

# ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ДАННЫХ СО СПУТНИКА QUICKBIRD

М.А. Болсуновский («Совзонд»)

В 1990 г. окончил Киевское высшее инженерное радиотехническое училище. После окончания училища служил в рядах ВС РФ. С 2000 г. работал в ООО «Гео Спектрум», а с 2002 г. — в ФГУП ВО «Техмашимпорт». В 2004 г. получил степень «Мастер делового администрирования в области стратегического планирования» (Master of Business Administration) во Всероссийской академии внешней торговли МЭРИТ РФ. С 2004 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время — заместитель генерального директора.

## Уровни предварительной обработки космических снимков со спутника QUICKBIRD

Данные высокого разрешения, получаемые со спутников QUICKBIRD, IKONOS и ORBVVIEW-3, в настоящее время покрывают практически всю территорию Земли и доступны широкому кругу потребителей. Разрешение этих данных составляет от 1 до 0,61 м в панхроматическом (рис. 1) и от 4 до 2,44 м в мультиспектральном режимах. После геометрической коррекции данные высокого разрешения можно использовать для создания картографической продукции, удовлетворяющей требованиям карт и планов масштаба 1:10 000 и мельче.

Компании Space Imaging (США)\* и DigitalGlobe (США), являющиеся основными поставщиками данных высокого разрешения, предоставляют пользователям разные возможности для последующей геометрической коррекции изображений. Так, компания Space Imaging — оператор спутника IKONOS — предлагает геометрическую коррекцию данных только с использованием модели камеры спутника в виде файла с коэффициентами полиномов обобщенных аппроксимирующих

функций (RPC — Rational Polynomial Coefficients). Строгая модель для широкого круга пользователей недоступна, так как компания Space Imaging создает производную продукцию самостоятельно, используя строгую модель камеры.

Компания DigitalGlobe, являясь собственником спутника QUICKBIRD, придерживается

другой политики. Она предоставила модель камеры основным компаниям — разработчикам программного обеспечения для обработки космических изображений, которые ввели в программные комплексы модули для ортотрансформирования изображений QUICKBIRD. Модель камеры в виде файла RPC поставляется со всеми данны-



Рис. 1  
Пример изображения со спутника QUICKBIRD с разрешением 0,60 м (Греция, Афины)

\* 12 января 2006 г. компания OrbImage официально объявила о завершении процесса слияния с компанией Space Imaging. Образована новая компания GeoEye, которая будет предоставлять полный спектр услуг, связанных с получением, обработкой и распространением данных со спутников IKONOS, OrbView-2, Orbview-3 и перспективного спутника OrbView-5. — Прим. ред.

ми, а в тех случаях, когда исходное изображение предоставляется с уровнем предварительной обработки космических снимков типа Basic, дополнительно возможна обработка изображения с использованием строгой модели камеры, так как с космическим снимком предоставляется и вспомогательная орбитальная информация.

Кроме того, компания DigitalGlobe предоставляет космические снимки со спутника QUICKBIRD с различными уровнями предварительной обработки (см. «Геопрофи». — 2005. — № 6. — С. 21–24. — *Прим. редакции*), которые включают:

- Basic (базовый);
- Standard (стандартный);
- Standard Ortho Ready (стандартный, подготовленный к ортотрансформированию);
- Ortho (ортотрансформированный).

Первые три типа изображений могут использоваться для последующей геометрической коррекции, в то время как для последнего типа ортотрансформирование выполняется только компанией DigitalGlobe.

Космические снимки типа Basic имеют наименьший уровень предварительной обработки и включают радиометрическую коррекцию и коррекцию искажений датчика. Данные этого типа можно приобрести только в виде целого кадра. Космические снимки с уровнем обработки Basic поставляются вместе с файлом данных поддержки изображения (ISD — Imagery Support Data), который содержит: основные метаданные изображения, пространственные параметры, эфемериды и информацию о модели камеры. Используя этот файл, можно провести ортотрансформирование изображения с применением строгой модели камеры. Кроме того, можно воспользоваться более простым методом и обработать изображение с помощью

обобщенной модели камеры спутника в виде файла RPC.

Космические снимки типа Standard представляют собой цифровые космические снимки с уровнем предварительной обработки Basic, которые трансформированы на поверхность Земли и приведены к картографической проекции. В изображение внесены поправки за рельеф с использованием приближенной цифровой модели местности (ЦММ). Заявленная точность определения плановых координат составляет  $CE90\% = 23$  м (плановое положение любой точки на снимке с вероятностью 90% будет находиться в круге радиусом 23 м и с центром, совпадающим с истинным положением точки. — *Прим. ред.*), исключая любые топографические смещения и угол отклонения от надира. Поскольку изображение было необратимо искажено применением приближенной ЦММ, оно не может быть использовано для дальнейшего точного ортотрансформирования. Снимки типа Standard, в первую очередь, предназначены для пользователей, которые нуждаются в пространственных данных невысокой точности, и не планируют выполнение геометрической коррекции изображений собственными силами.

