

На правах рукописи



Козловский Александр Вячеславович

**МЕТОД, МЕТОДИКА И АЛГОРИТМ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРИКЛАДНОЙ
ФОТОГРАММЕТРИИ НА БАЗЕ МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Специальность

2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика
(технические науки)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Таганрог – 2026

Работа выполнена в ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» на кафедре
вычислительной техники Института компьютерных технологий и
информационной безопасности

Научный
руководитель

Мельник Эдуард Всеволодович
доктор технических наук,
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»
профессор кафедры вычислительной техники
(г. Таганрог)

Официальные
оппоненты:

Колоденкова Анна Евгеньевна
доктор технических наук, доцент,
ФГАОУ ВО «Самарский национальный
исследовательский университет имени
академика С. П. Королева», профессор кафедры
информационных систем и технологий (г. Самара)

Суханов Андрей Валерьевич
кандидат технических наук, доцент,
АО «Научно-исследовательский и проектно-
конструкторский институт информатизации,
автоматизации и связи на железнодорожном
транспорте», главный эксперт Департамента научных
исследований, аналитики и совершенствования
научно-технической деятельности (г. Москва)

Ведущая организация

ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-
Балкарский научный центр Российской академии наук»
(г. Нальчик)

Защита диссертации состоится «17» декабря 2026 г. в 13⁰⁰ на заседании
объединенного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени
кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук 99.2.107.02 на базе
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», ФГБОУ ВО «Южно-
Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени
М. И. Платова» по адресу: 347922, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ауд. Г-439.

С диссертацией можно ознакомиться в зональной научной библиотеке
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» по адресу: 344015, г. Ростов-на-
Дону, ул. Зорге, 21Ж, а также на портале электронных ресурсов ЮФУ:
<https://hub.sfedu.ru/diss/show/1357269/>.

Автореферат разослан «__» _____ 2026 г.

Ученый секретарь объединенного
диссертационного совета 99.2.107.02,
доктор технических наук, доцент



Ю. А. Кравченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности. Развитие процессов цифровизации в различных областях деятельности обуславливает рост потребности в средствах автоматизированного получения и анализа геометрических и семантических параметров объектов. Существенную роль в решении таких задач играют системы прикладной фотограмметрии, применяемые для высокоточного мониторинга, картографирования и построения пространственных моделей протяженных объектов. Вместе с тем традиционные фотограмметрические системы, как правило, ориентированы на использование габаритного и дорогостоящего оборудования, что затрудняет их применение в полевых условиях.

В связи с этим актуальной является задача разработки методов, методик и алгоритмов, обеспечивающих формирование изображений высокого разрешения при сниженных аппаратных требованиях к конечным устройствам. Перспективным направлением решения данной задачи является использование мобильных объектов и их групп, оснащённых камерами, вычислительными средствами, каналами связи и средствами позиционирования, с организацией распределённой обработки информации. Такой подход позволяет использовать совокупность доступных ресурсов нескольких устройств, уменьшать ограничения, присущие отдельному устройству, и обеспечивать получение результирующих изображений требуемого качества без существенного роста объема вычислений и требований к конечным устройствам.

Степень разработанности темы определяется наличием значительного числа исследований в смежных научных направлениях. Существенный вклад в развитие методов обработки изображений внесли Н. Г. Загоруйко, А. В. Гончарский, Д. С. Лебедев, М. М. Мирошников, М. М. Бонгард, А. Розенфельд, У. К. Пратт и А. К. Джайн; в области распределённой и параллельной обработки информации известны труды А. В. Каляева, В. В. Воеводина, Вл. В. Воеводина, И. А. Каляева, И. И. Левина, В. А. Павского, Э. И. Ватутина, Э. Таненбаума, Ж. Теля, Л. Лампорта, Дж. Амдала; вопросы организации взаимодействия мобильных объектов и мультиагентных систем отражены в работах Д. А. Новикова, С. Н. Васильева, В. И. Городецкого, А. Р. Гайдука, Г. Е. Веселова, Б. К. Лебедева, В. Х. Пшихопова, П. О. Скобелева, Д. Г. Лова, М. Брауна, М. А. Фитчера, Р. С. Боллеса, Р. Зельского и других исследователей.

Несмотря на наличие существенного научного задела, остаётся нерешённой задача применения массово выпускаемых мобильных объектов с ограниченными аппаратными требованиями для решения задач прикладной фотограмметрии с обеспечением требуемого качества результирующих изображений. Для этого необходима разработка методического обеспечения, объединяющего подходы обработки изображений, распределённых вычислений и группового взаимодействия мобильных объектов. Указанные обстоятельства определяют актуальность диссертационного исследования.

Противоречие в практике состоит в том, что современные фотограмметрические решения ориентированы на оборудование с высокими аппаратными требованиями и централизованную обработку данных, тогда как прикладные задачи требуют получения изображений высокого разрешения с

использованием доступных мобильных объектов и их групп в условиях ограниченных вычислительных, энергетических и коммуникационных ресурсов.

Противоречие в теории состоит в том, что существующие теоретические основы фотограмметрии ориентированы преимущественно на централизованные и последовательные способы обработки информации при формировании изображений высокого разрешения, тогда как в недостаточной степени разработано методическое обеспечение для формирования изображений высокого разрешения, обеспечивающее использование мобильных объектов и их групп с ограниченными аппаратными средствами.

Цель диссертационной работы заключается в снижении аппаратных требований к отдельным устройствам при решении задач прикладной фотограмметрии.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ методов и средств обработки информации при формировании изображений высокого разрешения в системах прикладной фотограмметрии.

2. Разработать метод обработки информации при формировании изображений высокого разрешения с использованием мобильного объекта.

3. Разработать методику организации обработки информации при формировании изображений высокого разрешения группами мобильных объектов.

4. Разработать алгоритм работы мобильного объекта при формировании изображений высокого разрешения в группе.

5. Провести экспериментальные исследования и показать работоспособность и эффективность полученных результатов.

При этом снижение аппаратных требований в работе рассматривается преимущественно применительно к фоторегистрирующей подсистеме мобильного объекта: требуемая измерительная информативность достигается не за счёт применения одной камеры с высоким числом аппаратно-обеспеченных метрически значимых пикселей, а за счёт формирования результирующего изображения как суперпозиции частично перекрывающихся фрагментов, полученных одним или несколькими мобильными объектами.

Объектом исследования являются процессы обработки информации при формировании изображений высокого разрешения в системах прикладной фотограмметрии с применением мобильных объектов с ограниченными ресурсами и их групп.

Предметом исследования являются методы обработки информации при формировании изображений высокого разрешения мобильными объектами и их группами с возможностью распределённого получения, обработки и сопоставления изображений.

Положения, выносимые на защиту:

1. Метод обработки информации при формировании изображений высокого разрешения **позволяет** снизить аппаратные требования к устройствам получения и обработки данных для формирования изображений высокого разрешения за счет совмещения фрагментов целевого изображения, полученных из разных снимков на основе совмещения ключевых точек и анализа контуров.

2. Методика организации обработки информации при формировании изображений высокого разрешения группами мобильных объектов **позволяет**

уменьшить время формирования изображения высокого разрешения по сравнению со случаем последовательной реализации операций, снизить нагрузку, приходящуюся на отдельные устройства, а также получать изображения динамичных сцен.

3. Алгоритм работы мобильного объекта в составе группы **позволяет** решить задачу формирования изображений высокого разрешения группой мобильных объектов на основе разработанных метода и методики.

Методы исследования включают в себя методы системного анализа, теории мультиагентных систем, распределённой и параллельной обработки информации, принятия решений в группе объектов, а также методы обработки изображений.

