

虚拟集聚对区域经济协调发展的空间溢出效应研究

赵吉妮

河北工业大学理学院, 天津

收稿日期: 2024年12月24日; 录用日期: 2025年1月16日; 发布日期: 2025年1月29日

摘要

本文基于2012~2022年我国30个省域面板数据, 在构建虚拟集聚评价指标体系的基础上, 运用空间杜宾模型量化分析了虚拟集聚对区域经济协调发展的空间溢出效应。研究发现: (1) 我国区域经济协调发展水平总体呈现“东高西低、阶梯递减”的不均衡空间分布格局; (2) 虚拟集聚对区域经济协调发展具有显著的“本地效应”和“邻地间接效应”, 该结论经过一系列稳健性检验依然成立; (3) 虚拟集聚对周边地区的辐射带动效应比对本地区经济的直接推动作用更为突出。研究不仅丰富了虚拟集聚与区域经济协调发展相关领域的理论体系, 还为我国形成区域间优势互补、资源共享、互利共赢的新发展格局, 提供了坚实的理论与战略支持。

关键词

虚拟集聚, 区域经济协调发展, 空间溢出, Dagum基尼系数

Research on the Spatial Spillover Effect of Virtual Agglomeration on the Coordinated Development of Regional Economy

Jini Zhao

School of Science, Hebei University of Technology, Tianjin

Received: Dec. 24th, 2024; accepted: Jan. 16th, 2025; published: Jan. 29th, 2025

Abstract

Utilizing panel data from 30 provinces in China spanning 2012 to 2022, and based on the construction of an evaluation index system for virtual agglomeration, this study employs the spatial

Durbin model to quantitatively analyze the spatial spillover effect of virtual agglomeration on the coordinated development of regional economies. The findings indicate: (1) The level of coordinated regional economic development in China exhibits a generally imbalanced spatial distribution characterized by higher levels in the eastern regions and lower levels in the western regions; (2) Virtual agglomeration exerts a significant “local effect” and “neighborhood indirect effect” on the coordinated development of regional economies, a conclusion that remains robust across a series of robustness tests; (3) The radiating driving effect of virtual agglomeration on neighboring areas surpasses its direct promotion of local economic growth. This research not only enhances the theoretical framework concerning the coordinated development of virtual agglomeration and regional economies but also offers a solid theoretical foundation and strategic guidance for fostering a new development paradigm of complementary strengths, resource sharing, mutual benefits, and win-win outcomes among regions in China.

Keywords

Virtual Agglomeration, Coordinated Development of Regional Economy, Spatial Spillover, Dagum Gini Coefficient

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

党的二十大报告明确指出要“增进人民福祉，扎实推进共同富裕”。然而随着我国步入新的发展阶段，人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾也日益凸显，区域经济发展不平衡、地区差距扩大等问题逐渐成为制约高质量发展和共同富裕的重要因素[1]，给我国经济社会发展带来了很大负面影响。为缓解当前社会主要矛盾，顺利实现共同富裕目标，区域经济的协调发展显得尤为关键。而随着数字技术的快速发展，虚拟集聚的出现打破了传统地理集聚空间固化和地理障碍的限制，实现了高效的信息传递和交流合作，为我国区域经济协调发展注入了新的动力。当前，我国正处于向第二个百年奋斗目标迈进的关键阶段，面对新的发展趋势，我国亟需打造新的经济引擎，突破经济发展瓶颈，完成经济向高质量增长的转型。基于这一背景，对于虚拟集聚与区域经济协调发展之间关系的探讨，深刻把握虚拟集聚和区域经济协调发展之间的内在机理显得尤为重要。

现有关于虚拟集聚的研究多从概念特征[2]、形成机制[3]等定性分析上展开，也有部分文章围绕虚拟集聚对企业出口选择[4]、产业链韧性[5]、制造业高质量发展[6]等作用机制展开讨论，较少文章关注虚拟集聚的空间溢出效应。事实上，虚拟集聚作为一种新兴的空间组织形态，并不是凭空出现的，它在很大程度上仍依赖于实体经济和产业集聚的发展。因此，虚拟集聚在空间地理分布中仍表现出较强的空间集聚性。而随着虚拟集聚规模和影响力的不断扩大，其发展势必会对周边地区产生一定的带动效应和辐射作用。基于此，本文以 2012~2022 年中国 30 个省份(不含西藏及港澳台)的面板数据为样本，以空间效应为切入视角，借助空间杜宾模型量化评估了虚拟集聚对区域经济协调发展的空间溢出效应，丰富了相关领域研究成果。

2. 研究设计

2.1. 数据来源

鉴于数据的可获得性，本文选取 2012~2022 年我国 30 个省份(不含西藏及港澳台)的面板数据，数据主要来源于历年《中国统计年鉴》《中国高技术统计年鉴》、各省份统计年鉴和统计公报等。

2.2. 变量测度与说明

2.2.1. 虚拟集聚指标体系构建

本文在借鉴田霖和张仕杰[7]研究的基础上，结合虚拟集聚的内涵，从基础设施水平、政府支持程度、数字化赋能水平、创新推进力度以及虚拟集聚发展现状五个方面构建虚拟集聚评价指标体系，并采用熵值法计算综合得分，具体指标和权重见表 1。

