

数字乡村建设对农村电子商务发展的影响研究

——基于省际面板数据的实证分析

杨娜, 何佳坤*

南京林业大学经济管理学院, 江苏 南京

收稿日期: 2025年9月28日; 录用日期: 2025年10月15日; 发布日期: 2025年11月14日

摘要

本文旨在探讨数字乡村建设对农村电子商务发展的作用机制。基于2014~2022年30个省级行政单位的面板数据, 利用投影寻踪方法构建数字乡村发展指数, 并采用固定效应模型实证检验其对农村电商销售额的影响, 同时引入人均收入水平的调节效应并控制交通与产业发展等因素。研究结果表明: 数字乡村建设与农村电商发展存在相关性, 但其单独作用并不稳定; 收入水平显著调节两者关系, 基础设施与信息化条件只有在居民收入较高时才能有效转化为电商红利; 高供给地区和东部地区的协同效应更为突出, 交通与产业发展在其中发挥关键支撑作用。本文认为, 推动数字乡村建设需统筹收入提升、产业升级与区域均衡, 促进需求侧消费扩张与供给侧能力提升的协同互动, 以实现农村电商可持续发展与乡村振兴的良性循环。

关键词

数字乡村建设, 农村电子商务, 面板数据, 收入调节效应

The Impact of Digital Village Construction on the Development of Rural E-Commerce

—An Empirical Analysis Based on Provincial Panel Data

Na Yang, Jiakun He

College of Economics and Management, Nanjing Forestry University, Nanjing Jiangsu

Received: September 28, 2025; accepted: October 15, 2025; published: November 14, 2025

Abstract

This study aims to explore the mechanism through which digital village construction influences the

*通讯作者。

文章引用: 杨娜, 何佳坤. 数字乡村建设对农村电子商务发展的影响研究[J]. 电子商务评论, 2025, 14(11): 845-858.
DOI: 10.12677/ec.2025.14113509

development of rural e-commerce. Based on panel data from 30 provincial-level administrative units in China from 2014 to 2022, a Digital Village Development Index is constructed using the projection pursuit method, and a fixed-effects model is employed to empirically examine its impact on rural e-commerce sales, while introducing the moderating effect of per capita income and controlling for transportation and industrial development factors. The results show that digital village construction and rural e-commerce development are significantly correlated, but the independent effect of digitalization remains unstable and exhibits pronounced heterogeneity across income levels, supply capacities, and regions. Income level significantly moderates their relationship, as infrastructure and information conditions can be effectively transformed into e-commerce dividends only in areas with higher household incomes. The synergistic effect is more prominent in high-supply and eastern regions, where transportation and industrial development play a key supporting role. It is therefore suggested that digital village construction should be promoted in coordination with income growth, industrial upgrading, and regional balance, fostering the joint enhancement of demand-side consumption and supply-side production capacity to achieve sustainable rural e-commerce development and a virtuous cycle of rural revitalization.

Keywords

Digital Village Construction, Rural E-Commerce, Panel Data, Income Moderation Effect

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着数字技术的加速普及,我国将“数字乡村”建设纳入乡村振兴战略的重要内容。农村电子商务作为数字经济与乡村产业结合的典型业态,正在成为推动农产品上行、工业品下乡和农村消费升级的重要力量。国家统计局数据显示,2024年全国农村网络零售额超过2.56万亿元,农村电商已成为带动农民增收、促进城乡融合的重要引擎。

然而,农村电商发展存在明显的区域差异。部分地区凭借较高的收入水平与产业基础实现了快速增长,而在中西部和低收入地区,数字乡村建设虽有推进,但电商发展的成效并不突出。这表明,数字乡村建设对农村电商的促进作用可能受到收入水平等因素的制约。

基于此,本文构建数字乡村建设指数,并利用省际面板数据实证检验数字乡村建设对农村电商销售额的作用机制,重点关注收入水平的调节效应。研究旨在回答以下问题:数字乡村建设是否显著促进农村电商发展?其作用是否因收入水平差异而表现出不同效应?本文的分析有助于深化对数字经济赋能乡村振兴的理解,并为推动农村电商高质量发展提供政策参考。

2. 文献综述

近年来,随着国家“数字中国”与“乡村振兴”战略的深入推进,学界对数字乡村建设与农村电子商务的研究不断丰富,相关成果主要集中在以下三个方面。

2.1. 数字乡村建设研究

近年来,数字乡村战略已成为学界关注的热点问题。现有研究主要围绕治理主体赋能、制度建设与风险防范等方面展开:部分学者认为,数字技术正在改变基层政府与社会主体的互动方式,从而提升乡

村治理效能[1];也有研究强调,数字乡村的制度建设需要广泛吸纳社会组织和村民参与,并通过完善的激励机制推动数字化改革在基层落地[2];与此同时,一些学者关注到数字乡村发展的潜在风险,指出如果缺乏合理规范,可能导致主体话语权缺失、数据算法异化等问题,影响其可持续性[3]。在作用效果上,国内实证研究结论并不一致:一部分成果表明数字乡村建设能够促进农户增收、缩小城乡差距[4],但也有研究发现其成效有限,甚至可能加剧“数字鸿沟”[5]。总体而言,数字乡村建设的理论价值与现实意义已得到充分肯定,但其经济与社会效应仍存在分歧。

