

文章编号:1673-8411 (2016) 02-0059-05

# 广西森林火险等级精细化监测与预报系统研究

熊文兵<sup>1</sup>, 罗永明<sup>2</sup>, 曾鹏<sup>1</sup>, 刘世学<sup>1</sup>, 袁丽军<sup>1</sup>

(1. 广西气象服务中心, 广西 南宁 530022; 2. 广西区气象减灾研究所, 广西 南宁 530022)

**摘要:** 利用 GIS 技术, 结合卫星遥感产品、中尺度气象站监测数据和基础地理信息数据, 基于 Windows 系统和 C#、C++、JAVA 及 ASP 技术, 开发智能化、精细化的千米网格级森林火险等级监测预测系统, 为林业防火提供一个全新的服务平台, 发布更加客观、及时、精细化的火险等级产品及, 能够明显提升气象部门森林火险等级监测与预报业务水平有着明显的帮助, 对林业部门加强森林防护工作、提高森林防火业务能力有着积极的意义。

**关键词:** 森林; 火险等级; 精细化; 监测; 预报; 系统

**中图分类号:** P49

**文献标识码:** A

## Fine monitoring and forecasting system of forest fire danger class of Guangxi

Xiong Wen-bing, Luo Yong-ming, Zeng-peng, Liu Shi-xue, Yuan Li-jun

(1. Guangxi Meteorological Service Centre, Nanning Guangxi 530022; 2. Guangxi Institute of Mitigation Disaster, Nanning Guangxi 530022)

**Abstract:** Based on GIS technology, the mesoscale weather monitoring data, satellite remote sensing products and geographic information data, intelligent-and -refining monitoring and forecasting system of forest fire danger class was developed by Windows system and c #, c + +, JAVA, ASP technology to provide a new service platform for forest fire prevention, which publishes more objective, timely and intensification of fire danger class products and weather information. It is useful in improving the service of monitoring and forecasting forest fire danger class of meteorological department.

**Key Words:** forest; fire danger class; refinement; monitor; forecast; system

广西地处热带、亚热带季风气候区, 降水丰沛, 热量充足, 森林资源十分丰富, 各种珍贵树种繁多, 森林面积 1252.50 万公顷, 居全国第六位, 森林覆盖率达 52.71%, 居全国第四位<sup>[1]</sup>。森林火灾是指失去人为控制并对森林、财物和人身造成损失的森林燃烧现象<sup>[2]</sup>, 是一种世界性的自然灾害, 它分布广、发生频度高、破坏性大。近年来, 由于气温升高, 降水时空分布不均、人为因素等影响, 广西频繁发生森林火灾, 每年都发生几百起森林火灾, 有时甚至造成人员

伤亡事故, 森林火灾给人民生命财产安全和生态环境造成巨大威胁<sup>[3]</sup>。干旱少雨以及高温危害, 导致广西林区高火险持续, 林火频发, 森林防火形势严峻。自治区党委、政府领导历来非常重视旱情火情, 近年来多次对防火工作作出重要指示, 对森林火险等级监测与预报提出了更高的要求, 迫切需要我们能够及时提供更加科学、精细化的实时监测预报服务产品。

