продукции [1].

В рамках проведенного исследования и разработки была детально проанализирована предметная область испытательной лаборатории химических материалов кожевенного предприятия, выявлены ключевые бизнес-процессы и проблемные зоны, связанные с ручным ведением документации. На основе этого сформирована модель автоматизации, включающая основные объекты системы: документы (входной контроль сырья, испытания материалов, протоколы результатов), регистры накопления для хранения параметров технологических процессов и справочники (химические материалы, производители, нормативные показатели, артикулы продукции). Разработана структура программного модуля на базе платформы 1С:ERP, определены механизмы взаимодействия между объектами, реализованы формы ввода данных с автозаполнением и встроенными алгоритмами расчета показателей, а также настроены базовые бизнес-процессы проведения документов и фиксации результатов испытаний.

На этапе моделирования предметной области была сформирована целостная формализованная модель функционирования испытательной лаборатории, отражающая как текущие бизнес-процессы, так и их трансформацию в условиях цифровизации. Проведена декомпозиция процессов лабораторной деятельности, включая входной контроль сырья, проведение испытаний химических материалов (отечественных и импортных), контроль технологических процессов и анализ готовой продукции. На основе этого определены ключевые информационные потоки, участники системы и взаимосвязи между объектами учета. С применением методологии DFD смоделированы потоки данных, что позволило описать движение информации от пользователя (лаборанта) к документам, регистрам и отчетам, включая автоматическое заполнение, расчеты и формирование итоговых документов. Дополнительно с использованием UML разработаны диаграммы вариантов использования, определяющие сценарии взаимодействия пользователей с системой, а также диаграммы состояний, описывающие жизненный цикл документов и производственных партий с учетом переходов, проверок и возможных корректировок.

Результаты моделирования позволили уточнить и детализировать функциональные требования к разрабатываемому программному модулю. Были формализованы ключевые функции системы, включая автоматизированный ввод данных через АРМ, интеграцию со справочниками для автозаполнения, расчет показателей соответствия техническим условиям, динамическое управление партиями и формирование отчетности по различным параметрам. Модели выявили необходимость реализации повторно используемых механизмов (расчеты, фильтрация, печатные формы), что легло в основу архитектурных решений при проектировании модуля в 1С:ERP. На текущем этапе достигнута согласованность между бизнес-процессами и их программной реализацией, обеспечена

формализация требований для дальнейшей разработки, а также заложена основа для повышения точности учета, прослеживаемости данных и автоматизации принятия решений в лаборатории.

Функциональные возможности модуля включают:

- автоматический расчёт выходных показателей на основе введенных исходных данных и заданных формул,
- мгновенную проверку соответствия полученных результатов установленным нормативам, а также
- оперативное формирование широкого спектра отчетных форм.

Система обеспечивает консолидированное хранение всей истории лабораторных исследований, создавая тем самым надёжную основу для ретроспективного анализа, статистической обработки данных и проведения аудита.

В рамках этапа проектирования и разработки программного средства была сформирована архитектура модуля «Ведение документации испытательной лаборатории химических материалов», ориентированная на интеграцию в среду 1С:ERP Управление предприятием 2 для Беларуси. Архитектура построена по модульному принципу и включает четыре ключевых уровня:

- справочники (для хранения нормативно-справочной информации),
- документы (для фиксации и обработки данных),
- регистры сведений (для накопления и анализа параметров)
- внешние обработки (для реализации автоматизированных рабочих мест лаборантов).

Такое разделение позволило обеспечить логическую целостность системы, масштабируемость и возможность расширения без изменения типовой конфигурации. Взаимодействие компонентов реализовано через общие модули и обработчики событий, что обеспечивает автоматизацию расчетов, автозаполнение данных и интеграцию с производственными подсистемами ERP, включая обмен информацией о партиях и технологических процессах.

Разработаны алгоритмы функционирования программного средства, охватывающие полный цикл работы пользователя — от аутентификации и выбора операции до ввода данных, их обработки и формирования отчетности.

Реализованы алгоритмы заполнения документов испытаний с автоматическим подтягиванием данных из справочников и расчетом показателей по заданным формулам, алгоритмы работы АРМ лаборатории для различных производственных участков, а также алгоритмы управления партиями с динамическим обновлением и фиксацией результатов в регистрах.

Дополнительно спроектирована диаграмма развертывания (рисунок 1), отражающая физическую архитектуру системы: клиентские рабочие станции, сервер приложений 1С и сервер базы данных MS SQL Server, взаимодействующие по сети с поддержкой многопользовательского доступа и защиты данных.

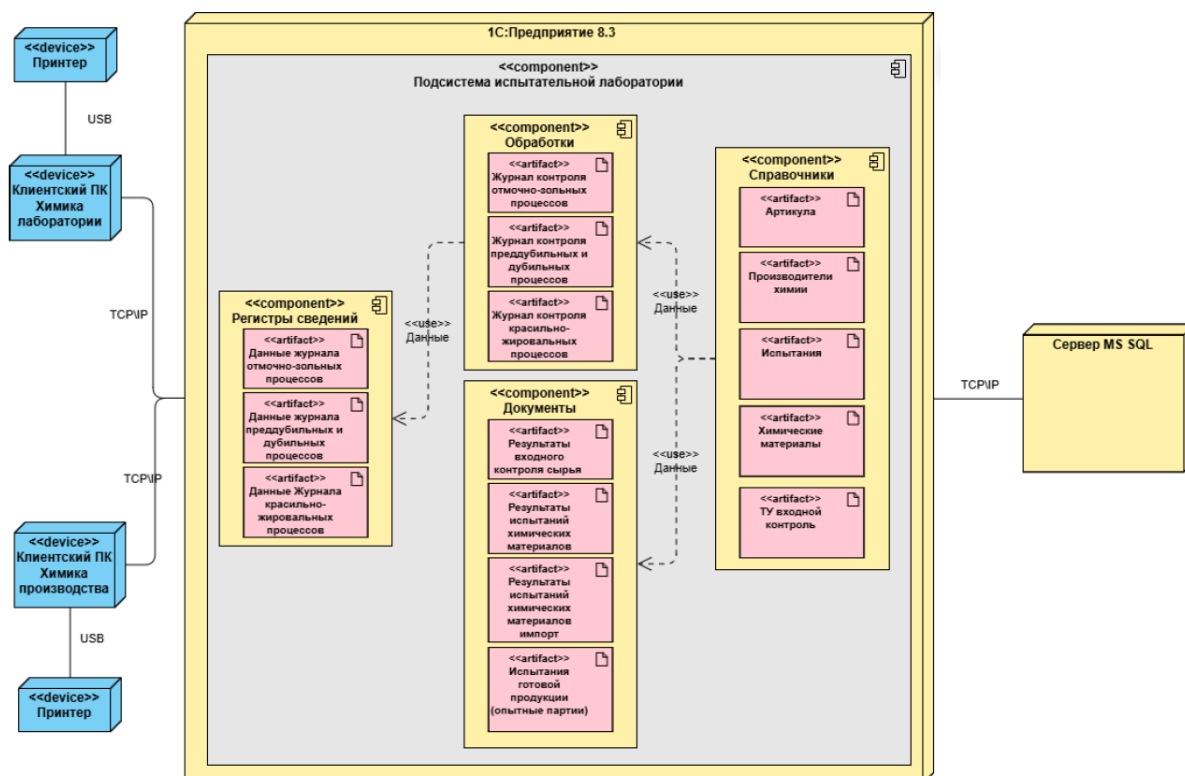


Рисунок 1 – Диаграмма развертывания

В процессе разработки пользовательского интерфейса программного средства была реализована полноценная визуальная и интерактивная среда работы специалистов испытательной лаборатории, ориентированная на упрощение и ускорение выполнения повседневных операций. Интерфейс построен на базе управляемых форм платформы 1С:Предприятие 8.3 и включает унифицированные элементы для всех типов объектов системы: справочников, документов и автоматизированных рабочих мест. При проектировании особое внимание уделялось эргономике — логичному размещению элементов, минимизации количества действий пользователя и обеспечению интуитивной навигации. В результате были разработаны формы справочников с быстрым поиском и удобным редактированием данных, формы документов с автоматическим заполнением реквизитов и встроенными механизмами расчета показателей, а также специализированные интерфейсы для работы с результатами испытаний и входным контролем сырья (рисунок 2).

Наименования	Формула	Обозначение	Единицы измерения	Вид
Итог (влага)	$((ma-mb)/m)*100$	Wa	%	Расчёт
Масса навески до сушки (влага), вторая паралл...		md	г	Ввод
Масса навески после сушки (влага), вторая пар...		mp	г	Ввод
Масса навески (влага), вторая параллель		mdp	г	Ввод
Итог (влага), вторая параллель	$((md-mp)/mdp)*100$	Wb	%	Расчёт
Итог, расчет влаги	$(Wa+Wb)/2$	W	%	Расчёт
Итог	$((V*K*T*100)/(Q*(10...$	X	%	Результат

Рисунок 2 – Форма элемента справочника «Испытания»

Применение результатов, полученных в процессе разработки программного решения позволило кардинально трансформировать работу испытательной лаборатории. Устранение бумажного документооборота и автоматизация рутинных операций по расчётам и отчётности привели к существенному снижению трудоёмкости процессов и практически полному исключению ошибок, связанных с человеческим фактором. Достигнуто значительное увеличение скорости обработки информации и принятия управленческих решений, касающихся корректировки технологических режимов. Созданная цифровая платформа не только повысила операционную эффективность самого лабораторного подразделения, но и усилила его интеграцию в общую систему управления качеством предприятия, способствуя повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Список использованных источников:

1. Пантелеев, В. Г. Основы автоматизации производства / В. Г. Пантелеев. – М. : Инфра-М, 2020. – 320 с.
2. Смирнова, Е. С. Автоматизация лабораторных процессов / Е. С. Смирнова // Линко. – 2024. – № 4. – С. 154–160

UDC 681.518.5

SOFTWARE MODULE FOR DOCUMENTATION MANAGEMENT FOR A CHEMICAL MATERIALS TESTING LABORATORY

Sevastyanov K.S.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

A.V. Matveev – Senior Lecturer

Annotation. A software module has been developed to automate documentation management in a chemical materials testing laboratory at a tannery. The solution is implemented in the 1C:ERP environment and covers the entire laboratory workflow: from recording raw material and chemical test results to generating reports. Implementation of the module enabled the transition from paper-based documentation to a centralized digital system, reducing data processing time, minimizing manual input errors, and improving the efficiency of quality control.

Keywords. Automation, digitalization, document management, testing laboratory, 1C:ERP, leather production, quality control.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ СТРУКТУРИРОВАННОГО ХРАНЕНИЯ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Скавинский К.Е. гр. 281071, Ладутько Ю.А. гр. 281073

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Горбачев Д.В. – старший преподаватель кафедры ИСиТ

Аннотация. В статье представлены результаты разработки программного средства, предназначенного для внедрения электронного учебно-методического комплекса в учебный процесс УО «Минский механико-технологический колледж». Система обеспечивает структурированное хранение и обработку учебной документации, автоматизацию поиска необходимой документации.

