

农业数字化赋能农业新质生产力的效应研究

夏静怡¹, 王 蕾¹, 杨秀丽²

(1. 河海大学 商学院, 南京 211100; 2. 陕西中医药大学 人文与管理学院, 陕西 咸阳 712046)

摘 要: 在全面推进乡村振兴、加快建设农业强国的战略背景下,发展农业新质生产力成为推动农业现代化转型的关键路径。本研究在构建农业数字化和农业新质生产力指标体系的基础上,选取2012—2022年我国30个省市的面板数据,运用双向固定效应模型及门槛效应检验模型,系统分析了农业数字化进程对农业新质生产力的影响机理。研究发现,考察期内各省(市)的农业新质生产力和农业数字化发展水平呈现稳定增长的态势,说明相关政策效果明显,但从整体发展水平来看,两者仍处于相对偏低的阶段,东部地区的农业新质生产力和农业数字化发展水平呈现“双高”集聚状态且明显高于其他地区,反映出明显的地区不平衡现象。回归分析结果表明,我国农业数字化发展对农业新质生产力具有显著正向影响,且农业数字化发展环境、农业数字化基础设施、农业数字产业化三个维度对农业新质生产力的提高均有显著促进作用。人力资本结构及农村产业结构升级有利于农业新质生产力发展,而农村人口老龄化则相反,且这一结果通过稳健性检验。异质性分析表明,农业数字化对农业新质生产力的促进作用存在明显的区域差异,中部地区的影响强度显著高于东部和西部地区。门槛检验揭示,农业数字化对农业新质生产力的促进作用存在单一门槛效应,当农业数字化发展水平超过一定阈值后,其边际促进作用显著增强,表明农业数字化赋能农业新质生产力的效应随发展阶段提升而强化。据此,从深化农业数字化应用推广、克服农业与数字技术初期融合障碍、采取地域差异化战略等方面提出了相关对策建议。

关键词: 农业数字化; 农业新质生产力; 门槛效应; 区域异质性

中图分类号: F323.3

文献标志码: A

文章编号: 1004-3918(2026)01-0198-15

The Effects of Agricultural Digitalization Empowering Agricultural New Quality Productive Forces

XIA Jingyi¹, WANG Lei¹, YANG Xiuli²

(1. School of Business, Hohai University, Nanjing 211100, China;

2. School of Humanities and Management, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712046, Shaanxi China)

Abstract: Under the strategic background of comprehensively promoting rural revitalization and accelerating the construction of a strong agricultural country, the development of new quality productive forces in agriculture has become a key path to promote the transformation of agricultural modernization. Based on the establishment of the evaluation index system for agricultural digitalization and agricultural new quality productive forces, this study utilizes the panel data of 30 provinces and cities in China from 2012 to 2022 to systematically examine the impact mechanism of agricultural digitization on new quality productive forces in agriculture through bidirectional fixed-effect model and threshold regression analysis. The findings reveals that during the study period, the development

收稿日期: 2025-05-16

修回日期: 2025-10-09

接受日期: 2025-10-20

基金项目: 国家社会科学基金项目(24BGL202)

作者简介: 夏静怡(2003-),女,主要研究方向为乡村区域发展

通信作者: 王 蕾(1986-),女,副教授,博士,主要研究方向为农业经济、农村发展,Email: 20141924@hhu.edu.cn

引用格式: 夏静怡,王蕾,杨秀丽. 农业数字化赋能农业新质生产力的效应研究[J]. 河南科学, 2026, 44(1): 198-212.

Xia J Y, Wang L, Yang X L. The effects of agricultural digitalization empowering agricultural new quality productive forces[J]. Henan Science, 2026, 44(1): 198-212.

levels of agricultural new quality productive forces and agricultural digitization of each province (city) shows a with steady growth trend, indicating the evident policy effects. But the overall development levels of the two are still in a relatively low stage. Notably, the development levels of agricultural new quality productive forces and agricultural digitization in eastern regions demonstrate a “dual-high” agglomeration pattern and were significantly higher than those in other regions, reflecting obvious regional imbalance. Regression results indicate that the development of agricultural digitization in China has a significant positive impact on the agricultural new quality productive forces, and the three dimensions of agricultural digital development environment, agricultural digital infrastructure and agricultural digital industrialization have a significant role in promoting the improvement of agricultural new quality productive forces. The structure of human capital and the upgrading of rural industrial structure are conducive to the development of agricultural new quality productive forces, whereas the aging of the rural population has the opposite effect. These results pass robustness tests. Heterogeneity analysis indicates the promotion effect of agricultural digitization on agricultural new quality productive forces has obvious regional differences, and the influence intensity in central regions is significantly higher than that in eastern and western areas. Further threshold test reveals that there is a single-threshold characteristic on the promotion of agricultural new quality productive forces by agricultural digitization. When the development level of agricultural digitization exceeds a certain threshold, its marginal promotion effect is significantly increased, indicating that the effect of agricultural digitization on agricultural new quality productive forces is increased with the development stage. Accordingly, policy recommendations are proposed from the aspects of deepening the application and promotion of agricultural digitization, overcoming initial integration barriers between agriculture and digital technology, and implementing region-specific strategies.

Key words: agricultural digitization; agricultural new quality productive forces; threshold effect; regional heterogeneity

0 引言

2023年9月,习近平总书记首次提出“新质生产力”的概念,学者们围绕此概念展开了解读和拓展。一是关于农业新质生产力的内涵特征,高原和马俊杰^[1]从政治经济学的基本理论出发,梳理了生产力、新质生产力、农业新质生产力的发展脉络,阐明了农业新质生产力既包括物质层面的创新性再造维度也包括社会关系层面的新增价值维度;姜长云^[2]认为,农业新质生产力丰富的内涵体现在创新驱动、以人为本、绿色低碳、融合赋能、链网联动和强产兴农六个层面;张海鹏和王智晨^[3]在新时代我国农业经济发展的架构中,融入马克思主义的生产力理论观点,概括农业新质生产力的一般特征及特殊性,即既具有新质生产力一般特征,又兼具不平衡性、开发与保护的二重性、资源禀赋的先决性和创新主体多元性等特殊性。二是聚焦于农业新质生产力助力农业发展的研究,学者们关于农业新质生产力与农业发展的关系达成了共识,认为农业新质生产力凭借技术的突破性革新、生产要素的创新性整合以及产业结

构的深度调整与升级,驱动农业农村现代化进程,促进农业实现高质量发展^[4-5];乔均等^[6]认为,农业新质生产力对农业碳减排具有显著影响,成为农业低碳绿色转型的重要推动力。三是关于农业新质生产力的测度,多数学者基于马克思主义政治经济学的理论阐述,从生产力的三个核心要素——劳动者、劳动对象及劳动资料出发,对新形态的生产力进行综合评估^[7-9];叶振宇和徐鹏程^[10]则从新质生产力的核心内涵出发,从技术革命性飞跃、生产要素创新性整合、产业结构的角度,深度重塑三个维度构建指标体系;张凤兵和王会宗^[9]、朱迪和叶林祥^[11]借鉴了新质生产力的测度框架,将其纳入农业领域,以农业劳动者、农业劳动对象和农业劳动资料三个层面构建了农业新质生产力综合评估框架,进而对中国农业新质生产力的发展程度及其动态变迁特性进行了衡量与剖析;而一些学者则聚焦于科技、绿色、数字等三大核心领域^[12-13],从三大生产力变革视角构建新质生产力评价指标。如宋振江等^[14]从科技生产力、绿色生产力、数字生产力三个维度测算我国农业新质生产力的生态位宽度、重叠度以及障碍度。

在数字经济时代的驱动下,农业数字化愈来愈受到社会各界的关注。一些学者聚焦于农业数字化对农业发展的影响。研究发现,农业数字化转型借助技术革新、农业种植结构调整等,对推动农业绿色增长和粮食供应链转型起着关键作用^[15-16]。成德宁和黄诗琪^[17]从农业技术进步和农业技术效率两个方面对农村数字化影响农业全要素生产率的内在作用机制和路径进行理论分析。此外,学者对农业数字化水平测度也进行了探索。刘桢志和杨树果^[18]从乡村信息基础设施建设、乡村产业数字化、乡村服务数字化、乡村金融数字化四个维度构建乡村数字化指标体系。在此基础上,农业数字化发展环境、人才与技术资源、数字生态等维度也纳入到农业数字化评价指标体系之中^[19]。李平和汪果^[20]更加强调绿色发展理念,将农业数字化转型的绿色发展指标纳入指标体系之中,探讨农业数字化转型与农业碳减排之间的耦合协调发展机理。

