

卫星遥感在秸秆焚烧监测中的应用^①

张树誉 李登科 李星敏 景毅刚

(陕西省农业遥感信息中心, 西安 710014)

提 要

通过对 MODIS 光谱特征的分析,提出了一种综合运用 3S 技术进行秸秆焚烧动态监测的资料处理流程和量化判识指标。通过在关中地区 2004 年麦秸秆焚烧监测中的应用,效果良好,为政府部门迅速、准确地了解全省秸秆焚烧情况,提高预警能力和监督检查的效率提供了科学依据。

关键词: MODIS 秸秆焚烧 监测 判识指标

引 言

近年来,夏秋农作物收获之后,农村一些地方焚烧秸秆现象较为普遍。火起之处,浓烟滚滚,气味刺鼻,遮天蔽日,笼罩城市。焚烧秸秆不仅浪费了可利用资源,还造成严重的空气污染,给公路交通和航空运输造成了安全隐患,破坏了生态环境。秸秆焚烧分布各县、乡,不易查证,难以统计,对秸秆焚烧的治理往往无的放矢,难以奏效。卫星遥感技术具有时效性强、分辨率高、资料获取快捷和费用低廉的特点,很好地解决了这一问题。综合运用 3S 技术,对全省所有县、区秸秆焚烧情况实行监控,为政府和有关部门及时了解宏观情况并采取响应措施提供了客观、准确的依据。

MODIS 数据可广泛应用于地表覆盖变化、生物生产力和生态环境监测、气候预测和自然灾害监测等领域。MODIS 在保留了 AVHRR 功能的同时,在数据波段数目、数据应用范围、空间分辨率、数据格式等方面都作了大的改进。MODIS 遥感器的仪器特征参数从设计上考虑了火灾监测功能,因此从火灾监测角度看其监测能力大大超越了 AVHRR 等其它遥感仪器,通过对 MODIS 资

料不同波段光谱信息的综合运用,昼夜均可生成火灾监测产品,具有广阔的应用前景^[1]。

1 MODIS 通道光谱特性分析

根据斯蒂芬-波尔兹曼定律,只要黑体温度有很小的变化,就会引起辐射的很大变化。而林火、地表火等高温热源目标则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,黑体温度和辐射峰值波长呈反比,即温度愈高,辐射峰值波长愈小。常温下地表辐射峰值波长在 $10\mu\text{m}$ 左右,而火焰温度一般在 $500\sim 700\text{K}$ 以上,其辐射峰值波长在 $3\sim 5\mu\text{m}$,物体的温度越高,辐射能力就越强,反映在遥感图像上是温度越高颜色越深。秸秆焚烧属地表火,其辐射峰值在 $3\sim 6\mu\text{m}$ 之间,在通道 20~25 中有明显的反映^[2]。

MODIS 的 CH6、CH7 为近红外通道,白天主要是太阳辐射的反射信息。对于 300K 左右的常温基本没有反应,只有达到 $600\sim 800\text{K}$ 的高温目标才有明显反映,但容易与云的反射相混,该通道用于火情监测将能大大增强对火点的识别能力和准确度。由于 CH7 较 CH6 的波长更靠近地面火点辐射峰值,因此一般选用 CH7 通道资料。CH20~

① 基金项目:陕西省气象局开放科研项目(2003-04)资助

CH25这6个中红外通道的地面分辨率为1000m,对400K以上的地表火有极强的反应,而对300K以下的背景温度不敏感,可作为反映火点的前景温度。其中CH21通道的温度上限达500K以上,相比CH20就容易饱和,所以应该选用CH21通道。利用CH7和CH21通道,可以区分热异常的类型、火烧强度和进行亚像元分析。通道31~32可以较好地反映地面的背景温度,对300K左右的常温和500K以上的高温反映的差别很小。综合应用MODIS从可见光到热红外各通道数据,用于秸秆焚烧监测,可以提供诸如火头分布、云烟走向、火烧强度和火区的发展趋势等信息。

