

城市数字技术创新产出的空间策略互动行为研究

李 强,程占红,田祥宇

(山西财经大学,山西 太原 030006)

摘要:区域数字创新协同发展是实现我国国家治理能力与治理体系现代化的重要驱动力。现有文献主要关注区域间数字技术创新产出的空间相关性和异质性,未对其是否存在空间策略互动行为及其作用机制进行识别和检验。本文将技术创新扩散和创新竞争规避效应假说引入城市数字技术创新产出空间特征分析中,通过构建空间计量模型分析城市数字技术创新产出的空间策略互动行为。研究结果表明:第一,本地数字技术创新产出数量的上升会带动空间关联地区数字技术创新产出数量的上升,并且在数字经济发展水平空间权重矩阵下,数字技术创新产出的空间溢出效应高于技术进步空间权重矩阵下的空间溢出效应。从策略互动形式来看,城市间数字技术创新产出表现出明显的向上竞争效应。第二,机制检验表明,城市间数字技术创新产出空间互动效应是由省界竞争规避机制驱动的,城市内部学习示范效应会弱化城市间数字技术创新产出的空间策略互动效应,外部学习示范机制会强化城市间数字技术创新产出的空间策略互动效应。第三,异质性检验表明,数字技术创新产出表现出明显的技术进步、数字经济发展水平异质性;高(低)数字技术创新产出城市间存在显著空间策略互动效应。研究结论对正确认识城市间数字技术创新产出的空间策略互动行为和建立健全区域间数字技术进步协同促进机制具有重要的现实意义。

关键词:城市数字技术创新产出;空间策略互动;技术创新扩散;竞争规避效应;作用机制

文章编号:2095-5960(2024)01-0021-10;中图分类号:F832.0;文献标识码:A

一、引言

人工智能、5G、工业互联网和云计算等数字技术的迅速发展是助力区域新旧动能转换的重要保障。数字技术创新对于数字经济可持续健康发展至关重要,被认为是促进实体经济增长的中坚力量。^[1,2]数字技术创新不仅改变了人们的生活方式和工作方式,也给区域发展带来了巨大的机遇和挑战。在数字技术创新的过程中,创新空间的互动起着至关重要的作用。数字技术具有推动各类生产要素快捷流动、加速各类市场主体协调发展的作用,促进了创新资源的共享,使得区域之间的数字技术创新产出竞争日益激烈。^[3,4]面对充满竞争性和不确定性的国内外经济社会环境,城市数字技术创新能力的提升不仅要靠自身禀赋条件,还需要关注发展水平类似的空间关联城市的数字技术创新决策和采纳行为。因此,本文分析城市间数字创新的空间策略互动行为,并探讨其背后的作用机制,这对于推动城市数字技术合作,实现多城市数字技术创新协调发展具有重要的现实和理论意义。

本文的边际贡献在于:第一,本文基于技术创新扩散和创新竞争规避效应理论视角,通过构建技术进步和数字经济发展水平空间权重矩阵,揭示了城市间数字技术创新产出竞相向上的空间策略互动行为,为优化城市间数字技术合作和规范城市间数字技术创新行为提供有益参考。第二,由于财政分权下的城市政府间存在“标尺竞争”效应,因此本文分析了数字技术创新产出空间互动效应的作用机制以及不同技

收稿日期:2023-07-12

基金项目:国家社会科学基金重点项目“数字乡村建设驱动城乡共同富裕的机制、效应与路径研究”(22AJY025)。

作者简介:李 强(1978—),男,山西阳城人,山西财经大学文化旅游与新闻艺术学院博士研究生,研究方向为数字旅游、城乡旅游;程占红(1972—),男,山西新绛人,山西财经大学文化旅游与新闻艺术学院教授,博士研究生导师,研究方向为旅游经济、旅游管理;田祥宇(1972—),男,山西汾阳人,山西财经大学会计学院教授,博士研究生导师,研究方向为数字经济、城乡经济、财务管理。

术进步程度、数字经济发展水平和低数字创新产出城市与高数字创新产出城市间的空间互动效应,从而丰富了数字技术创新扩散路径的理论研究。

二、文献综述与研究假设

(一)文献综述

随着数字技术的成熟、应用和融合,相关研究已受到国内外众多学者的关注。现有文献主要从企业角度,对数字技术创新的内涵、要素构成、影响因素和影响效应等方面展开研究。

1. 数字技术创新的内涵方面。现有文献主要从过程论、整体论和结果论视角对数字技术创新的内涵进行了分析与界定。其中,过程论认为数字创新是指在运用数字技术、网络化工具和基础设施的基础上,不断提升企业的技术创新效率、提高企业获得规模报酬和经营管理能力的过程。^[5,6]整体论认为数字创新是在技术创新过程中采用互联网、数字基础设施等数字化技术的组合,带来了突破性的数字化产品、生产工艺的改进、盈利模式的改革以及商业模式的创新。^[7]结果论认为数字技术创新可以把数字技术渗透到企业的各类型产品、服务和经营中,进而颠覆性地改变了企业产品和服务的价值创造机制。^[8]总体而言,大部分文献认为数字技术创新是指企业或者组织以人工智能、大数据、云计算和区块链等数字技术作为底层技术,创造出颠覆性的产品、渠道、组织和商业模式的过程及结果。^[9]

