О Т З Ы В

официального оппонента Кадничанского С.А.

на диссертацию Сонюшкина Антона Владимировича на тему

«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ОРТОФОТОПЛАНОВ ПО КОСМИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук

Космические цифровые фотоснимки сравнительно давно уже стали широко использоваться в производственных задачах обновления топографических карт и в частности для создания картографической основы в виде цифровых ортофотопланов. По этой причине тема диссертационной работы, направленная на совершенствование технологии создания ортофотопланов по космическим изображениям высокого разрешения представляется несомненно актуальной. Автор весьма убедительно обосновал актуальность темы работы во введении, выделив научные задачи, которые теоретически исследуются и практически решаются в диссертационной работе, в том числе «качественное и количественное сопоставление результатов автоматизированного построения ЦМР различными методами, и выработка практических рекомендаций по их использованию при ортотрансформировании», четко формулировал цель работы – разработка технологии создания ортофотопланов по космическим снимкам, обеспечивающей существенное повышение производительности фотограмметрической обработки, а именно, в режиме близком к реальному времени.

В Главе 1 автор даёт весьма подробный обзор известных методов цифрового трансформирования, справедливо отмечая, что «обычно используется обратное трансформирование», по формулам «обратной связи», т.е. зависимости координат соответственных точек снимка от пространственных координат точек объекта, а также коэффициенты дробных рациональных функций. Однако, обосновывая необходимость представления зависимости координат точек изображения от пространственных координат B_g (широта), L_g (долгота), H_g (высота) точек местности дробными рациональными функциями, автор упускает главную причину – такие зависимости в принципе не могут быть выражены через уравнения строгой модели, т.к. для произвольной точки местности не известно время (момент) её сканирования, а по этой причине не может быть реализовано «обратное трансформирование» с использованием строгих зависимостей. Также осталось без объяснения, в чём сущность нормирования координат, используемых в этих зависимостях. Совершенно уместно в данной главе упоминается использование трансформационной сетки, позволяющее заменить использование строгой модели

интерполированием между узлами сетки. К сожалению, автор некорректен, путая аппроксимацию с интерполяцией: «…способом аппроксимации …является метод интерполяции». Говоря об «оптимизации фотограмметрических процессов», автор даёт анализ работам, описывающим решения, направленные на повышение скорости обработки, суть которых обобщенно можно выразить так – использование интерполирования вместо строгих моделей, между узлами сетки. К сожалению, автором недостаточно освещен опыт предшествующих исследований и он ограничивается ссылками на публикации 1997 и 2000 гг., однако это метод достаточно широко применялся существенно раньше, например, в статье «Способ интерполирования для решения задач фототрансформирования снимков» (Геодезия и картография, 1986, №6., авторы Кадничанский С.А. и Черепанов А.В.) не только предложен сам принцип такого цифрового трансформирования, но и детально разработанный алгоритм оптимизирующий вычислительный процесс. В выводах к Главе 1 автор совершенно обоснованно заключает, что «одним из наиболее важных факторов, влияющих на точность ортотрансформирования, является точность и плотность узлов ЦМР», но утверждение, что «ограничения, связанные с плотностью узлов ЦМР, описаны поверхностно», не имеют обоснования.

Во второй главе дан сравнительный анализ различных методов стереоотождествления, используемых для создания цифровой модели местности (рельефа) по стереопарам космических снимков, а также оценена точность моделей. В результате исследований совершенно обоснованно утверждается, что наилучший по точности результат даёт метод квази-глобального отождествления (SGM - Semi-Global Matching), и на этом основании он рекомендуется к применению. Однако вывод о том, что можно «рекомендовать использование данных методов (SGM и GM) при построении ЦМР пригодных для ортотрансформирования с точностью, удовлетворяющей требованиям, предъявляемым к масштабам вплоть до 1:2000 даже в горных территориях, независимо от условий съемки (угла отклонения от надира), не обоснован, т.к. полученные оценки точности не удовлетворяют требованиям Инструкции по фотограмметрическим работам при больших углах отклонения от надира (более 20 градусов). Кроме того, для ортотрансформирования снимков нужна цифровая модель рельефа, а рассмотренные методы позволяют получить только модель местности (поверхности). Решение задачи выделения точек земли (классификации) не рассмотрена.