Научная новизна и соответствие научной специальности:

1. Разработан метод обработки информации при формировании изображений высокого разрешения, **отличающийся** использованием опорного шаблона низкого разрешения и двухэтапной процедуры совмещения частично перекрывающихся фрагментов, включающей глобальную регистрацию по ключевым точкам и последующее локальное уточнение взаимного положения фрагментов по контурам в областях перекрытия (пункт 4 паспорта специальности 2.3.1.).

2. Разработана методика организации обработки информации при формировании изображений высокого разрешения группами мобильных объектов, **отличающаяся** распараллеливанием этапа получения фрагментов высокого разрешения и их наложения на участки шаблона низкого разрешения, а также частичным распараллеливанием этапа анализа контуров (пункт 4 паспорта специальности 2.3.1.).

3. Разработан алгоритм работы мобильного объекта при формировании изображений высокого разрешения в группе, **отличающийся** сочетанием применения принципов мультиагентного взаимодействия, координации действий объектов на начальном этапе формирования изображения без последующего согласования промежуточных результатов, а также использования совокупности параметров для принятия решения о распределении ролей (пункт 5 паспорта специальности 2.3.1.).

Теоретическая значимость результатов исследования заключается в развитии теоретических основ обработки информации при формировании изображений высокого разрешения за счёт формализации представления изображения как совокупности согласованных частично перекрывающихся фрагментов, введения показателя эффективной измерительной информативности фрагментов и критерия достаточности аппаратной обеспеченности, разработки двухэтапной модели регистрации фрагментов и построения формальной модели распределения ролей между мобильными объектами при организации групповой обработки с распараллеливанием вычислительного процесса.

Практическая значимость работы заключается в разработке программной модели и алгоритмического обеспечения, реализующих распределённое формирование изображений высокого разрешения группой мобильных объектов. Практическое применение разработанных решений позволяет использовать устройства с ограниченными характеристиками фоторегистрирующей подсистемы, распределять вычислительную нагрузку между участниками группы

и сокращать время формирования результирующего изображения без существенного увеличения объемов передаваемых данных.

Достоверность и обоснованность полученных автором теоретических и практических результатов вытекает из корректного использования методов системного анализа, теории мультиагентных систем, теории обработки информации в распределённых вычислительных системах, теории принятия решений в группе объектов, теории параллельных вычислений, а также методов и средств обработки данных при формировании изображений высокого разрешения, выделении характеристических точек, совмещении областей и анализе контуров объектов.

Реализация и внедрение результатов работы. Основные результаты диссертационного исследования получили внедрение в учебном процессе кафедры вычислительной техники ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» при подготовке студентов направления 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, специальности 09.05.01 Применение и эксплуатация автоматизированных систем специального назначения и направления 09.04.01 Информатика и вычислительная техника. Теоретические и практические результаты диссертационной работы были внедрены в Академии биологии и медицины им. Д.И. Ивановского ЮФУ (в ходе выполнения НИР «Разработка и реализация методологии создания цифрового двойника почв на основе искусственного интеллекта и технологии Big Data», грант РНФ №25–76–31013), в НИИ МВС ЮФУ (при выполнении НИР ГЗ0110/25-07-MBC (проект «Тема 23.6»)) и НКБ «МИУС» ЮФУ (в рамках реализации НИОКР «Создание технологии построения микроминиатюрной вычислительной платформы авионики для малоразмерных БЛА» (субсидия федерального бюджета № 70-2024-001125 от 20.09.2024 г.).

Апробация работы. Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях: 2024 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), Сочи, Россия, 2024; 8th Computational Methods in Systems and Software 2024, Czech Republic, 2024; XII Всероссийская научная конференция «Системный синтез и прикладная синергетика», Нижний Архыз, Россия, 2024; XIX Всероссийская научно-практическая конференция «Перспективные системы и задачи управления», Домбай, Россия, 2024; Международная научно-практическая конференция «Информационные технологии, искусственный интеллект, большие данные: актуальные тенденции, перспективные исследования», Минск, Беларусь, 2024; XXIX Всероссийская научно-техническая конференция «Новые информационные технологии в научных исследованиях НИТ-2024», Рязань, Россия, 2024; VIII, IX, X Всероссийские научно-технические конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты компьютерных технологий и информационной безопасности», Таганрог, Россия, 2022, 2023, 2024; XV Всероссийская Школа-семинар «Исследования и творческие проекты для развития и освоения проблемных и прибрежно-шельфовых зон юга России», Геленджик, Россия, 2024.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 печатных работ, в том числе 6 статей в изданиях из перечня, утвержденного ВАК, рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, в т. ч. 1 научная работа, принадлежащая

лично автору; 3 статьи в научных изданиях, индексируемых международными базами данных, перечень которых определен в соответствии с рекомендациями ВАК.

Также получены 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и 1 патент на полезную модель.

Личное участие соискателя в получении результатов. Все выносимые на защиту результаты и положения, составляющие основное содержание диссертационной работы, разработаны и получены лично автором или при его непосредственном участии. В работах, опубликованных в соавторстве, соискателю принадлежит определяющая роль в развитии методического обеспечения в части обработки информации при формировании изображений высокого разрешения мобильными объектами и их группами.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы, включающего 180 наименований, и изложена на 214 страницах машинописного текста.

Краткое содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы противоречия в практике и науке, определены цель, объект, предмет и научная задача исследования, приведены положения, выносимые на защиту, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, сведения о достоверности результатов, апробации, публикациях, внедрении результатов, а также дана общая характеристика структуры и содержания диссертации.

В первой главе выполнен анализ современного состояния прикладной фотограмметрии и подходов к организации обработки информации при формировании изображений высокого разрешения. Показано, что расширение областей практического применения прикладной фотограмметрии сопровождается ростом требований к качеству, оперативности и достоверности получаемых результатов. В разделе проведён анализ типовых архитектур фотограмметрических систем и показано, что в их состав входят следующие основные компоненты: камера, вычислитель и коммуникационные каналы, реализующие основные этапы обработки информации (см. рисунок 1).

Отмечено, что для задач прикладной фотограмметрии одиночный кадр, полученный массовым мобильным устройством, как правило, не обеспечивает требуемого сочетания охвата сцены, метрической точности и пространственной детализации. Дополнительно установлено, что для мобильных камер характерны ограничения, связанные с качеством снимка, нестабильностью параметров съёмки и локальными геометрическими искажениями, что затрудняет непосредственное применение традиционных фотограмметрических схем без модификации методов обработки информации.

В то же время показано, что вычислительные и коммуникационные возможности современных мобильных устройств в целом достаточны для выполнения базовых операций предварительной обработки, регистрации и обмена метаданными, а значит основное направление снижения аппаратных требований должно быть связано прежде всего с уменьшением зависимости от высокого качества камеры за счёт алгоритмической организации формирования результирующего изображения.