2.2. 农村电子商务研究

既有研究普遍认为,农村电子商务的发展对农户增收与乡村经济具有显著影响,主要呈现两条研究路径:一是从广义层面考察电子商务的作用,认为其不仅能够发挥减贫增收效应[6],还能够促进家庭生活性消费[7],带动线上线下创业[8],提升家庭农场经营性收入[9]。二是聚焦“电商进村”政策效应,研究表明该政策不仅能促进农户减贫和消费支出增加[10],还在缩小消费不平等、优化消费结构[11],吸引人口回流、优化产业要素环境[12],推动产业结构升级与县域经济增长方面发挥了积极作用[13]。在此基础上,部分学者进一步从产业融合、消费市场拓展与农民收入提升等“三农”领域展开研究,认为农村电商在促进乡村产业升级与乡村振兴方面具有独特价值[14]。总体来看,现有文献已充分肯定农村电商对农民增收与乡村经济发展的积极意义,但在就业效应、区域差异性等方面仍缺乏深入探讨。

3. 研究设计与方法

3.1. 变量说明与数据来源

为检验数字乡村建设对农村电子商务发展的影响,本文选取 2014–2022 年 30 个省级行政单位(由于数据的可得性,不包含港澳台和西藏地区的数据)的面板数据进行实证分析。具体变量说明如下。

3.1.1. 被解释变量

农村电子商务销售额。本文将其定义为省域电子商务销售额与镇区及乡村消费品零售额占全社会消费品零售额比重的乘积,以此反映农村地区电子商务的实际发展规模。该指标能够有效剔除城镇消费因素干扰,更准确衡量农村电商的发展水平。

3.1.2. 核心解释变量

数字乡村发展指数。本文基于农村互联网普及率、流通设施建设、快递量、已通邮行政村比重、农村广播电视覆盖率、农村数字技术应用等 16 个指标构建综合指数。采用投影寻踪模型确定权重,最终形成省域年度数字乡村指数。

投影寻踪模型广泛用于揭示高维数据中的潜在结构。通过采用目标函数优化投影方向,将高维数据映射到低维空间,以便发现数据中隐藏的非线性模式和特征,实现降维的同时保留数据的主要信息。

投影寻踪模型如下:

1) 标准化样本指标。设各个指标的样本集为 $\{x^*(i, j) | i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, p\}$, 其中 $x^*(i, j)$ 为第 i 个变量的第 j 个指标, n 和 p 分别为样本个数和指标的数量。为了消除不同维度和量纲的影响,对各指标数值进行规范化处理:

$$x(i, j) = \frac{x^*(i, j) - x_{\min}(j)}{x_{\max}(j) - x_{\min}(j)}$$

2) 构建投影指标函数 $Q(\alpha)$ 。投影寻踪模型通过将 p 维数据 $\{x(i, j) | j=1, 2, \dots, p\}$ 投影到低维子空间,

形成最佳投影方向 $\alpha = \{\alpha(1), \alpha(2), \dots, \alpha(p)\}$, 基于此便可求得投影值 $z(i)$ 。

$$z(i) = \sum_{j=1}^p \alpha(j)x(i, j), i=1, 2, \dots, n$$

随后根据得到的投影值绘制一维散点图, α 为单位长度向量, 将投影指标函数用下式表达:

$$Q(\alpha) = S_z D_z$$

定义投影值 $z(i)$ 的局部密度为 D_z , 标准差为 S_z , 则有:

$$S_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z(i) - E(z))^2}{n-1}}$$

$$D_z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (R - r(i, j)) \times u(R - r(i, j))$$

其中, $E(z)$ 为投影值的平均值, R 为局部密度的窗口半径; $r(i, j)$ 表示样本之间的距离, $r(i, j) = |z(i) - z(j)|$; $u(t)$ 为一单位阶跃函数, 当 $t \geq 0$ 时, 其值为 1, 当 $t < 0$ 时其函数值为 0。

3) 优化投影指标函数。对于确定的指标集, 投影方向 α^* 的变化将导致投影指标函数 $Q(\alpha)$ 的变化。因此, 解决投影指数函数最大化问题的主要目的是估计最佳投影方向, 即:

最大化目标函数: $\max Q(\alpha) = S_z \times D_z$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^p \alpha^2(j) = 1$$

为了提高高维非线性问题的优化效率, 本文采用了基于真实编码的加速遗传算法(RAGA)来优化投影方向。该算法通过引入真实编码方式, 更适用于连续变量优化问题, 并通过动态调整交叉和变异操作, 增强了种群的多样性, 加速了算法的收敛速度。

假设优化变量为 $x(j)$, 其上下界分别为 $a(j)$ 和 $b(j)$, 编码公式如下:

$$y(j) = \frac{x(j) - a(j)}{b(j) - a(j)}$$

该编码将变量 $x(j)$ 映射到区间 $[0, 1]$ 上的实数值 $y(j)$, 所有实数基因 $y(j)$ 依次排列组成染色体 $(y(1), y(2), \dots, y(p))$ 。

随后随机生成一个包含 n 个染色体的初始种群, 每个染色体代表一个可能的投影方向。然后计算每个染色体的目标函数值 $Q(y(j, i))$ 并排序, 选取适应度值前 k 个个体直接保留到下一代。

