ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Ушенкина Виктора Андреевича
«Методы и алгоритмы совместной обработки информации от космических систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

На отзыв представлена диссертация общим объёмом 403 страницы текста (с приложениями) и автореферат объёмом 36 страниц. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 330 наименований и приложения с копиями пяти актов об использовании результатов диссертационной работы. Иллюстративный материал состоит из 68 рисунков и 18 таблиц.

Актуальность темы диссертации В.А. Ушенкина обосновывается, с одной стороны, быстро расширяющейся сферой использования данных космического дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в самых разных приложениях, а с другой стороны, принципиальными ограничениями применяемых способов получения данных ДЗЗ и несовершенством аппаратуры, установленной на космических аппаратах и осуществляющей зондирование. Применяемые в настоящее время оптико-электронные и радиолокационные системы ДЗЗ хорошо дополняют друг друга по возможностям, но обладают специфическими недостатками. Рациональным решением выглядит совместное использование данных, получаемых от разных систем, позволяющее нивелировать их недостатки и поднять информационную ценность получаемых в итоге синтетических изображений Земли. К сожалению, существующие методы и информационные технологии обработки и комплексирования разнородных данных ДЗЗ, реализованные в известных, в основном, зарубежных программных системах, недостаточно эффективны и по качеству получаемых геоинформационных продуктов, и по скорости обработки больших объёмов поступающих данных. Поэтому диссертация В.А. Ушенкина, в которой с единых позиций системного анализа рассматривается и исследуется комплекс новых или модернизированных математических методов, вычислительных алгоритмов и программных средств обработки и комплексирования оптических и радиолокационных данных ДЗЗ, отличающихся повышенной эффективностью, представляет

собой существенный вклад в решение важной научной и прикладной проблемы, в развитие космической отрасли России.

Новизна научных положений. В рамках диссертационного исследования разработаны и исследованы методы и алгоритмы совместной обработки цифровых данных ДЗЗ, получаемых радиолокационными и оптико-электронными космическими системами наблюдения Земли, которые позволяют улучшить качество выходных геоинформационных продуктов и повысить скорость их формирования. Указанные методы и алгоритмы соответствуют положениям, выносимым автором диссертации на защиту:

- алгоритмы бортового сжатия радиоголограмм и оптических изображений земной поверхности с потерями на основе блочно-адаптивного квантования и энтропийного кодирования (для радиоголограмм) и нейросетевых моделей (для оптических изображений), позволяющие при заданной степени сжатия уменьшить уровень искажений до 5% по сравнению с известными детерминированными алгоритмами;
- методы уточнения угловой ориентации космического аппарата с совместным использованием измерений оптико-электронных приборов и результатов амплитудного анализа радиолокационных изображений, позволяющие оценить угол крена со среднеквадратической ошибкой 1,5' и на 28 % сократить временные затраты на уточнение углов рысканья и тангажа;
- алгоритмы геодезической привязки и геометрической обработки радиолокационной информации на основе её совмещения с опорными оптическими изображениями, позволяющие повысить точность оценки координат объектов в среднем до 4 м и значительно сократить время формирования стандартных информационных продуктов;
- метод объединения радиолокационных изображений с восходящего и нисходящего витков орбиты на основе нечеткой логики и использования низкодетальной высотной информации от оптико-электронных систем, позволяющий в среднем в 6 раз уменьшить площадь геометрических искажений без образования ложных границ;
- метод высокоточной обработки интерферометрических изображений с целью получения цифровых моделей высот на основе анализа сюжета интерферометрического изображения и привлечения низкодетальной высотной информации от оптико-электронных систем наблюдения Земли,

позволяющий в среднем в 10 раз уменьшить среднеквадратическую ошибку определения высот по сравнению с лучшими зарубежными аналогами;

- алгоритм высокоскоростной нейросетевой сегментации облачности на оптических изображениях с целью выявления атмосферных искажений на радиолокационных интерферограммах, позволяющий примерно в 22 раза сократить объем вычислений по сравнению с известной архитектурой «U-Net» при сохранении высокой точности сегментации;
- алгоритмы объединения разнородной информации от космических систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли, позволяющие примерно на 3 % уменьшить среднеквадратическую ошибку измерения высоты по сравнению с лучшей из объединяемых цифровых моделей местности, примерно на 10 % снизить потери информативности объединяемых изображений и представить радиолокационные изображения в естественных цветах.

Достоверность научных положений вытекает из корректного использования математического аппарата, результатов моделирования и вычислительных экспериментов, подкрепляющих теоретические выводы диссертации и сопоставленных с известными аналогами, а также подтверждается успешным использованием разработанных программных комплексов обработки информации ДЗЗ в ведущих российских предприятиях ракетно-космической отрасли.

Обоснованность научных положений подтверждается результатами проведённых теоретических и экспериментальных исследований, использованием статистически представительных наборов натурных данных радиолокационного и оптико-электронного ДЗЗ, а также апробацией на 16 международных и 16 всероссийских профильных научно-технических конференциях.

