

锦屏县森林火险气象等级预报研究

张仁忠^{1*}, 吴 慧¹, 杨胜桥¹, 姚元海¹, 刘见向², 袁芳菊^{3#}

¹锦屏县气象局, 贵州 锦屏

²锦屏县林业局, 贵州 锦屏

³黔东南州气象局, 贵州 凯里

收稿日期: 2025年4月3日; 录用日期: 2025年5月5日; 发布日期: 2025年5月13日

摘 要

锦屏县作为全国重要杉木生产基地和集体林权综合改革试验区, 森林资源丰富但火灾威胁严峻。本研究以锦屏县为对象, 针对其复杂地形与气候特征, 构建本地化森林火险气象等级预报模型, 旨在提升火灾防控能力。通过收集近五年气象、森林资源及火灾历史数据, 采用主成分分析和多元回归方法, 建立森林火险指数模型, 并划分五级火险等级。模型验证表明, 2024年3月11日森林火灾案例中, 预报结果与实际火情吻合度较高。研究进一步提出多部门协同的预警发布与响应机制, 通过气象部门官网、短信平台等多渠道发布信息, 并依据火险等级实施差异化防火措施。案例分析发现, 模型应用显著降低了极端干旱期的火灾风险。然而, 模型在极端天气与复杂地形的适应性、数据质量与部门协作方面仍需优化。建议融合人工智能技术提升预测精度, 加强偏远地区气象监测, 推动数据共享平台建设。本研究为南方集体林区火险预报提供了本地化实践参考, 对生态保护与可持续发展具有重要意义。

关键词

森林火险, 气象等级, 预报, 研究

Research on the Meteorological Grade Forecast of Forest Fire Risk in Jinping County

Renzhong Zhang^{1*}, Hui Wu¹, Shengqiao Yang¹, Yuanhai Yao¹, Jianxiang Liu², Fangju Yuan^{3#}

¹Jinping County Meteorological Bureau, Jinping Guizhou

²Jinping County Forestry Bureau, Jinping Guizhou

³Qiandongnan Prefecture Meteorological Bureau, Kaili Guizhou

Received: Apr. 3rd, 2025; accepted: May 5th, 2025; published: May 13th, 2025

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张仁忠, 吴慧, 杨胜桥, 姚元海, 刘见向, 袁芳菊. 锦屏县森林火险气象等级预报研究[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(3): 360-367. DOI: 10.12677/ccrl.2025.143037

Abstract

Jinping County is an important Chinese fir production base and a comprehensive reform pilot area for collective forest rights in China. It is rich in forest resources but faces severe fire threats. This study takes Jinping County as the research object. In view of its complex terrain and climate characteristics, a local forest fire danger weather rating prediction model was constructed to improve the fire prevention and control ability. By collecting meteorological, forest resource and fire history data in the past five years, using principal component analysis and multiple regression methods, a forest fire danger index model was established, and five levels of fire danger ratings were classified. The model verification shows that in the forest fire case on March 11, 2024, the prediction result was highly consistent with the actual fire situation. The study further proposed a multi-department collaborative early warning release and response mechanism, which releases information through multiple channels such as the official website of the meteorological department and the SMS platform, and implements differential fire prevention measures according to the fire danger rating. The case analysis shows that the application of the model significantly reduced the fire risk during the extreme drought period. However, the model still needs to be optimized in terms of adaptability to extreme weather and complex terrain, data quality and departmental cooperation. It is recommended to integrate artificial intelligence technology to improve prediction accuracy, strengthen meteorological monitoring in remote areas, and promote the construction of a data sharing platform. This study provides a local practical reference for forest fire danger prediction in southern collective forest areas, and is of great significance for ecological protection and sustainable development.

Keywords

Forest Fire Danger, Meteorological Grade, Forecast, Research

Copyright © 2025 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

锦屏县位于黔东南苗族侗族自治州东南部，作为南方典型集体林区县，是全省十大林业重点县和全国 33 个集体林权综合改革试验区之一。其森林资源丰富，森林面积达 171.18 万亩，覆盖率达 72.18%，杉木林资源尤为突出，是全国重要的杉木生产基地，素有“杉木之乡”的美誉。森林不仅在生态上发挥着涵养水源、保持水土等作用，还是当地经济的重要支柱，承载着丰富的文化内涵。然而，森林火灾的频繁威胁严重影响了锦屏县森林资源的安全与可持续发展。森林火灾不仅会直接烧毁大量的森林植被，破坏生态环境，还可能引发水土流失、生物多样性减少等一系列生态问题，对当地的经济和社会稳定造成巨大冲击。开展森林火险气象等级预报研究，能够提前预测森林火灾发生的可能性，为森林防火部门提供科学的决策依据，及时采取有效的预防和扑救措施，降低森林火灾发生的概率和危害程度，对于保护锦屏县的森林资源、维护生态平衡和促进经济社会可持续发展具有重要意义。

