

人工智能技术在农业机械化中的应用研究进展

鞠琪¹, 蔡子文¹, 白玉龙², 刘强德²

(1. 甘肃省农业科学院张掖节水农业试验站, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃省农业科学院农业经济与信息研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 人工智能技术的飞速发展加快了农业现代化的步伐, 在学科交叉融合领域出现了“农业人工智能”模块, 这对现代农业发展具有重要意义。通过查阅相关文献, 介绍了农业人工智能发展现状及人工智能技术在农业机械化中的应用, 包括农作物识别、检测, 农作物病虫害诊断, 农作物生产精准管理和农产品质量分拣等方面, 综述了人工智能在以上应用中的关键技术及其在国内外的研究进展。

关键词: 农业机械化及其自动化; 人工智能技术; 农业人工智能

中图分类号: S23

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)02-0123-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.02.004

Research Progress on the Application of Artificial Intelligence Technologies in Agricultural Mechanization

JÜ Qi¹, CAI Ziwen¹, BAI Yulong², LIU Qiangde²

(1. Zhangye Water-saving Agriculture Experimental Station, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Zhangye Gansu 734000, China; 2. Gansu Digital Agriculture Engineering Research Centre, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: The rapid development of artificial intelligence technology has accelerated the pace of agricultural modernization. In the field of interdisciplinary integration, the 'agricultural artificial intelligence' module has emerged, which is of great significance to the development of modern agriculture. This paper reviews the key technologies covered by AI technology and their application in agricultural mechanization, including crop identification and testing, diagnosis of crop diseases and pests, precise management of crop production, and quality sorting of agricultural products, and summarizes the research progress in this field in combination with the current situation domestically and internationally.

Key words: Agricultural mechanization and automation; Artificial intelligence technology; Agricultural artificial intelligence

袁隆平先生曾在2020年全国农民科技丰收科技节寄语我国广大青年,“现代农业是高科技的农业,不再是过去面朝黄土背朝天的农业”^[1]。当前,“三农”工作重心历史性转向全面纵深推进乡村振兴,加快中国特色农业农村现代化的进程^[2]。农业机械化是农业现代化的重要标志之一,而人工智能技术则为农业机械化注入了新的活力^[3]。我们综述了人工智能技术在农业机械化中的应用研究进展,以及其在农业的应用领域,以期为更好地服务农业现代化提供参考。

1 农业人工智能发展现状

1956年,以约翰·麦卡锡、马文·明斯基、内森·罗切斯特等为代表的科学家们提出了“人工智能”这一概念,标志着人工智能技术的诞生。21世纪初,随着计算能力的提升和数据量的激增,人工智能技术开始进入快速发展阶段。2006年,深度学习算法在图像识别领域的成功应用,使得人工智能技术在众多领域取得了突破性进展。在农业机械化领域,人工智能技术的应用不仅提高了农业机械作业效率,降低了人工成本,还减少了环

收稿日期: 2023-12-01

基金项目: 甘肃省农业科学院重点研发计划(2021GAAS34)。

作者简介: 鞠琪(1971—),男,甘肃张掖人,高级农艺师,主要从事果蔬栽培及农业技术推广工作。Email: 75445145@qq.com。

通信作者: 刘强德(1984—),男,甘肃民勤人,副研究员,网络工程师,主要从事农业信息技术研究工作。Email: lqd@gsagr.ac.cn。

境污染,对推动农业现代化进程具有重要意义。近年来,人工智能技术在工业生产领域的突出表现,为智能农业的开发带来了市场机遇^[4],同时人工智能在智能农业、播种、栽培等方面的应用已相对成熟^[5]。随着物联网通信技术的应用和智能图像快速分类技术的不断发展,智能识别系统逐渐得到广泛应用,形成了交叉学科——农业人工智能。当前,农业人工智能的发展态势,呈现出繁荣兴旺的局面,各类技术纷纷涌现,并在农业生产中得到了广泛的应用。在农业生产领域,从机器视觉与图像识别技术的日新月异,到无人机与智能机器人在农田中的广泛应用,农业人工智能正积极寻求为农业生产各个环节提供更加智能和便捷的服务^[6-8]。

