

数字普惠金融在农业智慧化中的作用

——基于技术创新的中介作用和农业经营规模的调节作用

陈佳, 王德平

(西南科技大学经济管理学院, 四川 绵阳 621000)

摘要: 通过构建农业智慧化水平指标,利用双重固定效应模型,就数字普惠金融对智慧农业的作用进行了实证检验。研究发现,从直接作用机制看,数字普惠金融有利于智慧农业发展;从间接作用机制来看,技术创新在数字普惠金融对智慧农业发展的影响中产生了部分中介作用;农业经营规模在其中起到了调节作用。异质性分析发现,数字普惠金融对智慧农业的发展存在区域异质性和维度异质性。

关键词: 数字普惠金融; 农业智慧化; 固定效应模型

中图分类号: F32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)02-0082-09

智慧农业是农业现代化发展的重要方向和有效途径之一,是现代农业生产发展的最新阶段,对于大幅提升农业生产效率、破解“谁来种地”难题、提高农事管理效能等具有重要支撑推动作用。2022年农业农村部在《“十四五”全国农业农村信息化发展规划》中提出发展智慧农业、建设数字乡村,以信息化驱动引领农业农村现代化发展。2022年和2023年“中央一号文件”均提出要发展智慧农业,服务数字乡村建设。当前我国智慧农业快速发展,取得长足进步,截至“十三五”末,累计投资建设81个数字农业试点项目,认定210个全国农业农村信息化示范基地,推广426项农业物联网应用成果和模式。但总体判断还处于初级阶段,智慧农业信息化基础设施薄弱、关键核心技术创新能力缺乏、有效数据不足、复合型高素质农业专业技术人才少、发展不平衡不充分等问题仍较为突出,难以满足服务数字乡村建设战略、引领农业现代化发展的现实需求,因此还需继续加快智慧农业建设进程。

建设智慧农业需要投入大量资本要素,但是实际中因资本的逐利性,再加上农业部门资本回报周期长、利润相对非农部门低会导致资本要素流向非农部门,融资难成为制约智慧农业发展的重要因素^[1]。在数字经济发展背景下,数字普惠

金融作为融合数字技术和普惠金融的新一代金融业态,在缓解现代农业资本需求、提高生产要素配置效率、监管农业资本流向、助推中国农业高质量发展中作用突出^[2],能够有效克服农村地区融资成本高、信息不对称难题,缓解农业部门融资难、融资贵的问题^[3]。数字普惠金融能够促进农业发展得到了大多数学者的认可,但在理论和实践中还是存在一个谜题:因数字普惠金融的及时性、普惠性,拓宽了传统正规金融机构的服务边界,那这对农业部门来说,是抽离农业资金的又一渠道,还是推动智慧农业发展的重要路径? 还没有足够的证据回应此疑问。因此对于这类问题的回答有利于深入理解金融助力智慧农业发展,提升农业现代化水平以及加快农业强国建设进程具有重要的理论和实践价值。

已有研究从技术应用(主要包括农业生物技术、信息技术和工程技术)^[4]、实现路径^[5]、国外发展经验^[6]等方面探讨了智慧农业的发展现状。但目前针对数字普惠金融与智慧农业发展之间的关系的研究仍有待深化。基础设施滞后、技术创新成果转化困难和专业人才缺乏、数据平台有待健全等^[7-8]是智慧农业建设中面临的主要困境,而这些都离不开资金的支持。

鉴于此,本文从技术创新以及农业经营规模两个

收稿日期: 2023-10-31

基金项目: 四川县域经济发展研究中心重点项目(xy2021003)

作者简介: 陈佳(1999—),女,四川成都人,硕士研究生,研究方向为产业经济学;王德平(1971—),男,四川苍溪人,副教授,硕士研究生导师,研究方向为技术创新与区域产业发展。

角度切入,基于2021—2021年中国省级面板数据和北京大学数字普惠金融指数,尝试回答数字普惠金融在智慧农业发展中的作用及其机制等问题,为金融助力农业现代化发展提供可参考的理论与实证依据。

本文可能的边际贡献在于以下三个方面:其一,在以往研究基础上构建了农业智慧化评价指标体系,以此来测算我国各省份农业智慧化发展水平;其二,从技术创新、农业经营规模两个方面探讨了数字普惠金融对农业智慧化的作用机制,丰富了以往数字农业的研究内容;其三,实证检验了数字普惠金融对农业智慧化的影响、作用机制和异质性,为通过金融服务助力农业智慧化提供了经验证据。

1 文献回顾

数字普惠金融对于降低多种经济成本,提高资源配置效率,加速生产要素在行业间的分配,进而促进产业发展有着重要作用^[9],这已经成为学术界的共识。数字平台和数字普惠金融为农业生产者提供了有效利用资本的途径^[10],利用互联网大数据信息,缓解信息差带来的阻碍,为客户推送定向服务,在建设智慧农业等场景中发挥重要作用。关于数字普惠金融与智慧农业之间关系的研究中,大多数学者将目光集中于数字普惠金融发展对农业现代化、乡村振兴、农业高质量发展等方面。

一是数字普惠金融促进了农业农村现代化。王平^[11]运用固定效应模型验证了数字普惠金融不仅对农业农村现代化具有直接促进作用而且可以通过为创新创业提供资金支持,从而间接促进农业农村现代化,这种促进作用在经济发达的地区更显著。此外,罗振军和兰庆高^[12]进一步研究了数字普惠金融对农业农村现代化的空间溢出效应,在此基础上以当地经济发展、农村固定资产投资、农户家庭收入为中介变量做了机制检验。

