

М.А. Болсуновский (Компания «Совзонд»)

В 1990 г. окончил Киевское высшее инженерное радиотехническое училище. С 2004 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время – заместитель генерального директора.

Уровни обработки данных ДЗЗ сверхвысокого разрешения

Компании DigitalGlobe (США) и GeoEye (США), являющиеся основными поставщиками данных сверхвысокого разрешения в мире, предоставляют пользователям разные возможности для последующей геометрической коррекции изображений, особенности которых необходимо принимать во внимание при заказе данных космических съемок.

Космические данные, получаемые со спутников QuickBird и IKONOS, в настоящее время покрывают практически всю территорию Земли и доступны широкому кругу потребителей, включая Россию (рис. 1). Их разрешение составляет от 1 до 0,61 м в панхроматическом и от 4 до 2,44 м в мультиспектральном режиме. После геометрической коррекции данные сверхвысокого разрешения с этих космических аппаратов можно использовать для создания картографической продукции, удовлетворяющей требованиям масштаба 1:10 000 и мельче.

С появлением космических аппаратов сверхвысокого разрешения нового поколения (WorldView-1/2, GeoEye-1)

стало возможным достижение беспрецедентной точности, что позволяет использовать спутниковые данные ДЗЗ для создания продукции с точностью, соответствующей требованиям планов масштабов 1:2000 и 1:5000.

Компания GeoEye – оператор спутников IKONOS и GeoEye-1 – предлагает геометрическую коррекцию данных только с использованием модели камеры спутника в виде файла с коэффициентами полиномов обобщенных аппроксимирующих функций (RPC – Rational Polynomial Coefficients). При этом строгая модель камеры для широкого круга пользователей недоступна.

Обработка данных сверхвысокого разрешения с использованием файла с RPC в настоящее время является наиболее распространенной в среде специалистов, занимающихся фотограмметрической обработкой данных ДЗЗ.

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). 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).



Рис. 1.

Схема покрытия территории России снимками со спутников QuickBird и IKONOS (облачность менее 20%)

Таблица 1

**Значения параметров точности данных со спутников IKONOS и GeoEye-1
с различными уровнями обработки**

Уровни обработки	Пространственное разрешение 0,5 м		Пространственное разрешение 1,0 м		Пространственное разрешение 0,5 м и 1,0 м	
	Абсолютная точность		Абсолютная точность		Ортокоррекция	Доступность мозаичного покрытия
	СКО в плане, м	Приведенный масштаб	СКО в плане, м	Приведенный масштаб		
Geo ¹	3	-	8	-	Отсутствует	Отсутствует
Geo-Professional	5	1:10 000	5	1:10 000	Выполнена	Имеется
Geo-Professional Precision ^{2,3}	2	1:5000	2	1:5000	Выполнена	Имеется
GeoStereo	2,5	1:5000	7-10	1:25 000	Отсутствует	Отсутствует
GeoStereo Precision ⁴	1	1:2500	2,5	1:5000	Отсутствует	Отсутствует

Примечания:

¹ Точность без учета искажений за рельеф.

² Для достижения указанной точности требуются ЦММ и наземные точки привязки.

³ Возможно достижение более высокой точности.

⁴ Требуются наземные точки привязки.

Алгоритм обработки с использованием файла RPC поддерживается всеми стандартными программными комплексами, в том числе ENVI (Environment for Visualizing Images), разработанной компанией ИТТ VIS (США).

Компания GeoEye унифицировала уровни обработки космических данных со спутников IKONOS и GeoEye-1. Рассмотрим их более подробно.

Geo. Космические снимки с уровнем обработки Geo подвергаются геометрической коррекции в наименьшей степени. Это изображения с пространственной привязкой, приведенные в картографическую проекцию без учета влияния рельефа. В комплект поставки входит функция RPC.

GeoProfessional. Космические снимки с этим уровнем обработки являются ортотрансформированными изображениями с точностью, соответствующей средней квадратической ошибке (СКО) в плане 5 м. Ортотрансформирование осуществляется на основе грубой цифровой модели местности (ЦММ), последующие геометрические преобразования космических снимков уровня GeoProfessional невозможны.

GeoProfessional Precision. Космические снимки с этим уровнем обработки являются ортотрансформированными изображениями с СКО в плане до 1 м. В случае заказа космических снимков этого уровня требуется предоставить поставщику данных – компании GeoEye – ЦМР и опорные точки соответствующей точности.

GeoStereo. Данные космической съемки с этим уровнем обработки представляют собой стереопару, полученную с одного витка. Ориентирование снимков с уровнем обработки GeoStereo проводится по орбитальным данным. Изображения поставляются с файлом RPC для последующей фотограмметрической обработки в стандартном ПО.

GeoStereo Precision. Данные космической съемки с уровнем обработки GeoStereo Precision представляют собой стереопару, полученную с одного витка. При этом ориентирование снимков проводится по опорным точкам, предоставляемым заказчиком.

Наибольший интерес для потенциальных заказчиков представляют уровни обработки Geo, GeoProfessional и GeoStereo, для которых не требуется передача поставщи-

ку данных о рельефе, а также информации о наземных опорных точках. Следует отметить, что данные с уровнем обработки GeoProfessional обладают достаточно высокой точностью и готовы к использованию, но при самостоятельной обработке заказчиком продукции с уровнем обработки Geo и GeoStereo в стандартном программном обеспечении может быть получена гораздо более высокая точность.

