

智慧林业在森林资源监测与经营管理中的推广运用

朱朝银¹ 李颖诗² (通讯作者) 赵振宇³ 蔡雁冰⁴ 杨凯雁⁵

1 云南农垦临沧农林投资发展有限责任公司, 云南临沧, 677000;

2 临沧市林业科技教育管理站, 云南临沧, 677000;

3 临沧澜沧江省级自然保护区管护局, 云南临沧, 677000;

4 临沧市国有林场管理站, 云南临沧, 677000;

5 临沧澜沧江省级自然保护区临翔管护分局, 云南临沧, 677000;

摘要: 智慧林业是在数字化、信息化、智能化技术驱动下形成的现代林业管理模式, 是提升森林资源保护、经营和治理水平的重要途径。当前森林资源管理正面临资源数据不精确、监测滞后、灾害预警不足、经营决策依据不足等问题。智慧林业通过遥感、无人机、物联网、北斗定位、大数据和人工智能等新一代信息技术, 实现森林资源监测的实时化、精细化和智能化, 为森林经营提供科学决策支撑。本文系统梳理智慧林业的技术体系和应用场景, 从森林资源监测、森林防火、病虫害防控、经营管理与生态保护等方面分析其应用效果, 并探讨当前推广过程中存在的关键问题及优化路径, 以期为智慧林业的全面建设与推广提供参考。

关键词: 智慧林业; 森林资源监测; 经营管理; 遥感技术; 无人机; 信息化监管

DOI: 10.69979/3029-2735.26.03.102

随着生态文明建设进入全面推进阶段, 森林资源保护与经营管理对数据精准度、监测实时性和管理科学性提出更高要求。传统林业管理依赖人工巡护、定期调查等方式, 不仅工作量大、效率低, 而且难以满足现代林业在森林火灾预警、病虫害防控、生态质量评估和碳汇核算等方面的精细化需求。智慧林业的兴起, 标志着林业管理模式从“经验驱动”向“数据驱动”、从“静态管理”向“动态管理”、从“人工巡护”向“智能监测”的深刻转变。

智慧林业借助大数据、5G、北斗系统、物联网感知设备、智能终端和云平台等新技术, 为森林资源保护、生态修复、森林经营和产业发展提供精准支撑, 是推进林业治理现代化的重要抓手。本文系统分析智慧林业在森林资源监测和经营管理中的应用需求、核心技术、实践模式与推广路径, 为深化智慧林业建设与应用提供理论与实践借鉴。

1 智慧林业的内涵与技术体系

1.1 智慧林业的定义与发展方向

智慧林业是利用数字化、智能化技术对森林资源进行实时感知、动态监测和精准管理的现代林业模式, 核心在于“数据驱动—智能分析—精准经营—协同治理”。其发展方向主要包括: 监测数字化: 用遥感、无人机、

物联网构建实时监测体系; 经营模型化: 通过森林生长模型、碳汇测算模型等优化经营方案; 决策智能化: 利用大数据、AI提升预警和经营决策能力; 服务信息化: 推动资源管理、执法监管、生态保护一体化管理。智慧林业推动传统管理向精细化、可视化、智能化转型, 是提升森林质量、增强生态安全、拓展生态产业的重要支撑。

1.2 智慧林业的关键技术体系

第一, 遥感技术(RS)。利用高分辨率卫星影像监测森林覆盖变化、蓄积量、生境演变、火点分布等, 适合大范围、周期性资源监测。第二, 无人机航测技术(UAV)。提供高精度近景数据, 可用于林分结构测量、病虫害识别、火场侦察、灾后调查等, 弥补卫星遥感的时效不足。第三, 地面物联网监测(IoT)。通过布设温湿度传感器、烟感器、虫情监测灯、土壤监测仪等, 实现环境因子、火情、虫情、土壤水分等实时监控。第四, 北斗导航与巡护管理。实现巡护轨迹记录、重点区域围栏预警、作业监管及护林机械定位, 提高巡护效率与林地安全。第五, 大数据与人工智能(AI)分析。通过AI对影像与监测数据进行自动识别, 用于火险预测、病虫害诊断、森林生长模拟、碳汇评估等, 为经营管理提供智能决策依据。第六, 智慧林业“一张图”平台。整合森林资源调查数据、监测数据、经营档案和执法信

息,通过三维可视化和GIS实现资源统一管理、预警分析和远程指挥调度,是智慧林业运行的核心平台。

2 智慧林业在森林资源监测中的应用

2.1 森林资源本底数据的精准化获取

智慧林业通过卫星遥感、无人机航测与地面监测相结合,实现森林资源结构参数的高精度获取,包括林分面积、类型、蓄积量、树高、胸径、郁闭度及空间分布格局。智能反演模型可对多源数据进行融合分析,使资源调查从“点状抽样”转向“全域量化”,从“十年一清查”转向“年度更新、实时修正”,显著提升监测精度与时效性,为森林经营定量化决策提供数据底座^[1]。

