

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ НАБОРА РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ — РПД10

И.В. Оньков (ЗАО «Мобиле», Пермь)

В 1970 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». После окончания института работал в Степногорском управлении строительства, с 1974 г. — в Пермском политехническом институте, с 1989 г. — в Горном институте УрО АН (Пермь), с 1993 г. — в Частном предприятии по созданию цифровых карт, с 1995 г. — в филиале «Госземкадастръемка» — ВИСХАГИ (Пермь), с 2000 г. — в Пермском филиале ООО «Недра» (Челябинск), с 2002 г. — в ООО «ПермНИПнефть», с 2006 г. — в ООО «Тримм». С 2011 г. работает в ЗАО «Мобиле», в настоящее время — научный консультант. Кандидат технических наук.

Компания «Совзонд» продолжает выпуск продукции на базе космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения — наборов региональных пространственных данных (РПД), к основным преимуществам которых можно отнести низкую стоимость, отсутствие необходимости дальнейшей фотограмметрической обработки и ограничений на лицензирование использования данных [1].

Предлагаются два вида продукции — РПД10 и РПД25, соответствующие по точности в плане топографическим картам на равнинные территории масштаба 1:10 000 и 1:25 000.

Исходными данными для создания РПД являются космические снимки Земли различного пространственного разрешения от 5 до 0,5 м, ортотрансформированные с использованием цифровой модели рельефа Земли SRTM.

В данной работе выполнено исследование геометрической точности РПД10 на территорию города Перми, созданного на основе космического снимка

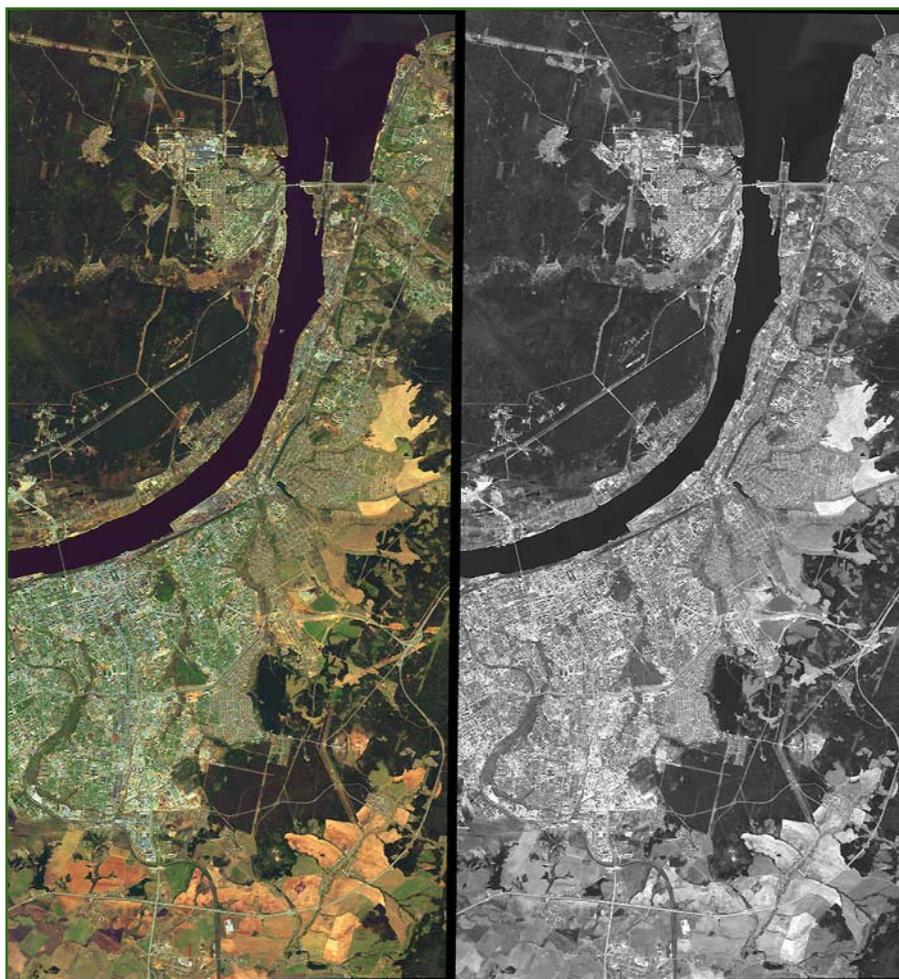


Рис. 1

Растровые RGB и PAN изображения РПД10 на г. Пермь

сверхвысоко пространственного разрешения со спутника WorldView-2. В комплект поставки входят два растровых изображения RGB и PAN в формате JPEG2000 с размером пикселя на местности 0,5 м, в системе координат WGS-84 и проекции UTM-40 (рис. 1).

