

Оценка точности матрицы SRTM

Ю.И. Карионов, «Ракурс», Москва, Россия

Введение

Одним из основных видов фотограмметрических работ является создание ортофотопланов, являющихся основой для получения топографических и тематических карт и планов. Исходными материалами для изготовления ортофотопланов являются снимки, ЦМР и точки ПВП.

Применяются в основном две технологические схемы изготовления ортофотопланов: по материалам стереосъемки 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 ЦМР можно оценить из следующих простых соотношений.

Смещение за рельеф (ΔL) определяется по формуле:

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

где ΔH - превышение,

α - угол отклонения от надира

Стандартными при космической съемке считаются углы отклонения от надира до 30° . В этом случае, чтобы смещения за рельеф не превышали 0,5 мм в масштабе ортофотоплана, точность ЦМР по высоте не должна быть хуже, чем 1 мм х знаменатель масштаба. Например, для карты м-ба 1:25 000 это будет: 1 мм х 25000= 25 м.

В феврале 2000 г. с помощью специальной радарной системы, двумя радиолокационными сенсорами SIR-C и X-SAR, было собрано более 12 терабайт данных, в результате обработки которых получена матрица высот, захватывающая территорию суши от 60° с.ш. до 54° ю.ш. и некоторые участки моря. Данная матрица носит название SRTM (<http://srtm.csi.cgiar.org>). Общедоступными являются данные этой матрицы с размером ячейки 3х3 угловых секунды. Их заявленная точность не ниже 16 м, но тип этой величины (средняя, максимальная, СКО) не пояснен [1, 2], что и не удивительно, поскольку для строгой оценки точности необходимы либо эталонные данные примерно такой же степени охвата, либо строгий теоретический анализ процесса получения и обработки данных.

В связи с этим, анализ точностей матрицы SRTM проводился не одним коллективом ученых разных стран мира. По оценкам А.К. Корвзула и И. Эвиака [3] матрица SRTM имеет ошибку, которая в среднем составляет для равнинной территории 2,9 м и 5,4 м для холмистой местности, значительная часть этих данных включает систематическую ошибку. Согласно их выводам, матрица SRTM подходит для создания контурных линий горизонталей на топографических картах масштаба 1:50 000 и мельче, а также может использоваться при создании ортофотопланов на основе космических снимков высокого разрешения (SPOT 5, Ikonos и QuickBird), снятых с незначительным углом отклонения от надира. (On the base of investigate research was affirmed that SRTM model include systematic error. Average of bias amounted for flat area 3.5 m and for hilly area 3.7 m. The accuracy results showed that SRTM DTED-1 data supply by measure of characteristic relief form establish the perfect source material to generate contours lines on the topographical maps in 1:50,000 scales and less. It can be also used to generating of orthoimages on the basis of high resolution satellite data (SPOT 5, Ikonos and QuickBird) which should be collected with small off-nadir viewing angle of the sensor). Близкие к ним данные получены и группой турецких ученых [4].

Компания «Ракурс» провела исследования точности матрицы SRTM, с целью уточнения возможностей её использования при изготовлении цифровых ортофотопланов.

Исходные данные и методика оценки

В качестве исходных материалов использовались:

- Участки матрицы SRTM полученные в http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/.

Для тестирования были выбраны участки на территории о. Ольхон на Байкале (горный рельеф), в районе г. Саратов (равнинный рельеф), и в районе г. Сочи (высокогорный рельеф).

	о. Ольхон	г. Саратов	г. Сочи
Размеры участков (м)	6220x5980 м	6040x6040 м.	6020x6020

Минимальная высота (м)	449 м;	9,5 м.	0 м.
Максимальная высота (м)	827 м;	168.5 м.	747 м.
Перепад высот: (м)	378 м;	159 м.	747 м.
Точность: ((метр/элемент)	70	70	70

- Тестовые матрицы, полученные по материалам аэросъемки с максимальными ошибками не более 1м, перекрывающиеся с участком матрицы SRTM. Размер ячейки 20 м.

