

ASTER GDEM 数据介绍与程序读取

康晓伟^{①,②},冯钟葵^②

(^① 中国科学院研究生院,北京 100049;^② 中国科学院对地观测与数字地球科学中心,北京 100094)

摘要:2009年6月30日,期待已久的 ASTER GDEM 数据由日本经济产业省(METI)和美国航天局(NASA)共同发布,其空间分辨率达到了 1 弧秒×1 弧秒(约 30m×30m),相比 2003 年 NASA 发布的 SRTM 数据有了很大的提高,并且其陆地表面覆盖率也大幅提高,达到了陆地面积的 99%。本文介绍了 ASTER GDEM 的相关特性以及使用程序读取该数据的方法。

关键词: ASTER GDEM;GeoTIFF;LibGeoTIFF

doi: 10.3969/j.issn.1000-3177.2011.06.014

中图分类号: TP751 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2011)118-0069-04

An Introduction to ASTER GDEM and Procedure Reading

KANG Xiao-wei^{①,②}, FENG Zhong-kui^②

(^① Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;

^② Center For Earth Observation And Digital Earth Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094)

Abstract: On 30th, June 2009, METI and NASA distributed the ASTER GDEM (Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model). The space resolution of ASTER GDEM is 1 arc-sec×1 arc-sec (approximately 30m×30m) and the land surface coverage reached 99%, both have much greater improvement than SRTM which was distributed in 2003 by NASA. This paper introduced characteristics of ASTER GDEM and how to read the data with programming language.

Key words: ASTER GDEM;GeoTIFF;LibGeoTIFF

1 引言

DEM(Digital Elevation Model)数据是用一组有序数值阵列形式表示地面高程的一种实体地面模型,其广泛应用于水文、农业、军事、气象以及工程建设等各个方面。由于 DEM 数据的重要性,人们从未中止过对更高分辨率、更高垂直精度 DEM 数据的追求。ASTER GDEM (Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model)数据的发布,使得基本覆盖全球的 DEM 数据的分辨率有了很大的提

高。但是,到目前为止,有关 ASTER GDEM 数据的介绍和使用说明还很少,在一定程度上限制了它的广泛应用。本文将对 ASTER GDEM 的基本性质、相关参数、数据文件内容以及数据格式等做一个详细的介绍,同时本文将简略介绍如何使用程序读取该数据。

2 ASTER GDEM、SRTM 与 GTOPO30 的数据介绍

目前,基本覆盖全球的、可以免费获取的 DEM 数据有 3 种,包括 2009 年发布的 ASTER GDEM

收稿日期:2011-02-24 修订日期:2011-04-11

作者简介:康晓伟(1985~),男,河北石家庄人,中国科学院研究生,主要研究方向为遥感卫星数据处理。

通讯作者:冯钟葵,研究员,硕导。

E-mail: zkfeng@ceode.ac.cn

数据、2003年发布的SRTM(Shuttle Radar Topography Mission)数据、以及1996年发布的GTOPO30(Global 30 Arc-Second Elevation)数据。此外,部分覆盖的有美国的NED(National Elevation Dataset)数据、中国国家基础地理信息中心提供的覆盖中国的DEM数据等。同时,也可以使用Google提供的编程接口,从Google Earth中直接读取所需要的高程数据。

2.1 ASTER GDEM 数据

ASTER GDEM数据是NASA(National Aeronautics and Space Administration)根据新一代对地观测卫星TERRA近10年的详尽观测结果而制作完成的。TERRA卫星发射于1999年12月,搭载了METI(Ministry of Economy, Trade and Industry)制造的先进星载热辐射和反射计(ASTER),并通过它的近红外波段的垂直向下成像传感器和后视成像传感器获取立体像对,最终生成DEM数据。它的空间分辨率为 $15\text{m}\times 15\text{m}$,每幅ASTER影像为4200行 \times 4100列,大约对应地球上 $60\text{km}\times 60\text{km}$ 的地面区域^[1]。

ASTER GDEM是使用全自动化的方法对所有的ASTER存档影像进行处理而得到的,处理过程包括:

(1)通过立体测量生成大量的基于独立场景的ASTER DEM值;

(2)经过云识别处理、除去异常值、对所选取的数据取平均值等步骤生成ASTER GDEM相应区域的像素值;

(3)经过纠正残余的异常数据,并按经纬度 $1^\circ\times 1^\circ$ 分片,生成ASTER GDEM版本1数据。

ASTER GDEM数据覆盖了地球表面北纬 83° 到南纬 83° 之间的所有陆地区域,占地球陆地表面的99%,在全球共有22600个分片,每个分片中陆地区域面积所占的比例至少为该分片面积的0.01%。

ASTER GDEM数据的空间分辨率为1弧秒 \times 1弧秒(约 $30\text{m}\times 30\text{m}$),每个分片包含3601行 \times 3601列。全球范围内,在置信度为95%时,ASTER GDEM的垂直精度约为 20m ^[2]。

同时,ASTER GDEM版本1数据存在着一些奇异点和缺陷,在一定程度上影响了数据的准确性,主要表现为以下几点:

①云的影响:在某些地区,尤其是在一些重复数据较少的区域,如果有云遮挡,又没有替代数据,就可能会产生明显的异常值。

②不同数量的初始DEM值的影响:ASTER

GDEM值是由多个初始DEM值平均得到的,不同区域的初始DEM数据数量不同,导致这些区域的边界显示为直线、坑、隆起或其他异常的几何形状,影响局部地区数据的精度和使用。

2.2 SRTM 数据

SRTM数据是由NASA和美国国家图像与测绘局(NIMA)联合测量获得的。SRTM数据按分辨率可以分为SRTM1和SRTM3,对应的空间分辨率分别为1弧秒 \times 1弧秒和3弧秒 \times 3弧秒。其中,SRTM3数据覆盖范围为北纬 60° 至南纬 56° ,SRTM1数据仅覆盖美国全境^[3]。

SRTM数据产品于2003年公开发布,并经历多次修订,目前最新的数据修订版本为V4.1,此版本由国际热带农业中心(CIAT:Centro Internacional de Agricultura Tropical)利用新的插值算法^[4]和其他辅助DEM数据填补SRTM3中的数据空洞得到的。

2.3 GTOPO30 数据

GTOPO30发布于1996年,是最早发布的覆盖全球的DEM数据,它是由8个不同来源的数字高程数据经过处理和拼接而成,覆盖全球。GTOPO30将全球除南极洲以外的部分等分为27部分,将南极洲等分为6部分,以每个数据分片左下角(也即西南角)的经纬度为每个数据分片命名,并提供免费下载^[5]。

由于分辨率较低,在SRTM数据发布后,GTOPO30已经很少应用了。

2.4 ASTER GDEM 与其他 DEM 数据的比较

目前,ASTER GDEM、SRTM3 DEM和GTOPO30数据是主要的、基本覆盖全球的免费DEM数据,三者的各种参数见表1。

3 ASTER GDEM 使用方法

3.1 数据命名方式及文件内容介绍

ASTER GDEM数据基本的单元是按经纬度 $1^\circ\times 1^\circ$ 的分片,每个分片的文件名由此分片左下角(即西南角)的经纬度值产生,如命名为ASTGTM_N35E118的分片覆盖范围为北纬 $35^\circ\sim$ 北纬 36° ,东经 $118^\circ\sim$ 东经 119° 的地理范围。

每个ASTER GDEM数据分片为一个zip格式压缩文件,其解压后包括两个文件,一个DEM(数字高程)文件和一个QA(质量评价)文件,如图1所示,其中ASTGTM_N35E118_dem.tif为DEM文件,ASTGTM_N35E118_num.tif为QA文件。

