

数据要素空间黏性的区域经济增长极化效应： 来自国家超级计算中心建设的证据

张 翱¹, 孙久文²

(1. 中共浙江省委党校浙江省“八八战略”创新发展研究院, 浙江 杭州 311121;

2. 中国人民大学应用经济学院, 北京 100872)

摘 要:在数字经济时代优化区域经济布局需要培育以数据为核心生产要素的新经济区域增长极。基于数据要素理论和空间黏性理论,从数据要素的汇聚、本地存储和安全以及不完全流动3个维度解析数据要素空间黏性的概念内涵及其类型。从数据要素跨区域流动受限的视角构建数据要素空间黏性及其区域经济增长极化效应的理论分析框架,提出数据要素空间黏性通过技术进步和资源空间配置两种渠道形成区域经济增长极化效应;以国家超级计算中心建设作为外生的政策冲击,利用2003—2023年地级市层面数据构建多期双重差分模型,检验了数据要素空间黏性的区域经济增长极化效应。研究结果从地理维度上扩展了数据要素理论,为优化数据要素空间治理和培育区域经济增长极的政策奠定理论基础。

关键词:数据要素;空间黏性;增长极化;区域经济

中图分类号:F812.0 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-0566(2025)07-0097-12

Polarization effect of regional economic growth on spatial stickiness of data elements; evidence from the construction of the National Supercomputing Center

ZHANG Ao¹, SUN Jiuwen²

(1. Zhejiang Provincial Party School of the Communist Party of China, Hangzhou 311121, China;

2. School of Applied Economics, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: Optimizing regional economic layout in the digital economy era requires cultivating new economic growth poles with data as the core production factor. Based on the theory of data elements and spatial stickiness, this paper analyzes the concept and types of spatial stickiness of data elements from three dimensions: aggregation, local storage and security, and incomplete flow. The theoretical basis for the spatial stickiness of data elements and its polarization effect on regional economic growth is constructed from the perspective of restricted cross regional flow of data elements. It is proposed that the spatial stickiness of data elements forms the polarization effect on regional economic growth through two channels: technological progress and resource spatial allocation; And taking the construction of the National Supercomputing Center as an exogenous policy shock, a multi period double difference model was constructed using data

收稿日期:2025-05-15 修回日期:2025-07-10

基金项目:国家社会科学基金重大项目“优化重大生产力布局的理论、原则和政策研究”(24&ZD04)。

作者简介:张翱(1992—),男,云南昭通人,中共浙江省委党校工商管理教研部讲师、博士,浙江省“八八战略”创新发展研究院研究员,研究方向为区域与城市经济、数字经济地理。通信作者:孙久文。

from prefecture level cities from 2003 to 2023 to test the regional economic growth polarization effect of spatial stickiness of data elements. This study extends the theory of data elements from a geographical perspective, laying a theoretical foundation for optimizing spatial governance of data elements and cultivating policies for regional new economic growth poles.

Key words: data elements; spatial viscosity; regional growth pole; regional economies

近年来,数据量激增和数字技术的快速迭代更新使数据分析能够解决越来越多的复杂问题,数据要素的乘数效应凸显,成为区域新增长动能和比较优势的来源。例如,2025 年初爆火的“杭州六小龙”,均是以数据要素驱动的硬核科技企业,迅速拉升杭州的城市能级和在全国的影响力。如今数据要素已成研发和生产各种新产品和服务的必要投入,推动资源网络化共享、集约化整合、协作化开发和平台化运作。以人工智能、云计算和产业互联网等为核心的数字技术正在重塑国家的经济地理格局,数据要素取代地理区位成为产业和人口空间分布变动的首要因素。同时,数据要素改变了集聚经济的边界,放松地理空间对市场主体获得正外部性的约束。数字空间的存在让人们交流与互动可以不受地理环境的限制,人们实时在线,足不出户参与整个国家的资源配置,地理区位对于经济活动的重要性下降。从这个意义上说数字空间与地理空间存在替代性,数据要素可能分散经济活动的空间分布,但现实中经济活动向特定区域集聚的趋势仍在加强,人口和经济活动的空间分布越来越集中在以都市圈和城市群为核心的特定区域。为何数据要素应用缓解了地理空间对人类经济活动的约束,但经济活动仍在向特定区域集聚?

数据要素空间黏性为解释上述现象提供了新的理论视角。数据要素空间黏性是指数据要素在特定区域中汇聚、本地化存储和安全以及不完全流动的特性,导致数据要素难以跨区域流动和配置,数据要素因技术、制度和经济等因素被“锁定”在特定区域或平台。数据要素空间黏性强调数据流动受制于地理空间约束和制度壁垒的特点,其核心逻辑在于数据要素并非完全自由流动,而是与地理空间、制度环境和技术条件等因素形成复

杂的动态博弈关系。虽然数据具有非竞争性和零复制成本的特性,理论上具有高度流动性,但数据要素并不总是能够自由流动,在某些具体情境下,甚至比传统的生产要素更难流动。数据要素的生产、存储、使用以及价值实现高度依赖适宜的人文地理环境,在数据要素流动的同时,数据要素也存在地理空间上固化的情况,称为“数据要素流动悖论”。

数据作为关键生产要素,其空间黏性对区域经济的影响是一个新兴的研究领域,存在较多的理论空白,需要深入探讨其中的机制。各地数据要素空间黏性差异对区域经济空间布局会产生什么影响?为了回答上述问题,本文结合数据要素理论、要素空间黏性理论和新经济地理学的前沿理论,提炼出数据要素空间黏性的概念,在此基础上构建出一个充分刻画数据要素地理汇聚、本地存储和安全以及不完全流动特征的空间分布理论分析框架,为数字经济时代培育区域经济增长极和“东数西算”工程跨区域调配数字资源提供基础理论支撑。

