ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА **24.2.375.01,**
созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21.09.2026 г. № 15

О присуждении Чинь Ван Тоан, гражданину Вьетнама, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Алгоритмы вейвлет-фильтрации и нейросетевой обработки зашумленных изображений на основе усиления низкочастотных компонент» по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» принята к защите 17.06.2026 г., протокол № 9, диссертационным советом 24.2.375.01 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» (РГРТУ) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1, утвержден приказом № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Чинь Ван Тоан, 1992 года рождения, в 2017 году окончил ФГКВОУ ВО ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж по специальности 24.05.05 «Интегрированные системы летательных аппаратов», получив диплом специалиста с отличием. С 2023 г. по 2026 г. обучается в очной аспирантуре при ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» и в настоящее время не работает.

Диссертация выполнена на кафедре автоматики и информационных технологий в управлении федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Бехтин Юрий Станиславович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автоматики и информационных технологий в управлении ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина».

Официальные оппоненты:

- Приоров Андрей Леонидович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры цифровых технологий и машинного обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова» (г. Ярославль),

- Орлов Алексей Александрович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой физики и прикладной математики Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых» (г. Муром),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» (г. Курск) **в своем положительном отзыве,** который подписали заведующий кафедрой вычислительной техники, доктор технических наук, доцент Чернецкая Ирина Евгеньевна, доцент кафедры вычислительной техники, кандидат технических наук, доцент Панищев Владимир Славиевич и утвердил проректор по научной работе и международной деятельности, кандидат технических наук, доцент Алтухов Александр Юрьевич, **указала, что** диссертация Чинь Ван Тоан

является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований осуществлено решение актуальной научно-технической задачи – обоснование, разработка, исследование и программная реализация алгоритмов анализа и обработки зашумленных изображений на основе усиления низкочастотных компонент (НЧК) при использовании вейвлет-преобразования и нейронных сетей. Результаты диссертации обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью, в достаточной степени представлены в опубликованных научных трудах автора. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы. Использование результатов работ других авторов сопровождается корректными ссылками на их публикации. Содержание диссертации и автореферата Чинь Ван Тоан соответствует специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» и удовлетворяет требованиям, предъявляемым п. 9 Положения о присуждении ученых степеней к кандидатским диссертациям, а автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Соискатель имеет 15 опубликованных работ по теме диссертации, среди которых 4 статьи в изданиях, входящих в перечень ВАК, 2 статьи, индексируемые в международной базе Scopus, 5 тезисов докладов на международных и всероссийских конференциях, а также получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, реализующих предложенные алгоритмы.

Наиболее значимые работы:

1. Y.S. Bekhtin and V.T. Trinh “Wavelet-based Filtering of Noisy Images by Amplification of Low-Frequency Components in High-Frequency Subbands”, 27th International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA), Moscow, Russian Federation, 2025, pp. 1-4. (*Чинь В. Т. провел разработку и исследование модифицированного алгоритма пороговой обработки вейвлет-*

коэффициентов с усилением низкочастотных компонент в высокочастотных субполосах).

2. Y. S. Bekhtin and V. T. Trinh, "Combined Speckle Removal Based on the Wiener Filter and Wavelet Transform using Texture Analysis," 7th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), Moscow, Russian Federation, 2025, pp. 1-5. (*Чинь В. Т. провел разработку и исследование алгоритма фильтрации спекл-шума на основе вейвлет-преобразования и фильтра Винера с использованием текстурного анализа).*

3. Чинь В. Т. Фильтрация зашумленных изображений на основе нейросетевой обработки пространственно ориентированных деревьев вейвлет-преобразования / Ю. С. Бехтин, В. Т. Чинь // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2025. – № 94. – С. 114-123. (*Чинь В. Т. провел разработку и исследование алгоритма фильтрации зашумленных изображений на основе обработки ПОД вейвлет-преобразования с использованием архитектуры рекуррентной нейронной сети LSTM).*

