

doi:10.3969/j.issn.1000-7695.2025.19.017

数字经济对我国乡村全面振兴的影响

——基于机器学习的实证分析

魏 峰, 姚欣茹

(安徽大学大数据与统计学学院, 安徽合肥 230601)

摘要: 为助力我国乡村全面振兴战略的实施和落地, 有必要厘清数字经济对我国乡村全面振兴的影响机制。首先, 基于 2012—2022 年我国 30 个省份的面板数据, 利用熵值法测度各省份每年的数字经济水平和乡村全面振兴水平。其次, 建立固定效应模型考察数字经济对乡村全面振兴的影响, 从科技创新和人才培养两个不同视角构建中介效应模型, 探究数字经济对乡村全面振兴的影响机制。再次, 利用机器学习模型研究数字经济对乡村全面振兴的非线性影响效应, 揭示数字经济在不同发展阶段对乡村全面振兴的动态影响。最后, 预测各省份 2022—2027 年的数字经济水平和乡村全面振兴水平, 探究其未来的发展趋势。研究结果表明: 数字经济对乡村全面振兴有显著推动作用; 数字经济通过促进科技创新和人才培养推动乡村全面振兴的发展; 数字经济对乡村全面振兴的影响存在区域异质性; 数字经济对乡村全面振兴存在非线性效应; 数字经济水平和乡村全面振兴水平在时间维度上呈现出增长方向的一致性, 但不同省份之间存在“数字鸿沟”。为此, 应促进科技与人才的“双轮”驱动, 选择具有代表性的乡村作为数字乡村的试点, 同时建立动态监测和评估机制, 不断调整和创新乡村全面振兴策略。

关键词: 数字经济; 乡村全面振兴; 科技创新; 数字人才; 机器学习; “数字鸿沟”

中图分类号: F323.3; F49; G301

文献标志码: A

文章编号: 1000-7695 (2025) 19-0165-11

The Impact of the Digital Economy on All-Round Rural Vitalization in China: An Empirical Analysis Based on Machine Learning

Wei Feng, Yao Xinru

(School of Big Data and Statistics, Anhui University, Hefei 230601, China)

Abstract: Against the backdrop of China's vigorous advancement of the all-round rural vitalization strategy, clarifying the impact mechanism of the digital economy on all-round rural vitalization is not only key to optimizing rural development paths, but also provides essential support for promoting the high-quality integration of digital economy and rural development. To fill this research gap, this study conducts an empirical analysis using panel data from 30 regions in China spanning the period 2012–2022. First, the entropy weight method is adopted to measure the annual digital economy level and all-round rural vitalization level of each region. Second, a fixed-effects model is constructed to empirically examine the direct impact of the digital economy on all-round rural vitalization, while mediating effect models are established from the two perspectives of technological innovation and talent cultivation to deeply explore the indirect paths through which the digital economy influences all-round rural vitalization. Third, machine learning models are applied to analyze the nonlinear impact effects of the digital economy on all-round rural vitalization, revealing the dynamic changes in the role of the digital economy at different development stages and providing a more comprehensive interpretation of the relationship between the two. Finally, the ARIMA time series forecasting model is used to predict the digital economy level and all-round rural vitalization level of each region from 2022 to 2027, and to explore their future development trends. The research findings are as follows: (1) The digital economy exerts a significant positive driving effect on all-round rural vitalization. (2) The digital economy promotes the development of all-round rural vitalization through two mediating paths: technological innovation and talent cultivation. (3) There exists regional heterogeneity in the impact of the digital economy on all-round rural vitalization. The digital economy has a more significant promoting effect on all-round rural vitalization in eastern and western regions, while its effect in central regions is relatively less prominent. (4) The impact of the digital economy on all-

收稿日期: 2024-10-08, 修回日期: 2024-12-06

round rural vitalization presents a nonlinear, "N"-shaped curve. At the initial stage of digital economy development, its promoting effect is pronounced; once it reaches a certain threshold, the marginal contribution diminishes; however, with further technological innovation and institutional adjustments, the promoting effect strengthens again. (5) From the perspective of development trends, the digital economy level and all-round rural vitalization level of various regions show consistency in the direction of growth over time. However, there is an obvious "digital divide" between different regions, reflecting the imbalance in regional rural development. In response to the above research findings, this study puts forward corresponding policy recommendations: deepen the construction and development of digital infrastructure to promote the integrated development of the digital economy and traditional agriculture; advance the "dual-drive" of technology and talents to stimulate the innovative vitality of all-round rural vitalization; implement regionally differentiated strategies to promote the targeted role of the digital economy in all-round rural vitalization across different regions; deepen the pilot and demonstration work of digital villages and establish a dynamic monitoring and evaluation mechanism; enhance digital literacy across the population to help bridge the "digital divide".

Key words: digital economy; all-round rural vitalization; technological innovation; digital talents; machine learning; "digital divide"

0 引言

随着全球经济一体化的加速发展和信息技术的迅猛进步,乡村全面振兴战略已成为中国实现全面现代化的关键一环。近年来,中国政府高度重视乡村全面振兴。2025年1月,国务院印发的《乡村全面振兴规划(2024—2027年)》,标志着我国乡村迈入了全面振兴的新阶段,这意味着乡村振兴不再局限于某个单一领域或某个特定阶段,而是要实现农村经济建设、政治建设、文化建设、社会建设、生态文明建设和党的建设的全方位协同推进,实现农业全面升级、农村全面进步、农民全面发展。在这一过程中,数字经济的兴起为乡村全面振兴注入了新的活力,成为推动乡村高质量发展的重要动力。《中国数字乡村发展报告(2022年)》显示,自2019年《数字乡村发展战略纲要》发布以来,我国农村数字化建设取得了显著成效。《2024年数字乡村发展工作要点》提出,到2024年年底,农村宽带接入用户数量突破2亿户,农村地区互联网普及率提升2个百分点,农产品电商网络零售额突破6300亿元,农业生产信息化率进一步提升,培育了一批既懂农业农村、又懂数字技术的实用型人才,打造了一批示范性强、带动性广的数字化应用场景^[1]。我国乡村治理数字化水平稳步提高,乡村数字普惠服务不断深化;同时,农民数字素养与技能也在持续提升,促使乡村数字经济新业态、新模式不断涌现^[2]。随着乡村建设的不断推进,乡村网络文化发展态势愈发良好,数字乡村发展环境持续优化,智慧绿色乡村建设更是迈出了坚实步伐。这些进展不仅为乡村带来了新的经济增长点,也为农民提供了更加便捷的生活服务,增强了乡村的吸引力和竞争力。由此可见,数字经济正在以其强大的创新能力和广泛的应用场景,深刻改变着农业生产、乡村治理、文化传承和居民生活。