Table 1. Virtual agglomeration index system
表 1. 虚拟集聚指标体系

一级指标	测算指标	权重
基础设施水平	光缆线路长度/千米	0.048
	移动电话交换机容量	0.038
	每万人域名数/个	0.125
政府支持程度	每百人互联网宽带接入端口数	0.028
	政府一般公共预算收入/政府一般公共预算支出	0.048
	信息传输、计算机城镇从业人数/城镇就业人数	0.074
数字化赋能水平	信息传输、计算机服务和软件业的固定资产投资总额/全社会固定资产投资额	0.125
	互联网宽带接入用户区位熵	0.028
	移动互联网用户区位熵	0.021
创新推进力度	每万人申请专利数/个	0.064
	R&D 研发投入强度	0.051
	R&D 人员全时当量	0.105
发展现状	电子商务交易额区位熵	0.04
	电子商务交易活动的企业区位熵	0.022
	软件和信息技术服务业区位熵	0.083
	电子及通信设备制造业区位熵	0.073

2.2.2. 区域经济协调发展指标体系构建

区域经济协调发展描述了省域间经济交往日趋密切、依赖程度日益加深、经济发展关联互动的动态变化过程。本文借鉴罗富政[8]的研究，从经济联系、经济差距、经济增长差异、经济结构互补性指数四个层面构建出区域经济协调发展综合指标体系，并采用熵权法对各指标进行了综合测度。具体测算方法见表 2。

2.2.3. 控制变量的选取

为了尽可能规避由于遗漏变量引起的模型内生性偏误问题，本文选取以下控制变量：(1) 人口密度(mPOP)：用单位面积内居住人口数量来衡量；(2) 产业结构(IND)：用第二产业和第三产业占 GDP 的比重来衡量；(3) 失业状况(UEMP)：用登记的失业人口占总劳动人口的比值来衡量；(4) 金融发展水平(FIN)：

用金融机构年末存贷款余额与 GDP 的比值来衡量；(5) 外商投资水平(LNFDI)：用外商直接投资总额取对数表示。上述各变量的测算及描述性统计分析见表 3。

Table 2. Measures the coordinated development of regional economy

表 2. 区域经济协调发展的测算方法

指标	测算
经济联系	$er_{ijt} = \frac{\sqrt{GDP_{it} P_{it}} \times \sqrt{GDP_{jt} P_{jt}}}{D_{ij}^2}$ (其中, GDP_{it} 表示 i 省份 t 年的 GDP; P_{it} 表示 i 省份 t 年的人口; D_{ij}^2 表示 i 省份和 j 省份的地理距离)
经济差距	$ed_{ijt} = \left \frac{pGDP_{it} - pGDP_{jt}}{pGDP} \right $ (其中, $pGDP_{it}$ 表示 i 省份 t 年的人均 GDP; $\overline{pGDP}$ 表示全国人均 GDP)
经济增长差异	$ef_{ijt} = \left \frac{GDP_{it} - GDP_{it-1}}{GDP_{it-1}} - \frac{GDP_{jt} - GDP_{jt-1}}{GDP_{jt-1}} \right $
经济结构互补指数	$\frac{1}{S_{ij}}, \text{ 其中 } S_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^3 X_{ik} X_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^3 X_{ik}^2 \sum_{k=1}^3 X_{jk}^2}}$ (X_{ik} 表示 i 区域 k 产业占整个产业的比重; X_{jk} 表示 j 区域 k 产业占整个产业的比重)

Table 3. Descriptive statistics of variables

表 3. 变量描述性统计

变量	符号	名称	平均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	RED	区域经济协调发展指数	0.1924	0.1253	0.0551	0.6832
核心解释变量	VA	虚拟集聚	0.1797	0.1158	0.0277	0.6929
	mPOP	人口密度	475.6154	708.0695	7.9053	3925.868
	IND	产业结构	0.9032	0.0531	0.7473	0.9978
控制变量	UEMP	失业状况	0.0321	0.0064	0.0121	0.0461
	FIN	金融发展水平	3.4646	1.0936	1.6266	7.6049
	LNFDI	外商投资水平	12.3236	2.3869	1.7208	15.0897

2.3. 研究方法

2.3.1. Dagum 基尼系数

本文借助Dagum基尼系数量化分析各区域之间经济发展水平的差异和不平衡现象。Dagum基尼系数能够将样本的整体差异分解为组内差异、组间净差异和组间超变密度三部分,通过计算这三部分的系数,

可以深入了解各区域内部和区域间的不均衡发展的来源和构成,为制定区域协调发展政策提供依据[9]。其基本公式如下:

$$G = \frac{\sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^m \sum_{c=1}^{n_a} \sum_{d=1}^{n_b} |C_{ac} - C_{bd}|}{2n^2 \bar{C}} = G_{aa} + G_{ab} + G_c$$

$$G_{aa} = \sum_{c=1}^{n_a} \sum_{d=1}^{n_b} |C_{ac} - C_{bd}| / (2n_a^2 \bar{C}_a)$$

$$G_{ab} = \left(\sum_{c=1}^{n_a} \sum_{d=1}^{n_b} |C_{ac} - C_{bd}| \right) / \left((\bar{C}_a + \bar{C}_b) n_a n_b \right)$$

$$G_w = \sum_{a=1}^m G_{aa} p_a s_a$$

$$G_{nb} = \sum_{a=2}^m \sum_{b=1}^{a-1} G_{ab} (p_a s_b + p_b s_a) D_{ab}$$

$$G_t = \sum_{a=2}^m \sum_{b=1}^{a-1} G_{ab} (p_a s_b + p_b s_a) (1 - D_{ab})$$

其中, G 表示基尼系数,它可以分解为区域内基尼系数 G_{aa} 、区域间基尼系数 G_{ab} 和超变密度基尼系数 G_c ,分别用以衡量区域内差异、区域间差异以及相对差距情况,其贡献率为 G_w 、 G_{nb} 、 G_t ,且 $G_w + G_{nb} + G_t = 1$; $\bar{C}$ 为整个样本的区域经济协调发展的平均值; m 为区域个数,在本文中 $m=3$; a 、 b 表示两个不同的区域; n_a 、 n_b 分别为 a 区域、 b 区域中的省份个数; D_{ab} 为区域之间区域经济协调发展水平的相对影响; d_{ab} 为区域间区域经济协调发展水平之差。 P_{ab} 为超变一阶矩。

