

王进, 岳昕好, 史明聪. 数字经济驱动农业现代化的影响研究 [J]. 广东农业科学, 2023, 50(2): 156-168.

数字经济驱动农业现代化的影响研究

王进, 岳昕好, 史明聪

(延安大学经济与管理学院, 陕西 延安 716000)

摘要:【目的】数字经济深刻影响中国经济发展, 能够加快推进农业现代化进程。对数字经济如何驱动农业现代化进行理论研究, 构建数字经济与农业现代化综合评价指标体系, 从全国角度分析数字经济对农业现代化影响程度, 并提出相关政策建议。【方法】基于 2011—2020 年中国 31 省(市、区)面板数据分别测算数字经济与农业现代化水平, 分析数字经济影响农业现代化的内在机制, 实证检验数字经济对农业现代化的异质性、分项检验。【结果】(1) 数字经济可以驱动农业现代化; (2) 数字经济可以通过劳动力转移和农户人力资本投资间接促进农业现代化; (3) 具体到农业现代化各个维度, 数字经济可以促进农业生产现代化、农业现代化产出、农业现代化可持续发展, 但对农业经营现代化的影响并未显现; (4) 聚焦到农业现代化在各区域的发展, 相较于东、中部地区, 西部地区通过数字经济获得的红利更高。【结论】数字经济在深化全国各地农业现代化进程中呈现明显差异性趋势, 应在已有数字经济发展建设作用的基础上, 继续推进数字技术赋能农业、提升农业人才素质培养, 深化绿色有机农业理念。在尚未体现数字经济的经营与管理方面, 发展数字化管理战略, 广泛采用电子商务、网络营销模式, 因地制宜根据当地特色对本土农产品品牌化、产业化、规模化发展, 深化数字经济在农业经营管理层面的影响, 完善数字经济驱动农业现代化的内在机制。政府应根据各地区农业现代化发展程度采取不同的政策, 实行差异化、阶梯性发展战略。

关键词: 数字经济; 农业现代化; 劳动力转移; 农户人力资本投资; 评价指标体系;

中图分类号: F323

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X(2023)02-0156-13

Research on the Influence of Agricultural Modernization Driven by Digital Economy

WANG Jin, YUE Xinyu, SHI Mingcong

(School of Economics and Management, Yan'an University, Yan'an 716000, China)

Abstract:【Objective】Digital economy has a profound impact on China's economic development and can accelerate the process of agricultural modernization. The research theoretically explores how the digital economy drives agricultural modernization, constructs a comprehensive evaluation index system of digital economy and agricultural modernization, analyzes the impact of digital economy on agricultural modernization from a national perspective, and puts forward relevant policy recommendations.【Method】Based on the panel data of 31 provinces (cities, autonomous regions) in China from 2011 to 2020, the levels of digital economy and agricultural modernization were calculated respectively, the internal mechanism of the impact of digital economy on agricultural modernization was analyzed, and the heterogeneity and sub-test of digital economy on agricultural modernization were empirically tested.【Result】(1) Digital economy can drive agricultural modernization; (2) Digital economy can indirectly promote agricultural modernization through labor transfer and human capital investment of farmers; (3) In terms of various dimensions of agricultural modernization, digital economy can

收稿日期: 2022-12-16

基金项目: 国家社会科学基金(20BGL214); 陕西省社科联重大项目(2022ZD0680)

作者简介: 王进(1977—), 男, 博士, 教授, 研究方向为公共治理、农业经济和产业组织理论, E-mail:

yananwangjin@163.com

promote agricultural production modernization, agricultural modernization output and sustainable development of agricultural modernization, however, its impact on agricultural management modernization is not obvious; (4) Focusing on the development of agricultural modernization in various regions, compared with the eastern and central regions, the western regions have gained higher dividends through digital economy. 【 Conclusion 】 The digital economy has shown obvious differences in the process of deepening agricultural modernization in various regions of the whole country. On the basis of the existing achievements in the development and construction of the digital economy, we should continue to promote digital technology to empower agriculture, improve the quality of agricultural talents, deepen the concept of green and organic agriculture, develop digital management strategies in the operation and management of the digital economy that has not yet reflected the achievements, widely adopt e-commerce and online marketing models, push the branding, industrialized and scaled development of agricultural products according to local conditions and local characteristics, deepen the influence of digital economy on agricultural operation and management, and improve the internal mechanism of digital economy to drive agricultural modernization. In addition, the government should adopt different policies according to the development degree of agricultural modernization in different regions, and implement a differentiated and stepwise development strategy.

Key words: digital economy; agricultural modernization; labor transfer; human capital investment of farmers; evaluation index system

【研究意义】数字经济的出现引发社会各个领域的深度变革，也为农业发展注入新动力。党的二十大报告提出要加快建设数字中国、农业强国。在我国现代化进程中，农业现代化仍是“四化”中最薄弱的一环，要想推进农业农村现代化就要与数字经济深度融合，将数字核心技术、数字基础设施与“三农”相结合，实现数字技术赋能农业现代化^[1]。对于数字经济如何影响农业现代化以及其影响是否显著等问题，还需进行深入研究。鉴于此，本文通过测算数字经济和农业现代化发展水平，分析数字经济对农业现代化的影响，对加速我国现代农业数字化转型、发展数字农业经济体系至关重要。

【前人研究进展】对于数字经济的相关研究主要有以下几个方面：一是数字经济的内涵与本质。理论界对数字经济的定义有两种：（1）数字产业化，即以数字技术为基础衍生出一条新的生态产业链，包括软件服务业、信息通信业、电子信息制造业以及互联网相关行业；（2）产业数字化，即在数字技术的支持和指导下，以信息科技为核心对产业链上下游全要素进行数字化转型的过程。二者共同组成数字经济^[2]。二是数字经济的测度。部分学者使用数字普惠金融指数^[3]、“宽带中国”政策^[4]等单一指标测算数字经济；多数学者构建多维度、综合性指标体系来测算数字经济，涉及面较广，内容涵盖信息化、互联网、数字交易、数字基础设施、数字化媒体、数字金融等^[5-6]。三是数字经济的价值创造。宏观层面

上，数字经济对高质量发展^[6]、地区经济增长^[7]和产业结构升级^[8]有积极作用；微观层面上，数字经济能促进劳动收入增长^[9]、提高居民消费水平^[10]和缓解主观相对贫困^[11]。但随着数字经济发展水平的提高，马太效应加剧、城乡差距不断扩大、社会各阶层逐渐产生固化^[12]等负面影响日益凸显。

对于农业现代化的相关研究主要有以下几个方面：一是内涵与本质，农业现代化是农业在生产手段、生产技术、组织管理、基础设施建设上的现代化，主要侧重于“化”，即从传统农业耕作方式向数字化、科技化、机械化转变，是劳动者运用数字技术和科学的经营管理手段引领农业产业化、规模化发展^[13]。二是农业现代化的测度。目前的研究多采用多指标综合测度法^[14]，这一方法源于层次分析法，也是目前理论界应用最为广泛、评价结果最为认可的一种农业现代化发展水平的评价方法，从县域到全国均有研究，应用十分广泛^[15]。部分学者还使用TOPSIS法^[16]、专家咨询法^[17]等，为农业现代化测算提供多个角度探索，使之更加深入和全面。三是农业现代化的价值创造。从历史发展角度看，农业现代化是一个动态演变的过程，农业成功实现现代化的表征体现在3个方面：（1）产业之间不再有明显的壁垒，呈现三产融合发展趋势^[18]；（2）现代数字生产要素赋能农业，全面提高农业生产效率、农业机械化水平^[15]；（3）推动产业结构调整，优化经营管理方式^[19]。