然而,数字乡村建设助推乡村全面振兴的过程中也面临诸多挑战,集中体现为农业数字化渗透率偏低、城乡创新要素资源配置失衡、乡村数字基础设施发展不均衡,以及农业经营主体对数字技术的掌握能力薄弱等诸多方面^[3]。基于此,本文实证研究数字经济对乡村全面振兴的影响及其作用机制,以期为我国数字经济与乡村全面振兴的有效融合提供理论和实践支持,进而助力我国乡村全面振兴战略的实施和落地。

1 文献综述

当前,我国乡村发展依旧面临着部分突出问题,包括县域城乡发展不平衡突出、农业现代化发展水平偏低、农村存在规模性返贫风险、农民保障性民生建设滞后等^[4]。王杰^[5]指出我国乡村发展动力结构存在的问题,包括政府高度集权管理机制使乡村发展动力结构处于困境之中,农户驱动力的裂变效益依然存在,以及乡村企业驱动力具有很强的聚散性等。

数字经济的兴起为我国乡村全面振兴战略的实施提供了新的解决方案和增长点。郭远智等^[6]认为,中国1978—2050年的乡村发展可划分为解决温饱、小康建设和实现富裕3个主要阶段,而乡村全面振兴本质上是乡村转型发展的一个特殊阶段,是乡村发展演化到一定阶段后,为解决其当前面临的一系列问题,推动乡村向更高层次迈进的战略选择。在发展路径方面,张森等^[7]指出,数字经济的创新是实现经济高质量发展的关键,强调中国应坚持以理论创新为先导、文化创新为底蕴、技术创新为动力和制度创新为保障的综合式创新,推动数字经济健康有序地创新发展。当前,数字经济为农村的发展带来了前所未有的机遇和挑战。朱秋博等^[8]运用倍差法分析了信息化对农户农业全要素生产率的影响,结果显示,信息化与农业的融合发展对农户农业全

要素生产率的提升有显著促进作用。陈一明^[9]则进一步强调了信息技术在提升农业生产效率和推动农业供给侧结构性改革中的关键作用,认为数字经济能够有效优化资源配置,延伸农产品价值链。这一关于“资源配置优化”的作用机制,也得到邵娜等^[10]的印证,即数字经济能够以优化资源配置为中介路径,间接推动乡村产业振兴。Tao等^[11]也揭示了数字经济对乡村振兴的显著促进作用,并指出产业升级在数字经济和乡村振兴之间起到了中介作用。郑琼洁等^[12]进一步强调,数字经济不仅能够提高农业生产效率,还能促进农村经济的多元化发展。王丽等^[13]则从治理能力和文化传承创新的角度出发,强调数字技术在提高农民生活水平、推动乡风文明建设等方面发挥着重要作用。

数字经济以其强大的潜力和创新力为乡村全面振兴带来机遇的同时,在实际应用中也面临一系列挑战。例如,完世伟等^[14]认为,我国数字经济在促进乡村产业振兴过程中,遭遇数字化转型能力不强、要素协同运转不畅通、数字基础设施不完善、数据共享机制不健全以及产业衔接不充分等难题和制约因素;田野等^[15]通过对湖北省秭归县3个典型乡镇的案例发现,由于不同乡镇的主导产业和资源禀赋不同,数字经济在资源要素优化配置、城乡市场有效对接和产业融合方面存在差异性和局限性;王凤羽等^[16]进一步指出,尽管近年来数字基础设施建设的不断完善使得城乡数字接入鸿沟逐渐缩小,但在数字接入质量、数字应用质量以及数字应用效果等方面,城乡之间的差距依然显著。因此,为了推进乡村全面振兴和实现共同富裕,还要重视数字经济在城乡融合发展中的作用。

综上所述,数字经济在乡村全面振兴中的发展机遇及面临的挑战已经成为备受关注的议题。然而,大多数研究多停留在理论层面,实证分析相对较少。基于此,本研究基于2012—2022年我国30个省份的面板数据,利用固定效应模型和中介效应模型研究数字经济对乡村全面振兴的线性影响以及路径,并借助机器学习模型探究数字经济对乡村全面振兴的非线性效应。

2 理论分析和研究假设

数字经济在乡村全面振兴战略中起到了至关重要的推动作用。随着数字技术的不断进步和广泛应用,乡村地区的信息化水平得到了显著提升。这一进步不仅推动了乡村经济的转型升级和乡村产业的蓬勃发展,还为实现“乡村产业更加兴旺、乡村更加生态宜居、乡风文明持续提升、乡村治理更加有效、

农民生活更加美好、收入水平持续提高”的乡村全面振兴目标奠定了坚实基础。在这种良好的技术环境下,数字经济将通过多方面的途径继续在乡村全面振兴中发挥关键作用,助力构建更加繁荣、和谐、可持续发展的乡村社会。

首先,数字经济通过技术创新为乡村全面振兴注入了新的活力。一方面,各地政府协同通信企业加强了乡村地区的网络基础设施建设,如推动5G网络覆盖、完善宽带接入等,确保乡村地区能够与城市同步享受到先进的网络服务;另一方面,物联网、大数据、人工智能等技术的应用,实现了农业生产的精准化、智能化,提高了农业生产效率和产品质量,降低了生产成本^[17]。此外,电子商务的兴起拓宽了农产品的销售渠道,增加了农民收入,同时也推动了农产品的品牌化和标准化。部分农村还建立了政府电子政务平台、数字博物馆、远程教育、在线培训等,这既可以提高政务服务效率,又能够促进乡村文化的传承。

其次,数字经济还可以通过培养具备数字技能的人才,为乡村全面振兴提供人才支持。一方面,乡村地区可以借助数字经济的优势,利用远程教育和培训平台,深化农民对数字技术的理解,提升他们的应用能力。这不仅为乡村居民创业提供强有力的支持,特别是助推乡村旅游和数字农业等新兴领域的发展,助力农民实现增收,还从整体上提升了乡村居民适应数字经济时代的能力。另一方面,基于数字经济对各类专业人才的需求,乡村有必要建立数字化人才库。通过培育具备信息技术、数据分析以及电子商务等专业技能的人才,为乡村产业的数字化转型提供有力支撑。这些人才在乡村产业发展中发挥着关键作用,不仅能使乡村治理更加科学化、精细化,还能够利用大数据、云计算等先进技术优化乡村治理结构,极大地提升了公共服务效率。综上所述,本文提出以下假设。

