

Quick Bird 卫星影像几何校正方法研究*

蒋之富¹, 和爱军², 岳彩荣¹, 袁 华¹

(1.西南林学院,昆明 650224;2.昆明植物研究所,昆明 650204)

摘要:选择 3 块地势起伏不同的区域作为研究区,研究 Quick Bird 影像的几何校正。利用简单多项式校正模型、有理函数模型和局部区域校正模型进行校正对比,发现:在地势平坦区域,利用简单的多项式校正模型即可取得较高的校正精度;在地势起伏较大的地区,利用有理函数校正模型可取得较好的校正效果,并且 3 者中有理函数校正模型最稳定。

关键词:遥感图像;定位;几何校正;DEM

中图分类号:TP 75 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-6075(2008)02-0041-04

The Technology of Geometric Rectification on Quick Bird Imagery

JIANG Zhi-fu¹, HE Ai-jun², YUE Cai-rong¹, YUAN Hua¹

(1. South West Forest College, Kunming 650224, China; 2. Research Institution of Plant in Kunming, Kunming 650204, China)

Abstract: Three areas which have the different elevation are chosen in this research in order to study the geometric correction on the Quick Bird Imagery. The rectification of simply polynomial, rational function model and the rubber sheet model in each area, and analysis and comparison to the different approximate were used in this paper. It concluded that using the simply polynomial can gain the better rectification results in the flat area, and using the rational function model can gain a good result in the undulation area. The rational function model is the most stabilization.

Key words: remote sense image; orientation; geometric correction; DEM

引言

Quick Bird 卫星是由数字地球公司运营,是目前世界上空间分辨率最高的商用卫星。由于快鸟卫星可以斜视成像,导致其几何定位精度受到影响,特别是在地势起伏较大的区域,其几何定位精度更加受到考验。此研究是基于 Quick Bird 卫星影像在“林权制度改革”中运用提出来的,购买的数据为 Quick Bird 影像的预正射产品。由于林权的权威性,因此宗地的面积是十分重要的,只有在高精度的定位中才有准确的宗地面积。Quick Bird 卫星影像给用户最大的优势在于提供大量信息和高精度的定位,只有二者的相互结合才

能突出其优越性。

影像不能准确定位是因为影像的几何畸变。Quick Bird 卫星影像的几何畸变除受到由地球自转、大气折射等的影响外^[1],还由于其自身可以斜视成像,由此加大了其校正难度。另外,由于 Quick Bird 卫星的空间分辨率极高,因此增加了用户对其定位的要求。

根据潘家文提出的影像与地形图比例尺的关系,可得出要校正空间分辨为 0.61 m 的 Quick Bird 卫星遥感影像,地形图的比例尺应大于 1:2 500^[2]。然而目前全国范围内只有较少地区能达到此条件,而绝大多数地区仅有 1:10 000 的地形图,这也是这次研究所选

* 收稿日期:2007-11-30 修回日期:2007-12-17

项目基金:AGA 三江并流生物多样性保护项目(KNCF-AGA 02-01-2-02)

作者简介:蒋之富(1982-),男,重庆荣昌人,西南林学院在校硕士研究生,主要从事 3S 在林业中应用的研究。

1:10 000的地形图的主要原因。为了满足 Quick Bird 卫星影像在大范围内的使用,应提出简便、适宜的校正技术,以能满足生产中运用即可。本文从现有地形图的基础上,研究 Quick Bird 卫星影像的几何校正方法。

1 实验步骤

1.1 实验区的选择

此研究旨在找出不同校正模型在不同地区取得的校正结果,因此所选代表区共分3种类型:一是选择地势平缓区,在30 km²的研究区域,最高与最低海拔之差不超过50 m;二是选择地势起伏较小的研究区域,该区域面积为24 km²,海拔之差为150 m;三是选择地势起伏较大的地区,此区域面积为16 km²,主要是集中山区,海拔之差为450 m。