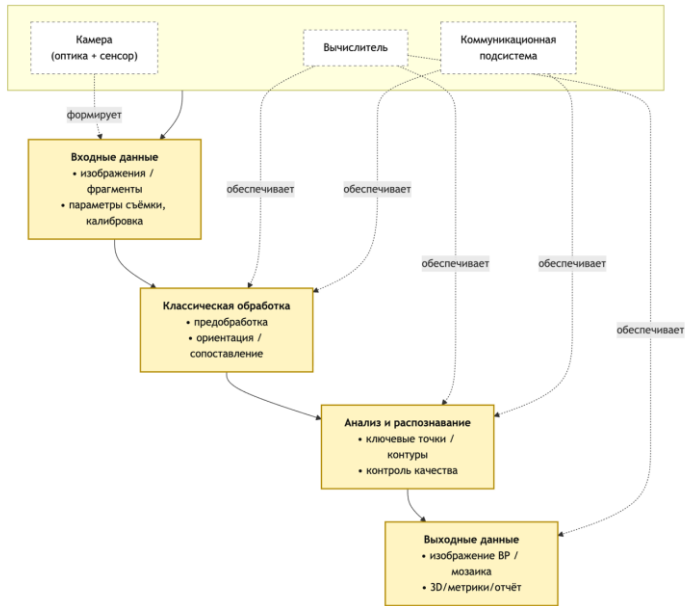


Рисунок 1 – Структура системы прикладной фотограмметрии

Для уточнения данного положения в работе введён показатель «честных пикселей», под которым понимается эффективное число пикселей изображения, сохраняющих метрически значимую связь с объектами съёмки. Это не прямое отождествление с номинальным пикселем сенсора. Поэтому для рассматриваемого класса задач прикладной фотограмметрии принципиальное значение имеет количество пикселей, которые действительно участвуют в представлении геометрически значимых деталей сцены. Это переводит задачу снижения аппаратных требований из задачи повышения характеристик отдельного устройства в задачу методологического и алгоритмического формирования достаточной измерительной информативности композиции изображений за счёт согласованной совокупности наблюдений, совмещения и обработки.

На этой основе в работе раскрывается показатель аппаратных требований K_{HW} как характеристика аппаратной обеспеченности мобильного объекта или группы мобильных объектов, в части камеры. Снижение значения $K_{HW} = N_{px,ref}^{hon} / N_{px,k}^{hon}$ достигается за счёт алгоритмического повышения эффективного числа информационно значимых пикселей в результирующем изображении и описывается через $N_{px,k}^{hon}$ для устройства, применяемого на практике по сравнению с таким же показателем $N_{px,ref}^{hon}$ для эталонной камеры. При этом динамика изменения $N_{px,k}^{hon}$ согласно собранным данным, делает возможным использование процесса минимизации при оценке эффективности аппаратной конфигурации одного мобильного объекта или их группы – то есть $K_{HW} \rightarrow \min$ при условии работы в определенных ограничениях и с учетом достаточности качества получаемых результатов.

Например, в данной диссертационной работе применяется Nikon D600 в качестве эталонного устройства (24 «честных» Мп) и мобильный объект с камерой

порядка 12 «честных» Мп. Тогда $K_{HW} = \frac{24}{12} = 2$. На рисунке 2 представлена динамика характеристик мобильных устройств, используемых для решения задач прикладной фотограмметрии.

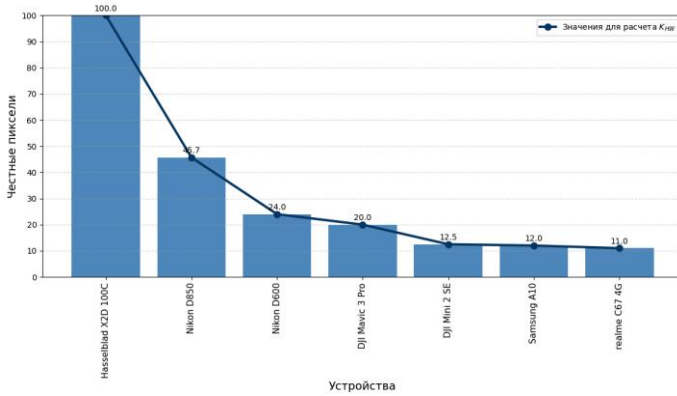


Рисунок 2 – Данные для расчета K_{HW} для различных устройств

Так как решение поставленной задачи обработки информации при формировании изображений высокого разрешения на основе группы мобильных объектов может сводиться к использованию либо одного устройства, либо нескольких, то был введен сравнительный показатель $\eta_{HW} = N_{cam}^{group} / H_{cam}^k$ такой, что для требований к камере группы устройств N_{cam}^{group} группы и H_{cam}^k одного устройства, при $\eta_{HW} < 1$ аппаратные требования устройства из группы ниже, чем у одиночного мощного устройства. Вследствие чего была определена доля информационно значимых пикселей, пригодных для последующей метрической интерпретации как показатель $N_{px}^{eff} \approx (1 - \bar{\rho}) \sum_{i=1}^n N_i^{hon}$ где $\bar{\rho} \in (0,1]$ - средняя доля перекрытия фрагментов, а N_i^{hon} - это суммарное число информационно-значимых «честных» пикселей i -го фрагмента. Показано, что должно выполняться условие $N_{px}^{eff} \geq N_{px,req}^{hon}$, где $N_{px,req}^{hon}$ - требуемое число информационно значимых пикселей для решения задачи.

Далее обосновано деление сцены на подкадры как процесс покрытия сцены совокупностью фрагментов $\Omega_{tar} \subseteq \bigcup_{i=1}^n \Omega_i$, для которой требуется сформировать результирующее изображение высокого разрешения I_i^{HR} согласно декомпозиции $\mathcal{E}$ - множества пар соседних фрагментов, между которыми должна устанавливаться непосредственная геометрическая связь при помощи шаблона низкого разрешения I^{LR} .

В данной главе рассмотрены как классические фотограмметрические и мозаичные подходы, основанные на последовательной съёмке и последующей сшивке изображений, так и иные методы, ориентированные на нейросетевое повышение разрешения изображений. Показано, что решения первого типа в значительной степени зависят от точности позиционирования, устойчивости регистрации и условий съёмки, а также часто требуют значительных временных затрат и централизованных вычислительных ресурсов. Методы второго типа, хотя и обеспечивают визуальное повышение детализации, не гарантируют метрической достоверности результата и снижения аппаратных требований.

На основании этого сделан вывод о целесообразности построения метода, основанного не на искусственном повышении разрешения одиночного кадра, а на использовании опорного шаблона низкого разрешения и совокупности частично перекрывающихся фрагментов, получаемых одним мобильным объектом или группой объектов с последующим двухэтапным совмещением по ключевым точкам и уточнением по контурам.

Выполнимость сценария определяется различными параметрами, объединенными в общие аппаратные требования. Они рассматриваются как совокупность требований к подсистеме камеры, вычислителю и каналам связи, выражающуюся в ограничениях на время формирования полного изображения для одного мобильного объекта как параметр $T_{form}^{(m)} = T_{cap}^{(m)} + T_{proc}^{(m)} + T_{sync}^{(m)}$, формируемый через время захвата подкадров, время обработки всех подкадров и совокупное время синхронизации всех m мобильных устройств. Полный цикл обработки информации считается выполнимым по времени, если оценённое или фактическое значение $T_{form}^{(m)}$ не превышает некоторого ограничения T_{form}^{max} , то есть $T_{form}^{(m)} \leq T_{form}^{max}$. При этом время синхронизации для одного устройства вырождается как $T_{sync}^{(1)} = 0$, время захвата для одного устройства представимо как $T_{cap}^{(1)} = \max_{i \in S} (t_i^{end}) - \min_{i \in S} (t_i^{start})$, где t_{ki}^{start} и t_{ki}^{end} - моменты начала и окончания получения i -го фрагмента мобильным объектом. Для нескольких объектов определено $T_{cap}^{(m)} = \max_{k \in 1, \dots, m} \left(\max_{i \in S_k} T_{k,i}^{end} \right) - \min_{i \in 1, \dots, m} \left(\max_{i \in S_k} T_{k,i}^{start} \right)$, что показано в третьей главе.

