

引用格式：

金建东, 徐旭初. 数字农业的实践逻辑、现实挑战与推进策略[J]. 农业现代化研究, 2022, 43(1): 1-10.

Jin J D, Xu X C. The operational logic, realistic challenges, and promotion strategies of digital agriculture[J]. Research of Agricultural Modernization, 2022, 43(1): 1-10.

DOI: 10.13872/j.1000-0275.2021.0101



数字农业的实践逻辑、现实挑战与推进策略

金建东¹, 徐旭初^{2,3*}

(1. 浙江经贸职业技术学院合作经济学院, 浙江 杭州 310018; 2. 杭州电子科技大学法学院, 浙江 杭州 310018;
3. 浙江大学中国农村发展研究院, 浙江 杭州 310000)

摘要：数字农业是我国数字中国战略、数字乡村战略的内在要求，也是实现我国农业现代化发展的必然趋势和正确选择。基于我国数字农业发展现状，结合典型案例阐释数字农业特有的实践逻辑，分析国情农情带来的现实挑战，探讨我国数字农业的推进策略。研究发现，数字农业的实践逻辑包括技术逻辑和应用逻辑。技术逻辑源于数字农业的技术特性，表现为由信息感知、算法赋能和精准执行三个方面各自具有且相互衔接构成的内在机制和技术体系；应用逻辑指数字技术在农业的生产、物流、营销、金融等环节和领域的各个场景的融合机制。然而，在我国的国情农情下更好更快实现数字农业发展，必须直面土地分散经营、小农排斥、效应陷阱、应用开发滞后和数据烟囱等带来的现实挑战。因此，应从加快推进土地适度规模经营、提升小农参与数字农业能力、注重数字农业建设成本的控制、加快数字农业软件应用的开发推广、加强数字农业建设统筹规划等方面进行着力进而加快我国数字农业的建设发展。

关键词：数字农业；数字乡村；实践逻辑；现实挑战；推进策略

中图分类号：F323.3 **文献标识码：**A **文章编号：**1000-0275 (2022) 01-0001-10

The operational logic, realistic challenges, and promotion strategies of digital agriculture

JIN Jian-dong¹, XU Xu-chu^{2,3}

(1. College of Cooperative Economics, Zhejiang Institute of Economics and Trade, Hangzhou, Zhejiang 310018, China;
2. School of Law, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou, Zhejiang 310018, China; 3. China Academy for Rural
Development, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310000, China)

Abstract : Digital agriculture is an internal requirement of China's digital China strategy and digital countryside strategy. And it is also an inevitable trend and the right choice to realize the development of China's agricultural modernization. Based on the current situation of digital agriculture development in China, this paper explains the unique operational logic of digital agriculture, analyzes the realistic challenges brought by the national agricultural situation, and discusses the promotion strategies of digital agriculture in China. Results find that the operational logic of digital agriculture includes technical logic and application logic. The technical logic is derived from the technical characteristics of digital agriculture, which is an internal mechanism and technical system composed of information perception, algorithm empowerment, and precise execution. However, the development of digital agriculture in China still faces some real challenges brought by fragmented land management, smallholder rejection, effect traps, lagging application development, and data chimney. To achieve better and faster development of digital agriculture in China, this paper suggests: to accelerate the appropriate scale of land management, to enhance the ability of small farmers to participate in digital agriculture, to focus on the control of digital agriculture construction costs, to accelerate the development and promotion of digital agriculture software applications, and to strengthen the overall planning of digital agriculture construction.

Key words : digital agriculture; digital village; operational logistic; realistic challenges; promotion strategies

基金项目：国家社科基金重大项目(21ZDA031); 浙江省高校重大人文社科攻关计划项目(2021GH001); 2021年度杭州市哲学社会科学规划项目(Z21YD029)。

作者简介：金建东(1988—)，男，浙江杭州人，硕士，讲师，主要从事数字乡村、农业产业化研究，E-mail: jjd6666@163.com; 通信作者：徐旭初(1962—)，男，浙江杭州人，博士，教授，主要从事数字乡村、农业产业化、农民合作化研究，E-mail: 888xxc@163.com。

收稿日期：2021-08-19; **接受日期：**2021-09-24

Foundation item: The Major Projects of the National Social Science Foundation of China (21ZDA031); Zhejiang Province Major Humanities and Social Sciences Research Program for Universities (2021GH001); Hangzhou Philosophy and Social Science Planning Project (Z21YD029).

Corresponding author: XU Xu-chu, E-mail: 888xxc@163.com.

Received 19 August, 2021; **Accepted** 24 September, 2021

数字农业是我国由农业大国迈向农业强国的必经之路。纵观全球,发达国家都将发展数字农业作为构筑农业现代化发展产业优势的方向,积极将数字科技与农业发展相融合,推进农业产业的数字化转型^[1]。自 20 世纪末以来,我国日益重视数字农业发展,相关政策措施陆续出台,明确提出推动数字技术与农业生产经营管理等方面的融合。随着《数字农业农村发展规划(2019—2025 年)》的发布,以及 2020 年和 2021 年中央一号文件明确提出开展数字乡村试点、实施数字乡村建设发展工程,我国数字农业也日益从顶层规划走向实践落地。

回顾已有研究,国外更多聚焦生产层面探讨农业精准化生产议题,认为数据采集扩展平台技术、基于通讯模块的物联网技术、人工智能系统自治技术、现代信息技术、生物技术和工程技术等是数字农业实现精准化生产的关键^[2-3],并能实现农业生产效益与粮食安全、生态保护等的兼顾^[4-5]。国内对数字农业的关注主要起始于 21 世纪初,并于近几年日趋活跃,研究聚焦农业产业数字化议题,视角涉及数字农业的概念与必要性^[6]、现状与问题^[7]、技术架构设计^[8]、推进路径与对策^[9]等,但总体研究处于起步阶段,未深入揭示国情农情背景下如何实现数字技术与传统农业产业的有效融合,并为我国农业现代化发展提供新动能的议题。

与国外不同的是,我国农业具有以家庭承包经营为基本形式的农业经营制度、农业生产上的多要素密集型集约经营、中国特色的农村市场运行机制等特征^[10]。除此之外,大国小农是我国的基本国情,促进小农户与现代农业有机衔接是我国农业现代化发展应有的题中之意,也是数字农业发展的应有要求。然而,技术并不天然地具有改善小农生态位的旨趣,在某些条件下,技术甚至可能背离“以人为本”的人本主义精神^[11]。因此,在我国处于数字化与农业现代化历史交汇期的背景下,既要数字农业发展的实践逻辑进行考察,更要对国情农情带来的现实挑战进行理性思考,从而为我国数字农业更好更快发展提出针对性的对策建议。

