

DOI: 10.3969/j.issn.1673-6141.2009.03.008

基于 ATCOR3 模型的大气校正应用研究

麻金继, 陈浩

(安徽师范大学物理与电子信息学院, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 介绍了 ATCOR3 的算法, 应用 ATCOR3 对安徽铜陵及黄山地区两景 TM 图像进行了大气校正, 并用目视比较与提取 NDVI 分析的方法, 比较了校正的效果。研究表明, ATCOR3 校正后, 有效地去除了薄雾对图像的影响; 同时比较了 ATCOR3 和 ATCOR2 对同地区的校正效果, 发现对于山区崎岖地表状况下, ATCOR3 还原了下垫面的原貌, 校正效果优于 ATCOR2。

关键词: 大气校正; TM 图像; ATCOR3; 邻边效应

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **文献编号:** 1673-6141(2009)03-0211-06

Application of Atmospheric Correction Based on ATCOR3 Model

MA Jin-ji, CHEN Hao

(College of Physics and Electronic Information, Anhui Normal University, Wuhu 24100, China)

Abstract: The algorithm of ATCOR3 was introduced. Then the algorithm was applied to correct two scene TM imageries of Tongling and Huangshan of Anhui Province. By the method of eye comparison and NDVI analyzing, the effect of the correction was analyzed. The results show that the influence of haze on images is effectively eliminated. Atmospheric correction result by the ATCOR3 and the ATCOR2 was compared, and it indicated that the ATCOR3 restore was better than ATCOR2 when the original appearance of the surface was rugged terrain.

Key words: atmospheric correction; TM imagery; ATCOR3; adjacency effect

1 引言

大气校正对地面目标识别有重要作用, 目前常用的大气校正方法有辐射传输模型法、黑暗像元法、不变目标法、直方图匹配法等方法^[1-2]。黑暗像元法由于不需要卫星同步观测数据及野外场地测量等的辅助、且能够适用于历史数据和偏

远地区, 应用最为广泛; 黑暗像元法直接、实用, 但没有考虑像元间多次散射的影响, 同时对图像中的黑暗像元确定有一定的主观性, 校正精度比较低^[3]。精度较高的校正方法还是辐射传输模型法, 最常用的辐射传输模型有 LOWTRAN、MODTRAN 和 6S 等, 基于这些辐射传输模型, 发展出

收稿日期: 2009-04-30; 修改日期: 2009-05-05

基金项目: 国家自然科学基金 (40701132); 安徽省自然基金 (070412042) 和安徽师范大学博士启动基金联合资助课题

E-mail: jinji_ma@yahoo.com.cn

了许多大气校正模块, 包括 ACORN、ATCOR、ATREM、FLAASH、HATCH、HITRAN 等^[4]。其中 ATCOR 大气校正模型由德国 Wessling 光电研究所 Richter 博士于 1990 年研究提出并且经过大量验证和评估的一种快速大气校正算法^[5-6]。ATCOR 模型有两种模式, 一种是适用于卫星图像的模式, 包括 1996 年提出的用于平坦地面的 ATCOR2 模型和 1998 年提出的可以推广到山区崎岖地面的 ATCOR3 模型; 另一种是适用于机载和航拍的 ATCOR4 模型。ATCOR 模型算法的核心部分是一个以 MODTRAN4 代码计算辐射传输方程的数据库, 通过输入传感器几何条件、光谱特征及成像时的气溶胶等参数, 通过插值法计算查找表, 从而进行精确快速的大气校正^[6]。本文首先介绍了 ATCOR3 模型校正原理, 然后利用该模型对安徽不同区域的 TM 图像进行了大气校正, 并对校正结果进行了有效的评价。

2 ATCOR3 大气校正原理

对于无云的不均匀地表情况, 传感器入瞳处的表观反射率可表示为^[7]

$$\rho^*(\theta_s, \theta_v, \phi_s - \phi_v) = \rho_a(\theta_s, \theta_v, \phi_s - \phi_v) + \frac{T(\theta_s)}{1 - \rho_r S} [\rho(M) e^{-\tau/\mu_v} + \rho_r(M) t_d(\theta_v)], \quad (1)$$

