

基于无人机遥感的大豆长势监测与产量预估研究

吴姗姗¹, 郝晓函²

1. 黑龙江农业经济职业学院, 黑龙江 牡丹江 157041

2. 吉林省种子管理总站, 吉林 长春 130000

DOI: 10.61369/TACS.2026040002

摘 要 : 近年来, 低空无人机遥感技术发展迅速, 并凭借能够获取高时空高分辨率的遥感影像、机动性好、操作简单等优势, 成为作物长势监测与产量预估的重要工具。大豆生产领域引入无人机遥感技术, 进行长势监测与产量预估, 是实现精准农业, 提升大豆产量的重要举措。基于此, 本文在分析大豆监测常用无人机遥感平台及传感器的基础上, 提出基于无人机遥感的大豆长势监测与产量预估数据处理方法、关键技术, 探讨具体生产实践中面临的挑战及其应对策略, 旨在为智慧农业发展提供参考。

关 键 词 : 无人机遥感; 大豆; 长势监测; 产量预估

Research on Soybean Growth Monitoring and Yield Estimation Based on UAV Remote Sensing

Wu Shanshan¹, Hao Xiaohan²

1. Heilongjiang Agricultural Economics Vocational College, Mudanjiang, Heilongjiang 157041

2. Jilin Provincial Seed Management Station, Changchun, Jilin 130000

Abstract : In recent years, low-altitude UAV (Unmanned Aerial Vehicle) remote sensing technology has developed rapidly. With the advantages of acquiring remote sensing images with high spatiotemporal resolution, good maneuverability, and simple operation, it has become an important tool for crop growth monitoring and yield estimation. The introduction of UAV remote sensing technology into soybean production for growth monitoring and yield estimation is a key measure to realize precision agriculture and improve soybean yield. Based on this, this paper analyzes the common UAV remote sensing platforms and sensors for soybean monitoring, proposes data processing methods and key technologies for soybean growth monitoring and yield estimation based on UAV remote sensing, and discusses the challenges faced in specific production practices and their corresponding countermeasures, aiming to provide references for the development of smart agriculture.

Keywords : UAV remote sensing; soybean; growth monitoring; yield estimation

引言

无人机遥感平台可搭载激光雷达、热红外相机、高光谱相机、多光谱相机等传感器, 准确获取作物的点云、纹理、光谱等信息, 为技术人员监测、评估作物生长的各项指标, 预估作物产量提供数据支撑。技术人员通过无人机搭载多光谱传感器, 快速获取田间数据, 而后结合机器学习算法实现精准分析, 进而了解大豆的生长状况(如植株高度、叶面积指数、叶绿素含量等), 对不同生长阶段的大豆进行模拟, 而后采取科学管理措施, 并预测大豆产量, 对推进大豆产业高质量发展有重要意义。智慧农业背景下, 大豆生产要重视无人机遥感技术应用, 从而获得更具针对性的决策依据。

一、大豆长势监测常用的无人机遥感平台及传感器

无人机遥感技术整合无人机与遥感技术, 利用各种类型的传感器获取大豆生长过程中的多源信息, 实现对大豆各个生长阶段的实时监测。在大豆生长监测中融入无人机遥感技术, 为相关管理活动提供类型丰富、低成本、高分辨率的数据, 是推进智慧农业建设的重要路径。

(一) 常用无人机遥感平台

无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV), 又称无人驾驶航空器, 依托机载程序控制装置、无线电遥控操纵无人机飞行平台。当前, 无人机已经广泛应用于大豆生产领域, 在其整体生长监测与产量预估方面更是发挥着不可替代的作用。大豆生产领域中, 常用的无人机遥感平台可分为多旋翼无人机、固定翼无人机、无人直升机等类型, 技术人员需要结合具体应用场景和监测

需求进行选择^[1]。其中，多旋翼无人机操作灵活、起降方便，能够在低空稳定飞行，多应用于小面积大豆种植区域的详细监测；固定翼无人机飞行速度快、续航时间长，适用于大面积大豆种植区域的快速扫描和监测，能够辅助技术人员普查大豆生长状况；无人直升机则兼具多旋翼无人机和固定翼无人机的部分特点，它垂直起降、悬停性能好、飞行半径较大，能适应复杂地形下的大豆监测任务^[2]。