1.2 校正模型的选取

几何校正正是求取影像点地理坐标的过程,一般卫星影像的几何校正模型可分为物理校正模型和非物理校正模型。其中物理校正模型是根据卫星轨道、传感器类型以及所拍摄地物所形成的几何条件,以共线式推算出其成像关系式,再将影像进行地面坐标转换计算,理论上可获得最高的精度,如航空影像正射校正属于此类模型。而非物理模型则不考虑成像特性,利用多项式等数学方程式,直接将影像对地面坐标进行坐标转换,一般情况下精度比物理校正模型差,如简单多项式、局部校正等都属此类模型。鉴于卫星运行商对大多数卫星的轨道参量及传感器参数都予以保密,因而直接利用构像模型进行严格几何校正是不可能的,因此在实际应用中通常基于地面控制点对星载遥感影像进行几何精校正。

在此次实验中,选用了多项式、局部区域和有理函数模型。其主要原因是这些模型不需要卫星影像的严格成像参数;其次是由于这几种模型是遥感软件中现有模型,不需要重新利用编程来实现,可以被用户广泛采用。

1.2.1 一般多项式校正模型

一般多项式几何精校正算法的具体表达式:

$$\begin{aligned} x &= \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m a_{ij} X^i Y^j \\ y &= \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m b_{ij} X^i Y^j \end{aligned} \quad (1)$$

式中: x, y 为像点的像平面坐标; X, Y 为其对应地面点的地面坐标,这里多项式的阶数可界于1~5次。1次多项式适用于被校正图像和参照图像具有两种较近的地图系统^[3];而两次多项式解算简单,准确度低。此次实验选用了一般3次多项式和5次多项式。一般多项式算法直接对影像的几何变形进行数学模拟,因而适用于各种类型的传感器,但其未考虑地形的影像,故只适合平坦地区,准确度有限。但一般多项式算法解算稳定,形式简单,在实际中利用率较高^[4]。

1.2.2 有理函数算法模型

有理函数模型(Rational Function Model)是将像点坐标表示为以相应地面点空间坐标为自变量的多项式的比值,其数学表达式为:

$$\begin{aligned} u &= \frac{P_1(X, Y, Z)}{P_2(X, Y, Z)} \\ v &= \frac{P_{31}(X, Y, Z)}{P_4(X, Y, Z)} \end{aligned} \quad (2)$$

式中: u, v 为像素的行列数; X, Y, Z 是目标点的地面坐标,适用于大多数传感器。但高阶有理函数模型计算复杂,通常由于参量过多会导致解的不稳定性;而且模型系数没有具体物理含义,因此校正准确度也存在一定局限性^[6]。在 ERDAS 下, Quick Bird 影像的有理函数模型需要数据提供商提供的 RPC 文件, Quick Bird 影像数据的 RPC 文件可以是 .rpa、.rpb 和 .rpc 文件,此校正所用的是数据提供商提供的 .rpb 文件。

1.2.3 局部区域校正模型

局部区域校正法是在影像中均匀选取控制点后,先将所有点组成三角网,再分别进行每个三角形区域的多项式系数求解,然后各区域利用其各自的多项式系数进行转换。局部区域校正法的精度受限于控制点数量、位置及地形起伏程度等因素影响,整体而言校正精度随控制点的增加而提高,在地形变化剧烈的地区,控制点密度还需再增加。在 ERDAS 软件中使用 Rubber Sheet 几何校正模型,校正后影像的范围为控制点确定的多边形范围,控制点多边形以外的部分被裁切,所以局部区域校正模型不适用于整景影像的校正^[5]。

