

## ASTER 立体影像提取 DEM 的研究

周 辉<sup>1</sup>, 卢德军<sup>2</sup>, 金银龙<sup>3</sup>

(1. 萍乡市国土资源勘测设计院, 江西 萍乡 337000;

2. 长江科学院大坝安全监测所, 湖北 武汉 430010; 3. 武汉大学水利水电学院, 湖北 武汉 430079)



摘 要: 介绍了具有同轨立体测图能力的 ASTER 传感器观测系统, 及其立体影像生成 DEM 的算法和 DEM 的编辑方法, 展示了 ASTER 立体影像生产 DEM 的实验结果, 并以试验结果说明, 其精度可以满足绘制 1:100 000 ~ 1:250 000 比例尺地形图要求。

关键词: 地形测量; 卫星影像; ASTER; 立体像对; DEM

中图分类号: P237

文献标志码: B

文章编号: 1672-4623 (2008) 01-0028-03

## Method for Extracting DEM from ASTER Stereoscopic Image

ZHOU Hui<sup>1</sup>, LU Dejun<sup>2</sup>, JIN Yinlong<sup>3</sup>

(1. Pingxiang Land Resource and Investigation Design Institute, Pingxiang 337000, China;

2. Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China;

3. School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: This paper describes the sensor of ASTER which can acquire stereoscopic image, the algorithm of extracting DEM from stereoscopic image pair and the editing method of DEM. According to the experiment, it can be concluded that the DEM from ASTER stereoscopic image pair is fit for mapping at the scale between 1:100 000 and 1:250 000.

Key words: topographic survey; satellite image; ASTER; stereoscopic image pair; DEM

地形测量一直是测绘领域研究的一个重要课题, 传统的测量手段(地面测图, 摄影测量)费时费力, 利用卫星影像进行测图是现阶段研究的重点。目前人们研究较多的是 Landsat 影像测图, SPOT 影像测图, Ikonos 影像测图<sup>[1]</sup>, 但是现在用于立体测图的卫星数据往往是异轨立体成像。异轨立体成像因为立体像对是在不

同时段获得的, 由于时间不一致, 地面可能发生变化, 也可能由于云的遮挡, 无法构成立体像对, 或是差别太大, 影像无法匹配, 这也造成测图成本的提高<sup>[2]</sup>。

对于一些无图的地区和一些多光谱的传感器数据处理(如 MODIS 的正射纠正), 地形数据又是不可缺少的。仅仅依靠异轨立体测图是不能解决问题的,

收稿日期: 2007-02-25

椒盐现象。另外, 对 MODIS 图像空间变换后操作简单, 提取水体时不需要区分水体、湿土、阴影、居民地以及林地等差别, 采用最大似然法提取水体相对误差在 1% 以内, 完全能够满足实际应用要求。

### 参考文献

- [1] 李登科, 张树誉. EOS/MODIS 遥感数据与应用前景[J]. 陕西气象, 2003(2): 37-40
- [2] 李畅游. 乌梁素海遥感影像的水体提取方法与分析[J]. 内蒙古农业大学学报, 2004, 25(1): 1-4
- [3] 郁金康. SPOT 卫星影像的水体提取方法及分类研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(3): 214-219
- [4] 戴昌达, 姜小光, 唐伶俐. 遥感图像应用处理与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004

- [5] 周成虎, 骆建承, 杨晓梅, 等. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京: 科学出版社, 1999
- [6] 金红, 刘榴娣. 彩色空间变换法在图像融合中的应用[J]. 光学技术, 1994(7): 45-47
- [7] Steven M K. Application of Landsat Imagery to Regional-scale Assessments of Lake Clarity [J]. Water Research, 2002, 36: 4 330-4 340
- [8] Li X, Yeh A G O. Principal Component Analysis of Stacked Multi-temporal Images for the Monitoring of Rapid Urban Expansion in the Pearl River Delta[J]. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(8): 1 501-1 518

作者简介: 马丹, 助教, 硕士, 研究方向为遥感和地理信息系统应用技术。

ASTER 数据则可以满足这种需求。本文主要介绍 ASTER 数据 DEM 提取算法和编辑的方法。

## 1 ASTER 传感器

ASTER 是搭载于 Terra 卫星 (地球观测系统 EOS 星座的第一颗卫星) 的高空间分辨率, 多光谱/超光谱的传感器, 它可以从三个子系统的 14 个波段获取数据。ASTER 观测系统的 VNIR 子系统在可见光与近红外区有三个波段, 空间分辨率为 15 m。第三波段有两个通道 3N, 3B, 其中 3B 具有后视 (27.6°) 的能力, 可以同轨立体观测, 其沿径向的基高比 B/H 为 0.6, 每景大小为 60 km × 60 km。两个成像仪可以对相同地物以合理的视差和航向重叠近同步 (大约相差 55 s) 成像。对于这两幅影像, 仪器与地物之间有相同的气象条件, 同时地面的光照和辐射条件也是几乎相同的, 这就极大地提高了影像匹配的成功率。Terra 卫星的周期是 16 d, VNIR 还具有侧视 (± 24°) 能力, 这样最快 5 d<sup>[3]</sup>。ASTER 传感器发射的目的在测图领域就是获取南纬 82° 和北纬 82° 之间全球 80% 区域的云层覆盖率小于 20% 的影像, 生产 DEM。与其他遥感卫星传感器相比, ASTER 有其独特之处在于较高空间分辨率和立体观测能力<sup>[2]</sup>。

