

智慧林业技术在林场资源监测中的应用探索

王 明

准格尔旗国有林场站服务中心 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘 要：本论文针对林场资源监测的实际需求，深入探索智慧林业技术的应用。通过分析当前林场资源监测现状与面临的问题，阐述物联网、大数据、无人机、卫星遥感等智慧林业技术在森林资源数量与质量监测、灾害预警等方面的具体应用方式与优势。研究表明，智慧林业技术的应用可实现林场资源的实时、精准监测，提升监测效率与科学性，为林场资源科学管理和可持续发展提供有力技术支撑。

关键词：智慧林业技术；林场资源监测；应用

引言

在生态环境建设日益重要的当下，林场资源作为陆地生态系统的关键组成部分，其有效监测与管理至关重要。传统的林场资源监测手段，如人工巡查、简单仪器测量等，存在效率低、误差大、实时性差等问题，难以满足现代林业精细化、智能化管理的需求。智慧林业技术融合物联网、大数据、人工智能等先进技术，为林场资源监测带来了新的契机与方向。探索智慧林业技术在林场资源监测中的应用，对提升林场资源监测水平、推动林业现代化发展具有重要的现实意义。

1 林场资源监测现状

目前，多数林场在资源监测领域仍高度依赖人工巡查这一传统模式。工作人员需携带罗盘、皮尺、记录本等基础工具，徒步深入林区，逐片区域观察树木生长态势，测量树高、胸径、冠幅等生长指标，标记林地边界变化，细致排查病虫害发生迹象。在北方广袤林区，监测人员每日行程仅能覆盖3-5公顷区域，若遇高山陡坡、沼泽湿地等复杂地形，行进速度大幅降低，甚至需借助绳索、木梯等辅助工具。而南方多雨地区，连续降雨天气常导致监测工作中断，错过病虫害防治关键期。即便完成巡查，数据整理也需耗费大量时间，难以实现动态更新。部分林场虽引入温湿度计、测高仪等基础仪器，但仪器间缺乏数据交互接口，形成“信息孤岛”。例如土壤湿度数据存储于独立记录仪，气象数据依赖人工读取记录，难以与林木生长数据关联分析。人工记录过程中，因观测人员专业水平差异、疲劳作业等因素，常出现数据记录偏差。这些零散、滞后的数据经汇总后，仅能形成简单统计报表，无法构建森林资源动态变化模型，导致林场在采伐规划、生态修复等决策中，难以精准评估资源现状与发展趋势，制约林场资源管理的科学性与有效性^[1]。

2 林场资源监测面临的问题

2.1 监测效率低

当前林场资源监测以人工巡查为主的模式存在显著效率瓶颈。受限于人力规模与单日工作时长，监测人员难以在短期内覆盖大面积林区。以一个面积达10万公顷的大型林场为例，常规人工巡查需组织数十人的团队，耗费3-4周时间才能完成一轮全面排查。而森林资源具有动态变化特性，树木生长、林地边界变动等情况每日都在发生，人工监测的长周期导致数据严重滞后，无法满足实时管理需求。尤其在应对突发灾害时，人工巡查的局限性更为突出：当森林火灾或病虫害爆发时，监测人员难以迅速抵达灾害现场，无法在第一时间确定灾害发生的准确位置、蔓延范围及严重程度，致使应急响应迟缓，错过最佳处置时机，进而扩大灾害损失。

2.2 数据准确性差

人工观测的主观性与传统仪器的局限性，共同导致监测数据准确性不足。不同观测人员因专业素养、实践经验存在差异，对树木胸径测量、病虫害等级评估等工作的判断标准难以统一。例如在林木生长量测量中，经验不足的人员可能因测量角度、位置选择不当，导致树高、胸径数据出现5%-10%的误差。此外，人工记录过程中，笔误、数据誊写错误等问题难以避免，且数据在多级传递过程中容易出现信息丢失或偏差。而传统监测仪器，如机械指针式温湿度计、罗盘仪等，其测量精度有限，无法满足现代林业对森林微环境、树木生理指标等精细化监测需求，导致获取的数据难以真实反映林场资源的实际状态。