Далее в работе рассматривается связь разработанного решения с процессом распараллеливания через p_{eff} - эффективную долю параллелизма при объединении подкадров в изображение высокого разрешения I^{HR} на группе мобильных устройств различной конфигурации. Показывается, что $T_{proc}^{(m)} \approx \sum_{i=1}^n t_i^{reg} / p_{eff} + t_{blend}$ и выражается через p_{thr} - число физически доступных потоков вычислений, t_i^{reg} - время регистрации фрагмента (включает выделение признаков, оценку гомографии и контурное уточнение и так далее) и t_{blend} - финальную сшивку/слияние подкадров таких что $1 < p_{eff} < p_{thr}$, то есть меньше установленного порога.

Исходя из этого, был выдвинут тезис о том, что изображение высокого разрешения можно получать не через повышение мощности и качества камер мобильных объектов, а через эффективное алгоритмическое решение с композицией фрагментов при помощи локального уточнения за счёт субпиксельных смещений и микротрансформаций фрагментов в рамках выделенных и обоснованных выше ограничений $\langle N_{px}^{eff}, T_{form}^{(m)}, T_{cap}^{(m)} \rangle$.

Во второй главе разработан метод обработки информации при формировании изображений высокого разрешения с использованием одного мобильного объекта. В основе данного метода был использован подход, основанный на формировании результирующего изображения высокого разрешения за счёт согласованного объединения частично перекрывающихся фрагментов Ω_k , получаемых относительно опорного шаблона низкого разрешения I^{LR} . Главная идея при этом состоит в том, что результирующее изображение высокого разрешения формируется как композиция $\mathcal{E}$ частично перекрывающихся

фрагментов, полученных при съёмке сцены и согласованных в единой системе координат относительно шаблона низкого разрешения I^{LR} . Такой шаблон задаёт общую геометрию сцены, используется для планирования покрытия и служит опорной геометрической структурой при последующем совмещении фрагментов. За счёт этого обеспечивается переход от требований к высококачественной одиночной камере к алгоритмическому увеличению эффективного разрешения изображения и числа информационно значимых пикселей путём структурированного объединения информативных подкадров.

Однако, недостатком использования шаблона низкого разрешения является ограниченная точность локальной привязки фрагментов, обусловленная потерей части контурной и текстурной информации. В результате глобальное совмещение только по ключевым точкам и дескрипторам может приводить к локальным рассогласованиям и артефактам, особенно на стыках подкадров. Для устранения данного недостатка в разработанном методе используется дополнительная процедура анализа контуров в областях перекрытия, обеспечивающая локальное уточнение взаимного положения фрагментов и уменьшение ошибок сшивки за счет проективных преобразований $u(p)$ (см. рисунок 3).

В разделе определены основные этапы предложенного метода, которыми он представлен не только как последовательность вычислительных операций, но и как целостная схема обработки информации, ориентированная на выполнение ограничений по качеству результирующего изображения и аппаратным возможностям мобильного объекта.

Показано, что использование шаблона низкого разрешения позволяет ограничить область поиска при совмещении фрагментов и уменьшить вычислительную сложность процедуры регистрации. При этом глобальное совмещение выполняется по ключевым точкам и дескрипторам, что обеспечивает предварительное размещение подкадров в координатах шаблона.

Для уменьшения локальных ошибок во втором разделе предложен дополнительный этап контурного уточнения в областях перекрытия фрагментов. На данном этапе анализируются контуры объектов и выполняется локальная коррекция взаимного положения подкадров, что позволяет уменьшить двоение линий, разрывы границ объектов и артефакты на стыках изображений. Тем самым во втором разделе обоснована двухэтапная схема совмещения, включающая глобальную регистрацию по ключевым точкам и последующее локальное уточнение по контурам.

Определено деление сцены I^{HR} на фрагменты как процесс, где формально каждый подкадр приводится к общей системе координат и позиционируется на основе гомографий и локальных смещений как серия преобразований $\{I_i\} \rightarrow \{I_i^{pre}\} \rightarrow \{I_i^{warp}\} \rightarrow I^{comb} \rightarrow I^{corr}$.

В общем случае каждый мобильный объект получает собственный фрагмент из позиции π_i , то есть формируется множество $\{\pi_i\}_{i=1}^n$ которому соответствует множество областей покрытия Ω_i и целевых «информационных» фрагментов I_i^{HR} , на основе которых минимизируется стоимость покрытия как $\Pi^* = \argmin_{\Pi} J_{cov}(\Pi)$ где $J_{cov}(\Pi) = \alpha_L L(\Pi) + \alpha_O \Phi_{over}(\Pi) + \alpha_G \Phi_{gap}(\Pi) + \alpha_E E_{move}(\Pi)$ для суммарной длины перемещений между позициями $L(\Pi)$, штрафов за перекрытие сверх допустимого диапазона $\Phi_{over}(\Pi)$ и непокрытия участков Φ_{gap} на которые тратится

энергия E_{move} с учетом весовых коэффициентов $\alpha_L, \alpha_O, \alpha_G, \alpha_E \geq 0$, $\alpha_L + \alpha_O + \alpha_G + \alpha_E > 0$.

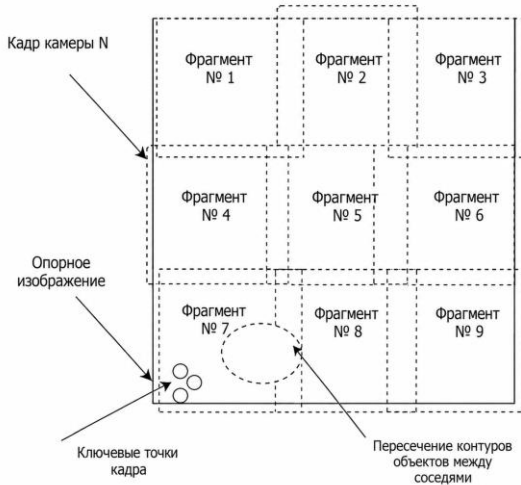


Рисунок 3 – Принцип сшивки фрагментов и локального совмещения контуров

Далее при помощи уточненной модели формируемого изображения высокого разрешения как $f_{cam}(\Omega_{tar}, \pi_i, \kappa_i, t_i^{\exp}, w_i)$ где f_{cam} – функция камеры, π_i – поза (положение) камеры, κ_i – набор параметров камеры, включая разрешение, фокусное расстояние и параметры калибровки, $t_i^{\exp}$ – экспозиция, а w_i – параметры баланса белого, описывается процесс предварительной обработки подкадров как $I_i^{pre} = \Phi_{pre}(I_i) = \Phi_n \circ \dots \circ \Phi_2 \circ \Phi_1(I_i)$, где Φ_i – это элемент процесса предобработки, например коррекция гистограммы, шумоподавление, коррекция искажений и так далее. Такой подход дает возможность обосновать процесс обработки информации как композицию преобразований над множеством предварительно обработанных кадров $I^{pre} = \{I_1^{pre}, I_2^{pre}, \dots, I_n^{pre}\}$ с последующим преобразованием к базовой системе координат на основе шаблона низкого разрешения $I_i^{warp}(p) = I_i^{pre}(\pi(H_i^{-1}\tilde{p}))$, $p \in \Omega_i$ через матрицу гомографии H_i каждого фрагмента в точках координатной системы опорного шаблона p с дальнейшей сшивкой изображения $I^{comb}(x, y) = \sum_{i=1}^n W_i(x, y) \cdot I_i^{warp}(x, y) / \sum_{i=1}^n W_i(x, y)$ с весовой функцией $W_i(x, y)$. Далее на основании полученной сшивки выполняется предложенный в диссертационной работе шаг «доразмещения» фрагментов при помощи поля смещений u_i^* , применяемого к i -му фрагменту I_i^{warp} , ранее приведённому в систему координат опорного шаблона с помощью гомографии H_i как $I_i^{corr}(p + u_i^*(p)) = I_i^{warp}(p)$. Тогда, формально, результирующее изображение высокого разрешения формируется как $I^{HR}(p) = \sum_{i \in \mathcal{S}(p)} w_i(p) I_i^{corr}(p) / \sum_{i \in \mathcal{S}(p)} w_i(p)$ для определенной ранее композиции подкадров $\mathcal{S}(p)$, покрывающее точки как $\mathcal{S}(p) = \{i \in \{1, \dots, n\}; p \in \Omega_i\}$.