Кроме того, подобные исследования проводились также и с матрицами высот, полученными по горизонталям карт м-ба 1:100 000 с точностью 50 метров на элемент. Построение матрицы производилось с использованием программного продукта КБ «Панорама» – ГИС-Карта 2008. Целью этого было определение соответствия матрицы SRTM отображению рельефа на топокарте стандартного масштабного ряда. Следует отметить, что построение матрицы высот по карте осуществлялось только по горизонталям. Другие объекты, имеющие характеристику абсолютной высоты и способные уточнить модель (отметки высот, береговые линии) не использовались. Вероятно, что при их включении точность матрицы высот, созданной по карте, улучшится.

Сравнение матриц производилось с использованием программного продукта ГИС-Карта 2008. Исследуемая и тестовая матрицы были одновременно открыты в ГИС-Карта 2008 и, используя функцию сравнения матриц, получена результирующая матрица. Она представляла собой матрицу разностей высот на перекрывающихся участках матрицы SRTM и тестовой. Такая же процедура была проделана и с матрицей, полученной по карте 1:100 000. Затем, результирующие матрицы были экспортированы в формат ASCII и проведена их статистическая обработка. Результаты обработки приведены в таблице 1.

Подобные же действия были произведены с матрицами SRTM и матрицами, полученными по картам м-ба 1:100 000 на участках размером 6х6 км в районе Саратова и Сочи. Результаты представлены в таблицах 2 и 3.