在森林火险气象等级预报领域，国外起步较早，加拿大森林火险等级预报系统(CFFDRS)和美国国家火险等级系统(NFDRS)已广泛应用。我国的森林火险研究和预报预警业务虽然起步稍晚，但发展迅速，国内不同区域的学者们开展了大量实证研究[1]-[3]，也取得了显著成果。在西南地区，学者们结合当地地理、气候特点，建立了具有区域特色的森林火险气象预报[4][5]。通过分析气象要素(气温、湿度、风速、降水

等)与森林火险的关系,运用统计学方法和机器学习算法[6][7],有效提升了当地森林火险的预报精度。同时,我国各地区均有开展对本地森林火险气象等级预报的研究[8]-[10]。

锦屏县地形与气候复杂,森林类型多样,开展符合当地特点的森林火险气象等级预报研究十分必要。本研究计划从锦屏县气象和林业部门收集近五年气象、森林资源及火灾历史数据,运用相关性分析、多元线性回归等方法,建立适用于锦屏县乡镇的森林火险气象等级预报模型。通过深入分析气象因素与森林火险的定量关系,以实际案例评估模型应用效果,建立完善的预警发布与响应机制,为当地森林防火工作提供科学有效的技术支持。

2. 锦屏县乡镇森林资源与火险现状

2.1. 锦屏县地理与气候特征

锦屏县位于黔东南苗族侗族自治州东南边隅,地势西北高、东南低,地形以山地、丘陵为主,海拔高度在 282~1344.7 m 之间。属于中亚热带湿润季风气候区,四季分明,年平均气温为 16.4℃,年降水量约为 1283 毫米。降水主要集中在 4~9 月,夏季降水充沛,冬季相对较少。春季气温回升较快,多大风天气;秋季气候凉爽,昼夜温差较大。复杂的地形和多样的气候条件,使得锦屏县森林火险的时空分布具有明显的差异性。

2.2. 森林资源分布与特点

锦屏县林业用地面积 184.75 万亩(如图 1),占国土总面积 239.54 万亩的 77.22%;森林面积 171.18 万亩,占林业用地面积的 92.3%;森林覆盖率 72.18%。有天然林 27.7 万亩;公益林 63.08 万亩(其中:国家公益林 38.08 万亩,地方公益林 27 万亩);按树种分:杉木林 122.69 万亩,马尾松 14.23 万亩,楠竹 4.39 万亩;按林组分:中幼林 54.06 万亩,近成过速林 103.18 万亩。森林覆盖率高,主要树种有杉木、马尾松、油茶等,其中杉木是锦屏县的特色优势树种,种植历史悠久,素有“杉木之乡”的美誉。森林类型以针叶林、阔叶林和针阔混交林为主,不同森林类型的可燃物载量、燃烧特性和火险等级存在差异。

2.3. 森林火灾统计分析

根据锦屏县林业局提供的近五年森林火灾历史数据,2024 年 3 月 11 日启蒙镇地稠村发生一起森林火灾。火灾高发区域由于地形陡峭、植被茂密、人为活动频繁等原因,火灾发生的概率相对较高。引发森林火灾的原因主要包括野外违规用火、祭祀用火等人为因素和雷击等自然因素,进一步分析发现,在高温、干旱、大风等气象条件下,森林火灾发生的风险显著增加。

