

中国式现代化背景下西南山区数字农业发展研究

马红梅^{1,2}, 金碧君³, 罗陶³, 丁龙⁴, 宋宝安^{5*}

(1. 贵州大学公共管理学院, 贵阳 550025; 2. 贵州大学马克思主义经济学发展与应用研究中心, 贵阳 550025;
3. 贵州大学经济学院, 贵阳 550025; 4. 贵州大学校长办公室, 贵阳 550025; 5. 绿色农药与
农业生物工程国家重点实验室培育基地, 贵阳 550025)

摘要: 数字技术是我国农业现代化发展的重要驱动力量, 利用数字技术发展西南山区现代农业, 是全面振兴乡村、实现共同富裕的可行途径, 实现中国式现代化的必然要求。本文阐述了西南山区数字农业的概念内涵与运行逻辑, 基于公开统计数据和实地调研资料, 从相关主体协调性、基础设施建设、生产销售环节应用、人口结构等方面分析了西南山区数字农业发展现状, 进一步厘清了发展面临的现实困境。研究建议, 健全农村多元合作机制、挖掘数字农业发展深度, 强化数字基础设施建设、提高数字农业发展广度, 拓宽数字农业应用场景、扩大数字农业发展宽度, 加强数字人才体系培养、提升数字农业发展水平, 以此驱动新形势下西南山区数字农业深化发展。

关键词: 西南山区; 数字农业; 数字技术; 基础设施; 中国式现代化

中图分类号: F327 **文献标识码:** A

Development Path of Digital Agriculture in Southwest Mountainous Areas of China in the Context of Chinese Path to Modernization

Ma Hongmei^{1,2}, Jin Bijun³, Luo Tao³, Ding Long⁴, Song Baoan^{5*}

(1. School of Public Administration, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Research Center for the Development and Application of Marxist Economics, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3. School of Economics, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 4. Office of the President, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 5. State Key Laboratory Breeding Base of Green Pesticide and Agricultural Bioengineering, Guiyang 550000, China)

Abstract: Digital technology is an important driving force for agricultural modernization in China. Developing modern agriculture in China's southwest mountainous areas using digital technologies is crucial for rural revitalization and common prosperity and is an inevitable requirement for realizing Chinese path to modernization. This study expounds the concept connotation and operation logic of digital agriculture in southwest mountainous areas. Based on public statistics and field survey data, it analyzes the current status of digital agriculture development in southwest mountainous areas from the aspects of coordination of relevant subjects, infrastructure construction, production and sales link application, and population structure, and further clarifies the practical difficulties faced by the development. Furthermore, the study suggests that we should improve the multi-party cooperation mechanism, strengthen the construction of digital infrastructure, broaden the application scenarios of digital agriculture, and promote digital

收稿日期: 2022-11-16; **修回日期:** 2023-01-06

通讯作者: *宋宝安, 贵州大学教授, 中国工程院院士, 研究方向为绿色农药创制和植物保护; E-mail: basong@gzu.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“西南山区乡村振兴集成示范试点村的战略研究”(2022-XBZD-13)

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

personnel training in rural areas, thus to deepen the development of digital agriculture in the southwest mountainous areas.

Keywords: southwest mountainous area; digital agriculture; digital technology; infrastructure; Chinese path to modernization

一、前言

中国式现代化是全体人民共同富裕的现代化, 扎实推动农业农村快速发展是实现共同富裕和乡村振兴的应有之义。在不同的历史阶段, 农业发展的动力机制具有不同的实现路径与模式^[1]。当前, 随着大数据、人工智能、互联网、物联网等信息技术的发展和运用, 数字技术渗透到农业发展的各个环节, 成为我国现代农业发展的核心动力^[2]。数字技术促成“数字农业”新型业态兴起, 以数字元素为农业农村的现代化转型、共同富裕注入新的活力, 可为农村产业发展提供新支撑^[3]。《数字乡村发展战略纲要》(2019年)、《“十四五”全国农业农村信息化发展规划》(2022年)、《数字乡村发展行动计划(2022—2025年)》(2022年)等政策文件, 在数字农业顶层规划与建设引导方面发挥了重要作用。

数字农业又称智慧农业、精准农业, 是农业产业的第四次技术革命^[4]。农业信息化推动了现代农业技术发展, 技术进步使农户的农业全要素生产率得以提高^[5]。利用数字技术的精确性进行农业生产过程的监督管理, 在优化资源配置以缓解资源约束、强化农业科技创新以支持现代农业优质发展方面潜力突出^[6]。在经济欠发达地区的乡村, 存在基础设施、人才支撑相对匮乏等问题, 直接制约了数字农业在农村经济转型、农村产业融合等方面作用的发挥; 在完善利益联结机制以促进共同富裕方面, 仍有不足之处^[7]。

