

EO-1 Hyperion 高光谱数据 FLAASH 模块 大气校正及评价

周清, 祝民强

(东华理工大学 江西省数字国土重点实验室 江西 抚州 344000)

摘要: 由于受到大气的影 响, 传感器接收到的辐射信息不能真实地反映地表反射光谱信息, 因此, 从遥感影像中去除大气的影 响, 即进行大气校正, 是高光谱遥感数据处理中极为重要的环节。文章介绍了 EO-1 hyperion 高光谱数据的特点, 以及用 FLAASH(Fast Line of Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hyper-cubes) 模块对新疆地区 Hyperion 高光谱遥感影像进行大气校正, 并对处理结果进行评价, 结果表明 FLAASH 模块大气校正效果良好。

关键词: 高光谱遥感影像; 大气校正; FLAASH; Hyperion 数据

中图分类号: TP75 文献标识码: B 文章编号: 1672-5867(2011)06-0149-03

Atmospheric Correction and Evaluation for EO-1 Hyperion Image by FLAASH Module

ZHOU Qing, ZHU Min-qiang

(Jiangxi Province Key Lab for Digital Land, East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, China)

Abstract: Due to the effect of atmosphere on the earth, the radiometric energy which acquired by the remote sensor do not directly represent the reflectance spectrum of the surface materials. Therefore, removing atmospheric effects on the imagery, a process known as atmospheric correction, is a quite important part for the hyper-spectral remote sensing. This paper introduces the characteristics of EO-1 hyperion high spectrum data, the FLAASH atmospheric correction is performed with a scene of Hyperion over the Xinjiang area. The processing results are appraised, the results indicate that the correction is good.

Key words: hyper-spectral imagery; atmospheric correction; FLAASH; Hyperion data

0 引言

太阳辐射在真空中传播时几乎不受大气的影 响。然而, 当它与地球大气交互作用时, 会发生选择性散射和吸收, 这对于定量研究和分类精度造成很大的影 响。FLAASH 是目前精度最高的大气辐射校正模型, 能有效地消除大气和光照等因素对地物反射的影 响, 获得地物较为准确的反射率。本文对新疆地区 EO-1 Hyperion 高光谱数据通过 FLAASH 模块进行大气校正, 为后续的研究提供支 持。

1 EO-1 Hyperion 高光谱数据处理

EO-1 是美国航空航天局为接替 Landsat 7 而研制的新型地球观测卫星, 于 2000 年 11 月 21 日发射升空, EO-1 卫星轨道与 Landsat 7 基本相同, 为太阳同步轨道, 轨道

高度为 705 km, 倾角 98.7°, 与 Landsat 7 相隔 50 km, 比 Landsat 7 差 1 min 过赤道。EO-1 卫星具有在当前轨道从各个方向获取相邻轨道重叠区域的影 像的功能。EO-1 上搭载了 3 种传感器, 即高级陆地成像仪 ALI(Advanced Land Imager)、大气校正仪 AC(Atmospheric Corrector) 和高光谱成像光谱仪 Hyperion。

Hyperion 传感器以推扫的方式获取可见光、近红外(VNIR, 400 ~ 1 000 nm) 和短波红外(SWIR, 900 ~ 2 500 nm) 光谱数据。Hyperion 产品分两级: Level 0 和 Level 1, L0 是原始数据, 仅用来生成 L1 产品。

1) 未定标及水汽影响波段的去除。

本文所使用的数据为 L1T 产品。L1 产品有 242 个波段, 波段范围 356 ~ 2 577 nm。1 ~ 70 波段为可见光近红外波段(VNIR), 71 ~ 242 为短波红外波段(SWIR), 其中 198 个波段经过辐射定标处理, 定标波段为 VNIR 8 ~ 57,

收稿日期: 2011-03-11

作者简介: 周清(1988-), 女, 江西抚州人, 摄影测量与遥感专业硕士研究生, 主要研究方向为火星高光谱遥感。

SWIR 77~224。由于 VNIR 56~57 与 SWIR 77~78 的重叠,而 SWIR 77~78 的噪音比 VNIR 56~57 的大,通常保留 VNIR 56~57,而删除 SWIR 77~78。这样实际上只有 196 个独立的波段,其对应的原始波段为 8~57 和 79~224。在 196 个独立波段中,一些波段由于受到水汽、CO₂ 以及噪声的影响较大,基本上不包含地面信息,需把它们剔除。最后剩下 158 个波段,保留的波段为:8~57,79~120,133~165,188~220 波段(见表 1)。

表 1 保留的波段
Tab. 1 Reserved band

Hyperion 原始波段	波长范围/nm
8~57	426~925
79~120	932~1346
133~165	1477~1800
188~220	2032~2355
总计: 158	

