

## 虚拟集聚对城市经济韧性的影响研究

孙冰洁

济南大学 山东济南

**【摘要】**城市经济韧性作为城市韧性的关键子系统，在当前复杂多变的外部环境下，已成为国家经济安全与高质量发展的重要支撑。如何依托新一代信息技术推动的虚拟集聚来增强城市经济韧性，是当前亟待深入探讨的关键议题。本文通过构建综合评价体系测度 2003-2023 年中国 283 个城市的经济韧性，并采用固定效应模型与中介效应模型，探讨虚拟集聚影响城市经济韧性的内在机制与路径。实证结果表明，虚拟集聚对城市经济韧性具有显著正向影响（系数为 0.015，在 1% 水平上显著），且通过提升城市创新水平（中介系数为 0.606，在 5% 水平上显著）与促进产业结构高级化（中介系数为 0.091，在 5% 水平上显著）两条路径间接增强经济韧性。研究表明，虚拟集聚能够借助知识外溢效应与产业结构优化有效增强城市经济系统的抗风险与自适应能力，应积极引导虚拟集聚的有序发展，强化其创新驱动与优化产业结构功能，为全面提升城市经济韧性提供制度保障与路径支撑。

**【关键词】**虚拟集聚；经济韧性；中介效应

**【收稿日期】**2025 年 9 月 20 日    **【出刊日期】**2025 年 10 月 28 日    **【DOI】**10.12208/j.aif.20250033

### The impact of virtual agglomeration on urban economic resilience

Bingjie Sun

University of Jinan, Jinan, Shandong

**【Abstract】** Urban economic resilience, as a key subsystem of overall urban resilience, has become a crucial support for national economic security and high-quality development in the current complex and volatile external environment. How to enhance urban economic resilience through virtual agglomeration driven by new-generation information technology is a critical issue that requires in-depth exploration. This study constructs a comprehensive evaluation system to measure the economic resilience of 283 Chinese cities from 2003 to 2023, and employs fixed-effects and mediating effects models to investigate the internal mechanisms and pathways through which virtual agglomeration influences urban economic resilience. The empirical results show that virtual agglomeration has a significant positive impact on urban economic resilience (with a coefficient of 0.015, significant at the 1% level), and indirectly enhances resilience through two pathways: boosting urban innovation capability (with a coefficient of 0.606, significant at the 5% level) and promoting industrial structure upgrading (with a coefficient of 0.091, significant at the 5% level). The research demonstrates that virtual agglomeration can effectively strengthen the risk resistance and adaptive capacity of urban economic systems through knowledge spillover effects and industrial structure optimization. It is essential to actively guide the orderly development of virtual agglomeration, reinforce its role in driving innovation and optimizing industrial structure, and provide institutional support and strategic pathways for comprehensively enhancing urban economic resilience.

**【Keywords】** Virtual agglomeration; Economic resilience; Mediating effects

### 1 引言

城市作为现代化进程的核心载体与实现人民美

好生活的重要空间，其经济系统的发展韧性是区域

经济可持续发展的关键支撑。党的二十大报告明确

指出，“坚持人民城市人民建、人民城市为人民，提高城市规划、建设、治理水平”，强调“实施城市更新行动，加强城市基础设施建设，打造宜居、韧性、智慧城市”。在这一战略指引下，增强城市韧性已成为推动城市安全发展与可持续转型的重要方向。其中，城市经济韧性作为城市韧性的关键子系统，体现了城市经济系统在面临外部冲击时通过内部资源调节维持稳定、快速恢复，并实现新路径突破与发展动能转换的能力。

近年来，新一代信息技术如人工智能、大数据和物联网的迅猛发展，催生了一种以数字化平台为载体的新型空间组织形态——虚拟集聚。其通过数据信息的实时交互，深刻重构了生产方式与资源组织形态，推动产业链上下游企业从传统地理空间集聚转向虚拟空间集聚<sup>[1]</sup>。这种以数据和信息实时交互为特征的虚拟集聚，显著拓展了市场空间的边界，缓解了知识溢出的地理约束，降低了经济单位对物理邻近的依赖，为城市应对风险冲击、提升恢复能力提供了新路径。尤其在当前国内外经济环境复杂多变的背景下，依托数字经济的虚拟集聚通过促进信息共享、优化资源配置和强化知识溢出，对增强城市经济韧性、推动高质量发展具有重要意义。

