

引文格式: 曹泽, 陈钧威. 数字经济对长三角区域创新发展的影响及作用机制 [J]. 常州大学学报(社会科学版), 2023, 24 (2): 63-70.

数字经济对长三角区域创新发展的影响及作用机制

曹泽, 陈钧威

摘要: 在新发展格局下, 数字经济对区域创新发展的作用不断增强。选取 2011—2019 年长三角 41 个地级市面板数据, 分别采用 SDM 模型和中介效应模型, 探究数字经济对区域创新发展的影响及作用机制。实证研究表明, 数字经济不仅能直接促进本地区的区域创新发展, 还能通过空间溢出效应对相邻地区的区域创新发展产生促进作用。在数字经济影响区域创新发展过程中, 绿色全要素生产率起了显著的中介作用。

关键词: 数字经济; 区域创新发展; 绿色全要素生产率

作者简介: 曹泽, 管理学博士, 安徽建筑大学经济与管理学院教授; 陈钧威, 安徽建筑大学经济与管理学院硕士研究生。

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“人力资本结构与经济转型研究”(16BRK026)。

中图分类号: F49; F061.5 **文献标志码:** A **Doi:** 10.3969/j.issn.2095-042X.2023.02.007

在新发展格局下, 创新成为驱动区域经济高质量发展的强大动力。在提高区域创新产出, 推动区域创新发展的众多影响因素中, 数字经济受到各方的广泛关注。作为科技驱动区域经济转型的一个新引擎, 数字经济与区域创新发展密切相关。数字技术发展, 在加快推动其与三次产业融合创新的同时, 还通过数字化生态治理, 降低社会环境的非期望产出, 减少环境能源过度消耗, 提高绿色全要素生产率。当前, 国内外已有学者就创新与绿色全要素生产率之间的相互关系进行了一些积极有益的探索^[1], 产生了一定数量的有代表性的研究结果^[2], 但数字经济与区域创新发展之间有什么关系? 数字经济可以通过怎样的途径与机制, 对我国区域创新发展产生影响? 绿色全要素生产率在数字经济影响区域创新发展过程中是否具有中介效应? 这些问题值得进一步探究。

基于此, 选取 2011—2019 年长三角 41 个地级市的面板数据, 探究长三角数字经济与区域创新发展之间的实证关系。作为中国的区域创新中心、对外开放的前沿阵地, 长三角在构建新发展格局、推动经济高质量发展中的引领作用举足轻重^[3]。首先, 构建空间杜宾模型, 系统分析长三角数字经济与区域创新发展之间的内在联系, 探究数字经济对区域创新可能存在的影响因素。其次, 将绿色全要素生产率作为中介变量, 探究绿色全要素生产率在数字经济对区域创新产生影响的过程中所起到的中介效应。研究旨在丰富数字经济发展理论, 拓展数字经济推动区域创新发展及其作用机制的研究范围, 以为数字经济赋能区域创新发展提供一些较为合理可行的政策建议。

一、研究假设

(一) 数字经济对区域创新发展的空间溢出效应

数字经济是以数字化的信息和知识为生产要素, 以信息技术为载体的一种新经济形态, 其与

传统产业的融合发展,赋予传统产业更广泛的创新空间,数字化生产和管理对高度信息化和智能化的需求不断推动区域技术的创新和突破^[4]。同时,数字经济凭借信息传递优势缓解了区域内信息不对称问题,使得交易市场更加开放透明,极大降低了区域创新主体获取创新资源的交易成本,有助于创新主体释放资金用于研发创新,进而促进区域创新发展。但是,受自身要素禀赋限制,区域创新发展不可避免地会遭遇自身无法解决的瓶颈问题,数字经济发展为这些问题的解决提供了有效的途径。数字经济发展通过高效的信息传递压缩了时空距离,增强了区域间社会经济活动的关联度,驱动人才、技术和知识在区域间的流动^[5]。以信息网络为基础的新型数字基础设施建设,为创新发展提供了数字化、智能化、高速化的智慧平台^[6],加深了区域间的交流学习,降低了区域间的合作沟通成本,使区域间的知识和技术产生共享效应^[7]。此外,数字技术产业本身属于高技术产业,具有渗透属性,能使不同产业之间实现网络化、数字化、智能化和协同化融合发展,驱动构建一个包含全要素、全产业链、全价值链,能在更大地域空间和产业范围内容纳多主体的产业创新生态系统,通过该系统推动更为广泛的区域创新发展。对此,提出假设1。