4. Чинь В. Т. Фильтрация спекл-шума радиолокационных изображений на основе обработки пространственно-ориентированных деревьев вейвлет-преобразования с помощью трансформера / Ю. С. Бехтин, В. Т. Чинь // Цифровая обработка сигналов. – 2025. – № 4. – С. 75-81. (*Чинь В. Т. провел разработку и исследование алгоритма фильтрации спекл-шума на основе обработки ПОД вейвлет-преобразования с использованием архитектуры нейронной сети трансформера).*

5. Чинь В. Т. Подавление спекл□шума изображений на основе усиления низкочастотных компонент в высокочастотных субполосах вейвлет-преобразования с использованием нейронной сети U-Net / Ю. С. Бехтин, В. Т. Чинь, А. В. Титова // Инженерный вестник Дона. – 2026. – № 2. (*Чинь В. Т. провел разработку и исследование алгоритма фильтрации спекл-шума на основе вейвлет-преобразования и архитектуры нейронной сети U-Net).*

6. Чинь В. Т. Метод фильтрации спекл-шума изображений, полученных с помощью радаров с синтезированной апертурой, на основе вейвлет-

преобразования и нелокального усреднения / В. Т. Чинь // Инженерный вестник Дона. – 2026. – № 2. (*Чинь В. Т. провел разработку и исследование алгоритма фильтрации спекл-шума изображений на основе вейвлет-преобразования и метода нелокального усреднения).*

На диссертацию и автореферат поступили отзывы

1. ФГАОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», г. Томск. Отзыв подписал профессор кафедры телевидения и управления, к.т.н., с.н.с. Курячий Михаил Иванович.

2. ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», г. Москва. Отзыв подписал эксперт Исследовательского центра искусственного интеллекта Института общественных наук, д.т.н., профессор Гостев Иван Михайлович.

3. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», г. Москва. Отзыв подписал профессор, д.ф.-м.н., профессор Рычагов Михаил Николаевич.

4. ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл. Отзыв подписал заведующий кафедрой радиотехнических систем, д.т.н., профессор Хафизов Ринат Гафиятуллович.

5. ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров. Отзыв подписала профессор кафедры радиоэлектронных средств, д.т.н., доцент Медведева Елена Викторовна.

6. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва. Отзыв подписал заведующий кафедрой прикладной математики и искусственного интеллекта, к.т.н., доцент Варшавский Павел Романович.

7. Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске. Отзыв подписал заведующий кафедрой Электроники и микропроцессорной техники, д.т.н., профессор Якименко Игорь Владимирович.

8. Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил "Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж. Отзыв подписали заместитель начальника 12-го факультета (авиационных средств связи), д.т.н., доцент Пономарев Андрей Владиславович и преподаватель 122-й кафедры средств связи (и авиационных комплексов связи), к.т.н. Чернышов Анатолий Павлович.

9. АО «Научно-исследовательский институт космического приборостроения», г. Москва. Отзыв подписал главный эксперт Отдела руководителей проектов Отделения 24 НТЦ-2, к.т.н., эксперт по стандартизации Куликова Елена Владимировна.

10. ФГБОУ ВО «Государственный технический университет геосистем и технологий» г. Новосибирск. Отзыв подписал и.о. декана факультета информационных технологий, заведующая кафедрой информационных систем, к.т.н., доцент Бугакова Татьяна Юрьевна.

11. ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск. Отзыв подписал доцент кафедры Автоматизации и робототехники, к.т.н., доцент Пастухова Елена Ивановна.

12. ФГБУ ВО «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета», г. Москва. Отзыв подписал старший научный сотрудник лаборатории информационного обеспечения отдела космической метеорологии, к.т.н., доцент Иваненко Андрей Юрьевич.

