Минобрнауки России

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4 | тел.: +7 499 158-92-09 | www.mai.ru | e-mail: mai@mai.ru
ОГРН 1037739180820 | ИНН 7712038455

У Т В Е Р Ж Д А Ю

Проректор по научной работе,
доктор технических наук, доцент

_____ А.В. Иванов

«02» 07 2026 г.

М.П.

ОТЗЫВ

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

Актуальность темы диссертационного исследования. Космические системы оптико-электронного и радиолокационного наблюдения Земли позволяют оперативно получать объективную информацию о состоянии различных объектов на земной поверхности. Тактико-технические характеристики таких систем во многом зависят от применяемых методов и алгоритмов обработки целевой информации. При этом совместное использование радиолокационных и оптико-электронных данных позволяет суммировать преимущества и парировать недостатки двух рассматриваемых видов космического наблюдения Земли.

Диссертационное исследование нацелено на улучшение радиометрического и геометрического качества, а также увеличение скорости формирования информационных продуктов космических систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли за счет

совместной обработки информации от таких систем. Улучшению подвергаются такие важные тактико-технические характеристики, как точность координатной привязки и точность формирования цифровых моделей высот. Также улучшаются изобразительные свойства космических снимков. Это делает тему диссертации весьма актуальной.

Научная новизна результатов диссертационного исследования. В процессе диссертационных исследований соискателем получены новые научные результаты, отличные от результатов, полученных другими авторами. В диссертации предложены и исследованы новые методы и алгоритмы совместной обработки информации от радиолокационных и оптико-электронных космических систем наблюдения Земли. Приведенные результаты экспериментальных исследований показали, что предложенные методы и алгоритмы позволяют до 5 % уменьшить уровень искажений при бортовом сжатии радиоголограмм и оптических изображений, оценить угол крена космического аппарата с точностью до 1,5', на 28 % сократить временные затраты на уточнение углов рысканья и тангажа, повысить точность оценки координат объектов по радиолокационным изображениям до 4 м при их совмещении с оптическими снимками, в среднем в 6 раз уменьшить площадь геометрических искажений на радиолокационных изображениях, снятых на восходящем и нисходящем витках орбиты, без образования ложных границ в условиях низкой детальности привлекаемой высотной информации от оптико-электронных систем, в среднем в 10 раз повысить точность формирования интерферометрических цифровых моделей высот по сравнению с лучшим доступным на рынке программным обеспечением, в 22 раза сократить объем вычислений по сравнению с известной архитектурой «U-Net» в задаче сегментации облачности, повысить точность и информативность при объединении разнородной информации от космических систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли. Предложенные методы и алгоритмы, их основа и эффективность составляют 7 положений, выносимых на защиту.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертационного исследования для развития соответствующей отрасли

науки. В диссертации изложены новые научно обоснованные технические решения в виде методов и алгоритмов совместной обработки информации от радиолокационных и оптико-электронных космических систем наблюдения Земли, которые позволяют улучшить радиометрическое и геометрическое качество, а также увеличить скорость формирования первичных, стандартных, производных (базовых) и тематических информационных продуктов таких систем.

На основе предложенных методов и алгоритмов созданы программные средства обработки спутниковой информации, получившие внедрение в ведущих предприятиях ракетно-космической отрасли страны: Ракетно-космическом центре «Прогресс», Центральном НИИ машиностроения, Корпорации «Российские космические системы» и НИИ космических систем имени А.А. Максимова – филиале Государственного космического научно-производственного центра имени М.В. Хруничева.

Практическое внедрение предложенных методов и алгоритмов и созданных на их основе программных средств вносит значительный вклад в повышение эффективности использования спутниковых данных в России на федеральном, отраслевом и региональном уровнях.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования подтверждается достаточной полнотой учета факторов, определяющих особенности процесса обработки информации от космических систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли, корректным использованием математического аппарата, математическим и имитационным моделированием, экспериментальными исследованиями, сопоставлением с альтернативными подходами и практическим внедрением.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 100 работах, в том числе в 23 статьях в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК (категории К1 и К2), 2 коллективных монографиях и 2 учебных пособиях. Получены 5 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ и 1 патент на изобретение. Результаты работы апробированы на 16 международных и 16 всероссийских профильных конференциях. Опубликовано 65 тезисов докладов.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации. Полученные в работе результаты и выводы рекомендуются к применению в организациях, решающих задачи в области создания и эксплуатации космических систем ДЗЗ, а именно:

