

М.В. Лютивинская (Компания «Совзонд»)

В 1996 г. окончила факультет фотограмметрии МИИГАиК по специальности «аэрофотогеодезия». После окончания института работала в ФГУП «Госземкадастрсъемка» – ВИСХАГИ, в НПП «Центр прикладной геодинамики». С 2005 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время – старший инженер.

И.Г. Нейфельд (УП «Проектный институт Белгипрозем», Республика Белоруссия)

В 1977 г. окончила Омский государственный сельскохозяйственный институт по специальности «геодезия». Работала в предприятии «Белгеодезия», Министерстве архитектуры Белоруссии. С 2003 г. – главный специалист сектора технологического обслуживания производства УП «Проектный институт Белгипрозем» (Минск, Республика Белоруссия).

Использование данных ДЗЗ сверхвысокого разрешения для целей кадастрового учета

Статья посвящена результатам совместного эксперимента компании «Совзонд» и Унитарного предприятия (УП) «Проектный институт Белгипрозем» (Минск, Республика Белоруссия).

Проектный институт «Белгипрозем» был образован 30 марта 1961 г. для решения задач коренного улучшения организации землеустройства в Белоруссии. Претерпев ряд организационных преобразований, в настоящее время УП «Проектный институт Белгипрозем» включает головную организацию в Минске и пять дочерних предприятий в городах Бресте, Витебске, Гомеле, Гродно и Могилеве. Для изготовления земельно-кадастровых планов землепользований в 1996 г. на предприятиях «Белгипрозем» были организованы отделы земельно-информационных систем и фотограмметрических работ. При решении землеустроительных задач используются земельно-информационные системы (ЗИС), которые содержат следующую информацию о состоянии и использовании земельных ресурсов Республики Белоруссия:

- земельные участки, их границы, административно-территориальная принадлежность;
- зоны ограничения использования земель;
- землевладельцы и землепользователи;
- виды земель, их мелиоративное состояние и почвенный покров и др.

Земельно-информационные системы создаются по материалам аэрофотосъемки на территории районов с

точностью топографических планов масштаба 1:10 000, а на территории крупных населенных пунктов – с точностью топографических планов масштаба 1:2000.

Для поддержания данных в актуальном состоянии и анализа происходящих изменений, наряду с материалами аэросъемки, используются материалы космической съемки. Так как ЗИС имеют точность не грубее точности топографических карт масштаба 1:10 000, следовательно, для их обновления могут использоваться космические снимки с геометрическим разрешением не ниже 2,5 м.

В современных условиях использование космических данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в качестве пространственной информации для решения задач кадастрового учета различного уровня становится наиболее оптимальным выбором. В настоящее время уже достаточно успешно решаются задачи по созданию ортофотопланов на основе космических снимков масштаба 1:10 000 для кадастрового учета на межселенную территорию.

Для этого используются данные со спутников высокого разрешения QuickBird и IKONOS. Эти космические аппараты (КА) все же не обладают достаточно высокой производительностью, поэтому для регулярного обновления пространственной кадастровой информации целесообразно использовать данные с такого КА как ALOS, запущенного в январе 2006 г. Японским аэрокосмическим агентством (JAXA).

Спутник ALOS оснащен картографической стереокамерой PRISM, позволяющей получать снимки с разрешением до 2,5 м. Эта камера обеспечивает не только высокую разрешающую способность, но также и ширину полосы съемки до 70 км. Изображения, получаемые стереокамерой PRISM доступны в следующих уровнях коррекции: 1A, 1B1 и 1B2, созданных с применением радиометрической и геометрической коррекции исходных данных уровня 0. Для получения точного результата оптимальным является использование космических данных уровня коррекции 1B1. Данный уровень включает радиометрическую калибровку. Изображения уровня коррекции 1B1 поставляются в виде отдельных растровых файлов, сформированных каждым массивом ПЗС-датчиков. Коэффициенты абсолютной калибровки входят в комплект поставки. Дополнительно могут быть предоставлены файлы, содержащие коэффициенты рациональных полиномов (RPC – Rational Polynomial Coefficients), аппроксимирующие геометрию изображения отдельного массива ПЗС.