2.3 缺乏实时性与动态性

传统监测方式本质上属于离散式数据采集，只能获取特定时间节点的静态数据，无法构建林场资源变化的时间序列图谱。以森林病虫害监测为例，人工巡查通常

按月或季度开展,当发现病虫害时,可能虫害已历经数代繁衍,错过了最佳防治窗口期。对于森林火灾这类突发性灾害,人工巡查更难以做到实时预警:监测人员未巡查到灾害发生区域时,火情可能已从小火蔓延成大面积火灾,导致救灾成本大幅增加,生态破坏程度加剧。这种监测模式下,林场管理者无法及时掌握资源动态变化趋势,难以制定具有前瞻性的管理策略^[2]。

2.4 数据整合与分析困难

林场资源监测数据具有多源性、异构性特征,传统监测方式难以实现有效整合与深度分析。森林面积、树种组成、土壤理化性质、气象条件等数据分散记录于不同台账与报表中,数据格式、计量单位不统一,数据间缺乏关联性标识。例如森林生长量数据以纸质表格记录,气象数据存储于独立仪器中,土壤数据分散在不同采样点报告内,难以快速关联分析。同时,传统数据分析手段局限于简单统计计算,缺乏专业的数据挖掘工具与算法模型,无法从海量数据中提炼出森林生长与环境因子的内在关系、病虫害发生规律等关键信息。

3 智慧林业技术在林场资源监测中的应用策略

3.1 物联网技术的应用

(1) 物联网技术通过构建“物-网-云”三位一体的监测体系,实现林场资源的实时感知与数据交互。在林场生态环境监测中,需根据森林生态系统特点,科学布设传感器网络:于林冠层安装温湿度、光照强度传感器,实时监测微气候条件;在土壤剖面埋设水分传感器、pH值传感器及养分检测仪,动态获取土壤理化指标;于林间空地部署二氧化碳、负氧离子浓度传感器,量化空气质量参数。这些传感器通过ZigBee、LoRa等低功耗广域网技术,将采集的多源数据传输至边缘计算节点,经初步处理后上传至林场资源监测云平台。(2) 以森林火灾预警为例,基于物联网的监测系统通过整合温湿度、风速风向及植被含水量数据,构建动态火灾风险评估模型。当某区域温度持续超过35℃、相对湿度低于30%且风速大于5m/s时,系统自动触发二级预警,并结合植被类型与地形数据,预测火势蔓延路径。在珍稀动植物保护方面,为东北虎、梅花鹿等大型兽类佩戴GPS定位项圈,通过卫星通信模块回传实时位置信息;对朱鹮、黑颈鹤等濒危鸟类,利用红外触发相机与无线网桥,实现活动轨迹与行为习性的24小时不间断监测。云南西双版纳国家级自然保护区应用该技术后,亚洲象活动路径预测准确率提升至82%,有效减少了人象冲突事件^[3]。

3.2 大数据技术的应用

(1) 林场资源大数据平台的构建需遵循数据治理规

范,采用分层架构设计:底层为数据采集层,整合气象部门的逐小时降水、气温数据,自然资源部门的地形地貌数据,以及林场自身的森林资源档案;中间层为数据仓库层,通过ETL工具完成数据清洗、转换与加载,构建包含森林生长、灾害历史、经营活动等主题的数据集市;顶层为分析应用层,运用Hadoop、Spark等分布式计算框架,实现PB级数据的高效处理。(2) 在森林生长预测领域,通过关联分析树木年轮数据、气象因子与土壤养分数据,建立生长量预测模型。例如,对杉木人工林的研究表明,胸径生长量与前一年降水量、当年积温呈显著正相关,相关系数分别达0.78和0.83。基于此模型,可提前3-5年制定科学的采伐计划,优化木材产出周期。在病虫害防治方面,利用时序分析算法挖掘松材线虫病的传播规律,发现其扩散速度与当年5-7月平均气温呈指数关系,据此构建预测模型,将监测预警周期从季度缩短至月度。浙江省某林场应用大数据技术后,松材线虫病防治成本降低37%,疫木清理效率提升40%。此外,通过地理加权回归模型,可生成林场资源空间分布热力图,直观展示林木蓄积量、生物量等指标的空间变异特征。

