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,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 16.09.2026 № 13

О **присуждении** Кузнецову Леониду Львовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Алгоритмы сегментации радиолокационных изображений для определения водной поверхности и суши в системах обработки данных дистанционного зондирования Земли» по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» принята к защите 17.06.2026 г., протокол № 11, диссертационным советом 24.2.375.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» (ФГБОУ ВО «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 Кузнецов Леонид Львович, 29 июня 1998 года рождения, в 2025 году успешно окончил аспирантуру при ФГБОУ ВО «РГРТУ» по научной специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика», работает инженером НИОКР 2-й категории в НИИ «Фотон» ФГБОУ ВО «РГРТУ» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в НИИ «Фотон» ФГБОУ ВО «РГРТУ» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Гусев Сергей Игоревич, заведующий кафедрой «Космические технологии» ФГБОУ ВО «РГРТУ» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

- Ташлинский Александр Григорьевич, доктор технических наук, профессор, директор НИЦ «Сигнал» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет» (г. Ульяновск),

- Кашницкий Александр Витальевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела «Технологий спутникового мониторинга» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук (г. Москва),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (ФГБОУ ВО ПГУТИ) (г. Самара) **в своем положительном отзыве**, который подписал старший научный сотрудник структурного подразделения ФГБОУ ВО ПГУТИ – «Центра радиолокационного дистанционного зондирования Земли», кандидат технических наук, Борисенков Алексей Владимирович и утвердил проректор по научной работе ФГБОУ ВО ПГУТИ, доктор технических наук, профессор Горячкин Олег Валериевич, **указала, что** диссертация является завершенным научным исследованием, содержащим новые научно обоснованные технические решения в области обработки радиолокационных изображений; обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью, выводы работы являются обоснованными и достоверными; диссертация соответствует требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Соискатель имеет 14 опубликованных работ по теме диссертации, среди которых 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, 6 статей и тезисов докладов на международных и всероссийских конференциях.

Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в диссертации отсутствуют.

Наиболее значимые работы:

1. Гусев С.И., Кузнецов Л.Л. Метод кластеризации на основе анализа максимумов гистограммы в задачах сегментации изображений в системах дистанционного зондирования Земли. Перспективы науки. 2025. № 6 (189). С. 39–43. (*Кузнецовым Л.Л. разработана структура детерминированного алгоритма адаптивной кластеризации по максимумам гистограммы, обладающего высокой точностью кластеризации и быстродействием, о чем свидетельствуют приведенные в публикации экспериментальные исследования).*

2. Гусев С.И., Кузнецов Л.Л. Принятие решений о классе пикселей многоканального радиолокационного изображения по результатам классификации пикселей отдельных каналов в системах дистанционного зондирования Земли. Перспективы науки. 2025. № 7 (190). С. 15–19. (*Кузнецовым Л.Л. проведено исследование достоверности сегментации при комплексировании результатов сегментации многоканальных радиолокационных изображений с помощью взвешенного голосования, показавшее лучший результат для данного способа, по сравнению с другими*).

3. Гусев С.И., Кузнецов Л.Л. Классификация объектов радиолокационных изображений по признаку принадлежности к водной поверхности на основе текстурного анализа в системах дистанционного зондирования Земли. Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. 2025. Т. 17. № 3. С. 22–28. (*Кузнецовым Л.Л. выполнена сегментация изображений на основе различных текстурных признаков Харалика, а также определены диапазоны границ между классами водной поверхности и суши*).

4. Кузнецов Л.Л. Алгоритм повышения точности классификации объек-

тов радиолокационных изображений по критерию принадлежности к водной поверхности или суше с использованием цифровой модели рельефа. Вестник РГРТУ. 2026. № 95. С. 202–214.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы

1. Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (Московская обл., г. Химки). Отзыв подписали: начальник отдела организации научной работы, д.т.н. Кузнецов Дмитрий Александрович; ведущий инженер-конструктор, к.т.н. Герасимчук Владимир Васильевич.

2. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета» (г. Москва). Отзыв подписали: научный руководитель, д.ф.-м.н., проф., заслуженный деятель науки РФ, академик Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского Асмус Василий Валентинович; заместитель главного инженера, к.ф.-м.н. Кровотынцев Владимир Анатольевич.

3. Акционерное общество «Московский научно-исследовательский институт «Агат» (Московская обл., г. Жуковский). Отзыв подписал ученый секретарь НТС, к.т.н. Потапов Михаил Владимирович.

4. Филиал акционерного общества «Ракетно-космический центр «Прогресс» – Особое конструкторское бюро «Спектр» (г. Рязань). Отзыв подписал начальник отдела 4374, к.т.н. Труханов Сергей Викторович.

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет» (г. Самара). Отзыв подписал профессор кафедры «Электромеханика и автомобильное оборудование», д.т.н. Кузнецов Павел Константинович.

6. АО «Российские космические системы» Научный центр оперативного мониторинга Земли (г. Москва). Отзыв подписали: старший научный сотрудник отдела целевого применения КС ДЗЗ радиолокационного наблюдения, к.т.н. Костюк Евгений Александрович; главный специалист отдела координации и планирования работ центра оценки качества данных ДЗЗ, к.т.н. Тихонычев Виктор Викторович.

В отзывах указаны следующие **замечания**: неясно, как определяется метрика качества для каждого из каналов (есть ли эталоны) и их нормировка для первого варианта алгоритма комплексирования результатов сегментации многоканального радиолокационного изображения, что, вероятно, способно оказать влияние на результат сравнения средней по четырем каналам; неясно, как учитывается в алгоритме различие разрешений каналов и как в этом случае устраняется геометрический сдвиг; неясно, производил ли автор в своих исследованиях смещение порога в пользу воды (например, с 0,5 до 0,4), снижая этим ложное обнаружение суши, поскольку радары чаще ошибаются на суше (из-за теней и подстилающей поверхности); неясно, как учитывались артефакты (мосты, дамбы, сезонные водоёмы и болота) цифровой модели региона, имеющие угол 0, а также из-за неравномерных весов на границах; неясно, предусмотрено ли жёсткое (попиксельное) комплексирование двух независимых источников с целью объединения вероятности из радиолокационных изображений (РЛИ) и цифровой модели региона (ЦМР) в одну итоговую карту уверенности (например, по формуле Байеса); при описании текстурного анализа в автореферате не указаны параметры построения матрицы смежности уровней яркости (направление, число уровней квантования, размер окна обработки), от которых существенно зависят значения признаков Харалика, что может влиять на получаемые результаты; из текста неясно, применялась ли предварительная фильтрация спекл-шума перед вычислением текстурных признаков. Этот этап обычно позволяет повысить качество радиолокационных изображений, что могло бы положительным образом сказаться на достоверности результатов сегментации; в разделе «Степень разработанности темы» (стр. 1-2) следует уточнить – как создавалась и развивалась в СССР космическая радиолокация. Первая в мире система оперативных наблюдений за состоянием Мирового океана и морского ледяного покрова (космическая система серии «Океан», оснащенная радиолокационной станцией бокового обзора) была запущена в советском Союзе в 1983 году. Первый космический аппарат (КА) этой серии был «Космос-1500», всего этой серии было запущено 10 КА, которые эксплуатировались с 1983 по 2000

