

“互联网+”现代农业的战略路径与对策建议

李瑾^{1,2,3,4}, 马晨^{1,2,3,4}, 赵春江^{1,2,3,4}, 冯献^{1,2,3,4}

(1. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097; 3. 农业农村部农业信息技术重点实验室, 北京 100097; 4. 北京市农业物联网工程技术研究中心, 北京 100097)

摘要: “互联网+”现代农业是互联网理念、技术和方法在农业领域的实践, 是新一代信息技术革命下互联网与现代农业产业融合的新业态和新模式。本文基于现代农业发展需求分析, 提出发展“互联网+”现代农业的必要性, 结合对“互联网+”现代农业内涵的科学界定, 分别从信息感知数字化、农机装备智能化、农业生产精准化、产后管理在线化、农技服务个性化5个方面分析了“互联网+”现代农业的新特征, 从技术、产业、应用3个层面分析了我国“互联网+”现代农业发展瓶颈, 据此提出了发展“互联网+”现代农业的发展思路和战略目标。研究认为, 突破“互联网+”现代农业应用的理论、方法和共性关键技术, 培育形成“互联网+”现代农业产业集群, 开展“互联网+”在农业生产、农业供应链、农业生产性服务等方面的集成应用示范是我国现阶段的发展重点; 应进一步加快实现农业农村互联网信息互通共享, 持续推进“互联网+”现代农业技术标准体系建设, 加强“互联网+”现代农业学科发展与人才培养, 驱动现代农业产业变革和转型升级。

关键词: “互联网+”现代农业; 现代农业产业体系; 农产品供应链; 农业生产性服务业

中图分类号: S-1 **文献标识码:** A

Strategic Path and Countermeasures for Developing Internet Plus Modern Agriculture

Li Jin^{1,2,3,4}, Ma Chen^{1,2,3,4}, Zhao Chunjiang^{1,2,3,4}, Feng Xian^{1,2,3,4}

(1. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China; 2. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China; 3. Key Laboratory of Agri-information, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100097, China; 4. Beijing Engineering Research Center of Agricultural Internet of Things, Beijing 100097, China)

Abstract: Internet Plus Modern Agriculture is the practice of Internet concepts, technologies, and methods in the field of agriculture. It is a new format and mode that integrates Internet with the modern agricultural industry against the background of the new generation of information technology revolution. Based on the analysis of the demand for modern agricultural development, this study puts forward the necessity of developing Internet Plus Modern Agriculture in China. It presents the connotation of Internet Plus Modern Agriculture and analyzes its new characteristics from several aspects, including digitalization of information perception, intelligence of agricultural machinery, precision in agricultural production, online management of post-production links, and personalization of agricultural technology services. It also analyzes the challenges from three levels: technology, industry, and application, and proposes the development ideas and strategic objectives for the next fifteen years. We believe that the current development focus of Internet Plus

收稿日期: 2020-05-26; 修回日期: 2020-07-03

通讯作者: 马晨, 北京农业信息技术研究中心助理研究员, 研究方向为农业农村信息化与智慧农业; E-mail: mac@nercita.org.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“‘互联网+’行动计划战略研究(2035)”(2018-ZD-02)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

Modern Agriculture mainly includes three aspects: to make breakthroughs in the application theory, methods, and key technologies; to form an industrial cluster for Internet Plus Modern Agriculture; and to demonstrate the integrated application of Internet Plus into fields such as agricultural production, supply chain, and productive services. To this end, China should accelerate the Internet connectivity and information sharing in the rural areas, constructing a technical standards system for Internet Plus Modern Agriculture, and develop disciplines as well as cultivate professionals related to Internet Plus Modern Agriculture, thus to promote the transformation and upgrades of the modern agricultural industry in China.

