Journal of Science and Technology Management

Volume 26 | Issue 3 Article 7

2024

Research on the impact of virtual agglomeration on regional innovation ability: based on the perspective of virtual-real integration

Jiang GUO
School of Management, University of Shanghai for Science and Technology, China

Hongmeng ZHANG
School of Management, University of Shanghai for Science and Technolog, China

Follow this and additional works at: https://jstm.researchcommons.org/journal

Part of the Technology and Innovation Commons

Recommended Citation

GUO, Jiang and ZHANG, Hongmeng (2024) "Research on the impact of virtual agglomeration on regional innovation ability: based on the perspective of virtual-real integration," *Journal of Science and Technology Management*: Vol. 26: Iss. 3, Article 7.
DOI: 10.16315/j.stm.2024.03.005
Available at: https://jstm.researchcommons.org/journal/vol26/iss3/7

This Article is brought to you for free and open access by Journal of Science and Technology Management. It has been accepted for inclusion in Journal of Science and Technology Management by an authorized editor of Journal of Science and Technology Management.

Creative Commons License

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-No Derivative Works 4.0 International License.

This article is available in Journal of Science and Technology Management: https://jstm.researchcommons.org/journal/vol26/iss3/7

文章编号:1008 - 7133(2024)03 - 0074 - 10

虚拟集聚对区域创新能力的影响研究
——基于虚实融合视角

郭　将,　张虹萌
(上海理工大学 管理学院,上海　200093)

摘　要:创新是引领发展的第一动力。数字经济的蓬勃发展催生了虚拟集聚,这一新型空间组织形态也为区域创新能力的提高带来了新契机。本研究基于 2013—2022 年的面板数据,以我国东、中、西部地区 29 个省级行政区为研究对象,在对虚拟集聚水平、区域创新能力等相关变量进行测度后,通过构建相应的计量模型实证检验虚拟集聚对区域创新能力的影响机理。研究发现,在给定假设下,虚拟集聚的发展对地区创新能力起到差异性的促进作用。进一步的机理分析发现,虚拟集聚可以通过提升地区数字基础设施建设水平,进而促进地区经济创新能力的提高。最后,根据所得研究结论提出了发展虚拟集聚以促进我国地区创新能力的针对性政策建议。

关　键　词:虚拟集聚;区域创新;数字基础设施;数字经济
DOI:10.16315/j.stm.2024.03.005
中图分类号:F 127　　**文献标志码**:A

目前,我国经济已由高速增长阶段步入到增速放缓、动能转换的高质量发展阶段。在面临资源与环境双重制约的情况下,为确保经济发展的可持续性和稳定性,实施创新驱动战略成为必要之举。区域创新能力作为推动经济社会发展的关键因素,指的是地区利用创新资源和环境,通过投入创新活动获取创新产出的能力。尽管我国创新水平不断提升,创新投入已居全球前列,但各地区的创新活动仍面临资源浪费、驱动力不足以及效率低下等问题[1]。因此,迫切需要寻找新的驱动力,提升创新质量,改变高投入、低产出的创新格局,以进一步增强我国各地区的发展潜力和竞争力。

根据内生增长理论,一个地区的发展潜力和竞争力从根本上来看,是由技术进步带来的创新能力提升所构成的内生发展动力决定的[2]。长期以来,国内外聚焦于区域创新能力的研究表明,产业集聚与区域创新能力密切相关。Marshall[3]最早研究集聚正外部性和区域创新之间关系。不可否认,传统地理集聚带来的正外部性,如知识溢出和技术扩散等,能够提高地区创新能力。然而,传统地理集聚的局限性,如生产要素流动受限以及地理空间边界的约束,会逐渐削弱集聚正外部性对区域创新能力的促进作用[4]。

经济社会的高质量发展离不开科技进步。随着物联网、大数据计算等信息技术的兴起以及互联网平台的快速发展,数据成为了关键要素,实体经济也逐渐迈入数字经济时代[5]。虚拟集聚作为数字经济背景下的产物,在特定地域内能够借助信息技术渗透,成为融合线下地理空间与线上虚拟网络空间,构建包含生产、交易和协调经济活动模式的新型空间组织形式。这一新型空间组织形式,赋能传统集聚空间内的经济主体在地理空间上呈现分散分布,将传统地理集聚演变为线下地理空间与线上虚拟网络空间相融合的空间组织形式,降低了以往传统集聚中经济主体对地理空间的依存度[6]。这对于传统地理空间集聚而言,意味着丰富与扩展。值得注意的是,虚拟集聚不仅具备传统地理集聚的正外部性,还具有知识信息共享联动、实时在线的交流和沟通能力以及生产要素配置优化等独特优势,有助于激发地区创新能力的提升[7]。而区域创新能力的提升,则可以通过推动科技创新、促进产业结构升级等途径,为我国经济高质量发展提供有力支撑[8]。

不难看出,虚拟集聚与地区创新能力之间存在密切关联。因此,考虑如何利用时代发展趋势,从而更高效地实现我国创新驱动发展战略这一目标,具

收稿日期:2024 - 03 - 11
基金项目:上海市软科学重点计划项目(21692105000);上海市 2023 年度"科技创新行动计划"自然科学基金项目(23ZR1444300)
作者简介:郭　将(1978—),男,副教授,博士;
张虹萌(2000—),女,硕士研究生.