现有研究多集中于虚拟集聚对经济增长<sup>[2]</sup>、城市创新水平<sup>[3,4]</sup>和制造业转型升级<sup>[5]</sup>的影响，而关于虚拟集聚如何系统影响城市经济韧性，通过可能内在机制赋能经济韧性的研究尚显不足。基于此，本文选取我国 283 个城市 2003-2023 年数据为样本，实证检验了虚拟集聚对城市经济韧性的影响。结果显示，虚拟集聚能提升城市经济韧性。机制分析表明，虚拟集聚主要通过提高城市创新水平和促进产业结构优化升级来增强城市经济韧性。

本文可能的边际贡献在于：第一，将虚拟集聚纳入城市经济韧性的理论分析框架，突破传统集聚理论对地理边界的依赖，为理解数字时代下城市应对冲击与恢复增长提供新视角；第二，系统构建城市经济韧性的综合评价指标体系，明确其维度构成与测度方法，为后续研究提供理论参照与测量工具；第三，不仅识别虚拟集聚对经济韧性的直接效应，还从产业结构升级与创新能力提升两个中介路径切入，系统揭示其内在机制，为相关政策设计提供细致的经验依据。

## 2 理论机制及研究假说

### 2.1 虚拟集聚对城市经济韧性的影响

虚拟集聚通过增强信息流动性，提升了城市经济系统的抵抗能力。在传统集聚理论中，信息不对称和地理距离限制容易导致资源错配和反应滞后。而虚拟集聚依托数字平台实现信息实时共享与高效匹配，帮助城市中个体和组织快速识别风险、调整经营策略。虚拟集聚通过优化要素配置提高了城市经济的调节能力<sup>[6]</sup>。虚拟集聚显著降低了资源跨区域流动的各项成本，使资本、劳动力、技术等要素能够更灵活地自由高效配置。当城市遭遇负面冲击时，加速生产要素从低效部门向高效部门转移，可以推动经济快速恢复至稳态路径。虚拟集聚通过拓展市场边界和增强创新适应性强化了城市经济的转型发展能力。虚拟集聚打破地理空间局限性，促进知识溢出，帮助城市培育新业态、新动能，带来各行业的高效多样化创新，实现经济结构的动态优化与升级，让城市在受冲击后实现上升式新发展。

综上，虚拟集聚凭借高效信息传递、跨地域资源整合和知识溢出带来的创新发展，增强了城市的抵抗、调节和转型发展能力。基于此，本文提出：

假设 1：虚拟集聚能够显著提升城市经济韧性。

### 2.2 虚拟集聚对城市经济韧性的作用机制

#### 2.2.1 创新的中介作用

虚拟集聚作为数字技术驱动的新型空间组织形态，通过重构创新要素的流动与组合方式，显著提升了城市的创新水平，虚拟集聚拓展了知识溢出的广度与深度，提高城市创新能力。传统地理集聚下的知识溢出受制于空间距离，而虚拟集聚依托数字平台打破了这一限制，实现了跨区域隐性知识与技术共享。企业能够以更低成本获取前沿技术信息、市场需求数据。这种高效的知识流动不仅提高了创新要素配置效率，也增强了城市在面临技术冲击或产业变革时的适应性创新能力。虚拟集聚通过扩大知识溢出范围、加速创新转化，显著提升了城市的创新水平。而更强的创新能力意味着城市在面对外部冲击时，能更快开发替代技术、调整产业布局、发现新增长点，从而有效增强经济韧性。基于此，本文提出：

假设 2：虚拟集聚通过提高创新水平，间接提高城市经济韧性。

#### 2.2.2 产业结构升级的中介作用

虚拟集聚通过新一代数字技术重塑产业组织形态与要素配置方式,推动城市产业结构向高级化、合理化与融合化方向演进,显著增强城市经济系统的稳健性。一方面,虚拟集聚推动产业数字化与智能化转型,加速产业结构高级化发展。传统产业通过“互联网+”等优化生产流程,实现精准供应链管理与个性化定制,不断提高技术复杂度与附加值;同时,催生出一批平台经济和共享经济等新业态,推动城市产业体系从劳动与资本密集型向技术与知识密集型跃迁。更高级的产业结构意味着更强的技术创新吸收能力和更丰富的经济形态,从而提升城市应对技术冲击与市场需求变化的经济韧性。另一方面,虚拟集聚促进资源跨部门再配置,改善产业结构。数据作为新型生产要素具有渗透性与共享性,可降低信息不对称,实现资源高效灵活配置。资源得以从低效产能部门向高附加值部门流动,提升全要素生产率。更协调、更灵活的产业结构,能够有效吸收、缓冲和适应各类外部冲击,避免经济剧烈波动,并为培育新增长点与经济转型提供结构性支撑。因此,本文提出:

假设3:虚拟集聚通过促进产业结构升级,间接

提升城市经济韧性。

### 3 研究设计

#### 3.1 模型设定

本章主要讨论虚拟集聚对城市经济韧性的直接影响机制,故构建多元线性回归模型:

$$Res_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Vag_{it} + \alpha_j X_{it}^{control} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it}$$

其中 $Res_{it}$ 表示i城市在t时期的经济韧性; $Vag_{it}$ 表示i地区在t时期的虚拟集聚水平; $\varepsilon_{it}$ 表示随机扰动项; $X_{it}^{control}$ 是为了避免遗漏变量导致估计结果偏误而进行控制的一系列变量。

#### 3.2 指标设计

##### 3.2.1 被解释变量:城市经济韧性

经济韧性的测度主要有指标体系和单一指标两种方法,测度方法尚未统一,本文参考巩灿娟等(2022)<sup>[7]</sup>以及张辽和姚蕾(2023)<sup>[8]</sup>从抵抗与恢复能力、适应与调节能力、转型与发展能力三个层面出发,包含12个二级指标,构建综合指标体系。采用熵值法计算城市经济韧性指数用于表征各个城市的经济韧性水平,衡量城市经济系统在面临内外部冲击时的恢复能力、适应能力以及转型发展能力。

表1 城市经济韧性综合评价指标体系

一级指标	二级指标	衡量指标	属性
经济韧性	抵抗与恢复能力	人均地区生产总值	+
		城镇登记失业率	-
		规模以上工业企业数	+
		财政自给率	+
	适应与调节能力	社会消费零售总额	+
		每万人拥有医院、卫生院床位数	+
		人均储蓄存款额	+
		公路货运量	+
	转型与发展能力	每万人普通高等学校在校学生数	+
		财政对科学技术支出水平	+
		金融机构存贷款水平	+
		对外经济发展水平	+

##### 3.2.2 解释变量:虚拟集聚

关于城市虚拟集聚水平的测度尚未形成统一标准。借鉴刘烨等(2023)<sup>[3]</sup>的研究思路,本文基于信息传输、计算机服务和软件业的空间集聚水平来表征城市虚拟集聚,并通过引入逆向地理距离权重来

捕捉其潜在的跨区域外溢效应。 $Vag$ 值越大,表明该市虚拟集聚以及周边城市的虚拟集聚程度越高。

$$Vag_{it} = \sum_j (IT_{it}/F_{it}) / (IT_t/F_t) \times D_{ij}^{-1}$$

其中,  $IT_i$  和  $IT$  分别代表  $i$  城市和全国信息传输、计算机服务和软件业企业数,  $F_i$  和  $F$  分别代表  $i$  城市和全国的企业数。 $D_{ij}$  为城市  $i$  和  $j$  之间的球面地理距离, 使用软件根据城市经纬度测算得出, 当  $i=j$  时, 逆向地理距离加权权重为 1。数值越大, 说明该市虚拟集聚以及周边城市的虚拟集聚程度越高。

### 3.2.3 中介变量

参考熊励和蔡雪莲 (2020)<sup>[9]</sup> 对创新的衡量, 采用地区的专利授权数量作为核心代理变量。专利授权量直接反映了城市在技术创新活动中的有效产出, 是衡量区域创新能力和知识创造水平客观的核心指标。

借鉴陈凡和周民良 (2022)<sup>[10]</sup> 的做法, 采用产业结构高级化 (SH) 作为产业结构升级的代理变量, 其计算公式为:

$$SH = Y_3 / (Y_1 + Y_2)$$

式中,  $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$  分别代表三大产业增加值。 $SH$  的值越大, 表明产业越向高水平状态演进, 反之同理。