尽管学者们深入解读和剖析了数字化和农业新质生产力的内涵,农业新质生产力与农业发展的关系以及数字化与农户发展的关系,为本研究奠定了理论基础并提供了思路借鉴,但仍存在以下不足:首先,现有研究讨论了农业数字化与农业发展的逻辑关系,未将农业数字化与农业新质生产力纳入同一个框架中进行量化分析;其次,学者研究了农业数字化某一维度对农业新质生产力的影响路径,缺乏农业数字化各维度对其影响机理的全面考察;不同省份之间数字要素资源水平存在显著差异,但鲜有学者就区域异质性展开讨论,同时关于农业数字化对农业新质生产力的门槛效应也未有探索。

鉴于此,基于2012—2022年省域面板数据,测度农业数字化和农业新质生产力水平的时空演变格局,实证检验农业数字化赋能农业新质生产力的作用路径及门槛效应,进一步验证是否存在区域差异。本文可能的边际贡献:一是构建农业新质生产力的评价指标体系,审视我国农业新质生产力的发展状况,为精准把握农业新质生产力的实际提供科学手段;二是运用多种实证分析方法揭示了农业数字化对农业新质生产力影响机理及区域差异,丰富了新质生产力的理论研究;三是研究结论为相关政策制定提供了事实依据,同时提出的政策启示为合理提升农业数字化水平,引导农业新质生产力形成提供政策制定的思路。

1 理论分析与研究假设

1.1 数字化发展环境赋能农业新质生产力

数字化的信息扩散机制助力培育高技能劳动力,显化劳动力价值,推动新型劳动主体的形成。大数据技术、物联网、区块链的应用与发展,打破了时空的局限性,极大提高了信息传播的广度和深度,为农业科技的传播和应用提供了便利条件^[1]。一方面,通过农业科研信息共享平台互动、项目合作等形式,不同地区、不同领域的农业科研人员可以接触到第一手的农业生产数据信息,与农业劳动者展开深入交流,加快农业科技的传播与应用,提高农业科技成果的转化效率。另一方面,农业劳动者可以通过社交媒体、论坛等在线平台展开社会学习,与农业专家进行远程的交流,获取最前沿的农业科技知识普及与技术指导,进而提高劳动者自主技能,推动新型高技能劳动主体的形成。新型农业劳动者可以利用数字化、网络化、智能化的新型农业生产设备,实现机械化、标准化、集约化的生产,提高劳动生产效率^[21]。同时,农业数字化发展环境的构建与信息扩散机制的优化,共同催生了农业生产智能化的实现。通过大数据、物联网及人工智能等技术的深度融合,推动了农业生产要素的高效配置与精准管理^[22]。这些不仅革新了传统农业生产模式,显著提升了生产效率与可持续性,还通过数据驱动的决策支持系统,实现了农业生产全过程的智能化管理与优化,进而助推新质劳动资料的形成^[23]。据此,提出假设1——农业数字化发展环境对农业新质生产力有正向影响。

1.2 数字基础设施赋能农业新质生产力

数字化的技术支撑机制有效缓解了生产资料约束,推动农业生产走向绿色化。随着化肥、农药等传统生产要素的投入强度不断加大,传统农业生产模式的资源环境负效应日益凸显,中国逐渐变成世界最大的农业排放国之一^[24]。习近平总书记在2023年全国生态环境保护大会上强调“建设绿色智慧的数字生态文明,加快数字化绿色化协同转型”,以绿色、高效为主导的先进生产理念成为推动传统农业转型的重要驱动力。数字技术推动了农业生产设备更新,相较于传统高污染、高排放的农业生产设备,新型智能化的生产设备可以有效保障农业资源的高效利用^[25]。智能农机的自动化功能在自动化播种、智能施肥、自动除草、智能灌溉、远程监控与管理等方

面减少了人力需求,提高了作业的一致性和准确性,减少了因人为因素导致的资源浪费,进一步促进减污降碳。据此,提出假设2——农业数字基础设施对农业新质生产力有正向影响。

1.3 数字产业化赋能农业新质生产力

农业数字化对农业新质生产力的作用机理见图1。数字化的数据驱动机制推动新型农业基础设施和科学技术进步,提高农业能源利用效率和产业链延伸。数字经济时代,除土地、劳动力、资本、技术等传统生产要素外,数据成为农业数字化转型的关键要素。农业数字化通过数字化基础设施建设、数字化资源共享平台建设等手段,推动数据要素的快速发展和创新,进而对农业生产的各个环节进行数据赋能,促进农业新质生产力的形成。首先,数据要素赋能农业生产^[1]。农业数字化助推农业生产主体利用大数据系统进行科学分析,准确灵活地制定生产决策计划,降低农业资源成本,提高农业生产效率^[26]。数字农业的精准控制,有利于限制农业生产要素的过度投入,循环利用可再生农业资源,减少农业碳排放。例如,数字技术能精确管控水资源和化肥的使用,而智能堆肥系统等技术进一步提高了可再生农业资源的利用率。其次,数据要素赋能农业全产业链。农产品从生产至销售的全链条数字化转型,增强了农产品供应链在追踪精度与数据管理方面的能力,提高了消费者对农产品的信任度,形成农产品的市场竞争力。据此,提出假设3——农业数字产业化对农业新质生产力有正向影响。

综合上述讨论,提出假设4——农业数字化对农业新质生产力有显著促进作用。

2 研究设计

2.1 数据来源

选取2012—2022年我国30个省市(由于所选时间范围内个别省份的农业数字化指标数据缺失较多,仅使用30个省域的数据)面板数据作为研究样本,数据来源于《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国人口就业统计年鉴》《中国能源统计年鉴》等,以及国家统计局的公开数据和统计报告数据,少数缺失数据利用插值法推算补足。

2.2 变量选取

2.2.1 被解释变量

被解释变量为农业新质生产力。根据新质生产力的内涵^[27],并借鉴目前已有的关于新质生产力指标体系构建的研究^[7],分别从新质劳动者、新质劳动对象以及新质劳动资料三个维度,构建中国农业新质生产力综合评价指标体系。在此过程中,采用熵值法确定各项指标的具体权重,具体指标说明及权重见表1。

第一,新质劳动者。新型农业劳动者具备高知、高技能和高价值型的特征。考虑到数据的可获得性,从知识技能、劳动价值以及人才损失三个维度衡量新质劳动者,构成“能力-产出-可持续性”的完整逻辑链。用农村居民平均受教育程度、成人技术培训比例和人才结构三个指标衡量劳动者知识技能,其中农村居民平均受教育程度指标参考李盛竹等^[16]的研究,对于不同文化水平的人群赋予相应比例的权重测算得出。劳动者的经济价值用劳动生产率衡量技术效率,收入水平衡量经济效益,两者结合可全

