

深度学习结合多传感器数据融合的农田环境智能管控分析

邵慧 丛万娟

DOI:10.32629/as.v9i5.4003

[摘要] 现代农业朝着精准化、智能化迈进,在此过程中,农田环境监测、调控变成提高作物产量和质量的关键部分。本文依靠深度学习算法和多传感器数据融合技术,搭建智能农田环境管控模型,达成对温湿度、光照、土壤含水量还有气体浓度等关键环境参数的实时监测与预测,进而做到精准调控。实验结果显示,该模型能够有效处理多源异构数据,大幅提高环境预测精度,给自动化灌溉、精准施肥、病虫害防控提供可靠的科学依据。研究为智慧农业系统建设给予技术支持,促使农田环境管理朝着高效、精细且可持续的方向发展,为提高农业生产效率和资源利用率给出可行的方案。

[关键词] 深度学习; 多传感器融合; 农田环境; 智能管控; 精准农业

中图分类号: S27 文献标识码: A

Intelligent Analysis of Farmland Environment Control Based on Deep Learning and Multi-Sensor Data Fusion

Hui Shao Wanjuan Cong

[Abstract] Modern agriculture is advancing toward precision and intelligence, during which farmland environmental monitoring and regulation have become key components for enhancing crop yield and quality. This study establishes an intelligent farmland environmental control model by leveraging deep learning algorithms and multi-sensor data fusion technology, achieving real-time monitoring and prediction of critical environmental parameters such as temperature, humidity, light, soil moisture content, and gas concentration, thereby enabling precise regulation. Experimental results demonstrate that the model effectively processes multi-source heterogeneous data, significantly improving environmental prediction accuracy and providing reliable scientific support for automated irrigation, precision fertilization, and pest control. The research offers technical support for the development of smart agricultural systems, promoting farmland environmental management toward efficiency, precision, and sustainability, and providing feasible solutions for enhancing agricultural productivity and resource utilization.

[Key words] Deep learning; Multi-sensor fusion; Farmland environment; Intelligent management and control; precision agriculture

引言

当下现代农业的生产环境呈现出复杂且多变的趋势,作物的生长会受到诸如温度、湿度、光照、土壤水分、气体浓度等诸多因素的影响。传统的环境监测手段存在着信息滞后这一问题,其精度也比较有限,同时人工管理成本还比较高,所以很难满足精准农业对于实时、准确数据的需求。多传感器融合技术能够对环境信息展开综合采集、处理工作,把来自不同类型传感器的数据加以整合,进而获取到全面且可靠的农田环境参数。基于融合后的数据,深度学习方法能够借助历史数据、实时采集的数据建立智能预测模型,达成对农田微环境的高精度预测、智能调控。本文经过系统分析深度学习结合多传感器数据融合在农田环境监控、智能管控方面的应用方法与实践效果,可为农田智

能管理提供理论参考与技术指导,还能为智慧农业的高效管理、可持续发展提供科学依据。

1 农田环境监测需求与数据特征

表1 农田传感器类型及主要参数

传感器类型	监测参数	数据采集频率	精度	数据特征
温湿度传感器	温度、湿度	每分钟1次	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ / $\pm 3\%\text{RH}$	时间序列变化特征突出
土壤水分传感器	含水量、温度	每小时5次	$\pm 2\%$	空间异质性强,随时间动态变化
光照传感器	光强、光谱分布	每分钟1次	$\pm 3\%$	短时间内波动较为明显
气体传感器	CO_2 浓度、氮素含量	每小时10次	$\pm 5\text{ppm}$	易受噪声干扰

1.1 农田环境监测需求

农田环境监测属于精准农业管理中的关键部分,和温湿度、光照强度、土壤水分、二氧化碳浓度、氮素等多个维度的参数相关联,这些指标会对作物的生长速度、光合作用效率、生理健康状况产生直接影响。精准的监测可为灌溉调节、施肥管理、通风调控、病虫害防治提供数据方面的支持,还能减少水肥资源的浪费、环境污染。不同的作物及其所处生长阶段对于环境参数的要求有显著差别,所以监测系统需要拥有较高的空间分辨率、快速的响应能力,以便能够实时捕捉环境变化。在大规模的农田环境当中,传统的单点监测方式不容易获取全面的数据,无法满足动态调控的需求,而多传感器网络能够达成覆盖范围广泛、信息丰富的数据采集,提供连续且可靠的环境数据,为智能灌溉、施肥、通风调控提供科学依据,同时还可作为农田管理系统的进行数据分析和决策提供可靠的输入内容。借助建立完整的监测模式,可达成农田环境的精细化管理,提高作物产量、资源利用率。

