

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертационную работу Бориса Викторовича **МАРТЕМЬЯНОВА**
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.16 -
Информационно-измерительные и управляющие системы (технические системы)

На оппонирование представлена диссертационная работа на 232 листах, из которых основной текст составляет 225 листов. Структурно работа организована в виде пяти глав, которым предшествует Введение и за которыми идут Заключение, Список литературы (274 наименования) и два приложения.

Информационно-измерительные системы (ИИС) идентификации параметров геометрических деформаций последовательности изображений, вызванных, в том числе движением объектов интереса, а также методы, на которых они основаны, широко востребованы при решении самых разнообразных задач: высокоточного наведения и целеуказания, управления автономными мобильными платформами, построения стереоизображений, 3-D сцен, анимации и многих других. Основным приемом выявления таких геометрических изменений, используемым в современных технологиях обработки изображений, является вычисление векторного поля скоростей движения фрагментов изображения (оптического потока). Проблема высокоточного оценивания оптического потока является фундаментальной проблемой в области создания ИИС контроля параметров движения объектов, наблюдаемых в видимом и инфракрасном диапазонах электромагнитного излучения, и пока далека от глобального решения. Решению этой **актуальной проблемы** в части разработки методологии построения ИИС идентификации параметров движения изображения, ориентированной на реализацию в реальном времени, и посвящена диссертация Мартемьянова Б.В. Учитывая, что результаты работы направлены на использование в программных комплексах систем космического наблюдения Земли, они могут иметь значение для геоинформационного обеспечения РФ.

Работа спланирована как последовательное решение ряда задач.

Цель работы обозначена во Введении как разработка принципов и путей повышения точности и быстродействия ИИС идентификации параметров движения изображений яркостных объектов по группе двумерных изображений, представленных разнородными видеоданными, и разработке на этой основе высокоточных ИИС параметрической идентификации движения изображений для решения широкого круга прикладных задач.

В первой главе диссертации «Обзор методов параметрической идентификации движения изображений яркостных объектов» автором на 50 страницах приводится обзор и анализ известных методов решения задачи привязки изображений, анализируются их достоинства и недостатки. В число анализируемых публикаций других авторов включены работы, в основном англоязычные, за период с 1978 по 2016 годы. Сформулирован ряд направлений для дальнейших научных исследований.

Во второй главе «Метод анализа поля скоростей динамического изображения» (39 стр.) предложена математическая модель движения изображения, связывающая геометрическое изменение изображения с векторным полем скоростей оптического потока, заданным на фокальной плоскости изобразительной системы. Получено обобщенное уравнение оптического потока, устанавливающее связь параметров оптического потока с измеряемыми характеристиками изображения. Для используемого метода функционализации выбрана функция веса основного функционала в виде мультипликативной функции, минимизирующей сложность вычисления основного и индуцированных функционалов. Проанализировано влияние аддитивного шума на погрешность оценки параметров движения изображения, получаемой методом функционализации.

Третья глава «Совмещение изображений как динамический процесс обработки данных в ИИС ИПДИ» (28 стр.) посвящена разработке итерационной процедуры привязки изображений с использованием метода функционализации. Предложенная процедура отличается от известных аналогичных процедур способом вычисления приращения вектора начального смещения области анализа на итерации и критерием остановки итеративного процесса. Описывается проведенный эксперимент и приводятся его результаты.

В четвертой главе «Методика совмещения в ИИС ИПДИ изображений, полученных при наблюдении с подвижного основания» (32 стр.) рассмотрена задача привязки изображений с радиометрическими, спектральными, малыми ракурсными и морфологическими искажениями. Для ее решения предложены модель видеосигнала; варианты основного функционала метода функционализации, специфицированные для решения рассматриваемой задачи; итерационная процедура привязки, критерий достоверности результата и методика его получения. Приводятся результаты апробации предложенных решений.

В пятой главе «Решение практических задач обработки аэрокосмических снимков с использованием ИИС ИПДИ» (34 стр.) описано применение разработанного программного обеспечения для решения практических задач, связанных с обработкой аэрокосмических снимков, сформированных многоматричным оптико-электронным преобразователем. Рассмотрены задачи «сшивки» полос изображений, определения параметров смаза, оценки динамики фокальной плоскости, уточнения положения матриц фоточувствительных приборов с зарядовой связью на фокальной плоскости, обнаружения малоразмерных

малоскоростных объектов, идентификации оптико-электронного преобразователя по сформированному им изображению.

Новые научные положения диссертации, представляющие наибольший интерес.

1. Обобщение метода функционализации параметров изображения для задачи параметрической идентификации движения сцены по группе двумерных изображений, направленное на повышение точности, быстродействия и снижения чувствительности метода к разнородности видеоданных и их радиометрическим, спектральным и морфологическим искажениям.

2. Аналитическое описание зависимости параметров движения динамического изображения от векторного поля скоростей (оптического потока) на фокальной плоскости изобразительной системы, допускающее вариацию яркости во времени и сингулярности в оптическом потоке до разрывов первого рода; а также описание обратной зависимости. Методика оценки измеримых параметров изображений на основе нормированных нелинейных обобщенных функций со сложным составным ядром, инвариантная к геометрическим ракурсным и радиометрическим искажениям.