假设1:数字经济能够促进乡村全面振兴。

假设2:数字经济通过科技创新促进乡村全面振兴。

假设3:数字经济通过人才培养促进乡村全面振兴。

3 研究设计

3.1 变量测度

3.1.1 被解释变量

被解释变量为乡村全面振兴水平(Rural)。参考张挺等^[18]构建的评价指标体系,从产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕5个维

度中选取 18 个测量指标，构建较为完善的乡村全面振兴发展评价指标体系（见表 1）。其中，产业兴旺是乡村全面振兴的核心，它为乡村的可持续发展提供了坚实的经济支撑；生态宜居是乡村全面振兴的绿色发展基础，强调在推动乡村经济发展的同时注意保护生态环境；乡风文明是乡村全面振兴的精神文明基础，它象征着乡村文化的传承与创新交相辉映；治理有效是乡村全面振兴的制度保障基础，关键在于实现村民自治和法治乡村建设；生活富裕是乡村全面振兴的根本发展导向，这一目标不仅要求推动乡村经济的全面增长，更强调在提升农民收入水平的同时，需要显著改善农村居民的物质生活条件^[19]。

另外，按照数据属性对其进行正向化或逆向化处理，采用熵值法对各项指标进行赋权，所得到的综合得分即为 2012—2022 年我国各省份乡村全面振兴的指标值。在运用熵值法过程中，粮食产量、农业机械总动力、有效灌溉面积、公共厕所数、供水综合生产能力、地方财政教育支出、乡村人口数、农村居民人均可支配收入、农村居民食品消费支出以及乡村个体就业人数等指标原始数据的量纲存在较大差异，且数值分布范围广泛，若直接将其纳入计算，会导致指标权重分配失衡。因此，对这些指标采用自然对数的形式进行计算，既能有效消除量纲带来的影响，又能压缩数据的尺度范围，进而提高计算结果的科学性与可靠性。

表 1 我国乡村全面振兴水平评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	
		指标	属性
乡村全面振兴水平	产业兴旺	人均第一产业产值 / 亿元	正向
		粮食产量 / (kg/hm ²)	正向
		农业机械总动力 / 10 ⁴ kW	正向
		有效灌溉面积 / 10 ³ hm ²	正向
	生态宜居	森林覆盖率	正向
		生活垃圾无害化处理率	正向
		公共厕所数 / 座	正向
		乡村医生和卫生员数 / 万人	正向
	乡风文明	供水综合生产能力 / (10 ⁴ m ³ /d)	正向
		地方财政教育支出 / 亿元	正向
		文盲人口数与 15 岁及以上人口数的比值	负向
		电视节目综合人口覆盖率	正向
	治理有效	农村居民人均可支配收入与城镇居民人均可支配收入的比值	正向
		农村居民人均消费支出与城镇居民人均消费支出的比值	正向
		乡村人口数 / 万人	正向
		生活富裕	
	生活富裕	农村居民人均可支配收入 / 元	正向
		农村居民食品消费支出 / 元	负向
		乡村个体就业人数 / 万人	正向

3.1.2 解释变量

解释变量为数字经济水平 (Dig)。借鉴赵涛等^[20]

的方法，选取互联网普及率、互联网相关从业人员数、互联网相关产出、移动互联网用户数和数字金融普惠发展 5 个指标构建数字经济水平评价指标体系（见表 2），并将这 5 个指标同样利用熵值法计算综合得分，计算结果作为衡量 2012—2022 年我国各省份数字经济水平的指标值。

表 2 数字经济水平评价指标体系

一级指标	二级指标		属性
	指标	衡量方法	
数字经济水平	互联网普及率	每百人互联网用户数 / 户	正向
	互联网相关从业人员数	计算机服务和软件从业人员占比	正向
	互联网相关产出	人均电信业务总量 / 万元	正向
	移动互联网用户数	每百人移动电话用户数 / 户	正向
	数字金融普惠发展	中国数字普惠金融指数	正向

3.1.3 中介变量

根据前文分析，中介变量为科技创新水平 (Tec) 和人才培养水平 (Tal)。其中，借鉴郭瑞等^[21]的方法，以 2012—2022 年科技部发布的《中国区域科技创新评价报告》中的科技创新水平指数作为科技创新能力的代理变量；而人才培养水平选取我国各省份农业科技活动人员数来表示，计算公式为 $Tal = FTE_{rd} \times \frac{RGDP_d}{RGDP}$ ，其中 FTE_{rd} 为 R&D 人员全时当量， $RGDP_d$ 为地区农林牧渔业总产值， $RGDP$ 为地区生产总值，并取以 10 为底的对数来表示^[22]。

3.1.4 控制变量

在深入探讨数字技术对乡村全面振兴的影响时，需要控制潜在的干扰变量以确保研究的准确性。选取受灾率 (Dam)、受教育水平 (Edu) 和财政支农水平 (Sagr) 3 个变量作为控制变量，其中：受灾率用受灾面积与当年实际播种面积的比值来表示^[23]；受教育水平用平均受教育年限来表示；财政支农水平则借鉴孟维福等^[24]的方法，用地区农林水事务支出与财政一般预算支出之比表示。

3.2 数据来源

由于西藏和港澳台地区数据缺失过多，暂不纳入研究样本，因此以中国 30 个省份为研究对象。研究时间跨度为 2012—2022 年，覆盖了从脱贫攻坚到乡村振兴战略实施的关键政策周期，有助于系统分析在迈向乡村全面振兴战略背景下，数字经济的赋能效应与作用路径。原始数据来自《中国统计年鉴》《中国农业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国区域科技创新评价报告》和 EPS 数据库等，部分缺失值用线性插值法补齐，并将所有数据整理成省级面板数据的形式。

3.3 描述性统计

表 3 为各变量描述性统计的结果。数字经济水

平最小值仅为 0.049，最大值为 1.000，表明各省份在数字经济领域的发展水平存在显著差异。乡村全面振兴水平最小值为 0.184，最大值为 0.775，标准差为 0.119，表明了不同地区在乡村全面振兴进程中存在不均衡性。在中介变量中，科技创新水平的标准差高达 13.906，显示出较大的变异性；而人才培养水平的极差也较大，这反映出中介变量在不同省

份之间的显著差异。在控制变量中，受教育水平的标准差为 0.914，受灾率的极差为 0.619，由此看出不同省份的人群受教育程度和受灾程度存在很大差异。而财政支农水平的标准差很小，说明不同省份的政府对农业财政投入的占比差别较小。因而，将受灾率、受教育水平和财政支农水平 3 个变量纳入控制变量，有助于消除其对研究结果的潜在干扰。