2.3.2 全局 Moran's I 指数

检验变量之间是否存在空间相关性是采用空间面板模型进行研究的必要前提,借助全局 Moran's I 指数可以从地区总体视角识别研究对象的空间演化特征[10]。具体公式如下:

$$\text{Moran's I} = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (U_i - \bar{U})(U_j - \bar{U})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n (U_i - \bar{U})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (U_i - \bar{U})(U_j - \bar{U})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}}$$

其中, n 代表地区数目, U_i 代表了第 i 个地区相关指标的观测样本, W_{ij} 代表了空间权重矩阵 (i, j) 。Moran's I 指数的取值范围为 $[-1, 1]$, 若 Moran's I > 0 , 则表示存在空间正相关, 若 Moran's I < 0 , 则表示存在空间负相关, 若 Moran's I $= 0$, 则表示空间分布为随机分布, 没有空间自相关性。

3. 实证结果分析

3.1. 区域经济协调发展现状分析

图 1~3 为根据 Dagum 基尼系数及其分解结果所做的图。从图中可以看出我国整体区域经济协调发展水平的基尼系数相对较高,且在研究期间内呈现出先上升后下降的态势。进一步从区域经济协调发展的贡献率角度考察,可以看出区域间差异是造成区域经济协调发展水平差异的主要原因。此外,从东、中、西三大地区的内部差异来看,西部地区的区域经济协调发展取得了较大进步,内部差异逐渐下降,由 2012 年 0.179 降至 2022 年 0.118。东部地区基尼系数较为稳定,省份间差异小且保持相对均衡态势。而中部地区的基尼系数逐年上升,省份间差异逐年增大。从东、中、西三大地区间基尼系数来看,东-西、东-中、中-西部间基尼系数平稳,但东-西部最大,东-中部次之,中-西部最小,这表明东部和西部区域经济协调发展水平差距大,呈现两极分化。

总体来看,我国区域经济协调发展水平不平衡现象明显,虽然这种差异的大小在时间上表现出相对稳定的态势,但区域间发展不平衡的问题依然严重,尤其是东部和西部地区的差距更是突出。因此,为

