

对 SRTM3 和 GTOPO30 地形数据质量的评估

陈俊勇¹

(1 国家测绘局办公室,北京市百万庄,100830)

摘 要:高分辨率的地形数据在基础地理信息系统、地球重力场建模和大地水准面求定等工程中至关重要。SRTM 有 3"×3"(SRTM3)和 1"×1"(SRTM1)两种分辨率。就全球而言,SRTM3 的原始数据已于 2004 年解密。SRTM3 的高程基准是 EGM96 的大地水准面,平面基准是 WGS84;标称绝对高程精度是±16 m,绝对平面精度是±20 m。SRTM3 的数据只覆盖 60°N 至 54°S 带状区域内的 DSM。对覆盖全球的 GTOPO30 的 DTM 也作了概要介绍。

关键词:地形数据;DTM;DSM;SRTM;GTOPO30;质量评估

中图法分类号:P223.0

在基础地理信息系统建立、地球重力场建模和大地水准面求定等科学工程中,地形数据,特别是高分辨率的地形数据至关重要。

近年来的星载和空载雷达测图项目,如 SRTM 和 ICESAT 等,都收集到大量新的地形信息。海洋上的声纳测深的精度和范围也有了持续的改善,卫星测高对海洋高程模型的改善也有了很大帮助。利用这些陆上和海上的高程模型来改善基础地理信息系统、地球重力场和大地水准面模型已经作了很多研究。在上述模型的构建中,地形影响是需要重点考虑的因素之一,特别是全球 70%以上是大洋和冰雪区,还有不少人类不易进入的陆地区,在这些缺乏重力信息(分辨率和精度)的地区,除了星载、空载、测高数据外,地形是在构建地球重力场中可能直接获得的一种重要的短波信息。地形数据结合地壳密度,可以用来计算更精确的地形影响,以改善高分辨率的重力场和大地水准面模型。使用地形数据进行数据运算时,一般都采用以网格形式表达的数字地形模型(DTM)或数字(地面)高程模型(DEM)。

1 SRTM3 和 GTOPO30 地形数据

1.1 SRTM 地形数据概况

SRTM (shuttle radar topography mission)^[1]是美国航天飞机于 2000 年 2 月 11 日至

22 日的 11 d 飞行中用雷达测图技术得到的数字地表高程模型(DSM)。DSM 和 DTM 不同之处是,DSM 是表示地面上物体最高处的高程,在裸露地面(含水面),DSM 所表示的高程和 DTM 一致;地面上若有建筑物、植物或其他附着物,则 DSM 所表示的高程就是地面附着物顶部的高程^[2]。SRTM 携带两种波段的雷达,一个是 3 cm X 波段的,另一个是 6 cm C 波段的,它们相应于不同波长,因此 SRTM 的 DSM 成果有两种分辨率:3"×3" (SRTM3)和 1"×1" (SRTM1)。就全球而言,SRTM3 已于 2004 年初解密,而 SRTM1 则仅将美国本土所在地区的资料解密。目前公布的 SRTM3 只是相应于 DSM,因此专业文献又写为 SRTM3-1(<http://edcsgsq.cr.usgs.gov/pob/data/srtm>)。美国国家地理空间情报局(national geospatial-intelligence agency,NGA)目前正对 SRTM3 这一原始数据进行编辑加工,使得 SRTM3 数据由原来的 DSM 改化为相应于 DTM 的数据,并准备在 SRTM3-1 中数据有缺损地区的高程用其他技术和信息源加以补齐,这样的 SRTM 数据在专业文献又写为 SRTM3-2。它可望在 2005 年底或 2006 年初公布^[3]。

SRTM3 的高程基准是 EGM96 的大地水准面,平面基准是 WGS84。SRTM3 的标称绝对高程精度是±16 m,标称绝对平面精度是±20 m^[1,2]。

1.2 SRTM 数据的优势和不足

SRTM3 这一数字地形数据是迄今为止现势性最好、分辨率最高、精度最好的全球性数字地形数据。无论从分辨率、现势性和精度考虑, SRTM3 对全球性的 DTM 都是非常重大的贡献。但 SRTM3-1 也存在几个不足。