国外在森林火险预报研究方面处于技术领先地

收稿日期: 2015-12-11

作者简介: 熊文兵 (1974-), 男, 高级工程师, 主要从事专业气象服务与技术研究。

位,20 世纪初期,美国于 1988 年开发了“国家最新火险等级预报系统”<sup>[4,5]</sup>,该系统较全面考虑了气象、可燃物含水量和地形等因子的影响。20 世纪二十年代末,加拿大开展火烧试验和森林火险预报方法研究,于 1987 年开发了“加拿大森林火险等级系统”<sup>[6]</sup>,此系统构建了森林可燃物含水率模型。韩国在近年来森林火险预报研究得到较快发展,在消化吸收美、加两国森林火险等级预报的成功做法的基础上,简化了可燃物类型和地形因子对森林火险等级预报的影响,研发了 KFFDRI 预报系统<sup>[7]</sup>。我国森林火险等级预报研究起步较晚,始于 1955 年。到目前为止,我国根据各地气象条件的差异性,已形成了如东北伊春林区的“多因子相关概率火险天气预报”等 10 多种火险天气预报方法<sup>[8]</sup>。其中,国家气象中心结合布龙-戴维斯模型<sup>[9]</sup>,利用特大森林火灾历史数据库对布龙-戴维斯模型进行了修正,计算未来 1~5d 森林火险天气综合指数。覃先林利用 MODIS 数据进行可燃物分类,开展全国森林火险等级预报模型的研究<sup>[10]</sup>。近年来,我国部分省市的研究者也开展了不少适用于地方预报模型和预报系统的研发,取得了不错的成果<sup>[11-16]</sup>。广西在该方面的研究起步较早,杨望月等<sup>[17]</sup>在 1993 年即开发出了针对广西五大片区的火险等级预报业务系统,该系统目前仍在业务运行。廖雪萍<sup>[18]</sup>、李玉红<sup>[19]</sup>、莫伟华<sup>[20]</sup>等在广西林火数据库建设、遥感监测模型及监测系统建设等方面开展了较深入的研究。黄峰等<sup>[21]</sup>在 2008 年开展了县级森林火险预报系统的研究与设计。但就目前广西已有的火险等级预报而言,存在产品粗放、科技含量不高、缺乏实况等级监测、产品服务方式落后等诸多问题,没法满足林业部门防火业务发展的需要。本文利用 GIS 技术,结合卫星遥感产品、中尺度气象站监测数据和基础地理信息数据,基于 Windows 系统和 C#、C++、JAVA 及 ASP 技术,开发智能化、精细化的森林火险等级监测预测系统(产品分辨率达到 1Km),为林业防火提供一个全新的服务平台,发布更加客观、及时、精细化的火险等级产品及气象信息。对提升气象部门森林火险等级监测与预报业务水平有着明显的帮助,对林业部门加强森林防护工作、提高森林防火业务能力有着积极的意义。

## 1 系统结构

本研究应用广西区域的遥感监测资料,引入 FY-2 地面入射太阳辐射量,建立广西森林火险等级

监测与预报模型,并在模型基础上进行相关业务系统开发。该业务系统包括数据处理分析、监测预报模型构建、产品制作、服务平台开发等四个部分。

数据处理包括:气象卫星 FY-2 地面入射太阳辐射、MODIS\_LandCover 的数据、遥感火情监测数据收集与处理;气象自动观测站数据收集与分析;数值模式预报产品预处理。

模型构建包括:分析各种气象要素对森林火险的影响权重,得到各要素的权重系数,构建基于卫星遥感的精细化监测与预报模型。

产品研发与制作:将模型输出数据转换成精细化图形,开发出广西森林火险等级逐日监测和滚动预报产品;根据气候预测结果,制作广西森林火险等级周、旬、月分析与预测产品;制作火情遥感监测产品、重大火险预警专报产品。

服务平台开发:开发一个 B/S 架构的服务平台,以图形方式提供精细化逐日的监测结果和滚动预报结果,以图文方式提供中长期预测产品、火情遥感监测产品及重要专报等。

## 2 系统功能实现

### 2.1 数据处理功能

#### 2.1.1 FY-2 气象卫星数据

风云二号 C 星(以下简称:FY-2C)是我国第一颗业务运行的静止气象卫星,为天气分析和预报服务提供遥感资料。FY-2 静止气象卫星每小时对地扫描一次,具有很高的时间分辨率,时间连续性好。FY-2 地面入射太阳辐射数据能较好地反映地面入射实际情况。经研究,FY-2 地面入射太阳辐射与蒸发量有很好的正相关性,能够反映地表的干燥程度。

国家卫星气象中心提供的 FY-2 地面入射太阳辐射产品覆盖范围为 60°E~150°E,0°~60°N 之间,分辨率和投影方式为:0.01°\*0.01° 等经纬度投影,产品物理意义为辐照度(E),单位为:瓦/平方米(W/m<sup>2</sup>)。

对上游数据的处理需要编写数据处理程序,完成以下任务:1、截取广西区内范围 104.3°E~112.3°E,20.8°N~26.8°N 的数据。2、计算每小时地面入射辐射大小,计算公式:

$$H=E*3600/10^6 \quad (1)$$

其中,H 为曝辐量,E 为辐照度。

计算每天的地面入射太阳辐射大小,计算公式:

$$R=R=\int_{\text{日出}}^{\text{日落}} Hdt \quad (2)$$

其中,  $H$  为每小时的曝辐量,  $t$  为时间,  $R$  为每天日出到日落的总的地面入射辐射量。

### 2.1.2 MODIS\_LandCover 数据

Modis-Landcover 是根据国际岩石圈、生物圈项目 (International Geosphere Biosphere Program 简称: IGBP) 土地覆盖分类系统对 MODIS 数据进行分类。MODIS 土地覆盖类型产品包括从每年 Terra 星数据中提取的土地覆盖特征不同分类方案的数据分类产品。基本的土地覆盖分为有 IGBP 定义的 17 类, 包括 11 类自然植被分类, 3 类土地利用和土地镶嵌, 3 类无植生土地分类。根据 Modis-Landcover 数据可以获得土地覆盖上的植被, 并且从中对覆盖物 (植被) 进行可燃物分类, 进而获得地面的可燃系数。

