

文章编号: 1003-1421(2026)09-0190-09

引用格式: 刘威, 郑雪丽, 李云汉, 等. 多式联运与区域经济韧性的理论线索与时空效应分析[J]. 铁路运输与经济, 2026, 48(9): 190-198.

LIU Wei, ZHENG Xueli, LI Yunhan, et al. Multimodal Transport and Regional Economic Resilience: Analysis of Theoretical Clues and Spatiotemporal Effects[J]. Railway Transport and Economy, 2026, 48(9): 190-198.

多式联运与区域经济韧性的理论线索与时空效应分析

刘 威¹, 郑雪丽², 李云汉^{3, 4}, 李 霞⁵

(1. 河南工业大学 管理学院, 河南 郑州 450001; 2. 南京农业大学 经济管理学院, 江苏 南京 210095; 3. 中国铁道科学研究院集团有限公司 运输及经济研究所, 北京 100081; 4. 交通运输部规划研究院 城市交通与现代物流研究所, 北京 100028; 5. 河南省物流协会, 河南 郑州 450001)

摘 要: 在全球产业链供应链重构加剧、区域经济面临复杂不确定性冲击的背景下, 旨在梳理多式联运与区域经济韧性之间关联的理论线索, 揭示多式联运影响区域经济韧性的作用机制。基于2008—2023年我国31个省(区、市)面板数据, 构建空间杜宾模型(SDM), 实证检验多式联运对区域经济韧性在时间与空间上的作用机理和影响效应。研究发现, 多式联运对本地和邻近区域的经济韧性均产生了积极的促进作用, 具有显著的空间溢出效应, 且对于邻近区域的促进作用更强。区域异质性分析发现, 多式联运对区域经济韧性的影响程度, 东部较强、中部次之、西部较弱。进一步检验发现, 多式联运通过推动产业结构升级, 显著提升了区域经济韧性。

关键词: 多式联运; 区域经济; 经济韧性; 空间溢出; 产业结构升级

中图分类号: U2; F53; F55 文献标识码: A DOI: 10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20250410003

Multimodal Transport and Regional Economic Resilience: Analysis of Theoretical Clues and Spatiotemporal Effects

LIU Wei¹, ZHENG Xueli², LI Yunhan^{3, 4}, LI Xia⁵

(1. School of Management, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, Henan, China; 2. College of Economics and Management, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu, China; 3. Transportation & Economics Research Institute, China Academy of Railway Sciences Corporation Limited, Beijing 100081, China; 4. Institute of Urban Transportation and Modern Logistics, Transport Planning and Research Institute, Ministry of Transport, Beijing 100028, China; 5. Henan Logistics Association, Zhengzhou 450001, Henan, China)

Abstract: Against the backdrop of the intensifying reconstruction of global industrial and supply chains and the complex uncertainty shocks faced by regional economies, this paper aims to sort out the theoretical clues linking multimodal transport and regional economic resilience and reveal the mechanism of multimodal transport influencing regional economic resilience. Based on the panel data of 31 provinces (autonomous regions and municipalities) in China from 2008 to 2023, a spatial Durbin model (SDM) was constructed to empirically examine the mechanism and effect of multimodal

收稿日期: 2025-04-10

基金项目: 河南省交通运输厅科技项目(2018-2-1); 河南省高校人文社科重点研究基地物流研究中心资助项目(2020-JD-04)

transport on regional economic resilience in time and space. The findings show that multimodal transport exerts a positive promoting effect on the economic resilience of both local and neighboring regions and has a significant spatial spillover effect, with a stronger promoting effect on neighboring regions. Regional heterogeneity analysis indicates that the impact degree of multimodal transport on regional economic resilience is strongest in the eastern region, followed by the central region, and weakest in the western region. Further test demonstrates that multimodal transport significantly enhances regional economic resilience by promoting industrial structure upgrading.

Keywords: Multimodal Transport; Regional Economy; Economic Resilience; Spatial Spillover; Industrial Structure Upgrading

0 引言

党的二十大报告为我国未来发展指明了方向,强调了高质量发展、区域协调等重要战略部署^[1]。区域经济韧性作为衡量一个地区经济体系在面临内外部冲击时保持稳定并快速恢复的能力,有助于实现上述战略目标。

多式联运将公路、铁路、水路、航空等不同的运输方式有机地结合起来,形成一个高效、便捷的综合运输体系。更为重要的是,多式联运的多样性和灵活性,使得区域经济在面对外部冲击时具有更强的抵御能力。当某种运输方式受到影响时,多式联运可以迅速调整运输方案,通过其他运输方式保障货物的流通,有助于区域经济在复杂多变的国际环境中保持稳定发展。

