

智慧农业驱动蔬菜产业变革研究

刘 君, 王学伟

(潍坊科技学院·山东省高校设施园艺实验室 山东潍坊 262700)

摘要: 蔬菜产业是保障民生的支柱产业,传统的种植管理模式已经不适应当今时代的发展。在未来,蔬菜全产业链的智慧化建设将是大势所趋。本研究对智慧农业和蔬菜产业进行了概念界定,深入分析了智慧农业在驱动蔬菜产业变革中的常用技术,详细阐述了智慧农业在驱动蔬菜产业变革中的具体应用,在此基础上分析了目前智慧农业应用于蔬菜产业变革面临的挑战,提出智慧农业驱动蔬菜产业变革发展路径,包括:统筹规划智慧农业驱动蔬菜全产业链变革路径,加快建设和升级新一代智慧农业基础设施体系,加强培养专业技术人才和高水平科技创新团队,大力实施卡脖子技术攻关项目和科研成果转化。

关键词: 蔬菜产业; 寿光; 智慧化; 建设路径

中图分类号: S63

文献标志码: B

文章编号: 1673-2871(2022)12-100-09

The transformation of vegetable industry driven by smart agriculture

LIU Jun, WANG Xuewei

(Weifang University of Science and Technology/Facility Horticulture Laboratory of Universities in Shandong, weifang 262700, Shandong, China)

Abstract: The vegetable industry is the mainstay industry to safeguard the people's welfare, and the traditional model of cultivation and management can not meet the demand of development of the present era. In the future, the construction of intellecture based all industry chains of vegetables will be the general trend. This study defines the concept of intellecture agriculture and the vegetable industry, provides an in-depth analysis of the common techniques of intellecture agriculture in driving changes in the vegetable industry, and details the importance of intellecture agriculture in Drive specific applications in the transformation of the vegetable industry, based on this analysis, the current challenges of intelligent agricultural application in the transformation of the vegetable industry are analyzed, and a smart agriculture driven transformation and development path for the vegetable industry is proposed, including: coordinately Planning Intelligent Agriculture driven transformation path of the whole vegetable industry chain, accelerating the construction and upgrading of a new generation of intelligent agricultural infrastructure system, and strengthening the cultivation of professional Talents and high-level scientific and technological innovation teams, and vigorously implement key technology research projects and the transformation of scientific research results.

Key words: Vegetable Industry; Shouguang; Intelligence; Construction Path

蔬菜是“菜篮子”工程的重要组成部分,是人民群众的日常膳食营养必需品。传统的蔬菜产业生产经营管理技术落后,需要花费大量的劳动成本和时间成本,已经不能满足当前蔬菜产业的发展需求。依托智慧农业驱动蔬菜产业变革,借助于各种先进技术,能够切实保障蔬菜的品质和产量,推动蔬菜生产流通全过程的有序进行。

1 相关概念界定

1.1 智慧农业

从古至今,农业在人类历史上一直扮演着至关重要的角色,因为它对人类物种的生存至关重要。在这一时期,它经历了许多演变,从几千年前的动植物驯化,到几百年前采用轮作和其他先进的耕作

收稿日期: 2022-03-23; 修回日期: 2022-11-01

基金项目: 山东省社会科学规划项目—“人工智能时代山东智慧农业发展路径研究”(21CPYJ20)

作者简介: 刘 君,女,讲师,现主要从事智慧农业、蔬菜病虫害识别等研究工作。E-mail: liu_jun860116@wfust.edu.cn

通信作者: 王学伟,男,教授,现主要从事智慧农业、蔬菜病虫害识别等研究工作。E-mail: wangxuewei@wfust.edu.cn

方法,再到近几十年来采用人造肥料和杀虫剂。

智慧农业是近年来随着科学技术的发展而产生的,它是以信息和通信技术为基础的,旨在提高生产率和提高最终产品的质量,同时降低生产成本,实现利润最大化和生产成本最小化,使用无人机、无人地面车辆、图像处理、机器学习、大数据、云计算和无线传感器网络等最新技术^[1-2],收集天气数据、监测作物生长、早期检测作物疾病、实现作物智能采摘,促进农业生产和管理变革发展,推动农业进入一个新时代。

1.2 蔬菜产业

蔬菜是人民日常生活的必需品,在膳食营养结构中不可缺少。所谓蔬菜产业,顾名思义,就是在农业经济中占有重要地位的涉及蔬菜的产前、产中和产后全过程的产业。蔬菜产业属于种植业中最具活力的产业,科技创新是促进其可持续发展的重要支撑,实现蔬菜产业的智慧化、标准化、规模化、科技化、现代化非常重要。当前,智慧蔬菜产业正在蓬勃发展,但是目前一些地区的蔬菜产业仍是劳动力密集型管理,现代化程度不高,蔬菜全产业链流程复杂,影响因素众多,提升蔬菜产业数字化智慧化程度是蔬菜产业高质量高效率发展的迫切需求。新一代信息技术的发展使得通过技术驱动来辅助蔬菜产业进行管理决策和指导生产成为可能。因此,为保障蔬菜产业安全稳定发展,需要研究智慧农业驱动蔬菜产业变革,以产业兴旺引领乡村振兴。

2 智慧农业在驱动蔬菜产业变革中的常用技术

技术旨在通过减少劳动强度和精确操作来改变农民工作的方式,可以成为农民的眼睛,帮助他们准确地识别疾病或低产区,在田间执行各种任务,如播种、除草、喷洒或采摘,帮助农民工作和决策。