一是它的覆盖面。由于航天飞机轨道的制约, SRTM3 的地形数据不能覆盖全球, 它只提供北纬 60°至南纬 54°的环带状区域内的数字地形数据。

二是 SRTM3-1 的数据在水域、高山区和峡谷地区的质量不好, 在这些地区还常常有小块的数据空缺点、空白区。此外, 还有不少数据置信度很差的地块, 主要分布在上述数据空白区的面积较大水域, 或在起伏很大、很狭、很深的峡谷和高山地区的边缘地区。究其原因, 大部分都是由于雷达回波质量问题所引起。据研究, 这类地区的数据量约占 SRTM3 总数据量的 0.23%^[4]。

三是由于它的雷达扫描特性。SRTM3-1 的数据集是一种数字地表高程模型(DSM), 如树顶、房顶等, 而不是数字地面高程模型。所以 SRTM3-1 在某些地区和实际的 DTM 之差往往不是一种偶然性的误差, 而是与该地区中地物特征有关的一种系统偏差。因此在密集森林植被区或居民集结区, SRTM3 的 DSM 减去实际的 DTM 呈现为正值; 而在冰雪覆盖地区, SRTM3 的雷达波具有一定穿透能力, 这时的 SRTM3 的 DSM 减去实际的 DTM 则呈现为负值(对此呈现负值的另一种解释是: 现实的 DTM 相对于 SRTM3 的 DSM 而言, 前者获得高程数据的时间要早得多, 由于全球变暖而冰雪层融化, 因此 SRTM3 的冰雪层高度呈现负增长)。

1.3 GTOPO30 地形数据概况

常用的全球性 DTM 数据还有美国的 GTOPO30, 它于 1996 年公开发布, 分辨率是 30"×30"^[5]。虽然 GTOPO30 的分辨率和精度没有 SRTM3 高, 但它的覆盖率优于 SRTM3, 是全球覆盖, 而且它是 DTM 而不是 DSM。

GTOPO30 的高程基准是平均海水面(MSL), 平面基准是 WGS84。GTOPO30 的精度没有一个统一的标准, 它取决于各个局部区域的源数据的精度, 一般不高于±30 m。此外, 它不顾及海面地形, GTOPO30 在海洋上的高程一律取为零值。

2 SRTM3 地形数据质量的评估

2.1 SRTM3 数据和 ERS 卫星系列 DTM 的比较

法国将 SRTM3-1 的 DSM 和通过 ERS-1、ERS-2 卫星影像所获得的全球在 56°S~60°N 范围内的 DTM(无地面控制)作了全面比较。二者高程的互差≤±5 m 为全部影像的 56%, 高程的互差≤±10 m 为全部影像的 86%, 高程的互差≤±16 m 为全部影像的 88%, 高程的互差≤±30 m 为全部影像的 98%。但在影像的某些边缘地区, 二者互差有时可达±500 m 以上。在 SRTM3 标称的数据覆盖范围内, 约有 3% 地区没有 SRTM3 数据, 主要是湖区和山区。

2.2 SRTM3 数据和局域 DTM 的比较

德国将 SRTM3-1 的 DSM 数据和本国测定的 1"×1"DTM (FRG-2B)作了详细比较。

作比较前, 先对德国的 FRG-2B 这一 DTM 的高程精度作一评价。FRG-2B 的高程基准是平均海水面(MSL), 平面基准是 WGS84。FRG-2B 曾与德国境内具有比较精确高程的点(高程精度一般不低于 0.1 m)进行过比较以作为外部检核。两者差值的平均误差为+0.17 m, 均方误差为±6.24 m, 最大误差为 378 m。这些值可以认为是德国测定的 DTM 即 FRG-2B 的绝对精度。

FRG-2B 与 SRTM3-1 的 DSM 进行比较时, FRG-2B 中 1"×1"分辨率的 DTM 均已化算为 3"×3"的网格。比较后, 有以下结论。

1) 将 SRTM3-1 的 DSM 与上述国境内具有比较精确高程的点(精度一般不低于 0.1 m)也进行了比较, 两者差值的平均误差为+1.87 m, 均方误差为±6.94 m, 最大误差为 389 m。