Ключевые слова: программное средство; цифровизация образования; система управления учебным процессом; электронный документооборот; учебно-методический комплекс.

Введение. Учебно-методический комплекс (УМК) – это взаимосвязанная совокупность учебной документации, в состав которой входят нормативные, теоретические, практические и проверочно-контрольные материалы.

В данной статье описано, почему УМК необходимо хранить и обрабатывать в электронном формате.

Основная часть. Учебно-методический комплекс по каждой учебной дисциплине или учебному предмету состоит из 4 основных разделов:

1. Вспомогательный раздел, в состав которого входит календарно-тематическое планирование дисциплины и учебная программа.

2. Теоретический раздел, который должен включать теоретический материал на каждое учебное занятие, согласно календарно-тематическому планированию.

3. Практический раздел содержит все лабораторные и практические работы, количество которых определено в учебном плане.

4. Раздел контроля знаний располагает заданиями для оценивая, варианты обязательной контрольной работы, вопросы к экзамену или зачёту.

Весь этот учебный материал занимает большое количество бумажных ресурсов и увеличивает износ печатных устройств. В среднем, полный комплекс УМК занимает 300 страниц А4 только по одному учебному предмету.

Программное средство для структурированного хранения учебно-методического комплекса позволит хранить все учебно-методические материалы, методические пособия, литературу, отчёты студентов в упорядоченном режиме, с прямым доступом к ним. Также, с помощью данного программного средства преподаватель сможет связываться с учащимися, проверять их работы и давать обратную связь.

Архитектура разработанного продукта (Рисунок 1) реализована по клиент-серверной модели. Клиентская часть представляет собой многостраничное веб-приложение), разработанное на языке программирования Python [1], с помощью фреймворка FastAPI [2]. Серверная часть обеспечивает взаимодействие с базой данных, расположенной на сервере УО «Минский механико-технологический колледж». Обмен данными между клиентом и сервером, осуществляется в формате JSON.

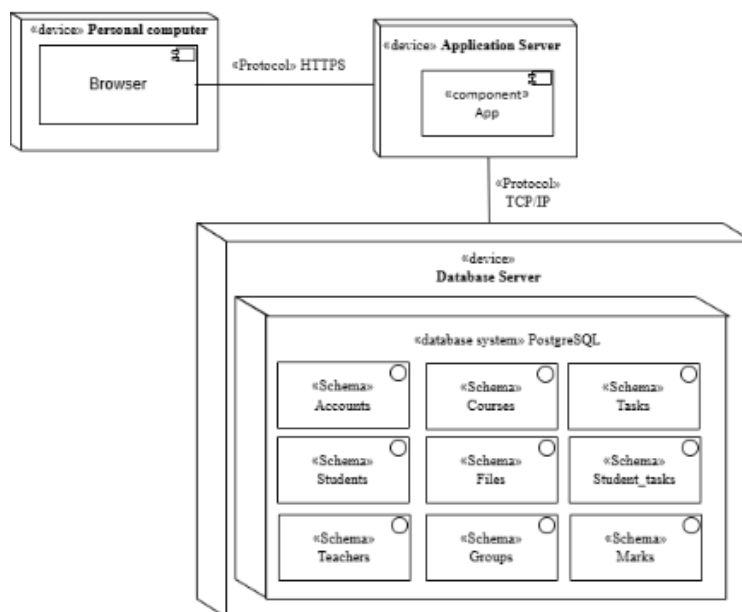


Рисунок 1 – Архитектура программного средства

Основными задачами разрабатываемого программного средства являются:

- загрузка в систему оцифрованных учебно-методических материалов, инструкционно-технологических карт;
- структурированное хранения комплекса УМК и обеспечение перехода между документацией;
- выполнение студентами лабораторно-практических работ, с последующей отправкой на проверку преподавателям;
- проверка преподавателями отчётов студентов по выполнению лабораторно-практических работ;
- проведение тестирования учащихся;
- формирование и вывод на печать отчётов об успеваемости студентов по конкретному курсу или по учебной группе.

Блок-схема алгоритма добавления задания представлена на рисунке 2.

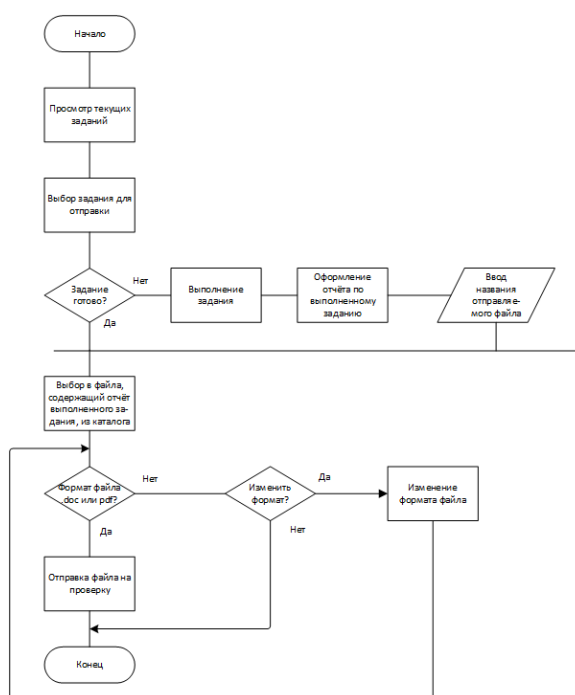


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма добавления задания

Входной информацией будут являться:

- логин и пароль, которые пользователям выдаёт системный администратор, необходимые для авторизации в информационную систему;
- персональные данные для заполнения личного кабинета (фамилия, имя отчество, дата рождения, адрес электронной почты);
- прикрепляемые файлы отчётов;
- учебно-методических документы, отчётные документы, инструкции по выполнению лабораторных и практических работ;
- оценки за присланные работы.

В качестве выходной информации будут выступать отчётные ведомости об успеваемости студентов, о количестве сданных работ и т.д., которые возможно экспортировать в формате xml.

Процесс работы с программным обеспечением включает такие сценарии использования, как авторизация (для определения уровня доступа: преподаватель или студент), просмотр и выбор доступных курсов, выполнение и отправка заданий; добавление и проверка заданий студентов, формирование учебных ведомостей.

Для авторизации (Рисунок 3) студент или преподаватель вводят логин и пароль, который им выдаёт системный администратор. Данные можно изменить в личном кабинете.

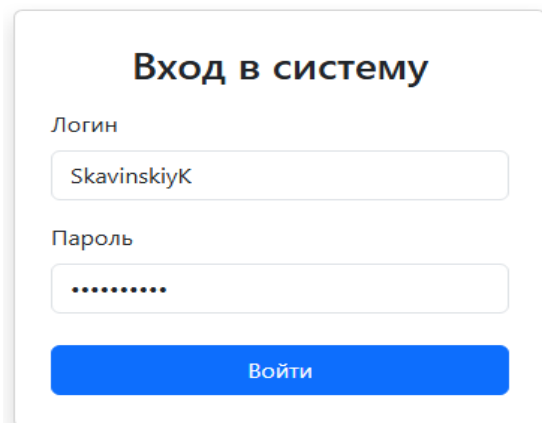


Рисунок 3 – Авторизация в систему

После успешной авторизации определяются права доступа пользователя. При авторизации с уровнем доступа «преподаватель», пользователь может добавлять и просматривать учебно-методический материал, добавлять задания для студентов, выбирая курс, добавляя описание задания и прикрепляя самого файла, также преподаватель проверяет присланные на проверку задания студентов, выставляет оценки и формирует ведомости. Страница, которая содержит учебно-методический комплекс (рис. 4).

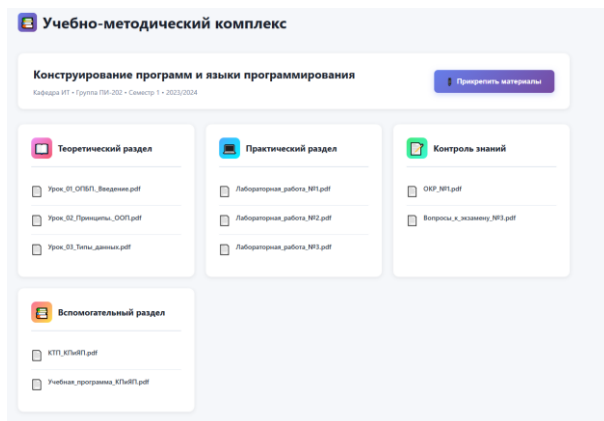


Рисунок 4 – Страница УМК

При авторизации преподавателя, отображаются дисциплины, которые преподаёт авторизованный преподаватель (Рисунок 5).

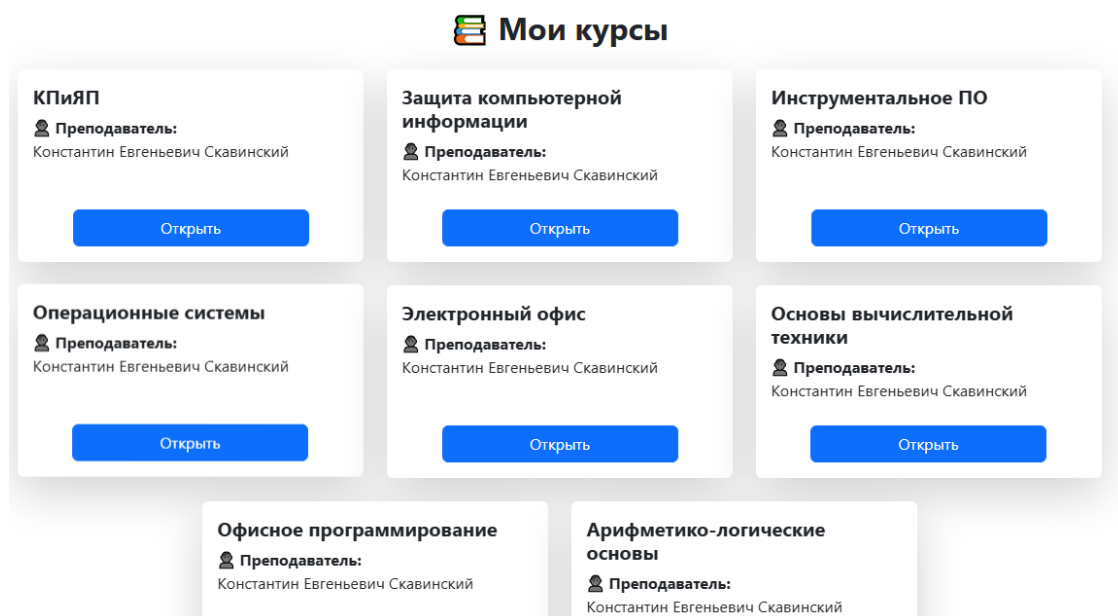


Рисунок 5 Доступные курсы пользователя

При переходе в выбранный курс, преподаватель имеет возможность проверить присланные ему задания студентов, добавить новое задание и сформировать учебную ведомость по текущей дисциплине. Для создания страницы, преподаватель нажимает на кнопку «Создать задание», после чего открывается окно «Создание задания», где преподаватель указывает название и прикрепляет файл.

