ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИКИ РАН
А.А. Петрукович

«18» 08 2026. г.

ОТЗЫВ
ведущей организации

на диссертацию Егина Максима Михайловича
«Математическое и алгоритмическое обеспечение обработки данных площадной съёмки от высокодетальных систем ДЗЗ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Актуальность темы

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в настоящее время являются важной, а во многих случаях незаменимой информацией в исследованиях и мониторинге различных природных и антропогенных процессов и объектов. В последние десятилетия они активно используются при построении различных автоматизированных системы дистанционного мониторинга, которые фактически являются сегодня основными потребителями спутниковой информации, в том числе и данных высокодетальных космических систем ДЗЗ. При этом одними из наиболее значимых требованием систем дистанционного мониторинга являются высокая частота получаемой информации и высокий уровень автоматизации ее обработки. С точки зрения обеспечения данных требований для высокодетальной съемки наибольший интерес представляют режимы

ИКИ
117997, МОСКВА, ГСП-7, ПРОФСОЮЗНАЯ УЛ. 84/32 e-mail: iki@cosmos.ru ТЕЛ.: (495) 333 5212 ФАКС: (495) 333 1248
ОКПО: 02698692 ОГРН: 1027739475279 ИНН/КПП: 7728113806/772801001 333 2588 333 5178
333 1000

площадной (широкозахватной) съемки. При этом особую важность приобретают автоматизированные методы обработки такой информации, позволяющие получать бесшовные качественно привязанные (вплоть до пиксела) изображения. Рецензируемая работа посвящена созданию именно таких методов, в связи с чем является крайне актуальной.

Следует отметить, что обработка данных площадной съёмки требует решения ряда сложных научных и инженерных задач, в том числе:

1. получение высокоточной координатной привязки без привлечения опорной информации, опирающееся на штатную калибровку, – что критично для оперативного выпуска информационных продуктов по обширным и труднодоступным территориям и для их последующей тематической обработки;

2. получение единого геометрически совмещённого изображения с учётом значительного изменения угла наблюдения земных объектов;

3. разработка унифицированных технологий обработки данных от различных оптических систем, обусловленная многообразием существующих и вводимых в эксплуатацию космических систем наблюдения Земли, – что отвечает потребностям центров коллективного пользования и автоматизированных систем дистанционного мониторинга в эффективных средствах хранения, обработки и распространения данных.

Созданию новых подходов к решению данных задач и посвящена диссертация Егина М. М. Особо следует отметить, что актуальность и важность данной работы также повышает тот факт, что создаваемые в ней методы и подходы ориентированы на работу с данными с отечественных космических аппаратов (КА).

Новизна выполненных исследований

Научная новизна предлагаемых в работе методов определяется унифицированным подходом к автоматическому формированию мозаичных изображений из материалов площадной съёмки и оригинальными критериями автоматической оценки их качества. Она достаточно раскрывается в

следующих положениях, выносимых на защиту, которые впервые разработаны именно Егиным М. М. и полностью обоснованы в представленной работе:

1. алгоритм отбраковки одноимённых точек на основе предобработки их областей с привлечением модели съёмки и гибридной интеллектуальной технологии классификации данных (совместное использование метода опорных векторов и окна Парзена) с автоматически размечаемой выборкой, который обеспечивает долю ложных соответствий не более 2 %, что позволяет получить надёжное геометрическое совмещение изображений при блочном уравнивании;

2. математическая модель блочного уравнивания с двухкомпонентной поправкой к RPC-уравнениям геопривязки и численно устойчивый за счёт виртуальных опорных точек алгоритм поиска её параметров, которые обеспечивают точность совмещения изображений площадной съёмки на уровне $1-2$ пикс. без ухудшения точности геокодирования итогового мозаичного снимка;

3. модифицированный алгоритм формирования линии пореза при синтезе мозаичных изображений площадной съёмки, использующий комбинированную стоимостную функцию на основе морфологического градиента и маски рассогласований, формируемой свёрточной нейронной сетью по радиометрическим признакам и картам диспаратности, который позволяет обнаруживать и обходить области геометрических рассогласований высотных объектов, снижая число их пересечений линией пореза в среднем на 80 %;

4. критерии оценки качества мозаичных снимков из материалов площадной съёмки, а именно: критерий обнаружения дефектных границ на основе статистического и интеллектуального анализа показателей, используемый в алгоритме оценки качества линии пореза; критерий определения корректности геометрической обработки материалов площадной

съёмки на основе сопоставления вероятностных статистических оценок одиночных и мозаичных снимков опорных полигонов.

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается корректным использованием математического аппарата, апробацией на натурных и модельных данных.

Результаты диссертации Егина М. М. использованы в ведущих предприятиях ракетно-космической деятельности России, что подтверждается соответствующими Актами от Акционерного общества «Ракетно-космический центр «Прогресс» (г. Самара) и от Научно-производственной корпорации «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна (г. Москва).

