

ENVI FLAASH 和 ERDAS ATCOR2 的大气校正对比研究

程亮, 马友华, 黄艳艳, 支孝勤, 祖娟, 马中文

(安徽农业大学资源与环境学院, 安徽 合肥 230036)

摘要: 研究分别用 ENVI FLAASH 模块和 ERDAS ATCOR2 模块对 LANDSAT5-TM 图像进行大气校正, 进而对校正效果进行评价。结果表明, ENVI FLAASH 和 ERDAS ATCOR2 均能很好地消除大部分大气的影响, 满足试验要求。但从精度方面考虑, ENVI FLAASH 要略胜于 ERDAS ATCOR2。

关键词: ENVI FLAASH; ERDAS ATCOR2; TM; 辐射定标; 辐射校正; 大气校正

中图分类号: P237

文献标识码: A

文章编号: 1672-6251(2011)12-0017-04

Comparison of Atmospheric Correction between ENVI FLAASH and ERDAS ATCOR2

CHENG Liang, MA Youhua, HUANG Yanyan, ZHI Xiaoqin, ZU Juan, MA Zhongwen

(Resources and Environment College Anhui Agricultural University, Anhui Hefei 230036)

Abstract: In this paper, atmospheric correction of LANDSAT5-TM images by ENVI FLAASH module and ERDAS ATCOR2 module was compared. The results showed that, ENVI FLAASH and ERDAS ATCOR2 could eliminate most of the effects of the atmosphere, meet the test requirements, while as for the accuracy, ENVI FLAASH showed slightly better effect than ERDAS ATCOR2.

Key words: ENVI FLAASH; ERDAS ATCOR2; TM; radiometric calibration; radiation correction; atmospheric correction

1 引言

进入大气的太阳辐射会发生反射、折射、吸收、散射和投射, 其中对传感器接受影响较大的是吸收和散射。由于大气的存在, 太阳辐射经过大气的吸收和散射, 透过率小于 1, 从而减弱了原信号的强度, 该辐射经地面反射到传感器时又要经历一次衰减^[1]。同时, 大气的散射光也有一部分直接或经过地物反射进入到传感器, 这两部分辐射又增强了信号, 但却不是有用的^[1]。大气辐射的影响降低了图像的对比度, 传感器接收到的地物信息不能真实地反映地表, 遥感影像与其所反映的地表真实影像之间产生了辐射误差和几何误差, 引起影像失真^[2]。大气校正的目的是消除大气和光照等因素对地物反射的影响, 获得地物反射率和辐射率、地表温度等真实物理模型参数, 用来消除大气中水蒸气、氧气、二氧化碳、甲烷和臭氧对地物反

射的影响, 消除大气分子和气溶胶散射的影响^[3]。将卫星遥感数据转换为地物真实信息的表现反射率, 可有效地利用遥感数据。

遥感影像的大气校正一直是遥感定量化研究的主要难点之一^[4]。近些年来, 随着定量遥感技术迅速发展, 特别是利用多传感器、多时相遥感数据进行土地利用和土地覆盖变化监测、全球资源环境分析、气候变化监测等的需要, 使得遥感图像大气校正方法的研究越来越受到重视。到目前为止, 遥感图像的大气校正方法很多。大气辐射校正是进行定量遥感的先决条件, 其目的是将卫星遥感数据转换为地物真实信息的表现反射率。目前, 关于大气校正和地物反射率反演的方法有很多种, 最常用的是黑体减法 (DOS)。在 DOS 法基础上发展出许多种模型, 如 MODTRAN、LOWTRAN、ATCOR 以及 6S 模型等^[4]。但这些模型都