Окно «Создать задание» представлено на рисунке 6.

The image shows a form titled "Создание задания" (Create Assignment). It has two input fields: "Название задания" (Assignment Name) with the text "Лабораторная работа 1" and "Файл задания" (Assignment File) with the text "КПиЯП ЛР1.docx". Below these fields is a large blue button labeled "Создать" (Create).

Рисунок 6– Окно для создания задания

После успешного добавления задания, оно появляется на странице курса (Рисунок 6).

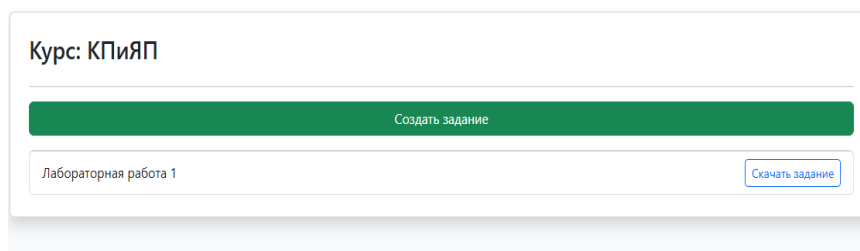


Рисунок 6 – Окно для создания задания

При авторизации с уровнем доступа «студент», пользователь просматривают доступные задания, выполняют выданные работы выполняют их и отправляет на проверку преподавателю. Для сдачи задания на проверку, пользователь отправляет выбранный файл и нажимает на кнопку «Отправить на проверку».

При необходимости, можно сформировать и экспортировать различные учебные ведомости, такие как: ведомость успеваемости группы по всем предметам, ведомость успеваемости по определённой дисциплине, ведомость успеваемости конкретного студента.

В результате проведенной работы было создано специализированное программное средство, которое решает задачу цифровизации учебного процесса в колледже. Его ключевым отличием от типовых решений является внутренняя ориентация на структуру учебного заведения, учитывая его особенности. Также благодаря разработанному программному средству, личные данные и рабочая информация не передаётся сторонней компании, как в случае использования существующего решения. Система не только автоматизирует документооборот и управление заданиями, но и за счет гибких настроек, адаптивного интерфейса и инструментов индивидуализации способствует созданию равных условий для успешного обучения всех студентов, включая тех, кто имеет особые образовательные потребности. Дальнейшее развитие системы планируется в направлении интеграции с электронными журналами и более глубокой автоматизации формирования индивидуальных образовательных траекторий.

Разработанное программное средство используется в тестовом режиме (двумя группами обучающихся), в первом и втором учебном корпусе УО «Минский механико-технологический колледж». Сервер находится в первом учебном корпусе, по адресу город Минск, улица Казинца 8.

Список использованных источников:

1. Ecommpay – SDK для Python [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://developers.ecommpay.com/ru/ru_sdk_python.html. Дата доступа: 29.03.2026.
2. PostgreSQL – Документация [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.postgresql.org/docs/>. Дата доступа: 29.03.2026.
3. А. Г. Буймистров Некоторые особенности разработки дистанционного образовательного курса для слушателей переподготовки / [и др.] // Современные информационные технологии в образовании : материалы XXXI конференции, Троицк-Москва, 2-3 июля 2020 г. / Фонд новых технологий в образовании «БАЙТИК». – Троицк-Москва, 2020. – С. 150–152.

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

SOFTWARE TOOL FOR STRUCTURED STORAGE OF EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL COMPLEX

Skavinsky K. E., Ladutko Y.A.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Gorbachev D. V. – Senior Lecturer

Annotation. This work presents the results of the development of a software tool designed to enhance the educational and methodological framework for the educational process at the Minsk College of Mechanics and Technology. The system ensures the structured presentation and preparation of educational documentation, as well as the

Keywords: software; digitalization of education; educational process management system; electronic document management; educational and methodological complex.

УДК 004.42

МОБИЛЬНОЕ ИГРОВОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ОБЪЁМНАЯ БАШНЯ» НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ UNITY

Спаустинайтис М.И., студент гр.281078

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Шпак И.И. - кандидат технических наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. В статье приведены результаты, полученные в процессе разработки мобильного игрового приложения «Объёмная башня» на игровом движке Unity для ОС Android. Приложение реализует механику построения трёхмерной башни из блоков с использованием физической симуляции, а также систему подсчёта очков и фиксации рекорда. Для идентификации пользователей и подготовки проекта к расширению функциональности реализована авторизация на базе Firebase Authentication по методу Email/Password. Рекорд в текущей версии сохраняется локально средствами Unity PlayerPrefs. Рассмотрены пользовательские сценарии регистрации, входа и выхода из аккаунта, а также обработка типовых ошибок ввода и сетевых сбоев. Обозначены направления дальнейшего развития: синхронизация результатов между устройствами и таблица лидеров.

Ключевые слова. Unity, ОС Android, мобильная игра, игровой процесс, PlayerPrefs, Firebase, Firebase Authentication, Email/Password, авторизация, пользовательский интерфейс.

Современная индустрия мобильных игр является одной из наиболее динамично развивающихся областей цифровых технологий. По оценкам аналитических агентств, рынок мобильных игр стабильно растёт на 7–10 % в год, а доходы от него превышают суммарные доходы от консольных и компьютерных игр. Мобильные устройства стали основной платформой для развлечений миллионов пользователей по всему миру, что создаёт высокий спрос на новые, качественные и инновационные игровые продукты.

Особое место в структуре рынка занимают казуальные игры — простые по механике, но увлекательные проекты, не требующие длительного обучения или сложного управления. Ключевые особенности казуальных игр — короткие игровые сессии, понятный интерфейс и минимальные барьеры для начала игры. Такие проекты ориентированы на максимально широкую аудиторию и часто становятся вирусными.

Одним из популярных поджанров казуальных игр являются игры, основанные на механике построения башни. Суть их заключается в том, чтобы путём точного позиционирования блоков или других элементов возвести как можно более высокую конструкцию. Несмотря на простоту концепции, такие игры обладают высокой степенью вовлечённости и вызывают азарт у пользователей, стремящихся побить собственный рекорд или рекорды других игроков.

Разрабатываемый в рамках данного проекта продукт — мобильное игровое приложение «Объёмная башня» — относится именно к этому жанру. Основная идея заключается в последовательном размещении движущихся блоков друг на друга с целью построения максимально высокой башни. В отличие от большинства аналогов, проект ориентирован на использование трёхмерной графики, облачного хранения данных и интеграции пользовательских профилей, что делает его более современным и функциональным.

Игровое приложение создаётся для платформы Android, что обусловлено её доминированием на рынке мобильных устройств (более 70% мирового рынка). Разработка ведётся на движке Unity [1], который является одним из наиболее популярных инструментов для создания мобильных игр благодаря своей кроссплатформенности, широким возможностям 3D-графики и поддержке множества плагинов и сервисов.

В качестве облачного сервиса для хранения пользовательских данных выбран Firebase [2] — мощная платформа от компании Google, обеспечивающая удобную работу с аутентификацией, базами данных, аналитикой и уведомлениями. Благодаря этому игроки смогут сохранять свой прогресс, использовать личные аккаунты и продолжать игру с любого устройства.

Таким образом, предметная область разрабатываемого проекта — это сегмент мобильных казуальных игр с элементами 3D-графики, направленных на массовую аудиторию пользователей Android-устройств [3]. Решаемая задача заключается в создании увлекательного, технологически современного и социально ориентированного игрового продукта с возможностью облачного хранения данных.

Перед началом разработки были рассмотрены приложения и игры, тематически связанные с построением башни. Одним из аналогов выступает Idle Tower Builder: Miner City — мобильная игра, в которой развитие строится вокруг создания этажей/построек и управления экономикой в жанре

idle/tycoon. В подобных продуктах основная мотивация основана на улучшениях, «добыче ресурсов», автоматизации и накопительном прогрессе, а взаимодействие пользователя с объектами чаще всего не требует точного позиционирования в физическом пространстве.

Вторую группу аналогов составляют игры формата “tower builder”, где пользователь последовательно добавляет элементы, стремясь увеличить высоту конструкции и набрать максимальный результат. Для таких решений характерны: короткий цикл, простая модель управления, наличие численного результата, который удобно сравнивать (очки/высота/рекорд). Анализ показал, что для удержания пользователя важно сочетание двух факторов: (1) понятной механики «одно действие — один шаг прогресса» и (2) наличия метрики, сохраняемой между сессиями (рекорд).

С учётом анализа была выбрана концепция игры «Объёмная башня», в которой ключевой элемент сложности формируется физической устойчивостью, а мотивация поддерживается системой очков и сохранением рекорда. Дополнительно внедрение авторизации рассматривается как подготовка проекта к возможному развитию: облачная синхронизация рекорда, рейтинги и т.п.

Функциональные требования к игре:
построение башни из блоков в 3D-пространстве;
использование физической симуляции Unity (гравитация, столкновения) для формирования сложности;
подсчёт очков в ходе игровой сессии;
завершение сессии при потере устойчивости/разрушении; отображение текущих очков и рекорда; возможность перезапуска сессии.

Функциональные требования к авторизации: регистрация пользователя по Email/Password; вход пользователя по Email/Password; выход из аккаунта; обработка ошибок и информирование пользователя (неверные данные, сетевые сбои).

Нефункциональные требования: простота интерфейса и минимальное число действий до старта игры; устойчивость к нестабильной сети; расширяемость архитектуры (под будущую синхронизацию рекордов).

Игровой процесс состоит из повторяющихся шагов: пользователь размещает очередной блок, башня взаимодействует с физическим миром, после чего игрок продолжает строительство. Успешным действием считается размещение, не приводящее к разрушению/срыву конструкции. При каждом успешном шаге увеличивается счёт. Такой подход обеспечивает линейную, хорошо объяснимую связь между действиями игрока и результатом.

Алгоритм подсчёта очков можно описать следующим образом:

старт игровой сессии: счёт = 0;

успешное размещение блока → счёт увеличивается на фиксированное значение или по заданной формуле; наступление условия поражения → фиксация результата; сравнение результата с рекордом и обновление рекорда при необходимости.

Условие поражения задаётся через контроль состояния башни (например, падение ключевого элемента ниже порога высоты, значительное разрушение конструкции или другое событие, определённое в логике проекта). При наступлении условия поражения игра переходит на экран результата, где отображаются итоговые очки и рекорд.

Приложение реализовано на Unity под Android [4]. Основные компоненты проекта:

GameController: управление состояниями (меню/игра/поражение), запуск/рестарт, связь с UI.

BlockSpawner / PlacementController: создание и размещение блоков.

ScoreSystem: подсчёт очков, обновление UI, фиксация рекорда.

FailDetector: проверка условий поражения.

AuthController: сценарии регистрации/входа/выхода и управление экраном авторизации.

Подобное разделение повышает читаемость кода и позволяет менять отдельные подсистемы (например, способ хранения рекорда) без переработки всей игры.