1 数字农业的实践逻辑

随着数字技术的日益成熟及其在农业产业中的融合应用,尤其数字中国、数字乡村建设发展日益推进,我国数字农业的实践案例(项目)日益丰富。从已有的实践来看,鲜明的技术属性是数字农业区别于传统农业的根本特征,即数字农业具有特有的技术逻辑。同时,数字技术如果在农业产业各个环

节(领域)应用不够深入,则难以形成数字农业发展的新引擎^[12],换言之,数字农业发展和效能发挥具有特定的应用逻辑。

1.1 技术逻辑阐释

1.1.1 信息感知:数字农业基础条件“数据”作为感知化、物联化和智能化世界的微观构成,在数字农业中具有基础性作用。从农业信息化的发展历程来看,20 世纪 50 年代至今,经历了以科学统计计算为主的农业计算机应用阶段、以农业专家系统为代表的数字处理与模型应用阶段、以网络信息服务等智能控制应用为主的全面信息化阶段、大数据等新一代信息技术在农业领域应用阶段等 4 个阶段^[13],而每个阶段的核心就是对农业生产经营管理过程各类数据的收集和运算处理。与此同时,“数据”收集需要依靠数据感知设施的建设,即通过各种传感器获取数据信息,才能够为后续各种操作提供信息依据。

当前来看,农业容易受到市场、天气、病虫害、疾病、水肥、物流和市场等因素的影响,在面对买方市场时,呈现出“弱质性”特征。数字技术为改善农业“弱质性”提供了可能。数字农业的技术逻辑起点,就是通过研发和建设各类农业射频识别技术设施、农业传感器设施、遥感设施和市场信息感知设施等,再将大数据技术应用于获取的大量数据上,开发出各种精准农业模型与系统^[8],从而实现农业生产经营过程中的自然环境、运输环境、市场环境等全面的感知和精准的掌握,为农业快速应对环境变化提供数据基础。

1.1.2 算法赋能:数字农业智能大脑 随着大数据时代的到来,算法正在日益融入农业农村,并从虚拟屏幕走向田间地头。从技术层面来看,算法和数据相互支撑、相互促进,共同构成智能化时代的一体两面。一方面,算法在数据不断输入下变得更加精准和智能,算法逻辑更加优化,另一方面,随着算法的不断优化,数据的价值能最大程度的发挥^[14]。

从数字农业来看,由于农业面临内外部环境的复杂性,尤其是农业产业化发展面临着生产、流通、市场、金融等环节和领域中的多元要素,以及要实现这些要素之间的精准衔接,必须通过建立相应的算法模型,实现对大量数据的有效、及时和精准的运算处理,进而促进各环节、各领域等的精准衔接,发挥协同效应。换言之,算法是发挥数据效能的关键,是构建数字农业“智能大脑”的核心技术。而且,随着机器学习和人工神经网络兴起,算法将呈现出基于自主学习而独立进化的发展态

势^[15]，这将为数字农业的精准化、自动化和智慧化提供无限可能。从已有实践看，数字农业基于算法的“智能大脑”，根据具体场景大概包括作物（禽畜等）生长模型、农业产业结构模型、农业市场监测分析模型、农业环境监测预测模型、农产品质量分拣与溯源模型等^[16]；根据综合功能，又可分为专家系统、农业认知计算模型等^[17]。我国数字农业基于算法的“智能大脑”，是基于我国农业现实需要和典型特征的本土化技术实践过程，即基于具体的场景需要开发相应逻辑的算法，并形成适合现实需要的“智能大脑”。

1.1.3 精准执行：数字农业效能保障 在马克思看来，人类改造自然是为了满足自身需要的有目的实践。有目的的实践，意味着人对于自然的实践活动需要与意识相吻合，实现有目的的精准执行。相应的，数字农业要通过对于数据的收集和智能分析决策，达成精准的执行，才能实现对农业生产经营环境的应对。这一过程中，精准执行是数字农业应对生产经营环境多样性和不确定，并发挥效能的最后一个环节，是将数字农业“智能大脑”运算指令实施到农业生产、物流、营销、金融等各环节和各领域的关键。与此同时，精准执行存在着可达性的问题。正如莱斯定理指出，基于图灵机及内在的技术逻辑在一定程度上具有不可判定的特性（即不确定性或不稳定性），而相应执行可达性也是一个不可判定性质，因此需要根据具体的应用场景，对执行可达性分析结论的完备性和可靠性做出保障^[18]。换言之，实现数字农业精准执行，就是要提高数字农业技术系统的稳定性，并根据具体场景推进执行设施设备建设。

在具体的实践过程中，数字农业需要根据具体的场景建设配套的设施设备，以实现数字农业在具体场景需求中对指令的精准执行。从生产过程来看，这些设施设备大概包括耕种（养殖）控制设施系统、植保（疾病防控）控制设施系统、灌溉（精准饲喂）控制设施系统、种养殖收获控制设施系统等^[19-20]；从加工过程来看，大概包括饲料控制设施系统、自动加工屠宰控制系统、果蔬加工控制设施系统等^[21]。

1.2 应用逻辑考察

当前，数字农业主要表现为数字技术在农业的生产、物流、营销和金融等环节的融合应用，并不断进行着创新实践，从而有力促进了农业产业的数字化转型，提供了农业现代化发展的新引擎。

1.2.1 生产数字化：提升农业生产效能 数字农业能够使得农业生产环节中的自然环境变成一个可控的

要素，从而降低农业生产风险、提高生产效率、提升产品品质等。换言之，数字农业将数字技术应用到农业生产的各环节和各领域，进而提升农业生产效能。

具体来看，农业生产环节的数字技术融合应用主要体现有4个方面。一是生产过程的监测和执行。自然环境因素会影响种养殖的整个过程，从而对作物、畜牧和水产等的产量与品质等造成影响。这些因素是持续动态的过程，需要对各类数据实时收集、科学分析和精准预测，进而通过精准执行来有效应对，而数字农业能够对各类信息实现实时、动态的感知和收集。二是自然风险的预测和应对。自然风险是造成农业生产损失的主要因素，包括病虫害、旱灾和台风等。数字农业通过应用物联网技术等，自建或者与气象部门共享自然灾害预警系统，实现对大气环境、水环境和其他突发状况的感知，从而对各类自然灾害实现应对，降低自然灾害风险。数字农业还能够为购买合适的农业保险提供参考，降低投保审核成本，进而有助于降低种养殖灾害给农民造成的经济损失^[22]。三是生产物料的精准控制。农产品的品质控制等，需要在物料供给上实现精准控制，而数字农业能够实现农业生产所需物料供应的精准控制，从而实现农业生产的增效降本和产品品质的提升^[23]。四是生产效益和生态效益的兼顾。绿色发展是各国经济的发展方向。数字农业能够通过对于各类资源的合理安排和精准施用，从而降低种养殖生产对土壤、水质等的污染^[24]。

