

基于 GPS 实测控制点的 SPOT 5 1A 数据 几何校正方法精度比较

陈华, 安娜, 杨清华

(中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要: 采用高精度的星基差分 GPS 实测控制点对 SPOT 5 1A 数据几何校正方法进行比较, 对校正误差的产生原因进行分析。结果表明: 正射模型法的校正精度远高于多项式法的校正精度; 多项式法在 X 方向上的误差远大于 Y 方向上的误差; 正射模型法的误差在 2 个方向上差别不大。卫星扫描角度引起的像元畸变是多项式方法产生较大误差的重要原因。

关键词: SPOT 5; GPS; 几何校正; 正射模型法; 多项式法

中图分类号: TP 75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2007)04-0047-04

0 引言

SPOT 5 是法国 Spot Image 公司于 2002 年发射的一颗高分辨率遥感卫星, 目前已被广泛应用于土地、地质、测绘、环境监测和规划管理等许多领域^[1-8]。这种高分辨率遥感影像的几何校正对地面控制资料有更高的要求。目前常用的控制资料有 1:1 万比例尺地形图和土地利用现状图等图件资料。由于这些资料的现势性、可获取性及扫描误差等原因, 有些条件下难以满足需要。近年来发展起来的 GPS 技术, 特别是星基差分 GPS 技术为快速准确获取地面特征地物点坐标, 从而进行几何校正提供了新的地面控制资料^[9-13]。目前常用于 SPOT 5 数据的校正方法有正射模型法和多项式法^[14-16]。正射模型法建立在卫星的成像机制基础上, 利用物理模型实现遥感数据的几何校正; 多项式法则通过建立影像坐标与地面坐标之间的统计关系, 实现遥感数据的几何校正。由于 SPOT 5 卫星实现了侧视功能, 海拔高度的影响远比传统星下点成像的卫星数据更为显著, 理应进行正射校正。对于正射校正而言, 需要利用处理程度较低的数据如 1A 级数据, 所以 1A 级数据得到了广泛应用。然而, 在实际工作中, 由于对 SPOT 5 数据特点缺乏了解, 常常利用多项式模型和添加大量控制点的方式对 1A 数据改善校正效果, 而没有采用正射模型方法。同时, 由于常用的地面控制资料年代较老或位置不准确, 1A 数据校正方

法精度比较的问题更难以得到可信答案。因此, 本文采用高精度星基差分 GPS 实测控制点对 SPOT 5 1A 数据的校正方法进行精度比较研究, 并对不同校正方法误差的产生原因进行分析。

1 数据来源与预处理

采用 2 景太原市 SPOT 5 数据, 数据级别为 1A 级, 空间分辨率为全色 2.5 m, 多光谱 10 m。遥感影像的西部、北部和东部为山区, 中部和南部为平原区。几何校正前进行了配准和融合处理, 每景选取的 7 个以上配准点均匀分布于整景影像。采用二次多项式方法进行波段配准, 配准误差在 1 个像元以内。配准完成后, 利用 IHS 变换方法将多光谱数据与全色数据进行融合, 融合后影像反差适中、纹理突出, 地物特征点清晰, 可以满足后续控制点选取的需要。另外, 本研究还收集了正射校正需要的 DEM 数据。

GPS 测量采用 Ashtech 马克 II 型仪器, 其标称精度为 5 mm + 2 ppm。首先, 在实地进行了 71 个地物点坐标测量; 然后, 利用相关软件进行平差, 测点坐标误差控制在 50 cm 以内 (< 0.2 个像元); 最后得到可供遥感数据几何校正与精度检查使用的 GPS 实测控制点坐标。由于有些实测地面点在 2 期影像上不是非常清晰, 只采用了部分控制点作为校正点或检查点。采用的遥感数据和控制点数据详细情况如表 1 所示。

表 1 采用的遥感数据和控制点数据

数据源		时相 1	时相 2
SPOT 5	成像时间	20051114	20050131
	轨道号	274-274	274-273
	侧视角/(°)	R 23.30(全色)	L 7.46(全色)
	扫描角/(°)	R 23.29(多光谱)	L 7.43(多光谱)
控制点	总数/个	61	54
	校正点/个	41	38
	检查点/个	20	16