Глава 3. (Технология создания ортофотопланов) посвящена комплексу вопросов, связанных с использованием для ортотрансформирования регулярной сетки, определяющей связь координат снимка (пикселей) и координат объекта, что несомненно является эффективным с точки зрения производительности процесса

ортотрансформирования. Однако, представляется необоснованной постановка задачи, в которой рассчитываемая сетка имеет регулярный характер в проекции исходного изображения, а не ортотрансформированного, т.к. именно в этом случае может быть реализовано наиболее удобное и широко применяемое «обратное трансформирование». Автором совершенно обоснованно предлагается использовать для расчета сетки коэффициенты дробных рациональных функций (полиномов). Проведена оценка точности предложенного решения при использовании снимков с различными углами отклонения от надира и ЦМР различной плотности. Предложен и экспериментально подтвержден подход к определению оптимального шага сетки трансформирования в зависимости от угла отклонения от надира и плотности узлов ЦМ. Предложен способ учета систематической погрешности в коэффициентах дробно-рациональной функции, проведен анализ точности ортофотопланов. Исследования эффективности предложенного алгоритма показали существенное повышение скорости обработки при больших размерах ячейки сетки.

По данной главе имеются следующие замечания. В таблице 3.2. представленные значения максимальных погрешностей противоречит значению 100% в колонках < 0.5, < 1, < 2.5, < 5, а значения процентов для углов отклонения от надира 25,5 градуса и более явно противоречат доверительным интервалам и доверительным вероятностям при данных в таблице значениях средних квадратических погрешностей. Не даны объяснения (в разделе 3.3.3) сущности причин «дублирования» яркостей при ортотрансформировании традиционным методом». На стр. 77 не определено однозначно, что такое «абсолютное среднее значение (АС)» (значение чего?), чем это отличается от «средней погрешности (СП)»? Как они определялись? В каких единицах представлены? Если в таблице 3.6, а также в таблице 3.11, средние погрешности – это то, что используется в Инструкции по фотограмметрическим работам и представлены в метрах, то значения, представленные в таблице, особенно для угла 2 градуса, совершенно неправдоподобны, т.к. составляют 0,02 – 0,14 размера пикселя на местности. Такой геометрической точностью космические снимки не только не обладают, но даже не позволяют опознать положение характерной точки местности на снимке. А значение погрешностей для доверительных вероятностей 90% (CE90) и 95% (CE95), не согласуется с этими значениями. По этой причине представленные в таблице 3.7 допустимые масштабы ортофотопланов не обосновано крупны, и утверждения (стр.87) о том, что точности ортофотопланов соответствуют масштабам 1:1000 и 1:2000 также нельзя признать обоснованными. Использованный способ оценки точности ЦМР не вполне корректен, т.к. получаемые погрешности содержат в себе не только ошибки ЦМР, но и методическую ошибку интерполирования, особенно это проявляется для ЦМР с большим шагом (например, SRTM). Кроме того, полученные

выводы и рекомендации относительно использования таких моделей, как SRTM X-SAR, ASTER GDEM, SRTM SIR-C, применимы только для данной конкретной территории, но не могут быть распространены на такие модели вообще в виду ограниченности объема исследований, а также по той причине, что официально опубликованные характеристики точности этих моделей существенно хуже. Формула на стр. 83, не корректна, т.к. данная зависимость применима к средним квадратическим погрешностям, но не к средним. Утверждение на стр. 88, что «для получения ортофотопланов, отвечающих по точности в плане требованиям инструкции [15], для масштабов 1:2000 и мельче вне зависимости от углов отклонения от надира и уклонов можно использовать ЦМР с плотностью узлов от 0.6 до 10 м» правильнее было бы сформулировать, что для масштаба 1:2000 «плотность узлов» должна быть не более 10 м , т.к. ограничение минимального значения 0,6 м не имеет никакого смысла, так же, как и упоминание мелких масштабов для которых расстояние между узлами ЦМР может быть меньше 10 м. К тому же справедливость этого утверждения не доказана.