其中, $\rho^*(\theta_s, \theta_v, \phi_s - \phi_v)$ 是卫星入瞳处的表观反射率, $\theta_s, \theta_v, \phi_s - \phi_v$ 分别为太阳天顶角、观测天顶角和传感器的相对方位角, $\rho_a(\theta_s, \theta_v, \phi_s - \phi_v)$ 是大气反射率, ρ 、 ρ_r 分别为目标和背景反射率, $T(\theta_s)$ 是太阳到地面总的透过率, S 为大气半球反射率, $e^{-\tau/\mu_v}$ 、 $t_d(\theta_v)$ 分别为地表到传感器的直射和漫射透过率, τ 为大气垂直光学厚度。通常传感器入瞳处的辐亮度主要包括三个部分: (a) 大气程辐射; (b) 目标像元反射的辐射; (c) 邻近

像元反射的辐射和散射进入传感器的部分, 如式 (1) 所示。其中, 只有第二部分包含了目标地物信息, 故大气校正就是把 (a) 和 (c) 部分的信息从图像移除, 从而恢复目标特征。图像经过辐射定标以后, 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

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

式中 d^2 代表太阳到地球之间的距离, E_g 为地面辐照度, τ_v 为地表到传感器的总透过率, 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;

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 0.5~1 km;

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。

对于崎岖地表状况下, ATCOR3 算法比平坦地面情况下增加了计算单个像元周围 0.5 km 反射率的地形观测因子 $V_{\text{terrain}}(x, y)$

$$V_{\text{terrain}}(x, y) = 1 - V_{\text{sky}}(x, y), \quad (3)$$

$V_{\text{sky}}(x, y)$ 由校正时图像所提供的高程信息计算得出, 对于平坦地面 $V_{\text{sky}}(x, y) = 1$ 。ATCOR3 中反射率的计算是一个迭代的过程, 在忽略邻边效应的情况下, 以一个固定不变的地形反射率 $\bar{\rho}_{\text{terrain}}^{(0)} = 0.1$ 作为迭代的起始值, 地表反射率表示为

$$\rho_{(i)}^{(1)}(x, y) = \frac{\pi\{d^2[c_0 + c_1 DN(x, y)] - L_p(z, \Theta_v, \phi)\}}{\tau_v(z, \Theta_v)[b(x, y) E_s \tau_s(z) \cos \beta(x, y) + E_{\text{dif}}^*(x, y, z) + E_g(z, \rho_r)_{\text{terrain}}^{-i} V_{\text{terrain}}(x, y)]}, \quad (4)$$

其中, x, y 是水平坐标, 与像元位置的地理参考坐标有关; z 是垂直坐标, 由地面高程信息得到; $L_p(z, \theta_v, \phi)$ 为程辐射; $\tau_v(z, \theta_v)$ 为地面到传感器观测角的透射率; $\tau_s(z)$ 为太阳到地表的直接透射率; $\beta(x, y)$ 为太阳射线与地面法线之间的角度; $b(x, y)$ 为二进制系数, 当像元受到太阳直接照射时为 1, 否则为 0; E_s 太阳直射辐射度; $E_{dif}^*(x, y, z)$ 为漫射辐射度; $E_g(z, \rho_r)$ 地表总辐射度; $\bar{\rho}_{terrain}^{(i)}$ 为变化的地表平均反射率, 以 $i=1, 2, 3$ 迭代计算; $V_{terrain}(x, y)$ 为地形变化因子, 值在 0~1 之间。崎岖地表状况下的邻边效应去除和大气半球反照率对全球通量影响的去除方法与平坦地表状况下的

方法相同。

3 应用实例

3.1 ATCOR3 大气校正

ATCOR3 大气校正模型广泛应用在常用遥感软件中, 如 ERDAS Imagine 9.0 和 PCI Geomatical 9.0 以及这些软件的更高版本。ATCOR3 大气校正的操作流程如图 1 所示。

运用 PCI 9.0 软件中嵌入的 ATCOR3 大气校正模块对安徽铜陵地区 ($N30^{\circ}45'36'' \sim 31^{\circ}10'12''$, $E117^{\circ}37'12'' \sim 118^{\circ}10'48''$) 2007 年 7 月 26 日的 Landsat5 TM 数据进行大气校正。设置相关参数, 校正结果如图 2 所示。