В целом, во второй главе описан разработанный метод обработки информации для получения изображений высокого разрешения на основе двухэтапной схемы сшивки и доразмещения фрагментов, получаемых от мобильных устройств.

В третьей главе разработаны методика и алгоритм организации обработки информации при формировании изображений высокого разрешения группой мобильных объектов. Методика определяет состав участников, распределение областей съёмки и операций обработки, порядок параллельного получения и локальной обработки фрагментов, их сопоставления с опорным шаблоном и последующей интеграции. В рамках организационной схемы предусматривается назначение лидера, выполняющего распределение заданий, и интегратора, осуществляющего объединение частных результатов. Алгоритм отдельного мобильного объекта реализует локальный цикл получения, предварительной обработки и совмещения назначенного фрагмента и обеспечивает автономное выполнение подзадачи при координации действий группы на начальном этапе.

В разделе показано, что в групповой постановке необходимо обеспечить не только получение набора фрагментов изображения, но и распределение областей съёмки между участниками группы, согласование их ролей, координацию последовательности действий, а также объединение частных результатов без потери целостности итогового изображения.

При этом методика строится на сочетании двух требований: с одной стороны, необходимо максимально использовать возможность параллельного выполнения этапов, а с другой - сохранить единую систему координат, единые критерии согласования и общую структуру целевого изображения. В качестве такой объединяющей основы используется шаблон низкого разрешения, относительно которого распределяются области покрытия, сопоставляются результаты обработки и контролируется согласованность частных фрагментов.

В терминах критерия $K_{\text{НВ}}$ групповая организация обработки позволяет заменить требование к одной высококачественной камере требованием к согласованной совокупности мобильных объектов с более низкими аппаратными характеристиками, каждый из которых получает часть фрагментов сцены. За счёт распределения областей съёмки между участниками группы и последующего объединения фрагментов в единой системе координат обеспечивается накопление требуемого числа «честных пикселей» без необходимости оснащать каждый мобильный объект профессиональной фоторегистрирующей системой.

Существенное место в третьем разделе занимает рассмотрение особенностей распределения задач между участниками съёмки. Показано, что при групповом формировании изображения высокого разрешения отдельные мобильные объекты могут выполнять различные функции: захват подкадров в закреплённых областях, предварительную обработку, выделение ключевых точек, локальное совмещение фрагментов, передачу промежуточных данных, а также участие в согласовании итогового результата. В отличие от последовательной схемы, при которой все этапы реализуются на одном устройстве, в предлагаемой методике осуществляется декомпозиция общей задачи на подзадачи, распределяемые между участниками группы с учётом их текущего состояния, положения, доступных ресурсов и роли в процессе. Это позволяет снизить нагрузку на отдельные устройства и уменьшить время формирования изображения за счёт параллельного выполнения части операций, а также обеспечить возможность съёмки динамичных сцен. Методика была разработана для случаев единичного объекта при $m = 1$, когда $1 < m \leq n$ и $m > n$, а соответствующие схемы представлены на рисунках 4–6.

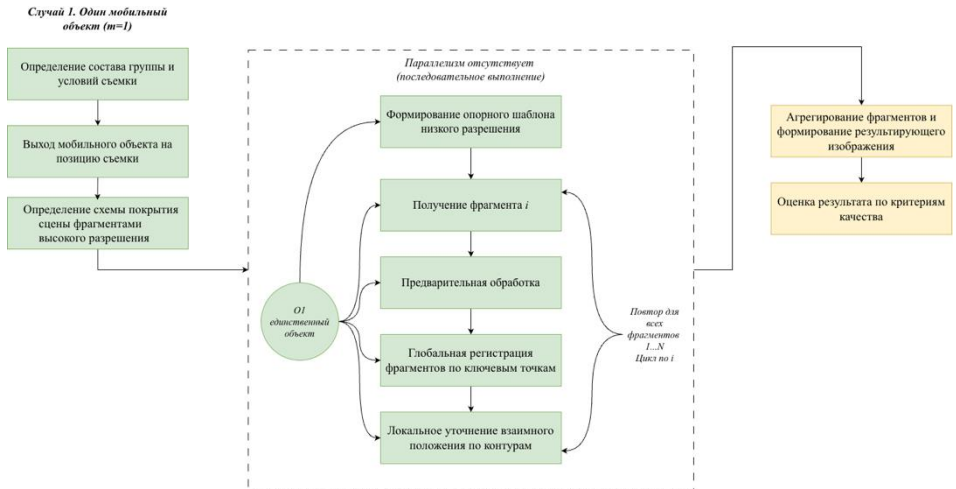


Рисунок 4 – Обобщенная схема решения задачи обработки информации в группе мобильных объектов для $m = 1$

При этом часть обработки информации, прежде всего, получение фрагментов высокого разрешения, их наложение на соответствующие участки шаблона и первичная обработка выполняется параллельно. Частичное распараллеливание предусматривается и для этапа анализа контуров, что особенно важно для уменьшения общей длительности цикла формирования результирующего изображения.

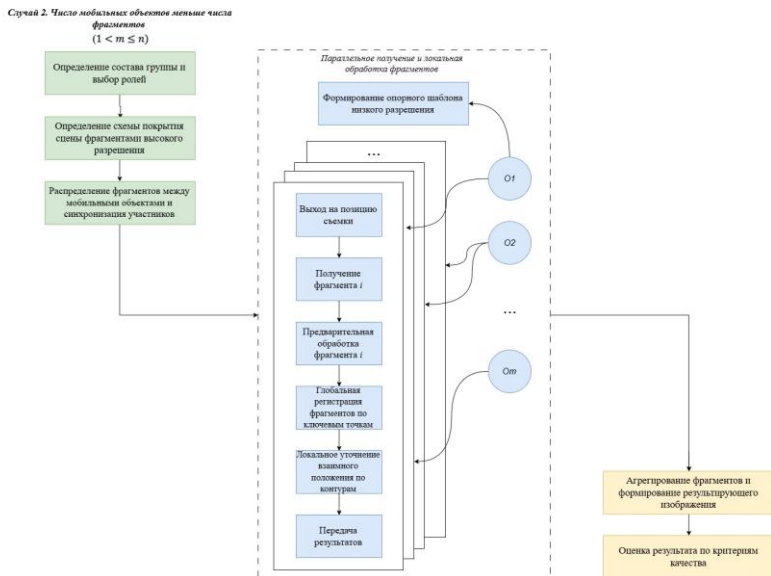


Рисунок 5 – Обобщенная схема решения задачи обработки информации для группы объектов, когда $1 < m \leq n$