了推动我国区域经济的协调发展，亟需对现有的发展战略进行调整，以进一步缩小地区间的发展差异，实现更加均衡可持续发展的区域经济发展。

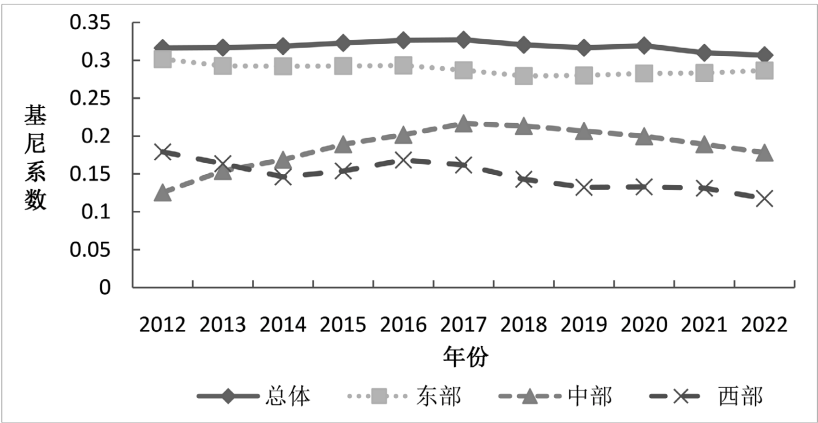


Figure 1. Overall and intra-regional differentiation
图 1. 总体及区域内分异程度

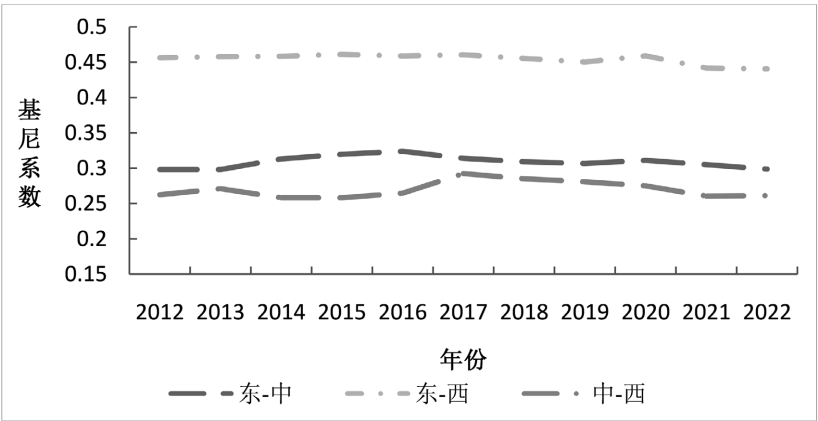


Figure 2. Degree of regional differentiation
图 2. 区域间分异程度

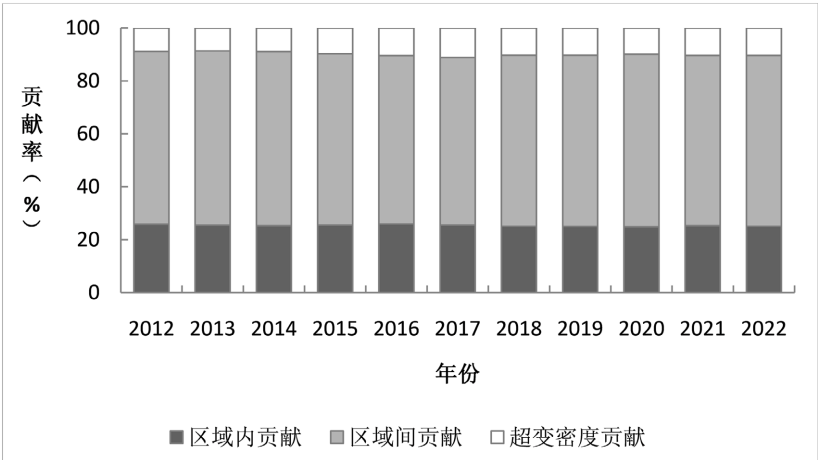


Figure 3. Contribution rate of spatial differentiation sources
图 3. 空间分异来源的贡献率

3.2. 虚拟集聚对区域经济协调发展的空间溢出效应分析

3.2.1. 空间权重矩阵的设定

考虑到经济主体在空间中的关联很大程度上受到地理位置的影响，因此，本文构建地理距离矩阵权重矩阵 W_1 进行后续研究。

$$W_1 = W_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{d_{ij}^2} & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases}$$

其中， d_{ij}^2 表示省份 i 和省份 j 之间的地理距离，采用各省份经纬度距离平方的倒数来衡量。

其次，考虑到虚拟集聚在很大程度上受制于互联网水平的影响，本文借鉴了王亮[11]的研究，构建了互联网距离空间权重矩阵 W_2 ，以此来量化和分析经济主体如何通过网络空间形成更为紧密或疏远的联系。

$$W_2 = W_{ij} = \begin{cases} \frac{\overline{M_i} \times \overline{M_j}}{d_{ij}^2} & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases}$$

其中， $\overline{M_i}$ 和 $\overline{M_j}$ 表示地区 i 和地区 j 在 2012~2022 年的互联网使用率均值， d_{ij} 为地区 i 和地区 j 之间的地理距离。

3.2.2. 空间相关性分析

本文基于前文所构建的地理距离权重矩阵和互联网距离空间权重矩阵，采用全局空间自相关 Moran's I 指数对 2012~2022 年中国 30 个省份的虚拟集聚和区域经济协调发展的空间相关性进行了检验。结果如表 4 所示，在上述两种矩阵下，虚拟集聚和区域经济协调发展指数的 Moran's I 指数均在 1% 的显著水平下大于 0，这说明我国虚拟集聚和区域经济协调发展均呈现正向的空间依赖特征。

图 4、图 5 进一步给出了 2022 年虚拟集聚和区域经济协调发展的全局空间自相关 Moran's I 散点图，可以更加直观地反映地区层面虚拟集聚和区域经济协调发展的正向空间自相关特征。

Table 4. Statistical results of Moran's I index test
表 4. Moran's I 指数检验结果统计

年份	地理距离权重矩阵				互联网距离空间权重矩阵			
	虚拟集聚		区域经济协调发展指数		虚拟集聚		区域经济协调发展指数	
	I	p-value	I	p-value	I	p-value	I	p-value
2012	0.175**	0.012	0.276***	0.000	0.176***	0.010	0.283***	0.000
2013	0.166**	0.015	0.281***	0.000	0.166***	0.013	0.288***	0.000
2014	0.183***	0.009	0.290***	0.000	0.183***	0.007	0.300***	0.000
2015	0.197***	0.005	0.282***	0.000	0.199***	0.004	0.293***	0.000
2016	0.184***	0.008	0.272***	0.000	0.185***	0.006	0.282***	0.000
2017	0.167**	0.012	0.250***	0.001	0.167***	0.011	0.261***	0.001
2018	0.171**	0.012	0.266***	0.000	0.172***	0.010	0.277***	0.000
2019	0.197***	0.005	0.280***	0.000	0.201***	0.004	0.291***	0.000

续表

2020	0.216***	0.003	0.295***	0.000	0.220***	0.002	0.306***	0.000
2021	0.213***	0.003	0.300***	0.000	0.213***	0.002	0.310***	0.000
2022	0.242***	0.001	0.293***	0.000	0.237***	0.001	0.302***	0.000