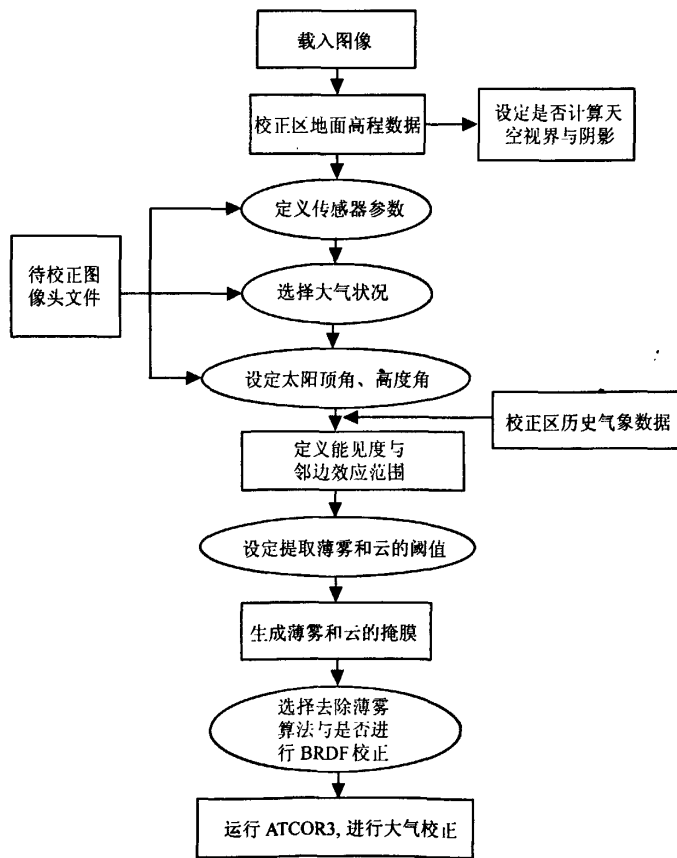


图 1 ATCOR3 大气校正的操作流程

Fig.1 Work flow of ATCOR3 atmospheric correction

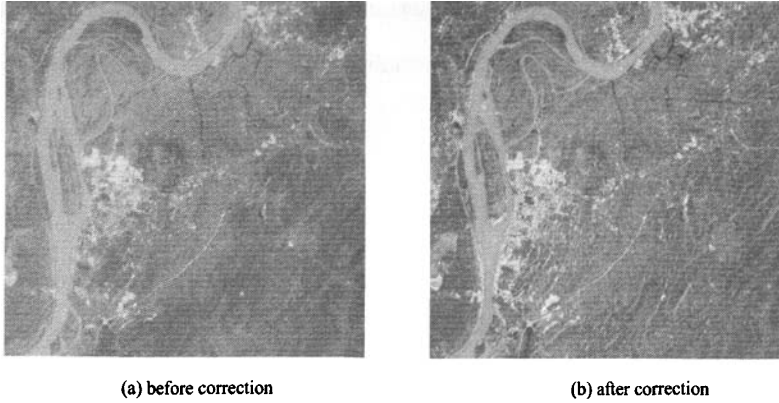


图 2 大气校正前后 TM 图像 4、3、2 波段假彩色合成图

Fig.2 TM false color composite imagery before and after atmospheric correction: RGB with bands 4, 3and 2

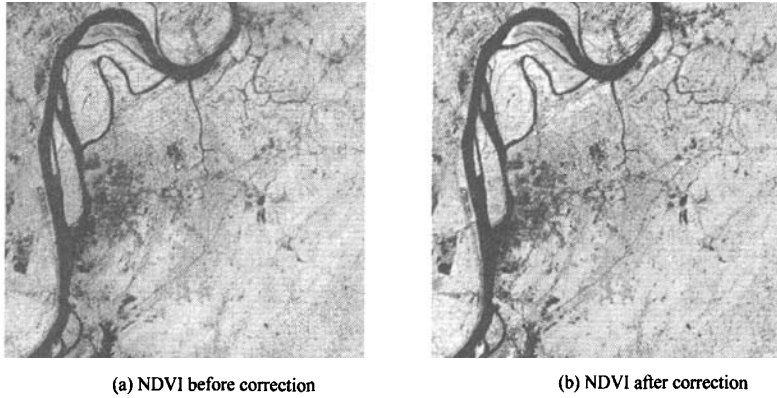


图 3 大气校正前后图像的 NDVI 对比图

Fig.3 NDVI comparison between before and after atmospheric correction

通过目视比较可以发现，大气校正前图像对比度不高；大气校正以后，有效地去除了薄雾对图像的影响，图像对比度明显增加，左侧长江周边地区地物更加清晰可辨，恢复了下垫面的原貌；右下角靠近皖南山区的区域，由于校正时计算了天空视界、山体倾斜度和阴影等信息，校正后突出了山体的倾斜度，山体的棱角更加分明，对山体阴影进行了去除，有效地提高了图像的质量。归一化植被指数 (NDVI) 反映了地表的生态环境，在以往得到了较深入的研究 [8]。因此，为了更好地分析校正效果，对校正前后的图像分别提取归