Интерфейс приложения включает: экран авторизации (регистрация/вход), главное меню (кнопка старта и отображение рекорда), игровой экран (текущие очки), экран завершения (итог и кнопка повтора). Такой UI соответствует мобильным сценариям использования и снижает количество действий до начала игры.

Для формализации взаимодействия построена диаграмма вариантов использования, представленная на рисунке 1.



Рисунок 1 — Диаграмма вариантов использования приложения «Объёмная башня».

В проекте используется Firebase Authentication, который предоставляет готовые механизмы регистрации и входа по Email/Password в Unity-приложениях. Реализованы следующие сценарии:

- регистрация (создание пользователя по email и паролю);
- вход (аутентификация пользователя по email и паролю);
- выход (завершение сессии и возврат на экран авторизации).

Для повышения качества пользовательского опыта выполнена валидация данных: проверка заполненности полей, базовая проверка корректности email, блокировка повторной отправки запроса при ожидании ответа, вывод сообщений об ошибках. Типовые ошибки (неверный пароль, некорректный email, занятый email, отсутствие сети) обрабатываются через вывод понятного результата пользователю и возможность повторить действие. На рисунке 2 представлена диаграмма последовательности.

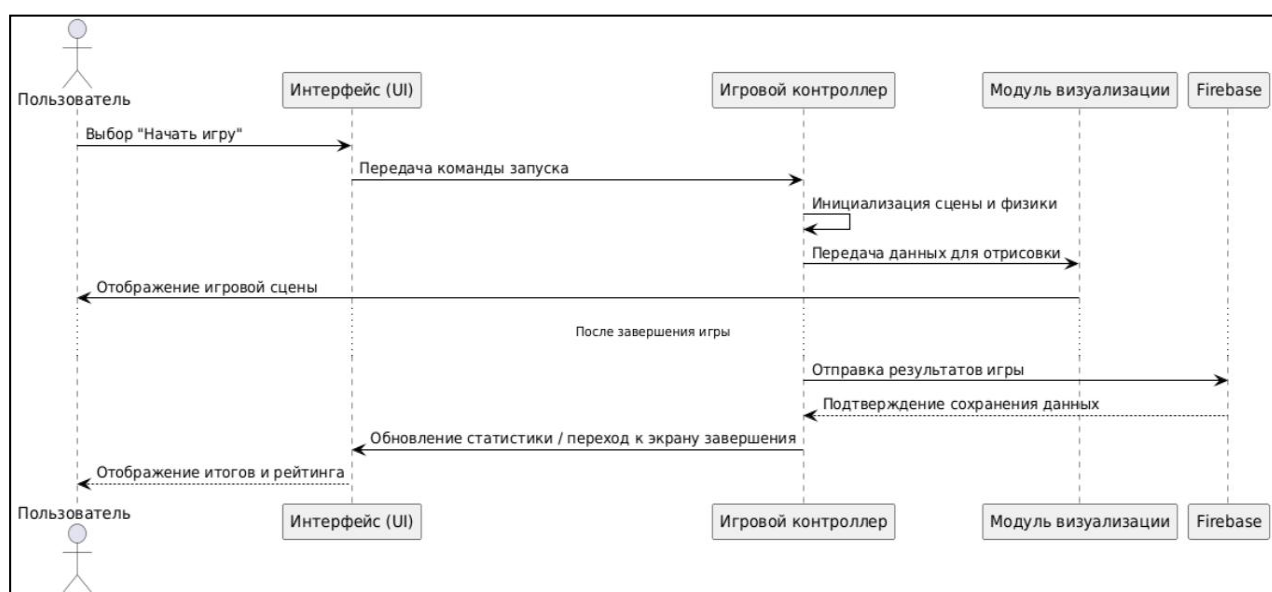


Рисунок 2 — Диаграмма последовательности приложения «Объёмная башня».

Важно отметить, что в разработанном приложении рекорд хранится локально, однако наличие авторизации формирует «задел» для следующего этапа — переноса рекорда в облако и привязки к аккаунту, что даст переносимость между устройствами.

В текущей версии рекорд сохраняется в PlayerPrefs — стандартном механизме Unity для хранения простых данных (например, чисел и строк). На Android PlayerPrefs использует системный механизм хранения (SharedPreferences), что обеспечивает сохранение значений между запусками приложения на одном устройстве. Алгоритм хранения рекорда: при завершении игры сравнивается текущий счёт и сохранённый рекорд; если текущий счёт больше — обновляется значение рекорда в PlayerPrefs; выполняется сохранение, чтобы минимизировать риск потери данных при закрытии приложения.

Ограничение данного подхода состоит в том, что рекорд хранится только локально и не синхронизируется между разными устройствами. Также при удалении приложения пользователь теряет локальные данные. В перспективе эти ограничения планируется устранить переносом рекорда в облачное хранилище и привязкой к идентификатору пользователя (при наличии авторизации).

Тестирование проводилось на Android-устройстве и включало:

регистрация нового пользователя и последующий вход;

вход с неверным паролем/некорректным email и проверка сообщений об ошибках;

выход из аккаунта и повторный вход;

игровой цикл: старт → набор очков → поражение → обновление рекорда → повтор;

проверка сохранения рекорда после перезапуска приложения (корректность PlayerPrefs).

В ходе тестирования подтверждена работоспособность основного пользовательского маршрута и корректность сохранения лучшего результата между сессиями на одном устройстве.

В результате выполненной работы разработано мобильное игровое приложение «Объёмная башня» на платформе Unity для Android, реализующее физически обусловленную механику построения 3D-башни и систему подсчёта очков. В текущей версии реализовано локальное сохранение рекорда в PlayerPrefs, что обеспечивает восстановление лучшего результата при повторных запусках на одном устройстве. Для идентификации пользователей внедрена авторизация Firebase Authentication по схеме Email/Password, реализованы сценарии регистрации/входа/выхода и обработка типовых ошибок. Перспективы развития проекта включают перенос рекорда в облачное хранилище с привязкой к аккаунту, создание таблицы лидеров и расширение игровых режимов, что позволит усилить соревновательный и мотивационный компонент.

Список использованных источников:

1. Unity Technologies. Unity User Manual. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html?ref=toptrafficsites/>. Дата обращения: 13.12.2025.
2. Firebase Documentation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://firebase.google.com/docs?hl=ru> Дата обращения: 13.12.2025.
3. Android Developers Documentation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.android.com/develop?authuser=0&hl=ru&skip_cache=true&hl=ru&skip_cache=true Дата обращения: 13.12.2025.
4. Mobile Game Development with Unity. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://secretlab.games/books/unity>. Дата обращения: 13.12.2025.

UDC 004.42

THE MOBILE GAME APPLICATION "VOLUMETRIC TOWER" BASED ON UNITY PLATFORMS

Spaustsinaitis M. I.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Shpak Ivan Ilyich – PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The article presents the results obtained during the development of the mobile game application "Volumetric Tower" on the Unity game engine for Android OS. The application implements the mechanics of building a three-dimensional tower of blocks using physical simulation, as well as a scoring and record-setting system. To identify users and prepare the project for the expansion of functionality, authorization based on Firebase Authentication using the Email/Password method has been implemented. The record in the current version is saved locally using Unity PlayerPrefs. User scenarios for registration, login, and account logout are considered, as well as the handling of typical input errors and network failures. The directions of further development are outlined: synchronization of results between devices and the leaderboard.

Keywords. Unity, Android OS, mobile game, Gameplay, PlayerPrefs, Firebase, Firebase Authentication, Email/Password, Authorization, User interface.

УДК 004.9:37

АНАЛИЗ РЫНКА ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ

Стельмак К.Д. студентка гр.381570, Анацко Д.Д. студентка гр.381570

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Парамонов А.И. – канд. техн. наук, заведующий кафедрой ИСиТ

Аннотация. В статье анализируются цифровые платформы для организации адаптивного обучения, включая Moodle, Smart Sparrow, Coursera и Knewton. Рассмотрены ключевые особенности адаптивных систем: персонализированные траектории, обратная связь в реальном времени и аналитика на основе данных. Описаны механизмы адаптации (разработанная и алгоритмическая), области применения, а также технические, педагогические и системные барьеры внедрения таких платформ.

Ключевые слова. адаптивное обучение, цифровые платформы, персонализация образования, интеллектуальные системы обучения, образовательная аналитика, искусственный интеллект.

Введение. Цифровая платформа рассматривается как система средств, поддерживающая использование цифровых процессов, ресурсов и сервисов значительным количеством субъектов цифровой экосистемы и обеспечивающая возможность их бесшовного взаимодействия [1]. Также существует такое определение: Цифровая платформа – система алгоритмизированных взаимовыгодных отношений (в том числе коммуникационных связей в электронной форме) значимого количества независимых участников отрасли экономики (или иной сферы деятельности), осуществляемых в единой информационной среде, приводящая к снижению транзакционных издержек за счет использования при работе с данными информационно-телекоммуникационных и цифровых технологий, а также комплексного применения совокупности средств вычислительной техники (в том числе в виде соответствующих программных комплексов) [2].

В общем случае, перед цифровыми образовательными платформами стоят задачи повышения доступности и гибкости образования, автоматизации учебного процесса.

В качестве примера, ниже будут перечислены некоторые цифровые платформы, их комплексная задача и сервисы, предоставляемые этими платформами.

Основная часть. Платформа Moodle ставит своей задачей управление учебным процессом в университетах и школах. Moodle поддерживает размещение курсов, создание тестов, отслеживание успеваемости, форумы для взаимодействия преподавателей и студентов.

Smart Sparrow нацелена на адаптивное обучение. В этой платформе присутствует интеграция с LMS, рекомендательные алгоритмы материалов и алгоритмы анализа действий студента.

Coursera – средство массового онлайн-обучения и повышения квалификации. Аккумулирует в себе видеолекции, курсы от университетов и компаний, а также возможности проверки заданий и сертификации.

Skillbox ставит своей целью профессиональное обучение. Платформа предоставляет онлайн-курсы с наставником, практические проекты, карьерную поддержку, вебинары и мастер-классы.

Платформы адаптивного обучения (Adaptive Learning Systems, ALS) разработаны для персонализации процесса обучения путем динамической адаптации к потребностям отдельных учащихся. Рассмотрим основные ключевые особенности таких систем обучения:

- персонализированные учебные траектории: система подбирает последовательность контента и заданий в соответствии с сильными и слабыми сторонами, а также предпочтениями в обучении каждого учащегося;

- гибкие траектории обучения позволяют учащимся изучать темы в разном порядке или возвращаться к контенту по мере необходимости, способствуя освоению материала и его запоминанию;

- оценка и обратная связь в режиме реального времени: система постоянно оценивает успеваемость учащихся с помощью тестов, упражнений и интерактивных заданий, предоставляя немедленную обратную связь для улучшения результатов;

- адаптивная подача контента: платформа корректирует уровень сложности, темы и типы контента (видео, тексты, упражнения) в зависимости от прогресса и вовлеченности учащихся;

- мониторинг вовлеченности: система отслеживает уровень вовлеченности для выявления учащихся, которым может потребоваться дополнительная поддержка или мотивация;

- аналитика на основе данных: платформа собирает и анализирует данные о взаимодействии учащихся, их прогрессе и освоении материала, чтобы информировать как учащихся, так и преподавателей о тенденциях успеваемости;

- учет стилей обучения: система распознает и адаптируется к различным стилям и темпам обучения, обеспечивая более эффективный процесс обучения;
- повторное использование и персонализация контента позволяет преподавателям создавать, изменять и повторно использовать контент, адаптированный для разных учащихся или групп;
- интеграция с системами управления обучением (LMS) позволяет упрощать управление и развертывание;
- масштабируемость: поддержка большого количества учащихся одновременно, что делает такие системы подходящими для индивидуального, группового или институционального использования.

