

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ДАННЫХ КОМPSAT-3

Р.В. Пермяков («Ракурс»)

В 2011 г. окончил географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности «картография». После окончания университета работает в компании «Ракурс», в настоящее время — специалист отдела технической поддержки. Аспирант кафедры картографии и геоинформатики МГУ имени М.В. Ломоносова.

П.Д. Тарасова («Ракурс»)

В 2013 г. окончила географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности «география». После окончания университета работает в компании «Ракурс», в настоящее время — руководитель группы ДЗЗ. Аспирант кафедры физической географии и ландшафтоведения МГУ имени М.В. Ломоносова.

Космический аппарат (КА) КОМPSAT-3, разработанный Корейским институтом аэрокосмических исследований (KARI), предназначен для получения цифровых стереоизображений земной поверхности в панхроматическом и мультиспектральном режимах. Продолжением миссии наблюдения Земли с серии спутников КОМPSAT (Korean Multi-Purpose Satellite) стал выведенный на орбиту 25 марта 2015 г. КА КОМPSAT-3A,

практически идентичный по своим техническим характеристикам КА КОМPSAT-3, но имеющий более высокое пространственное разрешение за счет съемки с более низкой высоты орбиты. В июле 2016 г. компания SI Imaging Services (Республика Корея), обладающая эксклюзивными правами на распространение снимков с этих КА, объявила о начале коммерческих поставок данных со спутника КОМPSAT-3A [1].

КОМPSAT-3 и КОМPSAT-3A являются КА сверхвысокого разрешения при съемке в оптическом диапазоне, поскольку их разрешение на местности составляет 0,7 и 0,4 м/пикселей, соответственно (табл. 1 [1]). Возможность стереосъемки с одного витка и уникальная глубина цвета в 14 бит/пиксель делает их достойными конкурентами спутников субметрового разрешения компаний DigitalGlobe и Airbus D&S.

Характеристики КА КОМPSAT-3 и КОМPSAT-3A

Таблица 1

Наименование характеристики	КОМPSAT-3	КОМPSAT-3A
Дата запуска	17 мая 2012 г.	25 марта 2015 г.
Высота солнечно-синхронной орбиты, км	685	528
Наклонение орбиты, °	98,13	97,5
Время съемки (местное время на восходящем витке)	13:30	
Спектральные каналы, мкм		
— панхроматический (Pan)	0,45–0,90	
— голубой (MS1)	0,45–0,52	
— зеленый (MS2)	0,52–0,60	
— красный (MS3)	0,63–0,69	
— ближний инфракрасный (MS4)	0,76–0,90	
Разрешение на местности в оптическом диапазоне, м	0,7 (Pan) / 2,8 (MS)	0,4 (Pan) / 1,6 (MS)
Полоса захвата (в надир)	16 км	13 км
Глубина цвета	14 бит/пиксель	

Компания «Ракурс» является официальным дистрибьютором данных со спутников KOMPSAT на территории России, Белоруссии и Казахстана [2]. Специалисты компании провели комплексное тестирование данных KOMPSAT-3 с целью оценить возможность практического применения результатов съемки с этого космического аппарата для создания крупномасштабных ортофотопланов и карт. Тестирование выполнялось с использованием цифровой фотограмметрической системы (ЦФС) PHOTOMOD версии 6.02.

Задачами данного исследования являлось определение точности коэффициентов RPC (Rational Polynomial Coefficientes), анализ характеристик внутренней геометрии стереопары, сравнение точности цифровых моделей поверхности (ЦМП), построенных по данным KOMPSAT-3 и по материалам аэрофотосъемки, оценка точности построения ортофотоплана.

Набор тестовых данных на территорию Крымского полуострова включал в себя материалы аэрофотосъемки с разрешением 0,18 м и стереопару KOMPSAT-3 с разрешением 0,8 м и углом конвергенции порядка 44°.

▼ Оценка точности RPC и внутренней геометрии изображений

Координаты опорных и контрольных точек были получены по ортофотоплану масштаба 1:2000, созданного на основе материалов аэрофотосъемки. Средняя квадратическая ошибка (СКО) точек по высоте и в плане не превышала 0,2 м.

1. Уравнивание по метаданным без использования опорных точек и внесения поправок в RPC дало следующие значения СКО на 7 контрольных точках: в плане (dS) — 18,4 м и по высоте (dZ) — 15,4 м.

При этом уравнивание данной пары снимков без опорных точек методом RPC + «Сдвиг» позволяет оценить точность коэффициентов RPC со значениями СКО, равными 18,1 м в плане и 0,65 м по высоте.

2. Уравнивание блока с использованием одной опорной и шести контрольных точек позволило исключить систематические ошибки, что показано в табл. 2.

После уравнивания с одной опорной и девятью контрольными точками СКО на контрольных точках составила: в плане — 0,8 м и по высоте — 0,7 м.

