

从 GTOPO30 到 SRTM DEM 精度研究

——以西藏为例

马龙, 李颖

(大连海事大学 环境信息研究所, 辽宁 大连 116026)

摘要: 地形数据对于我们了解全球气候变化、土地构成、大气变化,开展区域水土流失研究非常重要。最近,NASA发布了覆盖全球80%陆地面积的90m分辨率的SRTM DEM数据。在SRTM DEM之前,可以免费获得的精度最高的全球DEM数据是GTOPO30(1 km)。由于SRTM DEM数据发布不久,对其实际精度缺乏客观了解,因此有必要对其精度开展研究。以广泛应用的GTOPO30为比较对象,对2种DEM的标称精度、生产方法作了介绍,并以西藏地区为例,利用图形和统计方法,分析、比较了2种DEM数据在1 km分辨率下的精度。总的来说,SRTM DEM精度高于GTOPO30,研究对于SRTM DEM在其它地区的应用具有重要参考价值。

关键词: GTOPO30; 航天飞机雷达地形测图任务; 数字高程模型; 精度

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2006)05-0071-04

中图分类号: P208

Study on Accuracy of GTOPO30 and SRTM DEM

—— A Case Study of Tibet

MA Long, LI Ying

(Institute of Environmental Information, Dalian University of Maritime Affairs, Dalian 116026, Liaoning Province, China)

Abstract: Topographic data are critical to global changes in climate, land formations, atmospheric changes, and research in soil and water loss. Recently, NASA released SRTM DEM at 90-meter resolution covering 80% of the Earth's land surface. Prior to SRTM DEM, GTOPO30 (1 km) was the highest-resolution global DEM. As it is a new product, we have no knowledge of SRTM DEM, and so, it is necessary to assess its accuracy. The article introduces apparent accuracy and production procedure of SRTM DEM in comparison with GTOPO30. Furthermore, the article analyzes and compares these two DEM datasets at 1 km resolution in Tibet. Results show that SRTM DEM has higher accuracy than GTOPO30. This research can be a good reference for applications in other areas.

Keywords: GTOPO30; SRTM; DEM; accuracy

地形是许多地球表面过程的基础,地形信息被广泛用于生态学、水文学、农业、气候学、地质学、土壤学、地形学等学科的分析研究,并作为解释过程、预测过程的手段^[1-15]。近年来的研究表明,从DEM直接提取流域水系、分水线及地形参数信息是可行的^[6-7]。DEM技术的完善为数字水文学的发展和数字水文模型的诞生,以及开展区域水土流失提供了坚实的基础。随着遥感技术的广泛应用,已经生产了从10 min到30 s分辨率的若干全球DEM数据集。

最近,NASA发布了覆盖全球80%陆地面积的90m分辨率SRTM DEM数据集,在这之前,应用较为广泛的是GTOPO30(1 km分辨率),这是覆盖全球DEM的一个飞跃。本文使用的SRTM DEM3(90 m分辨率)从CIAT(国际热带农业中心)下载。CIAT

对SRTM DEM的无数据区域进行了处理,得到了CGIAR-CSI SRTM3数据产品。为了方便起见,以后我们仍称SRTM DEM3。

由于SRTM DEM数据发布不久,对其实际精度缺乏客观了解,有必要对GTOPO30到现在的SRTM DEM3的精度进行分析、评价。关于DEM的研究,国内外开展较多,主要集中于DEM建立、DEM产品质量控制、DEM精度评价、DEM应用等方面^[1-19]。在DEM精度评价方面,提出了不少新的方法、新的观念,比如,汤国安提出的地形描述误差^[8]。但对于GTOPO30,SRTM DEM这种免费DEM数据及其质量,国内关注较少,限制了其地学应用。

本文介绍了GTOPO30和SRTM DEM3的生产、处理方法,并就中国典型地区西藏,对2个DEM

收稿日期:2005-12-14

修稿日期:2006-04-19

资助项目:国家科技新项目“MOD2S共享平台标准规范研究资助”(2003DKA1T007)

