

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Ясина Алаулдина Салаха Ясина
«*Фильтрация зашумленных сигналов и изображений с применением вейвлет-преобразования*», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика

В диссертационной работе Ясина Алаулдина Салаха Ясина решается актуальная и важная задача радиофизики, состоящая в повышении качества фильтрации сигналов от присутствующего фонового шума. С этой целью рассматриваются методы, применяющие быстрые алгоритмы дискретного вейвлет-преобразования с вещественными и комплексными базисами. Хотя методы фильтрации, использующие базисы вейвлетов Добеши, уже давно воспринимаются в качестве стандартного инструментария цифровой обработки сигналов, применяемые в диссертации подходы, такие как дуальное комплексное вейвлет-преобразование и комплексное вейвлет-преобразование двойной плотности являются сравнительно новыми разработками, устраниющими ряд недостатков стандартных методов вейвлет-фильтрации. Их использование позволяет решать задачу фильтрации сигналов от аддитивных помех на качественно более высоком уровне. Однако их возможности и ограничения при анализе, например, аудио-сигналов, детально не исследованы. Поиск ответов на некоторые открытые на сегодняшний день вопросы в области вейвлет-фильтрации зашумленных сигналов и изображений предпринят в данной диссертационной работе.

Диссертация включает введение, три главы и заключение. Во введении приводится обоснование актуальности темы диссертации, формулируются положения, выносимые на защиту, обсуждается научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе рассматривается задача фильтрации сигналов различной природы на основе многомасштабного анализа, применяющего одномерное дискретное вейвлет-преобразование с базисами Добеши. Проводится сопоставление двух вариантов задания пороговой функции при коррекции значений коэффициентов вейвлет-преобразования перед проведением этапа синтеза сигнала, а также нескольких способов автоматического выбора порогового значения. Отмечается важность уменьшения не только среднеквадратичной ошибки фильтрации, но и риска внесения искажений при синтезе сигнала по вейвлет-коэффициентам. На основе сравнения мягкого и жесткого вариантов задания пороговой функции делается вывод о преимуществе использования непрерывных функций при корректировке коэффициентов. Рассматривается прием, состоящий в

сглаживании пороговой функции, а также обобщение методов вейвлет-фильтрации на двумерный случай для фильтрации зашумленных изображений.

Во второй главе рассматривается применение метода дуального разложения сигналов в базисе комплексных вейвлет-функций. В рамках этого метода проводится дополнение вещественных скейлинг-функций и вейвлетов мнимыми частями, являющимися сопряженными по Гильберту. Метод достаточно детально тестиировался на примере фильтрации зашумленных изображений, но почти не использовался при обработке зашумленных сигналов. В диссертации проведено изучение возможностей и ограничений дуального вейвлет-преобразования на нескольких примерах сигналов, включая зашумленные аудио-сигналы. Путем сравнения с дискретным вейвлет-преобразованием, применяющим базисы Добеши, показано, что рассматриваемый метод обеспечивает уменьшение ошибки фильтрации и риска внесения искажений при синтезе сигнала.

В третьей главе рассматривается использование неортонормированных базисов и избыточных вейвлет-преобразований (фреймов) для фильтрации зашумленных аудио-сигналов, содержащих записи речевых сообщений. Отмечаются преимущества методов, использующих избыточные базисы по сравнению с алгоритмами фильтрации, применяющими критическую выборку. Рассматривается один из объективных критериев качества фильтрации – средняя оценка разборчивости речи, и способ ее вычисления по экспериментальным данным на основе модели PESQ. Проводится сравнительный анализ методов фильтрации, применяющих фреймы и дискретное вейвлет-преобразование с базисами Добеши. Отмечается, что средняя оценка разборчивости речи является наиболее объективным критерием качества фильтрации зашумленных речевых сообщений.

Результаты, представленные в диссертационной работе, обладают существенной научной новизной, в частности

- предложен способ уменьшения искажений при восстановлении сигнала путем устранения разрывов и сглаживания пороговой функции;
- выявлены преимущества метода фильтрации зашумленных аудио-сигналов на основе дуального вейвлет-преобразования по сравнению с алгоритмами фильтрации, применяющими вейвлеты Добеши;
- установлены различия числа уровней разложения аудио-сигналов для фильтров, применяющих вещественные и комплексные вейвлет-базисы, при котором наблюдается наилучшее качество фильтрации.

Приведенные в работе результаты свидетельствуют о высокой квалификации ее автора, который освоил сложные математические методы и подготовил пакеты

прикладных программ для проведения численных исследований. Применяемые им методы комплексного вейвлет-преобразования по уровню сложности значительно превосходят методы, использующие дискретное вейвлет-преобразование с базисами Добеши. Научная и практическая значимость результатов работы определяется возможностью их широкого использования в различных областях науки и техники, например, в телекоммуникационных системах.

К числу недостатков диссертационной работы относится следующее:

1. Автор предлагает использовать зашумленный тестовый сигнал (гармонические колебания) для определения оптимального порогового уровня при разной интенсивности аддитивного шума. Но для применения такого варианта выбора порогового уровня необходимо провести дополнительное тестирование с использованием сигналов более сложной формы (например, амплитудно-модулированных колебаний или режимов динамического хаоса). В противном случае возникает вопрос о влиянии формы сигнала на величину оптимального порогового значения.
2. Зависимости среднеквадратичной ошибки фильтрации от выбора базисной функции спадают с увеличением области задания вейвлета (например, рисунок 1.9). Будет ли такое поведение наблюдаться с ростом порядка вейвлета Добеши в случае $n > 20$, и если да, то не означает ли это целесообразность выбора в качестве базисной функции вейвлета, имеющего максимальное число нулевых моментов без дополнительного тестирования результатов для разных базисов?
3. Метод дуального вейвлет-преобразования обеспечивает снижение ошибки фильтрации по сравнению с подходом на основе дискретного вейвлет-преобразования при оптимальном выборе порогового уровня. Однако, если выбрать большой пороговый уровень, то метод фильтрации, применяющий вейвлеты Добеши, будет иметь преимущество. В связи с этим необходимо разработать более четкие рекомендации по выбору оптимального порога.

Несмотря на указанные недостатки, в целом диссертация производит впечатление исследования, выполненного на хорошем уровне и развивающего современные подходы к анализу структуры сигналов при наличии помех. Автореферат правильно и полно отражает содержание работы.

Диссертация является научным исследованием, содержащим решение задачи, которая имеет существенное значение для радиофизики. Результаты работы могут быть рекомендованы к использованию при проведении научных исследований в области цифровой обработки сигналов в ИРЭ РАН, ИКИ РАН, ИПФ РАН, МГУ, ННГУ, КГУ,

ВГУ, СГУ, а также в учебном процессе в вузах, ведущих подготовку студентов по радиофизическим направлениям.

Результаты диссертации опубликованы в реферируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных материалов кандидатских и докторских диссертаций («Радиотехника и электроника», «Письма в ЖТФ»), докладывались на международных и российских научных конференциях.

Считаю, что диссертационная работа Ясина Алаулдина Салаха Ясина удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (пп. 9-14), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой теории управления

и динамики систем Нижегородского

государственного университета

имени Н.И. Лобачевского»,

д.ф.-м.н.,



Осипов Григорий Владимирович

Рабочий адрес: 603950, Н. Новгород, пр. Гагарина, 23, ННГУ, корпус II

Тел.: +7 831 465 77 13, E-mail: osipov@vmk.unn.ru

Подпись Осипова Г.В. заверяю