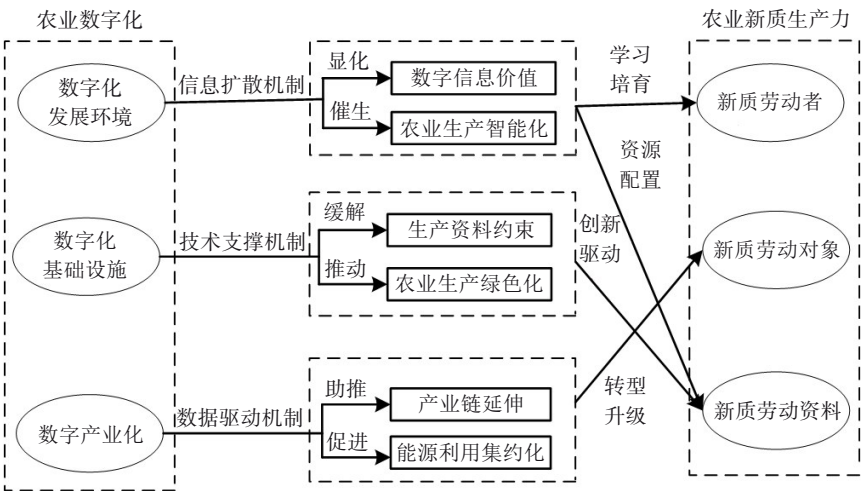


图1 农业数字化赋能农业新质生产力的作用机理图

Fig.1 Diagram of the action mechanism

表1 农业新质生产力的指标体系

Tab.1 Comprehensive evaluation index system of agricultural new quality productive forces					
一级指标	二级指标	三级指标	指标释义	指标属性	权重
新质劳动者	劳动者知识与技能	农村居民平均受教育程度	(未上过学人数×1+小学学历人数×6+初中学历人数×9+高中和中专学历人数×12+大专及以上学历人数×16)与农村6岁以上总人口之比	正向	0.009
		农村成人技术培训比例	成人文化技术培训学校结业生人数与乡村人口之比	正向	0.021
		农业人才结构	从事农业生产的大学生与农业从业人员之比	正向	0.046
	劳动者价值	劳动生产率	农林牧渔业总产值与第一产业人数之比	正向	0.035
		农民收入水平	居民人均可支配收入	正向	0.034
	农业人才损失	劳动力外流	常年外出劳动力与劳动人口数之比	负向	0.010
新质劳动对象	生产现代化	农业机械化水平	机械化总动力	正向	0.062
		农业战略性新兴产业占比	战略性新兴产业产值与农林牧副渔生产总产值之比	正向	0.037
	绿色发展	农业碳生产率	农林牧渔业总产值与农业碳排放总量之比	正向	0.097
		高标准农田建设	高标准农田建设面积	正向	0.037
新质劳动资料	基础设施	农村道路建设	公路里程与人口之比	正向	0.068
		农田水利设施建设	可灌溉面积	正向	0.060
		农业气象观测业务	气象观测站	正向	0.025
	能源消耗	非可再生能源消耗率	非可再生能源消耗量与农业总产值之比	负向	0.006
		农村能源密度	农林牧渔业用电量与农村人口数之比	正向	0.066
	科技成果	农业研发经费投入	R&D 经费内部支出×(农林牧渔业总产值/地区生产总值)	正向	0.162
		农业人均专利	农业专利授权数量与农村总人口之比	正向	0.162
		农业科技应用推广	土地产出率	正向	0.065

面反映劳动者“能力-回报”的闭环,因而采用劳动生产率和农民收入衡量劳动者价值。借鉴人力资本流失理论^[28],用劳动力外流衡量人才损失。

第二,新质劳动对象。在前沿科技创新和生产要素更新迭代的双重驱动下,农业新质劳动对象的边界逐渐拓展,在传统劳动对象的基础上,增加了对农业生产要素的高效利用和环境友好型管理,本文以生产现代化和绿色发展来衡量,二者共同构成“效率-可持续”的协同框架。选用农业机械化水平和战略性新兴产业占比两项指标表征生产现代化,反映技术进步和产业结构升级,直接驱动生产效率提升。碳生产率衡量经济增长与碳排放的脱钩程度,是绿色发展的核心指标^[29]。而高标准农田是通过土地整治和信息化基础设施建设所构建的,具备地块集中、设施配套、高产稳产、抗灾能力强等特点的农田,高标准农田建设面积的占比反映了生产信息化在农业耕地领域的应用。因此,选用农业碳生产率和高标准农田建设两项指标衡量绿色发展,体现资源利用效率和生态友好性,确保农业可持续发展。

第三,新质劳动资料。选用基础设施和能源消耗表征物质劳动资料,无形劳动资料以农业科技成果表示。用农村道路建设、农田水利设施建设和农

业气象观测业务三项指标表征基础设施建设。用非可再生能源消耗率和农村能源密度表征能源消耗,其中农村能源密度,即农村人均用电量,可作为衡量农业生产可再生能源利用的一个指标,从而表征总体能源消耗。目前我国处于农业高质量发展的转型阶段,人均用电量提高意味着农村电气化水平的提高,从而将人均用电量定义为正向。用农业研发经费投入、农业人均专利和农业科技应用推广三项指标表征科技成果,其中农业科技应用推广以农村土地产出率衡量,即第一产业的增加值与农作物播种面积的比值,体现农业的科技应用对农业生产经济效益的影响。

2.2.2 解释变量

本文的核心解释变量为农业数字化。参考已有的相关研究^[30],从农业数字化发展环境、农业数字化基础设施以及农业数字产业化三个维度,构建农业数字化的指标体系,三者形成“环境-设施-产业”的递进逻辑链。

农业数字化发展环境维度。在数字化浪潮的推动下,农业数字化的发展环境彰显了国家在资金等方面的外部支持力度。本文选用农业农村信息化财政投资和社会数字产业固定投资两项指标,从单一

政府农业部门以及社会投资角度全面反映数字化发展环境。

农业数字化基础设施维度。农业数字化基础设施是现代化数字技术及其外延各类产品、体系、平台和服务的总称,反映了农村居民的信息可及性和参与程度,是推动农业数字化转型的先决条件和技术支撑。本文选用农村互联网普及率、光缆线路覆盖率、农村移动电话普及率、传统基础设施数字化改造四项指标表征数字化基础设施。

农业数字产业化维度。农业数字产业化是将传统农业转变为以数据驱动、技术创新和产业协同为特征的新型农业经济形态。本文选用农业生产信息化应用、农业农村数字基地、农村网络支付水平三项指标表征农业数字产业化,分别从生产端、流通端、服务端三个方面量化农业数字产业化。具体指标及指标释义见表2。

2.2.3 控制变量

为尽可能地缓解遗漏变量导致的偏误,参考文献[31-32],选取以下因素作为控制变量:①人口老龄化用农村总人口中老年人(65岁及以上)所占的比例作为指标。②人力资本结构参考刘智勇等^[33]的测算方法,依据受教育水平,将人力资本划分为文盲半文盲、小学、初中、高中(含中专)、大专以上(包

括专科、本科、研究生)5个层级,将各层级人力资本的比重依次作为空间向量的一个分量,进而构建出一组五维人力资本空间向量,选择基本单位向量组作为参照,计算该人力资本空间向量与基准向量之间的夹角。③农村居民的恩格尔系数。④农村产业结构用农业总产值占农林牧渔业总产值的比例表示。

表3展示了各具体变量的描述性统计概况。由表3可知,我国农业新质生产力和农业数字化整体发展水平偏低。从控制变量看,各省市的农村人力资本结构总体差异性不大,农村人力资本结构指数普遍偏低,受各省市经济发展水平、生育政策等因素的影响,农村产业结构、农村人口老龄化和农村居民恩格尔系数的组内差异较大。

2.3 模型构建

2.3.1 基准回归模型

参考李盛竹等^[16]的方法,运用双向固定效应回归模型进行参数估算。模型如下:

$$Anqp_{it} = \alpha + \beta_1 Dig_{it} + \sum_k \beta_k Ctrl_{ikt} + Pro_i + Year_t + \varepsilon_{it}, (1)$$

式中: i 代表省(市); t 代表年份; $Anqp_{it}$ 表示 i 省(市) t 年的农业新质生产力水平; Dig_{it} 表示 i 省(市) t 年的农业数字化水平; $Ctrl_{ikt}$ 表示控制变量组; α 为常

表2 农业数字化指标体系
Tab.2 Evaluation index system of agricultural digitization

一级指标	二级指标	指标释义	指标属性	权重
农业数字化发展环境	农业农村信息化财政投资	财政投入金额与地方财政一般预算支出之比	正向	0.080
	社会数字产业固定资产投资	信息传输计算机服务和软件业固定资产投资	正向	0.074
农业数字化基础设施	农村互联网普及率	地区网民数量与地区人口之比	正向	0.101
	光缆线路覆盖率	光缆线路的长度	正向	0.071
	农村移动电话普及率	百户年末移动电话拥有量	正向	0.015
	传统基础设施数字化改造	智慧水利建设投资金额	正向	0.132
农业数字产业化	农业农村数字基地	淘宝村数	正向	0.428
	农村网络支付水平	数字普惠金融指数	正向	0.023
	农业生产信息化应用	高标准农田建设面积与耕地面积之比	正向	0.075

表3 描述性统计
Tab.3 Descriptive statistics

变量类别	变量名称	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	农业新质生产力	0.197	0.078	0.056	0.492
核心解释变量	农业数字化	0.147	0.119	0.018	0.851
控制变量	人力资本结构	18.307	0.723	16.958	20.965
	人口老龄化	15.961	4.415	8.75	28.77
	农村产业结构	0.528	0.084	0.363	0.719
	居民恩格尔系数	33.096	4.959	23.8	50.9