基金支持: 农业部测土配方施肥项目(农办财(2007)25号)。

作者简介: 程亮(1986-), 男, 硕士, 研究方向: 农业资源信息技术。

通信作者: 马友华, 男, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 农业资源信息技术。

收稿日期: 2011-11-14

存在一定的缺陷,一是全球的大气状况复杂多变,气溶胶也会随着变化,全球并非几种气溶胶类型就可以精确划分;二是需要预先知道卫星过境时的大气参数,模型算法复杂^[4]。针对以上模型的缺陷,分别使用 ENVI 和 EARDAS 中的 ATCOR2 大气校正模块对同一地区同一时相的 TM 影像进行大气校正,并对校正结果进行对比分析,致力于减小校正结果的辐射误差和几何误差,使影像数据能更好地反映地物。

2 数据源与研究方法

2.1 数据来源

研究区的影像数据来自 2007 年 7 月 17 日摄录的轨道号为 121/038 的 LANDSAT5 影像,整景影像面积为 34225km²,覆盖了研究区肥西县所有区域。同时选取水稻、水体的实测光谱曲线用于 TM 图像的反射率标定和辐射校正后光谱保真效果评价。

2.2 研究区概况

肥西县位于安徽省中部,合肥市西南部,东经 116°40′52″-117°21′39″、北纬 31°30′22″-32°00′21″。属亚热带过渡性气候,季风气候显著,四季温和,雨量适中,光照充足,雨热同季,无霜期长,四季分明。地势中部高、东南低,东南部属沿河湖圩区,中部属低岗丘陵地区。全县耕地面积 60045.22 公顷,其中水田占 48859 公顷,占耕地面积的 81.4%,人均耕地 0.067 公顷,全县主产水稻、油菜和小麦。

2.3 研究方法

2.3.1 TM 数据的辐射定标及辐射校正

传感器输出的数值因为受遥感器的灵敏度特征而引起畸变,且其输出的数值只是电信号数值或模拟量,需要对校正传感器,即辐射定标。遥感器定标就是建立遥感器每个探测器输出值与该探测器对应的实际地物辐射亮度之间的定量关系;建立遥感传感器的数字量化输出值 DN 与其所对应的视场中辐射亮度值之间的定量关系^[5]。其实,简单来说,辐射定标就是将记录的原始 DN 值转换为大气外层表面反射率,目的是消除传感器本身产生的误差。遥感数据的辐射定标是建立传感器每个探测值与该探测器对应的实际地物辐射亮度间的关系,它是大气校正的前提^[5]。ENVI4.7 中有专门进行辐射定标的模块。辐射校正前与校正后的图像如图 1 和图 2 所示。

对传感器进行校正一般是通过定期的地面测量值来进行校正。LANDSAT5 预先测出了各波段的辐亮度值 $L_{i\lambda}$ 和记录值 DN 之间的校正增量系数 gain 和校正

偏差量 offset^[5]。且测出它们之间的关系呈线形,故其定标采取线形公式进行转换:

$$Li\lambda = DN * gain + offset$$

其中,定标系数 gain 和 offset 可以从头文件中读取。辐射校正 (radiometric correction) 是指对由于外界因素,数据获取和传输系统产生的系统的、随机的辐射失真或畸变进行的校正,消除或改正因辐射误差而引起影像畸变的过程。大气影响的校正可通过实测反射辐射通量和影像密度,并对数据进行回归分析来进行校正。假设天空辐照度各向同性且地面是朗伯体反射,则行星反射率 R_{λ} 为:

$$R_{\lambda} = \frac{\pi L_{i\lambda}}{E_0(\lambda) * \cos\theta_s * w_i(\lambda)}$$

$$= \frac{\pi(DN * gain + offset)}{E_0(\lambda) * \cos\theta_s * w_i(\lambda)}$$

其中, $L_{i\lambda}$ 为波段平均单位光谱辐亮度, $E_0(\lambda)$ 为大气层外相应波长的太阳光谱辐照度, $w_i(\lambda)$ 为各波段的波段宽度^[5]。有关参数见附表。

