

# 基于 SPOT 卫星影像的去模糊处理

杨晓峰<sup>1</sup>, 郑有飞<sup>1</sup>, 温兴平<sup>2</sup>, 张育萍<sup>3</sup>

(1. 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 南京 210044; 2. 中国地质大学数学地质遥感地质研究所, 武汉 430074; 3. 江苏省张家港市气象局, 张家港 215600)

**摘要:** 用模糊区/清晰区平均反射率匹配法对 SPOT 5 卫星影像进行去模糊处理。首先, 结合 SPOT 5 各波段的统计特征, 从影像上识别出模糊区; 然后, 对影像进行非监督分类, 对同一分类区内像元在模糊区和清晰区的辐射值进行比较, 计算出气溶胶空间分布; 最后, 将气溶胶分布输入 MODTRAN 模型中, 对影像进行大气校正。研究中将反演的气溶胶浓度分布重采样到全色波段的分辨率, 用 MODTRAN 对全色波段进行大气校正, 也取得了较好效果。研究得出模糊区/清晰区平均反射率匹配法是一种有效的去模糊处理方法, 且可将处理后的影像转换得出反射率, 便于不同时相遥感影像进行对比。

**关键词:** 遥感; SPOT 卫星影像; 大气校正

**中图分类号:** TP 75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2008)01-0031-03

## 0 引言

随着遥感技术的发展, 对遥感信息的要求也从定性描述过渡到定量观测, 这对全球变化信息的动态监测有重要意义<sup>[1]</sup>。要获取精确的遥感反演要素, 就需要对影像进行大气校正, 其方法有很多, 大致可以分为绝对大气校正和相对大气校正<sup>[2]</sup>。前者只对遥感数据作一些变换处理, 从而达到滤掉大气干扰因素的作用; 后者主要是利用辐射传输方程, 目前较为成熟的模型有 6S<sup>[3, 4]</sup>、MORTAN<sup>[5]</sup> 及 SHDOM<sup>[6]</sup> 等。对传感器获取地表影像最大的因素是空间气溶胶分布, 简单的大气校正总是假定景内为均一气溶胶分布, 在大气校正过程中可通过设定不同能见度参数来匹配不同气溶胶浓度, 这适用于一景内没有明显模糊区的遥感影像。但实际上, 大量的遥感影像上均可明显存在模糊区, 此时就应该采用非均一气溶胶空间分布下的大气校正方法, 以达到去模糊的目的。为此, 国内外许多学者进行了大量研究, 概括起来大致可分相对处理方法和绝对处理方法。相对处理方法仅考虑提高影像的目视效果, 而不进行大气辐射校正, 主要有替换法<sup>[7]</sup>、缨帽变换法<sup>[8]</sup> 和同态滤波法<sup>[9]</sup> 等。替换法是将云区通过用不同时期同一地点的影像代替, 以提高目视解译, 但替换后的影像值由于与其它影像不是同一时相, 所以难以利用, 在厚云覆盖区域, 由于地面反射几乎完全被云层阻挡, 图像中基本不含地面信息, 这类处理多采用替换法。缨帽变换法目前仅适用于

MSS、TM 及 ETM<sup>+</sup> 数据, 而本研究采用 SPOT 卫星影像, 无法使用。绝对处理方法首先需要进行地表气溶胶浓度反演, 再将气溶胶浓度分布参数输入大气辐射方程, 计算出地表绝对反射率。目前较为成熟的方法是模糊区/清晰区平均反射率匹配法<sup>[2]</sup>, 此算法已被成功应用到 MODIS、Landsat、SeaWiFS 及 CBERS<sup>[10]</sup> 等卫星影像上。本文利用此方法, 结合 SPOT 5 影像波段数据特点, 提出了模糊区识别的有效方法, 并将气溶胶空间分布重采样到全色波段的分辨率, 对全色波段进行了去模糊处理。

## 1 SPOT 卫星介绍

研究选取 2006 年 4 月 3 日的 SPOT 5 的卫星影像, 中心位置为北纬 110°59'8", 东经 31°49'54", 其波段及波长范围见表 1。研究中的影像目视可见明显的模糊区, 故采用非均一气溶胶空间分布的大气校正方法。

表 1 SPOT 5 卫星波段及波长范围

波段	星下点分辨率/m	波长范围/ $\mu\text{m}$
全色	2.5	0.48 ~ 0.71
B1(绿色)	10	0.50 ~ 0.59
B2(红色)	10	0.61 ~ 0.68
B3(近红外)	10	0.78 ~ 0.89
B4(短波红外)	20	1.58 ~ 1.75

