

CBERS-02 星图像几何纠正方法试验研究

宋薇

(东北农业大学资源与环境学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 为了研究中巴地球资源卫星 CCD 多光谱数据规模化应用的可行性, 扩大基础地理信息更新的影像资料来源, 以 CBERS-02 星(简称 02 星) CCD 多光谱数据的标准景为例, 对 2 种几何纠正模型进行了对比研究, 分析了 3 种不同基础控制资料对纠正精度的影响, 并对精度评价方法进行了试验。在此基础上, 总结针对 02 星 CCD 多光谱数据 1:10 万比例尺影像的几何纠正方法。

关键词: CBERS-02 星; 几何纠正; CCD 多光谱

中图分类号: TP 75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2009)01-0051-04

0 引言

中巴地球资源卫星(CBERS)是我国具有自主知识产权的传输型地球资源卫星, 它的成功发射结束了我国只能购买国外卫星数据的历史, 缓解了我国长期存在资源卫星数据源不足的问题。CBERS 卫星凭借其稳定可靠的运行获得了大量的遥感影像。这些影像在国土资源、农业、环境、城市规划及测绘等方面应用前景广阔, 已受到了国内各行业的广泛关注^[1]。各级地理信息中心、遥感研究部门已针对 CBERS 卫星影像数据质量和融合方法、影像分类^[2-4]等方面开展了试验性研究和应用性探索, 并取得了初步成果。

影像几何纠正是遥感数据预处理过程中的重要环节, 它能够消除遥感影像在获取过程中因传感器、遥感平台以及地球本身等方面原因而导致的平移、缩放、旋转、偏扭、弯曲及其它变形作用而产生的几何畸变^[5,6]。本文针对 CBERS 卫星影像 CCD 多光谱数据的几何纠正技术方法进行了试验研究, 为 CBERS 卫星数据在各类专题图制作、动态变化监测及土地调查底图生产等后续利用方面提供了技术性建议, 对充分发挥 CBERS 数据的巨大应用潜力具有重要的现实意义。

1 纠正方法概述

遥感图像几何纠正常用的模型有: 物理模型、有理函数模型、几何多项式模型及局部区域纠正模

型 4 种。研究中使用 2 景 02 星 CCD 多光谱影像(Level 2)和 3 种基础控制资料(1:5 万 DOM、1:5 万地形图和 1:1 万土地利用数据库)。在分析了常用纠正模型控制点(GCP)的选点原则和重采样方法后, 根据不同试验区域和不同的基础控制资料, 选用了有理函数模型和几何多项式模型进行纠正。

1.1 纠正模型

1.1.1 有理函数模型(Rational Function Model)

有理函数模型是各种传感器几何模型的一种抽象表达方式, 它适用于各类传感器。DEM 数据参与模型解算, 可以解决地形高差引起的投影变形, 完成影像的正射纠正; 缺点是用人工采集控制点解算系数建立的有理函数模型精确性不够高^[7]。实践表明: 采用有理函数模型, 结合纠正控制资料和 DEM 数据进行正射纠正, 纠正后 DOM 的几何精度有很大提高。

1.1.2 几何多项式纠正模型(Polynomial Model)

多项式纠正的基本思想是对影像变形进行数学模拟, 认为图像的变形是平移、缩放、旋转、仿射、偏扭、弯曲及更高次的变形综合作用结果。多项式纠正模型形式简单, 适用范围广; 缺点是无法准确模拟地形高差引起的投影变形^[8]。对于平坦地区或未能提供卫星轨道参数、传感器参数的地区, 可以采用几何多项式模型进行纠正, 其控制点个数与多项式阶数及地形情况相关, 最少控制点数计算公式为 $(n+1) \times (n+2)/2$ 。式中, n 为多项式阶数, 通常整景图像选择 3 阶, 理论上至少需要 10 个控制点。实际作业中至少应有 2 个以上多余控制点, 以便平差计算, 并有若干检查点。

1.2 纠正控制点(GCP)选点原则

这是几何纠正中最为重要的一步,纠正控制点选点应遵循以下原则^[1]:

- (1)控制点要能控制整个工作区,并尽可能均匀分布,特别是,边界要有控制点;
- (2)尽可能选择线条轮廓比较清晰的地物交叉点或拐点作为控制点(如河流、湖泊、公路、铁路等线条比较明显的地物);
- (3)对于山区等控制点很难选取的地方,可以选择走向明显的山脊交叉点或拐点作为控制点。

