МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Рязанский государственный радиотехнический университет»
(ФГБОУ ВО «РГРТУ», РГРТУ)
Гагарина ул., 59/1, г. Рязань, 390005
Телефон: (4912) 46-03-03
Факс: (4912) 92-22-15
E-mail: rgrtu@rsreu.ru

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
Рязанского государственного
радиотехнического университета,
зав. кафедрой «Космические
технологии», д.т.н., профессор
_____ А.И. Таганов
«27» 09 2016 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Воронина Евгения Геннадьевича на тему «Исследование проблемы надёжности фотограмметрической обработки оптико-электронных космических снимков», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.34 – «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия»

Актуальность темы диссертации

Диссертация Воронина Е.Г. посвящена исследованию актуальных вопросов, связанных с фотограмметрической обработкой снимков от оптико-электронных систем наблюдения Земли в интересах картографирования местности. Главным требованием к такой обработке является обеспечение максимально возможной геометрической точности фотограмметрических преобразований с целью получения геоинформационных документов с заданными измерительными свойствами.

Высокая точность фотограмметрической обработки может быть обеспечена применением адекватных съёмочному процессу математических моделей формирования изображений и вероятностным учётом погрешностей измерения параметров, характеризующих этот процесс. Кроме того, машинная реализация алгоритмов обработки требует внимания к вычислительному аспекту операций с конечной точностью, который определяется плохой обусловленностью и недостаточной устойчивостью решаемых математических задач. В работе представлен комплексный подход к решению проблемы повышения точности фотограмметрической обработ-

ки снимков, включая и исследования по обеспечению надежности решения задачи обратной фотограмметрической засечки. Под последней понимается определение элементов внешнего и внутреннего ориентирования снимков, наиболее близким по значениям к реальным условиям съемки. Главная проблема здесь состоит в том, что на практике выполнение обратной фотограмметрической засечки приводит к неустойчивому решению. Часто даже незначительное изменение значений исходных данных приводит к существенному изменению искомых элементов ориентирования снимков. Решение проблемы фотограмметрической обработки данных высокодетального наблюдения Земли определено рядом государственных и отраслевых программ по созданию систем ДЗЗ. Все это обуславливает необходимость разработки новых подходов к решению поставленной задачи, что и определяет актуальность темы представленной диссертации.

Научная новизна диссертационного исследования

Диссертационная работа направлена на повышение надёжности фотограмметрической обработки оптико-электронных космических снимков, на выявление и исследование причин неустойчивого решения обратной фотограмметрической засечки. Показано, что основная причина связана с преобразованием связок проектирующих лучей по условиям теоремы профессора М.Шаля о вращении плоскостей. Как следует из представленных в диссертации результатов экспериментальных исследований, разработаны достаточно эффективные методы противодействия преобразованию связок проектирующих лучей и обеспечения надёжности фотограмметрической обработки путём корректировки весов уравниваемых измерений.

По утверждениям автора эти научные результаты позволяют обеспечить достоверную геометрическую калибровку бортовой съемочной аппаратуры космических систем ДЗЗ даже при отсутствии опорных точек, что особо актуально для обработки снимков зарубежных территорий.

Значительное внимание в диссертации уделено исследованию смещений одноименных точек в перекрытиях смежных ПЗС-матриц, установлению причин этого явления и их анализу. По утверждению автора отличительной особенностью этих исследований является сохранение измерительных свойств изображений в

зонах перекрытий смежных ПЗС-матриц, о чем свидетельствуют представленные в работе оценки точности геометрической сшивки, полученные с привлечением натурной информации.

Значимость полученных результатов для науки и практики

В качестве основных новых научных результатов в представленной диссертации заявлены:

- комплексный учёт факторов, влияющих на надёжность фотограмметрической обработки оптико-электронных космических снимков с учетом методов математического моделирования и погрешностей исходных данных;

- выявление причин возникновения смещений одноимённых точек в перекрытиях фотоприёмных матриц, численная оценка этих смещений и разработка метода геометрической «сшивки» оптико-электронных космических снимков;

- методы противодействия преобразованию восстанавливаемой связки проектирующих лучей при решении обратной фотограмметрической засечки;

- теория корректировки приближённо заданных весов измерений с целью обеспечения надёжности фотограмметрической обработки снимков;

- технологические решения по фотограмметрической обработке оптико-электронных космических снимков.