对于多式联运研究,多集中于多式联运路径优化、效果评价2个方面。现有研究较多从需求不确定性^[2]、时间约束^[3-4]、绿色^[5]、低碳^[6]等视角,探讨了多式联运路径优化的规划模型与算法求解。具体到多式联运发展效果评价,也有学者辨析了多式联运对国内区域经济增长的拉动作用^[7],或者对国际贸易的推动效果^[8],但均缺乏数据支撑和实证检验,也未考察其对区域经济韧性的影响。韧性的概念最早由生态学家Holling^[9]于1973年提出,并将其引入生态学研究框架。随后,Reggiani等^[10-12]把韧性概念引入区域研究领域,并提出区域经济韧性是指社会经济系统遭受冲击后的恢复能力。进一步研究发现,区域经济韧性受到多种复杂因素影响,包括产业结构多样化、创新、商业文化、企业家精神、政府治理水平等^[13-15],但很少涉及到交通物流、多式联运等因素。综上所述,已有研究虽有零星涉及多式联运对区域经济和国际贸易的促进作用,但缺乏其对区域经济韧性的影响研究;同时,关于区域经济韧性的影响因素研

究,也尚未关注多式联运、交通物流条件等因素。

因此,选取2008—2023年我国31个省(区、市)的样本数据进行实证检验,探讨多式联运对区域经济韧性的多重影响,研究结果可以为推动多式联运发展和提升区域经济韧性提供参考。

1 理论分析与研究假说

1.1 多式联运对本地区域经济韧性的促进作用

多式联运通过网络冗余增强抗冲击能力,通过敏捷响应提升系统弹性,实现本地区域经济韧性的系统性提升。一是网络冗余效应。生态韧性的核心理念是生态系统在遭受不同类型的冲击时,尽力维持其原有的稳定状态^[9]。多式联运通过“铁路+公路+水运”的多通道衔接,形成物理空间上的“交通韧性节点网络”,这与Bruneau等^[16-17]提出的“韧性四维度”(鲁棒性、冗余性、快速性、适应性)高度契合。二是敏捷响应效应。按照供应链弹性理论,系统的弹性水平取决于其“扰动识别速度”与“资源重配效率”。多式联运通过标准化衔接与快速调度,能够在既定时间内快速切换运输方式,显著提升区域经济系统的响应敏捷性,使其能更快速地适应市场需求波动,从而增强区域经济系统的适应性调整能力。综上,提出研究假设H₁:多式联运能够正向促进本地区域的经济韧性。

1.2 多式联运对邻近区域经济韧性的促进作用

多式联运通过构建跨区域协同网络,对邻近地区经济韧性的提升存在三重传导路径。一是枢纽辐射效应。根据克里斯特勒(W. Christaller)提出的中心地理论,多式联运枢纽通过“核心枢纽+卫星节点”的空间布局,形成对邻近地区的资源集聚与功能溢出。当一个地区面临资源短缺或需求波动时,可通过枢纽快速获取外部补给,从而增强“抵抗扰动—恢复平衡”的能力。二是通道互联效应。根据沃尔

多·托布勒(Waldo Tobler)提出的“地理学第一定律”，区域间的相互影响随距离衰减^[18]，但高效的交通网络可弱化这种衰减效应，增强邻近地区应对外部冲击的能力。三是要素共享效应。基于制度经济学中的“交易成本理论”，多式联运通过降低跨区域交易成本，促进技术、数据等要素的流动共享，向邻近地区“扩散”先进的技术和制度经验，进而形成邻近地区经济韧性的内生动力。综上，提出研究假设H₂：多式联运对邻近区域经济韧性产生正向的空间溢出效应。

1.3 多式联运对区域经济韧性影响的空间差异

根据罗斯托的经济增长阶段理论，一个国家或地区经济的发展可划分为不同阶段，不同发展阶段的区域对多式联运的吸收能力与需求结构存在根本差异。多式联运对区域经济韧性的影响效应呈现显著的空间异质性，其作用机制与区域发展阶段、地理区位及制度环境深度耦合^[19-20]。对于部分西部地区，多式联运仍处于基础设施建设期，网络密度低且衔接效率差，此时物流投资更多表现为“要素投入型”而非“效率提升型”，对经济韧性的边际贡献较弱。相反，一些东部沿海地区凭借港口优势形成“海铁联运+国际通道”的外向型韧性机制，因技术溢出效应和产业协同效应更快实现创新转型^[21]。综上，提出研究假设H₃：多式联运对区域经济韧性的影响效应存在区域差异。

1.4 多式联运通过产业结构升级间接作用于区域经济韧性

从产业集聚理论的视角看，多式联运通过运输资源的优化配置降低企业空间交易成本，为产业集群的形成提供了物流基础，有助于促进区域产业结构调整。同时，多元化、高级化的产业结构通过“风险分散效应”减少对单一产业的依赖，当外部冲击发生时，不同产业间的互补性可缓冲经济震荡。综上，提出研究假设H₄：多式联运通过促进产业结构升级提升区域经济韧性。

