

智慧林业技术在森林监测与管理中的应用研究

胡正龙

湖北省国营通城县岳姑林场, 中国·湖南 岳阳 414000

摘要: 本研究围绕智慧林业技术, 深入探究其在森林监测与管理领域的多元应用。剖析物联网、大数据、遥感、地理信息系统、人工智能等核心技术原理, 阐述其在森林资源普查、火情预警、病虫害防控、采伐规划等关键工作中的实践路径。结合实际案例量化成效与挑战, 提出针对性发展策略, 助力林业管理朝智能化、精准化转型, 守护森林生态系统稳定。

关键词: 智慧林业技术; 森林监测; 森林管理

Research on the Application of Smart Forestry Technology in Forest Monitoring and Management

Zhenglong Hu

Yuegu Forest Farm, Tongcheng County, Hubei Province, China, Yueyang, Hunan, 414000, China

Abstract: This study focuses on smart forestry technology and explores its diverse applications in forest monitoring and management. Analyze the principles of core technologies such as the Internet of Things, big data, remote sensing, geographic information systems, and artificial intelligence, and explain their practical paths in key work such as forest resource census, fire warning, pest control, and logging planning. Based on actual case studies, quantify the effectiveness and challenges, propose targeted development strategies to assist in the transformation of forestry management towards intelligence and precision, and safeguard the stability of forest ecosystems.

Keywords: smart forestry technology; forest monitoring; forest management

0 前言

森林资源作为陆地生态系统的核心构成, 对维持全球生态平衡、保障生物多样性意义非凡。它不仅是众多野生动植物的栖息家园, 还肩负着调节气候、净化空气、涵养水源等关键生态功能。随着社会发展节奏加快, 森林资源开发与保护需求愈发复杂多元, 传统依赖人工经验、周期性实地巡查的监测管理模式, 效率低、精度差、时效性不足, 已难适配现代林业发展诉求。智慧林业技术在此背景下蓬勃兴起, 借助前沿信息技术赋能, 为森林监测管理注入全新活力, 开启林业智能化变革新篇章。

1 智慧林业技术概述

1.1 物联网技术

物联网在森林场景里编织起一张无形感知网。散布林间的温湿度传感器, 犹如敏锐触角, 24 小时捕捉空气温湿度细微变化, 为树木生长适宜气候建模; 土壤湿度、肥力、酸碱度传感器深埋地下, 实时反馈土壤“健康”状况, 精准指导施肥、灌溉; 各类动物追踪设备, 借助卫星定位、射频识别技术, 追踪珍稀物种活动轨迹、觅食范围与迁徙路线, 为野生动物保护提供一手数据。这些传感器节点相互协作, 经无线网络, 源源不断将数据汇聚至管理平台。

1.2 大数据技术

林业数据海量庞杂, 恰似未经雕琢的“璞玉”。大数

据技术登场, 先对来源各异的森林生态数据、林业生产经营数据清洗降噪, 剔除异常值与错误记录, 存储于高性能数据仓库。随后, 运用数据挖掘算法深度剖析, 从历年森林蓄积量数据中探寻树木生长速率规律, 在病虫害历年爆发记录里梳理出高发时段、区域及关联因素, 为管理者提供决策依据, 让隐匿于数据背后的价值浮出水面。

1.3 遥感技术

遥感仿若高悬天际的“千里眼”。卫星遥感平台定期掠过森林上空, 采集不同波段光谱影像, 可见光波段识别植被类型、覆盖度, 精准勾勒森林轮廓; 红外波段敏锐捕捉温度差异, 林火初起时, 热异常点无所遁形, 触发火警; 航空遥感则按需起飞, 搭载高分辨率相机、激光雷达, 获取局部高精度地形、植被三维结构影像, 监测森林微观动态变化, 如人工造林成效、局部砍伐情况。