Modis-Landcover 产品原始分辨率为  $0.00833^{\circ} \times 0.00833^{\circ}$  经纬度, 等经纬度投影。为了便于与其它数据进行研究分析, 在 ENVI4.2 软件下, 重采样为  $0.01^{\circ} \times 0.01^{\circ}$  等经纬度投影数据。根据研究要求, 截取范围为:  $104.3^{\circ}\text{E} \sim 112.3^{\circ}\text{E}$ ,  $20.8^{\circ}\text{N} \sim 26.8^{\circ}\text{N}$  覆盖全广西的数据。利用 GIS 空间分析技术, 在 ArcMap 软件中, 打开广西面状 shap 文件, 利用 Spatial Analyst Tools 的 Extract by Mask 裁切功能, 得到广西境内的 Modis-Landcover 数据。

### 2.1.3 气象观测数据分析

目前已经建设完成的高密度自动气象站为我们提供了高时空分辨率的气象观测数据, 使我们为森林火险等级的精细化监测成为可能。最近两年, 林业部门也在主要林区建设了 244 个自动气象观测站, 可以直接观测到林区的气象要素。

研究表明, 影响林区干燥程度的气象要素主要有相对湿度、气温、降水、风。这些气象条件的综合作用决定了影响林区火险等级的高低。为了在模型中定量的表示火险等级的量值, 选取对当日火险等级参数影响最大的气象要素, 即日最低相对湿度、日最高气温、日最低气温、日降水量、日平均风速。

(1) 数据来源。日最低相对湿度、日最高气温、日最低气温、日降水量、日平均风速等五类要素数据来自于广西气象部门大型 SQLSERVER 数据库的逐小时数据表 (TabTimeData)。林业部门的数据通过 FTP 共享获取, 并按照气象部门的数据格式存入专门的数据库表, 供系统与原气象数据库进行联合查询。

(2) 数据处理。火险等级模型要求输入的数据为网格数据, 因此需要将数据库检索得到的散点数据进行网格化处理。由于所有站点均在广西区域范围内, 这里即取广西经纬度范围作为网格四边 ( $104.3^{\circ} \sim 112.3^{\circ}\text{E}$ ,  $20.8^{\circ} \sim 26.8^{\circ}\text{N}$ ), 利用插值工具 Surfer 分别对五类散点观测数据进行网格化插值, 插值格距为 0.01 度 (约 1Km)。经过尝试, 加权反距离算法得到的数据最符合实际, 且该方法最快捷省时。插值分析后得到 Surfer 输出的 ASCII 格式的网格数据, 根据模型需求, 需要经过再次转换, 以没有头文件的网格形式输出二进制格式 (数据行列数为  $600 \times 800$ ), 结果为每个要素一个文件。

### 2.1.4 预报数据预处理

火险等级模型建立后, 将各监测因子替换为预报因子, 即可输出火险等级预报结果。预报因子选用欧洲中心数值预报结果。

(1) 数据来源。数值预报资料来源于欧洲数值预报中心 (ECMWF) 每日 20 时下发的逐 24 小时间隔的细网格预报资料, 预报时效为 24~192h, 分辨率为  $1.25^{\circ} \times 1.25^{\circ}$ , 要素为 24 小时累积降雨量、日最高气温、日最低气温、日最低相对湿度和 10 米高度最大风速, 原始数据存储格式为 MICAPS 第 4 类格点数据格式。

(2) 数据处理。广西区域格点资料范围 ( $104.3^{\circ} \sim 112.3^{\circ}\text{E}$ ,  $20.8^{\circ} \sim 26.8^{\circ}\text{N}$ ), 通过调用 Grads 软件提取指定时次的格点数据要素场, 然后对每日的要素场进行统计获得日最高/最低气温、日最低相对湿度等要素场的每日预报极值。

(3) 插值。根据需求将广西区域格点场插值为分辨率 0.01 度 (约 1km) 的格点场, 插值方法为双线性插值, 并对缺测和无效资料进行处理和质量控制, 将插值场形成二进制文件并分目录保存。

## 2.2 业务流程

按照系统逻辑结构, 建立了自动化的业务流程。首先定时运行自动站数据分析模块和预报数据处理模块, 处理后的数据进入监测预报模型功能模块中, 并定时运算输出结果, 最后对输出的结果进行图像处理, 输出各种图形产品。