2 模型建立与变量选取

2.1 模型建立

采用空间杜宾模型，分析多式联运对区域经济韧性在空间上产生的影响，建立模型如下^[22]。

$$RER_{it} = \alpha_0 + \rho \cdot W \cdot RER_{it} + \alpha_1 \cdot MT_{it} + \alpha_2 \cdot X_{it} + \theta_1 \cdot W \cdot MT_{it} + \theta_2 \cdot W \cdot X_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中： RER_{it} 为被解释变量，代表第*i*个区域第*t*年的区域经济韧性水平； W 为空间权重矩阵； MT_{it} 为核心解释变量，代表第*i*个区域第*t*年的多式联运水平； X_{it} 为控制变量； α_0 为截距项； α_1 为多式联运水平的估计系数； α_2 为控制变量的估计系数； ρ 为空间自相关系数； θ_1 、 θ_2 分别为核心解释变量与控制变量的空间交互系数； μ_i 、 γ_t 分别为个体和时间效应； ε_{it} 为空间误差项。

2.2 变量选取

2.2.1 被解释变量

区域经济韧性(RER)作为被解释变量。区域经济韧性是指区域经济系统面对市场、环境等冲击扰动时的抵抗能力，或者通过调整适应转型，迅速恢复系统受冲击前发展路径甚至转向一个更优发展路径的恢复能力^[23-24]。参考汪彬等^[25]的观点，从抵抗恢复能力、适应调整能力、创新转型能力3个维度衡量区域经济韧性水平，区域经济韧性评价指标体系如表1所示。

2.2.2 核心解释变量

多式联运(MT)作为核心解释变量，选取“铁路运输和水路货运量占总货运量比例”进行反映^[26]。由于航空运输和管道运输的货运量占比相对较低，故此处未考虑。

2.2.3 控制变量

人口密度(PD)，采用“每平方公里人口数量”衡量；城镇化水平(UR)，采用“城镇人口与常住人口的比值”衡量；交通运输水平(TL)，采用“公路里程与区域行政面积的比值”衡量；外商直接投资(FDI)，采用“外商直接投资金额占GDP比重”衡量。

2.2.4 中介变量

参考已有研究，产业结构升级(IND)采用“第三产业与第二产业增加值的比值”衡量^[27]。根据配第-克拉克定理，随着经济发展，劳动力和产业增加值会依次从第一产业向第二、第三产业转移，第三产业比重提升是产业结构升级的重要特征。

2.3 数据来源

选取2008—2023年全国31个省(区、市)的研究样本，数据来源于国家统计局网站、《中国统计年鉴》及各省统计年鉴，变量统计性描述如表2所示。

表1 区域经济韧性评价指标体系

Tab.1 Evaluation index system of regional economic resilience

一级指标	二级指标	衡量指标	指标含义及方向
抵抗恢复能力	区域经济规模	人均GDP/(元/人)	反映经济系统的稳定性(+)
	区域经济增长	GDP年增长率/%	反映经济系统的成长速度(+)
	失业率	城镇登记失业率/%	反映失业对经济系统的冲击(-)
	外贸依存度	进出口总额占GDP比例/%	反映进出口对经济系统的冲击(-)
	工业恢复能力	第二产业增加值占比/%	反映第二产业对经济系统支撑力度(+)
	服务业恢复能力	第三产业增加值占比/%	反映第三产业对经济系统支撑力度(+)
适应调整能力	投资规模	城镇固定资产投资/万元	反映区域经济系统的投资能力(+)
	消费规模	人均社会消费品零售额/元	反映区域市场规模大小(+)
	财政支持能力	地方财政一般预算支出/亿元	反映政府财政支出的调节能力(+)
创新转型能力	创新投入	科学技术支出占比/%	反映创新投入水平(+)
	创新产出	每万人发明专利授权量/项	反映创新产出成果(+)
	创新潜力	高等学校在校学生数/万人	反映潜在创新能力(+)
	产业高级化	产业高级化指数	反映经济系统转型能力(+)

注：产业高级化指数=一次产业占比+二次产业占比+三次产业占比。

表2 变量统计性描述

Tab.2 Statistical description of variables

变量	标准差	最大值	最小值	均值
铁路和水路货运量占总货运量比例/%	13.42	78.32	1.56	22.30
人均GDP/(元/人)	52 300.32	190 313.00	26 300.00	78 900.38
GDP年增长率/%	1.12	17.20	-5.40	8.34
城镇登记失业率/%	0.85	4.60	1.20	3.31
进出口总额占GDP比例/%	20.30	79.15	1.48	28.90
第二产业增加值占比/%	7.95	62.40	14.5	41.25
第三产业增加值占比/%	9.20	84.60	30.70	49.18
城镇固定资产投资/万元	11 200.53	48 879.00	3 927.00	15 914.25
人均社会消费品零售额/元	18 500.81	78 200.00	8 900.00	28 700.12
地方财政一般预算支出/亿元	4 800.39	17 956.00	1 200.00	6 903.84
科学技术支出占比/%	1.72	7.06	1.20	4.28
每万人发明专利授权量/项	76.30	287.50	1.80	10.20
高等学校在校学生数/万人	79.33	281.10	11.80	138.53
产业高级化指数	0.21	2.86	2.19	2.48
每平方公里人口数量/(人/km ²)	847.36	3 925.59	1.21	443.97
城镇人口与常住人口的比值/%	18.25	88.31	88.31	56.40
公路里程与区域行政面积的比值/(km/km ²)	0.68	2.27	0.04	0.90
外商直接投资金额占GDP比重/%	1.28	8.76	0.03	1.35
第三产业与第二产业增加值的比值	0.42	3.18	0.51	1.25

