数字物流驱动农业产业链现代化的作用机制及溢出效应研究

程云洁，孙千驰*

（新疆财经大学经济学院，新疆乌鲁木齐 830012，中国）

摘　要：［**目的/意义**］实证检验数字物流影响农业产业现代化的作用机制及溢出效应，拓展农业产业链现代化研究的分析维度，为促进区域协调发展和城乡融合发展提供新思路。［**方法**］基于2011—2023年中国280个地级市的面板数据，利用熵值法测算数字物流与农业产业链现代化，采用固定效应模型探究数字物流与农业产业链现代化之间的关系；利用中介效应模型以及空间杜宾模型分别对数字物流影响农业产业链现代化的作用机制以及空间相关性特征和溢出效应进行检验分析。［**结果和讨论**］（1）数字物流有助于推进农业产业链现代化进程，在经过一系列稳健性检验及内生性处理后，该结论依旧有效。（2）机制结果显示，数字物流能够通过促进资源配置效率、市场可达性，以及创业活跃度推动农业产业链现代化。（3）异质性检验结果表明，数字物流对于南部地区、在非粮食主产区、农业产业集聚高的地区的农业产业链现代化促进效果更强。（4）空间效应结果显示数字物流在0～600 km空间溢出效应逐渐从抑制转变为促进作用，800 km正向空间溢出效应最大。［**结论**］提出强化数智技术赋能、破除“制度性障碍”、消除资源配置效率提升的外部壁垒，以及因地制宜发挥数字物流优化各产区农业产业链现代化的作用等对策。

关键词：数字物流；农业产业链现代化；资源配置效率；市场可达性；创业活跃度；中介效应模型

中图分类号：F303;F323;[S-9]　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**SA202601030

引用格式：程云洁, 孙千驰 . 数字物流驱动农业产业链现代化的作用机制及溢出效应研究[J]. 智慧农业(中英文), 2026, 8(3): 226-238. DOI：10.12133/j.smartag.SA202601030

CHENG Yunjie, SUN Qianchi. Mechanism and Spillover Effects of Digital Logistics Driving the Modernization of the Agricultural Industry Chain[J]. Smart Agriculture, 2026, 8(3): 226-238. DOI：10.12133/j.smartag.SA202601030 (in Chinese with English abstract)

0 引　言

农业产业链现代化既是加快提升中国农业产业结构、谋求化解“三农”问题的重要途径，也是稳步推动实施乡村振兴战略的重要一环。2025年1月中共中央、国务院印发了《乡村全面振兴规划（2024—2027年）》指出“优化农业产业链组织方式，培育农业产业化龙头企业，支持企业协同共建产业链供应链”，并强调“延长农业产业链条”，要加快不同农业产业链条的发展进程。然而，如何有效提升农业产业链控制力和影响力[1]以及农业产业链契合程度[2]，迫切需要寻找农业产业链现代化的新动力。数字经济作为新一代科技和产业革命在促进农村现代化进程中最重要的工具之一，在农业生产、流通、销售和服务业等方面发生了变革[3]，学界针对数字经济方面以及农业产业链现代化问题进行了探索性研究。主要包括数字平台[4]、数字基础设施建设[5]，以及数字乡村[6]等对农业产业链现代化的影响研究，结论均有助于农业产业链现代化水平提高。

近年来，随着新一代信息技术与产业融合程度进一步加深，“数字化”与物流产业呈现深度融合

收稿日期：2026-01-23

基金项目：国家社会科学基金项目（22BGL165）；新疆社会科学基金项目（2024BJL043）

作者简介：程云洁，硕士，教授，研究方向为世界经济、区域经济。E-mail：2359726287@qq.com

*通信作者：孙千驰，博士研究生，研究方向为区域经济。E-mail：1461648280@qq.com

copyright©2026 by the authors

的趋势。数字物流是在数字技术背景下，在当前的物流活动进程中应用物联网技术[7]、信息技术[8]和物流技术[9]来实现生产作业流程的优化及实体物流的集成化管理。数字物流起着联系生产与分配、流通与消费的重要作用[10]。作为先进物流模式的代表实例，数字物流凭借先进技术，能平稳推进农业产业链与创新链、资金链、人才链深度融合，进一步促进农业产业链达成高端化、智能化、绿色化的转型。部分学者就数字物流对产业链现代化的影响开展了一定探究。数字物流借助引入大数据、云计算等现代信息技术，实现了物流资源的合理配置与高效化运用，不仅推动了物流行业整体运作效率上扬，更从宏观层面促进产业结构优化升级[11]。数字物流凭借搭建信息化、智能化的物流平台，促进产业链上下游企业之间的信息共享及协同作业，有利于提高整个供应链的响应速度与灵活性。数字物流的发展带动物流业跟其他产业的深度融合及创新发展，通过跟生产、销售等环节紧密结合，数字物流拉动产业间的跨界融合协同发展[12]，于是拓宽了产业链现代化的发展空间。因此，深入分析数字物流与农业产业链现代化的内在机制、空间溢出效应规律，以及区域差异化，对于促进农业农村现代化以及乡村振兴具有实践意义。

综上所述，既往研究为理解农业产业链现代化提供了理论参考与实证借鉴，但仍存在可拓展的空间：一是需明确数字物流对农业产业链现代化的影响效应与传导路径，厘清数字物流通过何种机制影响农业产业链现代化。二是数字物流打破传统的地理界限，通过数据、技术和资源的跨区域流动，将各地物流系统紧密地联系在一起，使得数字物流的发展对周围区域农业产业链现代化发展产生空间溢出效应。为此，本研究基于2011—2023年280个地级市的面板数据进行实证研究，核心内容包括：一是在研究视角上，将数字物流与农业产业链现代化纳入同一研究框架，并对二者的关系进行分析，丰富数字物流对农业产业链现代化的相关研究；二是构建了数字物流与农业产业链现代化的理论分析框架，深入剖析和实证检验农业劳动生产率、市场可达性以及创业活跃度的作用渠道，一定程度上打开了“机制黑箱”；三是实证分析了数字物流对农业产业链现代化的空间溢出效应，为更有效地充分发挥农业产业链现代化的作用，制定相关政策提供参考依据，并进一步分析了数字物流对农业产业链现代化影响的空间溢出边界，有助于针对性地强化和提升数字物流的功能，从而更有效地提升农业产业链现代化。

1　理论分析与研究假设

1.1 数字物流对农业产业链现代化的影响

赫希曼提出的前向产业关联效应指出：“任何并非唯一为满足最终需求而开展的活动，会产生利用其产品作为新生产活动投入的意图”，即通过应用其产品和服务会引发一系列新的部门和产业出现。随着传统物流业逐渐在物流运输的全过程实现数字化变革，数字物流逐渐成为各产业发展的新动能，未来发展趋势也必定将与农业深度结合[13]。数字物流通过对农业产业链发展进行高效赋能，从而促进农业产业链现代化发展。具体来看，在物流运输中，数字化技术的应用有助于实现农业产业链各环节的信息共享和协同运作，提高产业链的敏捷性和响应能力[14]。在物流运输过程中，物流信息化和智能化的发展可以有效缩减中间环节[15]、优化运输路线、降低物流损耗和运营成本。在物流输送完成后，借助大数据分析，能够精准评估物流服务的质量和效果，从而为后续农业决策提供有力的数据支持，因此，提出假设1。