二是数字普惠金融有助于乡村振兴。乡村资本短缺与外流既导致乡村产业发展面临金融约束,也加剧了乡村地区的金融排斥现象^[13],并且很长一段时期内,农村金融的二元体制惯性抑制了农村金融发展,从而对乡村振兴造成影响^[14]。数字普惠金融的发展为改变这一局面提供了可能,与传统金融相比,数字普惠金融创新线上惠农信贷产品,突破金融服务地域限制,为乡村产业融合发展提供低成本、便捷的金融服务,提升乡村产业科技含量和集约化程度,促进乡村产业高质量发展^[15]。鲁钊阳和杜雨潼^[16]研究发现数字普惠金融能够通过促进企业研发创新、鼓励居民创业就业、提高居民可支配收入等方式促进乡村

振兴。黄卓和王萍萍^[17]从理论上分析了数字普惠金融在数字农业发展中的作用机制并且结合三个案例说明了数字普惠金融支持数字农业发展的创新模式,这也为本文的研究奠定了理论基础。

三是数字普惠金融能够实现农业高质量发展。数字普惠金融的便利性增加及融资成本和风险的下降可以促进农村数字普惠金融发展,农村数字普惠金融扩大使用可以通过提升农业生产技术创新、农业市场扩大开放、农业发展成果共享、农业经济可持续发展以及城乡收入协调等途径实现农业高质量发展^[18]。罗光强和王焕^[2]发现,数字普惠金融可以通过提高农业资源配置水平,促进农业产业结构升级等方式直接或间接推动农业高质量发展。数字普惠金融将金融科技与普惠金融有机结合,借助于互联网、大数据等信息技术,可以大幅度降低金融机构提供金融产品和服务的成本,提高普惠金融的覆盖率和渗透率,更大程度地放宽农户融资约束,满足其生产性资金需求,对鼓励农户改善农业生产技术、提高农业生产效率具有积极作用^[19]。方观富和蔡莉^[20]通过实证研究发现数字普惠金融的发展有利于农作物播种面积的增加和农业机械利用率的提高,从而显著提高了农业产出。

已有的研究成果对本文研究具有重要的参考价值 and 借鉴意义,但仍有进一步研究的空间。第一,现有研究主要关注的是农业现代化、乡村振兴等宏观问题,智慧农业作为宏观问题的一部分,其发展还较为落后,根据“木桶效应”补齐短板的原则,对如何加快智慧农业的发展从而为实现农业现代化助力的研究很有必要。因智慧农业具有资本密集性与技术密集性等特点,本文将数字普惠金融缓解智慧农业融资约束作为切入点,实证检验了数字普惠金融在农业智慧化中的作用机制。

2 理论分析与研究假说

2.1 数字普惠金融对智慧农业的直接作用

智能农业的建设包括各种农业传感器、信息处理平台、农业作业模型等。利用收集到的农业数据信息,准确捕捉农业生产经营过程中的各种变化,为农业快速应对环境变化提供技术和数据支持^[21]。但是我国农村地区普遍存在金融排斥和信息不对称的问题,一方面制约了数字基础设施建设、农业技术创新成果转化、农业综合服务平台搭建等方面的发展^[17];另一方面也造成了智慧农业经营主体的融资困境。目前物联网、大数据、区块链和云计算等数字技术被用于金融领域,形成了数字普惠金

融。它使当前的数字金融不仅具有传统的金融特征,而且可以通过大数据和创新来弥补传统金融在农业和农村领域的不足,解决智能农业的低效率问题。具体来说,数字普惠金融通过以下几方面缓解智慧农业发展的融资约束问题:一是降低交易成本。数字普惠金融依托现代信息技术,使得其所提供的服务可以突破时间、空间及人工束缚,降本提质,增加了普惠金融服务的供给。网络服务平台建设愈加完善,使得金融服务不再过分依赖现实网点,线上操作即可办理业务;数字普惠金融借助人工智能技术减少了对人员投入的依赖,节约了服务成本。二是创新服务模式,提升金融服务水平和效率,满足多样化融资需求。由于智慧农业是新的农业生产场景,对资金的需求提出了样化、多场景、多维度的要求。数字普惠金融不断进行产品创新,提高了金融服务效率、体验感,产品选择权大大增加。具体来说,数字普惠金融可以通过数字技术缩短金融服务时间,简化服务流程,从而提升服务质量;也可以推出更多创新性产品和服务,满足智慧农业发展多样化的融资需求。三是解决信息不对称问题。从前农村地区很大一部分人属于征信空白人群,但得益于宽带、移动电话等的普及,农村地区的信息收集更加高效精准。数字普惠金融利用农村地区日常生活消费所产生的数据积累,通过分析和模型计算,科学预测出原有征信空白群体的信用情况,解决信息不对称问题。