### 3.2.4 控制变量

为降低遗漏变量偏误, 本文参考相关研究控制与城市经济相关的其他因素: 互联网发展水平 (*Int*): 用互联网宽带接入用户数与年末总人口比值; 人力资本水平 (*Hum*): 用普通高等学校在校学生数与年末总人口比值; 人口集聚规模 (*Den*): 用市辖区年末人口 / 市辖区行政区域土地面积表示; 城市经济密度 (*Ued*): 城市生产总值与行政区域面积的比值和政府干预程度 (*gov*): 用财政支出与城市生产总值的比值衡量。模型同时固定个体和时间效应。

## 3.3 数据来源与描述性统计

本文使用的实证分析样本共包括中国 283 个城市 2003-2023 年的平衡面板数据, 西藏和港澳台等地区因存在大量数据缺失, 不纳入研究范围内。此外, 个别缺失数据采取线性插值法进行补充, 并进行缩尾处理。实证所涉及指标数据均来源于相应年份的《中国城市统计年鉴》、《中国城市建设统计年鉴》、《中国工业统计年鉴》、《中国第三产业统计年鉴》、《中国人口和就业统计年鉴》等。数据处理与回归分析使用 Stata18.0 软件完成。表 2 报告了主要变量的描述性统计结果。

## 4 实证结果分析

### 4.1 基准回归

为检验本文的研究假设, 采用双向固定效应模型来评估虚拟集聚对中国城市经济韧性的影响。结果报告于表 (2)。其中, 列 (1) 为未纳入任何控制变量, 仅施加城市与时间双向固定效应约束的回归结果; 列 (2) 为进一步包含所有控制变量的回归结果。可以发现, 虚拟集聚对于城市经济韧性水平的提升具有显著的促进作用。从表 3 的回归结果可以看出, 无论是否添加控制变量, 虚拟集聚对中国城市经济韧性的估计系数均显著为正。在不加入任何控制变量时, 虚拟集聚对城市经济韧性的估计系数为 0.033, 在 1% 水平上显著。在加入各个控制变量后, 虚拟集聚对中国城市经济韧性的估计系数伴随着控制变量的增加其系数逐渐下降, 但是估计系数的显著性没有发生实质性变化, 这意味着虚拟集聚水平的提高有利于促进中国城市经济韧性的提升。该结论验证假说 1, 即虚拟集聚能够促进城市经济韧性水平提升。

表 2 变量的描述性统计

变量	符号	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
城市经济韧性	Res	5943	0.0966	0.070	0.0100	0.5651
虚拟集聚	Vag	5943	0.6454	0.533	0.0000	6.1919
互联网发展水平	Int	5943	0.2003	0.198	0.0020	2.0164
人力资本水平	hum	5943	0.0175	0.023	0.0001	0.1848
人口集聚规模	Den	5943	0.0432	0.034	0.0005	0.3430
城市经济密度	Ued	5943	6.8894	1.417	1.7047	12.0627
政府干预水平	Gov	5943	0.1735	0.093	0.0313	1.0268

表3 基准回归结果

变量	(1) Res	(2) Res
Vag	0.033*** (4.72)	0.015*** (2.83)
Int		0.032*** (3.74)
hum		1.070*** (13.07)
Den		0.925*** (7.99)
Ued		0.009*** (3.14)
Gov		-0.086*** (-5.47)
cons	0.040*** (13.33)	-0.041** (-2.54)
时间效应	是	是
个体效应	是	是
N	5943	5943
R <sup>2</sup>	0.750	0.849

注: \*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著; 若无特别说明, 下同。

表4 机制检验

变量	(1)	(2)
Vag	创新水平 0.606** (2.06)	产业结构高级化 0.091** (2.40)
控制变量	是	是
个体固定	是	是
时间固定	是	是
N	5943	5943
R <sup>2</sup>	0.492	0.624

## 4.2 机制分析

前文通过理论分析阐述了虚拟集聚提升城市经济韧性的作用机制, 现进一步采用中介效应模型检验其传导路径, 结果如表4所示。虚拟集聚影响城市创新能力的系数显著为正, 说明虚拟集聚通过知识溢出的数字化延伸、技术扩散的加速化以及创新要素的高效共享与精准匹配, 系统性重塑了城市的创新生态, 有力地促进了城市整体创新水平的提升与创新范式的转型升级, 为城市经济韧性提高提供创新源泉。由此, 假说2得到验证。虚拟集聚对产