3. Результаты уравнивания блока с использованием шести

опорных точек и только одной контрольной точки приведены в табл. 3.

В результате окончательного уравнивания с десятью опорными точками максимальное расхождение на контрольной точке составило в плане — 0,79 м и по высоте — 0,6 м, а СКО в плане и по высоте — 0,42 м.

Полученные параметры точности соответствуют допустимым ошибкам уравнивания для создания ортофотопланов масштаба 1:5000 (оценка дешифрируемости в рамках данной статьи не рассматривается), топографических карт масштаба 1:10 000 с сечением рельефа 2,5 м, а также топографических карт масштаба 1:5000 с сечением рельефа 2 м, что отвечает требованиям пунктов 3.7.6 и 4.9 Инструкции ГКИНП (ГНТА)-02-036-02 [3].

▼ Оценка качества ЦМП, полученной по стереопаре KOMPSAT-3

Для оценки точности ЦМП в качестве контрольной (безошибочной) использовалась цифровая модель поверхности, полученная по результатам аэрофотосъемки камерой UltraCam с разрешением 0,18 м и построенная с шагом 0,5 м.

Уравнивание методом RPC + «Сдвиг» с одной опорной и шестью контрольными точками

Таблица 2

СКО на опорных точках, м		Максимальное расхождение на опорных точках, м		СКО на контрольных точках, м		Максимальное расхождение на контрольных точках, м	
dS	dZ	dS	dZ	dS	dZ	dS	dZ
0,24	0,279	0,234	0,269	1,11	0,568	1,9	1,29

Уравнивание методом RPC + «Сдвиг» с шестью опорными и одной контрольной точками

Таблица 3

СКО на опорных точках, м		Максимальное расхождение на опорных точках, м		Максимальное расхождение на контрольных точках, м	
dS	dZ	dS	dZ	dS	dZ
0,452	0,507	0,616	0,626	0,805	0,0688

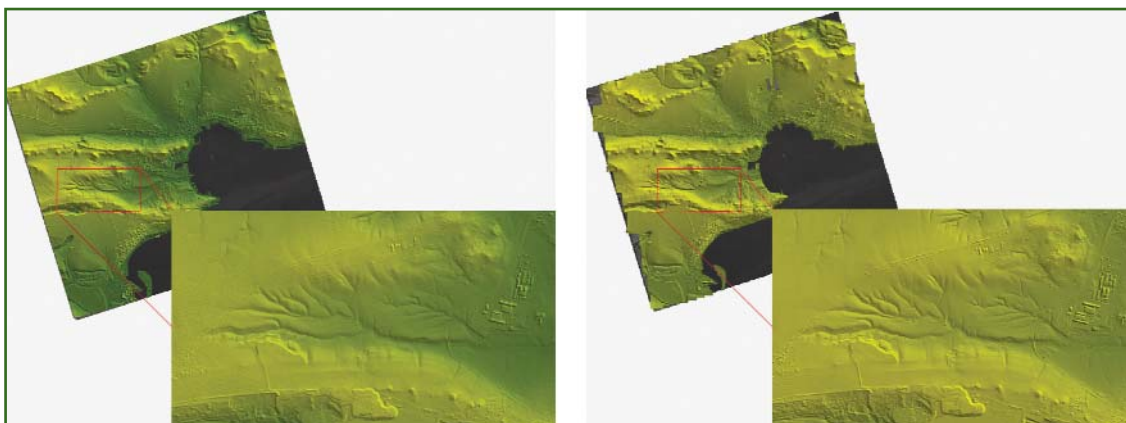


Рис. 1

Цифровая модель поверхности: по данным стереопары KOMPSAT-3 (слева), по данным аэрофотосъемки (справа)

Аналогично была построена ЦМП по одной стереопаре KOMPSAT-3.

С целью исключения методических ошибок получения сведений о рельефе обе ЦМП были созданы на основе метода SemiGlobalMatching (SGM) в ЦФС PHOTOMOD 6.02 [2]. Цифровые модели поверхности, построенные по данным стереопары KOMPSAT-3 и аэрофотосъемки, представлены на рис. 1.

Используя ортофотоплан, каждая ЦМП была разделена на участки трех категорий:

1. Рельеф местности, изрезанный реками с небольшим растительным покровом.
2. Рельеф местности с оврагами и карьерами.
3. Рельеф местности с объектами городской инфраструктуры (здания различной этажности, мосты и пр.).

Были вычислены матрицы разностей высот ЦМП, полученной по результатам аэрофотосъемки, и ЦМП, построенной по данным стереопары KOMPSAT-3, и составлены гистограммы распределения разностей высот ЦМП всех трех участков разных категорий (рис. 2).

