

# 德阳森林火险气象等级系统及预测应用

赖维肖<sup>\*</sup>, 蔡嘉婧<sup>#</sup>, 雍星, 陈佳, 陈丹妮, 蒋文杰

四川省德阳市气象局, 四川 德阳

收稿日期: 2023年3月3日; 录用日期: 2023年4月19日; 发布日期: 2023年4月26日

## 摘要

为探究德阳森林火险分区, 为德阳市构建完备的森林火险预报系统提供技术参考, 本文对德阳森林火险概况进行了探讨, 并基于最新国家森林火险气象等级标准, 结合四川德阳的气候环境及地形特点, 建立本地森林火险精细化监测预报模型, 并在此模型基础上进行相关的业务系统开发。结果表明, 基于智能网格预报制作森林火险气象风险等级预报, 其可用性、准确性、产品精细度有明显的提升。选取2023年冬季1月1~20日期间德阳森林火险预报产品进行分析, 系统对于11日绵竹市和12~13日中江县西部的森林火险等级预报为3级(中等风险), 这与在某一项或多项气象要素超过同期平均水平时, 可能出现较高火险的情况相吻合, 研究结果将为德阳森林火险预报和防灾减灾提供一定的支持。

## 关键词

森林火险, 气象等级, 预测模型, 预报服务, 德阳地区

# Forest Meteorological Fire Risk Prediction Model and Its Forecasting Applications in Deyang

Weixiao Lai<sup>\*</sup>, Jiajing Cai<sup>#</sup>, Xing Yong, Jia Chen, Danni Chen, Wenjie Jiang

Deyang Meteorological Bureau of Sichuan Province, Deyang Sichuan

Received: Mar. 3<sup>rd</sup>, 2023; accepted: Apr. 19<sup>th</sup>, 2023; published: Apr. 26<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In order to explore the values of forest fire danger in Deyang City and provide a technical refer-

<sup>\*</sup>第一作者。

<sup>#</sup>通讯作者。

文章引用: 赖维肖, 蔡嘉婧, 雍星, 陈佳, 陈丹妮, 蒋文杰. 德阳森林火险气象等级系统及预测应用[J]. 林业世界, 2023, 12(2): 100-107. DOI: 10.12677/wjf.2023.122013

ence for Deyang to build a complete fire danger rating forecasting system, the general situation of forest fire danger in Deyang was analyzed, and national standards as well as the local climatic circumstances and geological features were used to establish forest fire prediction model and develop related system. The results showed that, fire danger rating was forecasted based on intelligent grid forecasting products, and its usability, accuracy and fineness were promoted clearly. The forecasting products from January 1st to 20th in Deyang showed that the results of Mianzhu on January 11th and Zhongjiang from January 12th to 13th were the third grade (medium firerisk), which corresponded with the condition that meteorological factors exceeding historical levels for the same period could lead to high fire danger. The research results can provide certain support for local forest fire prediction service and forest disaster prevention.

## Keywords

Forest Fire Risk, Meterological Class, Prediction Model, Forecast Service, Deyang City

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

森林火险问题在全球范围备受瞩目。森林火灾具有较强的突发性，极大的破坏性，扑救处置极度困难[1] [2] [3]。近年来伴随着恶劣的极端天气条件，生态环境恶化，温室效应影响日益严峻，森林火灾次数显著增加，重特大森林火灾的扑救已经成为世界性的难题，大面积的森林火灾已被联合国粮农组织列为世界八大自然灾害之一。

国内外的学者对森林火险与气象因子的相关性做了大量的研究，并进行了森林火险等级区划和预测应用。陈涤非等[4]介绍了新西兰气象局火天气指标系统预测模型，探讨我国和各国森林火险信息平台共享的有效方法。李玉峰等[5]分析了森林火灾的成因及其与气象要素的相关性，选取2019年山西省几起森林火灾发生前后气象因子演变进行了论述，针对气象部门提出了森林火灾的应对措施。赵鹏武等[6] [7]用聚类分析法按受灾强度将我国各省市划分为10类，还通过对内蒙古大兴安岭的森林火险等级评价和聚类分析，计算了各管护局和林业局的森林火险等级，且完成了火险的区划。毕晨等[8]研究发现江西省森林火险易发于赣南，1~3月为森火频发期，并建立了融合气象因子的林火预测模型，将井冈山地区林火数据代入检验得到的预报准确率为84%。王静等[9]对山东胶东丘陵地区的崂山林场进行了森林火险分级，结果表明中度危险区占比52.36%，高度危险区占比43.77%。王忠春等[10]采用专家评分法计算了雅江县火险因子权重及等级分值，基于综合方法确定了林地小班火险指数，从而完成了森林火险等级分区。