一、文献综述

20 世纪末,经济地理学家 Markusen^[1] 提出空间黏性的概念,用以衡量经济活动和生产要素的地理空间位移成本。此后,这一概念在经济地理学中被广泛使用,用以描述各类经济活动对地理空间的依附性和稳定性。对地理空间距离敏感是空间黏性的典型特征,不同的空间尺度下,数据要素空间黏性的表现形态不同。在区域尺度上,空间黏性体现为经济活动对人才、制度、环境的地理依赖^[2]。空间黏性也反映在复杂知识的地理扩散上,地理空间距离限制了复杂知识的流动^[3],数字经济在发展过程中对地理邻近地区产生了一定的数字隔离^[4],反映了数据要素对地理空间的依附

性。目前,学术界较少有研究数据要素空间黏性的文献,部分聚焦数据中心空间布局的研究涉及数据要素汇聚的研究,但仍缺乏系统性。已有数据要素空间黏性及其区域经济增长极化效应相关研究主要有以下三类文献。

一是虚拟集聚研究。虚拟集聚被认为是数字经济的产业组织形态^[5]。产业之所以会虚拟集聚是因为数字技术降低了企业在地理空间中的相互依存度,企业之间在地理空间的互动被数据驱动的数字空间替代,空间溢出效应不再仅依赖地理邻近性。而对于产业集聚,则存在着纯粹的地理空间集聚、虚拟集聚、地理空间集聚和虚拟集聚重合3种类型^[6]。数据要素和数字经济的空间分布呈现出集聚性和地理依赖性^[7]。然而,已有的研究大多默认数据要素在虚拟空间是自由流动的,且不存在跨区域的流动成本,这明显与现实情况不符。此外,对于虚拟集聚与地理空间集聚之间的关系的研究仍显不足,用虚拟集聚来描述数据要素应用和数字技术对经济活动空间集聚的影响并不准确,数字空间取代地理空间成为配置资源的载体,其带来资源配置模式和产业组织模式的变革并非“虚拟”,数字空间和地理空间中的集聚一样都是经市场机制作用的结果,都是整合和优化的资源配置的理性选择。

二是数据要素对经济活动空间分布的影响研究。由于数据要素的场景依赖、与算法和算力高度关联等特性,数据要素规模呈指数级增长并在特定地区汇聚,数据要素汇聚的规模经济和外部性赋能数据要素所在区域产业发展,提升本地全要素生产率^[8]。数据要素应用带来区域分工深化、协作加强、制度和商业模式创新^[9]。数据要素密集型企业高度集中在几个特定的区域,中小企业偏好于在行业内创新能力最强的顶尖企业周边分布,这类企业从而在地理空间上呈现集聚的趋势,即数据要素密集型企业倾向于在特定的区域“扎堆”形成数字产业集群,而不是在空间上呈现均匀分布的态势^[10]。相较于地理空间的邻近,网络邻近更有利于创新^[11]。数据要素应用通过知识

发现和产业升级等途径促进区域经济增长^[12]。在数字化的环境中,数据要素驱动企业重新选址、迁移流动和集聚而重塑经济地理格局,以数据要素驱动的智能能够改变资源禀赋和地理区位对市场主体的约束,市场主体重新选址、迁移和集聚,以适应数字化转型带来的外部环境变化^[13]。在数据要素应用和数字技术的支撑下,时空对经济活动的约束和不可贸易商品份额下降,资源空间配置范围扩大,城市各个产业面临的市场规模也扩大,从而促进城市产业专业化分工和比较优势的变动^[14]。数据要素应用培育数字经济新业态、优化产业结构促进区域经济增长^[15]。

三是数字基础设施的空间布局研究。资本、劳动力等传统生产要素空间黏性强调流动成本和地理依赖性^[16],数据要素的空间黏性通用也与数字基础设施的空间布局密切相关,由于数据的载体是数字基础设施,数据要素空间黏性集中体现在数字基础设施空间布局上。从全球来看,数据中心的布局与经济中心高度重叠,受市场规模影响显著,形成北美、西欧和东亚三大增长核心^[17]。从国内来看,在“东数西算”工程实施以前,中国数据中心布局以需求导向型为主,呈现以京津冀、长三角、珠三角和成渝城市群为核心的空间格局^[18]。数据中心集聚特征及区域非均衡特征明显,经济发展水平是数据中心布局的关键性影响因素^[19]。“东数西算”工程实施以后数据中心空间布局的层级效应显著,呈现“东部>西部>中部”的梯度格局^[20]。

在新发展阶段,区域经济发展形势面临深刻变化,需要加快推进以数据作为核心生产要素的新经济增长极的形成^[21]。现有研究主要探讨了数据要素自由流动假定下的经济活动空间分布,为数据要素驱动的空间经济组织形态研究奠定了良好的基础,但对数据要素空间分布不均衡和跨区域流动受限情况下区域经济布局关注较少,仍存在广泛的探索空间。

数字技术和产业革命对经济活动的空间布局 and 区域增长极的形成产生深刻影响。尽管数据作

为生产要素引起了学术界的广泛关注,一批研究已对数据要素带来的经济影响进行了较为细致和深入的探讨,但数据要素空间黏性是伴随着国家将数据作为第五大生产要素以后逐渐兴起的研究领域,现有文献较少从经济活动空间分布的宏观视角研究数据要素空间黏性及其对区域经济布局的影响。数据要素汇聚、本地存储和跨区域流动受限是现实中的普遍现象。然而,受制于数据高流动性的传统认识局限,数据要素空间黏性及其区域经济效应没有引起学界的足够重视。理论上的认识模糊也反映在实践中遇到的困难,国家“东数西算”工程的阻滞因素反映出数据要素的空间黏性,数据要素难以及时大规模跨区域流动,引致算力和数据在空间上供需错配的问题,西部地区部分国家数据中心和算力枢纽出现了“算等数”的现象。

本文可能的边际贡献有以下几方面。一是数据要素理论的地理空间化延伸。突破现有数字经济地理理论研究对数据要素空间分布均质且自由流动的假定,揭示数据要素流动的地理空间异质性和空间黏性特征,推动数据要素理论从抽象理论模型向现实具象地理空间分析的转向。二是丰富和拓展数字经济时代的要素空间黏性理论。基于数据要素跨区域流动受限的现实,从数据要素特性和数字经济的资源配置模式出发研究数据要素的空间黏性及其区域经济增长极化效应,将数据作为核心生产要素嵌入要素空间黏性的理论分析框架,解释传统经济地理理论难以涵盖的数据要素驱动型的区域增长极现象,进而丰富数字经济时代的要素空间黏性理论研究。

