ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Приорова Андрея Леонидовича на диссертацию Чинь Ван Тоан «Алгоритмы вейвлет-фильтрации и нейросетевой обработки зашумленных изображений на основе усиления низкочастотных компонент», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы исследования

В настоящее время проблеме повышения визуального качества и эффективности алгоритмов автоматической вторичной обработки изображений, получаемых с датчиков оптического, радиолокационного и ультразвукового диапазонов, уделяется большое внимание. Актуальность темы диссертации связана с решением важной научно-технической задачи по разработке и исследованию алгоритмов анализа и обработки изображений, искаженных мультипликативным шумом, на основе усиления низкочастотных компонент (НЧК) при использовании вейвлет-преобразования и нейронных сетей. Целью работы является повышение эффективности фильтрации шума посредством обоснования, разработки, экспериментального исследования и программной реализации соответствующих алгоритмов. Фильтрация изображений от мультипликативного шума (в частности, спекл-шума в когерентных системах) не является тривиальной задачей, а традиционная пороговая обработка вейвлет-коэффициентов часто приводит к размытию границ объектов и появлению артефактов. В связи с этим разработка новых алгоритмов на основе усиления низкочастотных компонент спектра изображений для повышения отношения сигнал-шум является весьма актуальной и востребованной.

Анализ содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и приложений.

Во **введении** показана актуальность работы, поставлены цель и задачи исследования, определены объект и предмет, а также сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** проведен подробный обзор методов и алгоритмов анализа и фильтрации зашумленных изображений, проанализирована математическая модель мультипликативного шума и обоснован выбор вейвлет-преобразования.

Во **второй главе** обоснованы и разработаны алгоритмы анализа и обработки зашумленных изображений на основе усиления НЧК, включая модифицированный и адаптивный алгоритмы пороговой обработки, комбинированные алгоритмы с фильтром Винера и методом нелокального усреднения (NLM), а также алгоритм с использованием глубокой нейронной сети U-Net в области вейвлет-преобразования.

В **третьей главе** разработаны алгоритмы фильтрации на основе обработки пространственно-ориентированных деревьев (ПОД) вейвлет-преобразования с использованием архитектуры рекуррентной нейронной сети LSTM и трансформера.

В **четвертой главе** описана программная реализация предложенных алгоритмов в виде комплекса IMPROC 3.0 на языке Python, представлены режимы его функционирования и пользовательский интерфейс.

В **заключении** корректно сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Достоверность результатов диссертации подтверждается теоретическими выкладками и корректным сравнением с известными методами по объективным метрикам качества и субъективной визуальной оценкой.

В качестве основных научных результатов, полученных в диссертации и определяющих ее научную новизну, можно отметить следующее:

– модифицированный алгоритм фильтрации зашумленных изображений на основе пороговой обработки вейвлет-коэффициентов с усилением НЧК в высокочастотных субполосах;

– адаптивный алгоритм фильтрации зашумленных изображений на основе пороговой обработки вейвлет-коэффициентов с локальной оценкой дисперсии шума при усилении НЧК;

– алгоритм фильтрации зашумленных изображений на основе модифицированного алгоритма пороговой вейвлет-обработки и фильтра Винера с использованием текстурного анализа;

– алгоритм фильтрации зашумленных изображений на основе применения метода нелокального усреднения в области вейвлет-преобразования;

– алгоритм фильтрации зашумленных изображений на основе применения архитектуры нейронной сети U-Net в области вейвлет-преобразования;

– алгоритмы фильтрации зашумленных изображений на основе обработки ПОД вейвлет-коэффициентов с использованием архитектур трансформера и рекуррентной нейронной сети LSTM.

Ценность результатов работы для науки и практики

Практическая ценность работы заключается в том, что разработанные алгоритмы могут быть эффективно использованы при анализе и обработке данных зашумленных изображений в задачах машинного зрения, дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), технической диагностики и контроля состояния объектов.

