

# ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МАТРИЦЫ ВЫСОТ SRTM

Ю.И. Карионов (Фирма «Ракурс»)

В 1974 г. окончил Московский топографический политехникум, в 1984 г. — геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». После окончания техникума работал в Госцентре «Природа», ООО «Геоспектрум». В настоящее время — ведущий специалист ЗАО «Фирма «Ракурс».

Одним из основных видов фотограмметрических работ является создание ортофотопланов, служащих основой для получения топографических и тематических карт и планов. В качестве исходных материалов для изготовления ортофотопланов используются снимки, цифровые модели рельефа (ЦМР) и точки планово-высотной привязки (ПВП).

В основном применяются две технологические схемы изготовления ортофотопланов: по материалам стереоскопической съемки или по одиночным снимкам и готовой ЦМР. Для получения ЦМР по материалам стереосъемки необходимо иметь стереопары на весь район и провести достаточно трудоемкие работы по их обработке. При использовании одиночных снимков и готовой ЦМР процесс стереообработки исключается. В этом случае большое значение имеют критерии выбора ЦМР.

Необходимую точность высот ЦМР ( $\Delta H$ ) можно оценить по допустимому значению смеще-

ния за рельеф ( $\Delta L$ ), которое определяется по формуле:

$$\Delta L = \Delta H \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $\alpha$  — угол отклонения оси камеры от надира при съемке.

Стандартными при космической съемке считаются углы отклонения от надира до  $30^\circ$ . В этом случае, чтобы смещения за рельеф не превышали 0,5 мм в масштабе ортофотоплана, точность высот ЦМР не должна быть хуже, чем 1 мм х «знаменатель масштаба». Например, для карты масштаба 1:25 000 она будет составлять: 1 мм х 25 000 = 25 м.

В феврале 2000 г. с помощью радиолокаторов SIR-C и X-SAR, установленных на космическом корабле Shuttle, было собрано более 12 Тбайт данных и получена ЦМР в виде матрицы высот SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission). SRTM охватывает территорию суши от 60 с. ш. до 54 ю. ш. и некоторые участки моря (<http://srtm.csi.cgiar.org>). Общедоступными являются значения высот в углах ячейки размером 3"х3". Точность высот заявлена не ниже 16 м, но

тип оценки этой величины — средняя, максимальная, средняя квадратическая ошибка (СКО) — не пояснен [1, 2], что и не удивительно, поскольку для строгой оценки точности необходимы либо эталонные значения высот примерно такой же степени охвата, либо строгий теоретический анализ процесса получения и обработки данных.

В связи с этим, анализ точности матрицы высот SRTM проводился не одним коллективом ученых разных стран мира. По оценкам А.К. Корвзула и И. Эвиака [3] высоты SRTM имеют ошибку, которая для равнинной местности в среднем составляет 2,9 м, а для холмистой — 5,4 м. Причем значительная часть этих ошибок включает систематическую составляющую. Согласно их выводам, матрица высот SRTM подходит для построения горизонталей на топографических картах масштаба 1:50 000 и мельче, а также может использоваться при создании ортофотопланов по космическим снимкам высокого

Характеристики выбранных участков местности

Таблица 1

Наименование характеристик	о. Ольхон (горный рельеф)	г. Саратов (равнинный рельеф)	г. Сочи (высокогорный рельеф)
Размер участка, м	6220x5980	6040x6040	6020x6020
Минимальная высота, м	449	9,5	0
Максимальная высота, м	827	168,5	747
Перепад высот, м	378	159	747
Размер ячейки матрицы высот, м	70	70	70

разрешения (SPOT 5, IKONOS и QuickBird), снятых с незначительным углом отклонения от надира. Близкие к ним результаты получены и группой ученых из Турции [4].

Специалисты компании «Раккурс» провели исследования точности высот SRTM с целью уточнения возможностей ее использования при изготовлении цифровых ортофотопланов.

▼ Исходные данные и методика оценки

В качестве исходных материалов использовались:

— исследуемая матрица высот SRTM (рис. 1) для каждого выбранного участка местности с различным типом рельефа (табл. 1), которая определялась по данным с [http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1](http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1);

— тестовая матрица высот (рис. 2) на выбранный участок местности, полученная по мате-

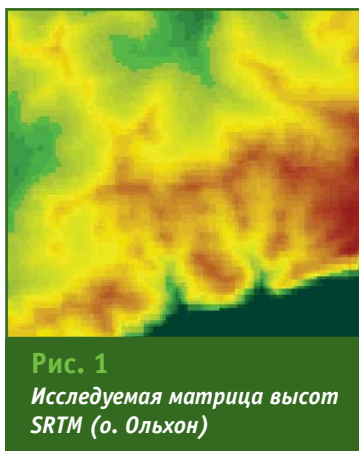


Рис. 1  
Исследуемая матрица высот SRTM (о. Ольхон)



Рис. 2  
Тестовая матрица высот, полученная по материалам аэросъемки (о. Ольхон)

риалам аэросъемки с максимальными ошибками высот не более 1 м (размер ячейки тестовой матрицы высот составлял 20 м).