二、数据要素空间黏性的概念内涵及其类型

(一)数据要素空间黏性的概念解析

数据要素是近年来随着数字技术和数字经济发展起来的新兴概念,中国是全球首个在制度层面上将数据与资本、劳动、土地和技术并列为生产要素的国家^①,数据要素空间黏性是在数据要素理

论和空间黏性理论上整合而来的概念,用以刻画数据要素空间汇聚、数据本地存储和安全以及不完全流动的特征。受制于数字经济地理理论发展所处的阶段,国内外学术界数据要素空间黏性的概念讨论较少,目前对数字要素空间黏性概念的界定尚未统一,但其在区域经济布局中的影响随着数字经济的深化发展逐步显现出来。

数据要素空间黏性本质上是数据、算力和算法地理空间依赖的衍生。数据、算力和算法作为数字经济的3个核心生产要素,三者之间存在着密切的技术—经济联系,算力和算法的地理依赖性通用会导致数据要素的空间黏性。不同于劳动力、资本和技术等传统生产要素,数据要素空间黏性源于对数字技术依赖、制度绑定和应用场景地理固化等因素。不同类型的数据其空间黏性存在差异:热数据实时性要求高,由于网络传输技术限制跨区域传输存在网络延时问题,制约数据要素价值的实现,因此热数据的空间黏性最强。冷数据则由于网络延时要求低,跨区域流动对这类数据要素价值实现影响不大,因而其空间黏性相对较弱。目前,“东数西算”工程中,能够实现跨区域大规模流动的、将“东数”通过网络传输到“西算”的主要是网络延时要求较低的冷数据。

数据要素空间黏性是由于数据要素在特定地理区域内形成的不可替代性、锁定效应和路径依赖性,导致数据要素及其关联经济活动倾向于在特定区域聚集的现象。本文从数据要素汇聚、数据本地存储以及不完全流动3个层面解析数据要素空间黏性。首先,数据要素的地理空间汇聚。在数字经济时代,海量数据指数级增加,需要大规模集中处理数据,降低数据处理成本,数据中心邻近数据要素市场布局是世界各国普遍模式,数据中心的地理空间集中布局引起数据要素汇聚。其次,数据的本地存储和安全。数据本地存储是企业综合安全性、效率、合规性及实际应用需求等多方面考量的结果。“数据主权”是目前部分发展

^① 参见 2020 年 4 月,中共中央、国务院发布的《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》。

中国主张的数据治理原则,即出于安全因素考虑,要求数据本地化存储,因而严格限制数据流动的区域;从技术的角度看数据本地存储无须依赖跨区域的网络传输,便于数据高速读写,降低延迟对企业业务的影响,适合频交易、工业自动化等需要实时处理数据的应用场景。因此,数据本地存储的优势在于其安全可控、高效稳定及合规适配性。此外,由于云计算技术的数据传输能力有限,较高的云服务成本以及企业出于对数据安全的考虑,邻近市场应用场景的数据本地存储仍是当前数据要素空间分布的主要形式。最后,数据要素的不完全流动性。受制于市场、制度和技术等因素的共同作用,数据要素流动在现实世界中存在较高的成本,而不是传统理论研究所假设的数据无成本流动,“数据孤岛”现象说明数据并不是完全自由流动的,尤其是海量数据即时跨区域流动更是难以实现。数据要素跨区域流动受阻并不只是因为传输网络技术发展水平的限制,更是因为数据要素价值释放的地理依赖性,数据要素离开发挥作用的特定区域,数据要素价值难以实现,数据安全也可能无法保障。因此,海量数据要素跨区域流动在现实中并不顺畅。相较而言,实践中跨区域的算力资源调配更具有可行性。

随着数字经济的深化发展,数据要素空间黏性及其区域影响凸显。由于数据的零复制成本和虚拟性,传统空间经济学相关理论对数据要素空间效应的分析是基于空间均质的假定,即不存在数据要素空间汇聚和流动摩擦,数据要素可无成本本地自由流动。然而,空间均质的假定并不符合实现,在数字经济的发展过程中,空间上呈现出极化的现象,数据要素的空间分布也并非均质,且受制于数据要素价值实现所需的区域环境,数据要素跨区域流动存在摩擦,产生了较高的跨区域流动成本。各地为了获得数字经济时代的竞争优势,区域竞争呈现出新的表现形态:各级地方政府通过数据特区、数据中心集群和算力枢纽布局等政策,强化数据要素空间黏性以获得数字经济的规则话语权。在这个过程中,不仅改变了数据要

素空间黏性的时空格局,也引起产业和人口的空间分布变化。

(二)数据要素空间黏性的类型

区别于传统要素的空间黏性,数据要素空间黏性依赖应用场景的制度保障和数字基础设施的空间布局。数据要素跨区域流动是存在壁垒和成本的,数据要素不完全流动不仅是由数据要素本身特性决定的,更是由释放数据要素价值的区域环境、制度保障等因素决定的。总的来看,数据要素空间黏性是市场应用场景、技术驱动、制度约束、行政壁垒和数据安全等多种因素共同作用的结果。总结起来可以将数据要素空间黏性归纳为以下5种类型。

一是市场驱动型数据要素空间黏性。数据要素密集型企业倾向布局在本地市场规模巨大和经济活动密集的区域,这些区域通常具有丰富的数据要素的应用场景,而这样应用场景地域性明显,缺乏跨区域的流动性。此外,数据要素密集型产业的核心数据往往集中在头部企业总部或产业园区,导致行业数据沉淀在头部企业所在的特定区域,而数字平台的用户集中于经济密度高的区域,数字平台型企业为获取实时数据需贴近用户,导致数据沉淀在经济活动密集区域。由于数据要素的经济—技术规定,数据要素发挥作用必须依赖具体的市场应用场景,随着应用场景的不同,数据要素的价值也会不同。因此,邻近市场应用场景是数据要素汇聚和不完全流动的重要原因。