适应度函数用于评估每个染色体的优劣, 通过使用基于序的适应度函数, 使得选择概率随着适应度的排名变化。适应度函数定义为:

$$\text{eval}(y(j, i)) = \alpha(\alpha - 1)^{i-1}$$

其中, $\alpha \in (0, 1)$ 是一个适应度衰减参数, i 是染色体的排序位置。适应度值排名越高的个体, 其保留到下一代的概率越高。

然后将适应度高的个体从当前种群中挑选出来, 形成新种群。通过采用轮盘赌选择法, 按照适应度值分配选择概率。

计算每个染色体的累积适应度值 q_i :

$$q_i = \sum_{k=1}^i \text{eval}(y(j, k))$$

其中, q_N 为所有染色体适应度的累积值。

在区间 $[0, q_N]$ 内生成一个随机数 r , 判断 r 所落的区间位置。如果满足 $q_{i-1} < r \leq q_i$, 则选择第 i 个染色体 $y(j, i)$ 进入新种群。反复执行上述操作 N 次, 以确保生成的种群具有优良的遗传特性, 同时保持多样性, 防止早熟收敛。

采用算术交叉法, 以交叉概率 pc 选取交叉的染色体:

$$X = c \cdot y_1(j, i) + (1 - c) \cdot y_2(j, i)$$

$$Y = (1 - c) \cdot y_1(j, i) + c \cdot y_2(j, i)$$

其中, $y_1(j, i)$ 和 $y_2(j, i)$ 为选择的父代染色体, c 为随机生成的权重系数, 范围在 $(0, 1)$ 内。

RAGA 通过变异概率 pm 随机选择染色体并变异, 其随机选择一个变量方向向量 d , 使用随机数 M 控制变异步长, 生成变异后的基因:

$$y_3(j, i) = y(j, i) + M \cdot d$$

其中, M 为区间 $(0, 1)$ 的随机数, 确保步长的随机性, 使得染色体能够在解空间中小范围探索。

将上一代适应度最高的 k 个个体直接保留到下一代。当满足收敛判定和最大迭代次数任一终止条件时, 输出当前种群中适应度最高的个体作为最终解, 得到全局最优解的投影方向。

4) 将通过步骤 3 求得的最佳投影方向 α^* 代入 $z(i)$ 后, 即可得到各个样本的投影值 $z^*(i)$, 即各省级行政单位数字农村发展指数。

3.1.3. 调节变量

人均收入水平。选取居民人均可支配收入, 衡量农村居民经济能力。本文进一步构建数字乡村指数与人均收入水平的交互项, 用以检验收入水平对数字乡村建设与农村电商发展关系的调节效应。

3.1.4. 控制变量

为避免遗漏变量偏误, 本文引入以下两个控制变量: 等级公路里程, 用以衡量交通基础设施水平; 工业发展水平, 以工业增加值规模衡量地区产业发展程度。

3.1.5. 数据来源

数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国电子商务发展报告》及各省级行政单位统计年鉴。

3.2. 模型设定

为系统检验数字乡村发展水平对农村电子商务的影响, 本文构建省际面板数据模型。研究样本涵盖 2014~2022 年间 30 个省级行政单位, 具有时间序列与截面双重特征。面板数据模型能够有效控制省级行政单位间不随时间变化的不可观测因素, 避免遗漏变量偏误, 从而提高估计结果的可靠性。本文采用固定效应模型, 以剔除个体效应对回归结果的干扰。

模型设定如下:

$$RuralEcom_{it} = \alpha + \beta_1 Index_{it} + \beta_2 Income_{it} + \beta_3 (Index_{it} \times Income_{it}) + \gamma_1 Road_{it} + \gamma_2 Industry_{it} + \mu_i + \epsilon_{it}$$

其中, $RuralEcom_{it}$ 表示农村电子商务销售额, $Index_{it}$ 为数字乡村发展指数, $Income_{it}$ 为人均收入水平, $Index_{it} \times Income_{it}$ 为交互项, 用于考察收入水平在数字乡村建设与农村电商发展关系中的调节效应, $Road_{it}$ 为等级公路里程, $Industry_{it}$ 为工业发展水平, μ_i 为个体固定效应, ϵ_{it} 为随机扰动项。

4. 实证结果

4.1. 数字乡村发展指数的构建与测算结果

为全面刻画各地区数字乡村的发展水平, 本文在既有研究成果和数据可得性的基础上, 选取基础设施、信息化应用、公共服务和产业发展四个维度, 共计 16 个具体指标构建评价体系。各指标及其计量单位见表 1。