Космические снимки типа Standard Ortho Ready можно рассматривать как промежуточное изображение между Basic и Standard. В исходные данные внесены те же самые исправления, что и в снимки типа Standard, но при геометрической коррекции не использовалась приближенная ЦММ. Поэтому эти изображения можно использовать для последующей геометрической коррекции с использованием файла RPC и детальной ЦММ. Изображения типа Standard Ortho Ready предлагаются в виде целой сцены или ее части.

### ▼ Геометрическая коррекция с использованием обобщенной аппроксимирующей функций RPC

Рассмотрим возможности последующей геометрической коррекции космических снимков методом, использующим типовую модель камеры спутника в виде обобщенных аппроксимирующих функций RPC. Рейтинг метода, основанного на RPC, повысился в среде специалистов, занимающихся фотограмметрией и обработкой данных ДЗЗ, благодаря тому, что был принят для обработки данных ДЗЗ в компаниях DigitalGlobe и Space Imaging.

В отличие от физической модели, требующей знания параметров конкретной камеры, типовая модель не зависит от типа камеры, и не требует точных физических значений параметров процесса получения изображения. Для того, чтобы использовать модель камеры спутника в виде обобщенных аппроксимирующих функций необходима цифровая модель рельефа (ЦМР), особенно при обработке космических снимков равнинных районов. Точность пространственного положения объектов на космических снимках после геометрической коррекции может быть повышена, если при обработке использовать одну или несколько наземных точек привязки (GCP — Ground Control Points).

Алгоритм обработки с использованием функции RPC поддерживается несколькими программными пакетами. Программный комплекс ENVI (Environment for Visualizing Images) для обработки данных дистанционного зондирования, разработанный компанией Research Systems, Inc. (США), позволяет получать более высокие результаты при обработке этим методом за счет использования многочленов обобщенной аппроксимирующей функ-

ции различного порядка.

Рассмотрим результаты тестирования этого метода, приведенные в статье Ф. Вольпе (F. Volpe) из компании Eurimage S.p.A. (Италия) «Геометрическая обработка данных дистанционного зондирования высокого разрешения со спутника QuickBird» ([www.ipi.uni-hannover.de](http://www.ipi.uni-hannover.de)). Тестирование заключалось в обработке отдельных полных сцен космических снимков с уровнем обработки Basic, полученных в панхроматическом режиме для областей, расположенных в нескольких странах Европы, с различной морфологической ситуацией и с различным качеством используемых вспомогательных данных (GCP и ЦМР). Изображения, включенные в обработку, были получены с углом отклонения от надира менее 15°.

В качестве дополнительных данных использовались:

— топографические карты масштаба 1:5000 в растровом виде, отсканированные с размером пиксела 0,3175 м, и ЦМР в растровом формате, полученная на основе тех же карт с шагом 10 м и с точностью LE90% < 5 м (отклонение высоты точки от истинного значения с вероятностью 90% не превзойдет 5 м. — Прим. ред.);

— наземные точки привязки со средней квадратической ошибкой (СКО) < 1 м в плане и < 2 м по высоте.

Методика обработки результатов тестирования была одинакова для всех сцен. Прежде всего, был сформирован набор пунктов. Для каждого пункта были вычислены пространственные координаты (по соответствующим картам или по данным GPS) и координаты образцов/строк изображений. Пункты были отобраны таким образом, чтобы они были равномерно распределены по кадру и включали различные высоты. При обработке каждого кадра использовалось до 88 пунктов.

Затем из первичного набора было выбрано фиксированное количество наземных точек привязки (GCP), стараясь сохранить равномерное распределение по кадру. Оставшиеся пункты из первичного набора рассматривались как контрольные точки. Затем проводилось ортотрансформирование с применением моделей камеры спутника в виде обобщенных аппроксимирующих функций RPC. При обработке результатов применялись многочлен нулевого порядка для менее, чем пяти GCP, и многочлен первого порядка — для пяти или более GCP. Используя полученные данные, вычислялась СКО для каждой контрольной точки.

Полученные при тестировании результаты показали зависимость окончательной геометрической точности от качества вспомогательных данных, используемых при ортотрансформировании, а также от числа GCP, использованных при анализе. Нет необходимости рассматривать большое количество GCP, так как при использовании более 10–15 точек точность заметно не повышается. Ортотрансформирование, основанное на более точных дополнительных данных, показывает более высокую точность с увеличением количества GCP (рис. 2). В этом случае СКО приближается к 1 м для трех обработанных областей. Подобная тенденция наблюдается для изображений, обработанных с менее точными GCP и ЦМР, но для этих случаев СКО приближается к 2 м.

