

# 气象卫星遥感预警福建省森林火灾

郑海青 张春桂 陈家金 王加义

(福建省气象科学研究所, 福州 350001)

**摘要** 应用 NOAA 卫星遥感资料, 研究森林防火期内森林植被的干燥指数的变化, 结合分析相应的森林火灾的资料, 做出福建省森林火险等级空间分布, 应用福建省地理信息系统, 根据高火险等级的地理位置, 预警该地可能发生森林火灾。

**关键词** 卫星遥感植被干燥指数 森林火险等级 地理位置 森林火灾

## 引言

福建省森林覆盖率达 60.52%, 森林资源: 林地面积  $735.37 \times 10^4 \text{h}^2$ , 林业用地  $901.83 \times 10^4 \text{h}^2$ 。近几年由于气候干燥, 森林火灾呈上升的趋势, 如何保护森林资源是当务之急, 研究应用“3S”技术, 建立森林火灾预警系统, 投入应用就能控制和避免盲目用火, 减少森林火灾, 并对福建省森林防火工作都做出重大贡献, 但是由于气象站点稀疏, 对监测福建省全省范围的火险等级有一定的难度。为更全面有效地分析福建省各地火险等级状况, 本文利用 NOAA 气象卫星资料监测福建省森林火险等级的空间分布, 应用福建省地理信息系统, 指出高火险等级的地理位置, 预警该地可能发生森林火灾, 减少上级指挥机关对森林防火工作部署的盲目性, 这将促进福建省森林防火工作更上一层楼。

## 1 资料与处理方法

### 1.1 NOAA 气象卫星资料

利用中国气象局卫星气象中心提供的 1996 ~ 1999 年森林防火期内(10 月至翌年 4 月) 05 或 06 时(世界时) AVHRR 资料的 1B 格式数据资料, 选取包括福建省区域在内的局地数据资料, 经度范围为  $115.5^\circ \sim 120.6^\circ \text{E}$ , 纬度范围为  $23.5^\circ \sim 28.6^\circ \text{N}$ , 网格点之间的距离为  $0.01^\circ$ , 即地面分辨率为  $1 \text{km}^2$ , 表 1

列出资料清单, 为减少云的干扰, 选用晴空天气下的遥感资料。

表 1 NOAA/ AVHRR 图像数据清单

1996 年	1997 年	1998 年	1999 年
(1)960819.23	(4)970309.05	(6)980918.07	(10)990203.06
(2)961031.05	(5)970128.06	(7)981001.06	
(3)961101.05		(8)981107.06	
		(9)981208.07	

注: 成像时间前部为年、月、日, 后缀为世界时, 括号内数字为图像编号

### 1.2 卫星资料的处理依据

NOAA 气象卫星的 AVHRR 辐射计共有 5 个遥感通道, 本文采用通道 1 ( $0.58 \sim 0.68 \mu\text{m}$ ) 与通道 2 ( $0.725 \sim 1.1 \mu\text{m}$ ) 探测到的地物白天对太阳辐射中可见光和近红外光的反射率  $ch_1$  和  $ch_2$  的组合得到归一化植被指数 ( $I_{\text{NDV}}$ )。

$$I_{\text{NDV}} = \frac{ch_2 - ch_1}{ch_2 + ch_1} \quad (1)$$

选用归一化植被指数是因为其消除了部分太阳高度角、卫星扫描角以及大气层辐射的影响, 适于做植被监测, 并能部分补偿照时条件、地面坡度所引起的影响。所以它是世界上监测植被类型差异、生长状态、生态背景的重要指数<sup>[1]</sup>。研究表明, 遥感技术能比较不同生态系统之间植被表面温度的差异, 发展迅速的生态系统其表面温度低于发展缓慢的生态系统<sup>[2]</sup>。

