

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ЦФС PHOTOMOD С ПОМОЩЬЮ МАРШРУТОВ ВЫСОКОТОЧНЫХ ЦИФРОВЫХ МАКЕТНЫХ СНИМКОВ

Вадим Сергеевич Коркин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)236-12-66

Анастасия Евгеньевна Червова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (923)249-14-10, e-mail Anastliss@mail.ru

В статье представлены результаты обработки двух маршрутов высокоточных макетных снимков. Макеты созданы с идеальными параметрами и параметрами, в которые внесены дополнительные искажения. Сделан вывод о возможности использования неидеальных макетов при тестировании современных ЦФС.

Ключевые слова: цифровые макетные аэроснимки, маршрут, тест-объекты, цифровая фотограмметрическая станция, параметры моделирования.

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF TEST RESULTS DPS PHOTOMOD WITH ROUTES HIGH-PRECISION DIGITAL MOCK-UP IMAGES

Vadim S. Korkin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., associate professor of Department of Photogrammetry and Remote Sensing, tel. (383)236-12-66

Anastasia E. Chervova

S Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., postgraduate student of Department of Photogrammetry and Remote Sensing, tel. (923)249-14-10, e-mail Anastliss@mail.ru

The article presents the results of the processing of two routes high-precision digital mock-up images. This digital mock-up images created with ideal parameters and parameters, which include additional distortion. It is concluded that the possibility of using non-ideal mock-up images for testing modern DPS.

Key words: digital mock-up images, route, test object, Digital Photogrammetric Station, modeling parameters.

В настоящее время для обработки информации, полученной в результате аэро и космической съемки [1, 2, 3, 4, 5, 6], съемки с беспилотных летательных аппаратов [7, 8, 9] или при воздушном лазерном сканировании [10, 11, 12], используются современные цифровые фотограмметрические станции.

Для того, чтобы удостовериться в точности работы таких станций, необходимо провести их тестирование с помощью высокоточных макетных снимков.

Технология создания и использования цифровых битовых макетных снимков, разработанные авторами, подробно описана в работах [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. В этих статьях подробно рассматривались результаты тестирования ЦФС PHOTOMOD с помощью макетов средней и высокой точности, образующие стереопару, маршрут и блок. При этом все макеты были созданы с идеальными параметрами моделирования. По результатам этих работ был сделан вывод, что для корректной работы целесообразно использовать высокоточные макеты.

В данной работе авторами рассматривается влияние внесенных в параметры моделирования искажений на точность окончательных результатов, полученных при обработке макетов. Для этого были созданы два маршрута, состоящих из пяти высокоточных макетов:

1. Маршрут с идеальными параметрами, пространственное разрешение – 5 мкм, формат кадра 32800×32800 пикселей, точки замаркированы с подпиксельной точностью.

2. Маршрут с большими углами наклона снимков, пространственное разрешение – 5 мкм, формат кадра 32800×32800 пикселей, точки замаркированы с подпиксельной точностью.

Методика создания маршрутов макетных снимков подробно рассмотрена в статье [18]. Данные маршруты будут различаться лишь исходными данными, используемыми при моделировании, а именно углами наклона снимков. Углы наклона макетных снимков для каждого маршрута приведены в табл. 1.

Таблица 1

Углы наклона макетных снимков

	Маршрут №1			Маршрут №2		
	α	ω	χ	α	ω	χ
P_1	0,3	0,1	0,2	3,3	3,1	3,2
P_2	0,2	0,2	0,1	3,5	3,4	3,3
P_3	0,1	0,2	0,1	3,5	3,6	3,8
P_4	0,2	0,1	0,3	3,0	3,5	3,9
P_5	0.1	0.2	0.2	3.1	3.2	3.2

Для получения наиболее точных результатов и корректного их анализа, на снимках обоих маршрутов были замаркированы одни и те же соответственные точки. Оба маршрута были обработаны на ЦФС PHOTOMOD.

На этапе внутреннего ориентирования среднеквадратическая ошибка (далее СКО) на всех координатных метках всех снимков на маршрутах №1 и №2 не превышает 0,001 пиксела.