一化植被指数进行分析比较，如图 3 所示。

图 3 中较亮部分为植被，黑色部分为水体。对比图像可以发现，左侧长江周边地区在去除了薄雾的影响以后，像元明显变亮，即 NDVI 值得到了较大提高；水体的 NDVI 值在校正后有所降低。统计表明，校正前图像的 NDVI 均值为 0.336，校正后图像 NDVI 均值增加到 0.505，图像校正以后，NDVI 最大值增大，最小值变小。因此，大气校正能够增大高植被覆盖区与低植被覆盖区 NDVI 的差别，使植被信息更加突出。

3.2 ATCOR3 与 ATCOR2 校正比较

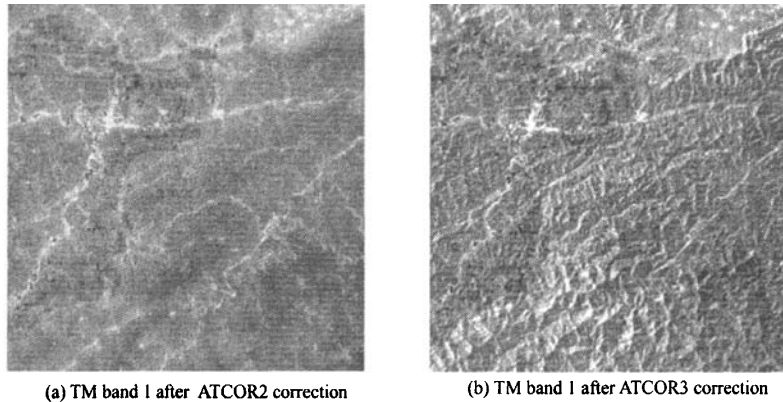


图 4 ATCOR2 校正与 ATCOR3 校正后 TM 第 1 波段图像

Fig.4 TM band 1 between ATCOR2 correction and ATCOR3 correction

为了验证在对崎岖地表状况下的图像进行大气校正时, ATCOR3 比 ATCOR2 具有更好的校正效果, 文中选取地面起伏较大的黄山地区 ($N29^{\circ}34'36'' \sim 29^{\circ}55'48''$, $E117^{\circ}31'12'' \sim 117^{\circ}57'36''$) 的 2007 年 7 月 26 日的 Landsat5 TM 数据作为原始数据, 分别利用 ATCOR2 和 ATCOR3 校正模块对图像进行大气校正。根据校正区域地面高程数据, 在 ATCOR2 中设置地面平均高程为 300 m 进行校正; 在 ATCOR3 中, 提供校正区域地面高程数据, 并设置其他相关参数, 进行校正。用 ATCOR2 与 ATCOR3 模型校正后的结果分别如图 4(a)、(b) 所示。

由于大气散射对可见光谱区的电磁波影响明显, 瑞利散射强度与波长的 4 次方成反比, 波长越短, 散射越强。因此, TM 图像的第 1 波段受大气散射影响最为严重。由图 4 可以看出, ATCOR2 校正中设定了地面平均高程, 校正后基本去除了薄雾对图像的影响, 但图像对比度不高, 下垫面的轮廓仍然不清晰; ATCOR3 在校正时提供了精确的地面高程信息, 与 ATCOR2 校正后图像比较发现, ATCOR3 校正后的图像对比度明显增加, 下垫面山地崎岖地形清晰可见, 山体棱角分明, 有效地去除了邻边效应的影响, 增强了图像清晰度, 还原了下垫面的原貌。

4 结 论

本文在介绍了 ATCOR3 算法的基础上, 运用 ATCOR3 模型对 TM 数据做大气校正, 通过目视比较及提取图像 NDVI 值比较发现, ATCOR3 大气校正消除了薄雾对图像的影响, 校正后图像中的植被信息得到了突出, 增强了图像的对比度, 提高了图像的质量。最后用 ATCOR3 和 ATCOR2 分别对山区 TM 数据进行校正, 结果表明, 在对地形起伏较大的山区进行大气校正时, ATCOR3 比 ATCOR2 更能反映下垫面的高程情况, 还原下垫面的原貌, 具有更好的效果。