2.4 空间自相关检验

通过莫兰指数，检验变量是否具有空间相关性。采用邻接权重矩阵、地理权重矩阵和经济权重矩阵，分别计算了区域经济韧性和多式联运的全局莫兰指数如表3所示。结果表明，区域经济韧性和多式联运水平均在1%水平上显著，反映二者存在显著的空间相关性；莫兰指数均为正值，反映二者均存在正向空间关联。

3 实证结果分析

3.1 模型选择与确定

通过空间相关性分析可知，我国区域经济韧性和多式联运均存在着显著的正向空间相关性，因此建立空间计量模型对其影响效应进行估计，空间计量模型选择及检验结果如表4所示。根据LM检验结果，LM-Err和LM-Lag的统计量分别为81.251 3

表3 全局莫兰指数
Tab.3 Global Moran's I

年份	邻接权重矩阵		地理权重矩阵		经济权重矩阵	
	莫兰指数	z值	莫兰指数	z值	莫兰指数	z值
2008	0.188**	2.210	0.184***	3.269	0.188**	2.210
2009	0.227**	2.487	0.203***	3.385	0.227**	2.487
2010	0.235***	2.572	0.203***	3.406	0.235***	2.572
2011	0.279***	2.937	0.232***	3.757	0.279***	2.937
2012	0.274***	2.864	0.233***	3.738	0.274***	2.864
2013	0.236**	2.546	0.204***	3.370	0.236**	2.546
2014	0.229**	2.548	0.200***	3.409	0.229**	2.548
2015	0.197**	2.175	0.168***	2.853	0.197**	2.175
2016	0.195**	2.135	0.161***	2.737	0.195**	2.135
2017	0.170*	1.914	0.138**	2.426	0.170*	1.914
2018	0.172*	1.866	0.134**	2.294	0.172*	1.866
2019	0.174*	1.871	0.129**	2.204	0.174*	1.871
2020	0.209**	2.141	0.151**	2.440	0.209**	2.141
2021	0.254**	2.483	0.177***	2.735	0.254**	2.483
2022	0.274***	2.637	0.186***	2.827	0.274***	2.637
2023	0.282***	2.714	0.193***	2.974	0.288***	2.820

注：***，**，*分别表示在1%、5%、10%的水平下显著，表5—10同。

和94.972 6，在1%的水平上均通过显著性检验；根据LR检验结果，LR-SEM和LR-SAR均在1%显著性水平下拒绝原假设；结合上述2种检验方法的结果，此处应选择SDM。根据Wald检验，在1%的显著性水平下拒绝原假设，说明SDM无法退化为空间误差模型(SEM)或空间滞后模型(SAR)，因而最终选择SDM模型进行空间计量。结合时间/个体效应检验结果，LR-both/time、LR-both/ind统计量均在1%水平上显著，表明模型应控制时间与个体双向固定效

应。最后，Hausman检验结果显示，在1%的显著性水平下拒绝原假设，说明应选择固定效应模型。

3.2 基准回归结果分析

基准回归结果如表5所示。根据表5，核心解释变量多式联运MT的回归系数在不同空间权重下均为正，反映多式联运对区域经济韧性具有正向影响，且作用显著。同时，SDM检验结果也反映多式联运对区域经济韧性具有显著正向影响，且空间交互项在不同空间矩阵下均影响显著。由此表明，多式联运对本地区域经济韧性具有显著促进作用，且显著带动邻近区域经济韧性提升。此外，对于控制变量，人口密度PD、城镇化率UR、交通运输水平TL和外商直接投资FDI的回归系数均显著为正，反映上述因素能够提升区域经济韧性。

3.3 空间效应分析

空间效应回归结果如表6所示，根据表6的空间效应回归结果，在不同的空间权重矩阵下多式联运对区域经济韧性的直接效应显著为正，回归系数分别为0.022 5，0.014 1，0.029 7，表明多式联运对本地经济韧性产生显著促进作用，因此研究假设H₁成立。同样地，在不同的空间权重矩阵下多式联运对区域经济韧性的间接效应和总效应均显著为正，表明多式联运对周边区域的经济韧性也产生显著的促进作用，因此研究假设H₂成立。此外，从总效应构成看，在邻接权重矩阵、地理权重矩阵、经济权重矩阵3种空间权重矩阵下，空间溢出效应(间接效应)占总效应的比例分别为89.91%，91.81%，87.92%，