1.2.2 物流数字化：补齐农业运输短板 物流是实现农业从生产端到消费端的关键，发挥了农业供应、销售等的主要载体作用。然而，由于我国农业面临分散经营的现实，使得农业物流建设意愿不足，进度相对滞后，并表现为农业物流的粗放式发展，严重制约了我国农业现代化发展^[25]。据统计，我国由于农业物流发展水平的不足，致使果蔬类的流通损耗达到20%~30%，远高于美国的11%。农业数字物流对于提升农业运输效能具有重要现实价值。通过大数据、云计算等数字技术的应用，促进农业物流各环节与数字技术的有效融合与精准对接，能够实现对农业物流的各种状态进行感知、决策和执行^[26]。尤其对于农产品冷链物流来说，围绕运输过程中农产品品质保障、低损耗等目标，通过物联网等的运用，能实现对整个物流过程生鲜农产品位置和来源等的精准掌握，以及对运输、仓储等环节实现自动化与智能化作业，特别是对整个物流过程温度的精准感知和控制，从而加强各环节联动，防止

物流中断,提高效率^[27]。

具体来看,数字技术在农业物流运用可以归结为村镇环节、仓储运输环节和社区配送环节等。村镇环节是农业物流的“最初一公里”,主要应用与建立感知设备和数据库,为农业物流后续的精准操作提供数据基础^[28]。仓储运输环节,主要根据前期收集的各类产品数据信息等,结合仓储、加工和运输过程中各类数据信息的动态感知,通过分析、运算和执行等,进而实现农产品品质保障、损耗降低等。社区配送环节,主要以满足居民对于高效获得优质农产品的现实需要为目标,在算法赋能下,实现农产品配送的短时间、短路程等^[29]。

1.2.3 营销数字化:解决农产品滞销顽症 农产品滞销问题一直存在于农业现代化进程中,造成农民利益的损害。究其原因,除了产品品质、物流技术和信息不对称等原因外,还包括市场体系的不完善、营销方式落后、营销主体单一和市场需求快速更迭等^[30]。数字营销通过数字技术应用,实现营销模式创新,顺应了当前电子商务发展趋势,满足了人们网购的消费习惯,助推了农产品的销售。具体来看,数字技术能够通过积累的生产、销售和用户评价数据,切实促进农产品品质改进和品牌开发,以及对传统农产品和特色农产品的分类销售,进而提高消费者对于农产品的信任,促进农产品在不同细分市场的销售,提升农产品销售的市场价格,实现销售的量价齐升。需要指出,数字营销需要数字化生产、数字化物流等环节的支撑,进而实现农产品在数字技术赋能下更好的到达消费者手中。

具体的实践中,数字营销又有着丰富的形态,包括电商扶贫、新零售、淘宝村(农产品销售)和农产品直播等。其中,电商扶贫主要通过电子商务手段和方式,帮助贫困地区实现农产品的销售,助推贫困农民的脱贫增收;新零售指通过线上线下结合,进而向消费者提供优质的农产品和服务^[31];淘宝村伴随电子商务在乡村地区蓬勃发展而兴起,通过电商平台的产业集聚能力,降低农产品销售的交易成本,改善农村交易的区位条件,弱化了农产品劣势并扩大了需求^[32],促进了农产品销售;农产品直播营销是在消费升级的背景下,基于数字技术构建基于优质内容的“沉浸式”购物体验,从而提高用户粘性和精准销售^[33]。

1.2.4 金融数字化:缓解农业金融抑制 我国农业的小规模经营、季节性强、担保能力差和风险较高等特性,使得金融机构对农业的金融供给意愿不足,表现为对农业的金融抑制,从而形成了农业融资难

的问题。究其原因,除了产业特性因素之外,更由于乡村地域的分散性,使得金融机构对农民信息的收集和分析,以及对风险的治理面临着高昂的交易成本。数字金融在大数据、云计算等数字技术的加持下,基于对农户数据的收集、分析和预测,实现农业金融供给风险管控的低成本,并通过手机端等移动设备,实现为农户提供便捷、高效和个性的金融服务^[34]。更加重要的是,数字金融具有开放性、公平性和易得性等特征,并且以小额信贷为主要业务,与普惠金融特征上具有一致性^[35]。换言之,数字金融不仅能够缓解农业金融供给不足的现实问题,更能根据农户的实际条件和现实需要提供覆盖广、个性化和便捷式的金融服务,实现金融的普惠性。

1.3 数字农业的典型案列(项目)

现实来看,我国数字农业典型案例(项目)的实践,正是数字技术在农业产业的生产、物流、营销和金融等环节(领域)的融合应用,其运营遵循着数字农业特有的技术逻辑和应用逻辑。案例资料主要由《智慧农业新技术应用模式》和《数字乡村典型案例汇编(2020)》,以及官网资料、新闻报道、电话访谈等整理而成。

数字技术在农业生产环节应用的部分典型案例(项目),如盒马鲜生、海尔数字农业项目、新希望肉禽数字化养殖项目、工厂化高效鱼菜共生系统精准测控技术项目、重庆市荣昌区生猪大数据中心项目等。这些案例(项目)的共性在于大数据、云计算、人工智能和物联网等数字技术在农业生产各方面的融合应用,实现农业生产信息的感知、数据的智能运算、场景的精准执行。但各案例(项目)在具体实践中又有区别。盒马鲜生聚焦生产和市场的精准对接,运用大数据技术实现市场数据反哺农业生产,并通过物联网链接智能大棚、温控设备等设施,实现农业的精准生产;海尔数字农业项目、新希望肉禽数字化养殖项目、重庆市荣昌区生猪大数据中心项目聚焦降低生产过程中的病虫害灾害风险,提升农产品品质,通过数据感知和智能分析,结合配套智能控制设备,自动执行优化后的数据参数,实现生产过程的远程精准控制、生产风险的实时预警、生产指标偏移的智能化自动纠偏;工厂化高效鱼菜共生系统精准测控技术项目聚焦绿色和高效生产,通过关键参数精准感知技术,构建优化调控模型,应用智能化装备和云管控平台,实现农业生产的节能减排、节本增效和绿色发展。

