

О ТОЧНОСТИ СОЗДАНИЯ ОРТОФОТОПЛАНОВ ПО СНИМКАМ QUICKBIRD

В.Н. Адров (Фирма «Ракурс»)

В 1980 г. окончил Московский физико-технический институт по специальности «автоматические и информационные устройства». После окончания института работал в Центральном Конструкторском бюро «Алмаз», с 1989 г. — в Институте автоматизации проектирования АН СССР и Научном совете по комплексной проблеме «Кибернетика» РАН. В настоящее время — генеральный директор ЗАО «Фирма «Ракурс».

Ю.А. Карионов (Фирма «Ракурс»)

В 1974 г. окончил Московский топографический политехникум, в 1984 г. — геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». После окончания техникума работал в Госцентре «Природа», ООО «Геоспектрум». В настоящее время — ведущий специалист ЗАО «Фирма «Ракурс».

П.С. Титаров (Фирма «Ракурс»)

В 1998 г. окончил факультет управления и прикладной математики Московского физико-технического института по специальности «прикладные математика и физика», в 2004 г. — заочный факультет МИИГАиК по специальности «аэрофотогеодезия». С 1998 г. по настоящее время — инженер-программист отдела разработки ЗАО «Фирма «Ракурс».

М.О. Громов (НПК «ГЕО», Омск)

В 1994 г. окончил геодезическое отделение землеустроительного факультета Омского сельскохозяйственного института по специальности «прикладная геодезия». После окончания института учился в аспирантуре Омского государственного аграрного университета, работал в НПК «ГЕО», ОАО «Сибнефтетранспроjekt». С 2003 г. работает в НПК «ГЕО», в настоящее время — начальник отдела автоматизации и ГИС.

В.Г. Харитонов (НПК «ГЕО», Омск)

В 1968 г. окончил геодезическое отделение землеустроительного факультета Омского сельскохозяйственного института по специальности «инженерная геодезия». После окончания института работал в Душамбинском ВИСХАГИ, ТГИИНТИЗ, «Омскводпроект». С 1994 г. работает в НПК «ГЕО», в настоящее время — генеральный директор.

▼ Уровни предварительной обработки космических снимков QUICKBIRD

С целью разработки технологии создания ортофотопланов максимальной точности по космическим снимкам QUICKBIRD (DigitalGlobe, США) специалистами компании «Ракурс» и НПК «ГЕО» были проведены исследования по оценке точности ортоизображений, получаемых по этим снимкам при их трансформировании с использованием матриц высот различной точности.

Снимки QUICKBIRD поставляются компанией DigitalGlobe с различным уровнем предварительной обработки (табл. 1) [1].

Снимки уровня обработки Basic поставляются только в виде целых сцен, а остальные — полигонами. Причем, архивные снимки поставляются полигонами площадью от 25 км², а при заказе новой съемки — от 64 км².

Геометрическая коррекция снимков уровня Ortho Ready Standard заключается в трансформировании исходных сним-

ков на поверхность постоянной высоты (средней высоты съемочного участка) над эллипсоидом.

Снимки уровня обработки Orthorectified, соответствующие масштабам 1:50 000, 1:12 000, 1:5000, 1:4800, поставляются только на территории, на которые компания DigitalGlobe располагает точной цифровой моделью. Аналогичные снимки на другой любой район Земли или снимки с более высокой точностью ортофотоплана поставляются с уровнем обработки Custom

Уровни предварительной обработки космических снимков QUICKBIRD

Таблица 1

Вид коррекции	Наименование уровня предварительной обработки			
	Basic	Standard	Ortho Ready Standard	Orthorectified
Радиометрическая	Да	Да	Да	Да
Калибровочная (приведение к модельной геометрии сенсора)	Да	Да	Да	Да
Геометрическая (трансформирование на поверхность Земли)	Нет	Да	Да	Да
Использовалась цифровая модель рельефа	Нет	Приближенная	Нет	Точная
Использовались опорные точки	Нет	Нет	Нет	Да

Ortho. При этом точность ортоизображений будет зависеть от характеристик ЦМР и каталога опорных точек, которые обязан предоставить заказчик.