годы. Головной разработчик спутниковой радиолокационной системы - Харьковский институт радиоэлектроники. После распада СССР работы по данному направлению были продолжены уже в России. В 2024 г. был запущен КА «Метеор-М» №2-4, на котором был установлен бортовой радиолокационный комплекс БРЛК «МетеоСАР» и который успешно эксплуатируется в настоящее время. БРЛК «МетеоСАР» был создан во ФГУП «РНИИРС» (г. Ростов-на-Дону). В связи с тем, что не все ученые и специалисты, указанные в первой строчке на стр. 2, являются специалистами в области создания космических систем радиолокационного наблюдения Земли, необходимо после слов: «создания», добавить слова: «и использования»; в главе 1 на стр. 5 и в главе 4 на стр. 15 речь идет о натурных радиолокационных изображениях от КА «RadarSat-2» и/или «Sentinel-1», по которым должна быть проведена оценка достоверности алгоритмов сегментации радиолокационных изображений для определения водной поверхности и суши. Для решения этой задачи указания названий КА будет недостаточно, необходимо также указать режим спутниковой съемки и его параметры: пространственное разрешение (у радиолокатора их несколько, а выбрать необходимо одно) и поляризацию (у радиолокатора их четыре, а выбрать придется одну ко-поляризацию и одну кросс-поляризацию); при описании разработанного АС не указаны использованные значения параметров, определяющих его работу, хотя их задание является первым шагом алгоритма АКМГ; сравнение предлагаемого алгоритма АС было проведено только с аналогом на основе K-Means++, а с учётом того, что во введении автор упоминает применимость для решения задач нейросетевых методов, было бы целесообразно привести сопоставление с ними для повышения аргументации в пользу предложенного автором нового детерминированного подхода; ее описана процедура получения весовых коэффициентов ω и порогов t в алгоритме комплексирования. Из автореферата неясно, оптимальны ли приведенные значения в каком-либо смысле и в какой мере они переносятся на данные, полученные другими сенсорами или в других режимах съемки; отсутствует анализ вычислительной сложности предложенных алгоритмов в зависимости от размеров

изображения и окон обработки. Приведены лишь абсолютные значения времени выполнения на конкретной выборке, что затрудняет прогнозирование производительности при масштабировании; в тексте автореферата достаточно полно раскрыта задача бинарной сегментации «вода/суша», однако следовало бы уточнить, рассматриваются ли в работе переходные или неоднозначные классы: заболоченные территории, лед, влажные почвы и др.; в первой главе автореферата предложен алгоритм сегментации на основе детерминированного алгоритма кластеризации. Но не обозначено, какое число кластеров формируется для достижения полученных результатов; К сожалению, автор не рассмотрел возможности методов искусственного интеллекта в решении поставленной в диссертации задачи. Использование нейронных сетей могло бы повысить достоверность ее решения; версия программного обеспечения высокоуровневой обработки, установленная в настоящее время в НЦ ОМЗ на средствах обработки радиолокационной информации КА РЛН «Обзор-Р», не содержит программной реализации алгоритмов определения границ вода – суша, разработанных в настоящей диссертации. Упоминания об указанных автором алгоритмах в технической документации комплекса высокоуровневой обработки также отсутствуют; автореферат не содержит данных о параметрах радиолокационных изображений, использованных при его практической отработке, что не позволяет судить о границах его применимости; в автореферате отсутствуют сведения о практической отработке разработанных в диссертации методов и алгоритмов с использованием радиолокационных данных, полученных с отечественных КА РЛН «Кондор-ФКА», «Обзор-Р».

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 публи-

каций по тематике диссертации, что позволяет им определить теоретическую и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан детерминированный алгоритм адаптивной кластеризации по максимумам гистограммы, обладающий точностью кластеризации по метрике внутрикластерной суммы квадратов, близкой к алгоритму K-Means++, и в 100–250 раз меньшим временем расчета кластеров;

предложен: алгоритм сегментации радиолокационных изображений для определения водной поверхности и суши с достоверностью сегментации не менее 90 % и обеспечивающий повышение быстродействия на 35–50 %; алгоритм комплексирования результатов сегментации многоканального радиолокационного изображения, позволяющий повысить достоверность до 2,5 % по отношению к алгоритму сегментации; алгоритм формирования маски классов поверхности, позволяющий выполнить сегментацию с достоверностью не менее 93 %;

доказана эффективность алгоритмов, выносимых на защиту, при решении задачи сегментации радиолокационных изображений для определения водной поверхности и суши по материалам натурной радиолокационной съемки Земли;