二是技术驱动型数据要素空间黏性。海量数据跨区域调配受到现有数据传出技术运载能力的限制。在“东数西算”工程中,为降低数据存储和计算的能耗成本,提升算力供给能效,国家在西部地区部署数据中心和算力枢纽节点吸引数据要素密集型企业入驻,数据要素不断汇聚,在数据中心和算力枢纽节点形成较强的数据要素空间黏性区域。例如,企业为降低实现数字化转型的成本会选址在“数字邻近”区域^[22],围绕国家数据中心和算力枢纽节点汇聚起来的数据要素由于网络传输能力的限制,在现有的数字网络技术条件下,不能

支撑大规模高频率和实时性的数据要素跨区域流动,因此,数字网络技术发展阶段也是决定数据要素空间黏性的重要因素,形成围绕数据中心和算力枢纽节点的数据要素空间黏性区域。

三是制度约束型数据要素空间黏性。由于数据基础制度不完善,数据确权困难,数据要素市场尚未形成,数据不具备交易和流通的制度条件,因而数据从产生到应用的各个环节都被严格限定在特定空间。区域数据分级分类标准差异,缺乏全国统一的数据要素市场,从而形成区域壁垒限制了数据要素流动。其次,国家实施“东数西算”工程,政府出台政策引导新增算力向国家算力枢纽节点集聚,国家算力枢纽节点外原则上不得新增大型数据中心,国家政策控制算力供给的地理空间集中。这种算力资源供给的集约化、规模化和绿色化政策干预强行改变了市场决定资源配置的数据要素空间分布形态,海量数据要素围绕政策设定的算力枢纽节点和数据中心汇聚,形成数据要素空间黏性区域。

四是行政壁垒型的数据要素空间黏性。我国条块分割的行政体制制约数据要素跨区域流动,行政壁垒强化数据要素的地理空间锁定。“行政区经济”一直是阻碍要素跨区域流动的原因之一^[23],行政区划的分割作用造成区域差异,形成不同的数据要素应用环境,导致数据要素在有利于释放价值的区域汇聚。政府政策制造的数据特区也是数据要素产生空间黏性的原因,在数据特区以外由于数据主权原则的限制,数据不能实现跨境自由流动,数据要素被锁定在特殊政策支持的区域,这集中体现在国家自由贸易试验区和海南自由贸易岛。

五是数据安全型数据要素空间黏性。出于数据安全的考虑,数据管理者会限制数据要素流动的区域,形成“数据孤岛”。地方政府掌握的数据出于安全可控的原则,也不希望公共数据流行政管辖区以失去控制。安全技术的局限性也会导致数据要素的空间黏性。例如,当前隐私计算技术难以实现跨区域的数据大规模流动,企业被迫

在本地完成数据联合建模,由此产生了区隔效应,限制数据要素的跨区域流动。

总之,结合中国情境下的数据要素汇聚和跨区域流动限制,引起数据要素空间黏性的形成可归纳为市场、制度、技术、行政壁垒和安全等因素。通过对上述因素的分析,为研究数据要素空间黏性的区域效应提供基础。在数字经济时代,为实现高质量发展,充分利用数据要素空间黏性是培育区域增长极和区域比较优势的关键所在,数据要素与劳动、资本、土地等传统生产要素集聚虽然在物理上的表现形态不同,但同样存在着空间黏性,能够牵引其他传统生产要素向有利于充分实现要素价值的区域汇聚,从而形成区域经济增长极化效应。此外,数据要素空间黏性对“东数西算”工程跨区域配置数据和算力等资源具有重要意义,由于数字基础设施的地理依附性和技术锁定效应,一旦确定数字基础设施的布局将难以进行空间调整,而数据要素空间要素黏性将会对数字基础设施利用效率产生影响。

三、数据要素空间黏性的区域经济增长极化效应

数据要素空间黏性是数据要素向特定区域汇聚、数据本地化存储和跨区域流动受限的动态变化过程。数据具有非竞争性和作为经济活动副产品的特性^[24]。数据作为经济活动的副产品,能够持续迭代积累,数据要素的不断积累可持续创造知识。例如,数字平台的开源创新模式,在开放式内容生产平台通常允许用户逐步创建内容并对以前的内容做出反应,基于共享、去中心化和协作开发的平台日益丰富完善,这样平台上的数据持续迭代积累,让现代经济活动更加精益。考虑到数据要素汇聚、本地存储和安全以及不完全流动,数据要素地理空间分布是不均匀的。由于数据的非竞争性,数据要素在特定区域汇聚能够发挥规模经济效应,数据积累量越大,能够产生的规模经济效应也就越大。数据要素的规模经济效应对生产率提升体现在数字经济领域的内梅特卡夫定理,即数字平台的价值以用户数量的平方数增加而

增加。

全球经济地理格局演变说明,数字技术进步并没有改变经济活动地理空间集聚的趋势,不仅传统企业在集聚,高科技型企业也倾向于在特定的区域集聚。从微观企业层面看,Hsieh等^[25]研究发现企业数字技术的采纳导致了固定成本的上升和可变成本的下降,为了获得规模经济效应,产业结构变得更加集中,在地理空间则表现为产业高度集中在头部企业所在区域。中小企业迁移到头部企业所在的城市,能够提高专利发明的质量,因此即便是在数字经济时代,企业仍会“扎堆”在特定区域以获得生产率的正外部性^[26]。高科技企业向生产率高的区域集聚以便更能享受到知识的溢出效应,数字技术的进步并没有改变经济活动空间集聚的趋势。数据要素向特定区域汇聚、本地化存储且跨区域流动受阻等特点与上述研究契合,体现了数据要素的地理依赖性以便获得充分释放价值的区域环境。