2.1 无人机

近几年来,人们开始使用自主技术来监测大片蔬菜的生长情况。该领域的新技术趋势是无人机,它能够提供遥感、杂草检测、灌溉、喷施等应用^[3]。其中,无人机遥感可以从可见光、近红外、热光谱相机或激光扫描仪捕获的图像提供适当的信息,用于远程监控蔬菜生长状态,农民可以在短时间内鸟瞰蔬菜种植园,全面评估潜在的问题。杂草检测就是利用无人机来检测杂草,从而降低农民的劳动强度。此外,利用无人机可以灌溉和喷施,实现蔬菜

的大面积灌溉,同时在适当时机精准喷施肥料或农药。无人机也有一些缺点,比如能源消耗,这限制了它们在野外工作的时间。此外,为了更具自主性,应该在没有人为干预的情况下对其进行更多的研究,并在此基础上制定新的监管规则。

2.2 无人地面车辆

在农业领域,无人地面车辆正在迈出第一步,它们有望减少劳动强度,提高野外作业的准确性。无人地面车辆可以在田间执行各种任务,如播种、采摘、除草、喷洒、修剪和蔬菜监测^[4]。现有的无人地面车辆已经在许多蔬菜上进行了测试,包括辣椒、黄瓜、西红柿、芦笋、甜菜等。

为了给无人地面车辆提供操作能力,必须为其配备各种仪器,最重要的设备是摄像机。即使是普通的摄像机也可以成为无人地面车辆的眼睛,因为计算机视觉技术使其能够在田间自主移动,并执行所需的任务,如播种、采摘,以及区分作物和杂草。此外,红外线摄像机可以用来检测蔬菜叶片的水分或潜在的疾病。此外,传感器技术被用于为无人地面车辆提供测量土壤湿度或pH值等功能。无人地面车辆还能够与气象站通信,了解预报或从知识管理系统下载数据,并在实地采取相应行动。无人地面车辆可以成群工作,也可以与无人机合作执行复杂的任务,将带来劳动力的减少,减少对环境的影响。与现有重型机械相比,小型无人地面车辆能避免大量土壤被压实。虽然无人地面车辆可以每天连续作业,但与人工作业相比,其作业速度仍然非常缓慢。此外,它们在诸如采摘和除草等任务中的准确性仍然是一个悬而未决的问题。

2.3 无线传感器网络

无线传感器网络将是整个智慧基础设施的支柱,负责从传感器收集数据并实现设备的互联互通。无线连接在智能农业中至关重要,因为几乎所有连接的设备都需要无线接收或发送数据。根据所需的带宽、传输距离和可用的能源消耗,需要选择不同的技术。ZigBee是一种用于小距离无线传感器网络的协议,它的功耗较低,因此主要用于室内活动,如温室监测、农药和肥料控制以及智能灌溉系统。WiFi是一种常用于家庭和办公网络的无线局域网,它适用于需要高带宽的应用,如无人机和无人地面车辆的实施。蜂窝网络3G/4G以及5G,用于通过部署在田间的传感器收集数据,5G提供低延迟、可靠性和高带宽,这在人身安全至关重要的智慧农机装备的使用中非常重要,它支持设备

对设备的实时通信,并支持大量设备。Sigfox 能够在农村地区进行长达 40 km 的远距离数据传输,但数据传输速率非常低。NB IoT 作为蜂窝系统的标准,旨在以低数据速率和低能耗服务农业物联网设备。无线传感器网络从蔬菜生长的源头起在各个阶段进行检测记录和全程追踪,实现蔬菜全产业链的可追溯,从源头上确保蔬菜的正常生长和品质安全。无线传感器网络与互联网实现互联互通,能够远程操控蔬菜生长环境中的传感器,实现蔬菜生产过程的智能化。

2.4 图像处理

人工统计、手动测量调查分析蔬菜特征及各项生理指标具有工作量大、耗费时间长、成本高等特点。此外,由于不能实时监测,测量结果会产生一定的误差,结果不可靠。基于以上几点原因,随着自动成像技术的发展,采用图像处理技术可以对蔬菜的长势、病虫害情况以及当前光照度等情况进行分析,分析处理后得到蔬菜生长的详细参数,最后分析所得的数据可以用于蔬菜长势的决策诊断。从无人机、卫星或地面传感器捕获的可见光谱、近红外、多光谱、高光谱、热成像、激光扫描仪或合成孔径雷达中的相机图像需要图像处理技术,才能获得有用的信息。图像处理技术对蔬菜监测和产量估计很有价值。

2.5 机器学习

机器学习使机器能够学习,从而代替菜农来进行蔬菜生产,协助菜农分析问题,还可以向菜农提供科学决策。当前机器学习在蔬菜生产中的应用主要是通过图像处理技术分析图像信息,结合机器学习算法提取图像的关键特征并进行计算和预测。一个典型的机器学习算法是从一个学习过程开始的,在这个过程中,系统用多组数据进行训练。经过这一过程,得到分类或预测规则,可以用新的输入参数来预测相应的输出^[9],如图 1 所示。

智慧农业任务积累了大量来自不同来源的数据,这些数据需要经过处理才能获得有用的信息。因此,基于机器学习的系统是一个合适的解决方

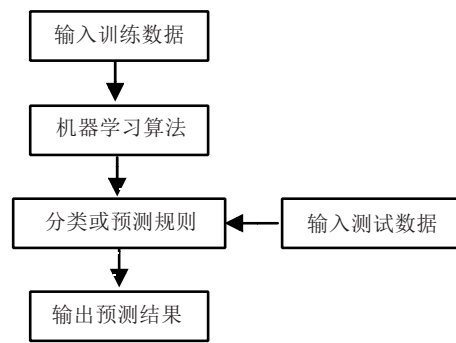


图 1 典型的机器学习算法的过程

案,因为它具有处理大量输入和处理非线性任务的能力^[9]。此外,近年来,深度学习在图像处理和数据分析等领域得到了广泛的应用,并取得了良好的效果和巨大的发展潜力。深度学习是经典机器学习的一个扩展^[7],在预测模型中增加了更多的复杂性,并通过多个层次使用允许层次表示的各种函数来转换输入数据集,使其具备更好的学习能力、更高的性能和精度。机器学习和深度学习技术被用于蔬菜产业的各种任务中,包括作物监测、水管理、疾病识别和杂草分类等。