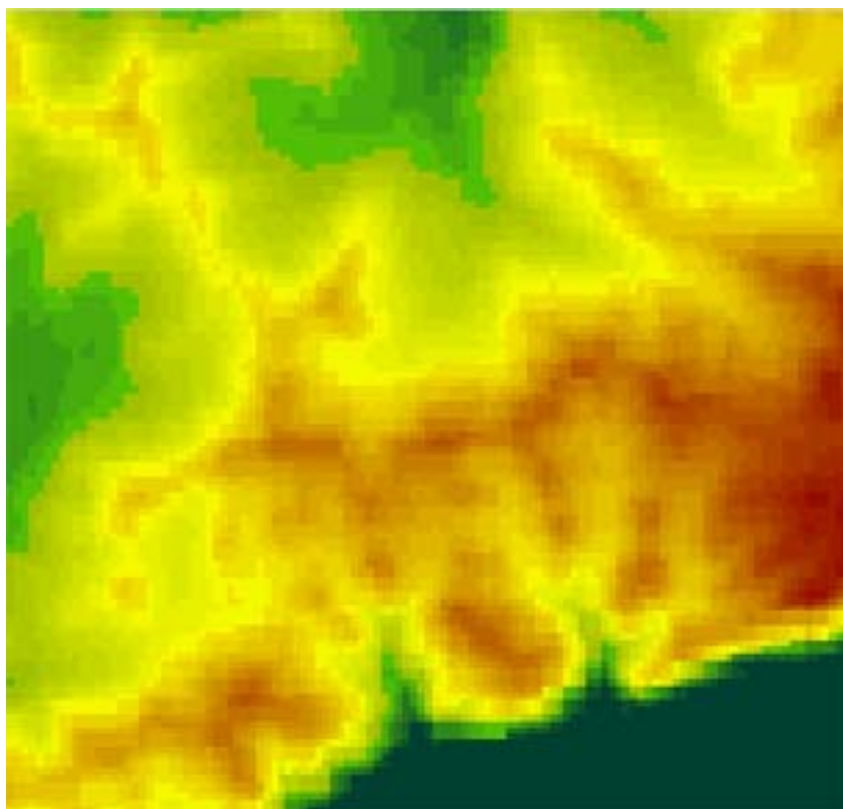


Рис.1 Матрица SRTM. Оо. Ольхон

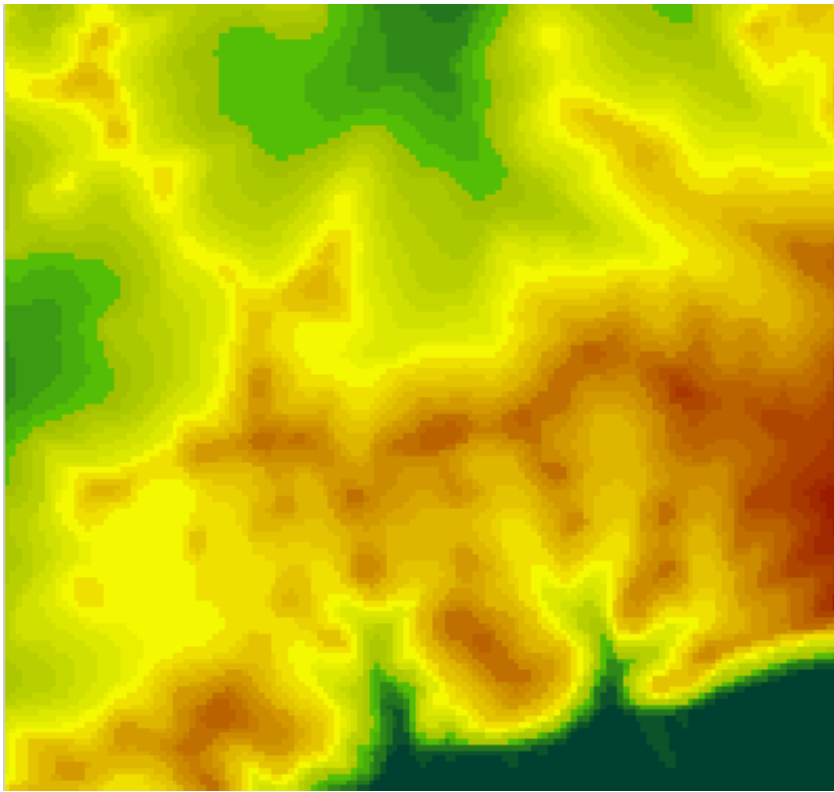


Рис.2 Матрица по карте м-ба 1:100 000. Оо. Ольхон

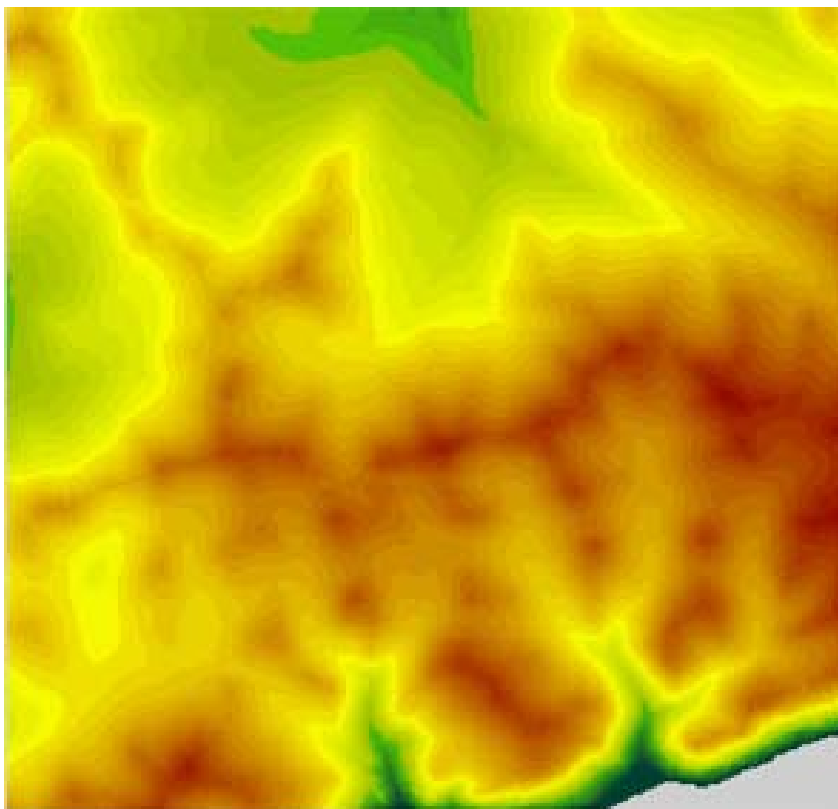


Рис.3 Тестовая матрица по материалам аэросъемки.
о. Ольхон

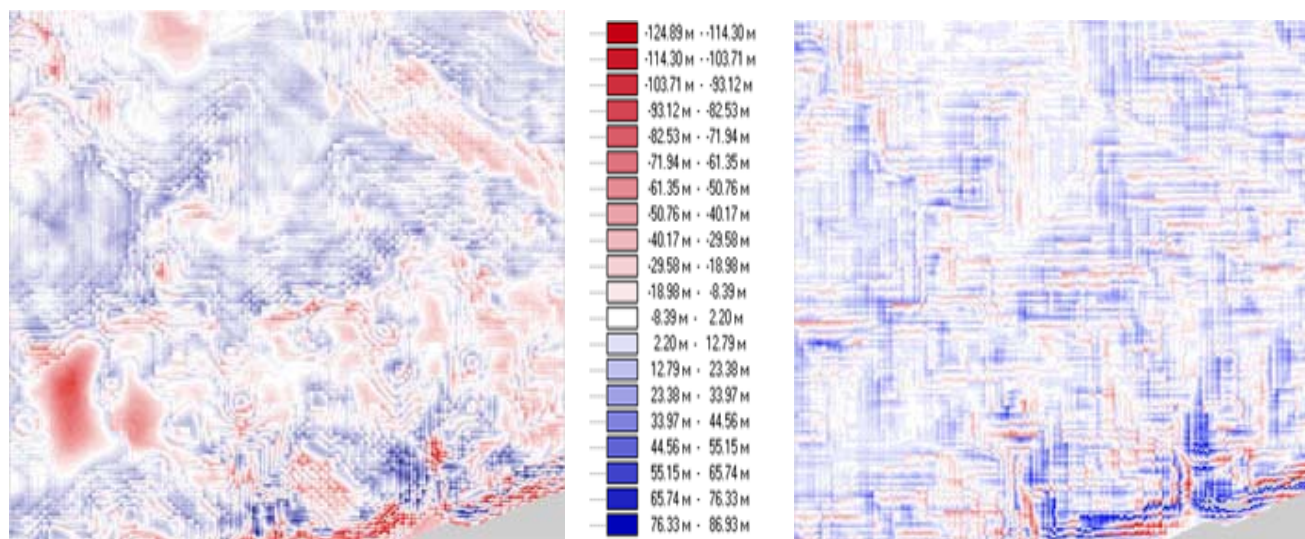


Рис. 4. Результаты сравнения матрицы по карте 1:100 000 (слева) и тестовой, и SRTM и тестовой (справа) на район о. Ольхон.

Таблица 1

	Ср. откл.	Ср.абс. откл.	СКО	>2m	>3m	>10 м	>20 м	LE 90	LE 95	Мах. откл.
SRTM	- 3,7	6,4	9,5	4,0%	1,7 %	18,2 %	3,5 %	13,29	17,47	(-)114,1
M1:100 000	-0,85	6,44	8,66	5,0%	1,3%	19,3%	3,3%	13,30	17,37	62,2