ALS реализуются посредством сочетания передовых технологий и стратегий проектирования учебных материалов, которые адаптируют образовательный процесс к индивидуальным потребностям учащихся. Реализация обычно включает интеграцию систем управления образовательным контентом, анализа данных, моделей машинного обучения и проектирования пользовательского интерфейса для создания адаптивной, ориентированной на обучающихся среды. Ключевые компоненты реализации ALS включают:

- сбор данных о взаимодействии учащихся с платформой;
- использование алгоритмов машинного обучения для анализа собранных данных с целью определения текущего уровня подготовки учащегося и прогнозирования будущих потребностей в обучении;
- интуитивно понятный пользовательский интерфейс для удобной навигации и взаимодействия;
- внутренняя инфраструктура: надежные серверы, базы данных и API;
- система управления контентом (CMS): модульный контент, который легко адаптируется и обновляется в соответствии с потребностями обучающихся.

Образовательные технологии могут адаптировать учебный процесс для каждого отдельного студента на основе любой комбинации факторов.

Известные на сегодня примеры успешных платформ адаптивного обучения – это Smart Sparrow, Knewton, Realizeit, CogBooks, DreamBox.

Smart Sparrow [3] – платформа адаптивного e-learning, разработанная в Университете Нового Южного Уэльса, предназначенная для создания адаптивных персонализированных учебных сценариев и электронных курсов. Smart Sparrow позволяет преподавателям создавать адаптивные курсы, которые подстраиваются под индивидуальные потребности каждого учащегося. Платформа использует алгоритмы ИИ для анализа результатов учащихся и корректировки учебного процесса в реальном времени [4, 5].

На своем сайте они дают такое определение адаптивному обучению: «Адаптивное обучение – или адаптивное преподавание – это предоставление индивидуально разработанных учебных материалов, учитывающих уникальные потребности человека, посредством оперативной обратной связи, путей обучения и ресурсов (вместо предоставления универсального учебного опыта)».

Smart Sparrow предполагают, что каждый ученик уникален – каждый учится в своем темпе и обладает разным уровнем знаний, следовательно, разработанный образовательный путь также должен быть уникальным. Студенты получают уникальную обратную связь по мере обучения, а также персонализированный путь обучения, который изменяет путь каждого студента по уроку [5].

Платформа позволяет импортировать симуляции и компоненты, создавать интерактивные образовательные материалы (включая изображения, видео и другие мультимедийные компоненты) и учебные задания, которые требуют от учащихся исследования, размышления и практики. Использование интерактивных элементов позволяет повысить вовлечённость обучающихся и способствует более эффективному усвоению учебного материала. Присутствует обширная библиотека интерактивных компонентов, легковесная библиотека API управления и возможность добавления пользовательских плагинов. Кроме того, платформа обеспечивает предоставление индивидуализированной обратной связи обучающимся в процессе выполнения заданий. Можно создавать адаптивную обратную связь на основе различных факторов, таких как: ответ, время, проведенное за экраном, или количество попыток ответить на вопросы. Обратная связь может предоставляться в различных формах, например, в виде подсказки, видео, графика или дополнительных материалов. Разные виды обратной связи могут быть поэтапно организованы и скомбинированы, что способствует более глубокому пониманию изучаемого материала и повышению эффективности обучения.

Благодаря аналитике обучения преподаватели могут узнать, как успевают студенты, где у них возникают трудности или, наоборот, они преуспевают, есть ли риск неуспеваемости у студента. Такой подход позволяет преподавателям вмешиваться до того, как станет слишком поздно, оценивать эффективность своих методов обучения и обновлять или адаптировать контент, чтобы помочь студентам достичь наилучших результатов.

Knewton – это компания в сфере образовательных технологий, занимающаяся разработкой платформ адаптивного обучения, предназначенных для персонализации образовательного контента. Компания также создаёт учебные материалы для высшего образования, преимущественно в областях естественных наук, технологий, инженерии и математики. Knewton Alta [6] – адаптивная

образовательная платформа, разработанная компанией Wiley, предназначенная для персонализированного обучения студентов и повышения эффективности учебного процесса. Knewton Alta обеспечивает персонализированное обучение, выходящее за рамки традиционных домашних заданий. Платформа сочетает практику с индивидуализированным обучением, предоставляя подробные объяснения ответов, интегрированные инструкции в режиме реального времени и восполнение пробелов в знаниях на основе успеваемости учащегося.

Технология адаптивного обучения Knewton Alta непрерывно диагностирует уровень знаний студентов и адаптируется к нему при каждом взаимодействии. Платформа отслеживает усвоение материала в режиме реального времени, выявляет пробелы в знаниях и предоставляет необходимый учебный контент именно в тот момент, когда он требуется [6]. Система персонализирует обучение на основе результатов учащихся, обеспечивая каждому студенту индивидуальный путь к достижению мастерства. Такой подход позволяет учитывать особенности каждого обучающегося и создавать уникальную образовательную траекторию. Одной из ключевых возможностей платформы является предоставление мгновенной и подробной обратной связи. Независимо от правильности ответа, учащиеся получают объяснения, адаптированные к конкретному вопросу, что способствует закреплению ключевых понятий и устранению пробелов в знаниях. Весь учебный контент Knewton Alta (включая тексты, видеоматериалы, примеры и задания) организован по целям обучения и интегрирован в адаптивный процесс. Материалы предоставляются именно тогда, когда они необходимы студенту, что повышает эффективность усвоения знаний.

Платформа также поддерживает механизм «динамической коррекции», при котором система адаптируется к уровню знаний обучающегося. В случае возникновения трудностей она возвращает студента к необходимым ранее изученным понятиям и предоставляет своевременную помощь. Knewton Alta включает мощные аналитические инструменты для преподавателей. Панели мониторинга позволяют анализировать успеваемость студентов, выявлять закономерности обучения, отслеживать готовность к экзаменам и определять учащихся из группы риска для своевременного вмешательства [6]. Кроме того, платформа обеспечивает доступность обучения за счет гибкой ценовой политики и стремится предоставить равные возможности для всех обучающихся, соответствуя современным стандартам доступности.

Анализ проблемы организации адаптивного обучения.

Существует множество способов анализа поведения и успеваемости учащихся для соответствующей персонализации учебных материалов [7]. Это называется факторами адаптивности – они включают в себя успеваемость (был дан правильный или неправильный ответ? Как обучающийся справился с серией заданий/уроков?), уровень знаний (предварительный или приобретенный), поведение при выполнении (сколько времени потребовалось обучающемуся для изучения теории? Сколько – для выполнения задания?) предпочтения в отношении контента, заблуждения, демографические данные или другие источники информации (например, обучающиеся могут поделиться предпочтениями в отношении типа контента или личными данными, чтобы изменить дальнейшие действия).

Механизмы адаптации технологий к ученикам имеют несколько вариаций:

Разработанная адаптивность. Метод адаптации, при котором педагог разрабатывает экспертную последовательность обучения, чтобы направлять учащихся к освоению материала. Он определяет, как адаптируются уроки, обратную связь и последовательность контента. Этот подход указывает технологии, как реагировать в уникальных ситуациях – подход «если X, то Y». Он может использоваться для предоставления необходимой коррекции, предоставления доступа к сложному контенту отличникам, побуждения людей, слишком быстро перемещающихся по экранам, замедлить темп и многое другое. Это дает педагогу больше возможностей и контроля над тем, что испытывает учащийся.

Алгоритмическая адаптивность. Метод адаптивности, при котором один или несколько алгоритмов отвечают на следующие два вопроса: «Что «знает» обучающийся?» и «Что обучающийся должен испытать дальше?». На основе этих ответов алгоритм может выбирать «правильный элемент в нужное время» для учащихся в процессе обучения. Распространенным алгоритмом является байесовское отслеживание знаний (BKT), которое оценивает скорость обучения. Другой известной концепцией является теория ответа на элементы (IRT), разработанная в области психометрии для моделирования взаимодействия обучающегося с дискретными элементами [3].

Возможности применения и перспективы адаптивных обучающих платформ огромны и продолжают расширяться по мере развития технологий. Области наиболее перспективные с точки зрения использования ALS:

- образование: поддержка сложных предметов с помощью интерактивных симуляций, целенаправленные модули повторения для закрепления слабых мест;
- изучение языков: адаптивные упражнения на речь и аудирование, индивидуальная практика лексики и грамматики на основе ошибок обучаемых;
- здравоохранение: непрерывное обучение медицинских специалистов на основе практических моделей;
- личностное развитие: индивидуальные курсы для развития навыков, хобби, личностного роста;

– иммерсивные технологии: сочетание адаптивных платформ с виртуальной реальностью и дополненной реальностью.

Заключение. Адаптивные платформы обучения способны значительно повысить качество образования и сделать обучение более эффективным, предоставляя высоко персонализированный, актуальный и увлекательный опыт обучения в различных секторах. По мере развития искусственного интеллекта и анализа данных эти платформы станут еще более интеллектуальными, доступными и неотъемлемой частью обучения на протяжении всей жизни и профессионального развития.

Хотя платформы адаптивного обучения обладают большим потенциалом, их широкому внедрению препятствуют высокие затраты (разработка, поддержка и обновление адаптивного контента требует значительных ресурсов), технические (проблемы конфиденциальности и безопасности данных; обеспечение стабильности и масштабируемости; интеграция с системами управления обучения – все это требует высокого уровня технической экспертизы) и педагогические проблемы (не все педагоги знакомы с адаптивными методами обучения; скептицизм в отношении эффективности персонализированных подходов), системная инерция и общественное восприятие.

Есть некоторые ограничения системы образования из-за чего использование платформ адаптивного обучения не получили широкого распространения. Это, например, жесткие учебные программы, нежелание замены традиционных методов обучения, проблемы согласования адаптивного обучения с существующими системами оценки. Также есть риск расширения цифрового разрыва (различия в доступе к надежному интернету), если адаптивные платформы будут недоступны для всех.

Преодоление этих барьеров требует скоординированных усилий политиков, педагогов, технологов и сообществ для демонстрации эффективности, укрепления доверия и обеспечения равного доступа.