关于数字经济与农业现代化的研究：一是二者影响关系。数字经济利用数字技术转变农业生产经营全过程，根据资源要素禀赋对农业生产要素进行合理配置，从而全面提高农业生产经营能力^[20]。另外，数字经济有助于延伸农业产业链结构^[21]，通过产业链创新、产业结构升级，使农业产业与其他行业相结合，促进三产融合发展^[22]。二是风险与挑战。数字经济虽然具有高度普惠性，但由于各地数字经济发展程度不同，数字要素禀赋的差异会掠夺弱势地区的资源和发展机遇^[23]，导致农业现代化发展不平衡问题的进一步加剧^[24]。部分较落后地区农民会由于无法跟上数字技术变革的步伐陷入被动局面，使得机遇与资源价值掌握在少数人手中，大多数普通农民无法享受到数字经济带来的数字技术红利，从而产生马太效应，增加致贫风险^[25]。三是实现路径。要想充分赋能农业现代化，应在农业生产上降低生产成本、提高生产效率，从经营管理体系上提升数字技术服务和运用能力，从产业体系上促进产业结构升级与产业融合^[26]。

【本研究切入点】目前理论界关于数字经济和农业现代化的研究主要集中在内涵本质、指标测度和价值创造等方面，缺乏二者的实证研究；现有研究针对数字经济对农业现代化的影响关系、面临的风险挑战以及实现路径进行一定分析，为本研究奠定了良好基础，但仍有拓展空间。【拟解决的关键问题】第一，分别构建数字经济与农业现代化指标评价体系，对二者发展水平进行测度。第二，对数字经济驱动农业现代化以及劳动力转移和农户人力投资在其中的路径作用进行实证检验。第三，对农业现代化各个考量方面进行分项检验和区域异质性检验，明确各方面在数字经济驱动农业现代化过程中的作用大小和各地区发展差异。

1 理论分析

1.1 数字经济对农业现代化的直接效应

数字经济可从生产要素、生产过程、生产结构等方面促进农业现代化发展^[27]。一是数字经济能够降低生产要素成本。通过将数字技术与农业相结合的方式改变传统的农业生产方式，在生产过程中能有效调节资源与劳动力，通过节水灌溉、节地、节肥等方式降低农业生产要素成本。

二是数字经济能够优化生产过程。农业生产过程主要包括资源配置、政策调节、市场机制3个方面，数字经济的出现使得农业资源可以根据空间分布合理配置，能够精准核查农业政策中结构调整、农业耕种补贴、农产品保险的实施情况，对于市场导向也可及时调整，从而促进整个生产过程优化升级。三是数字经济可以促进产业结构优化。我国传统农业的产业结构单一，农产品难以满足目前市场有机化、专业化、多样化的要求。在生产结构方面运用物联网、人工智能、云计算等信息技术，一方面可促进农产品在营销过程中大力推广网络营销模式，推进农业电子商务的发展；另一方面可丰富和打造乡村旅游的业态和产品，满足农业现代化中各个层次的要求，运用数字技术促进产业生态，打造现代食品工业，从而深化三产融合进程^[18]。据此提出假说1：

H1：数字经济能够促进农业现代化

1.2 数字经济对农业现代化的间接效应

1.2.1 劳动力转移效应 数字经济可以促进劳动力转移。学术界普遍认为在要素边际报酬递减规律作用下，任意两种生产要素投入都存在一个合适比例，而数字经济带来的数字革命作为一种新型生产要素投入农业生产必然会产生新的劳动力数量与之相适配以达到最优产出组合。且数字经济带来的必然是先进的生产要素，即只需要比原来更少的劳动力与之相适配就可以完成整个农业生产过程，从而释放出大量农村剩余劳动力转向城镇就业，提高劳动力转移程度^[28]。这种促进作用表现在3个方面：一是规模化农业从业人员转移到非农部门，为农业规模化、数字化发展提供前提条件；二是释放出来的农村剩余劳动力之所以愿意积极投入第二、三产业，是因为其可获得比农业生产更可观的收入，这也是缩小收入差距的重要手段；三是农村劳动力转移为城镇化、工业化发展提供劳动力，可有效缓解农村隐性失业问题。

劳动力转移可以促进农业现代化发展。一是劳动力转移可以促进农业技术进步^[29]。劳动力转移促使农户追求更高的劳动生产率，从而加速农业技术进步的发展，并且使得累积的资本更多地投向技术创新，客观上促进农业技术进步。二是劳动力转移可以促进土地流转，提高农业经营效率。大量农村劳动力向城镇转移，使得农民对

土地的依赖性逐渐降低,从而进一步加快土地流转速度,促进土地流转市场发展,实现土地规模化经营,提升农业经营效率。三是劳动力转移能够加速人力资本流动。大量剩余劳动力由第一产业转向第二、三产业,为城镇建设提供人力资源保障,部分劳动力通过在城镇接受再培训后又回到农村,这种劳动力在农业与非农业之间转移的模式不仅有利于劳动力资源在三产中合理配置,而且使得社会人力资源配置进一步优化,并促进产业融合发展。据此提出假说 2:

H2: 数字经济能够通过加快劳动力转移促进农业现代化

1.2.2 农户人力资本投资效应 人力资本理论认为要素分配能力取决于行为个体的人力水平层次。农民的资源禀赋不同,对数字技术的掌握程度不同。农民的文化水平越高,他们认知、理解和运用数字技术的能力越强,从而拓展他们的经济来源。农民的身体资本也很重要,健康的农民才能以正面的态度面对农业数字化转型所带来的冲击和机遇,从而更好地运用数字技术,提高自己的收入^[30]。一方面,数字经济能够提高农户人力资本投资。数字经济的发展不仅是国家经济实力、社会制度的进步与完善,更是人民生活条件、精神面貌、知识水平的提高。数字经济与农业的深度融合释放出大量剩余劳动力,但是传统的农民由于受到文化水平、技术知识、管理经验匮乏的制约,即使流向城镇就业仍然会被淘汰。但数字经济带来信息技术资源使得劳动者可以通过使用数字信息、通信技术、互联网等平台突破

传统的教育与培训方式,丰富培训与学习内容,有利于知识共享、拓宽农户人力资本投资渠道。另一方面,农户人力资本投资可以促进农业现代化发展。一是农户人力资本投资能够促进农业生产现代化和农业可持续发展水平。农民通过素质教育和技能培训掌握数字知识与技能来提升自身劳动素质,运用技术手段和知识素养从科学的角度养殖耕种,从而促进农业现代化进步^[32]。二是农户人力资本投资能够促进农业经营现代化。农民劳动素质的提高使得对农产品不再只是单一的买卖方式,而是通过科学的管理方式、多样的营销策略形成一条产业链,促进农产品规模化、品牌化发展。据此提出假说 3:

H3: 数字经济能够通过增强农户人力资本投资促进农业现代化

2 农业现代化水平测度

2.1 农业现代化指标体系构建

结合现有研究中的农业现代化指标体系^[17, 31],本文基于科学性、客观性和可操作性原则下,将农业生产现代化、农业经营现代化、农业现代化产出水平、农业现代化可持续发展水平设为准则层,并将其具体拆分为 17 个指标,以此构建农业现代化评价指标体系。基于此,文章使用熵值法对各个指标确定权重,能够较为客观准确地评价研究对象,如表 1 所示。

2.2 数据来源

以 2011—2020 年中国 31 个省(市、区)的面板数据为研究对象,原始数据均来自《中国劳

表 1 农业现代化指标评价体系

Table 1 Agricultural modernization indicator evaluation system

一级指标 First-level indicator	二级指标 Second-level indicator	指标定义 Indicator definition	指标类型 Indicator type
农业生产现代化 Modernization of agricultural production	农田水利化水平	有效灌溉面积 / 农作物播种总面积	正
	农业机械化水平	$0.4 \times \text{机耕率} + 0.3 \times \text{机播率} + 0.3 \times \text{机收率}$	正
	人均农林牧渔全社会固定资产投资(万元)	全社会农林牧渔全社会固定资产投资 / 总人口	正
	农膜覆盖面积比重 (kg/m^3)	农膜覆盖面积 / 作物播种总面积	正
农业经营现代化 Modernization of agricultural operation	人均耕地面积 ($\text{hm}^2/\text{人}$)	耕地面积 / 总人口	正
	单位畜禽产品率 (%)	畜牧业总产值 / 肉类总产值	正
	农林水事务支出占比	农林水事务支出 / 财政总支出	正
农业现代化产出水平 Output level of agricultural modernization	农作物成灾率 (%)	成灾面积 / 受灾面积	负
	农业劳动生产率 (%)	第一产业增加值 / 第一产业从业人员数	正
	耕地产出率 (%)	农林牧渔业增加值 / 耕地面积	正
	农民人均纯收入(万元)	农民人均纯收入	正
农业现代化可持续发展水平 Sustainable development level of agricultural modernization	农业生产总值比重	农业产值 / 总产值	正
	单位耕地面积粮食产量 (kg/hm^2)	全年粮食总产量 / 粮食作物实际占用的耕地面积	正
	化肥负荷水平	化肥施用量 / 耕地面积	负
	农药施用量 (g/hm^2)	农药施用量 / 总播种面积	负
	节水灌溉面积比重	节水灌溉面积 / 有效灌溉面积	正
	森林覆盖率 (%)	森林覆盖率	正