德阳市位于四川盆地的西北部、成都平原的东北部，是国家重要的工业城市，是中国重大技术装备制造基地。但城市在迅猛发展的同时，生态环境遭到了破坏，走绿色发展道路的重要性日益凸显，对于森林资源的保护也迫在眉睫。本文介绍了德阳地区森林火险概况，并分析了其与气象要素相关性，建立了完善了德阳本地化的基于智能网格预报的森林草原火险气象风险等级预报系统，为防范森林火险、改善生态环境等提供科学参考。

## 2. 资料与计算方法

### 2.1. 研究资料

本文使用了德阳市每日逐时的地面观测资料，其中包括地面温度、海平面气压、本站气压、气温、2

分钟平均风向和风速、2 分钟平均风向和风速、相对湿度、降水量、雪深等；智能网格气象预报产品，空间精度  $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ ，时间分辨率 1 h；“天擎”数据平台欧洲中心数值预报产品，空间精度是  $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ ，包括气压、温度、降水、相对湿度、水平风速和垂直风速等气象要素变量；CMPA 格点降水。

## 2.2. 方法

德阳地区森林火险等级预报模型的构建，主要是在参考国家气象干旱等级标准 GB/T 20481-2017 和森林火险气象等级 GB/T 36743-2018 基础上，利用 SPSS 27.0 软件对森林火险等级与气象因素进行斯皮尔曼相关性分析，结合四川德阳的气候环境及地形特点，利用多元线性回归方法建立本地化的森林火险等级与气象要素的回归方程，进一步优化和完善模型。《基于智能网格预报的德阳市森林草原火险气象风险等级预报系统》搭建主要基于 C#、Python 编程语言，使用了 SQL 数据库，运用了 Blazor 框架，采取 CS 架构，制作具有丰富功能、可视化的人机交互平台，将数据通过模型输出数据转换成精细化图形，开发出德阳森林火险等级监测和预报产品。

## 3. 德阳森林火险概况

### 3.1. 德阳森林火险分区情况

根据国家、四川省的相关规范[11][12][13]，对德阳市所辖的 6 个区(市、县)的森林火险等级和区域类型进行划分，并进行了治理分区，具体情况如表 1 所示。全市除绵竹市属于 1 级火险单位，什邡市属于 2 级火险单位外，其余属于 3 级火险单位；全市除绵竹市属于森林火灾高风险区外，其余均属于一般森林火险区；在森林火险区域类型划分方面，全市均属于低火险区。

Table 1. Deyang area forest fire danger level, area type division and control division

表 1. 德阳地区森林火险等级、区域类型划分及治理分区情况

	绵竹市	什邡市	旌阳区	罗江县	广汉市	中江县
森林火险等级划分	I 级火险单位	II 级火险单位	III 级火险单位	III 级火险单位	III 级火险单位	III 级火险单位
森林防火治理分区	森林火灾 高火险区	一般森林 火险区	一般森林 火险区	一般森林 火险区	一般森林 火险区	一般森林 火险区
森林火险区域类型	低火险区	低火险区	低火险区	低火险区	低火险区	低火险区

### 3.2. 德阳高危火险区、高保护价值森林、重要设施目标情况

高危火险区一般位于集中度较高的山地、面积较大的人工林以及低山丘陵地区，该区域的特点是林火发生之后，蔓延速度快，周边的阻隔系统不强，加之地处偏交通困难，短时间进行扑救的条件非常有限，进而极易于形成特别重大的森林火灾。根据四川省森防指 2017 年发布的森林火灾事故应急救援预案[14]，德阳市有两个主要的高危火险区，其一为位于四川盆地与青藏高原的过渡带，德阳西北部的龙门山脉，原始森林密布，另一为位于成都平原东缘山脉，德阳东南部的龙泉山脉，农耕地中片状分布着次生的天然林或人工林。德阳市高位火险区面积最大的是中江县，达到 54153.17 公顷，绵竹、什邡次之，分别为 25324.41、15714.65，其余地区较小(表 2)。高保护价值森林指的是对于经济社会、生态环境均具有很高价值的关键森林，共包含六个级别。德阳有多个高保护价值森林，其中包括绵竹龙门山国家地质公园、云湖国家森林公园、什邡大熊猫国家公园、罗江白马关、中江岩鹰山等。德阳市的重要设施目标一般指靠近林缘的的主要景区、人文古迹、亭台庙宇、油气站、城市附近的公园等，绵竹重要设施数量最高为 8 处、其次为中江和什邡，均为 6 处，且基本上位于沿山的乡镇。