## 2 研究方法

气溶胶空间分布对遥感影像采集时产生的影响随

波长的增加而减小,在蓝绿色波段内影响最为明显,在近红外与短波红外波段影响较小,因而可以通过不同波段信息的组合反演气溶胶的空间分布。对于 SPOT 数据,B1 受气溶胶空间分布的影响最大,B4 最小。

首先,在影像上识别出模糊区与清晰区,对影像进行非监督分类(一般分 30 ~ 50 类较为合适),并认为在分类中属于同一类的地表具有相同反射率,若分到同一类的像元在模糊区和清晰区内同时存在,在已知清晰区能见度的情况下,则可以通过大气辐射方程计算出模糊区内的能见度,这样就可以得到气溶胶浓度的空间分布;然后,通过 MODTRAN 对影像逐点进行大气校正;最后,对影像进行去邻近效应处理,其方法见文献[11, 12]。

### 2.1 模糊区的识别

影像中的模糊区可由云层、地面雾或水汽及空气中污染物等多种原因引起。由于 SPOT 数据所含波段比 TM/ETM<sup>+</sup> 数据要少,模糊区的识别较为困难,通过计算 SPOT 各波段的统计值发现,用式(1)、(2)结合可以较好地识别出模糊区。B1 受大气气溶胶影响最为严重,B3 及 B4 影响较小,因而用 B1 来识别模糊区较为合适,但仅用式(1)会将高密度建筑区也识别为模糊区,所以用式(2)来排除高密度建筑区。模糊区在 B1 表现为高 DN 值,但在 B3 表现为低 DN 值,而高密度建筑区在 B1 与 B3 均表现为高 DN 值。

$$B1 > \overline{B1} + 0.9\sigma_{B1} \quad (1)$$

$$B3 < \overline{B3} + 2.0\sigma_{B3} \quad (2)$$

通过式(1)、(2)对模糊区像元进行提取,然后对这些像元点按面积大小进行过滤,仅保留成片的大面积模糊区,并结合人机交互选定模糊区边界。云区对不同波段均表现为高 DN 值,研究中将同时符合式(3) ~ (5)的像元点标识为云区。

$$B1 > \overline{B1} + 4.0\sigma_{B1} \quad (3)$$

$$B2 > \overline{B2} + 4.0\sigma_{B2} \quad (4)$$

$$B4 > \overline{B4} + 4.0\sigma_{B4} \quad (5)$$

式中, $\overline{B1} \sim \overline{B4}$ 分别为波段 B1 ~ B4 的平均亮度值; $\sigma_{B1} \sim \sigma_{B4}$ 为波段 B1 ~ B4 的标准差。



### 2.2 去模糊处理

利用模糊区/清晰区平均反射率匹配法去除模糊区,具体步骤如下:

(1) 根据式(3) ~ (5)在影像上识别出云区,而后对影像上有云区域做掩模处理,有云区像元不参与下面计算;

(2) 根据式(1)、(2)识别出模糊区与清晰区;

(3) 对短波红外波段进行重采样,并与 B1 ~ B3 波段进行几何配准;

(4) 对 B1 ~ B4 波段信息用非监督分类 ISODATA 方法将影像分为 50 类;

(5) 从相同分类区内计算出模糊区/清晰区的平均辐射值,假定同一分类内的地表具有相同反射率,并假设清晰区内的能见度为 50 km,通过 MODTRAN 计算出模糊区内的气溶胶浓度;

(6) 用高斯低通滤波器对气溶胶浓度分布进行空间平滑处理;

(7) 利用反演出的空间气溶胶分布,用 MODTRAN 方法对影像进行大气校正;

(8) 对影像进行去邻近效应处理。

具体流程如图 1 所示。

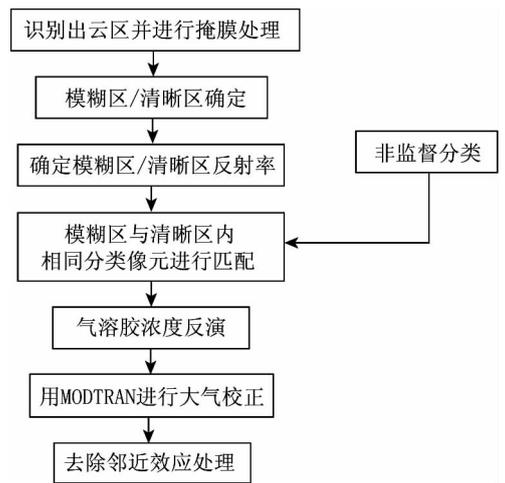


图 1 去除模糊区流程

图 2 为 B1 影像在去模糊处理前后的对比图,可以看出,校正后模糊区明显去除,影像纹理特征较为清晰,对比度增强,处理效果令人满意。



图 2 B1 去模糊处理前(左)后(右)影像对比

### 2.3 全色波段的去模糊处理

全色波段与多波段影像地理位置相同,且成像时的大气条件一致,所以可以把用多波段影像生成的气溶胶空间分布进行重采样,处理成与全色影像一致的空间分辨率,而后用 MODTRAN 对影像进行大气校正,最后进行去邻近效应处理。影像处理后对比度明显增加。

