

智慧农业灌溉系统

倪江昊¹, 金启彦^{1,*}

(1.大连理工大学城市学院, 辽宁省大连市; *通讯作者, jin_qiyan@163.com)

摘要: 在现代农业不断发展的背景下, 智慧农业灌溉系统已经逐步成为提升农业生产效率、节约水资源等方面的重要途径。首先, 文章对智慧农业灌溉系统定义及特征进行阐述, 对其中关键技术进行深入剖析, 主要涉及物联网技术、大数据分析及云计算和人工智能算法的运用。其次, 本文对智慧农业灌溉系统设计流程进行了详细描述, 主要包括系统架构设计、硬件选型及配置和软件平台开发。最后, 以农田灌溉、果园灌溉以及温室大棚灌溉为例进行应用实例研究, 表明智慧农业灌溉系统已被广泛应用于实际农业生产当中并取得显著成效。本研究目的是为智慧农业灌溉系统研究开发及应用提供理论参考及实践指导, 促进现代农业持续发展。

关键词: 智慧农业; 灌溉系统; 灌溉设备配置

引言

智慧农业灌溉系统是智慧农业中的一个重要环节, 它通过将先进传感器、控制器以及数据分析平台整合在一起, 从而实现灌溉过程精准管理以及自动化控制。该智能化灌溉方式在提升灌溉效率与精准度的同时, 有效地节约水资源、推动农业可持续发展。本研究的目的在于通过对智慧农业灌溉系统应用于农田、果园以及温室大棚不同应用场景下的实际应用效果进行分析, 探究其在农业生产上的推广价值以及应用前景。

1 智慧农业灌溉系统基础理论

1.1 智慧农业灌溉系统的定义与特点

智慧农业灌溉系统是现代农业科技中的优秀代表, 它通过融合先进物联网技术、大数据分析、云计算、人工智能算法等技术来实现农田灌溉过程中的智能控制和管理。本系统可对土壤湿度、作物生长状态及气象条件多维度信息进行实时监控, 根据这些信息对灌溉计划进行自动调节, 在保证作物得到适量水分的前提下尽量减少水资源浪费[1]。

智慧农业灌溉系统最核心的特征就是它具有很高的智能化和自动化程度。一方面, 该系统利用物联网技术建立覆盖农田各个地区的传感器网络, 可以对各种环境参数进行实时获取和传输, 从而为灌溉决策提供数据支持。另一方面, 系统运用大数据分析和云计算技术对海量数据进行有效处理和挖掘, 揭示作物生长和灌溉需求的内在关系, 以便制定更科学、更合理的灌溉策略。另外, 采用人工智能算法使系统可以根据作物生长周期、土壤类型和气候条件等诸多因素对灌溉计划进行动态调整, 从而达到精准灌溉的目的[2]。

1.2 关键技术分析

1.2.1 物联网技术

物联网技术将传感器, 无线通信及数据处理等各种技术手段融合在一起, 使农田环境及灌溉设备互联在一起, 对智慧农业灌溉系统具有较强的数据支持及实时控制能力。具体来讲, 将物联网技术应用于智慧农业灌溉系统主要有以下几点: 一是通过农田上布设的各种传感器, 例如土壤湿度传感器、温度传感器和光照强

度传感器，利用物联网技术可以对农田环境参数进行实时的监控，并且把这些数据实时的传送到系统控制中心[3]。这些数据对系统提供作物生长状态、灌溉需求等重要信息，也是精准灌溉计划编制的重要基础。二是物联网技术利用 Wi-Fi、LoRa、NB-IoT 等无线通信手段实现传感器和控制中心远程通信。该无线通信方式在提高数据传输效率与准确性的同时，也减少了系统布线与维护费用，使智慧农业灌溉系统更灵活、更易部署。