**Table 2.** Target status of high-risk fire areas, high conservation value forests, and important facilities in Deyang  
**表 2.** 德阳地区高危火险区、高保护价值森林、重要设施目标情况

区(市、县)	高危火险区面积 (公顷)	高保护价值森林	重要设施数量	主要分布乡镇
绵竹市	25324.41	龙门山国家地质公园、云湖国家森林公园、大熊猫国家公园	8	清平镇、广济镇、汉旺镇、麓棠镇、九龙镇
什邡市	15714.65	九顶山省级自然保护区、华莹山省级风景名胜区、大熊猫国家公园	6	湔氐镇、荃华镇、洛水镇
旌阳区	6382.85	岷螺山省级森林公园	5	双东镇、新中镇、和新镇
罗江区	4406.26	国家级风景名胜区白马关	3	白马关镇
广汉市	617.54	三星堆、松林桃山	4	三星堆镇、连山镇
中江县	54153.17	继光水库、岩鹰山	6	南华镇、继光镇

## 4. 系统研发介绍

### 4.1. 研发优势

目前,四川省气象台和大部分省内地级气象台站发布的森林火险气象预报产品,主要针对未来三天区域内的整体形势进行预报,以文档的形式发布,预报的精度相对较粗,时效短。目前我国地市级的相关预报工作通过半人工的方式完成,难以做到精细化、量化、客观化。针对社会需求,本研发使用了最新投入业务使用的智能网格气象预报产品,同时结合大数据库的基础数据,使用实时更新检验、历史综合评估等方法,不仅准确度有较明显提升(相比于 EC 模式,小雨 ETS 评分提升 9%至 37%,暴雨 TES 评分提升最大达 41%,日最高气温的预报误差降幅可达 16%),同时具备产品种类丰富(20 余种),时空分辨率高(5 公里分辨率,每小时),基于智能网格预报制作森林火险气象风险等级预报,其可用性、准确性、产品精细度将有明显的提升。此外,新的《森林火险气象等级国家标准》中,除风速、降水量、气温等基本气象要素外,还增加了干旱等级、无降水日等多项要素,并采用了新的算法,按照新标准建立自动化、智能化、可视化的客观化预报结论,可有效提升森林火险气象风险等级预报的科学性、实用性、准确性。

### 4.2. 预报产品

最新森林火险预报产品覆盖德阳市全范围,精度 0.05 经纬距(约 5 公里),基于智能网格预报产品制作,每天生成两次,预报时间密度可达 3 小时,最长时效可达 10 天。软件平台简洁、实用、具备较强的稳定性,可查询德阳范围的任意位置时效范围内的森林火险指数及相关气象要素,并具备可视化功能,能以图片、表格等格式展示,可自动化生成各类(每日、每周、特定时段)城镇、森林火险专题预报服务产品,并具有监控功能。数据库可全天候接入全国综合气象信息共享平台(CIMISS),自动化下载解码 GRIB2、NC 等数据格式的气象预报产品和各类实况资料(大监站、雷达、卫星、探空等),并具备免维护运行能力。

### 4.3. 应用分析

统计德阳 2017~2021 年的森林火险情况,超过百分之六十的火情出现时间为 11 月到次年 2 月,因此选取 2023 年冬季 1 月 1~20 日时间段进行分析,并对研发的森林火险预报产品进行检验,图 1 为 1 月 9 日起报的 10~15 日森林火险等级预报产品图。11、12、13 日三天存在 3 级以上中等风险的区域,其中 12 日和 13 日主要集中在中江县的西部山丘地区以及罗江、旌阳东部局地,而 11 日区域较为分散,仅在绵竹市局地出现了 3 级(中等风险)区域,其余时段均为 2 级。