Для удобства анализа результатов, полученных при обработке маршрутов на этапе взаимного ориентирования, представим их в виде графиков.

На рис. 1 показаны численные значения СКО остаточного поперечного параллакса для каждой стереопары маршрутов №1 и №2.

Как видно из рис. 1, численные значения СКО не превышают 0,1 пиксела.

Значения СКО по составляющим E_x и E_z в тройном перекрытии для обоих маршрутов представлены на рис. 2.

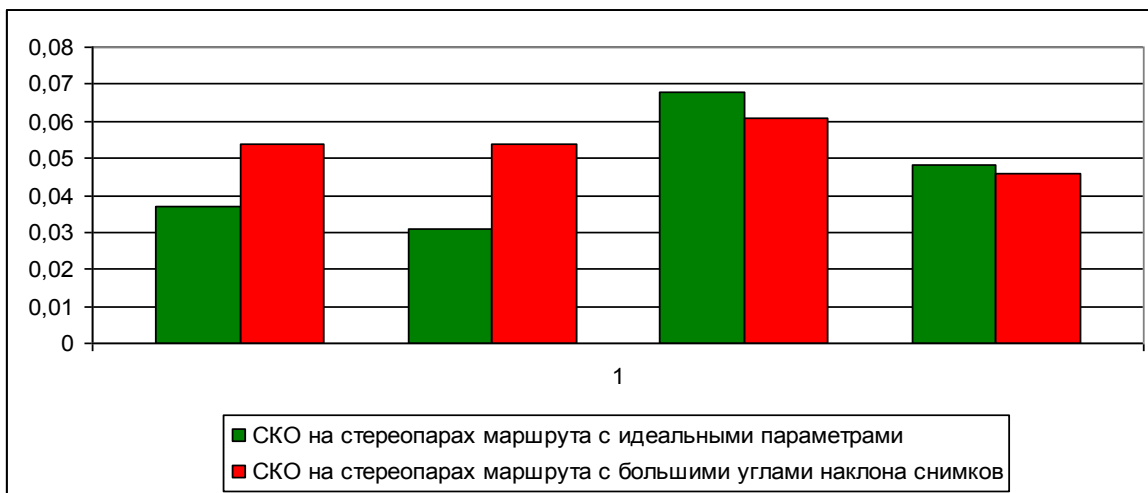


Рис. 1. Значение SKO на этапе взаимного ориентирования для каждого маршрута

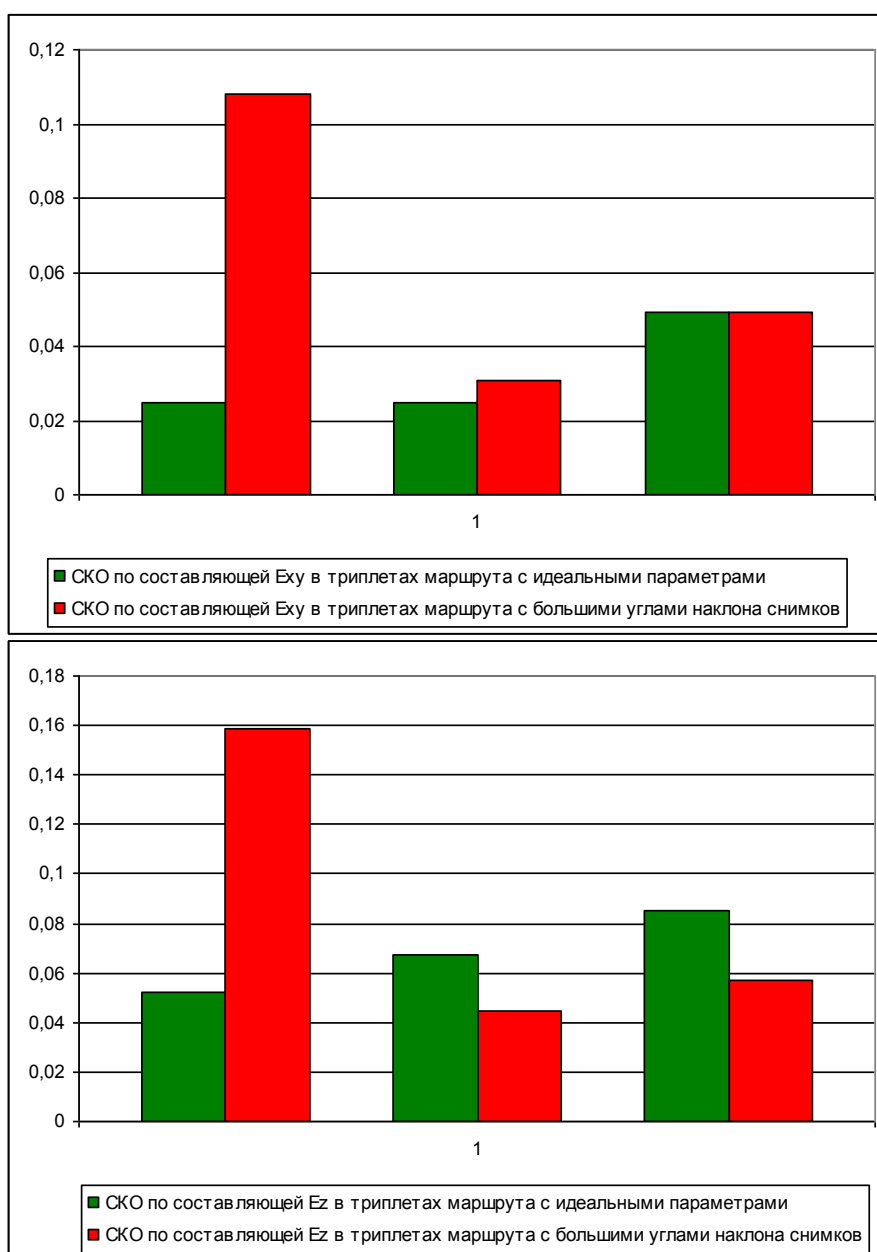


Рис. 2. Графики ошибок в тройном перекрытии на маршрутах № 1 и № 2

Как видно из рис. 2, численные значения СКО в тройном перекрытии не превышают 0,2 пиксела.

Результаты внешнего ориентирования, выполненного по методу связей, представлены в табл. 2.

Таблица 2

СКО на этапе внешнего ориентирования

СКО по опорным точкам	допуск	№ 1, м	№ 2, м
X _{ср} -X _г	0,200	0,002	0,003
Y _{ср} -Y _г	0,200	0,002	0,003
Z _{ср} -Z _г	0,200	0,002	0,003
E _{xy}	0,200	0,003	0,004
СКО по контрольным точкам	допуск	№ 1	№ 2
X _{ср} -X _г	0,200	0,002	0,003
Y _{ср} -Y _г	0,200	0,004	0,002
Z _{ср} -Z _г	0,200	0,065	0,056
E _{xy}	0,200	0,005	0,004
СКО по связующим точкам	допуск	№ 1	№ 2
X _{ср} -X _г	0,200	0,000	0,000
Y _{ср} -Y _г	0,200	0,001	0,003
Z _{ср} -Z _г	0,200	0,002	0,004
E _{xy}	0,200	0,001	0,003

Из приведенных выше результатов обработки маршрутов №1 и №2 видно, что при тестировании ЦФС PHOTOMOD можно использовать и маршруты с идеальными параметрами, и маршруты, состоящие из макетов, в параметры которых внесены дополнительные искажения, например, увеличены углы наклона каждого снимка. Ошибки результатов обработки на всех этапах не превышают 0,2 пиксела. Главным условием для возможности использования таких макетов является их высокая точность на этапе создания, т.е. использование методики маркировки координат координатных меток и связующих точек с подпиксельной точностью [18].

