

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 ученой 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 Порхуна Максима Игоревича «Методы модификации и синтеза звуковых сигналов на основе банков цифровых фильтров для моделирования слухового восприятия и повышения разборчивости речи» направлена на разработку методов цифровой обработки сигналов с использованием банков цифровых фильтров применительно к задачам моделирования слухового восприятия и повышения разборчивости речи.

Объект, предмет и методы исследования представленной диссертации полностью соответствуют специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики и отрасли «технические науки». Результаты диссертационной работы входят в области исследований, предусмотренные паспортом данной специальности, раздел III, пункты 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; 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.

2. Актуальность темы диссертации

Разработка новых методов моделирования слухового восприятия, учитывающих индивидуальные особенности слуха конкретного человека, а также эффективных алгоритмов повышения разборчивости речи является актуальной научно-технической задачей в связи с ограниченными возможностями индивидуальной настройки по аудиограмме и высокой вычислительной сложностью существующих подходов. Данные модели и методы необходимы, прежде всего для использования в составе систем коррекции слухового восприятия и слуховых аппаратов нового поколения, применяемых при специфических нарушениях слуха. Однако за счет возможности автоматизации оценки эффективности методов обработки звука данные методы находят применение в том числе и при моделировании патологических изменениях слуховой системы без привлечения слабослышащих. Полученные научные результаты, представленные в

диссертационной работе, имеют значение как для дальнейшего развития фундаментальных исследований в области моделирования процессов восприятия звука человеком, так и для практического внедрения разработанных программно-алгоритмических решений.

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

Научная новизна результатов диссертации Порхуна М.И. и сформулированные в ней положения, выносимые на защиту, представляют собой существенный вклад в развитие теории и методов цифровой обработки сигналов.

Считаю, что научная новизна представленной диссертации заключается в следующем:

1. Моделирование эффекта ухудшения частотного разрешения слуха. Разработан метод обработки звукового сигнала для задачи моделирования эффекта ухудшения частотной избирательности слуховой системы. Предложено использовать функцию частотного размытия на основе банка слуховых *roex*-фильтров. Определены аналитические закономерности для настройки метода посредством анализа аудиограммы, что обеспечивает воспроизведение слуховой патологии при произвольной степени тугоухости.

2. Аппроксимация частотных характеристик гамматон-фильтров. Выявлен и теоретически обоснован метод аппроксимации частотных характеристик гамматон-фильтров при помощи неравнополосного косинусно-модулированного банка фильтров. Впервые предложено использовать мультипликативную модель для синтеза фильтра-прототипа на основе сигмоидальной функции, что обеспечивает монотонные частотные характеристики результирующего банка фильтров.

3. Оптимизация алгоритма вычисления фазового преобразования. Разработана новая эффективная структура для реализации сдвоенного фазового звена. Впервые показано, что вычисление выходных сигналов каскада из двух фазовых звеньев может быть осуществлено за один проход, что снижает вычислительную сложность и повышает общую скорость выполнения алгоритма фазового преобразования.

4. Адаптивный перенос частотного диапазона в звуковом сигнале. Разработан и математически описан метод обработки звукового сигнала для повышения разборчивости речи у лиц с нарушениями слуха. Алгоритм основан на адаптивном выборе границ переносимого диапазона частот в область остаточного слуха, а также включает психоакустический принцип равной громкости, что позволяет полностью сохранить исходный масштаб переносимых частотных компонент.

Таким образом, результаты диссертационной работы, согласно которым сформулированы научные положения и выводы, являются новыми.

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

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, подтверждаются применением комплексного методического аппарата, включающего методы цифровой обработки сигналов, математическое моделирование, спектральный анализ и методы оптимизации, реализованные с привлечением современных программно-алгоритмических средств.

Полученные экспериментальные и расчетные данные в достаточной мере аргументированы приведением конкретных примеров использования предложенных методов цифровой обработки сигналов, а также подробным описанием методики проведения экспериментальных исследований.

Работоспособность предложенных решений подтверждена посредством моделирования, а также экспериментально, и полностью согласуются с известными теоретическими представлениями в данной предметной области.

Новые результаты обоснованы, и их достоверность не вызывает сомнений, что дополнительно подтверждается апробацией основных положений диссертационной работы на научно-технических конференциях, а также их публикацией в рецензируемых научных изданиях.

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

Научная значимость диссертационной работы представляется новыми знаниями и теоретическими положениями в области цифровой обработки сигналов, а именно - созданием комплекса математических моделей и методов обработки звуковых сигналов на основе банков цифровых фильтров, адаптированных под специфику процессов слухового восприятия человека и обеспечивающих повышение разборчивости речи.

Практическая значимость диссертации заключается в разработке новой структуры сдвоенного фазового звена, позволяющей повысить скорость выполнения алгоритма фазового преобразования, что обеспечивает существенное снижение вычислительных затрат при практическом использовании неравнополосного косинусно-модулированного банка фильтров и открывает возможность его эффективного применения в составе программно-аппаратных комплексов слухопротезирования, работающих в реальном времени.

Экономическая значимость работы обоснована внедрением разработанной программной реализации метода моделирования ухудшения частотной избирательности слуха в ОАО «Исток-Аудио Интернэшнл». Применение данного метода для первичной верификации и оценки эффективности перспективных методов обработки сигналов, разрабатываемых ОАО «Исток-Аудио» для интеграции в цифровые слуховые аппараты, обеспечивает существенное сокращение временных и материальных затрат на проведение опытно-конструкторских работ.

