

现代林业资源监测技术研究进展与未来趋势

顾婧冉

赤峰市森林草原保护发展中心

DOI:10.12238/as.v8i5.2949

[摘要] 当前,随着信息技术的快速发展,遥感、地理信息系统、全球定位系统等现代技术已广泛应用于林业资源监测领域。本文系统梳理了3S技术集成应用、无人机监测技术、人工智能与大数据技术、激光雷达技术等现代林业资源监测技术的研究进展,分析了这些技术在森林资源清查与评估、森林灾害监测与预警、林业生态保护与修复等方面的应用现状。展望未来,现代林业资源监测技术将向智能化与自动化、多源数据融合与共享、精准化与定制化服务等方向发展,为推动林业可持续发展、维护国家生态安全发挥重要作用。

[关键词] 林业资源监测; 3S技术; 无人机; 未来趋势

中图分类号: S7 **文献标识码:** A

Research Progress and Future Trends in Modern Forestry Resource Monitoring Technology

Jingran Gu

Chifeng Forest and Grassland Conservation and Development Center

[Abstract] At present, with the rapid development of information technology, remote sensing, information system, global positioning system and other modern technologies have been widely used in the field of forestry resource monitoring. This article systematically sorts out the research progress of 3S technology application, unmanned aerial vehicle monitoring technology, artificial intelligence and big data technology, laser radar technology and other modern forestry resource monitoring technologies, and analyzes the application status of these in the aspects of forest resource inventory and assessment, forest disaster monitoring and early warning, forestry ecological protection and restoration. Looking to the future, modern forestry resource monitoring technology develop towards intelligent and automatic, multi-source data integration and sharing, precision and customization services and other directions, and play an important role in promoting the sustainable development of forestry and the national ecological security.

[Key words] forestry resource monitoring; 3S technology; unmanned aerial vehicle; future trends.

引言

森林是陆地生态系统的主体,在维护生态平衡、保障国家生态安全方面具有不可替代的作用。近年来,在人类活动和气候变化的双重胁迫下,全球森林资源持续减少,生物多样性不断丧失,林业可持续发展面临严峻挑战。及时、准确、全面地掌握森林资源现状及其动态变化信息,是加强森林资源管理、推进生态文明建设的关键。传统的林业资源监测手段存在数据获取周期长、人工处理效率低等问题,难以满足新时期林业发展对信息化、精细化管理的迫切需求。现代信息技术与林业的深度融合,为林业资源监测带来了革命性变革,正在成为提升林业现代化水平的强大动力。

1 现代林业资源监测技术研究进展

1.1 3S技术集成应用

3S技术是遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)三种技术的统称,是现代林业资源监测的重要技术手段。遥感以其宏观、快速、动态、周期短等特点,成为林业资源调查与监测的主要途径。高分辨率卫星遥感数据可用于精确提取森林分布信息,多光谱、高光谱、雷达等遥感数据可获取树种、林分密度、林木生长状况等丰富的森林属性参数^[1]。地理信息系统为林业资源数据的存储、管理、分析、制图提供了强大的平台支撑,可实现对不同时空尺度森林信息的集成与可视化。全球定位系统可为每一株林木赋予唯一的空间位置,并为遥感数据的定位、配准、检核等提供高精度的控制。3S技术的集成应用极大提高了森林资源信息提取的自动化水平和制图效率,目前已

在森林资源清查、森林灾害监测、生态功能评估、森林经营方案编制等诸多领域得到广泛应用。但传统的3S技术在获取林下、林内三维结构信息以及树木精细参数等方面仍存在不足,尚需进一步拓展和深化。

1.2 无人机监测技术

无人机以其机动灵活、获取影像分辨率高、重访周期短等优势,近年来在林业资源监测领域得到迅速发展和应用。搭载多光谱相机的无人机可获得厘米级的高分辨率影像,可精确刻画单木冠层纹理、结构等信息,有效弥补了卫星遥感的不足^[2]。激光雷达是无人机常用的另一类传感器,可穿透林冠获取林分三维结构参数,与光学影像数据结合可实现单木属性提取。在森林资源监测中,无人机数据常用于树种分类、胸径测量、树高估算、材积计算、林下地物信息提取等。此外,无人机还可用于近实时动态监测,在森林火灾监测、林业有害生物灾害监测、盗伐及破坏森林资源行为监管等方面发挥了重要作用。但无人机也存在航时短、载荷轻、易受天气影响等局限,在大范围林区监测中需结合卫星遥感共同应用。