1.2.2 大数据分析云计算

在智慧农业灌溉系统关键技术体系下，大数据分析技术对农田环境，作物生长及灌溉设备等各方面的大量数据进行采集、集成与加工，采用先进算法模型对数据之间的关联性进行挖掘，以揭示作物生长规律和灌溉需求之间的内在关系。该技术既可以辅助系统进行精准灌溉和水资源优化配置，又可以对作物生长趋势进行预测，对农业生产具有前瞻性指导作用[4]。云计算技术凭借其出色的数据存储和处理能力，为智能农业灌溉系统提供了一种灵活和可扩展的基础架构。通过云端数据中心的建设，该系统可以将从物联网设备监测到的数据实时地接收和存储，同时借助云计算平台分布式计算资源实现大数据的有效处理和分析。

1.3 人工智能算法应用

智慧农业灌溉系统的人工智能算法利用深度学习和机器学习的先进技术对农田环境、作物生长状况以及灌溉历史数据进行深度挖掘和分析，并构建作物灌溉需求预测模型。该模型可依据实时监测土壤湿度、气象条件和作物生长阶段信息对作物灌溉需求进行智能判断、自动产生最佳灌溉方案。人工智能算法的运用在提升灌溉决策精准性的同时也使灌溉过程自动化控制成为可能。该系统可以根据预测模型的输出，自动调整灌溉设备的操作参数，例如灌溉的时间和水量，以确保作物得到适当的水分供应[5]。

2 智慧农业灌溉系统设计

2.1 系统架构设计

2.1.1 感知层设计（传感器网络）

智慧农业灌溉系统设计中感知层是系统整体的“神经末梢”，负责数据采集和传输。要想建立高效稳定的传感器网络就必须先对各种传感器进行合理的规划与布置，如土壤湿度传感器、温度传感器以及光照强度传感器等等，这样才能保证能对农田环境参数进行全面而精确的监测。同时在传感器选型时要充分考虑精度、稳定性、耐用性及通信能力等因素，使系统在实时性、准确性等方面都能保证数据。建设传感器网络离不开无线通信技术。通过使用 Wi-Fi、LoRa、NB-IoT 等低功耗广覆盖无线通信协议实现了传感器和控制中心间稳定地数据传输。该无线通信方式在提高数据传输效率与可靠性的同时，减少布线成本，使传感器网络更灵活、更易部署。

2.1.2 网络层设计（通信协议与数据传输）

网络层是智慧农业灌溉系统中的中枢纽带，网络层设计的好坏直接影响着系统通信可靠性以及数据传输效率。设计网络层时，通信协议选择和数据传输机制建设是两个核心因素。一是通信协议选择需要综合考虑数据实时性，可靠性以及安全性。鉴于农田环境复杂，传感器网络广泛，使用例如 MQTT、CoAP 这样轻量级低功耗物联网通信协议是优先选择。二是数据传输机制建设需要关注数据完整性与高效性。网络层设计时，引入了数据缓存，数据压缩以及重传机制技术手段对数据传输流程进行了优化，降低了数据丢失以及重复传输概率。

2.1.3 应用层设计（控制决策与用户界面）

控制决策模块作为应用层核心大脑，承担着基于感知层收集到的数据以及网络层发送过来的信息并利用高级算法模型智能分析并自动产生灌溉决策的任务。模块需要融合深度学习，机器学习以及其他人工智能算法来准确预测作物灌溉需求并自动调整灌溉计划。同时，控制决策模块还需具备与其他农业管理系统（例如，病虫害预警系统，施肥管理系统）的集成能力，以实现农业生产管理的全面智能化。用户界面模块充当着用

户与系统之间互动的纽带，其设计过程中应特别关注其直观性、用户友好性以及个性化特点。通过清晰简洁操作界面的设计，为用户提供数据可视化及灌溉计划展示等服务，方便了用户对农田灌溉状况进行了解及相应的调整。