表 3 各变量描述性统计结果

变量类型	变量名称	观测数 / 个	平均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	乡村全面振兴水平 (Rural)	330	0.560	0.119	0.184	0.775
解释变量	数字经济发展水平 (Dig)	330	0.241	0.180	0.049	1.000
中介变量	科技创新水平 (Tec)	330	57.824	13.906	31.450	88.670
	人才培养水平 (Tal)	330	3.765	0.576	2.215	4.735
控制变量	受灾率 (Dam)	330	0.130	0.106	0.000	0.619
	受教育水平 (Edu)	330	9.349	0.914	7.474	12.782
	财政支农水平 (Sagr)	330	0.114	0.034	0.040	0.204

3.4 模型建立

3.4.1 基准回归模型

根据上述假设，为检验数字经济对乡村全面振兴的直接影响，同时考虑个体特征和时间影响，建立双向固定效应模型如下。

$$\text{Rural}_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Dig}_{i,t} + \alpha_2 \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

式 (1) 中： $\text{Rural}_{i,t}$ 为 i 省份 t 年的乡村全面振兴指数； $\text{Dig}_{i,t}$ 为 i 省份 t 年的数字经济水平； $\text{Control}_{i,t}$ 为控制变量； α_0 表示常数项； α_1 和 α_2 表示待估计系数； μ_i 为个体固定效应； γ_t 为时间固定效应； $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。

3.4.2 中介效应模型

为研究数字经济对我国乡村全面振兴影响的作用机制，在式 (1) 的基础上构建中介效应模型，对科技创新和人才培养是否为中介变量进行验证，具体如下所示。

$$\text{Tec}_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \text{Dig}_{i,t} + \beta_2 \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$\text{Tal}_{i,t} = \lambda_0 + \lambda_1 \text{Dig}_{i,t} + \lambda_2 \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$\text{Rural}_{i,t} = \theta_0 + \theta_1 \text{Dig}_{i,t} + \theta_2 \text{Tec}_{i,t} + \theta_3 \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

$$\text{Rural}_{i,t} = \eta_0 + \eta_1 \text{Dig}_{i,t} + \eta_2 \text{Tal}_{i,t} + \eta_3 \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

式 (2) — 式 (5) 中： $\text{Tec}_{i,t}$ 为 i 省份 t 年的科技创新水平； $\text{Tal}_{i,t}$ 为 i 省份 t 年的人才培养水平； β_1 和 λ_1 分别表示数字经济对科技创新水平和人才培养水平的影响程度； θ_1 和 η_1 表示加入中介变量后，数字经济对乡村全面振兴的影响效应； θ_2 和 η_2 表示中介变量的回归系数，体现了中介变量对乡村全面振兴的影响程度。

4 实证分析

4.1 数字经济对乡村全面振兴的影响

本文选取双向固定效应模型进行检验。表 4 为数字经济对我国各省份乡村全面振兴影响的线性回归分析结果。在固定时间效应和个体效应的情况下，数字经济水平的估计系数在 5% 的置信水平下显著为正，说明数字经济对乡村全面振兴发展有显著的促进作用。在加入控制变量后，数字经济水平的估计系数仍然在 1% 的置信水平下显著为正，表明数字经济对乡村全面振兴的促进作用不受控制变量影响。在控制变量中，受灾率的估计系数在 10% 的置信水平下显著为负，说明受灾情况对乡村全面振兴存在较为显著的负面影响。这是因为自然灾害引起的农作物减产或绝收，将直接降低农民的收入，并且会破坏农业基础设施和地区的生态平衡，这些问题都需要长期修复，进而增加了返贫的风险。财政支农水平的估计系数在 1% 的置信水平下显著为正，表明财政支农水平对乡村全面振兴存在显著的正面影响。政府的农业资金投入增加不仅有助于改善农村基础设施、提高生产效率，还能进一步吸引了更多人才和资源流入农村，为乡村全面振兴提供了坚实的物质基础和社会资源。因此，为了保障乡村全面振兴战略的顺利实施，政府应当加大对农村地区的财政投入，同时加强灾害防治和应急管理体系建设，提高农村地区的抗灾减灾能力，确保农村经济的稳定发展和乡村全面振兴的推进。此外，受教育水平的估计系数不显著。由此可见，基准回归模型的结果验证了数字经济对乡村全面振兴的促进作用，假设 1 成立。

表 4 基准回归模型结果

变量	Rural			
	基准回归模型		基于剔除直辖市样本的稳健性检验模型	
	固定时间效应和个体效应	加入控制变量	固定时间效应和个体效应	加入控制变量
Dig	0.069** (0.029)	0.073*** (0.028)	0.069** (0.032)	0.070** (0.030)
Dam		-0.020* (0.012)		-0.021* (0.012)
Edu		>-0.001 (0.007)		0.005 (0.007)
Sagr		0.439*** (0.083)		0.456*** (0.080)
常数项	0.475*** (0.007)	0.431*** (0.060)	0.488*** (0.007)	0.397*** (0.064)
样本量 / 个	330	330	286	286
R ²	0.879	0.891	0.897	0.910

注：1）括号内为标准差；2）***、**、* 分别表示在 0.01、0.05、0.1 的水平下显著，下同。

4.2 稳健性检验

直辖市因其特殊的政策环境和管理体制，以及较高的经济发展水平和较完善的基础设施，更容易获得与数字经济发展以及农业生产相关的资源，且直辖市的农业发展阶段往往更为先进，农业结构可能以都市农业、休闲农业等为主，这与传统的农业生产存在较大差异，在分析农业生产时可能影响估计结果的准确性，因此本文借鉴张雪^[25]的做法，从样本中剔除直辖市后再次进行回归，以检验回归结果的可靠性和稳健性。结果显示（见表 4），去除直辖市后，数字经济对乡村全面振兴产生了显著的正向效应，且这种效应在是否考虑控制变量的影响下均保持一致。这表明，数字经济对乡村全面振兴的促进作用不受直辖市特殊性的影响，数字经济的作用具有普遍性和广泛性，因此可以认为本文研究结论稳健可靠。

4.3 数字经济影响乡村全面振兴的路径分析

中介效应模型检验结果如表 5 所示。其中，数字经济水平对科技创新水平的估计系数在 1% 的置信水平下显著为正，说明数字经济能够促进科技创新；而科技创新水平对乡村全面振兴水平的估计系数在 5% 的置信水平下显著为正，此时数字经济水平的估计系数在 10% 的置信水平下显著为正，表示科技创新水平发挥部分中介作用，即数字经济通过提高科技创新水平来推动乡村全面振兴。数字经济水平对人才培养水平的估计系数在 1% 的置信水平下显著为正，说明数字经济能够促进人才培养；而人才培养水平对乡村全面振兴水平的估计系数在 1% 的置信水平下显著为正，此时数字经济水平的估计系数不显著但为正，表示人才培养水平起到完全中介作用，说明数字经济通过提高人才培养水平来推动乡村全面振兴。综上所述，数字经济可以通过科

