

无人机技术在森林火灾监测与预防中的应用研究

李园海

赣州职业技术学院 江西赣州 341000

DOI:10.12238/ems.v7i9.15261

[摘要] 为了充分发挥现代科技在森林防火领域的重要作用, 提升森林火灾防控工作的科学化水平, 文章分析了无人机技术在森林火灾监测工作中的技术优势与应用模式, 研究了无人机技术在森林火灾预防体系中的实施路径与作用机制。研究结果表明, 无人机技术在森林火灾监测与预防中具有显著的技术优势和实用价值, 为构建现代化森林防火体系提供了重要的技术支撑。

[关键词] 无人机技术; 森林火灾; 监测; 预防

森林火灾监测与预防是现代林业管理的重要组成部分, 关系到生态环境保护和人民生命财产安全。传统的森林防火工作主要靠人工巡逻员定期在山林中走动检查, 还有就是在一些制高点建立观测站, 工作人员用望远镜观察远处是否有烟雾或火光。但是这样做有很多不足之处, 一个人能看到的地方很有限, 而且如果是在夜里或者天气不佳的时候, 根本看不清楚远处的情况。现在科技进步了, 开始用卫星、无人机、红外线探测器这些设备来帮助监测森林火情, 工作人员坐在监控室里就能看到大范围内的森林情况, 一旦发现异常将立刻做出反应。

1. 无人机技术在森林火灾监测中的应用

1.1 无人机实时火情监测技术

无人机实时火情监测技术主要依托红外热成像系统、高清可见光摄像系统以及数据实时传输系统实现精确监测功能。红外热成像监测系统能够探测到温度差异在 3 至 5 摄氏度范围内的热异常区域, 有效识别地面温度超过 60 摄氏度的潜在火点, 探测精度可达到 0.1 摄氏度级别, 监测距离覆盖半径达到 5 至 8 公里范围。系统配备的热红外相机分辨率通常为 640×512 像素或 1024×768 像素, 帧率保持在 30 帧每秒, 确保动态火情变化的连续捕捉。高清可见光监测系统搭载分辨率达到 4K 甚至 8K 级别的摄像设备, 光学变焦倍数通常在 30 倍至 50 倍之间, 数字变焦可达 100 倍以上, 能够清晰识别 2 公里外直径仅为 50 厘米的烟雾源头。数据实时传输系统采用 5G 通信技术或卫星通信链路, 数据传输延迟控制在 200 毫秒以内, 图像压缩率保持在 85% 以上的质量水平下实现高效传输, 确保地面指挥中心能够在火情发生后 3 至 5 分钟内获得现场详细信息, 为快速响应决策提供关键技术支撑^[1]。

1.2 无人机多光谱传感器森林监测

无人机多光谱传感器森林监测技术主要基于植被光谱特征分析、土壤湿度光谱检测以及火险等级光谱评估三个核心技术领域实现森林状态的精确监测。多光谱传感器通常配备 5 至 12 个波段通道, 涵盖可见光波段 400 至 700 纳米、近红

外波段 700 至 900 纳米以及短波红外波段 1000 至 2500 纳米范围, 光谱分辨率达到 2 至 10 纳米级别, 空间分辨率可实现 0.5 至 2 米的地面采样距离。植被健康状态监测主要依据归一化植被指数 NDVI 值进行判断, 健康植被 NDVI 值通常在 0.6 至 0.9 之间, 当数值低于 0.4 时表明植被处于胁迫状态, 存在较高火险风险。土壤湿度检测利用 1450 纳米、1940 纳米等水分敏感波段, 能够识别土壤含水量低于 15% 的干旱区域, 这些区域火灾发生概率比正常区域高出 3 至 5 倍。传感器数据处理系统能够在 30 分钟内完成 100 平方公里森林区域的光谱数据分析, 生成火险等级分布图, 预测精度达到 85% 以上, 为森林防火决策提供量化的科学依据。

1.3 无人机数据传输与信息处理监测

无人机数据传输与信息处理监测技术主要体现在实时通信链路建立、数据压缩与传输优化以及智能信息处理分析三个核心技术维度。在实时通信链路建立方面, 无人机配备多种通信模块包括 4G/5G 蜂窝网络、卫星通信、微波数传等设备, 确保在不同地理环境下都能建立稳定的数据传输通道。通信系统采用自适应频率选择技术, 根据信号强度自动切换最优传输频段, 保障数据传输的连续性稳定性^[2]。无人机还配置了中继通信功能, 多架无人机可以组成通信网络, 扩大数据传输覆盖范围, 解决偏远山区通信盲区问题。在数据压缩与传输优化层面, 无人机搭载的数据处理单元采用先进的图像压缩算法, 将高分辨率的监测图像视频进行实时压缩处理, 大幅减少数据传输量, 提高传输效率。系统根据火情紧急程度自动调整数据优先级, 确保关键火情信息能够优先传输到地面指挥中心。传输过程中采用差错检测纠正技术, 保证数据传输的准确性、完整性。在智能信息处理分析方面, 地面接收系统运用人工智能算法对接收到的监测数据进行自动分析处理, 实现火点自动识别、火势发展趋势预测、最优扑救路径规划等功能。