Геометрическая точность оценивалась по следующим показателям:

— параметры сдвига, разворота и масштаба изображения относительно системы координат WGS-84;

— погрешности координат контрольных точек в системе координат WGS-84;



Рис. 2

Схема расположения наземных контрольных точек



Рис. 3

Примеры выбора контуров наземных контрольных точек

— погрешности взаимного положения ближайших контуров зданий и строений.

В качестве наземных контрольных точек принимались контуры местности, хорошо опознаваемые на изображении, геодезические координаты которых определялись в системе координат СК-42 и Балтийской системе высот 1977 г. с использованием двухчастотных приемников GPS с опорой на пункты ГГС 2-3 классов.

Преобразование координат контрольных точек из системы СК-42 в WGS-84 выполнялось в соответствии с ГОСТ Р 51794-2008 [2].

Всего для исследования точности было принято 60 контрольных точек, общее пространственное расположение которых показано на рис. 2. Характерные примеры выбора контуров наземных контрольных точек представлены на рис. 3.

Измерение координат контрольных точек на изображениях РПД10 проводилось в программном комплексе ENVI 4.8 с дискретностью 0,2 пикселя растра, что соответствует 0,1 м на местности.

Исходными данными для оценки геометрической точности служили отклонения ΔX_i и ΔY_i координат контрольных точек x_i и y_i , измеренных на изо-

бражениях, от их значений X_i и Y_i , определенных на местности геодезическими методами:

$$\Delta X_i = x_i - X_i,$$

$$\Delta Y_i = y_i - Y_i,$$

и модуль отклонения (радиальная погрешность положения):

$$\Delta R_i = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2}.$$

▼ Оценка параметров сдвига, разворота и масштаба изображений РПД10 относительно системы координат WGS-84

Величины четырех параметров преобразования координат растрового изображения РПД10 — сдвига по оси X ΔX_0 и по оси Y ΔY_0 , угла разворота Φ и масштабного коэффициента m относительно системы координат WGS-84 — оценивались из преобразования Гельмерта в геометрической форме по координатам контрольных точек (табл. 1).

Оценки параметров преобразования выполнялись по методу наименьших квадратов. Остаточные средние квадратические погрешности по результатам обработки изображений составили: для RGB — 0,53 м, а для PAN — 0,55 м.

Отклонения полученных значений параметров разворота и масштаба от их номинальных значений ($\Phi = 0$; $m = 1,0$)

Геометрические параметры преобразования Гельмерта

Таблица 1

Наименование параметров	Значения	
	RGB	PAN
Сдвиг по оси X ΔX_0 , м	+2,14	+2,29
Сдвиг по оси Y ΔY_0 , м	-1,72	-1,62
Модуль сдвига, м	2,75	2,81
Угол поворота ϕ , "	-1,2	-3,7
Масштабный коэффициент m	1,000013	1,000013

находятся на уровне погрешности измерений на снимке и свидетельствуют об очень высокой точности ориентирования и масштабирования изображений РПД10 относительно системы координат WGS-84 в проекции UTM-40.

Оценка погрешности координат контрольных точек в системе координат WGS-84 и проекции UTM-40

Основными показателями точности служили следующие статистические характеристики:

- средние квадратические погрешности по осям координат X **RMSE_x** и Y **RMSE_y**, а также в плане **RMSE_{xy}**;

- средняя радиальная погрешность **MRE** (Mean Radial Error);

- максимальная радиальная погрешность **ΔR_{max}**;

- круговая вероятная погрешность **CE90** (Circular Error).

Полученные значения погрешностей РПД10 в системе координат WGS-84 и проекции UTM-40 приведены в табл. 2.

На рис. 4 приведена геометрическая интерпретация погрешностей контрольных точек для RGB (красный цвет) и PAN (черный цвет), а также соответствующие им окружности радиусом CE90.

В соответствии с инструкцией по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и

планов средние величины погрешностей контрольных точек в плановом положении не должны превышать в масштабе создаваемого фотоплана 0,5 мм для равнинных и всхолмленных районов [3].

Результаты выполненного исследования показывают следующее:

Показатели геометрической точности

Таблица 2

Наименование статистических характеристик	Значения, м	
	RGB	PAN
Средние квадратические погрешности:		
RMSE_x	2,22	2,36
RMSE_y	1,76	1,71
RMSE_r	2,83	2,92
Средняя радиальная погрешность MRE	2,80	2,89
Максимальная радиальная погрешность ΔR_{max}	4,10	4,51
Круговая вероятная погрешность CE90	3,49	3,60

- значение средней радиальной погрешности для RGB-изображения составляет 2,8 м, а для PAN-изображения — 2,89 м и не превышает допустимого значения 5 м для масштаба 1:10 000;

- 90% радиальных погрешностей контрольных точек не превышают 3,6 м и по геометрической точности удовлетворяют требованиям, предъявляемым к фотопланам масштаба 1:10 000.