1.3 重采样方法选择

- (1)最邻近点法。它是最简单的一种方法,但这种方法将造成像点在一个像元范围内的位移,精度较差,一般情况下不采用。
- (2)双线性内插法。算法较简单,且具有较高的灰度内插精度,是实践中常用的方法。
- (3)双三次卷积内插法。算法较复杂,内插精度高,当重采样前后像元地面分辨率之比达 1:2 以上时,采用本法能取得较好的效果^[9,10]。

2 两种纠正模型对比研究

采用上述有理函数模型和几何多项式纠正模型对 02 星数据进行对比研究。以分辨率为 10 m 的 1:5 万 DOM 作为基础控制资料,辅以 SRTM 90 m 的 DEM 数据。2 种纠正模型分别选取均匀分布的 24 个同名控制点。

表 2 不同纠正方法检查点校正误差统计

(单位: m)

纠正方法	DEM 类型	地形	检查点误差			检查点/个	整景中误差
			中误差	最大值	最小值		
有理函数法	SRTM 90 m	平原	16.06	43.796	1.288	35	21.74
		山区	27.81	72.181	1.328	25	
几何多项式法	SRTM 90 m	平原	14.50	43.296	2.486	35	24.13
		山区	33.21	87.709	1.801	25	

采用有理函数或几何模型从原理和实际处理结果来看,有显著差别。几何纠正只是以控制点“约束”进行影像拉伸变换,拟合程度与控制点的多少成正比,并没达到“山顶比例尺与山谷比例尺处处一致”,只能称作“几何精校正”;有理模型加载了 DEM 纠正并重采样,实现了山顶和山谷像元不同程度地缩放,客观上更加接近正射影像。

3 不同控制资料对纠正精度的影响

首先,分别以 1:5 万 DOM、1:5 万地形图和 1:1

2.1 评价方法

按平地 and 山区 2 种不同的下垫面分别选取检查点,将计算的检查点点位中误差作为评价标准。对采用 2 种模型分别校正后的影像和 1:1 万数字正射影像图按照山区和平原分别选取 25 个和 35 个同名地物点作为检查点,计算二者之间的差值,分别统计山区、平原区和整景影像的中误差,作为影像的精度。

2.2 试验结果

(1)控制点的残差统计。试验中使用 PCI 9.1 的 Ortho Engine 和 Polynomial 分别进行有理函数模型纠正和几何二次多项式纠正。2 种纠正方法中均采用 24 个点位与数量相同的控制点。不同纠正方法控制点残差(RMS)统计如表 1 所示。

表 1 不同纠正方法控制点残差统计

纠正方法	控制点残差			
	RMS/像元	(RMS - X)/像元	(RMS - Y)/像元	RMS/m
有理函数	0.88	0.56	0.69	17.34
几何多项式	0.88	0.64	0.60	17.17

由表 1 可知,采用 24 个控制点进行校正,2 种纠正方法的控制点残差均为 0.88 个像元,X 和 Y 方向的控制点残差有所差异,但差异不大,均小于 1 个像元。

(2)检查点的校正误差统计。影像的几何校正误差统计值如表 2 所示。从地形区域来看,采用有理函数或几何多项式对平坦地区进行纠正的数据处理结果相差不大,但对山地纠正而言,有理函数得到的精度要高于几何多项式得到的精度。

万土地利用数据库等资料作为纠正控制点的来源,辅以 SRTM 90 m 的 DEM 数据,采用有理函数模型纠正方法,选取均匀分布的 24 个控制点,对 02 星数据进行纠正处理;然后,按照山区和平原分别选取 25 个和 35 个检查点(共 60 个)进行中误差统计和精度评定。检查点的真值来源于 1:1 万数字正射影像图。3 种不同纠正控制资料对几何纠正精度影响比较如下:

3.1 基于 1:5 万 DOM 的正射纠正

使用 PCI 10.1 的 Rational Functions 在 1:5 万 DOM 上选取 24 个控制点进行影像纠正,其 X 与 Y

方向的 *RMS* 分别为 0.56 和 0.69 个像元,整景影像的 *RMS* 为 0.88 个像元,均小于 1 个像元。选取 60 个检查点计算表明,使用 1:5 万 DOM 进行纠正控制点的选取,纠正的影像中误差为 21.74 m,相当于 1.11 个像元,其中,平原区的中误差为 16.06 m,山区的中误差为 27.81 m; *X* 方向上的中误差为 12.52 m,相当于 0.64 个像元,*Y* 方向上的中误差为 17.77 m,相当于 0.91 个像元。

