

引用格式:Jia Wen,Pang Yong,Yue Cairong,*et al.*The Processing of Airborne AISA Eagle II Data in Ejina Banner Study Area[J].Remote Sensing Technology and Application,2016,31(3):504-510.[英文,庞勇,岳彩荣,等.机载 AISA Eagle II 高光谱数据处理——以额济纳旗试验区为例[J].遥感技术与应用,2016,31(3):504-510.]
doi:10.11873/j.issn.1004-0323.2016.3.0504

机载 AISA Eagle II 高光谱数据处理

——以额济纳旗试验区为例

英文¹,庞勇¹,岳彩荣²,李增元¹,车涛³,马明国⁴

(1.中国林业科学研究院资源信息研究所,北京 100091;

2.西南林业大学林学院,云南昆明 650224;

3.中国科学院寒区旱区环境与工程研究所黑河遥感试验研究站,甘肃兰州 730000;

4.西南大学地理科学学院,重庆 400715)

摘要:机载 AISA Eagle II 传感器为“黑河综合遥感联合试验(HiWATER)”额济纳旗试验区提供航空高光谱影像。介绍了高光谱原始数据的辐射定标、几何校正、大气校正等预处理过程。根据研究区地形差异以及数据使用目的的多样性,几何校正中可选择是否加高精度 DEM 产品,大气校正的选择策略可分为平坦地形无 DEM 的大气校正和起伏地形添加 DEM 大气校正。本试验数据采用加载高精度 DEM 的几何校正和平坦地形大气校正方法,经过预处理后的高光谱数据产品,其地理坐标与高分辨率的 CCD 影像对比,地理位置信息较为准确;与实测地物光谱对比,影像光谱能较好地体现地物光谱的特性,数据可用作定量遥感进一步的研究。

关键词:AISA Eagle II;高光谱;预处理;黑河综合遥感联合试验

中图分类号:TP 75 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2016)03-0504-07

1 引言

黑河下游额济纳旗属于极端干旱气候区,年平均降水量不足 45 mm,年平均潜在蒸发量为 3 755 mm,下游额济纳绿洲是天然的绿洲生态系统,其结构简单并极度脆弱,植被稀疏,以分布于河道两岸的乔木胡杨和灌木怪柳为主,准确估算绿洲的生态耗水是水资源极度缺乏地区水资源合理配置的基础。

虽然开展了大量的地面观测和蒸散发模型来研究荒漠地区生态耗水估算,但大都属于单株和冠层尺度,由于该地区景观极度破碎,而且缺乏有效的手段将这些研究成果扩展到群落和区域尺度,为此开展了黑河下游绿洲生态耗水尺度转换遥感试验,为

精确计算河岸林生态系统耗水量估算提供支持^[1]。

随着遥感技术的发展,高光谱成像仪因其独特的优势,在应用和科研中占有重要的地位。高光谱成像仪具有波段多、光谱分辨率高等特点。在可见光和近红外之间有几十个至数百个波段,光谱分辨率能达到纳米级。在获取遥感数据手段多元化的现代,机载高光谱数据更具有很好的发展潜力,它具有高空间分辨率、高光谱分辨率、数据更新周期时间短等优势。机载高光谱数据在植被分类中应用得最为广泛和成功。Colgan 和 Baldeck 等^[2-4]利用 CAO (Carnegie Airborne Observatory) 系统研究基于高光谱数据与 LiDAR 结合对稀疏草原树种分类;Dian 等^[5]采用基于机载 CASI 影像的光谱和纹理结合方

收稿日期:2015-03-16;修订日期:2016-04-01

基金项目:国家 863 计划项目(2012AA12A306),国家 973 计划项目(2013CB733404),国家自然科学基金项目(91125001)。

作者简介:英文(1989—),男,安徽滁州人,博士研究生,主要从事机载高光谱数据应用研究。E-mail:jarywen@163.com。

通讯作者:庞勇(1976—),男,安徽阜阳人,研究员,主要研究方向为合成孔径雷达和激光雷达对地观测机理和森林参数定量反演。

E-mail:pangy@ifrit.ac.cn。

法对森林树种分类。近年来,AISA Eagle 机载高光谱数据也被逐步应用于区域植被生理生态的精确监测中。Landmann 等^[6]利用机载高光谱数据绘制稀疏草原开花期的分布图,分析了植被的空间分布规律和生理周期;Mansour 等^[7]利用 AISA Eagle 高光谱数据对草原的退化指标进行估测;利用机载和地面高光谱数据提取植被叶绿素荧光参数反映植被生理生态状况^[8],也逐渐成为新一轮的研究热点。

