

机载多光谱扫描图象几何畸变的全自动校正

郭小方 王天兴 张幼莹 杨苏明

(地矿部航空物探遥感中心,北京 100083)

摘要 分析了引起机载多光谱扫描图象几何畸变的各种主要因素,提出并建立了利用由惯性导航系统同步记录的飞机姿态、运动和位置参数校正机载多光谱扫描图象几何畸变的方法模型。试验结果表明,与传统采用控制点的方法相比,该方法不仅具有较高的校正精度,而且可由计算机全自动完成。

关键词 机载多光谱扫描仪,几何畸变,几何校正

1 引言

机载多光谱扫描是一种极为重要的遥感技术手段,不仅应用于资源卫星发射前后各种模拟试验,而且长期应用于国土与资源调查、农业、林业、环境污染及地质调查等应用研究,也广泛地应用于遥感技术及其应用新技术与新方法的研究。在应用过程中,人们也为其复杂的图象几何畸变所困扰,由于其视场角大、飞行高度低及平台姿态稳定性差,所采集图象与实际景物之间形状迥异。

从60年代至今,机载多光谱扫描图象几何特性的研究一直为人们所关注。传统的几何校正方法利用控制点和最小二乘法拟合求取空间转换多项式,经插值求得校正图象^[1]。该方法需耗费大量的人力于控制点的选取,精度受主、客观因素的限制。更主要的是此方法仅能在有限的子区内,在一定的程度上消除图象的整体畸变趋势,对于由平台姿态、运动变化引起的图象高频几何畸变则无能为力。

1990年,B. J. Devcrqux等提出了匹配 Delan-nay 三角形的机载多光谱扫描图象几何畸变校正方法^[2]。其原理是在图象空间三角形 ABC 与校正空间三角形 $A'B'C'$ 对应,任意在三角形 ABC 中的象元 X 与顶点 A 可用矢量 \overline{AB} 联系起来,表达为线性组合,待定系数 α, β 一旦确定, X 在校正空间的对应点 X' 存在 $\overline{A'X'} = \alpha \overline{A'B'} + \beta \overline{A'C'}$ 。与传统方法相

比,该方法同样需选取大量的控制点以形成三角形联网,仅在精度上略有提高。

另一类校正方法称非参数校正方法^[3],将原始图象和校正图象空间坐标间的差异视为二维随机场。最典型的代表是算术平均法,其利用一组控制点,对每一点计算其原始空间坐标与校正空间坐标的差值,通过加权平均来完成几何校正,权因子与至每个 GCP 的距离成反比。

早在1962年 Elms 就提出了利用位置和方位参数对带式相机图象进行几何畸变校正,但那时获取参数的仪器缺乏且太昂贵以至于未能实现^[3]。随着现代惯导及 GPS 定位技术的发展,从空间实现象元点几何定位已成为可能。美国、加拿大等国都根据自己所能获取的参数及手段建立了相应的校正模式。

2 机载多光谱扫描图象的几何畸变

下面以航遥中心 AADS-1268 机载多光谱扫描仪为例^[4],从以下4个方面分析各种因素对机载多光谱扫描图象几何质量的影响。

2.1 机载多光谱扫描图象的全景畸变

机载多光谱扫描成像时存在这样一个事实,扫描镜以等角速度旋转采样时,随着扫描角的变化,虽然瞬时视场角相同,但每个象元对应的实际地面面

积却不相同,其规律是:由机下点向扫描线两端逐渐地由小变大。由于记录是按等线速度进行,因此造成扫描图象边缘压缩,离机下点越远,压缩畸变越严重,一般将这种图象畸变称为全景畸变,它是机载多光谱扫描图象重要的固有畸变。

就 AADS-1268 而言,扫描角变化在扫描方向上引起的图象压缩是非常严重的,其在边缘引起的象元大小变化率可达 86.7%,但是在航向上,扫描角的变化虽然亦可引起最大达 36.6%的象元大小变化率,但并不形成累积误差及引起象元中心点位置的偏移。