有重要的现实意义。本文旨在深入探讨以下问题:在我国东、中、西部 29 个省级行政区中,虚拟集聚对地区创新能力的提升是否具有促进作用?如果虚拟集聚能够促进地区创新能力的提高,那么是否会呈现区域差异性?是否存在某一中间机制的作用,来帮助虚拟集聚促进地区经济增长质量的提升?因此,本研究选取我国东、中、西部 29 个省级行政区,将虚拟集聚与区域经济增长质量纳入同一分析框架,尝试厘清虚拟集聚对区域创新能力影响的逻辑以及作用途径,并进一步实证检验虚拟集聚对区域创新能力的影响特征。

与已有研究成果相比,本研究的边际贡献可能体现在:第一,基于产业集聚理论、经济增长理论以及技术创新理论,尝试厘清虚拟集聚对区域创新能力的影响逻辑,从理论上明确虚拟集聚的驱动作用;第二,实证检验方面,进行了区域异质性讨论,有助于为各地区政府加速创新驱动发展制定差异化政策提供理论支撑;第三,较少有文献关注虚拟集聚和区域创新能力的内在联系,尤其缺乏基于当前数字经济时代的探讨,因此本研究可能有助于拓展区域创新能力相关理论,为各地区开展虚拟集聚驱动地区创新能力提升的实践和对策性课题,提供测度分析方法与工具的补充。

1　理论分析与研究假设

虚拟集聚不应是脱离于传统地理集聚而存在的。而是在数字经济时代下,传统地理集聚基础上发展的产物。因此,本文将虚拟集聚界定为在特定地域内能够借助信息技术渗透,降低传统产业集聚对地理空间临近性的依赖,融合线下地理空间与线上虚拟网络空间,构建包含生产、交易和协调经济活动模式的新型空间组织形式。基于技术创新理论,创新效率聚焦于评估区域在创新活动过程中资源配置的效用,创新质量则强调区域创新产出的实际质量,这 2 个指标涵盖了创新活动的效果和全程特征,因此本文选择建立双元分析框架,综合考察创新效率和创新质量 2 个维度,以阐述区域创新能力的内涵。

1.1　虚拟集聚与区域创新能力

1)虚拟集聚强化知识和技术溢出的正外部性效应。基于集聚经济理论,知识溢出和技术扩散被视为集聚经济带来的正外部性。然而,传统的产业地理空间集聚所带来的溢出效应存在“伴随空间距离衰减”的弊端[9]。虚拟集聚的发展借助于信息技术的渗透以及互联网平台的应用,通过引入虚拟网络空间,在一定程度上减弱了时空局限性,由此带来知识和技术的实时共享与交流,降低了溢出效应对地理空间临近的依赖程度[10]。这不仅提高了创新主体之间的知识和技术的信息交互效率,而且降低了知识、技术的交流成本,进而有效提升区域创新效率。此外,虚拟集聚构建的虚拟网络空间通过强化区域创新主体的跨时空交互能力,促进了知识和技术的跨区域、跨学科的溢出,也使得部分隐性知识能够向显性知识转换,提高了区域知识多样性的程度。由新经济地理学理论可知,一个地区的创新质量在于不断在原有知识基础上衍生出新知识以实现增长[11]。一方面,对于存在知识关联的创新主体而言,同一领域知识结构的完善与专业化有助于创新活动中的高效互动,进而深化区域创新活动中的分工,从内生层面推动地区创新质量的提升;另一方面,从地区获取的知识体量来看,在虚拟网络空间的支撑下,横跨多部门、多创新主体的知识交流与信息交互的频率得到提高,使得知识跨界带来颠覆性创新的可能性变大,再加上技术的跨区域传播与应用,降低了创新活动受“路径依赖”以及“技术锁定”影响的可能性,进而提高地区创新质量。可见,虚拟集聚能够通过扩大传统地理集聚带来的正外部性,进而提升地区创新能力。

2)虚拟集聚产生主体关联效应。虚拟集聚具有区别于传统地理集聚的 2 项特征,即“全链一体化”和“生产柔性化”。所谓“全链一体化”,一方面是指实现全产业链覆盖的上下游企业在特定地理区域内形成产业集群;另一方面,它包括通过节省时空成本、建立新的市场关系以及知识联结等手段,实现“超级效率市场”,以实现市场上生产者、消费者、产品和交易渠道在低成本渠道下的个性化需求匹配,进而实现“生产柔性化”。消费者间的需求差异化导致生产者必须进行小批量、多品种的柔性化生产,以尽可能满足消费者的个性化需求。基于这 2 项特征,从创新活动的各环节来看,虚拟集聚通过提升区域创新主体间的资源配置能力来降低成本、提高效率,并通过加强合作关系实现各环节的紧密衔接,从而促进区域创新能力的提升。而基于市场需求角度来探讨空间市场关联的集聚优势,从创新活动参与者的视角来看,本文认为利用虚拟集聚所创造的线上虚拟网络空间,有助于创新活动的供需双方实现更高效、精准的链接。同时,各地区为了争取更大的竞争优势,需要满足消费者的个性化需求,在加速产品多样化进程的同时也提高了创新转化效率,进而提升创新质量[12]。

1.2 虚拟集聚与区域创新能力:数字基础设施的中介作用

无论是纯粹的地理空间集聚还是线下地理空间和线上虚拟网络空间相结合的虚拟集聚,都必须依赖于“空间”的发展,即基础设施建设的不断完善。对于虚拟集聚而言,其要实现蓬勃发展,需要数字技术支撑下稳定的数字基础设施建设。数字基础设施,以大数据、5G 及工业互联网为代表,迅速发展成为加速新一代信息技术创新和应用的基础[13]。基础设施在信息技术基础设施供给方面将原先在地理空间上分散在各个区域的组织实现了链接,由此在信息空间形成虚拟集聚。数字基础设施是推动各地区虚拟集聚发展的重要平台和工具。因此本文认为虚拟集聚的发展与地区数字基础设施建设之间存在良性的正向循环关系,即虚拟集聚的发展不仅依托于数字基础设施,而且虚拟集聚的发展也能够对提升地区数字基础设施建设水平产生积极影响。而数字基础设施影响区域创新能力的传导机制,本文认为可以从降低交易成本和优化要素配置这两方面来解释。一方面,数字基础设施的不断完善能为地区创新主体提供更便捷的交易、交流平台,扩展了创新主体的搜寻和交易范围,提高了信息透明度,降低了信息不对称,有助于知识和技术的共享,也会降低获取知识和技术的交流成本以及市场交易成本,从而激发地区创新主体的研发与创新动力,对提升地区创新能力产生积极影响[14]。另一方面,数字基础设施的存在,降低了地理空间距离的约束,使得要素流动不再过于受限。这拓展了要素在地区间流动的传统方式,为要素提供多种配置渠道,从而在一定程度上解决了创新活动供求双方的匹配问题,提高了资源配置效率。而地区间要素配置的优化有助于高效、精准地组合创新主体和创新要素,提升地区创新能力[15]。由此,本文提出如下假设:

假设H_1:虚拟集聚能够促进区域创新能力的提升。

假设H_2:虚拟集聚通过促进数字基础设施建设水平的提高,进而提升区域创新能力。

综上所述,本研究的作用机制如图 1 所示。

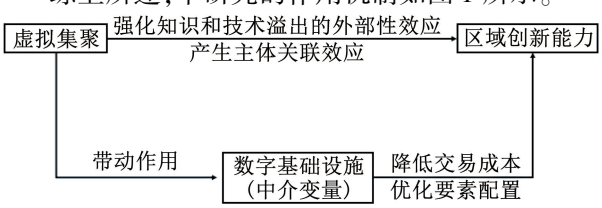

图 1 虚拟集聚影响区域创新能力的作用机制

Fig. 1 Mechanism of virtual agglomeration affecting regional innovation ability

2 研究设计

2.1 变量选取

1)被解释变量。区域创新能力(RIA)。基于前文对区域创新能力的定义,本研究认为对创新能力的评价应从创新过程效果和全程特征 2 个维度来解释,因此本文的创新能力涵盖了创新效率和创新质量 2 个指标。参考余永泽等[16]和李政等[17]对创新效率的测量,本研究采用数据包络分析法(DEA)评估区域创新效率。在投入指标的选取上,本文选择规模以上工业企业新产品开发经费支出以及规模以上工业企业 R&D 人员全时当量这 2 个指标。对于产出指标,本研究以专利作为创新产出的评价,虽然其略显单一,但作为最直接、最易量化的创新成果之一,在目前仍是创新成果的重要参考指标。因此,本研究选择人均发明专利申请量来衡量创新产出。区域创新质量则以规模以上工业新产品销售收入占规模以上工业企业主营业务收入的比重来评估。在测度完创新质量和创新效率后,对这 2 个指标分别赋予 0.5 的权重,以计算区域创新能力指数。此外,本研究选取了 2013—2022 年间的省级面板数据,样本范围涵盖我国东、中、西部地区的 29 个省级行政区。样本数据来自于对应年份的《中国科技年鉴》《中国统计年鉴》以及各省级行政区的统计年鉴,以确保数据的准确性和可靠性。经过计算可以得到我国 29 个省级行政区在 2013—2022 年间的创新能力指数。受文章篇幅所限,仅列举了 29 个省级行政区在个别年份的创新能力指数以及综合排名情况,如表 1 所示。

根据 29 个省级行政区创新能力指数的测度结果,并结合三大地区创新能力发展趋势情况发现,2013—2022 年间各省级行政区的创新能力存在显著差异,如图 2 所示,并且三大地区的创新能力呈现出“东部强、中部次之、西部弱”的局面。从 29 个省级行政区的具体测度结果来看,东部地区仅有 2 个省份的创新能力低于全国平均水平,而在西部地区,仅有重庆和四川的创新能力超过全国平均水平。这一结果凸显了东、中、西部地区在创新发展水平上的不均衡性。然而,随着时间的推移,各地区的创新能力呈现出统一的缓慢提升趋势。

2)解释变量。虚拟集聚水平。基于前文对虚拟集聚这一概念的界定,本文认为虚拟集聚是在传统地理集聚基础上发展的产物。借鉴田霖等[18]、王媛玉[10]的测度方法,建立地理集中度和虚拟集中度的协同模型以衡量地区的虚拟集聚发展水平。具体计算方

式如下:

$$VE = \sqrt{\left\{\frac{(va \times ga)}{\left(\frac{va + ga}{2}\right)^2}\right\}}。\quad (1)$$

其中:va 为虚拟集中度,ga 为地理集中度,2 个指标分别通过合适的测度方法进行测算。VE 则为本文的解释变量,虚拟集聚水平。对于虚拟集中度的测算,参考刘烨等[7]的研究,在区位熵指数的基础上加入地理距离外溢衰减指数。加入逆地理距离权重进行加权,可以更好地区分虚拟集中度和地理集中度。虚拟集中度的计算方法如下:

$$va_{rt} = \sum_j \frac{\left(\frac{vs_{jt}}{x_{jt}}\right)}{\left(\frac{vs}{x}\right)d_{rj}^{-1}}。\quad (2)$$

其中:vs_{jt}、x_{jt}分别代表 j 省份 t 年信息传输、软件和信息技术服务业从业人数和全部就业人数,vs 和 x 分别代表所选全部样本省份的信息传输、软件和信息技术服务业从业人数和全部就业人数,d_{rj}表示 r 省份和 j 省份之间的地理距离权重,使用 GIS 进行测算。

表 1　29 个省级行政区个别年份创新能力指数

Tab. 1　The innovation ability index of 29 provincial-level administrative regions in individual years