数字技术在农业物流环节应用的部分典型案例

(项目),如顺丰冷链项目、盒马鲜生、海尔数字农业项目、京东冷链项目、共享冷库项目等。与生产环节类似,这些模式(案例)也是大数据、云计算等数字技术在物流各个方面的融合应用,但在具体的实践过程中又有所区别。盒马鲜生聚焦快速高效的将生鲜农产品配送到消费者手中,应用智能履约集单算法、智能店仓作业系统、智能配送调度、智能订货库存分配系统,通过物流实现生鲜农产品产销对接的高效、优质和低成本;顺丰冷链项目、京东冷链项目聚焦农产品品质控制,以保障生鲜农产品运输过程中恒温控制为目标,通过智能温控硬件设备,显示和收集仓库、冷藏车等温湿度信息,并应用智能预警算法,实现生鲜农产品冷链运输温度的智能监控和调整,保障了生鲜农产品运输过程中的质量;共享冷库项目则聚焦降低生鲜农产品冷链成本,以及充分优化利用冷库资源,运用大数据技术和智能算法实现冷库资源的智能、高效分配,从而有效降低冷链物流冷库建设成本,提升冷库利用效率。

数字技术在农业营销环节应用的部分典型案例(项目),如拼多多、盒马鲜生、归农、中国农业科学院农业信息研究所农产品市场全息信息采集技术项目等。这些案例(项目)本质上是生鲜农产品电商,但在具体的运营实践上又有所区别。拼多多以社交电商模式,使得优质农产品在消费者中快速积累口碑和流量,从而短时间内汇聚大量的订单,促进优质生鲜农产品的销售;盒马鲜生以新零售模式,通过以消费者体验为中心的数据驱动,构建线上线下一体化运营模式,实现生鲜农产品的消费升级,促进销售;归农以微商模式,基于微信已有的用户基数,通过朋友圈扩散生鲜农产品信息,从而促进优质生鲜农产品被消费者所知晓,进而短时间汇集大量的订单,促进销售;中国农业科学院农业信息研究所农产品市场全息信息采集技术项目针对农产品产业链数据采集手段落后与专用设备缺乏等问题,研发了便携式人机交互农产品市场信息采集设备(农信采),开发了处理系统专用软件,实现了生鲜农产品市场信息的精准采集、数据规则验证、异常数据自主辨识功能,提升了农户对于生鲜农产品市场的精准把握。

数字技术在农业金融领域应用的部分典型案例(项目),如网商银行农村智慧金融项目、京东京农贷项目、农发贷、重庆市荣昌区生猪大数据中心项目等。这些项目聚焦农户精准信贷,充分运用大数据技术等,实现农户便捷、高效的获得无抵押贷款,

但在具体的实践中又有所区别。网商银行农村智慧金融项目采用卫星遥感技术获取种植大户的作物全生长周期数据,实现作物品类、种植面积和长势情况的识别,并采用大数据风控技术构建农产品的风控模型,实现对农户的精准授信,提升农户的融资效率;京东京农贷项目、农发贷、重庆市荣昌区生猪大数据中心项目则充分积累和运用农民在农资购买、消费等方面的数据,结合算法模型,从而对农民贷款风险实现精准评估,进而为农户提供精准的无抵押信贷服务。

数字技术促进农业领域创新实践的部分典型案例(项目),如共享农业、云农场、定制农业等,这些案例大都集中在数字技术促进农业创新创业、农民增收致富等方面。综合来看,这些创新实践都在互联网的加持下实践发展,但在具体的理念等方面又有着区别。共享农业是基于互联网实现涉农资源配置的新方式,既通过互联网共享平台,集聚海量的供给方和需求方,并利用大数据、人工智能等技术实现各类涉农资源的智能化匹配,发挥网络的动员能力、双边效应、外部效应和赋能效应,实现农业优质资源产生更大的价值;云农场通过应用大数据技术,用户认购农场后,可以通过智能手机、平板电脑和计算机等终端连接互联网,在云服务器上远程“打理”农场事务,并在生鲜农产品成熟时通过快递实现收获。这一模式有力促进了农民就业和增收致富;定制农业由消费者通过电商平台认购商品,电商平台则对农户生产过程进行监督,消费者可以通过电商平台实时监督查看所认购产品的成长状况,农产品成熟后由电商平台负责提供采摘(屠宰)、加工、包装和配送等服务。

2 数字农业发展的现实挑战

2.1 分散经营现实带来规模经营的挑战

从种植业来看,家庭联产承包经营责任制虽然激活了我国农民的生产积极性,也带来了农业分散经营的现实问题,阻碍了我国农业的规模化和现代化进程。因而,数字农业建设发展将直面土地分散经营带来的现实挑战。

首先,数字农业效能的发挥,需要大量数据的积累,从而为进一步的运算和决策提供支撑。数据越丰富,运算和决策将会越智能。这就要求农业经营具备一定规模。其次,规模经营更有利于数字农业效能发挥,如无人机的作业,规模化作业效能要远比细碎化作业的效能要高。再次,土地细碎化经营,带来了数字农业建设的复杂性。分散经营使得

数字农业功能发挥将面临着复杂的环境因素,如相比于规模化地块上的作业,智慧农机在面临分散的土地经营境况时,要求更高的信息感知、运算和执行能力,从而对数字农业的技术层面提出了更高要求。第四,高交易成本制约了数字农业的实施。数字农业的物流和营销等环节,是服务农业生产环节对接市场的重要节点。然而,数字农业的物流环节和营销环节在面对分散经营的农业生产环节时,不得不面对大量的小农户,使得在产品品质控制、合约执行、交易达成等面临着高交易成本^[36]。

2.2 小农排斥现实带来小农生态位跃升的挑战

从种养殖业来看,在大国小农的基本国情农情下,实现小农户与现代农业有机衔接是数字农业建设发展应有的题中之意,尤其是种植业。因而,数字农业建设发展将直面如何促进小农户融入数字农业,实现其生态位跃升,分享数字化红利,最终提升其收入水平的挑战。

深入来看,小农给数字农业建设发展带来的挑战,来源于小农的现代性不足,从而与数字农业建设发展的现代性要求产生了冲突^[37]。抛开将小农视为一种带有意识形态的政治文化现象视角不谈,从经济视角来看,小农在一定程度上表现为自给自足、与自然交换、相互隔离的特征^[38],从而呈现技术状态长期不变、缺乏引入新要素的动力、生产要素的供给与需求长期不变的现象^[39]。而作为现代农业的数字农业,是传统农业在数字技术要素的引入下,从而发展起来的技术型农业^[40]。显然,小农的这种特征,使得其在数字农业的技术采纳、参与技能等方面存在着不足,进而造成小农衔接数字农业建设发展的困境。