Кроме того, для исследований использовались также матрицы высот, полученные по горизонталям с топографических карт масштаба 1:100 000 с размером ячейки матрицы 50 м (рис. 3). Построение матрицы высот проводилось с помощью ГИС «Карта 2008» (КБ «Панорама»). Целью этого эксперимента было определить соответствие высот SRTM рельефу, отображаемому горизонталями на топографической карте стандартного масштабного ряда. Следует отметить, что построение матрицы высот по карте осуществлялось только по горизонталям. Другие объекты, имеющие абсолютные отметки и способ-

ные уточнить модель (отметки высот, береговые линии), не использовались. Вероятно, что при их включении точность матрицы высот, созданной по карте, улучшится.

Сравнение и оценка исследуемой и тестовой матриц высот проводились с помощью ГИС «Карта 2008». Обе матрицы одновременно открывались в ГИС «Карта 2008» и, используя функцию сравнения матриц высот, вычислялась ре-

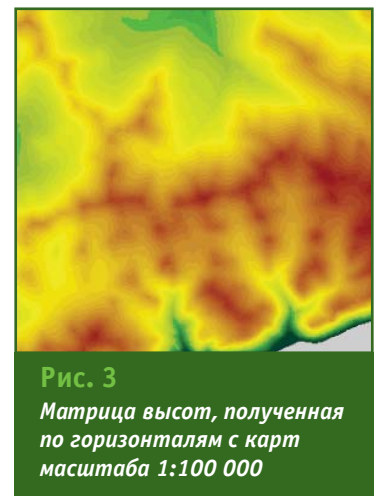


Рис. 3  
Матрица высот, полученная по горизонталям с карт масштаба 1:100 000

зультирующая матрица. Она представляла собой матрицу разностей высот между значениями высот исходной (SRTM) и тестовой матрицы на выбранном участке местности (рис. 4а, 5а и 6а). Такая же процедура была проделана и с матрицей высот, полученной по карте масштаба 1:100 000, и тестовой матрицей (рис. 4б, 5б и 6б). Затем результирующие матрицы экспортировались в формат ASCII, и проводилась их статистическая обработка. Результаты обработки по каждому из участков приведены в табл. 2.

На участке в районе Саратова близкие значения среднего и среднего абсолютного отклонения высот для матрицы SRTM указывают на наличие систематической ошибки. Об этом же говорит и завышенное, примерно на 7 м, значе-

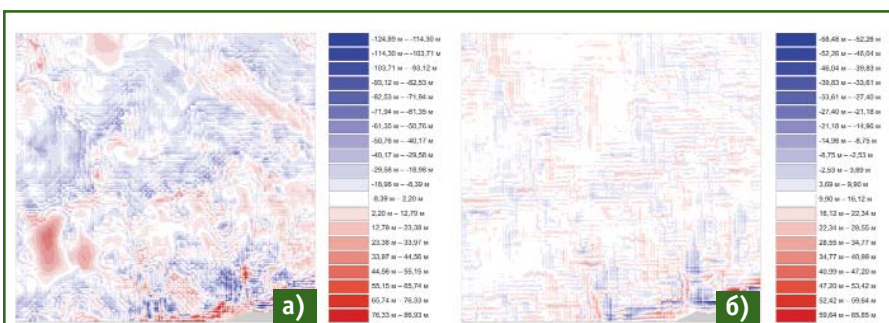


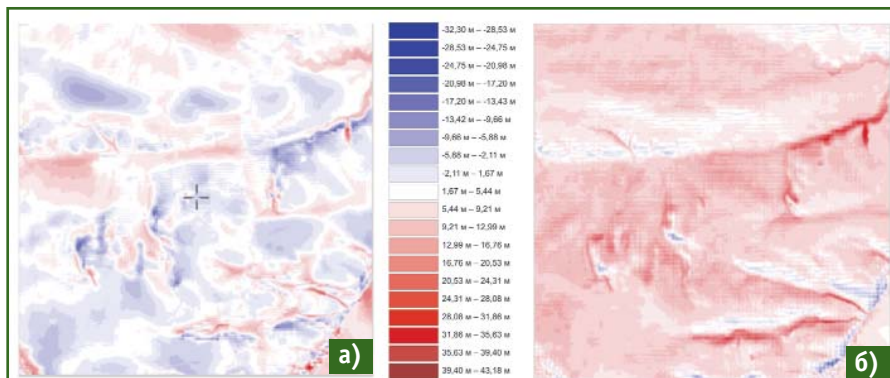
Рис. 4  
Результирующая матрица на район о. Ольхон:  
а) матрица высот SRTM и тестовая матрица; б) матрица высот, полученная по карте масштаба 1:100 000, и тестовая матрица