2.2 森林火灾预警与应急指挥数字化

智慧林业构建“卫星—瞭望塔—无人机—地面传感”多层监测体系。利用MODIS、VIIRS、FY-4等卫星开展火点智能识别,瞭望塔摄像机通过AI算法自动识别烟点与火线,无人机用于重点区域巡查和火情定位。结合温湿度、风速、气压等实时数据自动计算火险气象指数,实现对高风险区域的提前预判。依托综合指挥平台,可完成报警接入、会商研判、灭火路径规划与应急资源调度,使防火管理从“人工判断”升级为“智能分析+精准指挥”。

2.3 森林病虫害防控智能化

在林区布设虫情监测灯、摄像识别设备,可实现害虫种类、密度与活动周期的自动采集;无人机航拍可快速锁定病斑与受害区域;AI图像识别技术可对病虫害斑块进行自动分类与扩展趋势判定。基于大数据建立病虫害风险预测模型,可对虫情发生时间、范围与严重程度进行预估,减少监测盲区,提高“早发现、早预警、早处置”的能力。

2.4 生态监测与评价的科学化

智慧林业支持对生态系统进行连续、量化的健康评估。通过遥感监测NDVI、植被覆盖度与土地利用变化,可反映植被生长状况与生境演替趋势;以红外相机、声学监测等设备记录野生动物活动,评估生物多样性水平;利用传感器与生态模型分析水土保持功能、土壤湿度变化及坡面侵蚀风险;通过遥感反演与生物量模型实现碳储量与碳汇能力评估,为生态红线监管、生态修复规划和自然保护地管理提供科学依据。

3 智慧林业在森林经营管理中的应用

3.1 经营决策的精准化与模型化

智慧林业通过森林生长模型、立地质量评价模型、

混交林结构优化模型等技术,实现经营措施的量化与科学化。依据高精度监测数据,可精准测算抚育强度,预测林分不同经营情景下的生长变化,优化树种组合与混交比例,评估天然更新适宜性,为近自然经营、低效林改造、目标树培育及森林质量提升提供可量化的决策依据,推动经营管理从经验主导向模型驱动转变^[2]。

3.2 作业监管与森林资源保护智能化

依托北斗定位、巡护APP、无人机巡查与地理围栏等技术,可实现作业区全过程监管,包括作业范围实时定位、采伐设计执行情况核查、木材运输轨迹追踪等。智慧监测系统还能对违法占地、违规采伐、野外火源等进行自动识别与预警,显著提升监管效率和透明度,使森林资源保护更加及时、精准和可追溯。

3.3 智慧林业在生态补偿与碳汇经营中的应用

智慧林业通过遥感反演、站点监测和生物量模型实现碳储量、碳密度和碳汇增量的精准计算,为碳汇项目开发、碳票核算及碳信用交易提供科学依据。经营措施(如疏伐、更新、抚育)对碳汇的影响可实现量化监测。智慧平台还能生态产品价值实现(GEP)核算提供森林涵养、水源保育、生物多样性等指标支撑,为林场、集体林区争取生态补偿资金提供更具说服力的依据。

3.4 智慧林业助力生态产业发展

智慧林业为林下经济、森林康养及生态旅游提供数据和空间分析支撑。通过适宜性评价优化林下产业布局,通过环境监测保障森林康养与自然教育基地建设的安全性及科学性;通过生态价值数字化、三维可视化技术展示森林景观与生态资源,推动文旅品牌打造;通过智能导览、客流监测与风险预警系统提升“智慧旅游”水平,使林业产业体系更加生态化、数字化和品牌化。

4 智慧林业推广应用中存在的主要问题

4.1 基础设施薄弱,设备投入不足

部分山区林区受地形与经济条件限制,通信网络覆盖不足、供电不稳定,导致监测设备难以长期稳定运行,影响数据采集的连续性与实时性。部分林场智能摄像、无人机、传感器等设备配备不足,智慧监测体系建设受限^[3]。

4.2 数据标准不统一,平台碎片化

当前林业、自然资源、气象等多部门分别建设信息平台,数据来源分散、格式不一,存在明显的数据孤岛问题。监测数据难以互联互通,平台功能重复、难以共享,影响决策分析的系统性和准确性。

4.3 人才缺乏, 技术队伍薄弱

基层林业站点普遍缺乏熟悉遥感、无人机、物联网及大数据分析的复合型人才, 设备操作、数据处理、模型分析能力不足, 致使智慧设备利用率偏低。专业人才培养体系不健全, 难以满足智慧林业快速发展的需求。

