

CBERS 影像的业务化大气订正

傅俏燕, 闵祥军, 潘志强, 亓雪勇, 王爱春

(中国资源卫星应用中心, 北京 100094)

摘要: 针对 CBERS 卫星影像特点, 基于大气辐射传输方程原理, 以 MODTRAN 模型为内核, 建立气溶胶光学厚度查找表, 进行 CBERS 影像大气订正, 以满足业务化生产定量产品的需求。利用 2005 年 8 月 14 日四川广元嘉陵江流域 CBERS 影像进行大气订正结果验证, 取得了较好的应用效果。

关键词: CBERS; 大气订正

中图分类号: TP 75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-707X(2009)01-0048-03

0 引言

中巴地球资源卫星 (CBERS) 是我国第一代陆地资源卫星, 近年来在土地利用、地质矿产、环境保护及农林水利等领域得到了广泛的应用。但是, 由于传感器接收到的可见光到近红外波段的信号在传播过程中受到大气分子、气溶胶及云粒子等大气成分的吸收和散射影响, 其强度、波谱、空间分布、方向和极化等特性都会发生变化, 给遥感影像的定量化应用带来很大困难。因此, 从遥感影像中消除大气影响、开展大气订正获取地物真实反射率研究具有重要意义。

本文介绍了中巴地资源卫星大气订正方法, 从图像自身进行暗目标自动提取, 获取影像的气溶胶光学厚度参数。基于大气辐射传输方程原理, 以 MODTRAN 模型为内核, 建立气溶胶光学厚度查找表, 进行 CBERS 影像快速大气订正, 以满足资源卫星影像业务化大气订正的需求。利用本方法对 CBERS 影像大气订正进行效果验证, 结果表明, 订正精度可以满足遥感信息定量化应用的需求, 具有较强的实用性。

1 大气订正原理

卫星传感器入瞳处的表观辐亮度 L_{app} 是太阳光、大气及其地表相互作用的总贡献。在忽略电磁波的极化效应、大气在水平方向具有各向同性或垂直方向变化的平面且地表面为平坦的具有各向同性的朗伯体的假设前提下, 太阳光、大气和地表相互作用的示意图如图 1 所示。

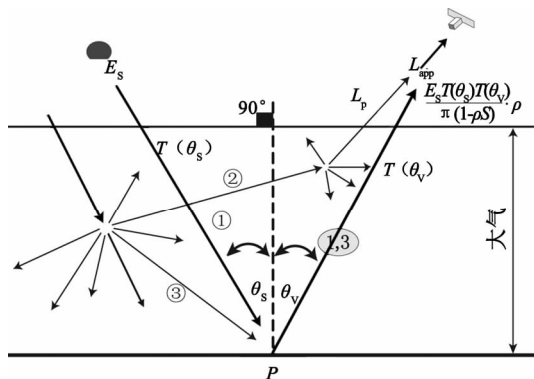


图 1 太阳光、大气和地表相互作用示意图

根据大气辐射传输方程, 传感器接收到的表观辐亮度 L_{app} 可表示为

$$L_{app} = L_p + \frac{E_s T(\theta_s) T(\theta_v)}{\pi(1-\rho S)} \cdot \rho \quad (1)$$

式中, L_{app} 为表观辐亮度; L_p 为大气程辐射; E_s 为大气外太阳光谱辐照度; ρ 为地表真实反射率; S 为大气球面反照率; $T(\theta_s)$ 为大气下行透过率; $T(\theta_v)$ 为大气上行透过率。用 F 来表示 $E_s T(\theta_s) T(\theta_v) / \pi$, 则将式(1)简化为

$$L_{app} = L_p + \frac{\rho F}{1-\rho S} \quad (2)$$

从式(2)可知, 除 L_{app} 和 ρ , 只存在 L_p 、 S 和 F 共 3 个未知数。因此, 对遥感影像进行大气订正, 首先需要获取相应的大气参数, 即 L_p 、 S 和 F , 再根据式(2)反演出地表真实反射率 ρ 。

2 大气参数获取

大气状态参数可以从气象站点、大气状态参数产品和遥感影像自身获得。从遥感影像自身获得大

气状态参数既便捷又有较高的实效性。对大部分遥感影像而言,大气订正的一个关键参量是气溶胶光学厚度。

针对 CBERS 影像特征,采用最小反射率法获取气溶胶光学厚度。最小反射率法假设在一般情况下,水体在近红外波段的反射率较低,浓密植被在蓝光和红光波段反射率较低,可以被看作为暗目标。利用比值植被指数 (RVI)、土壤调整植被指数 (SAVI) 和归一化水体指数 (NDWI) 的综合分析法,实现对近红外波段清洁水体和蓝光波段浓密植被的暗目标自动提取,从而确定近红外波段和蓝光波段的气溶胶光学厚度,再根据气溶胶光学厚度的计算公式,推算出 CBERS 其它对应波段的气溶胶光学厚度,即