本次 AISA Eagle II 高光谱数据采集是以“黑河综合遥感联合试验(Heihe Watershed Allied Telemetry Experimental Research,HiWATER)”为背景,在平坦地形的额济纳旗试验区开展。机载数据与同步的航天数据、地面数据相结合,起到了搭建中间桥梁的作用^[1]。经过预处理后的 AISA Eagle II 高光谱数据能进行精确地物\树种分类、植被理化参数反演以及为构建水文和生态模型提供有力的保障。

2 AISA Eagle II 传感器及其数据

2.1 AISA Eagle II 传感器

中国林业科学研究院机载 LiCHy (LiDAR、CCD and Hyperspectral) 系统由德国 IGI 公司集成,系统包括激光雷达传感器、CCD 相机、AISA Eagle II 高光谱传感器和惯性导航装置(Inertial Measurement Unit,IMU)^[9]。

AISA Eagle II 衍射光栅推扫高光谱成像仪由芬兰 SPECIM 公司生产,包括传感器和控制器,由 IMU 以及外接 GPS 提供准确位置信息。传感器采集可见光和近红外波段,波长范围 400~1 000 nm,光谱分辨率为 3.3 nm。空间上,线扫阵列提供 Binning 为 512 和 1 024 像元数。光谱维上,Binning 提供 1x、2x、4x、8x 共 4 种模式,对应的波段数和光谱采样间隔分别为(488,1.15 nm)、(244,2.3 nm)、(125,4.6 nm)和(64,9.2 nm)。

AISA Eagle II 高光谱数据于 2014 年 7 月 29 日在黑河试验区采集,沿东西方向共飞行 1 个架次,实际飞行航高约为 1 200 m。本次高光谱数据及传感器的详细参数指标见表 1。

2.2 AISA Eagle II 高光谱数据产品

采集的 AISA Eagle II 原始数据文件包含:原始影像数据,记录飞行时刻及采集数据帧率的记录文件,飞行时的 GPS/INS (Inertial Navigation System)数据,记录采集影像时发生掉帧事件的日志文件。LiCHy 系统在高光谱数据采集的同时,采集 LiDAR 数据、CCD 影像、以及 IMU 和 GPS 数据。

LiDAR 数据可为后期高光谱数据处理提供高精度的 DEM;本次飞行的试验区 CCD 影像,其空间分辨率为 0.2 m。IMU 和 GPS 数据经过后期解算,为线扫高光谱数据提供精确的航迹信息。通过对高光谱原始数据采用不同等级程度的预处理,可将 AISA Eagle II 高光谱影像分为 L0、L1a、L1b、L1c、L2a、L2b、L2c 7 个等级提供给用户使用,表 2 说明每种产品等级的内容。

表 1 AISA Eagle II 高光谱数据主要参数

Table 1 The parameters of AISA Eagle II hyperspectral image			
AISA Eagle II 高光谱数据参数			
光谱范围/nm	400~1 000	空间分辨率/m	0.8
光谱分辨率/nm	3.3	波段	64
视场角/°	37.7	空间像元数	1 024
瞬时视场角/mrad	0.646	光谱采样间隔/nm	9.2
焦距/mm	18.5	量化值/bit	12

表 2 AISA Eagle II 高光谱数据产品

Table 2 AISA Eagle II hyperspectral image products	
数据产品等级	数据产品描述
Level 0 影像产品	[L0] 原始数据为无地理编码的数字量化值的影像,数据格式为 BIL
	[L1a] 对 L0 产品进行辐射定标处理。得到地物辐射亮度影像,数据格式为 BIL
Level 1 影像产品	[L1b] 利用航迹信息+当地平均高程+ Bore-sight 校正参数,赋予 L1a 产品地理编码,影像得以几何初校正,数据格式为 BIL
	[L1c] 利用航迹信息+LiCHy 系统提供的高精度 DEM+ Boresight 校正参数,对 L1a 产品生成高精度的几何校正影像,格式数据为 BIL
Level 2 影像产品	[L2a] 对 L1b 产品进行平坦地形大气校正处理,得到地物表现反射率影像,数据格式为 BSQ
	[L2b] 对 L1c 产品进行平坦地形大气校正处理,得到地物表现反射率影像,数据格式为 BSQ
	[L2c] 对 L1c 产品进行添加高精度 DEM 的起伏地形大气校正处理,得到地物表现反射率影像,数据格式为 BSQ