地区	2013	2015	2017	2019	2021	2022	均值	排名
北京	0.599	0.607	0.609	0.611	0.612	0.644	0.607	2
天津	0.456	0.453	0.456	0.460	0.462	0.480	0.459	9
河北	0.401	0.404	0.407	0.425	0.448	0.452	0.430	11
辽宁	0.347	0.349	0.358	0.386	0.380	0.385	0.372	14
上海	0.586	0.594	0.592	0.602	0.604	0.608	0.597	4
江苏	0.534	0.542	0.555	0.586	0.616	0.614	0.570	5
浙江	0.562	0.570	0.602	0.613	0.621	0.625	0.602	3
福建	0.356	0.351	0.353	0.354	0.359	0.363	0.356	17
山东	0.436	0.433	0.447	0.463	0.515	0.556	0.480	8
广东	0.587	0.588	0.630	0.646	0.643	0.631	0.622	1
海南	0.348	0.341	0.335	0.319	0.345	0.361	0.338	19
山西	0.292	0.290	0.307	0.311	0.308	0.310	0.304	20
吉林	0.386	0.387	0.438	0.464	0.470	0.450	0.432	10
黑龙江	0.336	0.339	0.354	0.351	0.368	0.369	0.349	18
河南	0.342	0.339	0.346	0.369	0.379	0.414	0.364	16
湖北	0.366	0.369	0.392	0.412	0.439	0.468	0.402	12
安徽	0.444	0.450	0.481	0.508	0.544	0.566	0.494	6
江西	0.328	0.325	0.354	0.387	0.403	0.442	0.367	15
内蒙古	0.255	0.257	0.280	0.273	0.273	0.294	0.269	26
重庆	0.375	0.384	0.416	0.389	0.415	0.413	0.399	13
四川	0.478	0.480	0.487	0.490	0.499	0.510	0.488	7
广西	0.299	0.300	0.299	0.305	0.320	0.325	0.304	21
贵州	0.262	0.256	0.264	0.278	0.284	0.301	0.272	25
云南	0.274	0.276	0.286	0.283	0.292	0.285	0.283	24
陕西	0.278	0.279	0.287	0.291	0.292	0.306	0.291	22
甘肃	0.291	0.293	0.275	0.291	0.292	0.306	0.287	23

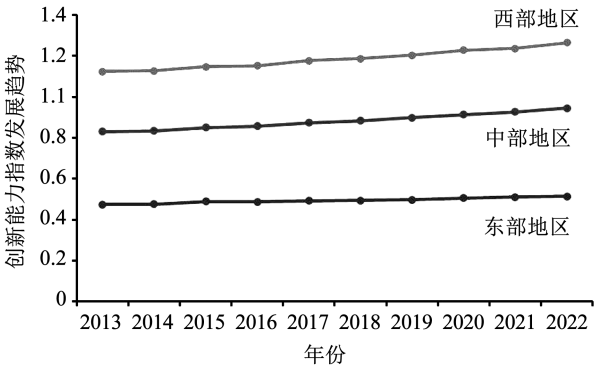

图 2　东、中、西部地区创新能力指数发展趋势

Fig. 2　Development trend of innovation ability index in the eastern, central and western regions

对于地理集中度的测度,已有较多成熟的计量方法可以参考。考虑到单一指标无法全面地描述区域各类要素资源地理聚集的情况,参考王媛玉[10]的研究,本文采用熵值法从人口、资本、物质以及产业集聚这四方面来综合考虑某区域的地理集中度。指标评价体系如表 2 所示,共选取了 4 个一级指标以及 12 个二级指标来进行评价指标体系的构建。在分别测度好地理集中度和虚拟集中度之后,便可利用式(1)进行地区虚拟集聚水平的计算。

从我国 29 个省级行政区的虚拟集聚水平测度结果中大体可以发现,2013—2022 年间,29 个省级行政区的虚拟集聚发展水平大致呈现出 2 种不同的波动趋势。一是波动提升趋势。如东部地区所选的 10 个省级行政区在 2022 年的虚拟集聚水平较 2013 年的发展情况呈现出显著的提升。二是波动稳定趋势。例如,中西部地区的吉林、内蒙古、广西、陕西等省级行政区,这些地区在 2013—2022 年间的虚拟集聚水平得分波动始终差距不大。另外,如果将 29 个省级行政区在 2013—2022 年间虚拟集聚水平均值进行对比的话,可以发现虚拟集聚水平均值最高的广东(3.451)与最低的青海(0.610)相差接近 6 倍。综上可得,我国 29 个省级行政区间的虚拟集聚发展水平存在显著差异,呈现出发展不平衡的问题,需要进一步推动各地区虚拟集聚的均衡发展。

为了更直观地对比不同年份各省级行政区虚拟集聚发展水平之间的差异并观察同一年份各省级行政区的虚拟集聚水平的分布情况,特绘制核密度,如图 3 所示。由图 3 可知,首先,随着时间不断推移,曲线的峰值逐渐向右移动。核密度图中的峰表示数据的密集程度,峰值越高,数据越密集。整体而言,29 个省级行政区的虚拟集聚发展水平在随着年份的推移而逐渐提升。其次,随着年份的增加,曲线的分布形态呈现出右拖尾逐年拉长的现象,分布延展性在一定程度上存在扩宽趋势。这意味着在 29 个省级行政区范围内,虚拟集聚发展水平的空间差距在逐年扩大。此外,观察 2017 年的核密度图曲线,可以看出明显的多峰形态,这表明在 2017 年各地区的虚拟集聚发展水平呈现出多极分化的现象。

表 2　地理集中度评价指标体系

Tab. 2　Evaluation index system of geographical agglomeration degree

一级指标	二级指标	单位
人口集聚水平	常住总人口	万人
	非农产业从业人员	万人
资本集聚水平	社会消费品零售总额	亿元
	年末金融机构人民币各项存款余额	亿元
	当年实际使用外资金额	亿美元
物质集聚水平	市辖区建设用地面积	km^2
	货物运输总量	亿 t
	全社会用电量	亿 kW·h
产业集聚水平	非农产业增加值	亿元
	制造业专业化指数	—
	生活性服务业专业化指数	—