2.6 大数据

大数据,顾名思义,就是相对于常规简单数据而言的,是需要利用高性能计算设备进行存储和处理的海量复杂的数据集合。农业大数据在蔬菜产业中的应用涵盖了蔬菜的育种、栽培、灌溉、喷施、预警、采摘和销售等全产业链条之中^[8]。课题组在山东省蔬菜之乡寿光市的实地调查发现,在蔬菜产前规划、产中管理、产后收获的全过程中,种植户需要进行 40 余项决策,而且这些决策丝丝入扣,紧密衔接。利用大数据,蔬菜种植户可以利用智能手机足不出户掌握蔬菜生长状况和周围环境数据,以便在管理时做到科学决策。同时,海量的大数据信息,是离不开相应的硬件设施支撑的。在蔬菜种植基地大范围安装无线传感器网络,会生成土壤 pH 值、土壤温湿度、空气温湿度等各种形式的海量数据。与此同时,无人机、无人地面车辆也会在运行过程中产生海量的图像数据。具体来说,大数据在蔬菜产业的应用包括 6 个步骤,如图 2 所示。

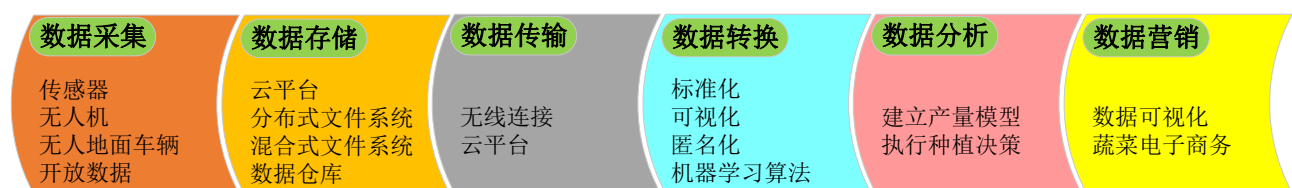


图 2 大数据在蔬菜产业中的应用

(1)从传感器、无人机、无人地面车辆或开放数据中进行数据采集;(2)采用云平台、分布式文件系统、混合式文件系统和数据仓库将收集的数据进行存储;(3)采用无线连接和云平台进行数据传输;(4)采用标准化、可视化、匿名化或机器学习算法实施数据转换;(5)对数据进行分析,包括产前决策、产中管理、建立产量模型和执行蔬菜全产业链的决策等;(6)将大数据运用于蔬菜电子商务交易中,结合蔬菜种植面积、种植结构、产量、品种、质量、口味、价格等各维度数据,利用数据可视化技术实现数据营销。

2.7 云计算

为了存储传感器以及无人机和无人地面车辆产生的大量数据,基于云计算的基础设施是必不可少的。大数据和云计算是相互依赖的,因为大量的数据应该被存储、处理,存储和处理也可以利用额外的计算资源实时进行,以方便最终用户访问。云计算可以提供大量的存储和计算资源,而且这些资源可以在任何时间从任何地方可靠地获得^[9]。云计算除了和大数据相互配合发挥作用之外,还适用于许多其他场合。例如,云计算的集中控制适合于从田间部署的传感器收集数据,并以可视化的形式提供数据分析。云计算同时可以提供土壤监测、智能灌溉、疾病或昆虫检测和农场管理系统等应用程序。

2.8 机器人

机器人是融合计算机、机械、电子信息、自动化等学科的智能机械装备。现有的农业机器人通常

是在模仿、移植和改造工业机器人的基础上进行研发。机器人在蔬菜领域的应用能够实现种植、嫁接、耕作、除草、施肥、喷药、采摘、分拣和包装等任务,并已经出现了多种机器人产品^[10],让蔬菜从农田到餐桌的整个全产业链实现智能化机器人技术的应用,解决新形势下农业劳动力短缺的问题,大幅提升蔬菜产业科技含量。相对于当前发展较为成熟的工业机器人来说,农业机器人的发展受到复杂的农业生产环境以及种类各异的作业对象的制约,仍然需要结合人工智能、图像处理、机器学习等提高其技术实力。

3 智慧农业在驱动蔬菜产业变革中的具体应用

在智慧农业驱动蔬菜产业变革中,能够摒弃传统蔬菜产业经营模式的劣势,从蔬菜全产业链角度提高蔬菜生产经营效率,如图3所示。有必要从全产业链角度(产前、产中、产后)出发,分析新技术在蔬菜产业变革中的具体应用,进一步助推蔬菜产业的全链条健康持续发展。

3.1 产前阶段

3.1.1 产前蔬菜智能育种 在蔬菜产前阶段,不同品种的蔬菜的生产季节、生长周期、耐热性都存在较大差异,所以,需要通过育种来增强蔬菜对于环境的适应性,尽量避免由于环境因素而影响品质和产量,实现蔬菜智能育种是蔬菜产前不可或缺的一环。在蔬菜育种过程中,育种专家需要精确测量各种表型数据,从中找出具有优良性状的品种。传统