3. 预报模型构建与应用

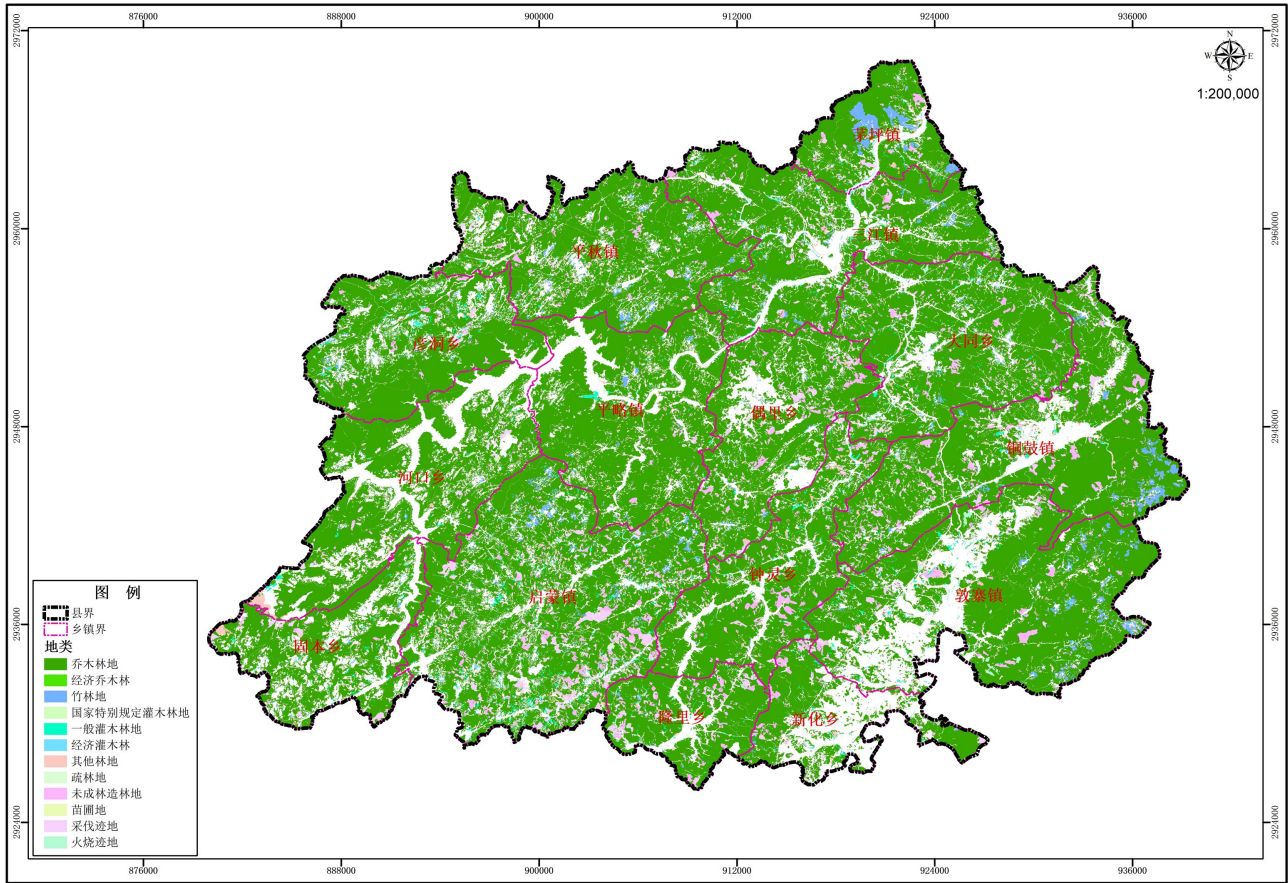
3.1. 数据收集与处理

本研究收集了锦屏县近五年各乡镇气象观测站点数据(图 2),包括日最高气温、日最小相对湿度、日最大风速、日降水量等。同时,获取了锦屏县森林资源分布图(图 1)和历史火灾数据。基于这些数据,采用主成分分析和多元回归方法,确定了森林火险指数与温度、风力和连续无雨日数成正比、与湿度成反比的关系,并构建了森林火险指数与各气象要素的权重关系式,建立了锦屏县乡镇森林火险气象等级预报模型,其核心原理是通过计算当日气象条件,评估森林火灾发生的可能性。

3.2. 模型构建

在构建模型时,首先对收集到的气象数据进行预处理,包括数据清洗、缺失值填补和标准化处理。

锦屏县2023年林地资源现状分布图



注：该图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为黔 S(2022)005 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 1. Distribution map of the current situation of forest land resources in Jinping County in 2023

