

文章编号:1004-9045(2008)02-0182-04

EOS/MODIS 资料在湖北省林火监测中的应用

黄 靖, 夏智宏

(武汉区域气候中心, 武汉 430074)

摘 要: 介绍了 EOS 卫星上携带的 MODIS 传感器的主要特点以及用 MODIS 资料进行林火监测的原理。根据近年来使用 MODIS 资料进行林火监测的应用情况, 对自动判识火点所需设置的阈值进行了分析和探索, 找到了一种能快速、简便地设置 ch21 和 ch21- ch31 阈值的方法, 并通过实例证明该方法在林火监测中是可行的和有效的。

关键词: MODIS; 林火监测; 火点判识; 阈值

中图分类号: P405 文献标识码: B

1 引言

森林火灾不仅严重危害森林资源, 还会对生态环境产生不良影响, 造成巨大经济损失。如何准确及时地监测森林火灾, 对保护生态环境和森林资源具有非常重大的现实意义。卫星遥感技术的发展为及早发现林火提供了可能。

根据湖北省近年来林火监测统计发现, 85% 以上的火灾发生在鄂北、鄂东北和鄂东南地区。其主要原因是这些地区均属于丘陵岗地地形, 土壤持水能力较差, 地形风比较明显。又由于上述地区地形复杂, 山地、丘陵、旱地水田交错, 而且森林面积不大, 分布也不集中, 且林种各异地表植被不均一, 因此给卫星林火监测带来了许多困难, 特别是低温林火的判识(刚开始燃烧着火面积小的林火和即将扑灭的火灾)。用极轨气象卫星改进的甚高分辨率辐射仪(AVHRR)资料进行林火监测时, 由于其星下点处的分辨率约为 1.1 km, 地理订正需要人工手动, 难免会有偏差, 干扰点、耀斑(云体、水面发生的镜面反射)和过热地面具有与火点相似的光谱特性, 这些都会影响火点的准确定位和判识。用地球观测系统(EOS)卫星中的中分辨率成像光谱仪(MODIS)资料进行林火监测时, 由于其传感器的特征参数设计上考虑了火灾监测, 仪器的定标和定位精度高, 而其多光谱信息和数据量化范围增大又提高了火点判识的能力, 因此从火灾监测角度来看, 监测能力远远超越了现有的其他遥感仪器性能^[1]。

武汉区域气候中心 2005 年初引进了 DVB-S 数字视频广播接收处理系统, 可接收到 EOS/MODIS 资料并进行火情监测, 这样不仅使得湖北省林火监测能力有了很大的提高, 而且还弥补了在防火期间极轨气

象卫星在时间上出现的盲空区, 为林火的扑救提供更多、更可靠和更细致的监测产品。在应用 EOS/MODIS 资料进行林火监测的实践中, 对利用计算机自动判识火点所需的阈值进行了分析和探索, 找到了一种能快速、简便地设置它们的方法。

2 MODIS 传感器的主要特点

MODIS 是搭载在 EOS 卫星上的一个重要的传感器, 是卫星上唯一将实时观测数据通过 x 波段向全世界直接广播, 可以免费接收数据并无偿使用的星载仪器, 全球许多国家和地区都在接收和使用 MODIS 数据。

MODIS 的全称为中分辨率成像光谱仪, 是当前世界上新一代“图谱合一”的光学遥感仪器, 其优越的性能和强大的功能是以前的极轨卫星所不能比的, 主要特点如下:

(1) 多通道。MODIS 仪器有 36 个离散光谱波段, 光谱范围宽, 从 0.4 μm (可见光)到 14.4 μm (热红外)全光谱覆盖。同时多通道观测大大增强了对地球复杂系统的观测能力和对地表类型的识别能力。

(2) 高分辨率。MODIS 有两个可见光通道其空间分辨率高达 250 m (空间面积分辨率比目前 NOAA-AVHRR 仪器高 18 倍), 5 个通道为 500 m, 回归周期 1-2 d (与目前 NOAA 卫星相似), 大大增加了对地球大范围自然灾害细致观测能力。