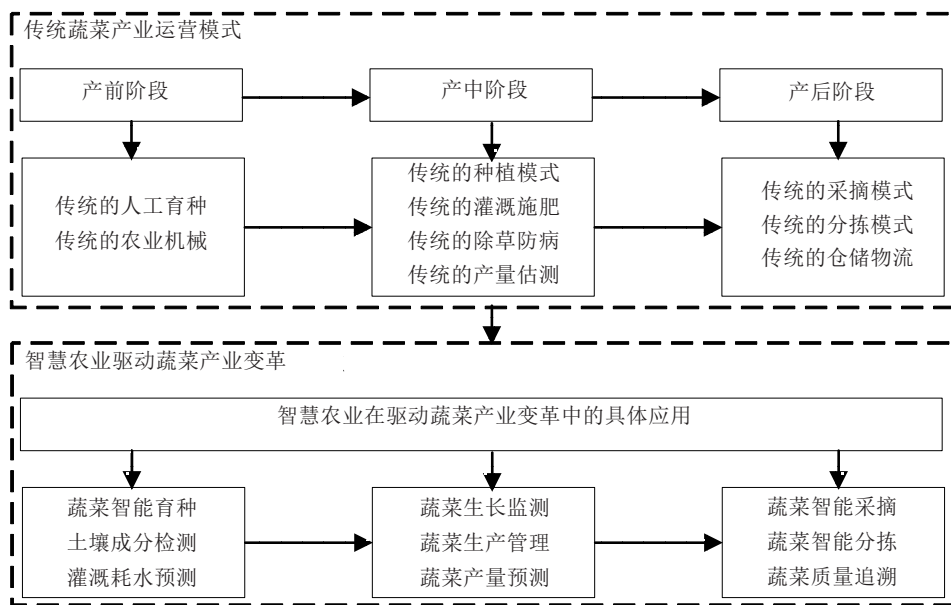


图3 智慧农业驱动蔬菜产业变革的具体应用

的蔬菜育种方法效率低下,很难筛选出最优品种。利用图像处理、机器学习和大数据技术可以对蔬菜表型数据进行精准快速的测量和分析,精准选育高产抗病的优质品种。彭彦昆等^[11]提出了一种番茄种子图像分级的算法,分级准确率高达 90.48%,实现了番茄种子的无损分级。张晗等^[12]基于机器视觉识别白菜种子的 10 个颜色特征和 6 个形状特征,从而分析种子活力与图像特征之间的联系,以此为依据实现优良白菜种子的筛选,成功选育出的种子发芽率高达 69.43%。

3.1.2 产前土壤成分检测 土壤成分直接关系到蔬菜能否正常成长,与蔬菜的品质和产量存在密切联系。利用土壤传感器,可以实时测量土壤表层和深层的有机质含量、养分组成、电导率、温湿度等信息^[13]。还有一些学者结合深度学习、卷积神经网络和光谱技术对土壤成分进行精准分析和判断^[14-16],确定土壤酸碱度、温湿度,以决定土壤成分是否适合蔬菜种植,为蔬菜产前种植提供最佳的土壤施肥方案提供了坚实的理论基础。

3.1.3 产前灌溉耗水预测 在以往的种植方式中,蔬菜的产前灌溉主要是凭借菜农的经验来进行的,很难根据具体的菜园种植精准分析,从而造成灌溉耗水量不容易控制,不利于蔬菜的正常生长。为了实现精准灌溉,需要采用人工智能技术精准分析蔬菜产前灌溉耗水情况,使用分散的传感器来监测土壤、水体和微气候因素,根据监测数据来跟踪需水量,由土壤湿度阈值调节自动滴灌水量,保证灌溉耗水量达到适合蔬菜正常生长的最佳标准。同时,结合大数据技术可以对降水、天气、环境等相关因子进行大数据分析,构建灌溉模型,实现科学灌溉。

3.2 产中阶段

3.2.1 蔬菜生长监测 传统监测蔬菜生长情况的方式是采用菜农直接诊断法,主要是依据菜农的经验,通过菜农对植株进行肉眼观察,直观判别植株是否正常生长。直观地说,任何一种蔬菜在生长过程中出现问题时,均会表现出一定的症状,从而可以通过这些对应的症状来判断其生长状态。然而,菜农直接诊断的过程中会存在较强的主观性,根据有限的经验进行肉眼观测效率非常低下,甚至有时不能直观地反映植株的实际生长状态。因此,有必要借助科学的方法严格监测蔬菜生长状态。

依托智慧农业的快速发展,尤其是计算机视觉技术的发展,同时结合大数据技术,可以建立蔬菜生长中水分、养分、病虫害等不同指标之间的关系

模型,进行定量分析和定性分析,实现对蔬菜生长状态的智能化监测。例如,北京佳格天地科技有限公司、北京爱种网络科技有限公司、北京天安公司、北京市农林科学研究院农业信息与经济研究所、山东省农业信息中心等都主动追赶智慧农业潮流,建设了农业大数据平台,精准监测作物生长状况,通过对种植环境、长势情况、土壤墒情等海量数据的分析,提供农事操作建议,入选农业农村部《农业农村大数据实践案例》。

