

无人机遥感技术在农作物病虫害监测中的应用与优化

萧 男¹ 杨 聘¹ 杨志亮¹ 李洁琼² 秦 烨²
1. 天津农机化技术试验服务中心 天津 301616
2. 天津市农业发展服务中心 天津 300111

摘 要：本文深入探讨无人机遥感技术在农作物病虫害监测中的应用与优化。详细阐述无人机遥感技术的原理及优势，分析其在农作物病虫害早期识别、灾情评估、动态监测等方面的具体应用，同时指出数据处理效率、监测精度等现存问题。针对这些问题，从硬件升级、算法改进、多源数据融合等方面提出优化策略，旨在为提升农作物病虫害监测水平、推动智慧农业发展提供参考。

关键词：无人机遥感技术；农作物病虫害；监测应用；优化策略

引言

农作物病虫害是影响农业生产的重要因素，及时、准确的监测对降低损失、保障粮食安全意义重大。传统监测方法存在效率低、覆盖范围小、实时性差等问题。随着无人机技术的快速发展，无人机遥感凭借高分辨率成像、灵活机动性、低成本等特点，逐渐成为农作物病虫害监测的重要手段。深入研究无人机遥感技术在农作物病虫害监测中的应用与优化，有助于充分发挥其优势，提高监测的科学性与有效性。

1 无人机遥感技术在农作物病虫害监测中的原理与优势

无人机遥感技术通过搭载的多光谱、高光谱、热红外等传感器，获取农作物不同波段的反射、辐射信息。健康作物与受病虫害侵袭的作物在光谱特征上存在差异，利用这种差异，结合图像处理和数据分析技术，能够识别病虫害的发生区域和程度。相较于传统监测方法，无人机遥感具有显著优势。其灵活的飞行能力可实现对复杂地形、大面积农田的快速覆盖；高分辨率成像能清晰捕捉作物细微变化；成本较低，降低了大规模监测的经济压力；并且可快速获取数据，实时性强，便于及时采取防治措施。

2 无人机遥感技术在农作物病虫害监测中的应用

2.1 病虫害早期识别

农作物病虫害防治的关键在于“早发现、早干预”，而无人机遥感技术凭借高光谱传感器，能够捕捉肉眼无法察觉的作物生理变化信号。在病虫害感染初期，病原菌或害虫虽未造成大面积叶片破损，但已开始破坏植物细胞结构、干扰光合作用。例如小麦条锈病，病原菌孢子在叶片表面萌发后，会影响叶绿素合成，导致叶片在红光波段（620-750nm）的反射率升高，近红外

波段（750-1300nm）反射率降低。无人机搭载的高光谱传感器可采集数百个连续波段的光谱数据，通过主成分分析、光谱角匹配等算法，能精准识别出染病植株光谱曲线与健康植株的细微差异。实际操作中，技术人员会在农作物关键生育期开展定期巡飞监测。以棉花黄萎病监测为例，在棉花蕾期启动首次无人机光谱采集，建立健康植株光谱数据库。随着病情发展，每隔7-10天进行二次监测，通过对比分析，能在病株出现“半边黄”典型症状前1-2周锁定发病区域，为及时喷施生物菌剂、拔除病株等早期防控措施争取宝贵时间。这种早期预警机制，相较于传统人工巡查，不仅大幅缩短监测周期，还能避免因漏查导致的病害扩散风险^[1]。

2.2 灾情评估

当病虫害爆发时，无人机可快速构建受灾农田的三维信息模型，为灾情评估提供量化依据。以草地贪夜蛾侵袭玉米田为例，无人机通过搭载的多光谱相机，在1-2小时内即可完成对万亩农田的扫描，获取红、绿、蓝、近红外四个波段的影像数据。利用归一化植被指数（NDVI）算法处理影像，能够清晰区分出健康玉米（NDVI值 > 0.7）、轻度受害玉米（0.5 < NDVI值 < 0.7）、重度受害玉米（NDVI值 < 0.5），并自动计算各等级受害面积。某农业县在应对稻飞虱灾害时，通过无人机灾情评估发现，传统人工统计的受灾面积存在23%的误差，而无人机监测数据精确到每块田块的边界。基于准确的灾情数据，当地农业部门精准调配了20吨吡蚜酮药剂，避免了因盲目施药造成的药剂浪费和环境污染。此外，无人机获取的高分辨率影像还能直观呈现害虫聚集区域、作物倒伏情况等细节信息，为制定分区防治方案提供可视化参考。