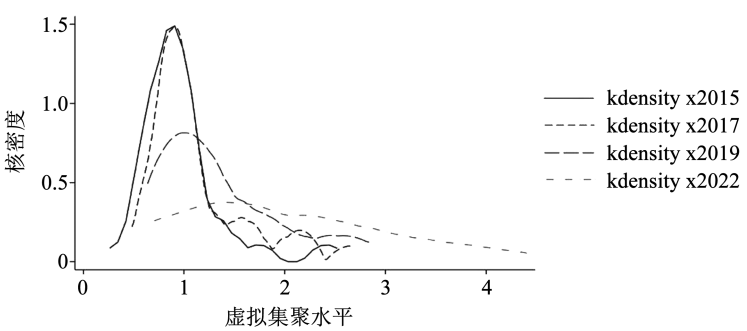

图 3　29 个省级行政区虚拟集聚质量核密度图

Fig. 3　Kernel density map of virtual agglomeration mass in 29 provincial-level administrative regions

3)中介变量。数字基础设施(CDI)。参考以往学者对其的度量方法,本文选择用互联网宽带接入端口数和地区年末人口数的比值,即人均互联网接入端口数这一代理变量来衡量。人均互联网接入端口数越大,即认为这一地区的数字基础设施建设水平越高。

4)控制变量。基于现有文献,本文控制与区域创新能力相关的影响因素,从而更好地说明虚拟集聚对区域创新能力的影响。主要包括:经济发展水平(Eco),用各地区实际人均国民生产总值来表示;贸易开放度(Tra),用人民币表示的进出口总额与 GDP 的比值来衡量;知识产权保护(Ipr),用技术市场交易额与 GDP 之比来表示。

2.2　模型设定

2.2.1　基准模型

为了验证假设H_1,即虚拟集聚对区域创新能力产生的影响,构建的基本计量模型如下:

$$RIA_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 VE_{it} + \alpha_2 X_{it} + c_i + \mu_t + \delta_t + \varepsilon_{it}。\quad (3)$$

其中:RIA_{it}表示 i 省份在 t 年的区域创新能力指标,VE_{it}表示 i 省份在 t 年的虚拟集聚水平,X_{it}为控制变量,α_0为截距项,α_1和α_2分别为核心解释变量和控制变量的回归系数,c_i为个体效应,μ_t为时间效应,ε_{it}为随机残差项。

2.2.2　中介效应模型

为了验证假设H_2,本文引入中介变量,数字基础设施(CDI),来探讨虚拟集聚对区域创新能力可能存在的影响机制,中介效应模型如下:

$$RIA_{it} = \beta_0 + \beta_1 VE_{it} + \beta_2 X_{it} + c'_i + \mu'_t + \delta'_t + \varepsilon'_{it},\ (4)$$

$$CDI_{it} = \theta_0 + \theta_1 VE_{it} + \theta_2 X_{it} + c''_i + \mu''_t + \delta''_t + \varepsilon''_{it},\ (5)$$

$$RIA_{it} = \beta'_0 + \beta'_1 VE_{it} + \beta'_2 CDI_{it} + \beta'_3 X_{it} + c'''_i + \mu'''_t + \delta'''_t + \varepsilon'''_{it}。\quad (6)$$

其中:CDI_{it}表示 i 省份在 t 年的数字基础设施建设水平;模型(4)~(6)中其他变量的含义同式(3)。

3　实证结果分析

3.1　多重共线性检验

在利用合适的模型进行回归前,需进行方差膨胀因子检验,来判断各解释变量之间是否存在多重共线性。检验结果,如表 3 所示。由表 3 可知,主要回归模型的方差膨胀因子平均值以及解释变量的 VIF 值均小于 10,即说明了解释变量间不存在多重共线性,可以进行后续的模型回归。

3.2　基准回归

虚拟集聚对区域创新能力产生直接影响的估计结果,如表 4 列(1)、(2)所示。参数估计采用稳健性(robust)估计。其中列(1)为仅考虑虚拟集聚水平这一核心变量对区域创新能力的影响。可以发现,虚拟集聚水平这一变量的回归估计系数显著为正,即初步表明在所选研究样本范围内,虚拟集聚的发展能够显著地促进区域创新能力的提高。列(2)是在列(1)的基础上加入了所选的 3 个控制变量进行模型回归。虚拟集聚水平的回归系数仍显著为正,且通过了 10% 的显著性水平,这也说明了在所选样本范围内,对影响区域创新能力的其他相关因素进行控制后,虚拟集聚的推进对提升区域创新能力仍具有显著影响。观察所选 3 个控制变量的回归系数可以发现,城市化水平和知识产权保护的回归系数显著为正。一方面,可以理解为城市化水平高的地区经济较为发达,对基础设施建设的投入相对较高,这不仅有利于推动地区虚拟集聚,对于地区创新能力的提高更是具有直接的正向影响;另一方面,知识产权保护对于地区创新主体的产出成果给予了所有权保障,从而激励创新主体愿意投入更多的时间和资源进行创新活动,也降低了创新成果被复制或盗用的风险,进而吸引更多人才投身于研究和创新领域,从而对该地区的创新能力产生正面影响。综上所述,可以发现这一基准回归结果可以很好地验证前文所提出的假设H_1。

表 3　多重共线性检验结果

Tab. 3　Results of multicollinearity test

变量	VIF	1/VIF
VE_{it}	1.71	0.585 5
Eco	1.51	0.663 1
Tra	1.50	0.668 5
Ipr	1.09	0.917 1
Mean VIF	1.45	

3.3　机制检验分析

中介效应模型的回归结果,如表 4 列(3)~(6)所示。列(5)、(6)是对模型(6)的估计结果,即探究虚拟集聚是否能通过数字基础设施建设的中介作用,进而促进区域创新能力的提升。列(5)仅加入虚拟集聚水平这一核心解释变量,可以发现虚拟集聚水平、数字基础设施水平的回归系数均显著为正。这说明在所研究的样本范围内,地区虚拟集聚的发展能够在地区数字基础设施水平的帮助作用下,显著地促进区域创新能力的提高。列(6)在列(5)的基础上加入了各控制变量,可以发现虚拟集聚水平的回归系数仍显著为正,并通过了 5% 的显著性检验。可以看出,这 2 次模型回归中解释变量的回归