西南山区一直属于经济欠发达地区, 区域内各省份的发展条件差异大, 乡村发展不协调、不均衡性明显; 改革开放后进城务工人员数量剧增, 使得农业发展动力不足, 加之面积大、人口多, 与传统社会性因素相叠加, 导致相对贫困问题仍将长期存在(尽管已全面消除绝对贫困现象); 乡村治理方面的诸多挑战依然存在, 经济社会的发展任务较为艰巨^[8]。因此, 在我国农业增长动力转换的关键时期, 及时梳理西南山区数字农业发展现状、剖析实践困境并以此为基础提出针对性发展建议, 对加速西南山区农业现代化转型升级、更快实现共同富裕具有现实意义和理论价值。

二、数字农业的概念内涵与运行逻辑

(一) 数字农业的内涵与特性

1. 数字农业的内涵

数字农业指将数字化信息融入到农业生产要素中, 实现农业领域的数字技术应用; 能够解决传统农业在生产过程、管理服务中的难点问题, 支持传统农业的全过程数字化转型。数字农业的内涵有广义和狭义之分: 前者指对劳动、资本、土地、数据等生产要素进行网络化与精细化管理, 实现生产过程自动化、管理服务智能化, 据此提升农业的经济、社会、生态等效益; 后者指利用计算机、遥感技术、地理信息系统、全球定位系统等, 针对整地、育秧、播种、施肥、病虫害防治、收割等生产环节, 融资、销售、物流、要素分配等管理服务环节中的数据, 开展收集、分析并在具体过程中精准执行指令。

2. 数字农业的功能特性

数字农业的功能性作用主要表现在农业农村的经济、社会与文化、环境效益方面^[9], 体现了当前发展数字农业的重要价值。①改善农业生产率, 提高经济效益。农业的发展与改革需要技术进步、制度创新、生产力投入^[10], 而数字技术在农业生产中的创新应用是推动转型的重要环节。引入具有数据精准化、自动化控制特征的技术系统, 以更为节约的土地、水资源及其他投入成本来提升农产品的产量与价值^[11]。若数字技术在农业中实现精准应用, 2030年可为世界创造5000亿美元的价值增量^[12]。②增加农民福利, 提升社会与文化效益。数字农业有助于促进农业与第二产业、第三产业的融合发展, 使得农民在就业方面拥有更多的选择性^[13]。对于农耕文化的保护与传承, 数字农业可在数字化建档、传播农业知识方面发挥积极作用^[14]。③提高资源利用效率, 提升环境效益。数字农业可缓解自然资本约束, 进而提升全社会的生态福利^[15]。对农业生产过程所需的水资源、土地资源、气象资源等进行数据统计分析, 发现资源禀赋, 提供决策依据^[16]。依托监测数据, 调节农作物生长过程中的适宜温度和湿度, 减少化肥、农药的使用并提高农产品质量^[17]。

3. 数字农业的技术特性

数字农业的技术特性包括技术依赖性、数据中心性、能力匹配性^[18]，在一定程度上构成了自身发展的困境；利用数字技术推动农业的生产、销售、物流、金融等环节融合发展，成为必然趋势。①在技术依赖性方面，数字农业依托供电、网络、卫星导航、计算机数据处理、通信等技术系统^[19]，但经济欠发达的农村地区存在防护措施不足、电气设备老化、设备建设与管理不完善等情况，实际上制约了农业农村的数字化转型进程^[20]。②在数据中心性方面，聚合农产品产量、农户信息、环境数据等形成农业大数据，可显著增强预测能力、提高成本效益^[21]；而在决策、生产、销售等环节运用农业大数据，亟需强化数据应用研究，开展应用示范^[22]。③在能力匹配性方面，数字农业的关键核心技术研发、创新应用模式等有所欠缺，农业机器人的智能化水平及适用性不强^[23]；从事数字农业的劳动者，需要数据采集处理、智能设备维护等方面的能力，而与之匹配的数字农业人才数量不足、培养工作艰巨^[24]。

（二）中国式现代化背景下的数字农业运行逻辑：基于协同发展视角

在新时期，我国将在中国式现代化方面开展深入探索。这一背景下的农业发展不能照搬“城市化”路径，而是使延续了上千年的农耕文明与现代农业相结合并注重“以人为本”。在我国，各地区的农业生产方式与资源禀赋差异较大，很多地区的农业规模化、集约化程度不高，多数乡村在村集体经济、土地流转模式、生产经营方式等方面仍处探索阶段。解决这些问题，离不开农业农村现代化。积极发展数字农业，以数字赋能集体经济走向共同富裕，是实现农业农村现代化的强大推动力。运用数字技术并协同多个主体，高效推动传统农业农村的转型与发展；带来生产变革、大幅提高产出水平，激励小农生产方式向现代化农业转型。