数项; Pro_i 表示*i*省(市)的固定效应; $Year_t$ 表示时间固定效应; ε_{it} 为随机扰动项; β_1 和 β_k 为待估计参数。

2.3.2 门槛效应模型

参考 Hansen^[34]的方法,针对本文的计量模型,设定单一门槛回归模型如下:

$$Anqp_{it} = \alpha + \eta_1 Dig_{it} I(\varphi_{it} \leq \tau_1) + \eta_2 Dig_{it} I(\varphi_{it} > \tau_1) + \sum_k \beta_k Ctrl_{ikt} + Pro_i + Year_t + \varepsilon_{it}, \quad (2)$$

式中: φ_{it} 为门槛变量; τ_1 为门槛值; $I(\cdot)$ 为示性函数; η_1 和 η_2 为待估计系数;其余指标含义同式(1)。

3 结果与分析

3.1 农业新质生产力与农业数字化发展水平分析

3.1.1 总体水平分析

1)差异分析。现有研究多聚焦于农业数字化和农业新质生产力各自单一维度的变化趋势分析。本文基于省域的农业数字化和农业新质生产力的协同性研究,进一步揭示了数字化与新质生产力协同不足的关键瓶颈。图2显示了考察期内我国30个省(市)农业数字化以及农业新质生产力水平的年平均值的分布情况。就整体发展态势而言,各省(市)的农业数字化及农业新质生产力平均水平普遍不高,均未达到0.45,表明各地农业数字化进程与农业新质生产力的发展尚不充分,尚存在较大的增长潜力和提升空间。从具体分布情况来看,上海、北京、广东、山东、江苏、河北、浙江、福建等多个东部省(市)以及中部地区的安徽、河南农业数字化和农业新质生产力水平发展指数高于全国平均水平,具有明显“高-高”组合特点,西部地区的四川、新疆、陕西的农业数字化水平和农业新质生产力发展水平均偏低,且后者均高于前者,这一特点在新疆地区尤为明显,

可能由新疆农业的规模效率较高导致,而东北地区除黑龙江外,其余省份的农业新质生产力及农业数字化发展水平普遍较低。总体来看,多地表现出农业数字化进程落后于其新质生产力水平的共同特征。

2)农业数字化与农业新质生产力发展趋势分析。由图3可知,2012—2022年各省(市)农业数字化和农业新质生产力总体水平呈稳步提升态势,农业新质生产力指数明显高于农业数字化指数,但二者的差距正在逐年缩小。近年来,农业政策聚焦以信息化驱动引领农业农村现代化,持续提升农村网络基础设施供给能力,加快推进涉农数据资源集成共享,强化确保农业生产的数字化支撑,因此农业数字化在农业发展中资源升级及整合方面的作用逐渐凸显。

3.1.2 农业新质生产力水平时空演化分析

为了更加直观地反映各省(市)间农业新质生产力的时空差异,绘制各地不同年份的新质生产力水平地理分布图(图4),其中港澳台、西藏地区为非研究区域。

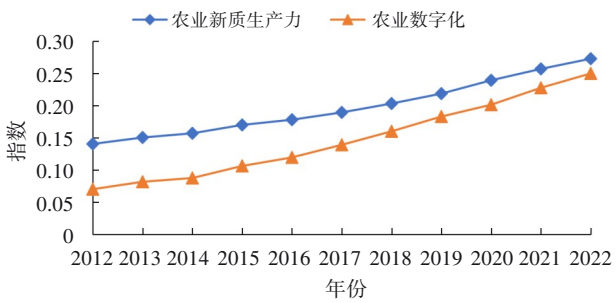


图3 2012—2022年我国农业数字化及农业新质生产力指数变化趋势

Fig.3 The change trend of development index for agricultural digitization and agricultural new quality productive forces in China from 2012 to 2022

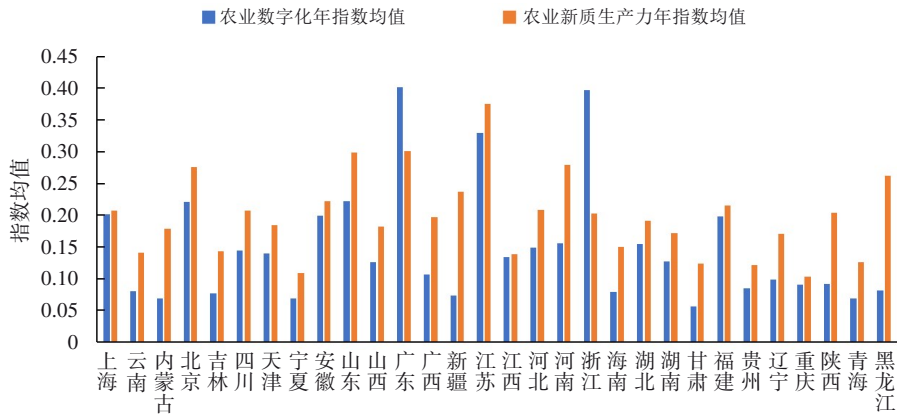
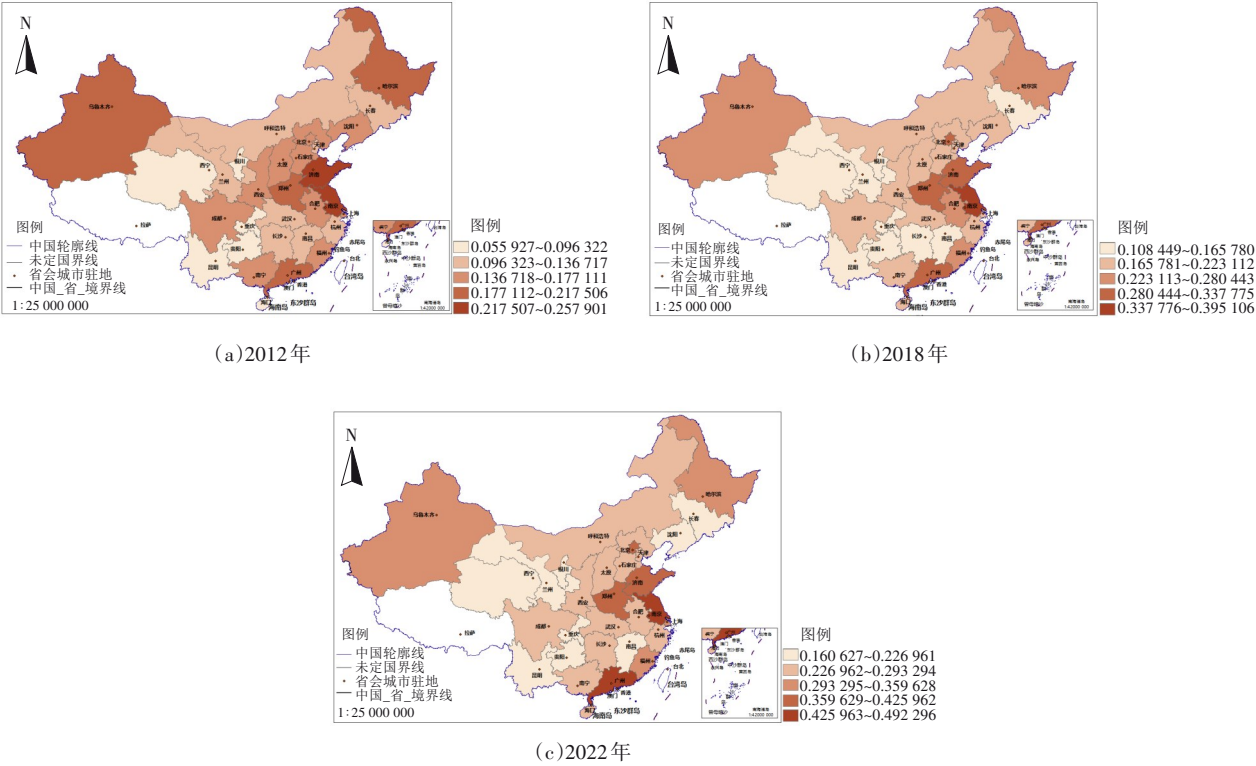


图2 农业数字化与农业新质生产力发展指数均值

Fig.2 The average value of development index for agricultural digitization and agricultural new quality productive forces



注:本图基于自然资源部标准地图服务网站审图号 GS(2024)0650 号绘制,底图边界无修改。

图4 2012、2018、2022年农业新质生产力发展水平时空演化

Fig.4 Spatiotemporal evolution of the development level of agricultural new quality productive forces in 2012,2018,and 2022

