

数字经济赋能中国城市创新发展的多维机制 与空间效应研究

张英浩^{1,2,3}, 汪明峰^{1,2*}, 匡爱平^{1,2}, 符琳蓉^{1,2}, 崔璐明^{1,2}

(1. 华东师范大学中国行政区划研究中心, 上海 200241; 2. 上海市习近平新时代中国特色社会主义思想
研究中心, 上海 200241; 3. 山东理工大学经济学院, 山东 淄博 255012)

摘要:发挥数字经济赋能城市创新发展是新发展理念的重要体现。论文梳理并构建了数字经济赋能中国城市创新发展的多维机制, 基于2010—2019年中国275个地级及以上城市的面板数据集, 在揭示城市创新水平时空动态特征基础上, 采用空间计量模型等方法对机制进行了检验, 研究结果表明: ① 2010—2019年, 中国城市创新水平呈现一定的非均衡发展态势, 地区间发展差异有扩大的趋势, 并且呈现显著且稳定的空间集聚分布特征。② 全国层面, 数字基础设施和数字产业的发展仅有助于提升本地区城市创新水平, 而数字技术在推动城市创新发展方面具有更强的渗透效应。③ 数字经济多维度水平均对东部、中部、西部和东北4个地区的城市创新水平表现出积极作用, 但只有数字技术在4大区域的模型中均通过了显著性检验。从城市类型异质性看, 数字技术同样表现出最强的影响力和技术扩散效应。文章拓展了数字经济赋能创新发展的研究视角, 并为利用数字经济推动城市创新发展提供了决策参考。

关键词:数字基础设施; 数字技术; 数字产业; 创新; 空间效应; 高质量发展

创新作为新时期经济增长的新参数, 是经济高质量发展的重要体现, 也是实现新旧动能转换和构建新发展格局的重要推动力。近年来, 数字经济逐渐成为最热门的话题之一。特别是2018年后, “数字”一词在政策层面被提及的次数日益增多。随着信息与通信技术的迅速发展, 越来越多的经济活动与新型数字技术进行了一定程度的融合, 数字经济作为一个综合性概念, 其内涵持续演化且被认为是促进经济创新发展的重要推动力^[1-3]。在后疫情时代经济亟需复苏的背景下, 探究数字经济对城市创新

发展的赋能机制与空间效应是必要且重要的议题。

现有数字经济对城市创新发展的影响研究主要集中于两个方面的探讨: 一方面是将数字经济视为一个综合性概念^[2], 具体包括基础设施与技术等方面的综合性测度^[4-7], 然后分析数字经济影响城市创新发展的机制; 另一方面, 也有学者对数字经济中的数字金融、数字产业、数字基础设施等维度进行具体剖析^[8-11], 探究每一个维度对城市创新发展的影响路径与效应。最终得到具有共性的结论, 如数字经济能够提升城市创新水平; 也得到了差异性的

收稿日期: 2023-04-26; 修订日期: 2023-07-19。

基金项目:国家社会科学基金重点项目(19AZD007); 上海市教育委员会科研创新计划重大项目(2021-01-07-00-08-E00130); 中央高校基本科研业务费项目华东师范大学新文科创新平台项目(2022ECNU-XWK-XK001)。[Foundation: National Social Science Foundation of China, No. 19AZD007; Innovation Program of Shanghai Municipal Education Commission, No. 2021-01-07-00-08-E00130; The Fundamental Research Funds for the Central Universities, No. 2022ECNU-XWK-XK001.]

第一作者简介:张英浩(1993—), 男, 山东淄博人, 博士, 讲师, 研究方向为城市地理与城市经济。

E-mail: zhangyinghao16@mailsucas.ac.cn

***通信作者简介:**汪明峰(1977—), 男, 浙江绍兴人, 教授, 博士生导师, 研究方向为城市地理与城市经济。

E-mail: mfwang@re.ecnu.edu.cn

引用格式:张英浩, 汪明峰, 匡爱平, 等. 数字经济赋能中国城市创新发展的多维机制与空间效应研究[J]. 地理科学进展, 2023, 42(12): 2283-2295. [Zhang Yinghao, Wang Mingfeng, Kuang Aiping, et al. Multidimensional mechanisms and spatial effects of digital economy enabling urban innovation and development in China. Progress in Geography, 2023, 42(12): 2283-2295.]

DOI: 10.18306/dlkxjz.2023.12.001

结论,如数字金融的创新“激励效应”在东部十分突出,数字产业在东部城市和中心城市的赋能效应更为明显^[6,12]。总的来说,既有文献在分析数字经济赋能城市创新发展的机制时往往将数字经济视为一种综合性主体^[12-13],缺少从数字经济不同维度对城市创新影响的机制识别;而现有单一维度的研究则缺少数字经济多维度水平影响机制差异的横向对比。

鉴于此,本文首先对数字经济各个维度影响城市创新发展的相关研究结论进行整理和总结,从而构建一个分析数字经济不同维度赋能城市创新发展的机制分析框架。其次,对2010—2019年中国275个地级及以上城市的数字经济多维发展水平和创新水平进行综合测度与分析。根据新经济地理学理论,地理邻近性、空间异质性等空间效应是影响区域创新发展的决定性因素^[14]。因此,本文使用空间计量模型在全国范围内展开实证分析,检验数字经济多维发展水平赋能城市创新发展的影响机制及其空间溢出效应。此外,基于空间异质性视角,进一步分别从区域异质性和城市类型异质性两个方面考察数字经济多维发展水平赋能城市创新水平时的潜在空间异质性。最后,总结数字经济不同维度赋能城市创新发展机制的共性与个性,旨在为数字经济快速发展背景下的城市创新发展提供实践指引与理论依据。

1 理论基础与赋能机制分析

数字经济赋能城市创新发展的机制是多路径、多层次的,需要对具体的影响路径进行梳理与剖

析。一方面,已有研究表明,数字基础设施、数字技术与数字产业对城市创新水平的影响机制与效应有着一定的差异性^[6,12-13,15],如果将数字经济的三个维度综合为单一维度,将难以厘清数字经济赋能城市创新发展的机制。另一方面,数字基础设施、数字技术和数字产业分别作为数字经济中的基础层、应用层和产业层,尽管存在一定层次递进关系和相互依赖的属性,但在城市层面仍存在较为清晰的界定与区分^[1-2,7]。因此,本文尝试分别从数字经济的三个子维度展开分析,以识别数字经济不同维度对城市创新发展的影响机制与可能的空间效应。鉴于此,本文构建了数字经济不同维度赋能城市创新发展的分析框架(图1)。

数字基础设施对城市创新的影响是自下而上的,是数字化等新型创新发生的重要通信硬件与数据资源储存储备基础。首先,数字基础设施以数据为基础,与传统通信基础设施相比,其具有不同的生成数量级,可以支持数据采集与感知、实时传输与分发、储存、计算、处理、挖掘、分析与决策等功能,这些数字化功能为创新提供了最基础的数据保障,也是构建数字创新生态的重要基础。其次,创新需要知识、技术地理邻近性^[9],数字基础设施能够在一定程度上打破空间限制,实现非物理空间的邻近性。相对于传统通信基础设施,数字基础设施的向下兼容性和灵活性为数字和物理网络的多样性注入了互联互通的潜力^[10],有助于打破空间距离的束缚,为创新的产生提供重要的硬件保障。此外,数字基础设施具有生成性(generativity)^[11],对于创新的硬件支持也是源源不断且持续更新的。数字基础设施具有一定的社会化属性,其发展与普及有助

