

智能农业机械关键技术及应用研究

张学勇 王荣山

德州市农业机械服务中心

DOI:10.12238/as.v8i1.2684

[摘要] 智能农业机械通过传感器、自动驾驶、精准农业、数据分析与机器人技术,显著提升生产效率和品质。传感器实时获取作物生长和环境数据,支持精准农业;自动驾驶提高作业精度和效率,降低人力成本;精准农业优化资源配置,减少污染;数据分析系统为农民提供科学决策依据;机器人在采摘、除草等环节展现潜力。尽管已取得进展,智能农业机械仍面临技术成本高、设备维护复杂、数据安全等问题。未来,随着人工智能、物联网、5G通信等技术的发展,智能农业机械将迎来更多创新机遇,推动农业生产的自动化、智能化和精准化。

[关键词] 智能农业机械; 关键词; 技术

中图分类号: S23 文献标识码: A

Research on Key Technologies and Applications of Intelligent Agricultural Machinery

Xueyong Zhang Rongshan Wang

Dezhou Agricultural Machinery Service Center

[Abstract] Intelligent agricultural machinery significantly improves production efficiency and quality through sensors, autonomous driving, precision agriculture, data analysis, and robotics technology. Real time acquisition of crop growth and environmental data by sensors, supporting precision agriculture; Autonomous driving improves operational accuracy and efficiency, and reduces labor costs; Precision agriculture optimizes resource allocation and reduces pollution; The data analysis system provides farmers with scientific decision-making basis; Robots have shown potential in picking, weeding, and other processes. Despite the progress made, smart agricultural machinery still faces issues such as high technological costs, complex equipment maintenance, and data security. In the future, with the development of technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things, and 5G communication, intelligent agricultural machinery will usher in more innovative opportunities, promoting the automation, intelligence, and precision of agricultural production.

[Key words] intelligent agricultural machinery; key word; technology

引言

农业机械化是现代农业的关键支撑,全球普及率提升,发达国家大型农场已基本实现全面机械化,发展中国家小农户地区进展缓慢。近年来,农业机械技术水平显著提高,传统设备演变为集电子控制、液压系统于一体的复杂机器,具备自动化操作、实时监控和调整功能。然而,高成本、基础设施不完善及农民缺乏技术培训等问题仍制约其发展。国家政策支持和技术进步推动了小型化、轻量化农业机械的普及,地方政府也出台了补贴政策鼓励购买先进设备。智能化农业机械通过集成传感技术、人工智能、物联网和大数据分析,实现了全面感知、智能决策和精准执行,具备自主导航和路径规划能力,提高了作业效率,减少了人工依赖。未来,智能化农业机械将与无人机、机器人等设备协同工作,形成智能农业生态系统,进一步提升生产效率和品质。

1 传感器技术在农业中的应用

1.1 传感器类型与功能

传感器是智能农业机械的核心,实时感知农田环境和作物生长状态,提供精准农业所需数据。土壤湿度传感器测量水分,帮助决定灌溉需求;温度传感器监测空气和土壤温度,优化种植与灌溉,红外温度传感器还能非接触式测量作物表面温度;光照传感器调整遮阳网或补光灯,确保适宜光照;气体传感器监测温室内的气体浓度,优化通风和施肥;图像传感器结合计算机视觉技术,识别作物生长、病虫害及杂草分布;GPS传感器用于精确定位农田位置,实现农业机械自动导航、路径规划,并生成数字地图,提供地理信息支持。

1.2 作物监测应用

传感器技术在作物监测中提升了农业效率和精度。实时监

测作物生长,农民能及时发现问题并采取措施,减少损失,提高产量。图像传感器结合机器学习识别生长阶段,合理安排施肥、灌溉和病虫害防治。多光谱和高光谱成像检测叶绿素含量,评估光合作用效率,预测产量。图像传感器识别病斑和虫害痕迹,气体传感器检测VOCs变化,提前预警病虫害。多光谱传感器测量叶片氮含量,土壤传感器检测养分,帮助科学施肥。土壤湿度和作物表面温度传感器结合气象数据合理安排灌溉,避免水资源浪费。

1.3 环境监测应用

传感器技术在农田环境监测中广泛应用,实时获取气候、空气质量、土壤和水体质量等数据。气象站监测风速、降水量、气温,帮助农民预测天气并采取防灾措施;气体传感器检测有害气体,保障作物光合作用和农民健康;土壤监测pH值、盐分、有机质,防止盐渍化和养分不良;水体监测溶解氧、氨氮,避免根系腐烂和病害。通过这些传感器,农民能优化管理,减少自然灾害和环境变化的影响,提高农业生产效率和可持续性。