3.3 无人机技术的应用

(1) 无人机监测系统需根据监测目标选择适配机型与载荷设备:对中小面积林场开展常规巡查,可选用多旋翼无人机搭载2000万像素光学相机,实现0.05-0.1m分辨率影像采集;针对大面积森林资源普查,宜采用固定翼无人机,配备推扫式多光谱相机,一次作业覆盖面积可达500-1000公顷。在数据处理环节,利用Pix4Dmapper、ContextCapture等软件,通过多视影像匹配技术生成高精度数字表面模型(DSM)和正射影像图(DOM),其平面精度可达亚米级,高程精度达分米级。(2) 在森林火灾监测中,搭载红外热成像仪的无人机可穿透浓烟探测火源,其热像仪探测灵敏度达0.05℃,能够识别隐蔽火源。2022年重庆山火扑救中,无人机集群通过AI算法自动规划航线,实时绘制火点分布图,将火场态势更新频率从人工巡查的2小时缩短至5分钟,为灭火决策提供关键支撑。在病虫害监测领域,多光谱影像的NDVI(归一化植被指数)、PRI(光化学反射指数)等植被指数,可有效识别早期染病树木。研究表明,松毛虫危害初期,受害树木的NDVI值较健康树木下降15-20%,基于此阈值可圈定染病区域,指导精准施药^[4]。

3.4 卫星遥感技术的应用

(1) 卫星遥感监测体系需综合利用高、中、低分辨率卫星数据:高分二号(GF-2)、资源三号(ZY-3)等亚米级分辨率卫星用于林地边界变化监测,其地物识别

能力达0.8m; Landsat 8、Sentinel-2等中分辨率卫星(10-30m)用于植被覆盖度、叶面积指数等生态参数反演;风云四号(FY-4)气象卫星则用于获取林场区域的云图、气温等气象要素。通过多时相影像变化检测技术,可识别非法采伐、林地侵占等行为,其检测精度可达90%以上。(2)在生态环境监测方面,基于归一化差异水体指数(NDWI)和土壤调整植被指数(SAVI),可定量分析水土流失状况。例如,通过对比不同时期影像的SAVI值,可计算植被覆盖变化率,评估退耕还林工程成效。在大兴安岭林区,利用卫星遥感数据构建的生态脆弱性评价模型,将林区划分为5个脆弱等级,为生态修复工程提供空间决策依据。结合GIS空间分析技术,可将遥感数据与地形、土壤等数据叠加,生成三维可视化的林场资源管理平台,实现资源分布、灾害风险的直观展示与动态查询。

3.5 人工智能技术的应用

(1)人工智能在林场资源监测中的应用需构建“数据-模型-应用”闭环。在影像智能解译领域,采用深度学习中的卷积神经网络(CNN),对无人机与卫星影像进行语义分割。以ResNet-50为骨干网络,结合U型编解码结构,在林地/非林地分类任务中,可实现95.2%的准确率。通过迁移学习技术,将预训练模型应用于病虫害识别,在松材线虫病染病木检测中,F1值达到88.7%。(2)在风险预测方面,基于长短期记忆网络(LSTM)构建森林火灾概率预测模型,输入历史气象数据、植被含水率及人类活动强度等12个特征变量,可提前72小时预测火灾发生概率,准确率达83%。针对病虫害传播,利用图神经网络(GNN)建模森林生态系统的空间关联性,考虑树

木间距、风向等因素,预测美国白蛾扩散范围,误差控制在15%以内。在智能巡检领域,四足机器人搭载激光雷达与视觉传感器,通过SLAM算法构建三维地图,在复杂山地环境中实现自主导航,其定位精度达厘米级,可替代人工完成陡坡、密林区域的数据采集任务^[5]。

结语

智慧林业技术在林场资源监测中的应用,为林场资源管理带来了全新的模式和手段。通过物联网、大数据、无人机、卫星遥感和人工智能等技术的综合运用,有效解决了传统林场资源监测中存在的效率低、数据不准确、实时性差等问题,实现了林场资源的高效、精准、动态监测。然而,智慧林业技术的应用仍面临技术成本高、专业人才短缺等挑战。未来,需进一步加强技术研发与创新,降低应用成本,培养专业人才,推动智慧林业技术在林场资源监测中的深度应用,助力林场资源的科学管理和林业可持续发展。

参考文献

- [1]郭莹.实施智慧林业管护模式提升森林资源管护水平[J].智慧农业导刊,2022,2(21):4-6.
- [2]刘斯琴.基于森林资源管护工作智慧管护模式的应用策略分析[J].智慧农业导刊,2022,2(20):32-34.
- [3]母昌省.曲靖市国有海寨林场森林资源监测及评价[J].中国林副特产,2024,(06):93-95.
- [4]孙景耀,陈涛.智慧林业在森林资源管控中的应用与思考[J].智慧农业导刊,2022,2(17):13-15.
- [5]赵浩君,董琼.智慧林草在森林资源管控中的应用和思考[J].农村科学实验,2021(10):30-31.