

# 森林火灾风险评估与预警系统构建

艾东升

四川省安岳县自然资源和规划局 四川 安岳 642350

**摘要：**生态保护背景下，森林火灾防控是维护生态安全的关键环节，但其频发破坏森林生态系统、威胁生命财产安全，传统防控手段在风险精准识别与及时预警上存在局限。新型风险评估与预警系统虽有探索，但存在指标覆盖不全面、模型适配性不足、系统集成度低等问题。本文分析自然环境、人为活动、历史火灾三类评估指标特性，构建层次分析法与模糊综合评价法结合的模型，设计完整预警系统架构，提出系统优化方向，为森林火灾精准防控提供参考。

**关键词：**森林火灾；风险评估；预警系统；指标体系；评估模型

引言：森林火灾严重威胁森林生态系统与周边生命财产安全。随着气候变化和人类活动影响加剧，森林火灾发生愈发频繁，损失愈发严重。准确评估森林火灾风险并及时预警，对有效防控火灾至关重要。当前森林火灾风险评估与预警仍存在诸多挑战，如指标体系不完善、评估模型精度有限等。因此，构建科学合理的森林火灾风险评估与预警系统迫在眉睫。

## 1 森林火灾风险评估理论基础

### 1.1 森林火灾发生机理

森林火灾发生依赖可燃物、氧气、火源三要素共同作用。可燃物是火灾发生的物质基础，不同类型可燃物燃烧特性不同，乔木、灌木、枯枝落叶等燃烧速度与释热能力存在差异；可燃物分布密集区域更易形成连片燃烧，含水率低时则更易被引燃<sup>[1]</sup>。氧气作为助燃物质，自然环境中浓度通常满足燃烧需求，更多时候是其他要素主导火灾发生。火源分为自然与人为两类，而气象条件会加剧或抑制火灾发展，温度升高降低可燃物含水率，湿度降低加速水分蒸发，风速推动火势蔓延，降水则能增加可燃物含水率以抑制火灾。

### 1.2 风险评估相关概念

风险指特定事件发生的可能性与其可能造成后果的组合，既包含发生概率，也涵盖影响程度，这种组合关系决定了风险的整体水平。风险评估是对潜在风险进行识别、分析与评价的过程，通过研究风险构成要素，明确风险的关键影响因子与作用机制，为风险管控提供科学依据。森林火灾风险评估聚焦森林生态系统中的火灾风险，内涵包含两方面。一方面是评估火灾发生的可能性，通过分析可燃物、火源、气象条件等因素，判断特定区域一定时期内发生火灾的概率；另一方面是评估火灾后果的严重程度，考量火灾对森林植被、生物多样性

及周边生命财产安全的破坏程度，为后续制定差异化防控策略提供支撑。

### 1.3 风险评估指标体系构建原则

构建森林火灾风险评估指标体系需遵循多方面原则。科学性原则要求指标选取基于火灾发生发展客观规律，定义与计算方法符合理论规范，确保评估结果客观可信，避免因指标设计偏差导致评估结论失真。系统性原则要求指标全面覆盖可燃物、火源、环境、人为活动等影响因素，形成完整框架，避免评估片面，确保从多维度反映森林火灾风险状况。可操作性原则强调指标具有可获取性与可量化性，能通过调查、统计或监测获取数据并转化为数值用于计算，保障评估工作能高效落地实施。动态性原则意味着指标体系需适应森林生态系统变化，随时间与条件调整优化，确保始终反映实际风险情况，满足不同阶段的评估需求。

## 2 森林火灾风险评估指标体系构建

### 2.1 自然环境因素指标

地形地貌是森林火灾风险的基础影响因素。坡度越大，热对流效应越显著，火势向上蔓延速度越快，火灾控制难度随之增加；坡向通过改变光照与温度影响可燃物含水率，向阳坡更易引发火灾；海拔带来温湿度梯度变化，低海拔区域往往因温度偏高、湿度偏小，火灾风险高于高海拔区域。气象条件动态调控森林火灾风险水平<sup>[2]</sup>。温度升高加速可燃物水分蒸发，提升易燃性；湿度降低使难燃物质也具备燃烧条件；风速既提供充足氧气，又推动火焰扩散并加速可燃物干燥；降水直接增加可燃物含水率以抑制火灾，长时间无降水则累积风险；日照时长决定可燃物热量积累，时长越长燃烧可能性越大。植被状况构成火灾发生的物质基础。针叶林因含油脂多，火灾风险高于阔叶林；郁闭度高意味着植被密