Table 1. Indicators of the digital village development index

表 1. 数字乡村发展指数指标

维度	指标名称	单位	指标定义	数据来源
基础设施	农村电力水平	千瓦时/户	农村居民人均用电量	《中国统计年鉴》
	有效灌溉面积	万公顷	具备稳定灌溉设施的农业耕地面积	《中国农村统计年鉴》
	农用大中型拖拉机数量	台	农业生产的大中型拖拉机保有量	《中国统计年鉴》
信息化应用	农村移动电话普及水平	部/百人	农村地区每百人拥有的移动电话数量	《通信业统计公报》
	农村电脑普及水平	台/百户	农村地区每百户拥有的电脑数量	国家统计局城乡住户调查数据
	农村互联网普及水平	%	农村人口中使用互联网人数占农村总人口的比例	工业和信息化部、国家统计局
	农村居民交通、通讯消费支出	元/人·年	农村居民年度在交通和通讯上的人均支出水平	《中国统计年鉴》
公共服务	已通邮的行政村比重	%	具备邮政服务条件的行政村占全部行政村的比例	国家邮政局、地方统计年鉴
	快递量	万件	农村地区快递业务量总和	《中国邮政业发展统计公报》
	农村每周平均投递次数	次/村	农村地区平均每个行政村每周收到邮件或包裹的次数	《中国邮政业发展统计公报》
	农业气象观测站	个	用于监测农业气象信息的观测站数量	国家统计局
	农村电视节目人口覆盖率	%	能接收电视信号的农村人口占农村总人口的比例	《全国广播电视行业统计公报》
	农村广播节目人口覆盖率	%	能接收广播节目的农村人口占农村总人口的比例	《全国广播电视行业统计公报》
产业发展	数字技术人才	人	从事信息传输、软件和信息技术服务业的从业人员总数	《中国统计年鉴》
	国内专利申请授权量	件	年度国内发明专利授权数量	《中国科技统计年鉴》
	淘宝村	个	符合阿里研究院定义、以电商为主要产业的农村集聚村数量	《中国淘宝村研究报告》

基础设施是数字乡村建设的物质前提与关键支撑。农村电力水平、有效灌溉面积及农用大中型拖拉机数量三项指标反映了农村地区能源供给、农业生产条件与机械化程度, 体现数字化应用和信息技术推广的现实基础。完善农村电力、通信与交通等基础设施体系是数字乡村建设的首要环节, 这些物理条件的改善为数字技术在农业生产和农村生活中的渗透提供了必要保障[15]。

信息化应用是衡量农村居民数字参与能力与信息获取水平的核心领域。本研究选取农村移动电话普及水平、电脑普及水平、互联网普及率及交通、通讯消费支出四个指标,用以揭示农户接入与使用数字技术的广度和深度。信息终端普及率和互联网使用水平直接决定农户参与数字经济的可能性与活跃度,而信息消费支出反映了农村居民在数字服务中的支付能力和行为偏好,是衡量数字乡村发展活力的重要指标[16]。

公共服务体系的数字化水平关系到农村社会治理和民生保障能力的提升。本研究选取已通邮行政村比重、快递量、农村每周平均投递次数、农业气象观测站数量及电视、广播覆盖率等五项指标,综合反映农村公共服务的数字化与普惠化程度。农村邮政、气象与信息服务体系的完善不仅有助于提升公共服务供给效率,也能有效促进城乡信息流通与资源共享,从而推动数字乡村建设的均衡发展[17]。

产业发展体现了数字经济在农村地区的创新驱动作用。本研究选取数字技术人才数量、国内专利申请授权量及淘宝村数量三个指标,反映农村数字产业的人才支撑、创新能力与市场活跃度。数字产业化与产业数字化的互动是推动农村经济高质量发展的关键路径,其中技术创新、人力资本积累与电商集聚效应共同构成数字乡村产业体系的核心动力[18]。

通过上述四个维度与十六个指标的整合,可以从生产基础、信息接入、公共服务与产业创新四个方面全面刻画数字乡村发展的结构特征与演化逻辑,为后续的综合测度与实证分析提供了坚实的理论与数据支撑。

在上述指标体系的基础上,本文利用投影寻踪方法对 2014~2022 年我国 30 个省级行政单位的数字乡村发展水平进行了综合测算。结果显示,全国数字乡村发展指数整体呈现出稳步上升的趋势:2014 年全国平均指数为 0.250,到 2022 年提高至 0.379,增幅超过五成。尤其是自 2017 年以来,随着国家层面数字乡村战略的持续推进以及“电商进农村综合示范”“宽带乡村”等政策的落地,指数增长速度明显加快。这一趋势表明,数字基础设施、信息化应用、公共服务与产业发展的协同推进,有效促进了农村地区数字化水平的整体提升,为农村电子商务发展和乡村振兴提供了坚实支撑。

我国数字乡村发展指数在空间分布上呈现出显著的区域差异。2022 年,东部沿海地区整体处于较高水平,指数普遍超过 0.42,显示出较为完善的基础设施和成熟的电商产业生态。中部地区整体水平居中,指数多数在 0.35~0.42 之间,表现出加快追赶的趋势。西部地区指数值相对较低,主要集中在 0.25~0.35 之间,但部分省份如四川、重庆表现突出,说明西部地区也具备一定的数字乡村发展潜力。总体来看,我国数字乡村发展已形成“东高、中部次之、西部提升明显”的格局。

4.2. 基准回归结果

表 2 展示了基准回归的三个模型结果。模型(1)仅纳入数字乡村发展指数,结果显示其系数在 1%水平上显著为正,说明数字乡村建设总体上与农村电子商务销售额增长高度相关。然而,这一结果并不代表数字乡村建设本身的纯粹作用,而是包含了未被控制的经济与社会因素的综合效应,可能存在一定的正向偏误。