Социальная значимость исследования связана с расширением научно-методической базы в области цифровой обработки сигналов применительно к методам обработки звука, согласованных с механизмами функционирования слуховой системы человека, которые могут быть использованы при

разработке соответствующих лекционных курсов для студентов высших учебных заведений, что подтверждается актом внедрения результатов исследования в учебный процесс.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Результаты, представленные в диссертационной работе, опубликованы в составе 5 статей в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, а также 6 статей и 3 тезисов в сборниках докладов международных и местных научно-технических конференций.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК, т.к. представляет собой имеющую внутреннее единство научную работу, название которой соответствует ее цели и содержанию, состоящую из введения, четырех глав с выводами по каждой из них, изложенными в ясной форме, заключения с перечнем полученных научных и практических результатов, списка цитированной литературы и приложений. Текст автореферата соответствует содержанию диссертации.

8. Замечания по диссертации

1. В главе 2 в предложенном методе моделирования эффекта ухудшения частотной избирательности слуха не описаны параметры структурных составляющих (рисунок 2.1): параметры исходного сигнала, размер фрейма и шаг перекрытия, форма и размер окна анализа и окна синтеза, алгоритм и размер ДПФ/ОДПФ, параметры выходного ФНЧ. Из текста диссертации также не ясно, фиксированы они или адаптивно выбираются в соответствии с параметрами размывающих гоех-фильтров.

2. В главе 2 (раздел 2.4) не обоснован выбор линейной интерполяции для описания зависимости коэффициента размытия α от уровня потери слуха более 65 дБ. При этом, судя по представленным в диссертации данным (таблица 2.1, формула 2.8), при меньших потерях слуха эта зависимость нелинейная.

3. Проверка предложенных методов модификации и синтеза звуковых сигналов (разделы 2.5, 3.7, 5.3) выполнена в среде MATLAB, а её результаты представлены визуально, в виде спектрограмм исходного и обработанного сигналов, при этом количественная оценка не приведена. Визуальное сравнение спектрограмм позволяет констатировать сам факт изменения сигнала, но не даёт возможности установить, насколько точно воспроизводится моделируемый эффект.

4. Экспериментальные исследования разработанных методов моделирования слуховых патологий и повышения разборчивости речи (разделы 2.6, 5.3) выполнены на малых выборках (15 и 10 участников). Значимость результатов оценена t-критерием Стьюдента без проверки нормальности распределения разностей, являющейся необходимым условием его применения.

5. В работе для моделирования слухового восприятия применяются банки гоех-фильтров (глава 2) и гамматон-фильтров (глава 3), при этом количество фильтров в банках по тексту диссертации меняется от 20 до 100 фильтров (глава 2 - количество фильтров не указано, раздел 3.5 - 20 фильтров, раздел 3.6 - 100 фильтров). Причины такого различия в тексте не поясняются. Между тем, число и центральные частоты слуховых фильтров должны соответствовать шкале барков, согласно которой слышимый диапазон перекрывается 24 критическими полосами (как следует из раздела 1.2).

6. Предложенный метод повышения скорости выполнения алгоритма фазового преобразования (глава 4) позволяет сократить время вычисления за счет распараллеливания операций МАС, при этом имеет повышенную вычислительную сложность по отношению к прямому вычислению. Соответственно данный метод не будет эффективен на аппаратных средствах без параллельного выполнения операций на уровне ядра, а наоборот за счет увеличения количества операций будет работать медленнее.

7. В методе переноса частот в речевом сигнале (глава 5) верхняя граница целевой полосы задана фиксированной (1750 Гц) без обоснования, тогда как область сохраненного слуха индивидуальна и должна определяться по аудиограмме слабослышащего человека.

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

Анализ содержания диссертационной работы и автореферата, наличие публикаций в научно-технических журналах, доклады по теме исследования на международных научных конференциях позволяют заключить, что научная квалификация соискателя Порхуна М.И. полностью соответствует требованиям, предъявляемым к соискателям ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики.

10. Заключение

Диссертационная работа Порхуна М.И. «Методы модификации и синтеза звуковых сигналов на основе банков цифровых фильтров для моделирования слухового восприятия и повышения разборчивости речи» является законченной научной работой, самостоятельно подготовленной соискателем, и удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней и присвоении научных званий. Полученные соискателем результаты имеют достаточную научную и практическую значимость, а также вносят вклад в развитие цифровой обработки сигналов.

Считаю, что Порхун М.И. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – теоретические основы информатики за совокупность научно-обоснованных результатов, включающих:

1. Разработанный метод обработки звукового сигнала для моделирования эффекта ухудшения частотного разрешения слуха,

обеспечивающий автоматический расчёт параметра расширения частотной характеристики слуховых фильтров для произвольной степени потери слуха.

2. Предложенный метод аппроксимации частотных характеристик гамматон-фильтров с использованием вычислительно эффективного неравнополосного косинусно-модулированного банка фильтров, обеспечивающий монотонные спады АЧХ результирующего банка фильтров.

3. Новую структуру сдвоенного фазового звена, позволяющую ускорить процесс вычисления выходов цепочки фазовых звеньев.

4. Новый подход к обработке звукового сигнала для повышения разборчивости речи, основанный на психоакустически обусловленном переносе частотного диапазона адаптивной ширины из не воспринимаемой тугоухим человеком области в область остаточного слуха.

Официальный оппонент

доцент кафедры

инфокоммуникационных технологий

учреждения образования

«Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники»,

кандидат технических наук, доцент

Н.С. Давыдова

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ
Работник отдела по работе с персоналом

(подпись, ФИО)

ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ ПО КАДРАМ
ОТДЕЛА ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ

С.В.КОВАЛЁВА