2012年发布的中央一号文件着重指出了农业科技在农业发展中的核心地位,并明确要求不断加大农业科技领域的投入力度,以确保投入的总量和占比均能实现增长。由于政策从实施到对农业新质生产力产生显著影响存在一定的时间滞后,2012年的政策需要经过一段时间的落地与渗透,才能在农业生产各环节显现出推动农业新质生产力发展的效果。经过六年的政策实施与推进,2018年该政策对农业新质生产力发展的作用逐步显现,因此选择2018年的农业新质生产力发展水平评价2012年的政策效果。

2018年为我国的“农业质量年”,且乡村振兴战略开始全面部署实施,这一系列政策举措对农业新质生产力的发展具有重要意义。同样考虑到政策效果显现的时间滞后性,2018年的这些政策需要一定时间才能充分作用于农业生产的各方面,进而体现在农业新质生产力的发展水平上。经过四年的政策推行,到2022年,2018年的政策对农业新质生产力发展的影响力已较为明显,所以选用2022年的农业新质生产力发展水平评价2018年政策的影响力。

经过2013—2018年国家连续六年对农业发展

的改革,农业新质生产力水平发生了显著变化。2012年全国仅江苏的农业新质生产力水平达0.25,到2018年全国已有6个省份的农业新质生产力水平达0.25,说明我国农业政策在实施初期取得了显著效果。2018年,随着“农业质量年”的确立以及乡村振兴战略的实施,各地全力推动农业在绿色生态、品质提升、特色发展以及品牌建设等多个维度上的全面提升,农业新质生产力水平的提升速度明显增加。相较于2012—2018年,2019—2022年农业新质生产力水平在全国范围内都有了明显提升,上海和广东的农业新质生产力水平提高较大,除此之外,江苏、河北等地的农业新质生产力水平有一定的提升,可见随着时间的推移,政策效应不断放大。

农业新质生产力水平呈现明显的区域特点,东南沿海地区的农业新质生产力水平显著高于全国平均水平,西部地区低于全国平均水平,且近年来东部地区的农业新质生产力水平的提升速度高于中部和西部地区。

3.1.3 农业数字化水平时空演化分析

2012—2022年,农业数字化的各维度指标指数均以稳定的速度在增长,其中农业数字化发展环境

与农业数字化基础设施发展水平指数远远高于农业数字产业化指数(图5)。农业数字化发展环境指数由2012年的0.149增长到2022年的0.315,年均增长7.03%;农业数字化基础设施发展指数由2012年的0.104增长到2022年的0.351,年均增长11.71%。2016—2020年,在“十三五”规划期间,农业数字化基础设施得到全方位的改善,为农业数字化的提升提供了坚实的基础。因此,自2017年以后,农业数字化基础设施超越农业数字化发展环境,成为推动农业数字化水平提高的主导因素。

为更直观地反映各省(市)间农业数字化的时空差异,绘制各省(市)不同年份的农业数字化地理分布图(图6),其中港澳台、西藏地区为非研究区域。在政策时间节点的选取上,2012年中央一号文件首次明确提出全面推进农业农村信息化的重要性及发展方向,这一政策为农业数字化发展奠定了早期基础。考虑到政策从发布到落地实施并显现效果需要一定周期,经过八年的持续推进与改革,农业信息化建设已积累了阶段性成果,而2019年《数字农业农村发展规划(2019—2025年)》的出台恰好形成了政策节点的衔接,因此选取2019年的农业数字化发展

情况,能够较为全面地评价2012年农业信息化政策的长期实施效应。

对于2019年政策的影响评估,由于《数字农业农村发展规划(2019—2025年)》作为新时期的指导性文件,其政策效应在短期内逐步释放,到2022年已历经三年的实践推进,农业数字化在技术应用、基础设施建设等方面的变化已较为显著,此时的发展情况能够有效反映2019年政策实施后的中期效果,故选取2022年的农业数字化发展情况进行探究。

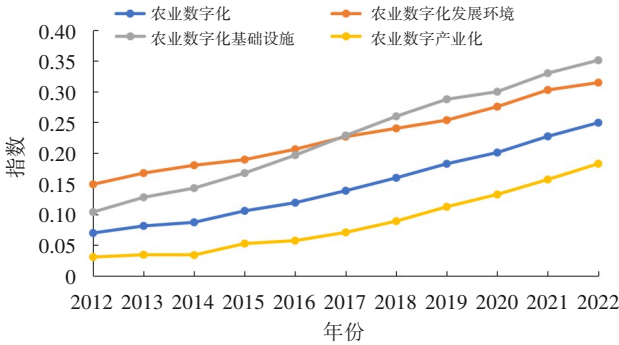
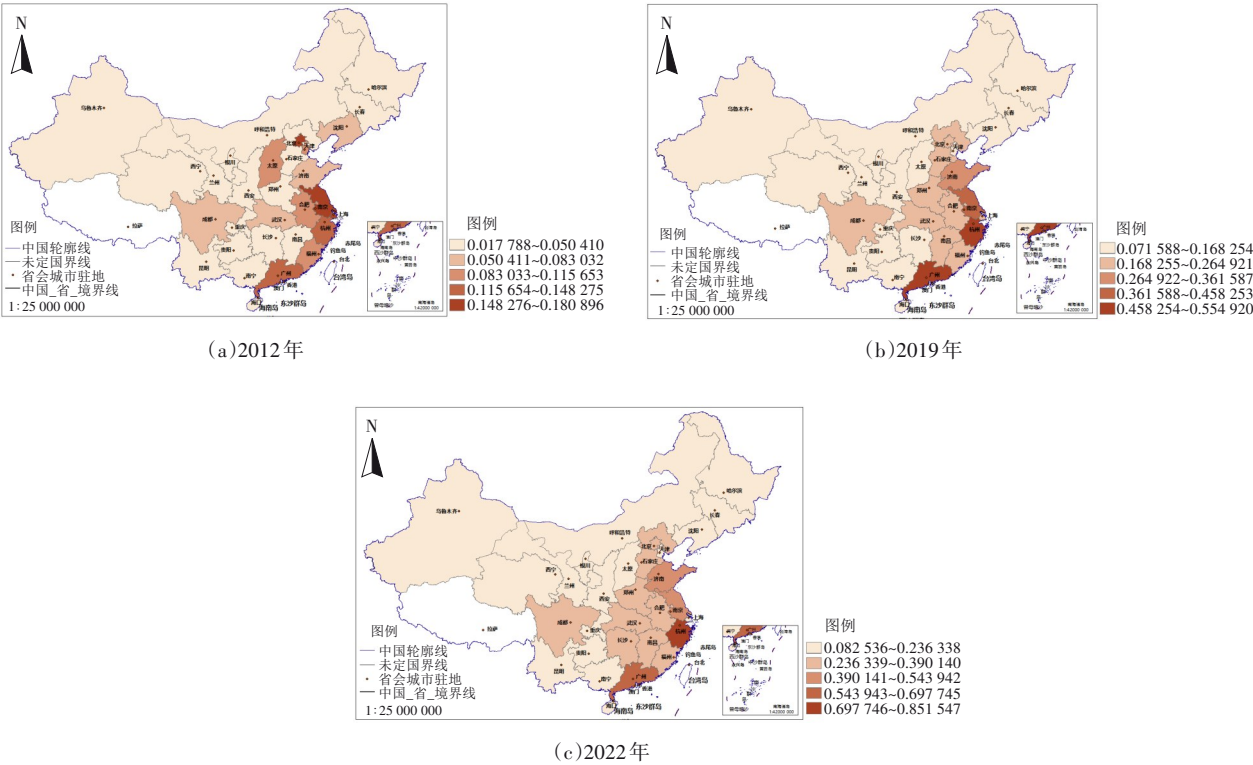


图5 2012—2022年农业数字化及各维度水平变化趋势
Fig.5 Trend chart of agricultural digitization and the level of each dimension from 2012 to 2022



注:本图基于自然资源部标准地图服务网站审图号 GS(2024)0650 号绘制,底图边界无修改。

图6 2012、2019、2022年农业数字化发展水平空间演化

Fig.6 Spatial evolution of the development level of agricultural digitization in 2012, 2019 and 2022