### 2.2.1 观测数据分析模块

为了实现观测数据实时分析, 编制了专门的功能软件, 该软件在指定的时间自动检索数据, 自动计算, 最后输出数据到指定路径下。

该模块从自动站数据库中提取日最高气温、日



最低气温、日降雨量、日最低相对湿度、日平均风速共五个要素,组合成专门的文件,从后台调用 SURFER 插值软件执行分析计算,插值分辨率 0.01 度。软件可以提供手动模式和自动模式运行,手动模式供调试或回补数据使用,自动模式为业务运行使用。

### 2.2.2 预报数据处理模块

通过 Python 语言开发资料处理自动化平台,每日处理一次,也提供手动/自动处理两种方式,形成未来 24~192h 的数值要素场,并可以对历史资料进行补充处理。

### 2.2.3 模型运算模块

将研究得出的模型利用计算机编制成软件模块,模型输入实况监测数据,则可以输出精细化监测结果,模型输入数值预报数据,则可以输出的精细化预报结果。软件模块属于整个业务系统的一部,可以设定为每天定时自动运行,定时输出精细化监测数据和预报数据,文件格式为 ENVI 格式。其中加入了检索输入数据的功能,并对错误或缺失数据进行判别。

### 2.2.4 图形输出模块

为了能直观的给用户展示监测与预报结果,需要将模型输出的数据文件转换为图形图像的形式,提供给服务平台调用,按照流程,专门为这个功能模块编制了能够自动运行的监测预报产品制作程序

(1)模块程序每日 02 时根据模式输出的监测数据文件自动转换为监测图像文件,并输出至服务平台为用户提供直观查询浏览之用。

(2)每日 08 时根据模式输出的预报数据文件自动转换为七天滚动预报图像文件,并输出至服务平台为用户提供直观查询浏览。

(3)实时分析广西森林火险实况数据,获取广西 14 个城市各自的林场代表站点的监测值,并采用平均算法计算出每个城市的监测数据,制作输出最近十五天的广西各城市森林火险实况变化曲线图。

(4)程序自动分析森林火险等级模型输出的预报数据文件,获取广西 14 个城市各自的多个代表点的预报值,采用算术平均法计算出每个城市点的预报数据,并制作出未来 7 天的广西各城市森林火险预报变化曲线图。

## 2.3 服务平台

为了能把研发的服务产品实时提供给林业厅防火部门,广西森林火险精细化监测与预报系统的研

究还包括一个基于 B/S 架构的服务平台的开发。为了提高服务效率和稳定性,主要采用 ASP+SQLServer、JAVA Script、JAVA Applet 技术完成网站开发,并实现独立运行。网站包括“首页”、“火险检测”、“火险预测”、“专题服务”、“广西天气”共五个部分。

## 3 产品结果检验分析

本系统于 2015 年 8 月投入试运行。在 2015 年秋冬到 2016 年春季,只有 2015 年 9 月底到 10 月上旬、2016 年 3 月中旬出现了阶段性火险等级较高的时段。这里选择其中具有代表性的两次过程来分析精细化预报产品的效果。

### 3.1 2015 年 10 月初的一次较高火险天气过程

从 9 月 27 日开始,广西连续晴热少雨,局部出现高温天气,模型监测结果表明,从 10 月 1 日开始,受台风“彩虹”西侧下沉气流影响,广西大部火险等级逐渐升高,到 10 月 2~3 日,部分地区(尤其是桂东北)出现 3~4 级的较高火险(图 1,见彩页),同时 2~3 日的遥感监测也发现桂东北有热源点出现。

从系统的预报结果来看,模型从 9 月 25 日开始就已经有所反映。逐日的预报结果略有变化,也反映了数值模式为基础的预报结果是随着时间有调整的。但是总体来说系统可以提前一周就对本次较高火险天气过程有所反映,而且预报的落区和强度也比较准确(图 2,见彩页)。

### 3.2 2016 年 3 月 18~20 日的高火险天气过程

3 月中旬桂西降雨偏少,至中旬后期百色崇左等地出现较高火险,局地火险等级达到四级(图略)。从系统的预报结果来看,从 3 月 13 日开始,系统产品就预报了桂西北 18~20 日有较高火险(图略),并且从 13 日到 19 日,系统都持续做出预报,预报的落区准确,量级也较准确,其中 19 日预报 20 日(24 小时预报)的桂西北四级火险落区与量级均准确。