Таким образом, в качестве исходных данных для получения ортоизображений могут быть использованы космические снимки с уровнями обработки Basic и Standard Ortho Ready. Вторичное трансформирование снимков с уровнем обработки Standard будет некорректным, так как в снимок уже внесены поправки за рельеф по приближенной матрице высот (табл. 1).

В комплект поставки космических снимков QUICKBIRD всех уровней обработки включается файл с коэффициентами полиномов рациональных функций (RPC — Rational Polynomial Coefficients или Rapid Positioning Capability), аппроксимирующих зависимость пиксельных координат изображения точки местности от ее геодезических координат. При наличии в комплекте поставки файлов в форматах TIL, RPB или TIF, цифровая фотограмметрическая система PHOTOMOD автоматически распознает снимок QUICKBIRD, после чего происходит загрузка необходимых параметров в проект обработки.

▼ Экспериментальные исследования

Программа экспериментальных исследований включала определение точности ортоизоб-

ражений, получаемых по космическим снимкам QUICKBIRD с уровнем предварительной обработки Ortho Ready Standard при трансформировании их с использованием матриц высот различной точности, и точности снимков с уровнем обработки Standard на эту же территорию. В качестве исходных данных использовались:

- космический снимок QUICKBIRD с уровнем предварительной обработки Ortho Ready Standard;

- ЦМР, полученная по материалам аэрофотосъемки, и матрица высот (рис. 1), которая подробно описывает не только формы рельефа, но и искусственные объекты: мосты, эстакады, насыпи. Точность высотного положения опорных и контрольных точек — 0,15 м, размер ячейки матрицы высот — 9,6 м;

- матрица высот, построенная по горизонталям карты масштаба 1:25 000 с сечением рельефа 2,5 м (рис. 2). Размер ячейки матрицы высот — 9,6 м;
- космический снимок QUICKBIRD с уровнем предварительной обработки Standard.

Приведенное разрешение обоих космических снимков составляло 0,6 м. Исследования проводились с использованием ЦФС PHOTOMOD.

В районе работ, площадь которого составляла 25 км², было выбрано 35 опорных и контрольных точек. Причем, количество контрольных точек, которые ис-

пользовались для оценки точности построений, превосходило количество опорных в 2,5 раза.

На первом этапе выполнялось внешнее ориентирование снимка. В результате были получены следующие результаты: среднеквадратическое отклонение (СКО) по расхождениям на опорных точках — 0,392 м, максимальное — 0,638 м, по кон-

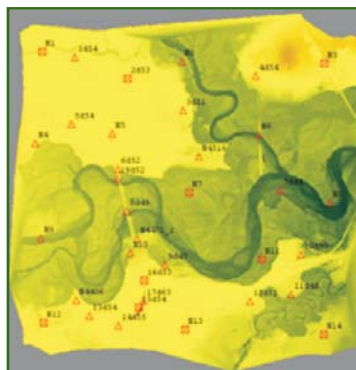


Рис. 1
Матрица высот, полученная по материалам аэрофотосъемки

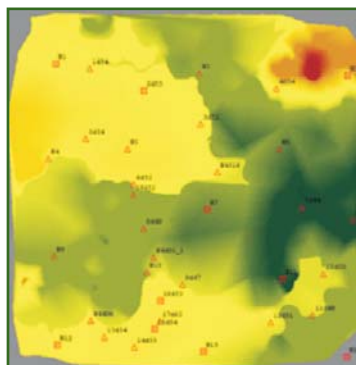


Рис. 2
Матрица высот, построенная по топографической карте

трольным точкам 0,526 м и 0,933 м соответственно. Отсюда можно сделать вывод, что координаты опорных точек были определены с точностью лучше 1 пикселя, а аппроксимирующая модель на основе RPC точно отображает условия съемки.

