

利用 MODIS 监测沙尘暴的影响范围

章伟伟,过仲阳,夏 艳

(华东师范大学地理信息科学教育部重点实验室,上海 200062)

摘要:采用 EOS-Terra/MODIS 数据对内蒙古的沙尘暴进行监测研究。通过分析沙尘暴的波谱特征和 MODIS 传感器通道的特点,采取基于双通道阈值的叠加分析法对沙尘暴进行提取监测。结果表明基于双通道阈值的叠加分析法有利于对沙尘暴信息的准确提取,为利用 MODIS 数据进行沙尘暴监测提供了有效手段。

关 键 词:EOS-Terra/MODIS; 沙尘暴; 遥感监测

中图分类号:TP 79 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2008)06-0682-04

1 引言

沙尘暴是大风扬起的地面沙尘,使空气变浑浊、大气水平能见度低于 1 km、近地面大气层中悬浮颗粒物急剧增加的一种自然现象。沙尘暴所携带的沙尘微粒所引发的气候学效应,一方面会导致当地自然生态环境的破坏,另一方面这些微粒被送入高空随风飘移,又会造成大范围降尘,对区域气候产生一定的影响^[1]。由于沙尘暴天气经常发生在沙漠、戈壁、荒漠等人口稀少的地区,常规的观测站点无法及时观测到沙尘暴的发生、发展,所以利用卫星遥感技术从空间对沙尘暴进行观测是一种有效的手段。

国外对沙尘暴的遥感监测研究始于 20 世纪 80 年代的 NOAA/AVHRR 传感器。目前的遥感监测主要利用静止气象卫星(GMS/VISSR)和极轨气象卫星(NOAA/AVHRR)两大卫星遥感系列数据^[2]。Griggs、Shenk 和 Curran 等开展了利用卫星的可见光和红外波段监测陆地和水体上空的沙尘,及其相关的一些研究^[3]。Carlson 利用卫星观测的亮度资料确定了撒哈拉地区沙尘的爆发及其相应的大气扰动^[4]。

我国的研究与应用工作从 20 世纪 80 年代末开始。裴浩^[5]等在“气象卫星遥感技术的应用研究”课题中,试验筛选可以较好地反映沙尘暴信息的假彩色图像合成方式,并利用 NOAA/AVHRR 第 1、2

通道探测值对沙尘区的相对沙尘浓度进行了分层。另外,在中国的 FY-1 系列极轨气象卫星发射后,利用其遥感资料进行了沙尘暴监测的研究与应用,1995 年实现了沙尘暴遥感监测的业务化^[6]。

2 基于 TERRA-MODIS 的沙尘暴遥感监测方法

2.1 TERRA-MODIS 的沙尘暴遥感监测机理

沙尘在可见光、中红外、远红外波段的光谱特性与下垫面背景和云的差异性是卫星遥感监测沙尘暴的基本原理。MODIS 的 36 个通道按波长可分为四大类:可见光、近红外、中红外和热红外。对于可见光、近红外波段,可以测量下垫面反射的太阳光,进而计算表观反照率;对于中、热红外波段,可以测量下垫面红外辐射值,进而计算下垫面的亮度温度。本文在计算 MODIS 的 1、2 通道表观反射率和 20、31 通道的亮度温度的基础上来探讨沙尘暴的遥感监测方法。

本次研究采用双通道和多通道法进行 MODIS 的沙尘暴信息提取工作,从地面接受站获取的 TERRA-MODIS 数据,辐射校正系数由 HDF 中的相应属性提供,由辐亮度转换为亮度温度公式为:

$$L = \frac{2hc^2\lambda^{-5}}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \quad (1)$$

收稿日期:2008-04-21;修订日期:2008-09-24

作者简介:章伟伟(1985—),女,硕士研究生,研究方向为数据挖掘与遥感应用。E-mail:164572172@163.com。

$$T = \left(\frac{hc}{k\lambda} \right) \frac{1}{2hc^2\lambda^{-5}L^{-1} + 1}$$

$$= \frac{14.39474 \times 10^3}{\lambda \times \ln\left(\frac{119.109 \times 10^6}{\lambda^5 L} + 1\right)} \quad (2)$$

式(1)、(2)中的各参数含义定义如下:

L : 黑体的光谱辐射亮度 ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Sr}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$);
 T : 黑体的绝对温度 (K);
 c : 光速 $2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$;
 λ : 波长 (μm);
 h : 普朗克常数 $6.626 \times 10^{-34} (\text{J} \cdot \text{s})$;
 k : 波尔兹曼常数 $1.380 \times 10^{-23} (\text{J/K})$ 。

