

数字孪生数据底板在智慧灌区中的应用

孔德彬¹ 刘文婷² 卢星航² 张敏¹ 牛纪涛¹

1. 中科星图亿水(四川)科技有限公司 四川 成都 610299

2. 内蒙古自治区水利科学研究院 内蒙古 呼和浩特 010060

摘要: 随着信息科技的迅猛发展,数字孪生技术已逐渐成为实现行业智能化转型的驱动力。在智慧灌区的构建中,数字孪生数据底板的作用尤为关键。它通过高精度数据采集、模型构建与实时分析,为灌区的智能化管理提供了前所未有的便利。本文深入探讨了数字孪生数据底板在智慧灌区中的具体应用细节及其所带来的管理效能提升。

关键词: 数字孪生;数据底板;智慧灌区;智能化管理;高精度数据采集;智慧水利;测绘遥感应用

引言

智慧灌区是现代农业发展的重要方向,它集成了信息技术、物联网技术和现代农业技术,旨在提高水资源利用效率,优化灌溉管理,实现农业可持续发展。数字孪生技术作为实现智慧灌区的关键技术之一,其数据底板在智慧灌区中扮演着至关重要的角色。

1 数字孪生数据底板的关键技术

1.1 数据采集与传输

在构建数字孪生数据底板的过程中,数据采集与传输技术扮演着至关重要的角色。这两项技术是确保数字孪生系统能够实时、准确地反映物理世界状态的基础。数据采集是数字孪生系统的入口,其准确性和完整性直接影响到后续的数据分析和决策支持。在智慧灌区中,通过布置多种传感器来实时采集关键环境参数。例如,土壤湿度传感器能够实时监测土壤的水分含量,为灌溉调度提供重要依据;气象站则能够捕获风速、风向、温度、湿度等气象数据,有助于预测天气变化对灌区的影响;水位计则可以监测水源的水位变化,为水源管理和调度提供数据支持。这些传感器不仅具有高精度和稳定性,还经过特殊设计以适应灌区的恶劣环境,如高温、低温、高湿等^[1]。传感器的布置也经过精心规划,确保能够全面覆盖灌区,无死角地捕获所有关键数据。数据采集完成后,如何确保这些数据能够稳定、实时地传输到数据中心,是数字孪生系统面临的另一个重要挑战。为了解决这个问题,智慧灌区采用了LoRa、NB-IoT等低功耗广域网技术。这些技术具有覆盖广、功耗低、成本低廉等优势,非常适合用于灌区这样广阔且环境复杂的场景。通过这些技术,传感器采集的数据能够实时、稳定地传输到数据中心,为后续的数据分析、模拟和优化提

供源源不断的数据支持。

1.2 数据预处理与存储

在数字孪生数据底板的构建过程中,数据预处理与存储环节对于确保数据质量和可用性至关重要。这两个步骤为后续的数据分析和模拟提供了坚实的基础。数据预处理是确保数据质量的关键步骤。在智慧灌区中,采集的原始数据往往包含各种噪声和异常值,这可能会对后续的数据分析造成干扰。因此,必须对原始数据进行清洗、去噪和标准化处理。数据清洗主要是去除重复、无效或错误的数 据,确保数据集的准确性和一致性。去噪过程则涉及采用各种算法和技术来识别和消除数据中的噪声,从而提取出更有意义的信息。标准化处理则是将数据按照一定比例缩放,使之落入一个小的特定区间,这样有助于提升数据分析算法的性能和准确性。通过这些预处理步骤,可以显著提高数据的质量,为后续的数据挖掘和模拟提供更加准确和可靠的数据集。数据存储是确保数据可访问性和持久性的重要环节。考虑到智慧灌区产生的数据量庞大且持续增长,采用分布式存储系统成为必然选择。Hadoop HDFS(Hadoop Distributed File System)作为一种高度可扩展的分布式文件系统,特别适用于存储大规模数据集。HDFS通过将数据分散存储在多个节点上,不仅提高了数据的可靠性和容错性,还实现了数据的高效访问。其分布式架构使得系统能够轻松应对数据量的增长,同时保持高性能的数据读写能力。此外,HDFS还支持多种数据访问接口和工具,便于与其他大数据处理框架(如MapReduce、Spark等)集成,从而实现复杂的数据分析和挖掘任务。

1.3 模型构建与更新

在数字孪生数据底板的构建中,模型构建与更新是一个核心环节。这一环节涉及如何利用先进的技术手段,准确地创建一个能够反映真实世界状态的三维数字

基金项目: 内蒙古自治区水利基金项目(NSK202201)