Случай 3. Число мобильных объектов больше или равно числу фрагментов
 $m \geq n$

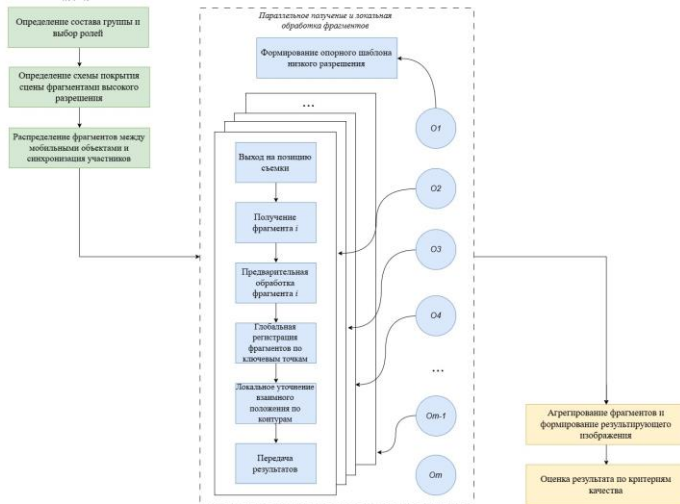


Рисунок 6 – Обобщенная схема решения задачи обработки информации для группы объектов, когда $m \geq n$

Также в главе уточняется формальная модель процесса обработки информации при условии групповой реализации, в частности раскрывается способ определения накладных расходов по времени как $T_{form} = T_{sync} + T_{mov_1} + T_{cpt} + T_{loc_n} + T_{trans_n} + T_{int}$, где учитываются время синхронизации объектов T_{sync} , время перемещения объектов к первой точке съемки T_{mov_1} , время захвата шаблона и подкадров, локальной обработки и передачи шаблона и подкадров от 1 до $n-1$ как T_{cpt} , T_{loc_n} – время локальной обработки последнего подкадра, T_{trans_n} – время передачи последнего подкадра и его метаданных, а также T_{int} – время интеграции. В результате определяются конкретные формы представления для модели T_{cap} , $T_{form}^{(1)}$, $T_{cpt}^{(1)}$, $T_{form}^{(m)}$ и $T_{cpt}^{(m)}$ для указанных выше случаев одного мобильного устройства и группы устройств с различным составом.

На основе представленной методики разработан алгоритм работы мобильного объекта при формировании изображений высокого разрешения в группе (см. рисунок 7).

В алгоритме учитываются принципы мультиагентного взаимодействия, включая автономность участников, обмен информацией, координацию действий и адаптацию к изменениям состояния системы. Отличительной особенностью алгоритма является выполнение координации действий объектов только на начальном этапе формирования изображения без последующего согласования промежуточных результатов.

В алгоритме предусмотрен этап начальной координации группы мобильных объектов, включающий выбор устройства, выполняющего координирующую роль, распределение областей съёмки и передачу участникам фрагментов опорного шаблона. Необходимость такого этапа обусловила доработку формальной модели, в которой для каждого мобильного объекта MO_k вводится интегральный

коэффициент пригодности K_k устройства к выполнению роли r_k , определяемый с учетом оценки энергетических ресурсов устройства E_k , его вычислительных возможностей C_k и позиционного преимущества P_k через весовую функцию $K_k^{lead} = \alpha_E E_k + \alpha_C C_k + \alpha_P P_k$, где $\alpha_E, \alpha_C, \alpha_P$ – это весовые коэффициенты, задающие относительную важность энергии, вычислительных ресурсов и позиционного преимущества соответственно. Также в данной главе создаются предпосылки для работы группы мобильных объектов в условиях ограниченных ресурсов для обработки информации в статических и динамических сценах.



Рисунок 7 – Алгоритм работы мобильного объекта при формировании изображений высокого разрешения в группе

С формальной точки зрения, разработанный алгоритм представляет организационный механизм реализации метода, разработанного во втором разделе, в распределённой среде. При этом он ориентирован как на сценарий с несколькими

мобильными объектами, так и на предельный случай, когда вся последовательность действий выполняется одним устройством.

Показано, что каждый участник выполняет локальный цикл, включающий получение подкадра, его предварительную обработку, выделение признаков, а также предварительное совмещение с шаблоном. Такая локальная процедура выступает базовым элементом общего алгоритма и обеспечивает единообразие вычислительного процесса в группе. Одновременно это создаёт возможность масштабирования метода при изменении числа участников: увеличение количества мобильных объектов приводит не к изменению сущности метода, а к перераспределению объёма работ и увеличению степени параллелизма.

В разделе также рассмотрена процедура формирования фрагмента изображения высокого разрешения на одном объекте из группы как элементе общей распределённой схемы (см. рисунок 8).

Основным результатом третьего раздела является обоснование того, что предложенная методика и алгоритм позволяют организовать распределённую обработку информации при формировании изображений высокого разрешения без нарушения требований к качеству итогового результата.

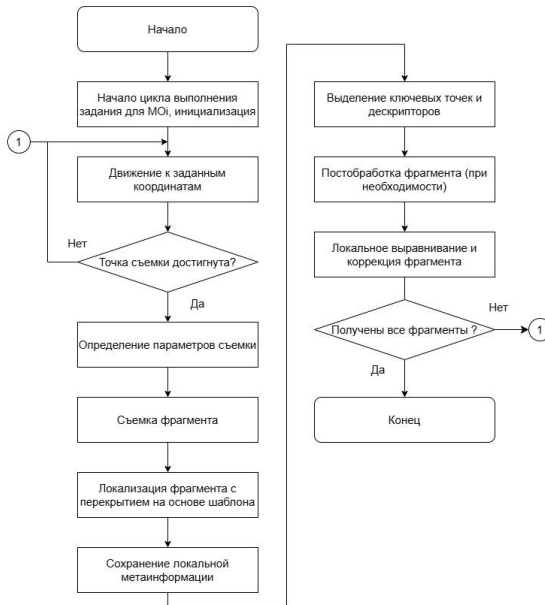


Рисунок 8 – Схема реализации процедуры обработки информации на мобильном объекте

Кроме того, в главе доказано, что передаваемый объем данных при распараллеливании процесса обработки информации $\mathcal{I}_{\Sigma} = \mathcal{I}_{tpl} + \mathcal{I}_{res} + \mathcal{I}_{srv}$ изменяется незначительно и имеет зафиксированный нижний предел как $\mathcal{I}_{\Sigma} \approx \mathcal{I}_{const} + m\mathcal{I}_{meta}$, зависящий только от требуемых характеристик результирующего изображения высокого разрешения I^{HR} , таких как число информационно значимых пикселей N^{hon} и q^{px} – среднего объема данных, приходящийся на один пиксель после кодирования.

В четвертой главе представлено экспериментальное исследование разработанных метода, методики и алгоритма организации обработки информации при формировании изображений высокого разрешения. Целью главы является проверка работоспособности предложенных решений, а также оценка их эффективности с точки зрения качества формируемых изображений, временных и энергетических затрат, устойчивости к искажающим факторам. Для этого в главе сформулированы основные требования к программной модели, реализующей разработанные решения и определена общая схема проведения экспериментальных исследований.

Для оценки качества изображения используются структурное сходство SSIM, пиковое отношение сигнал/шум PSNR, RMSE reprojection error для анализа геометрической точности совмещения изображений и Seam Discontinuity Score для оценки заметности границ между сшитыми подкадрами.

Результат эксперимента по проверке разработанного метода и алгоритма формирования изображения высокого разрешения можно представить в виде рисунка 9.

