

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Порхуна Максима Игоревича

«Методы модификации и синтеза звуковых сигналов на основе банков цифровых фильтров для моделирования слухового восприятия и

повышения разборчивости речи»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите

Диссертационная работа посвящена разработке методов модификации и синтеза звуковых сигналов на основе банков цифровых фильтров для задач моделирования слухового восприятия и повышения разборчивости речи.

Содержание диссертационной работы Порхуна М.И. полностью соответствует следующим пунктам раздела «III. Область исследований» паспорта специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики (отрасль технических наук), утверждённого приказом ВАК Республики Беларусь от 23 декабря 2022 года № 462:

п 3. модели, методы и средства распознавания, классификации и визуализации образов, в том числе графических и звуковых, их сжатие, фильтрация, модификация и синтез, а также создание интеллектуальных систем классификации и идентификации изображений;

п 9. системы мультимедиа, виртуальной и дополненной реальности для различных прикладных целей, в том числе для медицинской и технической диагностики, отображения и оценки финансово-экономической информации, а также для автоматизированного и дистанционного управления и обучения;

п 11. информационно-аналитические средства, используемые при оценке качества и других показателей изделий, процессов, систем и программных продуктов, а также экологической и производственной безопасности в различных сферах деятельности человека.

2. Актуальность темы диссертации

Необходимость разработки средств и технологий улучшения слуха при возникновении слуховых патологий требует наличия моделей, описывающих ключевые механизмы восприятия звука. Существующие подходы в большинстве основаны на упрощённых представлениях о слуховых патологиях, ограничены в индивидуальной настройке по аудиограмме, а также обладают высокой вычислительной сложностью. Указанные ограничения препятствуют процессу автоматизации оценки эффективности методов обработки сигнала для повышения разборчивости речи. Актуальной задачей в настоящее время является также создание методов обработки сигналов для повышения разборчивости речи при наличии специфических нарушений слуха (например, при наличии «мертвых зон» в улитке уха).

В этой связи разработка методов моделирования слухового восприятия, учитывающих особенности слуха конкретного человека, а также методов повышения разборчивости речи, обеспечивающих минимизацию вычислительных операций, является актуальной научной задачей. Таким образом, тема диссертации Порхуна М.И. является безусловно актуальной.

3. Степень новизны результатов диссертации и научных положений, выносимых на защиту

Научная новизна полученных Порхуном М.И. результатов, выносимых на защиту, заключается в следующем:

1. Разработан метод модификации и синтеза звукового сигнала для моделирования эффекта ухудшения частотной избирательности слуха. В основе метода лежит применение функции частотного размытия с использованием фильтров с округленной экспоненциальной характеристикой, т.е. ROUNDED-EXponential filters (ROEX-фильтров). Особенностью метода является определение параметров «размывающей» функции путем анализа аудиограммы при произвольной степени потери слуха.

2. Развита метод аппроксимации частотных характеристик гамматон-фильтров при помощи неравнополосного косинусно-модулированного банка фильтров с использованием мультипликативной модели на основе сигмоидальной функции (при построении фильтра-прототипа).

3. Предложена новая структура для реализации сдвоенного фазового звена, позволяющая за один проход вычислять выходные сигналы от двух фазовых звеньев, что повышает скорость выполнения алгоритма фазового преобразования.

4. Разработан метод модификации и синтеза звукового сигнала для повышения разборчивости речи, особенностью которого является адаптивный выбор переносимого диапазона частот в область остаточного слуха.

Положения, выносимые на защиту, являются новыми, вносят вклад в развитие методов модификации и синтеза звуковых сигналов на основе банков цифровых фильтров в контексте задач моделирования слухового восприятия и повышения разборчивости речи.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются обоснованными и вытекающими из содержания проведённого исследования.

Обоснованность выводов и рекомендаций обеспечивается использованием комплексного методического аппарата, включающего методы цифровой фильтрации сигналов, математическое моделирование, цифровой спектральный анализ, методы оптимизации, а также экспериментальные исследования.

В диссертации приводятся конкретные примеры использования предложенных методов модификации и синтеза звуковых сигналов на основе банков цифровых фильтров, включая описание методики проведения экспериментальных исследований. Работоспособность предложенных методов подтверждена как путём численного моделирования, так и посредством экспериментальных исследований.

Результаты работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, включая зарубежный журнал «Electronics Letters» с импакт-фактором, а также докладывались на республиканских и международных научных конференциях.

Полученные в диссертационном исследовании результаты и выводы являются обоснованными и достоверными.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации

Научная значимость диссертации заключается в разработке новых методов модификации и синтеза звуковых сигналов на основе банков цифровых фильтров для задач моделирования слухового восприятия и повышения разборчивости речи.