动统计资料》《中国统计年鉴》《中国农村统计资料》《中国农业统计年鉴》以及各省（市、自治区）统计年鉴等。

2.3 农业现代化发展水平

根据熵值法计算得到的农业现代化发展水平如表 2 所示，本文将研究的 30 个省份按照国家分类标准分为东部、中部、西部三大区域（《中华人民共和国城乡规划法》）。总体来看，全部省（市、区）的农业现代化在 2011—2020 年都呈现明显上升趋势，中部地区省（市、区）的农业现代化高于东部及西部省（市、区）。2011 年全国农业现代化的平均水平为 0.29003，有 16 个省（市、区）的农业现代化高于全国平均水平，农业现代化水

平最高的是黑龙江省；2020 年全国农业现代化的平均水平为 0.37819，有 12 个省（市、区）的农业现代化高于全国平均水平，农业现代化最高的是湖南省。根据计算结果，2011—2020 年农业现代化增长最多的是湖南省，广东省农业现代化水平较低且增长较为缓慢。

2011—2020 年各省（市、区）年均农业现代化水平如表 3 所示，中部地区的黑龙江省农业现代化水平位居全国首位。西部地区的重庆市和青海省仍有较大发展空间。中部地区年均农业现代化水平高于东、西部地区，东部地区的年均农业现代化高于西部地区，并且粮食主产区的年均农业现代化水平高于东、中、西 3 个地区。

表 2 2011 年与 2020 年各省（市、区）农业现代化发展水平

Table 2 Development level of agricultural modernization in each province (city, district) in 2011 and 2020

地区 Region	2011	2020	地区 Region	2011	2020	地区 Region	2011	2020
北京 Beijing	0.31549	0.43856	安徽 Anhui	0.27118	0.34547	四川 Sichuan	0.29553	0.36268
天津 Tianjin	0.26302	0.33395	福建 Fujian	0.30154	0.37306	贵州 Guizhou	0.25311	0.39159
河北 Hebei	0.30791	0.37900	江西 Jiangxi	0.28843	0.35634	云南 Yunnan	0.28929	0.37535
山西 Shanxi	0.26091	0.31136	山东 Shandong	0.28956	0.36345	西藏 Tibet	0.31541	0.36273
内蒙古 Inner Mongolia	0.32094	0.39668	河南 Henan	0.28215	0.35424	陕西 Shaanxi	0.30445	0.36896
辽宁 Liaoning	0.30105	0.33885	湖北 Hubei	0.24953	0.35992	甘肃 Gansu	0.29865	0.37713
吉林 Jilin	0.30669	0.36112	湖南 Hunan	0.28231	0.52481	青海 Qinghai	0.23403	0.32625
黑龙江 Heilongjiang	0.37390	0.49253	广东 Guangdong	0.23387	0.30081	宁夏 Ningxia	0.26346	0.36822
上海 Shanghai	0.30328	0.39533	广西 Guangxi	0.29548	0.38169	新疆 Xinjiang	0.36037	0.48765
江苏 Jiangsu	0.30473	0.39264	海南 Hainan	0.22688	0.38876			
浙江 Zhejiang	0.36066	0.39620	重庆 Chongqing	0.23725	0.31860			

表 3 2011—2020 年各省（市、区）年均农业现代化水平

Table 3 Average annual agricultural modernization level of each province (city, district) from 2011 to 2020

地区 Region	农业现代化水平 Agricultural modernization level	地区 Region	农业现代化水平 Agricultural modernization level	地区 Region	农业现代化水平 Agricultural modernization level	地区 Region	农业现代化水平 Agricultural modernization level
粮食主产区 Main grain producing area	0.34237	东部 Eastern region	0.33274	中部 Central region	0.34103	西部 Western region	0.32954
河北 Hebei	0.34345	北京 Beijing	0.37702	内蒙古 Inner Mongolia	0.35881	重庆 Chongqing	0.27792
内蒙古 Inner Mongolia	0.35881	天津 Tianjin	0.29849	吉林 Jilin	0.33390	四川 Sichuan	0.32910
辽宁 Liaoning	0.31995	河北 Hebei	0.34345	黑龙江 Heilongjiang	0.43322	贵州 Guizhou	0.32235
吉林 Jilin	0.33390	辽宁 Liaoning	0.31995	安徽 Anhui	0.30832	云南 Yunnan	0.33232
黑龙江 Heilongjiang	0.43322	上海 Shanghai	0.34930	江西 Jiangxi	0.32238	陕西 Shaanxi	0.33671
江苏 Jiangsu	0.34868	江苏 Jiangsu	0.34868	河南 Henan	0.31820	甘肃 Gansu	0.33789
安徽 Anhui	0.30832	浙江 Zhejiang	0.37843	湖北 Hubei	0.30473	青海 Qinghai	0.28014
江西 Jiangxi	0.32238	福建 Fujian	0.33730	湖南 Hunan	0.40356	宁夏 Ningxia	0.31584
山东 Shandong	0.32651	山东 Shandong	0.32651	山西 Shanxi	0.28613	新疆 Xinjiang	0.42401
河南 Henan	0.31820	广东 Guangdong	0.26734			西藏 Tibet	0.33907
湖北 Hubei	0.30473	海南 Hainan	0.30782				
湖南 Hunan	0.40356	广西 Guangxi	0.33858				
四川 Sichuan	0.32910						

3 研究设计

3.1 模型构建

为了实证分析数字经济对农业现代化的影响,针对传导机制设定如下模型:

$$y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 x_{it} + \alpha_c Control_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

为探究数字经济对农业现代化可能存在的间接作用机制,参考温忠麟等^[32]的方法构建中介效应检验模型,检验劳动力转移和农户人力资本投资的路径作用:

$$y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 x_{it} + \alpha_2 Control_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dig_{it} + \beta_2 Control_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$y_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 x_{it} + \gamma_2 M_{it} + \gamma_3 Control_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式中, y 为农业现代化, x 为数字经济, M 为中介变量劳动力转移和人力资本投资, $Control$ 为控制变量, i 和 t 分别为区域和时间, μ_i 为个体效应, ε 为随机扰动项。

3.2 变量选取及描述性统计

3.2.1 被解释变量 被解释变量为“农业现代化”,由17个二级指标通过熵值法测算所得分数表示,分数越高表示农业现代化发展水平越高,反之越低(表4)^[33-36]。

3.2.2 解释变量 解释变量为“数字经济”。数字经济发展水平的测度应结合各个方面,除了互联网等电子信息类基础设施,也要具备数字普惠金融等要素。参考现有学者研究^[5, 37-38],从互

表4 描述性统计

Table 4 Descriptive statistics

变量名称 Variable name	样本 Sample	标准差 Standard deviation	均值 Mean	最小值 Minimum value	最大值 Maximum value
农业现代化 Agricultural modernization	310	0.0477	0.3273	0.2150	0.5248
数字经济 Digital economy	310	0.1493	0.2884	0.0228	0.7710
劳动力转移 Labor transfer	310	0.1431	0.3246	0.0197	0.6489
农户人力资本投资 Human capital investment of farmers	310	1451.3992	3204.7309	455.5500	7218.4800
人均GDP GDP per capital	310	2.7430	5.4995	1.6153	16.4905
农村恩格尔系数 Rural Engel coefficient	310	0.0529	0.3297	0.2378	0.5257
农业产业结构 Agricultural industrial structure	310	0.0868	0.4726	0.2640	0.6980
外资投入水平 Foreign investment level	310	1.9047	0.5153	0.0520	33.3208
人均受教育年限 Per capita years of education	310	0.6547	7.9557	5.2737	9.9122

注:样本来源于2011—2020年中国31个省(市、区)的面板数据。

Note: The sample is from the panel data of 31 provinces (cities, regions) in China from 2011 to 2020.