2) 像元值转换为绝对辐射值

首先,所有 VNIR 波段除以 400,生成一个新图像文件。所有 SWIR 波段除以 800,生成另一个新图像文件;然后将两个图像文件合并,得到绝对辐射值图像。

3) 坏线修复和条纹的去除

由于 Hyperion 传感器个别通道存在坏的探测元,在 Hyperion 的 L1 级产品中,仍然存在不正常的的数据,导致其对应的采样像素列不响应,DN 值为零或者非常小的,称为死像素列(坏线)。通过对已获取数据的 158 个波段逐波段进行检查,记录有坏线存在的波段和对应的列号,检查结果如下:8~11,56~57,79~81,190~192 共 12 个波段。对于存在坏线的波段用其相邻行或列的平均值进行修复。Hyperion 传感器是推扫型成像光谱仪,面阵 CCD 器件上的上万个探测元件的标定很困难,致使 Hyperion 图像除了坏线之外,多数波段都不同程度地存在许多条纹,尤其 SWIR 波段。条纹的像元 DN 值一般较小,但不为零。条纹的存在严重影响了图像的质量和图像的应用。Hyperion 的 VNIR 波段条纹较重、清楚,且较少;SWIR 波段条纹较轻、隐约,且较多。采用“全局去条纹法”进行条纹去除。

2 FLAASH 大气纠正

2.1 高光谱数据转换

本文研究区域为新疆地区,具体位置为东经 85°左右,北纬 47°左右,拍摄时间为 2003-9-8 4:56:20,原始数据为 L1T.TIFF 格式,文件中包含 242 个独立波段的文件,为了使用 ENVI 软件对 Hyperion 高光谱数据进行大气纠正,首先要将 TIFF 格式数据转换为 ENVI 软件可读的 BIP 或 BIL 格式。ENVI 软件会自动定义每个波段的波长、FWHM 和坏波段列表等元数据,同时提供从 BSQ 直接转换为 BIP 的选项,还可以输出 FLAASH 比例因子,这个

文件在进行大气纠正时要用到。具体操作为 File→open external file→EO-1→Hyperion tools,弹出一个 Hyperion tools 对话框,选择要输入文件的格式,输入文件即可。

2.2 FLAASH 大气纠正

在分析应用 Hyperion 数据时,首先需要将 Hyperion 原始辐射数据进行恢复。在 envi 主菜单下单击 Basic Tools→Preprocessing→Calibration Utilities→FLAASH,弹出一对话框(如图 1 所示),点击 Input Radiance Image,当出现 Radiance Scale Factors 对话框时,选择 Read array of scale factors(1 per band) from ASCII file,导入先前保存的 Hyperion 比例因子文件 Hyperion_Scale_factor.txt。此步骤实现了对 Hyperion 原始辐射数据的比例恢复,即 VNIR 波段除以 400,SWIR 波段除以 800。



图 1 FLAASH Atmospheric Correction Model Parameters 对话框

Fig. 1 FLAASH Atmospheric Correction Model Parameters dialog box

其次,要输入影像和传感器相关信息。影像的中心位置的经纬度坐标(Scene Center Location);传感器类型(Sensor Type);传感器高度(Sensor Altitude);研究区的平均地面高程(Ground Elevation);像素大小(Pixel Size)是指传感器所获取数据的空间分辨率;影像获取的日期,年、月、日(Flight Date);影像获取的时间,小时、分钟、秒,格林尼治平均时间 GMT(Flight Time) 这些信息都在元文件中。注意平均地面高度单位是 km,否则会造成程序运行错误。

第三,输入大气、水汽和气溶胶信息。因为研究区域为北纬 46°地区,且时间为 9 月,所以选择 SAS 模型;水汽去除选择 Yes;水汽吸收特征波段选择 1135 nm;气溶胶模型选择乡村;气溶胶获取选择 2-Band (K-T);初始可见度值设置为 40 km;光谱平滑选择 Yes;平滑操作的幅宽为 9;Aerosol scale height 定义为 2.00 km;CO₂ mixing ratio 定义为 390 × 10⁻⁶;Reuse MODTRAN Calculations 选择 NO;Modtran Resolution 选择 15 cm;Modtran Multiscatter Model 选择 Issacs;Output scale factor 定义为 10 000。在这里特别要注意的是,高级设置里面的 tile size 值的设置,由于本文影像中零背景值很多,所以 tile size 值设置为 1 000 M,一般情况下设置为 100~200 M。

最后,校正后图像的处理。校正后图像的波长单位是 nm,辐射值也是乘过 10 000 的,而光谱库中的光谱曲线波长单位是 μm,辐射值是经过除以 10 000 后转换成反

射率。为了能和光谱库中的光谱曲线匹配,要把校正后波长单位化成 μm 以及将辐射值除以 10 000。

3 FLAASH 大气校正后效果评价

3.1 健康植被光谱曲线的分析

通过 RGB 伪彩色组合显示图像,在可用波段列表中选择 RGB Color,选择 R: 1. 659 μm ; G: 0. 864 μm ; B: 0. 661 μm 。提取图像的 Z 剖面。图 2 和图 3 分别为健康植被的光谱曲线。

