

无人机遥感技术在林业调查规划中的应用

陈小民

台州市国土空间整治与生态修复中心

DOI:10.32629/eep.v8i12.3004

[摘要] 为突破传统林业调查规划手段的精度、效率与成本瓶颈,本文聚焦无人机遥感技术的特性优势,系统梳理其在森林资源清查、立地条件调查、灾害监测及工程监管等林业核心场景的应用模式与技术路径,深入剖析当前应用中存在的传感器性能、数据处理效率、行业标准及政策法规等关键问题,提出涵盖技术研发、政策支持与人才培养的优化策略。研究结果表明,无人机遥感技术可实现林业调查规划的精准化与智能化,为智慧林业建设提供重要技术支撑。

[关键词] 无人机遥感; 林业调查规划; 森林资源监测

中图分类号: S757.2 **文献标识码:** A

Application of UAV Remote Sensing Technology in Forestry Survey Planning

Xiaomin Chen

Taizhou City Land Space Improvement and Ecological Restoration Center

[Abstract] To overcome the limitations of traditional forestry survey planning methods in terms of accuracy, efficiency, and cost, this paper focuses on the advantages of UAV remote sensing technology. It systematically reviews its application models and technical approaches in key forestry scenarios such as forest resource census, site condition surveys, disaster monitoring, and project supervision. It also provides an in-depth analysis of critical issues in current applications, including sensor performance, data processing efficiency, industry standards, and policies and regulations, and proposes optimization strategies covering technology development, policy support, and talent cultivation. The study results show that UAV remote sensing technology can achieve precision and intelligence in forestry survey planning, providing important technical support for smart forestry construction.

[Key words] UAV remote sensing; forestry survey planning; forest resource monitoring

引言

林业是生态文明建设的核心载体,森林资源的精准调查与科学规划是实现林业高质量发展的前提。传统林业调查规划依赖地面实测与卫星遥感技术,地面实测方法精度高但效率低、成本高,且在山地、沼泽等复杂地形区域难以开展;卫星遥感技术覆盖范围广,但存在空间分辨率低、重访周期长、易受云层遮挡等问题,难以满足精细化林业管理的需求。随着低空遥感技术的快速发展,无人机遥感凭借其灵活机动、高分辨率、低成本、强时效性等优势,逐渐成为连接地面实测与卫星遥感的重要技术纽带。在国家“双碳”战略与智慧林业建设的背景下,将无人机遥感技术应用于林业调查规划,能够实现森林资源的动态监测、精准评估与科学管理,对于提升林业生态服务功能、保障生态安全具有重要的理论与实践意义。

1 无人机遥感技术基础与林业应用适配性分析

无人机遥感技术体系由无人机平台、遥感传感器与数据处

理软件三部分构成,三者协同工作实现遥感数据的获取、传输与处理。无人机平台是遥感数据获取的载体,根据飞行方式与结构特点可分为多旋翼无人机、固定翼无人机与垂直起降固定翼无人机三大类。多旋翼无人机具有垂直起降、悬停能力强、操作灵活等优势,适用于小范围、高精度的林业调查,如样地尺度的林分参数测量;固定翼无人机续航时间长、飞行速度快、覆盖范围广,适用于大面积林区的资源清查与灾害监测;垂直起降固定翼无人机结合了多旋翼与固定翼无人机的优点,无需专用跑道即可起降,且续航能力较强,是目前林业遥感应用的主流平台。

与传统卫星遥感和地面调查手段相比,无人机遥感技术在林业调查规划中具有显著优势,主要体现在以下四个方面:一是空间分辨率高。无人机遥感影像的空间分辨率可达厘米级,远高于卫星遥感的米级分辨率,能够清晰捕捉林木的冠层结构、个体特征,为林分参数的精准反演提供了数据基础。二是

时效性强。无人机可根据调查需求随时起飞,不受卫星重访周期的限制,能够快速响应林业灾害应急监测需求,如森林火灾、病虫害暴发等事件的实时监测。三是成本控制优势明显。无人机遥感的设备购置成本与运行成本远低于卫星遥感,且无需大量人力投入,能够显著降低林业调查的成本。四是复杂地形适应性强。无人机可在山地、丘陵、河谷等地面调查难以开展的区域飞行,能够实现森林资源的全覆盖调查,弥补了地面调查的局限性。

