

【区域经济发展】

数字经济视域下地理集聚与虚拟集聚的 演化特征及耦合关系

赵 放 李文婷 马婉莹

【摘 要】数字经济使产业经济形态发生巨大变革,突破各经济主体在地理空间上的限制,对产业组织的集聚形态进行了延伸和重塑。基于2013—2021年中国省际面板数据,分别对数字经济视域下地理集聚和虚拟集聚进行测度并分析其演化特征和耦合协调关系。研究表明:数字经济视域下地理集聚整体程度逐渐提高,省际存在空间正相关性且差距在逐渐缩减,地理集聚产生的正外部效应由东部沿海地区逐渐向中部内陆地区扩散;虚拟集聚程度呈现轻微增加的趋势,极化现象严重,区域间差异明显,东部地区的虚拟集聚程度远高于其他地区;地理集聚与虚拟集聚的耦合协调度水平整体上呈现小幅上升的趋势,区域间表现出“东部>中部>西部>东北”的特征。研究结论可以为进一步加速地方数字经济与实体经济的融合,促进数字产业化和产业数字化协同并进,实现“数字中国”战略提供政策启示。

【关键词】数字经济;地理集聚;虚拟集聚;耦合协调度

【作者简介】赵放,吉林大学中国国有经济研究中心研究员,吉林大学经济学院教授,经济学博士(长春130012);李文婷,吉林大学经济学院博士研究生;马婉莹(通讯作者),长春光华学院商学院副教授,吉林大学东北亚研究院博士研究生(长春130012)。

【原文出处】《吉林大学社会科学学报》(长春),2024.1.117~132

【基金项目】吉林大学哲学社会科学创新团队青年项目(2023QNTD03)。

一、引言

党的二十大报告要求,加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合,打造具有国际竞争力的数字产业集群。党和国家对数字经济发展的要求从数量覆盖向着质量跃迁不断演进,进一步强调发挥数字融合力量,通过数字赋能最大程度激发集聚效应,形成具有竞争力的数字产业集群。数字经济背景下,以互联网平台为主导的数字产业化和以大数据为支撑的产业数字化协同发展,使产业经济形态发生巨大变革。数字经济和实体经济的深度融合在优化要素配置、加速技术创新等基础上,突破各经济主体在地理空间上的限制,对产业组织的集聚形态进行了延伸和重塑,有力推动着中国式现代化

建设。

传统意义上的产业集聚,是具有上下游合作关系和同行竞争关系的企业在地理空间内逐渐靠近、累积自我强化效应的过程,又称地理集聚。而数字技术凭借虚拟性和强渗透性的特点,能够快速地在农业、工业等领域大范围普及应用,导致传统集聚形态发生诸多变化,不仅有新的地理集聚产生和旧的地理集聚消散,还衍生出全新的集聚形态。具体来说,一方面,数字经济衍生出5G、人工智能、集成电路等新产业,受传统集聚外部性效应等影响会产生地理空间上的集聚,出现新产业的地理集聚;另一方面,数字经济催生了平台经济等新模式,通过数字信息技术将商品和服务的交易场景转移到了线上,实

现基于网络空间的、以数据交换为核心的大规模、零距离的虚拟集聚。虚拟集聚摆脱了地理空间上的束缚,降低了原有产业地理邻近空间的依存度,有效缓解了传统地理集聚引发的拥挤效应,使集聚在网络空间上得到拓展,是产业实现线上转型、摆脱价值链低端锁定的重要途径。《“十四五”数字经济发展规划》提出,探索发展跨越物理边界的虚拟产业园区和产业集群,加快产业资源虚拟化集聚、平台化运营和网络化协同,构建虚实结合的产业数字化新生态。可以说,虚实结合的集聚新形态是未来区域产业发展的大势所趋。

基于此,本文创新性地构建数字经济视域下产业集聚形态变革的分析框架,试图回答数字经济视域下我国新产生的地理集聚和虚拟集聚的程度如何,在时间和空间上有何演化特征,双重集聚的耦合协调关系发展到何种程度等问题。深入回答这些问题对促进各地区数字产业化和产业数字化协同发展,加速数字经济和实体经济深度融合具有现实意义。

二、研究综述

经济学家对“集聚”的研究可以追溯到阿尔弗雷德·马歇尔《经济学原理》中的外部规模经济理论,此后出现了区位集聚论、产业集聚最佳规模论、国家竞争优势论与钻石模型等对集聚理论加以延续和拓展。Krugman推动新经济地理学的发展,强调规模经济、交通成本和地理位置等对产业集聚的影响,提出“核心-边缘”结构的概念来阐释产业地理集聚和分布现象。^[1]集聚思想引入中国后,在经济学界掀起了研究热潮,可主要归纳为对集聚成因和集聚效应两方面的研究。从集聚成因的角度,学者们在新经济地理学的分析框架下讨论经济地理、经济政策等因素对工业集聚的影响^[2],并对生产性服务业、制造业等具体产业集聚的特征和成因进行分析^[3-4]。从集聚效应的角度,学者们分别从通信设备、计算机及其他电子设备制造业等具体产业和不同的外部性效应出发,分析集聚对地区差异、全要素生产率和产业结构等方面的影响机制。^[5-6]在实践中,集聚成为指导地方各级政府提升区域经济实力和产业竞争力的有效途径。

在数字经济视域下,集聚理论延伸出了新内涵。一方面,数字经济衍生出5G、人工智能等新产业形态,受传统集聚效应影响,在地理空间上逐渐形成数字产业集聚区。Bukht & Heeks认为,数字经济产业涵盖了数字产品制造、IT咨询、信息服务和电子通讯等。^[7]关会娟等结合已有的分类成果,提出将数字经济产业划分为数字设备制造、数字信息传输、数字技术服务、数字内容与媒体、互联网应用及相关服务五个大类。^[8]在此基础上,学者们进一步对数字产业地理集聚特征进行了考察。毛丰付等发现数字产业具有以“城市群-中心城市”为依托的多核心集聚分布特征。^[9]王彦杰等通过行业集中度、区位熵和Moran's I指数对数字经济产业集聚情况及其演化特征进行分析,认为数字经济产业的集中度属于极高寡占型,空间分布差异明显。^[10]除此之外,部分学者对数字产业集聚的成因和效应进行研究:叶堂林等从创新需求切入,指出城市间创新互动水平、城市科技资本投入和科技成果储量对数字产业集聚存在显著影响^[11];袁歌骋等构建地区数字产业集聚指标,分析数字产业集聚对制造业企业技术创新的影响机制^[12]。

另一方面,传统产业集聚的研究范式认为外部性效应的作用空间存在一定的地理范围,但是信息技术的革新导致“距离死亡”^[13],延伸出“虚拟集聚”的概念。1997年欧盟7所大学的联合网络化课题研究小组提出“虚拟产业集聚”(Virtual Industrial Cluster, VIE)的定义。^[14]信息技术的出现将原有分散的地理空间组织连接,在信息空间中形成集群,即E-Clusters。Hansen分析了信息与通讯技术在E-Clusters中的作用。^[15]Davidovic认为,E-Clusters的竞争优势包含数字化和采购分销各节点渠道的互联网化。^[16]国内对虚拟集聚的研究随着数字经济的兴起逐渐深入,认为互联网颠覆传统理论基于地理空间对产业集群的定义,会重塑原本集聚的中国经济地理格局。^[17]吴秋明和李运强认为,虚拟产业集群是产权独立、地域分散、生产同一价值链上相同或不同产品的企业及相关机构的集合。^[18]王如玉等从管理的角度阐释了虚拟集聚的类型和形成机理,并总结了虚拟集聚的功能、特征等。^[19]谭洪波和夏杰长