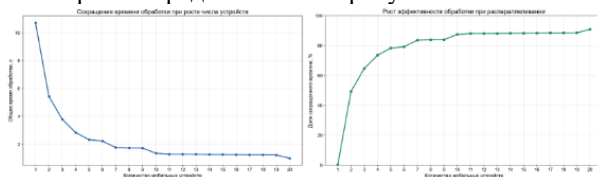


Рисунок 9 – Результат проведения эксперимента

Основная экспериментальная проверка показывает, что разработанный метод и алгоритм позволяют улучшить качество формируемого изображения за счет сшивки и контурного уточнения, что видно из повышения значений метрик при использовании устройства со сниженной аппаратной обеспеченностью относительно эталонного варианта. В частности, SSIM повышается с 0.79 (для опорного кадра координатора) до 0.95 (матрица 2x2) и 0.97 (матрица 3x3), PSNR с 24.1 дБ (для опорного кадра) до 32.14 дБ и 33.86 соответственно. Показатели RMSE достигают корректных значений 0.45 и 0.4959, а ошибка шва показывает положительную динамику с 0.01 до 0.0098. При этом наличие контурного уточнения обеспечивает выигрыш по всем перечисленным параметрам по сравнению со случаем использования шаблона и опорных точек, что подтверждает улучшение структурной согласованности результирующего изображения при условии работы устройствами с малым количеством МП.

Также в диссертационной работе приведены результаты исследования устойчивости разработанного метода и алгоритма к различным типам деструктивных воздействий, встречающимся в реальной ситуации (присутствие шума, размытия и искажений). Зафиксировано, что разработанный метод позволяет обеспечить хороший уровень ($SSIM \in [0.75; 0.9]$, $PSNR \in [30; 40]$, $RMSE \in [0.5; 1.5]$, ошибка шва $\in [0.015; 0.035]$) результирующего изображения при высоком уровне шума, среднем уровне размытия и невысоком уровне искажений и удовлетворительный уровень ($SSIM \in [0.60; 0.75]$, $PSNR \in [20; 30]$, $RMSE \in [1.5; 3.0]$, ошибка шва $\in [0.035; 0.06]$) результирующего изображения при высоком уровне шума, высоком уровне размытия и невысоком уровне искажений. Эти значения следует интерпретировать как подтверждение сравнительной устойчивости двухэтапной схемы «ключевые точки + контурное уточнение» в различных условиях.

Также часть данной главы посвящена исследованию временных затрат при параллельном запуске алгоритма обработки информации в задаче формирования изображений высокого разрешения. Показано, что переход от последовательной схемы обработки к распределённой, реализуемой группой мобильных объектов, обеспечивает сокращение времени формирования результирующего изображения. Результаты работы алгоритма представлены на рисунке 10.



Мобильных устройств	Время решения	Идеальное ускорение	Реальное ускорение	Эффективность
1	10,719 с	-	-	-
2	5,425 с	2,0×	1,98×	99%
4	2,831 с	4,0×	3,79×	94,75%
9	1,718 с	9,0×	6,24×	69,3%
16	1,247 с	16,0×	9,10×	56,88%
20	0,976 с	20,0×	10,98×	54,9%

Рисунок 10 – Результаты экспериментов по оценке затрачиваемого времени при изменении числа мобильных объектов

Эксперимент доказывает, что предложенный метод обработки информации для формирования изображений высокого разрешения применим к задачам прикладной фотограмметрии и, согласно предложенной методике и алгоритму, эффективно масштабируется при распределенной обработке фрагментов на группе мобильных объектов.

Заключение. В диссертационной работе решена научная задача разработки метода, методики и алгоритма организации распределённой обработки информации, обеспечивающих формирование изображений высокого разрешения из частично перекрывающихся фрагментов при сниженных аппаратных требованиях к отдельному мобильному объекту и соблюдении ограничений по качеству, времени обработки и энергетическим затратам.

Основным научным результатом диссертационной работы является метод обработки информации при формировании изображений высокого разрешения с

использованием мобильного объекта. В отличие от известных решений разработанный метод основан на использовании шаблона низкого разрешения, относительно которого выполняются совмещение фрагментов по ключевым точкам и их последующее локальное уточнение с применением анализа контуров.

Вторым значимым результатом является методика организации обработки информации при формировании изображений высокого разрешения группами мобильных объектов. Предложенная организация вычислительного процесса позволяет уменьшить время формирования изображения высокого разрешения по сравнению со случаем последовательной реализации операций, снизить нагрузку, приходящуюся на отдельные устройства, а также получать изображения динамичных сцен.

Третьим результатом работы является алгоритм функционирования мобильного объекта в составе группы при решении задачи формирования изображений высокого разрешения. Алгоритм построен на основе принципов мультиагентного взаимодействия и включает процедуры координации действий участников группы, выбора ролей, распределения подзадач, локальной обработки фрагментов и интеграции частных результатов. Показано, что разработанный алгоритм обеспечивает практическую реализуемость распределённой обработки в группе мобильных объектов. Использование алгоритма обеспечило практическую реализуемость предложенных метода и методики в условиях согласованной групповой работы мобильных объектов.

Экспериментальные исследования, проведенные с применением разработанной программной модели, подтвердили работоспособность разработанных метода, методики и алгоритма и достижение установленных критериев качества и эффективности. Для устройства со сниженной аппаратной обеспеченностью применение разработанного метода позволило снизить требуемую аппаратную обеспеченность фоторегистрирующей подсистемы в 2 раза относительно эталонного варианта. При этом использование групповой организации обработки информации позволило сократить временные затраты на формирование результирующего изображения в 1,98–10,98 раза при увеличении числа мобильных объектов от 2 до 20. Полученные результаты создают основу для дальнейших исследований в направлении развития методов распределённой фотограмметрической обработки, повышения адаптивности алгоритмов к динамическим условиям съёмки и расширения возможностей кооперативного применения групп мобильных объектов в задачах прикладной фотограмметрии.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Публикации в изданиях из перечня, утвержденного ВАК РФ, рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Козловский, А.В. Применение больших языковых моделей при организации пополнения базы знаний о методах обработки информации в системах прикладной фотограмметрии / А.В. Козловский, Э.В. Мельник, А.Н. Самойлов // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2024. — №3 (239). — С. 243–252. — DOI: 10.18522/2311–3103-2024-3-243-252. (ВАК, К2) – 0,9 п. л. / авт. вклад 0,2 п. л.

2. Самойлов, А.Н. Метод фотограмметрического измерения геометрических параметров объектов, инвариантный к фоторегистрирующим устройствам / А. Н. Самойлов, Н. Е. Сергеев, А. В. Волошин, А. В. Козловский // Вестник АГУ. — 2021. — Вып. 4 (291). — С. 58–69. — DOI: 10.53598/2410-3225-2021-4-291-58-69. (БАК, К3) – 0,95 п. л. / авт. вклад 0,3 п. л.

3. Голозузов, О. М. Оптимизация вычислительной схемы интерполяции декадных метеорологических данных методом обратного взвешивания по расстоянию с параллельной обработкой множественных временных срезов / О. М. Голозузов, А. В. Козловский, Э. В. Мельник, Я. Э. Мельник, А. Н. Самойлов // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2025. — № 6. (248) — С. 22–32. — DOI: 10.18522/2311-3103-2025-6-22-32 (БАК, К2) – 1,05 п. л. / авт. вклад 0,2 п. л.

4. Козловский, А. В. Распараллеливание обработки информации при формировании составных изображений // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2025. — № 1. (243) — С. 92–103. — DOI: 10.18522/2311–3103-2025-1-92-103. (БАК, К2) – 1 п. л. / авт. вклад 1 п. л.

5. Козловский, А. В. Исследование эффективности алгоритмов обработки информации при формировании изображений группой мобильных объектов / А. В. Козловский, Э. В. Мельник // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. — 2025. — Т. 13, № 4. (51) — С. 1–12. — DOI: 10.26102/2310–6018/2025.51.4.031. (БАК, К2) – 0,9 п. л. / авт. вклад 0,5 п. л.