3 AISA Eagle II 高光谱数据预处理

根据 AISA Eagle II 高光谱数据产品的分级,对原始高光谱数据的预处理主要包括:辐射定标、几何校正、影像空间分辨率重采样和大气校正,流程见图 1。

3.1 辐射定标

遥感器定标的实质是建立遥感平台上传感器记录的数值与对应视场中实际地物表现反射率或者辐

射亮度之间的关系, SPECIM 公司已经提供标定 AISA Eagle II 传感器的定标文件。在原始单条航带采集数据结束后, 传感器会自动记录暗电流数据。暗电流是指探测器工作的深耗尽状态为非平稳状

态, 在没有外界能量注入的情况下, 深耗尽势阱也会在内部产生电荷^[10]。通过 AISA 系统配套 Cali-GeoPro 软件, 将 AISA Eagle II 高光谱原始数据的 DN 值转化为辐亮度, 计算公式如下:

$$L = \frac{\text{calibration_gain} \times [\text{image_DN} - \text{Mean}(\text{dark_DN}) - \text{FSS_DN}]}{\text{integration_time}} \quad (1)$$

其中: L 是传感器测得地面目标的总的辐射亮度, 单位 $\mu\text{W}/(\text{cm}^2 \cdot \text{str} \cdot \text{nm})$; calibration_gain 为辐射校正系数; image_DN 为原始遥感影像像元亮度值记录的灰值; dark_DN 对应像元的暗电流亮度值; FSS_DN 为散射光的亮度值, CCD 感光元件在拍摄强烈点光源照射下的景物时, 出现光散射; integration_time 为积分时间。

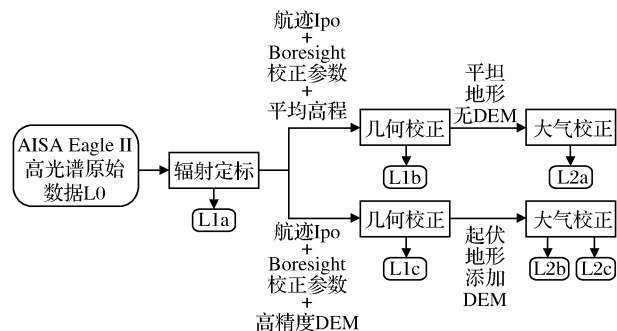


图 1 高光谱数据预处理流程图

Fig.1 Overview of the AISA Eagle II Hyperspectral data operational workflow

3.2 几何校正

机载高光谱影像的几何校正对航带间拼接精度, 以及后期同平台、多平台以及地面实测数据的融合起到至关重要的影响。AISA Eagle II 高光谱传感器为线阵推扫式, 影像像元的地理位置信息的解算需要外部 GPS、IMU 信息和高精度的 DEM 信息。根据机理的不同, 几何校正过程可分为地理坐标校正和 Boresight 校正。

3.2.1 地理坐标校正

由于飞行器的姿态一俯仰、翻滚、偏航, 以及其高度、速度、自取自传和传感器自身特性等因素, 造成高光谱原始影像中地物形状扭曲和反向^[11]。原始影像无地理坐标信息, 需要对其进行地理坐标校正。本系统采用 CaliGeoPro 配套软件, 校正原理为结合同平台的外部 GPS 和 IMU 装置解算得到的航迹信息提供给传感器中心位置地理坐标, 影像航带根据由高分辨率 DEM 数据(或软件提供影像所在区域的平均高程信息)和阵列的像元个数, 坐标重采样而得到机载高光谱影像的每个像元地理坐标。影

像的地理坐标由外接信息提供, 因此航迹的准确性以及不同精度的 DEM, 会对原始影像的地理坐标校正产生不同的结果。

3.2.2 Boresight 校正

AISA Eagle II 传感器与 IMU 都有各自的 X、Y、Z 三维坐标系, 在理论状态下, 两系统间坐标系对应的轴应完全相互平行。但由于每次 AISA 系统的运输、安装、以及作业时飞机的震动影响, AISA 与 IMU 之间可能会出现坐标轴不平行产生的系统性角度偏差, 被称为 Boresight 误差或安置角误差^[12]。Boresight 误差值虽然很微小, 但在一定的航高下, 会造成影像与真实地物间的地理位置发生一定距离的偏移。视准轴误差可分解为绕飞行方向 X 轴的翻滚角 (Roll)、绕机翼方向 Y 轴的俯仰角 (Pitch)、绕垂直方向 Z 轴的旋偏角 (Yaw)^[13]。

为了消除 Boresight 误差, 试验要求选取横竖斜 3 条相互重叠的地理坐标校正后的航带影像, 如图 2。航带间重叠的区域为平坦地形, 最好是特征点明显的无高程地物, 如斑马线的直角点, 路口交叉点、地面图案拐点等。3 条航带应分别作基准航带校正另一条, 如航带 I、II、III 应采用以 I 为基准航带几何校正 II, II 为基准航带几何校正 III, III 为基准航带几何校正 I 的模式。对每两条航带重叠区选取一定数量的控制点, 共取得 3 组控制点数据。将 3 组控制点数据用于 Boresight 校正, 得到 Roll、Pitch 和 Yaw 3 个改正姿态参数, 并将参数更新到 Cali-GeoPro 软件中, 校正所有航带影像。