2.2 硬件选型与配置

2.2.1 传感器选择与布置

在传感器的选型上需要考虑传感器的测量精度、响应速度、稳定性、耐用性和通信能力。如对土壤湿度进行监测时，应选用灵敏度高、功耗小、可长时间稳定工作的土壤湿度传感器；在监测气象状况时，需要选择那些能够精确测定温度、湿度和光照强度等关键参数的综合气象传感器。传感器布局也要周密计划。一方面，应结合农田实际状况及作物生长特点合理设置传感器数量及位置，保证能全面准确反映农田环境参数变化规律。另一方面，需要综合考虑传感器通信距离以及信号覆盖范围等因素，才能保证传感器稳定可靠地向系统控制中心传输数据。

2.2.2 控制设备选型

智慧农业灌溉系统硬件选型时，作为系统实施单元的控制设备需要可靠性高、灵活性强，才能满足不同农田环境、作物灌溉要求的改变。一是灌溉控制设备的选型需要综合考虑设备的控制精度与响应速度。如作为灌溉系统中关键控制部件的电磁阀要选用精度高、功耗小、反应快的电磁阀才能保证灌溉水量得到准确控制，灌溉时间得到正确掌握。同时电磁阀在材料及密封性能等方面还需要符合农田环境中的特殊需求，才能避免因腐蚀或者泄漏等原因造成灌溉故障。二是控制设备智能化水平高低也是选择时的一个重要考虑。随着物联网与人工智能技术的不断发展，智慧农业灌溉系统智能控制设备不断增加。这些装置通过集成传感器，无线通信模块以及智能控制算法等，可以对灌溉过程进行自动化、智能化控制。如智能灌溉控制器可以根据实时监控到的土壤湿度以及作物灌溉需求自动调节灌溉计划以达到精准灌溉的目的。

2.2.3 灌溉设备配置

灌溉设备的配置需要考虑农田地形、作物种类、灌溉需求和系统的整体设计目标几个方面。一是滴灌、喷灌不同种类灌溉设备都有其优点及适用场景。滴灌

设备具有节水效果好、灌溉精度高等优点，适合果树、蔬菜及其他密植作物使用；而且喷灌设备由于覆盖面积大、灌溉均匀，比较适合在大田作物及草坪上使用。所以在灌溉设备选型上，需要根据作物种类以及灌溉需求做出合理的选择，这样才能发挥出各类灌溉设备各自的优点。二是灌溉设备配置也要考虑农田地形特殊性。如在坡地或者丘陵地带需要使用有压力调节、地形适应能力强的灌溉设备来保证灌溉水可以分布均匀，以免造成水资源浪费。与此同时，灌溉设备布置还需要结合农田地形做出合理规划才能达到最佳灌溉效果。

2.3 软件平台开发

软件平台是智慧农业灌溉系统中的“大脑”，它的发展对系统智能化，自动化管理具有十分重要的意义。软件平台的开发需要从数据处理、决策支持、用户界面和系统安全性几个方面来考虑。一是数据处理是软件平台中最核心的职能。该平台需要具有有效的数据采集、存储、处理与分析等功能，能实时地从感知层接收传感器数据并对其进行清洗、融合与去噪等操作，从而提取有价值的信息。同时通过采用机器学习、深度学习等高级算法模型对数据进行深度挖掘与分析，从而为灌溉决策的制定提供科学依据。二是决策支持在软件平台中发挥着重要作用。该平台要整合智能灌溉决策模块能根据农田环境参数及作物灌溉需求进行实时监控、自动产生灌溉计划、实时调整灌溉策略等。另外，该平台还提供了灌溉效果评价功能，并通过灌溉前和灌溉后农田环境参数比较分析来评价灌溉效果以供后续灌溉决策时参考。