Keywords: Internet Plus Modern Agriculture; modern agricultural industry system; agricultural product supply chain; agricultural productive service industry

一、前言

新中国成立以来,我国农业发展取得了长足进步,粮食产量连续五年稳定在 1.3 万亿斤以上,用占世界 9% 的耕地养活了占世界近 20% 的人口,基本消除了农村绝对贫困,农业现代化有了质的飞跃。但也应该看到,我国现代农业发展起步较晚,仍面临诸多挑战,农业单产水平不高、劳动生产率低,农业资源利用率较低,农产品市场综合竞争力有待提升;农村劳动力老龄化、农村“空心化”、农业兼业化和副业化现象严重,在现行的小农经营长期存在的格局下,传统的农业生产方式和产业发展模式已经不适应现代农业发展需求。面对新一轮科技革命迅猛发展,人工智能(AI)、物联网(IoT)、第五代移动通信(5G)、大数据、云计算、区块链等新兴技术不断更迭,迫切需要重塑“互联网+”现代农业创新体系,培育“互联网+”现代农业产业新业态,适应和引领经济发展新常态,实现农业生产提质增效。

国外关于“互联网+”现代农业的布局较早,美国国家科学基金委员会(NSF)早在 2005 年就投资超过 3 亿美元,联合百余家单位共同建设全球网络创新环境,为网络和分布式系统的研究与教育提供了虚拟实验室条件,促进全球未来互联网的应用创新。日本于 2011 年在 JGN (Japan Gigabit Network) 基础上推出了大规模分布式实验平台 JGN-X, 基于 Open Flow 技术部署了大规模基础设施探索试验网络 RISE。欧盟于 2014 年正式启动为期 7 年的地平线 2020 计划,其中作为该计划三大战略优先领域之一的产业领导力战略,旨在抓住信息通信技术(ICT)的发展机遇,助力网络科研成果创新和产业化,增强欧盟企业的全球竞争力。

2015 年我国也顺应世界互联网发展趋势,发布了《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》,明确要把互联网的创新成果与经济社会各领域深度融合,到 2050 年初步建成“互联网+”新经济形态。国内学者也就“互联网+”现代农业的发展进行了一系列研究。唐润等 [1] 结合农业产业链转型升级的需求,构建了包含土地流转、农资交易、农机协调等七大功能在内的“互联网+”农业产业链协同平台。郭海红 [2] 基于对互联网驱动农业生产性服务创新的内在作用机制,提出“互联网+”农业生产性服务创新模式。王磊 [3] 基于跨界融合思维,提出了基于功能拓展的生鲜农产品供应商“互联网+”转型策略。然而,现有研究都是基于微观视角,从产业体系、生产性服务业等方面提出创新模式与创新平台,在“互联网+”现代农业的整体思考与宏观把握方面有待加强。

二、现代农业发展需求

(一) 农业绿色高效生产的需求

尽管近年来我国农业生产水平不断提高,农业市场化程度不断提升,但我国农产品市场综合竞争力依然相对滞后,农业国际竞争力不高。迫切需要依靠“互联网+”信息技术对农业生产要素进行数字化设计、精准化控制、智能化决策和科学化管理,推动我国农业由增产向提质导向发展,带动农业现代化发展,全面提升农业国际竞争力。

(二) 农业生产集约化与产业化融合发展的需求

在未来一段时期,我国小农经营的格局仍将存在。随着我国农村劳动力老龄化、农村“空心化”、农业兼业化和副业化等现象的蔓延,传统农业生产

模式和产业模式的弊端趋于加剧，不适应“互联网+”背景下现代农业的个性化、精准化、智能化的发展需求。传统的农业营销模式与现代化工业营销模式脱节，旧有的农业经营模式与产业组织体系已经远远不能满足现代农业经营的发展要求。迫切需要新的经营理念、经营方式以应对新时期的挑战。

（三）农业可持续发展与质量兴农的发展需求

农业面源污染加剧、耕地质量下降、农业资源趋紧等问题，严重制约了我国生态环境的改善和农业的可持续发展。此外，受制于农产品季节性强、易腐变质、流通环节多、效率低、农村交通设施欠发达等因素影响，农产品冷链物流一直是生鲜农产品互联网应用实践中的重大难题。迫切需要治理农业生产复合性污染，改善产地生产条件和生态环境，实现农业生态安全；保障农业资源和环境资源可持续开发利用，实现环境资源安全；高效与高品质并重，保证国民健康安全、保障国家粮食安全的战略需要。