– при создании бортовых и наземных средств обработки целевой информации от новых отечественных радиолокационных, оптико-электронных и гибридных космических систем дистанционного зондирования Земли;

– при создании универсальных программных средств обработки информации от существующих отечественных и зарубежных космических систем дистанционного зондирования Земли («TerraSAR-X»/«TanDEM-X», «COSMO-SkyMed», «RadarSat-1,2», «Sentinel-1», «Кондор-ФКА», «Обзор-Р», «Метеор-М», «Ресурс-П», «Канопус-В» и др.).

Недостатки работы

1. В рамках Положения 1, выносимого на защиту, предложены два алгоритма сжатия целевой информации. Один алгоритм предназначен для независимого сжатия радиогололограмм, другой – для независимого сжатия оптических изображений. Однако возможность совместного сжатия радиогололограмм и оптических изображений, одновременно формируемых на борту гибридного космического аппарата, в диссертации не рассмотрена, хотя совместное сжатие потенциально может оказаться более эффективным за счет частичной коррелированности радиолокационных и оптических данных об одном и том же участке земной поверхности.

2. В рамках Положения 2, выносимого на защиту, предлагается метод уточнения углов рысканья и тангажа космического аппарата, с совместным использованием измерений оптико-электронных приборов и результатов амплитудного анализа радиолокационных изображений. При этом в рамках экспериментальных исследований, приведенных в главе 6, он сопоставляется с известным решением в рамках амплитудного анализа. В параграфе 1.2 отмечено, что также существует ряд алгоритмов на базе фазового анализа, но результаты экспериментального сопоставления с ними предложенного метода в главе 6 не приводятся.

3. В параграфе 3.2 предлагаются аппроксимирующие модели для законов координатного соответствия на базе регулярных трехмерных решеток с кусочно-параболической интерполяцией между узлами. При этом в рамках главы 6 предложенные модели сопоставляются только с аналогичными решетками на базе кусочно-линейной интерполяции, а результаты составления с другими, более сложными видами интерполяции между узлами решеток не представлены.

4. В параграфе 6.3 приведены результаты исследований предложенного метода обработки интерферометрических изображений с привлечением низкодетальной стереофотограмметрической информации. При этом в исследованиях использовалась конкретная стереофотограмметрическая информация с фиксированными характеристиками, из-за чего не ясно, как качество привлекаемых стереофотограмметрических данных влияет на точность формируемых цифровых моделей высот.

5. В рамках положения 7, выносимого на защиту, предлагается алгоритм объединения радиолокационных и оптических спектрозональных изображений на основе раскраски, эффективность которого подтверждается только качественно с приведением примеров результатов обработки, а численный критерий эффективности предлагаемого алгоритма не разработан.

Общая оценка работы

Несмотря на отмеченные недостатки, в целом диссертация обладает высокой актуальностью, новизной, теоретической и практической значимостью. Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Содержание автореферата соответствует материалам, изложенным в диссертации. Рукописи диссертации и автореферата аккуратно оформлены в соответствии с государственными стандартами РФ.

Заключение

Представленная на обсуждение диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие

отечественных средств обработки информации от космических систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли. Диссертация отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук (пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней) а ее автор, Ушенкин Виктор Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Отзыв обсужден на совместном заседании кафедр 604 «Системный анализ и управление» и 704 «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов». Присутствовало 25 человек, в том числе 7 докторов и 11 кандидатов наук. Отзыв одобрен единогласно, Протокол № 11 от « 23 » июня 2026 г.

И.о. заведующего кафедрой 604
«Системный анализ и управление»,
доктор технических наук, доцент — Старков Александр Владимирович

Заведующий кафедрой 704
«Информационно-управляющие
комплексы летательных аппаратов»,
доктор технических наук, профессор — Евдокименков Вениамин Николаевич

С отзывом ознакомлен 10.07.2026г.