Практическая направленность диссертации определяется разработкой новой технологии и экспериментального программного комплекса фотограмметрической обработки оптико-электронных космических снимков, которые опираются на научно обоснованные в работе решения. Эти решения могут быть практически реализованы при создании соответствующих программных комплексов в организациях, занимающихся наземной навигацией и геоинформатикой.

Основные результаты исследований получили внедрение и прошли экспериментальную апробацию в Научно-производственном предприятии «ОПТЭКС» (г.Зеленоград). Их достоверность подтверждена проверкой на реальной информации, полученной аппаратурой «Сангур-1» КА «Ресурс-ДК1», аппаратурой «Сангур-1У» и ШМСА (широкозахватной мультиспектральной аппаратурой) КА «Ресурс-П».

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Результаты работы могут быть использованы в организациях ракетно-космический отрасли и в различных отраслях народного хозяйства, занимающихся созданием систем ДЗЗ и их эксплуатацией:

• в новых перспективных системах высокодетальной съемки Земли, таких как «Ресурс-П», «Ресурс-ПМ» и др.;

• при создании и использовании новых перспективных средств наземной обработки данных ДЗЗ, например в Научном центре оперативного мониторинга Земли АО «Российские космические системы», отраслевых центрах Росгидромета, Минсельхоза, МЧС и др. ведомств;

• для развития теоретических основ по созданию новых перспективных средств высокоточной фотограмметрической обработки материалов ДЗЗ.

Недостатки диссертационной работы

1. Автор выносит на защиту модель надежной фотограмметрической обработки оптико-электронных космически снимков (п. 3.3.) и связывает эту модель с решением задачи обратной фотограмметрической засечки. Эта задача с использованием весов измерений успешно решена в 80-х годах прошлого века для кадровых систем, а так же глубоко исследована: для кадрово-сканерных систем (КА «Канопус-В» – ВНИИЭМ и РГРТУ); для сканерных систем (КА «Метеор-М» – ИКИ РАН; КА «Ресурс-ДК» – АО «НИИ ТП»; КА «Ресурс-П» – РКЦ «Прогресс» и РГРТУ). Например, эти вопросы всесторонне исследованы в работах:

• Triggs B., Mclauchlan Ph., Hartley R., Fitzgibbon A. Bundle Ajustment - A Modern Synthesis // Vision Algorithms: Theory and Practice. Springer-Verlag. 2000.

• Grodecki J., Lutes J. IKONOS Geometric Calibrations // ASPRS Annual Conference. 2005.

• Кузнецов А.Е., Пошехонов В.И. Информационная технология стереофотограмметрической обработки видеоданных от многоматричных сканирующих устройств // Цифровая обработка сигналов. 2010. № 3. С. 44-49.

• Кузнецов А.Е., Пошехонов В.И. Методика геометрической калибровки комплекса многозональной сканерной съемки КА «Метеор-М» // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2010. № 3(33). С. 12-18.

К сожалению, автором глубоко не проанализированы предложенные им решения по сравнению с уже известными.

2. В диссертации представлены алгоритм и технология «сшивки» сканов, основанные на блочной фототриангуляции с использованием опорных и общих точек и с последующим ортотрансформированием полученных снимков (п. 2.1.5 и п. 4.1). В то же время в отечественной и зарубежной литературе известны схожие и даже более эффективные подходы к решению этой задачи, например публикации:

• Кузнецов А.Е., Пресняков О.А., Мятов Г.Н. Структурное восстановление изображений от многоматричных сканерных датчиков дистанционного зондирования Земли. Цифровая обработка сигналов. 2015. № 3. С. 29–36.

• Современные технологии обработки данных дистанционного зондирования Земли / Под ред. В.В. Еремеева. - М., ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 460 с. (см. с. 98 –102).