从图 2 可以看出校正后的健康植被光谱曲线总体形态上符合健康植被的特点。主要表现在以下几个方面:首先在中心波长分别为 0.45 μm (蓝色)和 0.65 μm (红色)的两个谱带内,叶绿素吸收大部分的入射能量,形成两个小的吸收谷,在这两个叶绿素吸收带之间,由于吸收作用较小,在 0.54 μm (绿色)附近形成一个反射峰;其次健康绿色植物在可见光和近红外波段之间,即大约 0.76 μm 附近,有一反射的“陡坡”,至 1.1 μm 附近有一峰值,这是植被的独有特征;再次在光谱的中红外波段(1.3 ~ 2.5 μm)受到绿色植物含水量的影响,吸收率大增,反射率大大下降。

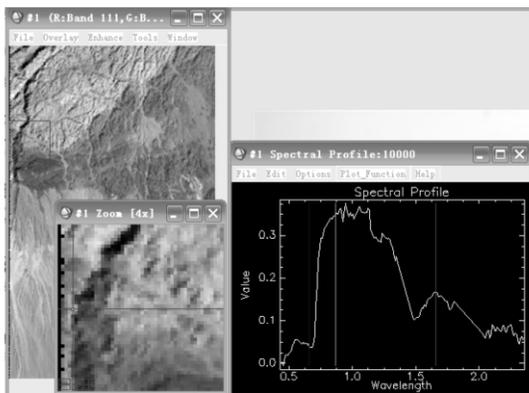


图 2 校正后健康植被光谱曲线

Fig. 2 Healthful vegetation spectral curve after correction

比较图 2 和图 3 可以看出,校正前影像比校正后影像的可见光近红外波段光谱辐射亮度值普遍高,这是由于可见光近红外波段受到瑞利散射和气溶胶散射的影响,使传感器接收到的辐射能量增强,这一部分能量不是地物的反射能量,属于干扰信息;在 1.13 μm 左右有一个水汽的吸收谷,实验中大气校正过程正是利用了这一吸收谷来计算水汽吸收的量,从而恢复地物的反射能量,也因此使得校正后光谱曲线比校正前光谱曲线的反射率高;在 1.47 ~ 1.79 μm 和 2.03 ~ 2.35 μm 波段范围由于校正后弥补了水汽的吸收部分,所以校正后影像的反射辐射比校正前的高。校正后的影像由于去除了大部分的大气干扰,其光谱曲线特征更能反映地物真实的光谱曲线。

3.2 水蒸气图

在用 FLAASH 模块做大气校正时,除了获得表面的反射率影像之外,同时还输出另外两个文件,即水蒸气和

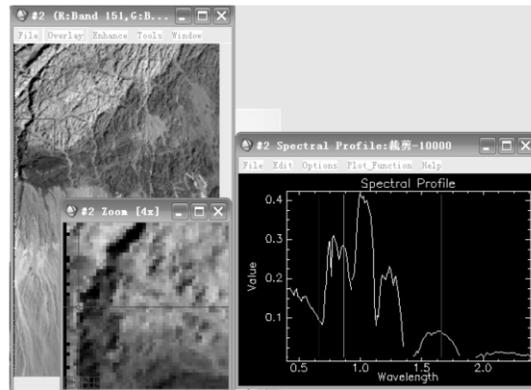


图 3 校正前健康植被光谱曲线

Fig. 3 Healthful vegetation spectral curve before correction

云层图像。在水蒸气的图像上,可以清晰地看出云层的信息,不能看清地物,这种结果表明所产生的水蒸气图像能较真实地反映水蒸气情况,说明了大气校正的效果良好。获得的水蒸气影像如图 4 所示。

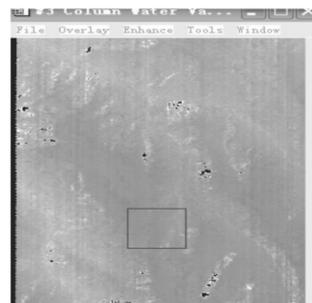


图 4 水蒸气含量影像

Fig. 4 Water vapor image

4 结束语

本文通过对新疆地区的高光谱数据进行 FLAASH 大气校正及评价,实验表明 FLAASH 大气校正不仅校正了漫反射引起的领域效应,同时也提供了对整幅影像的能见度的计算。此外,它可以生成水汽含量图、云层图等辅助信息,可以很好地去掉大气的影响,从而从高光谱遥感影像中获取地物的地表反射率信息。

参考文献:

- [1] 沈焕锋,钟燕飞,王毅,等. ENVI 遥感影像处理方法 [M]. 武汉: 武汉大学出版社 2009.
- [2] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法 [M]. 北京: 北京科技出版社 2004.
- [3] 何海舰. 基于辐射传输模型的遥感图像大气校正方法研究 [D]. 长春: 东北师范大学 2006.
- [4] 谭炳相,李增元,陈尔学,等. EO-1 Hyperion 高光谱数据的预处理 [J]. 遥感信息 2005 (6): 36-41.

[编辑:胡雪]