1.2 多传感器数据特征

多传感器网络所采集的数据展现出多源异构、时空分布复杂、噪声干扰比较突出的特性。其中传感器类型包括温湿度传感器、土壤水分传感器、光照传感器、气体传感器,每一种传感器在采集频率、精度、误差特性方面都存在着差异。在数据融合进程中,要处理采样频率不一致、数据缺失、异常值、非线性关联等问题,与此同时还要维持各参数的时空相关性、环境动态特征。针对传感器数据的特征分析与处理是建立深度学习智能管控模型的前提条件,对于提高预测精度、调控效果起着关键作用。经过对多源传感器数据进行标准化、归一化、去噪处理,能够为深度学习模型提供高质量的输入,从而让模型能够准确地反映农田环境变化,达成精准灌溉、施肥、微环境调控,为智慧农业提供科学且可持续的管理方案。

2 深度学习在农田环境分析中的应用

2.1 深度学习模型选择

对于农田环境智能分析而言,深度学习模型的挑选对预测精度、管控效果有着关键作用。常见的模型有卷积神经网络也就是CNN、循环神经网络即RNN、长短时记忆网络也就是LSTM、图神经网络为GNN。CNN适合用于处理空间数据,像土壤含水量分布或者温度场图像这类,它能够提取空间特征并分析局部差异。RNN和LSTM可以有效抓住时间序列变化规律,对温湿度、光照强度、土壤水分的动态波动作出预测,适宜长期监测和趋势分析。GNN适用于处理传感器网络中的空间节点关系,能够建立复杂拓扑结构的数据模型,达成环境信息在空间网络上的综合分析。模型选择要依据具体监测指标、预测目标、计算资源约束来优化,从而在确保预测精度的同时兼顾计算效率。在实际应用当中,按照农田规模、传感器布设密度、数据复杂性,合理配置模型类型与结构,有助于提高环境预测准确性和智能管控可靠性,为精准农业决策提供科学依据。

2.2 模型训练与优化

深度学习模型进行训练之时,所依赖的是历史监测数据、实

时采集数据,需要借助像标准化、归一化、去噪处理这样的数据预处理手段,以此来提高模型的稳定性与鲁棒性。损失函数进行设计之际,应该结合多目标优化的需求,像温湿度预测的精度、土壤水分误差的控制、能耗实现最小化等,进而达成对环境调控目标的全面考量。在训练进程当中,可以引入迁移学习和增量学习的方法,促使模型能够适应不同农田类型、作物生长阶段所发生的变化,增强其泛化能力。模型优化还涵盖了调整网络结构、进行超参数调优、应用正则化技术,目的是提高抗噪声能力、预测精度。经过科学的训练与优化,深度学习模型能够达成高精度的环境参数预测,并且为智能灌溉、施肥、通风调控提供决策方面的支持,进而提高农田管理的效率,减少资源的浪费,达成智慧农业的可持续发展目标。

3 多传感器数据融合技术与智能管控

3.1 数据融合方法

多传感器数据融合是达成农田环境智能管控的关键部分,其主要运用的方法有加权平均、卡尔曼滤波、贝叶斯估计、深度融合技术。加权平均方法操作起来比较简便,能够迅速整合初步的数据,然而对于数据噪声、非线性关系的处理能力存在一定局限。卡尔曼滤波适用于动态系统,能够有效应对时间序列数据的连续变化情况,从而提高预测的稳定性。贝叶斯估计可以综合不同数据源的不确定性信息,给出概率化的输出,对降低预测误差有帮助。深度融合方法借助深度神经网络自动提取多源传感器数据的特征,达成复杂非线性关系的建模、高维数据的综合分析。方法的选择要兼顾数据异构性、计算复杂度、实时性方面的要求,以此确保融合结果能够真实且准确地呈现农田环境的变化趋势。通过对不同类型传感器数据进行有效融合,能够为深度学习模型提供高质量的输入,提高环境参数预测精度,还能精准灌溉、施肥、通风调控提供科学依据,为智慧农业决策提供可靠的技术支撑。

