

基于 AVHRR 的地市级火情 监测分析与应用

王福州 郭魁英 王国斌 石俊峰 孙仲毅 李喜平 孙日丁

(河南省鹤壁市气象局, 458030)

提 要: 以 DVB-S 下发的气象卫星 AVHRR 遥感资料为基础, 根据下垫面性质把鹤壁分成不同火点判别子区, 通过对卫星火点监测资料 and 实际火点资料统计对比分析, 确定每一子区不同时间次的精细阈值, 并利用 $1:5 \times 10^4$ 大比例尺行政数据集对火点进行精确定位, 在鹤壁地区 2004 和 2005 年秸秆焚烧监测应用中取得了良好效果, 为政府部门及时准确掌握全市秸秆焚烧情况, 提高火情监测能力和监督检查效率提供了重要科学依据。

关键词: AVHRR 秸秆焚烧 精细阈值 火情监测

Analysis and Application of the Municipal Fire Monitoring Based on AVHRR Data

Wang Fuzhou Guo Kuiying Wang Guobin
Shi Junfeng Sun Zhongyi Li Xiping Sun Riding

(Hebi Meteorological Office, Henan Province 458030)

Abstract: On the basis of the remote sensing data derived from meteorological satellite AVHRR through DVB-S, Hebi area is divided into several sub-areas for identifying fire points according to surface characteristics. By means of statistics and contrasting analysis of the satellite-monitored fire point data and actual fire point data, the refined threshold values in each sub-area at different time are determined. Then the administrative position of the fire points are precisely located by using $1:50000$ scale administrative data set. This method was utilized in the monitoring of straw stalk burning in Hebi area in 2004 and 2005 and obtained

very good effect. It provided an important scientific basis for the government to keep abreast of the straw stalk burning situation in the whole city promptly and accurately, and improve the fire monitoring ability and inspecting efficiency as well.

Key Words: AVHRR straw stalk burning refined threshold value fire monitoring

引 言

近年来, 气象卫星在火情监测方面的应用得到了广泛开展, 已成为监测森林、草原火情、农村秸秆焚烧等日常业务重要组成部分, 它为防火部门提供的火情监测信息主要是火点位置和范围。

根据 EOS/MODIS 和气象卫星 AVHRR 光谱特征和通道特性分析监测秸秆焚烧、森林火点的面积、位置, 国内许多省级气象部门已开展此项工作^[1-4]。邹春辉等^[5]采用 AVHRR 对秸秆焚烧进行全程动态监测, 对火点进行判识并计算火点面积, 实现了地理信息和遥感火点信息、遥感火点监测图像的集成显示与查询, 用 $1:25 \times 10^4$ 地理信息资料建立河南省遥感防火地理信息平台。然而省级产品火点行政定位只能精确到市县, 对火点的判识指标也是针对全省范围的, 对小范围的地区来说, 难免造成漏判和误判。实际工作中往往需要对火点进行更精确的行政定位, 并且在火点的判识上由于下垫面性质不同, 判识指标的精确性还需进一步提高。鹤壁市气象局 2004 年安装了 DVBS 接收系统, 为地区级火情监测技术的提高提供了充足的数据源。通过对火点判识指标进行细化和验证, 提高了火点判识的准确度, 减少了漏判和误判。利用 3S 技术叠加大比例尺地图, 对火点位置进行更准确定位, 在 2004 年和 2005 年为地方政府服务方面取得了良好效果。

1 AVHRR 光谱特征和火点监测原理

1.1 AVHRR 光谱特征

根据斯蒂芬-波尔兹曼定律:

$$N = \sigma T^4$$

其中 $\sigma = 5.6693 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ 。

黑体的全波长辐射能 N 与温度的四次方成正比。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。而高温热源的温度将会引起辐射的更急剧增加, 这种变化十分有利于判识高温热源。

极轨气象卫星 AVHRR 红外扫描辐射计的第 3、4、5 通道的波长范围分别为 $3.55 \sim 3.95 \mu\text{m}$ 、 $10.3 \sim 11.3 \mu\text{m}$ 、 $11.5 \sim 12.5 \mu\text{m}$ 。

1.2 火点监测原理

根据维恩位移定律:

$$T \lambda_{\max} = 2897.8 (\text{K} \cdot \mu\text{m})$$

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, 常温 (约 300K) 地表辐射峰值波长在通道 4 波长范围左右, 当温度增高时, 尤其高于 500K 后, 辐射峰值波长迅速移向通道 3 波长范围。火点温度一般在 550K 以上, 其热辐射峰值波长在 $3 \sim 6 \mu\text{m}$ 之间, 靠近通道 3 波长范围。由普朗克辐射公式, 对于相同的温度增量, 辐射率的增量在通道 3 波长范围与通道 4 是不同的, 通道 3 辐射率增长高于通道 4, 而且温度愈高, 通道 3 的增长率愈大, 尤其当物体从 300K 常温增高到 500K 以上

