

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Старосотникова Николая Олеговича по теме

«СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ»

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности

05.11.07 – оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

**Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым
она представлена к защите.**

Диссертационная работа посвящена средствам и методам геометрической калибровки оптико-электронных аппаратов, что соответствует паспорту специальности «05.11.07 – оптические и оптико-электронные приборы и комплексы», отраслям «технические науки» и «физико-математические науки» по следующим пунктам:

- п. 1 «Математическое моделирование физических процессов в оптико-электронных приборах и устройствах»;
- п. 2 «Методы и процессы для создания оптических и оптико-электронных приборов для формирования и обработки оптических изображений»;
- п. 4 «Принципы построения приёмников и систем для детектирования электромагнитного излучения. Фотоэлектрические преобразователи»;
- п. 5 «Принципы построения оптических и оптоэлектронных преобразователей. Оптические и оптоэлектронные средства съёма информации, датчики и устройства на их основе, средства измерения и анализа физических величин»;
- п. 7 «Методы и средства для преобразования и управления характеристиками оптического излучения. Управляемые оптические фильтры, разветвители, переключатели, модуляторы, затворы, дефлекторы»;
- п. 12 «Методы и приборы для оптической диагностики природных объектов, гидросферы и атмосферы. Комплексы для лазерного зондирования»;
- п. 13 «Методы, приборы и комплексы для оптической локации и навигации. Астрономические оптические приборы»

*Вх. № 41-52/74
от 16.06.2023*

Актуальность темы диссертации.

В современных оптико-электронных аппаратах для ДЗЗ может использоваться от одного до нескольких сотен фотоприёмников, которые в результате монтажа на одной электронной плате имеют некую погрешность взаимного положения. Эта погрешность измеряется посредством теодолита или коллиматора с тест-объектом в виде стеклянной пластины, а затем компенсируется при формировании одного бесшовного изображения. Процесс калибровки занимает много времени, является не автоматизированным и недостаточно точным. Поэтому, необходимо проводить дополнительные исследования, чтобы повышать качество целевой информации, чему и посвящена работа.

Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту.

Известно применение отдельно DMD-устройств для геометрической калибровки цифровой камеры посредством проецирования на экран «шахматной сетки» на конечное расстояние (порядка нескольких метров). Соискатель предложил новый способ применения DMD в составе коллиматора для калибровки и получения резкого изображения в оптико-электронных аппаратах ДЗЗ, имеющих большие фокусные расстояния в лабораторных условиях (на стендовом оборудовании). Известен способ создания специального тест-объекта на стеклянной пластине фотолитографическим методом, а соискатель предложил посредством DMD создавать универсальный тест-объект.

Результаты диссертационных исследований в области геометрической калибровки оптико-электронных аппаратов обладают новизной, в частности:

- предложен способ формирования универсального тест-объекта с точки зрения пространственно-временных и энергетических характеристик формируемого рисунка при помощи цифрового микрозеркального устройства;
- предложен метод математической обработки изображений тест-объекта путём выбора оптимального соотношения размеров изображения рисунка тест-объекта и пикселя фотоприёмника, калибруемого оптико-электронного аппарата, фильтрации изображения, присвоении значениям сигнала изображения квадратичных весовых коэффициентов;
- предложен автоматический метод поиска центров изображения точек рисунка тест-объекта на фотоприёмнике калибруемого оптико-электронного аппарата;
- предложена методика геометрической калибровки температурного дрейфа пространственной структуры микрозеркал цифрового микрозеркального устройства и пикселей фотоприёмника оптико-электронного аппарата;

– предложена методика геометрической калибровки многоматричных оптико-электронных аппаратов.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Положения, выносимые на защиту, являются научно обоснованными и соответствуют содержанию диссертации. Результаты диссертационного исследования достоверны, основаны на практически реализуемых технологиях, подтверждены результатами экспериментов, апробированы на научных конференциях, опубликованы в рецензируемых научно-технических изданиях, защищены патентами и подтверждены актами о внедрении разработанных устройств геометрической калибровки оптико-электронных аппаратов.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации.

Результаты диссертационного исследования имеют общенаучную значимость и могут быть применены для следующих областей фотограмметрии:

- определении деформаций сооружений с течением времени;
- определении параметров движения объектов;
- изысканиях в области дорожного строительства, трасс трубопроводов, линий электропередач и других объектов в строительстве;
- гидротехнических, гляциологических, геологических, географических изысканиях и исследованиях;
- лечении сетчатки глаз, изготовлении зубных протезов, изучении внутренних органов человека и его внешней формы и в многих других.