附表 LANDSAT5 TM 影像的太阳光谱辐照度 $E_0(\lambda)$

TM	及各波段宽度 $W_i(\lambda)$					
	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
$E_0(\lambda) [w/(m^2 \cdot \mu m)]$	1954	1826	1558	1047	217.2	80.29
$w_i(\lambda)$	0.07	0.08	0.06	0.14	0.2	0.29



图 1 辐射校正前

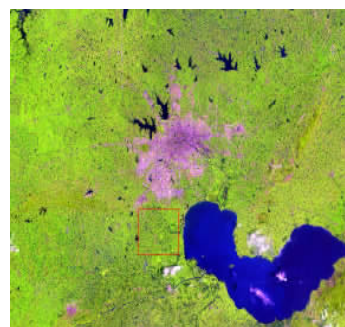


图 2 辐射校正后

2.3.2 基于 ENVI FLAASH 的大气校正

FLAASH 中模块嵌入了 MODTRAN4+ 辐射传输代码, 基于像素级的校正, 校正由于漫反射引起的连带效应, 包含卷云和不透明云层的分类图, 可调整由于人为抑止而导致的波谱平滑, 能够对影像逐像元地校正大气中的水汽、氧气、二氧化碳、甲烷、臭氧和分子与气溶胶散射的影响^[6]。它能得到每景影像的水汽图、云图和能见度, FLAASH 可以处理任何高光谱数据、卫星数据和航空数据 (860nm/1135nm), 这些数据是由 HyMAP、AVIRIS、CASI、HYDICE、HYPERION (EO-1) AISA、HARP、DAIS、Probe-1、TRWIS-3、SINDRI、MIVIS、OrbView-4、NEMO 等传感器获得的。FLAASH 还可以校正垂直成像数据和侧视成像数据。是目前精度较高的大气辐射校正模型^[6]。

FLAASH 模块的操作界面分为三块: 最上部设定输入输出文件; 中间设定传感器的参数; 下部设定大气参数。FLAASH 利用 MODTRAN4+ 生成一系列的大气参数查找表, 采用 DISORT—离散纵坐标法求解辐射传输方程^[6], 可求解垂直非均匀、各项异性并含热源的平面平行介质中的辐射传输问题, 其波谱可覆盖紫外—微波段, 计算包括了热辐射、散射、吸收、下边界双向反射和发射等物理过程^[7]。

FLAASH 法假设在太阳波谱范围内 (不包括热辐射) 地表为均匀的朗伯面, 因此传感器获取的每个像元的辐射亮度满足以下标准方程

$$L = \left[\frac{A\rho}{1 - \rho_e S} \right] + \left[\frac{B\rho_e}{1 - \rho_e S} \right] + L_a$$

其中, L 为传感器接收到的总辐射; ρ_e 为像元和周围环境的平均表面反射率; ρ 为像元表面反射率; L_a 是大气后向散射; S 是大气半球反照率; 系数 A 和 B 依赖于大气和观测几何状况, 与地表无关, 系数 A 、 B 和 L_a 是由 MODTRAN4+ 模型计算而得。FLAASH 校正后的图像如图 3 所示。

2.3.3 基于 ATCOR2 的大气校正

ATCOR2 模型是 ERDAS IMAGINE 最新推出的为图像进行大气纠正的附加模块。平坦地区的 2D 大气纠正是 ATCOR2 模块, 这部分模块主要是针对部分影像中地表物质光谱反射受到云雾影响进行大气纠正和雾气踢除。图像经过辐射定标后, ATCOR2 校正过程分为三步:

(1) 忽略邻边效应的情况下, 地表反射率表示为

$$\rho^{(1)} = \frac{\pi[d^2(c_0 + c_1 DN) - L_p]}{\tau_v E_g(\rho_r = 0.15)}$$

式中 d^2 代表太阳到地球之间的距离, c_1 为仪器辐射响应度, c_0 为仪器偏置, L_p 为程辐射亮度, DN 为图像灰度值, T_v 为地表到传感器的总透过率, E_g 为地面辐照度^[8,9];