2 校正方法与精度评价

几何校正常用的方法有正射模型法和多项式法。如前所述,正射模型法建立在严密的物理模型基础上,利用地面控制点三维坐标、卫星轨道参数、传感器参数及 DEM 进行校正,得到正射影像;多项式法通过地面控制点坐标和图像坐标求取多项式模型参数,利用多项式进行校正,得到校正影像。本文采用上述 2 种方法分别对 2 期 SPOT 5 影像进行校正和精度评价。精度评价采用公式(1)~(3)进行。

$$\begin{cases} \Delta X_i = X_{i\text{计算值}} - X_{i\text{实际值}} \\ \Delta Y_i = Y_{i\text{计算值}} - Y_{i\text{实际值}} \end{cases} \quad (1)$$

$$M_i = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2} \quad (2)$$

$$RMS_{\text{error}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{i\text{计算值}} - X_{i\text{实际值}})^2 + (Y_{i\text{计算值}} - Y_{i\text{实际值}})^2}{n}} \quad (3)$$

式中, ΔX_i 与 ΔY_i 分别表示第 i 个控制点在 X 和 Y 方向上的误差; M_i 表示第 i 个控制点的点位误差; RMS_{error} 表示均方根误差; n 为样本数。

3 校正精度与分析

3.1 总体精度

从所有控制点中随机选取部分控制点作为校正点,其它控制点作为检查点,利用多项式法和正射模型法分别对 2 个时相的 SPOT 5 影像进行校正^[1]与精度分析。各时相采用的控制点数见表 1,校正误差见表 2。

表 2 校正点与检查点误差

校正方法		多项式法		正射模型法	
		时相 1	时相 2	时相 1	时相 2
校正点	均方根误差	22.79	8.10	1.25	1.46
	最大点位误差	57.16	21.46	3.02	2.78
	最小点位误差	0.57	0.22	0.13	0.10
检查点	均方根误差	13.76	4.60	1.46	1.53
	最大点位误差	38.59	9.38	2.72	3.22
	最小点位误差	0.34	0.67	0.48	0.34

可以看出,对于校正点和检查点,单点最大点位误差及所有点点位误差的均方根,多项式法的校正误差远远大于正射模型法,因此,正射模型法的校正精度远高于多项式法的校正精度。

3.2 X 、 Y 两个方向的误差与原因探讨

对比分析发现,对于 X 、 Y 两个方向而言,多项式法的误差差别十分明显, X 方向上的误差远大于 Y 方向上的误差;正射模型法的误差在 2 个方向上差别不大。图 1 和图 2 分别表明了利用 2 种方法对时相 1 进行校正时,校正点在 X 和 Y 方向上的误差。时相 2 校正点在 X 和 Y 方向误差分布也有相同的规律,这里不再赘述。

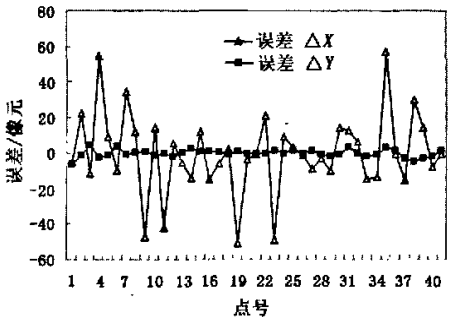


图 1 多项式法校正点 X 、 Y 方向的误差(时相 1)

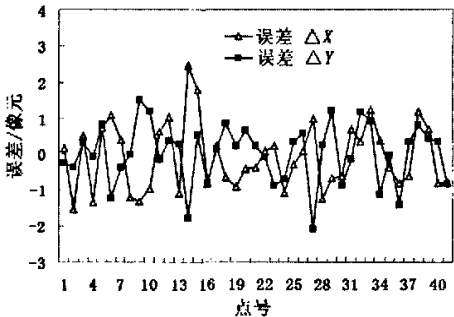


图 2 正射模型法校正点 X 、 Y 方向的误差(时相 1)

对于产生上述方向差异的原因,本文提出如下观点:

(1) SPOT 5 卫星具有侧视能力,实现了大视场角的观测,但随着视场角的增大,在卫星视场范围内,像元对应的地面实际大小发生相应的变化,且这种变化的速率在沿卫星飞行方向和垂直于卫星飞行方向上是不同的(图 3),在垂直于卫星飞行方向上像元大小变化较快,而在沿卫星飞行方向像元大小变化则较慢;同时,卫星轨道为近极地轨道,大抵沿着南北方向(即图像 Y 方向)飞行(大约有 10° 左右的夹角),所以在 X 方向上像元大小变化快,而在 Y 方向上像元大小变化慢。这种像元大小的变化,即