В общем виде значения параметров точности данных со спутников IKONOS и GeoEye-1 с различными уровнями обработки приведены в табл. 1.

Компания DigitalGlobe, являясь собственником спутников QuickBird и WorldView-1, а также перспективного космического аппарата WorldView-2, придерживается иной политики, нежели компания GeoEye. Она предоставила модель камеры компаниям – основным разработчикам программного обеспечения – для обработки космических изображений. Модель камеры в виде файла RPC поставляется со всеми данными, а в тех случаях, когда исходное изображение имеет уровень предварительной обработки космических снимков Basic, дополнительно возможна обработка изображения с использованием строгой модели камеры, так как с космическим снимком предоставляется и вспомогательная орбитальная информация. Схема покрытия территории земного шара снимками со спутника WorldView-1 за 2008 г. приведена на рис. 2.

Компания DigitalGlobe предоставляет космические снимки со спутника QuickBird и WorldView-1 со следующими уровнями предварительной обработки:

- Basic (базовый);

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

Первые три уровня обработки могут использоваться для последующей геометрической коррекции, в то время как для последнего типа ортотрансформирование выполняется только специалистами компании DigitalGlobe.

Basic. Космические снимки с уровнем обработки Basic имеют наименьшую степень предварительной обработки и включают радиометрическую коррекцию и коррекцию искажений датчика. Данные этого типа можно приобрести только в виде целого кадра. Космические снимки с этим уровнем обработки 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.

Standard. Космические снимки с этим уровнем обработки представляют собой цифровые космические снимки уровня Basic, которые трансформированы на поверхность Земли и приведены к картографической проекции. В изображение внесены поправки за рельеф с использованием приближенной 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 с центром, совпадающим с истинным положением точки, исключая любые топографические смещения и угол отклонения от надира) или с СКО 14 м. Поскольку изображение было необратимо искажено применением приближенной ЦММ, оно не может быть использовано для дальнейшего точного ортотрансформирования. Снимки с уровнем обработки Standard, в первую очередь, предназначены для



Рис. 2. Схема покрытия территории земного шара снимками со спутника WorldView-1 за 2008 г. (облачность менее 20%)

Таблица 2

Значения параметров точности данных со спутников QuickBird и WorldView-1 с различными уровнями обработки

Уровни обработки	Пространственное разрешение 0,5 м (WorldView-1)		Пространственное разрешение 0,6 м (QuickBird)		Пространственное разрешение 0,5 м и 0,6 м	
	Абсолютная точность		Абсолютная точность		Ортокоррекция	Доступность мозаичного покрытия
	СКО в плане, м	Приведенный масштаб	СКО в плане, м	Приведенный масштаб		
Basic ¹	4	-	14	-	Отсутствует	Отсутствует
Basic Stereo ¹	5	1:10 000	-	-	Отсутствует	Отсутствует
Standard	4	1:10 000	14	1:50 000	Выполнена	Имеется
Standard Ortho Ready ¹	4	1:10 000	14	-	Отсутствует	Отсутствует
Ortho ^{2,3}	До 2	1:5000	До 2,5	1:5000	Выполнена	Имеется

Примечания:

¹ Точность без учета искажений, вносимых сенсором, и искажений за рельеф.

² Для достижения указанной точности требуются ЦММ и наземные точки привязки.

³ Точность уровня Ortho зависит от точности ЦММ и наземных точек привязки, предоставленных заказчиком.

пользователей, которые нуждаются в пространственных данных невысокой точности, и не планируют выполнение геометрической коррекции изображений собственными силами.

Standard Ortho Ready. Космические снимки с уровнем обработки Standard Ortho Ready можно рассматривать как промежуточный уровень предварительной обработки между Basic и Standard. В исходные данные внесены те же самые исправления, что и в снимки с уровнем обработки Standard, но при геометрической коррекции не использовалась приближенная ЦММ. Поэтому эти изображения можно использовать для последующей геометрической коррекции с помощью файла RPC и детальной ЦММ. Изображения уровня Standard Ortho Ready могут поставляться в виде полигона произвольной формы.

Ortho. Космические данные с этим уровнем обработки являются ортотрансформированными изображениями со спутников QuickBird и WorldView-1. При этом заказчику необходимо предоставить наземные опорные точки и матрицу высот для достижения требуемой точности.

Наибольший интерес для потенциальных заказчиков представляют данные с уровнями обработки Basic и Standard Ortho Ready. Следует отметить, что данные с уровнем обработки Basic поставляются только полными

сценами и могут оказаться гораздо дороже по сравнению с данными уровня обработки Standard Ortho Ready, у которого возможен заказ полигонов произвольной формы. Кроме того, данные с уровнем Basic требуют серьезной дополнительной фотограмметрической обработки для достижения высокой точности, и, соответственно, специализированного программного обеспечения и профессиональных навыков. Наибольшее распространение получили данные с уровнем обработки Standard Ortho Ready, благодаря возможности геометрической коррекции космических снимков в стандартном программном обеспечении методами на основе файла RPC.

В обобщенном виде параметры точности космических данных со спутников QuickBird и WorldView-1 для различных уровней обработки представлены в табл. 2.

Выбор метода обработки зависит от необходимой точности, доступного программного обеспечения для обработки, характера рельефа местности и размеров обрабатываемой области, а также качества вспомогательных данных. Наиболее простым выбором для российских заказчиков остаются космические данные с уровнями обработки Geo для данных со спутников IKONOS и GeoEye-1 и Standard Ortho Ready для данных со спутников QuickBird и WorldView-1.