

无人机遥感技术在林业草原资源动态监测中的应用

王开禹

云县自然资源局不动产登记中心 云南 临沧 675800

摘要：林业和草原资源对生态平衡、经济发展意义重大，但面临诸多问题，传统监测手段存局限。无人机遥感技术以无人机为平台，基于电磁波与地物作用原理，搭载多种设备，具时效强、灵活高、分辨率高、成本效益好及可重复监测等优势。在林业草原资源动态监测中，可精准调查评估资源，高效监测预警火灾、病虫害，助力生态环境监测，如准确识别植被、锁定火源、评估水土流失等，为林草资源科学管理、保护及可持续发展提供有力支撑。

关键词：无人机遥感技术；林业草原资源；动态监测；应用

前言

林业和草原资源作为陆地生态系统的关键构成部分，对维持生态平衡、保障生物多样性、促进经济可持续发展起着不可替代的作用。在全球气候变化与人类活动影响不断加剧的当下，准确且及时地掌握林草资源的动态变化，成为了资源保护、管理以及可持续利用的重要基础。然而，传统的林草资源监测手段在面对日益增长的需求时，逐渐显露出诸多局限，难以满足现代林业和草原管理工作的要求。

随着社会经济发展，人们对林草资源需求呈多样化态势，在经济领域，为工业生产及日常生活提供木材、林产品和畜产品等必要物资；在生态层面，于调节气候、保持水土等方面作用关键，维护生态平衡与应对气候变化。但当下过度砍伐、森林退化、草原沙化及非法侵占等问题严峻，全球每年约1000万公顷森林遭砍伐，我国部分地区森林覆盖率下降、草原生态失衡、生物多样性减少，林草资源总量与质量双降，生态功能受威胁。传统地面人工调查受地形、交通制约，在山区、林区等复杂区域难度大、成本高、效率低且易遗漏有误差；卫星遥感虽覆盖广，可分辨率低，难获取树木种类、病虫害、草地植被覆盖度等详细信息，对局部细微变化捕捉不准，如监测森林病虫害时难以及时察觉早期迹象。

无人机遥感技术在林业草原资源动态监测中，能多角度、全方位监测林草资源。搭载高分辨率相机可清晰呈现树木形态等信息，多光谱相机助于识别植被类型与健康状况，热红外相机用于监测火灾隐患与野生动物活动。该技术为林草资源科学管理与保护提供有力支撑，及时发现森林砍伐等问题并助力治理，借监测数据分析为资源合理规划利用提供依据，推动可持续发展与经济增长，提升监测效率与准确性，降低人力成本，减少人为干扰，为林草资源监测带来新契机。

1 无人机遥感技术基本概述

1.1 无人机遥感技术的原理

无人机遥感技术是一种将无人机作为飞行平台，搭载各类遥感设备，实现对地球表面信息快速获取和监测的新兴技术。其原理基于电磁波与地物相互作用的特性，通过传感器收集地物反射、发射或散射的电磁波信息，进而解译和分析地表物体的性质、状态及变化。

无人机飞行平台作为林草资源监测系统核心，依预设航线或实时指令在低空灵活飞行，多旋翼适用于小范围高精度监测，如城市绿地与小型林区，固定翼则凭借速度与航程优势，更适合大面积林草普查，且能依监测目标与地形在几十米到几百米高度调整，平衡影像分辨率与覆盖范围。其搭载的可见光、多光谱、高光谱及热红外相机等遥感设备，通过捕捉不同波段电磁波，为监测提供丰富数据，可用于识别地物、评估植被健康、分析化学成分及监测火灾隐患与野生动物活动。获取的数据经无线数字传输（适用于近距、速度快）或卫星通信传输（可全球传输但成本高、速度慢）至地面控制中心，再经辐射与几何校正消除误差，运用图像处理、模式识别及深度学习算法（如CNN、RNN）对数据分类、识别与变化检测，以提取有价值信息，实现林草资源的精准监测与分析。

1.2 无人机的类型

无人机类型丰富，在林草资源监测等领域发挥着关键作用。按结构与飞行原理，主要有固定翼、旋翼（多旋翼与单旋翼）、垂直起降固定翼及复合翼无人机。固定翼无人机续航长、速度快、载荷大，适用于大面积普查与长时间监测，能快速获取大范围信息且飞行稳定，但对起降场地要求高，无法悬停，操作难度大。多旋翼无人机可垂直起降，机动性强，适合狭小空间与复杂环境作业，易操作成本低，不过续航与载重弱，恶劣天气