（二）无人机传感器

就当前而言，农业监测中常用的传感器有激光雷达、热红外相机、高光谱相机、多光谱相机、近红外相机、数码相机等。针对大豆长势监测与产量预估，不同类型的传感器所获得的数据具有不同的特点和用途，单一传感器提供的数据难以全面反映大豆生长过程中的多维度变化^[3]。比如，RGB与多光谱传感器提供的影像数据只是某特定时期的遥感影像，难以体现大豆生长的动态变化；激光雷达虽能获取大豆植株的三维结构信息，但难以全面反映大豆的光谱特征。因此，产业发展中需要综合运用多种传感器的数据，构建多源数据融合的监测体系，获得包括雷达、激光、热红外、多光谱、可见光在内的多源遥感影像，利用多模态数据进行大豆长势监测与产量预估^[4]。

二、基于无人机遥感的大豆长势监测与产量预估常用数据处理方法

随着无人机传感器技术快速发展，大豆长势监测与产量估算可用的数据源愈发丰富，正在实现从单一的光谱数据向温度、点云、纹理多源数据的转变，同时产量估算建模方法也由早期的线性回归方法逐步发展为如今的机器学习、深度学习等更为先进的方法^[5]。

（一）线性回归方法

线性回归方法是一种较为基础的产量估算建模方法，它通过建立自变量（如大豆的某些生长指标）与因变量（产量）之间的线性关系来进行产量预估。大豆产量与特征参数、植被指数等的线性关系差，所以该方法适用性不强且精度低，已经逐渐被更为先进的方法所取代。有研究人员基于无人机多光谱和RGB图像计算植被指数，结合线性回归模型对大豆产量进行估算，结果显示其估算精度仍然不够高。

（二）机器学习

机器学习能够从无人机图像数据中“学习”信息并处理预测因子与目标变量之间关系，打破了特定方程的局限性，逐渐取代线性回归模型，在大豆产量估测方面展现出较大应用潜力。比如，有研究人员利用无人机获取大豆的多光谱影像，通过机器学习算法中的随机森林模型对大豆产量进行预测，结果表明其预测精度较高。虽然，机器学习算法构建的预测模型预测精度较高，但是机器学习模型处理时序数据、复杂非线性关系的能力较弱，且可解释性有限，需要研究者在这些方面进行更多有益尝试^[6]。

（三）深度学习

深度学习能够自动学习与目标任务相关的数据特征，并通过

构建深度神经网络模型对无人机获取的多源数据进行深度挖掘、分析，处理复杂的非线性关系和时序数据，在大豆长势监测与产量预估方面具有巨大的应用前景。当前，卷积神经网络（CNN）逐渐成为深度学习的常用框架，它能够自动提取图像中的特征，在处理无人机获取的大豆图像数据方面表现出色^[7]。

三、基于无人机遥感的大豆长势监测与产量预估技术要点

在实际运用无人机遥感技术进行大豆长势监测与产量预估时，有多个关键技术要点需要引起重视。

（一）精准获取信息

智能化、高效化、机械化、科学化、集约化、区域化是未来农业生产发展的重要特征，尤其是近几年无人机遥感快速发展，为提升农业信息精准度，提升大豆长势监测与产量预估准确性带来新的可能。为了获得准确结果，实际生产中不仅要合理选择产量估算建模方法，而且要做到精准获取信息。比如，实际生产中可以根据大豆种植区域的实际情况和监测需求，挑选最合适的传感器组合，获得多源数据；结合地形特征、监测需求设置飞行高度、速度、航线等飞行参数，以更少时间和更低成本获得准确数据^[8-9]。

（二）病虫害治疗

这是大豆长势监测与产量预估的重要方面，大豆生产中可以利用无人机搭载的传感器获取目标图像，然后由技术人员对图像光谱进行分析。病虫害对大豆产值影响最大的问题之一，如果情况严重可能导致大豆大幅减产甚至绝收。大豆生产中需要通过无人机遥感技术获取数据，分析其光谱特征变化，及时发现大豆植株病虫害。例如，当大豆感染某种病害时，其叶片的叶绿素含量会下降，在多光谱影像中就会呈现出特定波段的反射率异常。这种异常能够帮助技术人员及时发现问题，并准确判断病虫害的种类、发生程度，采取适宜的干预方法。

（三）田间除草

除草是保证大豆产量的基础性工作，如果不及及时处理田间杂草，将会导致大豆养分不足，产量降低。在种植生产时，应借助无人机遥感技术快速准确地识别杂草分布区域，为精准除草作业提供可靠依据。无人机搭载的多光谱相机或高分辨率相机，可以获取大豆田间的清晰影像，传输给数据分析系统。系统通过分析影像，准确区分杂草和大豆植株，确定杂草的位置和分布范围^[10]。