Таким образом, автор рассмотрел теоретически и исследовал практически целый комплекс вопросов, связанных с ортотрансформированием космических снимков. Результаты многочисленных экспериментов и теоретические выкладки достоверны и представляют научную ценность, а работа, в целом, носит завершённый характер. Предложенный алгоритм построения регулярной сетки с использованием коэффициентов дробно-рациональных функций реализован в виде соответствующего программного средства и включен в состав программного продукта ScanEx IMAGE Processor. Программный продукт внедрен в образовательный процесс более чем в тридцати Высших учебных заведениях. Это подтверждает существенную практическую значимость работы. Теоретические и практические результаты работы могут использоваться в дальнейших разработках и совершенствованиях программных средств обработки космических снимков.

Имеются замечания к оформлению. В формулах далеко не всегда определены обозначения; в графиках не всегда определен смысл используемых значений в легенде; в таблицах не указаны единицы измерений величин; не все формулы пронумерованы, далеко не все аббревиатуры определены, например, не определена аббревиатура ЦМР. Привычно думать, что это цифровая модель рельефа, но у автора это предмет мужского рода (стр. 39) и фраза: «ЦМР был представлен в виде регулярной сетки (grid) с шагом 50 см, значения высот даны с учетом высот древесного яруса и объектов инфраструктуры» никак не позволяет считать это цифровой моделью рельефа. Используются неопределенные, сомнительные термины. Примеры: «размерность карты параллаксов» - стр. 41, «размерности базисных изображений» - стр. 41, «трансформирование стереопар в базисную

(эпиполярную) проекцию» - стр. 54 (вероятно, автор имел в виду создание нормализованной стереопары); «размерность пикселя снимка» - стр. 75; «базис ортофотоплана» - стр. 10; «изолиния рельефа» - стр. 30; «значения точности» - стр. 79; «интерполяция полинома» - стр.12.

Все основные результаты диссертационной работы опубликованы в научной печати. Содержание автореферата диссертации соответствует основным положениям диссертационной работы. Имеющиеся замечания носят дискуссионный характер и не снижают научной и практической значимости работы. В связи с этим в соответствии с п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.) соискателю рекомендуется присудить ученую степень кандидата технических наук.

09.03.2016

Кадничанский Сергей Алексеевич
кандидат технических наук, 05.24.02, аэросъемка, фотограмметрия, фототопография,
старший научный сотрудник,
начальник отдела аэрокосмосъемки и фотограмметрии
ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии
и инфраструктуры пространственных данных», 125413, г. Москва, ул. Онежская, 26.
kadnichanskiy_sa@nsdi.rosreestr.ru
тел. +7 926 1887407

Список основных публикаций по теме диссертации,
опубликованных в рецензируемых научных изданиях за последние пять лет

1. Обоснование допустимой высоты фотографирования при стереотопографической съемке рельефа// Известия ВУЗов. «Геодезия и аэрофотосъемка». - 2013.-№3. -С. 31-35.
2. Обоснование требований к цифровой модели рельефа, используемой в современных технологиях аэрофототопографической съемки// Известия ВУЗов. «Геодезия и аэрофотосъемка». - 2013. - №2.-С.58-63.
3. Совершенствование требований к топографической аэросъемке// Геодезия и картография.-2012. – Спецвыпуск. -С.115 -119 (в соавторстве).

Подпись Кадничанского Сергея Алексеевича заверяю.
Начальник отдела кадров
Нефедова Ольга Валерьевна