2 自动驾驶技术的应用

2.1 导航系统原理

自动驾驶技术的核心是导航系统,现代农业机械依赖GNSS(如GPS、GLONASS、Galileo)实现厘米级定位,通过接收多颗卫星信号计算位置。IMU实时感知姿态变化,弥补GNSS在信号丢失或弱信号环境下的不足。视觉传感器识别作物行、边界和障碍物,LiDAR构建农田三维地图。这些传感器与GNSS和IMU结合,形成多传感器融合的导航系统,提升农业机械在复杂环境中的稳定性和精确度,提供全方位感知能力。

2.2 路径规划算法

路径规划是自动驾驶农业机械的关键环节,旨在生成最优路径以高效、安全地完成作业任务。常见算法包括A*、Dijkstra和RRT。A*通过评估节点成本和启发值,适合结构化农田,能快速找到最短路径;Dijkstra适用于无向图和有向图,计算复杂度高,但在复杂地形中提供更精确的路径规划;RRT基于随机采样,适合高维空间和复杂环境,能够灵活应对动态障碍物。近年来,深度学习方法兴起,利用神经网络从历史数据中学习最优路径策略,如CNN识别作物行和障碍物,强化学习进行实时调整,优化路径选择。这些算法共同推动了农业机械自动化的发展,提升了作业效率和安全性^[1]。

2.3 实时避障技术

实时避障技术是确保农业机械在复杂农田环境中安全运行的关键。面对动态不确定的环境,机械需快速响应并精确检测石头、树桩、沟渠等障碍物。常用的避障方法包括传感器避障和机器视觉避障。前者利用超声波、红外、激光雷达等设备实时检测并调整速度或转向;后者通过摄像头捕捉图像,结合深度学习模型识别障碍物并与导航系统协同工作。系统还需考虑机械的动力学特性,避免突然加速、减速或转向影响稳定性和安全性,引入PID控制器或MPC可提高避障的可靠性和精度。实时避障不仅保障机械安全,还提高作业效率,减少人为干预,推动农业智能化发展。

3 精准农业技术的发展

3.1 精准播种技术

精准播种技术通过精确控制种子的播种量、深度和间距,显著提升作物质量和产量。利用传感器、GPS定位和自动化设备,该技术根据土壤类型、湿度和肥力等因素动态调整参数,如在贫瘠土壤中减少密度,在肥沃土壤中增加密度。高精度GPS确保厘米级定位,智能监控系统实时监测播种过程,检测种子下落、播种深度和土壤压实度,发现异常立即调整。结合无人机和卫星遥感,帮助农民了解田间状况,制定科学播种计划,提升生产效率,支持可持续农业发展。

3.2 精准施肥技术

精准施肥技术通过精确控制肥料的施用量、时间和位置,显著提高利用率并减少环境污染。传统施肥方式导致资源浪费和作物生长不均,而精准施肥采用“变量施肥”,根据作物需求和土壤养分状况动态调整施肥量。借助土壤传感器、叶绿素仪、光谱仪等设备实时监测氮、磷、钾含量及作物生长状态,结合GIS和GPS绘制土壤养分地图,确保每块土地得到适宜的肥料供应。物联网和大数据技术的应用进一步扩展了精准施肥的范围,传感器网络实时收集数据,上传至云端分析,提供个性化施肥建议,并与气象预报系统连接,自动调整施肥时间,避免肥料流失^[2]。

3.3 精准灌溉技术

精准灌溉技术通过精确控制水量、时间和频率,提高水资源利用效率,降低成本。传统灌溉方式如大水漫灌和喷灌浪费水,易导致土壤板结和盐碱化。精准灌溉借助传感器、自动化系统和智能算法,实时监测土壤湿度和天气变化,确保每个区域的水分需求得到准确满足,减少蒸发和渗漏损失,改善土壤结构,促进作物健康生长。智能算法根据作物生长阶段、气候和土壤类型调整灌溉策略,减轻农民劳动强度。此外,精准灌溉还可与无人机、卫星遥感等技术结合,实现大面积农田的高效管理,提升生产效率,节约水资源,保护生态环境。

3.4 精准病虫害防治技术

精准病虫害防治技术利用传感器、图像识别和智能算法,实现早期预警和精准施药,减少农药使用,避免环境污染和抗药性。田间环境传感器实时监测温湿度、光照等变化,捕捉病虫害微小迹象;图像识别结合摄像头或无人机自动识别病虫害种类和程度,发出警报。GIS和GPS精确定位病虫害区域,靶向施药,提高效果。AI预测病虫害发生时间和地点,智能喷药设备根据作物生长自动调整喷药参数。物联网和大数据全程监控管理,优化防治策略,并与气象预报系统连接,确保药效,促进农业可持续发展。

4 数据分析与决策支持

4.1 农业大数据收集

农业大数据的收集是精准农业和智能农业机械应用的基础。传感器网络实时监测土壤湿度、温度、光照等,并将数据传输至中央控制系统或云端平台,确保实时性和准确性。图像识别技术帮助农民及时发现作物异常,卫星遥感和无人机提供高分

分辨率图像及多光谱、热成像数据,捕捉植被指数、土壤湿度和作物健康状况,提前预警潜在问题。智能农业机械记录作业轨迹、速度、油耗等数据,优化操作效率并辅助制定科学种植计划^[3]。