福建省地处北回归线以北, 属亚热带气候, 有明

显的季节变化,4~9月,温度逐渐升高,雨量充足,雨热同季,植被生长旺盛,10月至翌年3月,气温逐渐下降,有时有明显的秋冬旱,植被生长比4~9月缓慢,植物此时地被的亮温值逐渐变大,而 $I_{NDV}$ 却变小,本文采用通道4( $10.3 \sim 11.3 \mu m$ 属远红外光)的亮温值与 $I_{NDV}$ 的比值更能表示植被状态发生的变化,将其比值定义为植被干燥指数 $I$ 。

$$I = \frac{T_{BB}}{I_{NDV}} \quad (2)$$

### 1.3 遥感预警流程

首先将1B格式的NOAA/AVHRR数据资料进行投影变换,生成等经纬网格的福建省局地区域数据,选区范围定为 $23.0^\circ \sim 28.5^\circ N, 115.5^\circ \sim 121.0^\circ E$ 。在变换时,对数据资料作定标和太阳高度角订正。由于归一化植被指数、植被干燥指数其值域是连续分布的,因此要对其进行分级并整数化处理,变换为绿度值图或干燥指数图,然后利用所建立像元行列号与控制点经纬度之间的函数关系及内插法对图像进行采样,完成几何纠正。最后按结果分析的指标,对干燥度作动态聚类,在显示屏或彩色打印机输出结果<sup>[3-8]</sup>。其流程如图1。

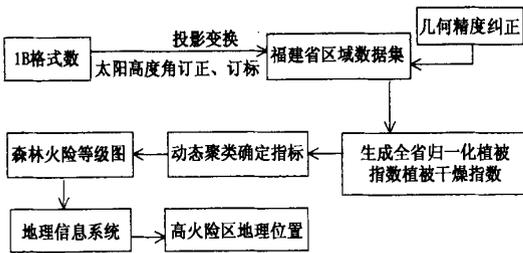


图1 遥感预警流程

### 1.4 其他资料

福建省森林防火指挥部办公室提供1996~1999年福建省发生森林火灾的日期、地理位置、受害面积。收集森林火灾发生前的天气气候及适时气象资料。

## 2 结果分析

### 2.1 $I_{NDV}$ 与 $I$ 随季节的变化

为研究福建省植被指数随季节变化,从1997、1999年春(1~4月)福建省各市发生林火资料中挑选林火样本50个,其中1997年33个,1999年17个,每个样本林火受害面积大于 $10 \text{ hm}^2$ ,并确定林火所在的地理位置,据其所在地的经纬度,计算表1所

列的卫星资料成像时间表中所有时段的各点 $I_{NDV}$ 、 $I$ 值。为确保资料的准确性减少读数误差,采集数据时以火点为中心像元,读取其周边的8个像元数值,以9个像元均值反映植被各种指数值。以下公式说明样本植被指数的处理过程。

$$A_j = \sum A_i / 33 \quad B_j = \sum B_i / 17 \quad (3)$$

式中 $A$ 表示1996~1997年数据共有33个样本, $B$ 表示1998~1999年数据共有17个样本。 $j$ 表示表1中卫星成像编号,从 $A_j$ 、 $B_j$ 中挑出福建省8月至翌年3月逐月的 $I_{NDV}$ 、 $I$ 值。今以每月一次晴空条件下 $I_{NDV}$ 、 $I$ 值,表示其季节变化,见图2和图3。