林业调查规划的核心任务包括森林资源清查、立地条件调查、灾害监测与工程监管,各环节均存在明确的技术需求,而无人机遥感技术能够精准匹配这些需求。在森林资源清查环节,需要获取树高、胸径、郁闭度、蓄积量等林分因子,以及树种类型、生物量等信息,传统方法依赖人工测量,效率低下。无人机遥感通过搭载多光谱传感器与激光雷达,可快速获取林木的光谱与三维结构信息,通过模型反演实现林分因子的自动化提取,大幅提升清查效率。在立地条件调查环节,需要获取地形因子、土壤墒情、植被覆盖度等数据,用于造林地块适宜性评价。无人机遥感可生成高精度的数字高程模型,提取坡度、坡向、海拔等地形因子,结合多光谱数据反演土壤墒情,为立地条件评价提供数据支撑。

在灾害监测环节,需要快速获取灾害发生范围、受损程度等信息,用于应急处置。无人机遥感可在灾害发生后短时间内完成灾区影像获取,通过对比灾前灾后影像,实现过火面积、病虫害危害程度的精准评估。在工程监管环节,需要对采伐迹地更新、退耕还林等工程进行动态监测,确保工程质量。无人机遥感可实现对工程区域的定期监测,及时发现违规采伐、造林成活率低等问题,提升工程监管的精细化水平。

2 无人机遥感技术在林业调查规划中的核心应用场景

森林资源精准清查是林业调查规划的核心内容,其目标是获取林分的数量、质量与空间分布信息,为森林资源管理提供数据支撑。无人机遥感技术可实现林分因子反演、树种识别与生物量估算,大幅提升清查的精度与效率。

树种识别与林分类型划分是森林资源清查的重要内容,对于森林经营与生态保护具有重要意义。无人机遥感的多光谱与高光谱传感器可捕捉不同树种的光谱特征差异,通过机器学习算法实现树种的自动识别。常用的机器学习算法包括随机森林、支持向量机、卷积神经网络等,其中卷积神经网络具有更强的特征提取能力,识别准确率更高。在树种识别的基础上,结合地形因子与植被覆盖度数据,可实现林分类型的划分,如针叶林、阔叶林、混交林等,为森林资源的分类经营提供依据。

林业立地条件是影响林木生长的自然环境因素,包括地形、土壤、气候等,立地条件调查是造林规划的前提。无人机遥感技术可快速获取立地条件相关数据,为造林地块适宜性评价提供科学依据。林业灾害包括森林火灾、病虫害、雨雪冰冻灾害等,具有突发性强、危害大的特点,快速监测与应急处置是降低灾害

损失的关键。无人机遥感技术凭借其高时效性与高分辨率的优势,成为林业灾害监测的核心技术手段。

森林火灾是最严重的林业灾害之一,传统监测方法依赖人工瞭望与卫星遥感,存在监测滞后、精度低等问题。无人机遥感可在火灾发生后快速飞抵灾区,实时传输火场影像,为指挥决策提供依据。通过对比灾前灾后的无人机影像,可精准提取过火面积,结合植被类型与林分因子数据,评估火灾对森林资源的破坏程度。此外,无人机还可搭载红外传感器,探测火场中的余火点,防止火灾复燃。

3 无人机遥感技术在林业应用中的现存问题与对策

尽管无人机遥感技术在林业调查规划中取得了显著应用成效,但仍存在一些技术瓶颈,制约了其进一步推广。一是传感器性能限制。目前林业应用的无人机传感器存在光谱分辨率低、探测范围窄等问题,高光谱传感器成本高昂,难以普及;激光雷达的点云密度在复杂林下环境中难以满足需求,导致林下林木参数提取精度低。二是数据处理效率低。无人机遥感数据量巨大,单架次飞行可产生数十GB的数据,传统数据处理方法依赖人工操作,效率低下,且需要专业技术人员,难以满足大规模林业调查的需求。三是复杂环境解译困难。在高密度林区、云雾覆盖区域,无人机遥感影像易受遮挡,导致数据缺失;在地形起伏剧烈的区域,影像畸变严重,预处理难度大。四是模型通用性差。现有的林分参数反演模型多针对特定区域与树种,缺乏通用性,难以推广到不同林区。