协同发展是实现可持续发展的基础、构建现代化产业体系所需的运行机制，可为探究数字农业的运行逻辑提供新思路。协同发展要求各主体之间具有整体联动性，表现为多要素的相互耦合、迭代升级，是促进系统不断完善的动态过程。数字农业的内涵与上述要求对应，相关实践涉及两方面要素。①数字农业运行的系统性与整体性。可从宏观、中

观、微观3个维度协同发展的视角，对数字农业运行的总体架构、建设内容及目标、数字化功能开发及实现等进行深入剖析，打破传统农业壁垒，探索数字农业发展新路径。②管理规划与基层自治的有机统一。着眼中国式现代化新道路，立足各地区的资源禀赋与区位优势，开展顶层设计并细化相应的基层运转模式，使广大县域农村焕发新的活力，加快推进农业农村的数字化转型。

可从区域协同、产业协同、要素协同三方面把握数字农业的运行逻辑（见图1）。①农业的生产效率与各地区之间能否实现资源共享、要素自由流动、主体分工协作密切相关。实现农业数字化转型升级、提高区域协同效率，需要政府推动打破行政区域壁垒。例如，国家、省、市、县、农村基层等层面的纵向政策制定过程需有联动性、合理性、有效性，地方政府相关部门之间需有横向联动性；还要关注各地区的空间联系与经济发展状况，如中西部地区在基础设施、经济水平、交通条件等方面具有劣势。②数字农业的发展离不开完善的基础设施、丰富的产业集群。地方政府与大数据企业、运营商构建协同关系，增强互联网、物联网等信息系统在农村地区建设的包容性。传统农业与新兴行业构建协同关系，整合新兴产业发展资源，促进农业基础高端化，实现农业产业链现代化，带动电商、物流、金融等行业在乡村扎根发展。③数字农业依赖土地、劳动、资本等传统生产要素，数据、信息科技等现代生产要素。考虑不同地区农业资源禀赋的差异性，因地制宜配套资金、设备、技术、人才等，驱动生产要素的深入联动和协同布局。坚持农业发展主体是农民的理念，以数字能力支持传统农业技术改造，构建现代生产要素与传统农业资源相适应的数字农业要素体系。

三、西南山区数字农业现状调研与分析

（一）西南山区数字农业发展现状调研及测算

西南山区研究范围包括云南省、贵州省、四川省、重庆市。云南省西北高、东南低，海拔高差悬殊，农业生产环境复杂多样。贵州省地处西南腹地，有“天无三日晴、地无三尺平”之说，是喀斯特地貌的典型分布区，也属没有平原支撑的省份。四川省地域广阔且地形复杂，平原、丘陵、山地、