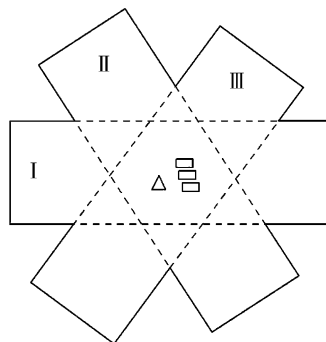


图 2 Boresight 校正交叉重叠航带示意图

Fig.2 The overlapping data lines for Boresight calibration

3.3 大气校正

在高光谱影像进行遥感应用之前,本系统采用 ATCOR4 大气校正软件对数据进行大气校正。此阶段需将 Level1 影像产品的存储格式由 BIL 转为 BSQ。

根据飞行试验区当地条件的不同,大气校正分为:平坦地形无 DEM 的大气校正、起伏地形添加 DEM 的大气校正。起伏地形的大气校正适用于复杂地形的山区,是在平坦地形大气校正的基础上添加地形辐射校正,以纠正山体阴影面地物的光谱信息。

3.3.1 平坦地形大气校正

太阳辐射在太阳—地面—传感器的过程中两次受到大气的分子、气溶胶散射和极化效应,以及大气中气体吸收的影响^[14]。经过辐射定标和几何校正后的影像仍受到瑞利散射、太阳天顶角变化、日地距离和太阳辐射量的差异,以及大气中吸收气体等带来的影响^[15]。AISA Eagle II 高光谱影像在 820 nm 附近存在明显的吸收带是由于大气中的氧气和水汽吸收造成的。

ATCOR4 软件在平坦地形无 DEM 添加的大气校正情况下,首先定义 AISA Eagle II 传感器,生成高光谱波段响应函数和气溶胶的类型。利用像元地理位置查找文件和飞行航向和高程生成传感器对像元的观测角度(Scan Angle):Pixel zenith、Pixel azimuth 和传感器的高度信息。通过加载太阳方位角、天顶角,气溶胶类型和 Scan Angle 信息;调节邻近像元的影响距离,大气可视距离,定义正确水汽探测波段范围(AISA Eagle II 高光谱数据的水汽探测在 820 nm 附近)等参数,基于 MODTRAN 5 模型纠正大气对传感器采集数据的影响。

3.3.2 起伏地形大气校正

在地形起伏较大的山区,ATCOR4 软件在平坦地形大气校正的基础上,根据 DEM 信息考虑地形辐射校正,最终优化其算法提出综合辐射校正法(Integrated Radiometric Correction, IRC)^[16],见式(2)、(3)。ATCOR4 起伏地形大气校正算法能够有效去除 AISA Eagle II 高光谱影像中大气的分子、气溶胶散射和极化效应,以及改善起伏地形场景时波段反射率和光照系数的正相关关系^[13]。

$$\rho = \frac{\pi(d^2L - L_p)A}{\Gamma_v[E_{dir}\cos\beta + E_{dif}]}$$
 (2)

$$A = \frac{\cos\beta + c/h_0}{\cos\alpha + ch/h_0}$$
 (3)

其中: ρ 为像元反射率; d 为日地平均距离为单位的日地距离; L 为传感器得到地面目标总的辐射亮度; L_p 为大气程辐射; Γ_v 为地表到传感器的总透射率;太阳直射光 E_{dir} 和天空漫反射光 E_{dif} ; $\cos\alpha$ 为对应太阳入射角的余弦值,即光照系数; $\cos\alpha = \cos\theta\cos\beta + \sin\theta\sin\beta\cos(\delta - \omega)$, θ 为坡度角、 β 为太阳天顶角、 δ 为太阳方位角、 ω 为像元坡向角;系数 c 由光照系数与辐射亮度拟合线性方程 $L = a + b\cos\alpha$ 的系数得 $c = a/b$; h 、 h_0 为天空可视因子参数, $h_0 = (\pi + 2\beta)/2\pi$ 、 $h = 1 - \theta/\pi$ 。