图 1. 锦屏县 2023 年林地资源现状分布图

然后，利用主成分分析方法对气象要素进行降维，提取主要成分。接着，采用多元回归分析方法，确定各气象要素的权重系数，建立森林火险气象等级预报模型。模型的具体形式如下：

$$F = [F(V) + F(T) + F(RH) + F(M)] * F(R) \quad (1)$$

其中， F 为森林火险指数， $F(V)$ 、 $F(T)$ 、 $F(RH)$ 、 $F(M)$ 、 $F(R)$ 为各气象要素的权重关系式。

$$F(V) = 3.7857V + 0.27872 \quad F(T) = 0.6T - 2.4 \quad (2)$$

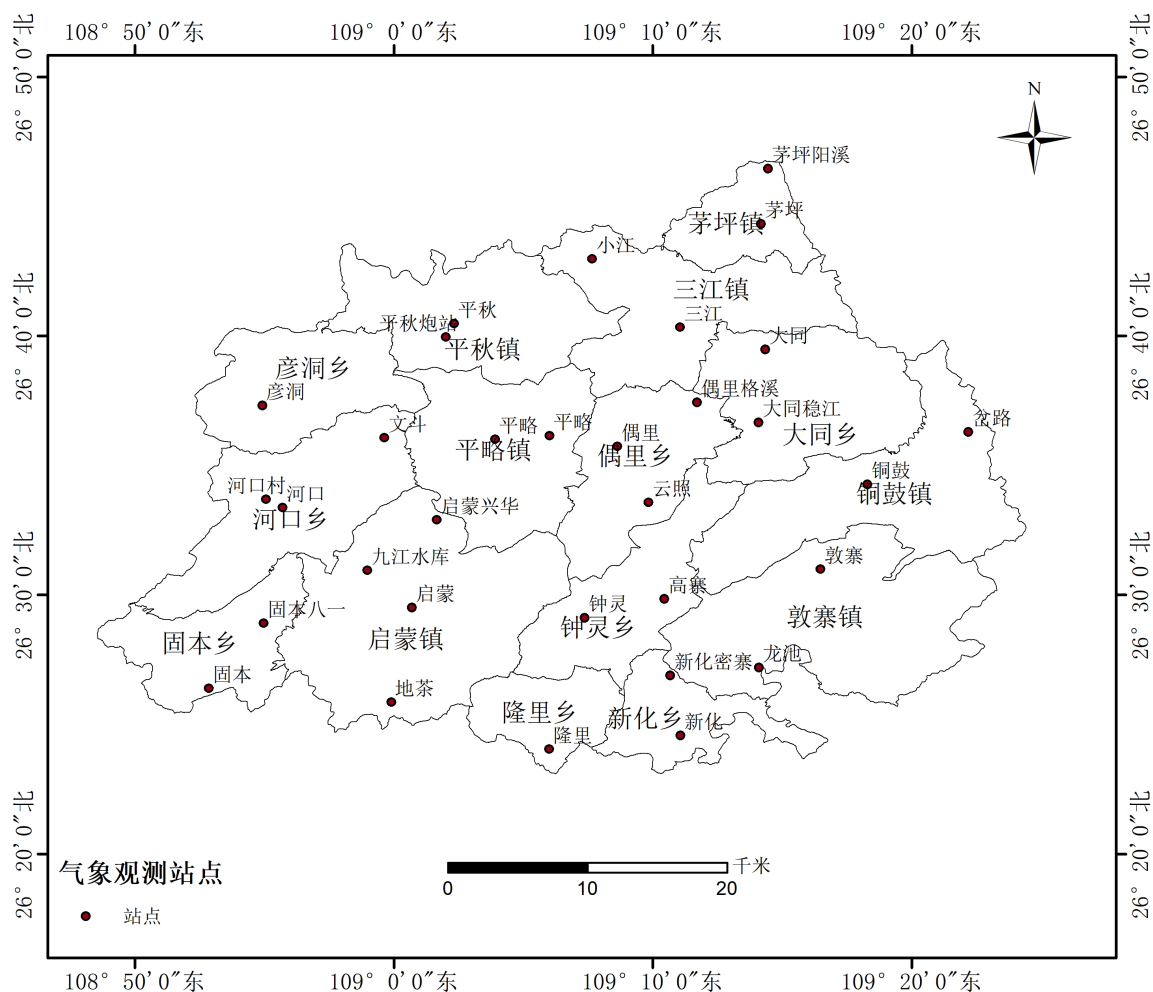
$$F(T) = 0.6T - 2.4 \quad (3)$$

$$F(RH) = 21 - 0.3RH \quad (4)$$

$$f(m) = \begin{cases} 0.32m^2 + 2.54m - 0.11, & \text{轻旱及以上} \\ 0.05m^2 + 1.37m - 4.45, & \text{无旱} \end{cases} \quad (5)$$

$$f(R) = \begin{cases} 1, & R < 1 \\ 0, & R \geq 1 \end{cases} \quad (6)$$

(注：(2)~(6)式中的最终结果均采用四舍五入法以整数形式输出)