(3) 多频次。EOS 的两颗卫星(TERRA 和 AQUA)每天可对我国大部分地区观测 4 次, 这对突发性变化的自然灾害有很强的监测能力。

(4) 数据精度高。MODIS 仪器各通道输出的灰度数据量化等级为 12 比特, 量化等级比 NOAA AVHRR

收稿日期: 2006-12-14; 定稿日期: 2007-03-30

作者简介: 黄靖, 男, 1962 年生, 工程师, 主要从事卫星遥感应用工作。Email: hj0430sh@sohu.com

高 4 倍, 另外采用了可见光通道星上校准技术, 确保长期稳定观测。

(5) 空间定位准。MODIS 一开始就具备了精确的定位功能, NASA(美国国家宇航局)还专门设计了不仅依靠卫星轨道和姿态计算, 同时还考虑地面控制点和高程点的定位方式, 使地面几何定位精度达到星下点 0.1 像元, 边缘 0.3 像元, 并且不需要用户进行复杂的操作, 这就大大提高了火点定位的精度和用户的方便程度。

由于 MODIS 所具有的高空间分辨率、高时间分辨率、高辐射分辨率、高光谱分辨率以及良好的定标和定位处理, 使得在很短的时间内, 就广泛应用到火情监测领域, 显示了巨大的监测能力。国内一些单位在这方面已做了许多工作, 取得了较好的效果^[2-5]。

3 MODIS 火情监测原理

MODIS 火情监测原理是根据着火点比周围温度高来判断火点, 其判断基础是热辐射强度与温度和波长的关系。

根据斯蒂芬—波尔兹曼定律:

$$N = T^4 \quad (1)$$

其中 $N = 5.6693 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ 。黑体的辐射强度 N 与温度 T 的四次方成正比。也就是说黑体温度只要有很小的变化, 就会引起辐射的很大变化。而林火等

高温热源的温度更将会引起辐射的更加急剧的变化, 这种变化将十分有利于高温热源的判识。

根据维恩位移定律:

$$T \times \lambda_{\text{max}} = 2897.8 \quad (2)$$

黑体温度 T 和辐射峰值波长 λ_{max} 成反比, 即温度愈高, 辐射峰值波长愈小。林火的温度一般在 600 K 以上, 其热辐射峰值波长在 4 μm 左右, 在通道 20~25 中有明显的反映。当林火的温度达到 1 000 K 左右时, 其热辐射峰值波长将更短, 达到 3 μm 以下接近 7 通道。而常温(约 300 K)地表辐射峰值波长在 11.0 μm 左右, 位于 31~32 通道的范围, 由于 11 μm 左右的 31~32 通道对 300 K 的背景温度和 600 K 以上高温的反映的差别很小, 可以较好的反映地面的背景温度。

由普朗克公式绘制的不同温度下的黑体辐射光谱曲线^[6]可知, 在 4 μm 和 11.0 μm 波段处, 火点像元能比背景像元表现出更高的亮温。由于峰值波长会随温度的升高向短波方向移动, 所以在火点处 4 μm 波段比 11 μm 波段的亮温高, 且火点处这两个通道的亮温差比背景处明显偏高。因此, 可以用上述条件来判识火点。

MODIS 传感器共有 36 个通道, 可用于林火监测的通道有 12 个, 其中有 2 个 250 m 的可见光通道可以为着火点像元提供更细致的地表背景信息, 其技术性能参数和光谱特性见表 1。

表 1 MODIS 可用于林火监测的各通道特性

通道号	波长 / μm	分辨率 / m	对应光谱	光谱辐射率	主要用途
ch1	0.62-0.67	250	可见光(红光)	21.80	陆地、云边界
ch2	0.84-0.87	250	近红外	24.70	陆地、云边界
ch6	1.62-1.65	500	近红外	7.30	陆地、云特性
ch7	2.10-2.13	500	近红外	1.00	陆地、云特性
ch20	3.66-3.84	1 000	中红外	0.45	地球表面和云顶温度
ch21	3.92-3.98	1 000	中红外	2.38	地球表面和云顶温度
ch22	3.92-3.98	1 000	中红外	0.67	地球表面和云顶温度
ch23	4.02-4.08	1 000	中红外	0.79	地球表面和云顶温度
ch24	4.43-4.49	1 000	中红外	0.17	大气温度
ch25	4.48-4.54	1 000	中红外	0.59	大气温度
ch31	10.7-11.2	1 000	远红外	9.55	地球表面和云顶温度
ch32	11.7-12.2	1 000	远红外	8.94	地球表面和云顶温度

