数字乡村建设对生鲜农产品物流效率的影响

——基于省域面板数据的实证分析

宋秀丽，刘 宇

（渤海大学管理学院，锦州 121007）

摘要：基于2011—2022年中国省级面板数据，运用熵值法与超效率SBM（松弛变量度量）模型，实证检验数字乡村建设对生鲜农产品物流效率的影响及作用机制。结果显示，数字乡村建设显著提升了生鲜农产品物流效率，数字基础设施与产业数字化为核心驱动因素，农业技术进步是重要传导路径。异质性分析表明，其促进作用在经济发达地区、南方高温高湿地区及生鲜农产品非主产区更显著，北方低温地区与生鲜主产区效应较弱。建议各地区结合资源禀赋与气候特征，以差异化策略推进数字乡村建设，强化数字基建与产业数字化转型。

关键词：数字乡村建设；生鲜农产品物流效率；农业技术进步；双向固定效应模型

中图分类号：F323.5；F303.3；F724 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)07－0144－09

物流效率是衡量国家经济发展水平与市场活力的关键指标，而生鲜农产品物流因产品易腐、保鲜期短的特性，成为物流体系中的关键一环，其效率直接关系着城乡居民生活质量与农民经济收入。传统生鲜农产品物流存在环节冗长、信息阻隔、技术陈旧等问题，导致物流效率低、成本居高不下，严重制约农业现代化进程与农民增收。当前，数字化技术的发展与乡村振兴战略的推进为突破这一困境带来契机。作为数字中国战略关键环节的数字乡村建设，通过强化数字技术应用、完善数字基础设施等举措，成为提升生鲜农产品物流效率的重要抓手。2019年印发的《数字乡村发展战略纲要》明确提出，要加快发展农村数字经济，推动农业数字化转型。其中，运用大数据、物联网等新一代信息技术，构建高效、便捷的农产品出村进城体系，是重要实施方向。这为后续通过智慧冷链物流、减少流通环节、降低损耗等具体措施，全面提升农产品供应链效率奠定了政策基础。因此，深入探究数字乡村建设对生鲜农产品物流效率的影响，不仅能揭示其内在作用机制、为政策制定与物流企业转型提供科学依据，还对推进农业现代化、实现乡村振兴战略目标具有重要意义。

1 文献综述

已有文献对生鲜农产品物流效率的研究主要集中在两方面：①影响因素研究。可分为企业可直接管控的内部因素，如客户关系管理、固定资产投资规模、服务水平和空间差异性[1-4]等和难以直接控制的外部因素，如宏观经济形势、政策法规、数字技术与信息化发展水平等[5-8]。②指标体系的评价与构建。方法上以层次分析法、因子分析法、随机前沿分析模型及数据包络分析（data envelopment analysis，DEA）及其变形[9-13]为主，指标构建多从投入产出视角出发，投入指标涵盖物流业从业人数、固定资产投资额等，产出指标包括物流业增加值、农产品货运量等[14-15]。

数字乡村战略因起步较晚，相关研究尚显不足。就内涵而言，其本质上是通过数字技术赋能乡村发展，既是农业信息化的深化升级，也是以数字经济为依托，借助现代信息网络与技术重构乡村经济转型发展的手段、过程与状态。现有研究主要聚焦两大方向：①数字乡村建设的优化问题。学者们从理论内涵、水平测度、作用机理与治理路径等维度深入剖析，以求充分释放数字技术在乡村发展中的效能[16]。②数字乡村建设效应的研究。宏观层面，数字乡村建设被认为能为农民农村共同富裕创造空间[17]、促进城乡高质量融合发展[18]、助力农业高质量发展[19]；在农村经济活动层面，乡村数字化可显著提升农产品流通业全要素生产率[20]、降低交易沟通成本[21]、拓宽销售渠道[22]，完善物流体系、

收稿日期：2025-10-11

作者简介：宋秀丽（1999—），女，山东菏泽人，硕士研究生，研究方向为农产品物流；通信作者刘宇（1982—），女，辽宁锦州人，博士，副教授，研究方向为区域经济、产业结构优化。

引导大型物流企业布局农村,甚至借助互联网平台解决生鲜农产品滞销问题[23],助力群众脱贫致富与乡村振兴。

文献梳理发现,现有研究已初步认同数字乡村建设对生鲜农产品物流效率的助力作用,但直接探讨二者关系的文献仍较匮乏。基于此,开展两方面工作:①借鉴既有研究构建指标体系,实证检验数字乡村建设对生鲜农产品物流效率的直接与间接效应;②分析数字乡村建设的多维度特征,探究其对不同区域生鲜农产品物流效率的影响差异,为二者关系提供更多实证支撑。