2 MODIS 秸秆焚烧监测资料处理流程与判别指标

2.1 MODIS 秸秆焚烧监测数据与图像处理

MODIS秸秆焚烧监测资料处理流程分为数据接收、数据预处理、图像处理、火点判别、火点信息发布五大步骤。数据预处理包括MODIS各通道数据的定标、几何精校正、投影变换和数据融合等。几何精校正利用ENVI软件提供的Georeference MODIS 1B校正方法,由于MODIS数据的HDF文件中含有经度和纬度信息,该方法先从HDF-EOS头文件中提取经纬度坐标,转化为ENVI的地面控制点(GCP)文件,从而不需人工选取GCP,这使得几何校正的速度和自动化程度大大提高。几何校正的参数选择中地图投影类型为高斯-克吕格,椭球体为Krasovsky,中央经线为108°E,起始纬度为0°,软件默认的GCP为51个,可满足业务使用校正精度的要求。由于MODIS有三种空间分辨率数据,就涉及到不同分辨率数据融合问题,通过对Brovey图像融合方法、乘积法和主成分分析法进行对比分析,最终采用先对高分辨率图像做主成分分析再进行融合的方法,此方法可以很好地保持多光谱图像的辐射信息,融合后的局地数据集只需一个文件就包括了

MODIS资料从1~36通道的全部信息。

图像处理中结合气候特征和地理环境等因素,进行了大量的比对分析,没有采用林火监测中常用的CH7、2、1通道合成方式,而是选用CH7、4、3进行RGB假彩色合成制作秸秆火情监测图,原因一是关麦秸秆焚烧期一般在每年的6月上、中旬,此时地面背景温度已经较高,采用CH7、2、1通道合成的图像中沙地、裸地、高温热气流等热异常区域与火点较难区分,此外CH7、2、1的合成方法只能表达出地面热异常点的信息却不能得到由于秸秆或树木燃烧而产生的烟迹分布状况,从而难以获取秸秆燃烧对环境造成的污染范围及程度。二是从MODIS的通道划分得知,CH1、4、3的RGB合成方法虽然为真彩色,但是却不能得到地面高温点信息,而采用CH7、4、3进行RGB合成的图像不但很接近真彩色,并且可以清晰地将秸秆焚烧区、麦收区、云、烟雾区等下垫面信息进行区分,使图像具有良好的视觉效果。接着再对合成图像进行线性或直方图增强以增大火点与背景的差异,达到突出火区信息的目的。

2.2 MODIS 秸秆焚烧监测判别指标

在进行火点判别前首先要进行云检测,MODIS资料中判定一个视场内是否有云可以使用以下判别条件:一是云顶在可见光或近红外波段的反射率比在陆表高得多,一般在40%~60%左右,而荒漠或裸地在可见光通道的反射率平均值为20.5%,植被的反射率则更低。二是对于局部小区域,可采用通道CH2与CH1的比值进行云的判别,即

$$RI = CH2/CH1$$

当 $0.8 < RI < 1.1$ 时,则认为像素点为云。三是利用普朗克公式计算红外通道的亮温,设置亮温阈值,凡低于该亮温阈值的判别为云。MODIS的CH1、3、7通道均可以得到气溶胶观测数据,可应用于对烟迹和云的区分。烟迹在可见光图像上表现为烟雾顶区域光滑、纹理均匀、边界整齐,而对于中、高云则显

得较亮,并随着云顶高低起伏变化亮度变化也很大,云区在较高处十分明亮,较低处则灰暗,其纹理散乱、边界不规则。

MODIS 的红外通道所接收到的能量既包含地球反射的太阳辐射、又有地球自身向外发射的红外辐射,通常称之为辐射亮温。这与人们通常认为的高温点不同,它既可能是真正的高温点,也可能是反射率很高的云顶、燥声干扰点、太阳耀斑和裸露的岩石。燥声干扰点等所接收到的能量主要为反射的太阳辐射,但由于量化为绝对温度,因此是虚假的高温点。对于这种情况可以利用它们在可见光通道的高反射特性来排除太阳辐射反射的干扰。

秸秆焚烧属于地表火,火点温度较林火等树冠火低,另外设置火点的前、背景温度差要考虑到季节因素。我们通过对 2000~2003 年夏、秋季秸秆焚烧期间的 NOAA 和 MODIS 遥感资料进行不同地物通道光谱特性的统计分析,建立了明火区、过火区、烟迹的判识阈值,此判识阈值的应用采用人机对话的方式进行:

明火区判识指标:

$$\begin{aligned} CH1 < CH2.AND.28\% < CH7 < 60\% \\ CH21 \geq 320K.AND. \\ CH21 - CH31 > 15K \end{aligned}$$

过火区判识指标:

$$\begin{aligned} CH1 \leq 10\%.AND.CH7 < 20\% \\ 310K \geq CH21 > 320K \\ .AND.CH21 - CH31 > 15K \end{aligned}$$

烟迹判识指标:

$$\begin{aligned} 15\% \leq CH1, CH2 \leq 25\% \\ 15\% \leq CH7 \leq 20\% \end{aligned}$$

2.3 MODIS 秸秆焚烧监测火区面积的估算

计算秸秆焚烧面积即计算监测区域内被判识为明火点和过火点的所有单个像素面积的总和。先求出单个像元面积 ΔS

$$\Delta S = N_p \times N_l$$

(N_p 为纬度方向距离, N_l 为经度方向距

离),则过火面积即为过火区所有像素面积的总和:

$$S = \sum_{i=1}^n \Delta S_i$$

式中 i 为像素序号, n 为火点的总像素。明火区面积计算方法类同。

3 实例分析

3.1 遥感动态监测

利用 2004 年 6 月 8 日 11 时 35 分接收的 TERRA-MODIS 资料,首先进行数据预处理生成三种分辨率的 HDF 数据,接着同时选定 250m、500m、1000m 三种分辨率的 HDF 数据进行数据融合生成局地数据集文件,该数据集范围是以 34.25°N 、 108.90°E 为中心点经纬度,大小为 1200×800 像元的矩形区域。包括渭南、西安、咸阳、宝鸡等地市,该区域内各区县的冬小麦产量之和占全省总产量的 80% 左右,是秸秆焚烧监控的重点区域。

图像处理首先选择 CH7、4、3 进行 RGB 假彩色合成,再利用直方图增强法进行图像增强,增强后的图像突出了焚烧区、麦收区、云、烟雾区之间的差异。完成图像处理后即可利用上述判识指标对监测区采用波谱角分类法进行监督分类以提取火区信息,得到秸秆焚烧遥感监测图像(见图 1,封三)。从图像中可以明显看出焚烧区(红色区域)的分布情况和由焚烧所带来的烟雾(淡蓝色区域),通过烟迹的分布和走向不但可以了解烟雾污染所影响的地域范围,还可以得到焚烧区的风向和火势发展趋势等信息。接着利用 6 月 9 日、10 日的 MODIS 资料进行了连续动态监测,制作了系列监测图像(略),及时掌握了焚烧区的发展和变化信息。

3.2 精细化火情地理信息产品制作

在实际工作中,通过卫星遥感监测获得的火情信息,防火部门在组织扑救时往往是在进行人工地图查找,在经纬度换算和丈量查点时存在一些误差,为准确进行火点定位和查找火点带来了困难。利用 GIS 技术实现

火点定位信息的快速查找,制作遥感火情监测精细化地理信息产品,使防火部门能及时、全面了解火点周围铁路、道路、河流等状况。

精细化遥感火情监测产品的制作是在 ArcView 软件下实现的。通过前面得到的监测结果并结合 1:100 万比例尺全国行政边界数据和 1:400 万比例尺全国土地利用数据,可以得到火点所在地、县名称和土地利用类型。接着在 ArcView GIS 软件下建立秸秆焚烧信息查询地理信息工程文件,在判识出的秸秆焚烧点上叠加陕西省主要公路、铁路、水系、城镇村庄和行政边界等矢量层,应注意运用不同矢量层的点、面信息来编排显示顺序,使得所需信息在结果图上都能得到表达,形成各区县遥感秸秆焚烧监测精细地理信息示意图(图略)。

3.3 监测结果检验

利用上面的遥感监测结果,2004 年 6 月 8 日下午 17:00 对长安区的十余处焚烧区域进行了实地验证。通过用 GPS 进行实地测量,定位精度良好,误差不超过一个像元,所监测到的 11 处火点全部正确,准确率为 100%。焚烧火起之处,浓烟滚滚,遮天蔽日,不仅造成了严重的空气污染,而且威胁公路