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS(2018)1432 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 2. Distribution map of meteorological observation stations in Jinping
图 2. 锦屏县气象观测站点分布图

Table 1. Classification, descriptions, and forecast service phrases for forest fire danger meteorological grades
表 1. 森林火险气象等级划分、描述和预报服务用语

森林火险气象等级	F (森林火险指数)	名称	预报服务用语
一级	$F < 37$	低火险	森林火险气象等级低
二级	$38 \leq F \leq 42$	较低火险	森林火险气象等级较低
三级	$43 \leq F \leq 64$	较高火险	森林火险气象等级较高，须加强防范
四级	$65 \leq F \leq 72$	高火险	森林火险气象等级高，林区须加强火源管理
五级	$73 \leq F$	极高火险	森林火险气象等级极高，严禁一切林内用火

其中， F 为森林火险指数， V 为日最大风速等级， T 为日最高气温， RH 为日最小相对湿度， M 为连续无降水日数， R 为日降水量。

根据模型的创建，将森林火险气象等级按标准分为五个等级，森林火险气象等级划分、描述和预报服务用语规则见表 1。

3.3. 模型验证与应用

以 2024 年 3 月 11 日为例,应用该模型对锦屏县各乡镇进行森林火险气象等级预报。预报结果显示,当天锦屏县大部分乡镇处于 3 级(较高火险)水平,其中西南部部分乡镇达到 4 级(高火险)。与实际发生的火情对比,预报结果与实际情况基本吻合,验证了模型的有效性。该预报模型可应用于锦屏县森林防火的多个方面。首先,可为森林防火决策提供科学依据,帮助相关部门合理安排防火力量和资源。其次,可通过多种渠道向公众发布火险预警信息,增强公众防火意识。此外,还可用于指导野外用火管理,在高火险时段严格控制野外用火行为,降低火灾发生风险。

4. 应用分析

4.1. 预警信息发布与响应机制

建立了完善的森林火险气象等级预警信息发布机制,通过气象部门的官方网站、短信平台、微信公众号以及乡镇广播等渠道,及时向森林防火部门、乡镇政府和社会公众发布森林火险气象等级预警信息。预警信息分为低、较低、较高、高、极高五个级别,不同级别对应不同的预警颜色和响应措施。当发布预警信息后,森林防火部门立即启动相应的应急预案,增加巡逻频次,加强火源管控;乡镇政府组织基层干部和护林员深入林区宣传防火知识,提醒居民注意用火安全;对高火险区域,提前做好人员和物资的调配,确保在火灾发生时能够迅速响应。

4.2. 基于预报的森林防火措施制定与实施

根据森林火险气象等级预报结果,制定针对性的森林防火措施。在低火险等级时,加强日常森林防火宣传教育和巡逻检查;在中火险等级时,加大火源管控力度,禁止在林区内进行野炊、吸烟等违规用火行为;在高火险等级时,实行林区封闭管理,严格限制人员和车辆进入,组织专业队伍进行防火演练,做好扑救火灾的准备工作;在极高火险等级时,全县进入紧急防火状态,全面加强火源管控和火灾监测,调集所有力量做好火灾扑救准备。例如,在 2022 年的 10 月至次年 5 月,前期锦屏县持续性干旱,导致期间长时间处于极高火险等级,根据预报结果,锦屏县及时采取了林区封闭管理等措施,有效预防了森林火灾的发生。

4.3. 应用案例效果评估与经验总结

通过案例分析,总结出成功经验:一是准确的预报为森林防火决策提供了科学依据,使防火措施更加有的放矢;二是多部门协同合作,气象、林业、乡镇政府等部门密切配合,形成了有效的防火工作合力;三是广泛的宣传教育增强了公众的防火意识,减少了人为火灾的发生。同时也发现存在的问题,如部分偏远乡镇对预警信息的接收和响应存在延迟,预警信息的传播覆盖面有待进一步扩大。

5. 存在问题与改进建议

5.1. 预报模型存在的问题与局限性

当前预报模型在精度和时效性方面仍存在一定问题。在极端天气条件下,如强对流天气引发的突发雷击火灾,模型的预测能力不足;对于复杂地形区域,由于地形对气象因素的影响较为复杂,模型难以准确反映实际火险情况。此外,模型的更新速度相对较慢,无法及时适应森林资源和气象条件的动态变化。