• Tang X., Hu F., Wang M., Pan J., Jin S., Lu G. Inner FoV Stitching of Spaceborne TDI CCD Images Based on Sensor Geometry and Projection Plane in Object Space // Remote Sens. 2014. № 6. Pp. 6386-6406.

• Eremeev V., Kuznetcov A., Myatov G., Presnyakov O., Poshekhonov V., Svetelkin P. Image structure restoration from sputnik with multi-matrix scanners // Proc. SPIE 9244. Image and Signal Processing for Remote Sensing XX. 92440F (October 15, 2014). doi:10.1117/12.2066631.

В этих работах предложены методы, использующие преимущества «сшивки» сканов на основе строгой модели геопривязки и позволяющие выполнить «сшивку» без трансформирования в картпроекцию. При этом устраняются параллактические искажения из-за рельефа местности по всему полю снимка.

3. Автор утверждает, что он впервые раскрыл причины возникновения смещений одноименных точек в зонах перекрытия сканов (см. с. 245 диссертации). Однако эти вопросы уже всесторонне рассмотрены в ряде работ, например:

• В работах [43, 86] из списка литературы к диссертации.

• Tang X., Hu F., Wang M., Pan J., Jin S., Lu G. Inner FoV Stitching of Spaceborne TDI CCD Images Based on Sensor Geometry and Projection Plane in Object Space // Remote Sens. 2014. № 6. Pp. 6386-6406.

• Кузнецов А.Е., Пресняков О.А., Мятов Г.Н. Структурное восстановление изображений от многоматричных сканерных датчиков дистанционного зондирования Земли. Цифровая обработка сигналов. 2015. № 3. С. 29–36.

• Современные технологии обработки данных дистанционного зондирования Земли / Под ред. В.В. Еремеева. - М., ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 460 с. (см. с. 78–82).

4. Одна из задач диссертации - создание методов противодействия преобразованию связок проектирующих лучей ОФЗ (разд. 3). Однако из текста работы не ясно, действительно ли и за счет чего предложенные автором решения предотвращают преобразование связок.

5. Автор претендует на теорию корректировки весов уравниваемых измерений с целью обеспечения надежности фотограмметрической обработки (разд. 3). Однако в работе не уделено должного внимания сравнению предлагаемого подхода по эффективности с известными весовыми методами (например, весовым МНК). Отсутствует статистически достоверная апробация предложенных автором решений, доказывающая их эффективность.

6. При оценке практической значимости работы не проведены сравнения с уже существующими много лет програмно-алгоритмическими средствами фотограмметрической обработки оптико-электронных космических снимков в интересах Роскартографии, Топографической службы ВС РФ и др. Это ограничило возможность ведущей организации – РГРТУ – по рекомендациям использования предложенных в диссертации решений.

Отмеченные недостатки снижают научную и практическую ценность работы. Поэтому соискателю при защите диссертации предлагается дать аргументированные ответы на вопросы, поставленные в замечаниях.

Общая оценка диссертационной работы

В целом диссертация Воронина Е.Г. представляет собой завершенную квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы повышения надёжности фотограмметрической обработки оптико-электронных космических снимков.

При положительных ответах на поставленные выше замечания диссертация может быть признана соответствующей требованиям ВАК, а ее автору присуждена ученая степень доктора технических наук по специальности 25.00.34 – «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия».

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании НИИ обработки аэрокосмических изображений РГРТУ, протокол №3 от 20.09.2016 г.

Директор НИИ обработки аэрокосмических изображений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет» (НИИ «Фотон» РГРТУ),
докт. техн. наук, профессор — Виктор Владимирович Еремеев

Вед. науч. сотрудник НИИ «Фотон» РГРТУ,
канд. техн. наук — Николай Анатольевич Егошкин

Вед. науч. сотрудник НИИ «Фотон» РГРТУ,
канд. техн. наук — Олег Александрович Пресняков

390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1
e-mail: foton@rsreu.ru
Тел.: (4912) 46-03-72