Опубликованность результатов диссертации в научной печати.

Основные результаты диссертации опубликованы в 17 печатных работах, в том числе 5 статьях, соответствующих п. 18 Положения о присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий в Республике Беларусь, 10 работах в сборниках материалов научно-технических конференций, 2 патентах на изобретения, что отвечает требованиям ВАК.

Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК.

Оформление диссертации соответствует требованиям ВАК. В работе приведены ссылки на используемые источники. Содержание работы изложено в достаточном объёме для понимания сути проведённых исследований. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертации:

Стоит отметить ряд замечаний и предложений:

– некорректная формулировка 3 задачи (стр.6), следующая формулировка лучше отражала бы суть решаемой задачи и полученного результата «Разработать модель калибровки на основе поиска центров элементов изображения рисунка тест-объекта»;

– в литературном обзоре рекомендуется систематизировать различные методы калибровки в виде структуры для того, чтобы указать место полученного результата и корректно выполнить сравнительный анализ;

– анализируемые виды и типы тест-объектов рекомендуется систематизировать по форме и типам их рисунков;

– соискатель не объяснил, в какой степени результаты, полученные в лабораторных условиях, найдут применение при эксплуатации опико-электронных аппаратов на околоземной орбите в составе космического аппарата.

Указанные замечания не снижают научную значимость и практическую ценность результатов работы.

Соответствие научной квалификации соискателя учёной степени, на которую он претендует.

Результаты, полученные в диссертационной работе Старосотникова Н.О., позволяют квалифицировать их как законченную научно-исследовательскую работу, соответствующую требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 – оптические и опико-электронные приборы и комплексы за новые научные результаты, включающие:

1. Способ реализации тест-объекта для калибровки геометрических параметров опико-электронных аппаратов, отличающийся применением цифрового микрозеркального устройства, установленного в фокальной плоскости коллиматора, что обеспечивает уменьшение от 4 до 5 раз времени и погрешности калибровки по сравнению с тахеометром и сопоставимо со специальным тест-объектом в виде стеклянной пластины.

2. Метод определения координат центра элемента изображения рисунка тест-объекта по энергетическому центру тяжести, отличающийся последовательной фильтрацией изображения фильтром Винера, применением порога, значения двумерного сигнала изображения ниже которого принимаются равными нулю, присвоении значениям сигнала квадратичных весовых коэффициентов, а также вписыванию в площадку фотоприёмника элемента изображения рисунка тест-объекта, что позволяет уменьшить погрешность

определения координат центров элементов изображения рисунка тест-объекта от 3 до 5 раз.

3. Алгоритм математической обработки изображения с произвольным количеством элементов рисунка тест-объекта по их энергетическим центрам тяжести, заключающийся в предварительном поиске требуемой области обнаружения путём применения контурных алгоритмов, а также вычисления кросскорреляции между рисунком тест-объекта и его изображением, что обеспечивает возможность автоматизации процесса поиска, исключение регистрации ложных объектов и уменьшает время обработки от 20 до 100 раз.

4. Методика калибровки геометрических параметров оптико-электронных аппаратов с многоматричными фотоприёмниками, включающих: температурное смещение элементов фотоприёмников оптико-электронного аппарата, элементы внешнего ориентирования (пространственную ориентацию оптико-электронного аппарата относительно коллиматора) путём обработки измеренных данных по всем фотоприёмникам, элементы внутреннего ориентирования (фотограмметрическое фокусное расстояние, расположение фотоприёмников в фокальной плоскости, коэффициенты аппроксимации дисторсии) по каждому фотоприёмнику в противоположных положениях коллиматора, которая позволяет обеспечить погрешность совокупных параметров от $\pm 0,2''$ до $\pm 1,0''$, что от 3 до 10 раз меньше по сравнению с существующими методиками.

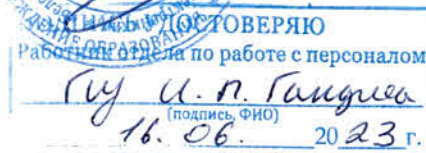
Официальный оппонент:

профессор кафедры «Электронные
вычислительные машины» БГУИР,
доктор технических наук, профессор



М.М. Татура

Подпись М.М. Татура заверяю:



*Отзыв посетил в совет
16.06.2023 Александр Н.И. Рижовский*

*С изданием ознакомлен
16.06.2023 Александр Александрович*