系数均为正,结合列(3)、(4)的结果可以说明,虚拟集聚能够在数字基础设施的中介作用下,更好地促进区域创新能力的提升。前文提到的假设H_2得到了验证。

表 4 基准回归和中介效应检验结果

Tab. 4 Results of benchmark regression and mediation effect tests

解释变量	被解释变量(*Y*):RIA		被解释变量(*Y*):CDI		被解释变量(*Y*):RIA	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
VE_{it}	0.346***	0.319**	0.302**	0.264**	0.288***	0.243***
	(0.126 6)	(0.147 4)	(0.131 4)	(0.116 4)	(0.061 4)	(0.058 7)
CDI_{it}						0.221***
						(0.067 7)
urb		0.154**		0.099**		0.129**
		(0.071 1)		(0.049 1)		(0.043 5)
tra		0.109**		0.135*		0.076*
		(0.052 2)		(0.072 4)		(0.042 2)
ipr		0.175*		0.087*		0.092*
		(0.099 4)		(0.044 7)		(0.048 4)
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
省份固定效应	是	是	是	是	是	是
N	290	290	290	290	290	290
R-Squared	0.808	0.784	0.806	0.827	0.785	0.813

注:*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的显著性水平;( )数值为稳健标准误,下表同。

3.4 内生性与稳健性检验

1)内生性检验。在进行基准回归时,可能会存在因遗漏变量、度量误差等引起的内生性问题,因此本文选择使用工具变量法对模型可能存在的内生性问题进行修正。借鉴以往学者的研究,本文选取核心解释变量的滞后两期(L2. X1)作为工具变量,并采用两阶段最小二乘法(2SLS)进行稳健性检验。一阶段回归的具体结果,如表 5 列(1)所示。结果表明工具变量的回归系数显著为正,即工具变量和区域创新能力成正相关关系,工具变量满足相关性要求。同时,一阶段回归中的 *F* 统计量大于 10,说明所选工具变量并非弱工具变量。

2)稳健性检验。首先,更换变量。为了更加客观地衡量区域创新能力,进一步地,本文从其他角度来选取测算区域创新能力时所使用的指标。为避免政策等其他因素带来的影响,最终采用人均地区专利申请量这一代理指标进行替换。替换被解释变量后的回归结果,如表 5 列(2)所示。结果表明,即使被解释变量被替换,产业数字化的估计系数仍显著为正,这也表明了本文的研究结论并不受替换被解释变量的影响。

其次,更换样本范围。本文的研究样本范围是我国 29 个省级行政区在 2013—2022 年间的面板数据。考虑到 2015 年股灾以及 2020—2022 年新冠疫情这 2 个事件对经济的冲击,将样本区间中的相关数据进行剔除,并重新进行模型回归。回归结果如表 5 第(3)列所示。结果表明,核心解释变量的回归系数仍是显著的,说明在剔除特殊年份样本后,地区虚拟集聚水平的提升仍能有效促进经济高质量增长。

表 5 内生性与稳健性检验结果

Tab. 5 Indigeneity and robustness test results

变量	2SLS	替换被解释变量	更换样本范围
	(1)	(2)	(3)
VE_{it}		0.493**	0.227**
		(0.217 9)	(0.109 6)
L2. VE_{it}	0.511***		
	(0.079 8)		
urb	0.321*	0.103*	0.066**
	(0.178 3)	(0.055 1)	(0.033 8)
tra	0.221*	0.096	0.133*
	(0.113 6)	(0.230 8)	(0.076 2)
ipr	0.009	0.211*	0.110*
	(0.135 5)	(0.118 6)	(0.061 9)
年份固定效应	否	是	是
省份固定效应	否	是	是
N	270	290	290
R^2	0.793	0.749	0.658

3.5　进一步讨论:区域异质性分析

为了探究我国东、中、西部地区的虚拟集聚水平是否能够对推动区域创新能力的提升具有差异性效果,本文进一步采用区域分组回归方法进行实证分析,如表 6 所示。由表 6 可知,2013—2022 年间,我国东部和中部地区虚拟集聚水平的发展能够显著地促进地区创新能力的提升;然而在我国西部地区,虚拟集聚的发展虽然会对区域创新能力起到正向促进作用,但并不显著。综上,可以得出虚拟集聚对我国区域创新能力的影响呈现异质性效果,其在东部地区促进作用的显著性最为突出,中部地区次之,而在西部地区则并不显著。

表 6　按区域差异分组回归结果

Tab. 6　Grouping of regression results by regional differences

变量	(1)东部地区	(2)中部地区	(3)西部地区
	RIA	RIA	RIA
VE_{it}	0.239**	0.208**	0.014 9
	(0.103 5)	(0.093 0)	(0.190 6)
CDI_{it}			
urb	0.097*	0.009	0.076**
	(0.054 5)	(0.267 8)	(0.033 6)
tra	0.078*	0.031*	0.008**
	(0.043 5)	(0.017 1)	(0.003 7)
ipr	0.043	0.077	0.048*
	(0.224 5)	(0.303 8)	(0.025 3)
年份固定效应	是	是	是
省份固定效应	是	是	是
N	100	110	80
R^2	0.552 9	0.535 4	0.510 7