Статистическая обработка результирующих матриц каждого из участков							Таблица 2
Статистические показатели	о. Ольхон		г. Саратов		г. Сочи		
	SRTM	Масштаб 1:100 000	SRTM	Масштаб 1:100 000	SRTM	Масштаб 1:100 000	
Среднее отклонение, м	3,7	0,85	8,22	0,98	4,16	9,4	
Среднее абсолютное отклонение, м	6,4	6,44	8,59	4,44	12,85	16,4	
СКО ( $\sigma$ ), м	9,5	8,66	9,79	5,96	16,74	21,5	
>2 $\sigma$ , %	4,0	5,0	2,5	5	5,3	5,5	
>3 $\sigma$ , %	1,7	1,3	0,4	1	0,6	0,7	
>10 м, %	18,2	19,3	18	9			
>20 м, %	3,5	3,3	2	0,6	21,9	31,6	
LE90, м	13,29	13,30	13,69	9,86	28,05	35,44	
LE95, м	17,47	17,37	16,16	12,14	34,13	43,86	
Максимальное отклонение, м	-114,1	62,2	46,36	43,18	78,6	104	

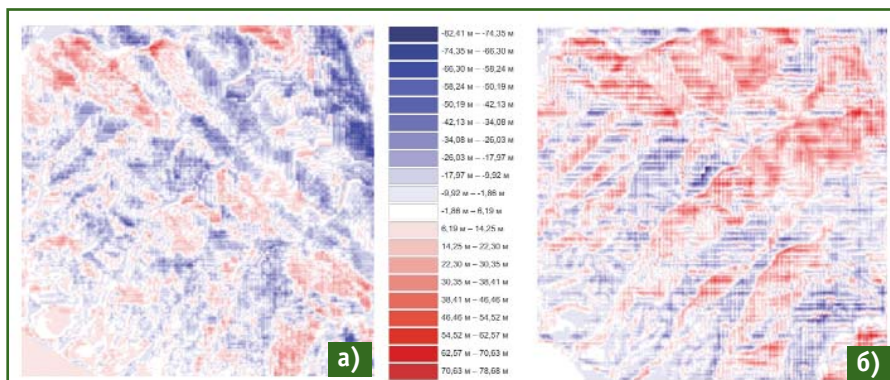
ние высоты на большом водном пространстве — Волгоградском водохранилище. В районе Сочи рельеф высокогорный, резко выраженный. Этим объясняются большие значения ошибок для матрицы высот SRTM.

На рис. 7 показан результат наложения матрицы высот SRTM на рельеф топографической карты масштаба 1:100 000 в районе Сочи. Сплошные горизонталы проведены через 20 м. Видно, что перепады высот в пределах одной ячейки матрицы SRTM могут достигать 100 м и более. Очевидно размер ячейки 3"х3" матрицы SRTM для горных участков слишком велик и не может обеспечить заявленную точность.

Таким образом, указанная в спецификации матрицы высот SRTM точность 16 м наиболее близко соответствует критерию LE90 (величина, которую с вероятностью 90% не превзойдет отклонение высоты точки от ее истинного значения). Высоты SRTM по своей точности примерно соответствуют высотам, полученным с топографической карты масштаба 1:100 000. При учете систематической ошибки возможно повышение точности



**Рис. 5**  
Результирующая матрица на район г. Саратова:  
а) матрица высот SRTM и тестовая матрица; б) матрица высот, полученная по карте масштаба 1:100 000, и тестовая матрица



**Рис. 6**  
Результирующая матрица на район г. Сочи:  
а) матрица высот SRTM и тестовая матрица; б) матрица высот, полученная по карте масштаба 1:100 000, и тестовая матрица

высот SRTM. Матрица высот SRTM может быть использована при создании ортофотопланов масштаба 1:25 000 и мельче на



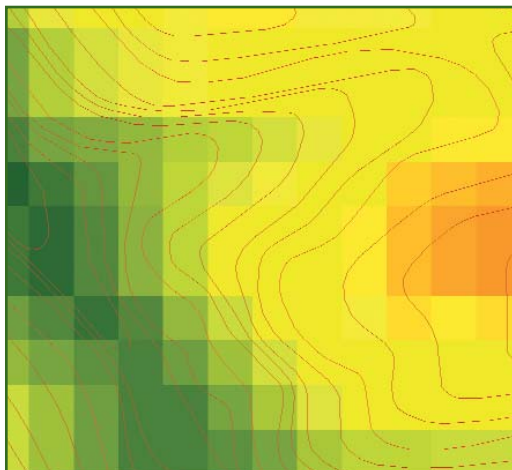


Рис. 7

Наложение матрицы высот SRTM на рельеф топографической карты масштаба 1:100 000 (увеличенный фрагмент)