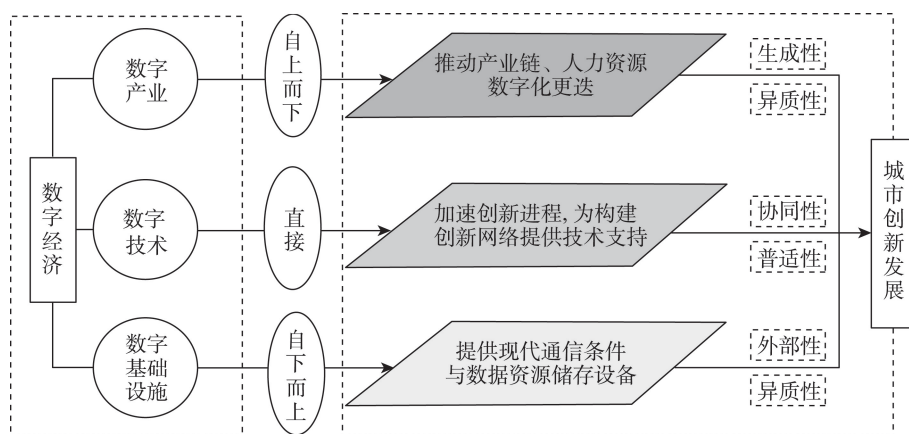


图1 数字经济不同维度赋能城市创新发展的分析框架

Fig.1 Framework of analysis of different dimensions of the digital economy enabling urban innovation and development

于社会层面的数字化转型,例如在城市层面营造数字化创新发展的大环境。此外,需要注意的是,尽管数字基础设施对地方发展具有一定的数字化赋能能力,但“数字基建红利”和传导效率受到地区社会经济发展环境的制约,因此能否仅依靠数字基础设施的发展推动城市创新水平的提高亟需进行实证检验。

数字技术作为一种通用目的技术,具有自发创新扩散能力强、技术迭代频率高、移植成本低和应用个性化等特点^[15],更能够直接、高效地促进创新的发展与突破。首先,数字技术在应用与技术层面对城市创新的影响更为直接,特别是与数字基础设施相比,数字技术的应用与发展能够更为直接地帮助创新主体克服传统空间限制,并通过改革现有的创新结构和组织形式,激发不同层次、各种维度的多样化创新类型,从而推动创新进程。同时,数字技术的应用对于缩减创新主体的交易成本具有显著影响,有助于解决创新过程中的信息不对称问题,从而提升创新主体的盈利能力,并激活创新主体更深层次的创新动力^[16];还可以通过改变价值创造和价值捕获机制为创新提供机会^[17]。其次,数字技术的应用、发展与进步能够降低通讯成本并扩大科技影响范围,增加创新网络连接,以及提高数字技术与新事物的融合速度和程度,进而增加网络知识的异质性和集成需求。这些发展反过来又通过重新分配控制权以及增加对跨时间和空间的知识协调的需求来扩展现有的创新网络^[18]。已有研究发现,在数字技术中,数字金融技术对创新的影响十分深刻。数字金融能够更有效地扩大金融服务对象,为创新活动提供资金支持,增加创新研发投入^[6]。与此同时,数字技术可以凭借其渗透性和融合性特征影响非数字部门和企业,并通过“替代性”和“协同性”促进价值创造能力的持续提升^[19-20]。需要注意的是,数字技术的利用水平和能力可能存在地区差异,加之数字技术存在一定的外部性集聚效应,可能加剧地区间的数字鸿沟。此外,有研究发现,创新过程本身受制于数字技术的发展^[21],并且数字技术并不能对所有的创新成果都产生积极影响^[17]。因此,数字技术对城市创新水平的影响及其空间异质性需要通过实证展开检验。

数字产业对城市创新的影响是自上而下的。首先,数字产业本身作为新兴产业,是创新的阶段性产物与重要表现之一,同时可以发挥高端产业链

协同带动效应和先进产业技术的关联性作用,推动产业链各环节技术创新水平的提升。其次,数字产业的发展可以带来人力资本的更新换代,能够为创新发展提供高端人力资本^[6]。数字产业的发展往往需要一定的数字人才和技术的积累与沉淀,而相关数字人才通常具有较强的创新创业能力,在提高地区人力资本水平的同时能够发挥带动与集聚效应,催生更多创新活动的发生^[22]。再者,从事数字产业的企业的知识生产率通常较高,并具有强外部性和正反馈效应^[19],有助于创新能力的提升与扩散,进而提高城市整体的创新水平。此外,无论是零售、制造还是互联网等领域的数字行业或企业,都是创新的高发地^[23],它们的发展及其与城市经济的相互渗透能够对城市创新水平的提升发挥网络与辐射效应,进而对城市创新水平的整体提升起到重要的推动作用。需要注意的是,尽管数字产业对于相关产业的创新具有一定的带动效应,但通过发展数字产业,发挥其对城市创新的正外部性的效果会受到地区产业集聚、产业结构水平、人力资源等条件的影响,因此发展数字产业能否推动城市创新水平的提高同样也需要通过实证进行检验。

2 指标选择与研究方法

2.1 指标选择

2.1.1 数字经济多维度发展水平

根据已有研究成果^[1,4,24],遵循系统性、科学性、可比性和可操作性原则,本文从数字基础设施、数字技术与数字产业等三个维度对城市层面的数字经济水平进行测度(表1)。

数字基础设施方面,选择互联网和移动互联网用户数、光缆密度和移动交换机容量等指标来综合评价城市层面的数字基础设施发展水平(DIF)。其中,地区的光缆密度和移动交换机容量通常用来表征地区通信基础设施水平,但由于城市统计年鉴中缺少光缆密度和移动交换机容量统计指标,因此需要将省级层面的数据折算至城市层面。为此,借鉴王林辉等^[25]的做法,采用城市市政公用设施建设固定资产投资比重这一指标将省级光缆数据折算至城市层面;采用城市电信收入比重这一指标将省级移动交换机容量指标折算至城市层面。数字技术方面,选择地区上市企业数字化转型水平、数字经济企业专利授权数量和数字普惠金融综合水平来

表1 数字经济发展水平多维度评价指标体系

Tab.1 Multi-dimensional evaluation indicator system of the level of development of the digital economy

一级指标	二级指标	指标来源
数字基础设施	光缆密度(km/km ²)	各省2010—2019年国民经济和社会发展统计公报、2011—2020年《中国统计年鉴》和《中国城市建设统计年鉴》
	每百人移动交换机容量(户/100人)	各省2010—2019年国民经济和社会发展统计公报、2011—2020年《中国城市统计年鉴》
	每百人互联网宽带接入用户数(户/100人)	2011—2020年《中国城市统计年鉴》
数字技术	每百人移动互联网用户数(户/100人)	2011—2020年《中国城市统计年鉴》
	上市企业年报中数字转型关键词频次(次)	国泰安金融数据库(https://www.gtarsc.com)
	每百人数字经济企业专利授权数量(个/100人)	企研数据—数字经济产业专题数据库
	数字普惠金融覆盖广度	北京大学数字金融研究中心和蚂蚁金服集团
	数字普惠金融使用深度	北京大学数字金融研究中心和蚂蚁金服集团
数字产业	数字普惠金融数字化程度	北京大学数字金融研究中心和蚂蚁金服集团
	人均电信业务总量(元)	2011—2020年《中国城市统计年鉴》
	信息传输、计算机服务和软件从业人员数占城镇单位从业人员数量占比(%)	2011—2020年《中国城市统计年鉴》
	每百人拥有数字经济企业数量(个/100人)	企研数据—数字经济产业专题数据库