在分析线上集聚推动传统集聚理论深化发展的基础上,从产业互动和市场主体的视角分析了数字贸易如何重塑产业集聚模式。^[20]段霞和张蔷薇认为,虚拟集聚是通过新一代信息技术将需求双方及相关企业从地理空间集聚转向虚拟空间集聚的模式,通过缩短生产各个环节信息交换距离以降低交易成本,最终实现动态的柔性生产。^[21]

综上所述,数字经济视域下传统的集聚理论得到了发展与延伸,无论是数字产业的地理集聚还是虚拟集聚作为新兴现象颇为前沿,但是已有文献研究较少,且缺乏系统性的分析框架。本文将从以下两个方面进行补充:一是对数字经济视域下地理集聚和虚拟集聚进行测度,全面了解不同地区间集聚的演化趋势和发展特征;二是衡量地理集聚与虚拟集聚之间的耦合协调度,研究数字经济视域下产业双重集聚的发展情况。

三、数字经济视域下地理集聚与虚拟集聚的演化特征

数字经济以新一代信息技术为基础,以海量数据资源应用为核心,包括数字产业化和产业数字化两大重要组成部分。一方面,数据要素资源推动产业融合创新,催生了新业态和新模式,促进电子信息产业蓬勃发展;另一方面,数字技术渗透到传统行业中,促进传统行业的效率提升和数字化转型。数字经济对产业经济形态的改变给传统的集聚模式带来诸多变化,在延续并补充传统集聚形态的基础上,产生了虚拟集聚这一集聚新形态,亟需新的解释。

(一)研究方法、指标选取及数据来源

1. 研究方法

衡量产业集聚程度的方法主要有产业集中度、区位熵指数、空间基尼系数和赫芬达尔指数等。其中,区位熵指数由于能够消除地区规模差异影响,更加直观真实反映空间分布特征,深受学者青睐。^[22-23]然而,仅使用区位熵单一方法易导致研究的适用性和稳健性受到质疑,部分学者将多种方法结合在一起衡量产业集聚。^[24-25]基于此,综合分析现有的产业集聚研究方法,结合数字产业相关数据的可获得性,本文选取了行业集中度和区位熵指数相结合的方法描述地理集聚和虚拟集聚程度,同时运用核密

度估计和Moran's I指数对结果的空间分布特征和时空演化趋势进行全面阐释。

行业集中度是所衡量的产业中规模最大的前m个省份的相关指标(产值、销售额、就业人数)之和在整个产业相关指标值总额中所占的份额,具体计算公式为:

$$CR_m = \frac{\sum_{i=1}^m q_i}{\sum_{i=1}^n q_i} \quad (1)$$

式中,CR_m表示产业中前m个省份的市场集中度,q_i表示i省份相关指标数值,n为省份总数,m表示选择省份的个数,通常取4或8。

区位熵指数是某省份所衡量产业相关指标(产值、销售额、就业人数)占该省份所有产业相关指标的比例与全国该产业相关指标占全国所有产业相关指标的比例的比值,具体计算公式为:

$$LQ_{ij} = \frac{q_{ij}/q_i}{q_j/q} \quad (2)$$

式中,q_{ij}代表i省份j产业的相关指标数值,q_i代表i省份所有产业的相关指标数值,q_j代表全国j产业的相关指标数值,q代表全国所有产业的相关指标数值。

核密度估计能够从数据本身出发,捕捉到数据的分布特征,有效避免参数估计中函数设定的主观性,广泛应用于动态演化研究^[26],具体计算公式为:

$$f_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{\bar{x} - x_i}{h}\right) \quad (3)$$

式中,n代表省份总数,x_i为独立分布观测值, \bar{x} 为独立分布观测值的平均值,h代表带宽,K(·)代表核函数,本文选取高斯核函数对产业集聚动态演化趋势进行估计。

Moran's I指数能够进一步验证测度集聚结构的空間关联性以及各省份之间的集聚差异,主要包括全局Moran's I指数和局部Moran's I指数。全局Moran's I指数的计算公式为:

$$\text{Moran's I} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (4)$$

式中, x_i 为省份 i 的集聚程度, x_j 为省份 j 的集聚程度, \bar{x} 为全部省份集聚程度的平均值, $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, S^2 为全部省份集聚程度的方差, $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$, n 为省份总数, W_{ij} 为空间权重矩阵。全局 Moran's I 指数的取值范围是 $[-1, 1]$, 取值大于 0 表示存在空间正相关关系, 取值小于 0 表示存在空间负相关关系, 取值等于 0 表示空间随机分布。

全局 Moran's I 指数考虑的是在整个空间序列中的空间相关情况, 而局部 Moran's I 指数则可用于检验局部的空间异质性, 具体的计算公式为:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{\sigma^2} \sum_j W_{ij}(x_j - \bar{x}) \quad (5)$$

式中, $\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_j (x_j - \bar{x})^2$ 是观测值的方差, 其余符号意义与全局 Moran's I 指数公式相同。

2. 指标选取与数据来源

结合前文的讨论, 分析数字经济视域下的地理集聚就是分析因数字经济发展而产生的数字产业在地理空间的集聚。其中, 首要目标就是对数字产业进行界定。中国信息通信研究院认定数字产业化包括软件业、电信业、电子信息制造业和互联网行业等。2021年, 国家统计局公布的《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》, 明确提出数字经济核心产业包括数字产品制造业、数字产品服务业、数字技术应用业、数字要素驱动业和数字化效率提升业。在此基础上, 借鉴袁歌骋等的研究成果^[12], 本文认为数字产业主要涉及计算机、通信和其他电子设备制造业以及信息传输、软件与信息技术服务业两个行业。

关于虚拟集聚的测度, 多数学者认为电子商务平台具备多重平台属性, 能够促进传统产业集群演化^[27-28], 并结合自身的研究需要采用了不同的量化标准。如张青和茹少峰运用现代服务业细分行业电子商务交易额单一指标对现代服务业虚拟集聚进行测度^[29]; 余紫菱等选取电子商务销售额和高技术收入之和衡量数字经济空间集聚水平^[30]; 段霞和张蔷薇从基建水平、应用水平、虚拟集聚水平三个方面构建了产业数字化虚拟集聚指标体系, 其中以电子商务销售额、电子商务采购额等为核心构造了虚拟集聚水平指标^[31]。结合前文对数字经济视域下虚拟集聚的论述, 本文所研究的虚拟集聚是各类资源在网络空间上的集聚, 其最根本的表现是电子商务的交易活动^[31], 因此运用电子商务交易额衡量数字经济视域下的虚拟集聚。

考虑到数据的可获得性, 本文选取了2013-2021年除香港、澳门、台湾及西藏以外的全国30个省份的数字产业从业人数和电子商务销售额, 分别进行数字产业地理集聚和虚拟集聚的测算。样本数据来源于国家统计局、《中国统计年鉴》《中国工业统计年鉴》以及各省份统计年鉴等。其中, 针对个别数据缺失值, 采用线性插值法进行填补。

(二) 地理集聚的测算结果及演化特征分析

行业集中度的测算结果能够反映我国数字产业的整体集聚程度, 表1展示了运用行业集中度测算出的2013-2021年数字产业地理集聚整体情况。根据表1, 数字产业地理集聚度按照排名前8的省份测算结果, 在0.72—0.76之间波动。而根据美国经济学家贝恩的划分标准^[32], 这属于极高寡占型, 表明我国存