假设1：数字物流对农业产业链现代化具有促进作用。

1.2 数字物流对农业产业链现代化的影响机制

数字物流是数字技术与传统物流融合的新形态。数字物流的规模效应和普惠效应凸显[16]，农村地区开始打破信息传播障碍，逐渐削弱了由地区经济发展水平差异导致的数字鸿沟[17]，提高了农村地区的信息可获取性，有助于缓解资源要素错配问题。具体来说，数字物流能为农村物流提供大量的数据要素，涵盖交通流量、货物运输需求、货源等信息，物流主体能更好地把握农村地区的物流需求以及资源分布状况，由此优化运输路径、提升资源运送效率，数字化平台是促进农村物流效能的关键。把数据要素整合进物流信息平台，集结多方资源，有效对接城乡物流需求和服务供给，增强物流信息的透明度与可视化水平，促进货物的追踪监控、订单管理、信息交互，实现农村资源要素配置的时效性，以及运输成本的优化提升，电子零售能够降低偏远和落后地区的居民买卖支出，以及寻找工作的搜索成本，提高本地资源的使用效率和周转

速度，加快地区经济快速发展，缩小与发达地区间的差距，并提供了一种突破“地理劣势陷阱”的新模式。资源要素配置水平的提高可加速劳动分工精细化，推动社会资源重新分配，有效保障农业产业生产、分配、流通、消费等环节有效衔接，促使农业产业链形成动态平衡，进一步助力农业产业链上下游延伸，进而提高农业产业链现代化水平，因此，提出假设2。

假设2：数字物流通过缓解资源要素错配，从而有效推动农业产业链现代化。

数字物流的完善能够有效缩短资本、劳动力等多种生产要素跨区域流通时间，并且能够降低本地产业获得信息的成本，提升市场可达性[18]。在要素配置方面，数字经济通过为各类要素资源集聚、转移和应用创造便利条件，促进了各类要素资源的流动，带来要素资源的精准配置和优化组合，使各类要素资源快速地配置到效率最优点，提升市场可达性。在成本节约方面，数字物流提高流通效率能够有效节约买卖双方的信息搜寻成本，提升买卖双方的搜寻匹配效率。买方企业以更低的信息成本在交易过程中获取高质量中间品，卖方企业以更低的信息成本达成销售合约，实现了降低消费信息搜寻成本、信息沟通成本、融资成本、经营管理成本，提升流通效率。随着市场可达性的提升，农业跟其他产业的信息传送变得更为流畅、迅速，加快了知识传播跟积累的速度，处在这个环境里面，农业可借鉴供应链上下游合作方的先进管理经验及技术，实现技术的共同分享，这有利于农业以较低的研发成本增进自主创新能力，实现产品多样化，提高产品技术的复杂程度，还可借助较低的研发成本实现技术创新。在获取合作伙伴先进技术的这个时候，企业为在激烈的市场竞争环境下获得竞争领先地位，会加大研发投入的力度，从而可提升农业创新能力，增加研发成果转化的效率，增加产品附加值[19]，进而实现农业产业链现代化程度的提高，随着市场可接近性的增强，国内统一大市场优势正逐步培育形成，去除区域间的贸易阻碍，带动国内市场竞争愈加激烈[20]，能逼迫农业不断革新生产工艺，提升自主创新能力，进而提升农业产业链现代化，因此，提出假设3。

假设3：数字物流通过市场可达性对农业产业链现代化产生促进作用。

数字物流能够通过创业活跃度来影响农业产业链现代化。在线平台物流公司通过对其上游供应环节（原材料采购）、中游制造环节（过程控制）、下游供应链环节（库存管理、市场营销、最终交付等）资源的深度整合，与制造业伙伴建立了紧密的战略关系，为当地劳动力市场创造了多样的工作机会[21]。而且由于以技术方式为主导，因此物流产业的发展会自动催生出与数据、自动化生产等因素有关的高薪岗位及发展机会。这样一种趋势就激励工人去发展他们的数字技能并开创事业方向。与此同时，物流业的数字化推动使企业感受到了竞争压力，促进企业保持超强的创业热情，积极创新。增强农业创业活跃度，改善乡村创业环境，吸引青年农民工、高校毕业生这类人群回乡入乡创业，把城市的“新力量”逆向输送到乡村，激励新农人借创业带动乡村就业，为农业产业链现代化输送人才，增强农业创业活跃度可提升农村流动人口就业质量，为农村企业发展带去前沿的技术与管理经验[22]，推动农村电商、乡村旅游等新兴产业与新业态诞生，给农业产业链现代化注入新活力，因此，提出假设4。

假设4：数字物流通过提高农业创业活跃度促进农业产业链现代化。

2 数据来源

研究对象为2011—2023年中国280个地级市，其数据来自《中国城市统计年鉴》、中经数据网（https://ceidata.cei.cn），还包括各地政府统计公报，为保证获得的数据更加完整，本研究借助线性差值或均值差值法进行了缺失数据的补全。

3 研究方法

3.1 变量选取

3.1.1 被解释变量

参考已有研究[23, 24]，从创新性、高端性、协同性、可持续性和自主可控性5个维度，构建农业产业链现代化评价指标体系，具体见表1，并且借助熵值法计算农业产业链现代化水平。

3.1.2 解释变量

数字物流评价。借鉴周楠等[25]和DUAN等[26]的方法，从物流投入、物流产出和物流数智创新3方面评价数字物流，并共同构建立体指标体系8项，具体见表2。

3.1.3 中介变量

1）资源要素配置。依照李青原和章尹赛楠[27]的研究结论，运用资源错配指标来评估各城市要素

表1 农业产业链现代化水平指标体系

Table 1 Indicator system for the modernization level of the agricultural industrial chain

一级指标	二级指标	方向	权重
创新性	农业专利授权数	+	0.220
	第一产业科研人员	+	0.139
高端性	有效灌溉率	+	0.069
	单位面积农业产值	+	0.091
	农业机械动力水平	+	0.071
	单位面积粮食产量	+	0.018
协同性	城镇化率	+	0.018
	城乡居民收入比	−	0.020
	农业发展成果共享度	+	0.185
可持续性	农药、化肥施用量	−	0.046
	人工造林面积	+	0.115
自主可控性	农业产值占比	+	0.007
	农业产业链完整性	+	0.001

表2 数字物流评价指标体系

Table 2 Digital logistics evaluation index system

一级指标	二级指标	方向	权重
物流投入能力	物流业固定资产投资额	+	0.094
	物流业从业人员	+	0.191
	公路里程	+	0.042
物流产出能力	货运量	+	0.062
	物流产业增加值	+	0.114
物流数字化创新能力	互联网宽带接入用户	+	0.014
	电子商务交易活动企业数	+	0.151
	电子商务销售额	+	0.332