1.4 地理信息系统 (GIS) 技术

GIS 为森林构建起数字化立体沙盘。整合地形地貌、水系分布、森林植被等多源空间数据, 分层可视化展示, 管理者可直观洞察森林资源空间布局; 利用缓冲区分析, 科学划定自然保护区、水源涵养区、防火隔离带范围; 网络分析功能则为巡护路线、木材运输路径规划“量体裁衣”, 算出任一方案成本、时间消耗, 辅助选出最优解。

1.5 人工智能技术

人工智能赋予林业数据理解分析的“智慧大脑”。机

机器学习算法经海量标注图像训练,可精准识别无人机拍摄影像中的病虫害树木、非法采伐痕迹,自动圈定受灾范围、受损程度;深度学习构建的预测模型,消化历史气候、病虫害、森林生长数据,预测未来火灾风险、木材产量走势,提前谋划应对策略。

2 智慧林业技术在森林监测中的应用

2.1 森林资源调查

过往人工实地抽样调查森林资源,犹如“盲人摸象”,效率低且误差大。如今,无人机携激光雷达、高分辨率相机编队巡航,快速扫掠大片林区,生成高精度三维点云与影像,精准测算每棵树木高度、胸径,统计树种分布、森林蓄积量;卫星遥感定期全域扫描,更新森林覆盖面积、郁闭度数据,结合 GIS 空间分析,绘制生物多样性热力图,让森林家底清晰呈现。

2.2 森林火灾监测

传统依靠瞭望塔、人工巡逻的火情监测手段,视野受限、反应迟缓。如今,红外遥感卫星组网,不分昼夜监测全球森林,一旦温度飙升、出现疑似火点,立即告警,配合地面烟雾传感器,精准定位火点坐标;气象数据同步接入,预测火势蔓延方向、速度,为灭火力量调配、隔离带开辟提供关键情报,抢出灭火黄金时间。

2.3 森林病虫害防治

病虫害早期隐匿性强,人工巡检难察觉。智能虫情测报灯布设于林区关键节点,利用害虫趋光性自动诱捕、计数,实时上传数据;无人机按预设航线高频巡检,拍摄高清特写影像, AI 图像识别瞬间锁定病虫害受灾区域、严重程度,还能分析害虫迁徙扩散路径,指导精准施药,将虫害扼杀萌芽。

2.4 生态环境监测

监测森林生态系统碳汇、水质、土壤侵蚀状况意义重大。物联网传感器实时收集土壤碳通量、溪流酸碱度、含氧量数据,大数据关联分析,精准评估森林生态服务价值;长期监测数据还能反馈生态修复项目成效,助力调整保护策略,守护森林生态健康。

3 智慧林业技术在森林管理中的应用

3.1 采伐管理

GIS 平台精准划定采伐区、禁伐区、限伐区边界,杜绝越界采伐;智能伐木工具体现采伐量,一旦超采自动告警,同时,伐区作业全程视频监控,实时传输画面至管理端,杜绝非法采伐,保障森林资源可持续利用。

3.2 森林旅游管理

搭建智慧旅游平台,让游客线上预约购票、获取智能导览服务,提升游玩体验;景区内人流统计、环境监测传感器协同,调控游客流量,减少生态破坏; AI 分析游客偏好数据,针对性开发民俗体验、科普研学等特色旅游项目,实现生态与经济效益双丰收。

3.3 林业执法

无人机空中巡逻、智能监控摄像头全域覆盖,抓拍非法捕猎、盗伐行为,固定证据;大数据整合案件线索、嫌疑人轨迹信息,执法人员借此精准出击,严厉打击涉林违法犯罪,维护森林法治秩序。

4 智慧林业技术应用案例分析

4.1 案例一:东北某大型国有林场

该林场占地面积广袤,森林资源丰富,生态系统复杂多样,肩负着木材生产、生态保护、生物多样性维护等多重重任。过去,林场长期采用传统管理模式,人工巡护范围有限,火情发现滞后,森林资源调查精度差,珍稀物种保护成效不佳。