表1 2013-2021年地理集聚度-行业集中度

年份	CR ₈	省份
2013	0.760	广东、江苏、北京、上海、浙江、山东、河南、四川
2014	0.755	广东、江苏、北京、上海、浙江、四川、河南、山东
2015	0.752	广东、江苏、北京、上海、浙江、河南、山东、四川
2016	0.747	广东、江苏、北京、上海、浙江、河南、山东、四川
2017	0.750	广东、江苏、北京、上海、浙江、河南、山东、四川
2018	0.740	广东、江苏、北京、浙江、上海、河南、四川、山东
2019	0.729	广东、江苏、北京、上海、浙江、河南、四川、福建
2020	0.722	广东、江苏、北京、浙江、上海、四川、河南、山东
2021	0.726	广东、江苏、北京、浙江、上海、四川、河南、山东

在明显的数字产业地理集聚趋势。观察领先省份的特点,发现其主要集中在东部沿海地区,说明数字产业空间分布差异明显,极化现象严重。然而,运用行业集中度的方法仅能够反映全国整体的集聚情况,难以准确衡量各个省份的集聚情况,需要进一步运用区位熵指数进行补充。

区位熵指数能够消除规模的影响,更加直观展现我国各地区数字产业的集聚情况,区位熵指数越大,表示该地区数字产业集聚程度越高。一般情况下,区位熵指数大于1,代表该地区数字产业呈现高

度集聚状态。^[10]由表2可知,我国数字产业集聚前5名的省份始终为广东、北京、江苏、天津和上海,均位于经济发达的东部沿海地区^①;排名靠后的省份有西部地区的青海、甘肃、云南、新疆等和东北地区的黑龙江、吉林。

从全国整体层面看,2013-2021年间我国数字产业呈现高度集聚的地区由5个省份扩大到广东、北京、江苏、天津、上海、四川、江西、浙江8个省份,区位熵指数均值由0.703增加到0.761。通过绘制数字产业地理集聚度的核密度估计图(如图1)进一步发现,

表2 2013-2021年地理集聚度-区位熵指数

省份	2013	2021	均值	省份	2013	2021	均值
广东	3.002	2.228	2.596	湖北	0.408	0.619	0.505
北京	1.714	2.408	1.885	辽宁	0.453	0.518	0.498
江苏	1.751	1.758	1.682	山东	0.611	0.350	0.493
天津	1.658	1.604	1.527	广西	0.461	0.406	0.446
上海	1.593	1.298	1.377	河北	0.444	0.367	0.397
四川	0.853	1.151	1.031	黑龙江	0.248	0.274	0.360
江西	0.623	1.147	0.890	贵州	0.189	0.250	0.275
河南	0.860	0.857	0.882	吉林	0.313	0.215	0.269
福建	0.930	0.688	0.791	内蒙古	0.268	0.271	0.258
湖南	0.624	0.901	0.771	海南	0.213	0.310	0.258
浙江	0.630	1.091	0.755	宁夏	0.157	0.510	0.251
重庆	0.613	0.799	0.704	青海	0.255	0.270	0.247
山西	0.597	0.597	0.612	甘肃	0.263	0.283	0.240
安徽	0.471	0.622	0.607	云南	0.224	0.301	0.229
陕西	0.495	0.456	0.577	新疆	0.179	0.283	0.198

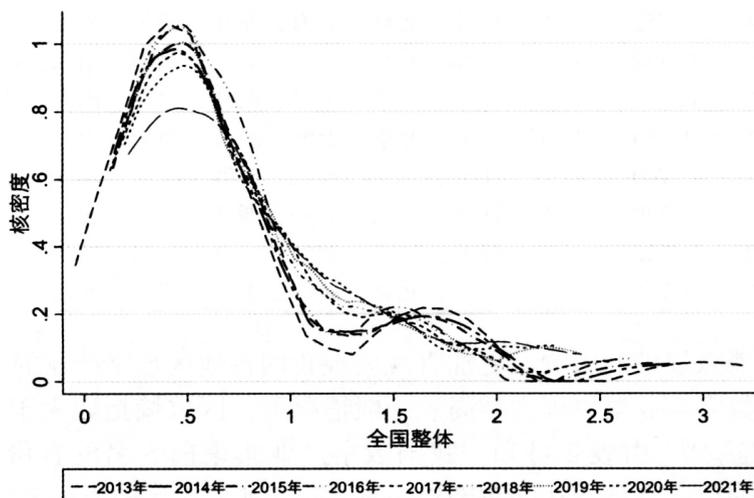


图1 2013-2021年地理集聚核密度估计图

曲线分布位置随时间变化出现了小部分偏移,主峰高度下降,宽度增加,说明数字产业地理集聚程度逐渐提高,但省际的绝对差距增加。曲线呈现出右拖尾的趋势,并且随着时间变化逐渐收敛,说明全国范围内地理集聚的空间差距在逐渐缩减。从波峰数量来看,2013-2021年间曲线的波峰呈现出三峰向双峰变动的趋势,说明虽然整体分化格局没有改变,但是分化程度有所减弱。

从区域层面来看(如图2),我国数字产业地理集聚呈现出“东部>中部>西部>东北”的区域特征。随着时间的推移,东部地区地理集聚程度呈现出了先下降、2017年后又逐渐上升的趋势;中部地区和西部地区地理集聚程度呈现持续上升的趋势,中部地区明显高于西部地区且在2015年之后高于全国平均水平;东北地区呈现出轻微上升随后下降的趋势,与其他地区的差异逐年增加。进一步对各省份的集聚变化程度进行分析,主要可以分三种情况:一是数字产业在地理空间内呈现集聚化的趋势,典型代表有北京、江西、浙江;二是数字产业在地理空间内的集聚趋势没有明显变化,典型代表有江苏、内蒙古、山西;三是数字产业在地理空间内呈现分散化的趋势,典型代表有广东、上海、山东。

分析产生集聚变化差异的原因,本文认为,数字产业的地理集聚仍没有脱离出传统集聚理论的发展规律,存在挤出效应和空间溢出效应。以广东省为

例,虽然其数字产业地理集聚在近几年呈现下降趋势,但始终处于高集聚水平,同时由于集聚所产生的外溢效应给邻近省份江西和湖南带来了正外部性,使两地区的数字产业呈现出集聚化的特征。另外,空间正效应的存在导致数字产业地理集聚正在由东部沿海地区逐渐向中部内陆地区扩散。为了验证上述观点,证明数字产业地理集聚存在空间相关性,本文引入Moran's I指数方法刻画我国省际地理集聚度的空间分布特征。

由表3可知,我国数字产业的全局Moran's I指数均大于0,且通过了5%的显著性检验,反映出我国数字产业存在空间正相关性的特征。在此基础上,运用局部Moran's I指数的方法进一步揭示我国数字产业地理集聚的局部空间特征。

表3 地理集聚的全局Moran's I指数

年份	地理集聚		
	Moran's I	Z值	P值
2013	0.251	2.310	0.010
2014	0.280	2.544	0.005
2015	0.266	2.428	0.008
2016	0.264	2.420	0.008
2017	0.290	2.622	0.004
2018	0.260	2.371	0.009
2019	0.246	2.253	0.012
2020	0.231	2.132	0.017
2021	0.278	2.514	0.006