4 高光谱影像预处理结果对比

4.1 几何校正评价

本文以黑河综合遥感联合试验区的 AISA Eagle II 原始高光谱影像为测试数据,影像地面空间分辨率为 0.8 m,采用如表 3 所示的方案对其进行地理坐标校正。方案 A 使用 CaliGeopro 软件自带的当地平均高程 933 m;方案 B 采用 LiCHy 系统同平台提供的分辨率为 2 m 的 DEM,高程最小值为 872 m,最大值为 899 m,均值为 878 m,标准偏差为 2.5 m。由此可见,LiCHy 系统提供的 DEM 与 CaliGeoPro 软件提供的当地平均高程有大于 50 m 的精度误差。

表 3 地理坐标校正方案

Table 3 The methods of geographical coordinates calibration

方案 1:航迹文件+当地平均 DEM (CaliGeoPro 软件提供)
方案 2:航迹文件+高精度 DEM (LiCHy 系统提供)

采用不同精度的 DEM 分别对两条相邻且有重叠区的高光谱影像航带进行地理坐标校正,两条航带同名点之间的精度偏差也不同。图 3 为分别采用方案 1 和 2 对高光谱原始影像进行地理坐标校正的对比结果。方案 1 为根据 CaliGeoPro 软件提供当地平均高程的地理校正结果,从图 3(a)中可看出影像航带 Line A 与 Line B 中同名点(红色标记点)的地理坐标在实际校正后(黄色标记点)发生偏差,在垂直航线和沿航线方向上,分别产生 34 和 5 个像元的偏差。方案 2 为根据 LiCHy 系统提供的高精度 DEM 的地理校正结果,图 3(b)显示两条影像航带同名点的地理坐标几乎重合,在垂直航线和沿航线方向上,两条航带间分别产生 2 和 5 个像元的偏差,航带间拼接精度比方案 1 更高。由此得出,平坦地区的多条影像航带进行拼接时,高精度 DEM 使得地理坐标校正更为准确。在起伏地形的地理坐标校

正中,该现象更为明显。

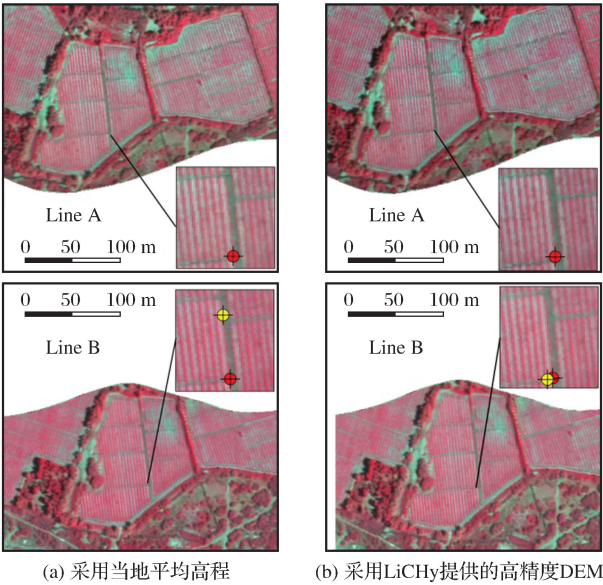


图 3 高程对影像地理坐标校正的影响
Fig.3 Image geographic position influence by elevation

对本次高光谱数据进行 Boresight 校正处理,校正参数结果: Roll = -0.00600974° 、Pitch = 0.0073271° 、Yaw = -0.004409111° 。计算所得的本系统误差值很小,将校正结果重新应用到地理坐标校正,影像受 Boresight 误差的影响较小。本文同时比较了高光谱影像与经过正射纠正后的 CCD 影像中的同名点地物,发现两者的地理位置偏差大多数控制在 3 m 范围,如图 4 所示,且偏差方向基本一致,属于 LiCHy 系统的航迹数据在分配到各传感器时出现的系统偏差。

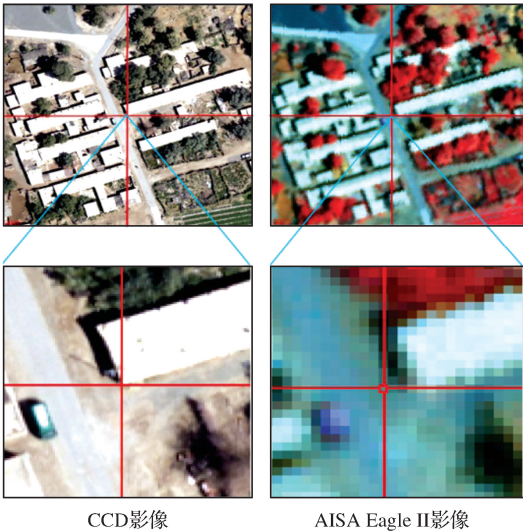


图 4 高光谱影像与 CCD 影像地理坐标的比较
Fig.4 Comparison of geographic position with hyperspectral image and CCD image