3.2 基于 1:5 万地形图的正射纠正

使用同样的方法在 1:5 万地形图上选取 24 个控制点进行影像纠正。整景影像的 *RMS* 为 1.62 个像元,其 *X* 与 *Y* 方向的 *RMS* 分别为 1.05 和 1.24 个像元,均超过 1 个像元。选取 60 个检查点计算表明,在 1:5 万地形图上选取纠正控制点得到的纠正影像,其平原区的中误差为 24.84 m,山区的中误差为 26.40 m; 整景影像的中误差为 25.50 m,相当于 1.31 个像元; *X* 方向上的中误差为 11.57 m,相当于 0.59 个像元,*Y* 方向上的中误差为 22.72 m,相当于 1.17 个像元。

3.3 基于 1:1 万土地利用数据库的正射纠正

该方法进行影像纠正,其控制点的 *RMS* 为 1.22

个像元,超过 1 个像元,其 *X* 与 *Y* 方向的 *RMS* 分别为 0.84 和 0.88 个像元,均不超过 1 个像元。选取 60 个检查点计算表明,该方法纠正得到的影像,其平原区的中误差为 16.67 m,山区的中误差为 35.45 m,整景影像的中误差为 26.18 m,相当于 1.34 个像元;*X* 方向上的中误差为 14 m,相当于 0.73 个像元;*Y* 方向上的中误差为 22.03 m,相当于 1.13 个像元。

3.4 精度对比

从使用不同纠正控制资料得到的几何校正误差统计值(表 3)可以看出,使用 1:5 万 DOM 作为纠正控制资料时,得到的纠正影像精度最高;其次是基于 1:5 万地形图;使用土地利用数据库选择控制点得到的影像误差最大。由于 DOM 分辨率较高,且图像对于选点来说更形象、具体,因此选点相对容易;地形图、现状图由于受成图时间及制图过程等综合因素影响,对地物要素的描述细致程度有限,因此会对选点造成一定的困难。所以,在选取控制资料的时候,优先选择大比例尺 DOM,一方面可以节省时间,提高选点效率,另一方面,可以最大限度地提高纠正精度。

表 3 不同纠正控制资料校正误差对比

(单位: m)

纠正控制资料	地形	检查点误差			检查点/个	整景中误差
		中误差	最大值	最小值		
1:5 万 DOM	平原	16.06	43.796	1.288	35	21.74
	山区	27.81	72.181	1.328	25	
1:5 万地形图	平原	24.84	40.47	4.502	35	25.5
	山区	26.4	53.544	1.801	25	
1:1 万土地利用数据库	平原	16.67	30.228	2.252	35	26.18
	山区	35.45	105.909	1.274	25	

4 精度评价方法研究

4.1 用于纠正的检查点数量研究

检查点不参与纠正模型的计算,只起到检查纠正精度的作用。所以,检查点的数目与纠正模型的建立无关系。无论增加多少检查点,正射影像的控制点 *RMS* 不发生任何变化。试验中分别选取了 6、10、15、20 个检查点,这些点均匀分布于整景数据中,每个检查点的 *RMS* 均小于控制点 *RMS* 的 2 倍。通过试验可知,每景影像数据有 6 个检查点即可,如果控制点定义不准确,检查点就无法匹配,误差就会超标。一般来说,检查点在 *X* 方向和 *Y* 方向的残差不超过图面的 0.1 mm,就可以保证较高的校正精度。

4.2 用于精度检查的检查点数量研究

从 8 个检查点开始,每 4 个检查点等差递增,直

到达到 60 个检查点为止。通过计算影像的中误差,来研究检查点最佳数量。检查点数量与校正中误差变化关系如图 1 所示。

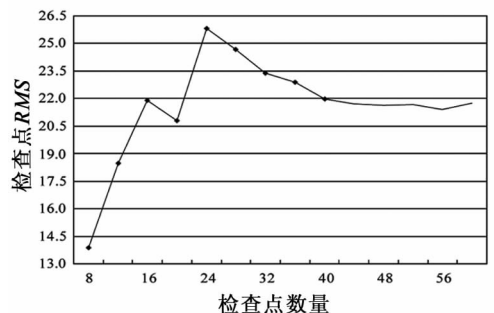


图 1 检查点数量与校正中误差变化曲线

从图 1 整体走势可以看出,检查点的数量在 40 个以后,中误差的变化不大;从曲线变化区间上看,中误差主要在 20.5~23 之间变化,其余曲线趋于平滑状态。考虑到评定的稳定性,可以认为,40 个检查