数据的非竞争性和作为经济活动副产品的特性决定数据要素的价值在于流通过程中的复用增效^[27]。但现实中由于受到市场、制度和技术等因素的约束,数据要素持续向特定地理空间汇聚而且跨区域流动受阻,数据要素只能在特定区域实现复用增效和价值释放。都市圈和城市群在实现数据复用增效方面具有比较优势,而远离都市圈的中小城市由于技术条件和应用场景约束,不具备促使数据复用增效和数据要素价值释放的完备条件。因此,在市场机制的作用下,数据要素向着能够复用增效的特定区域汇聚且本地化存储,而数据要素的空间汇聚将带动人流、物流、资金流集聚,形成数据要素驱动的区域经济增长极。

考虑到数据要素空间黏性的存在,地理空间集中仍是产业集群形成的先决条件,但产业集群同时是地理空间上的互动和数字空间中的分工协作。数据要素应用不仅是简单地将线上活动转移到线上,还涉及流程和制度的重塑,对区域产业组织模式的改造、优化和重塑,降低地理空间对贸易

的阻碍,提升区域的市场可达性和资源配置效率,其中的微观机制在于数字化转型需求强烈的企业为获得专业的数字技术和享受数字基础设施服务,更倾向于向数据要素密集和数字化程度高的地区集聚。因此,综合分析提出假说H1:在数字经济时代,数据要素空间黏性引致经济活动向特定区域集聚,具有区域经济增长极化效应。

数据要素空间黏性引致经济活动集聚和形成增长极化效应的理论机制。首先,数据要素空间黏性受到数据与算法、算力资源空间布局的影响。数据与算法、算力相结合,精准预测未来可能发生的各类情形,减少了经济活动的不确定性,间接提高经济运行效率,是促进区域经济增长的重要因素之一。通常数据要素空间黏性强的区域,数据、算法和算力资源富集,是培育数字经济新经济业态的适宜区域。同时在数字技术的支撑下,数据要素应用重组传统生产要素结构,降低了对土地、资本和劳动等生产要素的需求,缓解了时空对经济活动约束,扩大了可贸易商品的份额,因此数据要素空间黏性通过技术进步机制引致经济活动集聚。其次,数据要素空间黏性赋能区域经济发展,通过提高生产效率引致较高区域工资水平的传导机制吸引更多的劳动力、资本等传统生产要素流入。由于数据要素应用具有提升区域产业生产率的作用,劳动力、资本等生产要素会向生产率较高的区域流动,引起要素资源的空间再配置,强化了经济活动的空间集聚,因此数据要素空间黏性通过资源空间配置机制引致经济活动集聚。

在数据要素空间黏性的环境中,数据要素倍增叠加的乘数效应强化区域产业的比较优势。都市圈和城市圈通常是数据要素密集区域,也是大型、超大型数据中心集中分布的区域,具有数据要素和数字技术密集的比较优势。数据要素密集型企业为获得优质的数字基础设施服务,以及前沿的数字技术支持,倾向于向数据要素黏性强的区域集聚。企业在这些区域能够更为容易地获得数据要素和数字技术支持,降低企业数据要素使用成本。因此,数据要素密集型企业会围绕数据要

素空间黏性的区域形成产业集群。产业数字化转型依赖数据要素的非竞争性和复用性,推动算法、算力等数字经济核心生产要素,形成地理空间集中和数字空间协同的数字产业集群。

总之,数据作为核心生产要素纳入到区域经济体系中,在空间均衡时提高该区域的劳动生产率,会引起劳动力等要素向该区域集聚,从而增加区域的实际工资水平、就业规模,促进区域经济的地理空间集聚。数据要素黏性强的区域经济规模的增加不仅是数据要素应用带来的技术进步,还包括数据要素驱动的资源空间配置,使得劳动力等传统生产要素向数据要素黏性强的区域集聚,两类机制共同强化了经济活动的地理空间集聚的趋势。因此,综合分析提出研究假说 H2:数据要素空间黏性通过技术进步和资源空间再配置两类机制产生区域经济增长极化效应。

四、实证研究设计与机制检验

(一) 实证研究设计

数据要素空间黏性是数字经济时代经济活动地理空间集聚的动力之一,并深刻影响区域经济布局,为了检验本文理论部分提出的研究假说,借鉴杨壮等^[28]的做法,以国家超级计算中心作为数据要素空间黏性的代理变量。国家超级计算中心是由科技部批准建立的高性能计算基础设施,旨在提供海量数据处理和复杂计算服务,即能够提供数据要素价值释放的算力资源。数据要素空间黏性是数字经济系统中的一种内在属性,具体表现为数据要素对算力和算法的黏着力,即数据要素与算力和算法之间存在各种联系,使得数据要素难以离开算力和算法所附着的地理空间而单独流动。国家超级计算中心强大的数据计算能力具有区域性汇聚数据要素、本地化存储数据以及跨区域流动受限的特点,符合数据要素的空间黏性内涵特征,而且国家超级数据中心的地理依附性使得数据要素跨区域流动受限。因此,综合考虑以上数据要素空间黏性 3 个维度,将国家超级计算

中心作为城市数据要素空间黏性的代理变量。科技部自 2009 年开始陆续批准天津、深圳、广州等城市建设国家超级计算中心^②,这些国家超级计算中心所在的城市依托国家超级计算机强大的算力,具备了海量数据价值的挖掘能力,逐渐成为全国重要的数据要素汇聚和存储的区域,并且基于数据要素与算力的技术—经济联系,这些国家超级计算中心所在城市也逐渐成为数据要素空间黏性区域。

为了检验理论模型部分提出数据要素空间黏性具有区域增长极化效应的假说,采用多期双重差分的计量模型为:

$$Y_{ipt} = \beta_0 + \beta_1 policg_{it} \times NSC_{it} + \beta_2 X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

其中, i 表示城市, t 表示年份。本文主要关注的是估计系数 β_1 ,可以识别国家超级计算中心建设后区域经济增长受到的冲击。上述计量模型中的变量说明如下。

(1)解释变量:城市数据要素空间黏性,以城市是否具有国家超级计算中心作为代理变量。如果城市 i 在 t 年开始建设国家超级计算中心, $policg_{ipt} \times NSC_{ipt}$ 则 t 年之前为 0,反之则为 1。同时,控制时间固定效应 λ_t 和国家超级计算中心所在城市的固定效应 μ_i ,并控制城市随时间变化的属性对被解释变量的干扰。