模型,并确保该模型能够随着实际环境的变化而不断更新和优化。利用GIS(地理信息系统)技术,可以构建一个精细的、高保真的灌区三维数字模型。这一过程中,首先需要收集灌区的详细地理信息,包括地形地貌、水系分布、植被覆盖等。这些数据通过高精度的遥感影像、地形图以及实地勘测等方式获取,确保模型的初始状态与真实世界高度一致。在GIS平台的支持下,这些地理信息被整合到一个统一的三维空间中,形成一个立体的、可交互的灌区模型。这个模型不仅展示了灌区的物理布局,还能反映其地理特征和生态环境。然而,静态的模型并不足以应对实际环境的变化。因此,结合机器学习算法,可以对模型进行持续优化和更新。通过收集实时的环境数据,如气候变化、水文状况、植被生长情况等,机器学习算法能够分析这些数据中的模式和趋势,预测未来的环境变化。基于这些预测结果,三维数字模型可以得到及时地更新^[2]。例如,当检测到降雨量增加时,模型可以自动调整水系的水位和水流速度;当植被生长状况发生变化时,模型可以更新植被的分布和密度。这些更新使得模型始终能够反映灌区的最新状态。此外,机器学习算法还能帮助识别异常情况。当实际数据与模型预测存在较大偏差时,算法会发出警报,提示管理者注意可能的环境变化或问题。这种实时的监控和预警功能,大大提高了灌区管理的效率和响应速度。

2 数字孪生数据底板在智慧灌区中的应用

2.1 精准灌溉管理

在智慧灌区中,数字孪生数据底板为精准灌溉管理提供了强大的数据支撑和决策依据。通过集成土壤湿度、气象条件以及作物生长阶段等多维度数据,数字孪生技术使得灌溉管理变得更加智能和精细。首先,基于土壤湿度传感器的实时监测数据,系统能够准确掌握田间土壤的含水量。这些数据与气象站提供的温度、湿度、风速等气象信息相结合,为灌溉决策提供了全面的环境背景。同时,考虑到作物生长的不同阶段对水分的需求也有所不同,因此,将作物生长阶段的数据也纳入分析范畴,以确保灌溉策略与作物的实际需求相匹配。在这些数据的综合分析基础上,利用先进的算法智能计算出田间的实际灌溉需求。这种计算方法不仅考虑了即时的环境因素,还结合了历史数据和作物生长模型,从而得出更为精准的灌溉计划。一旦灌溉需求被确定,智慧灌区系统便能够自动控制灌溉设备进行按需灌溉。这种自动化的灌溉方式不仅大大提高了灌溉效率,还避免了因人为误判或延误而造成的水资源浪费。同时,系统还能够根据实时反馈的数据不断调整灌溉策略,确保每

一滴水都能被有效利用。值得一提的是,这种精准灌溉管理方式不仅有助于节约水资源,还能促进作物的健康生长。通过确保作物在关键生长阶段得到适量的水分,可以显著提高作物的产量和品质。

2.2 病虫害预警与防治

在智慧灌区中,数字孪生数据底板不仅助力精准灌溉,还在病虫害预警与防治方面发挥着至关重要的作用。通过结合图像识别和机器学习技术,系统能够实时监测作物的健康状况,及时发现病虫害迹象,从而采取有效措施进行防治。具体而言,利用高分辨率的摄像头和图像传感器,系统能够捕捉田间的实时图像。这些图像通过图像识别技术进行处理,自动识别出作物叶片上的异常斑点、虫洞等病虫害特征。同时,机器学习算法则对这些特征进行深度学习和模式识别,不断提高识别的准确性和灵敏度。一旦发现病虫害迹象,系统会立即发出预警信号,通知农户和管理者。这种预警机制能够确保病虫害在初期就被发现和处理,防止其进一步扩散和造成更大的损失。除了预警功能外,系统还能根据病虫害的类型和严重程度,为农户提供针对性的防治建议。这些建议可能包括使用特定的农药、调整灌溉和施肥策略,或者采取生物防治等方法^[3]。通过这种方式,农户可以更加科学、有效地应对病虫害问题,减少农药的使用量,降低对环境和人体的危害。此外,系统还能对病虫害的发生和发展趋势进行预测。通过分析历史数据和当前的环境条件,系统可以帮助农户预测未来一段时间内可能发生的病虫害情况,从而提前做好准备和应对措施。