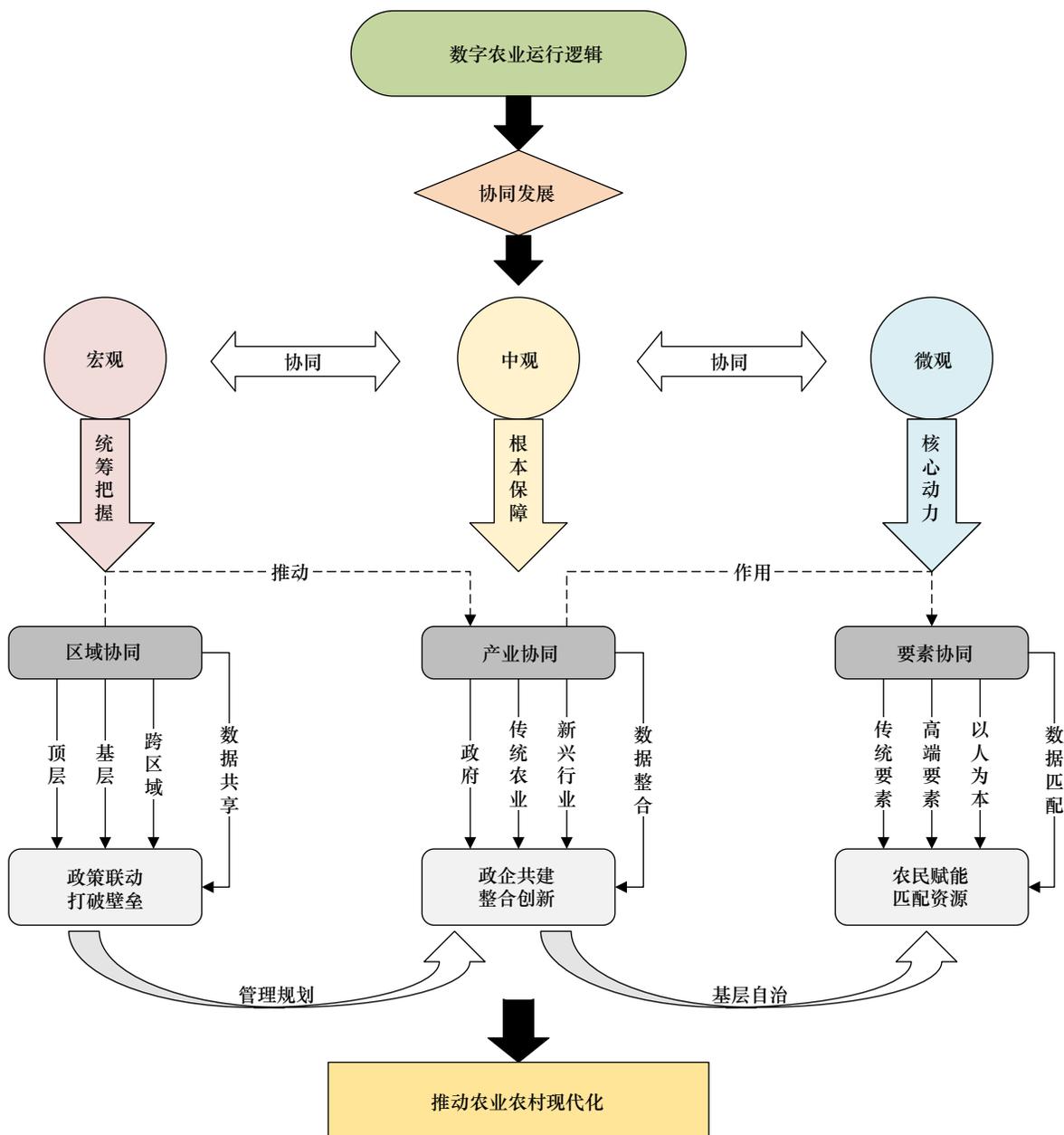


图1 数字农业运行逻辑示意图

高原等地貌均有分布。重庆市又称“山城”，丘陵山地面积超过90%，具有大城市、大农村共存的特点。根据西南山区的地理背景，充分挖掘《中国统计年鉴》相关数据，结合作者团队对贵州省100个村落、四川省10个村落的实地调研数据，对西南山区数字农业的发展现状进行客观描述。

从数字农业的内涵着眼，参考《2021全国县域数字农业农村发展水平评价报告》的相关评价指标^[25]，可以认为：数字农业的高质量发展，数字环境是前提，数字基础是保障，数字人才是支撑，数

字服务是动力^[26,27]。为此，从数字环境、数字基础、数字人才、数字服务4个维度，选取了12个二级指标，构建了数字农业发展水平指标体系（见表1）。利用2017—2021年云南省、贵州省、四川省、重庆市的统计数据，对各维度及各指标采取等权重赋权，进而经线性加权平均法计算得到西南山区数字农业的综合评价得分（见表2）。

整体来看，2017—2021年西南山区数字农业发展水平的平均值增长率为4.53%（从2.736增长到3.354），说明数字农业发展水平呈平稳上升趋势。

表1 西南山区数字农业发展水平指标体系及权重

准则层	权重	指标层	权重
数字环境	0.25	农业机械总动力 ($\times 10^4$ kW)	0.0833
		农村用电 ($\times 10^8$ kW·h)	0.0833
		交通运输、仓储邮政业固定资产投资 (较上年增长的百分比)	0.0833
数字基础	0.25	移动电话基站数 (万个)	0.0833
		移动互联网用户 (万户)	0.0833
		农村宽带接入用户 (万户)	0.0833
数字人才	0.25	财政教育支出 (万元)	0.0833
		各省份高等学校数 (所)	0.0833
		软件和信息技术服务业从业人员 (万/人)	0.0833
数字服务	0.25	电信业务总量 (亿元)	0.0833
		软件和信息技术服务业企业数 (个)	0.0833
		电子商务销售额 (亿元)	0.0833

表2 西南山区数字农业的综合评价得分

省份	时间/年				
	2017	2018	2019	2020	2021
云南	2.430	3.030	3.409	3.398	2.922
贵州	2.130	2.710	2.359	3.034	1.926
四川	4.161	5.087	5.371	5.829	5.636
重庆	2.221	2.749	2.850	3.380	2.933
均值	2.736	3.394	3.497	3.910	3.354

具体来看，西南山区各省份的数字农业发展水平存在明显的差异性：四川省发展较快，为区域内的最高水平，综合评价得分明显超过均值（其他3个省份处于均值之下）；贵州省综合评价得分最低，呈上升、下降交替波动态势，表明数字农业发展尚未成熟，需多方面协同来提高发展水平；云南省、重庆市的发展水平居中，增速相对平稳。