经过2012—2019年对农业数字化发展的改革,农业数字化水平发生了显著变化。2012年,全国仅上海、北京和江苏的农业数字化水平达0.15,但到2019年全国已有多个省(市)的农业数字化水平达0.15,其中广东和浙江的农业数字化水平达0.5以上。随着农业数字化转型的深化,各省(市)农业数字化水平的提升速度逐渐放缓,相较于2012—2019年,2020—2022年全国大部分地区农业数字化水平提升放缓,吉林甚至出现了轻微的倒退。出现这种现象可能的原因是,吉林社会数字产业固定资产投资在2019—2022年有所减少,且与发达地区相比,吉林在农业大数据平台的研究与建设上处于落后状态,涉农数据来源混乱,数据信息采集、分析的利用率较低,导致数据资源整合和共享存在问题,农业数字化水平没有得到较大改善。可见,随着时间的推移,政策效应有所减弱。

3.2 多重共线性检验

为防止回归模型中多个变量之间的多重共线性影响估计结果的可靠性,采用方差膨胀因子(VIF)考

察变量间的共线性问题,结果见表4。检验结果表明,各变量的方差膨胀因子远小于10。因此认为多重共线性不存在。

表4 共线性检验

Tab.4 Collinearity test

变量	VIF	1/VIF
农业数字化	1.30	0.772
人力资本结构	1.23	0.810
人口老龄化程度	1.20	0.832
农村产业结构	1.10	0.907
农村居民恩格尔系数	1.07	0.931

3.3 基准回归分析

表5为农业数字化对农业新质生产力的回归结果。

由表5可见,模型(1)未添加任何控制变量,模型(2)在模型(1)的基础上添加了控制变量,模型(3)则进一步纳入了个体和时间效应作为控制变量。观察表5可知,从模型(1)到模型(3),农业数字化的回

表5 基准回归结果

Tab.5 Results of benchmark regression

变量	模型					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
农业数字化	0.470*** (0.025)	0.413*** (0.026)	0.152*** (0.015)			
农业数字化发展环境				0.088*** (0.013)		
农业数字化基础设施					0.158*** (0.016)	
农业数字产业化						0.101*** (0.012)
人力资本结构		0.021*** (0.004)	0.020*** (0.005)	0.025*** (0.006)	0.026*** (0.006)	0.017** (0.006)
人口老龄化		0.003*** (0.001)	-0.002*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.002** (0.001)
农村产业结构		0.151*** (0.034)	0.079** (0.039)	0.112** (0.043)	0.059 (0.040)	0.068* (0.041)
农村居民恩格尔系数		-0.002** (0.001)	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)	0.001 (0.001)	-0.000 (0.001)
常数项	0.128*** (0.005)	-0.324*** (0.086)	-0.285** (0.111)	-0.421*** (0.123)	-0.428*** (0.114)	-0.185 (0.116)
样本/个	330	330	330	330	330	330
控制变量	无	有	有	有	有	有
年份固定效应	未控制	未控制	控制	控制	控制	控制
个体固定效应	未控制	未控制	控制	控制	控制	控制
R ²	0.522	0.627	0.975	0.970	0.974	0.972

注:①*、**和***分别表示在10%、5%和1%的置信水平上显著。②括号内数据为标准误。

归系数呈现逐步下降趋势,且始终保持显著正相关。同时, R^2 显著提升,标准误也明显减小,表明通过逐步引入控制变量,有效降低了遗漏变量可能带来的偏差影响,双向固定效应模型具有更优的估计效果和拟合优度。由模型(3)的结果可知,农业数字化对农业新质生产力的边际效应为0.152,且在1%的统计水平上显著,意味着农业数字化每增加一个单位,农业新质生产力将平均增加0.152个单位,表明农业数字化对农业新质生产力的发展起着积极的推动作用。据此,假设4得到验证。

模型(4)~(6)表示在控制了相关控制变量以及个体、时间效应后,农业数字化发展环境、农业数字化基础设施以及农业数字产业化三者分别对农业新质生产力的影响。农业数字化发展环境、农业数字化基础设施以及农业数字产业化的估计系数均为正值,且均在1%的显著性水平下通过了统计检验,表明农业数字化发展环境、农业数字化基础设施以及农业数字产业化分别对农业新质生产力有显著正向影响。据此,假设1、2、3得到验证。即当农业数字化发展环境、农业数字化基础设施以及农业数字产业化每增加一个单位,农业新质生产力将分别平均增加0.088、0.158、0.101个单位。

从控制变量的角度来看,模型(1)~(6)中人力资本结构的估计系数均显著且为正,造成这一现象可能的原因是,农业新质生产力发展需要匹配新型的劳动主体,而更高级化的农村人力资本结构,使得新

型的劳动主体不仅具备较高的受教育水平,更体现出高技能型和高劳动价值型的特征,对先进技术接受度更高、适应性强,能够促进新质生产力支撑农业发展的潜能释放。人口老龄化的估计系数在模型(2)~(6)中均显著且为负,导致这一现象可能的原因一是农村人口老龄化加剧,导致农村年轻劳动力短缺,二是老年农民对先进的农业科技接受和使用存在障碍,从而直接影响了农业劳动生产率和农民收入水平。恩格尔系数在模型(3)和模型(6)中的估计系数很小且不显著,可能的原因有农业新质生产力具有多维性,农村居民恩格尔系数主要反映的是食品消费支出占总消费支出的比例,主要适用于收入水平较低时的情况,随着收入水平的提高,恩格尔系数的解释力会下降。农村产业结构的估计系数在模型(2)、(3)、(4)和(6)中均显著且为正,可能的原因是农业总产值占农林牧渔业总产值的比例较高,意味着国家对农业在资源集中度、政策支持度以及劳动力投入等方面给予高度重视和支持,从而促进农业新质生产力的发展。而在模型(5)中,农村产业结构的估计系数则不显著,可能的原因是农业总产值占农林牧渔业总产值的比例主要反映了农业数字化的经济效益,从而为国家政策的制定和资源配置提供支持,并不能直接促进农业新质生产力的发展。

3.4 稳健性检验

为了验证基准回归结果的稳定性和可信度,采取两种方法执行稳健性检验(表6)。一是利用不同

表6 稳健性检验结果				
Tab.6 Results of robustness test				
变量	分位数回归模型			缩尾处理
	(7)	(8)	(9)	(10)
农业数字化	0.135*** (0.015)	0.205*** (0.025)	0.203*** (0.012)	0.164*** (0.016)
人力资本结构	0.010* (0.006)	0.010 (0.010)	0.001 (0.005)	0.019*** (0.005)
人口老龄化	-0.002** (0.001)	-0.003** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.002*** (0.001)
农村产业结构	0.066 (0.040)	0.073 (0.068)	0.027 (0.033)	0.067* 0.038
农村居民恩格尔系数	0.000 (0.001)	0.001 (0.001)	0.000 (0.000)	0.000 0.000
常数项	-0.125 (0.114)	-0.112 (0.194)	0.167* (0.094)	-0.257** (0.109)
样本/个	330	330	330	330
R^2	0.849	0.854	0.885	0.976

注:①*、**和***分别表示在10%、5%和1%的置信水平上显著。②括号内数字为标准误。

的分位数回归模型执行稳健性测试。鉴于分位数回归无需预设模型分布,能够有效抵御异常值对参数估计的潜在干扰,故选用其作为稳健性检验的方法。二是缩尾处理。对样本数据进行1%及99%水平上的双侧极端值截断,旨在削弱潜在极端数值对分析结果的干扰影响,增强基准回归结果的稳定性。

检验结果表明,模型(7)~(9)分别报告了农业数字化在0.25分位、0.5分位及0.75分位点上,对我国农业新质生产力的影响状况(表6)。由表可见,农业数字化估计系数的大小和方向与基准回归结果几乎一致,且仍在1%的水平上显著,该结果进一步支持农业数字化对农业新质生产力的促进作用。经过缩尾调整后的模型(10)结果表明,在缩尾处理之下,农业数字化的估算系数为0.164,且在1%的统计显著性水平上显著,这一发现再次证实了农业数字化对推动农业新质生产力增长具有积极作用。

3.5 门槛效应分析

我国农村数字经济的发展并非一蹴而就,农业数字化对农业新质生产力的影响可能会随着农业数字化水平处于不同区间而呈现不同的特点。因此,在Hansen^[34]的研究框架下,对模型中存在的门槛效应进行了检验。以农业数字化作为门槛变量,对单一门槛、双重门槛和三重门槛模型进行估计。结果显示,门槛变量仅通过单一门槛效应,且在1%显著性水平下显著(表7)。因此,将基于单一门槛模型进行分析。