2.3 动态监测

农作物生长周期长,病虫害发展动态复杂,无人机的定期巡飞监测为全周期防控提供了数据支撑。在苹果园管理中,技术人员从春季萌芽期开始,每周利用无人机进行多光谱影像采集,建立苹果树生长档案。通过对比不同时期的影像,不仅能监测斑点落叶病、红蜘蛛等病虫害的发生发展过程,还能评估防治效果。例如,在喷施杀菌剂后的第3天、第7天、第14天分别进行监测,观察病斑面积变化趋势,若发现病情未得到有效控制,可及时调整药剂浓度或更换防治方案。在水稻种植区,通过连续监测水稻冠层温度变化,可预警稻瘟病的发生。当田间局部区域水稻冠层温度比正常植株高出2-3℃时,结合光谱数据综合分析,判断是否存在病原菌感染。这种动态监测模式,使病虫害防治从“经验驱动”转向“数据驱动”,实现精准防控。同时,长期积累的监测数据还可用于建立病虫害发生预测模型,提前预判次年病虫害高发区域和时间^[2]。

2.4 精准定位

无人机的高精度定位系统与地理信息系统(GIS)的结合,为病虫害防治提供了“靶向治疗”能力。在柑橘黄龙病防控中,无人机搭载的RTK差分定位模块,可将染病植株的位置误差控制在10厘米以内。技术人员将识别出的病株坐标导入GIS系统,生成可视化的病虫害分布图,图中不仅标注了病株具体位置,还关联了病株的光谱特征、发病程度等信息。植保人员手持平板电脑,依据GIS导航即可快速定位病株,精准开展砍除病树、喷施防虫网罩等工作。相较于传统的“拉网式”防治,精准定位技术使农药使用量减少了40%以上,同时提高了防控效率。在茶园茶尺蠖防治中,利用无人机定位技术,可针对虫口密度高的茶树丛单独施药,避免了对整片茶园的过度用药,既保护了茶园生态环境,又降低了生产成本。

3 无人机遥感技术在农作物病虫害监测中的优化策略

3.1 硬件设备升级

(1) 硬件设备是无人机遥感监测的物质基础,其性能能直接决定数据采集的质量与效率。在传感器研发方面,现有多光谱传感器的波段数量和光谱分辨率已难以满足复杂病虫害监测需求。例如,部分农作物在遭受病虫害初期,仅在短波红外波段(1300-2500nm)表现出微弱的光谱异常,常规传感器因缺乏该波段覆盖而无法捕捉。因此,亟需研发覆盖更宽光谱范围、更高分辨率的新型传感器,将光谱分辨率从当前的10-20nm提升至5nm以下,从而精准识别作物叶片内叶绿素、水分及生化成分的细微变化。同时,通过优化传感器的温控系统和抗震结构,增强其在高温、高湿、强风等恶劣环境下的稳

定性,避免因设备波动导致数据失真。(2) 无人机的续航与飞行性能也制约着监测效率。目前多数农用无人机续航时间仅20-30分钟,难以满足大面积农田的监测需求。可通过采用高能量密度的锂硫电池、优化电机与螺旋桨的匹配效率,将续航时间延长至40-60分钟。针对山区、丘陵等复杂地形,研发具备地形自适应能力的无人机,利用激光雷达和高精度GPS实时感知地形变化,自动调整飞行高度和姿态,确保在峡谷、陡坡等区域也能安全稳定作业,实现对复杂地形农田的全覆盖监测^[3]。

3.2 数据处理算法改进

面对无人机获取的海量高分辨率影像数据,传统算法在处理效率和识别精度上存在明显不足。在数据预处理阶段,可引入深度学习中的生成对抗网络(GAN),对模糊、噪声大的影像进行智能增强,自动修复缺失的光谱信息。例如,在阴天或雾霾天气采集的数据,经GAN处理后,图像清晰度和光谱准确性显著提升。在病虫害识别环节,深度学习算法展现出巨大潜力。以卷积神经网络(CNN)为例,构建包含不同作物品种、病虫害类型、发病阶段的海量样本数据集,对网络模型进行训练。训练后的模型能够自动提取病虫害的光谱特征、纹理特征和形状特征,实现对多种病虫害的快速准确分类。在实际应用中,某科研团队利用CNN模型监测水稻病虫害,成功识别稻瘟病、稻飞虱等6种常见病虫害,识别准确率超过92%。此外,通过迁移学习技术,将在大规模公开数据集上训练好的模型,迁移到特定地区、特定作物的监测任务中,只需少量本地数据进行微调,即可快速建立高精度的识别模型,大幅减少数据标注和训练时间。