（二）西南山区数字农业发展现状分析

1. 数字农业相关主体协同性情况

数字农业的发展需要各层面主体协同推进、全产业链跨界融合。在贵州省，基层管理者的数字素养相对缺乏，46.3%的村干部对数字农业、智慧农业概念不清晰（若无特殊说明，数据为作者团队调研获得，下同），31.7%的村干部对物联网、农业信息化相关应用场景不了解；基层管理者无法协调资源为其他主体提供政策支持及公共补贴。2021年，在农业农村信息化的县均财政投入方面，重庆市超过4500万元，云南省、贵州省、四川省均未超过全国平均水平（1300万元）^[25]。公共投入不足，一定

程度上制约了西南山区农业全产业链模式的发展水平。从农户、合作社、企业等主体之间的协同性看，西南山区农业产业链还处于成长期。例如，2021年四川省合同联结带动农户数约为607万户，合作联结带动农户数约287为万户，农村集体经济资产额约为2398亿元^[28]；贵州省以“企业+合作社+农户”“合作社+农户”“企业+农户”等模式经营的村庄占比分别为24.38%、38.53%、34.6%。

2. 数字农业基础设施建设情况

西南山区的通信网络设施逐步完善，“数字鸿沟”现象持续缓解，有利于数字农业价值链的升级发展。重庆市、贵州省、云南省、四川省分别在2016年、2018年、2019年、2020年实现了行政村100%接通第四代移动通信（4G）网络及光纤宽带。目前，我国实现了“县县通第五代移动通信（5G）网络、村村通宽带”，农村地区互联网普及率接近60%^[29]；四川省的5G基站总量为 1.2×10^5 个，约占全国的5.4%^[30]。作者团队调研发现，83.9%的受访农户家庭安装了有线电视，80.5%的受访农户家庭安装了无线宽带，智能手机的成人使用率接近100%；36.6%的受访农户表示村庄网络顺畅不断网，47.4%的受访农户表示网络偶尔会断但能及时修复，5.7%的受访农户表示本村网络较差导致经常没有信号。可以看出，西南山区的信息基础设施建设有待进一步提升，才能更好保障数字农业发展以及产业价值链高效运行。

3. 数字农业生产销售环节应用情况

关于农业机械水平、农业信息化，西南地区各

省份之间差异明显。《中国统计年鉴2021》数据表明,四川省农机总动力为 4.834×10^7 kW;贵州省因地形条件限制使得农业机械化水平不高,农机总动力仅为 2.705×10^7 kW。而在农业信息化发展方面,重庆市、四川省高于全国平均水平,其中重庆市农业农村信息化发展水平达到43.3%,位居西部地区第一位^[25]。作者团队在贵州省调研发展种植产业的农户发现,仅有6.8%的农户使用了农业信息化管理,4%的农户会使用农业物联网进行管理;相应水平偏低的主要原因是农户数字素养欠缺、信息化成本较高。电子商务是数字农业发展的突破口,而西南山区农村还未构建完善的物流体系。在2020年全国县域农产品网络零售区域占比方面,西南山区为8%,约为华东地区的1/5。重庆市的电商服务站行政村覆盖率超过96%,而云南省、贵州省、四川省均低于全国平均水平,尤其是贵州省将近54%的村庄没有实现快递到户,仅约23.1%的村庄实现了物流到户^[11]。

4. 数字农业人口结构情况

从人口结构的现状看,西南山区数字农业人才数量少、层次低,直接制约了数字农业的发展水平和潜力;农民平均受教育水平不高,老龄化现象显现,对农产品价值链的认识较为薄弱。四川省是农业大省,2021年农村人口数为3531万人,但在作者团队调研的样本村中,村民平均受教育年限只有9.9年,村民平均受教育年限为10~12年的村庄占比仅为44%。在贵州省被调研的农户中,仅有小学和初中文化水平的比例为70.8%,中职及中专教育的比例为12.6%,大专及以上学历的比例为16.6%;外出务工人员占比约为40%,60周岁及以上人口比例超过14%。从相关省份从事软件和信息技术服务业的人员数量来看,四川省位居地区首位(25.3万人),而重庆市(5.7万人)、云南省(5.3万人)、贵州省(4.6万人)与四川省差距明显。这也表明,西南山区的数字技术人才数量不足、地区差异明显,能够适应数字技术与农业基础相结合的复合型人才更为缺乏。

四、西南山区数字农业的实践困境

(一) 数字农业主体之间未形成协同机制

国家和地方陆续发布了数字农业发展相关的政

策与规划,数字农业发展的顶层布局设计已经明确;但因数字农业不同参与主体之间的利益机制关系尚未理顺,地方政府在协同推进数字农业发展方面难度依然很大。在西南山区突出表现在,农户、合作社、电商平台企业、数字农业服务企业、快递物流企业等主体的协同性明显欠缺,“数字鸿沟”现象依然不容忽视;各环节之间衔接松散、效率较低、成本较高,利益分配机制不协调、与市场需求脱节等现实问题较为明显。