衡量城市层面的数字技术发展水平(DT)。其中,衡量地区企业数字化转型水平的方法主要借鉴吴非等^[26]的做法,即采用Python爬取深沪A股上市公司年报文本,然后使用Jieba功能提取有关数字化转型的关键词,最后对词频数量进行汇总。数字经济企业专利授权数量数据来源于企研数据—数字经济产业专题数据库(<https://r.qiyandata.com/spcms/home>),该数据库依据国家统计局公布的《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》进行建库,是数字经济相关指标的重要来源^[27-28]。数字产业方面,选择电信业务总量、数字相关从业人员数量、数字经济企业数量来衡量城市层面的数字产业发展水平(DID)。总的来说,对数字基础设施、数字技术和数字产业发展水平的划分与评价主要是基于数字经济的硬件层、应用层和产业层三个维度进行的。此外,为了尽可能减少内生性问题,数字经济多维度水平以滞后一期来表示历年不同维度的数字经济发展水平。

2.1.2 城市创新水平

已有研究对城市创新发展水平评价体系的构建多聚焦于城市的科技创新水平,并认为科技创新产出能够直接反映一个城市的技术创新水平^[4]。其中,现有研究主要使用城市层面的专利授权数量来衡量城市创新水平^[29-31]。一个城市创新授权数量可以表征城市创新产出水平,而申请数量则可以表征城市创新的活跃程度^[32],因此本文利用城市万人专

利授权数量和万人专利申请数量来综合衡量城市创新水平(LUI)。

2.1.3 控制变量与数据来源

为了最大程度地降低遗漏变量带来的偏差,提升模型的科学性与准确性,本文在借鉴现有研究基础上,对可能影响城市创新水平的其他可观测因素进行了控制^[3-5]:① 经济发展水平(RGDP),选择经价格指数平减后的人均国内生产总值这一指标纳入到模型中;② 政府支持力度(SOG),考虑到政府在研发经费方面的支持有助于城市创新水平提升,采用全市科学技术支出占地方财政预算支出的比重作为衡量指标;③ 金融约束(FC),融资约束带来的金融约束通常不利于区域创新水平的提升^[33],因此采用城乡居民储蓄年末余额占地区生产总值衡量;④ 人力资本水平(LOH),从事科研等相关工作的人力资本越多,越有利于城市创新水平的提升,因此采用科研等相关从业人员数占从业人员总数比重进行控制;⑤ 对外开放水平(FDI),对外开放水平有可能会影响地区技术的引进或限制,因此使用经美元换算后的实际利用外资占地区生产总值比重来进行控制。

因变量与控制变量数据来源方面,发明专利申请数和授权数来自国家知识产权局网站中的中国专利公布公告系统。其余数据均来自相应年份地级市统计年报和《中国城市统计年鉴》,对于缺失数据则运用插值法和回归方法进行补充。其中,由于

部分样本城市数据严重缺失,最终确定的研究单元为275个地级及以上城市^①。

2.2 研究方法

2.2.1 非参数核密度估计方法

为了更加细致、直观地刻画和分析中国城市创新水平的动态演进过程,需要利用非参数核密度估计法进行考察。非参数核密度估计由 Rosenblatt 等^[34]提出,其原理如下:设 p 维随机向量 X 的密度函数为 $f(x)=f(x_1,\cdots,x_n)$, X_1, X_2, \cdots, X_n 为它的一个独立同分布的样本,则 $f(x)$ 的核密度为:

$$\hat{f}_n(x) = \frac{1}{nh^p} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-X_i}{h}\right) \quad (1)$$

式中: $K(\cdot)$ 为核函数, h 为带宽,最佳带宽选取的基本思想是使得均方误差最小。此外,核函数有多种形式,本文选择最常用的 Epanechnikov 核函数为最佳带宽。

2.2.2 空间计量模型

构建数字经济多维度发展水平对城市创新水平影响的基本模型:

$$LUI_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_a DE_{i,t} + \alpha_b CON_{i,t} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

式中: $LUI_{i,t}$ 为城市 i 在 t 时期的城市创新水平, $DE_{i,t}$ 为城市 i 在 t 时期的数字经济多维度发展水平,其中,数字经济多维度水平有三个不同的指标,即数字基础设施、数字技术和数字产业发展水平; $CON_{i,t}$ 为一组控制变量; μ_i 表示城市 i 不随时间变化的个体固定效应, δ_t 则控制时间固定效应; $\varepsilon_{i,t}$ 表示随机扰动项; α_0 为截距项, α_a 、 α_b 分别为数字经济多维度发展水平和控制变量的回归系数。

为探究数字经济多维度发展水平对城市创新水平的空间效应,将式(2)拓展为如下的空间面板杜宾模型(spatial panel Durbin model):

$$LUI_{i,t} = \alpha_0 + \rho W LUI_{i,t} + \phi_1 W DE_{i,t} + \alpha_a DE_{i,t} + \phi_2 W CON_{i,t} + \alpha_b CON_{i,t} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

式中: ρ 代表空间自回归系数, W 为空间权重(本文使用 Queen 邻接矩阵); ϕ_1 、 ϕ_2 为数字经济多维度发展水平和控制变量空间交互项的弹性系数。在模型估计阶段,为了减弱不同计量单位对研究成果的影响,本文采用对数变换对变量进行处理。

3 城市创新水平时空演变特征分析

中国地级及以上城市创新水平的核密度分布展示了其在时间维度上的变化特征(图2)。从整个研究时间段看,城市创新水平整体向右移,说明中国地级及以上城市创新水平呈现一定的总体提升演变特征。与此同时,整个研究期间内城市创新水平的核密度波峰呈现波动下降的变化趋势。其中,在2013—2016年期间下降趋势最为明显;在2016—2019年期间主峰波峰再次轻微下降,反映出城市创新水平在地区间的差异仍存在继续扩大的趋势。在城市创新水平核密度曲线左右拖尾方面,左拖尾现象一直不突出,反映出城市创新水平低值地区没有得到明显提升,低值区城市所占比例也没有明显降低;右拖尾出现一定程度的收敛,且核密度峰谷有所扩大,结合主波峰下降的趋势,可推断出研究时间段内城市间的创新水平呈现高值区集聚的非均衡发展态势。此外,各代表性年份的城市创新水平指数核密度曲线都呈现出非标准的钟形曲线,均出现了一个主峰与多个次峰相伴共存的现象,表明中国城市创新水平存在多极分化的特征。总的来说,中国城市创新水平呈现一定的非均衡发展态势,并且地区间发展差异有扩大的趋势。

