

**И. В. Оньков** (ЗАО «Мобиле», Пермь)

В 1970 г. окончил МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия». В настоящее время — научный консультант ЗАО «Мобиле». Кандидат технических наук, доцент.

## Исследования геометрической точности космического снимка со спутника ТН-1

Цель работы — исследование геометрической точности космического снимка со спутника ТН-1 (Китай) по наземным опорным и контрольным точкам, ортотрансформированного с использованием цифровой модели рельефа (ЦМР) SRTM-3 [1] и коэффициентов рациональных полиномов RPC.

В табл. 1 представлены основные технические характеристики съемочной аппаратуры спутника ТН-1, запущенного на орбиту 24 августа 2010 г. [2].

Исходный снимок ТН01-02\_P201306090000001\_1B\_GFB\_08\_165\_077, дата съемки 30.07.2012 г., в формате TIFF на заданную территорию (Россия, Пермский край, г. Пермь), был предоставлен для исследования компанией «Совзонд».

Ортотрансформирование снимка (PAN-канал) выполнялось в программном комплексе ENVI 4.8 без использования наземных опорных точек в системе координат WGS-84 проекций UTM-40. Размер пикселя растра на местности задавался равным 2,0 м. Высота геоида EGM-96 над эллипсоидом WGS-84 для центра снимка была принята равной -3,2 м.

В качестве опорных и контрольных точек для исследования точности ортоснимка использовались четкие контуры объектов местности (опознаки), уверенно дешифрируемые на снимке, координаты которых определялись с использованием двухчастотных GPS-приемников с опорой на пункты триангуляции 1-3 классов в системе координат СК-42, зона 10.

Преобразование координат опознаков из СК-42 в систему WGS-84 проекции UTM-40 выполнялось в соответствии с ГОСТ Р 51794-2008 [3].

Для выполнения исследований было использовано 52 опознака, общее расположение которых по полю снимка показано на рис. 1.

Точность ортоснимка оценивалась по отклонениям измеренных на ортоснимке координат контрольных точек от их значений, определенных на местности геодезическими методами (GPS).

Исследования выполнены для трех вариантов использования опорных и контрольных точек и метода геометрической коррекции растрового изображения снимка:

Режим съемки	Панхроматический (PAN)	Мультиспектральный	Стерео (триплет)
Спектральный диапазон, мкм	0,51-0,69	0,43-0,52 (синий) 0,52-0,61 (зеленый) 0,61-0,69 (красный) 0,76-0,90 (ближний ИК)	0,51-0,69
Пространственное разрешение (в надире), м	2	10	5
Точность геопозиционирования, м	CE90 = 25		
Ширина полосы съемки, км	60	60	60
Периодичность съемки, сутки	9		
Возможность получения стереопары	Да		

Табл. 1. Спутник ТН-1. Основные технические характеристики съемочной аппаратуры

1. Без использования опорных точек, в этом случае все измеренные на ортоснимке точки рассматривались как контрольные.

2. Опорные точки использовались только для определения сдвига раstra по осям координат без его трансформирования.

3. Опорные точки использовались для определения коэффициентов математической модели преобразования с целью геометрической коррекции раstra и его последующего трансформирования.

Точность результатов измерений оценивалась следующими показателями:

- ✳ систематические ошибки (сдвиги по осям координат);
- ✳ среднеквадратическая ошибка RMSE;
- ✳ средняя радиальная ошибка MRE;
- ✳ круговая ошибка CE90;
- ✳ максимальное значение радиальной ошибки в выборке Rmax.

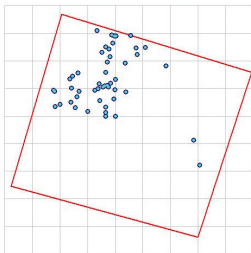


Рис. 1. Схема расположения опорных точек на снимке

### ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОРТОСНИМКА БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАЗЕМНЫХ ОПОРНЫХ ТОЧЕК

Число контрольных точек — 52.

Отклонения координат на контрольных точках показаны на рис. 2. Показатели точности приведены в таблице 2.

### ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОРТОСНИМКА, СКОРРЕКТИРОВАННОГО ЗА СДВИГИ ПО ОСЯМ КООРДИНАТ ПО ОПОРНЫМ ТОЧКАМ

Коррекция ортоснимка выполнялась по четырем опорным точкам, расположенным вблизи его центра. Число контрольных точек — 48.

Остаточные отклонения координат на контрольных точках после коррекции сдвигов показаны на рис. 3. Показатели точности приведены в табл. 3.