(2) 计算每个像元邻近范围内的平均反射率,

$$\bar{\rho} = \frac{1}{n^2} \sum_{i,j=1}^n \rho_{i,j}^{(1)}$$

即用一个 $N \times N$ 的低通滤波器来进行邻边效应的去除。 N 的大小由选取的半径为 R 区域所包含的像元值决定, R 的有效范围为 0.5–1km^[8];

(3) 在计算背景反射率 $\rho_r=0.15$ 时, 包含球形反照率对全球通量的影响, 模型的最后一步通过平均反射率 $\bar{\rho}$ 与背景反射率 ρ_r 的差值对其进行了校正^[9]。

ATCOR2 校正后的图像如图 4 所示。

3 结果分析

为了对校正结果进行评价, 从处理后的图像上提取了水稻和水体的反射率曲线。图 5 为水稻和水体的典型地物反射率曲线, 图 6、图 7 分别是采用 FLAASH 法和 ATCOR2 校正后的典型地物反射率曲线。

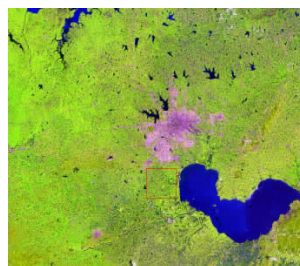


图 3 FLAASH 校正后图像

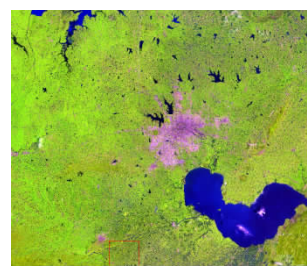


图 4 ATCOR2 校正后图像

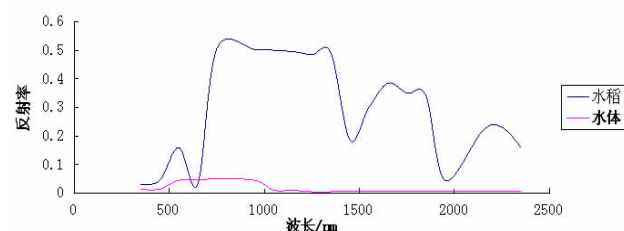


图 5 实测水稻和水体地物反射率曲线

对照图 5–图 7 分析表明: FLAASH 和 ATCOR2 反演的水稻反射率曲线都能够很好地表征水稻的反射率光谱特征, 能够很好地去除绝大多数的大气影响, 满

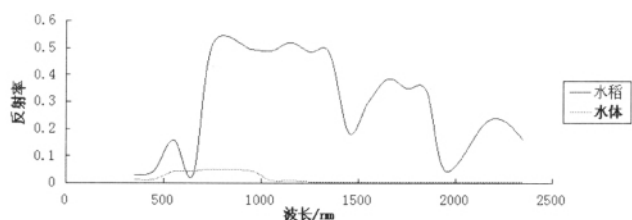


图6 FLAASH校正后地物反射率曲线

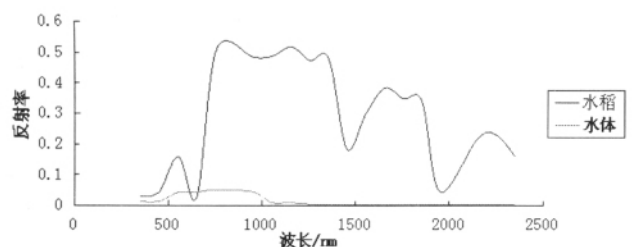


图7 ATCOR2校正后地物反射率曲线

足试验要求,二者反演结果与实测反射率曲线的相关系数均达到0.984,但是在蓝光波段FLAASH校正后的反射率比ATCOR2校正结果更接近于实测反射率。这可能是由于FLAASH综合考虑了大气中的分子散射和气溶胶散射的影响,比ATCOR2更精确。