Предложенный комплекс алгоритмов позволяет существенно повысить пиковое отношение сигнал-шум (ПОСШ) и индекс структурного сходства (SSIM), а также снизить количество вносимых артефактов (оцениваемое по метрике GMSD) по сравнению с аналогами.

Результаты работы внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» и в практические разработки АО «Торговля и развитие электронных технологий E-STARS» (Социалистическая Республика Вьетнам).

Подтверждение опубликования основных результатов в научной печати

Основные результаты и положения диссертации докладывались и обсуждались на 8 научно-технических конференциях различного уровня, в том числе на 6 международных и 2 всероссийских. По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе 2 статьи в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus, 4 статьи в научных журналах из перечня ВАК РФ, а также получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, реализующих разработанные алгоритмы.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Содержание автореферата полностью отражает идеи, структуру, основные результаты и выводы диссертации.

Замечания по диссертационной работе

1. Вычислительная сложность всех алгоритмов представлена исключительно в виде асимптотических зависимостей от N (числа пикселей). Не приводятся фактические значения времени выполнения на конкретном вычислительном оборудовании (тип процессора, GPU, объём памяти). Какова реальная производительность наиболее сложных нейросетевых алгоритмов

(SOT_LSTM, SOT_TRANS, U-Net)? Позволяют ли они осуществлять обработку изображений в режиме реального времени?

2. Не указаны возможные направления дальнейшего развития предложенных алгоритмов. Планируется ли распространение принципа усиления НЧК на многоканальные (цветные или мультиспектральные) изображения? Возможно ли применение алгоритмов SOT_LSTM и SOT_TRANS для подавления иных видов шумов, отличных от спекл-шума?

3. В алгоритмах SOT_LSTM и SOT_TRANS структура ПОД преобразуется в фиксированную последовательность. Каким именно образом выполняется данное преобразование? Влияет ли порядок обхода узлов ПОД на качество восстановления коэффициентов, и проводилось ли сравнение различных стратегий обхода?

4. В тексте диссертации подробно описывается теоретическая асимптотическая вычислительная сложность разработанных алгоритмов, однако не приведено количественного сравнительного анализа реального времени выполнения предложенных алгоритмов на конкретной аппаратной базе.

5. В разделах 2.4, 3.2 и 3.3 указано, что обучение нейросетевых моделей (U-Net, LSTM и трансформера) проводилось на 50 синтетических парах изображений. Однако объем данного набора данных может оказаться недостаточным для полной оценки производительности и обобщающей способности данных моделей.

6. В тексте диссертации и автореферата встречаются незначительные орфографические, пунктуационные и синтаксические опечатки.

Отмеченные замечания носят частный характер и существенным образом не влияют на высокую оценку основных теоретических и практических результатов диссертации.

Заключение по диссертации

Диссертационная работа «Алгоритмы вейвлет-фильтрации и нейросетевой обработки зашумленных изображений на основе усиления низкочастотных компонент» является законченным научным исследованием, соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (с изменениями на 25.01.2024 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Чинь Ван Тоан заслуживает присуждения ученой

степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Оппонент:
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры цифровых технологий и машинного обучения ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова» (г. Ярославль)

_____ Приоров Андрей Леонидович

Приоров Андрей Леонидович – доктор технических наук (научная специальность 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения), профессор, профессор кафедры цифровых технологий и машинного обучения ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова».

Адрес: 150003, Россия, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14, лаб. 309

Телефон: +7 (4852) 79-77-75

E-mail: andcat@yandex.ru

Подпись д.т.н., проф. Приорова А.Л. удостоверяю

Заместитель начальника управления-
директор центра кадровой политики
Л.Н. Куфирина

17.08.2026

Я, Приоров Андрей Леонидович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Чинь Ван Тоан, и их дальнейшую обработку.

С отзывом ознакомлен
24.08.2026