高温时, 通道 3 辐射率增高数百倍, 而通道 4 仅增高十几倍。利用卫星这一特性可以很容易把高温热源(火点)从背景中判识出来。

2 资料处理流程和判识指标

2.1 资料来源与处理

本文所用卫星遥感资料来自国家卫星气象中心通过 DVBS 下发 AVHRR 卫星资料, 实际火点资料来自鹤壁市秸秆禁烧办公室 2004、2005 年全市秸秆焚烧统计资料。极轨卫星遥感资料处理流程分为数据接收、数据预处理、图像处理等, 其中预处理包括数据定标、几何校正、投影变换、数据融合等。火点资料挑选每天卫星过境时间前后着火面积在 0.067hm^2 以上火点作为实例验证。

2.2 火点判识指标的确定及验证

2.2.1 云检测

进行火点判识之前首先要进行云检测。云顶在可见光波段反照率在 $30\% \sim 70\%$, 远大于陆地的反照率 (20% 以下), 在白天可以利用这一特性把云剔除出来。通道 4 一般反映的是地表放射辐射, 可以给出地表温度变化, 云区和陆地通道 4 的亮温值有显著差异, 在夜间可利用通道 4 大于某一临界值来区别云区和非云区, 这些值的大小分别随太阳高度角和季节而变化。

白天云检测判识指标: $CH1_m < CH1_c$;

夜间云检测判识指标: $CH4_m > CH4_c$ 。

此处 $CH1_m$ 为被判识像元通道 1 的反射率, $CH4_m$ 为被判识像元通道 4 的亮温, $CH1_c$, $CH4_c$ 分别为通道 1 和通道 4 的云判识门檻值。

2.2.2 门檻值的精细化确定

判识火点的关键在于确定合适的门檻值。由于不同子区下垫面性质不同, 从而引起在同一幅图像中各子区亮温平均值不同及距平值不同。因此, 对不同子区判识火点的门檻值也应该不同。即便对于同一子区, 在不同季节不同时次各通道距平值也可能不同。因此, 需要进行统计分析, 建立每一子区在不同季节不同时次判识火点的门檻值。

根据下垫面性质, 把鹤壁地区分成 3 个子区: 西部山地丘陵区为 I 区, 占总面积的 35% ; 中部农田区为 II 区, 占总面积的 60% ; 东部沙土区为 III 区, 占总面积的 5% 。3 个子区在通道 4 和通道 5 中的亮温值差异较小, 但在通道 3 中差值较大。在实际工作中, 通过对不同的子区根据季节时次不同确定不同的门檻值, 可大大提高火点的判识准确度。通过对 2004 和 2005 年秋季秸秆焚烧期间不同子区不同时次在遥感通道的不同特性进行统计分析, 结合两年来实际火点进行验证, 确定了着火区、亚像元区、过火区判识指标 (见表 1)。

利用精细化的人机交互判识方式, 可以识别微弱的火点信息。在实际工作中最小可以识别出 0.067hm^2 大小的火点, 大大提高了火点的判识精度。

由于亚像元效应, 以上判识条件还不能完全排除对云边缘处像元的误判。因为在云边缘处的像元中, 既含有云信息, 也含有陆地信息。由于有云的信息, $CH3$ 资料中太阳辐射反射将使得其亮温值高于陆地像元; 而 $CH4$ 资料中陆地可能占有较大比例, 亮温仍较高, 达不到被云剔除的门檻值; $CH1$ 也是同样情况, 这样就使得有些云边缘处像元容易被识别为火点。小范围内, 可以通过精细选择 $CH3$ 背景亮温与 $CH4$ 背景亮温差异值, 以及 $CH1$ 、 $CH4$ 云判识门檻值, 从而避开云边缘处带来的干扰, 提高火点判识的精度。

表 1 不同子区火点判识指标

	I 区		II 区		III 区	
	白天	夜间	白天	夜间	白天	夜间
着火区	CH1<18% -2%<(CH2-CH1)<0 CH3>315K (CH3-CH4)>10K	CH4>280K CH3>310K (CH3-CH4)>7K	CH1<20% -2%<(CH2-CH1)<0 CH3>320K (CH3-CH4)>12K	CH4>280K CH3>312K (CH3-CH4)>9K	CH1<22% -2%<(CH2-CH1)<0 CH3>325K (CH3-CH4)>15K	CH4>280K CH3>315K (CH3-CH4)>11K
亚像元	CH1<20% CH3>312K (CH3-CH4)>8K	CH4>280K CH3>308K (CH3-CH4)>6K	CH1<22% CH3>315K (CH3-CH4)>10K	CH4>280K CH3>310K (CH3-CH4)>8K	CH1<25% CH3>320K (CH3-CH4)>12K	CH4>280K CH3>312K (CH3-CH4)>10K
过火区	CH1<10% CH2<CH1 CH3>310K (CH3-CH4)<8K		CH1<11% CH2<CH1 CH3>312K (CH3-CH4)<10K		CH1<12% CH2<CH1 CH3>315K (CH3-CH4)<12K	