Затем выполнялось создание и оценка точности построения ортофотоплана по космическому снимку с уровнем обработки Ortho Ready Standard и цифровой матрицы высот, полученной по материалам аэрофотосъемки. Максимальная ошибка построения ортофотоплана по контрольным точкам составила 1,089 м и по опорным — 0,836 м, а СКО по контрольным точкам — 0,607 м. Учитывая, что СКО на контрольных точках при внешнем ориентировании составила 0,526 м, можно считать, что СКО планового положения точек на построенном ортофотоплане 0,607 м обусловлена, в основном, точностью начального опознавания точек и внешнего ориентирования. Столь подробная матрица высот позволяет достичь практически максимально возможной точности трансформирования изображения с таким разрешением.

При построении ортофотоплана с использованием матрицы высот, построенной по горизонталям карты масштаба 1:25 000, использовались те же опорные и контрольные точки. По результатам оценки максимальное отклонение ортофото-

плана по опорным точкам составило 1,189 м и по контрольным — 2,231 м. На рис. 1 и 2 хорошо видна разница в точности отображения рельефа на двух матрицах высот.

Для проведения оценки точности характеристик космических снимков с уровнем обработки Standard, на этих снимках были опознаны те же опорные и контрольные точки, что и на снимке Ortho Ready Standard. Далее координаты этих точек, определенные по геокодированному изображению Standard, сравнивались с их известными координатами, пересчитанными из исходной системы координат в WGS-84/UTM с помощью программы «Геодезический Калькулятор», входящей в комплект поставки ЦФС PHOTOMOD.

Вычисленные разности плановых координат точек, определенных по снимку Standard и их известных значений, дали следующие результаты: по оси X минимальное отклонение -8,564 м, максимальное отклонение -13,360 м, среднее -11,058 м, а по оси Y максимальное отклонение +8,406 м, минимальное отклонение +3,769 м, среднее +6,415 м. Очевидно, что в полученных координатах присутствует систематическая ошибка. Приняв систематическую составляющую равной среднему значению по осям X и Y и исключив ее, было вычислено СКО планового положения контрольных и опорных

точек, которое составило 1,74 м. Космические снимки с уровнем обработки Standard являются наиболее точными из всех, которые предлагает компания DigitalGlobe на любую территорию мира без предоставления заказчиком дополнительных данных (опорных точек и ЦМР). Их заявленная точность составляет 23 м по критерию CE90, что соответствует СКО планового положения точек 14 м (CE (Circular Error) означает, что искомая точка с вероятностью 90% окажется в круге радиусом 23 м, причем центр круга совпадает с истинным положением точки. — Прим. ред.). Полученные экспериментальные данные подтверждают заявленную точность к космическим снимкам данного уровня обработки.

Полученные результаты, приведенные в табл. 2, позволяют сделать следующие выводы.

1. Достигнутая точность построения ортоизображения с помощью цифровой фотограмметрической системы PHOTOMOD по космическим снимкам QUICKBIRD с уровнем обработки Standard Ortho Ready, согласно [2], соответствует точности составления цифрового фотоплана масштаба 1:2000 при ортотрансформировании снимка по матрице высот точности 0,15 м; масштаба 1:5000 — при ортотрансформировании снимка по матрице высот, полученной по карте масштаба 1:25 000 с сечением рельефа 2,5 м.