表4 空间计量模型选择及检验结果
Tab.4 Selection and test results of spatial econometric models

检验方法		统计量	p值	检验结果
拉格朗日乘数(LM)检验	空间误差依赖的拉格朗日乘数(LM-Err)检验	81.251 3	0.000 0	拒绝原假设，存在空间误差和滞后项，选择两者结合的空间杜宾模型(SDM)
	空间误差依赖的拉格朗日乘数稳健性(R-LM-Err)检验	3.853 4	0.003 7	
	空间滞后依赖性的拉格朗日乘数(LM-Lag)检验	94.972 6	0.000 0	
	空间滞后依赖性的拉格朗日乘数稳健性(R-LM-Lag)检验	17.575 3	0.000 0	
似然比(LR)检验	空间误差模型似然比(LR-SEM)检验	112.910	0.000 0	拒绝原假设，存在空间误差和滞后项，选择两者结合的空间杜宾模型(SDM)
	空间滞后模型似然比(LR-SAR)检验	108.949	0.000 0	
沃尔德(Wald)检验	空间滞后模型沃尔德(Wald-SAR)检验	29.660 1	0.000 0	拒绝原假设，SDM无法退化成空间误差模型(SEM)或空间滞后模型(SAR)
	空间误差模型沃尔德(Wald-SEM)检验	35.110 3	0.000 0	
时间/个体效应检验	固定个体的似然比(LR-both/ind)检验	85.307 5	0.000 0	模型需要兼顾时间与个体的双向效应
	固定时间的似然比(LR-both/time)检验	724.556 7	0.000 0	
豪斯曼(Hausman)检验		3.650 5	0.003 2	拒绝原假设，应使用固定效应模型

表5 基准回归结果
Tab.5 Benchmark regression results

变量	邻接权重矩阵	地理权重矩阵	经济权重矩阵
<i>MT</i>	0.254 1** (2.289 2)	0.225 3** (2.124 9)	0.213 7** (2.297 9)
<i>PD</i>	1.260 3*** (2.854 2)	1.743 5*** (2.900 6)	1.054 8*** (2.701 6)
<i>UR</i>	1.215 0*** (2.660 3)	1.260 7** (1.993 7)	1.196 0** (2.398 2)
<i>TL</i>	0.936 8*** (2.901 6)	0.459 0*** (3.118 1)	1.108 5*** (3.229 7)
<i>FDI</i>	0.735 2* (1.784 7)	0.866 9** (2.117 8)	0.805 7** (1.904 2)
<i>W·MT</i>	0.257 2*** (2.806 0)	0.224 4*** (2.810 2)	0.200 8*** (2.941 1)
<i>W·PD</i>	1.904 9 (1.199 8)	1.564 0*** (2.899 6)	1.399 3** (2.338 3)
<i>W·UR</i>	1.445 7* (1.884 0)	1.005 8** (2.402 3)	0.903 5* (1.829 1)
<i>W·TL</i>	0.770 2*** (3.341 2)	0.458 4*** (3.051 3)	0.812 6* (1.749 0)
<i>W·FDI</i>	0.692 7* (1.828 2)	0.778 1*** (2.947 1)	0.759 3* (1.901 8)
ρ	0.534 0*** (2.790 2)	0.411 2*** (2.718 6)	0.495 9*** (2.980 1)
时间固定效应	是	是	是
个体固定效应	是	是	是
R^2	0.473 3	0.489 8	0.4223

注：括号内为t值，表6—10同。

表6 空间效应回归结果
Tab.6 Regression results of spatial effects

变量	邻接权重矩阵	地理权重矩阵	经济权重矩阵
直接效应	0.022 5* (1.730 6)	0.014 1** (2.227 0)	0.029 7** (2.170 9)
间接效应	0.196 5** (2.450 1)	0.157 0*** (4.390 3)	0.211 8*** (3.092 9)
总效应	0.218 4** (2.091 6)	0.171 5** (2.409 1)	0.240 9*** (3.832 0)
控制变量	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
个体固定效应	是	是	是
R^2	0.184 2	0.174 0	0.205 8

表明多式联运对区域经济韧性的影响主要表现为空间溢出效应，即多式联运的发展对邻近地区区域经济韧性的影响效应大于对本地区的效应。原因可能是，本地区的产业较为接近，难以形成资源互补效应，其对于区域经济韧性的提升空间相对有限。

3.4 异质性检验

将样本划分为东部、中部和西部，探讨多式联运

对区域经济韧性影响的区域异质性。区域异质性回归结果(邻接权重矩阵)如表7所示，根据表7的空间相关性 ρ 和空间交互项 $W \cdot MT$ 的回归结果，3个地区的多式联运均对区域经济韧性产生显著的正向影响，且影响程度东部>中部>西部，研究假设H₃成立。

表7 区域异质性回归结果(邻接权重矩阵)
Tab.7 Regression results of regional heterogeneity
(adjacency weight matrix)

变量	东部	中部	西部
<i>MT</i>	0.776 3*** (3.290 3)	0.683 6*** (2.998 3)	0.382 1* (1.873 3)
<i>W·MT</i>	0.891 3* (1.902 7)	0.737 0** (2.401 4)	0.512 1* (1.829 6)
直接效应	0.029 7*** (2.776 3)	0.021 8* (1.872 6)	0.015 9** (2.450 4)
间接效应	0.287 2* (1.694 0)	0.226 3*** (2.860 4)	0.168 0*** (3.849 1)
总效应	0.316 9** (2.402 5)	0.247 2*** (4.881 9)	0.183 6*** (3.048 3)
控制变量	是	是	是
ρ	0.856 0*** (4.692 9)	0.563 2*** (4.118 4)	0.653 4*** (2.904 6)
时间固定效应	是	是	是
个体固定效应	是	是	是
R^2	0.226 5	0.331 4	0.294 8

