

引文格式: 程慧慧. 数字经济赋能农业现代化影响的效应分析[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2023, 17(5): 66-73. DOI: 10.12371/j.ynau(s).202304021.

数字经济赋能农业现代化影响的效应分析

程慧慧

(吉首大学商学院, 湖南吉首 416000)

摘要: 农业现代化建设是重要的战略部署, 数字经济则是农业现代化建设的必然选择。文章将 2011—2021 年的省级面板数据作为研究对象, 从数字基础设施、数字产业发展、数字普惠金融和数字创新发展四维度 9 个二级指标构建数字综合发展评价体系; 从农业生产、产出、经营及治理四维度 16 个二级指标构建农业现代化综合评价指标体系。结合文献从数字经济赋能农业生产方式、生产效率等多个维度进行理论分析, 运用熵权法测算出各省市数字经济和农业现代化综合发展水平, 利用面板数据模型, 实证检验了数字经济对农业现代化具有明显促进作用, 并在分维度检验中发现数字基础设施对农业现代化发展的边际促进作用最大, 数字创新发展和数字普惠金融次之, 相对最不显著的是数字产业发展对农业现代化发展的边际效应。

关键词: 数字经济; 农业现代化; 熵值法; 赋能

中图分类号: F 320.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-390X(2023)05-0066-08

Analysis on the Effect of Digital Economy Enabling Agricultural Modernization

CHENG Huihui

(Business School, Jishou University, Jishou 416000, China)

Abstract: Agricultural modernization is an important strategic deployment, and digital economy is the inevitable choice of agricultural modernization. This paper took the provincial panel data from 2011 to 2020 as the research object, and constructed a digital comprehensive development evaluation system from nine secondary indexes in four dimensions, digital infrastructure, digital industry development, digital inclusive finance and digital innovation development. The comprehensive evaluation index system of agricultural modernization was constructed from 16 secondary indexes from four dimensions of agricultural production, output, management and governance. Based on the literature, this paper made theoretical analysis from multiple dimensions such as digital economy enabling agricultural production mode and production efficiency, calculated the comprehensive development level of digital economy and agricultural modernization in each province and city by using entropy weight method, and empirically tested that digital economy had an obvious promoting effect on agricultural modernization by using panel data model. It was found that the marginal promoting effect of digital infrastructure on agricultural modernization development was the largest, followed by digital innovation development and digital inclusive finance. The marginal effect of digital industry development on agricultural modernization development was relatively least significant.

收稿日期: 2023-04-13

修回日期: 2023-06-06

基金项目: 湖南省西部经济研究基地开放基金项目“数字经济赋能农业现代化机理、效应及其优化路径研究”(XBJJ2201)。

作者简介: 程慧慧(1997—), 女, 湖北黄石人, 硕士研究生, 主要从事农业经济的研究。



Keywords: digital economy; agricultural modernization; entropy method; enabling

实现农业现代化是全面建成小康社会、实现社会主义现代化强国的必然要求，是解决“三农”问题的关键举措，同时也是进一步深化乡村振兴的重要战略部署。2021年2月21日，中央一号文件《中共中央国务院关于全面推进乡村振兴加快实现农业现代化的意见》中又一次强调指出，民族要复兴，乡村必振兴，要坚持把解决好“三农”问题作为全党工作重中之重，把全面推进乡村振兴作为实现中华民族伟大复兴的一项重大任务，举全党全社会之力加快农业农村现代化，让广大农民过上更加美好的生活。在我国大力支持和政策引导下，农业现代化取得了一定成效。随着科学技术的进步和经济的快速发展，农业现代化的发展对农村劳动者素质技能、生产方式、产业结构优化和升级等方面都提出了新的要求和挑战，同时也让我们看到农业现代化发展新机遇。数字作为新时代的第四大生产要素，其可交易性、非均质性、边际成本为零以及强依附性的经济特点^[1]使其可以突破农业产业地域时空的约束^[2]，以较低的成本最大地实现经济效用，充分发挥数字红利消除信息不对称，提升劳动者素质技能、发展生产力^[3]，改革农业生产方式、优化产业结构、提高农产品质量^[4]，运用数字的普惠性缓解农业产业的资金约束^[5]等方面发挥着重要作用。刘海启认为在乡村振兴和大数据战略发展的大背景下，数字赋能农业是两大战略融合发展的必然要求和根本途径，发展将数字作为关键要素、土地作为核心要素的数字农业是今后发展的关键点^[6]。易加斌等基于创新生态系统理论，探讨了在国家的政策倡导、产业整合和融合发展的必要性、新型农业经营主体与科技企业合作以及消费者需求三个方面推动农业数字化转型^[7]。