参考文献:

- [1] Zheng Wei, Zeng Zhiyuan. A review on methods of atmospheric correction for remote sensing images [J]. *Remote Sensing Information*, 2004, (4): 66-70(in Chinese).
- [2] 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.
- [2] Chen Jin, Ma Jinji, Wang Jiacheng. Atmospheric correction of MODIS image for turbid coastal waters [J]. *Journal of Atmospheric and Environmental Optics*, 2007, 2(4): 306-311(in Chinese).

- 陈 瑾, 麻金继, 王家成. 海岸带浑浊水域 MODIS 图像的大气校正 [J]. 大气与环境光学学报, 2007, 2(4): 306-311.
- [3] Liang S L, Fang H L, Chen M Z. Atmospheric correction of Landsat ETM+ land surface imagery-part I: methods [J]. *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, 2001, 39(11): 2490-2498.
- [4] Qi Xueyong, Tian Qingjiu. The advance in the study of atmospheric correction for optical remote sensing [J]. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2005, (4): 1-6(in Chinese).
齐雪勇, 田庆久. 光学遥感大气校正研究进展 [J]. 国土资源遥感, 2005, (4): 1-6.
- [5] Wang Jian, Pan Jinghu, Wang Lihong. An introduction to a spatially-adaptive fast atmospheric correction for satellite remote sensing images [J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2002, 17(4): 193-197(in Chinese).
- 王 建, 潘竞虎, 王丽红. 基于遥感卫星图像的 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.
- [6] Richter R. Atmospheric/Topographic Correction for Satellite Imagery [S]. // ATCOR2/3 User Guide (Ver.6.1).
- [7] Vermote E F, Tanre D, Deuze J L, et al. Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6s: an overview [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1997, 35(3): 675-686.
- [8] Xun Shangpei, He Binfang, Liu Huimin. Analysis of the effects of three kinds of MODIS VI by atmospheric correction [J]. *Journal of Atmospheric and Environmental Optics*, 2006, 1(3): 202-209(in Chinese).
荀尚培, 何彬方, 刘惠敏. 大气校正对几种 MODIS 植被指数影响的分析 [J]. 大气与环境光学学报, 2006, 1(3): 202-209.

作者简介: 麻金继 (1975-), 男, 汉族, 安徽当涂人, 博士, 安徽师范大学副教授, 硕士生导师。主要从事光学遥感和遥感信息定量化方面的研究。

基于ATCOR3模型的大气校正应用研究

作者: [麻金继](#), [陈浩](#), [MA Jin-ji](#), [CHEN Hao](#)
作者单位: [安徽师范大学物理与电子信息学院, 安徽, 芜湖, 241000](#)
刊名: [大气与环境光学学报](#)
英文刊名: [JOURNAL OF ATMOSPHERIC AND ENVIRONMENTAL OPTICS](#)
年, 卷(期): 2009, 4(3)

参考文献(8条)

1. 王建;潘竟虎;王丽红 [基于遥感卫星图像的ATCOR2快速大气纠正模型及应用](#)[期刊论文]-[遥感技术与应用](#) 2002(04)
2. 亓雪勇;田庆久 [光学遥感大气校正研究进展](#)[期刊论文]-[国土资源遥感](#) 2005(04)
3. Liang S L;Fang H L;Chen M Z [Atmospheric correction of Landsat ETM+ land surface imagery part I:methods](#) 2001(11)
4. 荀尚培;何彬方;刘惠敏 [大气校正对几种MODIS植被指数影响的分析](#)[期刊论文]-[大气与环境光学学报](#) 2006(03)
5. Vermote E F;Tanre D;Deuze J L [Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6s:an overview](#)[外文期刊] 1997(03)
6. Richter R [Atomspheric/Topographic Correction for Satellite Imagery](#)
7. 陈瑾;麻金继;王家成 [海岸带浑浊水域MODIS图像的大气校正](#)[期刊论文]-[大气与环境光学学报](#) 2007(04)
8. 郑伟;曾志远 [遥感图像大气校正方法综述](#)[期刊论文]-[遥感信息](#) 2004(04)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dqyhjgxxb200903008.aspx