从空间演变特征看(表2),城市创新水平的全局莫兰指数均显著为正,均值为0.34,表明相邻地区

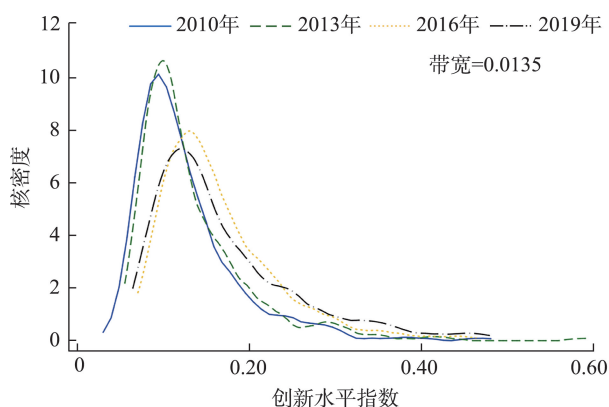


图2 2010—2019年中国城市创新水平核密度
Fig.2 Kernel density of the level of urban innovation (LUI)
in China during 2010–2019

① 由于数据缺失,未纳入本研究的地级市包括山西省临汾市,辽宁省本溪市,安徽省亳州市,福建省宁德市,湖北省襄阳市,广东省汕头市,广西壮族自治区河池市,海南省三亚市、儋州市,贵州省毕节市、铜仁市,云南省普洱市,西藏自治区拉萨市、日喀则市、昌都市、林芝市、山南市、那曲市,甘肃省金昌市,新疆维吾尔自治区吐鲁番市、哈密市,以及港澳台地区城市。

的类似特征值出现较为明显的集聚趋势,即中国地级及以上城市的创新水平空间分布呈现显著且稳定的正向集聚空间格局。创新所需要的各种资源往往存在一定的空间偏好,进而使创新活动也会存

在一定的空间聚集特征,同时,创新活动还存在一定的溢出效应,导致更大范围的空间集聚。

4 模型结果与分析

4.1 模型选择

通过对比LM、LR、Hausman等检验统计量可知(表3),数字基础设施、数字技术和数字产业对城市创新的计量模型都应该选择具有固定效应的空间杜宾模型^[35]。同时,当引入空间效应后,解释变量的相关参数无法直接表示对被解释变量的边际影响。因此,需要将空间效应划分为直接效应、间接效应以及总效应来进行解释。

4.2 基准回归

由表4可知,数字基础设施水平的直接效应为0.031,并且直接效应通过了1%的显著性水平检验,说明在研究期间数字基础设施水平的提高有助于本地区城市创新水平的提升。数字基础设施作为当下经济高质量创新发展的重要条件,一方面能

表2 2010—2019年中国城市创新水平莫兰指数
Tab.2 Moran's I index of the level of urban innovation (LUI) in China during 2010–2019

年份	莫兰指数	Z值
2010	0.379***	9.2344
2011	0.369***	9.1018
2012	0.394***	9.5737
2013	0.374***	9.2043
2014	0.356***	8.5790
2015	0.292***	7.1498
2016	0.318***	7.6077
2017	0.308***	7.3445
2018	0.353***	8.9300
2019	0.303***	7.5378

注:***、**、*分别表示在0.01、0.05和0.1的水平下显著。下同。

表3 LM、Hausman、Wald和LR检验结果
Tab.3 LM, Hausman, Wald and LR test results

		DIF	DT	DID
LM 检验	空间误差	359.317***	366.044***	338.529***
	空间滞后	94.632***	99.272***	84.750***
R-LM 检验	空间误差	264.749***	267.108***	253.804***
	空间滞后	0.064	0.336	0.025
Wald 检验	空间误差	32.58***	40.62***	37.98***
	空间滞后	17.44***	32.13***	75.33***
LR 检验	空间误差	34.55***	40.44***	36.55***
	空间滞后	28.07***	30.44***	27.62***
Hausman 检验		391.05***	783.86***	562.03***
	个体固定效应	344.80***	367.95***	363.93***
	时间固定效应	2537.55***	2598.72***	2445.11***

注:经Hausman检验可知应选择固定效应模型,因此需进一步对个体与时间固定效应进行检验。

表4 数字基础设施的直接效应、间接效应和总效应
Tab.4 Direct, indirect and total effects of digital infrastructure (DIF)

	DIF	RGDP	SOG	FC	LOH	FDI
直接效应	0.031*** (0.006)	0.004*** (0.001)	0.789*** (0.041)	0.0002 (0.001)	0.918*** (0.088)	-0.007* (0.004)
间接效应	-0.018 (0.013)	-0.001** (0.001)	0.221*** (0.081)	-0.006** (0.003)	0.572*** (0.170)	0.016** (0.008)
总效应	0.013 (0.015)	0.003*** (0.005)	1.010*** (0.084)	-0.006** (0.003)	1.490*** (0.189)	0.010 (0.008)

注:括号内为系数估计的标准误。下同。

够为本地区提供一定的数字基础硬件条件,深刻影响着生产与创新要素的流速、流量和流向,特别是会推动数字创新资源向本地区流动与集聚,有利于本地区创新水平的提升。另一方面,数字基础设施水平较高的城市内部能有机会重构城市创新空间,营造更好的城市创新环境。而间接效应的系数为-0.018,说明数字基础设施水平的提高对邻近城市创新水平可能产生一定程度的负向溢出效应。具体地,一方面,这种负向空间溢出效应可能是由数字基础设施的虹吸效应引发,即创新资源从数字基础设施水平较弱的地区流向数字基础设施水平较高的地区。这可能会加剧地区间的不平等,使得资源分布更加集中。另一方面,这种负向空间溢出效应还可能是数字基础设施的阴影效应引发,即数字基础设施水平较高的地区对邻近地区的创新活动的产生与进行造成压制作用。因为在数字基础设施水平较高的地区,创新主体可能会享有更多的优势,使得其他地区的创新活动在竞争中处于劣势。但由于间接效应在统计学上并不显著,因此需要在接下来的异质性检验中进一步验证,以确定负向的溢出效应是否真实存在以及它的具体影响。

由表5可知,数字技术的直接效应、间接效应和总效应均为正值,说明在研究期间数字技术水平的提高有助于本地区的城市创新水平的提升。并且从数值上来看,数字技术的直接效应和总效应的系数远大于数字基础设施的直接效应和总效应的系

数,说明数字技术的发展对提升城市创新水平的影响远大于数字基础设施。数字技术是一种通用目的技术,其本身作为一种新的生产要素,能够直接参与到生产过程中,改变以往价值的产生过程,并且可以凭借自身属性扩散到相关行业进而引发一系列创新。此外,数字技术的强渗透性有助于赋能地区经济数字化转型,在催生一批数据创新属性的人工智能、工业互联网等新兴产业与企业的同时,还有助于推动技术创新和产业变革,拓展创新的可能性边界,发挥技术赋能的乘数效应。需要注意的是,在全国层面数字技术的间接效应系数没有通过显著性检验,不同于数字基础设施模型结果的是,数字技术间接效应的系数为正值,说明数字技术发展水平的提升对邻近地区城市的创新发展可能存在正向溢出效应,但仍需进一步检验与分析。

由表6可知,数字产业的直接效应和总效应系数分别为0.104和0.101,并且均通过了1%的显著性水平检验,说明数字产业的发展有助于推动本地区创新水平的提升。数字产业作为一种技术密集型的先导性和战略性产业,其本身就是一种创新的产物,因此数字产业的发展很大程度上会促进城市整体创新水平的提升。此外,数字产业作为数字经济中的产业层,具有较为明显的前后延伸属性,因此其对城市创新的影响也具有多重方向性,既可以通过产业渗透与辐射效应,催生新的创新性行业与企业,扩展创新影响的范围,推动城市创新水平的