在模型(2)中加入人均收入水平及其与数字乡村发展的交互项后,指数的单独作用转为不显著,而交互项在 1%水平上显著为正。这一发现表明,数字乡村建设对农村电商的促进作用依赖于农民收入水平的提升,即数字基础设施和信息化条件只有在居民收入较高时,才能有效转化为实际的消费能力与电商需求。换言之,收入水平在数字乡村建设作用机制中发挥了调节效应。

在模型(3)的完整设定下,进一步引入交通基础设施(等级公路里程)和产业发展水平后,数字乡村指数的系数在 5%水平下显著为负,而交互项依然保持显著正效应。这一结果表明,单纯的数字乡村建设在剔除其他经济条件影响后,可能短期内增加了基础设施投入和技术应用成本,从而对农村电商销售额产

生一定的抑制效应；但当居民收入水平、交通条件和产业发展协同改善时，数字乡村建设的正向作用便能得到充分释放。

Table 2. Regression results
表 2. 回归模型结果

变量	(1)	(2)	(3)
数字乡村发展指数	16765.050*** (2701.569)	-2725.778 (-4167.141)	-5172.130** (2319.207)
人均收入水平		-0.078 (0.053)	-0.078** (0.034)
数字乡村发展指数× 人均收入水平		0.404*** (0.111)	0.290*** (0.073)
等级公路里程			0.013*** (0.004)
工业发展水平			0.192*** (0.039)
常数项	-3905.912*** (884.830)	591.808 (848.4)	-1299.488* (699.8)
N	270	270	270
R ²	0.546	0.744	0.82
个体固定效应	控制	控制	控制

注：* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$ ，括号内为标准误。

基准回归结果揭示了三个重要结论：其一，数字乡村建设与农村电商发展存在显著关联，但其净效应并非单向正向；其二，居民收入水平是数字乡村发挥作用的关键条件，存在明显的调节效应；其三，交通和产业发展水平作为外部环境，对农村电商发展具有显著支撑作用。该发现提示，未来推进数字乡村建设需与提升农民收入、完善交通条件和促进产业发展相结合，才能实现农村电商的可持续发展与乡村振兴的良性互动。

4.2. 异质性分析

为进一步识别数字乡村建设在不同发展条件下对农村电子商务的差异化影响，本文从收入水平、供给能力与区域分布三个维度开展分组回归。结果见表 3。

从收入分组结果看，高、低收入地区的数字乡村建设效应存在显著差异。在高收入组中，数字乡村发展指数与人均收入水平的交互项系数为 0.261，呈现正向显著关系，表明收入水平提升能够放大数字基础设施建设对电商销售额的促进作用。与之相比，低收入组的交互项系数为 0.464，显著性更高，说明随着农民收入的提高，数字乡村建设的边际产出效应更加明显。换言之，居民收入通过需求侧消费能力提升路径强化了数字乡村建设的经济效应。低收入地区由于消费能力有限，数字化基础设施的经济转化率较低，呈现出明显的收入门槛效应。

供给分组结果显示，高供给组交互项系数为 0.236，显著为正，而低供给组的系数 0.404 虽为正但显

著性相对较弱。表明在产业基础完善、物流体系健全、数字产业集聚度较高的地区，数字乡村建设能更有效地促进电商发展。产业链配套、信息流通与人才要素的集聚，增强了农村电商的供给能力，验证了收入通过供给侧生产能力提升路径产生放大效应的机制。相较之下，低供给地区因基础设施薄弱、产业链延伸不足，数字乡村建设的正向作用尚未充分发挥。

区域分组结果表明数字乡村建设在东部地区的作用最为显著，其交互项系数为 0.357，说明东部地区在较高收入水平和完善基础设施支撑下，数字乡村建设能够快速转化为电商红利。中部地区交互项系数为 0.309 但未达到显著水平，说明该地区数字经济发展仍受制于收入与产业结构的匹配度。西部地区交互项系数高达 0.796，显示在后发地区，收入增长对数字乡村建设的边际效应更高，数字化投资具有更强的弹性回报潜力。总体上，数字乡村建设的作用机制呈现明显的“东强西弱、中部过渡”格局，体现了区域经济发展阶段与数字化基础之间的协同演化特征。

Table 3. Results of heterogeneity analysis
表 3. 异质性分析结果

变量	高收入组	低收入组	高供给组	低供给组	东部	中部	西部
数字乡村发展指数	-5911.035 (8197.696)	-7623.572** (3593.366)	-1719.778 (6383.197)	-9586.704* (4828.934)	-12567.78* (6613.277)	-9211.134** 3728.865	-16771.93* 8726.25
人均收入水平	-0.082 (0.050)	-0.099** (0.046)	-0.070 (0.055)	-0.089 (0.067)	-0.129** (0.044)	-0.017 (0.117)	-0.167*** (0.043)
数字乡村发展指数 × 人均收入水平	0.261* (0.132)	0.464** (0.155)	0.236** (0.124)	0.404* (0.203)	0.357*** (0.105)	0.309 (0.269)	0.796*** (0.226)
等级公路里程	0.047** (0.019)	0.005 (0.004)	0.015** (0.008)	0.009* (0.005)	0.105*** (0.030)	0.006 (0.006)	0.005 (0.005)
工业发展水平	0.228*** (0.047)	0.049 (0.033)	0.203*** (0.042)	0.217 (0.156)	0.246*** (0.048)	0.109 (0.060)	0.115 (0.086)
常数项	-5985.871** (2247.773)	983.035 (1057.776)	-3401.508* (1668.616)	516.914 758.906	-8904.076*** (1784.356)	181.857 (1477.706)	2586.881 (1700.809)
N	135	135	135	135	99	72	99
R ²	0.856	0.567	0.856	0.530	0.886	0.844	0.701
个体固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制