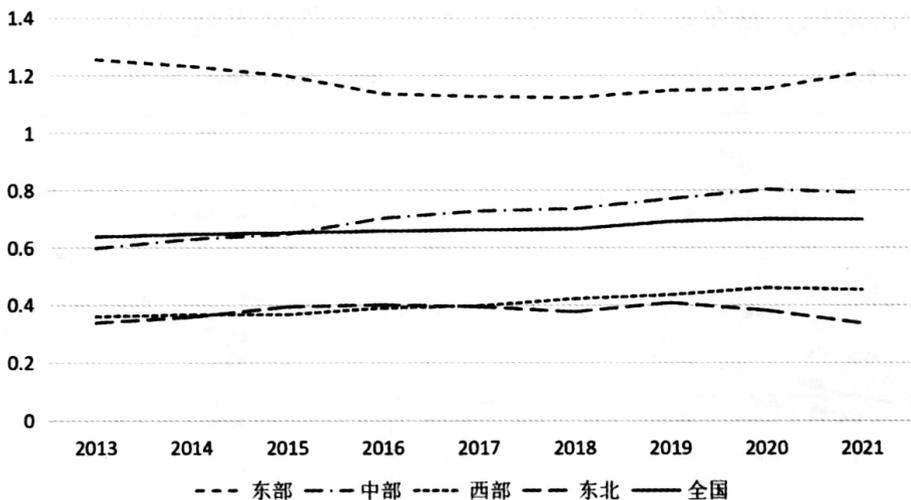


图2 中国四大经济区地理集聚变化情况

图3和图4分别展示了2013年和2021年各省份的地理集聚情况。从象限分布来看,第一象限代表高-高集聚区,主要有北京、上海、江苏等东部沿海发达地区省份,且随着时间的变化集聚效应逐渐向中部邻近省份扩散。处于这一集聚区的省份除自身集聚程度较高之外,邻近地区的集聚程度同样较高,说明该区域内省份数字产业集聚相对领先,且未来发

展态势良好。处于第二象限的低-高集聚区和第四象限的高-低集聚区的省份主要是中部地区和部分西部地区省份,且两个集聚区存在明显不同的特征。低-高集聚区内的省份虽然自身集聚程度不高,但是其邻近地区的集聚程度高,倘若能够对邻近地区数字产业集聚的辐射和扩散效应加以妥善利用,可以有效提升数字产业集聚程度,跨入高-高集聚

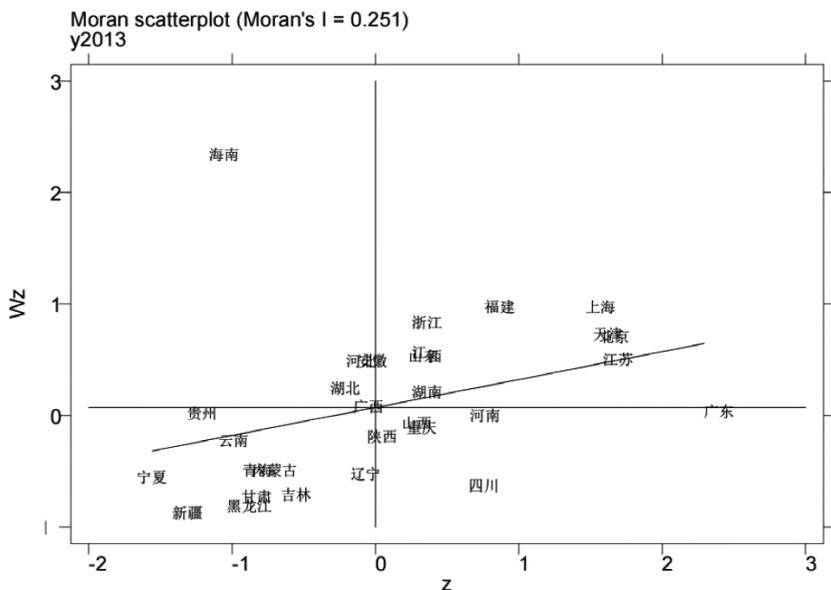


图3 2013年各省份地理集聚Moran's I散点图

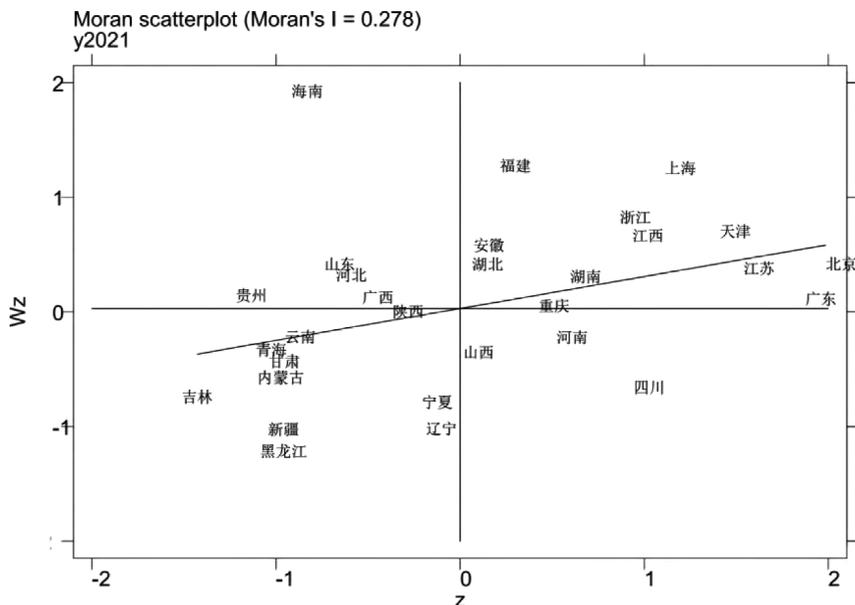


图4 2021年各省份地理集聚Moran's I散点图

区。高-低聚集区内的省份虽然自身集聚程度较高,但是邻近地区的集聚水平偏低,说明该区域内高集聚的省份没有充分发挥出辐射扩散效应,同时邻近地区也没有对外部辐射资源加以充分利用。第四象限代表低-低聚集区,这一区域内省份集聚程度提升最为困难,因为无论是自身还是邻近省份都处于数字产业集聚低水平状态,既不能够依靠自身独立发展,也很难享受邻近省份的外部经济效应,甚至还存在邻近省份资源不合理竞争的局面。

(三)虚拟集聚的测算结果及演化特征分析

虚拟集聚的形成突破了物理空间的束缚,但其本身所形成的数字内容并不是虚拟的,以数字为媒介的具体的专业知识等是客观真实存在的,虚拟集聚仅是使商品和服务所承接载体和交易方式发生变化,其他方面没有发生变化。因此,结合前文对数字经济视域下虚拟集聚的论述,本文认为虚拟集聚是各类资源在网络空间上的集聚,因而选取能够代表虚拟空间交易的数据,即电子商务相关数据。运用行业集中度方法对虚拟集聚度进行衡量(如表4),2013-2021年间我国数字产业虚拟集聚度按照排名前8的省份测算结果,在0.66—0.74之间波动。虽然略低于地理集聚,但是属于低集中寡占型,呈现出明显的集聚趋势。与地理集聚相似,虚拟集聚的领先省份亦主要集中在东部沿海地区,但区别于地理集聚领先省份排名近乎固定的特征,虚拟集聚的领先省份排名变化稍大。

表5具体展示了根据区位熵指数测算的各省份虚拟集聚情况。其中,北京、上海两地区的虚拟集聚

水平远高于其他地区的虚拟集聚水平,处于断层领先的位置;排名靠后的有黑龙江、吉林、新疆、甘肃等东北和西部欠发达地区省份。

通过绘制核密度估计图(如图5)进一步分析,从全国整体来看,曲线分布位置轻微左移,呈现出右拖尾趋势,但收敛性并不明显,主峰高度呈现出先上升再下降的趋势,但上升幅度小于下降幅度,主峰宽度没有明显变化。这说明数字经济视域下虚拟集聚呈现轻微增加的趋势,地区间存在明显的集聚差异,且这种差异并没有随着时间的变化而缩减。从波峰数量来看,2013-2021年间的曲线波峰由三峰逐渐向双峰变动,且主峰与次峰之间存在明显高度差异,说明虚拟集聚仍然呈现区域分化格局。综合比较图1和图5可知,数字产业地理集聚程度要低于虚拟集聚程度,且地理集聚的极差值要低于虚拟集聚的极差值。

