

ОТЗЫВ

официального оппонента Воронина Евгения Геннадьевича
на диссертационную работу Волобуева Юрия Николаевича
«Разработка и исследование методики коррекции смаза космических изображений в оптико-электронных сканирующих системах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.34 – «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия»

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Волобуева Ю.Н. посвящена вопросам автоматической коррекции смаза формируемого изображения на борту космического аппарата в ходе оптико-электронной сканерной съёмки земной поверхности. Основной причиной появления такого смаза является несоответствие оптической, определяемой движущейся связкой проектирующих лучей, и электронной, задаваемой тактовой частотой перемещения зарядов, скоростей движения изображения в фокальной плоскости съёмочной системы. Задача сверхбыстрого расчёта параметров коррекции программно задаваемой частоты перемещения зарядовых пакетов по строкам светочувствительных ПЗС-матриц с целью предотвращения смаза на получаемом изображении, решаемая в диссертационной работе, является весьма актуальной. Её решение позволяет обеспечить необходимое изобразительное качество изображений на этапе съёмки и даёт возможность избежать трудоёмкого устранения визуальных последствий смаза в ходе наземной обработки уже полученных оптико-электронных маршрутов.

Цель диссертационного исследования состоит в снижении уровня смаза изображений в оптико-электронных сканирующих системах на основе оптимизации тактовых периодов опроса матриц ПЗС в процессе съёмки.

В диссертации **исследованы и решены следующие научные задачи:**

разработана математическая модель смаза, устанавливающая функциональную связь между его уровнем, значениями основных параметров съёмки и погрешностями их определения;

разработана математическая модель формирования периодов опроса матриц ПЗС в центрах зон компенсации смаза;

разработана методика коррекции скорости движения изображения в оптико-электронной съёмочной системе и выполнены её экспериментальные исследования, которые позволили выполнить оценку эффективности методики и разработать практически значимые рекомендации по её применению.

Научная новизна исследования заключается:

1) в уточнении математических моделей смаза оптико-электронного изображения и формирования тактовых периодов опроса матриц ПЗС, которое достигнуто путём учёта координатно-временных особенностей формирования многозональной структуры видеосигналов на интервале съёмки;

2) в разработке новой методики коррекции смаза оптико-электронного изображения, которая может быть реализована на борту космического аппарата на начальном этапе съёмки.

Теоретическая значимость работы состоит в применении математического аппарата дисперсионного анализа к решению задачи определения оптимальной частоты опроса матриц ПЗС и установлении наиболее целесообразных параметров этого анализа.

Практическая ценность работы заключается в разработке рекомендаций по реализации разработанной методики на борту космического аппарата в части установления наиболее устойчивого и информативного параметра дисперсионного анализа, последовательности получения выборок изображений, их числа и объёма при различной инфраструктуре подстилающей поверхности на интервале съёмки.

Об обоснованности и достоверности полученных в диссертационной работе научных положений, выводов и рекомендаций свидетельствуют представленные результаты экспериментальных исследований, в которых были использованы реальные данные сканерной космической съёмки, выполненной космическим аппаратом «World View – 2».

Основные результаты выполненных исследований опубликованы в девяти научных работах, включая четыре статьи в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных журналов, рекомендуемых ВАК, в том числе

одну статью, индексируемую в Scopus. Получены два свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Основные положения работы докладывались на международной и двух всероссийских научно-практических конференциях. Результаты диссертационной работы были использованы в учебном процессе Юго-Западного государственного университета.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Вместе с тем к диссертации имеется ряд замечаний, а именно:

1) в тексте диссертации имеется множество грамматических, орфографических, пунктуационных и редакционных ошибок, которые даже затрудняют уяснение смысла написанного. Среди наиболее критичных можно отметить ссылки на несуществующие математические объекты (2.43), (3.9), а также отсутствие параметра $\alpha = 1, 2, 3$ в выражении (3.15);

2) утверждение, что функция (3.8) имеет единственную точку максимума внутри рассматриваемого интервала в общем случае, то есть при произвольной степени многочлена, не соответствует действительности;

3) на стр.71 со ссылкой на теорему Больцано-Коши из отсутствующего в списке литературы источника [141] утверждается существование единственного корня, в котором значение первой производной от функции дисперсии равно нулю, а значение самой дисперсии достигает максимума. На самом же деле: во-первых, равенство нулю первой производной от функции определяет точку экстремума, то есть не только точку максимума, но и точку минимума; во-вторых, равенство нулю первой производной от степенного многочлена задаёт $n-1$ точку экстремума, где n – степень многочлена;

4) судя по выражению (3.14), параметр дисперсионного анализа $\wp_1(\tau_T) = W_{kp}^{(j)}$ не является суммой сигналов;

5) функция (3.10) нелинейная, поэтому прямая, изображённая на рисунке 3.3 не может быть графиком этой функции.

Частично эти замечания можно объяснить небрежностью и недостаточной математической грамотностью соискателя, поскольку в диссертаци-

онной работе содержатся результаты, которые могли бы снять некоторые из приведённых замечаний. В частности, экспериментальные исследования показали целесообразность применения для аппроксимации дисперсий (3.8) степенного многочлена второй степени, а выпуклость его графика на интервале аппроксимации определяется рассуждениями, иллюстрируемыми рисунком 1.12. Однако, имеются и другие вопросы, требующие ответа соискателя, а именно:

1) каким образом из выражения (1.2) вытекают зависимости (1.3) и (1.4)?