3.5 内生性与稳健性分析

3.5.1 内生性检验

采用广义空间两阶段最小二乘法(GS2SLS)控制潜在内生性问题，将自变量多式联运 MT 及其空间滞后项作为工具变量。内生性检验结果如表8所示，根据表8的检验结果，多式联运的回归系数显著为正，且多式联运在不同权重矩阵下的空间相关系数 ρ 也显著为正，表明经过内生性检验后，多式联运

表8 内生性检验结果
Tab.8 Endogeneity test results

变量	邻接权重矩阵	地理权重矩阵	经济权重矩阵
<i>MT</i>	0.276 2*** (2.950 1)	0.283 7*** (2.889 4)	0.282 2*** (3.750 1)
ρ	0.351 0** (2.309 4)	0.254 9* (1.781 6)	0.386 6*** (4.273 0)
控制变量	是	是	是
Wald 检验	528.353 0	549.320 6	533.210 5
时间固定效应	是	是	是
个体固定效应	是	是	是
R^2	0.467 2	0.201 9	0.334 6

对区域经济韧性的空间影响效应依旧显著为正，即基准回归结论可靠。

3.5.2 稳健性分析

第一，更换解释变量。在进行基准回归时，选取铁路和水路货运量总和占总货运量的比例作为核心解释变量。此处，采用铁路与水路货运量之和对核心解释变量进行替换。第二，为避免特殊事件对研究结论的可能影响，删除2020年全球新冠疫情以后的样本数据。第三，考虑区域经济的特殊性，剔除北京、上海、重庆和天津4个直辖市。第四，为排除异常值干扰，对解释变量进行双边缩尾1%后重新进行回归。

稳健性检验结果如表9所示，根据表9的估计结果，空间相关性系数均显著为正，且空间溢出效应与总效应也显著为正，与前文基准回归结果基本一致，表明回归结果较为稳健。

表9 稳健性检验结果
Tab.9 Robustness test results

变量	替换解释变量	剔除特殊年份	剔除直辖市样本	缩尾
<i>MT</i>	0.069 8*** (3.760 2)	0.038 2** (2.095 4)	0.026 5** (2.358 8)	0.025 2*** (3.169 3)
直接效应	0.029 6* (1.890 4)	0.019 5** (2.193 5)	0.031 3*** (4.309 3)	0.028 9*** (3.889 0)
间接效应	0.273 9** (2.359 3)	0.202 5*** (4.551 8)	0.300 6* (1.885 5)	0.291 4*** (3.758 3)
总效应	0.303 5* (1.903 2)	0.222 0* (1.710 5)	0.331 9*** (3.710 1)	0.320 3*** (2.6698 3)
控制变量	是	是	是	是
ρ	0.381 6** (2.314 9)	0.310 8*** (2.833 8)	0.432 0* (1.859 0)	0.390 6** (2.157 2)
时间固定效应	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是
R^2	0.389	0.305	0.261	0.402

3.6 中介效应分析

将产业结构升级*IND*作为中介变量，中介效应检验结果如表10所示。估计结果表明，在直接效应、间接效应和总效应中，多式联运对产业结构升级的影响系数均显著为正。进一步地，将产业结构升级作为中介变量加入估计模型，回归系数仍然显著。综上，产业结构升级发挥中介效应，研究假设H₄成立。

表10 中介效应检验结果
Tab.10 Mediation effect test results

效应类型	变量	<i>IND</i>	<i>RER</i>
直接效应	<i>MT</i>	0.553 8*** (3.269 4)	0.017 6** (2.005 6)
	<i>IND</i>		0.261 5*** (3.951 7)
间接效应	<i>MT</i>	0.643 5** (2.351 6)	0.183 9** (2.510 5)
	<i>IND</i>		0.238 7*** (2.848 9)
总效应	<i>MT</i>	1.197 3*** (3.548 7)	0.201 5* (1.738 2)
	<i>IND</i>		0.500 2*** (4.905 4)
控制变量		是	是
ρ		0.320 7* (1.894 6)	0.351 4*** (2.984 0)
时间固定效应		是	是
个体固定效应		是	是
R^2		0.246 3	0.408 6

4 结论与启示

4.1 结论

选取2008—2023年我国31个省(区、市)的面板数据，实证检验了多式联运对区域经济韧性的影响效应。主要研究结论如下。①多式联运对区域经济韧性产生了显著的正向效应，且存在空间溢出效应，即多式联运的发展不仅提升了本地区的区域经济韧性，对邻近地区也产生了更大的促进效应。②多式联运对区域经济韧性的促进作用呈现空间异质性，影响程度东部>中部>西部。③多式联运通过加快产业结构升级对区域经济韧性产生正向影响，即产业结构升级发挥中介效应。