除技术瓶颈外,无人机遥感技术在林业行业的应用还面临诸多障碍。一是法规政策限制。无人机飞行需要取得空域许可,目前我国空域管理政策较为严格,申请流程繁琐,审批时间长,影响了无人机遥感技术的快速应用。二是专业人才匮乏。无人机遥感技术涉及无人机操控、传感器应用、数据处理等多个领域,需要复合型人才,而目前林业行业缺乏相关专业人才,制约了技术的推广。三是成本投入门槛。尽管无人机遥感的成本低于卫星遥感,但对于基层林业单位而言,设备购置与维护成本仍然较高,难以承担。四是技术标准不统一。目前我国尚未出台无人机遥感林业应用的统一技术标准,不同地区、不同单位的调查方法与数据格式存在差异,导致数据难以共享与对比。

在技术研发方面,一是加大传感器研发力度,开发低成本、高分辨率的多光谱与高光谱传感器,提升激光雷达的林下探测能力;二是研发自动化数据处理算法,结合人工智能与大数据技术,构建端到端的自动化数据处理平台,提升处理效率;三是构建通用的林分参数反演模型,通过多区域、多种树的模型训练,提升模型的通用性;四是研发适应复杂环境的无人机平台,如抗风能力强、具备避障功能的无人机,提升复杂林区的作业能力。在政策支持方面,一是优化空域管理政策,简化无人机飞行审批流程,开辟林业遥感专用空域;二是出台无人机遥感林业应用的技术标准与规范,统一调查方法、数据格式与精度要求,促进数据共享;三是加大财政支持力度,对基层林业单位购置无人机设备给予补贴,降低成本投入门槛。在人才培养方面,一是加强高校与

科研机构的专业建设, 开设无人机遥感、精准林业等相关专业, 培养复合型人才; 二是开展基层林业技术人员的培训, 提升其无人机操控与数据处理能力; 三是建立产学研合作机制, 促进高校、科研机构与林业企业的合作, 加速技术转化。

4 结论与展望

本文分析了无人机遥感技术在林业调查规划中的应用模式与技术路径, 得出以下结论: 一是无人机遥感技术体系与林业调查规划的技术需求高度适配, 其高分辨率、强时效性、低成本的优势, 能够有效解决传统调查方法的局限性; 二是无人机遥感技术在森林资源精准清查、立地条件调查与规划、灾害监测与应急处置、林业工程规划与监管等领域具有广泛的应用前景, 通过构建相应的技术方法体系, 可实现林分参数的高精度反演与灾害的快速监测; 三是无人机遥感林业应用的核心在于数据处理, 影像预处理、模型构建与多源数据融合是提升应用效果的关键技术; 四是当前无人机遥感技术在林业应用中仍存在传感器性能限制、数据处理效率低、法规政策限制等问题, 需要通过技术研发、政策支持与人才培养等措施加以解决。

随着人工智能、大数据、物联网等技术的快速发展, 无人机遥感技术在林业调查规划中的应用将迎来新的发展机遇。未来的研究方向主要包括无人机遥感与人工智能的深度融合, 通过深度学习算法实现林分参数反演、树种识别的自动化与智能化; 构建天空地一体化的森林资源监测网络, 整合无人机、卫星、地

面传感器的数据, 实现多尺度、全天候的动态监测; 开展无人机遥感技术的效益评估, 量化其在成本节约、效率提升、生态保护等方面的价值; 四是推动无人机遥感技术的标准化与产业化, 促进其在林业行业的广泛应用, 为智慧林业建设提供技术支撑。

[参考文献]

- [1]张煜星, 韩爱惠, 张怀清. 森林资源遥感监测技术与应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 2021: 89-105.
- [2]李增元, 高志海, 魏怀东. 无人机遥感技术在林业中的应用进展与展望[J]. 林业科学, 2020, 56(7): 142-154.
- [3]赵旦, 冯仲科, 臧淑英. 基于无人机激光雷达的东北落叶松林分蓄积量反演[J]. 遥感学报, 2022, 26(3): 589-602.
- [4]林辉, 孙华, 莫登奎. 无人机多光谱遥感在南方山地森林郁闭度反演中的应用[J]. 应用生态学报, 2021, 32(5): 1673-1680.
- [5]刘清旺, 王雪蕾. 基于无人机高光谱遥感的杉木人工林叶片叶绿素含量估算[J]. 林业科学研究, 2023, 36(2): 112-119.
- [6]国家林业和草原局. 中国林业发展报告(2024)[M]. 北京: 中国林业出版社, 2024: 20-25.

作者简介:

陈小氏(1992--), 男, 汉族, 浙江庆元人, 硕士研究生, 林业工程师。研究方向: 森林培育。