表 1 ASTER GDEM、SRTM 和 GTOPO30 比较

数据	ASTER GDEM	SRTM3 DEM	GTOPO30
覆盖范围	北纬 83°到南纬 83°之间的所有陆地区域, 约占陆地面积的 99%。	北纬 60°至南纬 56°之间的所有陆地区域, 约占全球陆地面积的 80%。	全球
发布时间	2009. 6	2003	1996
空间分辨率	1 弧秒×1 弧秒(约 30m×30m)	3 弧秒×3 弧秒(约 90m×90m)	30 弧秒×30 弧秒(约 1km×1km)
精度	高度误差小于 20m, 95% 置信度。	绝对高度误差小于 16m, 相对高度误差小于 10m, 90% 置信度。	绝对高度误差小于 30m, 90% 置信度。
无效值	-9999	-32768	-9999
数据格式	GeoTIFF	SRTM v2. 1 为 hgt 格式, SRTM v4. 1 包括 GeoTIFF 和 ArcInfo ASCII 两种格式。	包括 8 个文件, 分别是 DEM, HDR, DMW, STX, PRJ, GIF, SRC, SCH。
参考地理坐标	WGS 84	WGS 84	WGS 84
数据来源	TERRA 卫星	“奋进”号航天飞机	不同区域有不同数据来源 ^[6] 。

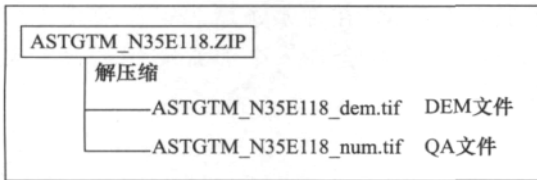


图 1 ASTER GDEM 数据文件内容示意图

DEM 文件和 QA 文件均为 GeoTIFF 格式, 行

列数为 3601×3601, 每个文件的边界行列与其相邻分片的对应行列是重合的。DEM 文件存储的是相应区域的数字高程值, QA 文件包含 2 种基本的数据信息: 生成该 GDEM 值所使用到的、基于景的 DEM 值的数量和用来替换 GDEM 中奇异点的其他 DEM 源数据关键字。这些 DEM 源数据的集合及相应的关键字, 如表 2 所示。

表 2 ASTER GDEM 中其他 DEM 源数据特征及关键字

DEM 源数据	特征描述	对应关键字
SRTM3 v3	分辨率: 3 弧秒×3 弧秒 覆盖范围: 北纬 60°到南纬 56°	-1
SRTM3 v2	分辨率: 3 弧秒×3 弧秒 覆盖范围: 北纬 60°到南纬 56°	-2
NED	分辨率: 1 弧秒×1 弧秒 覆盖范围: 美国大陆(不包括阿拉斯加)	-5
CDED(Canadian Digital Elevation Data)	分辨率: 纬度 3 弧秒, 经度 3、6 或 12 弧秒 覆盖范围: 加拿大	-6
Alaska DEM	分辨率: 2 弧秒×2 弧秒 覆盖范围: 阿拉斯加	-11

DEM 文件和 QA 文件的值均为 16 位有符号整数, 每个分片中 DEM 文件的值和 QA 文件的值是一一对应的, QA 文件的每个值表示该 DEM 文件相应行列的值是经过多少个 DEM 值平均得到的(QA 文件中该值为正)、或者是从哪个 DEM 源数据得到的(QA 文件中该值为负)。例如, QA 文件中某行

列的值为 7, 表示其对应的 DEM 文件的该行列的值是由 7 个初始 DEM 值平均得到的; QA 文件中某行列的值为 -1, 表示其对应的 DEM 文件的该行列的值是由 SRTM3 v3 数据得到的。

3.2 数据获取

ASTER GDEM 数据可以在网上免费获取, 通过

日本的 ERSDAC(Earth Remote Sensing Data Analysis Center)(<http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp>)或美国 NASA 的 LPDAAC(Land Processes Distributed Active Archive Center)(<http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/index.jsp>)都可以免费下载这些数据。

3.3 数据格式及读取

ASTER GDEM 的 DEM 文件和 QA 文件的数据格式均为 GeoTIFF,它是在 TIFF 的基础上定义了一系列 GeoTag 而扩展得到的。由于 GeoTIFF 数据格式比较复杂,直接编码读取有一定的难度,所幸的是,这些工作开源函数库 LibGeoTIFF 已经做好了^[7],本文将介绍如何使用 LibGeoTIFF 函数库读取 ASTER GDEM 数据。