目前已有众多学者就数字经济、农业现代化等方面做了详细研究。不难发现，对于农业现代化和数字经济分开研究较多，主要从测度数字经济、农业现代化综合水平^[8-11]；数字经济概念、特点以及可赋能的特质性^[12]；有学者从理论层面上分析数字经济、数字作为生产要素促进农业产业结构优化、农业高质量发展以及经济增长等^[4,13-14]；少部分文献解释了数字经济赋能农业现代化的作用机制，但缺少客观数据支撑；鲜少有文献用客

观数据解释数字经济赋能农业现代化作用机制^[15-16]。因此，本文尝试解释以下问题：数字经济赋能农业现代化的作用机制，以及如何进一步释放数字经济赋能效应。本文根据已有文献建立数字经济、农业现代化综合评价指标，采用熵权法将数字经济、农业现代化各指标进行赋权，对2011—2021年我国31个省区市数据进行分析，根据熵权法求得的权重计算得出各省份数字经济、农业现代化综合得分，最后构建面板数据进行固定效应回归，研究数字经济对农业现代化的影响。

一、理论分析

农业现代化是巩固脱贫攻坚、实现乡村振兴的必然选择，是缩小城乡收入差距，实现城乡一体化发展的战略支撑。在大力推进乡村振兴的背景下，农业现代化显得尤为重要。根据已有文献将农业现代化划分为农业生产现代化、农业产出现代化、农业经营现代化和农业治理现代化^[15]。

本文将现有研究数字经济赋能农业现代化总结为赋能农业生产现代化、农业产出现代化、农业经营现代化及农业治理现代化。

（一）数字经济促进农业生产现代化

数字经济赋能农业生产现代化主要体现在改革生产方式和提高生产效率两个方面。首先，数字经济和农业现代化存在高度一致性和耦合性。高度一致性表现在数字经济是运用数字技术推动生产力发展，农业现代化则是运用现代技术推动农业生产力发展，两者均是一种现代技术推动生产发展的过程；耦合性表现在广泛的数字技术的运用，将促进农业产业的数字技术运用，数字经济所具有的数字化和智能化为农业现代化的快速发展奠定了基础，两者在发展过程中相互促进存在耦合性。其次，数字经济推动农业生产方式向智能化转型、提高生产效率和产品质量发展。数字技术的广泛使用改变了传统手工劳作，解放了农民的双手，实现生产方式的自动化和智能化；同时在结合最新的市场动态变化和气候变化的基础上通过数据分析预测未来市场农产品供需变动并做出最优决策，可以实现产业利润最大化提高生产效率；在生产过程中，运用数字监控技

术,对农产品生产环境,包括土壤、温度、水质、虫害、肥力等方面进行严格控制和监管,生产出高质量、绿色无污染的农产品。最后,数字经济可以通过互联网的广泛使用使得农民掌握更多的市场变动信息,减少信息不对称带来的一系列问题,从而提高生产效率。

综上所述,数字经济的快速发展为农业现代化转型提供了良好的基础,这不仅有助于加快农业生产方式的机械化和智能化,还有助于最大化农民、土地的生产效率,提高产品质量。

(二) 数字经济赋能农业产出现代化

数字经济赋能农业产出现代化可以从生产规模化和农户聚集两方面实现产出规模现代化。首先,数字经济可以通过严格的市场分析和技术评定,根据当地市场规模,消费者群体,生产基地的土地面积、肥力、气候等选择最适合当地的发展模式,并通过数字技术使生产规范化、标准化。其次,我国农业生产具有“小、分、散”的基本特点,数字经济在国家政策的带动和支持下,农业可以利用数字经济将全体农户聚集起来,实现农业的规模生产;同时利用公开透明的数字智慧平台让所有参与者了解到各个生产环节、销售环节,使土地的生产能力和农户的收益最大化,从而实现农业产出规模现代化。