集,火灾易连片蔓延;生物量反映可燃物总量,总量越大火灾持续时间可能越长、破坏越严重;植被含水率直接影响燃烧难度,含水率低时火灾发生概率显著上升。

## 2.2 人为活动因素指标

人口密度与森林火灾发生概率存在密切关联。人口密集区域,人类活动对森林的干扰频次增加,进入林区的人员数量增多,可能因操作不当引发火灾的概率随之上升;人口密集区域周边的森林,受人类生产生活影响更显著,可燃物类型与分布可能发生改变,进一步影响火灾风险水平。用火行为是引发人为火灾的主要诱因。生产用火中,烧荒、烧炭等活动若缺乏有效管控,火焰可能失控蔓延至周边森林区域;生活用火里,野炊时未彻底熄灭明火、吸烟后随意丢弃烟蒂等行为,都可能成为火灾的点火源,不同用火行为的发生频率与管控难度不同,对火灾风险的贡献程度也存在差异,需结合实际情况评估其风险权重。基础设施分布也会带来潜在火灾风险。道路建设过程中可能破坏原有植被,形成的路侧可燃物堆积若未及时清理,易成为火灾隐患;电力线路老化、短路或线路与树木距离过近,可能因电火花引燃周边植被;通信设施的建设与维护活动中,人员操作或设备故障也可能引发火灾,这些基础设施的分布密度与维护状况,直接影响区域森林火灾的风险水平。

## 2.3 历史火灾因素指标

火灾发生频率能直观反映区域森林火灾的历史风险特征。统计过去一段时间内的火灾发生次数,可判断该区域是否属于火灾高发区域,若某区域历史上火灾发生频率较高,说明该区域存在利于火灾发生的稳定因素,当前及未来一段时间内火灾风险也可能维持在较高水平,为风险评估提供历史参照依据。火灾损失情况是衡量火灾后果严重程度的重要指标。过火面积大小直接体现火灾影响的空间范围,过火面积越大,意味着火灾对森林生态系统的破坏范围越广;烧毁林木数量反映火灾对森林资源的损毁程度,影响森林的生态功能与经济价值;经济损失涵盖直接经济损失与间接经济损失,直接损失包括烧毁林木的经济价值、灭火投入的人力物力成本等,间接损失包括生态服务功能受损、后续恢复治理成本等,通过综合评估这些损失指标,可更全面把握区域森林火灾的潜在危害程度。

# 3 森林火灾风险评估模型构建

## 3.1 模型选择与介绍

森林火灾风险评估中常用多种模型,层次分析法通过将复杂的风险评估问题拆解为不同层次,比如目标层、准则层、指标层,再对各层次要素进行两两比较确

定权重。该方法逻辑清晰、易于理解,但受专家主观判断影响较大,适用于指标间逻辑关系明确的评估场景。模糊综合评价法擅长处理评估中的模糊性问题,能将定性指标转化为定量数据,可全面反映风险的综合状况,不过在指标权重确定上仍需依赖经验,适合风险因素模糊且难以精确量化的情况。神经网络模型通过模拟人脑神经元结构处理复杂数据,具备较强的自学习与非线性拟合能力,能自动挖掘指标间的潜在关联,然而对数据量需求大,模型训练过程复杂,适用于数据积累充足的评估任务<sup>[3]</sup>。综合考虑森林火灾风险评估中指标兼具定性与定量属性、需平衡主观判断与客观数据的需求,选择层次分析法与模糊综合评价法相结合的模型,既通过层次分析法梳理指标逻辑关系,又借助模糊综合评价法处理指标模糊性,提升评估适用性。

## 3.2 模型构建步骤

模型构建首先开展指标权重确定工作,采用专家打分法与熵权法相结合的方式。邀请森林生态、火灾防控领域专家,根据指标对火灾风险的影响程度进行打分,初步确定主观权重;同时利用熵权法对各指标的实际数据进行处理,通过计算信息熵值确定指标的客观权重,最后将主观权重与客观权重按合理比例融合,得到综合权重,减少单一方法的局限性。接着进行数据标准化处理,由于不同指标的计量单位与数值范围存在差异,需采用极差标准化或标准化方法,将指标数据转化为统一维度的标准化数值,避免因数值差异影响评估结果。最后设计模型计算流程,先根据综合权重与标准化后的指标数据,计算各准则层的风险得分,这三个准则层分别是自然环境、人为活动、历史火灾,再结合准则层权重计算区域森林火灾综合风险得分,依据得分划分风险等级,完成评估计算。

## 3.3 模型验证与优化

模型验证阶段,选取不同区域的森林数据作为验证样本,部分样本采用已有的历史火灾记录与对应的指标数据,将模型输出的风险评估结果与实际火灾发生情况进行对比,分析评估结果与实际情况的吻合程度;另一部分样本采用模拟生成的涵盖不同风险水平的指标数据,检验模型对不同风险等级的区分能力,以此判断模型的准确性与可靠性。根据验证结果开展模型优化,若发现某类指标权重与实际影响不符,重新调整专家打分与熵权法的融合比例,修正综合权重;若模型对特定区域的风险评估偏差较大,补充该区域的特色指标或调整数据标准化方法;若模型在极端数据情况下评估精度下降,优化计算流程中的异常值处理环节,通过多轮验证