市场的扭曲程度，具体测算过程如下：首先，构建柯布-道格拉斯生产函数（C-D函数）并进行对数转换，得到公式（1）如下：

$$\ln Y_{it} = c + \alpha \ln K_{it} + \beta \ln L_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中：Y表示为国内生产总值；K表示为资本要素；L表示劳动力要素；c为常数项；α为资本要素对国内生产总值的影响系数；β为劳动力要素对国内生产总值的影响系数。

首先，其资本和劳动的边际产出分别为$\alpha Y_{it}/K_{it}$、$\beta Y_{it}/L_{it}$。资本产出弹性系数α和劳动产出弹性系数β通过柯布-道格拉斯生产函数回归分析确定。其次，若资本价格为r、劳动价格为w，通过分析要素边际产出与其实际价格的偏离程度来量化市场扭曲效应，分别为公式（2）和公式（3）。

$$distK_{it} = \left| \alpha Y_{it}/r_{it}K_{it} - 1 \right| \quad (2)$$

$$distL_{it} = \left| \beta Y_{it}/w_{it}L_{it} - 1 \right| \quad (3)$$

同时将资本和劳动力两大要素的扭曲状况纳入统一考量框架，得到总的市场扭曲程度$dist_{it}$，如公式（4）所示。

$$dist_{it} = distK_{it}^{\alpha/\alpha+\beta} distL_{it}^{\beta/\alpha+\beta} \quad (4)$$

再次，在模型运算过程中，各城市的具体数值被代入后，获得了反映要素$dist_{it}$。其中，资本价格r设定为10%，该数值是5%的资本折旧率与5%实际利率的加权平均值；劳动报酬w则采用各城市当年就业人员平均工资数据。各城市资源配置效率的替代变量，通过将$dist_{it}$数值与当年所有城市中的最大值进行标准化处理获得。

2）市场可达性。采用吴群锋等[28]的方法，以下将详细论述如何计算各城市的市场可达性，如公式（5）和公式（6）所示。

$$M = \sum_{j=i} \tau_{ij}^{-\theta} N_{it} \quad (5)$$

$$\tau_{ijt} = 1 + \sigma time_{ijt}^{0.8} \quad (6)$$

式中：M表示市场可达性；N_{it}表示城市i在t期的人口总数量；θ表示市场的贸易弹性；τ_{ijt}代表城市i到j在t年的运输成本；$time_{ijt}$表示将产品从城市i运输到j所消耗的最短时间；σ为运输消耗的时间对运输成本的影响系数，参数设定按照现有文献方法[18]。将θ设定为8.22、σ设定为0.008。

3）创业活跃度。参照白俊红等[29]的研究，取每万人新设企业的数量来度量地区创业活跃程度，表明地区创业活跃度高。

3.1.4 控制变量

经济发展水平选取各城市人均GDP并取对数表示；对外贸易开放度指标采用进出口贸易总额占GDP比重的方式进行测算；基础设施建设选取人均道路面积表示；工业化进程采用第二、第三产业增加值之和与第一产业增加值之比来表示。

3.2 模型设定

3.2.1 基准回归模型

为考察数字物流对农业产业链现代化的影响，并控制个体与时间效应，本研究建立固定效应模型作为基准。该模型旨在初步识别影响效应的存在性与方向，为后续深入分析奠定基础，具体如公式（7）所示。

$$F_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 S + \alpha_2 X_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

式中：i表示各地级市；t表示年份；F表示农业产业链现代化；S表示数字物流；X表示控制变

量；μ_t表示时间固定效应；γ_i表示个体固定效应；ε_{it}表示随机扰动项。

3.2.2 中介效应模型

为检验数字物流驱动农业产业链现代化的具体路径，建立中介效应模型，如公式（8）所示。

$$Z_{it} = \beta_0 + \beta_1 S_{it} + \beta_3 X_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

式中：Z_{it}表示中介变量；β_0、β_1和β_2表示数字物流对中介变量的影响；其他变量与公式（7）相同。

4 结果与分析

4.1 基准回归分析

表3汇报了基准回归结果。第（1）列展示未引入控制变量时的回归分析结果，而第（2）列显示的是包含控制变量后的回归分析结果，不论是否添加控制变量，数字物流对农业产业链现代化的影响体现为正向，表明数字物流与农业产业链现代化之间存在正向的关联，假设1得到证实。究其原因在于数字技术具备高效化、智能化，以及一体化的特点，其在物流领域的深度应用能够提升物流运作效率与服务质量，从而为农业生产供应链的升级发展提供有力支撑。

4.2 稳健性检验

为更进一步说明模型的有效性，采用了多种方法来进行稳健性检验，具体见表4：1）更换被解释变量的测算方法。利用主成分分析方法对农业产业链现代化进行评估，并据此重新进行了实证回归分析；2）调节变量时间，考虑到2020年后受到新冠疫情的影响，这里将范围缩小到2011—2019年，重新进行回归；3）删除省会和直辖市城市。城市经济包含众多要素，也有重要的创新资源，这些经济要素和资源的分布不协调情况表现为省会城市和非省会城市，因此，本研究将省会及直辖市城市剔除，保证样本的均衡性。4）控制其他政策影响。考虑到在样本选择时期内国家出台了诸多政策，可能会对农业产业链现代化产生影响，从而影响本研究的最终结论，因此在控制变量中加入是否是“宽带中国”示范城市、国家创新型城市、低碳城市与智慧城市试点城市，以此控制相关政策对农业产业链现代化的影响。5）采用面板分位数回归对模型进行估计，在农业产业链现代化不同水平下，数字物流对农业产业链现代化的影响情况，面板分位数回归结果如表5所示。选择25%、50%和75%这3个分位点，分别代表农业产业链现代化的低水平、中水平和高水平，由面板分位数回归结果可知，在农业产业链现代化的不同水平阶段，数字物流对农业产业链现代化皆呈现出明显的推动效应，且随着农业产业链现代化水平的增高，数字物流对农业产业链现代化的推动作用越强。上述结果表明基准回归结果的稳健性得到验证。

表3 数字物流影响农业产业链现代化的基准回归结果

Table 3 Benchmark regression results of the impact of digital logistics on the modernization of the agricultural industry chain

变量	（1）	（2）
	农业产业链现代化	农业产业链现代化
数字物流	0.094***	0.112***
	（4.56）	（5.40）
经济发展水平		−0.003***
		（−3.49）
基础设施建设		0.002***
		（2.98）
工业化进程		−0.001***
		（−5.62）
对外贸易水平		−0.002*
		（−1.81）
常数项	0.049***	0.049***
	（60.24）	（20.72）
个体固定	*Y*	*Y*
时间固定	*Y*	*Y*
样本量	3 640	3 640
R^2	0.776	0.780

注：*、**和***分别表示在10%、5%和1%的统计水平上显著。括号内为标准误。下表同。第（1）列为还未引入控制变量时的回归分析结果，第（2）列为包含控制变量后的回归分析结果。