（四）农业信息服务与缩小数字鸿沟的发展需求

随着科学技术的进一步发展，我国移动和固定宽带网络接入与使用率持续上升，但我国不同地区在互联网普及、基础设施建设、技术创新创造、安全风险防范、数字技能掌握等方面的发展水平不平衡，严重影响和制约我国的信息化建设和数字化转型。面对数字赋能在各领域的加速渗透，迫切需要进一步提升农村和偏远地区互联网接入水平和质量，大幅提升农业农村生产智能化、管理数据化、服务在线化水平，努力弥合数字鸿沟。

三、“互联网+”现代农业的内涵与特征

（一）“互联网+”现代农业的新内涵

“互联网+”现代农业是互联网的技术、理念、模式与现代农业的深度融合，衍生出的现代农业发展新模式、新业态。“互联网+”现代农业属于动态发展的业态过程与模式创新，在不同时期表现出不同的内涵与特征，伴随着国家加大对“互联网+”现代农业的支持力度，“互联网+”现代农业的内涵正发生着深刻变化。结合2019年《数字乡村发展

战略纲要》等政策文件以及近年来国家开展的农业农村信息化试点示范建设实践，本文将“互联网+”现代农业的新内涵定义为：借助移动互联网、IoT、大数据、云计算、边缘计算等新一代信息技术手段，以现代农业生产者、经营者和产业各利益方为中心，通过现代信息技术与农业生产、经营、管理、服务全产业链和全价值链以及农业经营组织、农民生活方式的生态融合和基因重组，以熟化“互联网+”在现代农业领域的产业化创新与应用示范创新为目标，推动形成以“数字化、精准化、网络化、个性化”为核心的“产业融合发展、农民持续增收、乡村精准治理、农业质量提升、服务普惠便捷”的农业4.0形态。“互联网+”与现代农业领域的融合不仅仅局限于农业产业链的融合，更是与现代农业产业体系、生产体系与经营体系的融合，是农业经历机械化、生物化之后所形成的以数字化为特征的历史产物与形态，是一种全新的农业生产发展方式。

（二）“互联网+”现代农业的新特征

“互联网+”在农业领域的应用主要表现为信息感知数字化、农机装备智能化、农业生产精准化、产后管理在线化、农技服务个性化。相应发展目标是实现农业信息感知、定量决策、智能控制、精准投入，由此构成全新的农业生产方式[4]。

信息感知数字化。“互联网+”现代农业的核心是农业信息的精准获取、稳定传输与海量处理能力的升级。利用无线传感网、互联网、IoT等多种现代传输渠道，基于电化学感知、光学感知、电学感知、遥感学感知技术获取的农业信息，能够多尺度稳定地输入智能化控制终端，通过对多源异构海量农业对象、关系、行为信息的处理，为现代农业生产的精准化生产、智能化决策提供数字化支撑[4]。

农机装备智能化。“互联网+”现代农业最突出的应用在于借鉴工业化理念发展农业，实现农机、农艺与信息全面深度融合。通过AI+IoT技术，推动农业传感器、通信系统、智能控制系统形成智慧网络系统，有助于实现农机装备的机库田间转移作业全自动、作物生产过程的实时全监控，全方位推进无人农场发展。

农业生产精准化。“互联网+”现代农业在生

产环节的应用主要表现为能够实现生产投入的精准化和量化。基于农业定量决策模型,农业管理者能够按照农业生产全过程每一步骤的具体条件,定量调整各项管理决策措施,优化每一步骤的资源配置,实现农业生产经营管理决策的精准化,达到减少投入、节约资源、改善环境的目的,从而实现农业节本增效 [5]。

产后管理在线化。“互联网+”现代农业在产后环节的应用主要表现为能够实现产后管理的在线化。结合智能硬件、区块链、大数据、电子商务等智慧化技术与手段,“互联网+”现代农业能够实现农产品采后物流的运输、仓储、包装、配送、销售等各个步骤的系统感知、风险监测、质量追溯、在线销售等功能的全程管控,进而推动农产品物流透明化与农产品质量安全可追溯化,维持全链条农产品质量安全,促进农产品的优质优价。