具体来看,小农衔接数字农业建设发展的困境,主要源于我国小农在市场化浪潮中呈现的现状。一是农村劳动力结构的老齡化。在市场化浪潮中,农村年轻劳动力大量外流,已表现出农业老齡化趋势。二是小农的数字心智不足。数字化浪潮由城及乡,以电子商务为主的形式,在一定程度上促进培育了乡村数字心智的日益成熟,但农民的心智水平依然不足,尤其在面对数字农业相对更高的技术要求背景下。三是小农的资金水平不足。从可持续的角度看,数字农业的建设运营主体应该是各类营农主体,相应的需要大量的资金投入,而小农总体的资金水平存在不足,尤其是边远农业产区和贫困乡村地区。四是小农的精英俘获现象。数字农业建设发展过程中,容易出现本来为多数人而转移的资源,被少数具有政治或经济优势的精英群体所获取,使得小农

无法获取相应的资源。

2.3 效益陷阱带来建设成本控制的挑战

具有高技术和高资产特征的数字农业,其建设发展需要大量的资源投入。纵观世界,美国的精准种植,法国的联合收获机产量图生成及质量测定、施肥机械和电子化植保机械,以及荷兰的“智慧牧场助理”等,无不是资源大量投入驱动的^[41-42]。然而,高资源投入的数字农业,并不一定意味着农业生产效率的提升。我国在推进农业技术的应用过程中,农业技术效率相比投入呈现出的效益有限。根据测算,在1978—2017年间,我国农业全要素生产率年均增长3.4%,技术进步年均增长7.2%,技术效率则年均下降3.5%,且技术效率的变动与技术进步的变动趋势呈现相背离的态势^[43]。

这种技术效率呈现下降的态势,有着我国农业特性的内在逻辑。当农业人均种养殖面积过小,尤其农业种植规模过小,即处于相对劳动密集型状态时,农业生产将呈现出“内卷化”的现象^[44]。相应的,在我国农业面临分散经营和小农状态下,数字农业的技术投入容易出现“技术内卷”,即数字农业建设的效费比呈现效益陷阱的现象。换言之,数字农业建设发展面临着效益陷阱的挑战,即应避免在建设过程中出现“消耗型增长模式”。“消耗型增长模式”指资源的大规模投入实现数字农业的建设发展,进而造成投入产出比的不断下降,表现为技术进步缓慢,生产经营效率低,技术的边际效率呈现不断下降的态势^[45]。更加重要的是,数字农业的效益陷阱,将导致营农主体基于利益考量,不愿意推进数字农业的建设发展。

2.4 应用开发滞后带来推广应用的挑战

各类应用是数字农业真正发挥效能的重要基础。当前来看,我国数字农业的建设还处在完善硬件基础设施阶段,包括网络的进村入户、道路和水利的数字化转型等,而在种植业、畜牧业、渔业、农机装备、农垦等产业和领域的数字应用开发与推广更是处在起步阶段,应用的丰富程度相较于现实需求还有较大的缺口,具体的应用推广上,也只是以信息报送和服务类为主,远未符合数字农业效能发挥的现实需要。

除了应用开发不够丰富外,功能便捷程度和界面友好性等还需进一步优化,从而提高使用体验。界面和功能是应用给用户的第一体验,而用户选择应用的基础条件是具有优质的用户体验,通过用户体验满足用户需求。应用能否被接受,关键看应用的感知有用性和感知易用性。感知易用性起关键作

用,并与感知有用性共同影响了应用的推广程度^[46]。总体来看,我国数字农业配套的应用在感知易用性上还有着较大的提升空间。

因而,我国数字农业建设发展将直面应用开发相对滞后带来的挑战。一方面,数字农业场景极其丰富,需要大量应用的开发,以安装在各类设施设备上供营农主体使用,尤其是能够在手机等移动端上方便的供农民使用,从而实现农民对数字农业的移动式、一键式操作。另一方面,数字农业应用的功能集成性水平有待提升,易用性程度相比电子商务领域还有待进一步优化,从而在农民总体年龄结构老龄化、知识水平不高、操作技能较低的现实下,造成了农民使用数字农业应用的不便,甚至因知识和技能上无法达到数字农业应用使用的要求,而产生了畏难的情绪,使得数字农业推广存在困难。

2.5 数据烟囱带来产业数字化转型的挑战

在经济全球化发展背景下,农业的经营优势由产品竞争逐渐转向整个产业链的竞争。当前,我国农业产业化发展面临着各环节衔接不够紧密、利益分配机制不完善、与市场需求脱节等现实问题^[47],而数字化浪潮的到来,为农业产业化发展注入了新动能。随着物联网、区块链、大数据技术的不断成熟和应用,农业产业链各个环节的信息共享、信息披露的技术支撑日益成熟,提供了解决农业产业链各主体之间信息不对称问题的技术空间^[48]。深入来看,数字技术赋能农业产业化发展的内在逻辑在于,产业链各环节和主体发挥不同信息职能并进行信息交换,从而实现农业产业链的信息功能生态位、资源生态位和时空生态位的协同,实现各环节和主体的职能发生转换和协同,即实现了农业产业链信息的共享和生态位的调整。农业产业的数字化转型,关键在于各环节和主体的信息共享与交换。

然而,农业产业的数字化转型面临着“数据烟囱”的现实制约,表现为时间和空间方面信息传输不及时与不对称,进而造成数据共享和交互率极端低下甚至无法联通的问题,以至于呈现资源浪费、重复投资和效率低下的现象^[49]。之所以形成“数据烟囱”的现象,在于我国数字农业发展总体处于起步阶段,使得农业产业链各环节和各主体未形成统一的数据标准和体系,造成了产业链之间数据互联互通的难题。而由于资产专用性投入的现实下,形成了我国农业产业链各环节和各主体数据运行系统和设备的路径依赖,因而使得统筹规划面临着较高的转换成本。换言之,农业产业的数字化转型将直面“数据烟囱”的现实挑战。

3 加快数字农业建设发展的推进策略

3.1 加快推进土地适度规模经营

土地适度经营规模是种植业实现数字化转型发展的前提和基础。应在尊重农民意愿的基础上,加快推进土地确权,清晰土地所有权边界,加强土地所有权的法律保护。同时,加快培育土地流转的交易市场,明晰价格机制,培育土地流转交易的咨询、评估和代理等社会化服务等,从而发挥土地流转的市场机制作用。为了解决农民开展土地流转的后顾之忧,应在户籍政策、社会保障政策、就业政策等方面进行创新与保障,实现失地农民能在城乡之间的自由流动,提升就业能力和机会,补齐在养老、医疗等方面的短板,让农民敢于进行土地流转,从而加快土地规模经营进程,为数字农业建设发展提供规模化的土地要素保障。