表7 门槛效应检验结果

Tab.7 Test results of threshold effect

模型	F 统计值	p 值	临界值		
			10%	5%	1%
单一门槛	65.06	0.001	26.460	31.793	44.518
双重门槛	16.79	0.254	23.308	27.642	34.634
三重门槛	15.71	0.406	33.597	41.629	58.822

注:控制变量已控制;年份和时间效应均已固定。

根据表8和表9的回归结果,在农业数字化水平临界值≤0.202时,农业数字化对农业新质生产力有负向影响,且不显著;当农业数字化水平>0.202时,农业数字化对农业新质生产力的影响系数提高至0.101,且在1%统计意义上显著。这表明,随着农业数字化水平阈值区间的提高,农业数字化对农业新质生产力的影响呈现先缩小后扩大的U型关系。

表8 门槛回归结果

Tab.8 Results of threshold regression

变量名称	门槛效应
人力资本结构	0.0125** (0.005)
人口老龄化	-0.003*** (0.000)
农村产业结构	0.097*** (0.036)
农村居民恩格尔系数	0.001 (0.000)
农业数字化≤0.202	-0.013 (0.025)
农业数字化>0.202	0.101*** (0.015)
常数项	-0.105 (0.095)
观测值R ²	330 0.938

注:①*、**和***分别表示在10%、5%和1%的置信水平上显著。②括号内数据为标准误。

表9 单一门槛估计值及95%置信区

Tab.9 Single threshold estimate and 95% confidence interval

门槛估计值	95% 置信区间
0.202	[0.201, 0.204]

3.6 区域异质性分析

为进一步探究农业数字化对农业新质生产力的影响在不同地理区域上的异质性,参考朱迪和叶林祥^[11]的研究,将样本划分为东部、中部、西部和东北部地区,采用固定效应模型进行区域异质性检验(表10)。对于东部、中部、西部地区,农业数字化对农业新质生产力均有显著的正向影响。在显著性方面,中部地区通过1%的显著性水平,东部和西部地区则均通过5%的显著性水平,而东北部地区却不显著。从影响力大小看,农业数字化对农业新质生产力的影响呈中部>西部>东部>东北部的态势。

造成东、中、西部以及东北部地区的影响力差异可能的原因是东北部地区在农业数字化基础设施、农业科技人才储备以及政策支持等方面有所欠缺,使得农业数字化发展仍处于起步阶段,与农业生产的融合度低,尚未到达发挥显著作用的阈值;中部地区是我国重要的粮食生产基地和制造业基地,拥有丰富的自然资源和完整的产业体系,为农业数字化提供了物质基础和支撑。中部地区在科技创新方面有显著的进展,着力打造“中原农谷”、种业“硅谷”、有机旱作农业区等农业创新示范区,有效提升了农业数字化水平阈值,进一步助力农业新质生产力的发展。

表 10 区域异质性检验结果

Tab.10 The results of the regional heterogeneity test

变量	东部	中部	西部	东北
农业数字化	0.062** (0.025)	0.388*** (0.061)	0.222** (0.094)	0.293 (0.233)
人力资本结构	0.021 (0.013)	0.006 (0.014)	0.000 (0.006)	0.001 (0.018)
人口老龄化	-0.003** (0.001)	0.002 (0.002)	-0.002 (0.001)	-0.008** (0.003)
农村产业结构	0.056 (0.094)	0.044 (0.071)	-0.019 (0.057)	-0.030 (0.111)
农村居民 恩格尔系数	-0.002 (0.001)	0.001 (0.001)	0.000 (0.001)	0.001 (0.002)
常数项	-0.209 (0.260)	-0.073 (0.263)	0.093 (0.120)	0.138 (0.371)
样本/个	110	66	121	33
R ²	0.973	0.987	0.976	0.992

注:①*、**和***分别表示在 10%、5% 和 1% 的置信水平上显著。②括号内数据为标准误。

4 结论与建议

4.1 结论

1)整体来看,2012—2022年我国各省(市)的农业新质生产力和农业数字化发展的平均水平均偏低。农业新质生产力和农业数字化发展的政策效果较为明显,且随着国家农业政策的推进,农业新质生产力和农业数字化发展水平呈现明显的提升和区域分化,东南沿海省份出现“双高”水平聚合状态。

2)农业数字化对农业新质生产力的发展具有显著的正向影响,同时农业数字化的三个维度对农业新质生产力水平均有显著促进作用,并且在经过一系列稳健性检验后,结论仍然成立。在控制变量中,人力资本结构以及农村产业结构升级是农业新质生产力发展的重要推动力,而我国农村人口老龄化的加剧是农业新质生产力提升的阻碍因素,农村居民恩格尔系数对农业新质生产力影响不显著。

3)农业数字化促进农业新质生产力发展时存在单门槛效应,门槛值为0.202。当农业数字化指数超过该门槛值时,农业数字化对农业新质生产力的发展具有更显著的正向影响。农业数字化对农业新质生产力发展的促进作用存在明显的区域异质性,影响强度呈中部>西部>东部的态势。

4.2 建议

1)加大农业数字化基础设施建设,为农业新质生产力的提升奠定物质基础。目前,数字农业需要

创新投资融资机制,国家可鼓励多元化主体参与建设,创新农业农村基础设施投资融资机制,推动政府投资和金融社会资本联动投入,形成投资合力。

2)深度挖掘农业数字化潜力,克服农业发展与数字技术融合初期阶段的门槛障碍。采取多元化策略,助力农业数字化跨越其发展门槛。例如,建立与农业新质生产力发展相适应的多层次人才培养体系,鼓励农业主体积极采用高效能数字技术,实施差异化财政补贴政策,大力发展数字普惠金融,创造稳定可持续的金融环境。

3)在充分考虑区域异质性的基础上,实施农业数字化区域化战略。通过成本效益测算,比较不同地区发展水平和需求的差异,确定相对优化的区域农业数字化发展战略,以最小的成本建设最能服务区域发展的数字基础设施。如东部地区经济发展水平较高,科技创新能力较强,可以聚焦于扩大农业数字技术集成应用。中部地区作为国家粮食生产的重要基地,可侧重于加强农业资源的节约、集约利用,提升农业综合生产能力和抗风险能力。西部地区在农业数字化方面,重点利用数字技术促进传统农业的转型升级,加强高效旱作农业、节水型设施农业的发展。

参考文献:

[1] 高原,马九杰. 农业新质生产力:一个政治经济学的视角[J]. 农业经济问题,2024,45(4):81-94.
Gao Y, Ma J J. New quality agricultural productivity: A political economy perspective [J]. Issues in Agricultural Economy, 2024, 45(4): 81-94.

[2] 姜长云. 农业新质生产力:内涵特征、发展重点、面临制约和政策建议[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2024, 24(3): 1-17.
Jiang C Y. The agricultural new quality productive forces: Connotations, development priorities, constraints and policy recommendations for the development [J]. Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition), 2024, 24(3): 1-17.

[3] 张海鹏,王智晨. 农业新质生产力:理论内涵、现实基础及提升路径[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2024, 24(3): 28-38.
Zhang H P, Wang Z C. The agricultural new quality productive forces: Content characteristics, practical basis and path of enhancement [J]. Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition), 2024, 24(3): 28-38.

[4] Lin L, Gu T Y, Shi Y. The influence of new quality productive forces on high-quality agricultural development in China: Mechanisms and empirical testing [J]. Agriculture,