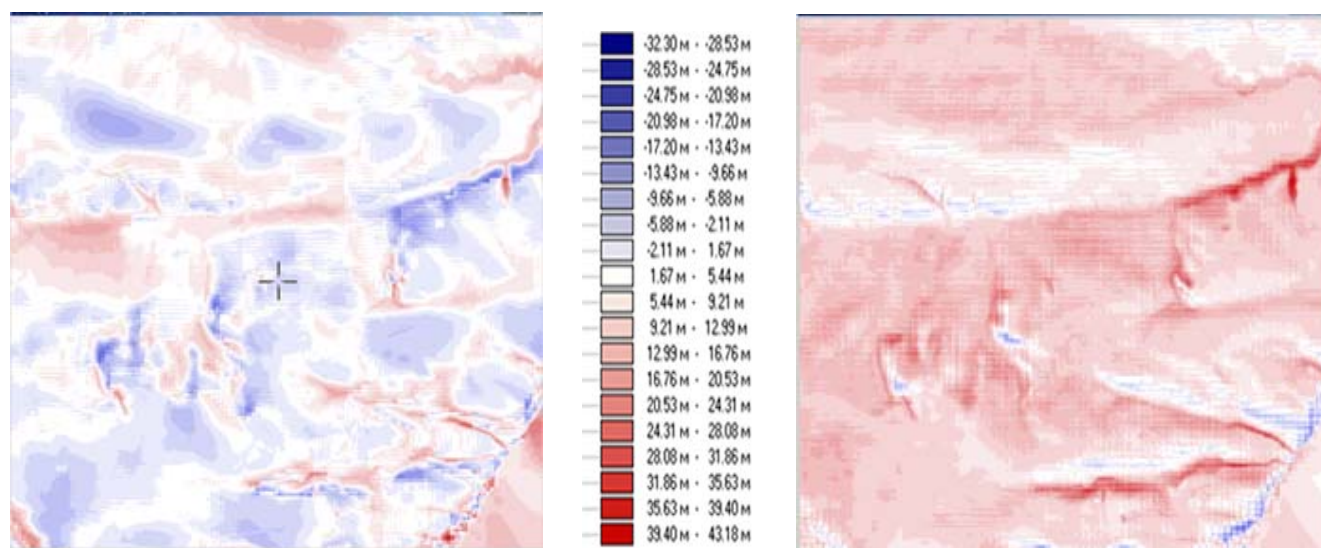


Рис.5. Результаты сравнения матрицы по карте 1:100 000 (слева) и тестовой, и SRTM и тестовой (справа) на район г. Саратова.

Таблица 2

	Ср. откл.	Ср.абс. откл.	СКО	>2m	>3m	>10 м	>20 м	LE 90	LE 95	Мах. откл.
SRTM	8.22	8.59	9.79	2.5%	0.4%	18%	2%	13.69	16.16	46.36
M1:100 000	0.98	4.44	5.96	5%	1%	9%	0.6%	9,86	12,14	43.18

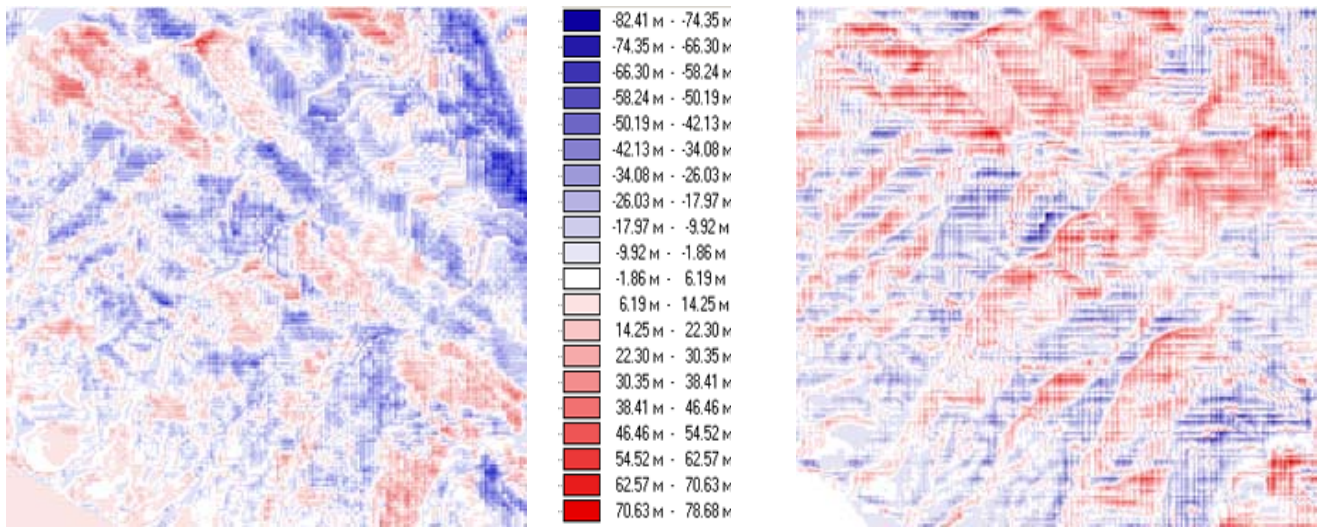


Рис.6. Результаты сравнения матрицы по карте 1:100 000 (слева) и тестовой, и SRTM и тестовой (справа) на район г. Сочи.