3.2 提升小农参与数字农业能力和空间

促进种养殖业的小农户参与并享受数字农业建设发展的数字红利,实现生态位的跃升,提升收入水平等,应注重提升小农参与数字农业的能力和空间。应围绕有效参与数字农业建设发展的知识和能力要求,针对小农户开展数字农业知识和技能专题培训班,通过培训提升小农参与数字农业的积极性,破除技能障碍。在此过程中,应加强对农民培训的政策和资金支持,保障农民培训的可持续性。同时,应注重在生产端和营销端提升小农参与数字农业并享受数字红利的空间。具体来看,生产端应该针对小农需要,推进各类数字化为农服务功能的建设,进而为小农生产提供数字化服务。政府可以考虑对各类数字化为农服务提供补贴,实现小农在生产环节以较低成本享受数字化红利。在营销端,应该鼓励发展各类新模式新业态,如直播营销、淘宝村等,加强这些新模式新业态相应技能的培训,从而让小农参与到这些新模式新业态当中,拓展小农农产品销售的渠道和空间,提升其收入水平。

3.3 注重数字农业建设成本的控制

效益陷阱要求数字农业建设发展需注重成本控制。本质上,成本控制是在数字技术满足农业数字化转型要求,尤其满足农民现实需求的条件下,注重成本控制,避免数字农业建设发展出现“消耗型增长模式”。从国际上看,各国发展数字农业都注重成本控制,并根据自身实际因地制宜推进数字农业建设发展,美国、加拿大、澳大利亚、德国、英国和丹麦等发达国家都根据自身的实际情况,因地制宜推进符合各自需要的数字农业发展,形成了不

同的模式。因此,我国在推进数字农业建设发展过程中,应遵循技术逻辑和应用逻辑,在保障技术和设备体系完整性的基础上,根据实际需要,因地制宜推进数字农业建设发展。数字农业建设模式的成效,应以农民是否真正需要为根本标准,进而避免盲目建设。在建设驱动力选择上,应发挥政府的引导作用,以普惠农民为基本原则,引入并发挥市场主体在数字农业建设发展当中的作用,通过市场竞争机制实现数字农业建设成本的有效控制,并且保障效能的有效发挥。在资源使用上,应注重存量改革,即对已有的农业基础设施进行数字化升级,进而实现已有资源的充分利用,降低数字农业建设成本,避免资源浪费。

3.4 加快数字农业应用开发推广

为了使得数字农业更好的推广应用,应在推进数字农业建设发展的过程中,根据农民的需要和使用习惯,加快推进匹配的应用开发,进而安装到农机、手机等设备上,供农民方便的使用。在此过程中,应充分发挥数智经济企业的作用,利用其丰富的应用开发经验和雄厚的数字技术实力,加快数字农业配套应用的开发。政府除了引导数智经济企业开发应用外,应在财政上予以支持,设立数字农业应用开发奖励补贴制度,从而激发数智经济企业开发数字农业配套应用的主动性。与此同时,应在尊重农民主观意愿的基础上,通过引导和鼓励促进各类应用在营农主体中的使用。对于应用推广缓慢等现象的原因,应该进行精准分析和有效应对,及时破除应用推广过程中的障碍。同时,及时分析应用推广效果,找出应用推广中存在的不足,从而对数字农业的相关应用进行优化调整,形成数字农业建设发展“反馈—优化”的可持续良好发展态势。

3.5 加强数字农业建设统筹规划

促进我国数字农业发展,提高我国农业产业的国际竞争力,必须破除“数据烟囱”障碍,实现信息在农业产业链的开放共享。因此,必须在我国数字乡村战略建设浪潮下,加强对数字农业建设发展统筹规划的力度,推进数字农业技术体系和数据标准的统筹规划,促进数据在整个农业产业链的有效共享,实现产业链在数据赋能下有效协同。在具体的工作机制上,应在数字乡村建设发展的整体工作机制下,成立数字农业建设发展工作专班,统筹领导各级数字农业建设发展工作。尤其要加强县级层面的统筹规划工作力度,充分实现数字农业建设发展各个环节和领域相关政府部门的协同,保障数字农业落地实施的系统性和协同性。同时,针对已经

建设的技术体系和数据标准,基于因路径依赖而导致转型成本过高的现实,应加大财政支持和补贴力度,通过补贴鼓励数字农业各类主体推进统一的技术体系和数据标准的建设,加快这些主体有效融入数字农业的步伐,从而有效推进数字农业的发展。

4 结语

在数字农业已成为世界各国争相构筑农业产业优势方向选择的背景下,以及我国加快推进数字中国、数字乡村的现实下,数字农业建设发展势在必行,时不我待。综上所述,数字农业建设发展具有鲜明的技术逻辑和应用逻辑。技术逻辑是数字农业建设发展的共性基础,可以借鉴和利用国内外成熟的技术和设施,从而为加快数字农业建设发展提供坚实的技术基础。而应用逻辑,则体现为因地制宜的实施过程,即将技术逻辑应用到农业产业各个环节和各个场景中,实现农业生产、物流、营销和金融等方面的数字化转型。与此同时,因地制宜还意味着数字农业建设发展面临着我国制度、文化和村社等现实的制约,使得我国数字农业发展必须考虑国情农情,走出一条符合我国农业现代化发展现实和趋势的数字农业建设发展路径。

参考文献:

- [1] 钟文晶,罗必良,谢琳.数字农业发展的国际经验及其启示[J].改革,2021(5):64-75.
Zhong W J, Luo B L, Xie L. International experience and enlightenment of digital agriculture development[J]. Reform, 2021(5): 64-75.
- [2] Houghton A M, Knight B E A. Precision farming: Farmers and commercial opportunities across Europe[J]. Proceedings of British Crop Protection Council, 1996, 3: 1121-1126.
- [3] Silva C B, Moraes M, Molin J P. Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of So Paulo state, Brazil[J]. Precision Agriculture, 2011, 12(1): 67-81.
- [4] Simon T. Modern Agriculture[C]. Nashville: Tennessee Hall, 2009: 35-36.
- [5] Paustian M, Theuvsen L. Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers[J]. Precision Agriculture, 2017, 18(5): 701-716.
- [6] 唐世浩,朱启疆,闫广建,等.关于数字农业的基本构想[J].农业现代化研究,2002(3):183-187.
Tang S H, Zhu Q J, Yan G J, et al. About basic conception of digital agriculture[J]. Research of Agricultural Modernization, 2002(3): 183-187.
- [7] 刘金爰.“数字农业”与农业可持续发展[J].东岳论丛,2010,31(2):70-73.
Liu J A. “Digital agriculture” and sustainable agricultural development[J]. Dongyue Tribune, 2010, 31(2): 70-73.
- [8] 毛焯,王坤,唐春根,等.国内外现代化农业中物联网技术应用