2 理论分析与研究假设

数字乡村建设依托智能化农业设备、大数据、智能仓储与电商平台等技术,通过技术赋能、资源整合与模式创新3大效应助力生鲜农产品物流效率提升。

(1)从技术赋能视角来看,依据熊彼特的技术创新理论,技术进步可优化生产运营流程。传统物流模式缺乏精准温湿度监控、智能调度等技术,易产生农产品损耗与延误。在数字乡村建设的推动下,智能物流中心等基础设施的建设大幅提升了物流自动化水平[24]和农产品品质。借助智能管理软件和自动化设备,依据农产品特性优化物流流程,减少人力依赖和时间损耗,促使各环节紧密衔接,进而提高物流作业的准确性与效率[25],推动物流行业升级,增强乡村物流网络效能。

(2)从资源整合视角来看,传统生鲜农产品物流存在资源分散、协同性差的问题,物流信息在各环节传递不畅,导致资源浪费与效率低下。数字化技术强大的数据和资源整合功能,有利于数字乡村建设借助大数据平台与云计算能力,全面整合区域内乃至全国范围内的生鲜农产品物流资源,实现资源要素的聚集,优化要素配置[26],缩短物流周期,有效提升物流效率。

(3)从模式创新视角来看,传统生鲜农产品物流模式多以多级批发商、零售商为核心,环节众多且效率有限。数字乡村建设推动了生鲜农产品物流模式的创新变革,催生了产地直发电商平台、冷链即时配送联盟等新兴模式[27]。这些新模式以消费需求为导向,借助数字平台直接连接生鲜农产品产地与消费者,去除冗余环节,缩短交易周期,提升交易效率[28],实现农产品从田间到餐桌的快速直达,显著提升物流效率。

综合以上分析,提出如下假设。

H1:数字乡村建设能够有效促进生鲜农产品物流效率提高。

数字乡村建设的核心要素包含数字基础设施、产业数字化和数字服务供给,三者对生鲜农产品物流效率的影响路径与强度存在差异。数字基础设施是实现生鲜农产品物流数字化的基础支撑,实现物流过程的智能化、自动化和可视化,提升各环节协同性[29];产业数字化渗透农业与物流行业[30],通过数字技术与生产、加工、销售环节深度融合,精准把控生鲜农产品产出规模与质量,优化物流资源配置、降低成本;数字化服务通过拓宽资金渠道、简化交易流程、削减信息壁垒赋能物流效率[31]。据此,提出如下假设。

H2:数字基础设施、产业数字化、数字化服务3个维度均能显著提升生鲜农产品物流效率,且作用强度存在差别。

生鲜农产品物流效率的提升离不开农业技术的发展,传统模式下因技术局限,物流效率提升艰难,而数字乡村建设可通过导入先进技术、推动农业技术进步,成为推动生鲜农产品物流效率提升的关键纽带。

(1)数字乡村建设以新一代信息技术深度应用为核心[32]。借由基础设施的数字化转型与农业技术的数字化赋能,实现信息技术与农业机械的对接,按照生鲜农产品的独特属性以及物流要求,优化作业参数与路径,助力构建农业规模化经营模式,整合资源实现集中生产仓储调配,为农业技术升级创造条件。

(2)农业技术进步可直接促进生鲜农产品物流效率的提升。技术进步是突破农产品物流效率瓶颈的重要动因,既能通过优化生产环节,降低农产品成本与损耗,减少物流中转环节[33],又能通过电商平台、产品溯源系统等技术应用,重塑流通流程、降低跨区域流通阻碍,提升供需匹配精度[34],还可通过外溢效应改善物流基础设施、提升企业管理水平[35],从整体环境优化物流效率。

根据以上分析,提出如下假设。

H3:数字乡村建设通过提高农业技术进步水平进而促进生鲜农产品物流效率的提升。

数字乡村建设影响生鲜农产品物流效率的作用机制如图1所示。

3 研究设计

3.1 变量说明

3.1.1 被解释变量:生鲜农产品物流效率(FALE)

选取超效率SBM模型度量生鲜农产品物流效

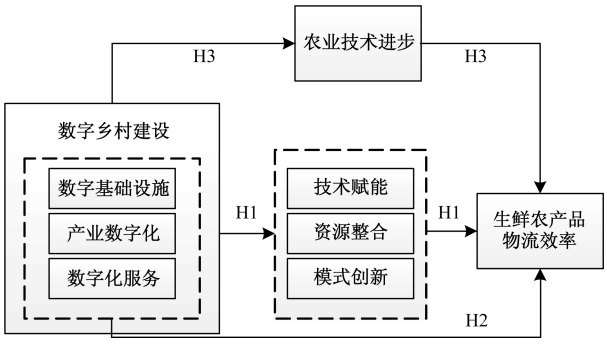


图 1　数字乡村建设影响生鲜农产品物流效率的作用机制

率。该模型可改善径向模型在松弛变量处理上的缺陷，提升测量精确性。指标选取结合行业特性与数据可获得性，从投入、产出两维度构建测度体系，所有指标均通过“交通运输、仓储和邮政业基础数据×生鲜农产品运量占比（W）×居民食品消费占总消费比重（N）[14]”进行换算，其中 W、N 进一步分解为如下表达，以确保指标对生鲜农产品物流领域的针对性。具体指标定义、计算方法见表 1。

$$W = \frac{T}{F} \tag{1}$$

式中：T 为生鲜农产品蔬菜、水果、肉类、水产品、禽蛋、牛奶总量的加和；F 为货运总量。

$$N = m_1 m_2 e_x \tag{2}$$

式中：m_1 为最终消费率；m_2 为区域居民消费比率；e_x 为恩格尔系数。

投入维度共选取 3 个核心指标，分别反映劳动力、固定资产投资与网络覆盖能力，即生鲜农产品物流从业人数反映劳动力对物流服务质量与流程效率的支撑；生鲜农产品物流固定资产投资水平决定物流硬件设施与技术装备的完备度，是保障物流高效运作的物质基础；生鲜农产品物流里程反映的是运输网络覆盖范围与物流衔接的效率。