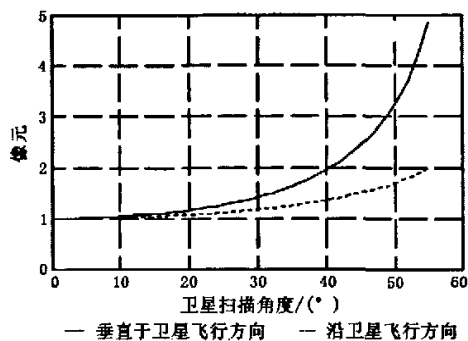


图3 卫星扫描角度与像元相对地面实际大小

的关系(根据文献[17]修编)

像元畸变,是图像几何畸变产生的一个重要原因。

(2)对于SPOT 5 1A数据,其处理过程中并没有处理上述畸变。利用正射模型进行几何校正时,根据成像机理,考虑了这种因素以及其它系统因素产生的影响,可以消除这种畸变。因此,利用这种方法进行校正时,在X、Y轴上已经消除了系统原因引起的误差,只存在随机误差的影响。对于多项式法而言,并没有考虑成像过程,而是直接建立影像与坐标之间的关系,利用这种方法进行校正时不能消除系统误差的影响;SPOT 5 1A数据在Y轴上像元畸变小,则多项式模型误差在Y轴上小;SPOT 5 1A数据在X轴上像元畸变大,则模型误差在X轴上大。由于其它因素不会造成这种X和Y两个方向上误差的明显差异,因此,随着视场角的增大,像元畸变在X、Y方向不同是解释正射模型法和多项式法在X、Y误差产生差异的原因。

(3)对于不同时相的数据,扫描角也是校正精度的主要影响因素之一。从表2可以看出,对于多项式法,时相1的误差大于时相2的;而正射模型法,两个时相误差差异不大,本文认为产生这种现象的原因也与扫描角度有关。时相1获取时卫星的扫描角为23°左右,而时相2获取时卫星的扫描角仅为7°左右(表1)。通过图3可以看出,扫描角越大,像元畸变越严重,因此,多项式方法由于没有能力对其进行校正,所以扫描角越大,误差越大。而正射模型法消除了扫描角的影响,误差大小与扫描角大小无关。

4 结论

研究表明,对SPOT 5 1A数据的几何校正而言,正射模型法的精度远高于多项式法的精度。卫星扫描角度引起的像元畸变是多项式方法产生较大误差的重要原因。然而,本文并不否认多项式方法对于其它级别数据校正的能力,对于SPOT 5的2级数据而言,由于消除了系统畸变产生的影响,只剩下偶然

误差,即已完成了几何粗校正,可以利用多项式方法实现高精度几何校正,即几何精校正,而对于SPOT 5 1A数据而言,正射模型法是目前最佳的选择。

参考文献

- [1] 冯钟葵,厉银喜. SPOT系列卫星及其数据产品的特征[J]. 遥感信息,1999,(3):31-34.
- [2] 李吉平. SPOT 5:消衰和飞跃[J]. 中国图象图形学报,2001,6(A9):932-934.
- [3] 曹凯,江南,吕恒,等. 面向对象的SPOT 5影像城区水体信息提取研究[J]. 国土资源遥感,2007,(2):28-30.
- [4] 刘洋,刘述彬,陆忠军,等. SPOT 5数据在县级土地利用动态遥感监测工作中的应用[J]. 黑龙江农业科学,2007,(1):74-77.
- [5] 王晓红,聂洪峰,杨清华,等. 高分辨率卫星数据在矿山开发状况及环境监测中的应用效果比较[J]. 国土资源遥感,2004,(1):15-18.
- [6] 陈家琪. ETM+SPOT 5融合卫星影像在水土保持方案编制中的应用研究[J]. 水土保持研究,2004,11(2):90-93.
- [7] 林辉,莫登奎,熊育久,等. 基于3S的土地利用数据库更新技术研究[J]. 遥感信息,2005,(5):45-48.
- [8] 徐克科,郭增长,赵争,等. 基于SPOT 5影像的地形图更新研究[J]. 黑龙江工程学院学报(自然科学版),2006,20(2):27-30.
- [9] 代华兵,李春干,李政国. 基于星站差分GPS及DEM的林区分SPOT 5数据正射校正[J]. 林业资源管理,2006,(3):68-71.
- [10] 周华茂,陈涛,杨健,等. 土地利用更新调查中SPOT 5影像正射纠正方法的应用研究[J]. 西南农业学报,2007,20(1):87-90.
- [11] 孙晓娟,范文义,蔡体久,等. GPS在SPOT遥感影像空间配准中的应用[J]. 东北林业大学学报,2005,33(4):110-112.
- [12] 张婷,刘军,骆慧琴. 1:1万DEM的生成及SPOT-5卫星数据正射校正[J]. 遥感技术与应用,2004,19(5):420-423.
- [13] 罗旭,李春干,李崇贵,等. 星基差分GPS用于林区高分辨率遥感图像几何精校正[J]. 北京林业大学学报,2005,27(S2):48-51.
- [14] 范运年,任波,周建中. ERDAS IMAGINE 8.4中影像几何校正法初探——以清江流域为例[J]. 计算机仿真,2003,20(10):49-51,135.
- [15] 李崇贵,李春干. 森林资源监测SPOT 5遥感图像几何精校正方法研究[J]. 北京林业大学学报,2004,26(5):22-25.
- [16] 李崇贵,赵宪文. 林区地形起伏对SPOT 5遥感图像几何精校正的影响[J]. 北京林业大学学报,2004,26(2):6-10.
- [17] Mash Nishihama, Robert Wolfe, David Solomon, et al. MODIS Level 1A Earth Location: Algorithm Theoretical Basis Document Version 3.0 [R]. NASA/Goddard Spaceflight Center,1997.

