

Е.А.Кобзева (ФГУП «Уралгеоинформ»)

В 1995 г. окончила Московский институт геодезии, аэрофотосъемки и картографии по специальности «аэрофотогеодезия». Работала на фотограмметрическом производстве. В настоящее время – ведущий специалист отдела картографического мониторинга по ДДЗ ФГУП «Уралгеоинформ». Кандидат технических наук.

Создание топографических планов масштаба 1:2000 для разработки градостроительной документации средних и малых населенных пунктов

Топографические планы масштаба 1:2000 востребованы для решения многочисленных и разнообразных задач, среди которых выделим разработку генеральных планов населенных пунктов, составление проектов детальной планировки и эскизов застройки [1]. Согласно Градостроительному кодексу РФ [2], эти документы территориального планирования должны быть созданы до 1 января 2011 г. Однако обеспеченность топографической основой малых и средних городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов явно недостаточна; топографические планы часто устарели, а то и вовсе отсутствуют.

Подмена топографических планов (представляют информацию о размещении и характеристиках наземных и подземных социально-экономических, природных объектов, а также о рельефе местности) фотопланами (фотографическое изображение местности) и даже фотокартами (фотоплан, дополненный некоторыми графическими данными: надписями географических названий, границами землепользований, характеристиками автодорог и пр.) не является выходом из сложившейся ситуации. Во-первых, фотопланы недостаточно информативны для решения градостроительных задач. А во-вторых, для правильного дешифрирования фотопланов необходимы специализированные знания и опыт, которыми сотрудники

муниципальных администраций, как правило, не обладают.

В основном топографические планы масштаба 1:2000 получают путем стереотопографической съемки по аэрофотоснимкам. В то же время на орбите функционирует уже три аппарата дистанционного зондирования Земли, ведущих съемку с пространственным разрешением 0,4 м, – GeoEye-1, WorldView-1 и WorldView-2 (в Россию снимки поставляются с размером пикселя 0,5 м). Анализ публикаций [3, 4, 5, 6] говорит о высокой метрической точности космических снимков. Поэтому в ФГУП «Уралгеоинформ» при содействии компаний «Совзонд» и GeoEye (США) была проведена экспериментальная работа по оценке возможности использования космических снимков для создания и обновления топографических планов масштаба 1:2000.

Тестовый участок площадью 100 кв. км располагался в Республике Башкортостан (рис. 1). Местность обжита. Населенные пункты представлены районным центром с числом жителей 10,4 тыс. и поселками сельского типа. Дорожная сеть состоит из усовершенствованных шоссе, грунтовых, полевых автодорог. В северной части тестового участка проходит железная дорога. Межселенная территория пересекается реками шириной до 5 м и занята преимущественно пашнями. Встречаются небольшие участки леса, луга. Рельеф



Рис. 1.
Экспериментальный участок на снимке GeoEye-1
(■ – наземные контрольные точки).

всхолмленный с абсолютными отметками высот от 140 до 260 м.

На тестовом участке была выполнена стереоскопическая съемка с космического аппарата GeoEye-1. Поставка снимков включала панхроматические и мультиспектральные изображения с размером пикселя 0,5 и 2,0 м соответственно. Подробная информация о снимках GeoEye-1 дана в [7].

На первом этапе экспериментальной работы была выполнена фотограмметрическая обработка снимков: ориентирование стереопары снимков, построение по ним цифровой модели рельефа, создание фотоплана как возможной основы для составления контурной части топографического плана.

Для проведения и оценки точности фотограмметрической обработки использовались опорные и контрольные точки, которые были определены в поле методами спутниковой геодезии. Рабочей системой координат служила СК42.

Ориентирование снимков выполнялось различными способами (RPC-, DLT- и параллельно-перспективная

Таблица 1

Средние квадратические ошибки ориентирования на контрольных точках

Метод ориентирования	Количество опорных точек	Количество контрольных точек	Средние квадратические ошибки, м		
			dX	dY	dZ
RPC-модель + сдвиг	0	25	2,83	0,63	16,10
	1	24	0,46	0,29	0,58
	3	22	0,70	0,31	0,49
	5	20	0,51	0,30	0,45
	7	18	0,41	0,33	0,47
	9	16	0,42	0,28	0,48
RPC-модель + аффинное преобразование	3	22	0,70	0,31	0,49
	5	20	0,48	0,29	0,46
	7	18	0,41	0,30	0,44
	9	16	0,45	0,26	0,45
DLT-модель	7	18	0,93	1,08	0,80
	9	16	0,37	0,36	0,84
Параллельно-перспективная модель	7	18	0,66	0,30	1,04
	9	16	0,73	0,32	1,13

модели) с различным количеством опорных точек. Результаты представлены в табл. 1 и говорят о следующем:

- при ориентировании стереопары снимков GeoEye-1 RPC-методом без опорных точек средняя квадратическая ошибка (СКО) положения контрольных точек составила в плане 2,90 м (что соответствует масштабу карт 1:10 000), по высоте 16,10 м;
- уже при одной опорной точке точность ориентирования снимков RPC-методом повышается до 0,54 м в плане и до 0,58 м по высоте (СКО положения контрольных точек), что соответствует требованиям к картам масштаба 1:2000 с высотой сечения рельефа 2 м [8]. Увеличение количества опорных точек не приводит к улучшению точности ориентирования;
- непараметрические методы (DLT, параллельно-перспективная модели) показывают сравнимую с RPC-методом точность ориентирования при хорошем распределении и большом количестве опорных точек.

