

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального
директора – исполнительный директор
академик РАН



«27» марта 2019 г.

Отзыв ведущей организации – ГНЦ ФГУП «ГОСНИИАС»

на диссертационную работу

Мартемьянова Бориса Викторовича

"Теоретические основы и методология построения информационно-измерительных систем идентификации параметров движения изображений",

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

Актуальность темы диссертации

Возрастающая интенсивность полетов самолетов гражданской авиации предъявляет высокие требования к обеспечению безопасности полетов в районах аэропортов. В особенности сложны задачи обеспечения безопасности взлетов и посадок самолетов при плохих погодных условиях. При этом первостепенной задачей является обеспечение ситуационной осведомленности пилотов. Всеми передовыми авиационными компаниями мира ведутся работы по повышению такой осведомленности, в частности, за счет применения систем синтезированного видения, которые строятся отображением видеоинформации, получаемой от сенсоров, работающих в видео, инфракрасном и радио диапазонах излучения, на едином дисплее в

форме 3-D изображений, и сравнением их с актуализированными эталонными изображениями обстановки в районе взлетно-посадочной полосы. Необходимость такого осуществления отображения предъявляет высокие требования по быстродействию и точности к методам и алгоритмам вычисления векторного поля скоростей движения анализируемых изображений (оптического потока), которая решается совмещением кадров разнородной видеоинформации. Похожие задачи возникают при построении цифровых карт рельефа местности на основе использования космических и авиационных снимков. Другими задачами, требующими высокоточного совмещения разнородных видеоданных, полученных при различных условиях и ракурсах съемки, являются задачи обеспечения навигации и ориентирования беспилотных транспортных платформ. Однако до сих пор не решены задачи вычисления плотного, то есть по всему полю изображения без пропусков фрагментов, оптического потока, а также субпиксельного совмещения изображений при наличии в них не только аддитивных, но и мультипликативных возмущений и шумов. Поэтому рассматриваемая в диссертационной работе задача развития научных основ общего метода идентификации движения динамических изображений, отличающегося универсальностью, высокой точностью, быстродействием и малой чувствительностью к радиометрическим, спектральным и морфологическим искажениям, несомненно является актуальной как с точки зрения развития общей теории создания информационно-измерительных систем, так и с точки зрения решения актуальных прикладных задач, имеющих важное практическое значение.

Новизна полученных результатов и выводов

Главные элементы научной новизны, представленные в диссертации, следующие.

1. Развита новый метод высокоточного совмещения разнородных изображений – метод функционализации изображений. Новацией в методе является переход от совмещения самих изображений к

совмещению полей значений функционалов, определяемых на этих изображениях. Переход к функциональным пространствам позволил решить проблему «разнородности» изображений. При этом само совмещение осуществляется градиентным методом, обеспечивающим высокое быстродействие алгоритмов совмещения.

2. Предложены виды основного функционала, используемого в методе функционализации, обеспечивающие инвариантность процесса совмещения к мультипликативным помехам.
3. Предложена эффективная итерационная процедура совмещения разнородных изображений, обеспечивающая совмещение фрагментов изображений не более, чем за 2-3 итерации.
4. Приведена модель погрешностей совмещения, позволившая построить эффективный векторный критерий останова итерационной процедуры совмещения изображений, чем обеспечена субпиксельная точность совмещения.

На основе развитых автором теоретических положений и методов разработаны методики и алгоритмы решения практически важных задач. К важнейшим из них относится общая методика и апробированные алгоритмы совмещения изображений, искаженных радиометрическими, морфологическими и спектральными искажениями.

С использованием предложенных алгоритмов успешно совмещаются спектрально-зональные изображения, для которых средние яркости фрагментов отличаются в 1,7 – 1,8 раз. Приведена достаточная статистика по результатам совмещения фрагментов спектрально-зональных изображений, демонстрирующая высокую результативность и скорость работы предложенной итерационной процедуры совмещения. На фрагментах изображений размером 75000 пикселей получено 93% достоверных совмещений, при затрате в среднем 1,01 итерации на одно состоявшееся совмещение.

Успешность совмещения таких разнояркостных изображений объясняется выбором такого вида основного функционала, при котором совмещаемые поля

значений функционалов по динамическому диапазону эквивалентны.

Значимым практическим результатом является разработанная соискателем программа определения параметров скоростного смаза космических изображений, внедрение которой способствовало продлению срока активного функционирования космического аппарата наблюдений «Ресурс-ДК». На представленных автором примерах показано, что разработанные методы и алгоритмы позволяют реконструировать с достаточной точностью изображения, имеющие значение скоростного смаза до 100 пикселей и более.

Оригинальным и значимым результатом, полученным соискателем, является продемонстрированная в работе возможность применения вычисляемых «протоколов сшивки» смежных полос изображений, получаемых составными многоматричными ОЭП, для извлечения из видеоданных информации не визуального характера. Соответствующий материал в наглядной и убедительной форме представлен в параграфе 5.4.3. В частности, на рисунке 5.14 (стр. 175) продемонстрирован амплитудный спектр колебаний фокальной плоскости космического телескопа, вычисленный по «протоколу сшивки» пар смежных полос изображений, содержащий заметно выделяющиеся гармоники с частотами до 160 Гц. По утверждению соискателя (не подтвержденному официальным протоколом) с помощью специалистов РКЦ Прогресс (г. Самара) идентифицированы источники соответствующих вибраций, что подтверждает корректность и высокую точность вычисляемых «протоколов сшивки». Оценка параметров вибраций фокальной плоскости в условиях орбитального полета, не реализуемых при проведении наземных испытаний, получена в практике эксплуатации космических аппаратов наблюдения впервые.