3. Методика высокоточной привязки изображений (построения карт диспарантности), основанная на компенсационном подходе и применимая к фрагментам разнородных изображений, а также методика оценки погрешности привязки разнородных изображений, как двухкомпонентного вектора, на базе которой предложен критерий остановки итерационного процесса привязки изображений. На основе методики привязки разработаны частные методики для информационно-измерительных систем разного прикладного назначения.

4. Методика оценки частоты и амплитуды колебаний и вибраций фокальной плоскости изобразительной системы космических аппаратов наблюдения, основанная на предложенных подходах к обработке изображений и позволяющая контролировать пространственную динамику фокальной плоскости в условиях орбитального полета.

Обоснованность научных положений и выводов. Диссертационная работа обладает достаточной степенью обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, что подтверждается корректным математическим анализом, применением адекватной модели формирования изображений, доказательством основных положений в рамках указанной модели. Обоснованность также подтверждается проведением экспериментальных исследований, как на модельных примерах, так и при решении значительного числа прикладных задач, подтвержденных актами использования результатов, в частности коррекции смазанных изображений с использованием разработанной программы BlurCSKB для космических аппаратов типа "Ресурс-ДК" и «сшивки» полос изображений, формируемых многоматричными оптико-электронными преобразователями космических аппаратов типа "Ресурс-ДК1».

Обоснованность и достоверность полученных положений и выводов, содержащихся в диссертации, подтверждается и опубликованием результатов в рецензируемых статьях, обсуждением на высокорейтинговых конференциях, в частности, конференции «International Conference on Mathematical Problems in Engineering, Aerospace and Sciences».

Значимость результатов диссертации для науки и практики.

Диссертационная работа Мартемьянова Б.В. решает важную научно-техническую проблему идентификации параметров движения сцены по наблюдаемым изображениям в фокальной плоскости мультиматричных систем космического дистанционного зондирования Земли. Решение этой проблемы весьма значимо и при разработке новых информационно-измерительных систем привязки изображений иного прикладного назначения. Работа в полной мере соответствует паспорту специальности 05.11.16 - «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические системы)» (п. 1 «Научное обоснование перспективных информационно-измерительных и управляющих систем, систем их контроля, испытаний и метрологического обеспечения, повышение эффективности соответствующих систем»; п. 4 «Методы и системы программного и информационного обеспечения процессов отработки и испытаний образцов информационно-измерительных и управляющих систем»; п. 6 «Исследование возможностей и путей совершенствования существующих и создание новых элементов, частей, образцов информационно-измерительных и управляющих систем, улучшение их технических, эксплуатационных, экономических и эргономических характеристик, разработка новых принципов построения и технических решений»).

Теоретическая значимость диссертации состоит в том, что в ней дано обобщение метода функционализации параметров изображения для решения задачи параметрической идентификации движения сцены по группе двумерных изображений, представленных разнородными видеоданными, отличающиеся робастностью к радиометрическим, спектральным и морфологическим искажениям изображений. Полученные результаты могут быть положены в основу программных комплексов различного прикладного назначения.

О практической значимости разработанных автором методов и алгоритмов свидетельствует и значительное число актов внедрений научных результатов на одном из базовых предприятий, разрабатывающих наземный сегмент систем дистанционного зондирования ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс».

Очевидно, что исследования по теме диссертации могут быть продолжены и развиты, в том числе в сотрудничестве с той же организацией, где результаты уже использованы.

Соответствие автореферата диссертации. Автореферат соответствует диссертации и в достаточной мере отражает результаты и выводы диссертационной работы.

Основные положения, выносимые на защиту обсуждались на научных конференциях и опубликованы.

В качестве **недостатков** и пожеланий можно отметить следующее.

- Автор выделяет (стр. 8) только две группы методов привязки изображений: взаимно-корреляционные и градиентные методы. Эта классификация, учитывая разнообразие используемых мер подобия изображений, вероятно, неполная. Так, в последние годы развиваются методы, основанные на теоретико-информационных мерах (взаимные информации Шеннона, Реньи, Тсаллиса, меры F-информации, энтропия совместной плотности распределения вероятностей и др.), эффективные при привязке морфологически, яркостно и спектрально искаженных изображений, сложности в обработке которых автор и отмечает.

- Утверждение автора, что работоспособность градиентных методов сохраняется только при малых скоростях движения, составляющих единицы шага сетки отсчетов смещения фрагмента изображения за межкадровый период (стр. 22), весьма спорно.

- Автор развивает метод функционализации параметров изображения, предложенный научной школой СамГТУ. При этом в диссертации говорится, что постановка задач и проведение экспериментов проводилось совместно с научным консультантом, некоторые «направления исследований инициированы лично автором», но из работы и публикаций (все кроме двух 2009 и 2011 года в соавторстве) не ясно, какие именно.