交通和航空运输的安全,破坏了生态环境。

4 结束语

利用卫星遥感手段对夏、秋季秸秆焚烧过程进行动态监测与监控,可以科学、准确、迅速地了 解秸秆焚烧动态变化情况,提高预警能力和监督检查的效率,进而对秸秆焚烧严重的区县及时采取相应措施。此外结合地理信息还能 为交通和航运部门提供由于烟雾对高速公路和机场等造成的影响程度与范围,减少可能由此引发的安全隐患。对于焚烧区和烟雾区监测的通道选择方法和量化判识指标等还有待进一步研究和订正。

参考文献

- 1 刘闯,葛成辉. EOS 的卫星、传感器及其数据产品. 中国图像图形学报(应用版),2001,(5):5~12.
- 2 刘玉洁,杨忠东等. MODIS 遥感信息处理原理与算法. 北京:科学出版社,2001:245~267.
- 3 蒋岳新. 应用 EOS-MODIS 数据进行林火监测的初步探讨. 森林防火,2002(4):25~29.
- 4 郑海青,陈敬平,张星. 福建省森林火险天气等级预报系统. 气象,2001(4):30~34.
- 5 赵玉金,赵红. 山东省气象卫星遥感地理信息系统的建设和应用. 气象,2003(12):48~50.

Application of Remote Sensing Data to Monitoring Straw Burning

Zhang Shuyu Li Dengke Li Xingmin Jing Yigang

(Shaanxi Remote Sensing Information Center for Agriculture, Xi'an 710015)

Abstract

Based on the analysis of the MODIS data spectrum characteristics, and synthesis application of 3S technology, a work flow and quantified indexes to process the remote sensing data for monitoring the wheat straw burning in the field after harvest are suggested. These methods are successfully used to monitor this circumstance in Guanzhong Area in 2004. This work not only has significance for government to quickly and fully find out the situation of wheat straw burning, but also can improve the ability and efficiency of supervising this sort of happening.

Key Words: MODIS wheat straw burning monitor identified indexes

《对流性降水云辐射特性研究》附图 《卫星遥感在秸秆焚烧监测中的应用》附图

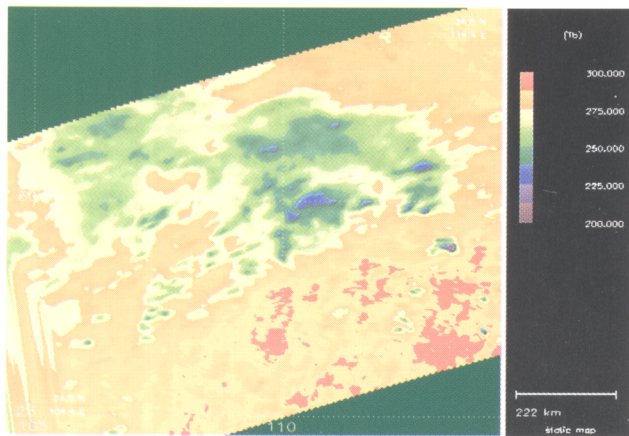


图1 2002年7月22日06:45 (UTC) TMI 85.5GHz
垂直极化通道亮温图

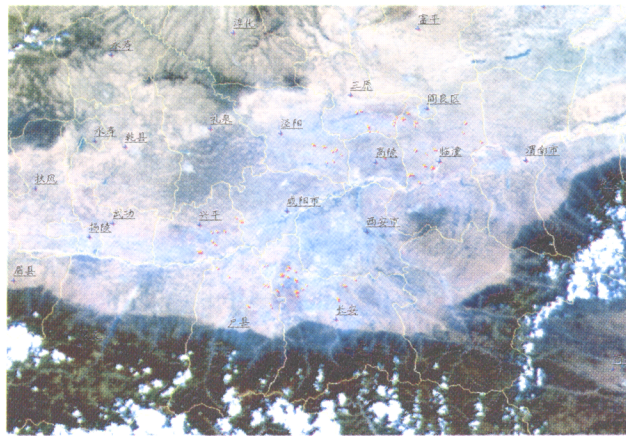


图1 关中地区秸秆燃烧卫星遥感监测图像