районы с равнинным и всхолмленным рельефом. В районах с горным рельефом необходимо проводить предварительный расчет точности с учетом конкретных условий съемки (угла наклона снимков, перепада высот в пределах ячейки, точности ПВП). Размер ячейки слиш-

ком велик для достаточно точного учета влияния рельефа в высокогорных районах при изготовлении ортофотопланов масштаба 1:25 000.

#### ▼ Список литературы

1. E. Rodriguez, C.S. Morris, J.E. Belz, E.C. Chapin, J.M. Martin, W. Daffer, S. Hensley. An assessment of The SRTM Topographic Product, JPL, NASA.
2. Farr, Tom G., Paul A. Rosen, Edward Caro, Robert Crippen, Riley Duren, Scott Hensley, Michael Kobrick, Mimi Paller, Ernesto Rodriguez, Ladislav Roth, David Seal, Scott Shaffer, Joanne Shimada, Jeffrey Umland, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, CA. Marian Werner, Deutsches Zentrum fur Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen, Germany. Michael Oskin, University of North Carolina. Chapel Hill, NC. Douglas Burbank, University of California, Santa Barbara, CA. Douglas Alsdorf, Ohio State University, Columbus, OH.
3. A.K. Karwel, I. Ewiak, Estimation of the accuracy of the

SRTM terrain model on the area of Poland, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing 2008, pp. 169–172.

4. Oztug Bildirici<sup>1</sup>, Aydin Ustun<sup>1</sup>, Necla Ulugtekin<sup>2</sup>, H.Zahit Selvi<sup>1</sup>, Alpay Abbak<sup>1</sup>, Ilkay Bugdayci<sup>1</sup>, A. Ozgur Dogru<sup>2</sup>, SRTM Data in Turkey: Void Filling Strategy and Accuracy Assessment, <sup>1</sup>Selcuk University, Faculty of Engineering, Dept. of Geodesy & Photogrammetry, <sup>2</sup>Istanbul Technical University, Civil Eng. Faculty, Dept. of Geodesy & Photogrammetry Eng., Turkey.

#### RESUME

Results of the SRTM matrix accuracy studies fulfilled by the Racurs Company by the example of the three sites with the flat, mountainous and alpine relief are given. A conclusion is made that the SRTM matrix can be used for compiling orthophototopmaps on the scale of 1:25 000 and smaller for the regions with the flat and hilly terrain.



**РАКУРС**

Программные разработки и услуги в области цифровой фотограмметрии и данных ДЗЗ

выбери  
BPIQ60N

нужный  
НАЖНРИН

**РАКУРС**  
УКЛБС

#### Программное обеспечение PHOTOMOD®

Компания Ракурс является разработчиком цифровой фотограмметрической системы PHOTOMOD, занимающей лидирующие позиции в России и широко распространенной за рубежом.

PHOTOMOD позволяет выполнить весь спектр фотограмметрических работ с получением всевозможных выходных продуктов: цифровых моделей рельефа, ортофотопланов и цифровых карт на основе аэро- и космических изображений и блоков изображений.

PHOTOMOD 5.0 — новый уровень производительности и автоматизации.

- Работа с проектами, содержащими до 20 000 снимков.
- Возможность работы с изображениями любого размера (десятки гигабайт).
- Отсутствие ограничений на размер ЦМР.
- Полная поддержка 16-битных изображений на всех этапах обработки.
- Возможность работы с исходными растрами без конвертации.
- И многое другое.

#### Данные дистанционного зондирования

Компания РАКУРС является официальным дистрибьютором данных SPOT-2,4,5, GeoEye-1, FORMOSAT-2, KOMPSAT-2, IKONOS, TerraSAR-X.

#### Фотограмметрические проекты

Компания имеет большой опыт выполнения производственных проектов для российских и зарубежных заказчиков. Мы обладаем достаточными ресурсами для выполнения фотограмметрических работ любого объема и уровня сложности.

Приглашаем Вас посетить наш стенд на VII Международном промышленном форуме GEOFORM+ 2010 30 марта — 2 апреля. КВЦ «Сокольники», Москва

129366, Россия, г. Москва  
ул. Ярославская, д.13А, оф. 15

Тел.: (495) 720-51-27  
Факс: (495) 720-51-28

E-mail: info@racurs.ru  
Internet: http://www.racurs.ru