- Отсутствует сравнительный анализ результатов, полученных с использованием предложенных автором решений с результатами известных альтернативных подходов и методов по точности, вычислительной сложности, нише применения и др. Это касается и модифицированного метода функционализации, и методики высокоточной привязки изображений, и методики оценки пространственной динамики фокальной плоскости и способа определения параметров смаза по условиям съемки.

- Регулярные обобщенные функции, лежащие в основе основного функционала, дают своеобразный эффект сглаживания исходного изображения, вероятно влияющий и на точность восстановления оптического потока. Это влияние, в частности при наличии окклюзий, в работе не исследовано.

- Относительно «апертурной проблемы» и достоверности привязки в окрестности точек разрыва оптического потока при её решении, автор делает вывод (п. 2.4.2): «можно утверждать, что до сих пор не существует общих эффективных способов её точного решения». Но их и не может быть в принципе из-за

ограниченности информации (как содержащейся в изображениях, так и служебной), можно в лучшем случае оценить достоверность получаемой погрешности. При этом, например, в результатах автора ещё и вклад субъективного выбора функции веса, подбираемой по критерию минимальной сложности вычисления коэффициентов обобщенного уравнения.

- Предположение (п. 2.4.4), что величины \tilde{F}_x^i и \tilde{F}_y^i , рассматриваемые как случайные функции номера окна анализа в покрытии $\langle D^i \rangle$, не коррелированы, слабо обосновано.

- Представляла бы интерес разработка конкретной методики учёта «скоростной» погрешности, вызванная инерционностью обработки; судя по результатам экспериментов (рисунки 2.10, 2.12 и др.) это целесообразно.

- Формируемая карта диспарантности имеет узлы, которые в результате её формирования остаются незаполненными. Представлял бы интерес и подход, предполагающий их заполнение с оценкой достоверности спрогнозированных для них векторов.

- Название диссертации в актах использования научных результатов не соответствует названию диссертации, представленной к защите.

- Можно отметить и некоторые элементы небрежности при подготовке рукописи. Обилие аббревиатур, которые вводятся во многих параграфах и подпараграфах, что при отсутствии списка обозначений и сокращений значительно затрудняет чтение диссертации, сокращения вводятся многократно на протяжении диссертации, так ИС (изобразительная система) – 5 раз, ФРО (функция распределения освещенности) – 3 раза, ОЭП – 3 раза и т.д., много грамматических ошибок, вызванных в силу их идентичности, по всей вероятности, какими-то сбоями текстового редактора.

Отмеченные недостатки не влияют на значимость и достоверность главных теоретических и практических результатов диссертации.

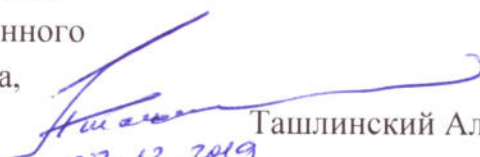
Диссертация Б.В. Мартемьянова является оригинальным исследованием, выполненным на профессиональном уровне. Представленный в автореферате и диссертации материал хорошо структурирован и достаточно аккуратно оформлен, изложение соответствует научным стандартам и подкреплено соответствующим иллюстративным и графическим материалом. Все основные теоретические положения обоснованы и подтверждены результатами экспериментальных исследований. По каждой главе и работе в целом сделаны выводы.

Результаты диссертационной работы отражены в печати в 38 работах. Основные результаты и положения, выносимые на защиту, опубликованы в 3 изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и в Web Of Science, 2 интернет публикациях IFAC и PhysCon, 12 изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, 19 материалах международных и всероссийских конференций. Получены патент на изобретение и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Диссертация является законченным научно-квалификационным исследованием, в котором автором разработаны теоретические основы и методология построения информационно-измерительных систем идентификации параметров движения изображений.

Заключение. В диссертационной работе Мартемьянова Б.В. «Теоретические основы и методология построения информационно-измерительных систем идентификации параметров движения изображений» решена важная научно-техническая проблема идентификации параметров движения сцены по наблюдаемым в фокальной плоскости мультиматричных систем дистанционного зондирования Земли изображениям. Диссертационная работа в полной мере соответствует специальности 05.11.16 - Информационно-измерительные и управляющие системы (технические системы) и отвечает критериям, установленным Положением о присуждении, а её автор, Мартемьянов Борис Викторович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Зав. кафедрой «Радиотехника»
Ульяновского государственного
технического университета,
д.т.н., профессор


07.12.2019

Ташлинский Александр Григорьевич

Защитил докторскую диссертацию «Методы и алгоритмы рекуррентного оценивания пространственно-временных деформаций многомерных изображений» (1999 год) по специальности 05.13.16 – Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.

Контактная информация

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет»
«Ульяновский государственный технический университет»

Адрес: 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32.

Сайт: <http://www.ulstu.ru>

Телефон: (8422)778-102

E-mail: tag@ulstu.ru

Подпись Ташлинского А.Г. заверяю:



Директор Департамента экономики,
финансов и кадрового обеспечения


Тимофеева О.Г.