表 1　生鲜农产品物流效率的投入产出指标

指标属性	指标定义	单位	计算方法
投入指标	生鲜农产品物流业从业人数	人	交通运输、仓储和邮政业就业人员×W×N
	生鲜农产品物流固定资产投资额	亿元	物流业固定资产投资×W×N
	生鲜农产品物流里程	万 km	物流网络总里程×W×N
产出指标	生鲜农产品物流增加值	亿元	交通运输、仓储和邮政业增加值×W×N
	生鲜农产品货物周转量	万 t	货物周转量×W×N

产出维度选取 2 个关键指标，来衡量经济贡献与运营效率。生鲜农产品物流增加值：先从交通运输、仓储和邮政业总产值中剔除中间投入以避免重复计算，再按上述比例换算，反映生鲜农产品物流在经济活动中的净产值贡献，是衡量效率变化的核心价值指标；生鲜农产品货物周转量：以交通运输、仓储和邮政业货物周转量为基础换算，该指标综合考虑运输货物数量与运输距离，既能体现生鲜农产品物流的运营规模，也能反映运输环节的实际效率。

3.1.2　解释变量：数字乡村建设（DR）

考虑到数字乡村建设对生鲜农产品物流效率的影响主要表现在数字基础设施、产业数字化、数字化服务 3 个层面，借鉴张岳等[36]的做法，从以上 3 个层面构建数字乡村建设的综合评价指标体系（表 2）。另外，数字乡村建设评价指标通过熵值法计算。

3.1.3　中介变量：农业技术进步（ATFP）

参考任晓聪和程思进[37]的做法，以各省份 R&D 经费投入强度、农业机械化程度、第一产业就业人数为投入指标，以农林牧渔业总产值指数为期望产出，用数据包络法进行测算。

3.1.4　控制变量

为避免遗漏变量带来的估计偏差，选取地区产业结构、财政支农水平、人力资本、城乡收入差距、市场化程度、农业生产效率等作为控制变量。其中，地区产业结构用第三产业增加值与地区生产总值之比表示；财政支农水平用农林水事务支出与地方财政支出之比衡量；人力资本用普通高等学校预计毕业生数衡量；城乡收入差距用城乡居民收入之差衡量；农业生产效率用农产品产量与农业劳动力投入量之比表示。为保证数据稳定性，对人力资本和城乡收入差距变量进行取对数处理。

3.1.5　数据来源

以 2011—2022 年中国 31 个省份（因数据缺失，未包括港澳台地区）为研究对象，数据来源于国家统计局、中国淘宝村研究报告、《中国第三产业统计年鉴》等统计资料，其中缺失的部分数据使用 Stata 软件运用线性插值法来进行有效补齐。主要变量描述性统计结果见表 3。

3.2　模型设定

参考刘美艳[18]的方法，采用双固定效应模型作为基准回归模型，检验数字乡村建设对生鲜农产品物流效率的影响，模型设定如下：

表 2　数字乡村建设发展水平评价指标

一级指标	二级指标	指标定义	单位	指标属性
数字基础设施	互联网可及性	开通互联网宽带业务的行政村比重	%	正向
	固定数字设备可及性	农村居民平均每百户年末计算机拥有量	台	正向
	移动数字设备可及性	农村居民平均每百户年末移动电话拥有量	部	正向
	农业气象观测站业务	农业气象观测业务站点个数	个	正向
	农村物流建设水平	邮路总长度	万 km	正向
		农村投递路线	km	正向
产业数字化 数字化服务	农村数字产业基地	淘宝村占行政村的比重	%	正向
		已通邮行政村比重	%	正向
	农产品进出口依存度	农产品出口贸易额/第一产业增加值	%	正向
		农产品进口贸易额/第一产业增加值	%	正向
	金融业数字化	数字金融数字化程度	%	正向
数字化服务	数字金融服务	数字金融覆盖广度指数	%	正向
	移动支付水平	移动支付指数	%	正向
	电商服务	农村每周平均投递次数	次	正向