注：*、**和***分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平。

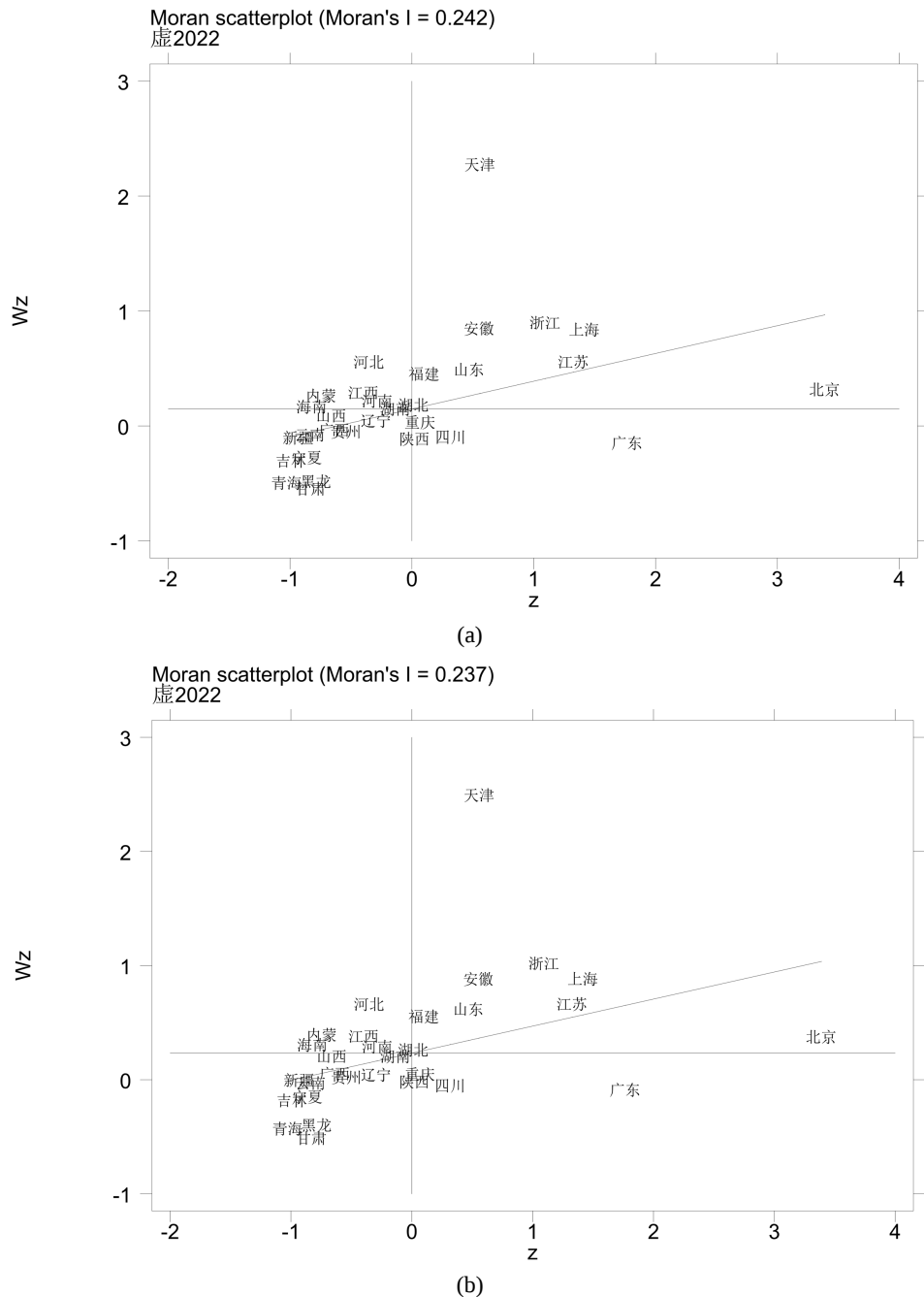


Figure 4. Moran's I scatter plot of global spatial autocorrelation of virtual agglomeration in 2022. (a) Geographical distance weight matrix; (b) Internet distance space weight matrix
图 4. 2022 年虚拟集聚全局空间自相关 Moran's I 散点图。(a) 地理距离权重矩阵；(b) 互联网距离空间权重矩阵