4.3 内生性检验

为了检验回归分析中可能出现的内生性问题，本研究采用工具变量法开展相关研究。一方面，上一期的数字物流水平会影响本期的应用效果，但本期的农业产业链现代化状况无法对上一期的数字物流发展产生反馈作用。另一方面，每万人邮政业务营业网点数作为数字物流发生前的数字化经济发展阶段，反映该时期的物流状况，与当前的农业产业链现代化指标没有直接的因果联系。因此，使用滞后一期数字物流和每万人邮政业务营业网点数作为工具变量。表6结果显示，在考虑变量内生性后，以滞后一期数字物流以及每万人邮政业务网点数作为工具变量，数字物流的系数仍显著为正，再次验证了基准回归结论的可靠性。

表4　数字物流影响农业产业链现代化的稳健性检验

Table 4　Stability testing of the modernization of the agricultural industry chain affected by digital logistics

变量	替换被解释变量	调节变量时间	去除省会以及直辖市城市	控制其他政策影响
数字物流	1.695***	0.299***	0.088***	0.093***
	（8.02）	（10.74）	（4.10）	（4.34）
常数项	0.820***	0.047***	0.049***	0.048***
	（33.05）	（16.92）	（25.85）	（20.14）
控制变量	*Y*	*Y*	*Y*	*Y*
ind	*Y*	*Y*	*Y*	*Y*
time	*Y*	*Y*	*Y*	*Y*
样本量	3 640	2 615	3 250	3 640
R^2	0.843	0.831	0.754	0.781

表5　数字物流影响农业产业链现代化的面板分位数回归结果

Table 5　Panel quantile regression results of the impact of digital logistics on the modernization of the agricultural industry chain

变量	农业产业链现代化		
	农业产业链现代化低水平	农业产业链现代化中水平	农业产业链现代化高水平
数字物流	0.333***	0.431***	0.519***
	（33.77）	（41.09）	（33.25）
控制变量	*Y*	*Y*	*Y*
常数项	0.033***	0.036***	0.046***
	（24.49）	（25.25）	（21.55）
样本量	3 640	3 640	3 640

表6　数字物流影响农业产业链现代化的内生性检验

Table 6　Endogeneity test of the impact of digital logistics on the modernization of the agricultural industry chain

变量	数字物流	农业产业链现代化	数字物流	农业产业链现代化
滞后一期数字物流	0.822***			
	（37.80）			
数字物流		0.046*		0.514***
		（1.83）		（2.21）
每万人邮政业务营业网点数			0.015***	
			（2.91）	
控制变量	*Y*	*Y*	*Y*	*Y*
个体固定	*Y*	*Y*	*Y*	*Y*
时间固定	*Y*	*Y*	*Y*	*Y*
常数项	0.004***	0.091***	0. 443***	0.022
	（11.97）	（22.06）	（12.3）	（0.19）
样本量	3 340	3 340	3 640	3 640
R^2	0.985	0.806	0. 923	0. 938

4.4　异质性分析

农业稳定是国民经济发展的基础条件，不同地区的农业发展阶段、目标、模式等存在差异，为深入揭示这种区域异质性背后的规律，本研究进一步从粮食主产区与非粮食主产区[30]、农业产业集聚程度和南北方地区3个维度进行组间差异分析，3个维度均通过组间差异检验，具体结果呈现在表7

中，该分析旨在厘清核心要素驱动作用的分异机制，从而为制定精准的差异化政策提供实证依据。

4.4.1 粮食产区异质性

表7第1列和第2列为是否为粮食主产区的异质性。虽然数字物流对农产品的供应链升级存在正向作用，但这种作用在非粮食主产区更加显著。这可能由于粮食主产区承担着保障国家粮食安全的任务，其在农业数字化和机械化上的投入会获得更多的支持。但是，对于非粮食主产区来说，借助数字物流能够有效实现农业生产管理机制以及农业产品结构调整以满足市场需求变化。非粮食主产区在农业生产管理机制与产品结构调整方面具有更大的提升空间，借助数字物流的便利性，能够更有效地适应市场需求变化，从而推动农业产业链的优化调整。

表7 数字物流影响农业产业链现代化的异质性分析

Table 7 Heterogeneity analysis of the impact of digital logistics on the modernization of the agricultural industry chain

变量	粮食产区	非粮食产区	高农业产业集聚	低农业产业集聚	南方	北方
数字物流	0.082***	0.084***	0.067**	0.025	0.140***	0.034
	(2.94)	(6.52)	(2.15)	(0.91)	(4.25)	(1.42)
常数项	0.050***	0.053***	0.049***	0.061***	0.046***	0.054***
	(17.02)	(12.62)	(20.32)	(8.82)	(10.38)	(22.53)
时间固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
个体固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
R^2	0.770	0.819	0.726	0.852	0.754	0.859
样本量	2 197	1 443	2 288	1 352	1 976	1 664
组间差异	0.093 (P=0.70)		0.114 (P=0.020)		0.163 (P=0.000)	

4.4.2 农业产业集聚异质性

参考杨秀玉和乔翠霞[31]的研究将样本依据不同的农业产业集聚程度分为高农业产业聚集区和低农业产业聚集区，具体分析结果见表7第3列和第4列。数字物流对农业产业链现代化发展发挥促进作用；而低农业产业集聚地区的城市并没有表现出显著的促进效应，原因可能是在低农业产业集聚地区农业产业集聚度较低，还未形成完整的产品供应体系，依托数字物流来提升效率并不能有效利用大数据、云计算等先进的信息技术提高产品供应链上下连接。

4.4.3 区域异质性

表7第5列和第6列为南北方地区的异质性。结论表明数字物流对南方农业产业链现代化具有正向的显著作用，对北方的农业产业链现代化没有显著作用。南部地区地理位置优越、科技发达、经济实力雄厚，在技术、组织和环境层面都拥有较好的发展基础，与数字物流发展相关的数字基础设施、数字技术等方面优势突出，使得南部地区数字物流发展要强于北部地区，加上中国农村区域发展呈现“南强于北，南快于北”的特征，导致数字物流对南方地区农业产业链现代化的作用要强于北方。

4.5 机制分析

基于前文分析，数字物流对农业产业链现代化的促进作用主要通过提高资源配置效率、市场可达性以及创业活跃度3种途径实现，为检验上述机制，本研究采用中介模型进行实证分析，回归结果如表8所示。

1）资源配置效率的机制检验。数字物流对资源错配指数的回归系数为负，且通过1%水平的显著性检验，表明数字物流有助于缓解资源错配现象，提升资源配置效率，假设2成立。数字物流能够破除产业间存在的“信息孤岛”，加强农业与第二、第三产业之间的联系，推动农业内部管理方式从经验驱动型向数据驱动型转变，促进农业数字化转型，提高资源利用率，从而实现资源配置优化。资源配置效率的提高，有助于实现农业产业链前、中、后端的高效衔接，推动产业链向高效能方向升级，从而赋能农业产业链现代化发展。

2）市场可达性的机制检验。数字物流对市场可达性的回归系数为正，表明市场可达性在数字物流影响农业产业链现代化发展过程中发挥中介作

表8　数字物流影响农业产业链现代化的机制检验

Table 8　Mechanism examination of digital logistics affects on the modernization of the agricultural industry chain