表5 数字技术的直接效应、间接效应和总效应
Tab.5 Direct, indirect, and total effects of digital technology (DT)

	DT	RGDP	SOG	FC	LOH	FDI
直接效应	0.116*** (0.008)	0.004*** (0.001)	0.795*** (0.040)	0.0002 (0.001)	0.927*** (0.085)	-0.005 (0.004)
间接效应	0.001 (0.017)	-0.001** (0.001)	0.253*** (0.078)	-0.007*** (0.002)	0.648*** (0.164)	0.012* (0.007)
总效应	0.116*** (0.019)	0.002*** (0.001)	1.048*** (0.081)	-0.007*** (0.003)	1.575*** (0.183)	0.007 (0.008)

表6 数字产业的直接效应、间接效应和总效应
Tab.6 Direct, indirect, and total effects of digital industry (DID)

	DID	RGDP	SOG	FC	LOH	FDI
直接效应	0.104*** (0.010)	0.004*** (0.004)	0.766*** (0.041)	0.0001 (0.001)	0.858*** (0.086)	-0.005 (0.004)
间接效应	-0.003 (0.021)	-0.001 (0.001)	0.236*** (0.080)	-0.006** (0.002)	0.546*** (0.169)	0.018** (0.007)
总效应	0.101*** (0.025)	0.003*** (0.005)	1.003*** (0.082)	-0.006** (0.003)	1.404*** (0.187)	0.013 (0.008)

提升;还可以推动地区人力资本水平的提升与积累,为城市创新提供更多具备数字技术能力的人才,推动城市创新的高质量发展。而从数字产业发展水平间接效应的系数和显著性来看,全国层面数字产业的发展存在一定的负向空间溢出效应,即数字产业的发展对邻近地区城市创新发展存在一定的虹吸效应与阴影效应。这可能是因为本地区的数字产业发展水平较高,会吸引邻近地区的创新资源,如人才和资本,导致邻近地区的城市创新水平减弱。同时,由于数字产业发展水平较高的本地区可能具有更强的创新能力和资源吸引力,它对邻近地区的创新活动和经济发展产生一定的阻碍。这种阴影效应可能是由于邻近地区在数字产业的竞争中处于劣势,难以与本地区的创新资源和能力相抗衡。但由于此系数在统计学上并不显著,因此仍需进一步检验与讨论。

在控制变量方面,经济发展水平、政府支持力度和人力资源水平的直接效应和总效应在所有模型中均为正值,说明经济环境越好、政府对科技创新的投入越多、地区的相关科研人员储备越充足,越有助于本地区创新水平的提升。其中,经济发展水平的间接效应在3个模型中均为负值,说明地区经济对邻近地区的创新发展水平可能存在一定的虹吸效应;对外开放水平的直接效应系数为负,说明本地区对外开放水平越高越不利于本地区创新水平的提升,这也验证了已有研究中关于外资会增大地区资源压力,进而削弱本地区自主创新能力等结论^[36]。此外,金融约束的总效应也显著为负,说明居民储蓄越多,越不利于城市创新水平的提升。

4.3 稳健性检验

为了验证全国层面空间计量结果的稳健性,继续使用纵横向拉开档次法对数字经济多维度发展水平指标测度的变量进行模型的稳健性检验。指标替换后的稳健性检验结果参见表7。经由对比分析,虽然部分指标的间接效应显著性呈现不同程度的波动,但总效应未出现显著性与方向性的变更。综合来看,模型系数及显著性与原始指标基本一致,表明本文的基本结论具备较高的可信度。

4.4 空间异质性

为了得到更为可靠的空间异质性实证结果,有必要探究数字经济多维度发展水平对城市创新发展影响的区域异质性和城市类型异质性。除了将样本城市按照4大区域划分外^[37],本文还参考已有研究的通用做法^[38],将样本城市划分为超特大型城

市(14座)、I型大城市(13座)、II型大城市(58座)和小城市(190座)。这样的空间异质性研究可以更好地探究不同区域和城市类型在数字经济多维度发展水平对城市创新发展的影响方面的差异。

从表8可以看出,在中部和东北地区,数字基础设施发展水平对城市创新水平具有显著的积极作用,而在东部和西部地区,数字基础设施的系数分别为0.021和0.005,但均没有通过显著性检验。通过综合判断与分析认为,在东部地区,数字基础设施发展相对较早,且发展水平相对于其他3个区域相对较高,数字基础设施红利在前期已经释放殆尽,并且数字基础设施作为一种硬件基础,影响维度较低、影响范围较小,难以起到提升社会经济发展环境较好的东部城市创新水平的作用。而在西部地区,数字基础设施发展相对迟缓且水平偏低,同时西部地区资源转化能力和社会经济发展环境相对较差,进而导致数字基础设施发展难以起到推

表7 数字经济多维度发展水平对城市创新水平空间效应的稳健性检验

Tab.7 Robustness test of the spatial effects of DIF, DT and DID on the level of urban innovation

	DIF	DT	DID	控制变量
直接效应	0.028*** (0.005)	0.105*** (0.007)	0.089*** (0.009)	是
间接效应	-0.016 (0.011)	0.001** (0.015)	-0.003 (0.018)	是
总效应	0.012 (0.013)	0.106*** (0.018)	0.086*** (0.021)	是

表8 数字基础设施、数字技术和数字产业的区域异质性计量结果

Tab.8 Measuring results of regional heterogeneity of DIF, DT and DID

	东部	中部	西部	东北
DIF	0.021 (0.013)	0.076*** (0.011)	0.005 (0.010)	0.070*** (0.026)
R^2_{DIF}	0.715	0.7325	0.604	0.567
DT	0.180*** (0.022)	0.280*** (0.021)	0.040*** (0.011)	0.417*** (0.055)
R^2_{DT}	0.693	0.767	0.612	0.615
DID	0.116*** (0.026)	0.220*** (0.029)	0.049*** (0.015)	0.009 (0.051)
R^2_{DID}	0.683	0.738	0.613	0.555
控制变量	是	是	是	是
个体效应	是	是	是	是
时间趋势	是	是	是	是
样本数量	756	693	729	297

动城市创新水平提升的作用。

数字技术方面,在东部、中部、西部和东北4个地区,数字技术的系数均为正值,并且均通过了1%的显著性水平检验(表8),说明数字技术的发展对4大区域的城市创新水平均起到了推动作用。从上文分析可知,数字技术相比于数字基础设施有更高的扩散性、渗透性和通用性,使其在赋能城市创新时表现出更强的影响力。从系数大小看,在东北地区,数字技术发展对城市创新水平的提升作用强度最大,然后依次是中部、东部和西部地区。东北地区重工业、装备制造业占比高,传统产业结构升级和转型需求迫切,数字技术能够对传统产业从消费端进行多层次和全方位的改造提升^[39],同时,已有的重工业和制造业产业基础也为创新的发展提供了试验田。

数字产业方面,在东部、中部、西部和东北地区,数字产业的系数分别为0.116、0.220、0.049和0.009,其中仅在东北地区,数字产业的系数没有通过显著性检验(表8)。一方面,东北地区传统产业占比较大,数字新兴产业难以发挥带动作用;另一方面,东北地区数字产业发展相对迟缓,发展水平相对较低,数字产业作为数字经济中的产业层,难以直接发挥产业辐射效应以及赋能地区创新水平的不断提升。