4.2 启示

(1) 强化区域协同联动，释放多式联运对区域经济韧性的空间溢出效应。政府部门强化统筹规划，在不同部门间建立高效的多式联运协调机制，保证多式联运链接畅通^[28]。建立由国家层面统筹、地方政府参与的跨区域协调平台，打破行政壁垒，推动相邻省份在基础设施规划、标准规则、信息共享等方面的协同。以国家物流枢纽建设为契机，形成“东部枢纽强辐射、中部枢纽广连接、西部枢纽快通达”的全国联运网络，放大空间溢出的边际效应。

(2) 考虑多式联运对区域经济韧性影响的空间异质性,因地制宜发展多式联运,注重发挥不同多式联运类型的比较优势。对于东部沿海地区,聚焦“智慧化+国际化”联运升级,打造国际联运服务网络,提升东部地区对全球产业链的“韧性锚定”能力。对于中部地区,适宜强化“枢纽经济+产业联动”发展模式,构建衔接畅通高效的多式联运通道,增强对区域经济韧性的支撑能力。对于西部地区,需要推进“枢纽补短板+特色联运通道”建设,打造大宗商品联运走廊,增强西部地区对资源型产业的韧性支撑。

(3) 充分发挥产业结构升级的中介效应,深化多式联运与产业结构升级的联动机制。建立“多式联运服务商+产业链核心企业”对接机制,鼓励物流企业为制造业提供定制化供应链解决方案,促进“制造业集群+物流枢纽”协同发展。

参考文献:

- [1] 中国共产党第二十次全国代表大会. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗[A]. 北京: 中国共产党第二十次全国代表大会, 2022.
- [2] 于雪娇, 郎茂祥, 王伟哲, 等. 考虑模糊需求的多式联运路径优化[J]. 北京交通大学学报, 2018, 42(3): 23-29, 36.
YU Xueqiao, LANG Maoxiang, WANG Weizhe, et al. Multimodal Transportation Routing Optimization Considering Fuzzy Demands[J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2018, 42(3): 23-29, 36.
- [3] 邓学平, 陈 露, 田帅辉. 不确定需求下考虑混合时间窗的多式联运路径优化[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2021, 33(4): 689-698.
DENG Xueping, CHEN Lu, TIAN Shuaihui. Multimodal Transport Path Optimization Considering Mixed Time Windows under Uncertain Demand[J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications (Natural Science Edition), 2021, 33(4): 689-698.
- [4] ABBASSI A, EL HILALI ALAOUI A, BOUKACHOUR J. Robust Optimisation of the Intermodal Freight Transport Problem: Modeling and Solving with an Efficient Hybrid Approach[J]. Journal of Computational Science, 2019, 30: 127-142.
- [5] 李 珺, 杨 斌, 朱小林. 混合不确定条件下绿色多式联运路径优化[J]. 交通运输系统工程与信息, 2019, 19(4): 13-19, 27.
LI Jun, YANG Bin, ZHU Xiaolin. Path Optimization of Green Multimodal Transportation under Mixed Uncertainties[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2019, 19(4): 13-19, 27.
- [6] 张 旭, 张海燕, 袁旭梅, 等. 双重不确定下低碳多式联运路径优化研究[J]. 北京交通大学学报(社会科学版), 2022, 21(2): 113-121.
ZHANG Xu, ZHANG Haiyan, YUAN Xumei, et al. Path Optimization of Low-Carbon Multimodal Transportation under Dual Uncertainty[J]. Journal of Beijing Jiaotong University (Social Sciences Edition), 2022, 21(2): 113-121.
- [7] 席 悦. 多式联运枢纽: 地区经济发展的新驱动器[J]. 中国物流与采购, 2018(20): 32-33.
- [8] 刘 琨. 在国际物流领域中国际多式联运对国际贸易的影响[J]. 现代商业, 2013(33): 18.
- [9] HOLLING C S. Resilience and Stability of Ecological Systems[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4: 1-23.
- [10] REGGIANI A, DE GRAAFF T, NIJKAMP P. Resilience: An Evolutionary Approach to Spatial Economic Systems[J]. Networks and Spatial Economics, 2002, 2(2): 211-229.
- [11] MARTIN R, SUNLEY P, GARDINER B, et al. How Regions React to Recessions: Resilience and the Role of Economic Structure[J]. Regional Studies, 2016, 50(4): 561-585.
- [12] 刘晓星, 张 旭, 李守伟. 中国宏观经济韧性测度: 基于系统性风险的视角[J]. 中国社会科学, 2021(1): 12-32, 204.
LIU Xiaoxing, ZHANG Xu, LI Shouwei. Measurement of China's Macroeconomic Resilience: A Systemic Risk Perspective[J]. Social Sciences in China, 2021(1): 12-32, 204.
- [13] 高粦彤, 孟 霏, 田启波. 中国经济韧性时空演化及影响因素研究: 基于数字金融视角[J]. 经济问题探索, 2022(8): 57-74.
GAO Lintong, MENG Fei, TIAN Qibo. Study on the Temporal and Spatial Evolution and Influencing Factors of China's Economic Resilience: From the Perspective of Digital Finance[J]. Inquiry Into Economic Issues, 2022(8): 57-74.
- [14] 谭俊涛, 赵宏波, 刘文新, 等. 中国区域经济韧性特征与影响因素分析[J]. 地理科学, 2020, 40(2): 173-181.
TAN Juntao, ZHAO Hongbo, LIU Wenxin, et al. Regional Economic Resilience and Influential Mechanism during Economic Crises in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2020, 40(2): 173-181.