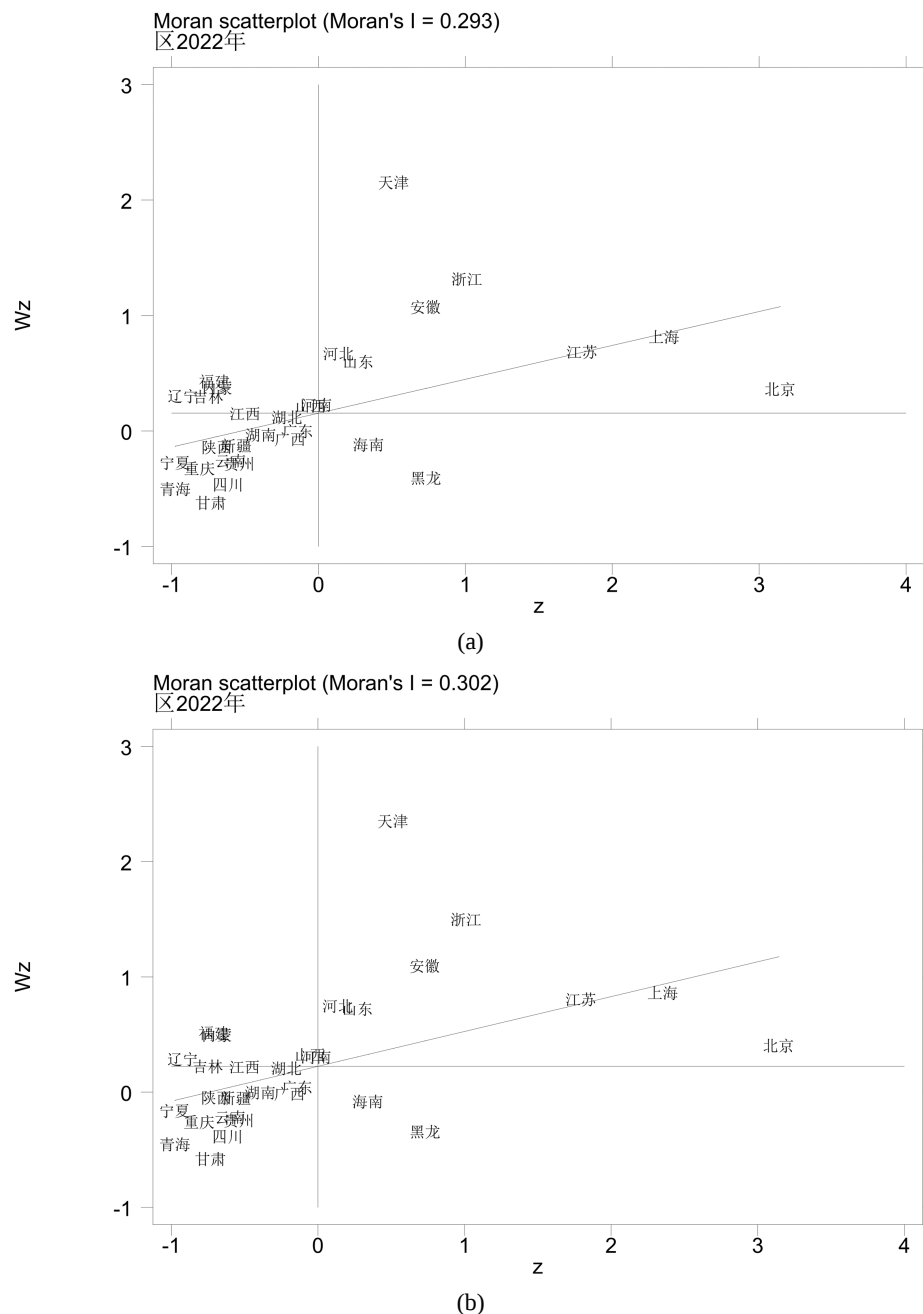


Figure 5. Moran's I scatter plot of global spatial autocorrelation of coordinated regional economic development in 2022. (a) Geographical distance weight matrix; (b) Internet distance space weight matrix

图 5. 2022 年区域经济协调发展全局空间自相关 Moran's I 散点图。(a) 地理距离权重矩阵；(b) 互联网距离空间权重矩阵

3.2.3. 空间溢出效应检验及其分解

1) 模型的选择

为了确定最合适的模型以更好地拟合样本数据，本文依次进行了 LM 检验、Hausman 检验、LR 检验以及 Wald 检验，具体检验过程见表 5。

综合考虑表 5 的检验结果，最终选择具有时空双固定的空间杜宾模型(SDM)进行后续分析，其基本

形式如下：

$$RED_{it} = \rho W_{ij} RED_{it} + \beta VA_{it} + \theta W_{ij} VA_{it} + \sum \beta X_{it} + \theta W_{ij} \sum X_{it} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it}$$

其中，被解释变量 VA_{it} 为 i 省在 t 时期的区域经济协调发展水平， $W_{ij} RED_{it}$ 为被解释变量的空间滞后项， ρ 为空间溢出效应系数，用于衡量相邻地区区域经济协调发展的改变对本地区区域经济协调发展的影响。核心解释变量 VA_{it} 为 i 省在 t 时期的虚拟集聚， $W_{ij} VA_{it}$ 为核心解释变量的空间滞后项， θ 为空间溢出效应系数， X_{it} 为控制变量的集合。 μ_i 为个体固定效应， θ_t 为时间固定效应， ε_{it} 为随机扰动项。

Table 5. Model selection test
表 5. 模型选择检验

检验	地理距离权重矩阵		互联网距离空间权重矩阵	
	统计量	p-value	统计量	p-value
LM-Lag	153.973***	0.000	154.716***	0.000
Robust LM-Lag	25.217***	0.000	27.738***	0.000
LM-error	250.928***	0.000	248.94***	0.000
Robust LM-error	122.171***	0.000	121.962***	0.000
Hausman test	31.59***	0.0028	35.08***	0.0008
LR-SDM-SAR	117.30***	0.000	109.85***	0.000
LR-SDM-SEM	126.19***	0.000	115.10***	0.000
Wald-SDM-SAR	24.81***	0.0004	23.32***	0.0007
Wald-SDM-SEM	14.21**	0.0273	14.71**	0.0227

2) 空间溢出效应检验

本文采取极大似然估计法(MLE)分别对地理距离矩阵(W_1)和互联网距离空间权重矩阵(W_2)所建立的空间杜宾模型进行检验，检验结果见表 6。

Table 6. Spatial spillover effects of virtual agglomeration on coordinated regional economic development
表 6. 虚拟集聚对区域经济协调发展的空间溢出效应

被解释变量 RED_{it}					
解释变量	地理距离权重矩阵(W_1)	互联网距离空间权重矩阵(W_2)	解释变量	地理距离权重矩阵(W_1)	互联网距离空间权重矩阵(W_2)
VA	0.1812*** (0.0475)	0.1964*** (0.0480)	W*VA	0.2172** (0.1101)	0.1914* (0.1081)
mPOP	0.0005*** (0.00008)	0.0004*** (0.00008)	W*mPOP	-0.0004** (0.0002)	-0.0002 (0.0001)
IND	-1.1279*** (0.1051)	-1.1313*** (0.1071)	W*IND	1.0670*** (0.2720)	0.9644*** (0.2981)

续表

UEMP	-0.5093** (0.2131)	-0.4580** (0.2157)	W*UEMP	-1.7268*** (0.5720)	-1.7490*** (0.5740)
FIN	0.0042 (0.0031)	0.0043 (0.0031)	W*FIN	0.0176*** (0.0066)	0.1929*** (0.0067)
LNFDID	0.0037*** (0.0007)	0.0039*** (0.0007)	W*LNFDID	0.0125*** (0.0026)	0.1065*** (0.0026)
地理距离权重矩阵(W_1)			互联网距离空间权重矩阵(W_2)		
ρ	0.3861*** (0.0751)		0.3742*** (0.0783)		
LogL	977.2978		972.3111		
N	330		330		
R^2	0.512		0.574		