另外,局部区域校正模型只有在其他模型校正结果不理想的情况下使用,并且其对 GCP 的要求比其他模型更高。其中,它又有线性和非线性之分,线性是指

利用一次多项式计算的结果,而非线性是指五次多项式校正。

1.3 控制点的选取

在控制点的选项选取中,多项式校正模型中选择的GCP数以多项式校正规定数为起点数,即控制数:

$$P=(n+1) \times (n+2) / 2 \quad (3)$$

其中n为多项式计算次数。

经过反复实验,找出实验结果相对较好,并且控制点选取的工作量不是特别大的情况下,最后此次实验选择的控制点数为:简单多项式的GCP为22个;在利

用Rubber Sheet模型过程中,控制点数达到了35;而利用有理函数模型时的GCP为16个。

另外,控制点尽量选择能精确定位地区,如小路的十字路口,或标志性建筑物的一个角,只有在高精度的情况下才能得到一幅高精度的校正图。

2 结果分析

在实验过程中选取了在3种不同地势起伏地区作为实验区,分别采取不同几何校正模型进行校正。最后分别对每次校正利用检查点进行检查,每种方法的检查点都为10个。经检查点所得结果见表1。

表1 不同区域不同模型的检验结果

区域	模型	三次多项式 (像元)	五次多项式 (像元)	局部区域— linear(像元)	局部区域— nonlinear(像元)	有理函数模型 (像元)
地势平缓区	X(residual)	1.7309	2.2718	2.2289	2.9929	2.6851
	Y(residual)	1.9981	2.1840	2.6740	3.1056	2.2674
	RMS error	2.7917	3.1670	3.6210	4.5237	3.5144
地势起伏较小区	X(residual)	6.8088	7.3258	3.1749	6.6031	2.3718
	Y(residual)	4.3304	4.5594	3.0398	5.0593	1.3806
	RMS error	9.0108	9.5319	4.4690	8.3203	2.8581
地势起伏较大区	X(residual)	10.0476	10.3200	3.8403	4.1818	5.3212
	Y(residual)	8.8929	8.9689	5.0731	5.4874	2.4091
	RMS error	13.4179	13.6727	6.3627	6.8992	5.8411

2.1 地势平缓区

在地势平坦地区,简单的3次多项式可达到较高的校正精度,校正可达到1个像元,平均校正误差为2.8个像元。经对比3次和5次多项式校正结果发现,不是校正次数越高校正结果越好,3次多项式的总校正误差为2.8个像元,而5次多项式达到了3.2个像元。其中在此实验区校正效果最不好的地方,标志物点在3次多项式校正结果中的精度就明显要比在5次校正后的结果好。

而利用局部区域校正同样可以在点上取得较高的定位,但由于其总体上有变形,建议在简单多项式可以满足校正精度的情况下尽量不要采用此模型。在此区中,线性局部校正模型较非线性结果要好。

有理函数模型在此区域的校正精度比以上两种模型的校正结果差,部分原因是此区域是人为活动频繁地区,地形图上的一些高地,在影像上已找不到了。

2.2 地势起伏较小区

在地势起伏不太大的地区,利用一般多项式可以

满足校正误差不超过10个像元,实验区的中部,校正结果比实验区边缘区域要好。在点定位上,Rubber Sheet在控制点少的时候校正误差较大,只有在大量准确的GCP条件下,才能获得较好的定位精度。但由于个别区域的变形较大,特别是在影像成像时的背对传感器的山坡,校正出的结果有明显的扭曲现象。在这些高低起伏区域,有理函数模型的优越性就体现出来了,它的校正误差较小,可以达到2.9个像元。

2.3 地势起伏较大区

在地势起伏较大地区,一般多项式校正模型的效果就比较差了,个别检查点的定位误差可达到50个像元,这主要分部在实验区的左上角上,而检查点总体误差为13.4个像元。在加入了1:10 000的DEM情况下,有理函数模型的校正精度相对较好,可达到5.8个像元的校正误差。在局部区域校正模型中,控制点的数目有较大的影响,GCP相对较少时,校正误差很大;若GCP的数目足够多时,此校正模型可以取得较高的精度。然而,在地势起伏较大的山区要找出较多的准

确控制是件很难的事情。所以,利用有理函数模型对 Quick Bird 卫星影像在此类地区的校正是理想的选择。

3 结论与讨论

在一般情况下,用户很难获取卫星影像的传感器参数及卫星轨道信息,因此直接利用严格构像模型来对其进行定位是不可能的。所以选取不同非物理模型进行校正,并对校正结果进行对比分析,得出在不同地域上进行 Quick Bird 卫星影像校正的经验模型。