4　结论与政策建议

在数字经济时代背景下,如何利用虚拟集聚这一新型空间组织形态驱动我国地区创新能力的提升,释放各地区的发展潜力和竞争力,进而增强我国的综合实力,具有重要的现实意义。结合我国目前虚拟集聚水平与地区创新能力的发展现创新能力的影响,并利用我国 29 个省级行政区在 2013—2022 年间的面板数据实证检验了虚拟集聚对区域创新能力的影响机理。主要研究结论如下:一是,以我国东、中、西部 29 个省级行政区为研究对象,虚拟集聚的发展有效地促进了区域创新能力的提升。进一步分析发现,虚拟集聚对区域创新能力的影响具有异质性。其中,东部地区的促进作用尤为显著,中部地区次之,而西部地区的影响效果相对较弱。二是,机制分析表明虚拟集聚可以通过提升地区数字基础设施水平,进而促进区域创新能力的提高。本文的研究结论为我国虚拟集聚促进区域创新能力提升的可行性提供了证明,也对数字经济背景下促进各地区创新能力的提高具有重要启示。

据此,本文提出如下政策建议:一方面,各地区因地制宜,差异化发展虚拟集聚。基于数字经济时代下产业转型升级的特征,深入挖掘各地区资源的比较优势,确定其在产业链、价值链中的功能型地位,将有助于加快资源要素的流动循环格局,进而优化区域产业结构与空间分布,提升空间资源配置效率,有利于地区创新能力的提高[19-20]。例如,东部地区处于发展的前沿,拥有充足的资源和技术基础,在政策制定上,虚拟集聚发展水平较高的地区应继续致力于发展虚拟集聚,发挥其引领作用。而对于虚拟集聚发展水平相对较低的地区,则应因地制宜,结合本地资源优势,制定符合自身发展需求的政策,鼓励地方特色的虚拟集聚发展,以弥补地区间发展差距。在此基础上,鼓励不同地区发展出极具地域特色的虚拟集聚,进而弥补地区间虚拟集聚的发展差距。通过这一过程,随着地区间虚拟集聚发展差距的逐渐缩小,各地区可通过产业协作来建立区域合作互助机制,实现产业链上下游的协作布局,从而促进各地区创新能力的提高[20]。

另一方面,提高地区数字基础设施的建设水平。数字基础设施作为推动虚拟集聚发展的重要平台,应加以重视。各地区可以通过加大投资力度,逐渐完善数字基础设施的建设。这一举措也可有效地孕育和吸引高科技产业,以提高地区的创新质量和水平[21]。同时,各地区也应该加大互联网、大数据和云计算等数字技术的普及力度,鼓励地区经济主体采用,进而为区域经济的可持续发展奠定良好基础[22]。

参考文献:

[1]　冯苑,聂长飞,张东. 宽带基础设施建设对城市创新能力的影响[J]. 科学学研究,2021,39(11):2089-2100.
FENG Y,NIE C F,ZHANG D. The impact of broadband infrastructure construction on urban innovation capacity[J]. Research in Science of Science,2021,39(11):2089-2100.

[2]　金碚. 关于"高质量发展"的经济学研究[J]. 中国工业经济,2018(4):5-18.
JIN B. Economic research on 'high-quality development'[J]. China Industrial Economics,2018(4):5-18.

[3]　MARSHALL A. Principles of economics[M]. London:MacMillan,1920.

[4]　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(4):89-105.
LIU Y, WANG Q, BAN Y H. Virtual agglomeration, knowledge structure and urban innovation in China[J]. Finance and Trade Economics,2023,44(4):89-105.

[5] 江小涓,靳景. 数字技术提升经济效率:服务分工、产业协同和数实孪生[J]. 管理世界,2022,38(12):9-26.
JIANG X J, JIN J. Digital technology promotes economic efficiency: Labor division of service, industrial synergy and digital-real twins [J]. Journal of Management World,2022,38(12):9-26.

[6] 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.
WANG R Y, LIANG Q, LI G Q. Virtual agglomeration: A new form of spatial organization based on the deep integration of new generation information technology and the real economy[J]. Management World,2018,34(2):13-21.

[7] 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(4):89-105.
LIU Y, WANG Q, BAN Y H. Virtual agglomeration, knowledge structure and urban innovation in China[J]. Finance and Trade Economics,2023,44(4):89-105.

[8] 张攀. 创新能力对区域经济增长质量的影响研究[D]. 保定:河北大学,2021.
ZHANG P. Research on the impact of innovation ability on the quality of regional economic growth[D]. Baoding: Hebei University,2021.

[9] 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(1):135-144.
DUAN X, ZHANG Q W. Industrial digitalization, virtual agglomeration and total factor productivity[J]. Journal of Northwest Normal University (Social Science Edition),2023,60(1):135-144.

[10] 王媛玉. 虚拟集聚与地理集聚互动下的城市群空间重构:机制探索与实证分析[J]. 经济问题探索,2023,(12):143-159.
WANG Y Y. Spatial reconstruction of urban agglomerations under the interaction of virtual agglomeration and geographical agglomeration: Mechanism exploration and empirical analysis[J]. Exploration of Economic Issues,2023(12):143-159.

[11] 李子彪,李晗,陈丽娜. 知识邻近性对城市间技术协同创新的影响研究:以京津冀城市群为例[J]. 科技与管理,2022,24(5):11-22.
LI Z B, LI H, CHEN L N. Research on the influence of knowledge proximity on inter-city technology collaborative innovation: A case study of Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration [J]. Science&Technology and Management,2022,24(5):11-22.

[12] 原毅军,高康. 产业协同集聚、空间知识溢出与区域创新效率[J]. 科学学研究,2020,38(11):1966-1975.
YUAN Y J, GAO K. Industrial collaborative agglomeration, spatial knowledge spillover and regional innovation efficiency[J]. Scientific Research,2020,38(11):1966-1975.

[13] 赵星. 新型数字基础设施的技术创新效应研究[J]. 统计研究,2022,39(4):80-92.
ZHAO X. Research on the technological innovation effect of new digital infrastructure[J]. Statistical Research,2022,39(4):80-92.

[14] JAFFE A B, HENDERSON R M, TRAJTENBERG M. Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations [J]. Social Science Electronic Publishing.

[15] PASSIANTE G, SECUNDO G. From geographical innovation clusters towards virtual innovation clusters: The innovation virtual system[J]. European Regional Science Association,2002.