注：*p < 0.1，** p < 0.05，*** p < 0.01，括号内为标准误。

4.3. 稳健性检验

为确保结论的可靠性，本文采用三种方法进行了稳健性检验。第一，替换核心解释变量，将数字乡村指数替换为“农村互联网普及率”，表 4 的回归结果显示，互联网普及率本身对电商销售额并未产生直接正效应，但其与人均收入的交互作用显著为正，表明互联网基础设施的红利需要依托较高收入水平才能有效释放。第二，考虑数字乡村建设存在时滞效应，引入一期滞后项进行检验，结果依然稳健。第三，剔除四个直辖市后重新估计，结果与基准回归保持一致，说明结论并非由极端地区驱动，进一步验证了结论的可靠性。

Table 4. Robustness test results
表 4. 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)
农村互联网普及水平	-3992.996*** (1176.163)		
数字乡村发展指数		-5172.130** (2319.207)	-5805.364** (2718.347)
人均收入水平	0.0357** (0.0172)	-0.0781** (0.0343)	-0.0772* (0.0385)
农村互联网普及水平 × 人均收入水平	0.117*** (0.0406)		
数字乡村发展指数 × 人均收入水平		0.290*** (0.0734)	0.316*** (0.0838)
等级公路里程	0.009** (0.0044)	0.0133*** (0.0037)	0.0123*** (0.0037)
工业发展水平	0.218*** (0.0518)	0.192*** (-0.0393)	0.194*** (-0.0454)
常数项	-2722.044*** (654.696)	-1299.488* (699.808)	-1221.198 (782.199)
N	270	270	240
R ²	0.798	0.82	0.837
个体固定效应	控制	控制	控制

注：*p < 0.1, ** p < 0.05, *** p < 0.01, 括号内为标准误。

5. 结论与建议

5.1. 结论

本文基于 2014~2022 年 30 个省级行政单位的面板数据, 采用投影寻踪方法构建了数字乡村发展指数, 并通过固定效应模型系统考察了数字乡村建设对农村电子商务销售额的影响。在控制人均收入水平、等级公路里程和工业发展水平等关键变量的基础上, 得到以下主要结论:

第一, 数字乡村建设对农村电子商务发展具有显著作用, 但其效应表现出结构性差异。基准回归结果显示, 单纯的数字乡村建设水平并未直接促进农村电商销售额, 甚至在一定程度上呈现负向效应。然而, 当引入人均收入水平后, 二者的交互项显著为正, 表明数字乡村建设能够在居民收入水平较高的地区更好地转化为电商红利。换言之, 数字基础设施的完善需要与农户消费能力的提升相结合, 才能真正促进农村电商的发展。

第二, 交通与产业发展在推动农村电商中发挥重要支撑作用。等级公路里程对农村电商销售额的影响显著为正, 说明交通条件改善有助于降低物流成本、扩大市场半径, 从而促进农产品上行和消费品下行。同时, 工业发展水平的系数显著为正, 表明区域产业发展能够通过供应链配套和就业带动效应增强农村电商活力。

第三, 稳健性与分组检验结果共同验证了结论的可靠性。无论是替换核心解释变量(如农村互联网普及率)、引入滞后项, 还是按收入、供给与区域进行分组, 数字乡村建设与收入水平的交互项均保持显著正向关系, 显示数字乡村政策效应具有时滞性与阶段性特征。即数字化投资的经济红利往往需通过消费能力与产业配套的共同提升, 方能在一定时期后显现。

5.2. 政策启示

结合上述研究结论, 本文提出以下三方面政策启示:

第一, 统筹推进数字基础设施建设与居民收入提升, 强化需求侧带动。实证结果表明, 数字乡村建设在高收入地区的作用更为显著, 说明数字基础设施必须与农民消费能力提升相结合才能有效转化为电商增长动力。应通过拓宽农民增收渠道、健全收入分配制度、培育农村新型就业与创业模式, 提升居民数字消费能力。同时, 在基础设施投资中应注重普惠性与可达性, 避免“数字鸿沟”加深区域差距。

第二, 完善交通与物流网络体系, 增强供给侧支撑能力。研究显示, 等级公路里程与工业发展水平显著促进农村电商发展, 说明交通与产业基础设施是数字乡村建设的物质保障。应加快构建县乡物流节点与农产品冷链体系, 完善“仓储-分拨-配送”多层级网络, 提升农产品上行效率与供应链韧性。同时, 通过引导电商平台与本地产业深度融合, 推动形成数字赋能下的产业协同集群。

第三, 实施区域分层策略, 促进数字乡村建设均衡发展。异质性分析表明, 数字乡村建设在东部地区的协同效应最强, 中部地区处于过渡阶段, 西部地区潜力较大但基础薄弱。应针对不同区域的发展阶段实施差异化政策: 在东部强化数字技术创新与场景拓展, 在中部加快基础设施与产业链配套, 在西部重点推进数字普惠与公共服务延伸, 形成“东部引领-中部承接-西部跃升”的空间梯度格局, 推动数字乡村建设与农村电商协同实现高质量发展。