В дальнейшей работе авторы планируют расширить спектр возможных искажений, которые можно внести при моделировании параметров макетных снимков, чтобы максимально приблизить макетные снимки к реальным снимкам, получаем при настоящей аэро и космо съемке, и, соответственно, увеличить область применения таких макетов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алтынцев М. А., Гордиенко А. С., Гук А. А. Вейвлет-анализ для выявления вырубок в лесных массивах по аэрофотоснимкам // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 4, ч. 1. – С. 3–8.
2. Гордиенко А. С., Осипова О. Н. Исследование алгоритмов создания и редактирования цифровых моделей рельефа, реализованных в программе PHOTOMOD // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»

- : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 38–42.
3. Чермошенцев А. Ю. Создание ортофотопланов по космическим снимкам сверхвысокого разрешения для эффективного управления территориями муниципальных образований // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 4, ч. 1. – С. 60–68.
 4. Хлебникова Т. А., Архипова О. Б. Комбинированный способ создания трехмерных топографических планов по материалам аэрокосмических съемок // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 111–115.
 5. Гук А. П. Развитие методов автоматизированной обработки многозональных космических снимков высокого разрешения на кафедре фотограмметрии и дистанционного зондирования СГГА // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 70–73.
 6. Широкова Т. А., Чермошенцев А. Ю. Исследование точности визирования на точки стереомодели, построенной по космическим снимкам сверхвысокого разрешения, при различном увеличении изображений разрешения // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3(23). – С. 47–52.
 7. Исследование методики калибровки снимков на испытательном полигоне Западно-Сибирского филиала «Госземкадастрсъемка» – ВИСХАГИ / А. Л. Быков, В. Л. Быков, Л. В. Быков, А. П. Макаров // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 4, ч. 1. – С. 32–34.
 8. Никитин В. Н., Семенцов А. В. Использование дополнительных геометрических условий при решении геодезических и фотограмметрических задач разрешения // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4(20). – С. 41–46.
 9. Антипов И. Т. Исследование вероятностей оценки точности пространственной аналитической триангуляции // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 2 (15). – С. 50–57.
 10. Антипов А. В. Влияние плотности точек воздушного лазерного сканирования на точность создания цифровой модели рельефа местности /// ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 4, ч. 1. – С. 18–23.
 11. Широкова Т. А., Антипов А. В. Методика создания ортофотопланов с применением данных воздушного лазерного сканирования // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 2(13). – С. 24–30.
 12. Широкова Т. А., Антипов А. В. Методика создания планов крупного масштаба по данным аэрофотосъемки и воздушного лазерного сканирования // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 3(19). – С. 43–51.
 13. Коркин В. С., Сидякина А. Е. Проект создания комплекса цифровых макетных аэроснимков для исследования фотограмметрических систем /// ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 4, ч. 1. – С. 72–74.
 14. Коркин В.С. Цифровые фотограмметрические тест-объекты для тестирования цифровых фотограмметрических станций // Геодезия и картография. – 2008. – № 2. – С. 39–41.
 15. Коркин В. С. Разработка макетных снимков для тестирования цифровых фотограмметрических систем // Современные проблемы геодезии и оптики: материалы междунар. научн.-техн. конф., посвящ. 65-летию СГГА – НИИГАиК, (Новосибирск, 23–24 ноября 1998 г.) – Новосибирск: СГГА, 1998. – С. 62–69.
 16. Коркин В. С., Червова А. Е. Разработка алгоритма и программы формирования цифровых макетных снимков, образующих маршрут // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования

Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 88–91.

17. Сидякина А. Е. Алгоритм формирования стереопары битовых макетных снимков для исследования точности работы ЦФС Photomod 5 // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : сб. молодых ученых СГГА (Новосибирск 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 71–77.

18. Коркин В. С., Червова А. Е. Разработка алгоритма и методики создания маршрута макетных цифровых аэроснимков с подпиксельной точностью // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 1. – С. 51–56.

19. Коркин В. С., Червова А. Е. Разработка алгоритма и методики создания блока макетных цифровых аэроснимков высокого класса точности // Инженерные изыскания. – 2014. – № 9. – С. 51–56.

20. Коркин В. С., Червова А. Е. Разработка методики моделирования псевдореалистичных тест-объектов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 1. – С. 72–80.

© В. С. Коркин, А. Е. Червова, 2015