在整个实验区,3次多项式校正结果比5次多项式校正结果稳定,计算时间也较快,因此它是平坦区域可选的较优校正模型。非线性局部校正模型的校正结果比线性局部校正模型的效果差,同时它们都对 GCP 的质量和数量要求较高,并且它们在部分地区的变形较大,不如多项式的整体效果好,它只有在其他校正模型效果不理想的情况下运用。有理函数模型的整体效果稳定,虽然它的校正条件比简单多项式模型要高,但在地势起伏地区,其优势明显。另外,就 GCP 数量而言,要取得相对较好的校正精度,局部校正模型要求的数量最多,多项式次之,有理函数模型所需最少。然而,随着 GCP 数量的增长,各种模型的校正结果都有所提高。

通过此次实验,有如下建议:

1) 到目前为止,全国大范围内都只有 1:10 000 的地形图,很多地方还是很老的地形图(如上世纪 50 年代制作),这对今后国家国土、森林等资源的调查是一个障碍,应尽快更新地形图数据库,最好能达到大于 1:2 500 比例尺的地形图。

2) 利用 1:10 000 的地形图校正 Quick Bird 的结果对比可以看出,在地势平坦区,高差不超过 50 m 的情况下,利用简单多项式校正模型即可取得较好的校正精度。不用过于强求复杂方法来追求校正精度。在选用一般多项式校正模型时,不用过于追求高次数校正模型,一般情况下,3次多项式校正模型即可取得较好效果。

3) 在地势起伏较大地区,强烈要求运用较大比例尺的 DEM。只有加入了 DEM 信息才能获得较高的校正精度。对于确实不能满足较好校正精度的地区,可以在小范围内采用局部区域校正模型,但要求有足够多且分布均匀的准确 GCP。

另外,各种不同模型在使用中所需的 GCP 数量不同,接下来的研究中可就各模型所需 GCP 的数量做一讨论。实验区的大小与校正精度也有较大的关系,对比分析不同大小实验区的校正结果也具有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 徐青,张艳,等. 遥感影像融合与分辨增强技术[M]. 北京:科学出版社,2007.19-46s.
- [2] 潘家文,朱德海. 遥感影像空间分辨率与成图比例尺的关系应用研究[J]. 农业工程学报,2005,21(9):124-128
- [3] ERDAS imagine professional 9.1.on-line manuals [Z].2006.
- [4] 蔡喜琴,曹建君. 中巴地球资源卫星 CCD 影像几何纠正方法比较[J]. 遥感技术与应用,2006,27(04):395-399.
- [5] 李立钢,刘波. 星载遥感影像几何精校正算法分析比较[J]. 光子学报,2006,35(7):1028-1035.
- [6] 张永生,巩丹超,等. 高分辨率遥感卫星应用[M]. 北京:科学出版社,2004.34-45.

(上接第 40 页)工具,其正常运行需要具备相关知识的人才。对于县级林业局,掌握一定新技术的人才相对缺乏。现有的森林防火专业人员必须具备较高的科学技术水平,以适应时代发展的要求,因此要做好专业防火人员的培训工作,提高业务素质和专业技能,以适应新的形势和新的条件下防火工作的需要。此外,在今后林业专网建成的情况下,可将森林防火系统纳入专网,形成省市县乡四位一体的森林防火辅助决策系统;在野外视频监控监控系统建成的情况下,可将视频

监控系统纳入系统,提高防火决策的直观性、准确性和科学性。

参考文献:

- [1] 蔡学理,肖化顺. 林火指挥扑救决策支持系统的设计与实现[J]. 林业调查规划,2006,4(2):11-13.
- [2] 李应国. 森林防火信息系统中 GIS 数据库的建立[J]. 林业资源管理. 2003,2(1):55-57.
- [3] 宋关福,等. 组件式地理信息系统研究与开发[J]. 中国图像图形学报,1998,3(4):313-317.
- [4] 王正非. 山火初始蔓延速度测算算法[J]. 山地研究,1983,1(2):42-51.