2.3 资源优化配置

在智慧灌区中,资源的优化配置是确保农业生产高效、可持续的关键环节。数字孪生数据底板在这一环节中发挥着核心作用,它不仅能够整合历史数据和实时数据,还能通过高级分析预测灌区的资源需求,从而实现资源的精准配置。具体而言,通过对历史灌溉数据、气象数据、土壤数据以及作物生长数据的深入分析,可以揭示出资源消耗的模式和趋势。这些数据包括但不限于灌溉量、降雨量、土壤湿度、作物生长速度等。利用这些数据,结合机器学习算法,可以构建出预测模型,用于估算未来一段时间内的资源需求。预测模型会综合考虑多种因素,如季节性变化、作物生长周期、土壤类型以及气象条件等,来预测灌区的水资源、肥料等需求。这种预测不仅有助于提前规划资源的采购和储备,还能作为资源的合理分配提供科学依据。在预测的基础上,智慧灌区系统能够生成优化的资源配置方案。例如,根据

预测的灌溉需求,系统可以计算出各个田块的具体灌溉量和灌溉时间,确保作物得到适量的水分。同时,系统还能根据作物的生长阶段和土壤状况,推荐合适的肥料种类和施用量,以实现养分的精准供给。通过这种优化配置,不仅可以提高资源的利用效率,减少浪费,还能促进作物的健康生长,提高产量和品质。此外,资源的精准配置还有助于减少环境污染,保护生态环境,实现农业的绿色可持续发展。

2.4 应急响应与管理

在智慧灌区管理中,应急响应与管理是保障农业生产稳定、减少灾害损失的关键环节。数字孪生数据底板在这方面发挥着举足轻重的作用,特别是在遭遇极端天气或突发事件时。当灌区遭遇极端天气,如暴雨、干旱、大风等,或发生其他突发事件,如设备故障、水污染等,数字孪生模型能够迅速反应。这一模型集成了灌区的地理、气象、水文等多源数据,可以实时模拟和预测灾害对灌区的影响。例如,在暴雨来临前,模型可以预测洪水可能的淹没范围和深度,从而估算出可能受影响的农田面积和作物损失。利用数字孪生模型的快速评估功能,管理者可以迅速了解灾害的严重性和影响范围。这为他们制定应急响应计划提供了重要依据。根据模型的预测结果,管理者可以迅速调配资源,如排水设备、救援物资等,以应对即将到来的灾害。在执行应急响应计划时,数字孪生模型还可以提供实时地监控和反馈。通过模型,管理者可以随时了解灾害的发展情况和响应措施的效果,从而根据实际情况调整计划。这种动态的、实时的管理方式大大提高了应急响应的效率和准确性。此外,数字孪生模型还可以用于灾后的恢复和重建规划。通过模拟不同恢复方案的效果,选择最优的方案以最小化损失和风险。这不仅有助于快速恢复农业生产,还能为未来可能发生的类似事件提供宝贵的经验和教训。

3 面临的挑战与解决方案

在数字孪生数据底板的应用中,数据安全是至关重

要的。为确保数据的安全性,必须采用先进的加密技术,如AES或RSA算法,对传输和存储的数据进行加密,从而防止数据泄露或被篡改。同时,实施严格的访问控制机制,通过身份验证和权限管理,确保只有授权人员才能访问敏感数据。此外,定期的安全审计和漏洞扫描是不可或缺的,它们能够及时发现系统中的安全漏洞并修补,提升整个系统的安全防护能力。其次,数据底板的更新与维护是保持其时效性和准确性的关键。为此,需要建立一套定期更新机制,根据数据变化频率和重要性设定合理的更新周期。利用自动化工具和算法可以大幅提高维护效率,减少人工干预,降低出错率。例如,通过编写脚本或使用专门的软件,可以自动收集、整理和更新数据,从而确保数据底板的实时性和准确性。

结语

数字孪生数据底板作为智慧灌区建设的核心技术之一,其实时、精准和可视化的特点为灌区的智能化管理提供了强有力的技术支持。通过全面感知与数据集成、精准决策支持和智能化管理等方面的应用,数字孪生数据底板正推动着智慧灌区向更高效、更可持续的方向发展。未来,随着技术的不断完善和创新,数字孪生数据底板有望在智慧灌区中扮演更加重要的角色。

参考文献

- [1]赵继刚,张慧.数字孪生灌区研究与应用[J].海河水利,2024,(05):123-128.
- [2]谈晓珊,陈柏臻,刘恋.数字孪生灌区的框架及关键技术探索[C]//中国水利学会.2023中国水利学术大会论文集(第一分册).水利部南京水利水文自动化研究所;水利部水文水资源监控工程技术研究中心;江苏南水科技有限公司;2023:6.
- [3]童钟,周保康.基于数字孪生技术的灌区运行管理研究[C]//河海大学,武汉大学,长江水利委员会网络与信息中心,湖北省水利水电科学研究院.2023(第十一届)中国水利信息化技术论坛论文集.湖北省水利水电科学研究院;湖北省水利水电科技推广中心;2023:8.