- 用实践分析[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(4): 412-414.
- Mao Y, Wang K, Tang C G, et al. Study on domestic and overseas application of internet of things in modern agriculture[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2016, 44(4): 412-414.
- [9] 胡亚兰, 张荣. 我国智慧农业的运营模式、问题与战略对策[J]. 经济体制改革, 2017(4): 70-76.
- Hu Y L, Zhang R. The operation mode, problems and countermeasures of the wisdom agriculture in China[J]. *Reform of Economic System*, 2017(4): 70-76.
- [10] 王乃明. 中国特色农业现代化道路的特征[J]. 农业现代化研究, 2008, 29(5): 513-517.
- Wang N M. Feature of agricultural modernization route with Chinese characteristics[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2008, 29(5): 513-517.
- [11] 韩莉莉, 马万利. 技术异化视域下科技伦理人文效应探析[J]. 人民论坛·学术前沿, 2020(6): 92-95.
- Han L L, Ma W L. On the humanistic effect of scientific and technological ethics from the perspective of technological alienation[J]. *Frontiers*, 2020(6): 92-95.
- [12] 陈义强. 精准农业的关键技术及其在烟草上的应用[J]. 作物杂志, 2011(3): 1-6.
- Chen Y Q. Key technologies of precision agriculture and their application on tobacco production[J]. *Crop*, 2011(3): 1-6.
- [13] 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]. 农学学报, 2018, 8(1): 172-178.
- Zhao C J, Yang X T, Li B, et al. Review and prospect of agricultural information technology development in China[J]. *Journal of Agriculture*, 2018, 8(1): 172-178.
- [14] 张恩典. 大数据时代的算法解释权: 背景, 逻辑与构造[J]. 法学论坛, 2019, 34(4): 152-160.
- Zhang E D. Background, logic and structure of the right to explanation of algorithmic decision-making in the age of big data[J]. *Law Forum*, 2019, 34(4): 152-160.
- [15] 王旭, 陈南希, 张柔佳. 智能自适应边缘系统: 探索与挑战[J]. 物联网学报, 2021, 5(1): 1-10.
- Wang X, Chen N X, Zhang R J. Intelligent adaptive edge systems: Exploration and open issues[J]. *Chinese Journal on Internet of Things*, 2021, 5(1): 1-10.
- [16] 王利民, 刘佳, 杨玲波, 等. 中国数字农业的基本理念与建设内容设计[J]. 中国农业信息, 2018, 30(6): 71-81.
- Wang L M, Liu J, Yang L B, et al. Basic concept of China's digital agriculture and design of its construction contents[J]. *China Agricultural Informatics*, 2018, 30(6): 71-81.
- [17] 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.
- Lan Y B, Wang T W, Chen S D, et al. Agricultural artificial intelligence technology: Wings of modern agricultural science and technology[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2020, 41(6): 1-13.
- [18] 杨克, 贺也平, 马恒太, 等. 精准执行可达性分析: 理论与应用[J]. 软件学报, 2018, 29(1): 1-22.
- Yang K, He Y P, Ma H T, et al. Precise execution reachability analysis: Theory and application[J]. *Journal of Software*, 2018, 29(1): 1-22.
- [19] 郑可锋, 祝莉莉, 胡为群, 等. 数字农业技术研究进展[J]. 浙江农业学报, 2005(3): 170-176.
- Zheng K F, Zhu L L, Hu W Q, et al. Introduction on technology for digital agriculture[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2005(3): 170-176.
- [20] 熊本海, 杨振刚, 杨亮, 等. 中国畜牧业物联网技术应用研究进展[J]. 农业工程学报, 2015, 31(S1): 237-246.
- Xiong B H, Yang Z G, Yang L, et al. Review on application of internet of things technology in animal husbandry in China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(S1): 237-246.
- [21] 沈维维, 周波. 智慧农业发展脉络和关键领域研究[J]. 绿色科技, 2020(8): 192-195, 214.
- Shen W W, Zhou B. Overview of the development and key fields of smart agriculture[J]. *Journal of Green Science and Technology*, 2020(8): 192-195, 214.
- [22] 匡远配, 易梦丹. 精细农业推进现代农业发展: 机理分析和现实依据[J]. 农业现代化研究, 2018, 39(4): 551-558.
- Kuang Y P, Yi M D. Precision agriculture promoting the development of modern agriculture: Theoretical mechanism and practical evidence[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2018, 39(4): 551-558.
- [23] Brand U. Green economy—The next oxymoron? No lessons learned from failures of implementing sustainable development[J]. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 2012, 21(1): 28-32.
- [24] 王永生, 陈静, 陶欢, 等. 精准农业技术对生态环境的影响评价研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(4): 73-78.
- Wang Y S, Chen J, Tao H, et al. Research progress on impact evaluation of precision agriculture technology on ecological environment[J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2016, 18(4): 73-78.
- [25] 舒辉, 胡毅. 农业物流生态圈协同发展机制及路径——基于江西淘鑫的单案例分析[J]. 南开管理评论, 2021, 24(4): 16-28.
- Shu H, Hu Y. Synergetic mechanism of agricultural logistics ecosystem[J]. *Nankai Business Review*, 2021, 24(4): 16-28.
- [26] 何黎明. 中国智慧物流发展趋势[J]. 中国流通经济, 2017, 31(6): 3-7.
- He L M. The development trend of China's smart logistics[J]. *China Business and Market*, 2017, 31(6): 3-7.
- [27] 汪旭晖, 张其林. 基于物联网的生鲜农产品冷链物流体系构建: 框架、机理与路径[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2016, 16(1): 31-41.
- Wang X H, Zhang Q L. Construction of cold-chain logistics system for fresh agricultural products based on the internet of things: Framework, mechanism and path[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University (Social Science Edition)*, 2016, 16(1): 31-41.
- [28] 朱雪丽, 阴丽娜. 智慧物流背景下我国生鲜农产品供应链发展研究[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(6): 199-204.
- Zhu X L, Yin L N. Research on supply chain development of fresh agricultural products in China under the background of intelligent logistics[J]. *Storage and Process*, 2020, 20(6): 199-204.
- [29] 沈丽, 李成玉, 甘彦, 等. 考虑货损和碳排放的生鲜产品配送路径优化[J]. 上海海事大学学报, 2021, 42(1): 44-49, 70.