2.2 飞机姿态变化引起的图象几何畸变

星载扫描仪由于平台姿态较为稳定,与平台姿态变化有关的图象几何畸变相对来说不太突出,而对于机载扫描图象而言,飞机侧滚、俯仰、偏流角的变化导致图象严重几何失真。

2.2.1 飞机侧滚角变化引起的图象几何畸变

由于受空中气流变化的影响,飞机常绕轴线滚动,从而使扫描起始点位置发生偏移,导致图象上地物扭曲变形。侧滚角的存在在航向上对图象不产生影响,而在扫描方向上引起的图象畸变是相当可观的,不会对整幅图象形成累积误差。

2.2.2 飞机俯仰角变化引起的图象几何畸变

飞机俯仰角变化是机载多光谱扫描图象几何畸变的主要来源之一,它在扫描方向及航向上都将引起图象几何畸变。在扫描方向上,俯仰角的变化将引起实际对地观测距离发生变化,从而导致对地扫描宽度相应地增大或缩小;在航向上,俯仰角的变化势必导致扫描行位置的偏移,引起扫描行间重叠或间隙。俯仰角的变化引起的几何畸变对整体图象不形成累积误差。

2.2.3 飞机偏流角变化引起的图象几何畸变

为了避免侧风使飞行轨迹偏离预设航线,飞行中飞机往往与设计航向保持一定的偏转角,在根据瞬时视场角与扫描率确定标准速高比的情况下,偏流角的存在导致扫描行行间错位及重叠,并导致图象整体扭曲畸变。飞机在飞行中难以保持固定的偏流角,偏流角的变化将导致扫描行的交叉。

2.3 飞机运动变化引起的图象几何畸变

飞机运动变化引起的图象几何畸变指的是飞机地速、航高及航迹变化引起的图象几何畸变。

2.3.1 飞机地速变化引起的图象几何畸变

飞机地速的变化是一种不可忽视的几何畸变来源。一般机载扫描仪成像时,标准飞行速度取决于扫描率、瞬时视场角及飞行高度。但在实际飞行中,由于受风速、风向、气流的影响,飞机地速难于固定。飞机地速小于标准速度将造成扫描行间重叠,大于标准速度则得不到连续的地面覆盖。虽然在每次扫描瞬间引起的错位可以不予重视,但误差的累积结果将导致图象中的地面形迹拉长或压缩。

2.3.2 航高变化引起的图象几何畸变

为了获得连续的地面覆盖,航高需与瞬时视场角、扫描率及飞行速度相匹配。飞行航高大于标准航高造成扫描行间重叠;飞行航高低于标准航高造成扫描行间隙。航高变化在航向上造成的扫描行间重叠或间隙一般不大,而且不形成累积误差。实际上,航高的变化必然伴随速度、俯仰角的变化,单就航高变化而言,并不改变扫描中心点的位置。

2.3.3 飞机偏航引起的图象几何畸变

由于多种因素的影响,飞机未按原设计的航线直线飞行,真实航迹偏离了原设计航线,这是导致航空多光谱扫描图象几何畸变的一个重要因素。飞机的偏航实际上是由于气流、风速等因素的影响,飞机地速方向变化所致,飞机地速方向偏离了原设计方向。实质上偏航主要是由于地速在垂直设计航向方向上的大小变化所致,其形成的累积偏移量是不可忽视的。

2.4 地形起伏变化引起的图象几何畸变

行式机载多光谱扫描仪的中心投影性质决定了其图象不可避免地存在由于地形起伏变化引起的投影差,由于其视场角较大,飞行高度低,地形起伏变化引起的投影差不容忽视。例如 AADS-1268 在航高 1 000 m 时,欲使在扫描方向投影差小于机下点分辨率 2.5 m,地形高差必须小于 3 m,这在现实中是难于满足的;在正交扫描方向,由于俯仰角一般可控制在 $\pm 5^\circ$ 以内,扫描线在离机下点 87 m 的距离内,如地面与平均高程面高差在 ± 28 m 以内,引起的投影差小于机下点分辨率。