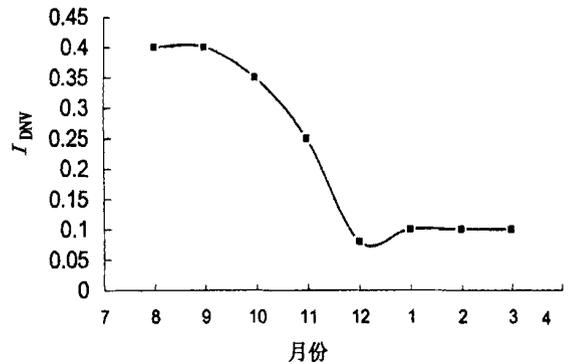


图2  $I_{NDV}$ 随季节变化

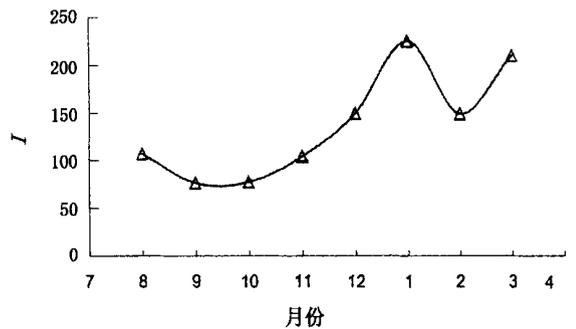


图3  $I$ 随季节变化

从图2看出:8~9月 $I_{NDV}$ 为0.4,说明福建省植被生长旺盛,9~12月 $I_{NDV}$ 呈抛物线型下落, $I_{NDV}$ 从0.4缓慢下滑至0.1,说明福建省森林在这个季节生长量开始逐月缓慢下降。1~3月 $I_{NDV}$ 仍维持在0.1,说明从12月至翌年3月森林生长处在滞长阶段,由于树木新陈代谢缓慢,树枝含水量处于低值时段。从图3看出9月至翌年1月, $I$ 呈线形上升,12月至翌年3月在高位振荡,此时正值春耕期,农事用火多,所以这时段是福建省森林火灾的频发期。

### 2.2 遥感森林火险等级分级

据福建省森林火险等级划分,将福建省森林火险等级分5级,遥感分析结果也将福建省森林火险等级划分5级。据查阴雨天与云层下遥感图的植被干燥度均为负值,今以晴空条件下植被干燥度作为依据, $I$  小于30,火险等级定为1级; $I$  为30~50定为2级;从图3可看出9~10月 $I$  在75上下波动,取其波动范围50~80,定为3级。11~12月波动范围80~110,定为4级。1~3月 $I$  波动范围为110~400,定为5级, $I$  大于400为非林区,定为6级,实际上这反映了地表植被物干燥度随季节的变化。

分析福建省森林防火期内森林火灾的发生资料得出9~10月为始发期,但林火造成的受害面积多小于 $0.6\text{hm}^2$ ,11~12月中旬林火频次比9~10月增多,森林火灾造成的林火受害面积多在 $0.6\sim 10\text{hm}^2$ ,12月下旬至3月福建省林火发生频次最多,出现森林火灾受害面积可达 $10\text{hm}^2$  以上。表明植被干燥指数波动范围划分火线等级是合理的。

### 2.3 遥感图像分析

为分析福建省森林火险等级分布遥感图像(图4~6),收集整理成像前后的天气气候概况和成像后的森林火灾情况,其简要概况列于表2。

表2 遥感图像的火险等级及其前后天气与灾情

成像时间	当日火情	后1~4天火情		前期气候状况	当天天气形势 <sup>[3]</sup>	遥感火险等级
		(1)	(2)			
1997.3.9 图3	南平、莆田、三明、漳州共有12起林火,其中受害面积 $S > 10\text{hm}^2$ 有9起	3次 4次 3次 6次	3次 4次 3次 4次	2月20日至3月15日全省出现明显的春旱	3月7日500hPa出现印度高压控制型,其后连晴7天	4~5级
1998.10.1 图4	福州、泉州、莆田、龙岩共有4起林火,受害面积 $S < 0.6\text{hm}^2$	6次 9次 2次 3次	无	7月底至8月初有旱情,9月雨日较多	受副热带高压控制	3~4级
1999.2.3 图5	无火情	3次 9次 6次 7次	2次 4次 1次 2次	1998年12月至1999年2月出现历史上少见的暖冬1月中、下旬多阴雨天气	东亚大槽控制	1~5级混合区