从不同城市规模等级的计量结果看(表9),数字基础设施对不同类型城市创新水平的影响程度具有一定的差异。其中,数字基础设施的系数在I型大城市、II型大城市和中小城市的模型中分别是

0.094、0.020和0.038,说明数字基础设施的发展对这3类城市创新水平的提升具有积极影响,特别是在I型大城市和中小城市。需要注意的是,在超特大型城市的计量模型中,尽管数字基础设施的系数没有通过显著性检验,但是表现出负方向性。数字基础设施的发展与更新换代往往需要进行大量的投资,在东部地区数字基础设施赋能创新的红利释放较早,可能已经进入边际效益递减阶段,进一步大力发展数字基础设施可能会占用其他有助于创新高产出、高效能行业的资源,进而阻碍地区创新水平的持续性发展。

数字技术对不同类型城市的创新水平均具有正面的影响,表现出明显的一致性。其中,数字技术的系数在4类城市的模型中分别是0.140、0.222、0.291和0.096,并且均通过了显著性检验(表9)。但从系数大小看,数字技术在不同城市类型模型中的系数远大于数字基础设施在不同城市类型模型中的系数,说明数字技术对不同城市类型创新水平的影响更大。此外,数字技术在I型大城市和II型大城市对城市创新水平的影响更为明显。I型大城市和II型大城市是一些拥有一定创新资源与产业基础的城市,具有数字技术赋能创新发展的提升空间。因此,数字技术在此类型城市能够较为全面地发挥渗透作用,驱动已有相关产业数字创新并创建创新合作网络^[5],共同提升城市创新水平。

数字产业对不同类型城市创新水平的影响与数字技术一样,均表现出正向的影响,其中,数字产业的系数在超特大型城市、I型大城市、II型大城市和中小城市等4类城市的模型中分别是0.098、0.244、0.172和0.090,并且仅在中小城市模型中没有通过显著性检验(表9)。数字产业作为一种技术密集型产业,自身具有创新性属性,因此对城市创新水平均表现出正向影响。对比系数大小,数字产业对城市创新水平提升的影响比数字基础设施大,但整体来看,除在I型大城市外比数字技术小。数字产业带动城市创新的发展需要一定的产业与资源基础,并且其普适性和渗透性相对于数字技术有一定的局限性。

5 结论与讨论

5.1 主要结论

本文构建了数字基础设施、数字技术与数字产业的数字经济多维度赋能城市创新的分析框架,并

表9 数字基础设施、数字技术和数字产业的
城市类型异质性计量结果

Tab.9 Measuring results of urban hierarchy
heterogeneity of DIF, DT and DID

	超特大型城市	I型大城市	II型大城市	中小城市
DIF	-0.020 (0.053)	0.094** (0.045)	0.020 (0.016)	0.038*** (0.007)
R^2_{DIF}	0.296	0.305	0.689	0.574
DT	0.140* (0.078)	0.222*** (0.052)	0.291*** (0.034)	0.096*** (0.010)
R^2_{DT}	0.571	0.338	0.712	0.586
DID	0.098** (0.055)	0.244*** (0.070)	0.172*** (0.035)	0.090 (0.014)
R^2_{DID}	0.342	0.304	0.679	0.590
控制变量	是	是	是	是
个体效应	是	是	是	是
时间趋势	是	是	是	是
样本数量	126	117	522	1710

基于中国城市的面板数据,在揭示城市创新水平的时空演变特征基础上,利用空间计量模型等经济学方法,检验了数字经济多维度水平赋能城市创新水平的影响机制与空间效应,主要结论如下:

第一,时间演变特征方面,2010—2019年间,城市创新水平的核密度顶部呈现波动下降变化趋势,左拖尾现象一直不突出,右拖尾出现一定程度的收敛,且核密度峰谷有所扩大,判断中国城市创新水平呈现一定的非均衡发展态势,同时地区间发展差异有扩大的趋势。空间演变特征方面,城市创新水平呈现显著且稳定的空间集聚分布特征。

第二,空间计量模型结果显示,数字基础设施和数字产业的发展有助于提升本地区城市创新水平的提升,对邻近地区的负向溢出效应没有通过显著性检验,但系数方向性为负。而数字技术在推动城市创新发展方面具有较强的渗透效应,具体表现在直接效应系数较大,且间接效应系数呈现正方向性。同时,通过变量替代方法进行稳健性检验得到了稳健的结果。

第三,从区域异质性看,数字经济多维度发展水平均对城市创新水平表现出积极作用,但只有数字技术在4大区域的模型中均通过显著性检验。从城市类型异质性看,数字技术同样表现出最强的影响力和技术扩散效应,在4类不同城市模型中均表现出显著的正向作用。

数字经济的通用目的性和赋能城市创新发展效应通过数字技术这个维度得到了充分的体现。在进行全国尺度、区域异质性和城市类型异质性的计量模型检验后,数字技术强烈的赋能效应仍能够被明显地观察到,表现出十分“均衡”且“有效”的积极赋能效果。

5.2 讨论与展望

受逆全球化、全球经济放缓以及后疫情时代影响,创新发展受到一定的挑战。近年来,数字经济快速发展,并逐渐成为推动经济高质量创新发展的重要抓手^[7,40]。本文将数字经济这个综合概念进行了拆分,通过理论分析与实证结果可以发现,数字经济不同维度对城市创新水平的影响具有较为明显的差异,这也为未来研究数字经济对创新发展影响提供了差异化的思路,并同时挖掘出一些需要进一步研究的议题。

地区的数字基础设施水平是影响有关创新资源流动的重要基础性因素,也是影响地区创新发展

的重要条件。但一方面数字基础设施的建设与发展在某些区域会出现虹吸效应,导致邻近地区创新要素外流,对区域创新协同发展造成负面影响;另一方面,现阶段对于城市层面数字基础设施水平的评价与测度受限于指标的可用性显得仍有些“传统”,使得在探究数字基础设施对城市创新水平影响机制时仍保持许多“互联网的影子”。因此接下来需要注重对数字基础设施的门槛效应进行具体分析,同时对于新一代的信息通信技术相关指标的利用还需要进一步挖掘与利用。

数字技术对于城市创新水平的影响是直接的、深远的。现有关于数字技术对于创新的研究已相对较多,一方面是由于数字技术对创新的积极影响是显而易见的,另一方面,基于数字技术的特征与属性,其很容易渗透到创新的各个环节,与创新过程紧密融合。但仍应注意,尽管数字技术能够突破物理限制,实现非物理空间的数字赋能,其背后的技术硬件与人力资源仍需要依附于一定的物理空间,因此也需要避免数字技术及其背后物质实体的过度集聚,阻碍区域协同创新发展。同时,数字技术也是一个复杂的综合性概念,其对不同业态的创新发展也存在不同的影响方式与机制,如传统商业受数字技术影响下的新零售、传统制造业受数字技术影响下的智能制造等,这些细分行业的创新也需进一步研究。此外,数字技术作为一种城市创新的重要体现,在进行计量模型检验时可能与城市创新存在一定的内生性问题,因此在接下来的实证研究中可以进一步采用工具变量法、双重差分法等方法来解决内生性问题。