2) SRTM3-1 的 DSM 和 FRG-2B 两者差值的平均误差为+2.72 m, 均方误差为±7.9 m, 最大误差约为 300 m。

3) 从德国地形类型来考虑两者的较差情况是, 平坦地区的平均误差为+0.53 m, 均方误差为±6.00 m, 最大误差 320 m; 丘陵和山区的平均误差为+5.02 m, 均方误差为±8.84 m, 最大误差为 230 m; 高山地区(阿尔卑斯山区)的平均误差为+8.10 m, 均方误差为±12.27 m, 最大误差为 324 m。

4) 在德国全境约有 3% 的地区, SRTM3-1 数据未能覆盖。在 SRTM3-1 数据覆盖地区中, FRG-2B 和 SRTM3-1 的高程差值小于±5 m 的占整个覆盖面积的 56%; 小于±10 m 的占

86.3%;小于±16 m(即 SRTM 的标称精度)的占 88%;小于±30 m 的占 98.1%。FRG-2B 与 SRTM3-1 的高程较差大的,通常发生在 SRTM3-1 数据空缺处的边缘^[2]。

按 SRTM-3 的标称精度来看,它在德国地区的 DSM 与德国实测的 FRG-2B 的 DTM 的符合程度还是令人满意的。

瑞士测绘局也将 SRTM3-1 和本国 1:2.5 万的 DTM(已归算至 3"×3"分辨率)作了相应比较,瑞士 3%的 DTM 地区没有 SRTM3-1 的数据,主要在湖区和高山区。SRTM3-1 与瑞士 1:2.5 万 DTM 的差值小于±5m 的占 56%;小于±10 m 的占 86.31%;小于±16 m 的占 88.0%;小于±30 m 的占 98.1%。但最大较差甚至达到 1 000 余 m,它们常常位于 SRTM3-1 缺损数据的相邻区域。

2.3 GTOPO30 数据和局域 DTM 的比较

德国将 GTOPO30 的 DTM 和德国本国实测的 1"×1" DTM (FRG-2B) 也进行了比较。与 GTOPO30 进行比较时,德国本国 1"×1"的 DTM 均已化算为 30"×30"分辨率的网格。比较结果显示,二者的平均误差为-0.33 m,均方误差为±27.68 m,最大误差可达 811 m。GTOPO30 在德国 75%地区的值与德国 FRG-2B 的 DTM 值相比,都偏小。若将前者的标称地理经度东移 30" (即将 GTOPO30 的标称经度增加 30")后,则它的栅格地形才比较符合德国实际的 DTM,即 FRG-2B。东移 30"的 GTOPO30 在标记为 GTOPO30-S,将 GTOPO30-S 的高程值与 FRG-2B 作相应比较后,二者的平均误差为-0.56 m,均方误差为±6.77 m,最大误差为 674 m。

德国也将 GTOPO30 的 DTM 与德国境内具有比较精确高程的点(精度一般不低于 0.1 m)作了比较,两者差值的均方误差为±30.3 m;GTOPO30-S 的 DTM 与上述同样点进行比较后,两者

差值的均方误差下降至±19.2 m。而上文已经指出,SRTM3-1 相应的均方误差为±6.94 m。

此外,德国还将 GTOPO30 和 SRTM3-1 两者在德国境内的高程值作了比较。二者较差的平均误差为-3.65 m,均方误差为±42.26 m,最大误差为 912 m。GTOPO30-S 和 SRTM3-1 在德国境内较差的平均误差为-3.75 m,均方误差为±11.57 m,最大误差为 730 m。

根据上述结果,德国对 SRTM3-1 的总体评价要好于 GTOPO30^[4]。

参 考 文 献

1 Bamler R. The SRTM Mission: A World-Wide 30 m Resolution DEM from SAR Interferometry in 11 Days. Photogrammetric Week 99, Wichmann Verlag Heidelberg,1999

2 Showstack R. Digital Elevation Maps Produce Sharper Image of Earth's Topography. American Geophysical Union, 2003, 84(37):363

3 JPL. SRTM -The Mission to Map the World. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. <http://www.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>, 2004

