

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук
Ахметова Равиля Нургалиевича на диссертационную работу
Андропова Владимира Германовича на тему «Математические
модели, методы и методики автономной фотограмметрической
обработки космических сканерных снимков», представленную
на соискание учёной степени доктора технических наук
по специальности 25.00.34 – Аэрокосмические исследования Земли,
фотограмметрия (технические науки)

Развитие космической техники характеризуется значительным увеличением объемов используемой в различных отраслях информации, а также значительным сокращением требуемого времени на её обработку перед непосредственным использованием потребителями. В этих обстоятельствах возрастает роль научно-практических методов обработки космических снимков, в частности, фотограмметрической обработки космических сканерных снимков.

Вышеизложенные обстоятельства определили необходимость анализа причин затруднений, обусловивших необходимость научного обоснования новых подходов к обработке космических сканерных снимков. Особую трудность составляет обработка космических снимков при отсутствии или снижении качества информации, получаемой от спутниковых навигационных и бортовых астроизмерительных систем, и об опорных точках местности в районе съёмки.

Актуальность исследования этих вопросов обусловлена тем, что группировка навигационных космических аппаратов в силу технологических сбоя или преднамеренно может быть ограничена по точности или вообще отключена, а качество функционирования бортовых астроизмерительных систем существенно снижено, например, по причине солнечной засветки или превышения допустимой угловой скорости движения космического аппарата дистанционного зондирования Земли в процессе съёмки.

Автор исследования проанализировал научные направления отечественных и зарубежных учёных в смежных областях знаний и пришел к выводу о том, что указанное направление может быть научно обосновано и практически реализовано новыми научными подходами и разработками.

Таким образом, автору удалось выявить **противоречие** между объективной необходимостью повышения точности оперативной геопривязки результатов дистанционного зондирования Земли в условиях нештатного функционирования внешних навигационных систем и возможностями существующих методов и средств фотограмметрической обработки космических сканерных снимков при отсутствии в районе съёмки опорных точек местности. Это противоречие обусловило **научную проблему** повышения точности фотограмметрической обработки космических сканерных снимков в условия нештатного функционирования внешних навигационных систем и отсутствия топогеодезической информации о наземных ориентирах в районе съёмки.

Учитывая изложенное, тема диссертационной работы представляется **актуальной** и имеет важное хозяйственное значение, особенно для работ по обширным территориям.

В целях разрешения данной проблемы автору потребовалось создать математические модели построения космических сканерных снимков, модели системы внешнего ориентирования космического сканерного снимка, разработать научно-методологический аппарат автономной фотограмметрической обработки результатов дистанционного зондирования Земли в условиях нештатного функционирования спутниковых навигационных систем и звёздных датчиков и построения макетных снимков местности.

В связи с этим диссертационная работа Андропова В.Г., посвящённая разработке моделей и методов автономной фотограмметрической обработки космических сканерных снимков в особых условиях, является актуальной и практически значимой.

Тема диссертации, направленность проведённого исследования и полученные результаты соответствуют паспорту специальности 25.00.34 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия (технические науки). Завер-

шённость исследования, его качество, совокупность научных положений, выдвигаемых автором для защиты, позволяют утверждать, что представленная работа соответствует п. 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней (решена научная проблема, имеющая важное значение для деятельности космической отрасли и для обеспечения обороноспособности государства). Теоретические и прикладные результаты работы ориентированы на повышение оперативности работы систем обработки космических сканерных снимков.

При проведении теоретических исследований автор использовал методы системного анализа, теорию множеств, теории математического моделирования и статистического анализа, теорию космической фотограмметрии, теорию небесной механики, астрономию, картографию. В экспериментальных исследованиях тестового участка местности автор применял ГИС MapInfo 10.1, что определяется содержанием предметной области исследования.

Научную ценность диссертации Андропова В.Г. определяют следующие новые полученные автором результаты.

1. Математические модели построения космических сканерных снимков, отличающиеся комплексным учётом координатно-временных, геометрических, пространственно-частотных и кинематических характеристик формирования, дрейфа и углового движения связки проектирующих лучей в ОЭСС на интервале маршрутной съёмки.