5.2. 数据获取与质量问题

数据获取方面存在一定困难,部分偏远乡镇的气象观测站点较少,大部分站点均为两、四要素数据,

缺少相对湿度的监测,导致代表性不足。数据质量方面,存在数据缺失、异常值等问题,虽然经过预处理,但仍可能对模型的精度产生一定影响。同时,不同部门之间的数据格式和标准不一致,数据融合难度较大。

5.3. 部门协作与公众认知不足

气象部门与林业部门、乡镇政府之间在信息共享和协同工作方面还存在一些障碍,信息传递不及时、沟通协调不畅等问题时有发生。公众对森林火险气象等级预报的认知和重视程度不够,部分居民对预警信息关注度不高,野外违规用火现象仍然存在。

5.4. 改进措施与未来研究方向

针对模型问题,进一步优化模型算法,引入人工智能、深度学习等新技术,提高模型对极端天气和复杂地形的适应能力;建立动态更新机制,及时根据森林资源和气象条件的变化调整模型参数。在数据方面,加强气象观测站的建设,提高数据的覆盖范围和准确性;建立统一的数据标准和共享平台,加强部门之间的数据融合与共享。在部门协作和公众宣传方面,建立健全多部门联动机制,明确各部门职责,加强信息沟通与协作;加大宣传教育力度,通过多种形式提高公众对森林火险气象等级预报的认知和重视程度。未来研究方向包括开展森林火险的精细化预报。

6. 结论与展望

(1) 本研究深入分析了影响锦屏县乡镇森林火险的气象因素,建立了适用于锦屏县的森林火险气象等级预报模型。研究明确了气温、相对湿度、降水、风速等气象因素与森林火险之间的定量关系,构建的模型在一定程度上能够准确预测森林火险气象等级,为森林防火工作提供了科学的决策依据。通过建立预警信息发布与响应机制,有效提高了锦屏县应对森林火灾的能力,减少了森林火灾的发生次数和损失。

(2) 研究对森林火险气象等级预报模型进行了本地化改进,充分考虑了锦屏县的地理、气候和森林资源特点,提高了模型的适应性和准确性。同时,建立了多部门协同的应用模式,加强了气象、林业、乡镇政府等部门之间的合作,形成了有效的森林防火工作合力。研究成果为锦屏县及类似地区的森林防火工作提供了可借鉴的技术方法和实践经验,有助于提升森林火灾的防控水平,保护森林资源和生态环境。

(3) 未来随着技术的不断进步和研究的深入开展,通过持续改进和完善森林火险气象等级预报模型,结合先进的监测技术和信息化手段,实现对森林火险的精准预报和实时监测。进一步加强部门协作和公众参与,形成全社会共同关注和参与森林防火的良好氛围,不断提升锦屏县森林防火工作的科学化、精细化水平,为保护锦屏县的绿水青山、促进经济社会可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1] 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, 26(6): 64-68.
- [2] 陈涤非,单保君,司莉青,王明玉,赵凤君,王成虎,高桂云. 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.
- [3] 单延龙,孙平岩,关山,孙靖松,张译文. 加拿大林火天气指标系统在吉林省的应用[J]. 东北林业大学学报, 2014, 42(12): 134-136.
- [4] 郑忠,高阳华,杨庆媛,唐云辉,徐永进,陈艳英. 西南山地区域森林火险综合预报模型研究——以重庆市为例[J]. 自然灾害学报, 2020, 29(1): 152-161.
- [5] 李彩. 贵州森林火险的气象条件及等级趋势预报[J]. 贵州气象, 2003, 27(2): 31-32.
- [6] 姚源山,彭兴德,蒙涛. 黔东南森林火险气象预报方法[J]. 贵州气象, 2003, 27(6): 15-17.

-
- [7] 白慧, 姚源山, 张健, 等. 2008 年 3 月初黔东南州森林火灾气象条件分析[J]. 贵州气象, 2008, 32(6): 18-20.
 - [8] 祝必琴, 刘家胜, 肖金香. 井冈山森林火灾与气象条件的相关分析[J]. 气象与减灾研究, 2007, 30(4): 65-68.
 - [9] 熊权, 朱奇, 吴明业. 火险气象等级标准在铜陵市预报业务中的应用研究[J]. 科技与创新, 2021(4): 170-172.
 - [10] 姚盛华, 伍东亮. 田林县森林火灾气象条件分析及火险预报[J]. 广西气象, 1989(1): 62-66.