Точность построения ортофотоплана с помощью ЦФС PHOTOMOD

Таблица 2

Наименование параметра	Значения параметра Способ построения ортофотоплана		
	По ЦМР точности 0,15 м	По матрице высот с карты масштаба 1:25 000	Снимок QUICKBIRD уровня Standard (после удаления систематической ошибки)
СКО, м	0,607	1,037	1,740
Максимальное отклонение, м	1,089	2,321	2,940
Масштаб ортофотоплана, согласно [2]	1:2000	1:5000	1:10 000

Затраты на создание ортофотоплана площадью 256 км² (один снимок) масштаба 1:5000 Таблица 3

Наименование затрат	Способ получения ортофотоплана	
	В системе PHOTOMOD по снимкам Standard Ortho Ready и матрице высот с карты масштаба 1:25 000	Покупка Ortho 1:5000 или Custom Ortho
Исходные данные		
1 км ² съемки, дол.	18	34
Снимок размером 16x16 км, дол.	4608	8704
ЦМР	Одинаковые	
Опорные точки	Одинаковые	
Обработка		
Одна смена оператора, дол.	~50	—
Программное обеспечение		
ЦФС PHOTOMOD, дол.	2900	—
Итого ортофотоплан без стоимости ЦМР и опорных точек, дол.	7558	8704

2. Снимки QUICKBIRD уровня обработки Standard, для производства которых компания DigitalGlobe использует приближенную матрицу высот, имеют большую систематическую ошибку. При исключении систематической составляющей точность планового положения может повыситься в несколько раз и удовлетворять требованиям, предъявляемым к цифровым ортофотопланам масштаба 1:10 000 [2].

▼ Оценка экономической эффективности изготовления ортофотопланов в масштабе 1:25 000

Несмотря на то, что исследования доказывают возможность получения ортофотопланов масштаба 1:2000, следует обратить внимание на проблематичность получения готовой ЦМР требуемой точности (табл. 2). Получить доступ к картам масштаба 1:25 000 для геодезических предприятий и организаций гораздо проще. Поэтому сравнение экономической эффективности проводится для изготовления ортофотоплана масштаба 1:5000 на примере космических снимков уровня обработки Ortho 1:5000 или Custom Ortho, стоимость которых одинакова.

В табл. 3 приведен расчет за-

трат на покупку готовых ортоизображений (уровней обработки Ortho 1:5000 или Custom Ortho), космических снимков уровня обработки Standard Ortho Ready и изготовление ортофотопланов по этим снимкам в системе PHOTOMOD. При этом предполагается, что изначально заказчик не располагает системой PHOTOMOD, поэтому проводится анализ ее окупаемости.

Для создания ортофотоплана по матрице высот необходимо выполнить следующие укрупненные процессы: изготовление матрицы высот, получение опорных точек и создание мозаики. Стоимость получения матрицы высот и каталога опорных точек в конечную стоимость выходного продукта не включены, так как они потребуются в обоих случаях и затраты на них будут одинаковыми.

Таким образом, из табл. 3 видно, что при создании ортофотоплана масштаба 1:5000 собственными силами заказчика затраты на покупку ЦФС PHOTOMOD окупаются при обработке одного стандартного снимка QUICKBIRD. Чем больше объем работ, выполняемых по снимкам QUICKBIRD, тем выгоднее выполнять эти работы самостоятельно.

Следует отметить, что помимо экономических соображений,

существуют и другие доводы в пользу этого подхода. Передача за рубеж матриц высот и опорных точек высокой точности противоречит российскому законодательству об охране государственной тайны. Кроме того, компания DigitalGlobe не предоставляет ортоизображения в системах координат, наиболее часто используемых в России.

▼ Список литературы

1. QUICKBIRD Imagery Products. Product Guide. — Revision 4.5. Release date: 16 March 2005. — Digital Globe.
2. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов (издание официальное). ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. — М.: ЦНИИГАиК, 2002. — 100 с.

RESUME

QUICKBIRD images provide for orthoplan creation on a scale of up to 1:2,000. However this technique needs precise elevation matrix. A map on a scale of 1:25,000 is sufficient for orthophotoplan creation on a scale of 1:5,000. The both cases need relevant control points. Taking into consideration difficulties of ordering orthophotoplans to image providers customers in Russia have the only possibility to create them on their own using the corresponding software.