综上所述,数字普惠金融在缓解智慧农业融资困境中发挥了重要作用,为智慧农业发展提供良好的金融环境。据此提出以下假设。

H1:数字普惠金融能够促进智慧农业的发展。

2.2 技术创新的中介效应分析

数字普惠金融能够促进技术创新,加快农业技术创新成果转化,从而促进智慧农业发展,其主要源于两方面:一是数字普惠金融能够通过促进农业经营主体为生产经营投资来影响技术创新。数字普惠金融因其普惠性、共享性、低成本等特点,使经济欠发达地区同样有钱可贷,让新型农业经营主体和中小微涉农企业不再担忧资金周转,从而释放更多创新创业活力,增加生产经营研发投入,提升创新水平。二是技术创新可以为农业智慧化转型提供动力和技术保障。在我国高质量发展背景下,创新是第一驱动力,以新一代信息技术为核心的智慧农业发展离不开技术创新的支持。技术创新活动可以有效地提高农业生产设备的智能化水平,用更

先进的设备科学高效生产,降低投入和能耗。此外,创新活动可以通过引导资源的合理配置来促进产业结构升级,迫使农业改变传统的生产方式和管理模式。贾舒涵等^[22]运用面板数据测算了山东省智慧农业生产效率,并讨论了技术进步对智慧农业生产效率的影响,结果表明农业机械密度、农业规模化水平、城镇化率、工业化水平对山东省智慧农业生产效率具有促进作用。数字普惠金融助力科技研发应用,推动农业技术不断更新升级,使农业生产全过程投入更加精准,减少不必要的浪费^[23],优化要素合理配置,提高智慧农业生产效率。

综上所述,数字普惠金融能够借助大数据,与资金需求方达成精准匹配,提供个性化服务。有利于提升农业经营主体的创新水平。技术创新活动为农业提高生产管理效率、促进智慧化转型升级提供动力,在数字普惠金融与技术创新的共同作用下,加快了智慧农业发展的速度。因此,提出以下假设。

H2:数字普惠金融能够通过推动技术创新来促进智慧农业的发展。

2.3 农业经营规模的调节效应分析

土地集约化、规模化经营是实现农业现代化的必由之路,这一结论在学术界已经达成共识。农业经营规模在数字普惠金融对农业智慧化的作用过程中起着调节作用,主要源于以下两方面:一是数字普惠金融能够促进农业经营规模的提高,扩大农业经营规模。数字普惠金融对农地流转的促进作用主要体现在以下方面:

数字普惠金融的低门槛和普惠性提高了农户信贷可得性^[24],拓宽了农户增收渠道^[25],为促进农地流转提供充足资金,增加农地流转意愿;

数字普惠金融的发展提升了农户的金融素养,使他们能够更简单便捷地了解金融知识,从而让农户对投资土地产生新的认知,并做出更加符合理性人的决策^[26],激发了农户农地流转意愿和需求。农业经营主体通过承包流转的土地进行规模化经营,扩大了农业经营规模。二是适度的农业经营规模有利于发挥智慧农业的规模经济效应,实现生产者的效益最大化。理论上生产者扩大生产规模是为了追求最低的单位产品成本,然而在实际生产中,企业调整规模的最终目的是实现总收入的增加,当边际收入为0时,总收入达到最大,而此时边际成本是大于最低点的,这时总收入的增加就是扩大规模带来的^[27]。因此,为了追求最大利益,农业经营主体会一直增加经营规模直到总收入不再增加。

综上所述,农业经营规模的扩大在一定程度上需要数字普惠金融的服务,而随着经营规模的扩大,智慧农业的经济效益逐渐增加,因此可以说农业经营规模在数字普惠金融对农业智慧化的作用过程中起着调节作用。根据提出以下假设。

H3:农业经营规模在数字普惠金融作用于农业智慧化的过程中起正向调节作用。

3 研究设计

3.1 模型设定

为了验证数字普惠金融对智慧农业的作用、传导机制和异质性,本文建立以下控制年份效应与省份效应的双固定效应基准回归模型以验证数字普惠金融对农业智慧化的直接作用:

$$\text{smart}_{it} = l_0 + l_1 \text{Index}_{it} + l_2 \text{cont}_{it} + \sum l_3 \text{time}_t + \sum l_4 \text{id}_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

式中: smart_{it} 为 i 省第 t 年的智慧农业发展水平; Index_{it} 为 i 省 t 年的数字普惠金融指数; cont_{it} 为一列控制变量; $\sum l_3 \text{time}_t$ 和 $\sum l_4 \text{id}_i$ 分别为控制了年份与省份; ϵ_{it} 为标准误。

为了进一步探究数字普惠金融对农业智慧化作用过程中的中介传导机制,引入技术创新作为中介变量,在式(1)的基础上,借鉴温忠麟^[28]的做法,构建如下中介模型。式(2)分析数字普惠金融(Index)对中介变量技术创新(techo)的影响,式(3)将数字普惠金融与技术创新一起对智慧农业发展水平进行回归。

$$\text{techo}_{it} = m_0 + m_1 \text{Index}_{it} + m_2 \text{cont}_{ijt} + \sum m_3 \text{time}_t + \sum m_4 \text{id}_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

$$\text{smart}_{it} = n_0 + n_1 \text{Index}_{it} + n_2 \text{techo}_{it} + n_3 \text{cont}_{ijt} + \sum n_4 \text{time}_t + \sum n_5 \text{id}_i + \epsilon_{it} \quad (3)$$