一般来说, 波长越短, 对高温的灵敏度越高。7 通道对火点很灵敏, 但是它的通道饱和和反射率为 0.8, 白天受太阳光反射的影响非常大, 因此这个通道的利用受到限制。在 MODIS 的 6 个(20~25)通道中, 虽然 20 和 22 通道对热的敏感程度较强, 但饱和温度才 335 K 左右, 而 21 通道(用 ch21 表示, 下同)具有较高的光谱辐射率(2.38)对热的敏感程度最强, 饱和温度大约 500

K, 因此采用 21 通道进行火情监测可以获得最佳的效果。同时用 31 通道(用 ch31 表示, 下同)做背景温度, 可以较好的反映火点的相对亮温值, 对火点的判识起进一步的限定作用。

4 在 MODIS 林火监测中门槛值的设置

在林火监测时, 我们为了能找出满足林火条件的

热点, 需要对热源较敏感的 ch21 值和 ch21 与背景 ch31 之间的亮温差值设置适当的门槛值; 为了排除在云顶处出现的虚假高温点, 还需要对 1 通道和 2 通道 (用 ch1 和 ch2 表示, 下同) 设置适当的门槛值, 再结合地理信息数据, 排除地表非林火热点, 最后, 由计算机根据上述条件自动判识出与实际情况相符的林火热点。另外, 在夜间由于没有太阳辐射, 判识火点只需设置 ch21 和 ch21- ch31 的门槛值即可。

4.1 ch1 和 ch2 门槛值的设置

当有云的时候, 云顶处有时会出现镜面反射, 使其在 ch21 亮温值很高 (云在 ch21 的亮温一般都很低), 形成虚假高温点。因此, 我们利用云在可见光 (ch1) 和近红外 (ch2) 波段对太阳辐射呈现高反照率特性设置 ch1 和 ch2 的门槛值, 来排除云顶虚假高温点的干扰。由于从有云区到无云区 ch1 和 ch2 反照率的临界值分别大约为 25 和 30。如果 ch1 和 ch2 的门槛值都设置得较高, 那么在云顶出现的虚假高温点就会被误判成火点; 如果 ch1 和 ch2 的门槛值都设置得较低, 虽然排除了云的干扰, 但是也会漏掉一些 ch1 或 ch2 反照率较高的林火点。因此我们通常把 ch1 和 ch2 在云边缘附近的临界值设置成它们的门槛值。

4.2 ch21 和 ch21- ch31 门槛值的设置

由于 ch21 的门槛亮温值在不同季节、同一季节不同时段、不同天空背景均不尽相同, 不能一概而论。而且在火情监测中, 对刚开始燃烧着火面积小的林火和即将扑灭的火灾, 因其与背景差别不大而增大 ch21 和 ch21- ch31 门槛值的设定难度。若 ch21 和 ch21- ch31 的门槛值都设置得较高, 那么在自动判识火点时, 有些较低温度的林火热点就会被漏判; 若 ch21 和 ch21- ch31 的门槛值都设置得较低, 那么在自动判识火点时, 非林火热点就会被误判。因此 ch21 和 ch21- ch31 门槛值的设置是决定“火点”个数是否与实际情况相一致的关键, 也是林火监测中的难点。

4.2.1 ch21 门槛值的设置

因亮温是由地温 (地物的真实温度) 和地物的比辐射决定:

$$T_b = 1/T_0 \quad (3)$$

其中, T_b 为亮温, T_0 为地温。一般地物的平均比辐射值在 0.9 左右, 亮温与地温成正比。而依地表介质不同, 地温与 (地面) 气温也成正比, 所以亮温与地面气温有着密切的关系。那么在林火监测时, ch21 门槛值的设置应考虑当地的气温。

通过对近几年来不同季节、同一季节不同时段 EOS/MODIS 卫星监测到已被证实的林火热点进行统

计分析发现, 当气温为 5 左右的时候, 所有林火热点 ch21 的亮温值都大于 290 K; 当气温为 10 左右的时候, 所有林火热点 ch21 的亮温值都大于 295 K; 当气温为 15 左右的时候, 所有林火热点 ch21 的亮温值都大于 300 K; 当气温在 20 以上的时候, 所有林火热点 ch21 的亮温值都大于 305 K。因此在林火监测时, 应该根据气温设置 ch21 的门槛值。但设置时应注意: 当全省大部分地区的气温差别不大时, 应该用它们的平均气温做参考来设置全省林火监测的 ch21 门槛值; 当全省大部分地区的气温差别较大时, 就应该用低温热点所在地的气温做参考来设置全省林火监测的 ch21 门槛值, 这样在自动判识火点时, 低温林火就不会被漏判。