4.2 数据处理与分析

农业大数据需经清洗、特征提取、模型训练与预测等处理,以提供决策依据。数据清洗确保质量,特征提取从气象、土壤、作物生长等数据中获取关键信息,如温度、降水量、pH值等,理解作物生长规律。基于这些特征,使用线性回归、随机森林等算法构建模型,预测产量、病虫害及最佳施肥时间。强化学习优化农机作业路径和参数,提升生产效率。

4.3 决策支持系统

决策支持系统(DSS)集成农业大数据、智能推荐和风险预警,为农民提供科学的种植、管理和收获建议。智能推荐优化作物品种选择、播种时间、灌溉及农事操作,风险预警预测自然灾害、病虫害和市场波动并提前防范。综合管理平台整合这些功能,农民可实时查看数据、接收建议并与专家对接,提升管理效率,降低生产成本,增加经济效益。

5 机器人技术在农业中的应用

5.1 采摘机器人

随着农业机械化和智能化发展,采摘机器人成为现代农业的重要组成部分。通过集成传感器、机器视觉和机械臂技术,机器人能在复杂农田环境中自动识别并采摘成熟果实或蔬菜。视觉系统利用摄像头和深度学习算法对果实进行分类和定位,机械臂配备轻柔抓取工具,适用于不同类型的作物。机器人还具备自主导航能力,利用GPS、惯性导航和激光雷达规划最优路径,提高效率。目前,采摘机器人已在荷兰温室番茄采摘中实现商业化应用,但仍面临复杂天气和不规则作物等挑战。未来,技术进步将使机器人更加智能灵活,适应更多农业场景。

5.2 除草机器人

除草是农业生产的关键,传统方式依赖人工或化学除草剂,存在劳动强度大、环境污染等问题。除草机器人通过高精度传感器和图像识别系统实时检测杂草,利用机器学习算法区分杂草与作物,避免误伤。采用机械切割、激光烧灼和微波加热等环保方式减少土壤污染,适用于不同类型杂草。机器人具备自主导航能力,利用GPS等技术规划最优路径,适应复杂农田环境,并根据作物生长周期调整除草频率。已在多个国家应用,尤其在有机农业和精细农业中表现出色,显著降低人工成本和化学除草剂使用量,推动农业可持续发展。

5.3 喷药机器人

喷药机器人通过智能识别、精准喷洒和自主导航,解决传统

喷药的药物浪费、环境污染和农民健康风险。配备高精度传感器和图像识别系统,机器人能实时检测病虫害并根据严重程度选择合适药物和剂量,实现局部喷洒避免浪费。支持雾化、定点和无人机喷洒,适应不同地形和环境,确保药物均匀覆盖或定点处理。利用GPS、激光雷达等技术规划最优路径,根据作物生长周期调整喷洒频率。目前,已在多国果树种植和大田作物管理中广泛应用,显著减少药物使用量和污染。未来,机器人将更智能化,适应更多作物和复杂农田环境,提升农业安全性和效率。

5.4 包装机器人

传统农产品包装依赖人工,效率低、成本高。包装机器人实现从采摘到包装的全流程自动化,通过机械臂、传送带和控制系统抓取作物,确保安全高效。配备高精度传感器和图像识别系统,实时检测产品质量,自动剔除不合格品,保证每箱产品一致性和个性化包装。机器人与智能仓储和物流系统无缝对接,利用RFID和条形码技术追踪包装盒去向,确保按时交付并调整包装速度。目前,包装机器人已在多国应用于水果、蔬菜等农产品包装,如日本的草莓和樱桃,显著提升效率和质量。未来,包装机器人将更加智能化,适应更多农产品种类和复杂需求,推动农业现代化。

6 结束语

未来智能农业机械创新将集中在五个方向:一是人工智能与机器学习融合,提升作物识别、病虫害检测和环境感知的精准度,提高自动化作业效率;二是5G与物联网广泛应用,通过低延迟、高带宽网络实现实时数据传输和云端分析,优化农场管理决策;三是新型材料和能源技术应用,提高农业机械的耐用性和能效,推动绿色可持续发展;四是生物技术与农业机械结合,开发智能播种和肥料施用设备,改善作物品种和土壤质量;五是虚拟现实和增强现实技术,提供直观操作体验和培训工具,助力农田管理。

[参考文献]

- [1]毛春昱,刘佳奇,宁檬,等.智能农业机械集成管理与数据分析应用探究[J].农业机械,2024,(10):78-80.
- [2]刘虎.智能农业机械的发展和推广应用[J].农业技术与装备,2024,(07):28-29+32.
- [3]刘海芸.农业机械自动化及其在农业生产中的应用[J].新农人,2024,(12):93-95.

作者简介:

张学勇(1974--),男,山东省德州市人,本科,正高级工程师,主要研究农业机械和农机推广等。