技创新和人才培养促进乡村全面振兴，即假设 2 和假设 3 成立。

表 5 科技创新水平和人才培养水平的中介效应检验结果

变量	Tec	Tal	Rural	
			加入 Tec 和控制变量	加入 Tal 和控制变量
Tec			0.001** (0.000)	
Tal				0.044*** (0.009)
Dig	19.790*** (4.142)	0.704*** (0.180)	0.057* (0.029)	0.042 (0.028)
Dam	0.928 (1.721)	0.052 (0.075)	-0.021* (0.012)	-0.022** (0.011)
Edu	0.652 (0.963)	0.013 (0.042)	-0.001 (0.007)	-0.001 (0.006)
Sagr	-39.994*** (12.251)	-1.700*** (0.531)	0.471*** (0.085)	0.514*** (0.082)
常数项	47.720*** (8.238)	4.223*** (0.357)	0.480*** (0.059)	0.331*** (0.066)
样本量 / 个	330	330	330	330
R ²	0.976	0.974	0.985	0.986

4.4 异质性检验

数字经济建设在不同的地区可能会因经济发展水平、政府投入等不同，因此其对乡村全面振兴的影响可能存在异质性，为了验证这一想法，将我国 30 个省份分成东、中、西三大区域¹⁾并进行异质性检验。如表 6 所示：东部地区数字经济水平系数最大，且在 10% 的置信水平下显著，说明数字经济对东部地区的乡村全面振兴有促进作用；中部地区数字经济水平估计系数为负且不显著，说明中部地区数字经济对乡村全面振兴有阻碍作用但不显著；西部地区数字经济水平估计系数为正显著，表示数字经济对西部地区的乡村全面振兴也有显著的促进作用。

由此可以看出，数字经济对我国东、中、西部

地区乡村全面振兴的影响具有显著差异性，其中对东部地区乡村全面振兴影响程度最大，这主要得益于东部地区较高的经济发展水平和较完善的数字基础设施建设，使得该地区能够充分利用数字技术的优势推动产业升级和经济增长。而西部地区的经济发展水平虽然相较于东部地区落后，且地理位置相对偏远，但数字经济的积极影响同样显著，这是因为互联网等数字技术的应用不仅为西部地区的农产品打开了更广阔的市场，更为其提供了一个跨越式发展的机会。然而，中部地区的数字经济对乡村全面振兴的影响未通过显著性检验，这可能与中部地区大量农村人口流向城市有关。该地区是高技能劳动力和一般技能劳动力的主要净迁出地区^[26]，人才的流失导致数字经济对乡村全面振兴的作用不显著，甚至存在阻碍作用。

表 6 基于区域的异质性检验结果

变量	Rural		
	东部	中部	西部
Dig	0.091* (0.052)	-0.060 (0.042)	0.070* (0.040)
Dam	-0.019 (0.021)	-0.005 (0.020)	-0.025 (0.018)
Edu	-0.011 (0.013)	-0.004 (0.010)	<0.001 (0.009)
Sagr	0.421* (0.245)	0.051 (0.128)	0.071 (0.112)
常数项	0.575*** (0.119)	0.580*** (0.088)	0.387*** (0.081)
样本量 / 个	121	99	110
R ²	0.799	0.949	0.959

4.5 数字经济对乡村全面振兴的非线性效应

4.5.1 非线性趋势的识别

为进一步探究乡村全面振兴影响因素的重要性，创建随机森林回归器模型（见图 1）。模型训练完成后，经检验其均方误差为 0.003 63，表明模型误差较小，拟合程度较好。从图 1 可以看出，影响乡村全面振兴的因素中，重要性从高到低排序为“受教育水平 > 财政支农水平 > 数字经济水平 > 受灾率”。钱龙等^[27]的研究已经证明自然灾害对农户的冲击作用很大，而数字经济水平比受灾率的重要性占比高，说明数字经济对乡村全面振兴来说也是比较重要的影响因素。然而，尽管数字经济在乡村全面振兴的各个领域中扮演了重要角色，但其重要性在诸多因素中仅排第三，表明当前数字经济在推动乡村全面振兴方面的发展潜力尚未得到充分发挥，还存在较大的发展空间。

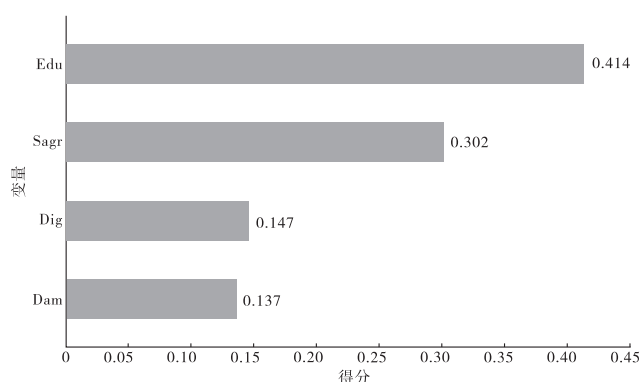


图 1 各主要变量的重要性得分

用随机森林模型绘制数字经济对乡村全面振兴的偏依赖图（见图 2）。由图 2 可以看出，偏依赖度长期为正，说明数字经济对乡村全面振兴的影响始终是积极的，但其影响程度会随着数字经济的发展阶段而有所差异。在数字经济的发展初期阶段，即便此时数字经济的发展水平较低，但因为其基础设施和应用刚开始渗透到乡村地区，每一点进展都能产生显著的效益，因而对乡村全面振兴的推动作用尤为明显。随着数字经济的进一步发展，当数字经济水平达到 $[0.10, 0.25]$ 区间时，其对乡村全面振兴的边际贡献开始递减，这是因为最容易实现的改进已经完成，随后需要更复杂的改革和更深层次的结构调整。当数字经济水平位于 $(0.25, 0.50]$ 之间时，由于技术的进步和人才的涌现，乡村地区能够更好地利用数字经济推动发展，从而再度提升了数字经济对乡村全面振兴的积极影响。在数字经济水平超过 0.5 以后，偏依赖度逐渐趋于平稳，意味着乡村地区在数字经济方面已经达到了一个相对平衡的状态，此时，数字经济的持续增长虽然仍对乡村全面振兴有积极作用，但影响的幅度保持稳定，进一步的增长可能需要数字技术的创新、数字治理模式的创新或国际合作等新动能的刺激。