点是评定该景数据纠正精度的最佳数目。

综上所述,我们可以得到:正射纠正过程中的检查点数量为每景 6 个,可均匀分布在整景影像的上、中、下部分,即每部分有 2 个检查点即可;精度检查过程中的检查点数量为 40 个,均匀分布于整景数据中,各个检查点与周围邻近检查点应尽量构成等边三角形。

5 结 论

(1)采用有理函数或几何多项式对平坦地区进行纠正的结果相差不大,但对山地纠正而言,有理函数得到的精度要高于几何多项式得到的精度;

(2)选取控制资料的时候,优先选择大比例尺 DOM,既可以节省时间,提高选点的效率,也可以最大限度地提高纠正精度;

(3)正射纠正过程中采用 6 个均匀分布在整景影像上的检查点即可;精度检查过程以 40 个均匀分布且构成三角网的检查点为最佳。

参 考 文 献

[1] 袁林山,杜培军,张华鹏,等. 基于决策树的 CBERS 遥感影像分类及分析评价[J]. 国土资源遥感,2008,(2):2-3

[2] 廖安平,陈利军,张宏伟,等. CBERS-02B 卫星影像几何纠正与融合试验初步研究[R]. 北京:国家基础地理信息中心,2007.

[3] 戴锦芳,陈云. CBERS-02B 影像质量及其在土地利用分类中的应用评价[R]. 南京:中国科学院南京地理与湖泊研究所,2006.

[4] 何海清,李发斌,李何超,等. 基于权重与混合模型的遥感图像分类方法研究[J]. 国土资源遥感,2008,(2):18-21.

[5] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2005.

[6] 杜培军. 遥感原理与应用[M]. 北京:地质出版社,2006.

[7] 巩丹超,邓雪清,张云杉. 新型遥感卫星传感器几何模型、有理函数模型[J]. 海洋测绘,2003,23(1):31-33.

[8] 汤国安,张友顺,刘咏梅,等. 遥感数字图像处理[M]. 北京:科学出版社,2004.

[9] 孙福贵,冯树辉. 基于 1:1 万 DEM 的 SPOT 5 遥感影像正射纠正[J]. 安徽农业科学,2008,36(2):830-83.

[10] 汤竞煌,聂智龙. 遥感图像的几何校正[J]. 测绘与空间地理信息,2007,(2):100-102.

AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE GEOMETRIC CORRECTION METHOD FOR CBERS - 02 SATELLITE IMAGE

SONG Wei

(Resources and Environmental Sciences College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: In order to study the feasibility of CCD multispectral data of CBERS - 02 satellite and expand the geographic information of RS image sources, this paper, exemplified by CCD multispectral data of the CBERS - 02 image, carried out some experiments on two kinds of rectification models and the influence of three different kinds of correction control materials on precision appraisal. On the basis of these experiments, the author developed a time - saving and energy - saving method for CCD multispectral data of the CBERS - 02 1:100 000 image.

Key words: CBERS - 02 satellite; Geometric correction; CCD multispectral data

作者简介:宋薇(1983-),女,黑龙江哈尔滨人,东北农业大学资源与环境学院农业遥感与土地利用专业在读研究生,主要从事农业遥感技术与应用研究。
(责任编辑:刁淑娟)

(上接第 50 页)

THE OPERATIONAL ATMOSPHERIC CORRECTION OF CBERS IMAGE

FU Qiao - yan, MIN Xiang - jun, PAN Zhi - qiang, QI Xue - yong, WANG Ai - chun

(China Resource Satellite Application Center, Beijing 100094, China)

Abstract: Based on characteristics of the CBERS image and the theory of the atmospheric radioactive transfer model and using MODTRAN as the core of the algorithm, the authors established the aerosol optical depth search table to correct the atmospheric influence. This means can meet the needs of operational quantitative products of CBERS, and can also yield fairly good application effects, as was evidenced by using the CBERS image in the atmospheric correction along the Gailingjiang River valley of Guangyuan in Sichuan province on August 14, 2005.

Key words: CBERS; Atmospheric correction

第一作者简介:傅俏燕(1970-),女,高级工程师,主要从事资源卫星在轨绝对辐射定标、大气订正及定量化方面研究工作。

(责任编辑:李瑜)