联网普及率、互联网就业人数、互联网相关产出、移动电话普及率、数字金融发展5个指标构建数字经济发展水平指标体系^[39-40],使用熵值法对以上指标进行测算计算其权重,从而得出数字经济发展水平的测算标准^[41]。

3.2.3 中介变量 (1) 劳动力转移:根据配第-克拉克定律,随着经济的发展,劳动力会逐渐由第一产业向第二、三产业转移。本文指标测度参考文献^[29]^[31]的做法,选取第一产业从业人员占有所有就业人员的比重作为劳动力转移的代理变量。劳动力转移的代理变量对农业现代化具有显著的负向影响,即劳动力转出的越多,劳动力转移程度越高,农业现代化程度越显著。

(2) 农户人力资本投资:用农村居民人均文教、娱乐用品及服务消费支出与农村居民人均医疗保健消费支出之和来代表农业人力资本投

资^[32, 35]。

3.2.4 控制变量 根据Zhai等^[42-43],引入与农业现代化相关的其他控制变量:(1)人均GDP(万元/人):各地区生产总值占常住人口比重;(2)农村恩格尔系数(%):食物支出与总支出的比率;(3)农业产业结构调整:农林牧渔业产值与农业产值的比率;(4)外资投入水平(%):外商投资总额占地区生产总值的比值;(5)人均受教育年限(年/人):以农村人均受教育年限衡量,依据(未上过学人数×3+学前教育人数×3+小学人数×6+初中人数×9+高中人数×12+大专及以上学历人口×16)/农村3岁以上人口数来计算。

4 结果与分析

4.1 基准回归

研究选取最小二乘法(OLS)和固定效应(FE)

回归方法对数字经济对农业现代化之间的关系进行实证分析, 回归结果如表 5 所示。结果表明, OLS 模型和 FE 模型都可以证明数字经济显著正向促进农业现代化。加入控制变量后结果仍旧显著, 且 F 检验的 P 值为 0.000, 表明强烈拒绝“所有个体都拥有相同的截距项”原假设, 故 FE 优于混合 OLS, 所以主要对模型 (3) 和模型 (4) 进行分析。模型 (4) 显示数字经济的回归系数是 0.192, 并且在 1% 的显著水平上通过检验, 即数字经济每提升一个单位, 农业现代化程度就提高 19.2%, 假说 1 成立。在加入控制变量后的影响系数从 0.229 降低到 0.192, 表明在不考虑控制变量的条件下, 仅仅分析数字经济对农业现代化的

影响会夸大数字经济对农业现代化驱动效应。关于控制变量: 人均 GDP 的回归系数为 0.003, 并在 5% 的显著水平上通过检验, 说明人均 GDP 可以显著提高农业现代化水平, 人均生产总值上升则表明经济处于增长态势, 从而使得有更多的投资投入农业产业化、机械化发展, 进而促进农业现代化发展。农业产业结构和外资投入水平的回归系数分别为 0.117 和 0.001, 均在 5% 的显著水平上通过检验, 说明农业产业结构和外资投入水平都可以显著增强农业现代化水平, 其原因一是农业生产与市场需求贴合越紧密, 对农业现代化进程越有利; 二是外资水平越高说明该农业产业越规模化、多元化, 对农业现代化的促进作用越大。

表 5 基准回归结果
Table 5 Benchmark regression results

变量 Variable	(1)	(2)	(3)	(4)
	OLS (无控制变量)	OLS (有控制变量)	FE (无控制变量)	FE (有控制变量)
数字经济 Digital economy	0.165***(10.55)	0.226***(10.07)	0.229***(28.75)	0.192***(11.97)
人均 GDP GDP per capita		-0.004**(-2.56)		0.003*(1.68)
农村恩格尔系数 Rural Engel coefficient		-0.135***(-2.78)		-0.058(-1.35)
农业产业结构 Agricultural industrial structure		-0.099***(-3.45)		0.117***(2.70)
外资投入水平 Foreign investment level		0.001(1.03)		0.001**(2.53)
人均受教育年限 Per capita years of education		-0.008*(-1.82)		0.004(0.51)
常数项 Constant term	0.280***(55.20)	0.437***(10.24)	0.261***(104.67)	0.193***(3.16)
观测值 Observations	310	310	310	310
R^2	0.265	0.372	0.748	0.764
F	111.22	29.86	47.97	42.09
$P>F$	0.000	0.000	0.000	0.000

注: 括号中为 t 统计值; *, **, *** 分别表示显著性水平为 10%, 5% 和 1%。

Note: The data in parentheses represents t ; *, **, and *** represent the significance level of 10%, 5% and 1%.

4.2 中介效应检验

检验结果如表 6 所示, 模型 (6) 和模型 (7) 检验劳动力转移的驱动路径。由模型 (6) 可以看出, 数字经济对劳动力转移的代理变量有显著的负向影响, 该回归系数为 -0.347, 由于劳动力转移的代理变量为第一产业从业人员占全部就业人数比例, 即表明劳动力转移程度越高, 农业现代化程度越高。根据中介效应检验步骤来看, 模型 (5) 中数字经济对农业现代化的总影响效应模型可知数字经济的回归系数是 0.192, 并在 1% 水平上显著通过检验。模型 (7) 检验劳动力转移和数字经济对农业现代化的影响, 结果表明劳动力转移回归系数是 -0.208, 在 1% 水平上显著通过检验; 并且数字经济的回归系数是 0.120, 在 1% 水平上显著通过检验。模型 (5) 的数字经济回归系数 0.192 要明显大于模型 (7) 中数字经济回归系数 0.120,

所以数字经济可以通过促进劳动力转移来推进农业现代化发展, 从而验证前文提出的假设 2。

模型 (8) 和模型 (9) 检验农户人力资本投资的驱动路径。由模型 (8) 中数字经济的回归系数是 3.020 并在 1% 水平上显著通过检验, 表明数字经济可以显著提高农户人力资本投资水平。模型 (9) 中将农户人力资本投资与数字经济同时放入, 数字经济与农户人力资本投资的回归系数分别是 0.145 和 0.015, 且均在 1% 水平上显著通过检验。另外, 模型 (5) 中数字经济的回归系数大于模型 (9) 中的系数, 即表明农户人力资本投资在数字经济对农业现代化的影响机制中发挥部分中介效应, 验证前文提出的假设 3。

4.3 异质性分析

4.3.1 农业现代化分项检验

从表 7 可以看出, 数字经济对农业生产现代化、农业现代化产出水

表 6 中介效应检验
Table 6 Mediation effect test

变量 Variable	(5) 农业现代化 Agricultural modernization	(6) 劳动力转移 Labor transfer	(7) 农业现代化 Agricultural modernization	(8) 农户人力资本投资 Human capital investment of farmers	(9) 农业现代化 Agricultural modernization
劳动力转移 Labor transfer			-0.208***(-6.61)		
数字经济 Digital economy	0.192***(11.97)	-0.347***(-12.09)	0.120***(6.48)	3.020***(17.71)	0.145***(6.26)
农户人力资本投资 Human capital investment of farmers					0.015***(2.73)
常数项 Constant term	0.193***(3.16)	0.195*(1.78)	0.234***(4.08)	7.369(11.31)	0.08***(1.09)
控制变量 Control variable	YES	YES	YES	YES	YES
观测值 Observations	310	310	310	310	310
R ²	0.764	0.619	0.796	0.846	0.770

注：括号中为 t 统计值；*、**、*** 分别表示显著性水平为 10%、5% 和 1%。

Note: The data in parentheses represents t ; *, **, and *** represent the significance level of 10%, 5% and 1%.