参考文献

- [1] Wang, Y., Zhang, M. and Kang, J. (2019) How Does Context Affect Self-Governance? Examining Ostrom's Design Principles in China. *International Journal of the Commons*, 13, 660-704. <https://doi.org/10.18352/ijc.916>
- [2] 杨志玲, 周露. 中国数字乡村治理的制度设计、实践困境与优化路径[J]. *经济与管理*, 2023(5): 16-23.
- [3] 湛礼珠, 张延龙, 马晓蕾. 悬浮推进、工具理性与数字乡村建设转型[J]. *农村经济*, 2023(6): 1-10.
- [4] 赵佳佳, 孙晓琳, 苏岚岚. 数字乡村发展对农村居民家庭消费的影响——基于县域数字乡村指数与中国家庭追踪调查的匹配数据[J]. *中国农业大学学报(社会科学版)*, 2022, 39(5): 114-132.
- [5] 林海, 赵路桦, 胡雅淇. 数字乡村建设是否能够推动革命老区共同富裕[J]. *中国农村经济*, 2023(5): 81-102.
- [6] 邱子迅, 周亚虹. 电子商务对农村家庭增收作用的机制分析: 基于需求与供给有效对接的微观检验[J]. *中国农村经济*, 2021(4): 36-52.
- [7] 葛颖. 电子商务对农户行为、县域经济发展影响的实证研究: 以内蒙古为例[D]: [博士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学经济管理学院, 2021.
- [8] 秦芳, 谢凯, 王剑程. 电子商务发展的创业效应: 来自微观家庭数据的证据[J]. *财贸经济*, 2023(2): 154-168.
- [9] 马彪, 彭超, 薛岩, 等. 农产品电商会影响我国家庭农场的收入吗? [J]. *统计研究*, 2021(9): 101-113.
- [10] 唐跃桓, 杨其静, 李秋芸, 等. 电子商务发展与农民增收: 基于电子商务进农村综合示范政策的考察[J]. *中国农村经济*, 2020(6): 75-94.
- [11] 张诚, 翁希演. 电子商务进农村综合示范政策实施缩小了农户消费差距吗[J]. *中国农村观察*, 2024(2): 46-68.
- [12] 卜洁文, 汤龙, 赵妍妍, 等. 农村发展电子商务能减缓资本与劳动力要素外流吗: 以电子商务进农村综合示范政策为例[J]. *金融研究*, 2023(10): 145-164.
- [13] 王奇, 牛耕, 赵国昌. 电子商务发展与乡村振兴: 中国经验[J]. *世界经济*, 2021, 44(12): 55-75.
- [14] 陶涛, 樊凯欣, 朱子阳. 数字乡村建设与县域产业结构升级——基于电子商务进农村综合示范政策的准自然实验[J]. *中国流通经济*, 2022, 36(5): 3-13.

- [15] 张鸿, 王璐, 张慧璇. 中国数字乡村发展水平评价指标体系构建与测度[J]. 统计与决策, 2025, 41(8): 64-69.
- [16] 朱红根, 陈晖. 中国数字乡村发展的水平测度、时空演变及推进路径[J]. 农业经济问题, 2023(3): 21-33.
- [17] 王国新, 陈燕妮. 数字乡村发展水平测度及推进路径——基于西北五省(区)2017-2023 年省级面板数据[J]. 安徽乡村振兴研究, 2025, 4(3): 82-94.
- [18] 李媛, 阮连杰. 中国数字乡村发展的测度、动态演进及驱动因素[J]. 统计与信息论坛, 2025, 40(1): 106-118.

附录 A

本文的被解释变量为农村电子商务销售额。鉴于现阶段国家统计体系尚未发布省级层面的农村电商销售额数据，本文在数据可得性约束下采用间接估算方法，即以各省年度电子商务销售总额为基数乘以该省镇区及乡村消费品零售额占全社会消费品零售额的比重，从而推算农村区域在整体电商交易中的潜在份额。该指标能够在现有统计条件下较为合理地反映农村电子商务发展的总体规模与区域差异(表 5~6)。

这一构建思路的理论依据在于：城乡消费结构差异决定了镇区及乡村消费支出在社会总消费中所占比重，可近似代表农村居民在电子商务活动中的参与强度。该测算方法可在缺乏直接观测数据的条件下实现农村电商发展水平的相对度量，兼顾可比性与操作性。

尽管该方法具有较强的可行性，但仍存在若干潜在局限性。首先是空间错配问题，部分电商企业的注册地与主要交易地不一致，导致电子商务销售额在统计空间上的偏差。其次存在比例假设的简化性。该计算方法假设镇区及乡村消费比重与电商渗透率呈一致关系，但未考虑互联网普及率、物流可达性等异质性因素，可能引入一定系统性误差。最后存在一定的结构性偏差，该指标未能区分“农产品上行”与“工业品下行”两类电商交易结构，难以反映农村电商的产业构成特征。在农产品主导地区，该方法可能低估其实际发展水平。