(二) 数字农业新型基础设施建设薄弱

近年来,国家数字农业网络基础设施不断完善,西南山区的农村通信网络初步建立,但村庄网络的连通性仍待改善。由于数字农业新型基础设施不完善、基层管理关注度不足等原因,数字农业的数据资源较为分散,数据利用率不足,不能全面满足农业生产对信息技术的基本需求,同时阻碍了农业物联网、农业遥感等信息技术在山区农村的应用与发展。整体上,西南山区受经济条件、地理环境的约束,有关新型基础设施建设仍需大力发展。

(三) 数字农业在全产业链中的应用场景较少

西南山区数字农业发展水平不高,在全产业链中的应用场景不足问题尤为突出。重庆市、四川省的农业机械化和信息化发展水平相对较高。贵州山区受地形地貌、经济条件等因素制约,能够使用农业信息化管理、物联网管理、机械化操作、工业化设备的农户比例均较低;仅有部分村寨的农技人员在农作物基地进行无人机植保作业(数字遥控农药喷洒),较少村寨使用滴灌技术(数字遥控灌溉)。此外,西南山区的农产品网络零售区域占比整体偏低,电子商务运行水平具有明显的区域差异性。

(四) 数字农业仍然面临人才制约

数字农业的发展,亟需懂经济、懂农业、善管理、善用数字技术的新型职业农民和农业农村数字人才。但在贵州省的调研中发现,多数村干部和农户未能清晰掌握数字农业、智慧农业等概念,对物联网、农业信息化等也了解不足。整体来看,西南地区的数字技术人才数量不足,而农业生产者、管理者的学历较低、学习能力不强,普遍缺乏数字技术方面的基本认知,数字素养及经营能力难以适应

发展需求。对照数字农业的投入高、周期长、见效慢等特点，西南山区农户受限于数字素养及基础资源，难以在农业生产、销售等环节积极运用数字技术。

五、西南山区数字农业发展建议

(一) 健全农村多元合作机制，挖掘数字农业发展深度

建议以管理部门、企业、农户为主体，协同推进传统农业的数字化革新治理，将“政府+企业+农户”一体化模式贯穿到数字农业发展过程，精准有效地实现数字农业的协同性、可持续性、创新性。构建管理部门主导、社会参与的多元供给机制，合理加大农业农村领域“放管服”改革力度，鼓励相关企业、社会资本参与数字农业建设；进一步延伸全产业链数字化建设范围，推动三次产业融合，实践良性发展的“产融结合”之路，促进西南山区的社会、企业、农户协同发展。

(二) 强化数字基础设施建设，提高数字农业发展广度

在数字技术主导的中国式现代化背景下，西南山区数字农业发展需要强化基础设施建设力度。合理加大数字农业基础设施建设投入，推动西南山区传统基础设施建设转向以5G、千兆光纤网、农业物联网、农业遥感/导航/通信卫星等为代表的“天空地一体化”数字基础设施；驱动数字技术与农业发展深度融合，努力减小“一级数字鸿沟”（数字接入鸿沟），尽快构建全域覆盖、互联互通的数字农业基础设施体系。积极开展农村地区的物流体系建设，因地制宜发展现代化的农产品冷链仓储物流体系，同步优化交通、网络、运输装备等现代农业物流基础设施，显著增强配送能力及效率，扩展西南山区农副产品的销售半径与流通速度。

(三) 拓宽数字农业应用场景，扩大数字农业发展宽度

西南山区数字农业发展潜力极大，特色农产品资源条件丰富。围绕西南山区特色产业和重点品种，提高数字农业技术在农业全产业链上的覆盖度，提升农业生产数字化水平，稳步实施农产品全

产业链数字化建设。加快建设多主体参与的现代化农村电商服务体系，发挥公共投入的引导示范作用，积极吸引社会性资源投入；把握农村电商发展特征，结合西南山区农业资源条件，建设农村电商服务平台、“县乡村”三级电商服务站、农村新型电商人才培养体系。

(四) 加强数字人才体系培养，提升数字农业发展水平

立足区域资源、发挥当地特色，开展西南山区农业数字化人才的培养培训、输入引进、分类选拔，稳健培育西南山区数字农业的科技领军人才、高水平技术团队。建议以设立数字农业人才发展专项资金等形式，支持建设西南山区数字农业人才培养基地。聚焦建设具有包容性的新型职业农民人才培养体系，扩充数字农业人才库；逐步提升西南山区农民的数字素养，让新型职业农民参与和带动数字农业发展。

利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: November 16, 2022; **Revised date:** January 6, 2023

Corresponding author: Song Baoan is a professor from the Guizhou University, and a member of Chinese Academy of Engineering. His major research field is green pesticide creation and plant protection. E-mail: basong@gzu.edu.cn