(2)被解释变量:区域经济增长极化效应。 Y_{it} 设定为本文感兴趣的区域经济增长极化,考虑到省级层面空间尺度过大,本文将空间尺度细化到地级市层面。同时,考虑到要素汇聚和资源配置效率提升带来的经济增长,本文采用各城市夜间灯光亮度增幅和地区生产总值增幅作为衡量区域经济增长极化效应。

(3)控制变量。 X_{it} 表示影响控制变量的向量合集。参照刘瑞明等^[29]的做法,其中包括:财政支出力度,用地方政府财政预算内收入比占地区生

② 截至 2023 年,我国已有 14 座科技部批准的国家超级计算中心,分别位于天津、深圳、长沙、济南、广州、无锡、郑州、昆山、成都、西安、太原、重庆和嘉兴。

产总值表示;金融发展水平,用年末金融机构贷款余额比地区生产总值表示;经济发展水平,用人均地区生产总值表示;城市面积,用地级市行政区面积的对数表示;对外开放程度,用外商直接投资占地区生产总值的比重表示。

本文研究数据要素空间黏性的区域经济增长极化效应,利用 2003—2023 年 283 个城市所组成的面板数据来检验提出的理论假说,所使用的数

据主要是来自《中国城市统计年鉴》和 NPP/VIIRS 夜间灯光数据,国家超级计算中心设立城市以及投入运营时间根据公开数据手工整理所得。需要说明的是:①由于数据缺失,本文研究使用地级市层面的数据没有包括西藏、新疆和青海以及少数民族自治州;②剔除了 2012 年建立的三沙市和 2011 年由地级市转为县级市的巢湖市。详细的变量含义和统计性描述见表 1。

表 1 变量描述性统计

变量名	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
夜间灯光亮度增幅 ΔLB	5 960	0.071 926	0.394 578 8	-6.660 794	7.067 09
地区生产总值增幅对数 $\ln \Delta GDP$	5 451	13.880 5	1.166 472	6.907 755	17.818 49
是否具有超算中心 NSC	6 300	0.017 142 9	0.527 364 7	0	1
金融机构贷款对数 $\ln loan$	6 103	0.981 781 6	0.631 243 6	0.075 318 7	12.817 1
财政收入占 GDP 比重 gov	6 120	0.068 397	0.027 343 8	0.017 809 6	0.238 704 3
人均地区生产总值对数 $\ln pergdg$	6 117	10.375 36	0.852 142 4	7.545 39	12.486 35
对外直接投资占 GDP 比重 fdi	4 771	0.002 836	0.003 068 8	0	0.045 401 7
行政区面积对数 $\ln Area$	4 954	9.351 194	0.864 416 6	2.564 949	12.917 25
就业人口密度 $density$	4 934	0.005 968 8	0.013 529 9	0.020 658 1	0.248 172 3
第三产业劳动生产率 $third$	4 935	11.120 62	1.270 318	7.501 893	15.137 3
第二产业劳动生产率 $second$	4 935	12.693 96	0.671 753 5	10.074 29	15.717 15

(二)基准回归结果

表 2 汇报了数据要素空间黏性的区域经济增长极化效应。其中,第(1)、(2)列是以夜间灯光亮度增幅作为区域经济增长极化代理变量的回归结果,无论是否加入控制变量,核心解释变量 NSC 的回归系数均 5% 的水平上显著为正,说明数据要素空间黏性具有明显的区域经济增长极化效应。第

(3)和(4)列是以地区生产总值的增幅衡量区域增长极效应的回归结果,与第(1)和(2)列的回归结果类似,再次验证了数据要素空间黏性正向的区域经济增长极化效应。

(三)平行趋势检验与动态效应分析

处理组和对照组在政策冲击发生之前是否存在共同趋势是采用双重差分进行基准回归估计结果可信的前提,因此需要对处理组和控制组城市进行平行趋势检验和动态效应分析。图 1 汇报了 95% 置信区间下以政策实施前后对比的检验结果。在国家超级计算中心投入使用前,国家超级计算中心的经济增长极化效应均不显著,说明平行趋势假定可以得到基本满足。在国家超级计算中心投入使用后的前 2 年政策效应不明显,说明国家超级计算中心对经济增长极化的作用有滞后,随着时间的推移,这种影响才逐渐显现出来。上述分析表明,经济增长极的形成需要政策冲击以后存在时滞,数据要素牵引其他要素汇聚才能显现出经济增长极化效应,这与经济增长动能培育需要一定时间的经验相符。

表 2 基础模型回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	ΔLB	ΔLB	$\ln \Delta GDP$	$\ln \Delta GDP$
$policeg \times NSC$	0.219 ** (0.084 9)	0.175 *** (0.066 6)	0.162 * (0.088 8)	0.334 *** (0.088 5)
gov	—	0.510 5 (4 117)	—	0.237 84 ** (10 558)
fdi	—	-0.005 43 * (0.002 96)	—	-0.045 8 *** (0.013 0)
$\ln loan$	—	-0.093 8 ** (0.040 0)	—	-0.332 *** (0.068 8)
$\ln Area$	—	0.003 09 (0.062 5)	—	0.838 *** (0.093 2)
$\ln pergdg$	—	0.171 ** (0.070 6)	—	1.296 *** (0.093 3)
年份固定效应	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
Observations	5 960	4 467	5 451	4 234
R^2	0.156	0.147	0.729	0.781

注:***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.1$ 时有统计学意义。括号中 P 值,根据地级市聚类的稳健标准误计算。下同。