(三) 数字经济赋能农业经营现代化

数字经济赋能经营现代化主要体现在赋能经营主体和经营方式。数字经济助推农业经营现代化,主要体现在两个方面。一是数字经济共享、低成本、低门槛的特点使得农业劳动者可以以较低成本接受专业的技能、知识培训,而无处不在的网络也使得新思想变成了人们的共识,从而整体性提高了劳动者的主体意识、创新意识。同时数字经济促进农业产业生产效率和利润率的提高,从而吸引了更多年轻劳动者参与农业生产。二是数字经济助力经营方式的现代化,数字经济不光可以拓宽传统农业的销售渠道和销售市场,利用发达的物流和信息技术将原本局限于部分地区的农产品销售向全国甚至是整个世界。同时,还可以广泛采集信息进行大数据分析,充分挖掘产品价值,生产出能够满足消费者需求的创新产品。

(四) 数字经济赋能农业治理现代化

农业的主体是农民,但是农业现代化的实现光靠农民的努力显然是不够的。因此,政府的引

导和治理同样在农业现代化的实现中起到举足轻重的作用。农业治理现代化的主体在于政府,政府对于农业现代化的引导及其治理将是农业现代化治理的主要评判标准。首先,数字经济赋能政府对于农业现代化的引导方面主要体现在数字技术的广泛使用,政府可以通过多媒体、大数据等数字技术对农业绿色发展、农业可持续发展宣传引导,以及农业和机械方面知识的广泛学习;同时还可以通过数字技术的先行示范作用,让农民更好更快地学会并利用机械投入农业生产。其次,数字赋能政府治理主要在于农业绿色治理和农业可持续治理两个方面。政府可以利用数字技术和科学的评价标准,对生产要素使用情况以及农民生产过程中出现的种种科学可行以及不科学不可持续的做法进行分析处理,例如:畜牧业的发展就需要政府的严格把控,政府要清楚地计算出草地可持续化发展的放牧阈值以及牧民每年实现的最大收益的放牧量,从而避免出现共公地悲剧现象;渔业同样需要根据当地情况,了解鱼类生命周期,确定最佳捕鱼期限和最佳捕鱼量,以杜绝出现“绝户网”这种不可持续发展现象;此外,农产品生产过程中减少化肥、农药的使用,土地酸碱度、盐碱性和水土流失治理均需要政府的广泛普及和大力引导,这同样需要依托于数字技术的精准测量和科学评估。因此,政府可以通过数字技术更好地实现农业绿色、可持续化治理,从而实现农业治理现代化。

二、研究设计

(一) 模型构建

$$ARG_{ai} = \beta_0 + \beta_1 D_{ai} + \beta_2 X_{ai} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$ARG_{ai} = \beta_0 + \beta_1 DJ_{ai} + \beta_2 DC_{ai} + \beta_3 DX_{ai} + \beta_4 DH_{ai} + \beta_2 X_{ai} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式(1)(2)中, ARG_{ai} 表示 α 省市*i*年的农业现代化综合评分; D_{ai} 表示 α 省市第*i*年的数字经济综合发展水平, DJ_{ai} 表示 α 省市第*i*年的数字基础设施建设综合评分, DC_{ai} 表示 α 省市第*i*年的数字产业发展综合评分, DH_{ai} 表示 α 省市第*i*年的数字普惠金融综合发展评分, DX_{ai} 表示 α 省市第*i*年的数字创新发展综合评分, X_{ai} 表示为一系列的控制变量, ε_{it} 表示为模型的误差项。

(二) 变量选择

1. 被解释变量

农业产业现代化综合评价指标。在已有研究基础上，结合相关数据的可获得性，从农业生产现代化、农业产出现代化、农业经营现代化和农业治理现代化 4 个方面构建一级指标。其中，农业生产现代化主要从生产方式和生产效率两方面选取二级指标；农业产出现代化、农业经营现代化分别从生产水平、经营管理能力来选取二级指标；农业治理现代化则从绿色治理和政策支持两方面构建二级指标。