$$\tau_i = a\lambda_i^{-b} \quad (3)$$

式中, τ_i 和 λ_i 分别为对应 i 波段的气溶胶光学厚度值和中心波长; a 为大气浑浊度参数; b 表征气溶胶粒子相对大小的参数。

3 气溶胶查找表建立

大气订正查找表是以离线的方式建立在不同的离散化观测几何及大气状态参数下,表观辐亮度与地表真实反射率的映射关系,并将表述这种映射关系函数的参数以表格的形式存储在查找表文件中。在进行遥感影像大气订正时,在线应用大气订正查找表查找。针对气溶胶光学厚度查找表,需要以气溶胶光学厚度、太阳天顶角、观测天顶角、相对方位角、大气模式及气溶胶模式等离散化参数为变量,离线运行 MODTRAN 计算出在不同变量下的表观辐亮与地表真实反射率之间的对应关系,即

$$L_{app} = L_p + \frac{E_d \rho T_v}{\pi(1 - \rho S)} \quad (4)$$

式中, T_v 为大气透过程; E_d 为到达地表面的太

阳辐照度。将 $E_d T_v / \pi$ 用 F 来表示,则式(4)简化为

$$L_{app} = L_p + \frac{\rho F}{1 - \rho S} \quad (5)$$

这样,除去 L_{app} 与 ρ ,公式(5)中只存在 L_p 、 S 及 F 共 3 个未知数,列 3 个方程组即可求出方程的唯一解。在确定的观测几何和大气状态参数的情况下,令地表真实反射率 ρ 分别为 0、0.5 和 0.8,得出 L_p 、 S 及 F 分别为

$$\begin{cases} L_p = L_1 \\ S = \frac{0.8L_2 - 0.5L_3 - 0.3L_1}{0.4(L_2 - L_1)} \\ F = 2(L_2 - L_1)(1 - 0.5S) \end{cases} \quad (6)$$

式中, L_1 、 L_2 、 L_3 分别为地表反射率为 0、0.5 和 0.8 时对应的表观辐亮度值。建立 CBERS 气溶胶查找表。

4 CBERS 影像大气订正

针对 CBERS 影像,从影像头文件获取太阳天顶角 θ_s 和暗目标获取的气溶胶光学厚度 τ ,通过查表可得 L_p 、 S 、 F 的值,由公式(7)可计算地表真实反射率,即

$$\rho = \frac{L_{app} - L_p}{(L_{app} - L_p)S + F} \quad (7)$$

这种订正方法不在线运行 MODTRAN 程序,大大减少了进行大气订正的时间,提高了效率,可满足大气订正的业务化需求。

5 大气订正效果的验证

根据建立的气溶胶查找表,采用最小反射率法,对 2004 年 8 月 25 日 CBERS-02 星 CCD 影像进行大气订正,并分别选取植被、戈壁及水体 3 种典型地类(图 2),对大气订正前后以及实测的反射率进行对比分析,如图 3~5 所示。