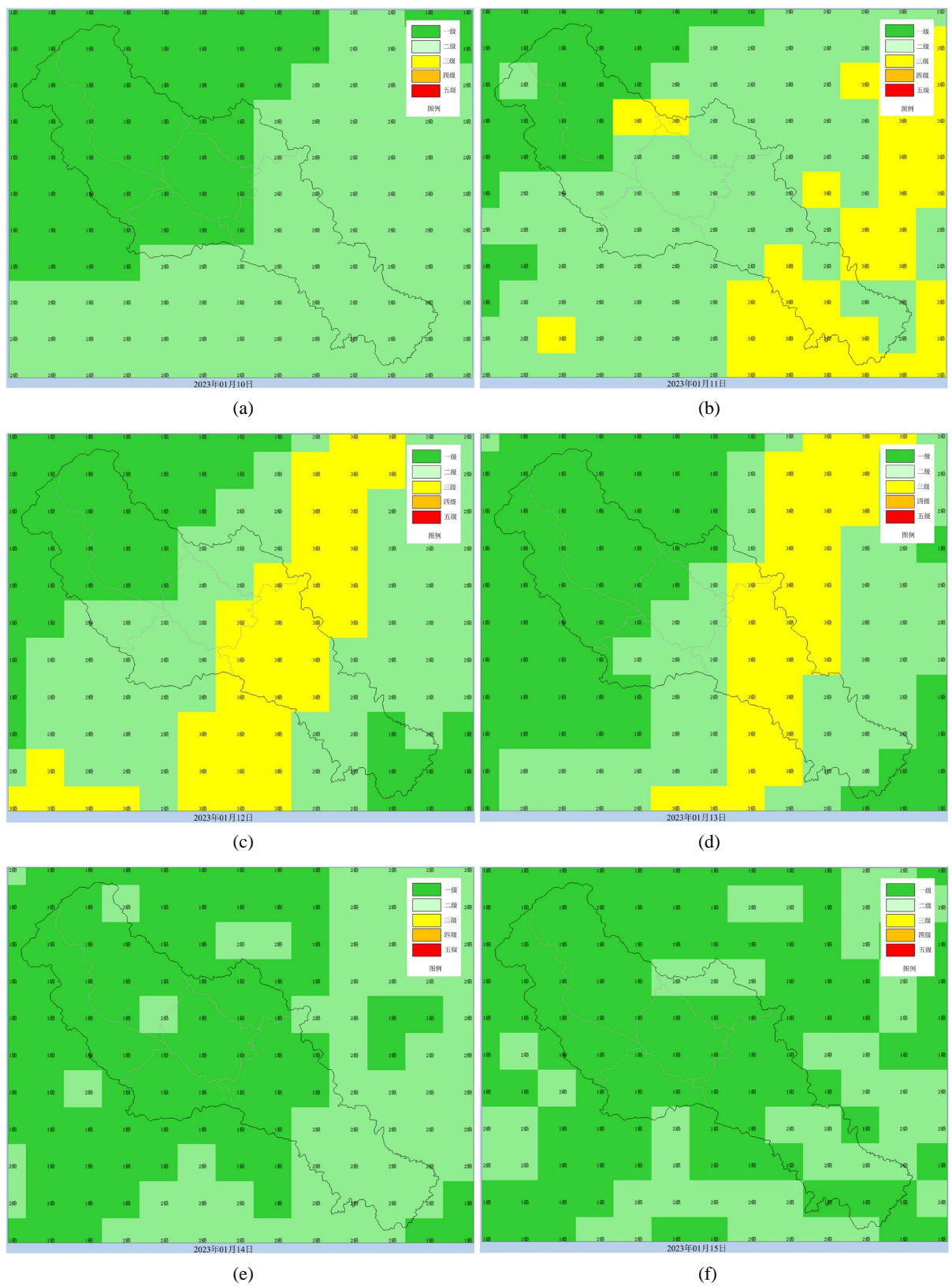


Figure 1. Deyang forest fire meteorological risk level map from January 9th, 2023 for 10~15 days  
图 1. 2023 年 1 月 9 日起报的 10~15 日德阳森林火险气象风险等级落区图