Список использованных источников:

1. Цифровая трансформация. Термины и определения: СТБ 2583-2020. – Введ. 2021–03–01. – Минск: Госстандарт, 2020. – 16 с.
2. Ст. 2 модельного закона "О цифровой трансформации отраслей промышленности государств – участников СНГ", принятого постановлением Межпарламентской Ассамблеи государств - участников Содружества Независимых Государств от 14 апреля 2023 г. № 55-9.
3. Smart Sparrow [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.smartsparrow.com>. – Дата доступа: 10.04.2026.
4. Искусственный интеллект в образовании: Текущие тренды и будущее [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://kutbilim.kg/ru/analytics/inner/iskusstvennyy-intellekt-v-obrazovanii-tekuschie-trendy-i-budushee>. – Дата доступа : 02.03.2026.
5. Smart Sparrow Works with Teachers to Redefine Adaptive Learning [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.globenewswire.com/news-release/2014/09/09/1058194/0/en/Smart-Sparrow-Works-With-Teachers-to-Redefine-Adaptive-Learning.html>. – Дата доступа : 02.03.2026.
6. KNEWTON ALTA [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.wiley.com/en-us/grow/teach-learn/teacher-resources/courseware/knewton-alta/>. – Дата доступа : 02.03.2026.
7. What is Adaptive Learning? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.smartsparrow.com/what-is-adaptive-learning/>. – Дата доступа: 10.04.2026.

UDC 004.9:37

ANALYSIS OF THE MARKET OF DIGITAL PLATFORMS FOR THE ORGANIZATION OF ADAPTIVE LEARNING

Stelmak K.D., Anatsko D.D.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Paramonov A.I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The article analyzes digital platforms for organizing adaptive learning, including Moodle, Smart Sparrow, Coursera, and Knewton. The key features of adaptive systems are examined: personalized learning paths, real-time feedback, and data-driven analytics. The mechanisms of adaptation (designed and algorithmic), areas of application, as well as technical, pedagogical, and systemic barriers to the implementation of such platforms are described.

Keywords. adaptive learning, digital platforms, personalization of education, intelligent learning systems, learning analytics, artificial intelligence.

УДК 004.42-796.035

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ ФИТНЕС-КЛУБА

Черник В. О, студент гр. 281074

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Шпак И.И. - кандидат технических наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. Данная статья посвящена разработке программного средства для автоматизации работы фитнес-клуба. Основная цель проекта - создание удобного и функционального инструмента, который оптимизирует процессы управления абонементом, расписанием тренировок, учет посещаемости и взаимодействие с клиентами. Программное обеспечение направлено на упрощение рабочих процессов, минимизацию ошибок, повышение производительности сотрудников и улучшение качества обслуживания.

Ключевые слова. Фитнес-клуб, здоровый образ жизни, клиентская вовлеченность, потребности рынка фитнес-индустрии, Адреналин, Gym24, Mindbody.

В современном мире фитнес-клубы играют ключевую роль в поддержании здорового образа жизни человека. Однако увеличение числа клиентов, разнообразие услуг и необходимость оперативного управления расписанием создают значительные трудности для администрации. Традиционные, часто ручные методы управления процессами нередко становятся причиной ошибок в учёте, нерационального распределения ресурсов и низкой клиентской вовлеченности. Это делает автоматизацию работы фитнес-клуба критически важной задачей [1].

Внедрение системы автоматизации работы фитнес-клуба позволяет существенно повысить эффективность управления клиентами, расписанием, минимизировать ошибки. Такое решение помогает не только сократить затраты времени на обработку данных, но и улучшить взаимодействие с клиентами, что способствует росту их удовлетворенности и лояльности.

Автоматизация процессов фитнес-клуба дает возможность администраторам сосредоточиться на стратегическом управлении и развитии клуба, а тренерам - эффективно планировать и проводить занятия. Это улучшает организацию работы компании, повышает прозрачность процессов и позволяет быстрее реагировать на потребности рынка.

Анализ существующих решений, таких как Адреналин [2], Gym24 [3] и Mindbody [4], показал, что многие из них имеют ограничения, связанные с высокой стоимостью, сложностью интеграции или избыточным функционалом. Эти недостатки создают потребность в создании нового программного средства, которое будет учитывать особенности фитнес-индустрии стран СНГ и предоставлять гибкий, адаптированный функционал.

Разработанное программное средство для автоматизации работы фитнес-клуба решает эти проблемы и предлагает следующие возможности:

- создание и управление тренировками, включая ввод данных о клиенте, адресах, датах тренировок;
- отслеживание посещаемости клиентов и формирование персональной статистики;
- управление расписанием тренировок;
- поддержку трехуровневой системы доступа: администраторы, тренеры и клиенты;
- настройку прав доступа, что обеспечивает безопасность данных и разграничение функций между сотрудниками, клиентами и администраторами.

Для реализации этого функционала использованы современные технологии, включая язык программирования C# Windows Forms, что обеспечивает стабильную работу программы в среде Windows. Программа разработана на основе клиент-серверной архитектуры, что позволяет эффективно обрабатывать запросы и поддерживать многопользовательский режим.

Входные данные для работы приложения включают информацию об абонементе, клиентах, тренерах. Выходные данные представлены в виде отчетов о посещаемости и статистики клуба.

Система предлагает три роли пользователей: администратор; тренер; клиент.

Клиент может записываться на тренировки, просматривать своё расписание, управлять абонементом.

Администратор управляет операционными процессами, базой данных, расписанием и взаимодействием с клиентами и тренерами.

Тренер управляет своими персональными тренировками и формирует отчет о своих клиентах.

Диаграмма вариантов использования приложения представлены на рисунке 1.

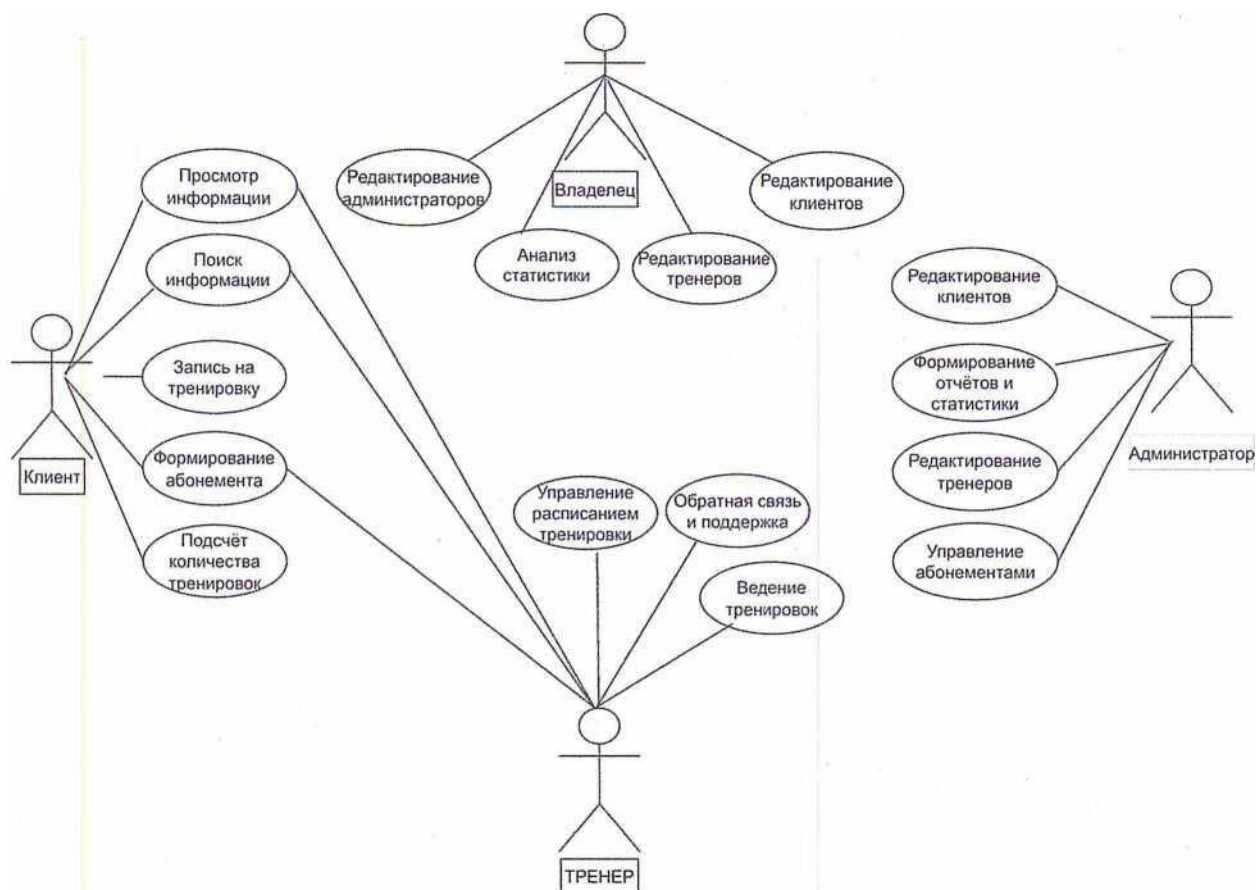


Рисунок 1 - Диаграмма вариантов использования

Для хранения данных о тренерах, клиентах и статусах тренировок была создана база данных. В базе данных хранятся сведения о следующих данных:

- клиентов;
- тренерах и их персональных тренировках;
- описание тренировок;
- выбор абонементов и их специфика;
- статус персональной тренировки;
- статистике фитнес-клуба.

Схема базы данных представлена на рисунке 2.

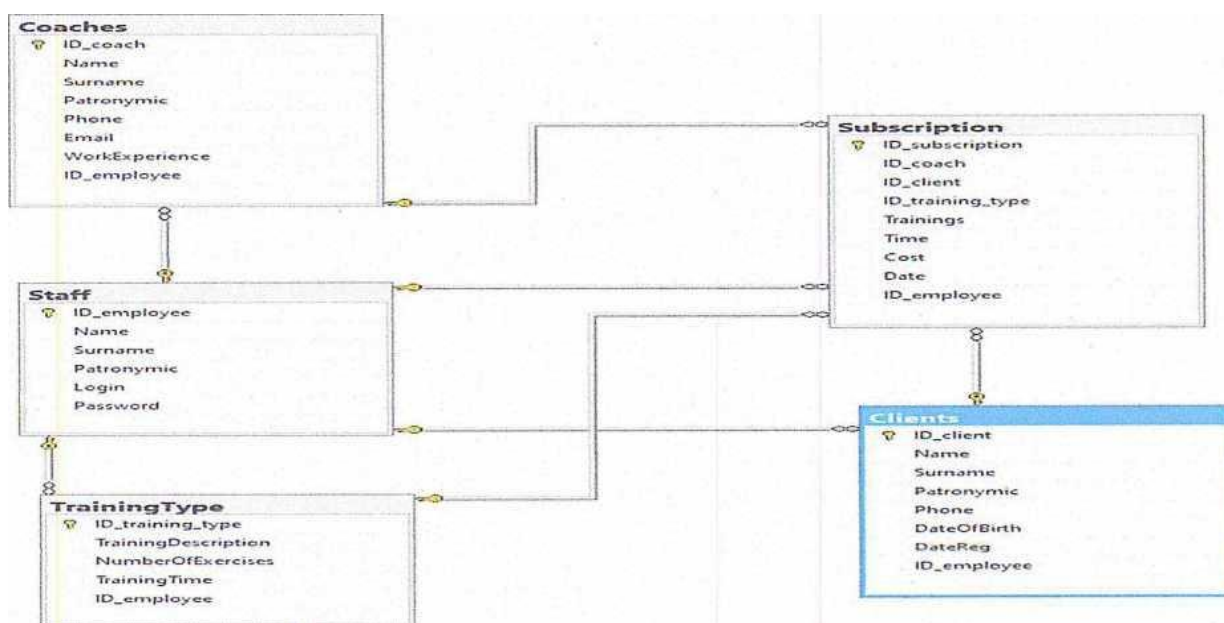


Рисунок 2 - Схема базы данных

Основной функциональностью, позволяющей оптимизировать процессы работы фитнес-клуба, является возможность автоматизации создания и управления абонементом и расписанием, включая оформление абонемента, отслеживание посещаемости и взаимодействие с клиентами. Благодаря этому клиенты смогут оперативно записываться на тренировки, получать уведомления о занятиях и в будущем видеть отчёт о своих тренировках.

