

基于人工智能的农田灌溉水利调度技术研究

张琼

北京井田绿洲科技有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i11.5889

[摘要] 本文探讨基于人工智能的农田灌溉水利调度技术,首先阐述传统农田灌溉水利调度存在的问题,进而详细介绍了人工智能技术在农田灌溉中的应用优势,包括精准感知、智能决策和高效调控等方面。重点研究基于人工智能的农田灌溉水利调度系统的关键技术,如数据采集与传输技术、数据分析与处理技术、模型构建与优化技术等。并对该技术的应用前景进行了展望,分析其在提高水资源利用效率、促进农业可持续发展等方面的重要意义。

[关键词] 人工智能; 农田灌溉; 水利调度; 水资源利用

中图分类号: P333.5 文献标识码: A

Research on Agricultural Irrigation Water Scheduling Technology Based on Artificial Intelligence

Qiong Zhang

Beijing Jingtian Oasis Technology Co., Ltd.

[Abstract] This paper explores irrigation scheduling technology for farmland based on artificial intelligence (AI). It first identifies the issues inherent in traditional farmland irrigation scheduling and subsequently elaborates on the advantages of AI applications in this domain, including precise sensing, intelligent decision-making, and efficient regulation. The study focuses on the critical technologies underlying AI-based irrigation scheduling systems, such as data acquisition and transmission, data analysis and processing, and model construction and optimization. Furthermore, it forecasts the application prospects of this technology, emphasizing its significant role in improving water resource utilization efficiency and promoting sustainable agricultural development.

[Key words] Artificial Intelligence; Farmland Irrigation; Water Scheduling; Water Resource Utilization

引言

农田灌溉是农业生产的关键环节,对于保障农作物生长发育、提高农作物产量具有重要意义。然而,传统的农田灌溉水利调度依赖经验和简单的监测手段,存在水资源浪费严重、灌溉效率低下、难以适应复杂多变的农田环境等问题。随着人工智能技术的快速发展,其在农田灌溉水利调度中的应用为解决这些问题提供新的思路和方法。利用人工智能的强大数据处理能力、智能决策能力和精准控制能力,可实现农田灌溉的智能化、精准化和高效化,提高水资源利用效率,促进农业可持续发展。

1 传统农田灌溉水利调度存在的问题

1.1 水资源浪费严重

传统农田灌溉大多采用粗放式的灌溉方式,如大水漫灌、渠道输水灌溉等。这些灌溉方式缺乏对农田土壤水分状况、作物需水规律等的精准把握,导致灌溉水量过多,大量水资源被白白浪费。此外,由于灌溉系统的不完善,如渠道渗漏、田间工程不配套等,也造成水资源在输送和分配过程中的损失^[1]。

1.2 灌溉效率低下

传统灌溉方式难以根据不同作物、不同生长阶段的需水特性进行精准灌溉,导致灌溉不均匀,部分区域水分过多或过少,影响作物生长。同时,传统灌溉系统的自动化程度低,需要人工操作和监控,不仅劳动强度大,而且容易出现人为误差和延误,进一步降低了灌溉效率。

1.3 缺乏适应性和灵活性

农田环境复杂多变,土壤质地、地形地貌、气象条件等因素,都会对灌溉需求产生影响。传统农田灌溉水利调度,缺乏对这些因素的综合考虑和动态调整能力,难以适应不同地区、不同季节的农田灌溉要求。一旦遇到特殊气候或土壤条件变化,传统灌溉系统无法及时做出有效应对,导致灌溉效果不佳^[2]。

2 人工智能在农田灌溉中的应用优势

2.1 精准感知能力

人工智能依托各类先进传感器,赋予农田灌溉前所未有的精准感知力。土壤湿度传感器可深入不同土层,精确测定土壤水分含量,无论是表土的轻微干湿变化,还是深层土壤的蓄水量差异,都能精准捕捉,为判断作物根部水分吸收状况提供关键依

据。气象传感器如同敏锐的气象卫士,实时监测气温、湿度、气压、风速、风向以及降雨量等气象要素,不仅反映当下天气对作物蒸腾作用的影响,还能预测未来天气变化趋势,以便提前调整灌溉策略。作物生长传感器则专注于作物本身,监测株高、叶面积、生物量等指标,精准把握作物生长阶段与健康状况,从而推断其需水特性^[3]。此外,借助多光谱相机、无人机等设备获取的农田图像数据,可详细分析作物的营养分布、病虫害侵袭情况等。多维度、全方位的传感器网络,进而实现精准灌溉。

2.2 智能决策能力

基于强大的机器学习与深度学习算法,人工智能具备卓越的智能决策能力。对海量历史数据与实时监测数据的深度分析,构建高度精准的作物需水模型与灌溉决策模型。在作物需水模型中,综合考量土壤水分蒸发、作物蒸腾、生长阶段、气象条件等复杂因素,以数学公式或数据驱动的方式,准确预测不同品种作物在不同时期的需水量。深度学习算法可挖掘出气象数据与作物需水之间的潜在关联模式,即使面对复杂多变的气候条件,也能精准预估作物的水分需求。而灌溉决策模型则以水资源高效利用、作物产量最大化、灌溉成本最低化为目标,结合土壤水分下限、灌溉设备能力等约束条件,运用遗传算法、粒子群优化算法等多目标优化手段,制定出科学合理的灌溉方案^[4]。无论是确定最佳灌溉时间、精准计算灌溉水量,还是选择适宜的灌溉方式,人工智能都能在瞬间给出最优决策。