3 智慧农业灌溉系统应用案例分析

3.1 农田灌溉

以某大型农场为例，该农场引入了先进的智慧农业灌溉系统，通过集成传感器网络、无线通信模块、智能控制算法以及用户友好的软件平台，实现了对农田灌溉的精准管理和自动化控制。在这个系统里，传感器网络能够实时地监控农田中的土壤湿度、温度和光照强度等关键环境因素，并将这些数据传送到软件平台上进行深入分析。软件平台采用先进算法模型实现了基于实时监测数据与作物灌溉需求相结合的灌溉计划自动生成及灌溉指令通过无线通信模块向灌溉设备发送。灌溉设备依据收到的命令自动调整灌溉水量及灌溉时间以达到农田精准灌溉的目的。智慧农业灌溉系统的运用使农场灌溉效率显著提高。与传统灌溉方式相比较，智慧灌溉系统可以按照作物的实际需要精准灌溉，避免浪费水资源。

3.2 果园灌溉

以某果园为例，管理者将智慧灌溉系统引入其中，并通过整合高精度传感器、智能控制器以及云端管理软件来实现果园灌溉智能管理。该系统将高精度传感器设置于果园各关键区域内，对土壤湿度、温度等关键参数和果树生长状态进行实时监控。这些数据以无线方式传送到云端管理软件中，该软件采用先进算法深度分析数据，并结合果树生长周期及灌溉需求等信息，实现了个性化灌溉计划的自动生成。智能控制器基于收到的灌溉计划准确地控制灌溉设备启停及灌溉水量与灌溉时间以保证果树获得适量水分供给。运用智慧灌溉系统使果园灌溉管理更科学准确。该系统可以根据果树实际需要进行浇灌，避免出现过度浇灌或者浇灌不充分的现象，从而有效地节约水资源。

3.3 温室大棚灌溉

温室大棚是农业生产中较为密闭可控的环境，其对于灌溉精准度与灵活性有较高要求。在一座现代温室大棚内，管理者将智慧灌溉系统引入其中，并通过整合环境传感器、智能控制设备以及云端数据分析平台等技术来实现温室大棚灌溉智能化管理。该系统由环境传感器对温室大棚内部温度、湿度、光照强度及土壤湿度等主要环境参数进行实时监控，并将数据以无线方式发送至云端数据分析平台。该平台采用先进算法模型深度分析实时监测数据并结合温室作物生长特性及灌溉需求自动产生最优灌溉计划。智能控制设备依据收到的灌溉计划准确地控制灌溉系统启闭、灌溉水量、灌溉时间等参数，保证温室作物获得适量水分供应。

4 总结

文章通过智慧农业灌溉系统应用于农田灌溉、果园灌溉及温室大棚灌溉等方面的实例研究，认为其在农业生产上有着广阔的应用前景与巨大的推广价值。智慧灌溉系统将高精度传感器、智能控制器以及云端管理软件整合在一起，从而实现灌溉过程精准管理与自动化控制，显著提升灌溉效率与精准度并节约水资源。同时该系统具有远程监控与管理功能，极大地提高农业生产管理效率。所以，智慧农业灌溉系统有希望在今后农业灌溉中占据主流地位，对农业生产可持续发展起到强有力的支撑作用。

基金项目

大连理工大学城市学院校级大学生创新创业训练计划项目“新型全方位智灌农业养护一体化系统”（项目编号：X202313198047）

参考文献

- [1] 付少华,兰壬庚,李伟,等. 智慧农业灌溉系统的设计与实现[J]. 节水灌溉,2022(2):4.
- [2] 王卫东. 基于网络分层策略的智慧农业灌溉系统布局[J]. 农机化研究,2021,43(12):6.

- [3] 孟晓杰,汪文明,夏馨,等. 基于 OneNET 物联网云平台智慧农业灌溉系统设计与实现[J].电脑知识与技术,2024,20(21):101-103.
- [4] 孟晓杰汪文明夏馨杨文磊刘豪杰. 基于 OneNET 物联网云平台智慧农业灌溉系统设计与实现[J].2024.
- [5] 李金铖,徐智勇,罗辉,等. 一种无线多点探测网络和 PLC 的智慧农业灌溉系统设计方法[J].新一代信息技术,2021,4(2):12.