2. Метод и методики построения замещающих моделей элементов внешнего ориентирования космического сканерного снимка, отличающиеся универсальностью структурно-функциональной организации моделей, адаптивностью к составу моделируемых параметров, режимам и ракурсам съёмки.

3. Показатели качества построения замещающих моделей элементов внешнего ориентирования космического сканерного снимка, отличающиеся учётом влияния ошибок параметров замещающих моделей на точность автономной геопривязки сканерных снимков.

4. Метод и методики автономной фотограмметрической обработки результатов ДДЗ в условиях нештатного функционирования спутниковых навигационных систем и звёздных датчиков, отличающиеся уточнением параметров

замещающих моделей элементов внешнего ориентирования космического сканерного снимка по информации, получаемой от бортовых измерительных систем.

5. Методика построения макетных снимков местности, отличающаяся дополнительными возможностями для анализа и синтеза процессов построения космических сканерных снимков, синтеза технологий их фотограмметрической обработки и разработки требований к перспективным оптико-электронным сканирующим системам дистанционного зондирования Земли, системам навигации и ориентации космических аппаратов.

Научная новизна результатов диссертации в теоретическом обосновании возможности уточнения параметров съёмки без использования опорных точек местности и других внешних ориентиров, что позволяет повысить точность автономной геопривязки космических сканерных снимков в условиях нештатного функционирования глобальных спутниковых навигационных систем. Полученные результаты содержат новые научно обоснованные решения, позволяющие говорить о создании теоретических основ автономной фотограмметрической обработки космических сканерных снимков по бортовой измерительной информации, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие теории фотограмметрии сканерных снимков и имеет методологическое значение.

Перечисленные научные результаты обладают новизной и оригинальностью решений и представляют собой развитие научно-методологического аппарата автономной фотограмметрической обработки космических сканерных снимков по бортовой измерительной информации.

Обоснованность полученных выводов определяется корректностью и глубиной анализа проблемы, а также корректностью ограничений и допущений.

Достоверность полученных результатов подтверждена результатами моделирования и натурных экспериментов, которые корректны по отношению к теоретическим исследованиям.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что разработанные модели, методы и методики доведены до программной реализации, реализованы и используются в ведущих научно-исследовательских орга-

низациях Министерства обороны РФ, Государственной корпорации «Роскосмос» и Российской Академии наук, обеспечивая научно-методическую основу для решения ряда актуальных задач, связанных с практической реализацией концепции развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года, в части разработки требований к характеристикам перспективных космических аппаратов дистанционного зондирования Земли, обеспечивающих повышение точности автономной фотограмметрической обработки космических сканерных снимков в масштабе времени, близком к реальному.

Автор определил направления использования разработанных методик, а также область их применения в системах автономной фотограмметрической обработки космических сканерных снимков; сформулировал практические рекомендации по технической реализации и эксплуатации разработанного аппаратно-программного комплекса.

Полученные результаты целесообразно использовать при подготовке тактико-технических требований для перспективных образцов систем автономной фотограмметрической обработки космических сканерных снимков в Вооружённых Силах РФ, в организациях космической отрасли и в других отраслях, занимающихся созданием систем дистанционного зондирования Земли и их эксплуатацией, а также в учебном процессе соответствующих вузов.

В ходе изучения диссертационной работы выявлены следующие недостатки.

1. Разработанные методы и реализующие их методики автономной фотограмметрической обработки космических сканерных изображений связаны с решением обратной фотограмметрической засечки, однако из текста диссертации не ясно, в какой степени при этом будет предотвращено преобразование связок проектирующих лучей.

2. На стр. 16 диссертации имеется ссылка на реализацию и использование основных положений работы автора в программном комплексе, выполняющем обработку космических изображений. При этом автор не указал ни название

данного обрабатывающего комплекса, ни название соответствующей ОКР, при выполнении которой он был создан.

3. По мнению автора, геометрия изображения сканерных снимков кардинально усложнилась в связи с появлением космических аппаратов с трехосным управлением полета космического аппарата (стр. 9). Очевидно, основная причина заключается в построчном режиме формирования спутникового изображения в виде отдельных полосок, осуществляемом в динамическом режиме, который еще больше усложняется при использовании режима съёмки с временной задержкой и накоплением информации.

4. В диссертации практически не рассмотрены методы и технология калибровки целевой аппаратуры спутника, которые имеют очень важное значение в практике обработки данных дистанционного зондирования Земли.