В отзывах указаны следующие **замечания**: в автореферате не приведено обоснование выбора конкретных значений уровня декомпозиции и типа вейвлет-базиса, использованных при экспериментальной проверке алгоритмов; целесообразно было бы привести сравнение нескольких вейвлет-базисов и оценить их влияние на эффективность фильтрации; в тексте автореферата не приведено сравнение эффективности разработанных алгоритмов с гомоморфной фильтрацией, которая преобразует мультипликативный шум в аддитивный, что, как правило, повышает качество обработки изображений в

пространственной и частотной областях; в автореферате не определены объём и семантика синтетических зашумлённых ансамблей изображений, используемых в экспериментальных исследованиях, а также их полнота для достоверной оценки параметров эффективности разработанных алгоритмов; не приведены оценки доверительных интервалов и вероятностей при сравнении с известными алгоритмами, при этом, например, выигрыш по пиковому отношению сигнал/шум составляет лишь доли децибела; в разделе «Научная новизна» целесообразно более чётко показать, чем именно предложенные алгоритмы принципиально отличаются от существующих методов; в автореферате не приведены сведения об объёме и составе тестовой выборки изображений, использованной при экспериментальной проверке предложенных алгоритмов; приведены лишь асимптотические оценки вычислительной сложности алгоритмов без результатов измерения времени их выполнения на конкретном вычислительном оборудовании; графики зависимости PSNR и SSIM от уровня шума представлены без пояснения методики их построения и усреднения результатов; из автореферата неясно, как формировалась база тестовых изображений для решения задачи фильтрации, а также использовались ли стандартные наборы изображений из открытых баз данных или синтетические изображения; не указано, как формировалось изображение с мультипликативным шумом, а также вид распределения шума; из автореферата непонятно, как усиление НЧК и их добавление в высокочастотную область спектра позволяют повысить эффективность обработки зашумленных изображений. Возможно, стоило бы представить оценку влияния НЧК на другие оценки; в автореферате приведены графики зависимостей ПОСШ и SSIM от дисперсии шума (рис. 1-5), однако для метрики GMSD, снижение которой приводится в тексте на уровне 47-53%, аналогичные зависимости не представлены. Это не позволяет в полной мере оценить объективность алгоритмов в части подавления визуальных артефактов при различных уровнях искажений; для нейросетевых алгоритмов (U-Net, LSTM, Transformer), функционирующих в области вейвлет-коэффициентов, не указаны объём

обучающей выборки, количество эпох и параметры оптимизации. Также остается неясным, требовались ли специализированные стратегии аугментации данных, обусловленные спецификой распределения вейвлет-коэффициентов; в раздел «Научная новизна» требуется более детально обосновать принципиальные различия между разработанными алгоритмами и известными аналогами; в автореферате не в полной мере раскрыты параметры экспериментального исследования; логика шага 6 модифицированного алгоритма пороговой обработки вейвлет-коэффициентов с усилением НЧК в высокочастотных субполосах (алгоритм 1) представлена преимущественно в формульном виде, содержательное пояснение того, почему выбраны именно такие условия сравнения коэффициентов, в автореферате отсутствует; в приведённых графиках не указано, по какому числу тестовых изображений и шумовых реализаций усреднялись значения метрик, что не позволяет оценить статистическую устойчивость представленных зависимостей; в заключении работы приводятся результаты с указанием численных значений, определенных показателями по отношению к зашумленному изображению; в свою очередь, по ходу изложения результатов по главам приводится сравнение с существующими методами, которые демонстрируют хотя и более скромные, но значительные результаты, свидетельствующие об эффективности устранения шума и зачастую трактуются как достаточные для этапа предварительной обработки изображений. Таким образом, из текста автореферата не совсем понятно, насколько значимы полученные результаты с теоретической и практической точки зрения, поскольку цель работы сформулирована не как достижение какого-либо результата по повышению «качества» или «повышения эффективности...», или «достижения конкретного уровня...», а как «... разработка алгоритмов ...»; как правило, при рассмотрении эффективности разработанных алгоритмов целесообразно указывать не только качественную, но и количественную оценку объема выполняемых операций по сравнению с существующими методами, что позволяет определить реализуемость разработанных алгоритмов для различных технических систем, в том числе на