3 校正方法

地矿部航遥中心已引进 Honeywell 惯导系统配置于 AADS-1268 运载飞机上,能同步高精度获取经度、纬度、侧滚角、俯仰角、偏流角、航向、地速、航高、时间等有关飞机姿态、运动和位置的参数。根据

机载多光谱扫描系统的具体情况,开发建立了机载多光谱扫描图象几何畸变的全自动校正模型。

3.1 惯性导航系统参数获取

有关飞机的姿态、运动和位置参数由惯导系统提供给 AADS-1268 扫描仪后再统一编码记录。按照国际标准,飞机惯导系统使用 Arinc 429-4 编码,在飞机飞行过程中,惯导系统按照串行编码的格式,高速地把数据流输出给专门研制的接口器。此接口器已编制了固定的地址编码,在选通脉冲的作用下把参数变换后,进入 AADS-1268 系统。经统一编码后,与扫描图象数据同步记录在 HDDT 磁带上。

3.2 机载多光谱扫描图象几何畸变校正模型

根据扫描中心点与目标点及图象点必在同一行上这一事实(共线),依据 AADS-1268 机载多光谱扫描仪成像的几何模型(图 1),利用与扫描图象数据同步记录的飞机运动、姿态参数,可得到将目标空间坐标与图象空间坐标联系起来的共线方程。

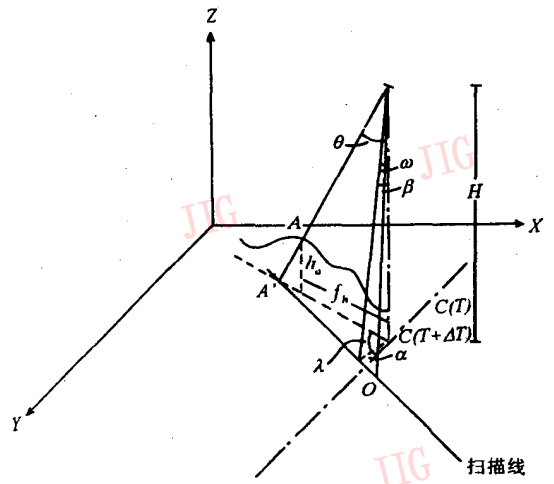


图 1 机械多光谱扫描成象几何模型示意图

如图 1 所示,第 J 个扫描点实际投影点 A 在目标空间的 X, Y 坐标可表达如下:

$$X = C_x - H \tan \beta \sin \alpha + \frac{\tan[(358.5 - J)\Delta\theta + \omega] H \cos \alpha}{\cos \beta} \pm D_x \quad (1)$$

$$Y = C_y - H \tan \beta \cos \alpha + \frac{\tan[(358.5 - J)\Delta\theta + \omega] H \sin \alpha}{\cos \beta} \pm D_y \quad (2)$$

其中: $C_x(T + \Delta T) = C_x(T) + 0.5[\sin \delta(T)V(T) + \sin \delta(T + \Delta T)V(T + \Delta T)]\Delta T$ (3)

$C_y(T + \Delta T) = C_y(T) + 0.5[\cos \delta(T)V(T) + \cos \delta(T + \Delta T)V(T + \Delta T)]\Delta T$ (4)

$$D_x = \sin(\lambda + \alpha) \left(\sqrt{H^2 \tan^2 \beta + \left\{ \frac{\tan[(358.5 - J)\Delta\theta + \omega] H \cos \alpha}{\cos \beta} \right\}^2} - f_h \right) \quad (5)$$

$$D_y = \cos(\lambda + \alpha) \left(\sqrt{H^2 \tan^2 \beta + \left\{ \frac{\tan[(358.5 - J)\Delta\theta + \omega] H \cos \alpha}{\cos \beta} \right\}^2} - f_h \right) \quad (6)$$