表 3　变量描述性统计

变量类型	变量	样本数	平均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	生鲜农产品物流效率	372	0.537	0.542	0.017	3.450
解释变量	数字乡村建设	372	0.118	0.092	0.019	0.711
	数字基础设施	372	0.050	0.020	0.012	0.154
	产业数字化	372	0.044	0.077	0.003	0.610
	数字化服务	372	0.024	0.010	0.000	0.048
中介变量	农业技术进步水平	372	0.816	0.203	0.490	1.544
控制变量	地区产业结构	372	0.501	0.099	0.304	0.879
	财政支农	372	0.115	0.034	0.041	0.205
	人力资本	372	25.486	16.927	0.780	89.630
	城乡人均收入差距	372	9.859	0.309	9.140	10.805
	市场化程度	372	7.935	2.257	−0.161	12.864
	农业生产效率	372	10.326	0.773	8.262	11.716

$$FALE_{i,t}=\alpha_0+\alpha DR_{i,t}+\gamma Z_{i,t}+\varphi_i+\omega_t+\varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

式中:$FALE_{i,t}$为在第 i 个省份第 t 年的生鲜农产品物流效率水平;$DR_{i,t}$为数字乡村建设发展水平;$Z_{i,t}$为引入的控制变量组;α_0 为常数项;α 为系数,衡量数字乡村建设的边际效应;γ 为系数,反映各控制变量的影响程度;φ_i 为个体固定效应;ω_t 为时间固定效应;$\varepsilon_{i,t}$为随机误差项。

为克服传统中介效应检验的内生性与偏误问题,依据江艇[38]的建议先理论剖析中介变量对生鲜农产品物流效率的影响,再实证检验数字乡村建设与中介变量关系,模型构建如下:

$$ATFP_{i,t}=\alpha_0+\beta DR_{i,t}+\gamma Z_{i,t}+\varphi_i+\omega_t+\varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

式中:$ATFP_{i,t}$为 i 省份在第 t 年的农业技术进步水平;β 为系数,反映数字乡村建设对农业技术进步的边际影响程度。

4　实证结果与分析

4.1　基准回归

表 4 为数字乡村建设影响生鲜农产品物流效率的基准回归结果,双固定效应模型实证检验显示,无论是否考虑控制变量,数字乡村建设对生鲜农产品物流效率的影响均在 1%水平上显著,通过表 4 列(1)、列(2)可知,当数字乡村建设水平增长 1%时,生鲜农产品物流效率就会增加 1.231%。由此可知数字乡村建设可有效提高生鲜农产品物流效率,假设 H1 得到验证。

在控制变量方面,地区产业结构、人力资本、城乡人均收入差距及市场化程度显著为负,分别受产业竞争、人才流失、消费结构升级和消费者更倾向于购买高端非生鲜农产品、市场分散化与无序竞争导致小型企业低价竞争而缺乏效率提升投入等因素驱动;财政支农水平与农业劳动生产率的影响系数为正但不显著,前者可能受资金使用效率低、规模不足或时滞性制约,后者可能因生产与物流衔接不畅未能有效发挥作用,不过继续深化提升仍可促进物流效率的改善。

4.2　数字乡村建设分维度检验

为进一步探究数字乡村建设不同维度的影响差

表4　基准回归结果

变量	生鲜农产品物流效率				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
数字乡村建设	1.137***	1.231***			
	(3.032)	(3.134)			
数字基础设施			4.389**		
			(2.587)		
产业数字化				1.293***	
				(3.029)	
数字化服务					5.263
					(0.257)
地区产业结构		−0.501*	−0.292	−0.508*	−0.279
		(−1.662)	(−0.913)	(−1.670)	(−0.876)
财政支农		0.221	−0.789	0.244	−0.767
		(0.383)	(−1.520)	(0.413)	(−1.291)
人力资本		−0.008**	−0.012***	−0.007*	−0.010**
		(−2.252)	(−3.040)	(−1.944)	(−2.160)
城乡人均收入差距		−0.388	−0.354	−0.341	−0.235
		(−1.355)	(−1.120)	(−1.194)	(−0.652)
市场化程度		−0.064***	−0.065***	−0.065***	−0.068***
		(−2.860)	(−2.945)	(−2.894)	(−3.037)
农业生产效率		0.101	0.204	0.084	0.164
		(0.526)	(1.042)	(0.429)	(0.748)
常数项	0.403***	4.104	2.760	3.881	2.049
	(8.629)	(1.141)	(0.717)	(1.070)	(0.485)
样本数	372	372	372	372	372
R^2	0.914	0.926	0.90	0.925	0.918

注：*、**、***分别表示回归结果在10%、5%、1%置信水平下通过显著性检验；括号内为经过稳健标准误检验的 t 统计量。

异，将数字基础设施、产业数字化和数字化服务3个二级指标分别作为解释变量进行回归分析。回归结果见表4列(3)～列(5)。三者的回归系数分别为4.389、1.293和5.263，三者对生鲜农产品物流效率均呈正向影响，不过数字化服务未达到显著水平，原因在于数字基础设施为生鲜农产品物流的各环节提供了网络通信支撑，保障物流信息的即时共享与智能调度，减少信息阻滞引发的延误与损耗；产业数字化推动产业链整合，借助数字化重塑农业生产至销售全流程。而数字化服务未通过显著性检验，可能在于当前的应用深度不足，多数中小物流与供应商仍依赖传统模式，局限于基础业务，在智能决策、精准配送规划等方面欠缺，且受生鲜产品特性及物流复杂性影响、数据协同不足等制约，难以精准适配需求。综上，假设H2得到验证。