为了量化分析农村农业现代化发展水平，本文利用熵权法确定各指标权重，首先，对数据进行无量纲化，具体模型如下：

$$\text{正向指标: } x_{aij}^* = \frac{x_{aij} - \min(x_{aij})}{\max(x_{aij}) - \min(x_{aij})} \quad (3)$$

$$\text{负向指标: } x_{aij}^* = \frac{\max(x_{aij}) - x_{aij}}{\max(x_{aij}) - \min(x_{aij})} \quad (4)$$

式 (3) (4) 中， x_{aij} 表示 α 省市第 i 年第 j 个指标的原始值 ($i, j = 1, 2, 3, \dots, m$)， x_{aij}^* 表示无量纲化处理之后的 α 省市第 i 年第 j 个指标的值， $\max(x_{aij})$ 表示 α 省市第 i 年第 j 个指标的最大值， $\min(x_{aij})$ 表示 α 省市第 i 年第 j 个指标的最小值。

其次，确定权重。计算 α 省市第 j 项指标的第 i 年的值在该指标中所占的比重：

$$p_{aij} = \frac{x_{aij}^*}{\sum_{\alpha=1}^s \sum_{i=1}^n x_{aij}^*} \quad (5)$$

α 省市第 j 项指标的信息熵：

$$e_{\alpha j} = -\frac{1}{\ln(n \times s)} \sum_{\alpha=1}^s \sum_{j=1}^n p_{aij} \ln p_{aij} \quad (6)$$

计算差异系数：

$$g_{\alpha j} = 1 - e_{\alpha j} \quad (7)$$

计算权重：

$$w_{\alpha j} = \frac{g_{\alpha j}}{\sum_{j=1}^n g_{\alpha j}} \quad (8)$$

具体指标体系和权重见表 1。

2. 核心解释变量

数字经济综合发展水平。本文借鉴了吴丹丹等的数字经济综合发展指标体系构建^[17]，如表 2。并运用上文介绍的熵权法对各指标进行赋权，计算各省数字经济综合得分。具体指标体系和权重见表 2。

3. 控制变量

在核心解释变量的基础上，结合过往研究文献^[16-19]，从农业现代化影响因素的角度出发，选择以下控制变量。

农业生产设备投入 (AT)。农村居民个人农业生产设备投入越多，说明农户有意使用生产工

表 1 农业产业现代化综合发展指标体系

一级指标	二级指标	指标解释	权重	类型
农业生产现代化	有效灌溉面积比率/%	有效灌溉面积/农作物总播种面积	0.0683	+
	农业机械总动力/万kW·h	农业机械总动力	0.1149	+
	农业电气化程度/[元·(kW·h) ⁻¹]	第一产业增加值/农村用电总量	0.0933	+
	劳动生产率/(亿元·万人 ⁻¹)	第一产业增加值/第一产业从业总人数	0.0578	+
	土地生产率/(亿元·hm ⁻²)	第一产业增加值/农作物总播种面积	0.0982	+
	农机生产率/[亿元·(kW·h) ⁻¹]	第一产业增加值/农业机械化总动力	0.0679	+
农业产出现代化	农业总产值/亿元	农林牧渔业总产值	0.0909	+
	劳均产值/(亿元·万人 ⁻¹)	农林牧渔总产值/第一产业从业总人数	0.0596	+
	粮食单产/(万吨·千hm ²)	粮食作物总产量/粮食总播种面积	0.0131	+
农业经营现代化	农林牧渔业增加值/亿元	农林牧渔业增加值	0.0914	+
	农村居民人均可支配收入/元	农村居民人均可支配收入	0.0612	+
	农业防灾率/%	1 - (农作物成灾面积/农作物播种面积)	0.0110	+
农业治理现代化	化肥耗用率/(kg·hm ⁻²)	化肥施用量/农作物总播种面积	0.0193	-
	农药耗用率/(kg·hm ⁻²)	农药施用量/农作物总播种面积	0.0073	-
	水土流失治理面积/万hm ²	水土流失治理面积	0.1020	+
	支农财政支出比率/%	农林水事务支出/一般财政预算支出	0.0438	+