下稳定性差。单旋翼无人机（无人直升机）载荷能力优于多旋翼，能适应复杂地形获取详细数据，但其机械结构复杂，维护成本高，续航与速度相对固定翼较低。

1.3 无人机遥感技术的优势

时效性强，无人机能短时间响应并飞抵监测区，紧急情况如森林火灾、病虫害爆发时，可迅速起飞实时监测，不受复杂地形与多数天气条件过多限制，能在恶劣天气间隙完成任务，提供及时信息，助力应急决策。灵活性高，可依任务与地形随时调整飞行高度、速度、航线，适应山区、林区、草原及城市周边小型林地等不同区域，实现低空高分辨率、高空大面积的多尺度监测。分辨率高，低空飞行时获取厘米级甚至更高分辨率影像，精准捕捉树木种类、树冠大小、病虫害症状、草地植被覆盖度等林草资源细节，弥补卫星遥感因距离远导致分辨率低的不足。成本效益高，虽购置与维护需费用，但长期、大规模监测中优势明显，减少人力、时间成本，避免人工调查误差，提升数据准确性。可重复性监测方面，能按相同航线与参数对同一区域多次监测，获取不同时间数据，对比分析林草资源生长变化、季节规律及环境响应，为生态研究与资源管理提供有力数据支撑。

2 林业草原资源动态监测的重要性

2.1 维护生态平衡

林业和草原资源是陆地生态系统的核心部分，对维持生态平衡极为关键。森林以“地球之肺”著称，通过树冠截留降水、根系稳固土壤，减少水土流失，预防地质灾害，能借助蒸腾和光合作用调节气候、缓解全球变暖；草原则如绿色屏障，固定土壤、阻挡风沙，是众多野生动物的家园，保障生物多样性。林草资源为各类生物构建起丰富的栖息与觅食空间，支撑着复杂食物链，一旦受损，生物多样性锐减，生态系统稳定性降低。

2.2 保障经济发展

林业草原资源在区域经济发展中占据核心地位，是诸多产业的关键依托，全方位助力经济腾飞。木材加工业以林业资源为基石，从采伐到成品制造，产业链条庞大，在东北、西南等林区吸纳大量劳动力，关联上下游产业，产出的木材广泛用于家具制造与建筑领域，既满足国内需求，又创造出口收益。草原支撑的畜牧业是内蒙古、新疆等地的支柱产业，牧民借草原养殖家畜，产出的肉、奶等畜产品经加工销售，成为经济增长引擎，伊利、蒙牛等企业便是典型范例。随着生态旅游兴起，林草资源丰富区凭借独特风光与文化底蕴，使森林旅游和草原旅游蓬勃发展，张家界、呼伦贝尔大草原等地吸引大批游客，带动餐饮、住宿等服务业繁荣，推动

经济增长与文化交流。

2.3 应对环境挑战

在全球环境问题愈发严峻的当下，林业和草原资源作为生态系统的核心构成，在应对气候变化、自然灾害等挑战中发挥着关键作用，而动态监测林草资源是及时采取有效应对举措的重要基础。林草资源在应对气候变化时，通过植被光合作用吸收并固定二氧化碳，减缓大气中二氧化碳浓度上升，森林能调节局部气候；面对自然灾害，林草可防护缓冲，森林截留降水、阻挡风沙，草原固定土壤，降低灾害影响。然而林草资源遭破坏后，防护能力减弱，灾害影响加剧。及时掌握林草资源动态变化意义重大，动态监测能实时了解其数量、质量、分布及生态功能状况，发现各类问题，为应对环境挑战提供科学依据，其数据也能助力制定合理环境政策与应对策略，通过分析长期数据，把握林草资源变化规律，预测趋势，指导生态保护与修复规划。

3 无人机遥感技术在林业草原资源动态监测中的应用

3.1 资源调查与评估

在林草资源监测里，林地草地面积与分布监测至关重要。以某山区林地为例，传统资源调查方法，像地面人工调查，受山区地势险峻、交通不便影响，人力时间耗费大，偏远区域难达，结果易遗漏有误差；卫星遥感虽覆盖范围广，但分辨率低，小块林地及复杂地形下林地边界识别不准。无人机则不同，通过Pix 4D capture或Drone deploy等软件，依林地范围和地形规划航线，设200米飞行高度获取5厘米分辨率高清影像，飞行中高精度GPS和IMU记录位置姿态保证影像精准。经ENVI或Erdas Imagine等软件对影像辐射、几何校正后，用最大似然分类法等图像分类算法，细分地物类型，精确计算出林地面积，清晰绘制分布范围。相比传统方法，无人机高分辨率影像能辨清林地边界形状，找出遗漏小块林地，面积误差在5%以内，远优于卫星遥感10%以上的误差，且在复杂地形边界识别上更准确。在草地监测方面，以某草原地区为例，无人机低空飞行搭载多光谱相机，利用多光谱影像不同波段反射率差异计算归一化植被指数（NDVI），短时间覆盖大面积草原，高效又全面确定草地面积和分布范围，相比地面样方调查优势显著。

不同植被因化学成分、细胞结构和生理特性不同，光谱反射特征各异。在某森林区域，无人机搭载高光谱相机按预设航线全面扫描，获取纳米级光谱分辨率的连续光谱曲线。影像经辐射、几何、大气校正预处理后，用光谱角填图（SAM）算法与已知植被光谱库对比，能准确识别多种树木，如松树、柏树、杨树等，准确率

达85%以上。在植被生长状况监测上,归一化植被指数(NDVI)是常用指标,健康植被NDVI值高,受病虫害等影响时会降低。无人机获取不同时期多光谱影像计算NDVI对比,能直观了解植被生长变化。