表 7 农业现代化分项检验结果
Table 7 Sub item inspection results of agricultural modernization

变量 Variable	(10) 农业生产现代化 Agricultural production modernization	(11) 农业经营现代化 Agricultural management modernization	(12) 农业现代化产出水平 Agricultural modernization output level	(13) 农业现代化可持续发展水平 Agricultural modernization sustainable development level
数字经济 Digital economy	0.132***(6.26)	0.044(0.79)	0.220***(5.22)	0.225***(6.70)
人均 GDP GDP Per capita	0.008***(3.92)	-0.003(-0.66)	0.005*(1.82)	-0.003(-1.03)
农村恩格尔系数 Rural Engel coefficient	-0.018(-0.32)	0.033(0.22)	0.038(0.56)	-0.091(-1.18)
农业产业结构 Agricultural industrial structure	0.067(1.20)	-0.006(-0.05)	0.071(0.48)	0.027(0.26)
外资投入水平 Foreign investment level	0.002***(2.83)	-0.004*(-2.01)	0.001***(4.68)	0.002***(11.00)
人均受教育年限 Per capita years of education	-0.003(-0.38)	-0.004(-0.21)	-0.023(-1.26)	-0.011(-0.87)
常数项 Constant term	0.117(1.49)	0.504***(3.04)	0.211*(1.93)	0.625***(5.18)
地区 Region	YES	YES	YES	YES
观测值 Observations	310	310	310	310
R ²	0.6064	0.0126	0.585	0.475

注：括号中为 t 统计值；*、**、*** 分别表示显著性水平为 10%、5% 和 1%。

Note: The data in parentheses represents t ; *, **, and *** represent the significance level of 10%, 5% and 1%.

平、农业现代化可持续发展水平均有正向显著促进作用，但对农业经营管理现代化的影响不显著，可见，数字经济主要从农业生产现代化、农业现代化产出水平、农业现代化可持续发展水平 3 个方面来促进农业现代化。一是数字经济的技术创新改变了原有的人力耕种，大量引进机械设备，采用数字化灌溉技术助力传统农业的数字化转型，大大提高农业劳动生产率和耕地产出水平。二是数字经济本身就是生态文明建设中不可或缺的重要手段，要推动绿色农业、有机农业，就要运用数字经济来提高资源利用效率、提升生态系

统质量和稳定性，持续改善生态环境。但是，数字经济对农业经营管理现代化的影响并不突出，原因可能是农民对电子商务手段的运用能力不够，在农产品的营销模式和推广渠道上仍然是个难题。

4.3.2 区域异质性检验 将总样本分为东、中、西 3 个子样本，分析数字经济对东中西部农业现代化影响之间的差别，并考察数字经济对农业现代化中 4 个方面的影响，进而探究数字经济作用于 3 个地区哪些方面以驱动农业现代化发展，结果见表 8。

表 8 区域异质性检验结果

Table 8 Regional heterogeneity test results

地区 Region	变量 Variable	(14) 农业现代化水平 Agricultural modernization level	(15) 农业生产现代化水平 Agricultural production modernization level	(16) 农业经营现代化水平 Agricultural management modernization level	(17) 农业现代化产出水平 Agricultural modernization output level	(18) 农业现代化可持续发展水平 Agricultural modernization sustainable development level	
东部地区 Eastern region	数字经济 Digital economy	0.163***(7.55)	0.105***(3.70)	0.065(0.86)	0.239***(4.46)	0.194***(5.16)	
	常数项 Constant term	0.196**(2.12)	0.081(0.66)	0.271(1.00)	0.023(0.18)	0.804**(2.75)	
	观测值 Observations	120	120	120	120	120	
	R^2	0.773	0.681	0.0288	0.714	0.477	
	固定效应 Fixed effect	YES	YES	YES	YES	YES	
	中部地区 Central region	数字经济 Digital economy	0.212***(3.88)	0.119(1.64)	-0.183(-0.98)	0.388*(2.04)	0.202***(4.05)
中部地区 Central region	常数项 Constant term	0.590***(3.62)	0.285(1.35)	0.260(0.52)	1.137(1.85)	0.595**(3.35)	
	观测值 Observations	90	90	90	90	90	
	R^2	0.742	0.693	0.0119	0.497	0.590	
	固定效应 Fixed effect	YES	YES	YES	YES	YES	
	西部地区 Western region	数字经济 Digital economy	0.348***(7.66)	0.166**(2.54)	-0.100(0.57)	0.088**(2.40)	0.343*(1.94)
	西部地区 Western region	常数项 Constant term	0.231***(2.78)	0.148(1.17)	-0.010(-0.03)	0.167*(1.88)	0.451**(2.51)
观测值 Observations		100	100	100	100	100	
R^2		0.833	0.501	0.0743	0.875	0.497	
固定效应 Fixed effect		YES	YES	YES	YES	YES	

注：括号中为 t 统计值；*、**、*** 分别表示显著性水平为 10%、5% 和 1%。

Note: The data in parentheses represents t ; *, **, and *** represent the significance level of 10%, 5% and 1%.

模型 (14) 为数字经济对东、中、西 3 个地区农业现代化的估计结果，可以得出数字经济对 3 个地区农业现代化具有显著正向促进作用，不过显著程度有所不同，对西部地区农业现代化影响程度最大、中部次之、东部最小。究其原因，当前数字经济在东部地区的发展进程趋于稳定，基础设施建设与发展环境建设相较于中、西部地区更加完善，所以比其他地区更早获得数字经济带来的红利。但中、西部地区的数字经济发展进程较晚，基础设施建设较为落后，因此数字经济推动农业现代化进步的成果更加突出。模型 (15) ~ 模型 (18) 表明三大地区数字经济对农业现代化 4 个方面的影响程度，其中，东部地区数字经济对农业生产现代化、农业现代化产出水平、农业现代化可持续发展水平有显著促进作用，作用强度由强到弱依次为农业现代化产出水平、农业

现代化可持续发展水平、农业生产现代化，以此促进东部地区农业现代化。中部地区数字经济对农业现代化产出水平、农业现代化可持续发展水平有显著促进作用，作用强度依次为农业现代化产出水平、农业现代化可持续发展水平，以此推动中部地区农业现代化发展。西部地区数字经济对农业生产现代化、农业现代化产出水平、农业现代化可持续发展水平具有显著促进作用，作用强度依次是农业现代化可持续发展水平、农业生产现代化、农业现代化产出水平，以此促进西部地区农业现代化进步。东部地区数字经济对农业经营现代化无显著影响，中部地区对农业生产现代化、农业经营现代化无显著影响，西部地区对农业经营现代化无显著影响。因此，各地要在现有的数字经济发展基础上，继续巩固已经发挥了数字经济作用的领域，并在尚未体现作用的领域

继续加强。

4.4 稳健性检验

4.4.1 内生性检验 从实证分析中可以看出,数字经济对我国农业现代化具有明显的推动效果,但这种预测的效果会产生内生性偏差,这主要是因为:第一,涉及问题太多,涉及因素太多,所以本文虽然增加了控制变量,但并没有考虑到全部影响,从而造成误差。第二,数字经济主要是以数字技术为主导,通过信息技术赋能各个领域,从而提高生产效率、经济效益,而农业现代化的一个重要表现是提高生产效率,这又反过来需要更高的数字生产技术,导致数字经济与农业现代化二者相互影响,呈反向因果关系。为解决遗漏变量和反向因果关系带来的偏差,本文采用互联网域名数作为工具变量,运用两阶段最小二乘法(Two stage least square, 2SLS)方法重新估计。互联网域名是一种互联网上识别和定位计算机层次结构式的字符标识,与该计算机的互联网协议地址相对应,域名越多则表明互联网普及程度越高,数字经济发展水平就越高,并且该变量对农业现代化影响微小,满足外生性条件。表9模型(19)与模型(20)表明在考虑内生性问题的条件下,无论是否加入控制变量,数字经济对农业现代化仍然存在显著促进作用,并在1%显著水平上通过检验,且经过检验互联网域名数作为工具变量是合理有效的。因此,本文在解决内生性问题后,数字经济能够驱动农业现代化的结论仍