2. 数字创新要素构成方面。数字创新是由数字技术创新者、数字技术创新公民、数字政府、数字技术创新生态系统、数字技术创新平台与数字技术创新文化等要素构成。其中,数字技术创新者是指能够利用数字技术,开发新产品和服务的个人或组织。他们具有数字技术创新意识、技术成果转化能力和市场洞察力,能够将数字技术与市场需求相结合,推动数字技术创新的发展。^[6,7]数字技术创新公民是指能够利用数字技术参与社会创新和发展的个人或组织。他们具有数字素养和创新能力,能够利用数字技术解决社会问题,推动社会进步和可持续发展。^[3]数字创新生态系统是指由数字技术创新者、数字技术创新公民、数字政府、企业和社会组织等多方参与的创新网络。数字技术创新生态系统通过合作和共享,促进创新资源的流动和多元主体创新能力的提升,推动数字技术创新发展。^[10]数字技术创新平台是指提供数字化创新服务和资源的平台,包括创新孵化器、数字化技术平台、开放数据平台等,它们为数字技术创新者和创新公民提供了创新环境和创新资源,促进了数字技术创新的蓬勃发展。^[11]数字技术创新文化是指鼓励数字技术创新思维和创新行为的文化氛围和价值观,它们为数字技术创新者提供了文化支持和创新动力,从而提升数字技术创新水平。^[5,12]

3. 数字技术创新影响因素和影响效应方面。①数字技术创新产出和投入主要受区域人力资本集聚、资本集中度、数字基础设施建设、数据政策体系、营商环境系统 and 环境污染等宏观层面因素的影响^[13,14],此外,还受到首席信息官和首席数字官个人特征、企业间数字网络合作意愿和高管团队社会资本等微观因素的影响。^[14-16]②数字技术创新的影响效应方面。从价值创造角度来看,数字技术创新有利于企业改变价值获取方式,快速识别和评估创新机会,提高资源重组效率和运营效率。^[5,9,17]从市场竞争角度来看,数字技术创新有利于企业在产品同质化市场竞争中构造创新生态系统,提高企业产品出口技术复杂度和创新效率,提升自身资源配置效率和数字技术市场占有率,从而获得市场优势地位。^[18-21]从产业发展角度来看,数字技术创新可以有效链接不同创新要素与主体,推动数字技术与产业链的深度融合,提升绿色全要素生产率、带动产业结构转型升级、降低企业交易成本、有效转移金融信贷风险,促进制造业和服务业产品形态和生产方式变革,从而满足消费者个性化需求,促进经济高质量发展。^[22]从收入分配公平性来看,数字技术创新一方面改变了就业市场中的高低技能劳动者的需求结构,从而扩大了高低技能劳动者的收入差距;另一方面数字技术租金直接流向高管团队,导致了企业内部收入差不平等程度。^[23]

综上所述,上述研究视角局限于数字技术创新主体自身的创新决策和影响效应方面,把每一个创新主体视为独立的个体,忽视了竞争对手的数字技术创新决策采纳行为以及外部创新影响因素的制约,缺乏对影响城市间数字技术创新数量竞相增长的作用机制和影响因素的探讨与分析。鉴于此,本文拓展了现有数字技术创新文献的研究视角和研究方法,立足于技术创新扩散和创新竞争规避视角,从城市间互动的视角考虑数字技术创新产出的策略互动行为及其作用机制。

(二) 研究假设

技术创新扩散理论假设某区域会对空间关联“邻居”的外部技术进行理性识别和预测,以此调整自身的技术创新研发策略。^[24]这是因为一个地区的信息、知识的有效组合和外溢对于空间关联地区的技术消化、吸收和运用具有推动作用。并且地区间技术创新知识、信息的相互流动和模仿(包括内部学习和外部学习模仿)降低了地区技术创新在研发设计过程中的不确定性和失败概率,因此空间关联地区的技术创新存在同群效应和空间策略互动行为。^[23,25]区域创新扩散理论认为,区域相近度更多是指区域间的技术相近度或经济发展水平相近度,而非地理区位相近度。相较于地理区位距离,技术距离和经济发展距离成为影响区域技术创新产出和经济增长的重要影响因素。^[26]有学者指出,当技术距离经济发展距离足够小时,信息、知识的外溢作用才会在地区间得到充分发挥,数字技术创新扩散才能有效提升空间关联地区的创新产出、促进经济长期增长。^[27]这是因为技术创新溢出效应的大小与创新扩散源和扩散汇间的“知识位势”密切相关。当技术距离和经济发展水平距离越小时,创新扩散源和扩散汇间的“知识位势”差也越小,空间关联区域间的数字技术创新扩散采用速度也会越快。^[28]考虑到技术知识获取的便捷性和相似性,技术距离或经济发展水平距离越小的区域间,数字技术创新知识学习和模仿的动机也会越强烈,可获得的技术溢出和收益也越多。^[9]根据区域技术创新扩散理论,本文认为数字技术创新产出扩散可能与区域间的技术距离和数字经济发展水平距离因素相关。

对于区域数字创新扩散形成的原因,目前尚未达成共识。大部分学者把数字创新扩散的原因归结为学习性模仿和竞争性模仿。根据数字技术创新扩散理论和竞争规避理论,区域间的技术进步和经济发展竞争是促使数字创新在区域间扩散的重要动力。^[29]竞争对创新的关系在很大程度上取决于相同区域的技术水平差距和经济发展水平差距,如果区域间彼此技术差距和经济发展水平不大,这些区域的“创新竞争规避效应”往往十分显著。所谓创新竞争规避效应是指地区为了逃避激烈的创新竞争而进行的技术创新行为,从而在激烈的竞争中获得优势地位。^[29]由于“创新竞争规避”效应主要体现在“并驾齐驱”型群体内,因此在技术进步程度和经济发展水平相似度较高的区域间,往往会根据竞争对手的创新决策来相应地调整自身的技术创新决策采纳行为。在技术进步和经济发展竞争较高的环境中,技术产品同质化竞争也较为激烈,为了在同质化产品竞争中取得优势竞争地位,空间关联区域的数字技术创新决策和数量往往会成为这个地区的创新决策和数量的“标尺竞争”对象。这是因为:首先,数字技术创新可以开发出更具竞争力的产品。通过引入新的技术和功能,使得城市中的企业可以在市场上提供独特的产品,避免与竞争对手直接竞争。其次,数字技术创新还可以帮助企业改变传统的销售渠道,开辟新的销售渠道,避免与竞争对手在渠道上的直接竞争。数字技术创新还可以帮助企业更好地分析和利用市场数据,了解消费者的需求和偏好,从而有针对性地开发产品和服务,避免与竞争对手在市场细分上的直接竞争。此外,数据分析还可以帮助企业预测市场趋势和竞争对手的行动,制定更有效的竞争策略,避免城市间的服务创新竞争。故在较高的竞争区间,区域间数字技术创新行为存在“同群效应”和“示范效应”,竞争对手的竞争强度会对追随地区的数字技术创新决策和数量起到主导作用。当竞争地区的竞争强度提升时,追随地区也会通过改变自身创新竞争策略和决策使得创新数量增加。因此,本文提出如下研究假设:

在技术距离和数字经济发展水平相似度较高的区域间,由于存在“创新竞争规避”效应,城市间数字技术创新产出具有正向的空间策略互动行为,而在技术距离和数字经济发展水平相似度较低的区域间,这种正向的策略互动行为较弱或者不存在。

三、研究设计

(一) 模型设定

首先,与其他地区有更高相似度的区域会感受到更为强烈的竞争压力,从而也有着更强烈的“创新竞争规避”动机,成为促进数字技术创新扩散和空间策略互动的重要依据。借鉴尹振涛和李泽广^[29]的做法,设定如下空间自回归模型来检验数字技术创新的空间策略互动行为。之所以使用空间计量经济学模型衡量城市间数字技术创新产出的空间策略互动行为,是因为空间计量经济学中的空间权重矩阵是建立在群组基础上的,假设每个群组中的个体相互影响、相互关联,相较于博弈论方法更贴近现实生活。^[30]

$$DI_{it} = \delta \sum_{j \neq i} w_{ij} DI_{jt} + X_{it}'\beta + \zeta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

DI_{it} 表示数字技术创新产出数量, $\sum_{j \neq i} w_{ij} DI_{jt}$ 表示在第 t 期时除 i 城市之外所有城市数字技术创新产出的加权平均值, 系数 δ 用来度量数字技术创新产出的空间策略互动程度, ζ_i 和 μ_t 分别表示个体和时间固定效应。如果 δ 显著为正, 说明城市 i 的数字技术创新产出与相似城市的数字技术创新产出具有趋同性, 意味着与城市 i 相似度较高的城市提高数字技术创新产出时, 城市 i 也会积极地提高数字技术创新产出, 表现出正向空间策略互动效应; 如果系数显著为负, 则区域间数字技术创新产出存在替代式空间策略互动行为; 如果系数不显著, 意味着城市间数字技术创新产出策略相互独立, 不存在空间策略互动行为, 说明没有技术创新扩散和竞争规避效应。

其次, 本文构建非对称空间杜宾模型检验区域间数字技术创新产出策略互动的具体形态。模型具体设定如下:

$$DI_{it} = \lambda_1 E_{it} \sum_{j \neq i} w_{ij} DI_{jt} + \lambda_2 ((1 - E_{it}) \sum_{j \neq i} w_{ij} DI_{jt} + X_{it}'\beta + \zeta_i + \mu_t + \varepsilon_{it}) \quad (2)$$

$$\text{其中, } E_{it} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } \sum_{j \neq i} w_{ij} DI_{jt} > \sum_{j \neq i} w_{ij} DI_{j,t-1} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

DI_{it} 表示第 i 个城市第 t 期数字技术创新产出数量, $\sum_{j \neq i} w_{ij} DI_{jt}$ 表示在第 t 期时除 i 城市之外所有城市数字技术创新产出的加权平均值。 w_{ij} 为空间权重矩阵元素; X_{it} 为控制变量; ζ_i 和 μ_t 分别表示个体和时间固定效应; ε_{it} 为误差项。 E_{it} 为二元虚拟变量, 当 i 区域的竞争区域数字技术创新产出数量上升时为 1, 其他情况为 0。根据式(2), 当空间关联城市的数字技术创新产出数量相较于上一年度上升时, 本地数字技术创新产出数量的空间响应系数为 λ_1 , 反之本地数字技术创新产出数量的空间响应系数为 λ_2 。如果 λ_1 和 λ_2 均显著大于 0, 则城市间数字技术创新产出存在竞争特征; 如果 λ_1 显著大于 0, λ_2 不显著或 λ_2 显著小于 0 时, 则表现为竞相向上竞争, 如果 λ_2 显著大于 0, λ_1 不显著或 λ_1 显著小于 0 时, 则表现为竞相向下竞争, 如果 λ_1 和 λ_2 均不显著, 则城市间数字技术创新产出不存在空间策略互动行为。

(二) 变量与数据

1. 城市数字技术创新产出。根据现有文献对数字技术创新的定义, 本文利用 5G 产业专利授权数、工业互联网专利授权数、人工智能产业专利授权数和电子商务专利授权数总和衡量数字技术创新产出数量。具体而言, 本文城市层面的数字技术创新产出数量采用加权法进行测量, 用城市的软件和信息技术服务业从业人员与对应省份软件和信息技术服务业从业人员的比值作为权重, 再乘以全省数字技术创新产出数量。

2. 空间权重矩阵。本文设定技术进步距离和数字经济发展水平距离矩阵作为空间权重矩阵, 分别记为 W_1 和 W_2 。其中, 技术进步用城市每年专利授权数表示, 数字经济发展水平用软件和信息技术服务业产值衡量。