数字产业是城市创新的产物,也是创新产生与发展的重要领域。现阶段的数字产业仍处在快速发展与阶段,其与数字基础设施和数字技术有一定的重合领域,但存在明显的不同。数字产业的影响维度更高,并且可以通过研究数字产业与创新的协同程度进一步研判城市的数字化转型程度。此外,数字产业的发展与地区人力资本和科研水平有着较为明显的联系,因此接下来的研究可以从数字产业、人力资本结构与创新水平等之间的关系进行探究,分析数字产业赋能城市创新水平发展的具体路径。

参考文献(References)

- [1] 徐维祥,周建平,刘程军.数字经济发展对城市碳排放影

- 响的空间效应[J]. 地理研究, 2022, 41(1): 111-129. [Xu Weixiang, Zhou Jianping, Liu Chengjun. The impact of digital economy on urban carbon emissions: Based on the analysis of spatial effects. *Geographical Research*, 2022, 41(1): 111-129.]
- [2] Purnomo A, Susanti T, Rosyidah E, et al. Digital economy research: Thirty-five years insights of retrospective review [J]. *Procedia Computer Science*, 2022, 197: 68-75.
- [3] 匡爱平, 汪明峰, 张英浩. 数字化重塑全球—地方互动的研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2023, 42(2): 380-391. [Kuang Aiping, Wang Mingfeng, Zhang Yinghao. Research progress and prospects of digital restructuring of global-local interactions. *Progress in Geography*, 2023, 42(2): 380-391.]
- [4] 金环, 于立宏. 数字经济、城市创新与区域收敛[J]. 南方经济, 2021(12): 21-36. [Jin Huan, Yu Lihong. Digital economy, urban innovation and regional convergence. *South China Journal of Economics*, 2021(12): 21-36.]
- [5] 张营营, 彭硕毅, 白东北. 数字经济影响城市创新质量的效应与机制研究[J]. 经济经纬, 2023, 40(1): 14-24. [Zhang Yingying, Peng Shuoyi, Bai Dongbei. A study of the effect and mechanism of the impact of digital economy on urban innovation quality. *Economic Survey*, 2023, 40(1): 14-24.]
- [6] 聂秀华, 江萍, 郑晓佳, 等. 数字金融与区域技术创新水平研究[J]. 金融研究, 2021(3): 132-150. [Nie Xiuhua, Jiang Ping, Zheng Xiaojia, et al. Research on digital finance and regional technology innovation. *Journal of Financial Research*, 2021(3): 132-150.]
- [7] 陈治, 张少华. 数字经济、空间溢出与区域创新能力提升: 基于中国274座城市数据的异质性研究[J]. 管理学报, 2023, 36(1): 84-101. [Chen Zhi, Zhang Shaohua. Digital economy, spatial spillover and regional innovation capability enhancement. *Journal of Management*, 2023, 36(1): 84-101.]
- [8] 孙才志, 宋现芳. 数字经济时代下的中国海洋经济全要素生产率研究[J]. 地理科学进展, 2021, 40(12): 1983-1998. [Sun Caizhi, Song Xianfang. Total factor productivity of marine economy in China in the era of digital economy. *Progress in Geography*, 2021, 40(12): 1983-1998.]
- [9] 黎振强. 邻近性对我国省域高技术产业创新绩效影响研究: 基于知识溢出的视角[J]. 内蒙古社会科学(汉文版), 2013, 34(5): 88-92. [Li Zhenqiang. Research on the influence of proximity on the innovation performance of provincial high-tech industries in China: Based on the perspective of knowledge spillover. *Inner Mongolia Social Sciences*, 2013, 34(5): 88-92.]
- [10] Zittrain J. The future of the internet and how to stop it [M]. New Haven, USA: Yale University Press, 2008.
- [11] 杨芳, 张海, 刘晓荣. 数字经济驱动居民消费: 作用机制与空间效应[J]. 地理科学进展, 2023, 42(5): 837-851. [Yang Fang, Zhang Hai, Liu Xiaorong. Digital economy driving household consumption: Mechanism and spatial effects. *Progress in Geography*, 2023, 42(5): 837-851.]
- [12] 郭爱君, 杨春林, 张永年, 等. 数字经济产业发展对城市绿色创新效率的影响: 基于两阶段价值链视角的分析[J]. 城市问题, 2023, 42(1): 49-59. [Guo Aijun, Yang Chunlin, Zhang Yongnian, et al. The impact of digital economy industry development on the green innovation efficiency in cities: Based on a two-stage value chain perspective. *Urban Problems*, 2023, 42(1): 49-59.]
- [13] 王可, 钞小静. 新型数字基础设施对城市创业活跃度的影响研究[J]. 西安财经大学学报, 2023, 36(2): 51-63. [Wang Ke, Chao Xiaojing. Research on the impact of new digital infrastructure on urban entrepreneurial activity. *Journal of Xi'an University of Finance and Economics*, 2023, 36(2): 51-63.]
- [14] 方远平, 谢蔓, 林彰平. 信息技术对服务业创新影响的空间计量分析[J]. 地理学报, 2013, 68(8): 1119-1130. [Fang Yuanping, Xie Man, Lin Zhangping. A spatial econometric analysis of impact of ICT on service innovation: Based on analysis of 21 cities in Guangdong Province. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(8): 1119-1130.]
- [15] 田秀娟, 李睿. 数字技术赋能实体经济转型发展: 基于熊彼特内生增长理论的分析框架[J]. 管理世界, 2022, 38(5): 56-74. [Tian Xiujuan, Li Rui. Digital technology empowers the transformation and development of real economy: An analysis framework based on Schumpeter's endogenous growth theory. *Journal of Management World*, 2022, 38(5): 56-74.]
- [16] Thompson P, Williams R, Thomas B. Are UK SMEs with active web sites more likely to achieve both innovation and growth? [J]. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 2013, 20(4): 934-965.
- [17] Usai A, Fiano F, Messeni Petruzzelli A, et al. Unveiling the impact of the adoption of digital technologies on firms' innovation performance [J]. *Journal of Business Research*, 2021, 133: 327-336.
- [18] Lyytinen K, Yoo Y, Boland Jr R J. Digital product innovation within four classes of innovation networks [J]. *Information Systems Journal*, 2016, 26(1): 47-75.
- [19] 宋旭光, 何佳佳, 左马华青. 数字产业化赋能实体经济发展: 机制与路径[J]. 改革, 2022(6): 76-90. [Song Xuguang, He Jiajia, Zuo Mahuaqing. Digital industrialization enables the development of real economy: Mechanism and path. *Reform*, 2022(6): 76-90.]