базе мобильных объектов с учетом современной элементной базы; в автореферате диссертации отсутствуют сведения о теоретической значимости работы, а также не приведены рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы исследования, которые определены требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011; отсутствует справочный раздел «сокращения», необходимый в случае, когда в материале диссертации применяется ряд специфических научных понятий, не всем из которых в тексте даны развернутые расшифровки аббревиатур; в автореферате не указаны элементы обучения нейросетевых моделей, например объем обучающей выборки, стратегия оптимизации, что позволило бы оценить качество воспроизводимости; не указано, как предлагаемые алгоритмы работают на изображениях с высоким разрешением, хотя в диссертации упоминается возможность тайлинга, а также интерес вызывают цветные изображения; в заключении указано, что работа имеет важное теоретическое значение, однако суть теоретической значимости в автореферате явно не сформулирована; в автореферате не обозначены возможные направления дальнейшего развития предложенных алгоритмов, например их адаптация к иным видам зашумления изображений; недостаточно отражены преимущества вейвлет-преобразований по отношению к классическим преобразованиям Фурье; в тексте содержится значительное количество англоязычных сокращений, затрудняющих восприятие и требующих дополнительного уточнения.

Все отзывы на автореферат положительные и содержат вывод о том, что диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в данной области науки, наличием публикаций по тематике диссертации, что позволяет им определить теоретическую и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны алгоритмы вейвлет-фильтрации и нейросетевой обработки зашумленных изображений на основе усиления низкочастотных компонент (НЧК) в субполосах, обеспечивающие повышение эффективности фильтрации шума, и позволяющие снизить количество вносимых артефактов при сохранении границ объектов;

предложены: модифицированный алгоритм вейвлет-фильтрации зашумленных изображений на основе пороговой обработки вейвлет-коэффициентов с усилением НЧК; адаптивный алгоритм вейвлет-фильтрации с локальной оценкой дисперсии шума при усилении НЧК, позволяющий адаптировать порог к локальным характеристикам изображения; алгоритм комбинированной фильтрации на основе текстурного анализа, позволяющий выполнять локально-адаптивную обработку однородных и неоднородных областей; алгоритм фильтрации на основе вейвлет-преобразования и метода нелокального усреднения, позволяющий повысить качество фильтрации за счёт анализа сходства локальных структур вейвлет-коэффициентов; алгоритм нейросетевой обработки на основе архитектуры U-Net в области вейвлет-преобразования; алгоритмы обработки пространственно-ориентированных деревьев (ПОД) на основе нейронных сетей, ориентированные на моделирование зависимостей между коэффициентами, принадлежащими одной древовидной структуре;

доказана эффективность разработанных алгоритмов экспериментальным тестированием на реальных и синтетических зашумленных изображениях с оценкой по объективным метрикам качества (ПОСШ, SSIM, GMSD) и субъективной визуальной оценкой.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность повышения эффективности фильтрации зашумленных изображений за счёт выделения НЧК спектра изображений и их

добавления к субполосам с целью увеличения отношения сигнал-шум при предварительной обработке;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы элементы теории вейвлет-преобразования, теории цифровой обработки сигналов и изображений, методы машинного и глубокого обучения, инструменты программной инженерии;

изложены новые алгоритмы вейвлет-фильтрации и нейросетевой обработки зашумлённых изображений на основе усиления НЧК, которые обеспечивают повышение эффективности фильтрации шума и позволяют снизить количество вносимых артефактов;

раскрыта проблема снижения эффективности пороговой обработки вейвлет-коэффициентов при фильтрации мультипликативного шума, приводящая к размытию границ объектов, потере мелких фрагментов и появлению артефактов;