为了探究农业经营规模在数字普惠金融对农业智慧化作用过程中是否发挥了调节作用,本文借鉴温忠麟和叶宝娟^[28]的做法,在式(1)的基础上,构建如下调节效应模型。式(4)分析数字普惠金融对调节变量农业经营规模(farm)的影响,式(5)将数字普惠金融与农业经营规模一起对智慧农业发展水平进行回归,同时加入两者的交叉项 $\text{Index}_{it} \text{farm}_{it}$ 。

$$\text{farm}_{it} = q_0 + q_1 \text{Index}_{it} + q_2 \text{cont}_{ijt} + \sum q_3 \text{time}_t + \sum q_4 \text{id}_i + \epsilon_{it} \quad (4)$$

$$\text{smart}_{it} = p_0 + p_1 \text{Index}_{it} + p_2 \text{farm}_{it} + p_3 \text{Index}_{it} \text{farm}_{it} + p_4 \text{cont}_{ijt} + \sum p_5 \text{time}_t + \sum p_6 \text{id}_i + \epsilon_{it} \quad (5)$$

3.2 变量选取与说明

被解释变量:农业智慧化水平(smart)。构建农业智慧化评价指标体系应以科学理解智慧农业基本含义为基础,指标选取遵循政策依据、理论依据和现实依据三个依据^[29]。政策依据包括党和政府与智慧农业发展相关的政策文件,如2019年发布的《数字农业农村发展规划(2019—2025年)》,2021年中国信通院与中国人民大学智慧农业与数字乡村发展研究中心联合发布的《中国智慧农业发展研究报告——新一代信息技术助力乡村振兴》以及2023年的“中央一号文件”;理论依据源于的前文梳理;现实依据包括具有可得性、可操作性及代表性的数据。在此基础上选取农业数字生产条件、农业数字基础设施、农业数字产业化发展水平以及农业科技研发应用四个一级指标。

表1 智慧农业评价指标体系

目标层	准则层	指标层	指标属性
农业智慧化水平	农业数字生产条件	农机总动力/万 kW	正
		农村用电量/亿 kWh	正
		农用化肥施用量/万 t	负
		农药使用量/万 t	负
		有效灌溉面积/万 hm ²	正
	农业数字基础设施	邮政网点个数/处	正
		电话普及率/(部·百人 ⁻¹)	正
		光缆线长度/万 km	正
		农村投递路线里程/万 km	正
		互联网宽带接入数/万户	正
	农业数字产业化发展水平	企业拥有网站数/个	正
		快递业务收入/亿元	正
		电子商务销售额/亿元	正
	农业科技研发应用	农业科技经费投入/亿元	正
		农业科研人员全时当量/人	正
		农业全要素生产率/%	正
		财政支农水平	正

注:“+”表示指标为正向指标,“-”表示指标为负向指标。

核心解释变量为数字普惠金融(Index)。参考以往的研究文献,使用北大蚂蚁金融服务中心所编制的省级层面数字普惠金融指数^[30],包括覆盖广度(coverage_breadth)、使用深度(usage_depth)和数字化程度(dig_level)三个维度。

中介变量:技术创新水平(techo)。参考李柯言等^[31]的做法,采用发明专利授权量进行测度,相对其他的科技创新成果,发明专利更能体现地区的科技创新能力。

调节变量:农地经营规模(farm),采用农地流转率来刻画农业经营规模。借鉴仇童伟和罗必良^[32]的研究,采用各省份当年家庭承包耕地流转总面积

与家庭承包耕地总面积的比值来表示农地流转率。使用农地流转率替代农地经营规模有一定的合理性,因为理论上农业经营规模越高,说明土地规模化经营面积越大。

控制变量:基于对以往文献的回顾,智慧农业的发展除了会受数字普惠金融的影响,还受到经济发展水平、对外开放水平、城镇化水平、教育水平等因素的影响。经济发展水平(Gdp)以人均 GDP 表示。理论上,经济增长会通过扩大市场规模、完善基础设施、提供较好的金融服务来促进智慧农业的发展。城镇化水平(Ur)以城镇年末人口与地区年末总人口之比表示,以控制城镇化水平对智慧农业的影响;教育水平(Edu)采用普通高等学校本科生在校学生数来衡量地方教育水平的提高有助于加快人力资本积累,知识与技术的融合度将会更高,有利于实现劳动力与技术之间的互动,从而加快智慧农业实现脚步。对外开放水平(Open)采用进出口贸易总额除以地区生产总值表示^[33]。

3.3 数据来源

经济发展水平、城镇化水平、教育水平、对外开放水平等指标的数据来源于《中国统计年鉴》,农业智慧化水平测度指标数据来源于《中国农村统计年鉴》和国家统计局,数字普惠金融指数源于北大数字金融研究中心发布的相关数据。选取 30 个省份(因数据缺失,未包括西藏地区和港澳台地区)2011—2021 年的数据作为研究样本,个别缺失值采用线性插值法获得。同时,为了消除量纲影响,将所选数据除以 100 表示。描述性统计结果如表 2 所示,可知农业智慧化水平的均值为 0.203,最大值为 0.781,最小值为 0.051,可见各地智慧农业发展水平相差较大,同理可以看出数字普惠金融指数也有较大差异。

表 2 变量描述统计结果

变量	平均值	标准差	最小值	最大值
smart	0.203	0.135	0.0510	0.781
Index	2.505	0.877	0.615	4.590
coverage breath	2.307	0.910	0.471	4.334
usage depth	2.447	0.934	0.518	5.107
dig level	3.265	0.893	1.071	4.622
Gdp	582.3	291.7	189.5	1 875.0
Ur	0.602	0.118	0.363	0.896
Edu	0.548	0.298	0.032	1.300
Open	0.110	0.157	0.000	0.892
tecno	705.5	1 097	5.020	8 722
farm	0.337	0.166	0.047	0.949