На основе гистограмм распределения разностей высот ЦМП можно сделать следующие выводы о качестве ЦМП, по-

строенной по данным стереопары KOMPSAT-3:

- систематические ошибки ЦМП по высоте и в плане минимальны и не превосходят 0,2–0,4 м, что соответствует точности уравнивания;

- вид всех гистограмм соответствует нормальному закону распределения вероятностей, что свидетельствует о наличии только случайных ошибок;

- гистограммы имеют схожую структуру, однако на гистограмме для участка 2-й кате-

гории имеется большее число разностей, превосходящих 2 м, чем на гистограмме для участка 1-й категории. Это свидетельствует о том, что из-за ограничений космической стереосъемки (больших углов конвергенции, наличия только одной стереопары) и появления невидимых зон возрастает ошибка определения границ объектов (карьеры, уступов и т. п.);

- гистограмма распределения разностей для участка 3-й категории имеет наибольшее число разностей, превосходя-

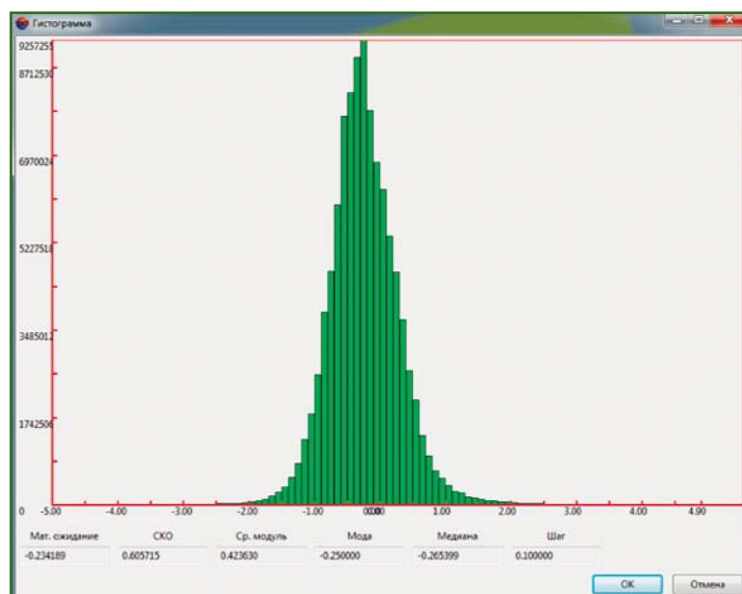


Рис. 2

Гистограмма распределения разностей высот ЦМП для участков разных категорий

щих 2 м. На городской территории, где имеется множество разнородных объектов, ошибки из-за невидимых зон оказывают наибольшее влияние на точность создаваемой ЦМП.

Полученные результаты говорят о высоком геометрическом качестве стереоснимков КОМPSAT-3.

Точность СКО определения высоты в зависимости от типа местности составила:

- для местности, изрезанной реками с небольшим растительным покровом — 0,46 м;
- для местности с оврагами и карьерами — 0,67 м;
- для местности с объектами городской инфраструктуры — 2 м.

Средняя СКО по высоте для территории со всеми категориями местности оказалась равной 0,6 м.

Такая точность определения высот, помимо высокого гео-

метрического качества снимков, объясняется благоприятным для стереоизмерений углом засечки, равным 44°.

▼ Оценка точности построения ортофотоплана

Было проведено два варианта ортотрансформирования — с использованием SRTM (размер ячейки — 80 м) и матрицы высот, построенной по стереопаре КОМPSAT-3 (размер ячейки — 10 м).

СКО планового положения точек по результатам контроля выходного ортофотоплана, полученного по 7 опорным точкам модели SRTM, составила 0,845 м, а максимальная ошибка — 1,495 м.

СКО планового положения точек по результатам контроля выходного ортофотоплана, созданного по 7 опорным точкам матрицы высот, построенной по данным стереопары КОМPSAT-3,

составила 0,71 м, а максимальная ошибка — 1,16 м.

Исходя из приведенных выше результатов, можно сделать вывод, что стереопары КОМPSAT-3 после обработки в ЦФС PHOTOMOD с использованием как минимум одной опорной точки отвечают требованиям Инструкции ГКИНП (ГНТА)-02-036-02 [3], предъявляемым к созданию ортофотопланов масштаба 1:5000, топографических карт масштаба 1:10 000 с сечением рельефа 2,5 м, а также карт масштаба 1:5000 с сечением рельефа 2 м.

▼ Список литературы

1. SI Imaging Services. — <http://si-imaging.com>.
2. Компания «Ракурс». — www.racurs.ru.
3. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. — М.: ЦНИИГАиК, 2002.

PHOTOMOD

Фоторионгуляция

Цифровые модели рельефа

2D и 3D векторизация, картографирование

3D-моделирование

СКО ортотрансформирование и создание мозаик

Приглашаем вас посетить наш стенд на Международной выставке и конференции по геодезии, геоинформатике и землеустройству INTERGEO 2016. 11-13 октября, Гамбург, Германия. Стенд F4.030, павильон № 4.

РАКУРС
Тел.: (495) 720-51-27, info@racurs.ru, www.racurs.ru