与调整,持续提高模型的评估精度,确保模型能稳定可靠地应用于森林火灾风险评估。

## 4 森林火灾预警系统设计

### 4.1 预警系统总体架构

森林火灾预警系统的总体架构分为五层,各层既独立承担功能又紧密衔接<sup>[4]</sup>。数据采集层负责获取各类原始数据,是系统运行的基础;数据传输层承接采集层数据,确保信息稳定传递至后续环节;数据处理层对传输来的数据进行加工,为决策提供支撑;预警决策层结合处理后的数据与风险评估模型,生成预警结果;预警发布层将决策层确定的预警信息传递给目标对象。五层架构形成完整的信息流转链条,数据采集层为传输层提供数据源,传输层保障数据准时送达处理层,处理层的成果为决策层提供依据,决策层的结论通过发布层落地,共同实现预警系统的核心功能。

### 4.2 数据采集与传输

数据采集需覆盖影响森林火灾的关键要素。气象数据包括温度、湿度、风速等实时变化信息,植被数据涵盖植被类型、含水率等静态与动态指标,人为活动数据涉及人员进入林区频次、用火行为记录等内容。采集设备与传感器的选择需适配数据类型,气象数据可通过布设自动气象站获取,植被数据借助遥感设备与地面监测传感器采集,人为活动数据则结合视频监控设备与人员登记系统收集,确保各类数据采集全面且精准。数据传输需构建可靠的网络架构。针对偏远林区,可采用卫星通信与无线传感网络结合的方式,避免地面网络覆盖不足的问题;在网络条件较好的区域,利用光纤传输提升数据传递速度。传输过程中需设置数据校验机制,对传输的信息进行实时核对,发现数据丢失或错误时及时补传与修正,保障数据能及时、准确地到达数据处理中心。

### 4.3 数据处理与分析

数据预处理是提升数据质量的关键环节。对于采集到的原始数据,先进行清洗操作,剔除异常值与重复数据,避免无效信息干扰分析结果;再通过转换操作将不同格式的数据统一为系统可识别的格式;最后开展归一化处理,消除不同指标量纲差异带来的影响,使数据具备可比性,为后续分析奠定基础。数据分析需运用多种方法挖掘数据价值。统计分析可计算各类数据的均值、

趋势等特征,判断指标变化规律;数据挖掘技术能从海量数据中识别隐藏的关联关系,比如特定气象条件组合与火灾发生的潜在联系。通过这些分析方法提取有价值的信息,明确当前森林火灾风险的关键影响因素,为预警决策提供科学依据。

### 4.4 预警决策与发布

预警决策需结合风险评估结果与预警阈值。先参考风险评估模型输出的风险等级,再对照预设的预警阈值,当风险等级达到对应阈值时,启动相应预警决策流程。预警级别分为四级,从低到高依次对应不同的风险程度,各级别对应不同的应急响应准备要求,确保决策过程规范且贴合实际风险状况。预警发布需选择多元且高效的渠道<sup>[5]</sup>。短信适合向林区工作人员、周边居民等特定人群精准推送;广播与电视能覆盖广泛区域,适合向大众传递预警信息;网络平台可实时更新预警动态,方便相关部门与公众随时查询。发布过程中需注重信息传递的及时性,确保相关部门与人员能第一时间接收预警信息,为火灾防控争取时间。

## 结束语

森林火灾风险评估与预警系统构建是一项复杂且意义重大的工作。通过构建科学的评估指标体系、选择合适的评估模型以及设计合理的预警系统架构,能够实现对森林火灾风险的精准评估与及时预警。这不仅有助于降低森林火灾的发生概率,减少火灾损失,还能提升森林生态系统的稳定性与安全性。未来,需持续优化系统,以适应不断变化的森林环境与火灾形势。

## 参考文献

- [1] 张晓,李勇.基于遥感技术的森林火灾监测研究进展[J].生态学报,2023,43(12):4567-4575.
- [2] 赵伟,陈琳.气候变化对森林火灾风险的影响分析[J].自然灾害学报,2023,32(6):215-222.
- [3] 刘佳,王磊.森林火灾预警系统的构建与优化研究[J].林业科学,2022,58(8):123-130.
- [4] 李强.基于物联网的森林火灾监测系统设计与应用[J].电子技术应用,2023,49(5):78-83.
- [5] 祝保朝.基于大数据支撑的森林火灾监测预警系统研究[J].软件,2022,43(05):29-31.