农技服务个性化。“互联网+”现代农业能够实现栽培管理、病虫害害、品种选择、土壤肥料等方面农技服务的个性化。利用互联网信息渠道和农业大数据平台,通过将关联规则、信息摘要抽取、情感分析等智能分析算法运用于农户群体及个人相关的信息网络,可以根据农户类型和农户所处的基本情景有针对性、及时地向农户推送多样化的农技服务信息,并通过远程培训、实时在线答疑等方式提升农业生产主体的生产技能,实现生产领域农技服务的个性化。

四、“互联网+”现代农业发展瓶颈

(一)“互联网+”现代农业技术基础研究落后,核心关键技术掌控程度低

目前我国绝大多数的智能农业关键技术处于跟踪研究阶段,总体发展水平与国际领先水平差距较大,且基础研究成果向优势技术转化的能力较弱。我国“互联网+”现代农业技术短板突出表现为3个方面 [6]:一是农业专用传感器落后,国产化缺口巨大,高端需求严重依赖进口(传感器进口占比为80%,传感器芯片进口占比达90%) [7];二是动植物模型与智能决策准确度低,很多情况是时序控制而不是按需决策控制;三是缺乏智能化精准作业装备,作业质量差。此外,现代农业生产与互联网、

大数据、IoT、云计算、5G、AI等新兴信息技术融合有待深化,人、机、物、环境多维信息采集处理能力不足,直接影响了“互联网+”现代农业的发展深度。

(二)“互联网+”现代农业对资金和人力的投入成本要求较高,而产业发展投资回报率低

与所有信息产业一样,“互联网+”现代农业在前期投入成本较大,不但对前期软件开发人员的素质要求较高,对后期技术维护人员的水平也要求较高。农村生产经营主体普遍年龄较大、受教育水平较低,对新技术新业态的接受能力不强,对互联网等新兴技术的支付意愿不强,导致高科技农业项目很难实现大规模落地应用,一旦失去政府财力支持项目则会入不敷出。加之农业尚属于弱质产业,生产周期长、受自然灾害风险影响大而投资回报率低,因此很多农业项目是作为公益项目需要政府支持的。尽管互联网巨头纷纷开始布局农业,如华为技术有限公司利用互联网技术为农业生产提供系统性解决方案,京东集团、阿里巴巴集团切入到智慧养殖、智慧物流和金融贷款等方面,促进了“互联网+”现代农业的发展,但短期内实现互联网、IoT、大数据等信息技术在农业领域大规模的辐射与推广难度依然较大。

(三)“互联网+”现代农业应用平台面临长效运行机制缺乏等共性问题

虽然信息服务平台在“互联网+”现代农业的发展中取得了一定成绩,但也存在自身定位不明确、长效运行机制有待完善等共性问题。首先,整体来看,农业各领域的服务平台数量多、类型杂、同质化现象严重,各平台自身定位不明确、主导功能不突出,影响了农业信息资源的有效利用,造成了平台资源的浪费。其次,具体到平台内部,运营主体缺乏能够维持平台运营的长效机制,多数运营主体没有探索出能够支撑自身发展的利益渠道,尚不能实现平台运营与企业发展的共赢模式。以北京益农信息平台为例,该平台的运营主体是北京中益农信息科技股份有限公司,该公司承担了北京的信息进村入户工程,并在此基础上搭建了信息服务平台,但在实际的运用过程中,企业主体的利益诉求和农

业信息服务的公益属性之间存在矛盾，企业仍在实际运行过程中不断摸索运营模式。

五、发展“互联网+”现代农业的战略目标与路径

（一）发展思路

深入贯彻中央“三农”工作部署，牢固树立创新发展理念，瞄准农业现代化与乡村振兴重大战略需求，着力改善农业农村网络基础设施与条件，夯实农业发展基础。充分发挥“互联网+”技术创新溢出效应，通过部署“互联网+”现代农业重大科技示范与应用项目，加快推进“互联网+”现代农业产业发展。充分发挥大数据在推进农产品供应链全程管控的基础支撑作用，构建农产品全产业链质量安全管控新体系。充分发挥信息化在促进农业生产性服务精准化、普惠化的平台支撑作用，培育信息时代新农民。通过构建“互联网+”现代农业技术创新体系、技术应用体系、产业发展体系，全面提高农业劳动生产率、土地产出率与绿色发展水平，谱写现代农业创新发展新篇章。