ASTER GDEM 数据的基本读写过程如下:首先打开文件,然后使用 LibGeoTIFF 库函数 TIFFGetField 语句和 TIFFStripSize 语句分别读取 ASTER GDEM 数据的行列数和每条带大小,接着使用 TIFFReadEncodedStrip 语句逐行读取 ASTER GDEM 数据并存入内存,最后关闭文件。

通过以上过程,一景 ASTER GDEM 的所有高

程数据已经存储到了数组中,数据类型为 16 位有符号整数,空间大小为 3601×3601 ,存储方式为按行依次顺序存储。

4 结束语

本文详细介绍了 ASTER GDEM 数据的特性、相关参数、数据文件内容以及与其他 DEM 数据特性的比较,并且介绍了如何使用开源的 LibGeoTIFF 函数库读取该数据,为相关研究人员使用此数据提供了便利。

从本文的介绍看,ASTER GDEM 数据的空间分辨率较 SRTM DEM 数据等有了较大的提高,同时其地面覆盖范围也得到了很大扩展。但是,ASTER GDEM 数据中包含由于云以及其他因素引起的异常,这在一定程度上影响数据的可用性。METI 和 NASA 也认为,第 1 版的 ASTER GDEM 数据应该被视为“实验”或“研究级”性质的数据。尽管其存在缺陷,在许多领域和科研应用中,ASTER GDEM 仍将会是一个非常有用的高程数据产品。

参考文献

- [1] METI,NASA. ASTER GDEM Readme File-ASTER GDEM Version 1[EB/OL]. http://www.ersdac.or.jp/GDEM/E/image/ASTER%20GDEM%20Readme_Ev1.0.pdf,2009.
- [2] ASTER GDEM Validation Team,METI/ERSDAC,NASA/LPDAAC,USGS/EROS. ASTER GDEM validation summary report[EB/OL]. http://www.ersdac.or.jp/GDEM/E/image/ASTERGDEM_validationSummaryReport_Ver1.pdf,2009.
- [3] NASA. The Shuttle Radar Topography Mission[EB/OL]. http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_paper.pdf,2003.
- [4] H. I. REUTER, A. NELSON, A. JARVIS. An evaluation of void filling interpolation methods for SRTM data[EB/OL]. <http://srtm.csi.cgiar.org/download/Reuteretal2007.pdf>.
- [5] USGS/EROS. GTOPO30 Documentation[EB/OL]. http://eros.usgs.gov/Find_Data/Products_and_Data_Available/gtopo30.
- [6] USGS/EROS. GTOPO30 Data Source [EB/OL]. <http://www1.gsi.go.jp/geowww/globalmap-gsi/gtopo30/gifs/gt30src.gif>.
- [7] 贲进,张永生,童晓冲. GeoTIFF 解析及在遥感影像地理编码中的应用[J]. 信息工程大学学报,2005,6(1):94-98.

2011 年环境一号卫星绝对辐射定标系数发布

“环境与减灾监测预报小卫星星座‘2+1’计划中的两颗光学小卫星——HJ-1A/B”(搭载有 CCD、红外、高光谱共 6 个有效载荷)已在轨运行三年多,卫星传感器受到空间环境变化及元器件老化等因素的影响,其性能指标会不断发生衰减,影响遥感数据质量的可靠性和定量化应用水平。为此,中心于 2011 年 7 月到 9 月期间在敦煌辐射校正场、青海湖辐射校正场和内蒙古贡戈尔草原开展了 HJ-1A/B 星定标及真实性检验试验,成功获取所需试验数据;在 10 月底完成了所有试验数据处理、定标系数精度检验及技术报告的编写,并于 11 月 4 日组织专家进行了“2011 年 HJ-1A/B 星外场定标试验数据处理及定标结果”评审,并一致同意通过评审。