4 Denker H. Evaluation of SRTM3 and GOTOP30 Terrain Data in Germany. Proceeding of GGSM 2004, IAG, Porto, Portugal, 2004

5 LP DAAC. Global 30 Arc-Second Elevation Data Set GTOPO30. Land Process Distribution Active Archive Center. <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30.asp>, 2004

6 Marti U. Comparison of SRTM Data with the National DTMs of Switzerland. Proceeding of GGSM 2004, IAG Porto, Portugal, 2004

作者简介:陈俊勇,教授,博士生导师,中国科学院院士。主要从事大地测量研究,发表论文 140 余篇,出版专著 9 部。
E-mail:jychen@sun.ihep.ac.cn

Quality Evaluation of Topographic Data from SRTM3 and GTOPO30

CHEN Junyong¹

(1 State Bureau of Surveying and Mapping, Baiwanzhuang, Beijing 100830, China)

Abstract: High resolution digital topographic data is very essential for the scientific engineering tasks, e. g. fundamental GIS construction, EGM modeling and geoid determination. SRTM is a mission to collect digital topographic data with radar mapping technology by USA

Space Shuttle in February 2000. These global digital topographic data obtained by SRTM are with best accuracy, highest resolution and up-to-date till now. There are two kinds resolution of SRTM data: $3'' \times 3''$ (SRTM3) and $1'' \times 1''$ (SRTM1). The global SRTM3 data have been declassified in the beginning of 2005. The vertical datum for SRTM3 is EGM96 geoid, and the horizontal datum for SRTM3 is WGS84. In SRTM3 the nominal absolute altitude accuracy is 16m, and the absolute plane accuracy is 20 m. The SRTM3 data cover a belt area between 60°N and 54°S on the Earth. Besides, the global DTM data provided by GTOPO30 are also briefly introduced in the paper.

Different DTMs in the area between 60°N and 54°S obtained by SRTM3, GTOPO30 and ERS-1, ERS2 respectively have been compared with each other by France. The general comment is: the difference $\leq \pm 5\text{ m}$ is 56% of the SRTM3 data; the difference $\leq \pm 10\text{ m}$ is 86% of the SRTM3 data; the difference $\leq \pm 16\text{ m}$ is 88% of the SRTM3 data; the difference $\leq \pm 30\text{ m}$ is 98% of the SRTM3 data.

Different DTMs in German area measured by SRTM3, GTOPO30 and German themselves, i. e. FRG-2B, respectively have been compared with each other by German. The average difference between SRTM3 and FRG-2B data is $+2.7\text{ m}$, and mean square error is 7.9 m . The average difference between GTOPO and FRG-2B data is -0.3 m , and mean square error is 27.68 m .

Key words: topographic data; DTM; DSM; SRTM; GTOPO30; quality estimation

About the author: CHEN Junyong, professor, Ph. D supervisor, academician of Chinese Academy of Science. His research field is geodesy, more than 140 papers and 9 works have been published.

E-mail: jychen@sun.ihep.ac.cn

欢迎订阅 2006 年《武汉大学学报·信息科学版》

《武汉大学学报·信息科学版》即原《武汉测绘科技大学学报》，是以测绘为主的专业学术期刊。其办刊宗旨是：立足测绘科学前沿，面向国际测量界，通过发表具有创新性和重大研究价值的测绘理论成果，展示中国测绘研究的最高水平，引导测绘学术研究的方向。本刊为中国中文核心期刊，EI 刊源期刊。是国家优秀科技期刊，并获中国国家期刊奖，入选中国期刊方阵。

本刊主要栏目有院士论坛、学术论文、科技新闻等，内容涉及摄影测量与遥感、大地测量与物理大地测量、工程测量、地图学、图形图像学、地球动力学、地理信息系统、全球定位系统等。收录本刊论文的著名国际检索机构包括 EI、CAS、PAC 等，其中 EI 收录率达 100%，其影响因子长期名列中国高校学报前列。本刊读者对象为测绘及相关专业的科研人员、教师、研究生等。

本刊为月刊，国内外公开发行人，邮发代号 38-317，国外代号 MO1555。A4 开本，96 面，定价 8 元/册，每月 5 日出版。漏订的读者可以与编辑部联系补订。