图像识别和表型识别在品质保障、病虫害防控中都有广泛应用。尤其是针对蔬菜生长过程中病虫害、营养元素缺失等症状,在症状肉眼难以辨别时就能够及时进行智能化诊断,无需等到症状明显时由专家确诊,实现蔬菜生长状态的早期监测预警,从而大幅度降低生产损失。例如,由美国加利福尼亚的 IntelinAir 公司研发的“Crop Intelligence”、宾夕法尼亚州州立大学研发的“PlantVillage Nuru”,德国公司研发的“Plantix”高效农业生产平台等,采集田间生长数据进行作物健康状况识别,使用深度神经网络降低误报率^[17]。国内首款将人工智能技术应用于农作物病虫害诊断的工具是由深圳市丰农数智农业科技有限公司(曾用名:深圳市识农智能科技有限公司)研发的“识农”APP,人们只要拿起手机拍摄病虫害感染区域就能精准识别病虫害,并获取相应的防控建议。随后病虫害识别 APP 的研发受到更多公司的重视,各种 APP 层出不穷,包括:杭州睿坤科技有限公司研发了“慧植农当家”APP,广西慧云信息技术有限公司研发了“耘眼”APP,浙江托普云农科技股份有限公司研发了“见虫”APP,中国农业大学研发了“植保家”APP 等^[18-19]。这些 APP 都能够利用智能手机实现复杂背景下的病虫害图像识别,为种植户提供了随时随地使用的便利,为病虫害科学防控提供了依据。此外,在生产实践中,部分地区尝试利用植保无人机防治病虫害,利用无人机遥感监测蔬菜的种植状况,建设智慧化无人农场。

3.3.2 蔬菜生产管理 蔬菜的生产管理具体涵盖浇水、施肥、除草、病虫害治理等蔬菜生产全过程,整个过程需要耗费大量的精力,关系到蔬菜的品质和产量能否达到预期要求。依托智慧农业,科学做好蔬菜生产管理工作,能够有效提高管理效率。众多学者已经开始利用先进的物联网、大数据、人工智能技术研发出蔬菜智能化节水灌溉施肥设备、杂草智能化检测算法、智能化杀虫设备、病虫害绿色

防控装备等^[20]。菜农使用传感器收集数据并对其进行分析以预测使用多少肥料、何时收获等,精准做出数据驱动的决策。

影响蔬菜生产管理的因素众多,涉及土壤、灌溉、喷药、施肥、除草等,菜农仅凭现有经验进行生产决策是不足的,而借助于大数据就能够进行科学决策。例如,国外蔬菜领域的大数据应用经典案例包括 Farmlogs、Climate Corp、Climate View 等^[21-22],可以帮助农民跟踪土壤成分、降水量、温湿度等各种指标,对各种指标数据进行建模分析,从而为种植户提供灌溉、施肥、除草、收获等决策参考,让农民能够及时发现和解决生产中的问题;国内的“蜻蜓农服”“农管家”“农技耘”等,能够实时采集蔬菜生产中的各种数据,让种植户享受到“全天候、保姆式”的农业生产服务。

与此同时,大数据技术结合智能机器人装备的使用,可以有效提高蔬菜生产管理效率,大幅降低劳动力成本。例如,美国 Blue River Technologies 公司研发的 Lettuce Bot 机器人能够拍摄植株的照片,利用人工智能算法检测出是否存在杂草,植株种植距离是否过密或过稀,以此精准消灭杂草,及时调整植株生长间距。此外,在国内实际生产中也有应用实例。比如,坐落于寿光洛城街道的寿光智慧农业科技园中有负责水肥控制、授粉、采摘、分拣、巡检等工作的机器人,负责统管的机器人可以收集园区内所有机器人的数据信息并从中提取有价值的信息,以此指导所有机器人进一步发出精准指令。

3.2.3 蔬菜产量预测 所谓蔬菜产量,就是某特定条件下每单位种植面积产出的农作物的量,受到温度、光照、土壤、施肥、灌溉等一系列因素的综合影响。蔬菜产量估测可帮助农民结合蔬菜产量和市场实际需求科学设计种植计划和销售渠道,也是判断蔬菜种植管理水平的重要根据,还是国家制定蔬菜宏观调控政策和经济发展计划的决策依据,为政府指导和调整农业生产系统以及提高农业生产效率提供辅助参考。蔬菜的产量受到栽培、水肥、种植密度、气候等复杂环境因素的影响。传统的蔬菜产量估测方法主要依赖于人工,受主观因素影响较大。为了解决这个问题,研究人员利用计算机视觉技术的优势,结合遥感数据、蔬菜生长因子或图像特征,对作物生物学信息进行实时监测和智能分析,建立蔬菜估产深度学习模型^[23],并指导蔬菜生产,实现蔬菜种植的智能化和精细化管理。

利用大数据技术结合遥感数据可以分析包括

种植环境、天气状况、农机参数等在内的各种农情大数据,为蔬菜产量预测提供依据。例如,美国农作物观察生产商 Crop Watch 联合相关部门的政策大数据、经济大数据以及产量的历史数据,可以精准预测当年产量。再如,意大利融合卫星遥感数据,考虑天气、降雨、地质土壤调查数据,构建了作物产量预测系统,能够有效应对差异化的作物物候、复杂化的农田分布和多变性的农田休整等问题,绘制出清晰的作物产量空间分布图^[24],同时也可以预测可能发生的自然灾害,农民就能够有针对性地调整种植方案和购买农业保险,减少不良因素对产量和收益造成的损失。

3.3 产后阶段

3.3.1 蔬菜智能采摘 蔬菜种类多、质量大,采收和运输需要密集的劳力,从而造成高昂的人工成本,且对务农人员的体力也有较高的要求,未来谁来采摘蔬菜也是影响该产业可持续发展的重要因素。对于采收传送这些人工效率低的环节,需要加强机械手、运输车、智慧化和一体化的智能采摘设备的研发。研究人员结合先进的机器人和人工智能技术,实现蔬菜的智能采摘,在短时间内快速采摘成熟蔬菜,减少劳动力投入^[25]。智能采摘机器人能够利用摄像装置获取蔬菜照片进行识别,研发先进的人工智能算法来检测蔬菜采摘部位的位置,用于指导机器人进行无损采摘,典型案例包括:日本的番茄采摘机器人,荷兰的黄瓜采摘机器人,日本研制的草莓采摘机器人,英国的蘑菇采摘机器人。与此同时,国内蔬菜采摘机器人的研发也取得重大进展,如中国农业大学、华南农业大学、浙江大学、南京农业大学、北京工业大学、上海交通大学、沈阳农业大学等高校已成功研制出采摘番茄、草莓、茄子、黄瓜等蔬菜的采摘机器人^[26]。