4.3　稳健性检验

为强化研究结论的可信度，采用如下3种稳健性检验：①通过缩尾处理削减异常值干扰；②用产出导向的BCC(Banker-Charnes-Cooper)模型重新测算被解释变量，再次评估生鲜农产品物流效率[39]；③排除政策因素。鉴于数字乡村建设于2017年纳入国家战略，此前受政策影响相对较小，故仅针对2011—2016年样本数据回归，以消除政策因素对基准回归结果的潜在偏误。由表5可见，经上述3种处理方式后，数字乡村建设的影响系数均显著为正，表明假设H1具备稳健性，有力支撑了研究结论的可靠性与普适性。

4.4　内生性检验

尽管基准回归采用了个体时间双向固定效应模型，但计量分析中仍可能存在内生性问题，影响估计结果的准确性。为有效解决此问题，通过工具变量法和滞后变量法进行检验和处理。

表5　稳健性检验结果

变量	生鲜农产品物流效率		
	(1)	(2)	(3)
	缩尾处理	重新测算被解释变量	排除政策因素
数字乡村建设	0.828**	0.276*	1.106**
	(2.244)	(1.939)	(2.196)
控制变量	控制	控制	控制
常数项	4.955	11.654***	9.807
	(1.467)	(3.270)	(1.449)
样本数	372	372	279
R^2	0.927	0.848	0.949

注：*、**、***分别表示回归结果在10%、5%、1%置信水平下通过显著性检验；括号内为经过稳健标准误检验的 t 统计量。

(1)工具变量法。借鉴赵涛等[40]的做法,使用各省份1984年固定电话数与样本对应上一年度开通互联网宽带业务的行政村比重的交互项作为数字乡村建设水平的工具变量,表6列(1)、列(2)显示,数字乡村建设能够促进生鲜农产品物流效率的提升。

(2)滞后变量法。以数字乡村建设水平的滞后1期值替代原变量进行回归。表6列(4)的回归结果显示,滞后1期变量的回归系数为1.072,在1%的统计水平上显著为正,表明数字乡村建设对生鲜农产品物流效率的提升作用存在一定的时间滞后性,其影响会在后续阶段逐步释放并对物流效率产生积极推动,进一步证实了基准回归所得结论的稳健性。

表6 内生性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	数字乡村建设	生鲜农产品物流效率	数字乡村建设	生鲜农产品物流效率
工具变量	0.000***			
	(6.014)			
数字乡村建设		2.996***		
		(4.270)		
滞后一期数字乡村建设			1.137***	1.072***
			(22.574)	(2.909)
控制变量	未控制	控制	未控制	控制
常数项	0.035***	6.797*	1.072***	3.307
	(4.262)	(1.786)	(2.909)	(0.841)
样本数	372	372	341	341
R^2	0.397	0.911	0.986	0.936

注:*、**、***分别表示回归结果在10%、5%、1%置信水平下通过显著性检验;括号内为经过稳健标准误检验的t统计量。

4.5 作用机制分析

经理论分析可知,农业技术进步水平在数字乡村建设与生鲜农产品物流效率之间发挥着关键作用。为更深入分析这一机制,借鉴江艇[38]的中介效应理论,结合数字乡村建设的滞后影响特性,将解释变量做滞后1期处理以验证传导机制。表7列(1)、列(2)显示,当期及滞后1期的数字乡村建设对农业技术进步的影响系数皆显著为正,分别在5%与1%的置信区间内表现出显著性。具体而言,当期数字乡村建设水平每提升1个单位,农业技术进步水平相应提高0.301%;滞后1期的数字乡村建设水平每提升1个单位,农业技术进步水平则提高0.357%。这充分说明数字乡村建设能够通过推动农业技术进步来提升生鲜农产品物流效率,且结论稳健,研究假设H3得以验证。

表7 机制检验结果

变量名称	农业技术进步	
	(1)	(2)
数字乡村建设	0.301**	
	(2.448)	
滞后1期数字乡村建设		0.357***
		(2.945)
控制变量	控制	控制
常数项	3.153	3.447*
	(1.639)	(1.850)
样本数	372	341
R^2	0.900	0.911

注:*、**、***分别表示回归结果在10%、5%、1%置信水平下通过显著性检验;括号内为经过稳健标准误检验的t统计量。

4.6 异质性分析

4.6.1 经济发达和欠发达地区的异质性分析

按人均实际GDP中位数将样本分为经济发达与欠发达地区①两个子样本进行分组回归。表8列(1)、列(2)的估计值显示,数字乡村建设对经济发达地区的影响系数达到1.516,而对欠发达地区的影响系数为-3.402,说明当前数字乡村建设在欠发达地区的促进作用尚未得到有效发挥。原因可能是经济发达地区资金充裕,数字基建完善,能够吸引人才,推动技术创新应用,且产业协同性强,能充分利用数字乡村建设优化生鲜物流流程。而欠发达地区则受资金、人才、基建及产业结构限制,技术应用进展缓慢,无法有效提升生鲜农产品物流效率。