四、无人机遥感在大豆长势监测与产量预估方面面临的主要挑战及其应对策略

（一）主要挑战

无人机遥感在大豆长势监测与产量预估方面面临的主要挑战包括数据获取质量难以得到保证、数据处理与分析方法复杂、模型精度与泛化能力不足、模型迁移性与普适性差等，具体如下。

数据获取质量难以得到保证：无人机遥感数据获取受云层、大气、光照等环境因素影响显著，环境因素可能导致数据缺失或质量下降。

数据处理与分析方法复杂：无人机影像遥感作物长势监测流程包括影像拼接、几何校正、辐射校正等预处理，以及参数估算、精度分析、制图成图等功能，比较复杂。

模型精度与泛化能力不足：当前基于无人机遥感的作物估产模型在精度和泛化能力方面仍存在不足。

模型迁移性与普适性差：学者们通常使用交叉验证的方法来验证作物估产模型的性能，较少使用独立验证法。

（二）应对策略

针对无人机遥感在大豆长势监测与产量预估方面面临的主要挑战，技术人员可以采取以下应对策略提升数据获取质量、模型精度与泛化能力，简化数据处理流程，改善模型迁移性与普适性。

优化飞行参数：降低飞行高度（至50—100米）以提高分辨率，控制速度（≤80km/h）减少模糊；搭载高精度RTK模块，实现厘米级定位。

数据增强与迁移学习：通过旋转、缩放影像增加样本多样性；采用YOLOv8、ResNet等模型提升病虫害识别准确率至92%。

品种与环境协同建模：构建动态自适应监测策略，根据大豆生长周期调整模型参数。

跨区域验证与参数调整：在不同生态区（如伊利诺伊州、爱荷华州）独立验证模型，分析区域差异；建立参数库，根据气候、土壤条件自动调用最优模型配置。

通用特征提取框架：设计基于深度学习的通用特征提取器，减少对品种特异性的依赖。

五、结语

综上所述，低空无人机遥感技术为大豆长势监测与产量预估提供了重要工具，是该领域推进智慧农业的关键支撑。大豆生长势监测与产量预估中，要融入无人机遥感技术，为相关管理活动提供类型丰富、低成本、高分辨率的数据，提升管理决策科学性、产量预估准确性。当前，无人机传感器技术快速发展，大豆长势监测与产量估算可用的数据源愈发丰富，这为机器学习、深度学习等先进的数据处理方法替代早期的线性回归方法带来可能。在实际操作中，技术人员可以通过合理选择无人机遥感平台与传感器、精准获取信息，提升大豆长势监测与产量预估准确度，并将无人机遥感推广到病虫害治疗、田间除草等领域。

参考文献

[1] 张文渊, 吕福海. 智慧农业中基于人工智能的无人机遥感数据处理与无线通信优化研究 [J]. 中国宽带, 2024, 20(12): 92–94.

[2] 杨晓军. 无人机遥感技术在智慧农业中的应用研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2024, 52(23): 11–15.

[3] 李朝阳. 无人机遥感技术在农田水利监测中的应用与优化策略 [J]. 农村科学实验, 2024, (21): 84–86.

[4] 王宇唯, 马旭, 谭德妍, 等. 无人机遥感与地面观测的多模态数据融合反演水稻氮含量 [J]. 农业工程学报, 2024, 40(18): 100–109.

[5] 吴宇通, 张伟, 石文强, 等. 基于无人机遥感的大豆倒伏识别研究 [J]. 中国农机化学报, 2024, 45(09): 209–214+257.

[6] 李瑞鑫, 张宝林, 潘丽杰, 等. 不同无人机飞行高度下玉米叶片叶绿素相对含量的无人机遥感反演及其指示叶位的识别 [J]. 江苏农业学报, 2024, 40(07): 1234–1244.

[7] 班甜甜, 蔡家斌, 马超, 等. 基于无人机和遥感技术的蔬菜表型信息采集与监测研究 [J]. 南方农机, 2024, 55(12): 30–32+54.

[8] 李雪. 基于无人机遥感的小麦长势监测和产量估测研究 [D]. 河南科技大学, 2024.

[9] 李婉钰, 吴文轩, 于明磊, 等. 基于无人机多光谱数据的水稻籽粒蛋白质积累动态监测 [C]// 中国作物学会. 第二十届中国作物学会学术年会论文摘要集. 南京农业大学国家信息农业工程技术中心, 农业农村部农作物系统分析与决策重点实验室, 智慧农业教育部工程研究中心, 江苏省信息农业重点实验室, 江苏省现代作物生产协同创新中心; 2023: 445.

[10] 李敏, 郭雷风, 王瑞利. 无人机遥感在马铃薯田间表型研究中的应用 [J]. 河南农业科学, 2023, 52(09): 24–32.