1.3 AI与大数据技术

人工智能和大数据分析是信息技术发展的前沿,是未来推动林业资源监测数字化转型、提升监测智能化水平的关键力量。深度学习作为人工智能的核心技术,通过构建多层神经网络,可自动提取遥感影像中的高级特征,突破了传统特征工程的瓶颈,极大提高了复杂地物的识别精度,在森林要素信息提取、树种分类、林龄结构分析等方面取得重大进展。图像语义分割、目标检测、本体分割、点云处理等细分领域的持续突破,有望实现从像元级到单木级乃至器官级的森林信息提取,为精准林业管理奠定基础。此外,知识图谱、语义理解、智能交互、人机协同等认知智能技术,也将在森林资源知识挖掘、语义信息解译、辅助决策等方面得到创新应用。在大数据方面,多源异构的林业遥感数据、地面观测数据、统计数据不断汇聚,对数据组织管理、关联分析、知识发现提出了新的需求。大数据处理架构与分析模型、多源数据协同融合、海量数据实时计算等将成为支撑林业资源大数据应用的关键技术,有望实现由数据到信息、知识、智慧的跃升,推动林业资源管理从静态、经验式向动态、数据驱动转变。

1.4 激光雷达技术

激光雷达以其能够穿透森林冠层,获取高精度三维结构信息的独特优势,成为现代林业资源监测的利器。机载激光雷达常用于大范围森林调查监测,可快速获取数字地面模型(DEM)、数字表面模型(DSM)等高程信息,提取林冠高度、冠层结构等重要参数^[3]。地基激光雷达以更高的点云密度,可实现单木精细三维重建,并进一步分析枝干结构、叶面积指数等微观参数,对林木生长监测、林分结构与功能评估具有重要意义。手持移动激光雷达由于灵活方便、物美价廉,也开始在森林资源调查中崭露头角。此外,新兴的双波长激光雷达、多谱段激光雷达,可获取植被的生化组分信息,在森林健康监测等方面具有广阔应用前景。

但激光雷达也存在信号饱和、回波漂移等问题,在复杂环境下容易产生较大误差。

2 现代林业资源监测技术应用

2.1 森林资源清查与评估

森林资源清查是掌握森林家底的基础性工作,是森林资源管理与决策的重要依据。传统的森林清查以地面调查为主,存在周期长、强度大、代表性差等问题。3S技术特别是卫星遥感的应用,极大拓展了清查监测手段,提高了调查效率^[4]。高分辨率光学遥感数据可提取森林的空间分布与类型信息,合成孔径雷达可反演森林生物量、碳储量等重要参数,多时相数据可分析森林动态变化过程。无人机技术以其高分辨率、高时间分辨率优势,适用于小区域的森林资源详查。人工智能技术的引入,进一步提升了信息处理的自动化、智能化水平。通过多源数据的综合分析,可形成系统、客观、准确的森林资源“一张图”,实现从宏观到微观、从数量到质量、从现状到预测的全方位评估,为森林资源管理、生态红线划定、生态补偿等提供翔实的数据支撑,对推动林业生态建设、优化国土空间格局具有重要意义。

2.2 森林灾害监测与预警

森林火灾、森林病虫害、盗伐盗猎、林木死亡等灾害问题严重危害林业生态安全,加强灾害的监测预警、应急处置是保护森林资源的重要举措。卫星遥感特别是极轨卫星、静止卫星可用于森林火灾的早期发现、火情监测与评估,为火灾的预防、扑救提供重要信息支撑。合成孔径雷达可穿透烟云,结合热点数据分析火灾蔓延与烧毁面积^[5]。无人机则适用于火场周边林区的精细化监测,及时发现复燃隐患。在森林病虫害监测方面,高光谱遥感数据可及早发现病虫害的光谱异常,结合地物光谱数据库实现病虫害类型的自动识别。多光谱影像数据则可进一步分析病虫害的时空动态,评估危害程度。激光雷达、合成孔径雷达可揭示病虫害造成的冠层结构改变,评估森林生长量损失。在盗伐盗猎监测方面,高分辨率遥感影像可及时发现林区内的违法建设、道路修筑等可疑人为活动,结合地面巡护实现联防联控。在林木死亡监测方面,时间序列遥感数据可捕捉森林的衰退过程,高光谱数据可诊断濒死林木的生理变化,激光雷达可精确定位枯死林木的空间位置,多源数据融合可实现对林木死亡的早期预警。

2.3 林业生态保护与修复

加强森林生态系统保护,提升生态系统质量和稳定性,是维护国家生态安全的根本之策。现代遥感技术可及时、准确地掌握林地变化信息,加强自然保护区内违法用地监管。高分辨率光学遥感数据可提取自然保护区核心区、缓冲区的土地利用现状,分析保护成效。生态过程模型、情景模拟等技术可评估不同保护措施生态效应的生态效应,优化保护策略。在生态修复方面,高分辨率、高光谱遥感数据可服务退化林地、采矿迹地等典型退化生态系统的本底调查与生态制图。人工智能技术可支撑退化林地适生树种筛选、造林措施制定,指导科学绿化。无人机可用于苗木成活率调查、病虫害防治等营造林管护。激光雷达可精确测算造