- [15] 李 强, 魏建飞, 徐 斌, 等. 2000—2018年中国区域经济发展多尺度格局演进及驱动机理[J]. 经济地理, 2021, 41(12): 12-21.
LI Qiang, WEI Jianfei, XU Bin, et al. Spatio-Temporal Differentiation and Driving Mechanism of Regional Economic Development in China at Multi-Scale from 2000 to 2018[J]. Economic Geography, 2021, 41(12): 12-21.
- [16] BRUNEAU M, CHANG S E, EGUCHI R T, et al. A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities[J]. Earthquake Spectra, 2003, 19(4): 733-752.
- [17] CHRISTOPHER M, PECK H. Building the Resilient Supply Chain[J]. The International Journal of Logistics Management, 2004, 15(2): 1-14.
- [18] TOBLER W R. A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region[J]. Economic Geography, 1970, 46: 234.
- [19] 章 奥, 梁 雯, 王 旭. 国内经济大循环背景下多式联运协调性研究: 以长三角为例[J]. 现代商业, 2022(31): 97-100.
- [20] 闫广伟. 国际多式联运的应用及在我国的发展研究[D]. 天津: 天津财经大学, 2010.
- [21] 胡卫平. 畅通“双循环”的铁水联运创新模式研究[J]. 综合运输, 2021, 43(11): 97-102.
HU Weiping. Innovative Mode of Rail Water Combined Transportation Based on Smooth “Dual Circulation” [J]. China Transportation Review, 2021, 43(11): 97-102.
- [22] 李玉梅, 陈洋毅, 刘 璐, 等. 绿色金融与区域经济韧性影响机理及空间关联性研究: 基于空间杜宾模型的实证分析[J]. 林业经济, 2023, 45(9): 39-58.
LI Yumei, CHEN Yangyi, LIU Lu, et al. Research on the Influence Mechanism and Spatial Correlation between Green Finance and Regional Economic Resilience: Empirical Analysis Based on Spatial Durbin Model[J]. Forestry Economics, 2023, 45(9): 39-58.
- [23] 李连刚, 张平宇, 谭俊涛, 等. 韧性概念演变与区域经济韧性研究进展[J]. 人文地理, 2019, 34(2): 1-7, 151.
LI Liangang, ZHANG Pingyu, TAN Juntao, et al. Review on the Evolution of Resilience Concept and Research Progress on Regional Economic Resilience[J]. Human Geography, 2019, 34(2): 1-7, 151.
- [24] 田光辉, 苗长虹, 胡志强, 等. 区域经济韧性研究进展: 概念内涵、测度方法及影响因素[J]. 人文地理, 2023, 38(5): 1-8.
TIAN Guanghui, MIAO Changhong, HU Zhiqiang, et al. Research Progress of Regional Economic Resilience: Conceptualization, Measurement Methods and Influencing Factors[J]. Human Geography, 2023, 38(5): 1-8.
- [25] 汪 彬, 阳 镇. 数字经济结构对区域经济韧性的影响机制研究[J]. 甘肃社会科学, 2024(1): 203-216.
WANG Bin, YANG Zhen. Research on the Influence Mechanism of Digital Economic Structure on Regional Economic Resilience[J]. Gansu Social Sciences, 2024(1): 203-216.
- [26] 刘浩学, 李华强. 中国多式联运节能减排效应测算研究[J]. 公路交通科技, 2018, 35(11): 153-158.
LIU Haoxue, LI Huaqiang. Study on Energy Saving and Emission Reduction Effects of Multimodal Transport in China[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2018, 35(11): 153-158.
- [27] 成小平, 刘国林. 流通数字化对经济韧性的影响研究: 基于中介效应和空间溢出效应视角[J]. 哈尔滨商业大学学报(社会科学版), 2024(6): 48-59.
CHENG Xiaoping, LIU Guolin. Research on the Impact of Digitalization in Distribution on Economic Resilience: A Perspective Based on Intermediary Effects and Spatial Spillover Effects[J]. Journal of Harbin University of Commerce (Social Science Edition), 2024(6): 48-59.
- [28] 依绍华. 新发展格局下多式联运发展模式及对策体系: 基于供应链集成视角[J]. 河北学刊, 2022, 42(5): 146-154.
YI Shaohua. Development Mode and Countermeasure System of Multimodal Transport under the New Development Pattern[J]. Hebei Academic Journal, 2022, 42(5): 146-154.

(责任编辑 李丹丹)