4 实证分析

4.1 基准模型回归结果

运用 STATA16.0 对面板数据进行个体效应与时间效应检验,根据检验结果,采用固定效应模型进行分析,结果如表 3 所示。列(1)为不加入控制变量的回归结果,列(2)~列(5)为依次加入经济发展水平、城镇化水平、教育水平、对外开放水平等控制变量的回归结果。从回归结果看,数字普惠金融显著影响智慧农业发展,且在 1%的水平上显著为正,H1 得以验证。在控制了可能的影响因素后,回归结果如列(5)所示,回归系数的含义是,数字普惠金融每增加一个指数,农业智慧化程度将增加 0.079 个单位。数字普惠金融能够直接促进智慧农业的发展,得益于三方面:第一,数字普惠金融能够借助数字技术加快农业农村各领域的变革,进而优化农村地区的基础设施建设,为农业生产、流通等过程捕捉信息、优化模型,向智能化发展打下基础;第二,数字普惠金融能够增强风险控制能力,缓解由于信息不对称而导致的道德风险问题,降低融资成本,解决农业经营主体融资难、融资贵的难题;第三,数字普惠金融能够优化农村地区金融排斥问题,提高城乡资源配置效率,使资本、技术、人才等关键生产要素可以流入农村地区,加快农业智慧化进程。

表 3 数字普惠金融对智慧农业直接作用回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	smart	smart	smart	smart	smart
Index	0.191*** (0.024)	0.189*** (0.031)	0.184*** (0.032)	0.089*** (0.028)	0.079*** (0.025)
Gdp		0.000 (0.000)	0.000 (0.000)	0.000** (0.000)	0.000* (0.000)
Ur			0.123 (0.147)	-0.203 (0.126)	0.424*** (0.137)
Edu				0.433*** (0.041)	0.350*** (0.038)
Open					-0.326*** (0.040)
常数项	-0.040 (0.025)	-0.039 (0.026)	-0.109 (0.088)	-0.065 (0.073)	-0.296*** (0.072)
id	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
time	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	300	300	300	300	300
R ²	0.671	0.671	0.672	0.772	0.819
调整后的 R ²	0.622	0.620	0.620	0.735	0.788

注:*、**、***分别指在 10%、5%、1%的水平上显著;括号内为稳健标准误。

从控制变量的估计结果来看,可以看出经济发展水平、城镇化水平以及人力资本都对智慧农业的发展有促进作用,而对外开放水平对智慧农业发展具有抑制作用,可能的原因在于我国农产品国际竞争力不足,对外贸易交易存在劣势,进出口多数围绕第二、三产业。因此在农业相较于二、三产业“无利可图”的情况下,对外开放并不利于农业的发展,属于农业的市场反而会被第二、三产业挤占。

4.2 稳健性检验

4.2.1 替换解释变量

参考相关文献的做法,滞后一期数字普惠金融指数作为解释变量进行回归,结果如表4第(1)列所示,回归系数为0.064,在1%的水平上通过了显著性检验,与基准回归结果基本保持一致,说明基准回归结果具有稳健性。

4.2.2 剔除直辖市

由于直辖市拥有高度发展自主权并且资源丰富,其城市发展水平较高,经济较发达,这可能会干扰回归结果,因此在剔除直辖市后对样本重新估计,结果如表4第(2)列所示,核心解释变量的估计系数与基准回归结果极为接近,说明回归结果是稳健的。

4.2.3 缩尾检验

为了减少极端值对回归结果的影响,在1%和99%的水平上进行缩尾处理。

4.2.4 增加遗漏变量

如果下一年的数字经济发展水平会影响当前的实体经济的增长,那么说明在基准回归结果中遗漏了不可观测的遗漏变量。因此,将滞后一期的数字经济发展水平当作核心解释变量,代入基准回归模型中得到表3。由表4列(3)发现核心解释变量滞后一阶的数字经济并不显著,因此,从结果来看降低了基准回归模型中遗漏重要解释变量的可能性。考虑到金融发展水平对农业现代化也会产生影响,为了避免金融发展水平对回归结果产生影响,进一步控制了金融发展水平(Fin)。例如,表4列(4)所示,在控制金融发展水平后,研究结论保持不变。

4.3 中介效应

表5报告了中介效应模型的回归结果,列(1)是主效应,列(2)是数字普惠金融对中介变量科技创新的作用,系数为正且通过了1%水平的显著性检验,列(3)则为数字普惠金融与技术创新一起对智慧农业发展水平的回归结果,其中,系数(0.037)<

表4 基于四种方法的稳健性检验结果

变量	(1) smart	(2) smart	(3) smart	(4) smart
L. Index	0.064*** (0.024)			
Index		0.085*** (0.027)	0.072*** (0.023)	0.069*** (0.025)
Gdp	0.000** (0.000)	0.000 (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000** (0.000)
Ur	0.487*** (0.151)	0.130 (0.151)	0.317*** (0.122)	0.565*** (0.142)
Peo	0.356*** (0.042)	0.336*** (0.037)	0.332*** (0.036)	0.347*** (0.037)
Open	-0.348*** (0.046)	-0.336*** (0.047)	-0.232*** (0.037)	-0.321*** (0.040)
Fin				0.092*** (0.029)
常数项	-0.329*** (0.082)	-0.125* (0.074)	-0.256*** (0.064)	-0.390*** (0.076)
id	Yes	Yes	Yes	Yes
time	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	270	260	300	300
R ²	0.809	0.854	0.819	0.825
调整后的 R ²	0.773	0.829	0.787	0.795