3.3 多源数据融合

单一的无人机遥感数据在监测范围和细节信息上存在局限性,将其与卫星遥感数据、地面传感器数据融合,可构建更全面的监测体系。卫星遥感数据具有覆盖范围广、时间序列长的优势,例如高分系列卫星,能够提供分辨率较高的多光谱影像,可用于宏观掌握大面积农田的病虫害发生趋势。将卫星影像与无人机影像相结合,先用卫星数据进行大范围的初步筛查,锁定病虫害疑似区域,再利用无人机进行高精度的局部详查,实现“宏观定位+微观诊断”的高效监测模式。地面传感器则能获取农田小尺度的实时信息,如土壤湿度、温度、作物生理参数等。将这些数据与无人机遥感数据融合,可从多个角度分析病虫害发生的诱因。例如,当土壤湿度传感器数据显示某区域土壤过湿,同时无人机影像发现该区域作物出现叶片发黄、枯萎症状时,结合光谱数据

分析,可更准确判断是否因湿度引发的根腐病等病害。通过开发专用的数据融合算法,将不同来源、不同格式的数据进行统一处理和分析,生成包含作物生长状况、病虫害信息、环境因素的综合监测报告,为科学防治提供更全面的数据支持。

3.4 人才培养与技术推广

无人机遥感监测技术的广泛应用,离不开专业人才培养队伍的建设和技术的普及推广。在人才培养方面,高校和职业院校应开设相关专业课程,将无人机操作、遥感图像处理、农业病虫害知识等内容有机结合。例如,设置“智慧农业遥感监测”等综合性课程,通过理论教学、实验室操作和田间实践相结合的方式,培养学生的实际应用能力。同时,鼓励校企合作,为学生提供实习机会,参与实际的病虫害监测项目,积累实践经验。对于农业从业者和基层农技人员,需开展针对性的培训。培训内容不仅包括无人机的基础操作和简单的数据查看,还应涵盖病虫害光谱特征识别、常见问题处理等进阶知识。采用“理论讲解+现场演示+实操训练”的培训模式,例如在农田现场进行无人机飞行演示,实时展示病虫害识别过程,让参与者更直观地理解技术原理和应用方法。此外,通过建立示范基地,展示无人机遥感监测技术在病虫害防治中的实际效果,吸引更多农户主动了解和应用该技术,提高技术的应用覆盖率^[4]。

3.5 建立标准化流程

目前,无人机遥感监测缺乏统一的标准,不同地区、不同团队采集的数据格式、处理方法存在差异,导致数据难以共享和整合。建立标准化流程,首先要规范数据采集环节。制定统一的数据采集规范,明确无人机飞行高度、速度、拍摄角度、光谱波段设置等参数,确

保采集的数据具有一致性和可比性。例如,规定在进行农作物病虫害监测时,无人机飞行高度统一为100米,拍摄间隔为5秒,光谱波段覆盖可见光、近红外和短波红外等关键波段。在数据处理和分析阶段,制定标准化的处理流程和算法标准。从数据预处理的辐射校正、几何校正,到病虫害识别的算法选择、精度评价,都应有明确的规范。建立数据质量评价体系,对采集和处理后的数据进行质量评分,只有达到一定标准的数据才能用于病虫害监测和决策。通过建立标准化流程,促进不同地区、不同机构之间的数据共享与合作,推动无人机遥感技术在农作物病虫害监测领域的规范化发展,为农业生产提供更可靠的技术支持。

结束语

无人机遥感技术在农作物病虫害监测中展现出巨大的应用潜力,为农业病虫害防治提供了新的技术手段。通过不断优化硬件设备、改进数据处理算法、融合多源数据等措施,能够进一步提升无人机遥感技术在农作物病虫害监测中的应用水平。未来,随着技术的持续发展和完善,无人机遥感技术将在智慧农业领域发挥更加重要的作用,为保障农业生产和粮食安全提供有力支撑。

参考文献

- [1]荆成,屠西文,刘瑞.低空无人机遥感农情监测[J].南方农机,2022,53(15):73-75.
- [2]张超,康秦.无人机遥感监测作物病虫害研究进展[J].农业与技术,2022,42(03):47-49.
- [3]宋勇,陈兵,王琼,等.无人机遥感监测作物病虫害研究进展[J].棉花学报,2021,33(03):291-306.
- [4]郭良琴.浅析遥感技术在农业生产过程中的应用[J].农业与技术,2020,40(05):44-45.