## 2 ASTER 立体影像生成 DEM 的算法

立体像对生成 DEM 的主要包括连接点的提取, 控制点的输入, 核线影像的生成和 DEM 的生成。本文对于控制点的输入不讨论。

### 2.1 连接点的提取

要生成 DEM 首先要选择立体像对上的一些连接点。连接点也是同名点, 它是用来建立两张像片之间关系的。连接点的提取一般先自动提取, 再手工交互编辑。连接点的自动提取采用基于灰度的影像相关的办法。本文采用的是相关系数法。在 3N 影像上取一个的边长为奇数的窗口, 取一个同样大小的窗口作模板在 3B 影像上以一定的步长移动窗口, 求取两个窗口的相关系数, 取相关系数最大值对应的窗口的中心像素为 3N 影像上窗口中心像素的对应点, 以一定的步长在 3N 影像上移动窗口求取各中心点的对应点, 以相关系数最大的前若干个作为对应的同名点。同名点的数目不能少于 9 个, 25 个以上最好。因为不需要找出每一个像素的同名点, 窗口可以取得大一些, 移动的步长也可以是若干个像素。自动提取以后再进行人工编辑, 剔出错误的连接点, 如果点数太少, 人工的选取一些连接点, 保证连接点分布均匀。提取完连接点, 再读入控制点。

### 2.2 核线影像的生成

如果直接用影像相关的算法, 求出各个像素的同名点, 再计算视差, 计算量非常大, 一般是先生成核线影像, 把二维的相关问题变成一维的相关问题。核线在像片上是互不平行的, 他们交于核点, 如果将像片上的核线投影到一对相对水平的像片—平行于基线的像片对, 则核线互相平行。根据这一原理, 在水平像片上建立规则格网, 它的行就是核线。把前面提取的同名点和输入的控制点代入共线投影方程式:

$$\begin{cases} x = -f \frac{a_1 x_t + b_1 y_t - c_1 f}{a_3 x_t + b_3 y_t - c_3 f} \\ y = -f \frac{a_2 x_t + b_2 y_t - c_2 f}{a_3 x_t + b_3 y_t - c_3 f} \end{cases} \quad (1)$$

求出相关参数, 式中  $(x_t, y_t, z_t)$  为物方,  $(x, y)$  为像方坐标, 对于水平相片  $y_t$  为常数, 利用求出的参数将 3N, 3B 影像转换成核线影像, 转换后像素灰度值采用双线性内插的办法重采样<sup>[4]</sup>。

### 2.3 DEM 的生成

对于生成的核线影像, 它已经不存在上下视差, 只有左右视差, 利用图像相关算法对 3N 和 3B 影像进行匹配, 这时寻找同名点就是一维相关。根据所对应地区的最大高程值, 计算一个最大视差, 在 3B 影像上的搜索范围是 3N 影像上像素坐标加减这个视差值, 这样可以缩小搜索范围, 减小了计算量。找到两张像片的重叠区域同名点后就可以利用输入的控制点坐标进行整体平差, 解求出地面点的坐标, 根据各点高程的不同赋予相应的灰度值, 就生成 DEM 的图像。

## 3 DEM 的编辑

在 DEM 提取过程中, 一些像素的匹配可能会失败 (由于大量的阴影, 对比度较低等原因), 图像由于传感器自身或外界一些因素的影响会带有许多噪声, 图像不清晰, 这时就要对生成的 DEM 进行编辑。DEM 的编辑包括 DEM 的内插, DEM 的滤波, DEM 的平滑。

### 3.1 DEM 的内插

对于初步生成的 DEM, 图像本身因为云的遮挡, 或是地面的对比度较低, 阴影等因素, 一些像素的匹配不正确, 像素的值不正常, 对于这些不正常区域采用分块双三次多项式 (2 式) 内插的办法, 选择不正常的区域, 对不正常的像素插值, 重复几次, 直到满意为止。

$$Z = (1 \quad X \quad X^2 \quad X^3) \begin{bmatrix} a_{00} & a_{01} & a_{02} & a_{03} \\ a_{10} & a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{20} & a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{30} & a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ Y \\ Y^2 \\ Y^3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