С запуском КА WorldView-1 в сентябре 2007 г. расширились возможности использования космических снимков для кадастрового картографирования, поскольку существенно повысилась их точность. Спутник WorldView-1 оснащен телескопом с апертурой 60 см для съемки только в панхроматическом режиме с пространственным разрешением до 0,5 м. Он может выполнять съемку земной поверхности по различным схемам: кадровая съемка, маршрутная съемка (вдоль береговых линий, дорог и других линейных объектов), площадная съемка (зоны размером 60x60 км), а также стереосъемка.

По сравнению с предшественником – КА QuickBird – на спутнике применяются новые технологические решения для обеспечения высокой производительности съемки, качества и точности пространственной привязки изображений. Космический аппарат имеет прецизионную систему ориентации, позволяющую с высокой точностью выполнять пространственную привязку изображений без использования наземных опорных точек. Кроме того, снимки с КА WorldView-1 с заявленным полуметровым разрешением существенно информативнее панхроматических изображений QuickBird, несмотря на небольшое, на первый взгляд, преимущество в пространственном разрешении. Так, на снимках WorldView-1 отчетливо дешифрируются промышленные объекты и элементы инфраструктуры. Космичес-

кие снимки с этого КА поставляются со следующими уровнями обработки.

Basic – базовый уровень, предназначенный для пользователей, имеющих расширенные возможности по обработке данных дистанционного зондирования. Данные этого типа поставляются только в виде целого кадра вместе с информацией о модели камеры, что позволяет выполнить ортотрансформирование изображения с применением строгой модели камеры.

Standard – пространственно привязанное изображение с коррекцией за рельеф по грубой цифровой модели рельефа (ЦМР). Рекомендуется для пользователей, которые нуждаются в пространственных данных средней точности.

Standard Ortho Ready – пространственно привязанное изображение без коррекции за рельеф. Предназначено для пользователей, применяющих стандартное ПО для ортотрансформирования с высокой точностью.

Orthorectified – ортотрансформированное изображение, обработанное с высокой точностью по наземным опорным точкам и матрице высот предоставляемой заказчиком. Используется как основа при построении ГИС.

Basic Stereo Pairs – дополнительный уровень обработки, который возможен только для архивных снимков. Стереои изображения с 90% перекрытием двух изображений, снятых за один пролет над районом интереса. Этот тип снимков предназначен для создания цифровой модели рельефа.

Оператор КА WorldView-1 заявил высокую плановую точность: CE90 – 6,5 м, а среднее квадратическое отклонение (СКО) в плане – 3 м.

Компанией «Совзонд» и УП «Проектный институт Белгипрозем» была проведена работа по ортотрансформированию сцены со спутника WorldView-1 на территорию города Полоцка (Витебская область, Республика Белоруссия). Этот снимок представляет собой панхроматическое изображение с пространственным разрешением на местности 0,51-0,62 м, имеющий уровень обработки Standard Ortho Ready. Формат данных – GeoTiff (UTM WGS-84). Площадь покрытия на местности составляет 67 км², перепад высот 120-150 м. Целью эксперимента являлась оценка заявленной оператором точности, а также возможность получения пространственных данных с плановой точностью, соответствующей масштабу 1:2000.

**Оценка точности ортотрансформирования по значениям RPC
без использования наземных опорных точек и ЦМР**

Номер точки	Расхождение, м	Номер точки	Расхождение, м	Номер точки	Расхождение, м
2	2,58	13_2	3,0	3_3	2,24
5	2,49	14_2	2,75	13_3	1,85
7	2,70	5_2	2,25	24_3	2,21
8	2,42	2_2	2,02	25_3	1,51
11	2,55	12_2	1,78	2_4	3,6
14	2,26	13_2	1,73	8_4	3,48
17	2,50	15_2	2,18	2_5	3,55
13	2,22	16_2	1,15	5_5	3,25
2_2	2,45	1_3	1,18	17_5	3,48
7_2	2,61	2_3	1,89	2_6	2,55



Рис. 1.
Визуальная оценка качества материалов
путем наложения на ортотрансформированное
изображение векторных кадастровых планов

Обработка проводилась в программном комплексе ENVI 4.6. На первом этапе было выполнено ортотрансформирование по значениям коэффициентов рациональных полиномов без использования наземных опорных точек и ЦМР. Результаты оценки точности представлены в табл. 1. Среднее расхождение на контрольных точках составило 2,41 м.