人工智能与农业发展相互结合,可将农村互联网基础设施与传统农村大数据、物联网知识和智能技术产品等深度融合,借助先进的车载智能终端装备和工业机器人设备控制系统等智能化系统,推动我国新兴农业生产过程自动化技术、生产工具智能化创新及各类新生组织运营管理模式升级,优化资本要素融合及高新技术开发与应用等。此举有助于提高农业生产效率,降低传统劳动力规模化生产成本,并提升农业产品质量稳定性,最终通过农业人工智能的推动达成传统农业过程装备智能化升级换代的目标。

2 人工智能技术在农业机械化领域的应用

人工智能技术在农业机械化领域的应用逐渐兴起,已经成为一种重要的战略性力量。它运用先进的计算和数据处理技术,能够准确地分析农业生产中的各类数据,为农业生产提供全面的决策支持。在农田的耕种、播种和收获等环节,人工智能技术提供了全新的视角和高效的解决方案^[9]。人工智能技术在农业机械化领域的应用主要包括自动驾驶、无人机、智能传感器等方面。自动驾驶技术能够提高农业生产效率、降低成本、提高农产品质量等方面具有重要作用;无人机能够进行空中施药、监测作物生长情况等,提高农业生产效率;智能传感器能够对土壤、气象等信息进行监测和预测,为农业生产提供更准确的数据支持。

2.1 农作物识别、检测

人工智能在农作物识别、检测方面的研究与

应用,主要涉及目标识别与检测分析算法,即在一幅图像中精确地找到各种物体所在的位置,并标注出每个物体的类别。通过获取农作物的图像信息,利用人工智能算法对图像进行分析处理,可以实现对农作物种类、长势、病虫害等情况的快速、准确的识别^[10-11],例如,通过分析农田中的叶绿素分布情况,可以判断出农作物的长势和受灾情况,为农业生产提供决策支持。光谱技术是农作物识别与检测中另一种常用的方法。不同农作物具有不同的光谱反射特性,利用这一特性,可以通过农作物反射光谱的测量和分析,实现对农作物的准确分类和识别^[12],例如,使用高光谱相机对农田进行拍摄,可以获取农作物的光谱反射信息,结合人工智能算法进行分析处理,实现农作物种类和生长状况的快速、准确检测^[13]。随着空间遥感数字成像处理技术的不断发展,高分辨率空间和时间分辨率的遥感卫星数据图像(如 Sentinel-2 图像空间分辨率和时间分辨率的提高)为基于多时相遥感技术实现农业精准监测提供了优质的基础数据,例如,山东位山灌区采用了基于 Sentinel-2 图像的农作物识别技术及多时相遥感技术,绘制出山东位山灌区高精度的农作物空间分布图。该技术通过利用传感器采集数据,产生红边波段信息,形成光谱时空效应,进而分析并选择最优方案^[14]。

加拿大 Vine View 公司利用无人机设备实时捕获各种植物图像特征数据和病虫害数据,并直接在云端设备上运用人工智能技术实时分析数据,譬如根据葡萄叶尖上的各种植物图像信息数据来进一步分析葡萄树疾病和新产生的生态隐患^[15]。海沃德公司设计开发的苹果采摘机器人,可以通过图像采集设备获取苹果树的照片,使用图像识别技术标记出适合采摘的苹果,然后用机械臂和真空管进行采摘,在保证不破坏苹果树和苹果的前提下,其最快的采摘速度可达 1 个/s^[5]。

2.2 农作物病虫害诊断

深度学习技术具备快速、连续并自动提取及运算特征数据的能力,是当前计算机智能故障检测诊断分析中的一种典型有效的方法^[16]。人工智能与农作物病虫害诊断的结合,使得原本复杂烦琐的病虫害检测过程变得便捷快速,大大提高了