上式有 16 个未知参数,除了已知四个格网数据点外,还必须知道每个格网点沿方向的斜率,和该点曲面扭曲<sup>[4]</sup>。

内插只能解决小区域的异常,对于云层遮挡较大的区域内插不一定符合实际的地形,一般将这部分数据裁剪,再利用另一个时段生成的 DEM 进行拼接。

### 3.2 噪声的滤波

在 ASTER 影像生成的 DEM 中噪声主要包括两类:斑点噪声和随机噪声。对于这两类不同的噪声,如果分别用不同的方法进行两次滤波,容易造成信息的损失,本文采用改进的中值滤波算法去噪。这种算法就是先进行噪声的判断,再进行噪声的去除。具体的算法就是选取 3×3 的窗口作模板,在 DEM 图像上移动模板,求取窗口中像素值的平均值和标准差,如果窗口中心的像素值与平均值的差值的绝对值超过 2 倍的标准差,就认为这是噪声,就用窗口中像素的中值代替窗口中心的像素值,不断移动窗口,完成对整个 DEM 的滤波。这种方法可以有效地消除两种噪声。

### 3.3 DEM 的平滑

经过内插和去噪的 DEM 还会有一些噪声,有的地方仍存在不正常的点,但是地面的起伏一般是连续的,这时就需要对 DEM 进行平滑。平滑采用的窗口为模板,在 DEM 图像上移动,以平均值代替中心像素值,不断移动窗口,完成对整个 DEM 的平滑。

ASTER 数据提取 DEM 的流程如图 1 所示:

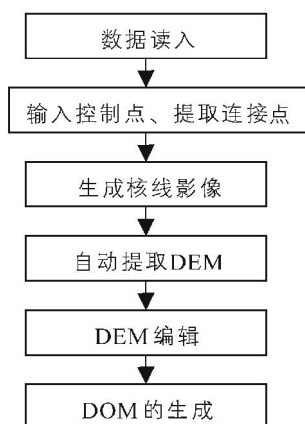


图 1 ASTER 影像测图的处理流程

## 4 实验

本文选取某一山地的 2003 年 2 月份的 ASTER L1A 数据进行 DEM、DOM 的测图试验。试验中,利用 3N 和 3B 波段的数据构成的立体像对生成 DEM,以生成的 DEM 纠正 ASTER 1,3N,2 波段构成的假彩色影像

得到正射影像。精度的检验采用检查点的办法,以一部分已知坐标的点为检查点,与所得 DEM 对应点的坐标进行比对。对于相对 DEM 坐标中误差为 10 ~ 30 m,对于绝对 DEM,当控制点精度在 15 ~ 30 m 时,坐标的中误差为 7 ~ 50 m,绝对 DEM 的坐标中误差取决于地面控制点的质量,两种 DEM 的坐标中误差同时又取决于连接点的提取精度和影像自动相关的结果。最终的 DEM 精度可以满足绘制 1:100 000 ~ 1:250 000 比例尺的地形图的要求。

实验结果如图 2、图 3 所示。

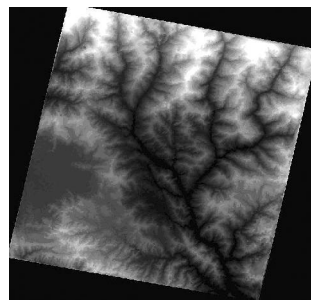


图 2 生成的数字地面模型

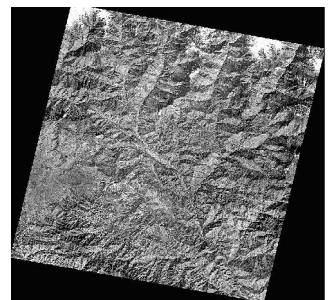


图 3 生成的正射影像

## 5 结 语

通过研究证实 ASTER 传感器的数据在地面控制点分布均匀,精度较高的情况下可以较高精度的成图,它可以用于全球无图区的测图,也可以用于一些低分辨率传感器数据(如 MODIS 数据)的正射纠正。与异轨立体成像的传感器相比,ASTER 是同轨立体成像,受地面变化,云的遮挡等因素的影响较小。但是对于阴影的地区和对比度小的地区,求相关系数方法的自动匹配精度不是很高,如何提高匹配的精度是值得进一步研究的问题。

## 参考文献

- [1] 陈雨常,白峰,汤翠莲,等. IKONOS 立体影像全数字摄影测量试验研究[J]. 地理空间信息, 2006, 8(4):19-22
- [2] Lang H R. Algorithm Theoretical Basis Document for Aster Digital Elevation Models (Standard Product T AST14) Version 3.0 [R]. ATBD-AST-08, 1999
- [3] 李海涛,田庆久. ASTER 数据产品的特性及其计划介绍[J]. 遥感信息, 2004, 9(3):53-55
- [4] 李德仁,周月琴,金为铄. 摄影测量与遥感概论[M]. 北京:测绘出版社, 2001
- [5] 朱黎江,秦其明,陈思锦. ASTER 遥感数据解读与应用[J]. 国土资源遥感, 2003, 7(2):59-62
- [6] 张祖勋,张剑清. 数字摄影测量学[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2002

第一作者简介:周辉,总工,从事 GIS 应用研究。