Оценка точности проводилась по поворотным точкам границ земельных участков, измеренных на местности инструментально. Визуально качество материалов оценивалось наложением на ортотрансформированное изображение векторных кадастровых планов (рис. 1).

Оценка результатов обработки подтверждает высокую заявленную точность снимков со спутника WorldView-1. Данный опыт показывает, что в соответствии с требованиями Инструкции по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов (ГКИНП (ГНТА)-02-036-02) эти материалы можно использовать для создания и обновления картографических материалов с точностью масштаба 1:10 000 даже при отсутствии дополнительных данных.

На следующем этапе эксперимента была проведена обработка той же сцены со спутника WorldView-1, но уже с использованием наземных опорных точек. В качестве таких точек были приняты поворотные точки границ земельных участков, измеренные на местности инструментально. Ортотрансформирование выполнялось по ЦМР, полученной стереотопографическими методами с точностью, соответствующей масштабу 1:2000 (рис. 2).

Были измерены 6 опорных точек. Схема расположения точек представлена на рис. 3. Обработка проводи-

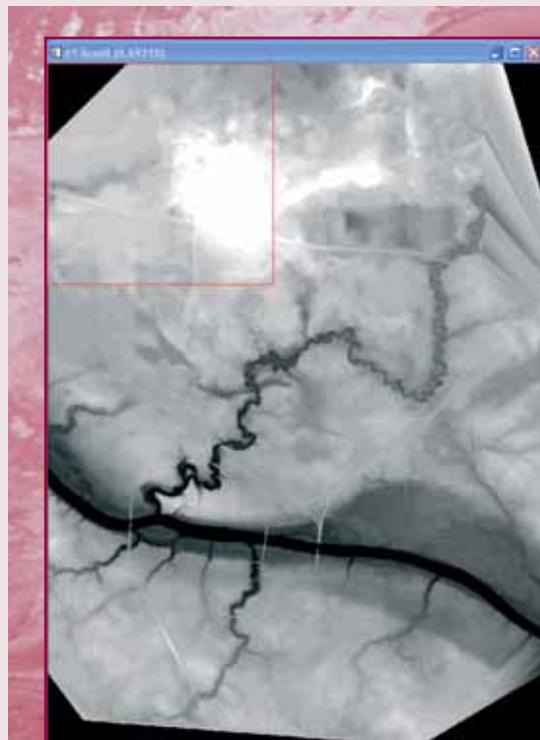


Рис. 2.
Цифровая модель рельефа в формате DEM

лась в программном комплексе ENVI 4.6. Отчет об измерениях представлен в табл. 2. Общая среднеквадратическая ошибка (RMS) составила 0,091675.

Таблица 2

Отчет об измерениях опорных точек в ПК ENVI 4.6

Номер точки	X снимка	Y снимка	RMS X	RMS Y	RMS
1	6101,87	5340,89	0,00	-0,00	0,01
2	6241,80	3651,10	0,07	0,07	0,10
3	3559,77	18994,22	0,03	0,03	0,05
4	1776,55	9519,42	-0,06	-0,06	0,09
5	12090,68	13058,12	-0,11	-0,10	0,15
6	13305,25	16885,61	0,07	0,06	0,09

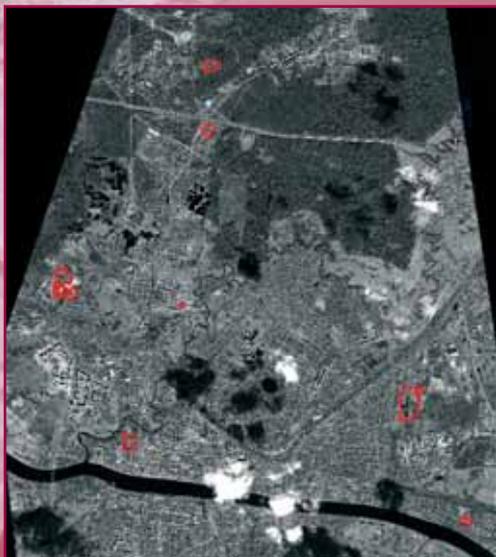


Рис. 3.
Схема расположения земельных участков, точки которых использовались как опорные и контрольные

Затем было выполнено ортотрансформирование с использованием RPC, значения которых были уточнены по наземным опорным точкам и ЦМР. Оценка плановой точности ортофотоплана осуществлялась по контрольным измерениям на точках с известными координатами (табл. 3). Среднее расхождение на контрольных точках составило 0,38 м.