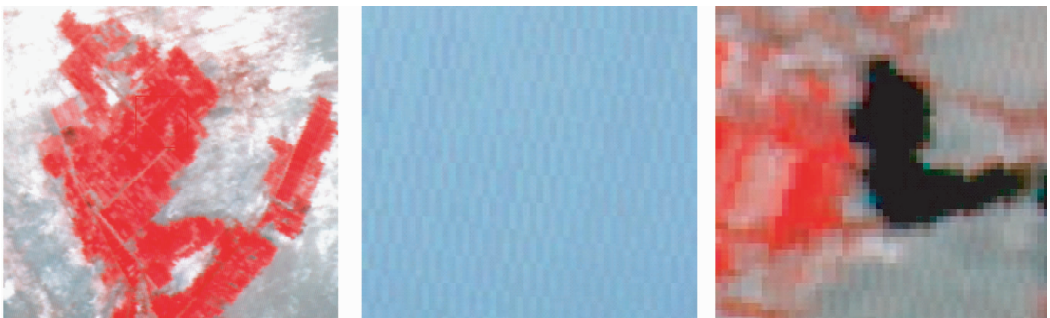


图 2 CBERS-02 星 CCD 影像中植被(左)、戈壁沙地(中)及水体(右)3 种典型地物影像

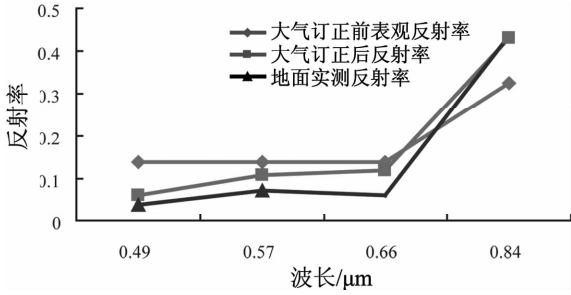


图 3 植被不同反射率对比

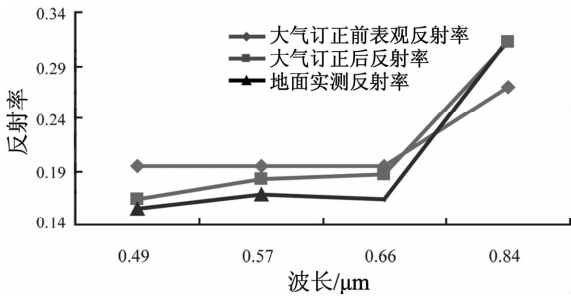


图 4 戈壁沙地不同反射率对比

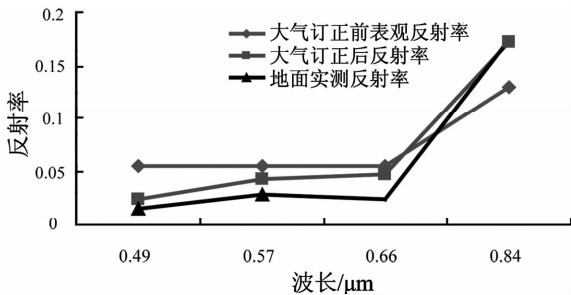


图 5 水体不同反射率对比

从图 3 ~ 图 5 可看出:

植被未经大气订正的表观反射率在蓝、绿、红波段反射率值较高且数值相差不多,没有明显的绿峰,近红外波段与可见光波段的差距较小;而经过大气订正后,可见光波段的反射率值都有所降低、近红外波段反射率值有所升高,与实测反射率更为接近。

戈壁沙地未经过大气订正的表观反射率表现为一条斜率很小的平缓直线;经过大气订正后,蓝光通道的反射率值明显降低,近红外波段的反射率值明显升高,在可见光波段反射率值与实测值非常接近,光谱曲线的趋势非常一致。

水体经过大气订正后在各个波段的反射率都有不同程度的降低,更接近实测值;但除蓝光通道值非常接近外,绿光、红光和近红外波段与波谱仪测量值还有一定差距。

基于上述分析,经过大气订正的反射率值比大

气订正前表观反射率值更为接近地表真实反射率,更为适宜在地物识别、定量反演和模拟中应用。

6 结 论

(1) 基于图像自身信息,用最小反射率方法获取大气气溶胶光学厚度参量,具有一定的可行性。

(2) 基于大气辐射传输方程原理,以 MODTRAN 模型为内核,建立气溶胶光学厚度查找表,进行 CBERS 影像大气订正,满足了 CBERS 影像业务化大气订正的需求,从而使 CBERS 影像数据得到更为广泛和深入的应用。

(3) CBERS 影像经过大气订正后,对植被、戈壁沙地和水体 3 种典型地物进行了对比分析,表明其结果更接近于真实地物。

(4) 基于 CBERS 影像大气订正,为同一地点不同时相的遥感影像开展综合利用和相互比较提供了依据,为植被结构参数、生物量的反演提供了精确的地表反射率信息,为深入开展遥感量化研究奠定了基础。

参 考 文 献:

- [1] Liang Shun-lin. Quantitative Remote Sensing of Land Surfaces [M]. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2004.
- [2] 李小文,王锦地. 植被光学遥感模型与植被结构参数化[M]. 北京:科学出版社,1995.
- [3] Goel N S, Strelbel D E. Inversion of Vegetation Canopy Reflectance Models for Estimating Agronomic Variables: I. Problem Definition and Initial Results Using the Suits Model [J]. Remote Sensing of Environment, 1983, 13:487 - 507.
- [4] 周淑贞,张如一,张超. 气象学与气候学[M]. 北京:高等教育出版社,1997.
- [5] 刘培桐,薛纪渝,王华东. 环境学概论[M]. 北京:高等教育出版社,1995.
- [6] Vermote, et al. Atmospheric Effect in the Solar Spectrum [R]. Maryland: University of Maryland, 2000.
- [7] 赵英时,等. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社, 2003.
- [8] 亓雪勇,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.
- [9] Turner E R, Spencer M M. Atmospheric Model for Correction of Spacecraft Data [A]. 8th Int. Symp. Remote Sensing of the Environment[C]. Ann Arbor, MI, 1972, 895 - 934.
- [10] Tanre D, Deroo C, et al. Description of a Computer Code to Simulate the Satellite Signal in the Solar Spectrum: The 5S Code [J]. Int. J. Remote Sens., 1990, 11:659 - 668.
- [11] Berk A, Anderson G P, et al. MODTRAN4 user's Manual [M]. MA: Air Force Research Laboratory, 1999.