- [20] 蔡跃洲, 牛新星. 中国数字经济增加值规模测算及结构分析 [J]. 中国社会科学, 2021(11): 4-30, 204. [Cai Yuezhou, Niu Xinxing. Scale measurement and structural analysis of the value-added of China's digital economy. Social Sciences in China, 2021(11): 4-30, 204.]
- [21] Hinings B, Gegenhuber T, Greenwood R. Digital innovation and transformation: An institutional perspective [J]. Information and Organization, 2018, 28(1): 52-61.
- [22] 王跃生, 张羽飞. 数字经济的双重就业效应与更高质量发展 [J]. 新视野, 2022(3): 43-50. [Wang Yuesheng, Zhang Yufei. Dual employment effect of digital economy and higher quality employment development. Expanding Horizons, 2022(3): 43-50.]
- [23] 王俊豪, 周晟佳. 中国数字产业发展的现状、特征及其溢出效应 [J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(3): 103-119. [Wang Junhao, Zhou Shengjia. The current situation, characteristics and spillover effect of the development of digital industry in China. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2021, 38(3): 103-119.]
- [24] 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. [Zhang Yinghao, Wang Mingfeng, Liu Tingting. Spatial effect of digital economy on high-quality economic development in China and its influence path. Geographical Research, 2022, 41(7): 1826-1844.]
- [25] 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. [Wang Linhui, Jiang Hao, Dong Zhiqing. Will industrial intelligence reshape the geography of companies. China Industrial Economics, 2022(2): 137-155.]
- [26] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现: 来自股票流动性的经验证据 [J]. 管理世界, 2021, 37(7): 130-144, 10. [Wu Fei, Hu Huizhi, Lin Huiyan, et al. Enterprise digital transformation and capital market performance: Empirical evidence from stock liquidity. Journal of Management World, 2021, 37(7): 130-144, 10.]
- [27] 余运江, 杨力, 任会明, 等. 中国城市数字经济空间格局演化与驱动因素 [J]. 地理科学, 2023, 43(3): 466-475. [Yu Yunjiang, Yang Li, Ren Huiming, et al. Spatial evolution and driving factors of urban digital economy development in China. Scientia Geographica Sinica, 2023, 43(3): 466-475.]
- [28] 钟敏, 王增涛. 数字经济与出口增长: 基于中国城市和海关数据的研究 [J]. 国际经贸探索, 2022, 38(9): 21-37. [Zhong Min, Wang Zengtao. Digital economy and export growth: Research based on the data of China's cities and customs. International Economics and Trade Research, 2022, 38(9): 21-37.]
- [29] Szopik-Depczyńska K, Cheba K, Bąk I, et al. Innovation level and local development of EU regions: A new assessment approach [J]. Land Use Policy, 2020, 99: 104837.
- [30] 刘晔, 徐植钫, 马海涛. 中国城市人力资本水平与人口集聚对创新产出的影响 [J]. 地理科学, 2021, 41(6): 923-932. [Liu Ye, Xu Xuanfang, Ma Haitao. Impact of human capital stock and population concentration on innovative output in China. Scientia Geographica Sinica, 2021, 41(6): 923-932.]
- [31] 刘浩华, 陈秀玲. 环境规制、创新与物流业发展水平 [J]. 当代财经, 2022(6): 100-110. [Liu Haohua, Chen Xiuling. Environmental regulation, innovation and development level of logistics industry. Contemporary Finance & Economics, 2022(6): 100-110.]
- [32] 李勇辉, 沈波澜, 胡舜, 等. 生产性服务业集聚空间效应与城市技术创新: 基于长江经济带108个城市面板数据的实证分析 [J]. 经济地理, 2021, 41(11): 65-76. [Li Yonghui, Shen Bolan, Hu Shun, et al. Spatial effect of producer services agglomeration and urban technological innovation: Empirical analysis based on panel data of 108 cities in the Yangtze River Economic Belt. Economic Geography, 2021, 41(11): 65-76.]
- [33] 李大奎. 城市金融产业集聚形成原因的实证研究: 基于我国35个大中城市的面板数据 [J]. 上海经济研究, 2010(8): 41-47, 59. [Li Dalei. A positive study on the causes of formation of financial industrial agglomeration in cities: Based on panel data of thirty-five large and medium Chinese cities. Shanghai Journal of Economics, 2010(8): 41-47, 59.]
- [34] Rosenblatt M. Remarks on some nonparametric estimates of a density function [J]. The Annals of Mathematical Statistics, 1956, 27(3): 832-837.
- [35] LeSage J. Spatial econometrics [M]// Karlsson C, Andersson M, Norman T. Handbook of research methods and applications in economic geography. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2015.
- [36] 刘晶. 外商直接投资对中国经济发展的影响及对策 [J]. 经济纵横, 2007, 23(20): 5-7. [Liu Jing. Impact of foreign direct investment on China's economic development and countermeasures. Economic Review Journal, 2007, 23(20): 5-7.]
- [37] 国家统计局. 东西中部和东北地区划分方法 [EB/OL]. 2021-03-04 [2023-03-26]. http://www.stats.gov.cn/tjzc/zthd/sjtjr/dejtkfr/tjzp/201106/t20110613_71947.htm. [China National Bureau of Statistics. East-West-Central and North-East division method. 2021-03-04 [2023-03-26]. <http://www.stats.gov.cn/tjzc/zthd/sjtjr/dejtkfr/tjzp/201106/>

- t20110613_71947.htm.]
- [38] 李汝资, 刘耀彬, 王文刚, 等. 中国城市土地财政扩张及对经济效率影响路径 [J]. 地理学报, 2020, 75(10): 2126-2145. [Li Ruzi, Liu Yaobin, Wang Wengang, et al. China's urban land finance expansion and the transmission routes to economic efficiency. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(10): 2126-2145.]
- [39] 冯素玲, 许德慧. 数字产业化对产业结构升级的影响机制分析: 基于2010—2019年中国省际面板数据的实证分析 [J]. 东岳论丛, 2022, 43(1): 136-149. [Feng Suling, Xu Dehui. Analysis of the influence mechanism of digital industrialization on industrial structure upgrading: Empirical analysis based on Chinese provincial panel data from 2010 to 2019. *Dongyue Tribune*, 2022, 43(1): 136-149.]
- [40] 杨刚, 张亨溢. 数字普惠金融、区域创新与经济增长 [J]. 统计与决策, 2022, 38(2): 155-158. [Yang Gang, Zhang Hengyi. Digital inclusive finance, regional innovation and economic growth. *Statistics & Decision*, 2022, 38(2): 155-158.]

Multidimensional mechanisms and spatial effects of digital economy enabling urban innovation and development in China

ZHANG Yinghao^{1,2,3}, WANG Mingfeng^{1,2*}, KUANG Aiping^{1,2}, FU Linrong^{1,2}, CUI Luming^{1,2}

(1. Center for Studies of Administrative Division of China, East China Normal University, Shanghai 200241, China;

2. Center for Xi Jinping Thought on Socialism with Chinese Characteristics, Shanghai 200241, China;

3. School of Economics, Shandong University of Technology, Zibo 255012, Shandong, China)

Abstract: Enabling urban innovation and development with the digital economy is an important manifestation of the new development concept. This study examined the multidimensional influence mechanism of the digital economy on the innovation and development of Chinese cities. Based on a panel data set of 275 prefecture-level and above cities in China from 2010 to 2019, the mechanism was analyzed by using spatial econometric models and other methods for revealing the spatiotemporal evolution characteristics of the level of urban innovation (LUI). The results of the study show that: 1) During the study period, LUI in Chinese cities showed an uneven development, with a tendency to widen the development differences between regions, and a significant and stable spatial agglomeration distribution characteristic. 2) Nationwide, the development of digital infrastructure (DIF) and digital industry (DID) only helped to raise LUI within the regions, while digital technology (DT) had a stronger permeability and diffusion effect in promoting LUI. 3) The multidimensional development levels of the digital economy all showed a positive effect on the innovation levels of cities in the eastern, central, western, and northeastern regions, but only digital technology passed the test of significance in the models for all four broad regions. In terms of city type heterogeneity, digital technology also showed the strongest influence and technology diffusion effects. This study expanded the research perspective of digital economy-enabled innovation and development, and provides decision-making references for utilizing digital economy to promote urban innovation and development.

Keywords: digital infrastructure; digital technology; digital industry; innovation; spatial effects; high-quality development