表 2 数字经济综合评价指标体系

一级指标	二级指标	指标解释	权重	类型
数字基础设施	宽带互联网普及率	每百人互联网宽带接入用户数 (万户/每百人)	0.0514	+
	移动电话普及率	每百人移动电话年末用户数 (个/每百人)	0.1349	+
数字产业发展	信息产业发展	计算机服务、软件从业人员比率 (%)	0.1856	+
	电信产业发展	人均电信业务收入 (万元/人)	0.0514	+
	电商产业发展	人均邮政业务收入 (万元/人)	0.2764	+
数字普惠金融	数字普惠金融覆盖广度	数字普惠金融覆盖广度指数	0.0405	+
	数字普惠金融使用深度	数字普惠金融使用深度指数	0.0629	+
	数字普惠金融数字化程度	数字普惠金融数字化程度指数	0.0286	+
数字创新潜力	数字创新要素支撑	科学技术支出 (万元)	0.1683	+

具提高生产效率,则农业生产效率越高,因而农村居民个人农业生产设备投入与农业现代化呈正相关。

农村基础设施建设 (JS)。基础设施是经济发展的基础,良好的基础设施反映的是产业发展的良好态势。本文运用公路里程数来测度基础设施建设水平。

农村平均受教育年限 (PE)。农业劳动者是农业生产的主体,是推动农业现代化发展的关键。因此,农业劳动者素质技能高低会影响农业智能化、机械化的推进,进而推动农业现代化发展。本文用人均受教育年限来反映农村人力资本。该指标的计算方法为:

$$\text{平均受教育年限} = (\text{小学人口数} \times 6 + \text{初中人口数} \times 9 + \text{高中人口数} \times 12 + \text{大专及以上学历人口数} \times 16) / \text{6岁及6岁以上人口数} \quad (9)$$

(三) 数据来源

本文选取的是 2011—2021 年我国 31 个省区市 (由于数据缺失,不含港澳台) 的相关数据。数据来源《中国国家统计局》《中国三农统计年鉴》《中国教育年鉴》《中国第三产业统计年鉴》《中国财政年鉴》《中国区域经济统计年鉴》、各省份统计年鉴,其中数字普惠金融来源于北京大学数字金融研究中心和蚂蚁集团研究院的研究团队编制的“北京大学数字普惠金融指数”中的数字普惠金融覆盖广度、数字普惠金融使用深度、数字普惠金融数字化程度三个指数,部分数据缺失采用线性插值法和数据年平均增长率对其进行补充。为缓解异方差对估计结果的影响,本文对人均教育年限、农村基础设施建设和农村居民个人对农业生产设备投入取对

数处理,分别用 $\ln PE$ 、 $\ln JS$ 、 $\ln AT$ 来表示。

三、实证分析

(一) 基准回归分析

1. 平稳性检验

为提高模型的精确度,同时避免模型中可能出现“伪回归”,根据有关文献研究。需要对核心变量进行单位根检验,本文主要选取 HT、IPS 两种检验方法,结果如表 3 所示。由表 3 可知,对 ARG、D 进行一阶差分后有 D_ARG 、 D_D ,序列 D_ARG 、 D_D 均在 1% 的显著性水平上拒绝了有单位根的原假设,故表明 ARG、D 是一阶单整。

2. 整体回归结果分析

首先对 (1) 式分别采用不加控制变量的固定效应模型 (模型 1)、OLS 模型 (模型 2)、固定效应模型 (模型 3) 和随机效应模型 (模型 4) 进行估计,以检验数字经济对农业现代化发展的促进作用,结果如表 4。由模型 1 的结果知道,在不加入控制变量的情况下,数字经济对于农业现代化发展的影响系数是 0.658,且在 1% 的显著性水平下通过了检验,这充分表明数字经济对农业现代化具有一定的正向促进作用。在不考虑地区差异时,加入控制变量 (模型 2),数字经济对农业

表 3 核心变量的平稳性检验结果

检验方法	HT	IPS
ARG	3.4602	-1.0781
D	3.5014	-0.4156
D_ARG	-13.3402***	-2.6901***
D_D	-15.8985***	-2.2574***