注:(1)指成像后1~4天每天福建省林火次数,(2)指相应日内,森林火灾受害面积大于 $10\text{hm}^2$  的次数

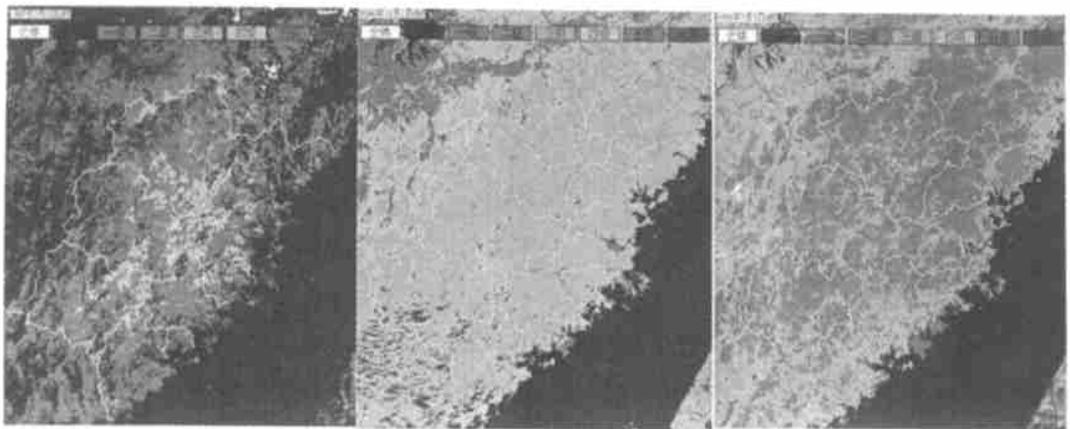


图4 1997年3月9日福建省森林火险等级分布 图5 1998年10月1日福建省森林火险等级分布 图6 1999年2月3日福建省森林火险等级分布

从图4 1997年3月9日遥感图像看出,内陆蓝色部分位于武夷山、鹫峰山、博平岭等高海拔山区,应为天气转晴后,水分蒸发凝结的云体。沿海一带

为6级区,属非林区,而福建省大部分林区处在森林火险5级区。由表2看出3月9~15日全省共有林火28起,其中大于 $10\text{hm}^2$  的林火达23起。据1996

年气候资料表明,当年福建全省出现明显的秋冬旱,植被干燥。冬季生长衰退,入春后虽有雨水,但由于气温低,新陈代谢弱,植被仍处于干燥状态。所以天气转晴后,植被干燥指数为 5 级,此时正值春耕,农业用火频繁导致这一阶段出现全省各地爆发性的森林火灾。从图 5 的 1998 年 10 月 1 日遥感图像看出,福建省大部分林区处在森林火险 3 级区,仅龙岩、漳州、宁德等地小部分地带和闽江流域的河谷地带处在 4~5 级区,在 2~5 日共发生 20 起林火,据查全省各地没有发生重大森林火灾,查阅 1998 年气候资料表明当年无明显的夏秋旱,风调雨顺。1998 年 9 月下旬受西太平洋热带风暴由福建沿海北上有一次降水过程。所以天气转晴后,福建省大部林区处于 3 级火险,有少数林火,且受害面积小于 1hm<sup>2</sup>。图 6 为 1999 年 2 月 3 日遥感图,从图中看出大部分林区处在火险等级 1~2 级区,正如表 2 所示 1998 年 12 月至 1999 年 2 月是福建省近十几年来出现的最暖冬天,气温比常年平均偏高 2℃左右,无明显秋冬旱,因此植被生长旺盛。当出现东亚大槽天气过程时,天气晴朗,相对湿度减小,森林火险等级上升。图中仍有火险等级处于 3~5 级的区域,应用地理信息系统查获高火险等级所在经纬度及其县名,与其后 1~4 天发生林火的位置作对比,列于表 3,从表 3 看出遥感图像指出的高火险地段与实际火灾位置相近,说明在春季要认真分析遥感图像,应用地理信息系统找出高火险等级所在县的乡镇<sup>[10~12]</sup>,将其结果上报各级森林防火指挥系统,对防止突发性森林火灾有重大意义。