变量	资源配置效率	市场可达性	创业活跃度
数字物流	−5.505***	0.489**	1.530***
	（−7.59）	（2.08）	（4.94）
常数项	0.854***	0.313***	0.601*
	（28.86）	（32.71）	（1.74）
控制变量	*Y*	*Y*	*Y*
时间固定	*Y*	*Y*	*Y*
个体固定	*Y*	*Y*	*Y*
R^2	0.839	0.729	0.482
样本量	3 640	3 640	3 640

用，假设3得证。原因可能是，数字物流通过对路径优化提高车辆的满载率和配送效率，降低交通运输成本。数字物流平台利用大数据，将闲置的运力与需要运输的货物高效匹配，大大降低了信息搜寻成本，从而提高市场可达性。市场可达性通过市场边界扩大，使得农业进入市场竞争之中，提升农业创新能力，进而实现农业产业链现代化。

3）创业活跃度的机制检验。数字物流对创业活跃度的回归系数显著为正，表明创业活跃度是数字化物流影响农产品供应链现代化发展的中介变量，假设4得证。数字物流通过数据透明化降低了创业的决策风险，使创业活动从过去那种“高门槛、高投入、高风险”，转变为一种“低门槛、快响应、可迭代”模式转变，从而整体上提升区域创业活跃度。创业活跃度的提升为农业领域注入创新活力。

5　拓展性分析

5.1　空间计量模型的设定

空间计量模型既能发现农业产业链现代化的空间相关性，也能识别出可能存在的空间溢出效应，因而在空间计量模型中加入数字物流，构建如下模型，其中，F_{it1}表示空间滞后模型，见公式（9）所示，F_{it2}为空间误差模型，见公式（10）和（11）所示，F_{it3}为空间杜宾模型公式见（12）和（13）所示。

$$F_{it1}=\alpha_0+\rho\sum_{i=1}^{N}\boldsymbol{w}_{ij}\mathrm{F}_{it}+\alpha_1\mathrm{S}_{it}+\alpha_2X_{it}+\lambda_{it}+\gamma_{it}+\varepsilon_{it1} \quad (9)$$

$$F_{it2}=\alpha_0+\alpha_1\mathrm{S}_{it}+\alpha_3X_{it}+\lambda_{it}+\gamma_{it}+\varepsilon_{it2} \quad (10)$$

$$\varepsilon_{it2}=\sum_{j=1}^{N}\boldsymbol{w}_{ij}\varepsilon_{it2}+\mu_{it} \quad (11)$$

$$F_{it3}=\alpha_0+\rho\sum_{j=1}^{N}\boldsymbol{w}_{ij}\mathrm{F}_{it}+\alpha_1\sum_{j=1}^{N}\boldsymbol{w}_{ij}\mathrm{S}_{ij}+\alpha_2\mathrm{S}_{it}+\alpha_3\sum_{j=1}^{N}\boldsymbol{w}_{ij}X_{it}+\alpha_4X_{it}+\lambda_{it}+\gamma_{it}+\varepsilon_{it3} \quad (12)$$

$$\varepsilon_{it3}=\sum_{j=1}^{N}\boldsymbol{w}_{ij}\varepsilon_{it3}+\mu_{it} \quad (13)$$

式中：ρ表示空间滞后系数，反映农业产业链现代化是否存在空间联系；α_2、α_4表示不受其他变量影响的数字物流对农业产业链现代化产生的影响；α_1、α_3表示周围地区对本地所产生的空间溢出效应；$\boldsymbol{w}_{ij}$表示空间权重矩阵，采用地理距离矩阵；ε_{it1}、ε_{it2}、ε_{it3}分别为空间滞后、空间误差，以及空间杜宾模型的随机扰动项，其余变量与公式（7）相同。

5.2　模型选择

采用似然比检验（Likelihood Ratio Test）和沃尔德检验（Wald Test）来考察空间杜宾模型是否可能简化为空间滞后模型或空间误差模型，详细结果如表9所示。

表9　数字物流与农业产业链现代化空间计量模型的Wald检验和LR检验结果

Table 9　Study on spatial econometric model of digital logistics and modernization of agricultural industry chain：Wald test and LR test results

模型选择	Wald检验		LR检验	
	检验结果	*P*值	检验结果	*P*值
*SDM*与*SAR*	*chi*2(4)=46.49	0.000	*chi*2(4)=29.72	0.000
*SDM*与*SEM*	*chi*2(4)=52.09	0.000	*chi*2(4)=32.73	0.000

根据Wald检验和LR检验结果，应使用空间杜宾模型检验数字物流对农业产业链现代化空间溢出效应。

5.3 实证结果

在进行空间计量分析之前，对农业产业链现代化进行空间自相关检验，结果发现农业产业链现代化的全局莫兰指数为正值，并且大部分都通过1%水平上的显著性检验，说明农业产业链现代化具有明显的正向空间自相关性。

表10报告了全样本下空间杜宾模型的估计结果。直接效应中的数字物流系数显著为正，说明本地区数字物流与农业产业链现代化呈现促进作用，该结论与基准回归一致。间接效应数字物流的回归系数显著为负，表明本地数字物流发展对邻近地区农业产业链现代化产生负向的空间溢出效应。

表10 数字物流影响农业产业链现代化的空间杜宾模型及系数分解结果

Table 10 Spatial Durbin model and coefficient decomposition results of the impact of digital logistics on the modernization of the agricultural industry chain

变量	农业产业链现代化		
	直接效应	间接效应	总效应
数字物流	0.361***	−3.367**	−3.005*
	(31.02)	(−2.00)	(−1.78)
P	0.780^{***}	0.780^{***}	0.780^{***}
	(14.07)	(14.07)	(14.07)
控制变量	YES	YES	YES
时间固定	YES	YES	YES
个体固定	YES	YES	YES
样本量	3 640	3 640	3 640
R^2	0.134	0.134	0.134

5.4 空间溢出效应的地理边界

以100 km作步长依次进行估量，并记录数字物流集聚产生的空间溢出效应与95%置信区间，横轴为地理距离，纵轴为空间溢出效应，具体见图1。结果显示，在地理距离由0 km增大到600 km时，数字物流的空间溢出效应出现了良性变化，对邻近农业产业链现代化从抑制作用转变为促进作用。直到地理距离增加到800 km，数字物流对邻近农业产业链现代化的促进效应最为显著。当地理距离超过800 km时，数字物流对邻近城市农业产业链现代化的促进效应逐渐衰减。空间溢出效应随地理距离变化的原因可从以下两方面加以解释。第一，竞争与扩散效应的阶段性主导。在较短距离内（100～600 km），数字物流资源主要向核心城市集聚，对周边地区形成竞争性虹吸，表现为负向溢出；随着距离扩大，核心城市的辐射和扩散效应逐渐增强，技术、信息和资源开始向周边外溢，正向效应逐步显现并占据主导。第二，空间衰减规律的作用。当距离超过800 km后，地理阻隔导致信息传递、技术扩散和物流协作的成本显著上升，数字物流的辐射能力受到削弱，正向溢出效应因此呈现递减趋势。空间溢出效应的结果表明，数字物流对农业产业链现代化的空间溢出效应存在显著的地理距离门槛，政策制定需关注这一非线性特征。