注: *、**和***分别表示显著性水平为 10%、5%和 1%,下同。

表 4 数字经济对农业现代化效应的估计结果

项目	模型1	模型2	模型3	模型4
D	0.658*** (8.06)	0.569*** (15.01)	0.514*** (8.88)	0.602*** (10.8)
lnPE		0.052* (2.25)	0.028*** (4.02)	0.035*** (4.34)
lnJS		0.047*** (8.22)	0.182*** (12.85)	0.089*** (7.92)
lnAT		0.012*** (3.37)	-0.002 (-0.5)	-0.001 (-0.36)
Con	0.189*** (17.82)	-0.503*** (-6.16)	-1.979*** (-4.55)	-0.917*** (-6.75)
地区控制	是	否	是	是
N	341	341	341	341
R ²	0.6924	0.5899	0.7878	0.5562

注：括号内为t值，下同。

现代化仍然具有显著促进作用。考虑地区差异，并加入控制变量进行估计，模型 3 和模型 4 结果表明，数字经济对农业现代化发展依然存在显著的推动作用。从上述 4 个模型的检验结果可以看出来，数字经济可以促进农业现代化发展。同时我们可以看到，在全国范围内，农村基础设施建设、农村人力资本对农业现代化发展的促进作用是显著的，而农业生产设备投入对农业现代化发展的影响是不确定的。

3. 数字经济发展各维度对农业现代化发展影响分析

由于数字经济综合发展指数是由数字基础设施、数字产业发展、数字普惠金融和数字创新发展 4 个维度构成，因此进一步分析数字经济各维度对农业现代化发展影响。分别用固定效应模型和随机效应模型估计，估计结果如表 5 所示。结果表明，数字经济基础设施、数字产业发展、数字普惠金融和数字创新发展的提高均有利于农业现代化发展。

(1) 数字基础设施 (DJ)。回归结果表明数字基础设施能够显著促进农业现代化发展。数字

基础设施强调的是地区间良好的基础设施建设水平，是经济发展的基础。数字经济的发展要求对基础设施提出更高的要求，从而进一步推进地区基础设施，促进农业农村现代化发展。这也就启示政策应当大力支持并优化地方基础设施建设，以加快实现农业农村现代化发展。

(2) 数字产业发展 (DC)。回归结果显示数字产业发展显著促进了农业现代化发展，数字经济产业发展的本质是数字产业发展的需求与前景。这说明，数字产业的蓬勃发展会有效满足其他产业的部分有效需求，并可以有效突破其他产业当前发展困境。例如：数字产业的蓬勃发展，运用物流运输可以极大突破时空界限，充分利用网络快速传播以及零边际成本的特点极大减少信息不对称等问题，从而推动其他产业的现代化发展并提高利润。不光要大力发展数字产业，还要积极倡导其他产业劳动者素质技能的提高，从而能够将数字效用发挥到最大。

(3) 数字普惠金融 (DH)。回归结果显示数字普惠金融也极大地促进了农业现代化发展。数字普惠金融强调的是普惠，是指原先难以获得

表 5 分维度检验：数字经济对农业现代化的影响

解释变量	模型5		模型6		模型7		模型8	
	固定效应	随机效应	固定效应	随机效应	固定效应	随机效应	固定效应	随机效应
DJ	2.017** (3.08)	2.716** (2.70)						
DC			0.814*** (5.96)	1.070*** (5.94)				
DH					1.962*** (6.68)	2.105*** (10.30)		
DX							1.448** (3.35)	1.947*** (3.35)
Col	√	√	√	√	√	√	√	√
N	341	341	341	341	341	341	341	341
R ²	0.6585	0.4746	0.7374	0.4781	0.7629	0.5261	0.6821	0.3892

金融支持的偏远地区和人群也即：农村、农户，在数字金融的发展下也能够享受到同等的金融服务，这样的普惠优势也就有效促进了农业农村的现代化发展。要大力支持并鼓励农村地区的金融发展，使农业、农村和农户能够充分享受相应的金融服务。

(4) 数字创新发展 (*DX*)。回归结果同样显示数字创新发展显著促进农业现代化发展。数字创新发展强调的是创新，创新是产业发展的活化剂。政府部门要重视发挥大数据、云计算等创新技术在农业产业的作用，实现农业现代化发展。