3. 控制变量。借鉴以往文献的做法^[14, 15], 本文选择的控制变量是: (1) 资本富集程度。资本富集度高的经济体能够投入更多的资金和资源进行技术研发, 从而推动数字创新的发展, 采用年末金融机构贷款余额占 GDP 的比值表示。(2) 城镇化水平。城市通常拥有更完善的基础设施, 可为数字技术创新提供必要的交通网络支持, 提高物流和配送效率, 为数字技术创新提供更好的环境, 用城镇常住人口占总人口的比重表征。(3) 市场化程度。市场化程度越高, 数字技术创新的竞争也越激烈, 可促进企业不断推出新产品和服务, 推动了数字技术创新和数字经济产业的发展, 用城镇私营和个体就业人员数占总人口的比重表示。(4) 经济发展水平。经济发展水平高的地区有更大的市场规模和更多的消费者需求, 意味着数字技术企业有更多的机会推广新技术和产品, 有足够的需求来激发数字技术创新动力, 用人均 GDP 表示。(5) 科技人才集聚水平。科技人才是数字技术行业的核心, 拥有更多高素质、高技能的科技人才可以提高数字技术创新的研发能力, 用软件和信息技术服务业从业人员占总就业人数的比值衡量。(6) 产业结构。数字技术创新通常需要不同环节的产业链和价值链的整合, 产业结构的合理布局 and 整合将有助于推进数字技术创新, 用第三产业占 GDP 比值衡量。(7) 创新环境。创新环境对数字技术创新有着重要影响, 政策支持、科研机构和创新平台、创新文化、技术交流合作等方面的优化和改进, 有助于提供良好的创新环境, 推动数字技术创新的发展和应用, 用创新创业指数衡量(详见表 1)。

表 1 变量描述性统计

变量名称	符号	均值	标准差	最小值	最大值
数字技术创新产出	<i>DI</i>	7.421	17.688	4.052	9.723
资本富集程度	<i>capital</i>	0.110	0.140	0.025	0.741
城镇化水平	<i>city</i>	0.401	12.368	0.211	0.865
市场化程度	<i>mark</i>	0.316	1.156	0.018	0.558
经济发展水平	<i>gdp</i>	3.412	15.320	0.218	15.724
科技人才集聚水平	<i>people</i>	0.245	21.047	0.025	0.492
产业结构	<i>industry</i>	0.452	0.016	0.257	0.793
创新环境	<i>innovation</i>	2.631	18.334	0.621	4.605

4. 数据来源和样本选择。数字技术创新产出数据来源于企研数据和知识产权局,其余数据来自《中国城市统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》以及各省市统计年鉴、国民经济和社会发展统计公报。因三沙、巢湖等行政区的数据缺失值较多,因此本文予以剔除,同时由于 2010 年之前的城市数字技术创新产出的缺失值较多,因此本文最终选定 2010~2019 年 270 个地级及以上城市的相关数据作为研究样本。

四、实证结果分析

(一) 空间相关性分析

采用全局 Moran's I 指数度量区域数字创新产出的空间自相关性。从表 2 可见,2010~2019 年,在两种空间权重矩阵下,城市数字创新产出的 Moran's I 指数值均在 1% 水平下显著为正,表明不同城市之间的数字创新产出存在空间依赖性。经过 LM 以及 Rboust-LM 检验,本文最终选择了空间自回归模型检验城市数字创新产出的空间策略互动行为。由于存在空间自相关性,使用传统的 OLS 方法会使得估计结果有偏,因此采用准极大似然法(QMLE)估计模型的待估参数。

(二) 数字技术创新产出空间策略互动效应检验

为了分析技术进步距离和数字经济发展水平距离对数字技术创新产出的空间依赖性影响,证实技术创新扩散理论和竞争规避效应理论,本文同时引入技术进步距离和数字经济发展水平空间权重矩阵,重点关注空间响应系数的结果。表 3 列(1)(2)分别报告了技术进步距离、数字经济发展水平距离空间权重矩阵下,城市数字技术创新产出的空间策略互动行为。由表 3 可知,空间响应系数在 1% 的水平上显著为正,说明技术进步程度邻近和数字经济发展水平相似度较高的城市间,数字技术创新产出有着更强的空间策略互动,符合创新扩散效应和创新竞争规避效应假说。即技术水平竞争度和数字经济发展水平竞争度的提升会促进数字技术创新产出的空间策略互动。

从空间策略互动强度来看,数字经济发展水平空间权重矩阵下,数字技术创新产出的系数估计值高于技术进步空间权重下的估计系数值,表明与技术进步邻近相比,数字经济发展水平相似度在城市数字技术创新产出互动中所起作用更大。

表 3 数字技术创新产出空间互动效应检验结果

变量	(1)	(2)
δ	0.401*** (8.627)	0.552*** (7.514)
<i>capital</i>	0.204*** (5.666)	0.303*** (12.987)
<i>city</i>	0.105** (2.718)	0.119** (2.224)
<i>mark</i>	0.016 (0.157)	0.109** (2.162)
<i>gdp</i>	0.591** (2.227)	0.197** (1.999)

表 2 Moran's I 指数检验结果

年份	W_1	W_2
2010	0.331***	0.105***
2011	0.347***	0.115***
2012	0.355***	0.118***
2013	0.345***	0.119***
2014	0.356***	0.120***
2015	0.358***	0.122***
2016	0.331***	0.122***
2017	0.366***	0.128***
2018	0.372***	0.129***
2019	0.387***	0.131***

注:***表示在 1% 水平上显著。

续表 3

<i>people</i>	0.191 (0.304)	0.182* (1.697)
<i>industry</i>	0.538* (1.826)	0.399* (1.792)
<i>innovation</i>	0.291*** (8.554)	0.186** (2.147)
时间固定效应	控制	控制
城市固定效应	控制	控制