（二）战略目标

未来15年是我国社会经济提质增效、转型升级的重要时期，迫切需要依靠科技创新，培育经济发展新动力[8]。建立“信息化主导、生物技术引领、智能化生产、可持续发展”的现代农业绿色发展技术体系，践行“产出高效、产品安全、资源节约、环境友好”的质量兴农道路，确保国家粮食安全、食品安全与生态安全是未来现代农业发展的主题。作为现代农业的重要建设内容，在新一轮信息技术革命引领下，以“AI+ 大数据+5G+IoT”技术支撑的“互联网+”现代农业将成为我国现代农业发展的重要方向[9]。“互联网+”现代农业战略路线图如图1所示。

1. 总体目标

综合现代信息科技新技术、新趋势及我国发展现代农业战略发展新需求，通过“互联网+”现代农业理论、方法和关键技术的突破和现代农业软硬件生产、智能农机制造等产业的培育，实现农业农村网络“新基建”全面改善、智能农业重大技术产品应用更加广泛、现代农业产业体系更加完善、农产品全产业链质量安全管控更加透明，农业生产



图1 “互联网+”现代农业战略路线图

性服务在线化、个性化、数字化基本实现 [10]。到 2035 年, 农业生产发展将基本实现生产智能化、经营网络化、服务精准化与普惠化, 大幅提高农业生产效率、效能、效益, 引领现代农业发展 [11~13]。

2. 阶段目标

到 2025 年, “互联网+”现代农业取得重要进展, 基本完成高效设施农业、规模化生猪、禽类、奶牛、水产等生产领域数字化和农机装备与作业智能化改造; 农业生产“天空地一体化”监测体系全面建成, 基于北斗卫星导航系统的农机自动驾驶得到规模化应用, 国家农产品质量安全统一溯源平台基本建成 [14]; 培育形成一批以农业软硬件、智能农机装备、大数据智能服务为代表的“互联网+”现代农业产业, 形成可复制、可推广的“互联网+”农业生产性服务模式, 打造一批具有国际影响力的“互联网+”现代农业创新高地与产业高地; “互联网+”在解决制约我国农业发展的突出问题上取得积极进展, 显著提高土地产出率、劳动生产率和绿色发展水平 [15]。

到 2035 年, “互联网+”与农业生产、经营、管理、服务协同发展, “互联网+”现代农业发展取得决定性进展, “互联网+”现代农业制度体系更加完善; 以“AI+ 大数据 +IoT/信息物理系统 (CPS) +5G”为核心技术支撑的“互联网+”现代农业产业体系、生产体系、经营体系全面建成, 农业大数据智能服务、农业智能装备制造、农业软硬件等产业得到成熟发展; 我国自主生产的农业传感器、农机智能装备产品符合全球主流的技术标准, 基本实现农业传感器与芯片、大型农机智能装备国产化; 覆盖全产业链的“互联网+”农业生产性服务体系全面建成, 农业智能化基本实现, 我国“互联网+”现代农业综合实力进入全球第一梯队 [16]。

(三) 重点任务

突破“互联网+”现代农业应用的理论、方法和共性关键技术。深入开展数据驱动农业知识模型, 虚拟化、无人化、一体化信息服务模式理论与方法的研究, 不断加强新一代 AI 技术、新信息通信技术、新互联网技术等共性技术与现代农业领域的深度融合, 推动现代农业产品设计、过程管控、应用服务向数字化、网络化、云端化、智能化发展的转型升级。重点攻克智能育种技术、田间环境感知和