2. 无人机技术在森林火灾预防中的应用

2.1 无人机森林环境风险评估

无人机森林环境风险评估技术主要体现在地形地貌风险分析、植被结构易燃性评估以及气象环境因子监测三个关键评估领域。在地形地貌风险分析方面,无人机搭载激光雷达设备能够精确测量森林地形的高程变化、坡度分布、沟谷走向等地理特征,建立高精度的三维地形模型。地形数据分析系统根据坡向、坡度、海拔等参数计算火势蔓延的潜在路径,识别地形复杂、交通不便的高风险区域。无人机还能够探测森林中的断崖、深沟、陡坡等危险地形,为制定应急疏散路线、部署灭火力量提供重要的地理信息支撑。

在植被结构易燃性评估层面,无人机配备的高光谱传感器能够识别不同树种的分布状况,分析森林植被的密度、高度、冠层结构等参数。高光谱设备主要是看不同植物反射光线的特点不一样,比如松树、桦树、杨树这些树种在红外光波段下显示的颜色深浅都有区别,设备就能自动分辨出来。还能测量树木长得有多密集,树冠有多厚,哪些地方的枝叶比较干燥容易着火。设备还会检查地面上堆积了多少枯枝败叶,这些都是起火后会很快燃烧的东西。如果发现某片区域的树木已经枯死了,这些地方就特别容易起火,需要重点关注。

2.2 无人机早期火险因子识别

无人机早期火险因子识别技术主要体现在热异常点检测识别、人为活动风险监控以及自然因素火险预警三个核心识别维度。在热异常点检测识别方面,无人机配备的红外热成像系统能够精确探测森林中温度异常的微小区域,识别可能引发火灾的潜在热源点。系统设定多级温度阈值,对超出正常温度范围的区域进行自动标记,重点监测机械设备作业产生的高温点、电力线路故障发热点、地下根系闷烧点等早期火险因子。热成像技术还能够检测到人眼无法察觉的隐蔽性热源,包括垃圾堆积发酵产生的内部高温、化学物质反应释放的热量等非明显火险源头。在人为活动风险监控层面,无人机搭载的可见光监控设备能够实时监测森林区域内的人类活动轨迹,识别违规用火、野营生火、丢弃烟头等高风险行为。智能识别系统能够自动检测烟雾信号、火光闪烁、异常聚集等人为火险行为特征,及时向管理部门发送预警信息。监控系统还能够识别进入森林的车辆类型、人员数量、停留时间等信息,建立人为活动风险评估档案。在自然因素火险预警方面,无人机监测系统综合分析雷电活动频次、干旱持续时间、植被含水率变化等自然环境参数,预测自然火灾发生的可能性。系统建立多因子预警模型,当多项自然火险因子同时达到临界值时自动触发预警机制,为防火部门提供科学准确的火险预报信息^[3]。

2.3 无人机预防性巡护与预警

无人机预防性巡护与预警技术主要体现在定时定线巡护执行、智能预警系统构建以及应急响应机制建立三个关键应用层面。在定时定线巡护执行方面,无人机按照预设的巡护路线进行规律性森林巡查,覆盖重点防火区域、旅游景点、交通要道等火险敏感地带。巡护系统根据季节变化、天气状况、火险等级调整巡护频次,在高火险期增加巡护密度,确保关键时段的全面监控。无人机执行巡护任务时同步记录 GPS 轨迹、拍摄时间、监测数据等信息,建立完整的巡护档案,为火险分析提供历史数据支撑。巡护过程中发现的异常情况会立即标记坐标位置,生成详细的现场记录报告。

在智能预警系统构建层面,无人机巡护获得的监测数据与气象数据、历史火灾数据进行融合分析,建立多维度的火险预警模型。智能预警系统就像一个超级计算器,把无人机收集到的各种信息都放在一起进行分析处理。它会将森林里的植物有多干燥、当天的天气情况、以前发生过多少次火灾、现在有多少人在附近活动这些信息全部综合起来,算出一个火险分数。如果这个分数超过了安全线,系统就会自动发出警报。不同的地方标准也不一样,比如山顶和山谷的要求就不同,针叶林和阔叶林的标准也有差别。在应急响应机制建立方面,预警信息发布后系统自动启动应急预案,向相关管理部门、巡护人员、周边居民发送预警通知。

结束语

无人机技术在森林火灾监测与预防领域的应用前景十分广阔,随着人工智能、物联网、大数据等技术的深度融合,无人机系统将实现更高精度的监测能力和更智能化的预警功能。技术发展将推动森林防火工作向数字化、智能化、精准化方向转变,为构建现代化森林防火体系提供强有力的技术保障。

[参考文献]

[1] 陈晓洁, 吴彦辰, 李元昊, 张敏锋, 郑懿. 无人机技术在智能森林火灾预防中的应用 [J]. 南方农机, 2025, 56 (09): 187-190.

[2] 叶伟聪. 无人机技术在森林消防灭火中的应用研究 [J]. 消防界 (电子版), 2025, 11 (02): 112-114.

[3] 余杰. 无人机技术在林业中的应用研究 [J]. 乡村科技, 2022, 13 (09): 127-130.

作者简介: 李园海, (出生年月-198805), 男, 汉族, 籍贯: 江西于都, 职称: 讲师, 学历: 研究生, 研究方向: ROS 机器人; 计算机视觉; 无人机应用。

基金课题 (须有编号): 2022 年度江西省教育厅科学技术研究项目“基于多旋翼无人机森林火灾监测系统的研究”(编号: GJJ2210202)