Главное окно для клиента представлено на рисунке 3.



Рисунок 3 - Главное окно для клиента

У администратора имеется возможность просмотра и управления абонементом, клиентами и другими показателями, характеризующими работу фитнес-клуба.

Таким образом, разработанное программное средство для автоматизации работы фитнес-клуба представляет администрации инструмент для оптимизации операционных процессов, повышения эффективности управления абонементом и расписанием, а также улучшения взаимодействия с клиентами. В условиях цифровизации сферы услуг, роста популярности здорового образа жизни и увеличения конкуренции на рынке фитнес-услуг такие решения становятся неотъемлемой частью успешной деятельности клубов, обеспечивая значительное конкурентное преимущество за счёт повышения качества сервиса, персонализации подхода к клиентам и снижения административных затрат.

Список использованных источников:

1. Cyberleninka.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/tsifrovaya-transformatsiya-fitness-uslug>. — Дата обращения: 05.03.2026.
2. Адреналин [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://adrenalin.by>. — Дата обращения: 05.03.2026.
3. Зум24 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.gym24.by>. — Дата обращения: 05.03.2026.
4. MindBody [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.mindbodyonline.com>. — Дата обращения: 05.03.2026.

UDC 004.42-796.035

SOFTWARE FOR AUTOMATION OF FITNESS CLUB OPERATIONS

Chernik V. O.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Shpak Ivan Ilyich – PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. This article focuses on the development of software for automating the operations of a fitness club. The project's primary goal is to create a user-friendly and functional tool that streamlines membership management, training schedules, attendance tracking, and client interactions. The software is designed to simplify workflows, minimize errors, increase employee productivity, and improve service quality.

Keywords. Fitness club, healthy lifestyle, customer engagement, fitness industry market needs, Adrenaline, Gym24, Mindbody.

УДК 004.42:658.58

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЁТА СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КАРТРИДЖЕЙ ДЛЯ ПЕЧАТНОЙ ТЕХНИКИ

Экономакис Д.К., студент гр. 281072

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Кунцевич О.Ю. – канд. пед. наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. В статье представлены результаты проектирования и разработки программного средства, предназначенного для автоматизации процессов учета, контроля и документального сопровождения работ по ремонту и заправке картриджами для печатной техники. Обоснована актуальность перехода от ручных методов учета к использованию специализированного веб-приложения. Подробно описаны этапы моделирования предметной области с применением нотации IDEF0 и проектирования архитектуры системы. Рассмотрена реализация интеграции с внешней системой управления заявками и особенности генерации отчетной документации на стороне клиента. Приведены результаты тестирования и оценки эффективности внедрения разработки на базе сервисного предприятия.

Ключевые слова. Автоматизация учета, сервисное обслуживание, веб-приложение, ASP.NET Core, MySQL, QR-код, картридж, печатная техника, база данных.

Введение. В условиях современной цифровой экономики эффективность работы сервисных центров напрямую зависит от уровня автоматизации их бизнес-процессов. Для организаций, специализирующихся на обслуживании оргтехники, критически важным является точный учет расходных материалов, в частности картриджей для печатной техники, которые проходят многократные циклы восстановления, заправки и ремонта. Сложность данного процесса заключается в необходимости отслеживания истории каждой единицы оборудования, контроля выполненных работ и использованных материалов, а также в своевременном формировании отчетных документов для корпоративных клиентов.

Актуальность темы обусловлена необходимостью минимизации трудозатрат и ошибок при обработке больших массивов данных. На многих предприятиях отрасли учет до сих пор ведется с использованием разрозненных электронных таблиц или устаревших локальных утилит, что приводит к дублированию информации, сложности формирования сводной отчетности, потере данных и отсутствию прозрачной истории обслуживания. Ручной ввод данных о номенклатуре и видах работ неизбежно влечет за собой человеческие ошибки, которые могут привести к финансовым потерям и репутационным рискам.

Целью данной работы является создание единого информационного пространства для сотрудников сервисного центра путем разработки программного средства, автоматизирующего учет работ, ведение справочников и взаимодействие с клиентами. Проектирование подобных систем требует комплексного подхода к анализу требований и выбору архитектурных решений [1].

Объектом разработки выступает веб-приложение, обеспечивающее многопользовательский доступ к централизованной базе данных, интеграцию с корпоративными системами управления заявками и поддержку современных средств маркировки оборудования.

Анализ предметной области и выбор инструментов разработки. Процесс сервисного обслуживания картриджей для печатной техники представляет собой сложную последовательность операций, включающую приемку оборудования, входной контроль, дефектовку, выполнение регламентных работ (заправка тонером, замена фотобарабана, замена валов первичного заряда, дозирующих и ракельных лезвий), выходное тестирование и выдачу заказчику. Каждому виду работ соответствует уникальный идентификатор стоимости и трудоемкости, а каждой единице оборудования – уникальный серийный номер или инвентарный QR-код. Эффективный учет требует сопоставления этих данных в реальном времени с привязкой к конкретному исполнителю и договору обслуживания.

В ходе анализа существующих решений были рассмотрены коммерческие продукты для учета оборудования и модули для популярных ERP-систем. Выявлено, что большинство из них являются универсальными системами инвентаризации и требуют дорогостоящей адаптации под специфику конкретного сервисного центра. Кроме того, многие решения являются настольными приложениями и требуют привязки к операционной системе Windows, что ограничивает гибкость развертывания. В связи с этим было принято решение о разработке собственного программного решения, полностью адаптированного под регламенты предприятия.

Для реализации проекта был выбран следующий стек технологий, обеспечивающий оптимальное соотношение производительности, надежности и скорости разработки:

1 Платформа разработки .NET и фреймворк ASP.NET Core. Выбор обусловлен высокой производительностью, кроссплатформенностью (возможность хостинга на серверах под управлением

Linux, что снижает затраты на инфраструктуру) и наличием развитых инструментов для построения веб-приложений [2].

2 Язык программирования C#. Строгая типизация и объектно-ориентированная природа языка позволяют создавать надежный, поддерживаемый и масштабируемый код, что особенно важно при разработке корпоративных систем [3].

3 СУБД MySQL. Свободная реляционная система управления базами данных, обеспечивающая высокую скорость выполнения запросов и надежность хранения данных при отсутствии затрат на лицензирование, в отличие от проприетарных аналогов [4].

4 Клиентская часть. Использование нативных веб-технологий (HTML5, CSS3, JavaScript) и библиотек для работы с PDF и QR-кодами обеспечивает быструю работу интерфейса в любом современном браузере без установки дополнительных плагинов.

Моделирование и проектирование системы. На этапе проектирования было выполнено функциональное моделирование предметной области с использованием методологии IDEF0. Это позволило формализовать информационные потоки, определить границы системы и взаимосвязи между функциональными блоками [5].

Контекстная диаграмма процесса отображает взаимодействие системы с внешней средой. Входными данными являются: информация о пользователях и их правах доступа, информация о клиентах, информация о видах работ, файлы преискурентов, информация о выполненных работах, информация о картриджах. Выходными данными являются: наклейки с QR-кодами для картриджей, акт сдачи-приемки выполненных работ, акт передачи картриджей из заправки. Управляющими воздействиями являются внутренние регламенты обслуживания и нормативно-правовые акты. Механизмами реализации выступают сотрудники предприятия (инженеры, менеджеры) и сканер штрих-кода.

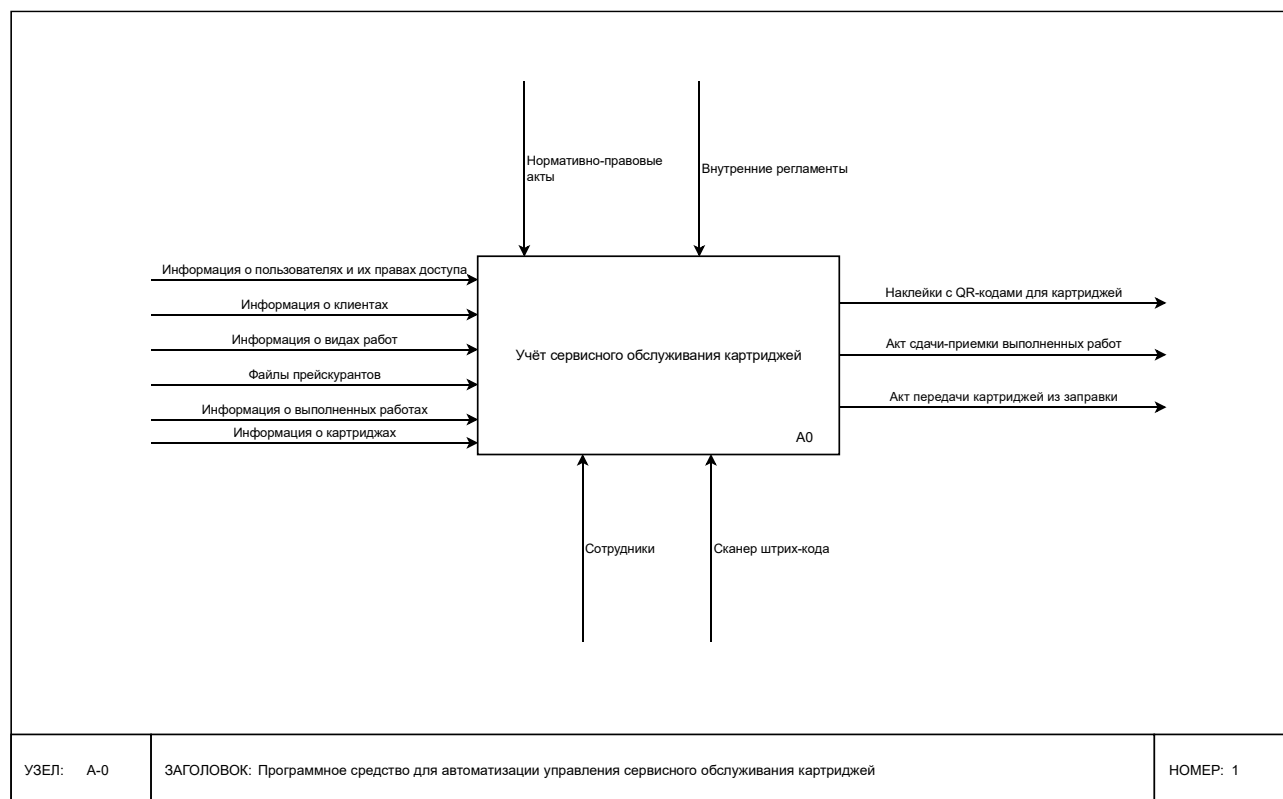


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма A0

Декомпозиция основного процесса позволила выделить три ключевые подсистемы:

1 Управление справочной информацией (A1). Эта функция обеспечивает работу со справочниками: клиентами, моделями картриджей, видами работ, преискурантами и другими данными. На вход поступает информация, вводимая пользователем, а также файлы преискурентов. Результатом являются обновлённые справочники, которые сохраняются в базе данных и используются другими подфункциями.