4. 内生性处理

借鉴原有文献研究处理内生性的方法和思路，利用数字经济的两种工具变量进行两阶段最小二乘估计，以克服基准回归中的内生性问题。

一种是用数字经济的一阶滞后项和一阶差分的乘积构建工具变量 (*iv_D*)。另外一种则是用数字普惠金融发展总指数作为工具变量 (*iv_PHJR*)，由于数字经济与数字普惠金融存在显著相关关系，数字经济的快速发展将极大推动地方数字普惠金融的发展，因此数字普惠金融总指数高的地区其数字经济发展也较好。故选取数字普惠金融总指数作为工具变量满足相关性要求。具体估计结果见表 6。

模型 9 在第一阶段的回归中，工具变量与数字经济之间的相关性显著不为零，说明工具变量与内生变量高度相关，第二阶段回归中数字经济的系数为 0.327 且在 1% 的显著性水平下通过检验，与上述基准回归结果的符号和显著性保持一致，故说明数字经济能显著促进农业现代化的回归结果是可靠的。模型 10 第一阶段也表明工具变

量与数字经济存在一定正相关关系，第二阶段回归结果显著为正。从两个工具变量模型的估计结果可以看出，与上述基准回归结果的符号和显著性基本保持一致，数字经济对农业现代化发展具有促进作用。

5. 稳健性检验

考虑各省区市数字经济发展水平和农业现代化发展存在极大差异性，这些差异可能会导致结果不稳健，此处仅保留中国十个农业大省进行估计，结果见表 7。由表 7 可知，仅保留农业大省进行三种估计检验，其结果也是显著的，这说明数字经济对农业现代化发展具有促进作用。

四、结论与启示

本文在理论分析的基础上，以我国 31 个省市 2011—2021 年的数据作为研究对象进行分析，运用不同的实证方法验证了数字经济对农业现代化的促进作用，本文的研究结论如下。

第一，数字经济促进了农业现代化发展。从整体上来看，数字经济有利于农业现代化发展。数字经济的发展不光有助于改革农业生产方式、提高生产效率、促进产业融合，还有助于发挥数字技术的溢出效应提高农业劳动者的素质技能。这些也就分别表现为数字经济对农业生产现代化、农业产出现代化、农业经营现代化的显著促进作用。

第二，从数字经济的分维度来看，数字基础设施、数字产业发展、数字普惠金融以及数字创新发展均有效促进了农业现代化发展。但不同维度对农业现代化的影响效应也存在差异，其中数字基础设施对农业现代化发展的边际促进作用最

表 6 工具变量估计结果

项目	模型9		模型10	
	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
D		0.327*** (3.36)		0.702*** (13.09)
iv_D	6.553*** (7.53)			
iv_PHJR			0.001*** (16.75)	
lnPE	0.138*** (4.64)	0.090*** (3.09)	0.067* (2.12)	0.028 (1.18)
lnJS	0.008 (1.00)	0.051*** (9.26)	0.003 (0.54)	0.046*** (9.09)
lnAT	-0.015** (-3.17)	0.007 (1.54)	-0.015*** (-4.40)	0.014*** (3.69)
Con	-0.222* (-2.02)	-0.576*** (-6.77)	-0.150 (-1.38)	-0.462*** (-5.60)
N	292	292	341	341
R ²	0.3032	0.5230	0.6620	0.5739

表7 仅保留十个农业大省的估计结果

项目	模型1	模型3	模型4
	OLS	固定效应	随机效应
D	0.484*** (9.90)	0.577*** (5.10)	0.563*** (5.91)
Col	√	√	√
地区控制	否	是	是
N	110	110	110
R ²	0.7031	0.8017	0.7987

大，数字创新发展和数字普惠金融次之，相对最不显著的是数字产业发展对农业现代化发展的边际效应。基础设施边际促进作用最大的主要原因可能在于，农业生产地普遍存在基础设施落后的现象，基础设施作为产业发展的基础，在发展初期，大量基础设施的完善势必会带来较大的边际效应。数字产业发展的边际促进作用最小的主要原因在于，数字产业发展仍然没有很好地融合到农村地区、农业发展，始终面临着“不知谁来融合”“不知怎么融合”的问题。