GEOMETRIC CORRECTION METHODS OF SPOT 5 1A DATA BASED ON GPS - MEASURED GROUND CONTROL POINTS

CHEN Hua, AN Na, YANG Qing - hua

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Centre for Land and Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: Using the high resolution ground control points measured by satellite - based DGPS (Differential Global Positioning System), this paper compared two geometric correction methods for SPOT 5 1A data and analyzed the causes of correction errors. The results show that the accuracy of the orthorectification model method is better than that of the polynomial method. The errors of the polynomial method in Y axis are bigger than those in X axis, but the error difference in Y axis and in X axis is not obvious for the orthorectification model method. The pixel distortion caused by the satellite observation angle is the main cause for the bigger errors of the polynomial method.

Key words: SPOT 5; GPS; Geometric correction; Orthorectification model method; Polynomial method

第一作者简介: 陈 华(1977 -), 男, 博士, 主要从事土地资源、遥感与地理信息系统研究与应用。

(责任编辑: 刁淑娟)

=====

(上接第 37 页)

4 结 论

(1) 采用 1:8 000 ~ 1:60 000 摄影比例尺, 开展机载 POS 直接地理定位, 制作 1:5 万正射影像, 是完全可行的;

(2) 进行 1:5 万测图时, 平面精度完全满足规范精度要求, 当摄影比例尺小于 1:25 000 时, 高程精度可能超限, 当需要进行 1:5 万比例尺测图时, 应尽量采用大于 1:20 000 的摄影比例尺飞行;

(3) 制作 1:1 万正射影像, 属于高山地的滇东南试验区精度超限, 而属于平原地区的丰宁测区, 即使摄影比例尺为 1:60 000, 仍然满足规范精度要求;

(4) 进行 1:1 万测图时, 基本不会采用 1:50 000 甚至更小的摄影比例尺。

所以, 从 5 次试验来看, 地理定位精度主要受高

程精度的制约, 一般可以通过布设四角地面控制, 来消除高程超限的问题。

参考文献

- [1] 王之卓. 摄影测量原理[M]. 北京: 测绘出版社, 1984.
- [2] 李德仁, 郑肇葆. 解析摄影测量学[M]. 北京: 测绘出版社, 1992.
- [3] 张祖勋, 张剑清. 数字摄影测量学[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1996.
- [4] 袁修孝. GPS 辅助空中三角测量及其质量控制[D]. 武汉: 武汉大学, 1999.
- [5] 郭大海, 吴立新, 等. 机载 POS 系统对地定位方法初探[J]. 国土资源遥感, 2004, (2): 26 - 31.
- [6] 郭大海, 吴立新, 等. IMU/DGPS 辅助航空摄影新技术的应用[J]. 国土资源遥感, 2006, (1): 51 - 55.
- [7] 郭大海, 王建超, 郑雄伟. 基于 IMU/DGPS 的直接地理定位与 GPS 辅助空中三角测量比较[A]. 国家基础航空摄影航摄新技术经验交流会暨应用培训班论文集[C]. 2006.

ACCURACY ANALYSIS OF AIRBORNE POS - SUPPORTED PHOTOGRAMMETRY

WANG Jian - chao, GUO Da - hai, ZHENG Xiong - wei

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the data processing theory of direct georeferencing by airborne POS supported photogrammetry, this paper proposes the accuracy appraisal method. The accuracy of orientation parameters of POS and that of ground object position are dealt with in detail in this paper according to the experimental results and production practice.

Key words: POS; Accuracy; Photogrammetry

第一作者简介: 王建超(1977 -), 男, 工程师, 主要从事航空遥感数据处理方法和 GIS 应用研究。

(责任编辑: 刁淑娟)