总体而言，该变量构建方法在现有数据条件下具备较高的解释力与可操作性，能够较为准确地反映农村电子商务发展的总体趋势与空间格局，为探讨数字乡村建设对农村电商发展的作用机制提供了可行的实证支撑。未来研究可结合电商平台交易微数据、淘宝村数据库及商务部电子商务监测系统等资料，对相关指标进行交叉验证与修正，以进一步提升测度的精度与稳健性。

附录 B

本文使用 MATLAB R2023b 软件运行投影寻踪模型，并采用真实编码加速遗传算法进行优化求解。主要参数设定如下：种群规模 $N=400$ ，最大迭代次数 $M=100$ ，交叉概率 $P_c=0.8$ ，变异概率 $P_m=0.2$ ，惩罚因子 $C_i=15$ ，指标维度 $n=16$ ，进化方式参数 $ads=1$ ，初始戴宁编号 $DaiNo=2$ ，窗口半径 $r=0.05$ ，适应度衰减系数 $\alpha=0.95$ ，收敛阈值 $\epsilon=1e-5$ ，随机种子设定为 2025。算法共独立运行 50 次，最优投影函数值 Q^* 的波动小于 3×10^{-4} ，结果具有良好的收敛性与稳定性。

附录 C

Table 5. Descriptive statistics
表 5. 描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
农村电子商务销售额	270	1585.05	1893.84	22.65	12803.32
数字乡村发展指数	270	0.3275	0.1024	0.1023	0.7219
人均收入水平	270	28582.71	12571.51	12185	79610
等级公路里程	270	160434.89	85279.10	12917	405390
工业发展水平	270	8919.95	7648.04	537.3	49025.88

Table 6. Provincial digital village development index, 2014~2022
表 6. 2014~2022 年各省级行政单位数字乡村发展指数

省级行政单位	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
北京	0.3941	0.4205	0.4331	0.4526	0.4543	0.4631	0.4713	0.4913	0.4881
天津	0.2809	0.2983	0.3189	0.3239	0.3085	0.3129	0.3183	0.3283	0.3215
河北	0.3278	0.3406	0.3579	0.3747	0.3899	0.4162	0.4383	0.4610	0.4771
山西	0.2287	0.2509	0.2714	0.2806	0.2815	0.2829	0.2928	0.2880	0.2891
内蒙古	0.2273	0.2657	0.2499	0.2888	0.2790	0.2890	0.2990	0.3083	0.3045
辽宁	0.2435	0.2722	0.2886	0.2975	0.2869	0.2815	0.2885	0.3122	0.3085
吉林	0.2494	0.2623	0.2659	0.2759	0.2820	0.2804	0.2890	0.2848	0.2864
黑龙江	0.2771	0.2959	0.3196	0.3321	0.3323	0.3437	0.3432	0.3455	0.3509
上海	0.3564	0.3917	0.4002	0.4074	0.4072	0.4197	0.3979	0.4348	0.4205
江苏	0.4042	0.4479	0.4780	0.4997	0.5204	0.5430	0.5652	0.6011	0.5831
浙江	0.3643	0.3999	0.4355	0.4614	0.5000	0.5351	0.5747	0.6116	0.6352
安徽	0.2645	0.2878	0.3030	0.3211	0.3720	0.3803	0.3961	0.4129	0.4189
福建	0.2818	0.3009	0.3128	0.3272	0.3456	0.3781	0.3764	0.3878	0.3972
江西	0.2295	0.2415	0.2512	0.2538	0.2838	0.2953	0.3208	0.3310	0.3320
山东	0.3267	0.3533	0.3762	0.4055	0.4192	0.4348	0.4769	0.4915	0.5068
河南	0.2909	0.3185	0.3432	0.3598	0.3789	0.4129	0.4386	0.4536	0.4623
湖北	0.2828	0.2956	0.3056	0.3157	0.3524	0.3759	0.3872	0.4044	0.4127
湖南	0.1581	0.1895	0.2159	0.2959	0.3323	0.3493	0.3596	0.3641	0.3644
广东	0.4052	0.4294	0.4613	0.4973	0.5431	0.5951	0.6458	0.7110	0.7219
广西	0.2185	0.2246	0.2354	0.2567	0.2800	0.2964	0.3123	0.3301	0.3347
海南	0.1347	0.1486	0.1651	0.2330	0.2335	0.2404	0.2481	0.2636	0.2728
重庆	0.2270	0.2292	0.2394	0.2569	0.2636	0.2749	0.2842	0.2929	0.3075
四川	0.2444	0.2802	0.2990	0.3256	0.3455	0.3646	0.3938	0.4157	0.4402
贵州	0.1023	0.1411	0.1614	0.1867	0.1960	0.2139	0.2211	0.2463	0.2926
云南	0.1760	0.1945	0.2129	0.2304	0.2586	0.2791	0.2918	0.3070	0.3126
陕西	0.2194	0.2427	0.2617	0.2737	0.2798	0.2842	0.3031	0.3114	0.3255
甘肃	0.2144	0.2201	0.2326	0.2497	0.2644	0.2709	0.2881	0.2951	0.2983
青海	0.1538	0.1800	0.1963	0.2121	0.2183	0.2284	0.2486	0.2534	0.2512
宁夏	0.1964	0.2154	0.2123	0.2384	0.2658	0.2821	0.2901	0.2929	0.2859
新疆	0.2112	0.2281	0.2398	0.2542	0.2570	0.2747	0.2872	0.3073	0.3207