- Shen L, Li C Y, Gan Y, et al. Distribution route optimization of fresh products considering cargo damage and carbon emission[J]. *Journal of Shanghai Maritime University*, 2021, 42(1): 44-49, 70.
- [30] 刘俊华, 才奇, 长青. 初级农产品滞销的关键控制点判别与定位研究——基于 32 个农产品滞销事件的实证分析[J]. *农村经济*, 2013(2): 51-55.
- Liu J H, Cai Q, Chang Q. Study of critical control point identification and positioning of primary agricultural products stagnation—An empirical analysis based on 32 agricultural products stagnation events[J]. *Rural Economy*, 2013(2): 51-55.
- [31] 郭静安. 新零售模式下供应链整合与创新机制研究[J]. *商业经济研究*, 2021(7): 22-26.
- Guo J A. Research on supply chain integration and innovation mechanism under new retail model[J]. *Journal of Commercial Economics*, 2021(7): 22-26.
- [32] 张宸, 周耿. 淘宝村产业集聚的形成和发展机制研究[J]. *农业经济问题*, 2019(4): 108-117.
- Zhang C, Zhou G. Research on the formation and development mechanism of taobao village industrial agglomeration[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2019(4): 108-117.
- [33] 王宝义. 直播电商的本质、逻辑与趋势展望[J]. *中国流通经济*, 2021, 35(4): 48-57.
- Wang B Y. The essence, logic and trend of live streaming e-commerce[J]. *China Business and Market*, 2021, 35(4): 48-57.
- [34] 李国英. 我国农村互联网金融发展存在的问题及对策[J]. *中州学刊*, 2015(11): 54-58.
- Li G Y. Problems and countermeasures for the development of rural internet finance in China[J]. *Academic Journal of Zhongzhou*, 2015(11): 54-58.
- [35] 彭澎, 徐志刚. 数字普惠金融能降低农户的脆弱性吗?[J]. *经济评论*, 2021(1): 82-95.
- Peng P, Xu Z G. Can digital inclusive finance reduce the vulnerability of peasant households?[J]. *Economic Review*, 2021(1): 82-95.
- [36] 田敏, 夏春玉. 契约型农业中收购商管理控制与农户投机行为和绩效: 农户感知公平的作用[J]. *商业经济与管理*, 2016(5): 5-17.
- Tian M, Xia C Y. Management control of assemblers and farmers' opportunistic behavior and performance in contractual farming: The role of farmers' perceived fairness[J]. *Journal of Business Economics*, 2016(5): 5-17.
- [37] 刘金海. “社会化小农”: 含义、特征及发展趋势[J]. *学术月刊*, 2013, 45(8): 12-19.
- Liu J H. Smallholder' socialization: Definition, features and tendency[J]. *Academic Monthly*, 2013, 45(8): 12-19.
- [38] 罗必良. 小农经营、功能转换与策略选择——兼论小农户与现代农业融合发展的“第三条道路”[J]. *农业经济问题*, 2020(1): 29-47.
- Luo B L. Small household operation, function transformation, strategy options: How can small household incorporate into the modern agricultural development pattern?[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2020(1): 29-47.
- [39] Schultz T W. *Transforming Traditional Agriculture*[M]. Yale University Press, 1964.
- [40] 速水佑次郎, 拉坦·弗农. 农业发展的国际分析[M]. 中国社会科学出版社, 北京: 2000.
- Yujiro H, Ruttan V W. *Agricultural Development: An International Perspective*[M]. Johns Hopkins University Press, 1985.
- [41] 李瑾, 冯献, 郭美荣, 等. “互联网+”现代农业发展模式的国际比较与借鉴[J]. *农业现代化研究*, 2018, 39(2): 194-202.
- Li J, Fen X, Guo M R, et al. The international comparison, tendency and reference of the development mode of “internet+” modern agriculture[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2018, 39(2): 194-202.
- [42] 陈媛媛, 游炯, 幸泽峰, 等. 世界主要国家精准农业发展概况及对中国的建议[J]. *农业工程学报*, 2021, 37(11): 315-324.
- Chen Y Y, You J, Xing Z F, et al. Review of precision agriculture development situations in the main countries in the world and suggestions for China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2021, 37(11): 315-324.
- [43] 王芳, 曾令秋. 农业全要素生产率与农业优先发展[J]. *财经科学*, 2021(2): 121-132.
- Wang F, Zeng L Q. Agricultural total factor productivity and preferential development of agriculture[J]. *Finance & Economics*, 2021(2): 121-132.
- [44] 黄宗智. 再论内卷化, 兼论去内卷化[J]. *开放时代*, 2021(1): 157-168, 8.
- Huang Z Z. Re-thinking involution and de-involution[J]. *Open Times*, 2021(1): 157-168, 8.
- [45] 崔松子, 金华. 区域经济增长: 走出低效益陷阱的途径[J]. *延边大学学报(哲学社会科学版)*, 1996(3): 17-22.
- Cui S Z, Jin H. Regional economic growth: A way out of the low-efficiency trap[J]. *Journal of Yanbian University (Social Science Edition)*, 1996(3): 17-22.
- [46] 王法硕, 丁海恩. 移动政务公众持续使用意愿研究——以政务服务 APP 为例[J]. *电子政务*, 2019(12): 65-74.
- Wang F S, Ding H E. Study on the public's willingness to continuously use mobile government services: A case study of government service APP[J]. *E-Government*, 2019(12): 65-74.
- [47] 任传华. “互联网+”时代中国农业 3.0 发展成效评估——基于产业链角度[J]. *世界农业*, 2018(5): 173-178.
- Ren C H. Assessment of the effectiveness of China agriculture 3.0 development in the era of “Internet+” —Based on the industrial chain perspective[J]. *World Agriculture*, 2018(5): 173-178.
- [48] 付豪, 赵翠萍, 程传兴. 区块链嵌入、约束打破与农业产业链治理[J]. *农业经济问题*, 2019(12): 108-117.
- Fu H, Zhao C P, Cheng C X. Blockchain embedding, constraint breaking and agricultural industrial chain governance[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2019(12): 108-117.
- [49] 王翀, 何克清, 王健, 等. 化解“信息孤岛”危机的软件模型按需服务互操作技术[J]. *计算机学报*, 2018, 41(6): 1094-1111.
- Wang C, He K Q, Wang J, et al. On-demand interoperability techniques for software model services: A standardized solution for the information islands crisis[J]. *Chinese Journal of Computers*, 2018, 41(6): 1094-1111.