注:*、**、***分别指在10%、5%、1%的水平上显著;括号内为稳健标准误。

表5 三步回归法中介回归结果

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
	smart	tecno	smart
Index	0.079*** (0.025)	1308.961*** (456.165)	0.037* (0.021)
tecno			0.000*** (0.000)
控制变量	Yes	Yes	Yes
常数项	-0.296*** (0.072)	-3503.760*** (1300.852)	-0.186*** (0.060)
id	Yes	Yes	Yes
time	Yes	Yes	Yes
观测值	300	300	300
R ²	0.819	0.647	0.878
调整后的 R ²	0.788	0.588	0.857

注:*、**、***分别指在10%、5%、1%的水平上显著;括号内为稳健标准误。

主回归系数(0.079)且在10%的水平上显著,证明技术创新在数字普惠金融对智慧农业发展的影响中起着部分中介作用。H2得以验证。

近年来,传统的三步法判断中介效应备受争议,因此为了保证结果的稳健性,使用Sobel检验对中介效应是否真实存在进行判别,表6与表7汇报

表 6 sobel 检验结果

变量	参数	标准误	Z	$P> Z $
Sobel	0.041 376 61	0.014 884 28	2.78	0.005 437 77
Goodman-1(Aroian)	0.041 376 61	0.014 939 74	2.77	0.005 613 07
Goodman-2	0.041 376 61	0.014 828 61	2.79	0.005 265 54

表 7 间接效应、直接效应与总效应结果

变量	参数	标准误	Z	$P> Z $
间接效应	0.041 377	0.014 884	2.779 89	0.005 438
直接效应	0.037 374	0.020 906	1.787 71	0.073 822
总效应	0.078 750	0.025 094	3.138 23	0.001 700

了实证结果。如表 6 所示, $P<0.05$, 说明结果在 1% 的水平下显著, 表 7 汇报了间接效应系数为 0.041 4, 直接效应为 0.037 4, 总效应保留三位小数刚好等于 0.079, 这也与前文基准回归结果的系数保持一致。至此得出数字普惠金融能够通过促进技术创新从而提高智慧农业发展水平的结论。

4.4 调节效应

表 8 报告了式(1)、式(4)、式(5)的回归结果, 分别对应表 8 中的列(1)~列(3)。由表 8 可知, 数字普惠金融与农业经营规模的交乘项“Index $\times$ farm”的估计系数为 0.078 且通过了显著性检验。可见, 农业经营规模可以正向调节数字普惠金融在智慧农业发展中的作用, 即农业经营规模越高的地区, 数字普惠金融对智慧农业的影响更强, H3 得到验证。智慧农业具有资本技术密集性和规模经济性的特点, 因此“数字普惠金融”(index)的回归系数不显著的原因可能是现目前农业经营规模不高, 土地还没有形成大规模经营的格局, 也就是说智慧农业的规模经济暂时还没有实现, 未来随着土地流转率的提高, 这种作用会越来越显著。

表 8 基于农业经营规模的调节作用机制分析

变量	(1)	(2)	(3)
	smart	farm	smart
Index	0.079*** (0.025)	0.110** (0.053)	0.025 (0.024)
Index $\times$ farm			0.078*** (0.012)
控制变量	Yes	Yes	Yes
常数项	-0.296*** (0.072)	1.012*** (0.151)	-0.364*** (0.071)
id	Yes	Yes	Yes
time	Yes	Yes	Yes
观测值	300	300	300
R^2	0.819	0.676	0.850
调整后的 R^2	0.788	0.621	0.823

注: *、**、*** 分别指在 10%、5%、1% 的水平上显著; 括号内为稳健标准误。

4.5 异质性分析

4.5.1 区域异质性

参考多数文献的做法, 按地理位置将 30 个省份划分为东部地区、中部地区以及西部地区三大区域, 分别进行基准回归, 得到的结果如表 9 所示。通过对比分析发现, 虽然东部地区 and 中部地区数字普惠金融都对智慧农业发展水平有显著促进作用, 但观察估计系数不难看出, 东部地区的估计系数为 0.228, 大于中部地区的 0.096, 可能的原因在于与西部地区相比, 东部地区数字普惠金融发展快, 产品和服务更加多元, 人们的金融素养更高, 这更有利于数字普惠金融促进农业智慧化发展。西部地区的结果不显著, 系数为 -0.003, 这可能是因为, 与东、中部地区相比, 西部地区基础设施弱、技术落后, 导致数字普惠金融发展水平较低, 数字金融服务难以触达更多用户。

4.5.2 维度异质性

由于数字普惠金融不同维度所涵盖的内容不同, 对智慧农业的作用效果也有可能存在维度间的差异性。为此, 进一步验证数字普惠金融覆盖三个维度对智慧农业发展的影响。回归结果如表 10 所示。由表 10 可知, 使用深度和数字化程度对智慧农业的发展具有显著促进作用, 估计系数分别为 0.045 和 0.034 且均在 1% 的水平上显著, 覆盖广度虽然没有通过显著性检验, 但其回归系数为正, 在一定程度上也能说明覆盖广度对智慧农业发展有促进作用, 只是以现目前的情况来看, 这种促进作用不明显。