业高级化影响系数显著为正, 证实虚拟集聚通过推动服务业数字化、促进生产性服务业与制造业融合等路径, 驱动产业结构向高端化转型。张纪凤等(2024)<sup>[11]</sup>通过实证证明产业结构升级通过资源优化配置与抗风险能力提升直接增强城市经济韧性, 以高附加值产业为主导的第三产业占比提升, 显著推动经济结构向知识密集型转型, 增强对外部冲击的抵御力; 同时, 高级化产业结构促进上下游分工协作, 降低单一产业波动风险, 带来产业链协同效应提升。

## 5 结论与启示

本文基于 2003-2023 年中国 283 个地级市面板数据, 系统考察了虚拟集聚对城市经济韧性的影响及其内在机制。通过构建综合指标体系测度城市经济韧性, 并运用固定效应模型、中介效应模型等进行实证检验, 得出以下主要结论: (1) 虚拟集聚显著提升了城市经济韧性。在控制一系列城市特征变量及固定效应后, 虚拟集聚对经济韧性仍表现出稳健的正向促进作用, 表明虚拟集聚能够有效增强城市应对冲击、恢复稳态和实现转型的能力。(2) 虚拟集聚通过提升城市创新水平与促进产业结构升级两条路径间接提升城市经济韧性。一方面, 虚拟集聚拓宽了知识溢出边界, 降低了创新合作成本, 加速了技术成果转化, 从而通过创新能力增强为经济系统注入动态适应力; 另一方面, 虚拟集聚推动产业结构优化, 提升资源配置效率, 使城市在面对外部冲击时表现出更强韧性。

基于上述结论, 本文的研究具有以下启示: 一是加快推进数字基础设施建设, 强化虚拟集聚的发展支撑。应重点推进 5G 网络、工业互联网、数据中心等新型数字设施覆盖与升级, 破除“数字鸿沟”, 为企业接入虚拟平台、开展跨域协作提供基础保障。二是推动虚拟集聚与创新系统深度融合, 构建区域数字创新共同体。政府可引导搭建跨学科、跨行业的数字化研发共享平台, 鼓励企业、高校与科研机构依托云平台开展协同创新, 加速科技成果向产业应用转化。三是依托虚拟集聚推动产业结构优化与产业链韧性提升。支持传统产业集群通过数字化改造增强灵活性和抗风险能力; 同时鼓励平台型企业整合产业链资源, 构建多元可控、弹性协同的供应链网络。

## 参考文献

[1] 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(2):

13-21.

[2] 段霞, 张蔷薇. 产业数字化、虚拟集聚与全要素生产率[J]. 西北师大学报(社会科学版), 2023, 60(01): 135-144.

[3] 刘烨, 王琦, 班元浩. 虚拟集聚、知识结构与中国城市创新[J]. 财贸经济, 2023, 44(04): 89-105.

[4] 陈斌, 何思思. 数字经济时代的虚拟集聚与制造业技术创新——来自我国城市群的经验证据[J]. 南方经济, 2023, (08): 72-92.

[5] 张青, 茹少峰, 赵政楠. 虚拟集聚如何影响制造业企业高质量发展[J]. 经济与管理研究, 2024, 45(06): 58-75.

[6] 宋林, 张蕾蕾. 虚拟集聚与城市经济韧性[J]. 当代经济科学, 2024, 46(06): 132-146.

[7] 巩灿娟, 张晓青, 徐成龙. 中国三大城市群经济韧性的时空演变及协同提升研究[J]. 软科学, 2022, 36(05): 38-46.

[8] 张辽, 姚蕾. 数字技术创新对城市经济韧性的影响研究——来自中国 278 个地级及以上城市的经验证据[J]. 管理学刊, 2023, 36(05): 38-59.

[9] 熊励, 蔡雪莲. 数字经济对区域创新能力提升的影响效应——基于长三角城市群的实证研究[J]. 华东经济管理, 2020, 34(12): 1-8.

[10] 陈凡, 周民良. 中部崛起战略与区域产业结构转型升级——来自中国城市面板数据的经验证据[J]. 中国软科学, 2022, (02): 105-115.

[11] 张纪凤, 杨子睿, 孙军. 市场一体化、产业结构与城市经济韧性——基于长三角地区的实证研究[J/OL]. 兰州财经大学学报, 1-14 [2025-09-19]. <https://link.cnki.net/urlid/62.1213.F.20240321.0952.002>.

**版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



OPEN ACCESS