2.3 火点面积的计算

AVHRR 为 10 比特数据，量化等级为 0~1023，辐射分辨率较高，而空间分辨率为 1.1km。卫星观测到的像元辐射率是像元范围内所有各部分地物辐射率累加的加权平均值，即：

$$N_t = (\sum_{i=1}^n \Delta S_i N_{Ti}) / S$$

式中 N_t 为卫星观测到的像元辐射率， t 为辐射率 N_t 对应的亮温， ΔS_i 为像元中第 i 个小子区面积， N_{Ti} 为该子区的辐射率， T_i 为该子区温度， S 为像元总面积。

在日常火情监测中，经常监测到数个或数十个像元的火点。如果以像元分辨率表示明火点面积，则明显夸大了明火的实际面积。AVHRR 红外通道的亮温可以反映在一定范围内不同面积不同温度的火点。因此，火点的像元数与明火的实际面积并不一定成正比。

当地面出现火点时，含有火点像元的混合像元辐射率由下式表述：

$$N_m = PN_a + (1 - P)N_b$$

其中： $i = 3, 4, 5$ ，表示 AVHRR 红外通道序号， N_m 为混合像元辐射率， P 为

亚像元火点（即明火区）面积占像元面积百分比， N_a 为火点辐射率， N_b 为火点周围背景辐射率。背景辐射率可由混合像元周围的非火点像元（背景像元）获得近似值。

AVHRR 有 3 个红外通道，尤其是有中红外和远红外两个波段的通道。根据维恩定律，对于相同温度增量（在相同面积上），在中红外和远红外引起的辐射率增量不同。温度增量越大，辐射率差异越大，由此计算的亮温值也将明显不同。根据这一特点，建立火点面积和温度的二元非线性方程组，利用牛顿迭代法，可以估算出着火点的实际面积和温度。

2.4 火点的精确定位

实际工作中，由于上级产品只精确到市县，防火部门在组织扑救时往往还需进行人工地图查找，对准确进行火点定位和及时扑救带来了困难。利用 3S 技术精细化火情监测产品具有非常大的实用效果。

利用 ArcView 软件叠加前面的火情监测结果，结合 1 : 5×10⁴ 鹤壁市大比例尺地图及 1 : 25×10⁴ 鹤壁市土地利用图，可以很快确定火点所在乡镇、村名称及土地利用类型（图略）。

3 应用效果检验

2004、2005 年鹤壁市利用精细判识指标监测到火点 61 处 (其中上级监测到火点 52 处), 纠正上级产品漏判火点 11 处, 错判 2 处 (见表 2)。错判的 2 处火点都位于东部的沙土区, 时间均为 10 月上旬 13—15

时。由于晴天午后沙土地表升温迅速, 造成在通道 3 上沙土区亮温比其它农田区高 6K 左右, 从而对火点判识产生干扰造成误判。此外, 火点定位精度准确, 利用 $1:5 \times 10^4$ 大比例尺地图可以具体判别到村庄, 误差一般在 200m 以内, 为防火部门及时准确发现火点提供了快捷直观的依据, 取得了良好的服务效果。

表 2 2004、2005 年火点监测对比

	上级指导产品			本站监测结果			订正数	
	火点数	最小火点面积	行政定位	火点数	最小火点面积	行政定位	漏判	误判
2004 年	18	0.203hm ²	县级	23	0.140hm ²	村级	6	1
2005 年	34	0.161hm ²	县级	38	0.087hm ²	村级	5	1

4 结 语

(1) 根据不同下垫面确定的判识指标与季节及时次有关。经过精细化的判识指标不仅可以提高判识火点的准确度, 减少误判和漏判, 还可以提高火点判识精度, 甚至能识别出 0.067hm² 左右的微弱火点信息。

(2) 对火点面积和温度的估算反映的是卫星观测的瞬时状态, 其后有可能因当地风力、地形、可燃物密度等条件发生变化, 因此应用时需考虑这些情况。

致谢: 本文承蒙河南省气象局李平高工指导, 特此致谢!

参考文献

- 1 张树誉, 李登科, 李星敏, 等. 卫星遥感在秸秆焚烧监测中的应用 [J]. 气象, 2005, 30 (9): 83-86.
- 2 赵红旭. 云南省卫星监测火点三级定位系统 [J]. 气象, 1999 (7): 10-12.
- 3 张春桂. 基于 RS 与 GIS 技术的福建省森林火灾监测研究 [J]. 福建林学院学报, 2004, (1): 32-35.
- 4 李近文, 钟儒祥. 利用气象卫星监测森林火情的方法探讨 [J]. 广州林业科技, 2005, (3): 19-22.
- 5 邹春辉, 赵学斌, 刘忠阳, 等. 卫星遥感技术在秸秆焚烧监测业务中的应用 [J]. 河南气象, 2005, (3): 24-26.
- 6 刘健, 许健民, 方宗义. 利用 NOAA 卫星 AVHRR 资料分析云的性质 [G]. 气象卫星遥感反演和应用论文集 (上册): 397-403.