Помимо указанного, содержимое вычисляемых «протоколов сшивки» позволило:

- оценивать качество программы управления движением космического аппарата на маршруте съемки, обрабатываемой системой управления

движением (рисунок 5.15 на странице 177; в автореферате не представлен);

- оперативно оценивать отклонения взаимного расположения матриц ПЗС в составе оптико-электронного преобразователя от проектных значений (рисунок 5.7 на странице 169) и отслеживать взаимные подвижки матриц в процессе эксплуатации космического аппарата.

На примере обработки изображений с сюжетом «плотина на горной реке» (рисунок 5.16 на странице 179) проиллюстрирована высокая «плотность» и точность вычисления карт диспарантности двух изображений. Так, на сечениях визуализированной карты диспарантности на рисунке 5.22 просматривается рельеф поверхности, создаваемой кронами деревьев.

Предложена (подраздел 5.5) и наглядно проиллюстрирована оригинальная технология обнаружения и выделения малоразмерных (единицы пикселей) малоскоростных объектов, основанная на построении и препарировании в интерактивном режиме вычисленной и визуализированной в виде яркостного поля карты диспарантности.

Оригинальным результатом, полученным соискателем, являются учет голономных связей между ПЗС матрицами в компоновке ОЭП целевой аппаратуры космического аппарата. Количественный учет этих связей позволил автору ввести понятие «характеристический вектор» оптико-электронного преобразователя. Приведенные результаты исследования стабильности числовых значений компонент характеристического вектора на примере панхромного ОЭП космического аппарата «Аист-2Д», вычисленного для десятков маршрутов съемки, свидетельствуют о высокой временной и температурной стабильности расположения матриц на фокальной плоскости изобразительной системы космического аппарата, что важно для подтверждения достоверности получаемых с борта космического аппарата видеоданных. Кроме того, характеристический вектор, визуализированный в виде диаграммы, дает наглядную информацию для оценки погрешности взаимной компоновки матриц ОЭП.

Использование характеристического вектора позволило соискателю впервые в практике космической съемки решить возникшую практическую задачу идентификации ОЭП, сформировавшего данное изображение.

Эффективность программы и методик, нашедших практическое применение в системах обработки космических изображений, подтверждена актами внедрений.

По теме диссертации диссертантом опубликовано 38 работ, из них три - в международных изданиях, индексируемых в базах Scopus и Web Of Science, 12 - в изданиях из перечня, рекомендуемого ВАК РФ для кандидатских и докторских диссертаций, 19 в материалах Международных и Всероссийских конференций; две интернет публикации IFAC и PhysCon, получены патент на изобретение и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Достоверность результатов подтверждается:

- корректностью постановки решаемых задач;
- корректностью доказательства основных положений работы;
- результатами многочисленных (десятками тысяч) вычислительных экспериментов с разнообразными по сюжету реальными изображениями, демонстрирующими стабильную воспроизводимость результатов;
- успешной эксплуатацией с декабря 2010г. разработанной программы BlurCSKB коррекции смазанных изображений, получаемых КАН типа "Ресурс";
- результатом решения задачи идентификации ОЭП в составе МОЭП непосредственно по изображению, сформированному данным ОЭП;
- результатами оценки параметров вибраций фокальной плоскости космического телескопа на маршрутах съёмки, подтверждёнными наличием источников этих процессов с соответствующими частотными характеристиками;
- актами использования результатов работы в ФГУП ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс» г. Самары.

Автореферат достаточно полно отражает содержание, научные и практические результаты диссертации.

Соответствие паспорту специальности.

Тематика диссертационного исследования, полученные теоретические и практические результаты соответствуют паспорту специальности 05.11.16 «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические системы)» по следующим пунктам («Области исследований»):

1. Научное обоснование перспективных информационно-измерительных и управляющих систем, систем их контроля, испытаний и метрологического обеспечения, повышение эффективности существующих систем.

4. Методы и системы программного и информационного обеспечения процессов отработки и испытаний образцов информационно-измерительных и управляющих систем.

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.

Общие замечания

В качестве недостатков диссертационной работы необходимо отметить следующее.

1. Не определены требования к свойствам основного функционала, используемого в предложенном методе совмещения изображений.
2. Регулярные обобщенные функции, используемые при построении основного функционала, «сглаживают» исходные данные. Не оценено, каким образом такое сглаживание влияет на достоверность восстановления оптического потока в точках его разрыва.

3. Не рассмотрен вопрос о возможности построения предложенным методом плотного, без пропусков, оптического потока.
4. Не рассмотрена проблема восстановления оптического потока при наличии затенения, окклюзий объектов в совмещаемых изображениях.
5. В п.п 5.2 диссертации рассматривается задача оценки параметров «смаза изображения движением». Параметры смаза определяются не прямо по изображению, а косвенно, по условиям съемки. Следовало бы провести сравнение результатов «прямого» и «косвенного» определения параметров смаза.

Отмеченные недостатки не изменяют общей положительной оценки работы. Можно сделать заключение о том, что в целом диссертация Мартемьянова Б.В. является завершенной научно-квалификационной работой, соответствующей специальности 05.11.16 «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические системы)», вносящей значительный вклад в развитие метода функционализации параметров изображений и демонстрирующей научные и практические достижения мирового уровня.

Представленная к защите диссертационная работа полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Мартемьянов Борис Викторович, достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.16 «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические системы)»

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании НТС подразделения 3600 «ГОСНИИАС» 26.11.2019г., протокол № 17.

Начальник подразделения 3600,

д.т.н., профессор

член-корреспондент РАН



Г.Г.Себряков