注:括号内为 z 统计量,***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著。下同。

(三) 数字技术创新产出的空间策略互动形式识别

表4列(1)(2)分别报告了在技术进步距离和数字经济发展水平距离空间权重矩阵下,城市数字技术创新产出的策略互动行为的具体形式。由表4可知,在技术进步距离空间权重矩阵下, λ_1 在5%的显著性水平下显著大于0, λ_2 不显著,说明在技术进步距离空间权重矩阵下,城市间数字技术创新产出存在竞相向上竞争效应。在数字经济发展水平距离空间权重矩阵下, λ_1 在5%的显著性水平下显著大于0,而 λ_2 不显著,说明在数字经济发展水平距离空间权重矩阵下,城市间数字技术创新产出同样存在竞相向上竞争效应。以上分析结论表明,当某城市的竞争地区的数字技术创新产出提升时,该城市的数字技术创新产出数量也会提高,说明城市间数字技术创新产出存在竞相向上竞争的集体非理性行为。

表4 数字技术创新产出的空间策略互动具体形式回归结果

变量	(1)	(2)
λ_1	0.252** (2.151)	0.401** (2.203)
λ_2	0.007 (0.187)	0.787 (1.399)
控制变量	控制	控制
时间固定效应	控制	控制
城市固定效应	控制	控制

表5 省界竞争规避效应检验结果

变量	(1)		(2)	
	省内	异省	省内	异省
δ	0.336** (2.163)	0.208 (1.012)	0.667*** (3.148)	0.128** (2.387)
控制变量	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制

(四) 机制检验

1. 省界竞争规避机制

中国式财政分权所产生的政治官员晋升锦标赛使得地区间竞争所瞄准的对象可能是存在“标尺竞争”的同一省份的空间关联城市。因此,创新扩散和竞争规避效应在我国可能存在“省界竞争规避效应”,其中省界竞争规避效应指不同城市间的空间策略互动受到“是否归属于同一省份”的影响,若存在“省界竞争规避效应”,说明属于同一个省份内的地级市间数字技术创新产出存在空间互动效应。因此,本文借鉴秦士坤等^[24]的研究方法,来检验省界竞争规避效应在数字技术创新产出空间策略互动中发挥的作用。本文将前文采用的技术进步距离空间权重、数字经济距离空间权重矩阵分为同省和异省空间权重矩阵,其中同省空间权重矩阵上位于不同省份地区的距离元素为0,异省空间权重矩阵上位于相同省份的距离元素为0。由表5列(1)可知,在技术进步距离空间权重矩阵的设定下,异省空间权重矩阵下的空间响应系数不显著,同省权重矩阵下的空间响应系数均显著为正,说明数字技术创新产出存在省界竞争规避效应。由表5列(2)可知,在数字经济发展水平距离空间权重矩阵的设定下,同省权重矩阵下的空间响应系数大于异省空间权重矩阵下的空间响应系数。以上回归结果说明同一个省份内的地级市间数字技术创新产出存在空间互动效应。

2. 学习示范机制

行为经济学中把空间互动效应的形成与来源概括为内部学习示范和外部学习模仿两种作用机制,前者指城市通过从自身的数字技术创新产出的经验中学习,积累经验,降低盲目参与和模仿的风险,以此矫正过正。后者是通过向其他外部城市获取数字技术、知识和信息来降低数字技术创新产出风险的行为,两类学习性示范作用机制都可能产生数字技术创新产出空间互动效应。

①内部学习示范效应。根据行为经济学理论,借鉴邓慧慧和赵家羚的研究思路^[31],本文设定一个虚拟变量,如果某城市数字技术创新产出大于上一年度的数字技术创新产出则赋值为1,否则为0,用以表示城市从自身的数字技术创新产出提升的经验当中学习,进一步更正原有的非理性行为。②外部学习示范效应。如果省内与其数字技术创新产出相近或更高的地级市数量较多,那么某一城市可以从省内其他地级市的数字技术创新产出提升的经验中学习和总结经验,因此本文使用省内与本城市数字技术创新产出相近或较高数字技术创新产出的城市数量衡量外部学习示范效应。如果观测到省内地级市数量对空间互动效应具有显著的正向影响,则表明这种空间互动效应来源于外部学习示范性机制。通过设立模型(3)来检验以上两类学习示范机制。

$$WDI_{it} = \eta_1 S_{it} + \eta_2 X_{it} + \zeta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

WDI_{it} 作为被解释变量,表示城市*i*所在省份的其他城市数字技术创新产出的平均数量, S_{it} 表示影响城市数字技术创新产出空间互动效应的学习示范变量; X_{it} 是控制变量。

从表6可以看出:(1)城市数字技术创新产出空间互动的内部学习机制的系数显著为负,表明城市数字技术创新产出提升过程中的自身经验积累会显著负向影响空间互动效应,说明城市会从以往数字技术创新发展经验中不断总结、学习和更正原有非理性行为;(2)省内地级市数量的系数显著为正,表明同省内的城市数量越多,数字技术创新产出的空间互动效应越强,说明数字技术创新产出的空间互动效应部分来源于外部示范机制。

表6 学习示范机制检验结果

变量	内部学习机制	外部学习机制
δ	-0.154*** (9.824)	0.630** (2.121)
控制变量	控制	控制
时间固定效应	控制	控制
城市固定效应	控制	控制

表7 不同技术进步数字技术创新产出策略互动的检验结果

变量	模型(1) 高-高	模型(2) 高-低	模型(3) 低-低	模型(4) 低-高
δ	0.444*** (10.237)	0.014*** (8.557)	0.338** (2.333)	0.613 (1.142)
控制变量	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制