#### ▼ Другие методы геометрической коррекции

Использование RPC является только одним из методов выполнения ортотрансформирования данных QUICKBIRD. Могут применяться и другие методы ортотрансформирования, в том числе:

- Basic с использованием строгой модели датчика;
- Standard Ortho Ready по методу RPC;

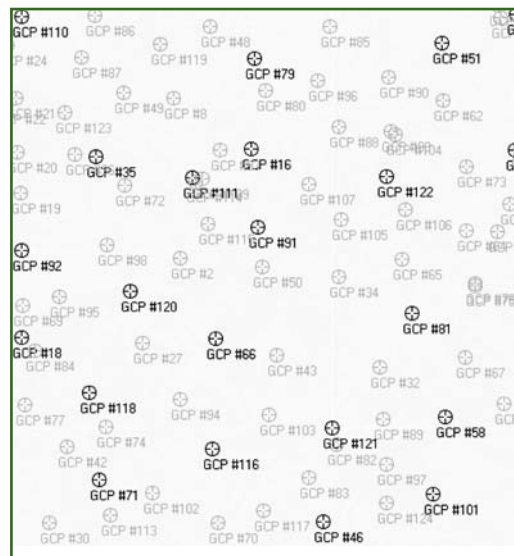


Рис. 2

Пример распределения GCP (черные) и контрольных точек (серые) для кадра QUICKBIRD

— Standard по методу RPC.

Теоретически для одного и того же кадра QUICKBIRD достижимые уровни потенциальной геометрической точности отличаются в зависимости от используемого метода.

В гипотетическом ранжировании лучшими результатами должны быть те, которые получают с использованием изображений типа Basic и применением строгой модели датчика с современными фотограмметрическими методами. Эта методология требует разработки программного обеспечения для расчета модели камеры QUICKBIRD. Можно использовать более обобщенную модель, например, модель Тотина (Toutin Model), уже существующую в некоторых программных продуктах. Эта модель является строгой трехмерной параметрической моделью и исправляет геометрические искажения, вызванные пространственным положением камеры во время съемки.

Второе положение в гипотетическом ранжировании по точности занимает изображение типа Standard, обработанное по методу RPC. RPC получены при



использовании строгой модели, но использование метода RPC можно рассматривать как «модель модели», таким образом потенциально вводя небольшое ухудшение в результаты.

Эти способы требуют, чтобы обработка была выполнена на полном кадре, который покрывает область площадью приблизительно 16,5x16,5 км. Также можно использовать другие способы обработки к части целого кадра, так как изображения типа Standard и Standard Ortho Ready доступны для приобретения по частям исходного кадра.

Третье положение в гипотетическом ранжировании занимает обработка по методу RPC изображения типа Standard Ortho Ready, для которого геометрическая обработка была частично выполнена в процессе его создания, но без использования ЦММ. Согласно внутренним тестам, выполненным в компании EurImage, результаты, достигнутые для полной единичной сцены этого продукта,

покрывающей область с достаточно пересеченным рельефом, очень похожи на те, которые были получены при обработке изображения типа Basic по методу RPC. Согласно спецификациям компании DigitalGlobe, результаты, которые могут быть получены, должны быть немного хуже, чем при использовании метода RPC с изображением типа Basic.

Последнее положение в ранжировании занимает обработка изображения типа Standard. Так как в этом случае изображения были обработаны с применением приближенной ЦММ, введенные искажения не могут быть удалены даже при дальнейшей геометрической обработке по методу RPC. Достижимая геометрическая точность зависит от морфологии рельефа и быстро уменьшается, когда рельеф становится более сложным.

Выбор метода обработки зависит от необходимой точности, доступного программного обеспечения для обработки, морфологии и размеров обрабатываемой

области, а также качества доступных вспомогательных данных. Например, когда никакие вспомогательные данные не доступны, лучшее решение может состоять в том, чтобы полностью исключить геометрическую обработку и использовать уже обработанные изображения Standard.

### RESUME

It is possible to improve space imagery accuracy by its correction for geometric distortions. Both data suppliers and data users can fulfill this correction. The article introduces all the types of the QUICKBIRD images offered by the DigitalGlobe and its dealers with the different levels of preprocessing as well as the possibilities of this data subsequent correction for geometric distortions. A description in detail is given for both the geometrical correction technique based on the RPC files and this technique testing results. A hypothetical ranging is also given for the other data correction techniques aimed at the geometric distortion elimination.



**QUICKBIRD**  
**IKONOS**  
**ORBVIEW**  
**EROS**  
**SPOT**  
**IRS**  
**LANDSAT**  
**ASTER**  
**RADARSAT**

**Компания «Совзонд» —  
 точный взгляд на мир**



Компания «Совзонд» является официальным дистрибьютором мировых лидеров в области дистанционного зондирования – компаний DigitalGlobe, Space Imaging, OrbImage, SpotImage, ImageSat International, Геологической Службы США, предлагая российским заказчикам цифровые изображения, полученные со спутников QUICKBIRD, IKONOS, ORBVIEW, EROS, SPOT, IRS, RADARSAT, ASTER, LANDSAT и др., а также услуги по их тематической обработке и выполнению проектов.

Программное обеспечение для обработки данных дистанционного зондирования - ENVI, IDL, IAS и др.

**(495)514-83-39**  
**(495)623-30-13**  
**sovzond@sovzond.ru**  
**www.sovzond.ru**