注：*、**和***分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平，括号中为稳健标准误，下同。

从检验结果看出，虚拟集聚对区域经济协调发展的影响均通过 1%置信水平检验，影响系数分别为 0.1812、0.1964，说明虚拟集聚对区域经济协调发展存在正向促进作用。此外，统计数据显示虚拟集聚的空间自回归系数为正，且通过 10%的显著性检验，说明虚拟集聚对区域经济协调发展的影响不仅局限于本地区，还存在正向的空间溢出效应。进一步，观察区域经济协调发展的空间自回归系数 ρ 分别为 0.3861、0.3742，且通过 5%的显著性检验，表明其它地区区域经济协调发展水平的提升能够带动本地区域经济协调发展，这也进一步证明省份之间的区域经济协调发展存在空间相关性，且这种相关性可能与虚拟集聚产生的空间溢出效应相关。

3) 空间溢出效应分解

进一步对回归结果进行偏微分分解，得到各解释变量的直接效应和间接效应，具体结果见表 7。从表 7 可以看出，不管是在地理距离权重矩阵还是在互联网距离空间权重矩阵下，虚拟集聚对区域经济协调发展的直接溢出效应和间接溢出效应均为正，且均通过 1%的显著性检验。从直接溢出效应的角度来看，虚拟集聚通过促进信息、技术、人才等要素的流动，有效提升了区域内部的经济活力。其次，从间接溢出效应的角度来看，虚拟集聚不仅推动了本地经济的增长，还通过构建更加紧密的区域经济网络，促进了区域间的经济联系和合作。这种间接溢出效应使得虚拟集聚的积极影响能够超越本地范围，对整个区域经济协调发展产生深远的影响。

Table 7. Decomposition of spatial effects of virtual agglomeration on coordinated regional economic development

表 7. 虚拟集聚对区域经济协调发展的空间效应分解

被解释变量 RED_{it}						
地理距离矩阵权重矩阵 W_1			互联网距离空间权重矩阵(W_2)			
	直接效应	间接效应	总效应	直接效应	间接效应	总效应
VA	0.2054*** (0.0487)	0.4432*** (0.1671)	0.6486*** (0.1794)	0.2127*** (0.0484)	0.3832*** (0.1587)	0.5959*** (0.1702)

续表

mPOP	0.0005*** (0.00008)	-0.0003 (0.0002)	0.0002 (0.0002)	0.0004*** (0.00008)	-0.00008 (0.0002)	0.0004* (0.0002)
IND	-1.065*** (0.1063)	1.0278** (0.4326)	-0.0372 (0.4862)	-1.0556*** (0.1067)	0.8277* (0.4502)	-0.2279 (0.5032)
UEMP	-0.6594*** (0.2285)	-2.9302*** (0.9424)	-3.5896*** (1.0760)	-0.5304** (0.2258)	-2.8734*** (0.9203)	-3.4038*** (1.050)
FIN	0.0059* (0.0031)	0.0304*** (0.0104)	0.0364*** (0.0114)	0.0060* (0.0031)	0.0319*** (0.0103)	0.0379*** (0.0113)
LNFDID	0.0049*** (0.0008)	0.0215*** (0.0044)	0.0265*** (0.0049)	0.0045*** (0.0007)	0.0182*** (0.0038)	0.0228*** (0.0043)

值得注意的是，相对于直接效应虚拟集聚间接效应的溢出系数明显高于直接效应，且均通过了更为严格的显著性检验。这一结果在一定程度上验证了虚拟集聚作为一种新型的经济集聚模式，凭借其独特的优势克服了物理时空的约束，从而大大降低了虚拟集聚对区域经济协调发展空间外溢效应的空间距离限制，彰显出虚拟集聚在现代经济发展中的巨大潜力。

3.2.4. 稳健性检验

为进一步提高实证结论的可靠性，本文采取：更换空间权重矩阵、对各变量进行 1% 的缩尾操作两种方法，对实证回归结果进行稳健性检验。具体回归结果见表 8，从检验结果可以看出，虚拟集聚对区域经济协调发展依然表现出较好的稳健性。

Table 8. Robustness test results

表 8. 稳健性检验结果

替换矩阵		变量缩尾		解释变量	替换矩阵		变量缩尾	
解释变量	经济地理嵌套矩阵	地理距离权重矩阵	互联网距离空间权重矩阵		经济地理嵌套矩阵	地理距离权重矩阵	互联网距离空间权重矩阵	
XN	0.1535*** (0.0480)	0.1241*** (0.0515)	0.1332** (0.0519)	W* XN	0.8417*** (0.2720)	0.3628*** (0.1152)	0.3339*** (0.1127)	
mPOP	0.0004*** (0.0008)	0.0005*** (0.0008)	0.0005*** (0.0008)	W* mPOP	0.0012*** (0.0004)	-0.0004** (0.0002)	-0.0003** (0.0002)	
IND	-1.2343*** (0.1129)	-1.1794*** (0.1082)	-1.1686*** (0.1102)	W* IND	1.2965* (0.7235)	1.0062*** (0.2852)	0.9880*** (0.2980)	
UEMP	-0.8052*** (0.2136)	-0.6018*** (0.2062)	-0.5608*** (0.2095)	W* UEMP	-6.4864*** (1.498)	0.4891** (0.5413)	-1.0296** (0.5246)	
FIN	0.0082*** (0.0031)	0.0063** (0.0032)	0.0060* (0.032)	W* FIN	0.0657*** (0.0177)	0.0177*** (0.0067)	0.0191*** (0.0068)	
LNFDID	0.0051*** (0.0007)	0.0041*** (0.0008)	0.0042*** (0.0008)	W* LNFDID	0.0060** (0.0028)	0.0142*** (0.0030)	0.0122*** (0.0027)	

