# ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
## доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Технологии приборостроения» МГТУ им. Н. Э. Баумана Селезневой Марии Сергеевны

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 исследования** не вызывает сомнений. Развитие орбитальных группировок дистанционного зондирования Земли и стремительный рост объёмов поступающей информации выдвигают на первый план полностью автоматические технологии наземной обработки, не требующие участия оператора и привлечения опорной информации. Высокодетальные оптические системы в режиме площадной съёмки формируют разноракурсные перекрывающиеся изображения, надёжное совмещение которых при значительном изменении угла визирования классическими пороговыми процедурами оказывается недостаточным. В этих условиях привлечение методов искусственного интеллекта и многокритериальной оптимизации для обеспечения устойчивости геометрической обработки становится закономерным и востребованным направлением, что и определяет актуальность избранной темы.

**Структура и содержание работы** логичны и подчинены единому замыслу. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и двух приложений; распределение материала по главам сбалансировано, а соотнесение этапов предлагаемой технологии с выносимыми на защиту положениями облегчает восприятие. В первой главе выполнен системный анализ задачи и определены направления исследования. Вторая глава образует методическое ядро работы и содержит модели и алгоритмы геометрической обработки, включая алгоритм фильтрации одноимённых

точек и блочное уравнивание. В третьей главе рассмотрены синтез мозаичных снимков и критерии оценки их качества. В четвёртой главе представлены программная реализация и экспериментальная апробация. Содержание глав соответствует заявленным цели и задачам, выводы аргументированы и опираются на полученные количественные оценки.

Автореферат отражает структуру диссертации и позволяет сформировать представление о проведённом исследовании.

**Степень обоснованности научных положений** является достаточной. Постановки задач корректны и выводятся из проведённого автором анализа предметной области.

В рамках *первого положения* убедительно обоснован переход от порогового отсева соответствий к классификации на основе гибридной интеллектуальной технологии, в которой метод опорных векторов осуществляет первичное разделение классов, а в окрестности разделяющей гиперплоскости подключается классификатор на основе окна Парзена с параметрами, настраиваемыми генетическим алгоритмом; автоматическая разметка обучающей выборки по смеси распределения Райса и равномерного распределения методологически выдержана.

Применительно ко *второму положению* двухкомпонентная модель поправок и введение виртуальных опорных точек естественно вытекают из анализа структуры остаточных невязок, а обеспечение численной устойчивости достигается ограничением области поиска решения.

В *третьем положении* логически обоснован переход от стоимостных функций, оперирующих исключительно радиометрической информацией, к комбинированной функции, привлекающей формируемую свёрточной нейронной сетью маску рассогласований и карты диспаратности, что позволяет учитывать трёхмерную геометрию наблюдаемой сцены при обходе высотных объектов.

В *четвёртом положении* предложенные критерии и методика оценки качества опираются на статистический и интеллектуальный анализ показателей и согласованы с требованиями действующих нормативных документов, что обеспечивает объективность автоматической оценки формируемых мозаичных снимков.

Заслуживает отдельного одобрения корректное использование многокритериального эволюционного алгоритма для анализа разрешимости задачи уравнивания с выбором решения по точке перегиба Парето-фронта без явного задания весовых коэффициентов.

**Достоверность полученных результатов** обеспечивается корректным применением используемого математического аппарата – методов оптимизации, математической статистики, фотограмметрии и машинного обучения, – а также строгостью выполненных выкладок и обоснованностью принятых допущений. Достоверность подтверждается внедрением разработанного математического и алгоритмического обеспечения в практику предприятий ракетно-космической отрасли, где оно реализовано в составе наземных комплексов приёма, обработки и распространения данных, что свидетельствует о практической состоятельности предложенных решений. Дополнительным подтверждением служит апробация результатов на научно-технических конференциях.

**Научная новизна работы** состоит в разработке новых математических моделей и алгоритмов, позволяющих комплексно решить задачу автоматического формирования мозаичных изображений из материалов площадной съёмки без привлечения опорной информации. Новыми являются гибридная интеллектуальная схема отбраковки одноимённых точек с признаковым описанием, привлекающим модель съёмки и цифровую модель рельефа; математическая модель и численно устойчивый алгоритм блочного уравнивания с двухкомпонентной поправкой; а также применение

многокритериальной эволюционной оптимизации для исследования устойчивости уравнивания.

К **достоинствам работы** следует отнести глубину проработки интеллектуальной составляющей, продуманное многопризнаковое описание соответствий, учитывающее геометрию съёмки, и аккуратное сопоставление предложенных решений с известными методами, выполненное на натурных данных.

По работе имеются **замечания**.

1. Эмпирические пороги, используемые при автоматической разметке обучающей выборки, приведены без анализа чувствительности итоговой доли ложных сопоставлений к их вариации, что затрудняет суждение о переносимости методики на иные условия съёмки (положение 1).

2. Не исследовано влияние числа и пространственного расположения виртуальных опорных точек на численную устойчивость и итоговую точность уравнивания (положение 2).

3. Роль исследования многокритериального эволюционного алгоритма в окончательном решении раскрыта несколько неявно: алгоритм отвергается по быстродействию, а рабочим избирается детерминированный, и это методическое разделение стоило бы проговорить отчётливее (положение 2).

4. Выбор именно одноклассового классификатора для реализации меры насыщения границы недостаточно аргументирован в сравнении с альтернативными детекторами аномалий (положение 4, критерий 1).

5. Согласованность интегрального критерия оценки качества линии пореза с визуальной оценкой оператора показана преимущественно качественно; количественная мера согласия с экспертной разметкой не приведена, что затрудняет объективное сопоставление с альтернативными критериями (положение 4, критерий 1).

Высказанные замечания носят частный характер и не снижают общей положительной оценки работы.

**Полнота опубликования результатов** обеспечена в полной мере. По теме диссертации опубликовано 33 работы, в том числе 5 в изданиях перечня ВАК и 4 в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и Web of Science; новизна программных решений закреплена двумя свидетельствами о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин. Содержание публикаций раскрывает положения, выносимые на защиту.

**Соответствие паспорту специальности** соблюдено. Тематика и результаты работы отвечают паспорту специальности 2.3.1. в части пункта 3 «разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач ... обработки информации и искусственного интеллекта», пункта 4 «разработка методов и алгоритмов решения задач ... обработки информации и искусственного интеллекта» и пункта 5 «разработка специального математического и алгоритмического обеспечения».

**Заключение.** Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача оперативного формирования мозаичных изображений по данным площадной съёмки от высокодетальных систем дистанционного зондирования Земли. Работа **отвечает требованиям**, установленным Положением о присуждении учёных степеней для диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Егин М. М. **заслуживает** присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

**Официальный оппонент:**
Селезнева Мария Сергеевна – доктор технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, доцент, профессор кафедры «Технологии приборостроения»

МГТУ им. Н.Э. Баумана
Почтовый адрес: 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1.
Тел: 8(495)771-66-09.
Элек. почта: m.s.selezneva@mail.ru

«06» июля 2026. г. Селезнева М. С.

Подпись официального оппонента Селезневой М. С., доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Технологии приборостроения» МГТУ им. Н. Э. Баумана «заверяю».

ВЕРНО:
ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ ПО ПЕРСОНАЛУ
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ
И АДМИНИСТРИРОВАНИЯ
НАЗАРОВА О.В.
ТЕЛ. 8-499-263-60-48

С отзывом ознакомлен
22.07.2026