6 结论与对策建议

基于2011—2023年280个地级市的面板数据，探究数字物流对农业产业链现代化的影响，并从资源配置效率、市场可达性以及创业活跃度讨论数字物流对农业产业链现代化的作用机制。研究发现：1）数字物流能够促进农业产业链现代发展；2）机制检验表明，数字物流能够通过提高资源配置效率、市场可达性以及创业创新活跃度推动农业产业链现代化，即资源配置效率、市场可达性以及创业创新活跃度在数字物流与农业产业链现代化的关系中发挥了中介效应；3）数字物流对农业产业链现代化具有异质性影响。数字物流对农业产业链现代化的促进作用呈现非粮食主产区大于粮食主产区的趋势；相对于低农业产业集聚区，数字物流对高农业产业集聚区农业产业链现代化的促进作用更加显著；从区域差异来看，数字物流对南方农业产

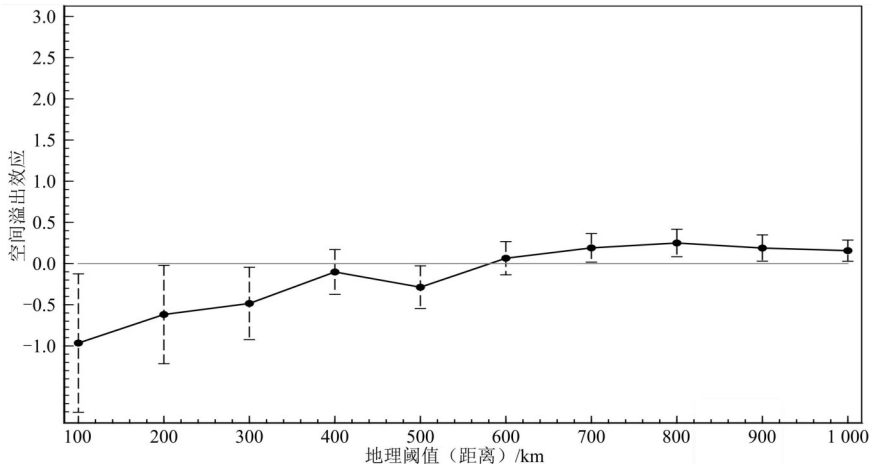


图1　数字物流影响农业产业链现代化的空间溢出效应与地理距离关系

Fig. 1 The spatial spillover effect of digital logistics on the modernization of the agricultural industry chain and its relationship with geographic distance

业链现代化表现为促进作用；4）数字物流发展会促进本地区的农业产业链现代化数字物流对农业产业链现代化的空间溢出效应随着地理距离发生变化，0～600 km时，数字物流对农业产业链现代化呈现出积极的空间溢出效应，800 km以后正向空间溢出效应开始减弱。

基于上述结论，本研究提出如下政策建议。

1）强化数智技术赋能。数字物流深度融合物联网、区块链与人工智能技术，构建农产品供应链体系。利用数字技术对农产品生产、加工、仓储、运输的全过程数据进行采集与记录，实现从“田间到餐桌”的全程可视化追溯。这不仅能够增强消费者对农产品质量的信任度，还能在发生质量问题时快速定位问题环节，实现精准召回。此外，应利用大数据分析技术优化物流路径规划与库存管理，通过人工智能算法实现供需精准匹配，避免盲目生产和库存积压，利用智慧系统实时监测运输环境，确保农产品质量，从而提升农产品的品牌溢价能力。

2）破除“制度性障碍”，消除资源配置效率提升的外部壁垒。首先，统一农产品流通标准，降低资源配置的交易成本。加快制定并推广农产品等级规格、包装尺寸、冷链温控等通用标准，减少因标准不一在流通节点造成的重复分拣与资源浪费，确保资源在跨区域、多主体间高效流转。其次，打破部门数据壁垒。落实国家数据要素相关政策，推动交通、农业、气象、供销社等部门数据依法合规向数字物流平台开放。建立部门间数据动态更新机制，形成涵盖生产、流通、消费全链路线，为资源配置效率的提升提供决策支持。

3）持续推进市场可达性建设。进一步提升快递基础设施建设，提升农村整体物流和电商水平，增强乡村产业连接市场的能力，通过提升农村产业融合发展水平带动农户参与产业融合。科学规划农村各种运输方式基础设施空间布局和建设时序，推进“互联网+”运输服务模式，缩短地区间的交通运行时间，提升农产品市场可达性，助力农业产业链现代化。

4）优化农村创业环境。首先，政府采用改善信息服务、创立专项的农民创业创新补助项目基金、实行税务减免措施等措施激发农村创业创新热情，引导大中专生返乡创业、吸引农民工回乡创业，提升农村创业创新活动热情，为加快农业现代化的全产业链条注入活力。其次，组建农业科技推广中心，通过农业科技讲座、现场指导等形式为农民创新创业提供咨询、服务保障，改善农村创业环境。

5）政府在引导数字物流赋能农业产业链现代化时，应根据地理距离采取有差别的支持策略。利用数字物流平台的大数据，根据农业产业链的供需关系进行动态优化路径。对于近距离，政策重点在于补偿与平衡。对因数字物流导致资源流出的边缘地区，给予数字化转型补贴，帮助其找到在产业链中的新定位。对于中距离，政策重点在于激励与联通。对开通跨区域的物流企业给予优惠政策，鼓励其打通新路段。对于远距离，政策重点在于提效与降本。加大对数字化加工设施的补贴，通过提升农产品附加值来抵消远距离物流成本，以维持正向溢出效应。

6）因地制宜发挥数字物流优化各产区农业产业链现代化的作用。由于非粮食主产区数字物流的边际贡献率更高，应将其作为推动农业产业链现代化的新增长极。地方政府加大对农村数字化配送中心的投资力度，利用数字物流打破非主产区因耕地分散、规模不足导致的流通瓶颈，将“特色小农产品”对接“全国大市场”，加速农业产业链的数字化重构；而对于粮食主产区由于数字化转型相对滞后。建议主产区重点对现有粮食物流节点进行智能化升级，利用数字技术降低粮食损耗和运输成本。同时，引导数字物流平台与种粮大户对接，通过“数字订单”指导生产，解决主产区“高产低效”的问题。在高农业产业集聚区，应利用数字物流的促进作用，鼓励物流龙头企业与产业园区共建共享仓储、运力、数据资源，实现产、加、销一体化运作，将集聚区的成本优势进一步放大，打造区域农业品牌的核心竞争力；对于农业产业集聚度较低的地区，建议由政府引导，建立“共享物流”模式。通过财政补贴鼓励物流企业开通“定时、定点、定线”的货运班线，利用数字技术将分散的农户组织起来，通过“抱团”方式享受现代物流的便利，逐步提升本地集聚水平。南方农业多偏向高价值的经济作物、水产品等，对物流的时效性和保鲜要求极高。建议南方地区继续深化数字物流的冷链覆盖，发展“电商快递+生鲜农产品”的直采直送模式。利用物联网技术，实现全程可视化追溯，进一步提升农产品附加值而北方地区应重点关注数字物流在大宗农产品（如玉米、大豆、小麦）领域的应用，发展适合大宗商品的数字化散粮运输。

利益冲突声明：本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献：

[1] 郭岩峰, 张春艳. 产业数字化、绿色技术创新与农业产业链韧性[J]. 技术经济与管理研究, 2023(10): 117-122.
GUO Y F, ZHANG C Y. Industrial digitization, green technology innovation and agricultural industry chain resilience[J]. Technoeconomics & Management Research, 2023(10): 117-122.