4.2.2 ch21- ch31 门槛值的设置

由于在包含着火点的像素中, 通道 21 与通道 31 之间的亮温差异比常温时大许多, 设置 ch21- ch31 的门槛值, 对火点的判识起进一步的限定作用。

通过对近两年来 EOS 卫星监测到的林火热点进行分析统计发现, 所有火点处 ch21 的亮温与其背景 ch31 的亮温差值全部都大于等于 10 K 即 ch21- ch31 10 K, 其中大约有 90% 的火点它们对应的 ch21- ch31 的差值大于等于 12 K, 这些火点大都是正在燃烧的林火; 而大约只有 10% 的火点它们对应的 ch21- ch31 的差值在 10~12 K 之间, 这些火点大都是刚开始燃烧、着火面积小的林火以及即将扑灭的火灾。

5 应用实例

以 2006 年 11 月 4 日 10 时 45 分 TERRA 卫星资料为例, 利用设置门槛值的方法来判识省内的林火。由于当时湖北省大部分地区的气温都在 15 左右, 根据上述分析, ch21 的门槛值即可设置为 300 K。为了能监测到正在燃烧的林火, 首先把 ch21- ch31 的门槛值设置为 12 K, 经计算机自动判识后, 在卫星监测图上显示崇阳的林区有一个热点; 为了能判识到低温林火, 我们逐步降低 ch21- ch31 的门槛值, 当把 ch21- ch31 的门槛值分别设置为 11 K 和 10 K 时, 在卫星监测图上又先后显示咸宁和京山的林区各出现一个热点, 继续降低 ch21- ch31 的门槛值, 在卫星监测图上的林区未发现任何热点。当时及时将这一信息通报给省森林防火办, 经省森林防火办火情反馈得知, 这 3 个热点均被证实为林火。其中崇阳地区的热点是当时正在燃烧的林火, 而咸宁和京山地区的热点当时分别是刚开始燃烧的林火和即将扑灭的火灾, 见图 1。



图1 2006年11月4日湖北省卫星林火监测图

6 结论

通过对2005~2006年湖北省林火热点的统计分析发现, ch21的阈值不是固定不变的, 而是与当地的气温有着密切的关系, 且随着气温而变化。因此, 在用EOS/MODIS资料进行林火监测时, 可以根据当时

的气温来设置ch21的阈值。而对于与背景差别不大的低温林火的判识可通过设置较低的Ch21-ch31阈值来实现。上述方法不仅技术可靠, 且行之有效, 它有利于快速、简便地从林火监测图中识别出与实际情况相近的火点个数, 有效地减少漏判和误判的比率, 大大地提高了林火监测的实效, 但由于EOS卫星的林火监测资料有限, 目前还无法找到ch21阈值与气温之间具体的对应关系, 有待以后进一步研究。

参考文献:

- [1] 刘玉洁, 扬忠东. MODIS遥感信息处理原理与算法[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [2] 刘良明, 鄢俊洁. MODIS数据在火灾监测中的应用[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2004(1): 55-60.
- [3] 梁芸. 利用EOS/MODIS资料监测森林火情[J]. 遥感技术与应用, 2002(6): 310-312.
- [4] 姬金虎, 李良序, 肖继东. EOS/MODIS-NDVI法在新疆火情监测中的应用[J]. 新疆气象, 2005(1): 13-15.
- [5] 蒋岳新. 应用EOS-MODIS数据进行林火监测的初步探索[J]. 森林防火, 2002(4): 25-29.
- [6] 孙家柄, 舒宁, 关泽群. 遥感原理、方法和应用[M]. 北京: 测绘出版社, 1997: 10-11.

The Application of EOS/MODIS Data in Monitoring Forest Fire of Hubei Province

HUANG Jing, XIA Zhi-hong

(Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074)

Abstract: The main features of the MODIS sensor carried by the EOS satellites and the principle of monitoring forest fire using MODIS data were introduced. The threshold value which needed to be estimated and identified automatically in using MODIS data to monitor forest fire was analyzed and researched and got a rapid and simple way to set ch21 and ch21-ch31 thresholds. And the method was proved to be feasible and effective to monitor forest fires by examples.

Key words: MODIS; Monitoring Forest Fire; Identifying Fire Points; Threshold Value