4.6.2 不同气候带的异质性分析

参考《中国气候区划》标准,结合生鲜农产品易腐特性对温湿度环境的敏感性,将样本划分为南方高温高湿区与北方低温区②。表8列(3)、列(4)结果显示,南方高温高湿区数字乡村建设系数为1.478,在1%水平下显著为正,北方地区系数为0.339,未通过显著性检验,赋能效果较弱。核心原因在于,南方地区常年高温高湿,生鲜产品对冷链全流程温湿度调控存在刚性需求,数字基础设施的实时监测与产业数字化的直达物流模式恰好可以适配该需求;而北方冬季漫长且气温低,自然环境可部分替代冷链功能,降低对数字冷链需求的紧迫性,且严寒易导致数字设备性能受限,削弱技术与物流的适配性。

①将北京、天津、内蒙古、辽宁、吉林、上海、江苏、浙江、福建、山东、湖北、广东、重庆、陕西14个省份划归经济发达地区,将河北、山西等17个省份划为经济欠发达地区。

②高温高湿区包含上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、海南、重庆、四川、贵州、云南15个省份;北方低温区包含北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、河南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、西藏16个省份。

表8　异质性检验结果

变量	生鲜农产品物流效率					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	经济发达地区	经济欠发达地区	南方高温高湿区	北方低温区	主产区	非主产区
数字乡村建设	1.516***	−3.402	1.478***	0.339	0.672**	1.271**
	(3.507)	(−1.276)	(3.062)	(1.451)	(2.081)	(2.221)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	6.983	4.373	10.488	−2.735	1.222	8.265
	(0.957)	(0.980)	(1.356)	(−0.582)	(0.332)	(1.123)
样本数	168	204	192	180	192	180
R^2	0.943	0.857	0.937	0.924	0.908	0.939
组间系数差异 P					−1.132**	
					(−2.191)	

注：*、**、***分别表示回归结果在10%、5%、1%置信水平下通过显著性检验；括号内为经过稳健标准误检验的 t 统计量。

4.6.3　生鲜农产品主产区与非主产区的异质性分析

以生鲜供给综合指数中位数为界划分生鲜农产品主产区与非主产区③，表8列(5)、列(6)结果显示，两组样本中数字乡村建设系数均显著为正，交互项检验在5%水平下显著且符号为负，表明生鲜农产品主产区系数比非主产区低1.132单位，其差异具有显著性。非主产区系数大于主产区系数，效率提升效果更突出。原因在于非主产区城镇化水平高、消费集中，电商自提点与智慧物流网点完善，数字技术可直接对接消费者，效率转化路径更加顺畅；而主产区则受产地分散、基建薄弱、高学历劳动力外流劳动力数字技能不足等因素制约，削弱了其对物流效率的提升作用。

5　结论与启示

5.1　研究结论

数字乡村建设是促进生鲜农产品物流效率提升的重要动力。通过构建数字乡村建设与生鲜农产品物流效率指标体系，运用双固定效应模型和中介效应模型实证分析得出如下结论：①数字乡村建设水平的提高促进了生鲜农产品物流效率的提升，该结论在经过内生性检验和稳健性检验之后仍然成立；②从构成维度看，数字基础设施与产业数字化均对生鲜物流效率有着显著正向影响，其中数字基础设施的促进作用最为突出；③农业技术进步在上述影响中发挥着显著中介作用，是数字乡村建设赋能物流效率的重要路径；④异质性分析显示，其促进效应存在三重差异：经济发达地区强于欠发达地区、南方高温高湿地区强于北方低温地区、生鲜农产品非主产区强于主产区。

5.2　研究启示

(1)锚定数字乡村核心赋能价值，以数字基建为抓手加速物流数字化转型。研究证实，数字乡村建设能显著提升生鲜农产品物流效率，且数字基础设施作为其构成维度，对物流效率的促进作用最为突出。因此，需抓住数字乡村建设机遇，优先加强农村互联网、物联网感知设备与智能冷链仓储等基础设施建设，重点提升偏远地区网络覆盖率与传输质量，夯实数字根基。在此基础上，推动数字技术与物流各环节深度融合，精细管理物流各环节，从仓储到配送智能化运作，形成协同效应，有效促进生鲜农产品物流效率提升，助力数字乡村发展。

(2)推动产业数字化进程，系统引导生鲜农产品产业链各环节深度应用数字技术。结果显示，产业数字化对生鲜物流效率具有显著正向影响，是数字乡村建设的重要支撑维度。因此，需重点构建覆盖生产、加工、流通、销售的全流程数字化平台，实现产业链各环节数据共享与智能决策。通过数字化手段促进产业链上下游主体间的协同合作，整合分散的供需信息，精准匹配市场需求。同时建议政府加大政策支持力度，设立产业数字化专项基金，培育数字化服务商，针对主产区“产地分散”、欠发达地区“技术转化弱”的痛点，提供定制化、低成本解决方案，进一步释放产业数字化的辅助提升作用。