Публикации по теме диссертации. Основные результаты и научные положения диссертации достаточно полно опубликованы в 100 работах, среди которых 23 статьи в изданиях по списку ВАК (категории К1 и К2), один патент на изобретение, пять свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ, две коллективные монографии. Также автором опубликованы две статьи в других изданиях и 65 тезисов докладов на профильных конференциях.

Замечания по диссертации

1. В положениях, выносимых на защиту (стр.15) записано, что удалось: «повысить точность оценки координат объектов в среднем до 4 м». Лучше указывать эту характеристику не в метрах, а в пикселях, чтобы не привязывать её к конкретной системе ДЗЗ.
2. На рис 1.4 (стр.37) показано, что обнаружение и распознавание объектов требует использования гиперспектральных изображений. Это неточно: задача распознавания, в частности, попиксельной классификации успешно решается и для более распространенных мультиспектральных изображений.
3. В разных задачах, решаемых в диссертации, автор использует различные виды интерполяции (далее указаны страницы первых упоминаний): по ближайшему соседу (254), кусочно-линейная (158), кусочно-параболическая (155), методом обратных взвешенных расстояний (193), Ланцоша (185). Однако в диссертации не удалось обнаружить решения одной и той же задачи, но с разными интерполяторами, которое позволило бы обоснованно выбрать лучший из них.
4. При первых упоминаниях интерполятора Ланцоша (стр.185) и метода обратных взвешенных расстояний (стр.193) следовало бы дать ссылку на источник, где дано их описание.
5. Стр.296, 297, рисунки 6.6, 6.7. В диссертации отсутствуют объяснения немонотонности кривых для алгоритма JPEG, а именно, локального уменьшения искажений при увеличении степени сжатия.
6. В пунктах 6.3.2-6.3.5 приводится подробное описание интерферометрической обработки, выполняемой различными зарубежными программными комплексами. Эти материалы являются чисто информационными, не содержат научной новизны, поэтому их следовало бы вынести в приложение, при этом добавить ссылки на источники (документацию), из которых это описание взято.
7. В рамках параграфа 5.1 отмечено, что на валидационной выборке наилучшие результаты сегментации облачности обеспечиваются при использовании всех трех уровней радиометрической обработки, однако в главе 6 приведены численные оценки качества на обширной тестовой выборке только для случаев, когда используется один или два уровня радиометрической обработки.

8. При экспериментальной оценке эффективности алгоритма уточнения геодезической привязки радиолокационного изображения на основе геометрического совмещения с опорным оптическим снимком приведено только среднее значение точности привязки, однако с учетом достаточно сильного разброса оценок, полученных по отдельным изображениям и приведенных в таблице 6.7, было бы целесообразно указать и разброс (дисперсию) остаточной ошибки привязки.
9. В главе 6 приведены результаты экспериментальных исследований предложенного метода интерферометрической обработки в сравнении с известными решениями. Указаны средние оценки точности по выборке из 10 интерферометрических пар и примеры погрешности для 4 пар. В то же время точность обработки сильно зависит от типа наблюдаемого участка земного поверхности: равнинного участка, горной местности, высотной городской застройки и др. Было бы целесообразно привести оценки точности предложенного метода и известных решений для каждого из указанных типов.
10. В параграфе 5.3 указано, что алгоритм объединения радиолокационных и оптических изображений на основе выделения важных объектов имеет параметры (пороговый коэффициент и размер апертуры фильтра), которые подбираются индивидуально в зависимости от объектов интереса с возможностью перестройки «на лету» результата объединения. Однако в главе 6 не приведено, как изменяется эффективность предложенного алгоритма при варьировании этими параметрами.

Указанные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы в целом.

Заключение. Оценивая диссертацию в целом, можно констатировать, что, при всех сформулированных выше замечаниях, она представляет собой завершенное научное исследование, выполненное по весьма актуальной теме. Результаты диссертации обладают научной новизной и практической полезностью, являются обоснованными и достоверными, они в необходимой степени опубликованы. Диссертация и автореферат изложены в научном стиле и надлежащим образом оформлены. Содержание автореферата соответствует диссертации и отражает основные результаты исследования.

Таким образом, представленная диссертация отвечает всем требованиям действующего Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, а её автор Ушенкин Виктор Андреевич безусловно заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Я, Сергеев Владислав Викторович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент В.В. Сергеев

Дата составления отзыва: 13.07.2026 г.

Сведения о составителе отзыва

Сергеев Владислав Викторович, доктор технических наук, профессор.

Защитил докторскую диссертацию в 1993 году по специальности 05.13.16. «Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях».

Организация: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», 443086, г. Самара, Московское шоссе, д. 34; http://ssau.ru/ , +7 846 335-18-26.

Должность: профессор кафедры геоинформатики и информационной безопасности.

Контактный телефон: +7 937 996-73-32,

e-mail: sergeev.vv@ssau.ru , vserg@geosamara.ru.

Подпись Сергеева В.В. удостоверяю.
Начальник отдела сопровождения деятельности ученых советов Самарского университета
Бояркина Бояркина У.В.
«13» июля 2026 г.

С отзывом ознакомлен 22.07.2026 г.