Следует также отметить, что полученные величины круговых погрешностей CE90 не превышают допустимого значения 6,5 м без коррекции по наземным опорным точкам, заявлен-

ного поставщиком снимков со спутника WorldView-2 [4].

Оценка точности взаимного положения контуров

Основным критерием точности топографических планов (фотопланов) крупных масштабов на застроенных территориях является погрешность взаимного положения ближайших контуров с четкими очертаниями [5, 6].

Оценка точности взаимного положения контуров выполнялась по отклонениям расстояний **S_{рпд}** между ближайшими точками контуров, измеренных на оцифрованном растровом изображении РПД10, от их значений **S_{map}**, взятых с цифрового топографического плана города масштаба 1:1000:

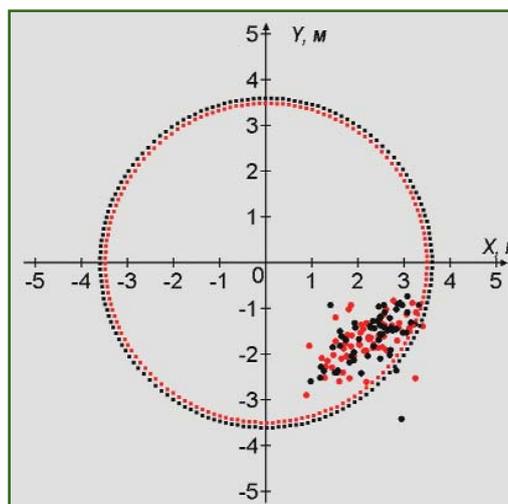


Рис. 4
Геометрическая интерпретация погрешности контрольных точек



Рис. 5

Примеры выбора контуров при оценке точности их взаимного положения

Показатели точности взаимного положения контуров

Таблица 3

Наименование показателей точности	Значения, м
Средняя квадратическая погрешность RMSEs	0,87
Средняя абсолютная погрешность MAEs	0,71
Линейная погрешность LE90	1,53
Максимальная погрешность по абсолютной величине MaxΔ_s	1,84

Примечание. Величина систематической погрешности в разности расстояний, равная 0,09 м, при вычислениях не исключалась.

$$\Delta S = S_{\text{РПД}} - S_{\text{МАР}}$$

В качестве точек контуров выбирались углы капитальных зданий и сооружений на участке территории города с многоэтажной застройкой. Примеры выбора контуров для оценки точности их взаимного положения на РПД10 и топографическом плане города приведены на рис. 5.

При исследованиях показателями точности взаимного положения контуров служили следующие статистические характеристики отклонений расстояний ΔS :

— средняя квадратическая погрешность **RMSEs**;

— средняя абсолютная погрешность **MAEs**;

— линейная погрешность **LE90**;

— максимальная погрешность по абсолютной величине **Max Δ_s** .

Всего на RGB-изображении РПД10 и цифровом топографическом плане г. Перми масштаб 1:1000 было измерено 113 расстояний между углами ближайших зданий и сооружений в интервале от 10 до 90 м.

Полученные значения показателей точности взаимного положения контуров приведены в табл. 3.

В соответствии с основными положениями по созданию топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 на территориях с капитальной и многоэтажной застройкой погрешности во взаимном положении точек ближайших важных контуров (капитальных сооружений, зданий и т. п.) на плане не должны превышать 0,4 мм [5]. Аналогичные требования к точности взаимного положения ближайших контуров на фотопланах застроенных территорий установлены в инструкции по то-

пографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 [6].

Полученная по результатам выполненного исследования максимальная по абсолютной величине погрешность 1,84 м не превышает допустимого значения 2 м для масштаба 1:5000 и по точности взаимного положения контуров удовлетворяет требованиям, предъявляемым к фотопланам масштаба 1:5000. Причем 90% погрешностей взаимных расстояний не превышают 1,53 м.

Таким образом, предоставленные для исследования растровые изображения РПД10 на г. Пермь в форматах RGB и PAN с разрешением 0,5 м, в системе координат WGS-84 и проекции UTM-40 могут быть использованы для составления и обновления контурной части топографических карт и планов, а также в качестве картографической основы для ГИС-проектов.

▼ Список литературы

1. Любимцева С.В. Наборы региональных пространственных данных — основа для использования в геоинформационных проектах // Геопрофи. — 2014. — № 2. — С. 16–19.
2. ГОСТ Р 51794–2008. Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. — М.: Стандартинформ, 2009. — 19 с.
3. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. — М.: ЦНИИГАиК, 2002. — 48 с.
4. DigitalGlobe. — www.digitalglobe.com.
5. Основные положения по созданию топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. — ГКИНП-02-118. — М.: «Недра», 1979.
6. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. — ГКИНП-02-033-82. — М.: «Недра», 1982.