作者简介:马龙(1977—),男(汉族),新疆乌鲁木齐市人,博士,研究方向为遥感应用。E-mail:home218@126.com。

数据集在 1 km 分辨率下的精度进行了分析,以期对 SRTM DEM 在其它地区的应用提供参考。

1 生产 DEM 的数据源

1.1 GTOPO30 的数据源

GTOPO30 是一个全球 DEM, 网格大小为 30 s, 其水平坐标以 WGS84 为参照, 垂直坐标以平均海水面为起始高程。参与数据开发资助和源数据提供的单位有: NASA, 联合国环境计划/全球资源信息数据库(UNEP/GRID), 美国国际发展局, 墨西哥 Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI), 日本地理测绘研究院, 新西兰 Manaaki Whenua Landcare Research, 南极研究科学委员会^[20]。

GTOPO30 的开发是基于多种数据源(8 个数据源的), 包括矢量和栅格数据, 表 1 列出了各种数据源在生成 GTOPO30 中, 所占面积百分比。

表 1 各种数据源占全球面积的百分比

数据源	占全球面积百分比/%
Digital Terrain Elevation Data(DTED)	50.0
Digital Chart of the World(DCW)	29.9
USGS 1-degree DEM's	6.7
Army Map Service 1:1 000 000-scale maps	1.1
International Map of the World 1:1 000 000-scale maps	3.7
Peru 1:1 000 000-scale map	0.1
New Zealand DEM	0.2
Antarctic Digital Database(ADD)	8.3

1.2 SRTM DEM3 的数据源

SRTM, 即航天飞机雷达地形测图任务, 这是第一次载人航天飞机雷达地形测图任务。由 NASA 喷气推进实验室(JPL)、国家地球空间信息局(National Geospatial-Intelligence Agency, NGA)、德国空间局、意大利空间局四家单位合作进行。航天飞机从 2000 年 2 月 11—22 日, 进行了 11 d 的飞行任务, 每天绕地球 16 圈。共收集 12.3 t 的数据量, 其中 C 波段的数据量为 8.6 t。SRTM 收集的绝大部分数据位于北纬 60°至南纬 54°, 覆盖了 80% 的陆地面积。SRTM 是一次地形制图任务, 所以主要获取陆地数据, 少量收集于水面的数据主要用于定标^[21]。

2 DEM 生产方法

2.1 GTOPO30 生产方法

GTOPO30 的开发历时 3 a, 采用了各种数据源, 针对各数据源的处理方法也有所不同。为了能够更

加有效地处理大量输入数据, 并使处理过程标准化, 采用预设参数、脚本命令文件(scripted command files)和规范输入输出文件常量命名的方法, 使生产过程最大程度自动化。

对于不同格式(栅格数据和矢量数据)的 DEM 利用数据镶嵌工具实现融合处理。栅格数据有较高的精度, 因此具有最高的优先级。而 DCW 网格化数据比起其它矢量数据, 有较高的优先级。融合时, 对于 2 个数据源的重叠区域, 可采用加权平均的方法得到重叠区域的高程^[20]。

2.2 SRTM DEM3 生产方法

SRTM DEM 的生成, 利用了 InSAR 技术, 对 C 波段接收的 2 幅 SAR 单视复图像进行干涉处理, 具体包括图像配准、干涉图生成、去除平地效应、相位解缠、基线确定和地面高度确定^[22-23]。由于同时采集数据的 2 个天线安装在航天飞机上, 图像配准和基线精度大大提高。需要指出的是, 基线误差仍然是高程反演精度的主要误差源。SRTM DEM 数据处理由 JPL 负责, 历时 2 a。USGS EROS 数据中心负责数据归档和向公众发布^[21]。

3 SRTM DEM30 同 GTOPO30 的精度比较

GTOPO30 是由多种数据源生成的, 各种数据源的精度和处理方法都存在差异, 因此, GTOPO30 全球精度是不一致的。尽管 SRTM DEM3 数据源一致, 但由于地势复杂、形态各异, 其 DEM 精度同样也不一致。