[2] 葛若凡. “双碳”目标下绿色农业产业链发展的内在机理与实施策略[J]. 农业经济, 2023(10): 20-22.

[3] 李健. 数字经济助力农业产业链供应链现代化: 理论机制与创新路径[J]. 经济体制改革, 2023(3): 80-88.
LI J. Digital economy helps modernization of agricultural industry chain and supply chain: Theoretical mechanism and innovation path[J]. Reform of Economic System, 2023(3): 80-88.

[4] 卢凤君, 程华. 农业产业链价值循环的影响因素及全产业链组织模式[J]. 学术交流, 2022(11): 115-126, 192.
LU F J, CHENG H. The factors affecting the value cycle of agricultural industry chain and the organizational model of its whole industry chain[J]. Academic Exchange, 2022(11): 115-126, 192.

[5] 陈洁梅, 林曾. 数字基础设施建设对农业产业链供应链现代化的影响[J]. 中国流通经济, 2023, 37(11): 47-60.
CHEN J M, LIN Z. The impact of digital infrastructure construction on the modernization of agricultural industrial chain and supply chain[J]. China Business and Market, 2023, 37(11): 47-60.

[6] 王森浩. 数字乡村建设与中国式农业产业链现代化: 内在机制与经验证据[J]. 西北民族大学学报(哲学社会科学版), 2024(4): 176-188.
WANG S H. Digital rural construction and modernization of Chinese-style agricultural industry chain: Internal mechanism and empirical evidence[J]. Journal of Northwest Minzu University (Philosophy and Social Sciences), 2024(4): 176-188.

[7] 唐晓华, 李静雯, 邱国庆. 高技术产业集聚与区域创新: 线性抑或非线性 [J]. 安徽师范大学学报(人文社会科学版), 2022, 50(6): 130-141.
TANG X H, LI J W, QIU G Q. The impact of high-tech industry agglomeration on regional innovation: Linearity or non-linearity [J]. Journal of Anhui Normal University (Humanities & Social Sciences Edition), 2022, 50(6): 130-141.

[8] VIVEK M C, SAHANA S, PATIL K K R. Consumer preferences for retail formats: An empirical assessment[J]. Indian Journal of Extension Education, 2020, 56(3): 84-87.

[9] 薛阳, 郭世乐, 冯银虎. 长江经济带数字物流与物流高质量发展[J]. 华东经济管理, 2024, 38(3): 23-34.
XUE Y, GUO S L, FENG Y H. Coupling and coordination of digital logistics and high-quality logistics development in the Yangtze River economic belt[J]. East China Economic Management, 2024, 38(3): 23-34.

[10] 李晓梅, 崔靓. 数字物流、区域经济与碳环境治理耦合及影响因素——基于我国30个省级面板数据的实证检验[J]. 中国流通经济, 2022, 36(2): 11-22.
LI X M, CUI J. Digital logistics, regional economy and carbon environment governance coupling: The empirical test based on China's provincial panel data[J]. China Business and Market, 2022, 36(2): 11-22.

[11] 陈鑫. 数字物流发展对产业链现代化的影响——基于空间效应模型和门槛模型检验[J]. 商业经济研究, 2025(3): 101-104.
CHEN X. The impact of digital logistics development on modernization of industrial chains: A test based on spatial effect model and threshold model[J]. Journal of Commercial Economics, 2025(3): 101-104.

[12] 刘英杰. 数字物流、供应链弹性与流通产业链韧性[J]. 商业经济研究, 2023(2): 30-33.

[13] 李胜. 贵州推动大数据与实体经济深度融合研究[J]. 贵州社会科学, 2019(8): 138-144.

[14] 但斌, 刘墨林, 邵兵家, 等. "互联网+"生鲜农产品供应链的产品服务融合商业模式[J]. 商业经济与管理, 2017(9): 5-14.
DAN B, LIU M L, SHAO B J, et al. Product and service integration business model of "Internet plus" fresh agricultural product supply chain[J]. Journal of Business Economics, 2017(9): 5-14.

[15] 赵晓飞, 付中麒. 大数据背景下我国农产品流通渠道变革实现路径与保障机制[J]. 中国流通经济, 2020, 34(12): 3-10.
ZHAO X F, FU Z Q. Research on realization path and mechanism of China's agro-product circulation channels evolution in the context of big data[J]. China Business and Market, 2020, 34(12): 3-10.

[16] 薛国琴, 项辛怡. 以农村信息化基础设施建设促进农业农村数字经济发展[J]. 农业经济, 2020(12): 39-41.

[17] 郭凯明. 人工智能发展、产业结构转型升级与劳动收入份额变动[J]. 管理世界, 2019, 35(7): 60-77, 202-203.
GUO K M. Artificial intelligence, structural transformation and labor share[J]. Management World, 2019, 35(7): 60-77, 202-203.

[18] 卢昂荻, 花泽苏. 高铁开通、市场可达性与出口产品质量空间分布[J]. 学术研究, 2023(2): 87-96, 178.
LU A D, HUA Z S. Market access and the spatial concentration of higher-quality products[J]. Academic Research, 2023(2): 87-