(五)不同技术进步和数字经济发展水平下的数字技术创新产出策略互动行为分析

从技术创新扩散和竞争规避机制来看,技术进步程度和数字经济发展水平较高的区域很可能成为技术进步较低和数字经济发展水平较低地区的“领导者”,为了研究不同技术进步和数字经济发展水平下的城市在数字技术创新产出策略互动方面存在的差异,本文计算了2010~2019年城市所有专利数量占全国所有专利授权量的比值,按中位数划分成两个组别,把大于中位数的样本城市记为技术进步程度较高的城市,把小于中位数的样本城市记为技术进步程度较低的城市。同理,本文计算了2010~2019年各地级市数字经济产出占GDP的比值,按中位数划分成两个组别,把大于中位数的样本城市记为数字经济发展程度较高的城市,把小于中位数的样本城市记为数字经济发展程度较低的城市。

根据技术进步程度可以得到如下4种不同的模型组合:模型(1)反映技术进步程度较高的城市间的数字技术创新产出空间策略互动反应;模型(2)表示高技术进步程度城市的数字技术创新产出提高时,低技术进步程度城市的数字技术创新产出的空间策略互动反应;模型(3)是表示低技术进步程度城市间的数字技术创新产出空间策略互动;模型(4)表示低技术进步程度城市的数字技术创新产出提高时,高技术进步程度城市的数字技术创新产出的空间策略互动反应。同理可以得到4种数字经济发展水平不同的模型组合。

表7和表8模型(1)和(3)的结果分别表明技术进步程度和数字经济发展水平较高和较低两个组别的城市间存在显著的空间策略互动行为,符合技术创新扩散和竞争规避效应理论;从模型(2)的结果看,当数字经济发展水平和技术进步程度较高的城市提升数字技术创新产出数量时,技术进步程度和数字经济发展水平较低的城市也会提高其数字技术创新产出数量,表明技术进步程度和数字经济发展水平较低的“追随者”会看齐技术进步程度和数字经济发展水平较高的“领导者”的数字技术创新决策采纳行为;从模型(4)可以看出,当技术进步程度和数字经济发展水平较低的区域提升数字技术创新产出数量时,技术进步程度和数字经济发展水平较高的城市不会提高其数字技术创新产出。

表8 不同数字经济产出下的数字技术创新产出策略互动的检验结果

变量	模型(1) 高-高	模型(2) 高-低	模型(3) 低-低	模型(4) 低-高
δ	0.128** (2.120)	0.584*** (9.929)	0.711** (2.014)	1.532 (0.736)
控制变量	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制

表9 不同数字技术创新产出下的数字技术创新产出空间策略互动检验结果

变量	模型(1) 高-高	模型(2) 高-低	模型(3) 低-低	模型(4) 低-高
δ	1.321*** (14.520)	0.931*** (7.801)	0.637** (1.992)	0.014 (1.257)
控制变量	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制

(六)不同数字技术创新产出下的数字技术创新产出空间策略互动行为分析

式(1)只能检验城市数字技术创新产出是否存在空间策略互动,由于城市数字技术创新产出差异的存在,使得不同数字技术创新产出水平城市之间可能存在相互学习和模仿行为。本文计算了2010~2019年各地级市数字技术创新产出,根据中位数划分成两个组别,把大于中位数的样本城市记为数字技术创新产出较高的城市,把小于中位数的样本城市记为数字技术创新产出较低的城市。其中,低数字技术创

新产出省份为170个,高数字技术创新产出城市为100个。

表9模型(1)和(3)的结果表明数字技术创新产出度较高和较低两个组别的城市间存在显著的空间策略互动行为,但不同数字技术创新产出城市间的空间策略互动效应也存在明显差异。具体来看,低数字技术创新产出城市间空间策略互动效应系数均显著为正,高数字技术创新产出城市对低数字技术创新产出城市存在显著的空间策略互动效应,低数字技术创新产出城市对高数字技术创新产出城市的空间策略互动效应不显著,表明高(低)数字技术创新产出城市间存在显著空间策略互动效应,高数字技术创新产出城市对低数字技术创新产出城市存在空间策略互动效应,低数字技术创新产出城市对高数字技术创新产出没有空间策略互动效应。

(七)稳健性检验

1. 内生性问题识别。城市间数字技术创新产出可能会因为解释变量与扰动项相关、解释变量与被解释变量之间互为因果关系以及遗漏变量误差等内生性问题使得系数估计结果有偏。因此,本文采用解释变量滞后一期的GMM方法对基准模型重新进行回归,估计结果见表10的Panel A。由表10Panel A可知,在技术进步和数字经济发展水平距离空间权重矩阵下,城市间数字技术创新产出空间滞后项的估计系数仍然显著为正,说明城市间数字技术创新产出具有显著的空间策略互动行为,与基准模型的回归结果一致。

2. 变化空间权重矩阵。由于中国地域广阔,不同的地级市面积差异可能很大,本文参考秦士坤等(2021)的做法,重新构造空间权重矩阵。具体做法为,如果地级市之间地理距离小于或等于200 km和250 km,将二者定义为相邻,否则为不相邻。从表10 Panel B(1)(2)可以看出,在变化空间权重矩阵后,城市间数字技术创新产出空间滞后项的估计系数仍然显著为正,说明城市间数字技术创新产出具有显著的空间策略互动行为,与基准模型的回归结果一致。

表10

稳健性检验结果

Panel A 滞后一期的系数估计结果		
变量	(1)	(2)
δ	0.222 ** (2.961)	0.501 ** (3.213)
控制变量	控制	控制
时间固定效应	控制	控制
城市固定效应	控制	控制
Panel B 变换空间权重矩阵的估计结果		
δ	0.219 ** (2.597)	0.577 ** (7.203)
控制变量	控制	控制
时间固定效应	控制	控制
城市固定效应	控制	控制