根据上述预报结论,后期选取了绵竹市和中江县四个气象要素1月上中旬20天的实况数据进行对比。图2表示了绵竹市和中江县该时段日降水量、最小相对湿度、日最高气温三个气象要素的变化趋势。绵竹11~12日及中江12日~13日均呈现温度明显升高,相对湿度明显下降的变化趋势。而对比该时段风力情况(表3),13日出现了6级以上大风天气,其中中江县西部多站达到6级(10.8 m/s~13.7 m/s)以上大风。从上述要素的变化趋势和分布情况可以得到,系统对于11日绵竹市和12~13日中江县西部的森林火险等级预报为3级(中等风险),对于该区域内可能出现的火情具有一定的指导意义。新的预报模式更好地考虑了在某一项或多项气象要素超过同期平均水平时,可能出现较高火险的情况,因此该预报监测预报模型在引用了新标准后,对于帮助判断森林火险情况有更好表现。同时受到季节影响,平均气温较低的状况下,本地区一般不会出现极端高(4~5级)的森林火险气象等级,而本预报系统结论也与此相符。

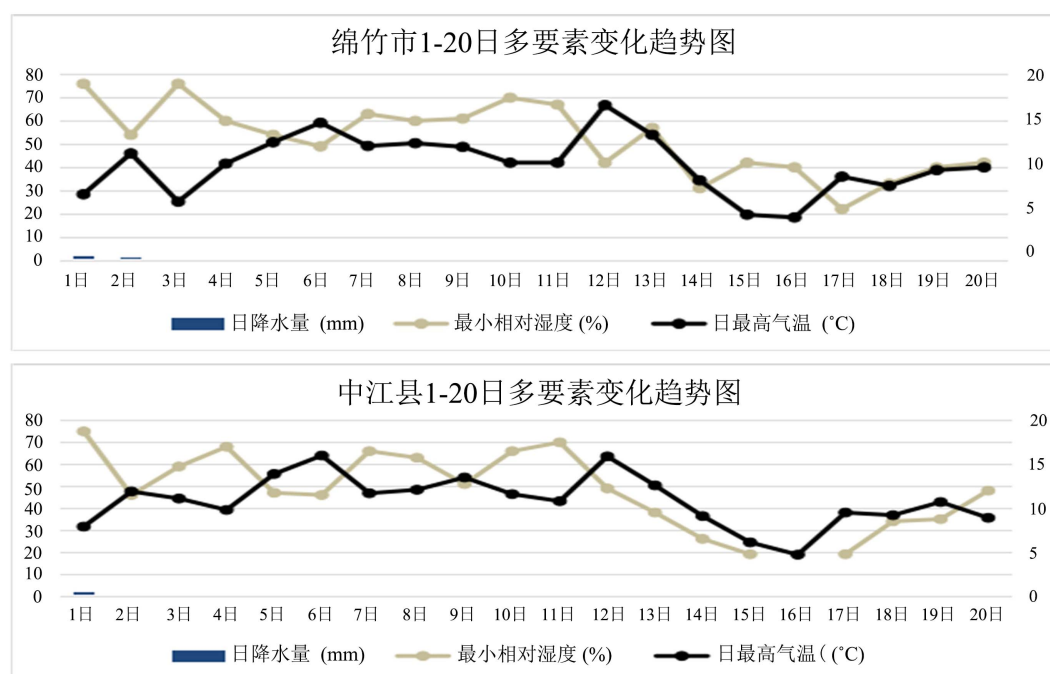


Figure 2. Trend chart of daily precipitation, minimum relative humidity, and daily maximum temperature in Mianzhu City and Zhongjiang County from January 1st to 20th, 2023

图2. 绵竹市和中江县2023年1月1~20日日降水量、最小相对湿度、日最高气温变化趋势图

Table 3. The maximum wind speed in Deyang City from 08:00 on January 13 to 08:00 on January 14, 2023 (m/s)

表3. 德阳市2023年01月13日08时~14日08时极大风速(m/s)

站名	站号	县	极大风(m/s)	极大风出现时间
中江永太	S1953	中江县	15.3	15时23分
中江富兴	S1986	中江县	14.5	15时44分
中江广福	S1981	中江县	13.6	1时31分
中江兴隆清河	S1952	中江县	13.5	18时06分
中江柏树	S1979	中江县	12.8	1时30分
中江	56199	中江县	12.6	3时25分
中江辑庆	S1934	中江县	12.3	16时24分