Цифровая модель рельефа (ЦМР) строилась по стереопаре космических снимков фотограмметрическим методом путем создания TIN и затем GRID с шагом 3 м. Точность ЦМР оценивалась по контрольным точкам (31 шт.) и показала СКО 0,43 м. При сравнении с ЦМР, построенной по аэрофотоснимкам (камера RC30, фокусное расстояние 150 мм, масштаб 1:12 000), существенных расхождений не выявлено.

Для создания фотоплана использовался проект с одной опорной точкой и полученная ЦМР. Точность фотоплана оценивалась также по контрольным точкам (29 шт.). Результаты представлены на рис. 2. Как видно из графика, полученный фотоплан соответствует нормативным требованиям к фотопланам масштаба 1:2000 (погрешность положения контрольных точек не более 0,5 мм в масштабе карты) [8].

Вторым этапом экспериментальной работы являлось определение дешифровочных свойств космических снимков GeoEye-1. Для этого анализировалась возможность распознавания по снимкам объектов местности, которые должны быть отображены на топографических планах масштаба 1:2000. Оказалось, что более 80% объектов местности дешифрируются по

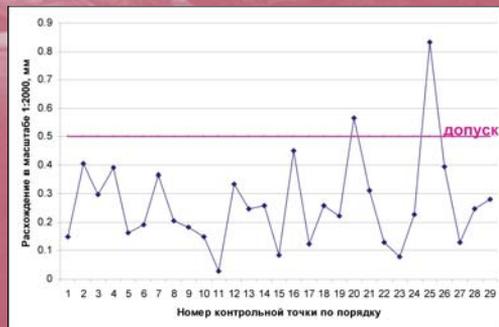


Рис. 2. Ошибки положения контрольных точек на фотоплане

космическим снимкам, причем надежность распознавания по стереоснимкам выше, чем по фотопланам (рис. 3, 4). Подробные результаты сведены в «Альбом образцов топографического дешифрирования космических снимков GeoEye-1».

Была рассчитана и точность, с которой объекты местности могут быть нанесены на топографический план (табл. 2). Для этого по космическим стереоснимкам и по фотопланам измерялись координаты углов зданий, ограждений, опор ЛЭП. Измеренные координаты были сравнены с координатами, определенными

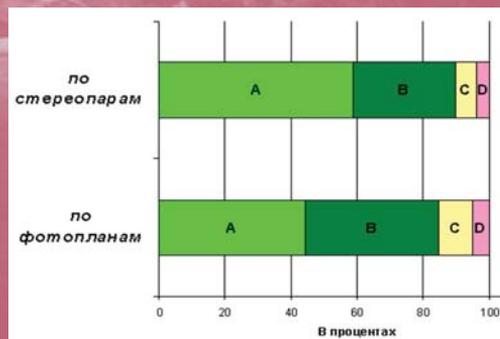


Рис. 3. Дешифрирование элементов местности по космическим снимкам GeoEye-1 (A – легкое дешифрирование, B – дешифрирование возможно, C – требуется полевое обследование, D – дешифрирование невозможно)



Рис. 4.
Фрагмент фотоплана, полученного по космическим снимкам GeoEye-1

из фотограмметрического сгущения опорной планово-высотной сети, выполненного по аэрофотоснимкам. Результаты представлены в таблице 2. СКО определения координат составляет 0,57-0,79 м по стереопарам и 0,62-1,00 м по фотопланам. Это означает, что создание контурной части топографического плана необходимо проводить в стереорежиме, а фотопланы использовать с осторожностью.

Таким образом, по результатам экспериментальной работы можно сделать следующие выводы:

- по космическим снимкам GeoEye-1 возможно создание цифровых топографических планов масштаба 1:2000 средних и малых населенных пунктов с высотой сечения рельефа 2 м;
- для создания топографических планов масштаба 1:2000 должна использоваться стереоскопическая космическая съемка;
- цифровая модель рельефа для открытых всхолм-

ленных территорий может быть получена по стереоснимкам GeoEye-1 с точностью 0,4 м.

Список литературы

1. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. ГКИНП-02-033-82. М., Недра, 1983.
2. Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ.
3. Cheng P., Chaapel Ch.. Automatic DEM Generation Using WorldView-1 Stereo Data with or without Ground Control Points. – *GeoInformation*. – Oct./Nov. 2008. – P.34-39.
4. Fraser C.S., Ravanbakhsh M. Georeferencing from Geoeeye-1 imagery: early indications of metric performance // - http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII-1-4-7_W5/paper/Fraser-207.pdf (электронный ресурс).
5. Лютивинская М.В., Нейфельд И.Г. Использование данных LPP сверхвысокого разрешения для целей кадастрового учета. – *Геоматика*. – 2009. – № 2. – с.76-82.
6. Зубарев А.Э. Обработка стереопары космических изображений сенсора GeoEye-1. – 2009. – www.racurs.ru/www_download/articles/Test_GE-1.pdf (электронный ресурс).
7. *GeoEye Product Guide v1.0.1 // GeoEye, 2009. – 57 с.*
8. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. ГКИНП(ГНТА)-02-036-02. – М.: ЦНИИГАиК, 2002.

Таблица 2

Точность координирования объектов местности

Объекты местности	Количество контрольных точек	Средние квадратические ошибки (м), полученные из измерений	
		по космическим стереоснимкам	по космическим фотопланам
Углы многоэтажных зданий	59	0,70	0,87
Углы 1-2-этажных зданий	54	0,79	1,00
Углы заборов	62	0,69	0,84
Опоры ЛЭП	56	0,57	0,62