虽然当前蔬菜智能采摘装置已经能够大幅提高采摘成功率,但在试验过程中仍存在着漏采、伤菜现象。今后研究旨在更好地适应非结构化的种植环境及多样化的作业需求,不断改进智能采摘装备和算法,以提高采摘效率和避免现行采摘方式对蔬菜的伤害。

3.3.2 蔬菜智能分拣 蔬菜中掺杂的杂草或者腐败叶片会严重影响蔬菜的外观和销售。以往的人工蔬菜分拣方法效率低下,经常出现漏拣或误拣。鉴于此,需要依托智慧农业技术,研发蔬菜智能分拣算法和设备,分析不同种类蔬菜的颜色、营养元素含量、酸碱性等,以此来进行特征提取、无损检测

和智能分级^[27]。具体来说,需要结合计算机视觉技术,建立蔬菜叶片图像数据集,采用先进的人工智能深度学习算法对蔬菜中存在的异物以及不同等级的蔬菜进行智能识别。

当前蔬菜智能分拣不仅在学术领域取得了较大进展^[28],而且在实践领域也已经有了应用案例。例如,北京工业大学基于百度飞桨平台研发了一款智能农作物分拣机^[29],蔬东坡蔬菜配送系统推出的智能分拣秤^[30],日本研发的黄瓜分拣机^[31],等等。尤其是近几年随着深度学习技术的发展,国内外已经研发了许多类似的蔬菜智能分拣设备^[32]。利用智能分拣设备,农民仅需把待分拣农作物放到履带上,农作物沿着履带滑入分拣箱,分拣箱就能够智能检测蔬菜类别和等级,最后不同类别和等级的蔬菜就会通过推杆进入相对应的篮子。蔬菜分拣机能够智能识别不同作物,坚固耐用,操作简单,应用广泛,可以用于无损分拣装运不同大小个体的蔬菜果实等。已有研究的局限性在于设备的检测速度不够快,下一步的研究需要考虑不同种类和不同等级蔬菜的市场需求、持有成本、运输成本等因素来不断改进相关算法,提高分拣速度和性能。

3.3.3 蔬菜质量追溯 蔬菜质量安全问题直接关系到人民幸福和国家富强,需要引起高度重视。依托智慧农业发展,加强蔬菜质量追溯体系建设,将菜农、蔬菜经销商、蔬菜供销社、相关农业企业等全部纳入追溯体系之中,实现蔬菜全产业链的质量溯源,并做到不同地区之间的平台共建和资源共享。与此同时,采用地理信息系统、云计算、物联网、大数据、人工智能、区块链等新一代信息技术,结合智能化仓储物流模式,做好蔬菜质量安全预警工作,保障蔬菜“从田间地头到居民餐桌”供应链的全过程的质量安全。随着蔬菜领域海量数据的激增和互联网公司的发展,京东、阿里巴巴、百度、腾讯开始跨界布局农业领域,与蔬菜基地合作,竞相推进蔬菜质量智慧溯源系统建设,完善蔬菜全产业链质量追溯体系,并在分析消费者行为的基础上持续优化蔬菜质量追溯体系。

4 智慧农业驱动蔬菜产业变革面临的挑战

4.1 技术推广应用难

现阶段,各种先进技术在工业、服务业、物流业、医疗卫生等行业已经得到广泛应用,智能工场、智能制造、智能物流、智能医疗等发展迅速。但是

先进技术在智慧农业尤其是智慧蔬菜产业中的应用较少。当前蔬菜种植基地使用的各种设备仍然不能满足智慧农业的需求,智能化的育种、除草、采摘等设备仍然停留在实验室验证阶段,尚未推广到田间地头。智慧农业能够帮助菜农提供远程监控蔬菜的生长状况以及农场内环境温湿度等指标的变化,但是成本较高,主要应用于科学研究,尚未落地实施。已有的通信协议仅对智能农场内短距离覆盖区域有效,通信成本较高,一旦设备电池用完就会导致数据传输停滞,存在一定的服务质量和网络延迟问题,不利于应用在大面积的智能农场中。

4.2 设备运行性能低

蔬菜产业利润率不高,但是设备运行成本高,包括安装成本和运营成本。安装成本涵盖了构建智能环境所需的智慧农业软硬件设施费用。运营成本包括与网关和云服务器之间的数据共享和维护相关的成本。虽然某些运营商提供具有受限功能的免费流量包,但链接智慧农业设备的数量以及可存储的信息量有限,功能和设备的增加会导致流量费用的提高,数据传输存在较高的通信成本开销。与此同时,设备运行可靠性较低:昂贵的智慧农业设备一般安装在户外,暴露于极端的环境因素中,可能遭受洪水和飓风等不利天气事件的影响,导致传感器随着时间的推移而损坏并且连接失败。

4.3 算法速度精度低

现有的蔬菜播种、除草、采摘设备操作质量不理想,精度和速度仍然需要提高。物联网在智慧农业中的应用无疑解放了菜农的双手,但蔬菜病害检测速度存在局限性,该领域需要进一步研究。同时,蔬菜生长监测存在滞后性,仅能监测蔬菜特定时间的需求,不能综合考虑土壤、气候、环境等因素。当前智慧农业采用的计算机视觉相关算法对蔬菜识别的速度和精度有待提高,有必要开发模型或算法来帮助菜农尽早识别蔬菜生长状态,精准监测蔬菜叶片水分胁迫水平、营养元素含量、病害可能发生概率等,以便及时做好灌溉施肥和农药喷洒,保证蔬菜的品质和产量。