自主作业避障技术等“互联网+”粮经饲生产技术, 攻克自动测产技术、无人机植保技术等“互联网+”果茶菜生产技术, 攻克植物工厂、设施生产投入品智能控制技术等“互联网+”设施园艺技术, 突破健康巡检机器人、废弃物资源化智能利用技术、水产动物生长智能信息处理与优化调控技术、“天-空-地”三位一体的多源信息获取与融合技术等“互联网+”养殖技术, 研发具有自主知识产权的农机传感器高性能芯片、载荷 200 kg 以上的高端无人机植保系统、无人驾驶拖拉机、精准施肥施药与灌溉技术、残膜回收智能装备等“互联网+”农机装备技术, 攻克农产品品质传感器、智能报警的安全生产风险控制系统、农业区块链技术、农产品智慧物流技术等“互联网+”农产品流通技术, 积极发展可适性农业云服务技术、新一代农业可视化人机交互技术、农业融媒体技术等“互联网+”农业信息服务技术。

提升与发展“互联网+”现代农业产业, 推动现代农业产业提质增效。结合新一代信息技术, 进一步推动农业主导产业体系和支撑产业体系的完善, 推动现代农业产业在产品研发、过程管控、应用服务环节向数字化、网络化、云端化、智能化方向的转型升级。不断探索“互联网+”技术与现代农业产业体系的深度融合方式, 熟化农业软件智能重构工具、具有自主知识产权的农业传感器与仪器仪表、农业智能机器人、农业大数据智能服务平台等一批“互联网+”现代农业产品, 建立具有产业特色的“互联网+”农业产业示范区, 培育“互联网+”现代农业产业集群 [17]。深化互联网等新一代信息技术与农业生产、经营、管理和服务的深度融合, 大力发展农产品电子商务、“互联网+”农业农村休闲旅游、农业专家助农直播等现代农业产业新业态, 探索“后疫情”时代“互联网+”现代农业产业发展新模式、新路径、新方法, 实现现代农业产业结构升级、产业组织优化和产业创新方式变革, 推动农业提质增效。

开展“互联网+”在农业生产、农业供应链、农业生产性服务等方面的集成应用示范。依托规模以上的种养殖基地, 推广“互联网+”数字田园、智能养殖、智能农机等技术装备的应用示范, 推动农业生产智能化发展; 依托规模以上农业企业, 推广“互联网+”农产品供应链智能管理、生鲜农产

品冷链物流、农产品品质维持技术装备的应用示范,促进农业供应链的网络化、透明化;依托政府、科研院所等,推广栽培管理、病虫草害、品种选育、采收加工等方面的“互联网+”实时在线农技服务;搭建农业生产性服务远程线上培训平台,促进农业生产性服务科技创新;面向农业各领域开展5G技术应用示范、智慧农业产业示范园区、农机装备产业提升与智能制造示范、单品种全产业链质量管控应用示范等,形成一批“互联网+”现代农业创新高地。

六、对策建议

(一) 加快实现农业农村互联网信息互通共享

一是进一步加强基于5G、大数据、IoT等新技术的现代农业农村“新基建”,特别注重提升农村和偏远地区互联网接入水平和质量,逐步建设高速、移动、安全、泛在的新一代农业农村基础设施体系,充分发挥基础设施在“互联网+”现代农业发展中的基础性、保障性、战略性作用。二是建设农业科技资源开放共享服务平台,进一步加强农业农村数据开放共享和开发利用,加强农业数据的采集、清洗、挖掘、整合、分析能力;面向高校院所等科研机构、各级管理人员和示范推广人员提供农业大数据的共享、管理、处理、分析等服务,解决在生产、管理、推广、服务过程中的数据需求。三是布局一批“互联网+”现代农业重点实验室,改善原有相关领域农业重点实验室创新条件,提升“互联网+”现代农业科学观测站基础设施水平,建成“互联网+”种业等现代农业领域重大示范工程;依托“互联网+”创新模式促进互联网与农机作业、现代育种、经粮饲作物种植、畜牧养殖、农产品供应链发展等农业产业的融合。

(二) 持续推进“互联网+”现代农业标准体系建设

一是建立健全包含农业IoT、大数据、农产品电子商务、农技信息服务等在内的技术应用标准体系,强化各级地方区域的信息化平台建设及数据标准推广应用,统一数据接口,为“互联网+”现代农业的信息互通共享提供支持。二是建立健全农机装备标准体系建设,围绕智能化生产、协同化组织、个性化定制、服务化延伸的行业需求,开发农