Funding project: Chinese Academy of Engineering project “Strategic Research on Integrated Demonstration Pilot Villages for Rural Revitalisation in Southwest Mountainous Areas” (2022-XBZD-13)

参考文献

- [1] 李国祥. 论中国农业发展动能转换[J]. 中国农村经济, 2017 (7): 2-14.
Li G X. On transformation of ways in driving China's agricultural development [J]. Chinese Rural Economy, 2017 (7): 2-14.
- [2] 沈琼. 用发展新理念引领农业现代化: 挑战、引领、重点与对策[J]. 江西财经大学学报, 2016 (3): 81-90.
Shen Q. Agricultural modernization guided by new ideas of development: Challenges, guidance, emphasis and measures [J]. Journal of Jiangxi University of Finance and Economics, 2016 (3): 81-90.
- [3] 郑永兰, 周其鑫. 数字乡村治理共同体: 理论图景、实践探索与推进策略[J]. 湖南社会科学, 2022 (4): 71-79.
Zheng Y L, Zhou Q X. Digital rural governance community: Theoretical picture, empirical form and shaping path [J]. Social Sciences in Hunan, 2022 (4): 71-79.
- [4] Walter A, Finger R, Huber R, et al. Smart farming is key to developing sustainable agriculture [J]. Proceedings of the National

- Academy of Sciences of the United States of America, 2017, 114(24): 6148–6150.
- [5] 朱秋博, 白军飞, 彭超, 等. 信息化提升了农业生产率吗? [J]. 中国农村经济, 2019 (4): 22–40.
Zhu Q B, Bai J F, Peng C, et al. Do information communication technologies improve agricultural productivity? [J]. Chinese Rural Economy, 2019 (4): 22–40.
- [6] 夏显力, 陈哲, 张慧利, 等. 农业高质量发展: 数字赋能与实现路径 [J]. 中国农村经济, 2019 (12): 2–15.
Xia X L, Chen Z, Zhang H L, et al. Agricultural high-quality development: Digital empowerment and implementation path [J]. Chinese Rural Economy, 2019 (12): 2–15.
- [7] 姜长云. 发展数字经济引领带动农业转型和农村产业融合 [J]. 经济纵横, 2022 (8): 41–49.
Jiang C Y. Developing digital economy to drive the agricultural transformation and rural industrial integration [J]. Economic Review Journal, 2022 (8): 41–49.
- [8] 廖洪泉, 田钊平, 杨建春, 等. 后扶贫时代民族地区农村贫困治理转型: 理论逻辑与实现路径——以贵州为例 [J]. 西北民族大学学报(哲学社会科学版), 2022 (5): 109–117.
Liao H Q, Tian Z P, Yang J C, et al. Rural poverty governance transformation in post poverty alleviation era: Theoretical logic and implementation path—Taking Guizhou as an example [J]. Journal of Northwest Minzu University(Philosophy and Social Sciences), 2022 (5): 109–117.
- [9] Trendov N, Varas S, Zeng M. Digital technologies in agriculture and rural areas: Status report [R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019.
- [10] 黄季焜. 四十年中国农业发展改革和未来政策选择 [J]. 农业技术经济, 2018 (3): 4–15.
Huang J K. Forty years of China's agricultural development and reform and future policy options [J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2018 (3): 4–15.
- [11] Franks J R. Sustainable intensification: A UK perspective [J]. Food Policy, 2014, 47: 71–80.
- [12] Goedde L, Katz J, Ménard A, et al. Agriculture's connected future: How technology can yield new growth [R]. New York: McKinsey & Company, 2020.
- [13] 胡文海, 柳百萍. 基于“三农旅游”发展的农业剩余劳动力有效转移——以合肥市为例 [J]. 农业经济问题, 2009, 30(8): 84–86.
Hu W H, Liu B P. The effective transfer of surplus labor in agriculture based on the development of farmer, agriculture, and rural-based Tourism: A case of Hefei City [J]. Issues in Agricultural Economy, 2009, 30(8): 84–86.
- [14] 马述忠, 贺歌, 郭继文. 数字农业的福利效应——基于价值再创造与再分配视角的解构 [J]. 农业经济问题, 2022 (5): 10–26.
Ma S Z, He G, Guo J W. The welfare effect of digital agriculture: Deconstruction from the perspective of value recreation and value redistribution [J]. Issues in Agricultural Economy, 2022 (5): 10–26.
- [15] Daly H E. Economics in a full world [J]. IEEE Engineering Management Review, 2005, 33(4): 21.
- [16] 陈江, 熊礼贵. 数字农业内涵、作用机理、挑战与推进路径研究 [J]. 西南金融, 2022 (10): 92–102.
Chen J, Xiong L G. Research on the connotation, function mechanism, challenge and promotion path of digital agriculture [J]. Southwest Finance, 2022 (10): 92–102.
- [17] 韩晶, 陈曦, 冯晓虎. 数字经济赋能绿色发展的现实挑战与路径选择 [J]. 改革, 2022 (9): 11–23.
Han J, Chen X, Feng X H. The real challenge and path of enabling green development of digital economy [J]. Reform, 2022 (9): 11–23.
- [18] 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.
- [19] Paxton K W, Mishra A K, Chintawar S, et al. Intensity of precision agriculture technology adoption by cotton producers [J]. Agricultural and Resource Economics Review, 2011, 40(1): 133–144.
- [20] 李稼姣. 数字农业下农村基础设施建设对策研究 [J]. 农业经济, 2022 (7): 46–47.
Li J Y. Research on countermeasures for rural infrastructure construction under digital agriculture [J]. Agricultural Economics, 2022 (7): 46–47.
- [21] Coble K, Griffin T, Ahearn M, et al. Advancing U.S. agricultural competitiveness with big data and agricultural economic market information, analysis, and research [R]. Washington DC: The Council on Food, Agricultural and Resource Economics, 2016.
- [22] 陈加乙. 应用大数据着力发展数字农业 [J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(6): 152.
Chen J Y. Applying big data to develop digital agriculture [J]. Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning, 2022, 43(6): 152.
- [23] 李健. 数字技术赋能乡村振兴的内在机理与政策创新 [J]. 经济体制改革, 2022 (3): 77–83.
Li J. Internal mechanism and policy innovation of digital technology enabling rural revitalization [J]. Reform of Economic System, 2022 (3): 77–83.
- [24] 张太宇, 王燕红. 数字农业高质量发展的财政支持机制 [J]. 江苏农业科学, 2021, 49(22): 1–11.
Zhang T Y, Wang Y H. Financial support mechanism for high-quality development of digital agriculture [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2021, 49(22): 1–11.
- [25] 农业农村部信息中心. 2021 全国县域农业农村信息化发展水平评价报告 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2022.
Information Center of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs. 2021 National county-level digital agriculture and rural informatization development evaluation report [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2022.
- [26] 张鸿, 王浩然, 李哲. 乡村振兴背景下中国数字农业高质量发展水平测度——基于 2015—2019 年全国 31 个省市数据的分析 [J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2021, 50(3): 141–154.
Zhang H, Wang H R, Li Z. Research on high quality development evaluation of digital agriculture under the background of rural revitalization—Based on the data analysis of 31 provinces and cities in China from 2015 to 2019 [J]. Journal of Shaanxi Normal University(Philosophy and Social Sciences Edition), 2021, 50(3): 141–154.
- [27] 崔凯, 冯献. 数字乡村建设视角下乡村数字经济指标体系设计