2.2 基于双通道阈值的叠加分析法

这种方法先通过可见光波段 1 的阈值 (0.16~0.4) 及中红外波段 20 的阈值 (308~325 K) 提取出包含沙尘区的较大范围区域。再通过与 1、2、20~31 的像元叠加分析来得到沙尘暴的发生区域。研究表明, 沙尘暴发生区在 MODIS 的中红外 20 波段的亮温范围在 308~325 K 之间, 由于低云和沙尘暴在此波段的亮度温度范围类似, 需借助于反射率波段来排除其影响。通过与 1、2、20~31 的像元叠加分析处理是为了去除一些碎云影响 (不连续斑块)。并去除地物中一些与沙尘反射范围类似、亮度温度类似的高亮目标。用基于双通道阈值的叠加分析法处理后, 通过中红外波段 20 的阈值即可去除裸地的干扰。

3 技术路线

3.1 数据来源和预处理

本次研究采用的 MODIS1B 格式数据是由内蒙古自治区遥感中心 3 月 17 日接收的卫星下传 MODIS 原始数据经处理以后生成的。

研究数据分为辐射亮度资料和亮度温度资料两种, 其中对于可见光 1、2 波段其阈值为亮度温度值, 而中红外波段 20 和远红外波段 31 其值为辐射亮度。两种资料具有不同的坐标系, 而本次研究所使用的方法需要对这两种数据进行叠加分析, 必须在同一坐标下操作, 需要进行重投影处理。投影方式采用阿尔伯斯等面积圆锥投影, 中央经线 E110D, 双标准纬线为 N25D, N47D, WGS-84 坐标系。

3.2 辐射亮度值的转化

叠加操作需要在相同类型的波段阈值中进行, 所以在本次操作中把中红外波段 20 和远红外波段

31 的波段阈值由辐射亮度值转变为亮度温度值。所用的公式为上文所提的公式(2), 其中中红外波段 20 的波长 λ 取 $3.7 \mu\text{m}$, 远红外波段 31 的波长 λ 取 $11 \mu\text{m}$ 。

3.3 对数据进行叠加分析

操作中通道 R 为可见光波段 1, G 为波段 2, B 为红外波段 20~31。

如图 1 所示, 图中亮灰色的雾状区域为沙尘区, 如箭头所示。深灰色为下垫面的特征。

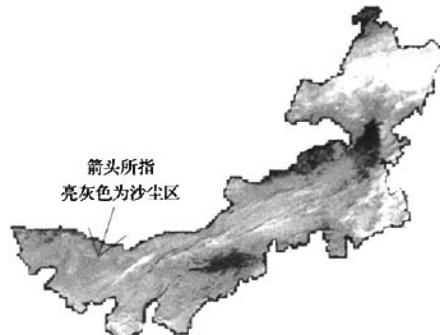


图 1 2006 年 3 月 17 日 MODIS 波段 1、2、20~31 彩色合成图

Fig. 1 MODIS-band 1, 2, 20~31 synthetic color map

3.4 进一步提取相关信息

在得到经过处理后的波段 1、2、20~31 彩色合成图像的基础上, 再对每一波段进行掩膜处理, 从每一波段的直方图中确定每一波段峰值的阈值范围, 作为掩膜处理中确定阈值范围的依据。以波段 20~31 为例, 如图 2, 为波段 20~31 的直方图, 从图中可以提取峰值的阈值。

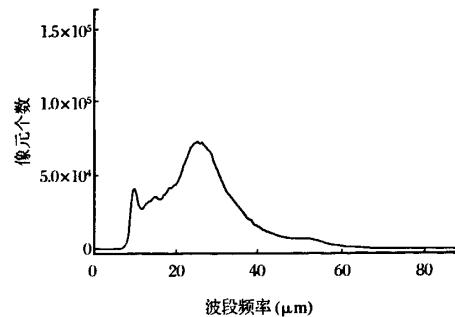


图 2 波段 20~31 的直方图

Fig. 2 Histogram of band 20~31

对经过掩膜处理后的新波段进行彩色合成, 从图 3 中更清晰地看出雾状区为沙尘区 (如箭头所示)。



图 3 经过掩膜处理后的波段 1、2、20~31 的彩色合成图
Fig. 3 Synthetic color map after masking

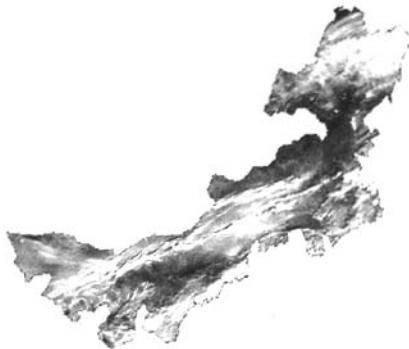


图 4 热红外双通道差值法

Fig. 4 Thermal infrared margin of dual-channel



图 5 三通道彩色合成直方图均衡增强法

Fig. 5 Equalization enhance of three-channel color synthetic histogram

4 结语

本文在结合多种方法的对比研究之后,得到以下启示:

卫星遥感监测目标物的物理基础是地物间光谱特征的差异。正确认识沙尘暴天气的光谱特性,是客观准确监测沙尘暴的重要基础。

在利用极轨气象卫星沙尘暴的遥感监测方面已有大量的研究成果,但应用 EOS-MODIS 资料遥感监测沙尘暴的研究与应用工作相对较少,其丰富的通道资源和更高的空间分辨率还未被充分地发掘与利用。

通过分析可以看出,利用卫星传感器的多通道信息,遥感监测沙尘暴的技术方法是可行有效的。基于不同光谱波段上沙尘粒子的散射和辐射特性,遥感技术可以有效地区分沙尘区与其它地物,也可以实现对沙尘浓度分布的监测。

图 1 和图 3 的彩色合成颜色相差较大,是因为通过提取波段直方图峰值的掩膜处理后,只保留了波段峰值的主要信息,去除了下垫面和碎云的影响,影像更加直观清晰。其中灰色为下垫面,深灰色为极少数的碎云。

3.5 验证

通过热红外双通道差值法和三通道彩色合成直方图均衡增强法,利用相同的数据得到两幅沙尘暴影响范围图。如图 4 和图 5 所示,图 4 中沙尘区呈灰白色,图 5 中为白色斑块,与图 3 相比较所得的沙尘区范围一致,而且用双通道阈值叠加分析法得到的沙尘区更加清晰。

参考文献:

- [1] Li Q, Wang Q. Comparative Study on Methods of Monitoring Sandstorms Based on EOS-Terra/MODIS[J]. Arid Land Geography, 2006, 29(1): 138-142. [厉青, 王桥. 基于 EOS-Terra/MODIS 的沙尘暴遥感监测方法对比研究[J]. 干旱区地理, 2006, 29(1): 138-142.]
- [2] Goudie A S, Middleton N J. The Changing Frequency of Dust-storms through Time[J]. Climatic Change, 1992, 20: 197-225.
- [3] Li Q, Wang Q. The Application of the Operational Sandstorm Monitoring Based on Terra/MODIS[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2006, 1: 43-45. [厉青, 王桥. 基于 Terra/MODIS 的沙尘暴业务化遥感监测研究[J]. 国土资源遥感, 2006, 1: 43-45.]
- [4] Zhang J H, Jing Y G. Remote Sensing Image Processing System ENVI and Its Application in MODIS Data Processing[J]. Journal of Shaanxi Meteorology, 2004, 1: 27-29. [张京红, 景毅刚. 遥感图像处理系统 ENVI 及其在 MODIS 数据处理中的应用[J]. 陕西气象, 2004, 1: 27-29.]
- [5] Ao Y H, Pei H. Research on Monitoring Sand-dust Storm Using Satellite Remote Sensing Technique[J]. Journal of Natural

- Disasters, 2004, 13(4): 99-104. [敖艳红,裴浩. 应用卫星遥感技术监测沙尘暴的研究[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(4): 99-104.]
- [6] Han T, Li Y H, Guo N. Research on Dust Storm Monitoring Model Based on EOS/MODIS Data[J]. Plateau Meteorology, 2005, 24(5): 757-764. [韩涛,李耀辉,郭铌. 基于 EOS/ MODIS 资料的沙尘遥感监测模型研究[J]. 高原气象, 2005, 24(5): 757-764.]

Monitoring Duststorm Based on MODIS

ZHANG Wei-wei, GUO Zhong-yang, XIA Yan

(Key Laboratory of Geographic Information Science, Ministry of Education,
East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: In this paper, EOS-Terra/MODIS data is used in the study of monitoring duststorm in Inner Mongolia. By analyzing the spectral response characteristics of duststorm and the bands from MODIS sensor, the method superposition analysis based on the boundary limit values of two bands is put forward. The results showes that the superposition method based on the thresholds of two bands is an ideal method to accurately derive the information about duststorm and provides an effective means to use MODIS data.

Key words: EOS-Terra/MODIS; Duststorm; Remote sense monitoring