4.2 辐射校正评价

原始高光谱影像经过辐射定标和大气校正,影像从 DN 值转化为辐射亮度,最终换算成为星上反射率。由于试验区 AISA Eagle II 高光谱影像航带间的成像条件的不同,拼接后的影像所示航带间其辐射亮度有较大区别,见图 5(a)。而对辐射亮度影像采用平坦地形大气校正后,影像辐射亮度转化为反射率,在校正地物光谱反射率的同时改善了航带间成像条件不同造成的影响,见图 5(b)。图 5 中的影像均以假彩色显示,RGB = 849.30 nm, 694.91 nm, 543.72 nm。

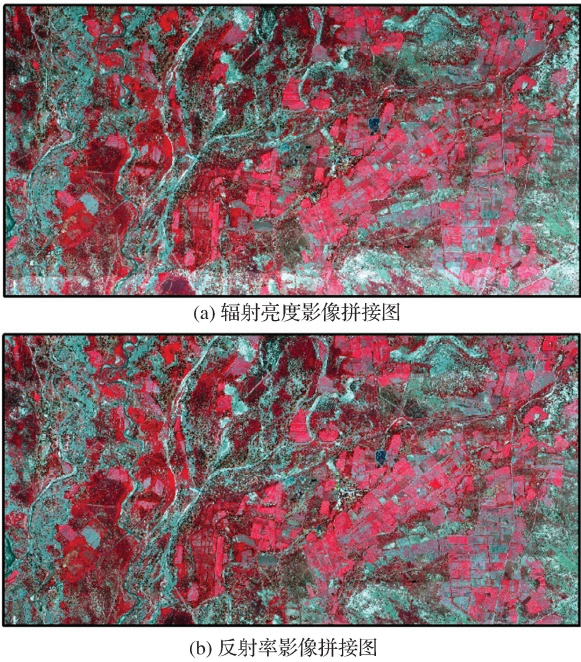


图 5 航带影像拼接后的试验区高光谱数据
Fig.5 Hyperspectral images of study area after mosaic

图 6 展示了黑河流域典型地物的辐射亮度数据和大气校正后的光谱反射率数据,其中图 6(a)为胡杨、图 6(b)为土壤、图 6(c)水体、图 6(d)人工布设的黑布(图中显示为红色方块)。可见,经过平坦地形大气校正后的高光谱影像能有效改善大气中水汽的影响,使得影像中地物光谱更准确。

于 2014 年 7 月 29 日的飞行同步时间内,使用 PRS-3500 野外便携式地物光谱仪(光谱范围为 350 ~ 2 500 nm)测量地物光谱^[17],先垂直测量标准白板反射率,再垂直测量地物 5 条光谱反射率,并求其光谱平均值,通过目标地物与标准白板光谱辐射能量的比值获得地物的反射率。由于观测尺度的差异—实测地物光谱在叶片尺度,而影像则是在像元尺度或冠层尺度,导致地物的影像光谱与实测光谱