从区域层面来看(如图6),东部地区的虚拟集聚程度远高于其他地区,且各区域之间的差异并没有呈现出逐年缩小的趋势。除东部地区以外,其他三个区域的虚拟集聚度均低于全国平均水平,再次证明了虚拟集聚区域差异明显且两极化严重的论点。可能的原因是,虚拟集聚突破了地理空间上的束缚,集聚规模可以在虚拟网络空间中无限增大,传统集聚的挤出效应和空间效应并不适用。

本文进一步运用Moran's I指数对虚拟集聚的空间性进行检验,结果如表6所示。虚拟集聚的Moran's I指数在2013-2021年间均为正,但是仅在部分年份通过了显著性检验,其他年份则不显著。这意味着虚拟集聚存在一定的空间特征,但是没有稳定

表4 2013-2021年虚拟集聚度-行业集中度

年份	CR ₈	省份
2013	0.731	广东、北京、江苏、上海、浙江、山东、湖北、河南
2014	0.700	广东、上海、北京、江苏、山东、浙江、河南、云南
2015	0.662	广东、上海、北京、山东、浙江、江苏、河南、天津
2016	0.700	广东、上海、北京、山东、浙江、江苏、河南、重庆
2017	0.713	广东、北京、上海、山东、浙江、江苏、湖北、河南
2018	0.703	广东、北京、上海、山东、浙江、江苏、河南、安徽
2019	0.704	广东、北京、上海、山东、浙江、江苏、安徽、四川
2020	0.694	广东、北京、上海、山东、江苏、浙江、安徽、四川
2021	0.697	广东、北京、上海、山东、浙江、江苏、安徽、四川

的正空间效应。

与传统的地理集聚相比,虚拟集聚空间相关性较弱,但是其同样表现出一定的演化特征。观察表5可以发现,2013年虚拟集聚程度较高的省份主要集中在东部沿海地区和中部地区,西部地区和东北地区发展缓慢,在全国范围内存在明显的分界线,但随

着年份的变化区域间的分界线逐渐消失。主要原因是,虽然数字技术的传递突破了物理空间束缚,但是数字技术的产生是存在条件的,需要高质量的数字人才和优渥的创新环境,这就导致数字技术的创新和突破最易在东部沿海地区发生,并逐渐向内陆地区扩散。随着互联网空间的逐渐成熟,数字技术的

表5 2013-2021年虚拟集聚度-区位熵指数

省份	2013	2021	均值	省份	2013	2021	均值
北京	3.725	3.816	3.545	江苏	1.274	0.572	0.663
上海	2.009	3.345	3.216	湖北	0.766	0.613	0.641
天津	1.117	1.727	1.565	福建	0.801	0.647	0.630
广东	1.734	1.523	1.562	河南	0.610	0.439	0.589
重庆	0.809	1.201	1.165	四川	0.368	0.683	0.553
山东	0.915	1.037	1.074	山西	0.277	0.750	0.547
浙江	1.216	1.010	0.998	湖南	0.611	0.556	0.547
海南	0.599	0.964	0.881	河北	0.507	0.470	0.510
辽宁	0.729	0.870	0.839	广西	0.461	0.520	0.438
安徽	0.694	0.879	0.800	陕西	0.366	0.507	0.415
青海	0.217	0.985	0.748	宁夏	0.391	0.347	0.395
云南	0.972	0.454	0.742	甘肃	0.395	0.378	0.369
江西	0.545	0.640	0.721	新疆	0.064	0.282	0.313
贵州	0.882	0.450	0.667	吉林	0.178	0.224	0.301
内蒙古	0.197	0.745	0.665	黑龙江	0.324	0.271	0.266

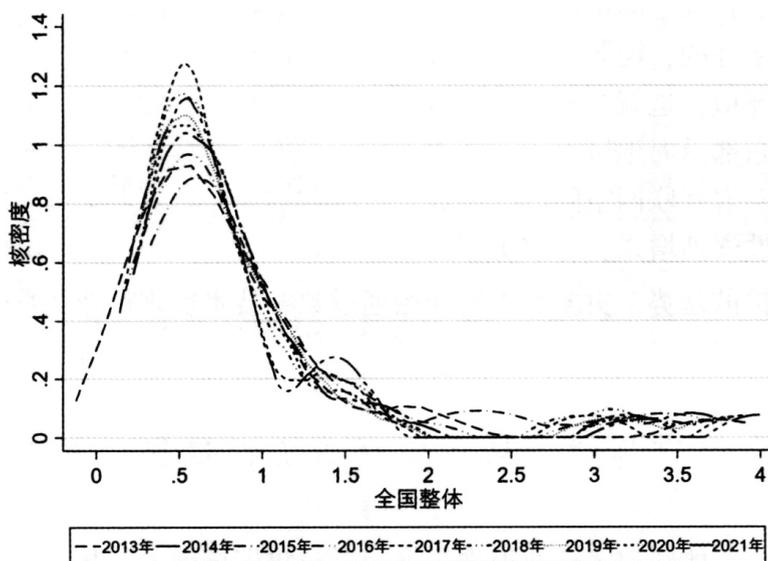


图5 2013-2021年虚拟集聚核密度估计图

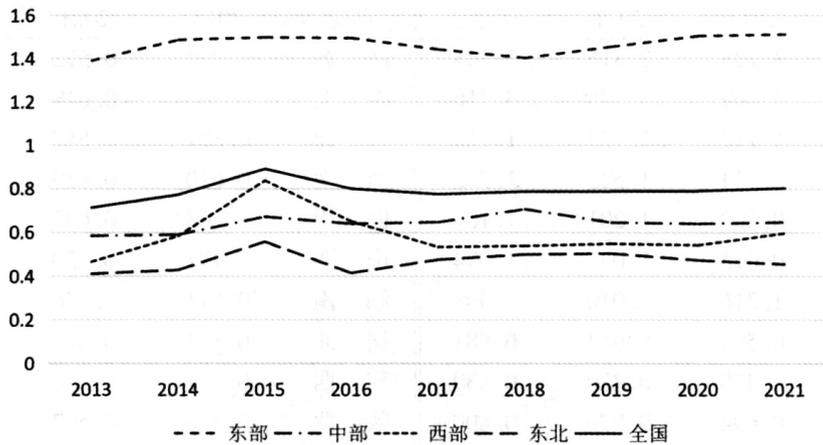


图6 中国四大经济区虚拟集聚变化情况

表6 虚拟集聚的全局 Moran's I 指数

年份	虚拟集聚		
	Moran's I	Z值	P值
2013	0.436	3.912	0.000
2014	0.343	3.130	0.001
2015	0.046	0.655	0.256
2016	0.113	1.216	0.112
2017	0.163	1.648	0.050
2018	0.155	1.564	0.059
2019	0.172	1.714	0.043
2020	0.300	2.700	0.003
2021	0.163	1.632	0.051

渗透性逐渐增强,导致虚拟集聚在地理空间中呈现扩散趋势,更多的省份开始通过数字技术实现产业集群的转型升级,虚拟集聚在全国范围内逐渐加强。

四、数字经济视域下地理集聚与虚拟集聚的耦合协调度

为了能够深入了解各地区数字产业地理集聚与虚拟集聚情况,从集聚的角度厘清地区数字产业化和产业数字化的协调关系,加强地区数字经济发展“虚”“实”结合程度,本文通过耦合协调模型对数字经济视域下的地理和虚拟双重集聚进行深入分析。