农业生产效率,同时减轻了农民的劳动强度,节约了人力和财力^[17]。利用深度学习技术对农作物病虫害图像进行分类识别,其步骤主要包括图像采集、对图像进行标记、选择神经网络模型、对模型进行训练和优化^[18]。

一些实例研究也证明了深度学习技术在图片处理方面的强大能力。例如,2015年Kawasaki及其研究室人员使用卷积神经网络对800张黄瓜叶片进行分类,在不进行图像分割的情况下,其准确率能达到90%以上^[19]。2016年Mohanty在实验室环境下拍摄作物病虫害图片的54306张,对14种作物共26种疾病进行分类识别,其准确率高达99.35%^[20]。由此可见,深度学习技术在图像处理方面表现出了非常强大且精确的能力,将其引入农业领域应用于农作物病虫害诊断,无疑为该领域提供了最有力的支持系统。2017年9月,世界上最大的人工智能农机公司美国迪尔公司基于人工智能技术,对农作物收割机的损失率、含杂率变化等参数进行实时监测,利用机器学习和图像识别技术对监测结果进行分析,获取农作物的动态生长分布状况,进而分析识别和判断各种杂草作物及田间病虫害分布情况,实现作物精准定向施肥与喷药,相比传统种植种和管理方式,减少了约90%的种子、农药及化肥使用量^[15]。

2.3 农作物生产精准管理

人工智能与农作物生产精准管理相结合,以精确感知、智能决策、精准控制等技术手段,为农作物生长提供智能化的服务,从而实现精细化管理、高效化种植、可持续发展等目标^[21]。甘肃农业大学王智勇等利用传感器技术、无线通信技术,设计开发了一套智能化的农作物生长环境监测系统。实现了生长环境监测、终端远程管理、溯源查询、预警报警等功能。该系统通过对农作物生长环境科学调控,有效提高了作物的产量与品质,并减少劳动力投入,提高了农业生产管理人员的管理效率^[22]。

在农业生产过程管理方面,物联网技术的应用可以对各类农产品原料的种植、生长、加工环境及质量进行全面、动态的监管分析和智能化精准调控^[23]。例如,在温室或大棚中布置摄像头和传感器等设备,可以实时采集现场视频图像信息,

管理人员可以随时随地远程监控温室或大棚内作物的生长情况和异常。利用人形识别等技术监控和记录农业生产管理人员的浇水、施肥、施药等农事活动视频,一方面可监督和规范管理人员操作,另一方面可为农产品质量追溯提供视频数据支撑。此外,将物联网技术用于农用土地资源、水资源、生产资料管理等,可实现农业生产资料的精细化管理和配置。例如在节水灌溉方面,通过物联网技术获取土壤及环境温湿度,根据作物生长需求按需供水,改变了传统的大水漫灌方式,达到了节水的目的^[24]。与传统农业的人工测量设备(耗费人力且无法实时监测)和传统有线远程测控灌溉系统(布线成本高且不能灵活应用)相比,物联网技术能进一步实现农业土壤墒情实时的全天候远程连续动态监测,同时通过高标准农田建设和智能化的远程自动灌溉系统的应用,大幅提高了农村灌溉系统水利用率,缓解了我国农业水资源严重短缺的形势,实现了水资源的精准化管控。