3.1 数据处理和精度分析方法

为了具有可比性, 将 SRTM DEM3 格网重采样为 30 s, 即 SRTM DEM30。西藏地区的 GTOPO30 使用了 2 种数据源: DTED(栅格)和 DCW(矢量)。DTED 的分辨率为 3 s, 绝对垂直精度为 30 m, 90% 置信度。根据产品说明, DCW 绝对垂直精度为 650 m, 90% 置信度。但试验指出, DCW 的绝对垂直精度为 160 m, 置信度 90%^[24]。SRTM DEM3 的绝对垂直精度为 16 m, 置信度为 90% (Andy Jarvis 等, 2004)。

从 2 个方面进行精度分析: (1) 对 SRTM DEM30 和 GTOPO30 之间高程差异超过 176 m 的地区进行分析; (2) 对不同数据源的 GTOPO30 同 SRTM DEM30 高程差异进行显著性检验。

3.2 分析过程及结果

GTOPO30 同 SRTM DEM30 作差运算, 高程差值大于 176 m 和小于 -176 m 地区的分布(红色)见附图 8, 底图为坡度图(浅色区域坡度高), 可以看出

高程异常值主要出现在坡度较高的地区。在附图8中,我们观察到规则正方形,为异常值分布集中区,这些区域以 DCW 为数据源,所以精度较差。在山

区,SRTM 数据易出现无数据区域,CIAT 采用源数据内插的方法来填补这些无数据区域,因此,精度不是很高,也是异常值分布区。

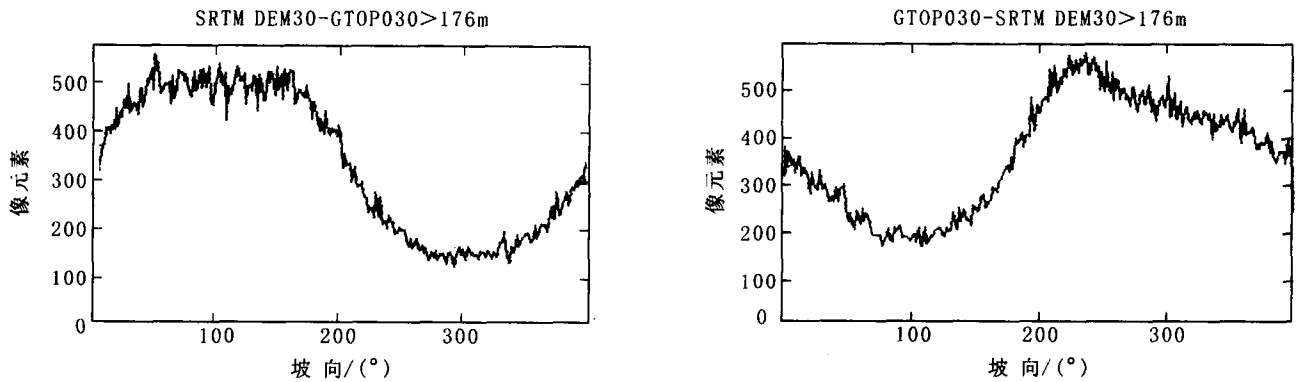


图1 高程异常与坡向的关系

通过分析高程异常与坡向的关系,可以清楚地看到 SRTM DEM30 高于 GTOPO30 的区域主要位于坡度北向、东北向、东向;而 GTOPO30 高于 SRTM DEM30 的区域主要位于坡度南向、西南向、西向(见图1)。这与航天飞机的飞行方向有关(SRTM 数据高估东北向坡度,低估西南向坡度,关于航天飞机的飞行轨迹可以参考 <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/datacoverage.html>)。

进一步,考虑不同数据源的 GTOPO30,比较 SRTM DEM30 同 GTOPO30 的精度差异。对此,我们分别选择了以 DTED 和 DCW 为数据源的 2 个 15 × 15 大小的区域,分析其与相应 SRTM DEM 高程值的相关性(见图2,3)。图3中,GTOPO30 与 SRTM DEM30 的相关性仅 0.247,图4中,GTOPO30 与 SRTM DEM30 的相关性为 0.967,可见在 DTED 为数据源的区域,GTOPO30 和 SRTM DEM30 高程相差不大,而在 DCW 为数据源的区域,GTOPO30 和 SRTM DEM30 高程相差很大。