其中: $\lambda = \arctan \left\{ \frac{\sin \beta}{\tan[(358.5 - J)\Delta\theta + \omega] \cos \alpha} \right\}$ (7)

f_h 应满足下式:
$$h_a \geq H - \frac{f_h H}{\sqrt{H^2 \tan^2 \beta + \left\{ \frac{\tan[(358.5 - J)\Delta\theta + \omega] H \cos \alpha}{\cos \beta} \right\}^2}} \quad (8)$$

D_x, D_y 为地形高差引起的投影位移,如假设地形水平平坦,此两项值作零处理。式中变量定义如下:

X, Y : 目标空间坐标; H : 相对平均高程面航高; α : 偏流角; β : 俯仰角; ω : 侧滚角; δ : 轨迹角; $\Delta\theta$: 采样角; ΔT : 扫描周期; V : 地速; h_a : 扫描投影点高程; C_x, C_y : 目标空间中机下点坐标。

如能获取上述模式中所需之变量,则可以实现图象象元的空间定位,相应的其在校正空间的映射点坐标亦可确定:

$$I_x = \frac{X}{D} + 0.5 \quad I_y = \frac{Y}{D} + 0.5 \quad (9)$$

D 为校正空间网格大小。

4 试验结果

根据所开发建立的参数获取方法和图象几何校正模型,在个人微机上开发了机载多光谱扫描图象

全自动几何校正软件。并利用1993年8月在河北省迁安地区获取的高空机载多光谱扫描图象进行处理方法试验。

4.1 在计算机上的实现

采用辅助参数校正机载多光谱扫描图象几何畸变实现象元点的空间直接定位要求较大的缓冲器以将图象像元存储在其相应的位置上。为了克服这一困难,实施中采用了利用显存的存储动态更新技术,不仅解决了处理中的数据动态更新问题,而且实现了校正过程的可视化监测,软件处理数据的容量完全取决于设备的硬件配置。此外,在校正图象空间中可能存有一些空洞,这是因为原始图象空间没有任一点与之对应,在更新存储前应加以填充,计算机处理流程见图2。

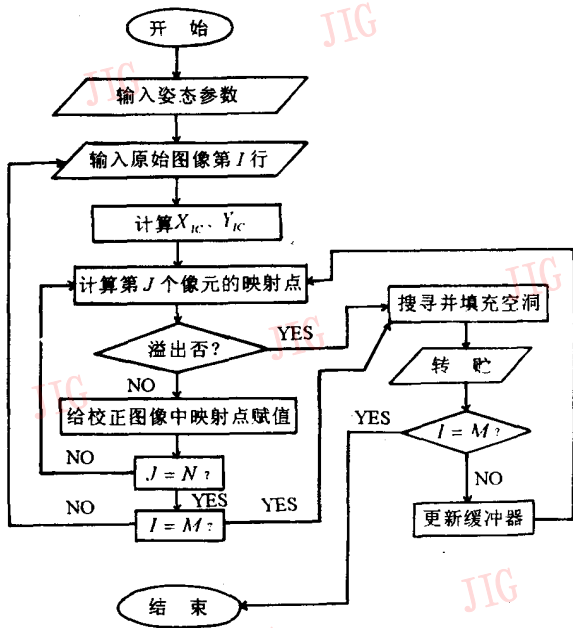


图2 全自动机载多光谱扫描图象几何校正计算机处理流程图

4.2 试验结果

由于地形因素影响的处理极为复杂,本次试验暂未考虑地形因素的影响。试验区基本为平原农业区,地形较为平坦,航高为4000米,航向为南北向。校正前后图象见图3,图4。校正后图象基本消除了成像过程引起的图象几何畸变,图象上地物几何元,精度基本可以满足实际应用及大中比例尺应用制图需要。