## 3 结论

用模糊区/清晰区平均反射率匹配法可以有效对 SPOT 5 影像进行去模糊处理。利用 SPOT 5 各波段的统计特征,可以有效识别出云区与模糊区。研究中将反演出的气溶胶浓度分布进行重采样到全色波段分辨率,用 MODTRAN 对全色波段进行大气校正,取得了较好效果。用模糊区/清晰区平均反射率匹配法进行大气校正不但可以达到去模糊的效果,同时由于这种方法基于大气辐射方程之上,校正后的数据转换为地表反射率,因而可对不同时相遥感影像进行对比研究。

### 参考文献

- [1] 李小文,赵红蕊,张颢,等. 全球变化与地表参数的定量遥感[J]. 地学前缘, 2002, 9(2): 365-370.
- [2] Liang S L, Fang H L, Chen M Z. Atmospheric Correction of Landsat ETM<sup>+</sup> Land Surface Imagery——Part I: Methods[J].

- IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2001, 39(11): 2490-2498.
- [3] 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.
- [4] Vermote E F, Tanre D, Deuze J L, et al. Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum (6S), 6S User Guide Version 2[EB/OL]. 1997.
- [5] Berk A, Anderson G P, Acharya P K, et al. MODTRAN 4 User's Manual[EB/OL]. 1999.
- [6] Evans K F. The Spherical Harmonics Discrete Ordinate Method for Three-Dimensional Atmospheric Radiative Transfer[J]. Journal of the Atmospheric Sciences, 1998, 55(3): 429-446.
- [7] 王惠,谭兵,沈志云. 多源遥感影像的去云层处理[J]. 测绘学院学报, 2001, 18(3): 195-198.
- [8] Richter R. A Spatially Adaptive Fast Atmospheric Correction Algorithm[J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17(6): 1201-1214.
- [9] 赵忠明,朱重光. 遥感图像中薄云的去方法[J]. 环境遥感, 1996, 11(3): 195-199.
- [10] 马建文,顾行发,冯春,等. CBERS-02 卫星图像薄云的去方法研究[J]. 中国科学:E 辑, 2005, 35(B12): 89-96.
- [11] Ma J W, Li X W, Chen X, et al. Target Adjacency Effect Estimation Using Ground Spectrum Measurement and Landsat-5 Satellite Data[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2006, 44(3): 729-735.
- [12] Ma J, Chen X. Adjacency Effect Estimation by Ground Spectra Measurement and Satellite Optical Sensor Synchronous Observation Data[J]. Chinese Optics Letters, 2006, 4(9): 546-549.

## HAZE REMOVAL BASED ON SPOT REMOTE SENSING IMAGE

YANG Xiao-feng<sup>1</sup>, ZHENG You-fei<sup>1</sup>, WEN Xing-ping<sup>2</sup>, ZHANG Yu-ping<sup>3</sup>

- (1. Institute of Environmental Science and Engineering, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;
2. Institute of Mathematic Geology and Remote Sensing Geology, China University of Geosciences; Wuhan 430074, China;
3. Zhangjiagang Meteorological Bureau of Jiangsu Province, Zhangjiagang 215600, China)

**Abstract:** This paper deals with the methods for haze removal based on SPOT 5 remote sensing image by using haze-clear areas reflectance matching. The procedure is as follows: First, the haze area is recognized by using band statistic values, Second, the remote sensing image is classified by using unsupervised classification, then the aerosol optical depth distribution is calculated by comparing the radiation values in haze and clear areas, Finally, the image can be atmospherically corrected by using MODTRAN model. The panchromatic image can be atmospherically corrected in a similar way by using the resample aerosol optical depth distribution. It is concluded that the haze-clear area reflectance matching is an effective haze removal method. In addition, the image can be transformed to reflectance and compared with different remote sensing images.

**Key words:** Remote sensing; SPOT satellite image; Atmospheric correction

第一作者简介: 杨晓峰(1973-),女,硕士研究生,工程师,研究方向为环境气象和环境遥感。

(责任编辑:李瑜)