## 4 结果与讨论

(1)模型对高火险天气过程的预报与监测结果对比,落区基本吻合,量级基本对应,但是有波动变化。经过分析认为有两方面的原因。一方面,模型监测结果的分级是按照聚类分析进行划分,而火险等级的划分本身也是一个较难的课题,需要进行较深入的研究,目前我们正在着手研究这方面的行业标准。另一方面,模型的预报是基于数值模式的预报产

品计算得出,其准确性会随着数值预报而波动。

(2) 一个地区每日实际出现的森林火险等级到底该如何描述? 本系统逐日输出的监测与预报结果可能也只能反映实际情况的一个层面, 表示的是气象条件造成的火险等级, 这样的监测结果有必要与林区火情数据、遥感监测数据进行印证。而具体林区火灾发生危险性程度还受许多因素的影响, 对林区气象条件的监测也还很不足, 林区火险等级的监测工作还需要进一步深入研究。

(3) 森林防火工作是一个系统性的工作,除了火险等级的监测与预报,还包括火情监测,火灾扑救等大量的工作,气象为森林防火的服务也应当延伸到各个方面,提供监测预警以及应急保障等全面的多方联动的服务。因此,建立全区的林业气象综合保障业务体系应该是我们将来研究工作的重要内容。

#### 参考文献:

- [1] <http://www.nanning.gov.cn>.
- [2] 中华人民共和国国务院. 中华人民共和国森林防火条例 [J]. 森林与人类, 2002, (5): 6.
- [3] 广西年鉴. 广西年鉴社编辑出版, 2006, 11: 265-270.
- [4] Robert E. Burgan, Robert W. Klaver and Jacqueline M. Klaver. 1998. Fuel Models and Fire Potential from Satellite and Surface Observations. International Journal of Wildland Fire, 8 (3): 159-170.
- [5] By Fire Danger Working Team. 2002. Gaining A Basic Understanding of the National Fire Danger Rating System. A Self-Study Reading Course. A Publication of the National Wildfire Coordinating Group.
- [6] Carlson J. D., Robert E. Burgan and David M. Engle et al. 2002. The Oklahoma Fire Danger Model: An operational tool for mesoscale fire danger rating in Oklahoma. International Journal of Wildland Fire, 11: 183-191.
- [7] 杨光, 舒立福, 邸雪颖, Chae Heemun. 韩国国家森林火险等级预报系统概述 [J]. 世界林业研究, 2013, (6): 64-68.
- [8] 叶兵. 国内外森林防火技术及其发展趋势 [D]. 中国林业科学院硕士论文, 2000.
- [9] 乔林, 张金艳, 宗志平等. 中央气象台森林火险天气等级中短期预报系统 [J]. 气象, 2001, (S): 63-65.
- [10] 覃先林. 遥感与地理信息系统技术相结合的林火预警方法的研究 [D]. 中国林业科学研究院博士学位论文, 2005.
- [11] 吴树森, 陆忠涛, 魏光辉, 等. 大兴安岭森林火险影响因子及综合指标预报方法 [J]. 黑河学刊, 2014, (12): 17-21.
- [12] 张树文. ArcGIS 在森林火灾预防预测中的运用 [J]. 时代农机, 2016, 43 (1): 36-39.
- [13] 王一凯, 黄诚, 段卫虎, 王艳霞, 周汝良. 基于地表温度与湿度场遥感数据的火险等级预报新技术 [J]. 西部林业科学, 2014, 43 (6): 97-103.
- [14] 苏漳文, 刘爱琴, 梁慧玲, 等. 基于气象因子的福建省森林火险预测模型 [J]. 森林与环境学报, 2015, 35 (4): 370-376.
- [15] 邱泉成, 曹李兴, 曹顶富, 郑清明. 闽北林区森林火险等级中期预测方法 [J]. 森林防火, 2011, (2): 24-29.
- [16] 马宁, 武万里, 任玉, 等. 宁夏森林火险监测预警系统设计与关键技术实现 [J]. 宁夏农林科技, 2014, 55 (11): 40-42+48.
- [17] 杨望月, 高安宁. 广西森林火险等级气象预测预报业务系统 [J]. 广西气象, 1993, 14 (4): 27-29.
- [18] 廖雪萍, 何燕. 利用农情气候特征完善森林火情数据库 [J]. 广西气象, 1997, 18 (3): 35-36.
- [19] 李玉红, 何立. 广西林火监测模型设计 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (1): 44-47+109.
- [20] 莫伟华, 马轮基, 何立, 谭宗琨. 基于 GIS 的广西卫星遥感林火监测系统介绍 [J]. 广西气象, 2001, 22 (3): 56-57.
- [21] 黄锋. 基于 VFP+MO 的广西县级森林火险等级预报系统的研究与设计 [D]. 广西大学, 2008.