(一)模型构建及测算结果

耦合是由物理学的概念延伸而来,在经济学中是指各子系统之间通过良性互动呈现出来的相互协调的动态关联。本文把数字经济视域下的地理集聚

和虚拟集聚视作两个不同的子系统,系统间相互作用和关联程度即为耦合协调度,具体的计算公式如下:

$$\begin{cases} D = \sqrt{C \times T} \\ T = \alpha U_1 + \beta U_2 \end{cases} \quad (6)$$

其中,D为耦合协调度,取值为[0, 1],反映了系统间的协同关系,D值越大说明两系统越协调,表7展示了耦合协调度的等级划分区间; $C = \frac{\sqrt{U_1 \times U_2}}{U_1 + U_2}$ 为耦合度,取值为[0, 1],反映了两系统的耦合状态,C值越小,说明两系统越趋向于无序发展;T表示两系统协同效应综合指数; α 、 β 分别为数字经济视域下地理集聚子系统 U_1 和虚拟集聚子系统 U_2 在整个系统运行中的重要程度,本文认为地理集聚与虚拟集聚

表7 耦合协调度等级划分区间

耦合协调度区间	协调等级	耦合协调程度
(0.0 ~ 0.1)	1	极度失调
[0.1 ~ 0.2)	2	严重失调
[0.2 ~ 0.3)	3	中度失调
[0.3 ~ 0.4)	4	轻度失调
[0.4 ~ 0.5)	5	濒临失调
[0.5 ~ 0.6)	6	勉强协调
[0.6 ~ 0.7)	7	初级协调
[0.7 ~ 0.8)	8	中级协调
[0.8 ~ 0.9)	9	良好协调
[0.9 ~ 1.0)	10	优质协调

在数字经济视域下具有同等重要性,因而 α 、 β 均取值为0.5。

根据所构建模型进行计算,最终得到2013–2021年数字经济视域下地理与虚拟集聚耦合协调度值,部分结果如表8所示。

为更加全面地了解不同维度数字产业地理集聚和虚拟集聚的协调关系,本文对地理与虚拟集聚的耦合协调度的时间和空间演变特征进行逐一分析。

(二)数字经济视域下地理与虚拟双重集聚的时间演变特征

根据图7,从全国整体来看,2013–2021年间地理与虚拟集聚耦合协调度呈现出波动中小幅上升的趋势,平均耦合协调度水平从轻度失调调整为濒临失调。分区域来看,东部、中部和西部地区耦合协调度保持着与全国平均水平相似的变动频率,但是区域间的差异明显。东北地区的耦合协调度在早期与

表8 2013–2021年地理与虚拟集聚耦合协调度

省份	2013			2017			2021		
	耦合协调度	协调等级	协调程度	耦合协调度	协调等级	协调程度	耦合协调度	协调等级	协调程度
北京	0.858	9	良好协调	0.908	10	优质协调	0.995	10	优质协调
天津	0.626	7	初级协调	0.613	7	初级协调	0.718	8	中级协调
河北	0.344	4	轻度失调	0.291	3	中度失调	0.278	3	中度失调
山西	0.323	4	轻度失调	0.284	3	中度失调	0.408	5	濒临失调
内蒙古	0.216	3	中度失调	0.299	3	中度失调	0.270	3	中度失调
辽宁	0.381	4	轻度失调	0.377	4	轻度失调	0.406	5	濒临失调
吉林	0.226	3	中度失调	0.164	2	严重失调	0.100	2	严重失调
黑龙江	0.239	3	中度失调	0.224	3	中度失调	0.169	2	严重失调
上海	0.719	8	中级协调	0.778	8	中级协调	0.808	9	良好协调
江苏	0.657	7	初级协调	0.434	5	濒临失调	0.521	6	勉强协调
浙江	0.484	5	濒临失调	0.433	5	濒临失调	0.548	6	勉强协调
安徽	0.381	4	轻度失调	0.398	4	轻度失调	0.436	5	濒临失调
福建	0.489	5	濒临失调	0.376	4	轻度失调	0.408	5	濒临失调
江西	0.392	4	轻度失调	0.477	5	濒临失调	0.479	5	濒临失调
山东	0.446	5	濒临失调	0.478	5	濒临失调	0.357	4	轻度失调
河南	0.446	5	濒临失调	0.420	5	濒临失调	0.378	4	轻度失调
湖北	0.371	4	轻度失调	0.371	4	轻度失调	0.386	4	轻度失调
湖南	0.404	5	濒临失调	0.368	4	轻度失调	0.422	5	濒临失调
广东	0.820	9	良好协调	0.774	8	中级协调	0.759	8	中级协调
广西	0.340	4	轻度失调	0.230	3	中度失调	0.305	4	轻度失调
海南	0.259	3	中度失调	0.313	4	轻度失调	0.324	4	轻度失调
重庆	0.432	5	濒临失调	0.485	5	濒临失调	0.523	6	勉强协调
四川	0.389	4	轻度失调	0.444	5	濒临失调	0.491	5	濒临失调
贵州	0.264	3	中度失调	0.311	4	轻度失调	0.206	3	中度失调
云南	0.302	4	轻度失调	0.214	3	中度失调	0.243	3	中度失调
陕西	0.327	4	轻度失调	0.262	3	中度失调	0.318	4	轻度失调
甘肃	0.260	3	中度失调	0.168	2	严重失调	0.214	3	中度失调
青海	0.217	3	中度失调	0.174	2	严重失调	0.294	3	中度失调
宁夏	0.177	2	严重失调	0.164	2	严重失调	0.280	3	中度失调
新疆	0.115	2	严重失调	0.115	2	严重失调	0.179	2	严重失调

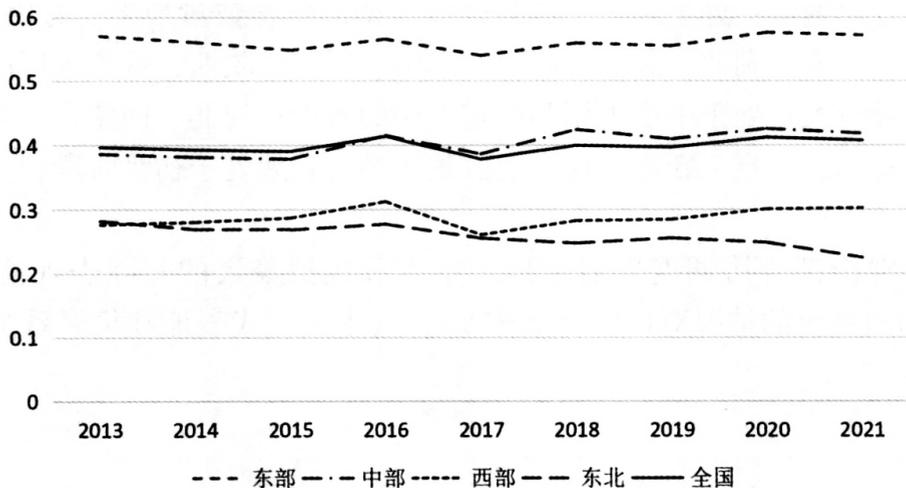


图7 2013-2021年四大经济区地理与虚拟集聚耦合协调度变化情况

西部地区数值接近,但是2019年之后呈现明显的下降趋势,且与其他地区的差异明显增加。总结原因主要有二:一是东北地区经济结构中国有经济的占比大,产业数字化转型和数字产业化发展较为缓慢,相比于东部和中部地区灵活度不足,所以在数字化相关衡量指标上一直处于较低水平。二是2020年受新冠肺炎疫情影响,区域间的经济活动在地理上受到限制,不利于依托于数字技术的贸易发展,影响了数字经济视域下地理集聚和虚拟集聚的协调发展。本文认为,虽然其他地区同样受到了疫情冲击,但也在一定程度上加速了产业虚拟集聚,更多的经济交易活动由线下转移至线上,为依托虚拟集聚发展的平台型企业等带来了机遇。因此,疫情对这些地区在数字经济发展中所带来的正效应要高于负效应,地理与虚拟集聚的耦合协调度得以上升。除此之外,耦合协调度在2017年出现了一个明显的下降趋势,主要是由于2017年美国开始制裁中国的高科技企业,其中数字产业相关的企业首当其冲,突如其来的外部冲击无论是对数字产业化还是对产业数字化都产生了一定的负效应,造成耦合协调度的下降。但随着自主创新、产业安全、产业链韧性提升意识的觉醒,外部冲击对中国数字经济运转的影响逐渐减小,耦合协调度在2018年恢复至逐渐上升的正常发展趋势。