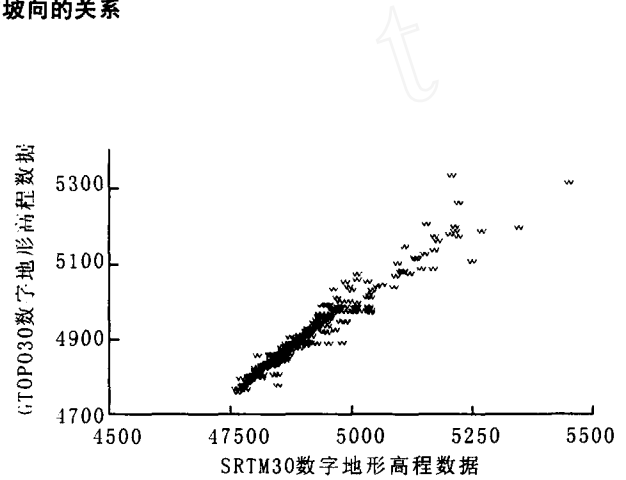


图3 GTOPO30 与 SRTM DEM30(DTED 为数据源)相关性分析

为了进一步说明以 DTED 和 DCW 为数据源的 GTOPO30 与 SRTM DEM30 的高程值是否有显著性差异,我们采用两总体的秩和检验的方法^[25],对 2 个区域 GTOPO30 与 SRTM DEM30 的差异显著性作了分析,结果见表2。

根据检验结果,可知两种数据源 GTOPO30 和 SRTM DEM30 所表达的地形高程存在显著性差异。因此,可以初步认为 SRTM DEM30 的高程精度完全优于 GTOPO30(除无数据区域外)。

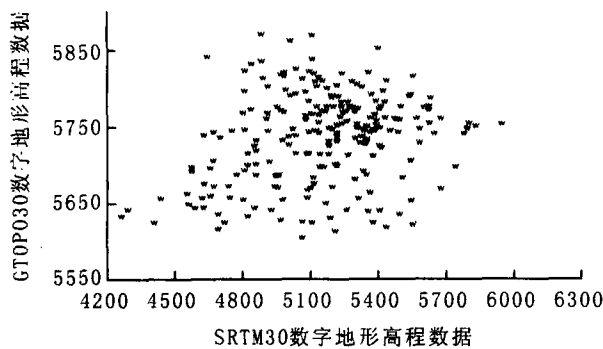


图2 GTOPO30 与 SRTM DEM30(DCW 为数据源)相关性分析

表2 检验结果(c)

项目	SRTM30DTED -GTOPO30DTED	SRTM30DCW -GTOPO30DCW
秩和 Z	-3.741(a)	-12.939(b)
双侧检验	0.000	0.000

注: a 负秩和; b 正秩和; c 符号秩和检验。

4 结 论

通过上述分析,可以看出 GTOPO30 和 SRTM DEM30 高程异常差异主要分布在地形复杂地区、DCW 为数据源的地区和 SRTM DEM 的无数据区域。对于地形复杂地区,由于雷达成像自身的特点,容易低估或高估实际高程。在此次试验中,本文只对大小 15×15 的区域做了研究,没有做大面积的分析,因此,对地形复杂地区 SRTM DEM30 的精度是否高于 GTOPO30,还有待进一步验证。

总的来说,通过对 2 种 DEM 数据的精度分析,说明 SRTM DEM30 精度高于 GTOPO30。但考虑到 SRTM DEM30 中无数据区域的精度较低,因此在具体使用时,需要针对不同研究区域和具体应用问题,选择合适的 DEM 数据。研究对于 SRTM DEM 在我国的应用具有重要的参考价值。

[参 考 文 献]