6. Самойлов, А. Н. Алгоритмическое обеспечение системы интеллектуальной обработки цифровых изображений для задач прикладной фотограмметрии / А. Н. Самойлов, А. В. Волошин, А. В. Козловский // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. — 2019. — № 3 (246). — С. 96–102. (БАК, К3) – 0,5 п. л. / авт. вклад 0,15 п. л.

Публикации в научных изданиях, индексируемых международными базами данных, перечень которых определен в соответствии с рекомендациями ВАК РФ:

7. Rafiq, A. Enhancing Collaborative AI Learning: A Blockchain-Secured, Edge-Enabled Platform for Multimodal Education in IIoT Environments / A. Rafiq, E. Melnik, A. Kozlovskiy [et al.] // Big Data and Cognitive Computing. – 2026. – Vol. 10, No. 4. – P. 123. – DOI 10.3390/bdcc10040123. (Scopus Q1) – 2,1 п. л. / авт. вклад 0,4 п. л.

8. Melnik E. V. Method for Integrating of Groups of Mobile Robots in Reconfigurable Monitoring Systems at the Base of CUBESATs / Melnik E. V., Orda-Zhigulina M. V., Garyagdiev A. M., Kozlovskiy A. V. // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2024. – Vol. 934. – P. 192–197. – DOI 10.1007/978-3-031-54813-0_18. (Scopus Q4) – 0,4 п. л. / авт. вклад 0,1 п. л.

9. Kozlovskiy A.V. Method of Reference Point Detection in Composite Image Formation Using Mobile Devices / Kozlovskiy A. V., Lishchenko E. V., Melnik E. V., Samoylov A. N. // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2025. – Vol. 1490. – P. 384–396. – DOI 10.1007/978-3-031-96759-7_28. (Scopus Q4) – 0,75 п. л. / авт. вклад 0,25 п. л.

Публикации в других изданиях:

10. Kozlovskiy, A. V. An ontological model for the automated data replenishment method implementation for the synthesis of applied photogrammetry systems / A.V. Kozlovskiy, Y.E. Melnik, V.I. Voloshchuk // 2024 International Russian Automation Con-

ference (RusAutoCon). — Sochi, Russian Federation: IEEE, 2024. — Pp. 892–897. — DOI: 10.1109/RusAutoCon61949.2024.10694212. (Scopus) – 0,75 п. л. / авт. вклад 0,3 п. л.

11. Самойлов, А. Н. Актуальные направления развития систем прикладной фотограмметрии / А. Н. Самойлов, А. В. Козловский, А. М. Гарягдыев, Я. Э. Мельник // Исследования и творческие проекты для развития и освоения проблемных и прибрежно-шельфовых зон юга России: сборник трудов XV Всероссийской школы-семинара молодых ученых, аспирантов, студентов и школьников, Геленджик, 15-17 мая 2024 г. / сост. Ю. Б. Щемелева, С. В. Кирильчик. — Таганрог: Изд-во Южного федерального ун-та, 2024. — С. 373–376. – 0,2 п. л. / авт. вклад 0,05 п. л.

12. Козловский, А. В. О подходе к распределённой обработке информации в системах прикладной фотограмметрии на базе мобильных устройств // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XXIX Всерос. науч.-техн. конф. студентов, молодых учёных и специалистов. — 2024. — С. 114–115. – 0,2 п. л. / авт. вклад 0,05 п. л.

13. Козловский, А. В. Исследование возможности применения онтологий при решении задач прикладной фотограмметрии / А. В. Козловский, Е. В. Лищенко, Я. Э. Мельник // Фундаментальные и прикладные аспекты компьютерных технологий и информационной безопасности: сборник статей X Всероссийской научно-технической конференции. — 2024. — С. 247–248. – 0,05 п. л. / авт. вклад 0,02 п. л.

14. Мельник, Э. В. Применение мобильных устройств при решении задач прикладной фотограмметрии / Э. В. Мельник, А. Н. Самойлов, А. В. Козловский, В. И. Волощук // Перспективные системы и задачи управления: сборник материалов XIX Всероссийской научно-практической конференции. — 2024. — С. 459–461. – 0,05 п. л. / авт. вклад 0,02 п. л.

15. Козловский, А. В. Организация распределённой обработки информации при формировании составных изображений // Сборник научных трудов XII Всероссийской научной конференции «Системный синтез и прикладная синергетика». — 2024. — С. 197–200. – 0,5 п. л. / авт. вклад 0,5 п. л.

Патент и свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024666026 Российская Федерация. Онтологическая модель для автоматизированного пополнения данных для синтеза систем прикладной фотограмметрии: № 2024664694: заявл. 28.06.2024: опубл. 09.07.2024 / Козловский А.В., Волощук В.И.; правообладатель(и) ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет».

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024688216 Российская Федерация. Программный модуль формирования составных изображений на основе шаблона: № 2024686563: заявл. 07.11.2024, опубл. 26.11.2024 / Беспалов Д. А., Козловский А. В., Мельник Э. В.; правообладатель(и) ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет».

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024689925 Российская Федерация. Программный модуль сшивки изображений с оптимизацией на основе отсечения контуров: № 2024689065 заявл. 28.11.2024,

опубл. 11.12.2024 / Беспалов Д. А., Козловский А. В., Мельник Э. В.; правообладатель(и) ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет».

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024689469 Российская Федерация. Программный модуль для пошаговой обработки тайлов изображений большого размера с оптимизацией загрузки CPU: № 2024688197: заявл. 25.11.2024: опубл. 06.12.2024 / Беспалов Д. А., Козловский А. В., Мельник Э. В.; правообладатель(и) ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет».

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024687855 Российская Федерация. Прототип программных средств организации распределённых вычислений при мультиспектральной обработке данных: № 2024686461: заявл. 07.11.2024: опубл. 21.11.2024 / Таранов А. Ю., Козловский А. В., Мельник Э. В., Сафроненкова И. Б., Пуха И. С.; правообладатель(и) ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет».

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024688443 Российская Федерация. Библиотека алгоритмов для построения систем прикладной фотограмметрии на основе мобильных компонентов: № 2024686462: заявл. 07.11.2024: опубл. 27.11.2024 / Козловский А. В., Волощук В. И., Мельник Я. Э.; правообладатель(и) ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет».

7. Патент на полезную модель № 238387 U1 Российская Федерация, МПК G06F 15/163, G06V 10/82. Бортовой многоцелевой реконфигурируемый вычислитель : № 2025121313 : заявл. 01.08.2025 : опубл. 28.10.2025 / О. Б. Спиридонов, Э. В. Мельник, А. В. Козловский [и др.] ; патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет».

Личный вклад автора: В работах: [1, 8, 10, 11, 13] - проведен анализ подходов к организации обработки информации при формировании изображений высокого разрешения в прикладной фотограмметрии; [2, 9, 14] - разработан метод обработки информации при формировании изображений высокого разрешения с использованием мобильного объекта [3, 4, 7, 12, 15] - разработана методика распараллеливания обработки информации при формировании изображений высокого разрешения в группах мобильных объектов; [5, 6] - разработан алгоритм работы мобильного объекта при формировании изображений высокого разрешения в группе.

При создании указанных программ для ЭВМ и полезной модели, в том числе использованы теоретические результаты, полученные лично автором.

Подписано в печать 08.10.2026 г.
Бумага офсетная. Формат 60×84/16. Тираж 100 экз.
Усл. печ. лист. 1,38. Уч.-изд. лист. 1,1. Заказ № 10615.

Отпечатано в отделе полиграфической, корпоративной
и сувенирной продукции Издательско-полиграфического комплекса ЮФУ.
344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, тел. (863) 243-41-66.