机作业智能管理系统,探索农业装备制造产业集聚区域网络协同制造创新驱动发展模式,推进“互联网+”农机作业。三是建立健全基于互联网、IoT等新型信息技术的农产品冷链物流和质量安全全程追溯标准体系,建立可追溯管理运行制度,搭建信息化可追溯平台,实现农产品流通环节的智能化监督管理[18~21]。

(三) 加强“互联网+”现代农业学科发展与人才培养

一是完善“互联网+”现代农业领域学科布局,建议将农业AI、农业大数据等“互联网+”现代农业人才培养纳入高校研究生教育培养体系;在试点院校增加“互联网+”现代农业相关学科方向的研究生招生名额,重视农学与数学、计算机科学、物理学、生物学、经济学、社会学、法学等学科专业教育的交叉融合。二是加强培养高水平“互联网+”现代农业领域创新人才和团队,支持和培养具有发展潜力的领军人才,加强基础研究、应用研究、运行维护等方面专业技术人才培养,加强贯通理论、方法、技术、产品与应用等的纵向复合型人才的培养,重视掌握“AI+”经济、社会、管理、标准、法律等的横向复合型人才培养;通过“互联网+”现代农业重大研发任务和基地平台建设,汇聚高端人才,在若干“互联网+”现代农业重点领域形成一批高水平创新团队,并鼓励和引导国内创新人才和团队加强与全球相关研究机构合作互动。三是完善人才激励机制,建立健全适应“互联网+”现代农业发展特点的农业科技人才支撑体系和储备机制;建立健全人才考核、评价制度和激励方式,留住农业科技领域专业人才;注重农业本地人才的培养,通过津贴补助、住房补贴等方式加强其归属感。

参考文献

- [1] 唐润,关雪妍,于荣.“互联网+农业”产业链协同平台建设[J].中国科技论坛,2018(9):121-127.
Tang R,Guan X Y,Yu R. Construction of collaboration platform for “Internet Plus Agriculture” industry chain [J]. Forum on Science and Technology in China, 2018 (9): 121-127.
- [2] 郭海红.互联网驱动农业生产性服务创新:基于价值链视角[J].农村经济,2019(1):125-131.
Guo H H. Internet driven agricultural productive service innovation: from the perspective of value chain [J]. Rural