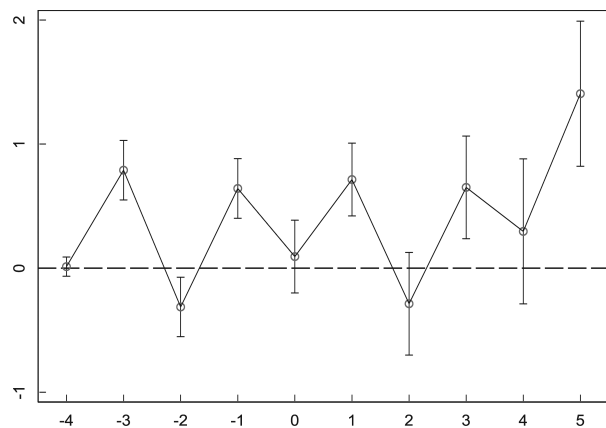


图1 平行趋势检验与动态效应分析

(四)作用机制检验

根据理论部分的研究假说,本节从数据要素空间黏性引致的技术进步和资源空间配置两个维度研究其区域增长极效应的作用机制。考虑到技术进步和资源空间配置可能是数据要素空间黏性产生区域经济增长极化效应的中间变量,因此本文设定如下回归模型:

$$Med_{it} = \beta_0 + \beta_1 policg_{it} \times NSC_{it} + \beta_2 X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

其中, Med_{it} 表示中介变量。首先以劳动生产率作为数据要素空间黏性技术进步效应的代理变量,如果数据在特定区域汇聚后作为新的生产要素能够带来技术进步,那么至少应体现在第二产业和第三产业的劳动生产率上,因此分别以第二产业增加值比第二产业从业人员数、第三产业增加值除以第三产业从业人员数衡量第二产业和第

三产业的劳动生产率;其次,借鉴 Antonio^[30] 以及孙浦阳等^[31] 的做法,以就业人口密度表示城市产业的集聚水平作为资源空间配置效应的代理变量,即城市总就业人口除以总面积,城市就业密度的变化可以反映出劳动力的空间配置情况,城市就业人口密度变大,说明更多的劳动力流向该城市,进一步强化了数据要素黏性城市的要素资源集聚能力,从而促使该城市形成以数据要素驱动的经济增长新动能,成为区域经济增长极。

表3汇报了数据要素空间黏性作用机制的检验结果。其中,第(1)、(2)和(3)、(4)列的被解释变量分别为第二产业劳动生产率和第三产业劳动生产率,可以发现,NSC 的估计系数均在1%的水平上显著,这说明国家超级计算中心的建设确实具有技术进步效应,能够对城市第二产业和第三产业的劳动生产率具有正向的促进作用,从而促进具有国家超级计算中心的城市形成区域增长极。第(5)和(6)列的被解释变量是就业人口密度,同样发现国家超级计算中心建设促进了所在城市就业密度的增加。因此,说明数据要素的空间黏性能够引起劳动要素的空间再配置,并汇聚到生产率较高的特定区域,增加这些区域的就业人口密度,从而驱动这些城市成为区域经济增长极。综上所述,本文结合国家超级计算的空间布局,采用地级市层面的数据,实证研究检验了假说 H2。

表3 作用机制检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>second</i>	<i>second</i>	<i>third</i>	<i>third</i>	<i>density</i>	<i>density</i>
<i>policg</i> × <i>NSC</i>	0.285 *** (0.084 3)	0.221 *** (0.079 6)	2.352 *** (0.134)	0.582 *** (0.070 1)	0.034 9 *** (0.001 47)	0.025 8 *** (0.001 39)
<i>gov</i>	—	11.572 6 *** (4 351)	—	-3.443 6 *** (4 399)	—	0.861 6 *** (87.50)
<i>fdi</i>	—	-0.061 1 *** (0.007 89)	—	0.065 3 *** (0.006 92)	—	0.000 277 ** (0.000 138)
<i>lnloan</i>	—	-0.317 *** (0.022 5)	—	0.562 *** (0.019 8)	—	0.003 80 *** (0.000 394)
<i>lnArea</i>	—	0.086 3 *** (0.013 3)	—	0.320 *** (0.011 8)	—	-0.004 83 *** (0.000 236)
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
<i>Observations</i>	4 935	4 762	4 935	4 760	4 934	4 751
<i>R</i> ²	0.108	0.234	0.370	0.836	0.329	0.457

由数据要素空间黏性引致的区域增长极化效应,是数字经济时代各地充分发挥数据要素价值构建区域发展新优势的重要战略选择。在实践中已有部分地区注重汇聚和本地化存储数据要素对形成新经济增长极的重要作用。例如,贵安新区近10年持续聚焦数据产业,在西部地区获得了数据要素密集的先发优势,成为贵州省内的新经济增长极。考虑到数据要素的空间黏性,海量数据要素跨区域流动成本较高,基于数据要素汇聚、数据本地化存储和安全以及数据要素不完全流动的特性,提供算力服务的数据中心布局应该邻近数据计算需求强和数据要素密集的区域,并发挥数据要素空间黏性的区域增长极化效应,提升经济效率,数据和算力应在空间上协同布局,减少大规模跨区域调配数据或算力资源的成本。

数据要素空间黏性意味着数据要素与劳动者、资本等传统生产要素的空间黏性类似,具有地缘性。数据要素朝着有利于价值释放的区域汇聚、存储和积累,并促进数据要素汇聚区域的经济增长。生产要素空间黏性确保了区域经济的稳定性,改变数据要素空间黏性强度和数字经济空间分布状态会产生较高的成本,这一发现将对深入实施“东数西算”工程提供理论启示。由于数据要素空间黏性的存在,“东数西算”工程在实施过程中容易产生国内算力供需空间错配,算力资源“东部不足,西部过剩”的问题。在构建全国一体化算力网的过程中,不仅要考虑技术可行性,还应遵循经济活动空间分布规律和数字经济的地缘性,改变数据要素空间黏性存在着巨大的经济成本,更优的做法可能是遵循数据要素空间黏性规律,顺势而为打造以数据要素驱动的区域增长极。

五、结论与政策启示

在数字经济时代,数据要素的空间黏性对区域经济布局产生深刻影响,对数据要素的使用和价值挖掘成为各地区获得新比较优势的重要途径之一。本文研究了数据要素空间黏性及其区域经济增长极化效应。首先,数据要素汇聚、数据本地存储和不完全流动是数据要素空间黏性的3个重