2 Учёт картриджей и выполненных работ (A2). Это основная функция системы, которая включает в себя регистрацию новых картриджей, сканирование QR-кодов картриджей и штрих-кодов видов работ, а также внесение информации о выполненных работах вручную. На вход функция получает данные о клиентах, картриджах, видах работ, а также данные сканирования. Выходом функции являются данные о выполненных работах, которые сохраняются в базе данных.

3 Формирование отчетности (A3). Функция отвечает за создание актов выполненных работ, отчетов за определённый период и других документов. Входные данные берутся из базы (результаты работы A2), а на выходе формируются печатные формы документов.

Такая структура обеспечивает логичную и прозрачную организацию процессов, позволяя эффективно управлять данными и контролировать выполнение работ.

Для хранения данных была спроектирована реляционная база данных, которая включает 20 взаимосвязанных таблиц, ключевыми из которых являются:

1 «Клиент» (client) содержит реквизиты организаций (УНП, адрес, название).

2 «Картридж» (cartridge) хранит данные об уникальных экземплярах (номер, модель, бренд). Именно эта сущность является центральной для реализации системы прослеживаемости.

3 «Работы» (works) фиксирует факт выполнения конкретной услуги над конкретным картриджем с привязкой к дате и исполнителю.

4 «Прейскурант» (price_list) позволяет хранить историю цен, что необходимо для корректного формирования актов за прошлые периоды.

5 «Пользователь» (user) хранит данные сотрудников с разграничением прав доступа (ролей).

Такая структура позволяет эффективно выполнять сложные SQL-запросы для получения статистики, истории ремонтов конкретного картриджа и финансовым показателям за отчетный период.

Реализация программного средства. Архитектура разработанного веб-приложения построена на базе технологии ASP.NET Core Razor Pages.

Основной функционал системы сосредоточен на фиксации технологических операций. В зависимости от условий рабочего места реализованы различные сценарии взаимодействия. Для стационарных рабочих мест используется 2D-сканер, подключенный к микрокомпьютеру (например, Raspberry Pi), который передает данные на сервер по протоколу HTTP. Для случаев, когда использование сканера невозможно, разработан адаптивный веб-интерфейс. Он позволяет вносить данные вручную, выбирая параметры (клиент, модель, вид работы) из динамически подгружаемых выпадающих списков, что обеспечивает гибкость процесса ввода информации. Веб-интерфейс поддерживает два способа ввода: по уникальному номеру картриджа (для маркированных устройств с QR-кодом) и по количеству (массовый ввод для обработки партий однотипных картриджей, где индивидуальный учёт не требуется).

Важной особенностью приложения является реализация функции сканирования QR-кодов непосредственно в браузере. На страницах просмотра истории обслуживания и выдачи картриджей интегрирована JavaScript-библиотека для захвата видеопотока с камеры устройства. Это позволяет сотруднику мгновенно получить информацию о картридже (историю его ремонтов, принадлежность клиенту, текущий статус), просто наведя камеру смартфона, планшета или подключенную веб-камеру на наклейку с QR-кодом. Данное решение исключает необходимость закупки специализированных сканеров для сотрудников.

Ещё одной важной особенностью является взаимодействие с внешними информационными системами. Для синхронизации данных с корпоративной системой управления заявками (внешней системой обработки заявок) был разработан отдельный сервис интеграции. Взаимодействие с внешней системой реализовано на основе API-клиента, работающего по протоколу HTTP/REST. Основные функции включают получение деталей заявки по её номеру (клиент, адрес объекта, описание проблемы), проверку текущего статуса заявки перед внесением изменений и автоматическое закрытие заявки во внешней системе после формирования акта выполненных работ в веб-приложении. При этом сформированный PDF-документ (технический акт) передается в виде вложения. Такая интеграция исключает необходимость двойного ввода данных операторами и гарантирует, что финансовые документы всегда соответствуют закрытым заявкам во внешней системе обработки заявок.

В приложении реализован механизм формирования отчетной и сопроводительной документации (актов сдачи-приемки выполненных работ, наклеек с уникальными QR-кодами и т.д.). С помощью специализированных JS-библиотек (pdfmake) генерация PDF-файлов происходит непосредственно в браузере пользователя на основе JSON-данных, полученных от сервера. Кроме того, реализована генерация XML-отчетов для экспорта данных в бухгалтерские системы, что автоматизирует процесс выставления счетов.

Раздел администрирования предоставляет интерфейс для управления учетными записями пользователей и справочниками. Реализована ролевая модель безопасности (RBAC), позволяющая гибко настраивать доступ к страницам и функциональным элементам в зависимости от должности сотрудника (например, «Инженер», «Администратор» и т.д.). Аутентификация пользователей реализована с использованием стандартных механизмов платформы .NET (Cookie Authentication). Для защиты учетных данных пароли не хранятся в базе данных в открытом виде – записываются только их криптографические хеши. Все критические действия пользователей (вход в систему, изменение справочников, удаление записей) фиксируются в журнале событий.

Тестирование и внедрение. В ходе опытной эксплуатации программного средства была проведена комплексная проверка работоспособности всех функциональных подсистем с использованием методов функционального и интеграционного тестирования. Особое внимание

уделялось проверке алгоритмов обработки данных при различных сценариях ввода. В частности, тестировался механизм пакетного добавления выполненных работ, который позволяет регистрировать операции массово без привязки к уникальным идентификаторам картриджей. Проверка подтвердила корректность распределения общего количества работ по типам услуг и их сохранение в базе данных с привязкой к текущей дате и исполнителю. Также была верифицирована логика предотвращения дублирования записей при одновременной работе нескольких пользователей, что обеспечивается на уровне ограничений уникальности в базе данных и обработки исключений при выполнении транзакций.

Внедрение разработанного программного средства в производственный процесс предприятия позволило отказаться от использования разрозненных электронных таблиц и бумажных журналов учета. Доступ сотрудников к системе организован через веб-браузер внутри корпоративной сети, что исключило необходимость установки и настройки клиентского программного обеспечения на рабочих местах пользователей.

Заключение. В рамках выполненной работы спроектировано и реализовано программное средство, представляющее собой специализированное веб-приложение для автоматизации процессов сервисного обслуживания печатной техники. Разработанная система решает задачи централизованного сбора, хранения и обработки информации о выполненных ремонтах, обеспечивая целостность данных и прозрачность бизнес-процессов.

Техническая реализация проекта обеспечивает высокую масштабируемость системы и упрощает её дальнейшее сопровождение. Значимым результатом работы стала интеграция разработанного приложения с корпоративной системой обработки заявок. Реализованный механизм двустороннего обмена данными позволяет автоматизировать жизненный цикл заявки от момента её регистрации до закрытия с прикреплением автоматически сгенерированного акта.

Практическая эксплуатация подтвердила, что внедрение разработанного решения повысило производительность труда сотрудников. Система стала надежным инструментом для оперативного управления сервисными процессами, обеспечив руководству предприятия актуальной аналитикой для принятия управленческих решений и масштабирования деятельности по обслуживанию корпоративных заказчиков.

Список использованных источников:

1. Тузовский, А. Ф. Проектирование и разработка web-приложений : учебник для вузов / А. Ф. Тузовский. – М. : Издательство Юрайт, 2025. – 219 с.
2. Документация по ASP.NET Core [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/aspnet/core/>. – Дата доступа: 09.12.2025.
3. Прайс, М. С# 10 и .NET 6. Современная кросс-платформенная разработка / М. Прайс. – СПб. : Питер, 2023. – 848 с.
4. MySQL 8.0 Reference Manual [Electronic resource]. – Mode of access: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/>. – Date of access: 09.12.2025.
5. Зараменских, Е. П. Проектирование информационных систем : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Е. П. Зараменских. – 2-е изд. – М. : Издательство Юрайт, 2025. – 119 с.

UDC 004.42:658.58

SOFTWARE TOOL FOR AUTOMATING MAINTENANCE ACCOUNTING OF CARTRIDGES FOR PRINTING EQUIPMENT

Economakis G.C.

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Kuntsevich O.Yu. – Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor

Annotation. This article details the design and development of a software tool for automating the maintenance tracking and documentation of printer cartridges. The study justifies the transition from manual accounting methods to a specialized web-based solution. It describes the domain modeling process using IDEF0 notation and outlines the system architecture. Key implementation details are discussed, including integration with an external ticket management system and client-side report generation. Finally, the paper presents testing results and evaluates the system's operational efficiency following its deployment at a service enterprise.

Keywords. Accounting automation, service maintenance, web application, ASP.NET Core, MySQL, QR code, cartridge, printing equipment, database.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Адарич К.А.....	4
Анацко Д.Д.....	99
Биневский И.А.	8
Василевская В.С.	12, 17
Ганчарик М.Ю.....	22
Гарбуз И.А.	25
Гутько М.М.....	29
Демидова Е.А.	33
Дервяго А.С.	38
Захарчик К.О.	43
Карпик С.Э.....	48
Ковальчук В.А.....	51
Ладутько Ю.А.	90
Лазарева Ю.А.....	55, 59
Макарова В.Д.	65
Мамонова В.Н.	68
Мурашко И.С.	73
Потапова А.О.	78
Потоцкий Д.С.....	25, 65
Рыженкова Е.И.....	82
Севастьянов К.С.	87
Скавинский К.Е.....	90
Спаустинайтис М.И.....	94
Стельмак К.Д.....	99
Терешёнок М.Н.	82
Черник В.О.	103
Экономакис Д.К.	106

Руководители

Бакунов А.М.....	82
Власова Г.А.	8
Горбачев Д.В.	90
Кунцевич О.Ю.	4, 106
Матвеев А.В.	87
Парамонов А.И.....	33, 48, 99
Потоцкий Д.С.....	25, 65
Скудняков Ю.А.	12, 17, 43, 55, 59, 68, 73
Шпак И.И.....	29, 94, 103
Шведова О.А.	51
Сицко В.А.....	22
Климов С.М..	38
Середа И.А.....	78

Научное издание

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Сборник статей

62-й научной конференции

аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР

(Минск, 13-17 апреля 2026 года)

В авторской редакции

Ответственный за выпуск: А.И. Парамонов

Компьютерная верстка: К.А. Павлюченко