4.4 投入机制不完善, 维护成本高

智慧林业建设需要持续投入采购设备、升级平台与维护软硬件, 但部分地区林业财政保障有限, 设备更新维护滞后。资金来源单一、缺乏长效投入机制, 使智慧林业建设呈现“重建设、轻维护”现象。

4.5 制度规范缺失, 推广模式不成熟

目前智慧林业在建设标准、数据规范、系统接口、绩效评价等方面缺乏统一制度, 导致不同地区建设水平差异大、系统兼容性差。缺乏可复制、可推广的建设模式和运营机制, 影响智慧林业的规模化推广与深度应用。

5 智慧林业推广的优化路径

5.1 强化基础设施建设, 完善感知网络体系

加快偏远林区通信基站、北斗通信节点和应急通信中继站建设, 实现重点林区的4G/5G或北斗短报文全覆盖。同步推进视频监控塔、无人机航测系统、虫情自动监测灯、土壤及微气象传感器等物联网设备规模化布设, 构建覆盖主要林区的“天空地一体化”监测网络, 显著提升森林资源监测的实时性与精细度^[4]。

5.2 建设统一的数据底座与智慧林业平台

制定统一的数据编码、接口标准和元数据体系, 推动林业、自然资源、气象、应急等多部门数据全流程互联互通, 解决数据孤岛。构建集资源清查、火险监测、病虫害预警、巡护监管、经营档案管理等于一体的智慧林业平台, 实现资源“一张图”、业务“一平台”、数据“一朵云”, 支撑多业务场景预测、研判和决策。

5.3 加强智慧林业专业人才培养

建立“基础培训—专项技能—高端研修”三级人才培养体系, 强化遥感解译、无人机操作、数据分析、AI模型应用等实操能力。推动高校、科研院所与林区共建智慧林业实训基地, 引进社会化专业团队参与技术服务, 提高基层单位对设备运维、数据处理与分析应用的能力^[5]。

5.4 建立多元投入机制, 确保建设与运维可持续

在财政补贴的基础上, 引入企业投资、社会资本与

金融机构参与智慧林业建设, 探索PPP、购买服务、分级投入等模式。推动森林碳汇项目收益、生态产品价值实现(GEP)成果、生态补偿资金等与智慧林业投入联动, 实现建设资金的稳定来源, 降低林场和地方林业部门长期运维压力。

5.5 构建标准化建设体系与全流程应用规范

制定智慧林业系统建设标准、数据采集规范、设备运维指引及安全保障体系, 形成可复制、可推广的技术路线。建立科学的应用评价体系, 将数据质量、预警效果、经营决策支持能力、生态效益提升等纳入考核指标, 推动智慧林业从“重建设”向“重应用、重成效”的阶段转变, 确保体系长期有效运行^[6]。

6 结语

智慧林业为森林资源监测、经营管理与生态保护带来了数字化、精准化的新路径, 是提升林业治理体系和治理能力现代化的重要支撑。通过遥感、无人机、物联网与AI等技术的集成应用, 森林火险预警、病虫害监测、生态评价和经营决策更加高效科学。虽然当前仍面临基础设施薄弱、数据标准不统一、专业人才不足及持续投入压力等问题, 但随着感知网络建设加强、统一数据平台建立、人才体系完善及投入机制创新, 智慧林业的推广前景将更加清晰。未来, 智慧林业将在助力生态文明建设、提升森林质量、强化碳汇能力与推动绿色产业发展中发挥越来越核心的作用, 为林业高质量发展提供持续动力。

参考文献

- [1] 简尊吉, 黄志霖, 张会儒, 等. 我国森林生态保护与可持续经营协调发展研究[J]. 中国工程科学, 2025, 27(5): 226-235.
- [2] 庄童琳, 薛玲, 杜以梅. 智慧林业在基层林业管理中的应用策略[J]. 南方农业, 2025, 19(2): 178-180, 220.
- [3] 夏明鹏, 官凤英, 范少辉, 等. TLS技术在森林资源调查中的应用现状与展望[J]. 西北林学院学报, 2023, 33(3): 238-244.
- [4] 曹林, 周凯, 申鑫, 等. 智慧林业发展现状与展望[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2022, 46(6): 83-95.
- [5] 冯幼贵, 邢著荣, 任维成. 无人机倾斜摄影辅助“GIS+”在智慧林业防火中的应用[J]. 防护林科技, 2020, 10(5): 85-87, 95.
- [6] 张婉嘉. 双碳目标下森林经营管理存在的问题与改进策略研究[J]. 农家科技, 2025, 11(14): 121-123.