4.4 技术人才储备少

阻碍智慧农业驱动蔬菜产业变革的一个重要因素是对智慧农业及其相关技术缺乏足够的认识。智慧农业所应用的传感器、物联网、人工智能设备等需要既懂各种新兴技术又懂农业生产的新型农业技术人才进行操作,但是当前智慧农业领域的技术人才非常稀少,愿意服务农村、扎根蔬菜产

业的技术人才更为罕见。调研发现,大部分菜农为中老年人,他们的文化水平较低,对智慧农业的认识不足,对新技术的接受能力较差,对智慧农业设备的使用不能快速上手,影响了智慧农业的建设和发展。

5 智慧农业驱动蔬菜产业变革发展路径

智慧农业驱动蔬菜产业变革是一项系统性工程,离不开全方位的保障工作。鉴于此,结合现阶段智慧农业驱动蔬菜产业变革的具体应用和面临的挑战,提出“四步走”的发展路径。

5.1 统筹规划智慧农业驱动蔬菜全产业链变革路径

智慧农业驱动蔬菜产业变革需要历经孕育、孵化、发展和壮大的过程,必须统筹规划,明确适合我国国情和各省省情的智慧农业驱动蔬菜全产业链变革路径。一是实施产前阶段智慧化变革。建设蔬菜全产业链大数据中心,通过遥感监测等技术搜集蔬菜产前种植相关条件数据,研发基于人工智能数据挖掘的新型智能育种算法和设备。二是实施产中阶段智慧化变革。逐步试点智慧种植基地,研发蔬菜种植阶段数据采集专用的低成本传感器并推广应用,建设“植物工厂”,大力发展除草、喷施、灌溉等智能农机装备,减轻人工作业负担。三是实施产后阶段智慧化变革。不断优化蔬菜产后分拣算法和装备,结合大数据、物联网、区块链和人工智能等技术构建蔬菜质量安全追溯体系,实现蔬菜质量的全程监测和风险评估。此外还需要加强对建成的智慧农业示范项目进行宣传培训和落地实施,让蔬菜种植户实实在在地看到有效案例,引导他们积极使用智慧农业相关系统和装备,在应用中也能实现技术的持续迭代更新,及时改进和有效落实智慧农业相关政策。

5.2 加快建设和升级新一代智慧农业基础设施体系

一是拓宽融资渠道,吸收社会闲散资金,建立蔬菜产业发展专项基金,为前期建设提供充足的资金储备。二是各级政府加强政策引导,推进智慧农业与蔬菜产业的深度融合,建设一批智慧农业试点示范项目,并及时进行技术推广,助推智慧农业基础设施和先进技术落地实施。三是加快建设一批智慧蔬菜高科技园区,同时进行定期监测和评估,及时做好设备折旧,保证先进设备的可操控性。四

是制定并实施智能化农机装备购置补贴政策,为设施蔬菜种植园区提供物联网成套设备购置补贴,减免智慧蔬菜种植基地设备流量费用和农机作业服务费用,为种植户提供网络流量套餐优惠。

5.3 加强培养专业技术人才和高水平科技创新团队

一是设立新型职业农民培育计划,通过下乡服务、广播宣传、实操讲解等多种方式引导农民提升智慧农业意识,对菜农进行智能手机、电脑的使用培训,让传统种植户、返乡创业人员、合作社成员都能掌握蔬菜种植基地智能化建设方法、互联网使用方法及智能化装备操作规程等。二是充分发挥涉农高校的优势,引导涉农高校主动培养既懂农业种植、又懂先进技术的交叉复合型专业技术人才,吸引人才志愿投身于蔬菜产业变革发展,不断壮大蔬菜产业高层次专业技术人才队伍。三是重视对蔬菜产业新型经营主体的宣传引导,使其主动顺应蔬菜产业发展潮流,补齐蔬菜产业变革所需的能力短板,不断提升自身技术应用水平,成长为蔬菜电商的主力军。四是加强培养高水平创新人才和团队,积极和国际知名科研院所进行联合培养,构建科研成果沟通互动体系,培养智慧农业学科领军人才和科技创新团队,为智慧农业驱动蔬菜产业变革提供人才支撑。

5.4 大力实施卡脖子技术攻关项目和科研成果转化

当前,无人机、无人地面车辆、无线传感器网络、图像处理、机器学习、大数据、云计算等技术已经在蔬菜产业智能化发展中得到了广泛的应用,智慧农业在驱动蔬菜产业变革中的产前、产中和产后各阶段都发挥出巨大作用。智慧农业通过监测、跟踪和追踪蔬菜生产全过程,强化蔬菜生产的管理。智慧农业是蔬菜产业发展的大势所趋,进一步研究的领域包括无线传感器网络、无人驾驶区域车辆、农业物联网应用、蔬菜生长监测、人工智能在农业中的应用、蔬菜智能化数据传输、蔬菜种植基地网络架构的改进、云平台与智能农场的结合等等。另外,设置智慧蔬菜产业重点研发计划专项,围绕蔬菜生长智能监测和智能作业装备等卡脖子领域,实施产学研协同攻关,以“边创边推、即研即推”提高推广应用效果,促进科研成果转化。

参考文献

- [1] FLOREANO D, WOOD R J. Science, technology and the future of small autonomous drones[J]. Nature, 2015, 521(7553):