五、结论与建议

本文结合技术创新扩散理论和竞争规避效应理论,使用2010~2019年中国地级市及以上城市面板数据分析了数字技术创新产出的空间策略互动行为及其形成机制,从空间策略互动视角对区域间激烈的数字技术创新产出竞争给出一个合理的解释,得到如下结论:第一,由于区域间存在技术进步和数字经济发展水平竞争效应,为了在激烈的竞争中取得优势地位,区域间数字技术创新产出具有显著的空间策略互动行为。估计结果表明,本地数字技术创新产出数量的上升会带动空间关联地区数字创新产出数量的上升。在数字经济发展水平相似度空间权重矩阵下,数字技术创新产出的空间溢出效应高于技术进步相似度空间权重矩阵下的空间溢出效应,说明数字经济发展水平相似度在数字技术创新产出空间策略互动中发挥较大作用。从空间策略互动形式来看,城市间数字技术创新产出表现出明显的竞相向上竞争,进一步证明了数字技术创新产出的竞争规避效应。第二,机制检验表明,由于中国式财政分权所产生的政治官员晋升锦标赛,使得地区间竞争所瞄准的对象可能是同省份的空间关联城市,这会使得数字技术创新产出空间互动是由省界竞争规避机制驱动的,同时城市内部学习示范效应会弱化城市间数字技术创新产出的空间互动效应,外部学习示范机制会强化城市间数字技术创新产出的空间互动效应。第三,异质性检验表明,数字技术创新产出表现出明显的技术进步、数字经济发展水平异质性,以及高(低)数字技术

创新产出城市间存在显著空间策略互动效应,高数字技术创新产出城市对低数字技术创新产出城市存在空间策略互动效应,低数字技术创新产出城市对高数字技术创新产出没有空间策略互动效应。本文的研究结论可为我国新时代规范城市间数字技术创新行为提供如下启示:

第一,推动城市数字基础设施建设,促进区域间信息通信技术的交流与合作,促进数字技术创新人才、资金的跨区域流动。一方面,充分利用区域协同发展的政策,加强区域间数字技术创新人才培养,优化数字技术创新人才与资金的空间配置,缩小区域间数字技术进步差距,进而提升区域间数字技术创新合作的意愿;另一方面,反对“以邻为壑”的不正当竞争策略,打破区域数字技术研发设计的各种政策性和制度性壁垒,通过数字技术合作或资金合作,分享数字技术研发经验,共享数字技术创新成果,最大化实现数字技术的外部性作用。第二,面对新时代对数字经济高质量发展的新要求,地方政府作为数字技术创新和环境规制的监管主体,应着眼于长远利益,充分平衡区域间数字经济发展、数字技术创新提升的多方面需求。一方面,要优化和调整产业结构,提升数字产业化和产业数字化水平。各级政府需要针对数字产业化和产业数字化的薄弱环节给予政策倾斜和扶助,防范数字技术发展带来新的“技术孤岛”问题。另一方面,要结合新时代数字经济发展的政策要求,地方政府应建立分层次、分区域的数字经济发展政策体系,在充分把握自身经济发展禀赋条件和区位优势的基础上,提高城市自身的数字化产业规模与质量,因地制宜地选择适合自身的数字技术创新管控机制。第三,由于城市间存在数字经济增长竞争和策略互动行为,并且数字技术价值创造能力与数字产业科技供应链的控制能力密切相关。因而各城市应该构建数字技术创新发展的长效协同治理机制,规范数字型知识产权合同、持续增加 R&D 经费投入、重点引进和培养数字型人力资本、大力改善信息、互联网和软件从业人员的就业环境等;加强数字技术创新研发、投入方面经验的交流和数字技术创新生态环境治理措施的对接,充分发挥数字经济智能化、服务化、生态化作用,增强数字技术创新产业链韧性,不断延伸人工智能、5G 和工业互联网产业链,提升数字技术创新的价值创造能力。

参考文献:

- [1] 钞小静, 薛志欣, 王宸威. 中国新经济的逻辑、综合测度及区域差异研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2021(10): 3~23.
- [2] 王军, 朱杰, 罗茜. 中国数字经济发展水平及演变测度[J]. 数量经济技术经济研究, 2021(07): 26~42.
- [3] Ciriello R F, Richter A, Schwabe G. Digital Innovation[J]. Business & Information Systems Engineering, 2018(6): 563~569.
- [4] Di Vaio A, Palladino R, Pezzi A, et al. The Role of Digital Innovation In Knowledge Management Systems: A Systematic Literature Review [J]. Journal of Business Research, 2021: 220~231.
- [5] Bouwman H, Nikou S, de Reuver M. Digitalization, Business Models, and SMEs: How do Business Model Innovation Practices Improve Performance of Digitalizing Smes? [J]. Telecommunications Policy, 2019(9): 101828.
- [6] George G, Merrill R K, Schillebeeckx S J D. Digital Sustainability and Entrepreneurship: How Digital Innovations Are Helping Tackle Climate Change and Sustainable Development[J]. Entrepreneurship Theory and Practice, 2020(5): 999~1027.
- [7] Nambisan S, Lyytinen K, Majchrzak A, et al. Reinventing Innovation Management Research in a Digital World [J]. MIS Quarterly, 2017(1): 223~238.
- [8] Hinings B, Gegenhuber T, Greenwood R. Digital Innovation and Transformation: An Institutional Perspective [J]. Information and Organization, 2018(1): 52~61.
- [9] 黄勃, 李海彤, 等. 数字技术创新与中国企业高质量发展——来自企业数字专利的证据[J]. 经济研究, 2023(3): 97~115.
- [10] Talwar S, Talwar M, Kaur P, et al. Consumers' Resistance to Digital Innovations: A Systematic Review and Framework Development [J]. Australasian Marketing Journal (AMJ), 2020(4): 286~299.
- [11] Hund A, Wagner H, Beimbom D, et al. Digital Innovation: Review and Novel Perspective [J]. The Journal of Strategic Information Systems, 2021(4): 101695.
- [12] Wiesbeck F, Hess T. Digital innovations [J]. Electronic Markets, 2020(1): 75~86.
- [13] 柳卸林, 董彩婷, 丁雪辰. 数字创新时代: 中国的机遇与挑战 [J]. 科学学与科学技术管理, 2020(6): 3~15.
- [14] 孙勇, 樊杰, 等. 长三角地区数字技术创新时空格局及其影响因素[J]. 经济地理, 2022(02): 124~133.
- [15] 张铭, 曾静, 等. “技术-组织-环境”因素联动对互联网企业数字创新的影响——基于 TOE 框架的模糊集定性比较分析与必要条件分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2023-03-30.