[16] 余泳泽,刘大勇. 我国区域创新效率的空间外溢效应与价值链外溢效应:创新价值链视角下的多维空间面板模型研究[J]. 管理世界,2013(7):6-20.
YU Y Z, LIU D Y. Spatial spillover effect and value chain spillover effect of regional innovation efficiency in China: Research on multi-dimensional spatial panel model from the perspective of innovation value chain[J]. Management World,2013(7):6-20.

[17] 李政,杨思莹. 财政分权、政府创新偏好与区域创新效率[J]. 管理世界,2018,34(12):29-42.
LI Z, YANG S Y. Fiscal decentralization, government innovation preference and regional innovation efficiency [J]. Management World,2018,34(12):29-42.

[18] 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.
TIAN L, ZHANG S J. Research on virtual agglomeration level measurement, spatial difference and convergence in my country [J]. Journal of Zhejiang University (Humanities and Social Sciences Edition),2023,53(7):75-97.

[19] 王如玉,梁琦. 数字经济下虚拟集聚的现实基础与应用[J]. 长安大学学报(社会科学版),2022,24(4):34-52.
WANG R Y, LIANG Q. Realistic foundation and application of virtual agglomeration under the digital economy [J]. Journal of Chang'an University (Social Science Edition),2022,24(4):34-52.

[20] 陈文涛,罗震东. 互联网时代的产业分工与集聚:基于淘宝村与专业市场互动机制的空间经济学分析[J]. 南京大学学报(哲学·人文科学·社会科学),2020,57(2):65-78.
CHEN W T, LUO ZH D. Industrial division of labor and agglomeration in the Internet era: Spatial economics analysis based on the interaction mechanism between Taobao Village and professional markets[J]. Journal of Nanjing University (Philosophy·Humanities·Social Sciences),2020,57(2):65-78.

[21] 袁嫚. 大数据发展对区域创新的门槛效应及空间溢出效应研究[J]. 科技管理学报,2023,25(5):49-58.
YUAN M. Research on the threshold effect and spatial spillover effect of Big Data development on regional innovation[J]. Journal of Science and Technology Management,2023,25(5):49-58.

[22] 茹少峰,刘惠子. 新基建、产业虚拟集聚与区域经济协调发展[J]. 哈尔滨商业大学学报(社会科学版),2022(6):104-115.
RU S F, LIU H Z. New infrastructure, virtual industrial agglomeration and coordinated development of regional economy[J]. Journal of Harbin University of Commerce (Social Science Edition),2022(6):104-115.

[编辑:厉艳飞]

Research on the impact of virtual agglomeration on regional innovation ability: based on the perspective of virtual-real integration

GUO Jiang,　ZHANG Hongmeng

(School of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: In the contemporary milieu of economic advancement, innovation emerges as a cornerstone driver propelling progress forward, shaping the trajectory of societal development. The dynamic evolution of the digital economy has precipitated the advent of virtual agglomeration, a novel spatial paradigm that catalyzes the convergence of digital entities, thereby engendering a fertile ground for fostering innovation and augmenting regional competitiveness. This study embarks on an empirical expedition, employing a rigorous methodology grounded in provincial panel data spanning the substantial period from 2013 to 2022. Focused intently on the 29 provinces spanning China's expansive territorial expanse, encompassing the eastern, central, and western domains, the research endeavors to unravel the intricate interplay between virtual agglomeration and regional innovation capabilities through the lens of econometric modeling, thereby elucidating the nuanced nexus between these multifaceted constructs. The empirical findings gleaned from this comprehensive analysis underscore a salient observation: the extent of virtual agglomeration within China's diverse regional landscape exerts a discernibly differential impact on the innovation capacities of the respective provinces. Further probing into the underlying mechanisms reveals that virtual agglomeration serves as a catalyst for bolstering regional innovation prowess primarily by augmenting the quality and accessibility of regional digital infrastructure. Virtual agglomeration, characterized by the clustering of digital firms and talent in online spaces, facilitates the diffusion of knowledge, fosters collaborative endeavors, and unlocks economies of scale, thereby amplifying the innovation potential of regions. This phenomenon is particularly pronounced in regions endowed with robust digital infrastructure and conducive regulatory frameworks, where virtual agglomerations emerge as vibrant hubs catalyzing knowledge exchange and innovation diffusion. Nevertheless, the efficacy of virtual agglomeration as a driver of regional innovation is contingent upon a myriad of contextual factors, including the level of technological sophistication, institutional quality, and the availability of human capital. Regions endowed with higher levels of digital literacy and a conducive business environment are better positioned to harness the transformative potential of virtual agglomeration, thereby yielding enhanced innovation outcomes. Derived policy implications underscore the imperative of targeted interventions aimed at fortifying digital infrastructure and fostering synergistic collaborations within virtual agglomerative spaces. Policymakers are urged to prioritize investments in broadband connectivity, digital skills enhancement initiatives, and the formulation of supportive regulatory frameworks, thereby unlocking the full potential of virtual agglomeration as a catalyst for driving regional innovation. Moreover, fostering cross-sectoral collaborations and knowledge exchange initiatives within virtual agglomerative spaces can catalyze the emergence of vibrant innovation ecosystems, where firms, academia, and governmental entities converge synergistically to co-create and commercialize novel ideas. In summation, this study furnishes empirical insights into the intricate interplay between virtual agglomeration and regional innovation, thereby proffering actionable policy directives tailored to harnessing the latent potential of virtual agglomeration across China's diverse regional landscape. By elucidating the multifaceted dynamics at play and delineating pragmatic pathways for leveraging virtual agglomeration, policymakers and stakeholders are equipped to steer regional economies towards unprecedented heights of prosperity and resilience in the innovation-driven global economy.

Keywords: virtual agglomeration; regional innovation; digital infrastructure; digital economy