表 9 区域异质性分析结果

变量	(1)	(2)	(3)
	东部地区	中部地区	西部地区
	smart	smart	smart
Index	0.228*** (0.070)	0.096*** (0.034)	-0.003 (0.021)
控制变量	Yes	Yes	Yes
常数项	-0.464** (0.180)	-0.316*** (0.109)	-0.105 * (0.054)
id	Yes	Yes	Yes
time	Yes	Yes	Yes
观测值	110	80	110
R^2	0.837	0.943	0.934
调整后的 R^2	0.791	0.922	0.916

注: *、**、*** 分别指在 10%、5%、1% 的水平上显著; 括号内为稳健标准误。

表 10 数字普惠金融维度异质性分析结果

变量	(1)	(2)	(3)
	smart	smart	smart
coverage_breadth	0.044 (0.032)		
usage_depth		0.046*** (0.014)	
dig_level			0.034*** (0.008)
控制变量	Yes	Yes	Yes
常数项	-0.311*** (0.076)	-0.344*** (0.074)	-0.314*** (0.071)
id	Yes	Yes	Yes
time	Yes	Yes	Yes
观测值	300	300	300
R^2	0.813	0.819	0.823
调整后的 R^2	0.782	0.789	0.793

注: *、**、*** 分别指在 10%、5%、1% 的水平上显著;括号内为稳健标准误。

5 结论与启示

本文基于 2011—2021 年我国 30 个省份的面板数据,实证检验了数字普惠金融对我国智慧农业发展的影响效果、作用机制以及异质性。得出以下结论。

(1)数字普惠金融对我国智慧农业发展表现出显著的促进作用,在一系列稳健性检验后结果仍然成立。

(2)技术创新在数字普惠金融对智慧农业发展的影响中产生了部分中介作用;农业经营规模在数字普惠金融对我国智慧农业发展的影响中起到了正向调节作用。

(3)数字普惠金融对我国智慧农业发展呈现出显著的区域异质性,具体来看,数字普惠金融对东部地区智慧农业发展的正向作用最大,中部地区次之,而西部地区作用效果不明显。另外,不同维度数字普惠金融对我国智慧农业发展的影响作用不同,具体表现为其使用深度促进效果最强,数字化程度次之,而覆盖广度促进效果最弱。

根据以上结果得出了以下启示。

(1)做好农村地区数字金融发展的规划与布局。由于我国各地区间存在区域差异,因此在数字金融布局过程中,应综合考虑不同地区的环境、经济等差异。鼓励经济基础较好的地区带动基础较差的地区发展,加深区域间的经济合作,坚持“东数西送”。与此同时,发挥政府的作用,从宏观把握全局,出台符合实际的相关政策,地方政府做好衔接工作,引导数字金融机构及服务模式向中西部地区转移。

(2)加快智慧农业关键技术攻关,畅通智慧农业科技成果转化渠道。一是研发具有我国自主知识产权的农业传感器。继续加大专项资金的投入,加快芯片研发的速度,改变核心技术依赖进口的局面。二是继续推进智慧农机进行信息化、智能化改造升级。发挥区块链技术、人工智能等技术保障和大数据的信息传递共享作用,推动智慧农机的信息化、数字化和智能化升级改造。三是建立健全智慧农业科技创新成果转化的利益分配和保障机制,破除智慧农业科技成果转化的体制机制障碍^[34]。在借鉴国外农业发达国家创新成果转化机制的基础上,注重于我国实际相结合,走中国化道路。

(3)加快土地流转,扩大农业经营规模,发挥智慧农业的规模经济效应。土地规模化、集约化程度不仅有利于智能农机的应用,从而促进农业生产经营全产业链的转型升级;还有利于降低人工成本,提高技术投入的边际效益。因此,加快农村土地流转,有助于集中土地实现规模化、集约化经营,解放农村劳动力,提高农业生产效率,促进农业智慧化发展。

参考文献

- [1] 蒋和胜,齐佰超.我国金融助力智慧农业发展路径研究[J].西南金融,2023(8):63-72.
- [2] 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):107-17.
- [3] 孙学涛,于婷,于法稳.数字普惠金融对农业机械化的影响——来自中国 1869 个县域的证据[J].中国农村经济,2022(2):76-93.
- [4] 郑倩,李鹏云,周迪.基于文献计量学的智慧农业研究现状及趋势分析[J].华中农业大学学报,2023,42(3):29-38.
- [5] 张绮雯,林青宁,毛世平.国际视角下中国智慧农业发展的路径探寻[J].世界农业,2022(8):17-26.
- [6] 袁祥州,黄恩临.欧盟智慧农业发展经验及其借鉴[J].世界农业,2022(5):27-36.
- [7] 温希波.我国智慧农业的发展困境与战略对策[J].农业经济,2021(10):10-2.
- [8] 殷浩栋,霍鹏,肖荣美,等.智慧农业发展的底层逻辑、现实约束与突破路径[J].改革,2021(11):95-103.
- [9] 邢赵婷,钟若愚.数字普惠金融、劳动力流动与产业结构优化——基于新经济地理视角的实证分析[J].经济问题探索,2023(4):142-56.
- [10] 李季刚,郝福莱.数字普惠金融是否缩小了农业现代化发展差距?[J].农林经济管理学报,2023,22(3):263-71.
- [11] 王平.基要性变革中数字金融促进农业农村现代化研究