2.3 高效调控能力

人工智能与灌溉控制系统紧密结合,实现对灌溉设备的高效调控。一旦智能决策模型确定灌溉方案,系统便会自动向灌溉设备发送指令。灌溉阀门会依据指令精确调整开度,精准控制水流大小;水泵也会适时启停,确保灌溉水量恰到好处。在灌溉过程中,人工智能持续根据实时监测数据进行动态调整。若遇降雨天气,系统会立即暂停灌溉,避免水资源浪费;当土壤水分因蒸发或作物吸收而不足时,会及时增加灌溉水量,始终维持作物生长的最佳水分环境。这种自动化、智能化的调控机制,不仅提高灌溉效率,减少人力投入与人为误差,还能有效应对农田环境的各种突发变化,保障灌溉作业的稳定、高效运行,让农田灌溉真正实现智能化管理^[5]。

3 基于人工智能的农田灌溉水利调度系统的关键技术

3.1 数据采集与传输技术

选用高精度、高可靠性的传感器是获取准确农田数据的关键,土壤湿度传感器应精确测量不同深度土壤的水分含量,其测量范围和精度要满足农田灌溉的需求。气象传感器实时监测气温、湿度、气压、风速、风向、降雨量等气象参数,为灌溉决策提供气象依据。作物生长传感器可以通过监测作物的株高、叶面积、生物量等指标,反映作物的生长状况和需水趋势。此外,还可采用多光谱相机、无人机等设备获取农田的图像数据,用于分析作物的营养状况、病虫害情况等,进一步完善数据采集体系。同时,为确保采集到的数据能够及时、准确传输到数据处理

中心,需采用高效的数据传输技术。常见的无线传输技术如Wi-Fi、蓝牙、ZigBee等可以在短距离内实现数据传输,适用于农田内局部区域的数据采集设备与数据汇聚节点之间的通信。对于长距离数据传输,可采用4G/5G移动通信技术或基于LoRaWAN、NB-IoT等物联网技术的无线传输网络,将分散在农田各处的数据汇聚到数据处理中心进行集中分析处理。同时,要建立数据传输的安全机制,保障数据在传输过程中的完整性和保密性^[6]。

3.2 数据分析与处理技术

在数据预处理方面,对于采集到的农田数据存在噪声、异常值等问题,需进行预处理。数据预处理包括数据清洗、数据去噪、数据插值等操作。通过数据清洗去除重复、错误的数据记录;采用滤波算法等方法去除数据中的噪声干扰;对于缺失的数据点,可采用插值算法进行补充,以保证数据的连续性和完整性;在数据分析方面,运用机器学习和深度学习算法,对预处理后的农田数据进行分析。在机器学习方面,常用的算法有决策树、支持向量机、随机森林等,根据历史数据建立作物需水预测模型,分析土壤水分数据、气象数据以及作物生长数据之间的关系,预测不同作物在不同生长阶段的需水量。深度学习算法如神经网络、卷积神经网络等在处理复杂的农田数据关系方面具有优势,对图像数据、多源数据融合等进行深入分析。利用卷积神经网络对无人机拍摄的农田图像进行分析,识别作物的种类、生长状况以及病虫害情况,为灌溉决策提供更全面的信息。

3.3 模型构建与优化技术

根据农田数据和作物生长特性构建作物需水模型。作物需水模型可综合考虑土壤水分蒸发、作物蒸腾、作物生长阶段、气象条件等因素,采用数学公式或基于数据驱动的模式构建方法。例如,采用Penman-Monteith公式计算参考作物蒸散量,再结合作物系数确定作物的实际需水量。或者利用机器学习算法,结合大量的农田观测数据训练得到作物需水预测模型,该模型根据实时输入的农田数据输出作物的需水量预测值。在作物需水模型的基础上,构建灌溉决策模型。灌溉决策模型的目标是确定最佳的灌溉时间、灌溉水量和灌溉方式。采用多目标优化算法,如遗传算法、粒子群优化算法等,以水资源利用效率最高、作物产量最大、灌溉成本最低等为目标函数,同时考虑土壤水分下限、灌溉设备能力等约束条件,求解出最优的灌溉方案。遗传算法可模拟生物进化过程,对灌溉决策变量进行编码、交叉、变异等操作,逐步搜索出满足目标函数和约束条件的最优灌溉方案。此外,建立的作物需水模型和灌溉决策模型需要不断优化和验证。与实际农田灌溉数据进行对比分析,评估模型的准确性和可靠性。根据模型评估结果,对模型的参数、结构等进行调整和优化,提高模型的性能。采用交叉验证、留一法验证等方法对模型进行验证,确保模型在不同数据集上都具有较好的泛化能力。