2) почему в модель смаза закладывается максимальное (1.12) для нормального закона распределения значение погрешности задания тактового периода опроса матриц ПЗС? Ведь это означает, что с вероятностью, близкой к единице, модель исказит реальное распределение ошибок.

3) как найти значение параметра $\sigma V_x^{\text{доп}}$ в формулах (2.21), (2.22)?

4) на стр.59 перечислены упрощения модели скорости движения изображения, сделанные ранее. Каким образом в полученной модели (2.25), как заявлено свободной от этих упрощений, учитывается, например, рельеф снимаемой местности или хотя бы несферичность земной поверхности? Выполнялась ли оценка методической точности полученной в работе модели скорости движения изображения?

5) почему в последних трёх колонках таблицы 2 с ростом относительной и абсолютной погрешности соответствующие средние квадратические погрешности убывают?

Несмотря на сделанные замечания и имеющиеся к соискателю вопросы, рассматриваемая диссертационная работа в целом представляет собой законченный научно-квалификационный труд, в котором содержится решение задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, а именно: разработке путей автоматической коррекции смаза оптико-электронных изображений на борту космического аппарата.

Заключение

Диссертационная работа Волобуева Юрия Николаевича «Разработка и исследование методики коррекции смаза космических изображений в оптико-электронных сканирующих системах» является законченной научно-квалификационной работой, обладает внутренним единством, содержит новые результаты и положения. В диссертации на основании выполненных исследований:

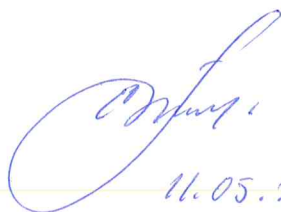
разработана параметрическая модель, устанавливающая функциональную связь между уровнем смаза, основными параметрами съёмки и погрешностями их определения;

разработана модель формирования тактовых периодов опроса матриц ПЗС, описывающая функциональную связь между периодами опроса матриц ПЗС в центрах зон компенсаций смаза, параметрами поступательного и углового движения космического аппарата и конструктивными характеристиками оптико-электронной съёмочной системы;

разработана методика коррекции смаза изображения в оптико-электронной съёмочной системе на борту космического аппарата, основанная на дисперсионном анализе нормированной разности сигналов смежных пикселей изображений, полученных при различной частоте опроса матриц ПЗС.

В целом диссертация соответствует критериям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утверждённого постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Волобуев Юрий Николаевич в случае успешного ответа на поставленные в настоящем отзыве вопросы и сделанные замечания заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 25.00.34 – «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия».

Официальный оппонент



Воронин Евгений Геннадьевич



Информация об оппоненте:

1.	Ученая степень	Доктор наук
2.	Отрасль науки	Технические науки
3.	Научная специальность, по которой защищена диссертация	Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия
4.	Ученое звание	Старший научный сотрудник
5.	Полное наименование (в соответствии с Уставом, в т.ч. ведомственная принадлежность) организации, являющейся основным местом работы на момент предоставления отзыва в диссертационный совет	Филиал акционерного общества «Ракетно-космический центр «Прогресс» – Научно-производственное предприятие «Оптико-электронные комплексы и системы» (Филиал АО «РКЦ «Прогресс» – НПП «ОПТЭКС»)
6.	Ведомственная принадлежность организации	Российское космическое агентство
7.	Почтовый адрес организации	124460, Москва, Зеленоград, а/я 45 ул. Конструктора Гуськова, д.8, стр.2
8.	Название структурного подразделения (т.е. наименование отдела)	Служба главного конструктора
9.	Должность	Заместитель главного конструктора
10.	Адрес электронной почты	pureh2015@yandex.ru

Список основных публикаций по теме рецензируемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Воронин Е.Г. Веса фотограмметрических измерений. Дополнительные критерии надежности уравнивания. // Геодезия и картография. №1, 2016, с.28-34.
2. Воронин Е.Г. О смещениях контуров на оптико-электронных космических снимках. Математическое моделирование смещений. // Геодезия и картография. – 2017. – Т.78. – №4. – С.32-38. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-922-4-32-38.
3. Воронин Е.Г. О смещениях контуров на оптико-электронных космических снимках. Причины и оценка смещений. // Геодезия и картография. – 2017. – Т.78. – №5. – С.34-41. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-923-5-34-41.
4. Воронин Е.Г. О смещениях контуров на оптико-электронных космических снимках. Влияние на измерительную точность снимков. // Геодезия и картография. – 2017. – Т.78. – №6. – С.37-42. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-924-6-37-42.

5. Воронин Е.Г. Изгиб строк оптико-электронных космических снимков. // Научно-технический журнал «Контенант». Том 17, №1, 2018г. (март 2018), с.7-11, ISSN:2307-5767
6. Воронин Е. Г. Сингулярный анализ стереоскопической засечки // Геодезия и картография. – 2020. – № 12. – С. 21–30. DOI: 10.22389/0016-7126-2020-966-12-21-30