

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента

на диссертацию Мартемьянова Бориса Викторовича на тему  
«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**

Диссертация Мартемьянова Б.В. посвящена решению актуальной задачи – разработке методов высокоточного совмещения разнородных изображений, полученных космическими системами наблюдения Земли в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра. Эта задача на протяжении многих лет решается в рамках государственных контрактов и оборонных заказов различными научно-производственными коллективами. Основными прикладными областями являются навигационное обеспечение летательных аппаратов, их высокоточное наведение на заданные объекты, построение 3D моделей рельефа, обработка аэрокосмических изображений Земли и др.

В нашей стране и зарубежом исследуется ряд подходов по высокоточному совмещению разнородных изображений. Они отличаются по скорости, точности, надежности и области применения. Данная проблема далека от окончательного решения, делаются активные попытки улучшения технических характеристик создаваемых программно-технических средств совмещения изображений. Поэтому любые попытки улучшить указанные характеристики с использованием тех или иных подходов заслуживают всяческого одобрения и поддержки. В связи с этим тема диссертационного исследования является, безусловно, актуальной.

### **Новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

Целью диссертации является разработка принципов и путей повышения точности и быстродействия процесса совмещения разнородных изображений в рамках создания информационно-измерительной системы идентификации параметров движения изображений для решения широкого круга прикладных задач. Для достижения этой цели автор предлагает использовать

так называемый метод функционализации параметров изображений, основа которого составляет переход от совмещения самих изображений к сопоставлению функций распределения освещенности фокальной плоскости видеодатчика. Эта идея предложена и развита научным коллективом Самарского государственного технического университета во главе с профессором П.К. Кузнецовым.

В диссертационной работе дано обобщение метода функционализации разнородных видеоданных с целью достижения более высокой точности и быстродействия по сравнению с известными подходами, а также снижения чувствительности к радиометрическим и геометрическим различиям совмещаемых изображений.

Конкретно из работы можно выделить новые решения по двум основным направлениям.

*1-е направление.* Предложено строгое математическое описание прямой и обратной связи параметров движущегося изображения и оптического потока (векторного поля скоростей), а также методика, инвариантная к радиометрическим и ракурсным геометрическим искажениям совмещаемых изображений.

Эти новации являются существенным вкладом в развитие метода функционализации при совмещении разнородных изображений.

*2-е направление.* Разработаны методики высокоточного совмещения разнородных изображений и оценки точности этого процесса. Они положены в основу частных методик построения информационно-измерительных систем самого различного прикладного назначения, и прежде всего в интересах метрологического обеспечения космических комплексов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и прецизионной обработке полученных от них данных. Выполнены исследования на статистически представительной модельной и натурной информации для различных систем ДЗЗ в части решения ряда проблемных вопросов. Показана эффективность предложенных методик.

Это также является значимым вкладом в теоретическую основу метода функционализации.

*Вывод.* Предложенные математические модели и методики; результаты их теоретических и экспериментальных исследований с привлечением

модельной и натурной информации дают достаточное основание для подтверждения верности положений, вынесенных автором на защиту.

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждаются корректным применением математического аппарата, результатами теоретических и экспериментальных исследований с привлечением модельных и натурных данных от различных систем ДЗЗ, а также практическим внедрением разработанных технологий.

### **Публикации и апробация работы**

Основные результаты и новые научные положения, выдвинутые автором на защиту, достаточно полно опубликованы в 38 публикациях. Из них 3 в международных изданиях, индексируемых в Scopus и в Web Of Science, 12 в изданиях из перечня, рекомендуемого ВАК РФ, 19 в материалах Международных и Всероссийских конференций; 2 интернет публикации IFAC и PhysCon, патент на изобретение, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

### **Замечания**

1. В название диссертации внесен очень важный объект исследований – методология идентификации параметров движения изображений на основе метода функционализации. Это обязывает к глубокому качественному и количественному анализу в части сопоставления известных альтернативных методов совмещения изображений по скорости, точности, надёжности, области применения и т.п. Этому вопросу в работе стоило бы уделить больше внимания.

Это замечание в полной мере относится и к необходимости более глубокого обоснования верности положений, вынесенных на защиту.

2. В работе значительное внимание уделено использованию метода функционализации для решения задачи прецизионной "сшивки" полос изображений от многоматричных видеодатчиков (п. 2.5, п. 5.4). Однако не представлена аналитическая модель этого важного процесса, определяющая для каждого пикселя "сшитого" изображения точные координаты фотоприемника

в фокальной плоскости видеодатчика. Эта модель должна также определять алгоритм трансформирования исходных полос в систему координат "сшитого" изображения с учётом действия искажающих факторов, таких как рельеф местности, неточность знания положения и угловой ориентации космического аппарата, вращения Земли и др.

3. Для оценки точности "сшивки" полос в работе предложена модель искажений зон их перекрытия в виде затухающих гармонических колебаний (формула 2.36 диссертации, стр. 88). Адекватность этой модели вызывают некоторые сомнения.

Во-первых, в модели (2.36) использовался период колебаний, равный 50000 строк, а на реальных снимках он значительно короче. Например, из рисунка 2.16 (стр. 106) следует, что период колебаний для КА "АИСТ-2Д" составляет порядка 4000 строк.

Во-вторых, что не менее важно, модель (2.36) не включает имитации параллактических искажений, которые обусловлены влиянием рельефа, имеют сложный случайный характер и приводят к ощутимым смещениям пикселей зон перекрытия в кадровом направлении.

4. В п. 5.2 и п. 5.3 диссертации рассмотрено практическое применение метода функционализации для решения задачи коррекции смаза изображений от многоматричных видеодатчиков. Однако без внимания остался вопрос учета неточности знания положения ПЗС-матриц в фокальной плоскости. В то время как корректная оценка параметров смаза может быть сделана только после уточнения положения ПЗС-матриц в фокальной плоскости. Этому вопросу следовало бы уделить большее внимание.

5. В диссертации и особенно в автореферате имеется ряд ошибок. См., например, автореферат: под рубрикой "Основные задачи диссертации" (стр. 6) – 5 ошибок; в рисунке 1 (стр. 13) – сигналы на входе и выходе АЦП одни и те же  $N(x,t)$ ; в формуле (4) – вместо дифференциала  $dx$  стоит  $@x$ ; в пояснении к формуле (5) присутствует функционал  $F(M)x$ , которого нет в самой формуле; и т.д.

### Заключение

В целом, несмотря на сделанные замечания, диссертация Мартемьянова Б.В. является законченной научно-квалификационной работой, в которой автором решена научная проблема идентификации параметров движения изображений в фокальной плоскости многоматричных систем космического наблюдения Земли. Решение этой проблемы имеет важное значение для создания информационно-измерительных систем совмещения изображений самого различного прикладного назначения. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию. Тематика работы соответствует специальности 05.11.16 «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические системы)». Диссертация отвечает требованиям ВАК, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Официальный оппонент



В.В. Еремеев

Сведения об оппоненте.

Еремеев Виктор Владимирович, доктор технических наук, профессор. Защитил докторскую диссертацию в 1997 году по специальности 05.13.14 – «Системы обработки информации и управления».

Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1. (4912) 72-03-03, rgrtu@rsreu.ru.

Должность: директор НИИ обработки аэрокосмических изображений ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина». Почтовый адрес: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1; тел.: (4912) 72-03-72; e-mail: foton@rsreu.ru

Подпись д.т.н., профессора

В.В. Еремеева заверяю:

Ученый секретарь ученого совета

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный

радиотехнический университет

имени В.Ф. Уткина», к.т.н., доцент



В.Н. Пржегорлинский