从表 3 得出,图中中心位置森林火险 ≥4 级的区域后 1~4 天发生重大林火的几率均高,说明遥感分析图像对监测预警后 1~4 天的林火有重大作用。

表 3 1999 年 2 月 3 日遥感图中火险等级 4 级以上中心区与后 1~4 天森林火灾的关系

≥4 级中心 经纬度	后 1~4 天森林火灾 S > 10hm <sup>2</sup> 次数	高火险区 林火几率*
117.4°E 25.3°N	龙岩市漳平县 3 起	龙岩市 5/8
116.4°E 25.05°N	龙岩市上杭县 3 起	
116.4°E 25.6°N	龙岩市长汀县 1 起	
117.0°E 25.08°N	龙岩市郊区 1 起	
118.13°E 24.7°N	厦门市同安县 3 起	厦门市 1/1
117.3°E 24.6°N	漳州市南靖县 2 起	漳州市 1/3
117.32°E 26.0°N	永安市 1 起	三明市 3/6
116.8°E 26.8°N	建宁县 1 起	
117.77°E 26.0°N	大田县 1 起	

续表 3

≥4 级中心 经纬度	后 1~4 天森林火灾 S > 10hm <sup>2</sup> 次数	高火险区 林火几率*
118.7°E 25.3°N	仙游县 2 起	莆田市 1/3
119.2°E 26.0°N	闽侯林火 2 起	福州市 3/5
119.54°E 26.5°N	罗源县林火 2 起	
119.5°E 26.2°N	连江县 1 起	

注:分母指各市遥感图上火险等级 ≥4 级区域地块总次数,分子指地块中发生林火的总次数

### 3 结语

(1) 利用遥感图像中植被干燥指数,经过聚类划分福建省森林火险等级与实际情况吻合。

(2) 在秋冬旱的年份,翌年春天天气转晴后,全省植被处在高等级火险状况,应高度戒备防止全省发生爆发性的森林火灾。

(3) 在暖冬年份,翌年春天天气转晴后,应用地理信息系统确定遥感图像中森林火险等级不小于 4 级地区所在的乡镇,把高火险的信息传到所在地,可防止突发性的森林火灾。

### 参考文献

- 徐希孺. 环境监测与作物估产的遥感研究论文集. 北京: 北京大学出版社, 1981
- 沃科特 K A. 生态系统——平衡与管理科学. 北京: 科学出版社, 2002
- 郑海青, 陈敬平, 张星. 福建省森林火险等级预报系统. 气象, 2001
- 沃科特 K A. 生态系统——平衡与管理科学. 北京: 科学出版社, 2002
- 林国璋, 张雪兰. 系统软件与工程技术基础. 北京: 北京理工大学出版社, 1990
- 陶伟, 张弦, 马强. EGA/VGA/TVGA 高级微机图形编程指南与实例. 北京: 希望电脑公司, 1992
- 赵恒永. 微型计算机图形处理基础及实用图形软件的开发. 北京: 航空工业出版社, 1991
- 郭德方. 遥感图像的计算机处理和模式识别. 北京: 电子工业出版社, 1987
- 肖温格 R A. 李德熊译. 遥感中的图像处理 and 分类技术. 北京: 科学出版社, 1991
- 莫伊克 J G. 徐建平译. 遥感图像的数字处理. 北京: 气象出版社, 1987
- 秦其明, 曹五丰, 陈杉. Arc View 地理信息系统实用教程. 北京: 北京大学出版社, 2001
- 三味工作室. MapInfo 6.0 应用开发指南. 北京: 人民邮电出版社, 2001
- 樊红, 詹小国. ARC/INFO 应用与开发技术(修订版). 武汉: 武汉大学出版社, 2002

(上接封三)

# FOREST FIRE METEOROLOGICAL SATELLITE REMOTE SENSING AND MONITORING IN FUJIAN PROVINCE

Zheng Haiqing   Zhang Chungui   Chen Jiajin   Wang Jiayi

( Meteorological Institute of Fujian Province , Fuzhou 350001 ,China)

**Abstract :**Based on NOAA - AVHRR data from 1996 to 1999 ,the relation between the dry index of vegetation and relevant data of forest fire in Fujian Province is studied . It is indicated that the scope distribution of forest fire ranks in Fujian Province could be pre monitored according to the geographic location of forest fire by GIS system .

**Key word :** dry index of vegetation , forest fire ranks , geographic location