- Economy, 2019 (1): 125–131.
- [3] 王磊, 但斌, 王钊. 基于功能拓展的生鲜农产品供应商“互联网+”转型策略[J]. 商业经济与管理, 2018 (12): 5–17.
Wang L, Dan B, Wang Z. Fresh agricultural products suppliers' transition strategy in the era of “Internet +” based on function expansion [J]. Journal of Business Economics, 2018 (12): 5–17.
- [4] Wu B F, Zhang M, Zeng H, et al. Agricultural monitoring and early warning in the era of big data [J]. Journal of Remote Sensing, 2016, 20(5): 1027–1037.
- [5] Subramanian V, Burks T F, Arroyo A A. Development of machine vision and laser radar based autonomous vehicle guidance systems for citrus grove navigation [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2006, 53(2): 130–143.
- [6] 赵春江. 智慧农业发展现状及战略目标研究 [J]. 农业工程技术, 2019, 39(6): 14–17.
Zhao C J. State-of-the-art and recommended developmental strategic objectives of smart agriculture [J]. Agricultural Engineering Technology, 2019, 39(6): 14–17.
- [7] De Reffye P, Fourcaud T, Blase F, et al. A functional model of tree growth and tree architecture [J]. Silva Fennica, 1997, 31(3): 297–311.
- [8] 姜侯, 杨雅萍, 孙九林. 农业大数据研究与应用 [J]. 农业大数据学报, 2019, 1(1): 5–15.
Jiang H, Yang Y P, Sun J L. Research and application of big data in agriculture [J]. Journal of Agricultural Big Data, 2019, 1(1): 5–15.
- [9] 王儒敬. 农业传感器与智能检测技术发展任重道远 [J]. 中国农村科技, 2018 (1): 32–36.
Wang R J. Agricultural sensors and intelligent detection technology have a long way to go [J]. China Rural Science & Technology, 2018 (1): 32–36.
- [10] 赵春江, 杨信廷, 李斌, 等. 中国农业信息技术发展回顾及展望 [J]. 中国农业文摘-农业工程, 2018, 30(4): 3–7.
Zhao C J, Yang X T, Li B, et al. The retrospect and prospect of agricultural information technology in China [J]. Agricultural Science and Engineering in China, 2018, 30(4): 3–7.
- [11] “中国工程科技2035发展战略研究”农业领域课题组. 中国工程科技农业领域2035技术预见研究 [J]. 中国工程科学, 2017, 19(1): 87–95.
Task Force for the Research on China's Engineering Science and Technology Development Strategy 2035 Agriculture Research Group. Technology foresight research on China's agricultural engineering science and technology to 2035 [J]. Strategic Study of CAE, 2017, 19(1): 87–95.
- [12] 潘俊良, 覃悦, 韩长志. 5G通信技术在农林业生产中的应用与展望 [J]. 安徽农学通报, 2020, 26(7): 144–145.
Pan J L, Tan Y, Han C Z. Application and prospect of 5G communication technology in agricultural and forestry production [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2020, 26(7): 144–145.
- [13] 赵春江, 李瑾, 冯献, 等. “互联网+”现代农业国内外应用现状与发展趋势 [J]. 中国工程科学, 2018, 20(2): 50–56.
Zhao C J, Li J, Feng X, et al. Application status and trend of “Internet Plus” modern agriculture in China and abroad [J]. Strategic Study of CAE, 2018, 20(2): 50–56.
- [14] 程华, 谢莉娇, 卢凤君, 等. 农业产业链的增值体系、演化机理及升级对策 [J]. 中国科技论坛, 2020 (3): 126–134.
Cheng H, Xie L J, Lu F J, et al. Value-added system, evolution mechanism and upgrade countermeasures of agricultural industry chain [J]. Forum on Science and Technology in China, 2020 (3): 126–134.
- [15] 任守纲, 何自明, 周正己, 等. 基于CSBFT区块链的农作物全产业链信息溯源平台设计 [J]. 农业工程学报, 2020, 36(3): 279–286.
Ren S G, He Z M, Zhou Z J, et al. Design and implementation of information tracing platform for crop whole industry chain based on CSBFT-Blockchain [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 36(3): 279–286.
- [16] 胡云锋, 孙九林, 张千力, 等. 中国农产品质量安全追溯体系建设现状和未来发展 [J]. 中国工程科学, 2018, 20(2): 57–62.
Hu Y F, Sun J L, Zhang Q L, et al. Current status and future development proposal for Chinese agricultural product quality and safety traceability [J]. Strategic Study of CAE, 2018, 20(2): 57–62.
- [17] 晋农. 加快推进农业机械化和农机装备产业升级 [J]. 当代农机, 2018 (12): 7–9.
Jin N. Accelerating agricultural mechanization and upgrading of agricultural machinery and equipment industry [J]. Contemporary Farm Machinery, 2018 (12): 7–9.
- [18] 艾海波, 魏晋宏, 邱权, 等. 微型植物工厂智能控制系统 [J]. 农业机械学报, 2013, 44(S2): 198–204.
Ai H B, Wei J H, Qiu Q, et al. Design of intelligent control system for micro plant factory [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(S2): 198–204.
- [19] 吴文斌, 史云, 周清波, 等. 天空地数字农业管理系统框架设计与构建建议 [J]. 智慧农业, 2019, 1(2): 64–72.
Wu W B, Shi Y, Zhou Q B, et al. Framework and recommendation for constructing the SAGI digital agriculture system [J]. Smart Agriculture, 2019, 1(2): 64–72.
- [20] 费有静, 孙德勤. 智能材料与智能机器人的智能化 [J]. 新材料产业, 2016 (7): 10–13.
Fei Y J, Sun D Q. Intelligent materials and intelligent robot [J]. Advanced Materials Industry, 2016 (7): 10–13.
- [21] 辛国军. 协同SaaS平台的数据安全模型研究——面向农机数字化设计产业链 [J]. 农机化研究, 2019, 41(5): 174–178.
Xin G J. Research on data security model of cooperative SaaS platform facing the industrial chain of digital design of agricultural machinery [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2019, 41(5): 174–178.