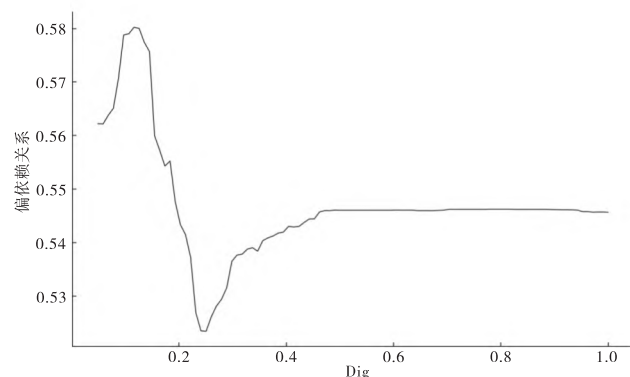


图 2 数字经济对乡村全面振兴的偏依赖关系

4.5.2 非线性的基准回归分析

从上文可知，数字经济对乡村全面振兴的影响是复杂的，它们之间存在着非线性关系。借鉴杨侗龙等^[28]的方法，引入数字经济水平的平方项（Dig²）和立方项（Dig³）进行基准回归，具体回归方程如下所示。

$$\text{Rural}_{i,t}=\sigma_0+\sigma_1\text{Dig}_{i,t}+\sigma_2\text{Dig}_{i,t}^2+\sigma_3\text{Dig}_{i,t}^3+\sigma_4\text{Control}_{i,t}+\mu_i+\gamma_t+\varepsilon_{i,t}$$

(6)

式（6）中： σ_0 为常数项； σ_1 、 σ_2 和 σ_3 分别为Dig、Dig²和Dig³的估计系数，它们共同反映数字经济对乡村全面振兴非线性影响的强度与方向。

式（6）的回归结果如表7所示。可见，无论是否引入控制变量，Dig的系数始终为正，而Dig²的系数均为负，Dig³的系数又为正，且所有系数都在1%的置信水平下显著，这验证了数字经济对乡村全面振兴的影响并非简单的线性关系。再结合图2可以认为，数字经济对乡村全面振兴的影响呈现出一种特殊的“N”型曲线关系，即其影响经历了先上升后下降，最后再次上升的转变。造成这种“N”型曲线的主要原因主要是：起初，随着数字技术的初步应用，乡村发展迎来了显著的动力。数字技术不仅革新了传统的农业生产和乡村管理模式，还优化升级了乡村的经济结构。比如，通过应用数字技术，农业生产效率得到了大幅提升，农产品的品牌建设和市场化进程得以加速；同时，“互联网+政务服务”的普及，让乡村治理更加高效透明，增强了村民的幸福感和归属感。然而，随着时间的推移，数字技术带来的初步红利逐渐减少，其对乡村全面振兴的边际贡献也开始减弱，甚至可能出现短期的不利影响。这是因为数字技术的应用达到饱和后，进一步的技术渗透会遇到更高的成本和技术难度。以数字农业为例，虽然早期的智能灌溉、精准施肥等技术显著提高了生产效率，但随着这些技术的普及，想要通过技术创新再次实现产量和质量的飞跃将变得更加困难。此外，数字技术的广泛使用也带来了诸如“数字鸿沟”扩大、网络安全风险增加等问题^[29]，若不妥善处理，这些问题可能会阻碍乡村全面振兴的步伐。值得注意的是，当数字技术的创新进一步深化，并且能够更深层次地融入乡村生活的各个领域时，乡村全面振兴将迎来新的增长点。在这一阶段，数字技术不仅是提高生产效率的工具，更是推动乡村文化、生态、组织等多方面振兴的关键因素。例如，数字技术可以帮助保护和传承乡村文化遗产，增强乡村的文化认同感；通过构建数字平台，实现乡村生态环境的智能监控与管理，提高乡村的生活质量；利用数字技术手段，还可以创新乡村治理方式，使

乡村治理更加多元和智能。

综上所述，“N”型曲线关系不仅揭示了数字经济与乡村全面振兴之间复杂而动态的互动机制，也为如何更好地利用数字技术推动乡村全面振兴提供了深刻的启示。数字技术的应用需要持续创新，避免陷入技术应用的瓶颈期，同时也要注意解决数字技术应用过程中可能产生的问题，确保数字技术能够持续、健康地服务于乡村全面振兴的伟大事业。

表7 非线性的基准回归分析结果

变量	Rural	
	未加入控制变量	加入控制变量
Dig	0.417*** (0.081)	0.383*** (0.078)
Dig ²	-1.267*** (0.240)	-1.161*** (0.235)
Dig ³	0.955*** (0.167)	0.895*** (0.163)
Dam		-0.024** (0.011)
Edu		0.005 (0.006)
Sagr		0.386*** (0.080)
常数项	0.457*** (0.008)	0.374*** (0.058)
样本量 / 个	330	330
R ²	0.892	0.902

4.6 ARIMA 模型预测

选择2012—2021年各省份的面板数据作为训练集，预测2022—2027年我国各省份的数字经济水平和乡村全面振兴水平。利用auto_arima命令自动选择合适的阶数，结果显示，乡村全面振兴水平的时间序列预测模型为ARIMA(1,0,1)，数字经济水平的时序预测模型为ARIMA(0,0,1)。利用这两个模型预测30个省份2022—2027年数字经济水平和乡村全面振兴水平的走势，并绘制滑珠图分别如图3和图4所示。从预测结果来看，2027年多数省份的数字经济水平较2022年呈现显著增长态势，与此同时，这些省份的乡村全面振兴水平也同步表现出上升特征，二者在时间维度上呈现出增长方向的一致性。然而，尽管整体的趋势向好，但是不同省份之间的预测值仍存在差异，增长幅度也各有不同，各省份之间存在一定的“数字鸿沟”。这种差异主要与各省份的经济发展水平、政策支持力度、基础设施建设以及人才资源等因素有关。因此，在推动数字经济和乡村全面振兴过程中，必须考虑到地区发展不平衡的问题，各省份需制定针对性的政策和措施，以缩小“数字鸿沟”，实现区域间的均衡发展 and 共同繁荣。