Таблица 3

	Ср. откл.	Ср.абс. откл.	СКО	>2m	>3m	>10 м	>20 м	СЕ 90	СЕ 95	Мах. откл.
SRTM	4.16	12.85	16.74	5,3%	0,6%	-	21,9 %	28.05	34.13	78.6
M1:100 000	9.4	16.4	21.5	5,5%	0,7%	-	31,6 %	35.44	43.86	104

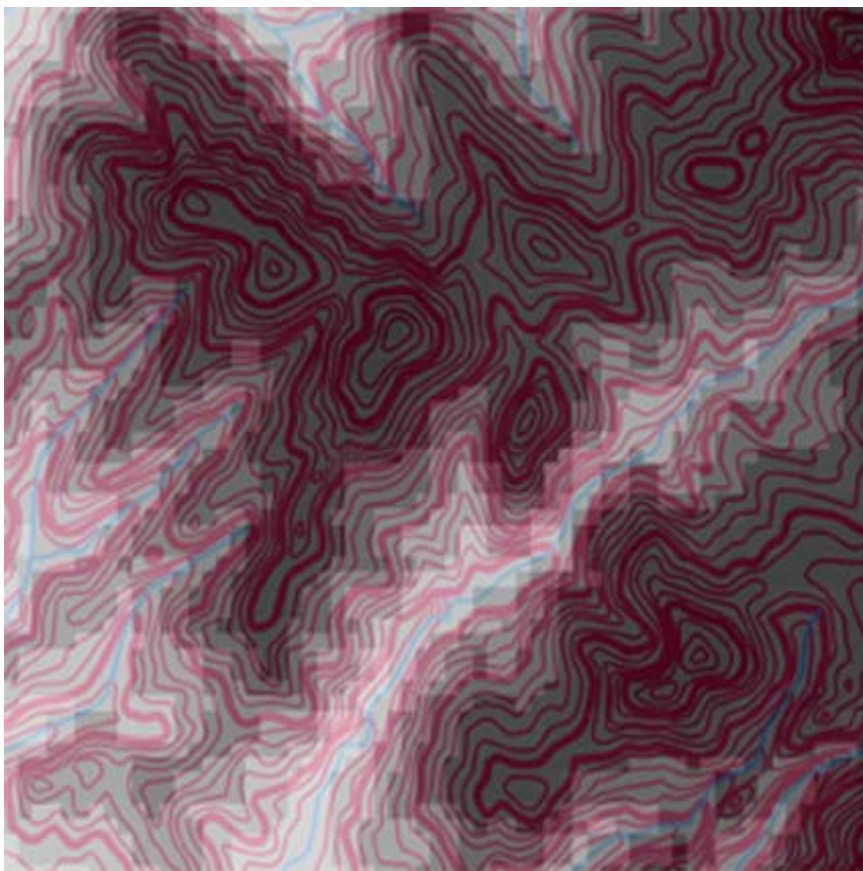


Рис.7. Наложение матрицы высот SRTM на рельеф с карты 1:100 000 (увеличено).

На участке в районе Саратова близкие значения среднего и среднего абсолютного отклонения у матрицы SRTM указывают на наличие систематической ошибки. Об этом же говорит и завышенное, примерно на 7 метров, значение высоты на большом ровном пространстве – Волгоградском водохранилище. В районе Сочи рельеф высокогорный, резко выраженный. Этим объясняются

большие значения ошибок. На рисунке 7 показано наложение матрицы SRTM на рельеф с карты 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, для горных участков размер ячейки 3“x3 “ слишком велик и не может обеспечить заявленную точность 16 м.

Выводы:

Указанная в спецификации SRTM точность 16м наиболее близко соответствует критерию LE-90. Матрица SRTM по своим точностям примерно соответствует матрице полученной с карты м-ба 1:100 000. При учете систематической ошибки, вероятно, возможно повышение точности матрицы SRTM. Она может быть использована при создании ортофотопланов м-ба 1:25 000 и мельче на районы с равнинным и всхолмленным рельефом. В районах с горным рельефом необходимо производить предрасчет точности с учетом конкретных условий съемки (угла наклона снимков, перепада высот в пределах ячейки, точности ПВП). В высокогорных районах размер ячейки слишком велик для достаточно точного учета влияния рельефа при изготовлении ортофотопланов м-ба 1:25 000.

Литература:

1. E. Rodríguez, 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 für 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 Bildirici¹, Aydin Ustun¹, Necla Ulugtekin², H.Zahit Selvi¹, Alpay Abbak¹, Ilkay Bugdayci¹, A. Ozgur Dogru², SRTM Data in Turkey: Void Filling Strategy and Accuracy Assessment, ¹Selcuk University, Faculty of Engineering, Dept. of Geodesy & Photogrammetry, ²Istanbul Technical University, Civil Eng. Faculty, Dept. of Geodesy & Photogrammetry Eng., Turkey.