- [J/OL]. 中国农业资源与区划: 1-12[2023-11-28]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.5.20230925.1020.004.html>.
- [12] 罗振军, 兰庆高. 数字普惠金融助推农业农村现代化发展: 理论分析与实证检验[J]. 调研世界, 2023(2): 57-66.
- [13] 葛永波, 陈虹宇. 劳动力转移如何影响农户风险金融资产配置? ——基于金融排斥的视角[J]. 中国农村观察, 2022(3): 128-146.
- [14] 覃朝晖, 潘昱辰. 数字普惠金融促进乡村产业高质量发展的效应分析[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2022, 21(5): 23-33.
- [15] 曾建中, 李银珍, 刘桂东. 数字普惠金融赋能乡村产业兴旺的作用机理和空间效应研究——基于县域空间动态面板数据的实证检验[J]. 国际金融研究, 2023(4): 39-49.
- [16] 鲁钊阳, 杜雨潼. 数字普惠金融发展促进乡村振兴的实证研究[J]. 金融理论与实践, 2023(3): 47-56.
- [17] 黄卓, 王萍萍. 数字普惠金融在数字农业发展中的作用[J]. 农业经济问题, 2022(5): 27-36.
- [18] 邓楚瑶, 王福友. 数字普惠金融推动农业高质量发展的路径选择——基于黑龙江省农业数字普惠金融案例分析[J]. 审计与经济研究, 2022, 37(6): 117-26.
- [19] 唐建军, 龚教伟, 宋清华. 数字普惠金融与农业全要素生产率——基于要素流动与技术扩散的视角[J]. 中国农村经济, 2022(7): 81-102.
- [20] 方观富, 蔡莉. 数字普惠金融如何影响农业产出: 事实、机制和政策含义[J]. 农业经济问题, 2022(10): 97-112.
- [21] 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.
- [22] 贾舒涵, 梁耀文, 赵顺宏, 等. 山东省智慧农业生产效率空间格局及影响因素分析[J]. 山东农业科学, 2021(8): 143-50.
- [23] 白福臣, 高鹏, 郑沃林. 生态资源赋能乡村共富——数字经济的促进作用[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(6): 263-275.
- [24] 侯建昀, 霍学喜. 信贷可得性、融资规模与农户农地流转——以专业化生产农户为例[J]. 中国农村观察, 2016(6): 29-39.
- [25] 杨林, 赵洪波. 数字普惠金融助力农民增收的理论逻辑与现实检验[J]. 山东社会科学, 2022(4): 149-55.
- [26] 张永奇. 数字普惠金融对农村土地流转的影响及机制研究——来自CFPS与PKU-DFIIC的经验证据[J]. 经济与管理, 2022, 36(3): 30-40.
- [27] 胡小平, 许昊川, 毛雨. 农业适度规模经营研究——概念界定及一个重要的规模差异成因[J]. 四川师范大学学报(社会科学版), 2022(1): 55-62.
- [28] 温忠麟, 叶宝娟. 有调节的中介模型检验方法: 竞争还是替补? [J]. 心理学报, 2014(5): 714-26.
- [29] 谷城, 张树山. 我国物流业智慧化水平的分布动态、空间差异与收敛性[J]. 中国流通经济, 2023, 37(3): 17-31.
- [30] 郭峰, 王靖一, 王芳, 等. 测度中国数字普惠金融发展: 指数编制与空间特征[J]. 经济学(季刊), 2020, 19(4): 1401-1418.
- [31] 李柯言, 陈海鹏, 沈倩岭. 成渝地区双城经济圈科技创新、农业生产效率与城乡收入差距——基于面板数据中介效应模型的检验[J]. 金融发展研究, 2023(2): 61-6.
- [32] 仇童伟, 罗必良. 强化地权能够促进农地流转吗? [J]. 南方经济, 2020(12): 1-18.
- [33] 余英, 范心平. 地方政府科技支出策略互动及对科技进步影响——以广东为例[J]. 地方财政研究, 2018(2): 55-66.
- [34] 宁甜甜. 新发展阶段我国智慧农业: 机遇、挑战与优化路径[J]. 科学管理研究, 2022, 40(2): 131-138.

The Role of Digital Inclusive Finance in Agricultural Intelligence: Based on the Intermediary Role of Technological Innovation and the Regulating Role of Agricultural Operation Scale

CHEN Jia, WANG Deping

(Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621000, Sichuan, China)

Abstract: By constructing the index of agricultural intelligence level and using the dual fixed effect model, this paper empirically tests the effect of digital inclusive finance on smart agriculture. The findings are as follows. From the perspective of direct mechanism, digital inclusive finance has a significant positive promoting effect on smart agriculture. From the perspective of indirect mechanism, technological innovation plays a partial intermediary role in the impact of digital inclusive finance on the development of smart agriculture; The scale of agricultural operation plays a moderating role. Heterogeneity analysis found that digital financial inclusion has regional and dimensional heterogeneity on the development of smart agriculture.

Keywords: digital inclusive finance; agricultural intelligence; fixed effect model