96, 178.
[19] 马淑琴, 戴豪杰, 徐苗 . 一带一路共建国家商品贸易网络动态演化特征与中国引领策略——基于147个国家的数据[J]. 中国流通经济, 2022, 36(9): 86-101.
MA S Q, DAI H J, XU M. The dynamic evolution characteristics of commodity trade networks among BRI countries and China's leading strategy: Evidence from data of 147 countries[J]. China Business and Market, 2022, 36(9): 86-101.
[20] 戴魁早 . 要素市场扭曲如何影响出口技术复杂度 ——中国高技术产业的经验证据[J]. 经济学(季刊), 2019, 18(1): 337-366.
DAI K Z. How does factor market distortions affect export technical sophistication: An empirical evidence of China's high technology industries[J]. China Economic Quarterly, 2019, 18(1): 337-366.
[21] 毛笛, 宣勇 . 高校科技成果转化赋能共同富裕——区域创业与创新的链式中介作用[J]. 国家教育行政学院学报, 2024(2): 81-95.
MAO D, XUAN Y. How to empower common prosperity through the transformation of scientific and technological achievements in universities: The chain intermediary role of regional entrepreneurship and innovation[J]. Journal of National Academy of Education Administration, 2024(2): 81-95.
[22] 刘培林, 钱滔, 黄先海, 等 . 共同富裕的内涵、实现路径与测度方法[J]. 管理世界, 2021, 37(8): 117-129.
LIU P L, QIAN T, HUANG X H, et al. The connotation, realization path and measurement method of common prosperity for all [J]. Journal of Management World, 2021, 37(8): 117-129.
[23] 郑江淮, 戴玮, 冉征 . “十四五”时期提升产业链现代化发展水平的路径: 以江苏为例[J]. 现代管理科学, 2021(1): 4-15.
ZHENG J H, DAI W, RAN Z. The way to improve the level of industrial chain modernization in the period of the 14th Five Year Plan: A case study of Jiangsu province[J]. Modern Management Science, 2021(1): 4-15.
[24] 张虎, 张毅, 韩爱华 . 我国产业链现代化的测度研究[J]. 统计研究, 2022, 39(11): 3-18.
ZHANG H, ZHANG Y, HAN A H. Research on the measurement of modernization of industrial chains in China[J]. Statistical Research, 2022, 39(11): 3-18.
[25] 周楠, 陈久梅, 但斌, 等 . 高质量发展下区域物流与区域经济时空耦合及影响因素——以长江经济带为例[J]. 软科学, 2022, 36(10): 84-92.
ZHOU N, CHEN J M, DAN B, et al. Spatial and temporal coupling and influencing factors of regional logistics and regional economy from the perspective of high quality development: A case study of the Yangtze River economic belt[J]. Soft Science, 2022, 36(10): 84-92.
[26] DUAN W Q, MADASI J D, KHURSHID A, et al. Industrial structure conditions economic resilience[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2022, 183(C): 121944.
[27] 李青原, 章尹赛楠 . 金融开放与资源配置效率——来自外资银行进入中国的证据[J]. 中国工业经济, 2021(5): 95-113.
LI Q Y, ZHANG Y S N. Financial openness and resource allocation efficiency: Evidence from foreign banks entering China[J]. China Industrial Economics, 2021(5): 95-113.
[28] 吴群锋, 刘冲, 刘青 . 国内市场一体化与企业出口行为——基于市场可达性视角的研究[J]. 经济学(季刊), 2021, 21(5): 1639-1660.
WU Q F, LIU C, LIU Q. Domestic market integration and firm export behavior: A research based on market access approach[J]. China Economic Quarterly, 2021, 21(5): 1639-1660.
[29] 白俊红, 张艺璇, 卞元超 . 创新驱动政策是否提升城市创业活跃度——来自国家创新型城市试点政策的经验证据[J]. 中国工业经济, 2022(6): 61-78.
BAI J H, ZHANG Y X, BIAN Y C. Does innovation-driven policy increase entrepreneurial activity in cities: Evidence from the national innovative city pilot policy[J]. China Industrial Economics, 2022(6): 61-78.
[30] 祝宏辉, 郑新 . 数字经济、城乡融合与农业经济韧性[J]. 统计与决策, 2023, 39(18): 22-27.
ZHU H H, ZHENG X. Digital economy, urban-rural integration and agricultural economic resilience[J]. Statistics and Decision, 2023, 39(18): 22-27.
[31] 杨秀玉, 乔翠霞 . 农业产业集聚对农业碳生产率的空间溢出效应——基于财政分权的调节作用[J]. 中国人口・资源与环境, 2023, 33(2): 92-101.
YANG X Y, QIAO C X. Spatial spillover effects of agricultural industry agglomeration on agricultural carbon productivity: Based on the regulatory role of fiscal decentralization[J]. China Population, Resources and Environment, 2023, 33(2): 92-101.

Mechanism and Spillover Effects of Digital Logistics Driving the Modernization of the Agricultural Industry Chain

CHENG Yunjie, SUN Qianchi*

（*School of Economics*, *Xinjiang University of Finance and Economics*, *Urumqi* 830012, *China*）

Abstract: [Objective] Enhancing the modernization level of China's agricultural industry chain and supply chain is a crucial strategy for enabling the high-quality development of the rural economy. In the context of digital transformation, understanding the role of digital logistics in this process is of paramount importance. The purpose of this research is to systematically investigate the impact, mechanisms, heterogeneity, and spatial spillover effects of digital logistics on the modernization of the agricultural industry chain. **[Methods]** Panel data from 280 prefecture-level cities in China spanning the period from 2011 to 2023 were used as the basis for this research. Firstly, the entropy method was employed to construct comprehensive measurement indices for digital logistics and the modernization level of the agricultural industry chain. To empirically examine the relationship between digital logistics and agricultural industry chain modernization, a panel fixed-effects model was utilized. Furthermore, a mediation effect model was constructed to explore the underlying mechanisms through which digital logistics exerts its influence. Finally, to account for spatial interdependence, a spatial

Durbin model (SDM) was applied to analyze the spatial correlation characteristics and spillover effects of digital logistics on agricultural industry chain modernization. **[Results and Discussions]** The empirical analysis yielded several key findings: (1) Baseline effect: Digital logistics significantly contributed to advancing the modernization of the agricultural industry chain. This positive effect remained robust and valid after a series of rigorous robustness checks, including substituting variables, adjusting sample periods, and excluding particular cities, as well as after addressing potential endogeneity concerns through instrumental variable methods. (2) Mechanism analysis: The mediation effect analysis revealed that digital logistics promoted agricultural industry chain modernization through three primary channels of improving resource allocation efficiency, enhancing market accessibility, and boosting entrepreneurial activity. Specifically, digital logistics reduced information asymmetry and transaction costs, leading to a more efficient distribution of production factors; extended market reach for agricultural products; and lowered entry barriers, stimulating local entrepreneurship. (3) Heterogeneity analysis: The impact of digital logistics was not uniform across different regions. The heterogeneity test results demonstrated that the promoting effect of digital logistics on agricultural industry chain modernization was significantly stronger in the southern region compared to the northern region. Additionally, the effect was more pronounced in non-major grain-producing areas than in major grain-producing areas. Regarding the level of agricultural agglomeration, the positive impact of digital logistics was greater in regions with a high degree of agricultural industry agglomeration, suggesting that the benefits of digital logistics were amplified in areas with established industrial clusters. (4) Spatial spillover effects: The spatial econometric analysis revealed a non-linear spatial spillover pattern. The results indicated that the spatial spillover effect of digital logistics on the modernization of the agricultural industry chain in neighboring regions shifted from a negative effect to a positive effect as the spatial distance increased. This transition was observed approximately within the range of 0 to 600 km. Notably, the largest positive spatial spillover effect was detected at a distance of around 800 km, implying that the beneficial impacts of digital logistics in one city could significantly enhance the agricultural industry chain modernization of other cities located approximately 800 km away. **[Conclusions]** Based on these findings, several policy recommendations are proposed. First, it is essential to strengthen the empowerment of digital and intelligent technologies within the agricultural logistics system. Second, efforts should be made to dismantle "institutional barriers" and eliminate external obstacles that hinder the improvement of resource allocation efficiency. Third, policies should be tailored to local conditions, leveraging the role of digital logistics in optimizing the modernization of the agricultural industry chain according to the specific characteristics of different production areas.

Key words: digital logistics; modernization of the agricultural industry chain; resource allocation efficiency; market accessibility; entrepreneurial activity; mediation effect model

Foundation items: The National Social Science Fund of China (22BGL165); Xinjiang Social Science Foundation Project (2024BJL043)

First author: CHENG Yunjie, E-mail: 2359726287@qq.com
***Corresponding author:** SUN Qianchi, E-mail: 1461648280@qq.com