(3)以农业技术进步为中介，打通“创新-转化-增效”链路。中介效应检验表明，农业技术进步是数字乡村建设赋能物流效率的重要路径，能为物流效率的提升奠定产品与工艺基础。因此，应鼓励高

③对31个省份2011—2022年的水果、肉类、牛奶、禽蛋、水产品、蔬菜6类生鲜产品，计算各省年均产量，进行标准化处理得到“生鲜供给综合指数”，指数越高代表供给能力越强。以该指数中位数为界，将大于等于中位数的山东、河南、河北、江苏、广东、辽宁、四川、湖北、广西、湖南、内蒙古、安徽、福建、黑龙江、陕西、浙江16个省份界定为主产区，小于中位数的云南、新疆等剩余15省份界定为非主产区。

校与科研机构对接乡村需求,针对生鲜农产品物流痛点展开技术攻关,精准输出保鲜工艺、智能分拣等适配性成果。同时,推动数字化技术与农业技术深度融合,推动农业技术持续进步,优化产地布局与包装保鲜工艺,提升生鲜农产品标准化水平,确保技术创新成果落地,放大数字乡村建设的间接赋能效应。

(4)立足区域异质性特征,制定差异化精准政策。经济发达地区需警惕数字基建存在的冗余风险,建立利用率评估机制,推动跨区域资源共享与高附加值智慧物流发展;欠发达地区应依托政府专项基金来补贴轻量化数字设备,开展留守劳动力数字技能定向培训,通过"低成本适配"方案突破资金与人才瓶颈;南方高温高湿地区需强化冷链全流程温湿度数字调控,通过产业数字化加速短周期流通以破解易腐损难题;北方低温地区应聚焦耐寒数字设备研发,重点突破仓储防冻、运输除冰技术瓶颈,避免盲目复制南方模式;生鲜主产区需重点建设数字冷链产业园区,整合分散在各产地的资源,通过智能调度提升集货效率;非主产区应优化电商自提点与智慧网点布局,利用数字技术打通由仓储到消费者的直达链路,强化末端配送效率。

参考文献

[1] NDHAIEF N, BISTORIN O, REZG N. A modelling approach for city locating logistic platforms based on combined forward and reverse flows[J]. IFAC Papers On-Line, 2017(1): 51-66.

[2] 贾圣强. 中部地区农产品物流效率及其影响因素分析:基于超效率和 Tobit 模型的实证[J]. 商业经济研究, 2019(11): 158-160.

[3] DEFRAEYE T, CRONJÉ P, BERRY T, et al. Towards integrated performance evaluation of future packaging for fresh produce in the cold chain[J]. Trends in Food Science & Technology, 2015(2): 94-109.

[4] 孟珊珊, 刘维忠, 孙宇. 生鲜农产品绿色物流效率空间差异及影响因素[J]. 商业经济研究, 2024(19): 75-79.

[5] 杨扬, 赵以诺. 跨境物流效率与外贸经济耦合协调研究:以云南省陆路口岸为例[J]. 管理现代化, 2022, 42(5): 27-36.

[6] 陈媛瑞. 创新驱动政策协同对物流业绿色效率的影响效应与作用机制:来自国家自主创新示范区与创新型城市的证据[J]. 商业经济研究, 2024(12): 99-102.

[7] 李金秋. 电商平台发展、交通基础设施对农产品流通效率影响的实证分析[J]. 商业经济研究, 2023(20): 119-123.

[8] 张哲, 张振宇. 信息化发展对物流业效率的影响分析[J]. 商业经济研究, 2023(10): 93-96.

[9] 肖艳丽, 冯中朝. 油菜流通效率的影响因素分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(30): 14896-14898.

[10] 金赛美. 我国农产品流通效率测量及其相关因素分析[J]. 求索, 2016(9): 129-132.

[11] 汪旭晖, 文静怡. 我国农产品物流效率及其区域差异:基于省际面板数据的 SFA 分析[J]. 当代经济管理, 2015, 37(1): 26-32.

[12] 杨博, 王征兵. 绿色技术创新对生鲜农产品绿色物流效率的影响:基于产业集聚的调节效应[J]. 中国流通经济, 2023, 37(1): 60-70.

[13] 冯朝睿, 徐宏宇. TOE 框架下电子政务服务效率及其影响因素研究:基于 DEA-Tobit 两步法模型[J]. 云南财经大学学报, 2021, 37(7): 97-110.

[14] 程书强, 刘亚楠. 西部地区农产品物流效率及省际差异动态研究:基于 DEA-Malmquist 指数法[J]. 统计与信息论坛, 2017, 32(4): 95-101.

[15] 李义华, 吴露青. 我国农产品冷链物流效率时空演化特征[J/OL]. 吉首大学学报(社会科学版), 1-11[2025-09-28]. https://link.cnki.net/urlid/43.1069.c.20241225.1701.004.

[16] 王胜, 余娜, 付锐. 数字乡村建设:作用机理、现实挑战与实施策略[J]. 改革, 2021(4): 45-59.