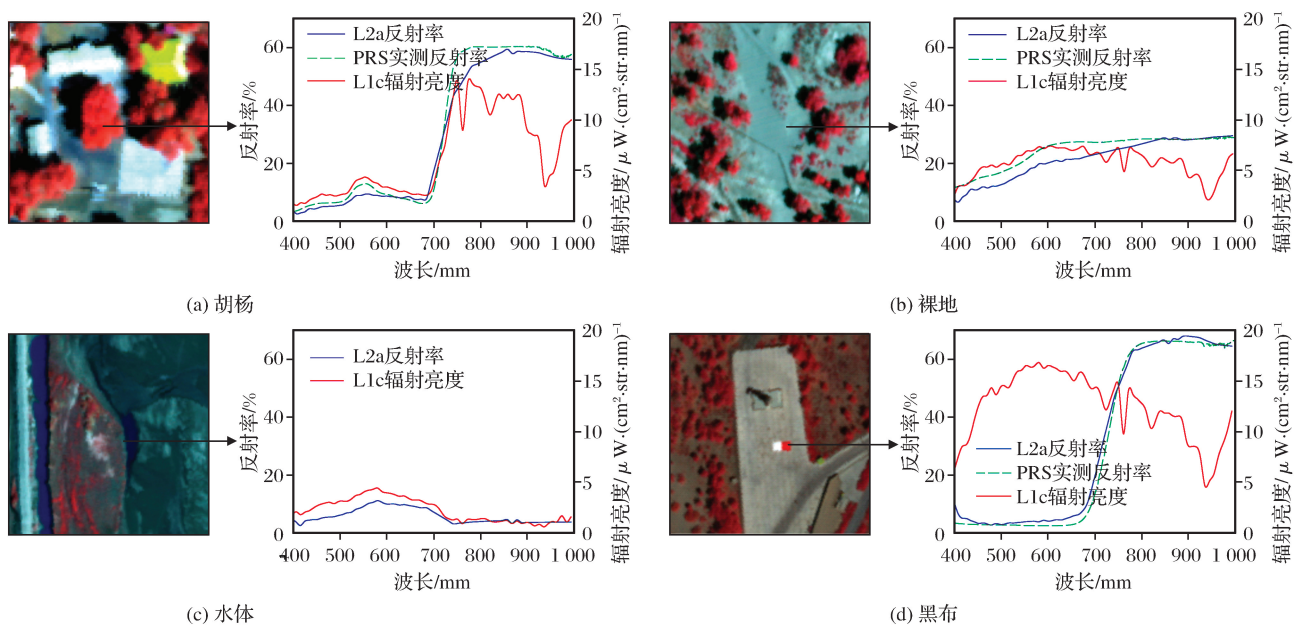


图 6 典型地物的实测光谱与 L1c 和 L2a 产品的光谱对比

Fig.6 Compared field spectra with the L1c and L2a products spectra of typical objects

存在差异。对于植被,两者的差异体现在绿波段以及在 750 nm 左右的近红外波段的反射率上。但总体上影像光谱曲线与实测光谱曲线的趋势一致。图 6(c)中 L2a 影像产品的水体缺少实测水体的光谱曲线的对比,但从趋势上可正确反映水体光谱特性。总而言之,在像元尺度上,高光谱影像能够准确地反映地物的光谱特性,不同地物得以区分。

5 结 语

AISA Eagle II 高光谱数据预处理的结果的准确程度直接影响到数据后期的地物分类、植被理化参数和生物量反演等定量遥感研究。对于高光谱数据而言,是否准确反映地物准确性的地理位置以及光谱特性是一个关键的评价指标。

本文着重介绍了 LiCHy 系统中 AISA Eagle II 高光谱传感器以及其获取的数据经过辐射定标、几何校正、大气校正等预处理过程,最终得到高光谱数据产品具有高精度地理坐标信息的同时也正确地反映了地物光谱信息,为高光谱数据产品能够较好地用于遥感应用奠定了基础。

下一步工作将在高光谱数据的基础上,结合同步观测的机载 LiDAR 数据,获取精细植被结构参数,包括树高、胸径、叶面积指数、植被覆盖度、植被类型,结合地面生态水文过程的多尺度观测,形成高质量的综合观测数据产品,服务于黑河流域下游天然绿洲生态系统耗水量的精确估算。

参考文献 (References):

- [1] Li Xin, Liu Shaomin, Ma Mingguo, *et al.* HiWATER: An Integrated Remote Sensing Experiment on Hydrological and Ecological Processes in the Heihe River Basin[J]. *Advance in Earth Science*, 2012, 27(5): 481-498. [李新, 刘绍民, 马明国, 等. 黑河流域生态—水文过程综合遥感观测联合试验总体设计[J]. *地球科学进展*, 2012, 27(5): 481-498.]
- [2] Colgan M S, Baldeck C A, F  ret J B, *et al.* Mapping Savanna Tree Species at Ecosystem Scales Using Support Vector Machine Classification and BRDF Correction on Airborne Hyperspectral and LiDAR Data[J]. *Remote Sensing*, 2012, 4(11): 3462-3480.
- [3] Baldeck C A, Asner G P. Improving Remote Species Identification through Efficient Training Data Collection[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2008, 112(6): 3033-3043.
- [4] Baldeck C A, Colgan M S, F  ret J B, *et al.* Landscape-scale Variation in Plant Community Composition of an African Savanna from Airborne Species Mapping[J]. *Ecological Applications*, 2014, 24(1): 84-93.
- [5] Dian Y Y, Li Z Y, Pang Y. Spectral and Texture Features Combined for Forest Tree Species Classification with Airborne Hyperspectral Imagery[J]. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 2015, 43(1): 101-107.
- [6] Landmann T, Piironen R, Makori D M, *et al.* Application of Hyperspectral Remote Sensing for Flower Mapping in African Savannas[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2015, 166: 50-60. doi:10.1016/j.rse.2015.06.005.
- [7] Mansour K, Mutanga O, Everson T, *et al.* Discriminating Indicator Grass Species for Rangeland Degradation Assessment Using Hyperspectral Data Resampled to AISA Eagle Resolution[J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2012, 70: 56-65.