3.2 智能管控策略

融合后的高质量环境数据让深度学习模型可以生成科学的智能管控策略,以此实现对农田环境的精细化管理。系统能依据预测结果自动调节灌溉、水肥联控、通风、遮光等设备,达成环境参数的动态优化。进行管控策略设计时要考虑作物生长阶段、环境约束与能源消耗效率,借助闭环反馈实现实时调控,确保各项措施能及时回应环境变化。策略要有异常处理机制,要是传感器异常或者预测偏差超过阈值,就能自动触发预警或者启动人工干预程序,保障管控系统的稳定性和可靠性。实践显示,这种智能管控模式能提高水肥利用效率、改善作物生长环境,增强系统对多变天气和突发环境因素的适应能力,为大规模智慧农业推广提供可行的技术方案,还能农田环境管理提供科学决策支持,达成节水、增效、可持续生产目标。

4 应用案例与实践效果

4.1 温室农田实验

在温室农田管理环节,借助部署温湿度、土壤水分、光照等多种类型的传感器,达成对作物生长环境的全面监测。运用长短

期记忆网络即LSTM深度学习模型来预测环境参数,并且采用多传感器深度融合办法,对数据展开综合处理、噪声滤除工作。实验得出的结果显示,温度预测误差被控制在 1.2°C 以内,湿度预测误差小于5%,土壤含水量预测误差控制在3%以内。依据预测数据实施的智能灌溉、通风调控,能够于不同生长阶段精准调节环境参数,稳固作物生长条件,提高光合效率、养分利用率。温室环境具备的可控性让水肥管理更为科学,减少资源浪费,通过持续监测、反馈来优化调控策略,达成环境管理的动态闭环。实验验证了深度学习与多传感器融合技术在温室农田精细化管理方面的应用价值,为高效作物生产给予了可靠的技术支撑,还为智慧农业系统在小规模环境下的验证提供了经验参考。

4.2 露天农田试验

在露天农田里,布置了气象传感器和土壤监测传感器网络,共计布设温湿度传感器50个、土壤含水量传感器40个、光照传感器30个,覆盖田间各关键区域,实现微气候和土壤环境的全域监控。通过将卷积神经网络(CNN)与循环神经网络(RNN)混合模型结合,对温度、湿度、土壤含水量及光照强度等多维环境参数进行预测,预测精度显著提升。采用多传感器深度融合方法处理异构数据后,传感器噪声降低约15%,温度预测平均误差为 $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$,土壤含水量预测误差为 $\pm 2.5\%$,湿度预测误差约为 $\pm 3\%$ 。依据预测结果,智能管控系统能够自动调节灌溉水量与施肥策略,例如在高温干旱期间,系统精准增加灌溉量约20%,同时减少肥料浪费约12%,在保证作物需水需肥的前提下,实现资源优化利用。实践结果显示,该系统在连续两季试验中,作物叶片含水量稳定维持在70%~75%,产量较传统管理提升约8%,并能够应对复杂天气和环境干扰,如局部暴雨或突发干旱,有效保障作物在不同季节和气候条件下稳定生长。该方法为大规模露天农田的智慧管理提供了可行技术方案,为智能农业推广、精细化

水肥管理以及农田生态优化提供了可靠依据。

5 结语

深度学习与多传感器数据融合相结合,在农田环境智能管控方面有着重要的应用价值。通过恰当挑选模型,并对训练方法予以优化,同时高效融合多源数据,系统能够达成对温湿度、光照、土壤水分、气体浓度等环境参数的精准预测与动态调控,进而提高作物产量、资源利用效率。实验及实践的结果显示,这项技术能够应对农田环境的复杂性、非线性变化,为智慧农业的智能管理、资源节约、可持续发展给予有力的技术支持。未来,应当把无人机监测、大数据分析、边缘计算等技术结合起来,进一步提高系统的智能化水准,达成更为高效、精确的农田环境管理。

[参考文献]

- [1]刘景辉.小型农田水利工程智能化管护技术的应用前景研究[J].江西农业,2026,(03):133-135.
- [2]魏知明,黄倩.数字孪生赋能高标准农田建设施工智能管理与效率提升[J].张江科技评论,2026,(01):184-186.
- [3]夏红光.人工智能驱动智慧农田水利设施智能运维体系构建[J].世界热带农业信息,2026,(01):113-116.
- [4]李佳怿,刘楠,杨玮,等.深度学习驱动的土壤信息感知技术:进展、挑战与展望[J].中国农业大学学报,2025,30(10):73-90.

作者简介:

邵慧(1991--),女,汉族,黑龙江省黑河市爱辉区人,硕士研究生,讲师,主要从事物联网应用技术方面的研究工作。

丛万娟(1991--),女,汉族,黑龙江齐齐哈尔人,硕士研究生,讲师,主要从事深度学习,图像处理和物联网应用等方面的研究工作。