引入智慧林业综合管理系统后,局面焕然一新。系统深度整合物联网、遥感、AI 等前沿技术,构建起全方位监测防控网络。在防火方面,防火季来临前,红外遥感卫星将林场纳入重点监测区,每日多次扫描,与地面数百个烟雾传感器实时联动。一旦有异常升温或烟雾信号,指挥中心瞬间接到告警,系统借助气象数据,迅速测算出火势蔓延方向与速度,为扑救力量调配提供精准指引。曾有一次,周边村民烧荒失控,距离林场边缘仅一公里处形成明火,卫星捕捉热点、传感器确认烟雾后,林场消防队 15 分钟内响应出发,依据火势预测,提前在关键路径开辟隔离带,半小时内控制火势,过火面积不足百平方米,将损失降到最低。

资源调查上,无人机编队按预设航线穿梭林区,携带的激光雷达与高清相机高效采集数据。以往耗时数月的全场普查,如今只需数周。借助大数据分析,不仅精准算出木材蓄积量,还绘制出珍稀红松的详细种群分布图,定位每一株红松位置、健康状况,为针对性护繁、保护工作筑牢根基。通过持续追踪监测,林场森林蓄积量以每年超 5% 的速度稳步增长,珍稀物种栖息地得到妥善保护,生物多样性显著提升。

4.2 案例二:南方某知名森林旅游景区

这座景区凭借秀丽自然风光与丰富森林资源,吸引大量游客,但游客涌入也带来生态压力与管理难题。过去,景区人工售票、导览效率低,游客拥堵混乱;生态环境监测缺失,部分区域因过度踩踏植被受损;旅游项目单一,游客重游率不高。

打造智慧旅游生态系统成为破局关键。线上,景区推出功能完备的 APP,游客提前预约购票,依据实时人流数据选择入园时段,避免扎堆。入园后,智能导览自动定位,语音讲解景点背后历史文化、生态知识,还能规划个性化游玩路线。景区内,人流统计摄像头与环境监测传感器协同运作。在热门景点,一旦游客密度超标,系统及时预警,工作人员引导分流;土壤湿度、植被覆盖度传感器实时监测生态状况,发现某片草地因游客频繁踩踏土壤板结,迅速封闭养护,搭配喷淋、松土措施,植被快速恢复。

AI 技术深度分析游客消费、浏览偏好数据,挖掘潜在需求。据此,景区新增民俗体验工坊,游客亲手制作传统手工艺品;打造科普研学基地,开展森林生态科普课程。一系列举措下,游客满意度从原本的 70% 飙升至 90%,生态破坏事件锐减九成,旅游收入连续三年实现 20% 以上增长,走出一条生态保护与经济发展共赢的特色之路。

4.3 案例三:西南山区小型集体林场

此林场处于偏远山区,资金、技术相对薄弱,却面临着严峻森林病虫害威胁与盗伐风险。以往,病虫害防治仅凭经验施药,效果差且易污染;护林员人力巡护,盗伐者常趁隙作案。

引入低成本智慧林业方案后,转机出现。林场在关键路口、重点林区安装智能监控摄像头与简易虫情测报灯。虫情测报灯每晚自动诱捕害虫,通过计数器与简易图像识别模块,上传虫种、数量数据。一旦害虫数量超阈值,系统通知护林员精准施药。智能监控摄像头利用太阳能供电、4G 网络传输,24 小时监控林区。一次,监控捕捉到可疑人员夜间潜入林区,实时画面传至护林员手机,众人迅速合围,成功抓获盗伐嫌疑人。这一简易智慧系统,以小成本投入,大幅提升林场管护效率,病虫害受灾面积减少 60%,盗伐事件近乎绝迹,守护住山区宝贵森林资源。

5 智慧林业技术应用面临的挑战

5.1 技术成本高

智慧林业体系构建,前期硬件投入堪称“重负”。高端传感器精度虽高,但价格令人咋舌,例如高精度激光雷达传感器,单个采购成本超数十万元,大面积林区部署,费用高昂。无人机需适配专业测绘、巡检功能,价格也远超普通民用款,加上配套的飞行操控、数据处理软件,又是一笔不菲开支。卫星数据服务更是“烧钱”,高分辨率、高频次影像数据订阅,一年花费可达数百万元,让中小林场、经济欠发达地区林业部门望而却步。