Также проводился визуальный контроль полученного ортотрансформированного изображения путем наложения обновленного векторного плана масштаба 1:2000 на растровое изображение (рис. 4).

Во второй части эксперимента был обработан снимок, полученный в панхроматическом режиме со спутника ALOS/PRISM с пространственным разрешением на местности 2,5-3,0 м на территорию Ганцевичского района Брестской области Республики Белоруссия. Формат данных – GeoTIFF (UTM WGS 84). Уровень обработки космического снимка был выбран 1B1.

По аналогии с изображением с КА WorldView-1, первоначально была проведена оценка точности данных без использования опорной информации. Ортотрансформирование отдельных полос изображений осуществлялось в программном комплексе ENVI по значениям коэффициентов рационального полинома, поставляемым оператором, без использования опорных точек на среднюю плоскость 190 м. Далее проводилось ортотрансформирование изображения с использованием наземных опорных точек и цифровой модели местнос-

Таблица 3

Результаты оценки точности ортофотоплана по контрольным измерениям

Номер точки	Расхождение, м	Номер точки	Расхождение, м	Номер точки	Расхождение, м
2	0,23	13_2	0,36	3_3	0,24
5	0,42	14_2	0,42	13_3	0,52
7	0,44	5_2	0,10	24_3	0,39
8	0,19	2_2	0,35	25_3	0,58
11	0,46	12_2	0,29	2_4	0,41
14	0,33	13_2	0,54	8_4	0,19
17	0,24	15_2	0,37	2_5	0,64
13	0,29	16_2	0,42	5_5	0,46
2_2	0,32	1_3	0,44	17_5	0,13
7_2	0,77	2_3	0,59	2_6	0,44



Рис. 4.
Расхождения планового положения контуров
на ортофотоплане и векторном плане



Рис. 5
Расхождения планового положения контуров на ортофотоплане, созданного с использованием наземных опорных точек, с контурами на векторном плане

**Результаты оценки точности ортотрансформированных изображений
со спутника ALOS/PRISM**

Номер точки	Расхождения на контрольных точках, м	
	Ортотрансформирование по значениям RPC (отметка средней плоскости H=190)	Ортотрансформирование с использованием наземных опорных точек и ЦМР
618	7,80	2,70
669	13,50	2,00
86	10,60	2,10
729	10,10	3,26
89	11,06	3,14
723	7,70	3,1
308	6,70	2,95
305	7,00	2,61
292	6,90	0,9
304	6,80	0,5
730	10,10	3,10
728	10,24	2,91

ти, полученной по карте масштаба 1:10 000. Были вычислены расхождения в плановом положении на контрольных точках для каждого вида ортотрансформирования (табл. 4).

Кроме того, был выполнен визуальный контроль расхождений планового положения контуров на ортофотоплане с контурами на векторном плане (рис. 5).

Результат обработки данных со спутника WorldView-1 подтвердил заявленную оператором точность. По данным с этого КА можно получать пространственную информацию об объектах с точностью масштабов 1:10 000 без дополнительной опорной информации, а после ортотрансформирования с использованием опорных точек и ЦМР, вплоть

до масштаба 1:2000. Данные с КА ALOS/PRISM могут являться альтернативой данным со спутников QuickBird и IKONOS при обновлении пространственной информации на кадастровых планах масштаба 1:10 000. С появлением на рынке ДЗЗ космических данных высокого разрешения стало возможным получать пространственную информацию по космическим снимкам для ведения кадастрового учета не только на межселенную, но и на городскую территорию. А благодаря оперативности предоставления этих данных и высокой производительности космической съемки появляется возможность поднять обеспечение государства кадастровыми планами на новый уровень.