然成立。

4.4.2 控制固定效应 表9模型(21)是设定年份和省份的交互效应,放缓宏观和全局性的环境改变对数字经济发展的冲击。结果表明在加入交互效应的固定效应模型仍然显著,数字经济能够驱动农业现代化的结论仍然成立。

4.4.3 重新测算数字经济 本文基准回归中的核心解释变量数字经济发展指数是由熵值法测算得出,更换数字经济发展指数的测算方法,采用主成分分析法进行测算,计算指标权重,重新测算数字经济发展指数,再进行固定效应模型检验,结果见表9模型(22),数字经济1表示重新测算结果,数字经济能够驱动农业现代化的结论仍然成立。

5 讨论

数字经济对农业现代化的影响在区域之间都呈现促进作用,但促进作用存在差异,已有研究验证了这种差异性增长趋势^[36, 38]。本文在前人研究^[29, 35]基础上,结合数字经济在农业中的适用特征,进一步探究农户人力资本投资与劳动力转移在数字经济驱动农业现代化的过程中存在的中介效应。农户在数字经济的影响下提高自身数字素养,对农业实施数字化管理与经营,数字经济对农业产业机械化、信息化改造释放了大量农村劳动力向城镇转移,侧面反映出劳动力转移程度越高,则农业基础设施越数字化,农业现代化程度越高。同时,本文还通过数字经济对农业现代化各个维度的实证分析,发现在农业生产现代化、农业现代化产出水平与农业现代化可持续发展水平3个方面均得到数字经济带来的红利,可见我国农业在机械化赋能、着力打造生态有机农业层面已取得明显成效。运用省份面板数据得出的结果虽然从宏观角度较为完整,但缺乏农业现代化在各个省份具有当地农业特点的微观数据,所以研究缺乏精确性。

在当前经济格局下,要响应国家号召,加快建设农业强国,就要牢牢把握住数字经济带来的机遇,大力促进农业现代化数字化赋能。但传统的经营模式导致农业经营现代化难以在短期内取得明显进步,其原因可能是农业产业化、规模化经营体系还尚在起步阶段,未形成一套成熟的营销管理体系,电子商务作为现今重要的销售手段

表9 内生性和稳健性检验
Table 9 Endogenous and robustness test

变量 Variable	IV-2SLS		FE	
	(19)	(20)	(21)	(22)
数字经济 Digital economy	0.182*** (4.11)	0.121*** (5.43)	0.311*** (2.92)	
数字经济1 Digital economy1				0.015*** (11.63)
常数项 Constant term	0.449*** (9.68)	0.292 (42.93)	-2.27 (-2.40)	0.231*** (3.73)
Year × state			YES	
Year			YES	YES
State			YES	YES
控制变量	NO	YES	YES	YES
观测值 Observations	310	310	310	310
R ²	0.363	0.247	0.999	0.759

注:括号中为*t*统计值;*、**、***分别表示显著性水平为10%、5%和1%。

Note: The data in parentheses represents *t*; *, **, and *** represent the significance level of 10%, 5% and 1%.

在农业中的运用还不够普及等。针对这一问题,应加快产业结构优化、促进产业融合发展^[42],不仅实现生产技术上的现代化,在营销方式与管理模式上也要紧跟时代步伐进行数字化转变^[44]。已有学者提出强化农业合作社数字化建设^[19],不断优化就业环境,促进城乡融合发展^[33],合理分配科技创新资源与农业协调发展^[45],在促进农业现代化进步方面都作出了深度探索,但在面对实际的农业产业、当地农业条件与农业资源,其效用性并不确定。要实现数字经济对农业现代化的持续深化,我国政府、社会各行各业以及人民群众仍要继续努力。

6 结论与政策启示

综上,得出以下结论:(1)数字经济能够促进农业现代化,已成为当下中国加快建设农业强国的中坚力量,通过实证检验结论仍然成立。(2)中介效应检验证明劳动力转移与农户人力资本投资在数字经济对农业现代化的影响中起到显著的中介作用,提高劳动力转移程度与农户人力资本投资累积对数字经济推进农业现代化具有重要意义。(3)在数字经济对农业现代化的分项检验中,数字经济对农业现代化可持续发展水平影响力度最大,但是对农业经营现代化无显著影响,说明我国农业发展在产业化、规模化经营方面仍存在不足,数字经济与农业经营管理融合度不高。(4)在区域异质性方面,西部地区农业现代化发展过程中获得的数字经济红利相较于中部、东部地区更多,各地区在推进农业现代化的具体措施方面具有差异性,在数字经济赋能农业现代化的不同维度上侧重点不同。

基于此,提出以下政策启示:(1)在数字经济可以促进农业现代化的既定背景下,加大对农业数字基础设施的投资,发展智慧水利、智慧农业、智慧物流建设,构建数字乡村,提升农民的数字素养,加强农民数字化组织培训,提升农民数字化技能,以享受到更多数字经济为农业现代化带来的经济效益。(2)数字经济通过劳动和力转移和农户人力资本投资赋能农业现代化的作用机制,表明劳动力转移、农户人力资本投资已成为数字经济促进农业现代化的内在动力,应大力促进创业带动就业,组织就业培训会,加快第一产业从业人员向第二、三产业流动,提倡农民

对自身教育、医疗保健等方面的投资,提高自身素养,为数字经济不断深化农业现代化提供保障。

(3)从总体角度看,数字经济对农业的经营层面影响不深,表明数字经济与农业产业化、品牌化融合程度不够深,应强化数字经济对农业电子商务、品牌营销等方面的影响,构建数字化产业链,数字化经营体系,促进传统农业向数字化经营农业的转型。(4)从区域角度看,数字经济对东、中、西部农业现代化和对农业现代化各个维度的影响作用存在显著差异,因此各地区应在数字经济发展成果的基础上,对已发挥数字经济作用的领域继续巩固,持续推进数字技术赋能农业、提升农业人才素质培养,深化绿色有机农业理念,在尚未体现数字经济作用的经营与管理方面,发展数字化管理战略,广泛采用电子商务、网络营销模式,因地制宜,根据当地特色对本土农产品品牌化、产业化、规模化发展,深化数字经济在农业经营管理层面的影响。

参考文献 (References):

- [1] 牛若峰. 中国农业现代化走什么道路[J]. 中国农村经济, 2001(1): 4-11.
NIU R F. What is the way to China's agricultural modernization [J]. *China's Rural Economy*, 2001(1): 4-11.
- [2] 胡甲滨, 俞立平, 洪金珠. 双循环下数字经济对高技术产业影响研究[J]. 科学学研究, 2022(9): 1-16. DOI:10.16192/j.cnki.1003-2053.20220906.006.
HU J B, YU L P, HONG J Z. Research on the impact of digital economy on high-tech industry under the double cycle [J]. *Science of Science Research*, 2022(9): 1-16. DOI:10.16192/j.cnki.1003-2053.20220906.006.
- [3] 何宗樾, 宋旭光. 数字经济促进就业的机理与启示——疫情发生之后的思考[J]. 经济学家, 2020(5): 58-68. DOI:10.16158/j.cnki.51-1312/f.2020.05.007.
HE Z Y, SONG X G. The mechanism and enlightenment of digital economy to promote employment - thinking after the outbreak of the epidemic [J]. *Economist*, 2020(5): 58-68. DOI:10.16158/j.cnki.51-1312/f.2020.05.007.
- [4] 方福前, 田鹤. 数字经济促进了包容性增长吗——基于“宽带中国”的准自然实验[J]. 学术界, 2021(10): 55-74. DOI:10.3969/j.issn.1002-1698.2021.10.006.
FANG F Q, TIAN G. Does digital economy promote inclusive growth—A quasi natural experiment based on "Broadband China" [J]. *Academia*, 2021(10): 55-74. DOI:10.3969/j.issn.1002-1698.2021.10.006.
- [5] 刘军, 杨渊懿, 张三峰. 中国数字经济测度与驱动因素研究[J]. 上海经济研究, 2020(6): 81-96. DOI:10.19626/j.cnki.cn31-1163/f.2020.06.008.
LIU J, YANG Y Y, ZHANG S F. Research on China's digital economy measurement and drivers [J]. *Shanghai Economic Research*, 2020(6): 81-96. DOI:10.19626/j.cnki.cn31-1163/f.2020.06.008.
- [6] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展——