运维成本同样棘手。传感器长期野外作业,受恶劣气候、野生动物破坏影响,故障率高,维修更换零部件成本及人工差旅费不菲。数据处理存储需专业服务器与软件授权,每年运维费用持续累加。高昂成本下,许多林业主体有心无力,技术推广普及在起步阶段就遭遇资金“拦路虎”,严重制约智慧林业规模化发展。

5.2 数据安全与隐私

林业数据敏感度高,一方面,生态数据关乎珍稀物种分布、森林生态脆弱区位置等关键信息,一旦泄露,非法捕猎、违规开发可能接踵而至;另一方面,林农经营数据,如采伐量、林地流转信息,涉及个人隐私与经济利益。当下网络环境复杂,黑客攻击、恶意软件入侵风险攀升,而多数林业数据系统加密手段尚停留在基础层面,数据传输、存储过程漏洞较多。访问控制也不完善,内部人员权限管理粗放,外部合作商数据使用监管缺失,一旦数据泄露,不仅破坏森林生态稳定,还会引发法律纠纷与社会信任危机,让智慧林

业建设蒙上阴影。

5.3 专业人才短缺

智慧林业是典型跨学科领域,要求从业者兼具林业专业知识与信息技术能力。高校专业培养进度滞后,目前仅有少数院校开设相关交叉学科课程,课程体系也不够成熟,实践教学环节薄弱,学生毕业后难以直接上手项目。在职人员培训体系零散,短期培训难以系统提升技能,长期进修机会稀缺。行业内既懂树木生长习性、森林生态规律,又能玩转编程、数据分析、算法模型的复合型人才极度匮乏。人才短板下,新技术引入后无人会用、用不好,先进设备闲置,软件功能开发不足,严重阻碍智慧林业深入应用与创新升级。

5.4 标准体系不完善

智慧林业产业链上,各厂家设备、软件“各自为政”。硬件方面,传感器接口标准不一,通信协议五花八门,不同品牌无法兼容对接,集成系统时需耗费大量人力、物力做适配;软件层面,数据格式差异大,有的采用结构化数据库,有的用非结构化文本存储,数据交互困难重重。缺乏统一权威的建设标准与规范,导致林业部门采购选型迷茫,系统集成商项目实施成本飙升、周期拉长,不同区域、不同主体间智慧林业系统难以协同共享,形成一个个“信息孤岛”,阻碍行业整体效能提升。

6 智慧林业技术应用的发展策略

6.1 降低成本

政府加大财政补贴、专项扶持力度,分担林场设备采购、系统搭建成本;鼓励科技企业研发低成本传感器、开源软件,推广云计算、边缘计算降低数据处理成本;探索区域内林场设备共享模式,摊薄使用成本。

6.2 强化数据安全保障

采用量子加密等前沿加密算法,多因素身份认证筑牢访问防线;建立异地灾备中心,定期演练数据恢复预案;完善数据安全法规,严惩泄露数据违法犯罪行为,守护林业数据安全。

6.3 人才培养与引进

高校优化专业课程体系,增设智慧林业交叉学科课程,校企合作打造实训基地;林业部门出台优惠政策,高薪引进领军人才,组织常态化在职培训,充实人才队伍。

6.4 完善标准体系

行业协会牵头,联合科研机构、龙头企业,制定统一设备接口、数据交换、系统集成标准;政府推动标准落地执行,开展标准认证,促进智慧林业系统兼容互通。

参考文献:

- [1] 亢新刚.森林经理学[M].北京:中国林业出版社,2011.
- [2] 唐守正.森林资源经营管理[M].北京:中国林业出版社,2005.
- [3] 赵忠.森林生态学[M].北京:中国林业出版社,2003.
- [4] 雷光春.湿地生态学[M].北京:科学出版社,2008.
- [5] 李怒云.中国林业碳汇[M].北京:中国林业出版社,2007.
- [6] 国家林业局.森林采伐更新管理办法[M].北京:中国林业出版社,1987.