林碳汇, 评估生态修复成效。在生态监测方面, 多源遥感数据可捕捉野生动植物的栖息地变化, 评估关键生态过程与功能, 揭示生态系统健康状况。

3 现代林业资源监测技术未来趋势

3.1 智能化与自动化

随着人工智能技术的不断突破, 智能化、自动化将成为现代林业资源监测的主要特征。深度学习、知识推理、智能优化等技术将在监测数据处理、森林要素提取、生长模型构建等环节得到广泛应用。多智能体协同、人机交互、认知计算等新兴领域的进展, 将极大提升复杂林业问题的分析与决策能力。区块链、物联网、5G等新一代信息技术的应用, 也将推动林业物联感知体系向全面感知、智能感知升级, 实现对森林生态过程的自适应监测。智能化、自动化、网络化将成为未来林业资源监测的技术底色, 推动行业由信息化阶段向智能化阶段跃升。

3.2 多源数据融合与共享

海量、多源、异构已成为林业资源监测数据的典型特征, 单一数据源已无法满足日益增长的应用需求。多源数据的融合与协同反演将成为未来的重要发展方向。遥感大数据、地面观测数据、生态调查数据、林业统计数据等将在时空尺度、数据格式、语义体系等方面实现深度融合, 形成全方位、多层次、高精度的森林资源信息。大数据分析、人工智能等新技术将在多源数据整合、关联分析、深度挖掘等方面发挥关键作用。此外, 林业数据共享将成为业务协同、科技创新的重要推手。通过构建统一的林业资源数据中心, 制定林业数据共享标准规范, 有望打破数据壁垒, 实现数据的互联互通、开放共享, 促进多部门、跨区域的业务协同, 为智慧林业建设夯实数据基础。

3.3 精准化与定制化服务

随着营林理念的转变, 林业管理正由粗放式向精细化转变, 对资源监测的精度、时效、服务能力提出了更高要求。未来, 亚米级高分辨率卫星、新型激光雷达、物联网等先进技术的应用, 将显著提升森林资源要素提取、林木三维结构参数反演的精度, 实现对森林资源的精准感知。人工智能在海量数据分析、林木个体智能识别等方面的进步, 将支撑由宏观监测向林分、单木尺度的精准化管理。个性化、定制化信息服务也将成为未来的重要发展趋势。由“千人一面”向“千人千面”转变, 通过构建面向不同区域、不同部门、不同岗位的个性化服务模式, 为造林绿化、森林抚育、林下经济等提供精准化、情景化的辅助决策。

4 典型案例分析

某省基于多源遥感数据, 开展了大规模的森林资源清查工作。该项目以国产高分辨率资源卫星、美国陆地卫星等多源数

据为基础, 通过人工智能、大数据分析等技术手段, 实现了全省森林的自动分类、树种识别和参数提取, 形成了1:1万、1:5万等多比例尺的森林资源分布图, 相比传统人工调查, 极大提高了工作效率, 降低了劳动强度, 节约了大量成本。清查结果揭示, 全省森林面积达到1000万公顷, 森林覆盖率达到67%; 活立木总蓄积量5.2亿立方米, 比上一次清查增加了5000万立方米; 全省公益林面积占比达到70%, 中幼龄林面积快速增加。基于详实的资源清查数据, 该省从宏观、中观、微观等多个层次开展森林资源评估, 建立了森林采伐限额管理、公益林管护、退化林修复等一系列制度措施。在大兴安岭重点国有林区, 通过整合资源一张图、无人机倾斜摄影、激光雷达、物联网等多源数据, 构建了智能化、一体化的森林资源监管平台, 实现了重点区域的动态监测预警。在生态脆弱区, 利用高光谱遥感监测土地退化、盗挖野生药材等生态问题, 评估生态修复成效, 指导退耕还林还草。

5 结束语

随着信息技术与林业的不断融合, 现代林业资源监测技术已成为推动林业生态建设、助力生态文明建设的中坚力量。在新时代林业高质量发展的宏大背景下, 加强现代林业资源监测理论与方法创新, 突破关键技术瓶颈, 完善信息基础设施, 建设跨部门、跨区域的协同监管平台, 将有力支撑林业资源管理向信息化、智能化、精细化转型升级, 为维护国家生态安全、建设美丽中国提供坚实保障。展望未来, 智能感知、大数据分析、人机协同等新技术将不断拓展林业资源监测的广度和深度, 推动形成空地一体化的立体监测网络, 为子孙后代永续利用森林资源、共享绿色发展成果奠定基础。

【参考文献】

- [1]唐东旭. 无人机技术在森林生态遥感监测中的应用与探讨[J]. 智慧中国, 2024, (12): 80-81.
- [2]宋仁飞, 周瑾, 卢威陶, 等. 遥感技术在林业资源调查及监测中的应用研究[J]. 农业灾害研究, 2024, 14(10): 266-268.
- [3]李君彦. 森林调查监测技术的应用及发展趋势分析[J]. 中国林业产业, 2023, (10): 85-87.
- [4]赵瑞香. 森林资源监测中林业3S技术的应用研究[J]. 中国林业产业, 2022, (07): 78-79.
- [5]罗祖邦. 新时代森林资源监测面临的形势任务和创新对策[J]. 农家参谋, 2021, (12): 163-164.

作者简介:

顾婧冉(1989--), 女, 汉族, 浙江省湖州市人, 本科, 工程师, 研究方向: 林草专项规划编制, 自然资源调查及动态监测。