[17] 孙迎联, 贾海刚. 数字乡村建设助推农民农村共同富裕的价值逻辑、现实图景与优化路径[J]. 农村经济, 2024(11): 1-10.

[18] 刘美艳. 数字乡村建设、创新创业活跃度与城乡高质量融合发展[J]. 统计与决策, 2024, 40(19): 38-43.

[19] 曹杰, 王妍霏. 数字乡村、技术创新与农业高质量发展[J]. 管理学刊, 2024, 37(3): 128-142.

[20] 王春豪, 蒋兴红. 乡村数字化对农产品流通业全要素生产率增长的影响研究[J]. 世界农业, 2023(11): 91-102.

[21] 李刚, 王雨菲, 颜廷武. 数字化转型促进了乡村创新创业吗:基于"国家数字乡村试点"政策的准自然实验[J]. 经济学家, 2024(12): 114-124.

[22] 刘颖, 赖凯丰. 数字乡村建设对乡村振兴发展的影响:基于 1804 个县域经验证据[J]. 浙江农业学报, 2024, 36(7): 1694-1708.

[23] 孔令孜, 宁夏, 莫彬, 等. 数字乡村建设赋能乡村产业振兴的效应与作用机制[J]. 西南农业学报, 2024, 37(9): 1925-1936.

[24] 兰琦. 西部地区商贸流通现代化的发展模式构建研究[J]. 商业经济研究, 2017(11): 133-135.

[25] 薛阳, 郭世乐, 冯银虎, 等. 长江经济带数字经济和物流高质量发展的时空耦合、区域差异及驱动因素[J]. 苏州大学学报(哲学社会科学版), 2024, 45(5): 63-75.

[26] 玛依努尔, 马继越. 数字经济与产业结构升级:理论逻辑与实证检验[J]. 资源与产业, 2025, 27(1): 22-34.

[27] 郝爱民. 流通数字化对我国农村三产融合的影响[J]. 中国流通经济, 2022, 36(2): 36-44.

[28] 王谦, 付晓东. 数据要素赋能经济增长机制探究[J]. 上海经济研究, 2021(4): 55-66.

[29] 张红柳，康琳赛，王明吉.“双碳”目标下数字物流发展对流通业绿色全要素生产率的影响效应分析[J]. 商业经济研究，2024(22)：90-93.
[30] 黄和平，周桂明. 产业数字化对绿色全要素生产率的影响机制研究：兼议环境规制的门槛效应[J]. 中国环境科学，2025，45(3)：1713-1730.
[31] 赵丽君. 数字服务贸易对商贸流通业技术创新效率的影响：兼论数字化转型与冗余资源的中介效应[J]. 商业经济研究，2024(22)：15-19.
[32] 武海东. 数字乡村建设、农业技术进步对农民共同富裕的影响[J]. 工程管理科技前沿，2024，43(2)：83-89.
[33] 姜昕，周媛子.“一带一路”背景下辽宁省农产品对外贸易发展路径探讨[J]. 农业经济，2021(8)：120-121.
[34] 李国英. 农业全产业链数字化转型的底层逻辑及推进策略[J]. 区域经济评论，2022(5)：86-93.
[35] 唐金湘. 流通企业技术创新对流通效率的牵引作用机制[J]. 商业经济研究，2021(19)：130-133.
[36] 张岳，王善高，白雪冰. 数字乡村建设水平测度、区域差异分解与收敛特征分析[J]. 统计与决策，2024，40(8)：51-56.
[37] 任晓聪，程思进. 数字乡村建设、农业技术进步与农民共同富裕[J]. 统计与决策，2024，40(19)：78-83.
[38] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济，2022(5)：100-120.
[39] 杨肖丽，赵涵，牟恩东. 数字经济对农产品流通效率的影响：基于省域面板数据的实证分析[J]. 中国流通经济，2023，37(8)：28-38.
[40] 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，2020，36(10)：65-76.

Impact of Digital Rural Construction on Logistics Efficiency of Fresh Agricultural Products: An Empirical Analysis Based on Provincial Panel Data

SONG Xiuli, LIU Yu

(School of Management, Bohai University, Jinzhou 121007, China)

Abstract: The impact of digital rural construction on the logistics efficiency of fresh agricultural products and its operational mechanism are empirically tested based on the panel data of provinces in China from 2011 to 2022, using the entropy method and super-efficiency SBM (slacks-based measure) model. The results show that digital rural construction significantly improves the logistics efficiency of fresh agricultural products, with digital infrastructure and industrial digitalization as core driving factors and agricultural technological progress as an important transmission path, heterogeneity analysis indicates that the promotion effect is more significant in economically developed regions, southern high-temperature and high-humidity regions, and non-major producing areas of fresh agricultural products, while relatively weaker in northern low-temperature regions and major producing areas of fresh agricultural products, and based on these conclusions, it is suggested that all regions should formulate differentiated strategies to promote digital rural construction in accordance with their own resource endowments and climatic characteristics, and strengthen digital infrastructure construction and industrial digital transformation.

Keywords: digital rural construction; logistics efficiency of fresh agricultural products; agricultural technology progress; two-way fixed effects model