- 460-466.
- [2] FOUNTAS S, MYLONAS N, MALOUNAS I, et al. Agricultural robotics for field operations[J]. *Sensors*, 2020, 20(9): 2672.
- [3] RADOGLU-GRAMMATIKIS P, SARIGIANNIDIS P, LAGKAS T, et al. A compilation of UAV applications for precision agriculture[J]. *Computer Networks*, 2020, 172: 107148.
- [4] LIEBISCH F, PFEIFER J, KHANNA R, et al. Flourish: A robotic approach for automation in crop management[C]//22. Workshop Computer-Bildanalyse und Unbemannte autonom fliegende Systeme in der Landwirtschaft, 2016.
- [5] KONSTANTINOS L, PATRIZIA B, DIMITRIOS M, et al. Machine learning in agriculture: a review[J]. *Sensors*, 2018, 18(8): 2674.
- [6] CHLINGARYAN A, SUKKARIEH S, WHELAN B. Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: a review[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2018, 151: 61-69.
- [7] KAMILARIS A, PRENAFETA-BOLDU F X. Deep learning in agriculture: a survey[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2018, 147: 70-90.
- [8] 姜懿芮, 段玉聪, 王勇, 等. 大数据在日光温室蔬菜生产中的应用[J]. *中国瓜菜*, 2019, 32(1): 42-44.
- [9] CHOUDHARY S K, JADOUN R S, MANDORIYA H L. Role of cloud computing technology in agriculture fields[J]. *Computer Engineering and Intelligent Systems*, 2016, 7(3): 1-7.
- [10] 赵静娟, 郑怀国, 董瑜, 等. 全球农业机器人研发趋势预测及对我国的启示[J]. *中国农机化学报*, 2021, 42(4): 157-162.
- [11] 彭彦昆, 赵芳, 白京, 等. 基于图谱特征的番茄种子活力检测与分级[J]. *农业机械学报*, 2018, 49(2): 327-333.
- [12] 张晗, 王成, 董宏图, 等. 基于机器视觉的白菜种子精选方法研究[J]. *农机化研究*, 2021, 43(12): 31-36.
- [13] 岳学军, 蔡雨霖, 王林惠, 等. 农情信息智能感知及解析的研究进展[J]. *华南农业大学学报*, 2020, 41(6): 14-28.
- [14] 韩巧玲, 赵玥, 赵燕东, 等. 基于全卷积网络的土壤断层扫描图像中孔隙分割[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(2): 128-133.
- [15] 于景鑫, 杜森, 吴勇, 等. 基于云原生技术的土壤墒情监测系统设计与应用[J]. *农业工程学报*, 2020, 36(13): 165-172.
- [16] 钟亮, 郭熙, 国佳欣, 等. 基于不同卷积神经网络模型的红壤有机质高光谱估算[J]. *农业工程学报*, 2021, 37(1): 203-212.
- [17] BENOS L, TAGARAKIS A C, DOLIAS G, et al. Machine Learning in agriculture: A comprehensive updated review[J]. *Sensors*, 2021, 21(11): 3758.
- [18] 杨涛, 李晓晓. 机器视觉技术在现代农业生产中的研究进展[J]. *中国农机化学报*, 2021, 42(3): 171-181.
- [19] 马文龙, 杨祜乾, 马玥, 等. “植保家”: 手机拍照识病虫 App[C]//陈万权. 病虫防护与生物安全—中国植物保护学会 2021 年学术年会论文集, 2021.
- [20] 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.
- [21] 肖小溪, 甘泉, 蒋芳, 等. “融合科学”新范式及其对开放数据的要求[J]. *中国科学院院刊*, 2020, 35(1): 3-10.
- [22] 尹义志, 王永刚, 张楠楠, 等. 基于小波神经网络的温室番茄产量预测[J]. *中国瓜菜*, 2020, 33(8): 53-59.
- [23] SHOOK J, GANGOPADHYAY T, WU L J, et al. Crop yield prediction integrating genotype and weather variables using deep learning[J]. *PLoS One*, 2020, 11: 1-20.
- [24] 吴炳方, 张森, 曾红伟, 等. 全球农情遥感速报系统 20 年[J]. *遥感学报*, 2019, 23(6): 1053-1063.
- [25] TANG Y C, CHEN M Y, WANG C, et al. Recognition and localization methods for vision-based fruit picking robots: A review[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2020, 11: 510.
- [26] 高文硕, 宋卫东, 王教领, 等. 果蔬菌采摘机械研究综述[J]. *中国农机化学报*, 2020, 41(10): 9-15.
- [27] 陈玛琳, 陈俊红, 龚晶. 北京设施农业产业体系构建: 现状、问题和对策[J]. *中国瓜菜*, 2021, 34(8): 102-108.
- [28] 姚森, 杨其长, 马伟, 等. 蔬菜全程机械化生产研究现状及发展趋势[J]. *中国蔬菜*, 2021(10): 1-7.
- [29] 佚名. “桃脸识别”智能设备告别人工大桃分拣[J]. *农业科技与信息*, 2021(20): 47.
- [30] 财经一观察. 蔬东坡蔬菜配送系统, 让生鲜人每天多睡两小时[EB/OL]. (2022-11-04) [2022-12-13]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1748534444068250801&wfr=spider&for=pc>.
- [31] 科技行者. 被玩坏? 这家日本农场竟然用人工智能玩起了分拣黄瓜[EB/OL]. (2017-08-15) [2022-12-13]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1575763056265027&wfr=spider&for=pc>.
- [32] 佚名. 小小靓科技 | AI 智能农产品分拣机, 帮农户炼就“火眼金睛”[EB/OL]. (2020-08-19) [2022-12-13]. <http://www.gicity.org/news/dyn/3418.html>.