- 来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界, 2020(10): 65-76. DOI:10.19744/j.cnki.11-1235/f.2020.0154.
- ZHAO T, ZHANG Z, LIANG S K. Digital economy, entrepreneurship activity and high quality development—Empirical evidence from Chinese cities [J]. *Management World*, 2020, (10): 65-76. DOI:10.19744/j.cnki.11-1235/f.2020.0154.
- [7] 李宗显, 杨千帆. 数字经济如何影响中国经济高质量发展? [J]. 现代经济探讨, 2021(7): 10-19. DOI:10.13891/j.cnki.mer.2021.07.003.
- LI Z X, YANG Q F. How does the digital economy affect China's high-quality economic development? [J]. *Discussion on Modern Economy*, 2021(7):10-19 DOI:10.13891/j.cnki.mer.2021.07.003.
- [8] 韩健, 李江宇. 数字经济发展对产业结构升级的影响机制研究[J]. 统计与信息论坛, 2022(7): 13-25. DOI:10.3969/j.issn.1007-3116.2022.07.002.
- HAN J, LI J Y. Research on the impact mechanism of digital economy development on industrial structure upgrading [J]. *Statistics and Information Forum*, 2022, (7): 13-25. DOI:10.3969/j.issn.1007-3116.2022.07.002.
- [9] 罗小芳, 王素素. 数字经济、就业与劳动收入增长——基于中国家庭追踪调查(CFPS)数据的实证分析[J]. 江汉论坛, 2021(11): 5-14. DOI:10.3969/j.issn.1003-854X.2021.11.001.
- LUO X F, WANG S S. Digital economy, employment and labor income growth—Empirical analysis based on CFPS data [J]. *Jiangnan Forum*, 2021, (11): 5-14. DOI:10.3969/j.issn.1003-854X.2021.11.001.
- [10] 向国成, 石校菲, 邝劲松. 数字经济发展提高了居民消费水平吗? [J]. 消费经济, 2021(5): 44-55.
- XIANG G C, SHI X F, KUANG J S. Does the development of digital economy improve the consumption level of residents? [J]. *Consumer Economy*, 2021(5): 44-55.
- [11] 刘魏, 张应良, 王燕. 数字普惠金融发展缓解了相对贫困吗? [J]. 经济管理, 2021(7): 44-60. DOI:10.19616/j.cnki.bmj.2021.07.003.
- LIU W, ZHANG Y L, WANG Y. Does the development of digital inclusive finance alleviate relative poverty? [J]. *Economic Management*, 2021(7):44-60. DOI:10.19616/j.cnki.bmj.2021.07.003.
- [12] 陈文, 吴赢. 数字经济发展、数字鸿沟与城乡居民收入差距[J]. 南方经济, 2021(11): 1-17. DOI:10.19592/j.cnki.scje.390621.
- CHEN W, WU Y. Digital economy development, digital divide and income gap between urban and rural residents [J]. *Southern Economy*, 2021(11): 1-17. DOI:10.19592/j.cnki.scje.390621.
- [13] 毛飞, 孔祥智. 中国农业现代化总体态势和未来取向[J]. 改革, 2012(10): 9-21.
- MAO F, KONG X Z. General situation and future orientation of China's agricultural modernization [J]. *Reform*, 2012(10): 9-21.
- [14] ZHANG Z X, LI Y, ELAHI E, WANG Y M. Comprehensive evaluation of agricultural modernization levels [J]. *Sustainability*, 2022, 14(9): 5069. DOI:10.3390/SU14095069.
- [15] 曹子坚, 虎琳, 董鹏飞. 农地产权制度改革能否促进农业现代化发展效率?——基于农地“三权分置”改革的实证检验[J]. 经济与管理, 2022(6): 34-42.
- CAO Z J, HU L, DONG P F. Can the reform of agricultural land property right system promote the efficiency of agricultural modernization——Empirical test based on the reform of "Three Rights Separation" in rural land [J]. *Economics and Management*, 2022(6): 34-42.
- [16] 鲁春阳, 文枫, 张宏敏, 李会杰, 杨凯栋, 段琳筠. 基于改进TOPSIS法的河南省农业现代化发展水平评价[J]. 中国农业资源与区划, 2020(1): 92-97. DOI:10.7621/cjarrp.1005-9121.20200112.
- LU C Y, WEN F, ZHANG H M, LI H J, YANG K D, DUAN L Y. Evaluation of the development level of agricultural modernization in Henan Province based on the improved TOPSIS method [J]. *China Agricultural Resources and Zoning*, 2020(1): 92-97. DOI:10.7621/cjarrp.1005-9121.20200112.
- [17] 冀钦, 杨建平, 徐满厚. 山西吕梁山连片特困区现代农业发展水平综合评价[J]. 中国人口资源与环境, 2018(1): 54-59.
- JI Q, YANG J P, XU M H. Comprehensive assessment of modern agricultural development level in the continuous poverty stricken areas of Lüliang Mountain in Shanxi [J]. *China's Population, Resources and Environment*, 2018(1): 54-59.
- [18] 梁琳. 数字经济促进农业现代化发展路径研究[J]. 经济纵横, 2022(9): 113-120. DOI:10.16528/j.cnki.22-1054/f.202209113.
- LIANG L. Research on the development path of digital economy promoting agricultural modernization [J]. *Economic Horizon*, 2022(9): 113-120. DOI:10.16528/j.cnki.22-1054/f.202209113.
- [19] 樊鹏飞, 苏敏, 刘洋, 冯淑怡. 面向农业现代化的公共政策选择——以农业经营方式转型为例[J]. 中国农村观察, 2022(5): 2-20.
- FAN P F, SU M, LIU Y, FENG S Y. Public policy options for agricultural modernization—Taking the transformation of agricultural operation mode as an example [J]. *China Rural Observation*, 2022(5): 2-20.
- [20] 夏显力, 陈哲, 张慧利, 赵敏娟. 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, ZHAO M J. High quality agricultural development: Digital empowerment and realization path [J]. *China Rural Economy*, 2019(12): 2-15.
- [21] 汝刚, 刘慧, 沈桂龙. 用人工智能改造中国农业: 理论阐释与制度创新[J]. 经济学家, 2020(4): 110-118. DOI:10.16158/j.cnki.51-1312/f.2020.04.012.
- RU G, LIU H, SHEN G L. Transforming China's agriculture with artificial intelligence: Theoretical interpretation and institutional innovation [J]. *Economist*, 2020(4):110-118. DOI:10.16158/j.cnki.51-1312/f.2020.04.012.
- [22] 易加斌, 李霄, 杨小平, 焦晋鹏. 创新生态系统理论视角下的农业数字化转型: 驱动因素、战略框架与实施路径[J]. 农业经济问题, 2021(7): 101-116. DOI:10.13246/j.cnki.iae.20210603.002.
- YI J B, LI X, YANG X P, JIAO J P. Agricultural digital transformation from the perspective of innovative ecosystem theory: driving factors, strategic framework and implementation path [J]. *Agricultural Economic Issues*, 2021(7): 101-116. DOI: 10.13246/j.cnki.iae.20210603.002.
- [23] GRIMES S. The digital economy challenge facing peripheral rural areas [J]. *Progress in Human Geography*, 2003,27(2):174-193. DOI: 10.1191/0309132503ph421oa.
- [24] 程大为, 樊倩, 周旭海. 数字经济与农业深度融合的格局构想及现实路径[J]. 兰州学刊, 2022(12): 131-143. DOI:10.3969/j.issn.1005-3492.2022.12.011.
- CHENG D W, FAN Q, ZHOU X H. The pattern and realistic path of the deep integration of digital economy and agriculture [J]. *Lanzhou Academic Journal*, 2022(12): 131-143. DOI:10.3969/j.issn.1005-3492.2022.12.011.
- [25] 王月, 程景民. 农业生产经营数字化与农户经济效益[J]. 社会科学, 2021(8): 80-90. DOI:10.13644/j.cnki.cn31-1112.2021.08.009.
- WANG Y, CHENG J M. Digitization of agricultural production and operation and economic benefits of farmers [J]. *Social Sciences*, 2021(8): 80-90. DOI:10.13644/j.cnki.cn31-1112.2021.08.009.
- [26] 钟真, 刘育权. 数据生产要素何以赋能农业现代化[J]. 教学与研究, 2021(12): 53-67. DOI:10.3969/j.issn.0257-2826.2021.12.008.
- ZHONG Z, LIU Y Q. How can data production factors enable