Материалы диссертации достаточно полно опубликованы в 33 работах, из которых 5 – в рекомендованных ВАК журналах и 4 – в изданиях Scopus/WoS, а также 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Значимость для науки и практики

Решена практически важная задача оперативного формирования мозаичных изображений расширенной полосы захвата без привлечения опорной информации, что снижает зависимость от опорных данных и ускоряет выпуск продуктов для потребителей данных ДЗЗ. Унификация обработки на базе RPC–модели создаёт основу для распространения технологии на разнотипные аппараты и орбитальные группировки и для снижения совокупных затрат наземного сегмента – что особенно ценно при построении систем хранения, обработки и распространения данных. Доказанное сохранение точностных характеристик при синтезе обеспечивает пригодность мозаичных продуктов для измерительных и тематических задач. Автоматизация полной цепочки обработки соответствует потребностям

центров оперативного мониторинга в условиях растущих объёмов информации.

Рекомендации по использованию результатов

Результаты диссертации целесообразно использовать:

– в наземных комплексах приёма, обработки и распространения данных перспективных высокодетальных КА ДЗЗ и центрах специального назначения при создании унифицированного программного обеспечения обработки для разнотипных космических систем;

– алгоритмы фильтрации одноимённых точек и блочного уравнивания – в подсистемах автоматической геопривязки без опорной информации;

– алгоритм проведения и оценки качества линии пореза – в технологиях формирования бесшовных покрытий и базовых информационных продуктов;

– методику оценки точности геопривязки – в средствах метрологического контроля качества информационных продуктов.

Перспективными представляются распространение подхода на мультиспектральные данные, межспутниковое объединение материалов группировок и перенос части процедур в контур оперативной обработки.

Замечания по диссертации и автореферату

К существенным замечаниям к работе следует отнести следующие:

1. В работе недостаточно явно раскрыта взаимосвязь между точностью исходной геопривязки, задаваемой штатной геометрической калибровкой, и точностью аппроксимации строгой модели съёмки унифицированной RPC–моделью, а также влияние этой взаимосвязи на точностные характеристики итогового мозаичного продукта. Рассмотрению данного вопроса следовало бы уделить больше внимания.

2. Из текста диссертации и автореферата затруднительно однозначно установить, что разработанный алгоритм блочного уравнивания обеспечивает

в первую очередь стабильность относительной привязки объединяемых маршрутов (их взаимного совмещения), а не повышение абсолютной геопривязки; данное разграничение следовало бы отметить более явно.

3. Приведённое описание формирования обучающей выборки и обучения свёрточной нейронной сети для проведения линии пореза, хотя и содержится в главе 3, не позволяет в полной мере судить об объёме и репрезентативности использованных данных (число пар/сюжетов, баланс типов застройки и рельефа), что затрудняет оценку обобщающей способности модели.

4. Не обсуждается, всегда ли в условиях площадной съёмки гарантируется надёжное построение карт диспаратности в области проведения линии пореза, – в частности, на слабо текстурированных участках, при значительном параллаксе и окклюзиях высотных объектов; не показано поведение алгоритма при недостоверной диспаратности.

Указанные замечания не влияют на положительную оценку работы и не оказывают влияния на значимость научных положений.

Заключение

Диссертация Егина М. М. на тему «Математическое и алгоритмическое обеспечение обработки данных площадной съёмки от высокодетальных систем ДЗЗ» представляет значимый вклад в развитие технологий обработки данных материалов площадной съёмки от оптических систем дистанционного зондирования Земли. Работа обладает высокой актуальностью, новизной и практической значимостью. Тема и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика». Автореферат диссертации полностью отражает основные результаты проведённого исследования, что позволяет судить об основных результатах всей работы.

Представленная диссертация является законченной научно–квалификационной работой, которая соответствует Положению о присуждении учёных степеней (утверждённого постановлением

Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), и в которой предложены новые научно–обоснованные технические решения, имеющие важное значение для развития отечественных оптических высокодетальных систем дистанционного зондирования Земли. Автор диссертации Егин Максим Михайлович достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Отзыв рассмотрен и одобрен в результате обсуждения, проведенного на заседании научно-технического совета отдела “Технологий спутникового мониторинга” ИКИ РАН на котором присутствовало 19 человек, в том числе 3 докторов и 12 кандидатов наук. (Протокол № 07-2026/1 от 28.07.2026).

Секретарь НТС, к.ф.-м.н.
ведущий научный сотрудник,
заместитель заведующего отделом 17.08.2026 Мазуров Алексей Анатольевич

Подпись Мазурова Алексея Анатольевича заверяю
Учёный секретарь ИКИ РАН, к. ф.-м. н.
Андрей Михайлович Садовский

С отзывом ознакомлен
20.08.2026