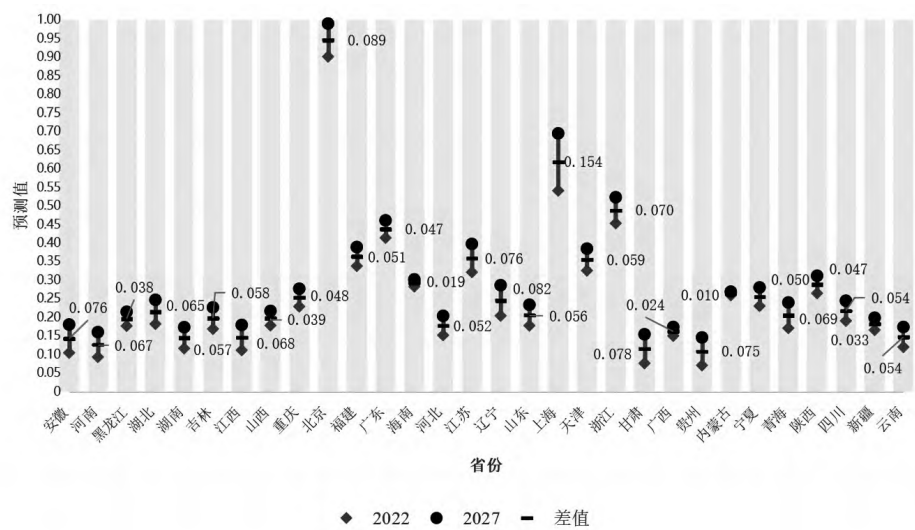


图 3 2022 年与 2027 年我国 30 个省份数字经济水平预测值比较

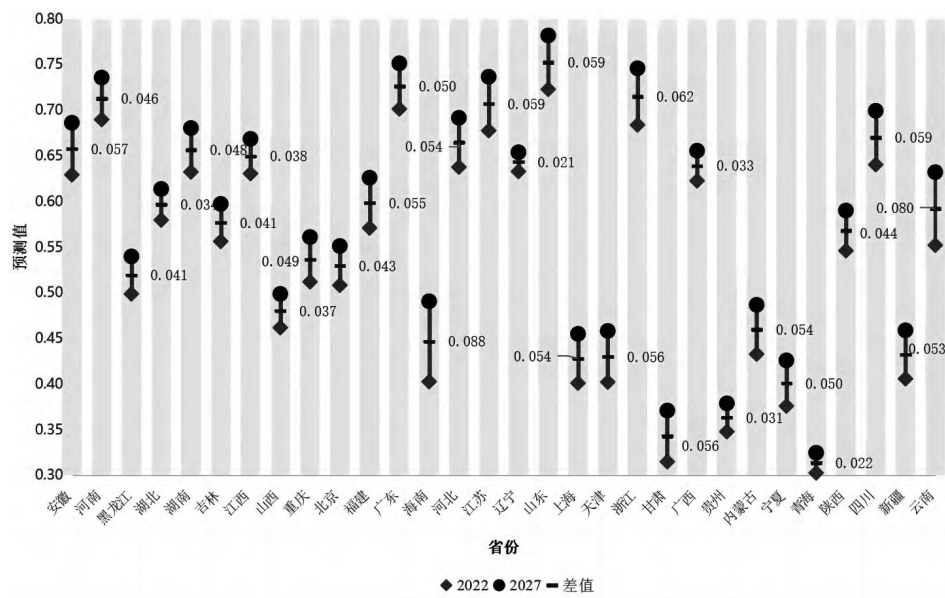


图 4 2022 年与 2027 年我国 30 个省份乡村全面振兴水平预测值比较

5 结论与建议

5.1 研究结论

本文通过深入分析 2012—2022 年我国 30 个省份的面板数据，综合运用了固定效应模型、中介效应模型、随机森林模型以及 ARIMA 模型等多种方法，探究数字经济对乡村全面振兴的影响及相关机制，并得出如下实证结论。

第一，数字经济的发展对乡村全面振兴有显著的促进作用，在考虑了控制变量以及直辖市的特殊性等因素后，这一结论依然成立。

第二，中介效应模型进一步揭示了数字经济促进乡村全面振兴的机制：一方面，它通过科技创新推动了乡村地区传统产业的数字化转型和乡村治理

的现代化，提高了生产效率和公共服务的质量；另一方面，数字经济的产生与发展也培养了一些适应新兴产业发展的人才，为乡村全面振兴注入持久动力和创新活力。

第三，数字经济对乡村全面振兴的影响具有区域异质性，其对东部地区和西部地区的乡村全面振兴有显著的促进作用，而其中部地区的作用效果相对不突出。

第四，数字经济对乡村全面振兴存在非线性效应，通过特征重要性分析发现，数字经济水平对推动乡村全面振兴的重要性比较高，但在影响因素中仅排第三，说明数字经济仍有较大的潜力未得到发挥，而偏依赖关系曲线显示数字经济对乡村全面振兴的促进作用呈现非线性的“N”型变化趋势，并通

过非线性回归分析证实了这一点，即在数字经济发展初期阶段，数字经济显著促进我国的乡村全面振兴发展；当数字经济水平达到一定程度后，其对乡村全面振兴的边际效应递减，直至进一步调整和创新后其促进作用再次增强。

第五，根据 ARIMA 模型预测，未来各省份的数字经济发展水平和乡村全面振兴水平均呈现上升趋势，二者在时间维度上呈现出增长方向的一致性，但是各省份的预测值之间存在较大差异，显示出我国各地区发展不平衡的问题。

5.2 建议

基于上述结论，本文提出以下政策建议以助力乡村全面振兴。

一是深化数字基础架构的建设与发展，促进数字经济与传统农业的融合发展。政府应加强农村地区宽带网络和移动通信网络的建设，提升网络覆盖率，增加宽带速度和稳定性，以推动智能设备和技术在农村地区的普及；同时，鼓励和支持农村地区开展数字化转型项目，例如使用物联网、人工智能、大数据分析和无人机等技术，以实现精准农业和智能化管理。

二是促进科技与人才“双轮”驱动，激发乡村全面振兴创新活力。加大农业方面的财政投入，重点支持利用数字技术在智慧农业、生物技术和农业机械等关键领域的研发，以提高农业生产效率和产品质量；同时，推动农业产业链的数字化和智能化改造，积极发展农产品电子商务等新业态，促进乡村经济的多元化发展。此外，应出台更多优惠政策，吸引高校毕业生、科研人员等到农村创新创业，并鼓励高校、研究机构与企业合作，将科研成果转化为实际生产力，为乡村地区的科技创新和人才发展提供强大支撑。

三是实施区域差异化策略，推动数字经济在不同区域乡村全面振兴中精准发力、各展其长。利用我国东部地区的技术基础和资本优势，鼓励和支持高新技术企业在乡村地区进行数字化改造和创新。持续加强西部地区的网络基础设施建设，提供税收减免、财政补贴等政策支持，吸引企业对西部乡村地区进行投资，同时推动当地特色和优势产业的数字化转型，如旅游、民族文化产业等，以提升市场竞争力。而中部地区则需加强政策引导，吸引和培育本地人才，促进数字技术与传统农业的深度融合，并加强与东部和西部地区的交流合作，借鉴成功经验，探索适合中部地区的数字经济发展模式。