изучены особенности использования вейвлет-фильтрации зашумленных изображений и обработки вейвлет-коэффициентов;

проведена модернизация известных теоретических и практических подходов к вейвлет-фильтрации и нейросетевой обработке зашумленных изображений, что обеспечило снижение мультипликативного шума и повышение качества изображений.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработанные в рамках исследования алгоритмы вейвлет-фильтрации и нейросетевой обработки зашумленных изображений **внедрены** в учебный процесс для проведения практических занятий по дисциплинам «Методы сжатия изображений» и «Предварительная обработка изображений» в ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» и **использованы** в АО «Торговля и развитие электронных технологий E-STARS» (Социалистическая Республика Вьетнам) при

исследовании, разработке и проектировании программных модулей предварительной обработки изображений;

определены показатели и численные оценки эффективности разработанных алгоритмов;

создан программный комплекс IMPROC, интегрирующий разработанные алгоритмы вейвлет-фильтрации и нейросетевой обработки зашумленных изображений;

представлены результаты экспериментальных исследований предложенных алгоритмов, акты внедрения результатов исследования.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использованы репрезентативные наборы реальных и синтетических зашумленных изображений, применена комплексная система объективных метрик качества (ПОСШ, SSIM, MS-SSIM, GMSD), выполнено сравнение разработанных алгоритмов с известными аналогами в идентичных условиях моделирования;

теория основана на адекватных, апробированных статистических моделях мультипликативного шума, на корректном использовании математического аппарата вейвлет-преобразования, нейронных сетей и согласуется с результатами экспериментальных исследований;

идея базируется на усилении НЧК зашумленного изображения в субполосах вейвлет-преобразования, позволяющем повысить отношение сигнал-шум, а также на применении различных, в том числе нейросетевых, методов обработки вейвлет-коэффициентов для увеличения эффективности фильтрации зашумленных изображений;

использованы известные алгоритмы фильтрации и обработки зашумленных изображений для сравнения с предложенными автором алгоритмами;

установлено, что результаты, полученные автором, не противоречат известным решениям аналогичных задач, а предлагаемые алгоритмы в ряде случаев превосходят известные методы по эффективности;

использованы численные оценки эффективности предложенных алгоритмов путем имитационного моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в разработке и программной реализации новых эффективных алгоритмов вейвлет-фильтрации и нейросетевой обработки зашумленных изображений, проведении экспериментальных исследований на реальных и синтетических данных с получением численных оценок эффективности, обосновании преимуществ предложенных решений по сравнению с известными аналогами.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие **критические замечания**:

1. В работе не в полной мере раскрыты объём и состав обучающих и тестовых выборок изображений, использованных при экспериментальной проверке разработанных алгоритмов, что затрудняет оценку достоверности и воспроизводимости полученных результатов.

2. Недостаточно обоснован выбор конкретных архитектур нейросетей.

3. Вычислительная сложность разработанных алгоритмов оценивается исключительно асимптотически, в зависимости от числа пикселей, без приведения фактических значений времени выполнения на конкретном вычислительном оборудовании, что не позволяет судить о применимости алгоритмов для обработки изображений в режиме реального времени.

4. Недостаточно раскрыты перспективы дальнейшего развития предложенных алгоритмов, а именно: не рассмотрена возможность их применения к многоканальным изображениям и адаптации к иным видам зашумления, отличным от спекл-шума.

Соискатель Чинь Ван Тоан согласился с замечаниями и ответил на все задаваемые ему в ходе заседания вопросы с приведением собственной аргументации.

На заседании 21.09.2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Чинь Ван Тоан ученую степень кандидата технических наук за решение актуальной научной задачи вейвлет-фильтрации зашумленных изображений, имеющей значение для развития цифровой обработки изображений.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 10 докторов наук по специальности 2.3.1., участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета,
д-р техн. наук, доцент Гусев Сергей Игоревич

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д-р техн. наук, доцент Пруцков Александр Викторович

21.09.2026 г.