- 2024,14(7):1022.
- [5] 陈健. 新质生产力助推农业农村现代化的核心要义与实践策略[J]. 江苏社会科学, 2024(4):112-120.
Chen J. The core meaning and practical strategy of promoting agricultural and rural modernization by new quality productivity [J]. Jiangsu Social Sciences, 2024 (4): 112-120.
- [6] 乔均, 台德进, 邱玉琢. 农业新质生产力赋能农业碳减排的机理与效应[J]. 当代经济管理, 2024, 46(12): 42-55.
Qiao J, Tai D J, Qiu Y Z. Research on the mechanism and effect of agricultural new quality productive forces empowering agricultural carbon emission reduction [J]. Contemporary Economic Management, 2024, 46(12): 42-55.
- [7] 王珏, 王荣基. 新质生产力: 指标构建与时空演进[J]. 西安财经大学学报, 2024, 37(1): 31-47.
Wang J, Wang R J. New quality productivity: Index construction and spatiotemporal evolution [J]. Journal of Xi'an University of Finance and Economics, 2024, 37(1): 31-47.
- [8] 王珂, 郭晓曦. 中国新质生产力水平、区域差异与时空演进特征[J]. 统计与决策, 2024, 40(9): 30-36.
Wang K, Guo X X. Measurement and spatiotemporal evolution of China's new quality productive force level [J]. Statistics & Decision, 2024, 40(9): 30-36.
- [9] 张凤兵, 王会宗. 中国农业新质生产力: 水平测度、时空分异与收敛性[J]. 经济论坛, 2024(7): 80-97.
Zhang F B, Wang H Z. The new-quality agricultural productivity in China: Measurement, spatiotemporal differentiation and convergence [J]. Economic Forum, 2024(7): 80-97.
- [10] 叶振宇, 徐鹏程. 中国新质生产力指数: 理论依据与评价分析[J]. 兰州大学学报(社会科学版), 2024, 52(3): 23-35.
Ye Z Y, Xu P C. China's new quality productive forces index: Theoretical basis and evaluation analysis [J]. Journal of Lanzhou University (Social Sciences), 2024, 52(3): 23-35.
- [11] 朱迪, 叶林祥. 中国农业新质生产力: 水平测度与动态演变[J]. 统计与决策, 2024, 40(9): 24-30.
Zhu D, Ye L X. Agricultural new quality productive force in China: Level measurement and dynamic evolution [J]. Statistics & Decision, 2024, 40(9): 24-30.
- [12] 卢江, 郭子昂, 王煜萍. 新质生产力发展水平、区域差异与提升路径[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2024, 30(3): 1-17.
Lu J, Guo Z A, Wang Y P. Levels of development of new quality productivity, regional differences and paths to enhancement [J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2024, 30(3): 1-17.
- [13] 毛晓蒙, 王仁曾. 绿色金融与新质生产力: 促进还是抑制? ——基于技术创新与环境关注度的视角[J]. 上海财经大学学报, 2024, 26(5): 30-45.
Mao X M, Wang R Z. Green finance and new quality productive forces: Promotion or inhibition? From the perspectives of technological innovation and environmental concern [J]. Journal of Shanghai University of Finance and Economics, 2024, 26(5): 30-45.
- [14] 宋振江, 冷明妮, 周波, 等. 中国农业新质生产力: 评价体系构建、动态演进及政策启示[J]. 农林经济管理学报, 2024, 23(4): 425-434.
Song Z J, Leng M N, Zhou B, et al. New quality agricultural productive forces in China: Evaluation system construction, dynamic evolution and policy implications [J]. Journal of Agro-Forestry Economics and Management, 2024, 23(4): 425-434.
- [15] 林玉妹, 李承翰. 农业数字化转型对农业绿色增长的影响[J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(4): 28-41.
Lin Y M, Li C H. The impact of digital transformation in agriculture on green growth in agriculture [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2024, 45(4): 28-41.
- [16] 李盛竹, 薛枫, 姜金贵. 农业数字化对中国粮食新质生产力的影响效应研究[J]. 农林经济管理学报, 2024, 23(4): 435-445.
Li S Z, Xue F, Jiang J G. Effect of agricultural digitization on new productive forces of food in China [J]. Journal of Agro-Forestry Economics and Management, 2024, 23(4): 435-445.
- [17] 成德宁, 黄诗琪. 农村数字化能提高农业全要素生产率吗? [J]. 农业经济与管理, 2024(2): 38-51.
Cheng D N, Huang S Q. Can rural digitalization improve agricultural total factor productivity? [J]. Agricultural Economics and Management, 2024(2): 38-51.
- [18] 刘桢志, 杨树果. 乡村数字化对农业绿色低碳发展的影响——基于耦合协调度和中介效应模型的实证[J]. 农业资源与环境学报, 2024, 41(5): 1211-1219.
Liu A Z, Yang S G. Impact of rural digitization on agricultural green and low-carbon development: Empirical evidence based on coupled coordination degree and mediation effect models [J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2024, 41(5): 1211-1219.
- [19] 范瑾, 张金星. 乡村振兴视域下中国农业数字化发展水平测度[J]. 生态经济, 2023, 39(7): 99-106.
Fan J, Zhang J X. Measurement on China's agricultural digital development level from the perspective of rural

- revitalization[J]. *Ecological Economy*, 2023, 39(7): 99–106.
- [20] 李平, 汪果. 农业数字化转型与农业碳减排耦合协调发展测度及影响因素分析[J]. *数字农业与智能农机*, 2024(6): 1–9.
- Li P, Wang G. Measurement and analysis of influencing factors of coupling and coordinated development of agricultural digital transformation and agricultural carbon emission reduction[J]. *Digital Agriculture and Intelligent Agricultural Machinery*, 2024(6): 1–9.
- [21] Ninh L K. Economic role of education in agriculture: Evidence from rural Vietnam[J]. *Journal of Economics and Development*, 2021, 23(1): 47–58.
- [22] 郭海红. 数字乡村建设、资源要素错配与农业绿色全要素生产率[J]. *中国地质大学学报(社会科学版)*, 2024, 24(1): 102–116.
- Guo H H. Digital rural construction, misallocation of resource elements, and agricultural green total factor productivity[J]. *Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition)*, 2024, 24(1): 102–116.
- [23] 曾博. 农业数字化转型的理论逻辑、推进路径与现实挑战[J]. *黑龙江社会科学*, 2023(1): 44–48.
- Zeng B. Theoretical logic, promotion path and practical challenges of agricultural digital transformation[J]. *Social Sciences in Heilongjiang*, 2023(1): 44–48.
- [24] 王宏利, 张耀杰. 数字技术助力农业数字化转型[J]. *产业创新研究*, 2023(7): 8–11.
- Wang H L, Zhang Y J. Digital technology helps agricultural digital transformation [J]. *Industrial Innovation*, 2023(7): 8–11.
- [25] 蔡小娟. 我国乡村农业数字化转型挑战及建设路径[J]. *南方农业*, 2024, 18(12): 84–86.
- Cai X J. Challenges and construction paths of digital transformation in rural agriculture in China [J]. *South China Agriculture*, 2024, 18(12): 84–86.
- [26] Tang Y, Chen M H. The impact of agricultural digitization on the high-quality development of agriculture: An empirical test based on provincial panel data[J]. *Land*, 2022, 11(12): 2152.
- [27] 高强, 程长明. 农业新质生产力与新型生产关系: 逻辑思路与改革路径[J]. *中国农业大学学报(社会科学版)*, 2024, 41(4): 41–54.
- Gao Q, Cheng C M. New quality agricultural productive forces and new-type production relations: Logical thinking and reform paths [J]. *Journal of China Agricultural University (Social Sciences)*, 2024, 41(4): 41–54.
- [28] Hamada K, Bhagwati J. Domestic distortions, imperfect information and the brain drain [J]. *Journal of Development Economics*, 1975, 2(3): 265–279.
- [29] 白婉婷, 陈建成, 侯建, 等. 数字化转型对农业碳生产率的影响研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2024, 45(11): 43–56.
- Bai W T, Chen J C, Hou J, et al. The impact of digital transformation on agricultural carbon productivity[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2024, 45(11): 43–56.
- [30] Jiang S, Zhou J, Qiu S. Digital agriculture and urbanization: Mechanism and empirical research [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, 180: 121724.
- [31] 张静坤, 张旺. 数字经济、乡村振兴与共同富裕[J]. *统计与决策*, 2023, 39(20): 11–16.
- Zhang J K, Zhang W. Digital economy, rural revitalization and common affluence [J]. *Statistics & Decision*, 2023, 39(20): 11–16.
- [32] 高杨, 王寿彭, 韩子名. 农业数字化与新型农业经营主体发展[J]. *中南财经政法大学学报*, 2023(5): 108–121.
- Gao Y, Wang S P, Han Z M. Agricultural digitalization and the development of new agricultural operators [J]. *Journal of Zhongnan University of Economics and Law*, 2023(5): 108–121.
- [33] 刘智勇, 李海峥, 胡永远, 等. 人力资本结构高级化与经济增长——兼论东中西部地区差距的形成和缩小[J]. *经济研究*, 2018, 53(3): 50–63.
- Liu Z Y, Li H Z, Hu Y Y, et al. Human capital structure upgrading and economic growth: A reconsideration of disparities among China's eastern, central and western regions [J]. *Economic Research Journal*, 2018, 53(3): 50–63.
- [34] Hansen B E. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference [J]. *Journal of Econometrics*, 1999, 93(2): 345–368.

(编辑 孟兰琳)