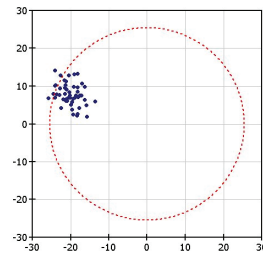


Рис. 2. Диаграмма рассеяния отклонений контрольных точек, первый вариант обработки

Показатель точности	Значение показателя
Сдвиг по X, м	7,95
Сдвиг по Y, м	-20,13
Модуль сдвига, м	21,64
RMSE, м	21,99
MRE, м	21,80
CE90, м	25,43
Rmax, м	27,98

Табл. 2. Показатели точности ортоснимка

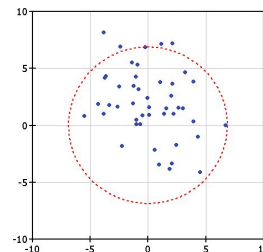


Рис. 3. Диаграмма рассеяния отклонений контрольных точек, второй вариант обработки

Показатель точности	Значение показателя
Модуль остаточного систематического сдвига, м	2,11
RMSE, м	4,53
MRE, м	4,09
CE90, м	6,87
Rmax, м	9,05

Табл. 3. Показатели точности ортоснимка

### ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОРТОСНИМКА, СКОРРЕКТИРОВАННОГО ПО ОПОРНЫМ ТОЧКАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГЕЛЬМЕРТА

Число опорных точек — 8.

Число контрольных точек — 44.

Остаточные отклонения координат на контрольных точках показаны на рис. 4. Показатели точности приведены в табл. 4.

### ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОРТОСНИМКА, СКОРРЕКТИРОВАННОГО ПО ОПОРНЫМ ТОЧКАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АФФИННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Число опорных точек — 12.

Число контрольных точек — 40.

Остаточные отклонения координат на контрольных точках показаны на рис. 5. Показатели точности приведены в табл. 5.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам тестирования геометрической точности снимка ТН-1 (PAN-канал), ортотрансформированного в программном комплексе ENVI 4.8 с использованием ЦМР SRTM-3 и модели камеры, заданной в виде RPC-коэффициентов, можно сделать следующие предварительные выводы:

1. Геометрическая точность ортоснимка без использования наземных опорных точек по показателю  $CE_{90}$  составила 25,43 м, что незначительно превышает заявленную производителем точность 25 м.

2. Геометрическая точность ортоснимка с использованием 4–8–12 опорных точек и коррекции растра с использованием преобразования сдвига, преобразования Гельмерта и аффинного преобразования; геометрическая точность снимка по критерию средней ошибки составила 4,09 м, 3,82 м и 3,26 м соответственно и удовлетворяет требованиям к точности фотопланов масштаба 1:10 000, установленным Инструкцией по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов [4].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/SRTM3/Eurasia/](http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/Eurasia/)
2. Дворкин Б. А. Новейшие и перспективные спутники дистанционного зондирования Земли / Б. А. Дворкин, С. А. Дудкин // — ГЕОМАТИКА. — 2013. — №2 — С. 16–39.
3. ГОСТ Р. 51794-2008 — Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат.

Методы преобразований координат определяемых точек. — М.: Стандартинформ, 2009. — 19 с.

4. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. — М.: ЦНИИГАУК, 2002. — 48 с.

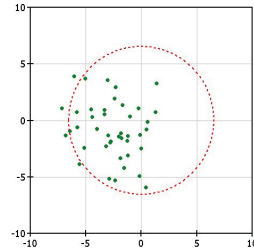


Рис. 4. Диаграмма рассеяния отклонений контрольных точек, третий вариант обработки

Показатель точности	Значение показателя
Модуль остаточного систематического сдвига, м	2,65
RMSE, м	4,27
MRE, м	3,82
$CE_{90}$ , м	6,54
Rmax, м	7,24

Табл. 4. Показатели точности ортоснимка

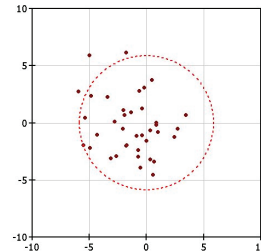


Рис. 5. Диаграмма рассеяния отклонений контрольных точек, четвертый вариант обработки

Показатель точности	Значение показателя
Модуль остаточного систематического сдвига, м	1,25
RMSE, м	3,67
MRE, м	3,82
$CE_{90}$ , м	5,87
Rmax, м	7,75

Табл. 5. Показатели точности ортоснимка



# ПОИСК СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ\* [catalog.sovzond.ru](http://catalog.sovzond.ru)

\* Поиск спутниковых снимков по космическим аппаратам: QuickBird, WorldView-1, WorldView-2, Ikonos, GeoEye, Pleiades, RapidEye, Alos, DMC-UK-2, Deimos-1, TerraSAR, Монитор-Э, Ресурс-ДК, Ресурс-Ф и др.



**Компания «Совзонд»**  
115563, Москва, ул. Шипиловская, 28А  
Тел.: +7(495) 642-8870, 988-7511, 988-7522  
Факс: +7(495) 988-7533  
E-mail: [sovzond@sovzond.ru](mailto:sovzond@sovzond.ru)