5. В работе на стр. 217-219 получены эвристические формулы, по которым выполнено теоретическое обоснование требований к техническим характеристикам бортовых систем и средств измерений параметров съёмки и формируемых изображений, однако отсутствуют оценки затрат на их внедрение в современных и перспективных комплексах дистанционного зондирования Земли.

6. По тексту диссертации несколько раз (например, на стр. 226) встречается утверждение о том, что разрешающая способность съёмочной аппаратуры существенно зависит от длительности режима временной задержки и накопления зарядовых пакетов, что, мягко говоря, не совсем соответствует действительности;

7. Указанные в автореферате работы соискателя, выполненные совместно с другими авторами (пп. 1-15, 19, 23-26, 28-39, 40-47 – всего 40 работ из 47, т.е. 85,1%), не имеют указания на долю участия соискателя, что затрудняет определение степени его вклада в эти работы. В разделе *Публикации* автореферата (стр. 11) и соответствующем абзаце *Введения* диссертации (стр. 17) данные по вкладу автора в совместные работы также не приведены.

8) Имеются отдельные грамматические ошибки (стр. 15, 42, 46, 53, 60, 65, 70, 72, 93), опечатки (стр. 55). Заголовки, таблицы выполнены не в полном соответствии с ГОСТ 7.0.11-2011 «Оформление диссертации и автореферата» и Положения о присуждении ученых степеней.

Указанные недостатки несколько снижают впечатление о диссертации, однако носят оформительский и общеобразовательный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

В целом диссертация Андропова В.Г. представляет собой законченную, самостоятельную научно-квалификационную работу, в которой проведён анализ и обобщен опыт предшествующих исследований, получены новые научные и прикладные результаты, выработаны рекомендации по их применению и на основании выполненных исследований в итоге решена научная проблема. Диссертация является единолично написанной работой, содержит совокупность положений, выносимых на защиту, и свидетельствует о личном вкладе автора в разработку темы исследований. Достижения других авторов использованы корректно с указанием ссылок на конкретные публикации, правда, не всегда с точностью до страницы.

Анализ трудов соискателя позволяет утверждать, что основные положения, выносимые на защиту, достаточно полно опубликованы в 25 статьях в изданиях, входящих в перечень рецензируемых российских и зарубежных научных журналов, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России. Получены три патента на изобретения и пять свидетельств о регистрации электронного ресурса. Основные результаты были доложены на четырёх международных и пяти всероссийских научно-практических конференциях.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации и позволяет составить целостное представление о проделанной работе.

Диссертация свидетельствует, что её автор способен сформулировать научную проблему, вести самостоятельные исследования, доводя их до практических рекомендаций и реализации результатов. Соискатель владеет методами научных исследований и обоснованно применяет соответствующий математический аппарат. Работа оформлена аккуратно, содержит необходимое количество иллюстрированного и табличного материала, способствующего пониманию содержания диссертации.

Вывод. Диссертационная работа Андропова В.Г., содержащая новое решение научной проблемы, заключающейся в необходимости повышения точности фотограмметрической обработки космических сканерных снимков в условиях нештатного функционирования внешних навигационных систем и отсутствия топогеодезической информации о наземных ориентирах в районе съёмки, имеющей важное прикладное значение, является законченной научно-квалификационной работой и соответствует п. 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней, а её автор заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 25.00.34 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия (технические науки).

Официальный оппонент
 первый заместитель Генерального директора – Генеральный
 конструктор АО «Ракетно-космический центр «Прогресс»
 доктор технических наук

Ахметов Р.Н.

« 10 » мая 2017 года

Шифр специальности, по которой защищена диссертация на специальную тему:
 05.07.02 – Проектирование, конструирование и производство летательных аппаратов (технические науки).

Земеца ул., 18, Самара г., 443009.
 Тлф: +7 (846) 955-13-61.
 Факс: +7 (846) 992-65-18.
 Электронная почта: mail@samspace.ru.

Подпись доктора технических наук Ахметова Р.Н. ЗАВЕРЯЮ.

Начальник отдела кадров АО «Ракетно-космический
 центр «Прогресс»



Лебедев А.П.

« 10 » мая 2017 года