Практическая значимость работы заключается в разработанном методе моделирования ухудшения частотного разрешения у больных нейросенсорной тугоухостью, основанном на применении частотного размытия с использованием слуховых ROEX-фильтров и аудиограммы слабослышащего человека.

Экономическая значимость результатов обоснована использованием программной реализацией метода на основе ROEX-фильтров в ОАО «Исток-Аудио Интернэшнл», что привело к сокращению сроков разработки слуховых аппаратов.

Социальная значимость диссертационного исследования состоит в использовании полученных результатов в учебном процессе кафедры электронных вычислительных средств учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по специальности 1-40 02 02 «Электронные вычислительные средства».

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Результаты диссертационного исследования опубликованы в изданиях, соответствующих п. 19 Положения о присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий. По тематике диссертации опубликованы 14 печатных работ, в том числе 5 статей в рецензируемых научных журналах, включая международный журнал «Electronics Letters», имеющий импакт-фактор, а также 9 статей в сборниках материалов научных конференций. Суммарный объём публикаций составляет 5,94 авторского листа.

Полученные в диссертации результаты были представлены на 6-ти международных конференциях «Цифровая обработка сигналов и ее применение» (Москва, Россия, 2018–2020, 2022–2024) и на 3-х научных конференциях аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, Республика Беларусь, 2018–2020).

Объём и содержание публикаций соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав с выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложения. Общий объём диссертации составляет 113 страниц, включая 83 иллюстрации, 16 таблиц, библиографический список из 100 наименований и одного приложения. В целом оформление диссертации соответствует требованиям ВАК.

8. Замечания по диссертации

1. Развивая и применяя результаты своего научного руководителя д.т.н. Вапкевича М.И. в области косинусно-модулированных банков фильтров с фазовым преобразованием, автор диссертации недостаточно уделил внимания теоретическим изысканиям в области синтеза и реализации банк-фильтров (например, с использованием вэйвлет-преобразований). Свидетельством этому является повтор некоторых иллюстраций в кандидатских диссертациях автора и его научного руководителя (например, идентичность рис. 3.3 автора и рис. 2.6 научного руководителя или же схожая структура рис. 3.4 автора и рис. 2.7 научного руководителя).

2. В диссертации совершенно не уделялось внимания синтезу быстрых алгоритмов дискретных ортогональных преобразований (например, ДКП), которые помимо традиционного сокращения вычислительных затрат позволяют строить и новые вычислительные архитектуры.

3. Не достаточно хорошо изложены результаты экспериментальных исследований в разделе 5.4 диссертации (в частности, реализация метода на основе ROEX-фильтров в ОАО «Исток-Аудио Интернэшнл»).

9. Соответствие научной квалификации соискателя учёной степени, на которую он претендует

Считаю, что научная квалификация автора диссертации – Порхуна Максима Игоревича соответствует учёной степени кандидата технических наук. Результаты его исследования позволяют внести весомый вклад в развитие методов модификации и синтеза звуковых сигналов на основе банков цифровых фильтров.

10. Заключение

Принимая во внимание актуальность диссертационного исследования, его научно-практическую значимость и новизну, считаю, что диссертация Порхуна М.И. «Методы модификации и синтеза звуковых сигналов на основе банков цифровых фильтров для моделирования слухового восприятия и повышения разборчивости речи» отвечает требованиям ВАК РБ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по техническим наукам, а её автор заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики за:

- разработку метода модификации и синтеза звукового сигнала для моделирования эффекта ухудшения частотного разрешения слуха для систем оценки качества слухового восприятия, основанный на применении частотного размытия с использованием ROEX-фильтров;

- развитие метода аппроксимации частотных характеристик гамматон-фильтров, реализуемый неравнополосным косинусно-модулированным банком фильтров, фильтр-прототип которого основан на мультипликативной модели с использованием логистических сигмоидальных функций;

- разработку метода повышения скорости выполнения алгоритма фазового преобразования, основанного на применении структуры сдвоенного фазового звена, позволяющий ускорить процесс вычисления выходов цепочки фазовых звеньев в 1,81 раза по сравнению с прямой формой реализации;

- применения метода модификации и синтеза звукового сигнала для повышения разборчивости речи, основанный на психоакустически обусловленном переносе его частотных компонент из не слышимой области в область остаточного слуха, позволяющего повысить разборчивость речи от 6% до 18%.

Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией моделирования самоорганизующихся систем ОИПИ НАН Беларуси	 А.М. Крот
Подпись д.т.н., профессора Крота А.М. заверяю: Учёный секретарь ГНУ «Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси», к.ф.-м. н.	 О.В. Горох

“ 25 ” сентября 2026 г.