图3 校正前机载多光谱扫描图象

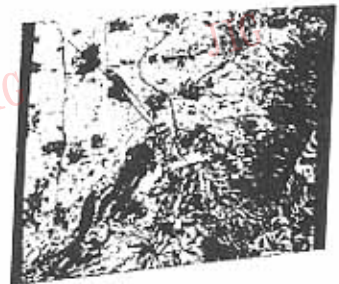


图4 校正后机载多光谱扫描图象

5 结论

利用惯性导航系统参数全自动校正机载多光谱扫描图象几何畸变是一种先进的、高速有效的方法,其精度不仅能满足实际应用的需要,而且不受主观因素的影响,基本消除了成像过程引起的图象几何畸变。当然,机载扫描图象的几何畸变非常复杂,除了运动、姿态及成像机理的影响之外,大气涡流、飞机的随机振动都会对图象的几何特性产生一定的影响,更为精确的机载多光谱扫描图象几何畸变校正技术尚需进一步深入研究。

参 考 文 献

1 郭小方,尹泳龙. AMSS 图象几何畸变来源分析. 国土资源遥感, 1993, (1).

2 郭德方. 遥感图象的计算机处理和模式识别, 北京: 电子工业出版社, 1984.

3 Kindelan M, Moreno V, Valverde A, Geometric Correction of Airborne Multispectral Scanner Images . 15th International Symposium on Remote Sensing of environment, 1981:1539.

4 Devcrqux B J. Geometric Correction of Airborne Scanner Imagery by Matching Delannay Triangles. Int. J. Remote Sensing, 1990, (11).



郭小方 地矿部航空物探遥感中心高级工程师, 1984年毕业于浙江大学, 主要从事遥感图象处理、模式识别及 3S 技术一体化研究。

Automatical Geometric Correction of Airborne Multispectral Scanning Images

Guo Xiaofang, Wang Tianxing, Zhang Youying, Yang Suming

(Center for Remote Sensing in Geology, the Ministry of Geology and Mineral Resources, Beijing 100083)

Abstract Various major factors causing geometric distortions of airborne multispectral scanning images were analyzed, and a method to correct geometric distortions of airborne multispectral scanning images by using the orientation, movement and positional parameters of airplane recorded by Inertial Navigation System is proposed. Test result indicates that compared with the traditional method-GCP, this method not only yields better accuracy, but also can be performed automatically by the computer.

Keywords Airborne multispectral scanner, Geometric distortion, Geometric correction

雅美达显示器新系列

Artmedia 雅美达高阶显示器自 3 月上市以来, 已广泛受到各界瞩目。其 CRT 为日本 SONY Trinitron®单枪柱面显像管, 高出同类产品 33% 的透光率, 正是雅美达显示器拥有高度清晰影像与真实色彩的专门技术。而数字多频扫描和多重动态聚焦的设计, 使柱面直角屏幕能真实显现原貌不变形保证图形显像不失真, 尤其适合专业制图人员及工作站人员使用。

依照显示器的适用性, Artmedia 雅美达提供 3 个系列给不同需求的用户:

1. 商用型显示器系列 TX-1664 (15 寸)/TX-1864 (17 寸)

2. 专业型显示器系列 TN-1885T (17 寸)/TN-2185T (20 寸)/A-720T (17 寸)

3. 图形用户显示器系列 GT-960T (20 寸)/A-900T (19 寸)/A-1100T (21 寸)

在推出雅美达显示器的同时, 创格思维从国外购进了 Trinitron®显示器专用的维修及调试设备, 并成立了雅美达专业技术咨询与维修中心, 提供用户完整的售前售后服务。雅美达显示器拥有 3 年完全免费保修 (CRT 一年免费保修), 及 48 小时维修返还的超值保障, 让每位用户皆能体验高档产品的服务品质。