- agricultural modernization [J]. *Teaching and Research*, 2021(12):53-67. DOI:10.3969/j.issn.0257-2826.2021.12.008.
- [27] 刘海启. 加快数字农业建设为农业农村现代化增添新动能[J]. *中国农业资源与区划*, 2017(12): 1-6.
LIU H Q. Accelerating the construction of digital agriculture to add new momentum to agricultural and rural modernization [J]. *China's Agricultural Resources and Zoning*, 2017(12):1-6.
- [28] 台德进, 蔡荣. 数字经济赋能城乡经济融合: 内在机理与实证检验[J]. *当代经济管理*, 2022(10): 59-70. DOI:10.13253/j.cnki.ddjgl.2022.10.008.
TAI D J, CAI R. Digital economy enables urban rural economic integration: Internal mechanism and empirical test [J]. *Contemporary Economic Management*, 2022(10): 59-70. DOI: 10.13253/j.cnki.ddjgl.2022.10.008
- [29] 刘宇薇, 汪红梅. 农业技术进步、劳动力转移与农业高质量发展[J]. *税务与经济*, 2022(2): 88-97.
LIU Y W, WANG H M. Agricultural technology progress, labor transfer and high-quality agricultural development [J]. *Taxation and Economy*, 2022(2):88-97.
- [30] 许秀梅. 数据资本能提升农户收入吗? ——基于农户人力资本投资与社会网络的作用[J]. *贵州社会科学*, 2022(10): 144-151. DOI:10.13713/j.cnki.cssci.2022.10.015.
XU X M. Can data capital improve farmers' income—Based on the role of farmers' human capital investment and social networks [J]. *Guizhou Social Sciences*, 2022(10): 144-151. DOI: 10.13713/j.cnki.cssci.2022.0.015.
- [31] 李谷成, 李焯阳, 周晓时. 农业机械化、劳动力转移与农民收入增长——孰因孰果? [J]. *中国农村经济*, 2018(11): 112-127.
LI G C, LI Y Y, ZHOU X S. Agricultural mechanization, labor transfer and farmers' income growth—Which causes and which results? [J]. *China's Rural Economy*, 2018(11):112-127.
- [32] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. *心理科学进展*, 2014(5): 731-745. DOI:10.3724/SP.J.1042.2014.00731.
WEN Z L, YE B J. Mediation effect analysis: Methods and model development [J]. *Progress in Psychological Science*, 2014(5): 731-745. DOI:10.3724/SP.J.1042.2014.00731.
- [33] 汪昊, 张俊飏, 王志娜. 中国农业现代化水平的测算与俱乐部收敛分析[J]. *中国农业资源与区划*, 2022(11): 1-14.
WANG H, ZHANG J B, WANG Z N. Calculation of China's agricultural modernization level and analysis of club convergence [J]. *China's Agricultural Resources and Zoning*, 2022(11):1-14.
- [34] 胡清华. 新生代农民工人力资本投资策略探析[J]. *学术交流*, 2012(12): 108-111. DOI:10.3969/j.issn.1000-8284.2012.12.025.
HU Q H. Analysis on the human capital investment strategy of the new generation of migrant workers [J]. *Academic Exchange*, 2012(12):108-111. DOI:10.3969/j.issn.1000-8284.2012.12.025.
- [35] 陈国生, 萧烽, 黄鑫. 湖南农村人力资本与农业现代化耦合协调发展[J]. *经济地理*, 2020(10): 176-182. DOI:10.15957/j.cnki.jjdl.2020.10.021.
CHEN G S, XIAO F, HUANG X. Coupling and coordinated development of rural human capital and agricultural modernization in Hunan [J]. *Economic Geography*, 2020(10):176-182. DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2020.10.021.
- [36] 安晓宁, 辛岭. 中国农业现代化发展的时空特征与区域非均衡性[J]. *资源科学*, 2020(9): 1801-1815. DOI:10.18402/resci.2020.09.14.
AN X N, XIN L. The space-time characteristics and regional imbalance of China's agricultural modernization development [J]. *Resource Science*, 2020(9):1801-1815. DOI:10.18402/resci.2020.09.14.
- [37] 李满, 李世峰, 欧阳映鸿. 基于熵权法的涿鹿县现代农业发展水平评价分析[J]. *中国农业大学学报*, 2014(5): 236-243. DOI:10.11841/j.issn.1007-4333.2014.05.33.
LI M, LI S F, OU Y Y H. Evaluation and analysis of modern agriculture development level in Zhuolu County based on entropy weight method [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2014(5):236-243. DOI:10.11841/j.issn.1007-4333.2014.05.33.
- [38] 何雷华, 王凤, 王长明. 数字经济如何驱动中国乡村振兴? [J]. *经济问题探索*, 2022(4): 1-18.
HE L H, WANG F, WANG C M. How does the digital economy drive rural revitalization in China? [J]. *Exploration of Economic Issues*, 2022(4):1-18.
- [39] 陈卫洪, 王莹. 数字化赋能新型农业经营体系构建研究——“智农通”的实践与启示[J]. *农业经济问题*, 2022(9): 86-99. DOI: 10.13246/j.cnki.iae.2022.09.004.
CHEN W H, WANG Y. Research on the construction of a new digital enabling agricultural management system—the practice and enlightenment of "smart agriculture" [J]. *Agricultural Economic Issues*, 2022(9):86-99. DOI: 10.13246/j.cnki.iae.2022.09.004.
- [40] 王珏, 吕德胜. 数字经济能否促进黄河流域高质量发展——基于产业结构升级视角[J]. *西北大学学报*, 2022(6): 120-136. DOI: 10.16152/j.cnki.xdxbsk.2022-06-012.
WANG J, LYU D S. Can digital economy promote high-quality development in the Yellow River basin—based on the perspective of industrial structure upgrading [J]. *Journal of Northwest University*, 2022(6):120-136. DOI:10.16152/j.cnki.xdxbsk.2022-06-012.
- [41] 郭守亭, 张旺虎, 熊颖. 数字经济赋能城乡协调发展的实证研究[J]. *南京审计大学学报*, 2022(5): 81-89. DOI:10.3969/j.issn.1672-8750.2022.05.009.
GUO S T, ZHANG W H, XIONG Y. Empirical study on digital economy enabling urban rural coordinated development [J]. *Journal of Nanjing Audit University*, 2022(5):81-89. DOI:10.3969/j.issn.1672-8750.2022.05.009.
- [42] ZHAI H M, MAI S Y. Research on the development dilemma and countermeasures of rural digital economy under the background of rural revitalization [J]. *Journal of Business Theory and Practice*, 2022, 10(4):9-15. DOI:10.22158/JBTP.V10N4P9.
- [43] 罗光强, 王焕. 数字普惠金融对中国粮食主产区农业高质量发展的影响[J]. *经济纵横*, 2022(7): 107-117. DOI: 10.16528/j.cnki.22-1054/f.202207107.
LUO G Q, WANG H. The impact of digital inclusive finance on the high-quality development of agriculture in China's major grain producing regions [J]. *Economic Review*, 2022(7):107-117. DOI:10.16528/j.cnki.22-1054/f.202207107.
- [44] 肖静华. 企业跨体系数字化转型与管理适应性变革[J]. *改革*, 2020(4): 37-49.
XIAO J H. Enterprise cross system digital transformation and management adaptability change [J]. *Reform*, 2020(4):37-49.
- [45] 董明涛. 科技创新资源配置与农业现代化的协调发展关系[J]. *广东农业科学*, 2014,41(21): 197-203. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2014.21.041.
DONG M T. The coordinated development relationship between the allocation of scientific and technological innovation resources and agricultural modernization. [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2014, 41(21):197-203. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2014.21.041.