4 基于人工智能的农田灌溉水利调度技术的应用前景

4.1 提高水资源利用效率

在水资源日益稀缺的背景下,基于人工智能的农田灌溉水利调度技术展现出卓越的节水潜力。传统灌溉方式因缺乏精准性而导致大量水资源被无效消耗,而人工智能技术利用精准感知农田的实时状况,如土壤湿度、气象条件以及作物需水特征等,精确计算出作物实际所需的灌溉水量和时间节点。借助先进的传感器网络与智能算法,可确保每一滴水都能精准地输送到作物根系最需要的部位,避免因过度灌溉造成的水资源浪费,如大水漫灌导致的地表径流和深层渗漏。运营精准灌溉模式,灌溉水的有效利用率有望大幅提升,从而缓解农业用水紧张的严峻形势,为保障农业可持续发展提供坚实的水资源支撑。

4.2 促进农业增产增收

适宜的水分供应,是农作物茁壮成长和高产稳产的关键因素之一。人工智能驱动的灌溉水利调度技术,依据作物不同生长阶段的精确需水信息,提供恰到好处的灌溉方案。在作物生长的关键时期,如孕穗期、灌浆期等,确保充足且适量的水分供应,可促进光合作用的高效进行,利于养分的吸收与转化,进而提高作物的产量和品质。精准的灌溉调控使小麦颗粒更加饱满,水果口感更佳、色泽更鲜艳。同时,避免水分过多引发的根系缺氧、病害滋生以及水分过少导致的生长受阻、减产等问题,有效降低农业生产的风险,为农民带来更稳定、丰厚的收益。

4.3 推动智慧农业发展

作为智慧农业的重要组成部分,人工智能在农田灌溉中的应用为整个农业生产体系的智能化转型树立了典范。与农业物联网、大数据、云计算等前沿技术深度融合,构建起全方位、多层次的智慧农业生态系统。在该系统中,农田灌溉不再是孤立的环节,而是与其他农业生产要素相互协同、智能联动。灌溉系统可根据作物生长监测数据、气象预测信息以及土壤肥力状况等综合因素自动调整灌溉策略,同时将相关数据反馈至农业生产管理平台,为施肥、病虫害防治等其他农事操作提供决策依据。智能化、一体化的农业生产模式,极大提升了农业生产的效率和精准度,加速传统农业向智慧农业的转型升级进程,引领农业现代化发展的新潮流。

4.4 助力农业生态环境保护

合理的灌溉调度,对于维护农业生态环境平衡具有重要作用,而人工智能技术为此提供有力保障。精准的灌溉控制有效减少因过量灌溉导致的农田养分流失和农药随水扩散现象,从而

降低农业面源污染对土壤、水体和空气的危害。例如,避免过多的氮、磷等营养元素流入河流湖泊引发水体富营养化,减少农药残留对土壤微生物群落和生态系统功能的破坏。此外,提高水资源利用效率,可减少对地下水的过度开采,防止地下水位下降引发的地面沉降、海水倒灌等地质灾害和生态问题,有助于保护农业生态环境的完整性和稳定性,实现农业生产与生态保护的和谐共生。

5 结论

基于人工智能的农田灌溉水利调度技术具有巨大的应用潜力和广阔的发展前景,克服传统农田灌溉水利调度存在的问题,充分发挥人工智能的精准感知、智能决策和高效调控优势,利用先进的数据采集与传输技术、数据分析与处理技术以及模型构建与优化技术,可实现农田灌溉的智能化、精准化和高效化。不仅提高水资源利用效率、促进农业增产增收,还将推动智慧农业的发展,助力农业生态环境保护。随着人工智能技术的不断发展和完善,相信其在农田灌溉领域的应用将取得更加显著的成效。在未来的研究和实践中,还需进一步加强技术创新与集成应用,完善相关标准和规范,提高农民对新技术的接受度和应用能力,以促进基于人工智能的农田灌溉水利调度技术的广泛推广和应用。

参考文献

- [1]王庆.人工智能在农业领域中的应用及发展对策[J].现代农业科技,2024,(21):161-164.
- [2]姚进洲.人工智能技术在农业灌溉领域的应用与问题[J].农业工程技术,2023,43(29):87-88.
- [3]张晓龙.大数据时代农田水利自动化监测系统中人工智能技术的实践探索[J].农业灾害研究,2023,13(08):295-297.
- [4]祝尚先.人工智能技术在农业灌溉领域中的运用[J].农业工程技术,2022,42(30):47-48.
- [5]郭奉凯.浅谈人工智能在农业自动灌溉中的应用[J].现代农业,2020,(12):78.
- [6]刘双印,黄建德,黄子涛,等.农业人工智能的现状与应用综述[J].现代农业装备,2019,40(06):7-13.

作者简介:

张琼(1976—),男,汉族,山西省文水县人,工学硕士,高级工程师,北京井田绿洲科技有限公司,研究方向:灌溉理论与技术。