研究区7月份水稻刚过分蘖期,未完全覆盖田面,因此所测水稻光谱曲线含有大量田面水信息。在可见光波段FLAASH和ATCOR2校正后的水稻反射率曲线基本反映了这一时期水稻光谱的真实状况,二者反演结果与实测反射率曲线的相关系数分别为0.986和0.956。

将两种方法的校正结果与实测结果进行误差分析,结果表明,在整个测量波谱范围内,FLAASH法与实测反射率曲线的绝对误差平均值在0.0075-0.015之间,ATCOR2与实测反射率曲线的绝对误差均值在0.0037-0.052之间,这在一定程度上表明FLAASH反演结果更稳定。

4 结论

本研究总结和比较了FLAASH和ATCOR2的大气校正方法,并在此基础上将校正结果与实测地物的反射率进行比较。结果表明:FLAASH和ATCOR2均能很好地消除大部分大气的影 响,满足实验要求。如果单从精度方面考虑,FLAASH要略好于ATCOR2,因为FLAASH法是基于大气辐射传输模型发展起来的,能够逐像素地消除大气传输路径的影响,并且FLAASH综合考虑了大气中的水汽、氧气、二氧化碳、甲烷、臭氧和分子与气溶胶散射对地物反射率的影

响,能获得地物较为准确的反射率和辐射率、地表温度等真实物理模型参数,FLAASH可以通过影像像素光谱上的特征来估计大气的属性、可以选择MODTRAN模型的光谱定义,但是FLAASH的校正精度很大程度上依赖于输入的大气参数和仪器定标精度。而ATCOR2与FLAASH相比,其优点是数学和物理意义明确,计算简单,其中SPECTRA模块确定大气参数(悬浮颗粒类型、通透度、水蒸气),大气数据库包含了大量为不同太阳高度角和气候条件下运行软件而预先由MODTRAN-4程序计算的辐射传输值,还增加了常数大气状况的图像处理模块、空间变化大气状况的图像处理模块;缺点是ATCOR2是二维的大气校正和HAZE去除模块,多适用于平坦地区的图像,因此地面实测数据的精度、定标体的混合像元和邻近像元等因素会严重影响校正精度。在实际中应该选用哪种方法要依据试验数据源的质量和种类。然而更多情况下不能够获取同步地面实测数据,比如研究历史数据时,则需根据研究区域的大气参数以及相应传感器的定标系数,采用FLAASH进行大气校正才能达到很好的校正效果。

参考文献

- [1] 朱绍攀,陈宇.大气辐射校正方法分析[J].地理空间信息,2010,(1):113-116.
- [2] GILBERT M A, CONESE C, MASSELL F. An Atmospheric Correction Method for the Automatic Retrieval of Surface Reflectance from TM Images[J]. INTJ Remote Sensing, 1994, 15(10): 2065-2086.
- [3] 郑伟,曾志远.遥感图像大气校正方法综述[J].遥感信息,2004,(4):66-70.
- [4] 刘小平,余前,蔡槿.一种实用大气校正法及其在TM影像中的应用[J].中山大学学报论丛,2004,(3):297-300.
- [5] 刘小平,邓孺孺,彭晓鹃.基于TM影像的快速大气校正方法[J].地理科学,2005,(1):87-93.
- [6] 杨杭,张霞,帅通.OM IS-II图像大气校正之FLAASH法与经验线性法的比较[J].测绘通报,2008,(8):4-6.
- [7] 郝建亭,杨武年,李玉霞.基于FLAASH的多光谱影像的大气校正应用研究[J].遥感信息,2008,(1):78-81.
- [8] 王建,潘竟虎,王丽红.基于遥感图像的ATCOR2快速大气纠正模型及应用[J].遥感技术与应用,2002, 17(4):193-197.
- [9] Richter R Atmospheric/Topographic Correction for Satellite Imagery[s]//ATCOR2/3User Guide(Ver.6.1).