3.2 灾害监测与预警

森林草原火灾对林草资源与生态环境威胁巨大,其突发性强、蔓延快、破坏力大,常致巨大经济损失与生态破坏,危及群众生命财产安全,故而及时监测其发生发展极为关键。无人机遥感技术优势独特,在火灾监测中作用显著。无人机搭载热红外传感器,可实时监测林区与草原温度变化,借热辐射感知物体温度,不同温度在热红外图像呈现不同灰度或颜色,能快速锁定火源,像四川凉山州森林火灾初期,因地形复杂,无人机凭热红外传感器迅速定位火源,为灭火决策提供关键依据。无人机的多光谱相机获取火灾区域影像,结合植被指数分析火灾对植被破坏程度与范围,能提前察觉火灾隐患区域。在草原火灾监测方面,内蒙古草原利用无人机搭载热红外传感器与可见光相机巡逻,热红外监测温度,可见光相机确认,成功预防小火蔓延。

林业和草原病虫害严重影响林草资源健康生长,种类多、危害大,我国每年因此经济损失高达数十亿元,破坏生态平衡,及时防治意义重大。无人机搭载高分辨率、多光谱、热红外相机等设备,能多角度、多光谱观测,实现病虫害早期监测。高分辨率相机捕捉植被细节发现异常,多光谱相机依光谱变化与植被指数判断健康状况,热红外相机监测温度异常。如云南某林区受松材线虫病威胁,无人机搭载高光谱相机建立光谱识别模型,结合热红外相机监测,及时发现疫情。在病虫害监测里,数据分析可评估病虫害程度与扩散趋势,通过图像处理与模式识别统计受灾情况,对比不同时期数据预测发展方向,像新疆某草原利用无人机监测蝗虫灾害,依结果制定防治措施,有效控制灾情。

3.3 生态环境监测

在地形地貌监测时,无人机搭载激光雷达(LiDAR)传感器,如在某山区,设定300米飞行高度,使激光点密度达每平方米10个点以上,获取高精度地形数据,生成1米分辨率的数字高程模型(DEM),从中清晰呈现地形起伏、坡度及沟壑分布,助力分析水土流失风险区域。植被覆盖度影响水土流失,无人机搭载多光谱相机,通过计算归一化植被指数(NDVI)监测植被覆盖变化,以某流域为例,经生态修复,监测到植被覆盖度从40%提升至60%以上,水土流失风险降低。在评估水土流失治理效果上,无人机对比治理前后地形地貌与植被覆盖变化,

如某治理项目,治理后区域坡度变缓、沟壑填充、植被覆盖度提高,经分析得出水土流失量减少约40%,有效改善生态环境。

生物多样性是生态系统稳定健康的重要标志,保护生物多样性关乎生态平衡与人类福祉,无人机优势独特,为其监测提供丰富数据。在野生动物活动监测方面,无人机搭载红外热成像相机与高清摄像头,像在某自然保护区,利用红外热成像相机在夜间或恶劣天气也能捕捉野生大熊猫热信号,高清摄像头识别个体特征,记录其活动范围与觅食行为,助于了解其活动规律等,为保护管理提供依据。同时,无人机借助高分辨率影像监测野生动物栖息地变化,评估生物多样性保护状况,如某湿地保护区,经影像分析发现芦苇丛面积减少、外来入侵植物增加,表明栖息地质量下降。并且,将无人机监测数据与地面样方调查、卫星遥感数据融合,在某森林生物多样性监测项目中,综合分析多源数据,能更精准评估物种丰富度、群落结构等生物多样性指标。

结语

无人机遥感技术凭借独特优势,革新林业草原资源动态监测模式。其在资源调查、灾害预警、生态监测等多方面成果斐然,精准捕捉资源变化,为科学管理与保护提供关键支撑。未来,随着技术持续升级,有望进一步优化监测效能,在维护生态平衡、推动经济可持续发展等方面发挥更大作用,为林草资源保护事业注入新活力。

参考文献

- [1]马长英,魏跃远.遥感:森林资源动态尽在掌握[J].村委主任,2024,(22):122-124.
- [2]宋瑞鸿.基于人工智能技术的森林资源动态监测与管理创新研究[J].中国林业产业,2024,(11):64-65.
- [3]曹爱平,冯顺柏,黄光体,等.森林蓄积量年度动态监测出数测算方法探讨——基于湖北省森林资源抽样调查理论与方法[J].湖北林业科技,2024,53(05):11-17.
- [4]张灵杰.基于无人机航测的森林资源动态监测与评估问题与对策[J].中国高新科技,2024,(21):108-110.
- [5]赵梓彤,陈水森,于国荣,等.基于近期密集卫星数据的北江流域森林砍伐遥感方法[J].热带地理,2024,44(11):2091-2103.
- [6]王兴中.森林资源动态监测工作存在的问题及优化对策[J].农村科学实验,2024,(14):33-35.
- [7]陈馨,孙玉军,丁志丹.基于Sentinel-1和Sentinel-2数据融合的森林林龄反演和动态监测[J].中南林业科技大学学报,2024,44(06):19-29.