进一步对各省份耦合协调度的时间演变特征进

行分析,以耦合协调度大小为横轴,2013-2021年耦合协调度变化值为纵轴,绘制四象限图,如图8所示。

通过图8可以将我国省份分为四种类型,其中第一象限和第二象限省份的双重集聚的耦合协调度随着时间的变化呈现出上升的趋势,差异在于第一象限省份的双重集聚的耦合协调度表现稳定向好,第二象限省份则是从失调不断向协调演进。第三象限和第四象限省份的双重集聚的耦合协调度随时间变化呈现出下降趋势,其中第四象限的广东和江苏本身协调程度好,轻微的下降可能源于产业结构调整而产生的“阵痛期”,没有影响两省数字经济发展的总体情况。而第三象限省份主要集中在西部地区和东北地区,无论是自身的协调情况,还是未来的发展情况,都面临着严峻挑战,需要在数字经济领域寻求新的突破点。

(三)数字经济视域下地理与虚拟双重集聚的空间演变特征

从空间维度上看,地理与虚拟集聚耦合协调度呈现出“东部优于中部、优于西部、略优于东北”的区域特征。观察各省份具体情况(如表8所示),2021年处于优质协调和良好协调的省份有北京、上海,说明这两个地区数字产业地理集聚和虚拟集聚均处于较高水平,数字产业化和产业数字化发展协调,具有引领带动作用;处于中级协调、初级协调和勉强协调的省份有天津、江苏、浙江、广东、重庆,这类地区地理

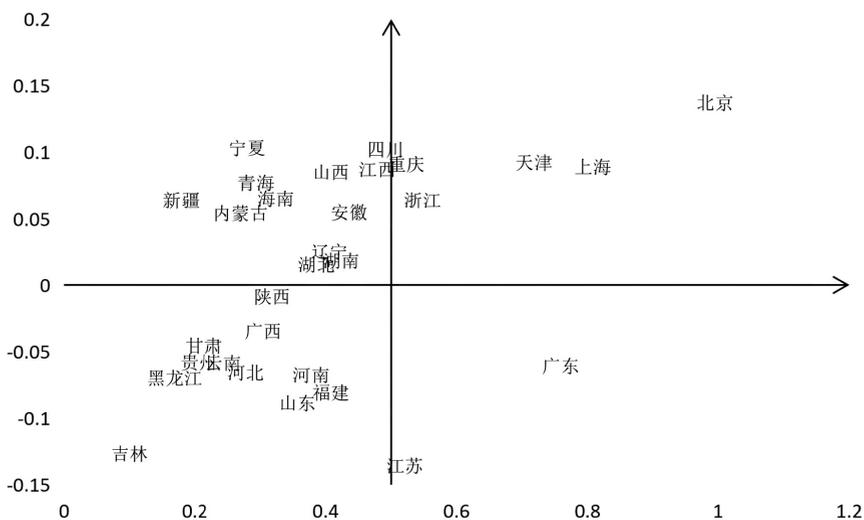


图8 2013-2021年各省份地理与虚拟集聚耦合协调度变化情况分类

集聚和虚拟集聚发展基本协调,但是两个集聚系统间的协同效应综合指数普遍偏低;处于濒临失调和轻度失调的省份数量最多,有山西、辽宁、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广西、海南、四川、陕西,这类地区的特点是地理集聚和虚拟集聚发展差异较大;处于中度失调和严重失调的省份有河北、内蒙古、吉林、黑龙江、贵州、云南、甘肃、青海、宁夏、新疆,这类地区数字经济发展处于初级阶段,集聚程度偏低且系统间差异较大。

为深入分析各省份耦合协调度发展中地理集聚和虚拟集聚的实际表现情况,我们绘制了2021年标准化后的两系统的情况对比图(如图9),其中实线代表地理集聚系统,虚线代表虚拟集聚系统。

结合表8和图9展示的结果,本文发现,集聚发展相对协调的省份地理集聚和虚拟集聚水平均高于平均水平,且虚拟集聚发展优于地理集聚,在未来应该更加注重发展数字产业。处于相对失调的以江西、湖南、四川为代表的绝大多数省份地理集聚发展要优于虚拟集聚,在未来应该更加注重虚拟集聚方面的提升。除此之外,以吉林、黑龙江、新疆等为代表的部分省份地理集聚和虚拟集聚本身就处于低水平,并没有达到可以协调发展的程度。由此可以看出,地理与虚拟集聚的耦合协调关系受数字产业地理集聚和虚拟集聚的绝对值和相对差异的影响。若相对差异过大,即使集聚的绝对值水平高,也不利于形成健康的耦合协调关系。因此,各地区在制定数

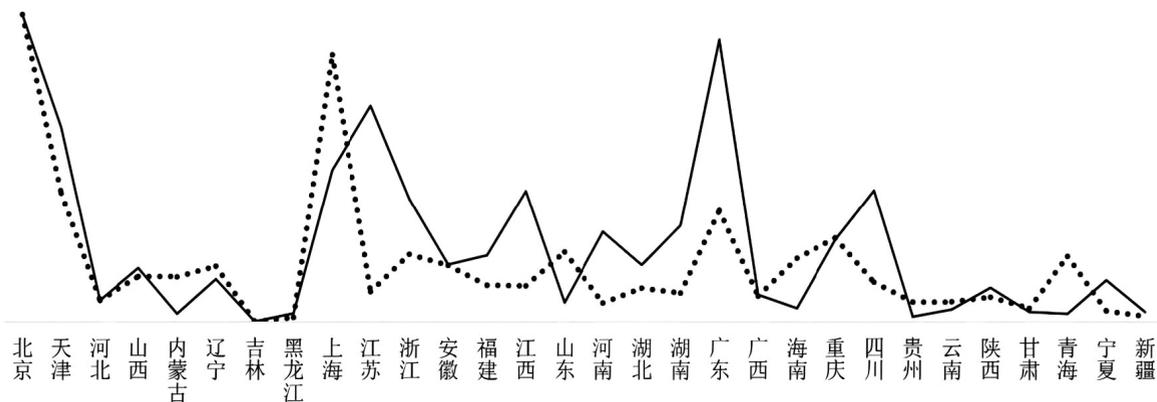


图9 2021年各省份地理集聚和虚拟集聚情况对比

数字化政策时,要综合评估自身的数字化发展实际情况,找出影响地区耦合协调度的核心因素,及时察觉数字化发展短板,明确未来的数字化发展重点。

五、结论与政策启示

本文运用2013-2021年中国省际面板数据分析数字经济视域下地理集聚与虚拟集聚的演化特征和耦合协调关系。研究表明:

第一,数字经济视域下地理集聚程度逐渐提高,且全国范围内地理集聚的空间差距在逐渐缩减,在整体分化格局不变的情况下分化程度有所减弱。同时,地理集聚在省际存在空间正相关性,导致集聚正在由东部沿海地区逐渐向中部内陆地区扩散。

第二,虚拟集聚区域差异明显,两极化严重,其中东部地区的虚拟集聚程度远高于其他地区。同时,虚拟集聚不同于传统的地理集聚,没有很强的空间相关性,其演化特征与数字技术的产生和传递过程息息相关。

第三,从时间演变特征来看,地理与虚拟集聚的耦合协调水平整体上呈现小幅上升趋势,且东部、中部和西部地区与全国平均水平保持着相似的变动频率,东北地区在2019年之后呈现出明显的下降趋势。

第四,从空间演变特征来看,地理与虚拟集聚的耦合协调度呈现出“东部>中部>西部>东北”的区域特征,集聚的协调发展存在不同类型。

综合上述分析结论,为进一步加速地方数字经济与实体经济的融合,促进数字产业化和产业数字化协同并进,打造具有国际竞争力的数字产业集群,本文得到以下政策启示:

首先,加强各地区在数字产业上的联动,优化调整数字产业的空间布局,促进数字产业在地区间有序转移。研究发现,我国的数字产业集聚存在空间相关性,高集聚地区存在辐射效应,能够带动邻近地区的数字产业发展。因此,对于数字产业高集聚地区,政府应该在基于企业意愿和产业优势的基础上,有秩序地向外部扩散转移,为数字产业技术更新提供更优越的发展环境。同时,邻近地区要做好吸收高集聚水平地区数字产业转移的准备,地方政府要在“人、财、物”上给予相应的支持,确保各项资源的有效利用,实现“双赢”局面,避免由于数字产业转移

而产生的经济效益衰减等现象。

其次,完善数字网络平台建设,有效促进产业虚拟集聚,推动传统产业集群数字化、智能化转型。研究发现,虚拟集聚的发展具备一定的演化特征,但是邻近地区的空间关联性并不明显。要深度应用数字技术打造多场景数字平台,加快平台在各领域、各区域内充分应用,加强跨区域交流与合作。推动传统基础设施数智化转型,加速建设数据中心等新型基础设施,引导社会资本参与投资,保障技术、数据、人才等相关要素在区域内高效流通。同时,要加强网络安全防护,通过数据技术对平台所涉及的个人隐私等进行加密处理,完善相应的法律法规,保证线上虚拟平台始终处于安全的网络环境中。

最后,引导地区之间数字产业化和产业数字化差异性发展,促进地理空间和虚拟空间有效联动,打造适宜本地的数字经济运行模式。研究发现,影响地理与虚拟集聚耦合协调度的原因是多元的,不同地区结合自身的实际发展情况,在数字产业化和产业数字化方面存在不同的侧重点。因此,要充分认识到无论是数字产业化还是产业数字化发展都是很大的产业集合,各级政府需要制定差异化的发展战略,将有限的数字资源、数字人才资源等投入到具有比较优势的领域,避免区域间的同质化竞争,推动形成地理空间和虚拟空间相互协同、优势互补的数字经济发展格局。

注释:

①本文按照全国四大经济区标准对所研究的30个省份进行划分。其中,东部地区包括北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南;中部地区包括山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南;西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆;东北地区包括辽宁、吉林、黑龙江。

参考文献:

[1]Krugman P. Increasing returns and economic geography.

American Economic Review, 1991, 81(2): 142-146.

[2]金煜、陈钊、陆铭:《中国的地区工业集聚:经济地理、新经济地理与经济政策》,《经济研究》,2006年4期。

[3]陈建军、陈国亮、黄洁:《新经济地理学视角下的生产性服务业集聚及其影响因素研究——来自中国222个城市的经验证据》,《管理世界》,2009年4期。

[4]贺灿飞、潘峰华:《中国制造业地理集聚的成因与趋势》,《南方经济》,2011年6期。

[5]杨仁发:《产业集聚与地区工资差距——基于我国269个城市的实证研究》,《管理世界》,2013年8期。

[6]范剑勇、冯猛、李方文:《产业集聚与企业全要素生产率》,《世界经济》,2014年5期。

[7]Bukht R, Heeks R. Defining, conceptualising and measuring the digital economy. SSRN Electronic Journal, 2017-01.

[8]关会娟、许宪春、张美慧等:《中国数字经济产业统计分类问题研究》,《统计研究》,2020年12期。

[9]毛丰付、高雨晨、周灿:《长江经济带数字产业空间格局演化及驱动因素》,《地理研究》,2022年6期。

[10]王彦杰、高启杰、杨瑞:《我国数字经济产业集聚测度及时空演化特征研究》,《工业技术经济》,2023年2期。

[11]叶堂林、刘哲伟、张京亮:《数字产业空间集聚影响因素探析》,《科技进步与对策》,2023年15期。

[12]袁歌骋、潘敏、覃凤琴:《数字产业集聚与制造业企业技术创新》,《中南财经政法大学学报》,2023年1期。

[13]Cairncross F. The Death of Distance: How the Communications Revolution Will Change Our Lives. Boston: Harvard University Press, 1997.

[14]Molina A, Bremer C F, Eversheim W. Achieving critical mass: A global research network in system engineering. Foresight, 2001, 3(1): 59-65.

[15]Hansen U. E-clustering: An innovative approach for economic policy. 44th Congress of the European Regional Science Association: "Regions and Fiscal Federalism", 2004.

[16]Davidovic M. Building e-clusters. Business Logistics in Modern Management, 2013, 13: 211-223.

[17]安同良、杨晨:《互联网重塑中国经济地理格局:微观

机制与宏观效应》,《经济研究》,2020年2期。

[18]吴秋明、李运强:《虚拟产业集群的管理创新》,《经济管理》,2008年3期。

[19]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》,《管理世界》,2018年2期。

[20]谭洪波、夏杰长:《数字贸易重塑产业集聚理论与模式——从地理集聚到线上集聚》,《财经问题研究》,2022年6期。

[21]段霞、张蔷薇:《产业数字化、虚拟集聚与全要素生产率》,《西北师大学报(社会科学版)》,2023年1期。

[22]杨仁发:《产业集聚与地区工资差距——基于我国269个城市的实证研究》,《管理世界》,2013年8期。

[23]邓又一、孙慧:《工业产业集聚对经济韧性的影响及其作用机制》,《软科学》,2022年3期。

[24]范剑勇、刘念、刘莹莹:《地理距离、投入产出关系与产业集聚》,《经济研究》,2021年10期。

[25]李杰、吴亚莉:《多式交通对高技术产业集聚溢出效应的实证分析》,《科技管理研究》,2022年8期。

[26]李栋、张映芹、李开源:《中国省际数字经济核心产业集聚度、非平衡性与动态演进》,《统计与决策》,2023年18期。

[27]王滢、张瑞东:《县域电商促进传统产业集群升级的演进路径研究》,《科技管理研究》,2017年20期。

[28]茹少峰、刘惠子:《新基建、产业虚拟集聚与区域经济协调发展》,《哈尔滨商业大学学报(社会科学版)》,2022年6期。

[29]张青、茹少峰:《新型数字基础设施促进现代服务业虚拟集聚的路径研究》,《经济问题探索》,2021年7期。

[30]余紫菱、任孟成、马莉莉:《数字经济空间集聚对区域全要素能源效率的影响》,《工业技术经济》,2022年7期。

[31]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》,《浙江大学学报(人文社会科学版)》,2023年7期。

[32]Bain J S. Industrial Organization. New York: John Wiley & Sons, 1959.