- [16] Kraus S, Roig - Tierno N, Bouncken R B. Digital Innovation and Venturing: An Introduction into the Digitalization of Entrepreneurship [J]. Review of Managerial Science, 2019(3):519~528.
- [17] 罗佳, 张蛟蛟, 李科. 数字技术创新如何驱动制造业企业全要素生产率——来自上市公司专利数据的证据 [J]. 财经研究, 2023 (2):95~109.
- [18] 程聪, 缪泽锋, 等. 数字技术可供性与企业数字创新价值关系研究 [J]. 科学学研究, 2022 (5):915~926.
- [19] 陶锋, 朱盼, 等. 数字技术创新对企业市场价值的影响研究 [J]. 数量经济技术经济研究, 2023 (5):68~91.
- [20] 温湖炜, 王圣云. 数字技术应用对企业创新的影响研究 [J]. 科研管理, 2022 (4):66~74.
- [21] 刘泽岩, 林汉川, 张思雪. 城市数字技术、创新异质性与“隐形冠军”企业出口产品技术复杂度 [J]. 当代财经, 2021 (10):103~116.
- [22] 李小平. 偏向性技术进步与中国工业全要素生产率增长 [J]. 经济研究, 2018(10):82~96.
- [23] 赵源. 数字技术创新、租金分享与企业内部收入不平等 [J]. 南开经济研究, 2023 (5):74~92.
- [24] 秦士坤, 王雅龄, 杨晓雯. 政策创新扩散与PPP空间分布 [J]. 财贸经济, 2021 (10):70~86.
- [25] 郁建兴, 黄飏. 地方政府创新扩散的适用性 [J]. 经济社会体制比较, 2015 (1):171~181.
- [26] Andrews D, Nicoletti G, Timiliotis C. Digital Technology Diffusion: OECD Economics Department Working Papers [Z]. OECD Publishing, 2018.
- [27] Pantano E, Vannucci V. Who is Innovating? An Exploratory Research Of Digital Technologies Diffusion In Retail Industry [J]. Journal of Retailing and Consumer Services, 2019:297~304.
- [28] Nicoletti G, von Rueden C, Andrews D. Digital Technology Diffusion: A Matter Of Capabilities, Incentives or Both? [J]. European Economic Review, 2020:103513.
- [29] 尹振涛, 李泽广. 竞争规避与银行金融创新扩散——基于同质化视角的实证检验 [J]. 管理世界, 2021(11):71~89.
- [30] 方航, 陈前恒. 社会互动效应研究进展 [J]. 经济学动态, 2020(05):117~131.
- [31] 邓慧慧, 赵家玲. 地方政府经济决策中的“同群效应” [J]. 中国工业经济, 2018(04):59~78.

Research on Spatial Strategy Interaction Behavior of Digital Innovation Output in Chinese Cities

LI Qiang, CHENG Zhanhong, TIAN Xiangyu

(Shanxi University of Finance and Economic, Taiyuan, Shanxi 030006, China)

Abstract: The coordinated development of regional digital innovation is an important driving force for achieving modernization of China's national governance capacity and governance system. The existing literature mainly focuses on the spatial correlation and heterogeneity of digital technology innovation output between regions, without identifying and testing whether there is spatial strategy interaction behavior and its mechanism of action. This article introduces the hypothesis of technological innovation diffusion and innovation competition avoidance effect into the analysis of spatial characteristics of urban digital technology innovation output, and analyzes the spatial strategy interaction behavior of urban digital technology innovation output by constructing a spatial econometric model. The research results indicate that, firstly, the increase in the number of local digital technology innovation outputs will drive the increase in the number of digital technology innovation outputs in spatially related regions. Moreover, under the spatial weight matrix of digital economic development level, the spatial spillover effect of digital technology innovation outputs is higher than that under the spatial weight matrix of technological progress. From the perspective of strategic interaction, the output of digital technology innovation between cities shows a clear upward competitive effect. Secondly, mechanism testing indicates that the spatial interaction effect of digital technology innovation output between cities is driven by provincial competition avoidance mechanisms. The internal learning demonstration effect of cities weakens the spatial strategy interaction effect of digital technology innovation output between cities, while the external learning demonstration mechanism strengthens the spatial strategy interaction effect of digital technology innovation output between cities. Thirdly, heterogeneity testing indicates that digital technology innovation output exhibits significant technological progress and heterogeneity in the level of digital economic development; There is a significant spatial strategy interaction effect between cities with high (low) digital technology innovation output. The research conclusion has important practical significance for correctly understanding the spatial strategy interaction behavior of digital technology innovation output between cities and establishing a sound collaborative promotion mechanism for digital technology progress between regions.

Key words: urban digital innovation output; spatial strategy interaction; technological innovation diffusion; competition avoidance effect; mechanism of action

责任编辑: 萧敏娜