введено правило классификации фрагментов цифровой модели рельефа на категории «вода», «не вода» и «не определено», основанное на анализе относительных высот в малом и большом окне обработки и учитывающее среднюю высоту, уклон поверхности и степень ее однородности.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано обеспечение повторяемости результатов сегментации с применением предложенного алгоритма сегментации радиолокационных изображений от космических систем дистанционного зондирования Земли, основанного на использовании разработанного детерминированного алгоритма кластеризации;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы системного анализа, цифровой обработки изображений, математической статистики;

изложены новые алгоритмы сегментации радиолокационных изображений для определения водной поверхности и суши, обеспечивающие повышение достоверности и повторяемости результатов сегментации;

раскрыты методологические принципы построения алгоритмов, сочетающих текстурные, поляриметрические и топографические информативные признаки объектов, что позволило повысить достоверность сегментации;

изучены методы кластеризации, текстурного анализа, поляриметрической классификации; определен характер зависимости между статистическими характеристиками изображения и значениями второго углового момента по Харалику;

проведена модернизация алгоритмов обработки радиолокационных изображений для разделения водной поверхности и суши, что обеспечило повышение достоверности и повторяемости результатов.

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

разработаны и внедрены авторские алгоритмы в АО «Ракетно-космический центр «Прогресс» (г. Самара) и в учебный процесс ФГБОУ ВО «РГРТУ»;

определены показатели эффективности разработанных алгоритмов и их численные оценки;

создан программный модуль сегментации радиолокационных изображений;

представлены результаты экспериментальных исследований предложенных алгоритмов на основе натурной радиолокационной информации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ применены статистически представи-

тельные натурные данные, обоснованы численные показатели эффективности предложенных алгоритмов сегментации радиолокационных изображений;

теория построена на методах системного анализа, цифровой обработки изображений, математической статистики и согласуется с результатами экспериментальных исследований;

идея базируется на комплексном использовании текстурных, поляриметрических и топографических признаков объектов радиолокационных изображений систем дистанционного зондирования Земли;

использованы известные алгоритмы решения задачи сегментации изображений для сравнения с предложенными автором алгоритмами;

установлено, что результаты, полученные автором, не противоречат известным решениям аналогичных задач, а предлагаемые алгоритмы превосходят их по эффективности;

использованы численные оценки эффективности предложенных алгоритмов.

Личный вклад соискателя состоит в разработке новых эффективных алгоритмов сегментации радиолокационных изображений для определения водной поверхности и суши, их программной реализации, проведении экспериментальных исследований на натурных данных с получением численных оценок эффективности, обосновании преимущества предложенных решений по сравнению с известными аналогами, интеграции разработанных алгоритмов в специальное программное обеспечение высокоуровневой обработки радиолокационной информации космического аппарата «Обзор-Р» № 1.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что согласно п. 9 Положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней диссертация Кузнецова Л.Л. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новые научно обоснованные технические решения в виде алгоритмов обработки изображений, полученных отечественными системами радиолокационного наблюдения Земли, имеющих существенное значение для гидрометеоро-

логии, сельского хозяйства, градостроительства и других отраслей народного хозяйства страны.

В ходе защиты диссертации соискателю были высказаны следующие **критические замечания**: недостаточно раскрыто понятие используемого термина достоверности; недостаточно объяснена эффективность от полученного прироста в точности и сокращения времени вычислений; не рассматривался вопрос оптимизации оконной обработки; недостаточно объяснен авторский вклад при использовании поляриметрической классификации Клода-Потье; не использовались существующие пакеты (например, на языке Python), которые могли содержать инструменты для решения поставленных задач. На замечания соискатель дал аргументированные ответы.

На заседании 16.09.2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Кузнецову Л.Л. ученую степень кандидата технических наук за новые научно обоснованные технические решения, повышающие качество сегментации радиолокационных изображений, полученных при дистанционном зондировании Земли в интересах народного хозяйства страны.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 12 докторов наук по специальности 2.3.1, участвовавших заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 1, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета,
д-р техн. наук, профессор — Клочко Владимир Константинович

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

16.09.2026 г.