要方面内容,受制于市场、技术、制度、行政壁垒和安全等5类制约因素,数据要素不能大规模即时跨区域流动,从而形成数据要素的空间黏性。其次,从经济活动空间分布的视角提出数据要素空间黏性通过技术进步和资源空间配置两个渠道形成区域增长极,并基于国家超级计算中心建设实证检验了上述理论假说。最后,本文将数据要素的空间黏性用于分析“东数西算”工程实施过程遇到的问题,加快构建全国一体化的算力网络体系,通过跨区域的算力调配满足数据计算需求是未来深入实施“东数西算”工程的重要方向之一。

本文对数据要素空间黏性及其区域经济增长极化效应的研究具有丰富的政策含义。第一,在优化数字经济空间布局时,应充分考虑到数据要素的空间黏性及其区域效应,数据要素并不是传统研究所假设的充分自由流动的,将数据与算力空间分置的“东数西算”模式在实践中要改变数据要素的地理空间分布可能面临较大的成本,跨区域大规模调配算力资源不是数据而是未来深入实施“东数西算”工程的重要转变。第二,数据要素空间黏性具有集聚其他生产要素的作用,各地要通过数据基础制度创新,充分利用数据要素空间黏性培育区域增长极,推动传统产业数字化转型、发挥集聚经济效应和巩固区域竞争优势。第三,政府在布局数据中心、算力网络枢纽等数字基础设施时,要充分考虑数据要素空间黏性,以释放数据要素价值为原则发挥数据要素空间黏性牵引其他生产要素集聚提升生产效率的作用。

参考文献:

- [1] MARKUSEN A. Sticky places in slippery space: a typology of industrial districts[J]. *Economic geography*, 1996, 9(3): 34-99.
- [2] 刘逸. 战略耦合的研究脉络与问题[J]. *地理研究*, 2018, 37(7): 1421-1434.
- [3] PIEERE-ALEXANDRE B, DAVID R. The geography of complex knowledge[J]. *Economic geography*, 2017, 93(1): 1-23.
- [4] 张英浩, 汪明峰, 刘婷婷. 数字经济对中国经济高质量发展的空间效应与影响路径[J]. *地理研究*, 2022, 41(7):

1826-1844.

[5]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.

[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.

[7]潘为华,贺正楚,潘红玉.中国数字经济发展的时空演化和分布动态[J].中国软科学,2021(10):137-147.

[8]张国胜,严鹏,李欣珏,等.大数据要素集聚、技术能力缺口与生产率区域差距[J].中国工业经济,2024(10):118-136.

[9]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.

[10] FORNAN C, GOIDFARB A. Concentration and agglomeration of IT innovation and entrepreneurship: evidence from patenting[R]. NBER chapters, 2021:1-45.

[11] TURKINA E, FRIGON A, DOLOREUX D. Network versus spatial proximity and firm innovation: the case of the R&D service sector[J]. Journal of regional science, 2025(65):135-155.

[12]张千,佟家栋.数字要素及其对中国经济增长的贡献:来自中国人工智能专利的证据[J].南开经济研究,2024(10):169-189.

[13]王林辉,姜昊,董直庆.工业智能化会重塑企业地理格局吗[J].中国工业经济,2022(2):137-155.

[14]张翱,孙久文.数字经济、区域专业化格局与比较优势[J].科学学研究,2022,40(10):1788-1797,1920.

[15]梁晴,吴志军,吴翠青.数字经济对城市经济增长影响的中介机制分析[J].东华理工大学学报(社会科学版),2022,41(6):532-537.

[16]黄志强,丘兆逸.论劳动力空间配置粘性 with 喀斯特区农地石漠化:以广西都安瑶族自治县为例[J].学术论坛,2007(5):117-120.

[17]李源,刘承良,毛炜圣,等.全球数据中心扩张的空间特征与区位选择[J].地理学报,2023,78(8):1936-1954.

[18]王姣娥,杜方叶,肖凡.新型基础设施的空间布局模

式研究:以大型数据中心为例[J].地理学报,2023,78(2):259-272.

[19]张佩,王姣娥,肖凡.中国新基建发展的时空演变及驱动因素[J].地理科学进展,2023,42(2):209-220.

[20]王蕾,陈冬林,王建成,等.中国数据中心的空间布局演化及影响因素[J].人文地理,2025,40(2):116-127.

[21]孙久文.发挥区域发展战略的叠加效应[J].东北大学学报(社会科学版),2025,27(2):4-7.

[22]李宇,王竣鹤.产业集群数字化转型的“数字邻近”效应:概念内涵、结构维度与量表开发[J].中国软科学,2025(2):54-65.

[23]张翱,孙久文.缩小区域发展差距与畅通国内经济大循环[J].区域经济评论,2023(1):36-42.

[24] FARBOODI M, VELDKAMP L. A growth model of the data economy[R]. NBER working papers, 2021:1-56.

[25] HSIEH C T, ESTEBAN R G. The industrial revolution in services [R]. Journal of political economy macroeconomics 2023, 1(1):3-42.

[26] MORETTI E. The effect of high-tech clusters on the productivity of top inventors[J]. American economic review, 2021, 111(10):3328-3375.

[27]张翱,孙久文.数据流动、数据要素化与数字经济运行[J/OL].科学学研究,1-10[2025-03-02].<https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract>.

[28]杨壮,吴福象.算力基础设施建设能破解“生产率悖论”吗:基于合作创新和劳动力技能结构的视角[J].经济学家,2025(1):56-65.

[29]刘瑞明,毛宇,亢延锟.制度松绑、市场活力激发与旅游经济发展:来自中国文化体制改革的证据[J].经济研究,2020,55(1):115-131.

[30] ANTONIO C. Agglomeration effects in Europe [J]. European economic review, 2002, 12(1):44-99.

[31]孙浦阳,韩帅,许启钦.产业集聚对劳动生产率的动态影响[J].世界经济,2013,36(3):353.

(本文责编:润 泽)