续表

	替换矩阵	变量缩尾	
	经济距离嵌套矩阵	地理距离权重矩阵(W_2)	互联网距离空间权重矩阵(W_3)
ρ	0.3610** (0.1467)	0.4297*** (0.0756)	0.4162 (0.0771)
LogL	966.6819	980.9520	976.7506
N	300	300	300
R ²	0.76	0.50	0.55

4. 结论与政策建议

本文立足于数字经济背景下区域经济协调发展的时空演变格局，借助 Dagum 基尼系数深入剖析了虚拟集聚与区域经济协调发展现状。其次，聚焦于虚拟集聚和区域经济协调发展二者之间内在关联，深入探讨了虚拟集聚对区域经济协调发展的空间溢出效应，并量化评估这种效应的大小和方向。研究发现：(1) 我国区域经济协调发展呈现出“东高西低 阶梯递减”的不均衡分布格局；(2) 虚拟集聚对区域经济协调发展具有显著的“本地效应”和“邻地间接效应”，相较于对本地经济的直接推动作用，虚拟集聚对周边地区的辐射带动效应更为突出。基于上述研究结果，提出以下政策建议：

1) 加强中西部地区的虚拟集聚建设，以应对“东高西低”的区域经济发展不均衡现状。中西部地区亟需充分利用虚拟集聚的优势，通过数字化手段促进资源高效配置，推动经济协调发展。政府方面，应制定专项政策，为中西部地区的互联网企业、科技创新企业及金融机构等提供财政、税收等优惠政策，鼓励其积极发展线上业务，并构建数字化、智能化的虚拟产业平台。技术支持方面，加强云计算、大数据、人工智能等先进技术在中西部地区的研发和应用，推动虚拟产业集聚区建设，并鼓励与东部地区的技术交流和合作。在人才培养与引进上，加强数字化人才培养，引进国内外顶尖人才和团队，并建立人才流动机制。此外，鼓励中西部地区的互联网企业积极参与市场拓展，与金融机构开展深度合作，加强与国际知名企业的合作与交流。

2) 着力提升虚拟集聚的质量和效益，推动其向高端化、智能化、绿色化方向转型升级，以适应经济高质量发展的要求。政府应制定精准的税收减免政策，减轻虚拟集聚企业的税负压力，并设立专项扶持资金，对技术研发、市场拓展、人才引进等关键环节给予资金扶持。同时，建立创新奖励机制，激发企业创新活力。加大人才引进力度，提供优厚待遇和良好的工作环境，吸引国内外优秀人才加入虚拟集聚企业，并加强与高校、职业院校的合作，共同培养具备专业技能的人才。此外，鼓励虚拟集聚企业加强产业链上下游的合作与协同，形成产业生态链，共同推动产业集聚向更高层次发展，为经济高质量发展提供有力支撑。

3) 加强区域间的协同合作，充分发挥虚拟集聚对区域经济协调发展的正向空间溢出效应。鉴于虚拟集聚对周边地区的间接影响显著，加强区域间的协同合作显得尤为重要。应当建立跨区域的虚拟集聚合作机制，推动信息共享、资源共享和优势互补，实现区域经济的协同发展。鼓励东部地区与中西部地区开展虚拟集聚的结对帮扶活动，设立专项帮扶资金，支持东部地区企业为中西部地区提供技术支持、人才培养等服务，带动中西部地区虚拟集聚的发展，缩小区域发展差距，推动全国经济的均衡协调发展。鼓励在技术研发、市场拓展等方面开展合作，共同开发新产品、新技术，形成产业创新联盟，提高整体竞争力。

参考文献

- [1] 张耀军, 张玮. 共同富裕与区域经济协调发展[J]. 区域经济评论, 2022(4): 5-15.
- [2] 王如玉, 梁琦, 李广乾. 虚拟集聚: 新一代信息技术与实体经济深度融合的空间组织新形态[J]. 管理世界, 2018, 34(2): 13-21.
- [3] 田霖, 韩岩博. 虚拟集聚理论与应用研究评介[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2021, 27(1): 77-90.
- [4] 王春月. 经济集聚对企业出口选择的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 东北财经大学, 2022.
- [5] 谢会强, 张帆, 吴晓迪. 虚拟集聚能提升产业链韧性吗?——来自中国城市面板数据的实证检验[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2024, 44(8): 3-17.
- [6] 张青, 茹少峰. 制造业虚拟集聚模型构建、水平测度与行业差异研究[J]. 统计与决策, 2024, 40(15): 172-177.
- [7] 田霖, 张仕杰. 我国虚拟集聚水平测度、空间差异与收敛性研究[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2023, 53(7): 75-97.
- [8] 罗富政, 罗能生. 政府竞争、市场集聚与区域经济协调发展[J]. 中国软科学, 2019(9): 93-107.
- [9] 杨焕焕, 朱明江, 褚先行. 数字基础设施建设水平综合测度、时空演进及区域差异分析[J]. 统计与决策, 2024, 40(17): 114-119.
- [10] 金桂兰, 刘佳玮. 中国共同富裕水平测度及区域差异分析[J]. 统计与决策, 2024, 40(3): 69-74.
- [11] 王亮. 网络零售提高了制造业集聚吗?——基于动态 SDM 的时空效应分析[J]. 中国经济问题, 2019(4): 68-81.