目前主流物联网无线通信技术包括NB-IoT、LoRa、Wi-Fi、蓝牙、4G/5G等^[25-26]。利用这些技术,可以组建农田信息远程采集和安全管理等为目的的无线网络信息系统,实现各类农田信息的实时传输和远距离传输^[27]。同时,可以利用无线网络搭建更多可靠的农业决策管理信息平台,为农业生产者提供相关技术和数据支持,实现应用系统的远程实时管理。通过农业物联网系统可以对所有田间设施及农作物正常生长情况进行远程监管,实时动态查看和对异常情况进行远程诊断和处理^[28]。例如,北京市农业局研究开发的TRM-FZ1多通道光辐照监测分析系统具有自动巡回的测试及分析报告能力,可以实时准确的记录温室空间内空气中的二氧化碳浓度、光照强度及土壤温湿度、含水量等指标,并对指标值进行分析,具有实时精确监测指标值的分布范围及变化的能力。基于阿里云的ET农业大脑,它既可以有效预测农产品的最终产量状况和农产品质量,又可以分析作物市场价格上存在的农产品供求变化关系,最终可生成出一个高度智能控制的农业种植销售计划模型来指导生产。此外,可以实时建立符合整个植物生长周期要求的农业作物生长模型,快速高效地

给出最佳的农产品生产水肥方案, 有效地降低水肥成本, 提高作物产量。还可以利用农业图像生物识别分析技术, 实现对大田种植作物的农业资产盘点, 规划农业资源的订单化匹配。

2.4 农产品质量分拣

农产品分拣存在能力低、人工分拣占比大和分拣成本高、精度低、效率低等问题, 有必要引进基于人工智能的分拣装备来节省人力并提高精度。人工智能能帮助农民更快速、更准确地对农产品的质量进行分拣, 在提高效率的同时也保障了农产品的质量^[29-30]。以水果的分拣为例, 纯机械的分拣方法通常是由大型机械来完成, 需要消耗大量的动力且分拣效率不高, 无法实现更准确地分类和分级, 且在机器运行过程中大量的传送装置容易对水果造成损坏, 影响水果的品质品相, 降低水果生产的经济效益。目前我国农业生产企业的水果分级检测设备主要局限于简单机械的分级, 集中于品种大小分级和外观质量的分级^[31], 而山东省栖霞茂源机械设备有限责任公司生产的 GXJ-W 系列卧式球形果蔬分选机, 可将外观类似于球形的所有水果品种或瓜果蔬菜按外观质量进行分级包装, 是大型高效自选分拣设备的一种。

3 展望

人工智能技术在农业机械化领域的应用, 将会对农业生产的质量、效率、可持续性等方面产生深远的影响。首先, 未来将更加注重智能化和自动化。通过利用传感器、大数据和机器学习等技术, 实现农业机械的智能化, 提高农业生产的效率和质量。其次, 未来将更加注重“人-机”融合。通过利用人机交互技术, 实现人与农业机械的协同作业, 提高农业生产的智能化程度。另外, 人们还将更加注重对农业资源的保护和利用, 通过利用人工智能技术实现对农业资源的智能管理和优化利用, 推动农业生产健康可持续发展。因此, 未来人工智能技术在农业机械化领域的应用仍需进一步加强研究和技术创新, 以推动农业机械化的现代化和智能化。

参考文献:

- [1] 杨杰. 细品袁隆平院士留给农机行业的珍贵“金句”[J]. 中国农机监理, 2021(6): 8-9.
- [2] 何忠国. 牢牢把握“三农”工作重心的历史性转移[N]. 学习时报, 2021-01-15(001).
- [3] 杜玉华. 人工智能赋能农业机械的应用研究[J]. 农业开发与装备, 2023(4): 215-217.
- [4] 唐露新, 张儒锋, 姜德志, 等. 工业人工智能的现状与发展趋势[J]. 机床与液压, 2022, 50(10): 174-181.
- [5] 唐明, 黎鑫溢, 梁鼎. 人工智能赋能农业机械的应用研究分析[J]. 南方农机, 2022, 53(19): 8-11.
- [6] 耿子恒, 汪文祥, 郭万福. 人工智能与中国产业高质量发展——基于对产业升级与产业结构优化的实证分析[J]. 宏观经济研究, 2021(12): 38-52; 82.
- [7] 申宾德, 崔玉萍, 徐生龙. 基于绿色农业的智能喷药机器人的设计与应用[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(9): 859-864.
- [8] 杨艳辉, 张苏鸿, 史文崇. 机器视觉技术在玉米生产管理中的应用现状与展望[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(9): 799-804.
- [9] 吴海华, 胡小鹿, 方宪法, 等. 智能农机装备技术创新进展及发展重点研究[J]. 现代农业装备, 2020, 41(3): 2-10.
- [10] 方璇, 金小俊, 陈勇. 基于人工智能的作物与草坪杂草识别研究进展[J]. 林业机械与木工设备, 2022, 50(10): 30-36.
- [11] 邓立苗, 杜宏伟, 徐艳, 等. 基于机器视觉的马铃薯智能分选方法与实现[J]. 中国农机化学报, 2015, 36(5): 145-150.
- [12] 岑海燕, 朱月明, 孙大伟, 等. 深度学习在植物表型研究中的应用现状与展望[J]. 农业工程学报, 2020, 36(9): 1-16.
- [13] 王壮, 刘志豪, 刘建华, 等. 基于图像识别技术的智能化产品分拣系统设计研究[J]. 乡村科技, 2022, 13(6): 155-158.
- [14] 孙浩然. 基于 Sentinel-2 图像和深度学习的山东位山灌区农作物识别[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2021.
- [15] 李中科, 赵慧娟, 苏晓萍, 等. 人工智能在农业中的最新应用及挑战[J]. 农业技术与装备, 2018(6): 90-92.
- [16] 慕君林, 马博, 王云飞, 等. 基于深度学习的农作物病虫害检测算法综述[J/OL]. 农业机械学报, 1-16 (2023-09-24) [2023-12-11] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1964.S.20230924.1753.006.html>.
- [17] 张新英, 林婷婷, 付川南. 基于深度学习的植保无人机识别系统应用研究[J]. 农机化研究, 2024, 46(5): 182-186.

- [18] 毕君涛. 基于深度学习的棉叶主要病虫害检测方法研究[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2023.
- [19] KAWASAKI Y, UGA H, KAGIWADA S, et al. Basic study of automated diagnosis of viral plant diseases using convolutional neural networks[C]. Springer, Cham: International Symposium on Visual Computing, 2015.
- [20] MOHANTY S P, HUGHES D P, MARCEL S. Using deep learning for image-based plant disease detection [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2016, 22(7): 1419.
- [21] 王篮仪. 基于智能感知技术的“智慧农业”构建[J]. *江苏通信*, 2021, 37(3): 97-98; 107.
- [22] 王智勇, 魏霖静. 基于农业物联网的农作物生长环境监测系统设计[J]. *热带农业工程*, 2023, 47(5): 37-40.
- [23] 邓帅涛. 物联网技术在设施园艺中的应用[J]. *物联网技术*, 2023, 13(5): 132-133; 136.
- [24] 刘志龙, 张淋江, 朱富丽, 等. 基于物联网农业灌溉系统精准控制模型的研究[J]. *农机化研究*, 2024, 46(4): 211-215; 220.
- [25] 刘 军. 基于无线传感网的物联网应用技术分析[J]. *软件*, 2023, 44(3): 137-139.
- [26] 汪言康. 基于无线传感网络农业大棚环境智能采集系统研究与开发[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2019.
- [27] 刘雪兰. 基于物联网技术的农业灌溉微机变频远程监控系统[J]. *机电工程技术*, 2022, 51(10): 141-144.
- [28] 高德民, 史东旭, 薛 卫, 等. 基于物联网与低空遥感的农业病虫害监测技术研究[J]. *东北农业科学*, 2021, 46(1): 108-113.
- [29] 兰玉彬, 王天伟, 陈盛德, 等. 农业人工智能技术: 现代农业科技的翅膀[J]. *华南农业大学学报*, 2020, 41(6): 1-13.
- [30] 刘佳浩, 高军伟, 张炳星, 等. 基于机器视觉的水果分级系统[J]. *食品与机械*, 2023, 39(6): 112-118.
- [31] 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(6): 7-13.