- [1] 陈永良,刘大有,虞强源.从 DEM 中自动提取自然水系[J].中国图象图形学报,2002,7(1):91—96.
- [2] 邓慧平,李秀彬.地形指数的物理意义分析[J].地理科学进展,2002,21(2):103—110.
- [3] 冯兆东.地形分析与地理信息系统在水文地貌学中的应用[J].干旱区地理,1996,19(2):84—90.
- [4] 郭利华,龙毅.基于 DEM 的洪水淹没分析[J].测绘通报,2002,11:25—30.
- [5] 郝振纯,李丽.基于 DEM 的数字水系的生成[J].水文,2002,22(4):8—10.
- [6] 任立良.流域数字水文模型研究[J].河海大学学报,2000,28(4):1—7.
- [7] 任立良,刘新仁.基于 DEM 的水文物理过程模拟[J].地理研究,2000,19(4):369—376.
- [8] 汤国安,刘学军,闫国年.数字高程模型及地学分析的原理与方法[M].北京:科学出版社,2005.2—5.
- [9] 吴险峰,王中根,刘昌明,等.基于 DEM 的数字降水径流模型——在黄河小花间的应用[J].地理学报,2002,57(6):671—678.

(上接第 48 页)

[参 考 文 献]

- [1] 邱仁宗.脆弱性:科学技术伦理学的一项原则[J].哲学动态,2001(1):18—22.
- [2] Jaroslav Vrba, Alexander Zaporozec. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability[M]. International Contributions to hydrogeology Founded by G. Ccstasy, E. Groba, E. Romijn. volume(16):
- [3] 刘绿柳.水资源脆弱性及其定量评价[J].水土保持通报,2002,22(2):41—44.

- [10] 徐涛,胡光道.基于数字高程模型自动提取水系的若干问题[J].地理与地理信息科学,2004,20(5):11—14.
- [11] 杨昕,汤国安,王雷.基于 DEM 的山地总辐射模型及实现[J].地理与地理信息科学,2004,20(5):41—44.
- [12] 赵帮元,喻权刚,马红斌,等.不同比例尺数字高程模型在水土保持信息提取中的应用分析[J].中国水土保持,2004(2):33—34.
- [13] 赵士鹏.基于 GIS 的山洪灾情评估方法研究[J].地理学报,1996,51(5):471—479.
- [14] 周贵云,刘瑜,邹伦.基于数字高程模型的水系提取算法[J].地理学与国土研究,2000,16(4):77—81.
- [15] 周云轩,王磊.基于 DEM 的 GIS 地形分析的实现方法研究[J].计算机应用研究,2002,12:50—53.
- [16] 惠凤鸣,田庆久,李应成. ASTER 数据的 DEM 生产及精度评价[J].遥感信息,2004(1):14—18.
- [17] 李志林,朱庆.数字高程模型(第一版)[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,1999.2—10.
- [18] 熊立华,郭生练, Kieran M, Connor O. 利用 DEM 提取地貌指数的方法述评[J].水科学进展,2002,13(6):775—780.
- [19] 余鹏,刘丽芬.利用地形图生产 DEM 数据的研究[J].测绘通报,1998,10:16—18.
- [20] GTOPO30 Documentation, <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/README.asp>.
- [21] Shuttle Radar Topography Mission, <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>.
- [22] 乔书波,李金岭,孙付平,等. InSAR 技术现状与应用[J].天文学进展,2003,21(1):11—25.
- [23] 刘国祥,丁晓利,李志林,等.使用 InSAR 建立 DEM 的试验研究[J].测绘学报,2001,30(4):336—342.
- [24] Andy Jarvis, Jorge Rubiano, Andy Nelson, et al. Practical use of SRTM data in the tropics-Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data, Working Document, 2004. 198.
- [25] MA Long, DU Daosheng. Analysis and Evaluation of DEM products in GIS, Surveying Information and engineering[J]. 2003,28(3):4—6.

- [4] 沈珍瑶,杨志峰,曹瑜.环境脆弱性研究评述[J].地质科技情报,2003,22(3):91—94.
- [5] 刘春葵.中国西北水资源的脆弱性[J].冰川冻土,2003,25(3):309—314.
- [6] 杨燕舞,张雁秋.水资源的脆弱性及区域可持续发展[J].苏州城建环保学院学报,2005,15(4):85—88.
- [7] Thomas Harter, Leah G. Walker. Assessing vulnerability of groundwater[M]. 2001.