- [8] Stratoulas D, Balzter H, Zlinszky A, *et al.* Assessment of Eco-physiology of Lake Shore Reed Vegetation based on Chlorophyll Fluorescence, Field Spectroscopy and Hyperspectral Airborne Imagery[J]. Remote Sensing of Environment, 2015, 157: 72-84.
- [9] Pang Y, Li Z Y, Ju H B, *et al.* LiCHy: CAF's LiDAR, CCD and Hyperspectral Airborne Observation System[C]//Proceedings of 2013 Silvilaser International Conference on LiDAR Applications for Assessing Forest Ecosystems, Beijing, China, 2013: 9-11.
- [10] Yong Chaoliang, Duan Dong, Xu Chun, *et al.* The Study on the Dark Current of The Infrared Detector Measuring Method[J]. Infrared Technology, 2012, 34(4): 196-199. [雍朝良, 段东, 许春, 等. 红外探测器暗电流测试方法研究[J]. 红外技术, 2012, 34(4): 196-199.]
- [11] Lü Guilong. Research and Application on Preprocessing Technology of Airborne Push-broom Hyperspectral Image [D]. Jinan: Shandong University, 2014. [吕桂龙. 机载推帚式高光谱图像预处理技术研究与实现[D]. 济南: 山东大学, 2014.]
- [12] Fu Jianhong. A Solving Method for Boresight Misalignment of Airborne IMU based on Relative Orientation[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2014, 43(7): 698-704. [付建红. 相对定向的机载惯性测量装置视准轴误差求解方法[J]. 测绘学报, 2014, 43(7): 698-704.]
- [13] Yu Haikun, Li Peng, Zeng Qing'ao, *et al.* Research of The Method for Boresight Misalignment[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2012, (10): 96-97. [余海坤, 李鹏, 曾庆傲, 等. 机载 LiDAR 视准轴误差检校方法研究[J]. 测绘通报, 2012, (10): 96-97.]
- [14] Liu Yuqin, Sha Jingming, Xu Saiping, *et al.* Atmospheric Correction and Evaluation for HIS Hyperspectral Image based on FLAASH Model[J]. Journal of Fujian Normal University (Natural Science Edition), 2013, 29(5): 30. [刘玉琴, 沙晋明, 徐赛萍, 等. HSI 高光谱数据的 FLAASH 大气校正与评价[J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 2013, 29(5): 30.]
- [15] Chen Hao, Ma Jinji, Wang Weihui. Atmospheric Correction of CBERS-02 Image based on Multiple Satellite Remote Sensing Data[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2014, 29(6): 1020-1026. [陈浩, 麻金继, 王伟辉. 利用多元遥感数据进行 CBERS-02 卫星大气校正研究[J]. 遥感技术与应用, 2014, 29(6): 1020-1026.]
- [16] Richter R, Schläpfer D. Atmospheric/Topographic Correction for Airborne Imagery[R]. ATCOR-4 User Guide Version 6.3. 2, 2014: 176-177.
- [17] Geng Liying, Ma Mingguo, Li Yimeng, *et al.* HiWATER: Observation Dataset of Spectral Reflectance in The Downstream of Heihe River Basin[DB/OL]. 2014. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, 2014. [耿丽英, 马明国, 李艺梦, 等. 黑河流域生态-水文过程综合遥观测联合试验: 下游地表温度同步观测数据集[DB/OL]. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所. 2014.]

The Processing of Airborne AISA Eagle II Data in Ejina Banner Study Area

Jia Wen¹, Pang Yong¹, Yue Cairong², Li Zengyuan¹, Che Tao³, Ma Mingguo⁴

(1. Institute of Forest Resource Information Technique, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;

3. Cold and Arid Regions Remote Sensing Observation System Experimental Station, CAREERI, CAS, Lanzhou 730000, China;

4. School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: The airborne AISA Eagle II sensor collected hyperspectral images for “Heihe Watershed Allied Telemetry Experimental Research” (HiWATER) in the study area of Ejina Banner. This paper presents some of the pre-processing methods such as radiance calibration, geometric correction and atmosphere correction etc. According to the geography distinction of study area and diversity purposes of using data, it is selectable to load the high precision DEM data in the processing of geometric correction. And the strategies of atmospheric correction have two modes: flat terrain atmospheric correction (no DEM data) and rugged topography atmospheric correction (add DEM data). This experiment choose the geometric correction load with high precision DEM data and flat terrain atmospheric correction. After above pre-processing procedure, the geographic position as well as spectral characteristics in hyperspectral images were achieved at higher accuracies which compared with the geographic position in high resolution CCD image and spectral characteristics of field plots, the processed data can be used for further research in quantitative remote sensing.

Key words: AISA Eagle II; Hyperspectral; Pre-Processing; Hi Water