## Continued

中江挂面村	S2144	中江县	11.9	14 时 30 分
罗江白马关	S1939	罗江区	11.2	17 时 15 分
中江兴隆	S1910	中江县	10.6	15 时 07 分
广汉小汉小南	S1976	广汉市	10.6	17 时 25 分
绵竹麓棠困牛山水库	S1958	绵竹市	10.4	43
什邡	56197	什邡市	9.1	17 时 44 分
旌阳天元	S1933	旌阳区	8.9	17 时 30 分
德阳	56198	罗江区	8.3	15 时 56 分

综合上述对比分析得到,本次研发的森林火险气象风险监测预报系统,能够较好的表征本地区森林火险变化情况,在预报时效和准确率上都有较大提高,能够较好的弥补本地区的业务短板,具有较大的业务使用价值。

## 5. 结论

为探究德阳森林火险分区,为德阳市构建完备的森林火险预报系统提供技术参考,本文对德阳森林火险概况进行了探讨,并基于最新国家森林火险气象等级标准,结合四川德阳的气候环境及地形特点,建立本地森林火险精细化监测预报模型,并在此模型基础上进行相关的业务系统开发。研究结果表明:

1) 德阳全市除绵竹市属于 1 级火险单位,什邡市属于 2 级火险单位外,其余属于 3 级火险单位;全市除绵竹市属于森林火灾高风险区外,其余均属于一般森林火险区;在森林火险区域类型划分方面,全市均属于低火险区。

2) 德阳市高位火险区面积最大的是中江县,达到 54153.17 公顷,绵竹、什邡次之,分别为 25324.41、15714.65,其余地区较小。

3) 基于智能网格预报制作森林火险气象风险等级预报,其可用性、准确性、产品精细度将有明显的提升。选取 2023 年冬季 1 月 1~20 日森林火险预报产品进行分析,系统对于 11 日绵竹市和 12~13 日中江县西部的森林火险等级预报为 3 级(中等风险),这与在某一项或多项气象要素超过同期平均水平时,可能出现较高火险的情况相吻合,研究结果将为德阳森林火险预报和防灾减灾提供一定的支持。

## 基金项目

德阳市科技计划重点研发项目(2021SZ013)。

## 参考文献

- [1] 王双,张贵,谭三清,等.基于空间 Logistic 的湖南省森林火灾风险评价[J].中南林业科技大学学报,2020,40(9): 88-95.
- [2] 彭博.基于 GIS 技术对西昌市森林火险等级划分的研究[J].四川林业科技,2021,42(5): 53-57.
- [3] 毛润科,胡劲鸿,郭赞,等.甘肃小陇山李子林场森林火险等级评价与区划[J].甘肃林业科技,2021,46(2): 56-70.
- [4] 陈涤非,单保君,司莉青,等.新西兰森林火险等级系统及预测应用[J].世界林业研究,2022,35(5): 113-118.
- [5] 李玉峰,马秀兰,易正楠,等.森林火灾与气象因子的关系探讨[J].山西科技,2019,34(6): 32-36.
- [6] 赵鹏武,武峻毅,张恒.基于聚类分析法的我国森林火险等级区划研究[J].林业工程学报,2021,6(3): 142-148.
- [7] 赵鹏武,葛晨赫,王嘉夫.内蒙古大兴安岭森林火险等级评价与区划研究[J].西南林业大学学报,2021,41(2):

---

151-158.

- [8] 毕晨, 吴菲菲. 井冈山森林气象火险预测模型及火险等级区划研究[J]. 农业灾害研究, 2021, 11(4): 120-123.
- [9] 王静, 葛忠强, 阇兴建, 等. 丘陵山地森林火险等级评价技术研究——以崂山林场为例[J]. 山东林业科技, 2020, 251(6): 33-35.
- [10] 王忠春, 陈忠, 易辉. 雅江县森林火险等级区划研究[J]. 四川林勘设计, 2020, 6(2): 84-87.
- [11] 国家林业局. 《全国森林火险区划等级》(LY/T 1063-2008) [Z].
- [12] 四川省林业厅, 四川省发展改革委员会, 四川省财政厅. 四川省森林防火规划(2016~2025 年) [Z].
- [13] 四川省森林草原防灭火指挥部. 四川省森林草原防灭火指挥部关于分区分级抓好森林草原火险精准防控工作的通知[R]. 川森防指[2021]6 号.
- [14] 四川省森林草原防灭火指挥部. 《四川省森林火灾事故应急救援预案》(省森防指 2017-06-09) [Z].