- 研究 [J]. 农业现代化研究, 2020, 41(6): 899-909.
- Cui K, Feng X. Research on the indicator system design for rural digital economy from the perspective of digital village construction [J]. Research of Agricultural Modernization, 2020, 41(6): 899-909.
- [28] 赵宇. 2021年四川省农业产业化龙头企业发展报告 [R]. 成都: 四川省川联农业产业化龙头企业协会, 2021.
- Zhao Y. Development report of leading enterprises in agricultural industrialization in Sichuan Province in 2021 [R]. Chengdu: Sichuan Chuanlian Association of Leading Enterprises in Agricultural Industrialization, 2021.
- [29] 中国互联网络信息中心. 中国互联网络发展状况统计报告 [R]. 北京: 中国互联网络信息中心, 2022.
- China Internet Network Information Center. Statistical report on the development of Internet in China [J]. Beijing: China Internet Network Information Center, 2022.
- [30] 四川省人民政府办公厅. 四川出台加快推进新型基础设施建设行动方案 [EB/OL]. (2020-09-08)[2022-12-15]. <https://www.sc.gov.cn/10462/c103046/2020/9/10/bc615034e6e44e68a81b7f531babc6a5.shtml>.
- General Office of the People's Government of Sichuan Province. Sichuan Province has accelerated the promotion of the action plan for new infrastructure construction [EB/OL]. (2020-09-08)[2022-12-15]. <https://www.sc.gov.cn/10462/c103046/2020/9/10/bc615034e6e44e68a81b7f531babc6a5.shtml>.
- [31] 农业农村部信息中心, 中国国际电子商务中心. 2021全国县域数字农业农村电子商务发展报告 [R]. 北京: 农业农村部信息中心, 中国国际电子商务中心, 2021.
- Information Center of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, China International Electronic commerce Center. The 2021 national county-level digital agriculture rural e-commerce development report was released in Beijing [R]. Beijing: Information Center of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, China International Electronic commerce Center, 2021.