因此，应该进一步了解当前我国农业现代化发展面临的困境，结合数字发展寻找符合中国式农业现代化的发展路径，突破地域、时空和人才的限制。

[参考文献]

- [1] 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. DOI: 10.3969/j.issn.0257-2826.2021.12.008.
- [2] 何宏庆. 数字金融助推乡村产业融合发展: 优势、困境与进路 [J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2020, 20(3): 118. DOI: 10.13968/j.cnki.1009-9107.2020.03.14.
- [3] 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. DOI: 10.16528/j.cnki.22-1054/f.202209113.
- [4] 鲁钊阳, 杜雨潼. 数字经济赋能农业高质量发展的实证研究 [J]. 中国流通经济, 2022, 36(11): 3. DOI: 10.14089/j.cnki.cn11-3664/f.2022.11.001.
- [5] 周月书, 笕钰婕, 于莹. “互联网+农业产业链”金融创新模式运行分析: 以大北农生猪产业链为例 [J]. 农业经济问题, 2020(1): 94. DOI: 10.13246/j.cnki.iae.2020.01.010.
- [6] 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, 38(12): 1.
- [7] 易加斌, 李霄, 杨小平, 等. 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. DOI: 10.13246/j.cnki.iae.20210603.002.
- [8] 万晓榆, 罗焱卿. 数字经济发展水平测度及其对全要素生产率的影响效应 [J]. 改革, 2022(1): 101.
- [9] 伍国勇, 庞国光, 汤钧惠, 等. 中国乡村数字经济发展水平的测度、区域差异及时空演变 [J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2022, 23(4): 15. DOI: 10.13331/j.cnki.jhau(ss).2022.04.002.
- [10] 钱佰慧, 陈思霖, 徐洋, 等. 农村现代化水平评价指标体系构建与测度分析 [J]. 农业经济与管理, 2021(6): 39. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9189.2021.06.005.
- [11] 辛岭, 郝汉. 我国农业现代化发展水平评价方法研究 [J]. 农业现代化研究, 2022, 43(5): 747. DOI: 10.13872/j.1000-0275.2022.0070.
- [12] 胡东兰, 夏杰长. 数据作为核心要素的理论逻辑和政策框架 [J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2023, 43(2): 107. DOI: 10.15896/j.xjtuskxb.202302011.
- [13] 郭朝先, 苗雨菲. 数字经济促进乡村产业振兴的机理与路径 [J/OL]. 北京工业大学学报(社会科学版): 1-11 [2022-11-21]. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=3uoqIhG8C44YLTIOAiTRKibY1V5Vjs7ioT0BO4yQ4m_mOgeS2ml3UEMYR xrYYG3juGMOofXhxtBeVRwkrVjkGALcIWfR2TM_&uniplatform=NZKPT.
- [14] 李晓钟, 杜添豪. 数字经济对区域经济增长及其收敛性的影响 [J]. 统计与决策, 2022, 38(21): 19. DOI: 10.13546/j.cnki.tjyjc.2022.21.004.
- [15] 管辉, 雷娟利. 数据要素赋能农业现代化: 机理、挑战与对策 [J]. 中国流通经济, 2022, 36(6): 72. DOI: 10.14089/j.cnki.cn11-3664/f.2022.06.008.
- [16] 焦青霞, 刘岳泽. 数字普惠金融、农业科技创新与农村产业融合发展 [J]. 统计与决策, 2022, 38(18): 77. DOI: 10.13546/j.cnki.tjyjc.2022.18.015.
- [17] 吴丹丹, 冯学钢, 马仁锋, 等. 数字经济发展对旅游业全要素生产率的非线性效应 [J]. 旅游学刊, 2023, 38(2): 47. DOI: 10.19765/j.cnki.1002-5006.2022.00.036.
- [18] 于正松, 李同昇, 龙冬平, 等. 陕、甘、宁三省(区)农业现代化水平格局演变及其动因分析 [J]. 地理科学, 2014, 34(4): 411.
- [19] 程美秀, 陈秧分. 国际比较视角下中国农业现代化成效评估与影响因素分析 [J]. 资源科学, 2022, 44(10): 1994. DOI: 10.18402/resci.2022.10.04.