四是深化数字乡村试点示范工作，建立动态监测与评估机制。由于数字经济在乡村全面振兴中仍

有较大潜力待挖掘，因此应鼓励科研机构和企业研发出更多契合农业农村实际的数字技术，并在不同地区选择具有代表性的乡村作为数字乡村的试点，再对试点地区的成功经验和做法进行总结，挖掘出更多适合乡村全面振兴发展的数字经济形式。同时，鉴于数字经济对乡村全面振兴的促进作用是非线性的，因此需不断调整和创新乡村全面振兴策略。通过建立动态监测和评估机制，实时掌握数字经济的发展态势，及时调整和优化政策措施，确保与乡村发展的实际情况相适应。

五是提升全民数字素养，缩小“数字鸿沟”。虽然未来各省份的数字经济发展水平都呈上升趋势，但不同省份之间的“数字鸿沟”仍然明显，除了各地政府要加大数字基础设施建设外，还要通过普及数字教育、加强媒体对数字技术的宣传，以及推动数字内容的多样性等方式来有效提升全民的数字素养，缩小不同地区和群体之间的“数字鸿沟”，促进数字经济的均衡发展。

注释：

- 1) 依据国家统计局的划分方法，将除了西藏和港澳台地区的我国 30 个省份划分为东、中、西部三大地区。其中，东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南；中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南；西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆。

参考文献：

- [1] 中国网信网. 2024 年数字乡村发展工作要点 [EB/OL]. (2024-05-15) [2024-08-08]. https://www.cac.gov.cn/2024-05/15/c_1717449026412502.htm.
- [2] 刘一腾. 数字乡村建设对农业农村现代化的影响与机制研究 [J]. 山西大学学报 (哲学社会科学版), 2024, 47(2): 152-160.
- [3] 江泽林, 徐卓顺, 王天新. 数字化赋能农业农村现代化的机理阐释与推进路径 [J]. 农业经济问题, 2025(7): 4-12.
- [4] 周伟, 杨晓军. 共同富裕目标下的县域乡村振兴: 逻辑、挑战与进路 [J]. 农业经济, 2025(1): 39-41.
- [5] 王杰. 中国特色农村发展动力结构问题研究 [J]. 农业经济, 2022(7): 36-37.
- [6] 郭远智, 刘彦随. 中国乡村发展进程与乡村振兴路径 [J]. 地理学报, 2021, 76(6): 1408-1421.
- [7] 张森, 温军, 刘红. 数字经济创新探究: 一个综合视角 [J]. 经济学家, 2020(2): 80-87.
- [8] 朱秋博, 白军飞, 彭超, 等. 信息化提升了农业生产率吗? [J]. 中国农村经济, 2019(4): 22-40.
- [9] 陈一明. 数字经济与乡村产业发展的机制创新 [J]. 农业经济问题, 2021(12): 81-91.
- [10] 邵娜, 吴清. 数字经济赋能乡村产业发展的机制与路径: 基于资源配置的中介效应 [J]. 科技管理研究, 2025, 45(1): 114-124.
- [11] CEN T, LIN S P, WU Q Y. How does digital economy affect rural revitalization? The mediating effect of industrial upgrading [J]. Sustainability, 2022, 14(24): 16987.1-16987.13.
- [12] 郑琼洁, 曹劲松. 数字经济与实体经济融合的基本逻辑及路径选择 [J]. 江苏社会科学, 2023(1): 95-102.

- [13] 王丽,滕慧君.数字经济赋能乡村振兴的传导机制与实践路径[J].农业经济,2023(8):61-62.
- [14] 完世伟,汤凯.数字经济促进乡村产业振兴的机制与路径研究[J].中州学刊,2022(3):29-36.
- [15] 田野,刘勤,黄进.数字经济赋能乡村产业振兴的作用机理:基于湖北省秭归县三个典型乡镇的案例分析[J].农业经济问题,2023(12):36-46.
- [16] 王凤羽,王永健.我国城乡数字鸿沟的历史演进、治理困境与弥合路径[J].中国流通经济,2024,38(2):3-12.
- [17] 冯伯豪,王晓红.数字农业助推乡村振兴的影响机制及政策建议[J].西安财经大学学报,2024,37(1):119-129.
- [18] 张挺,李闽榕,徐艳梅.乡村振兴评价指标体系构建与实证研究[J].管理世界,2018,34(8):99-105.
- [19] 张越,岳谦厚.乡村全面振兴:逻辑基础、现实困境与路径指引[J].经济纵横,2025(1):46-54.
- [20] 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,2022,36(10):65-76.
- [21] 郭瑞,胡玉杰.财政纵向失衡对区域科技创新能力的影响研究[J].工业技术经济,2023,42(10):117-127.
- [22] 陈振,郑锐,李佩华,等.河南省农业科技创新效率评价与分析[J].河南农业大学学报,2018,52(3):464-469,484.
- [23] 王宝义,张卫国.中国农业生态效率的省际差异和影响因素:基于1996—2015年31个省份的面板数据分析[J].中国农村经济,2018(1):46-62.
- [24] 孟维福,张高明,赵凤扬.数字经济赋能乡村振兴:影响机制和空间效应[J].财经问题研究,2023(3):32-44.
- [25] 张雪.人工智能与低碳经济转型:作用机制与实证检验[J].技术经济与管理研究,2025(5):44-50.
- [26] 齐宏纲,赵美凤,刘振,等.中国高技能人才和一般技能劳动力省际迁移的空间格局及影响机理[J].地理科学,2024,44(2):192-203.
- [27] 钱龙,缪书超,钱文荣,等.福兮、祸兮:自然灾害冲击对农户非农创业的影响:来自CFPS的经验证据[J].中国软科学,2022(11):47-56.
- [28] 杨侗龙,郭克莎.数字经济对制造业发展的影响探析[J].经济学家,2023(9):55-65.
- [29] 毛毅肿,竺李乐,吴福象.数字基建与区域创新:特征事实及其差异化影响[J].经济问题探索,2023(6):94-107.

作者简介:魏峰(1974—),通信作者,女,安徽宿州人,硕士生导师,副教授,博士,主要研究方向为经济统计;姚欣茹(2002—),女,安徽阜阳人,硕士研究生,主要研究方向为宏观经济统计。

(责任编辑:叶伊倩)