H1:数字经济通过空间溢出效应作用于区域创新发展。

(二)数字经济影响区域创新发展的作用机制

数字经济发展通过提升创新效率和优化产业结构促进城市绿色全要素生产率提升。第一,大数据、人工智能、云计算与各产业的融合发展,为区域内城市创新和发展带来了新动能,推动城市传统产业向高端智能产业转型,促进创新效率提升。创新效率提升可有效降低单位产出损耗,进而提高绿色全要素生产率^[8]。第二,数字经济具有高渗透性特征,打破了产业边界,促进产业融合,推动产业结构升级,带动传统产业数字化、智能化转型。而产业结构升级不仅有利于资源的合理配置,降低生产成本,提高产品附加值,还有利于释放结构红利,产生规模效应,为绿色全要素生产率提升打下良好的基础^[9]。

数字经济促进绿色全要素生产率提升的同时,也推动了一种以绿色全要素生产率为导向的经济发展模式,这种发展模式以绿色全要素生产率为衡量尺度,规范区域创新发展。首先,数字经济在关注经济增长的同时考虑能源、污染等问题,注重绿色全要素生产率提高,鼓励绿色技术创新,间接赋能区域创新发展。其次,数字经济通过政策和市场竞争环境倒逼区域内企业以绿色全要素生产率为目标进行改革,推动企业进行数字化转型,即由资源密集型和劳动力密集型转向知识技术密集型,从而促进区域创新发展。对此,提出假设2。

H2:数字经济与绿色全要素生产率正相关,且绿色全要素生产率在数字经济对区域创新发展的影响中存在中介效应。

二、研究设计

(一)计量模型设定

1. 空间计量模型

地理学第一定律认为,事物的相关属性受空间距离的影响,存在空间依赖性。如果经济学研究忽视空间依赖性,研究结论会产生偏差。故在构建空间计量模型之前,运用邻接权重矩阵测算区域创新发展水平的莫兰指数,检验其空间依赖性。检验结果显示,2011—2019年长三角41个地级市区域创新发展水平的全局莫兰指数均处于0.227~0.355范围,且都在1%水平显著。这表明长三角41个地级市区域创新发展水平在空间上的分布并非随机的,具有较强的空间相关性。

因此, 进行地级市区域创新发展水平的空间分析是有价值的。

借鉴胡本田等^[10]的研究, 设定空间计量模型, 并对模型进行 LM 检验和稳健性 LM 检验。检验结果显示, SAR 模型和 SEM 模型均在 1% 水平显著。鉴于两种模型的空间滞后性, 为避免残差相关性对回归结果的影响, 选择 SDM 模型进行实证分析。

$$Inno_{it} = \rho \sum_{j=1, j \neq i}^N w_{ij} Inno_{it} + \beta Dig_{it} + \xi Control_{it} + \theta \sum_{j=1}^N w_{ij} (Dig_{it} + Control_{it}) + \alpha_{it} + \varepsilon_i + \varphi_t \quad (1)$$

式中: $Inno_{it}$ 为区域创新发展水平; Dig_{it} 为数字经济发展水平; $Control_{it}$ 为控制变量; ρ 为本地区 $Inno$ 对相邻地区 $Inno$ 的影响系数; w_{ij} 表示邻接权重矩阵; α_{it} 为随机误差项, ε_i 和 φ_t 分别表示地区效应和时间效应; i 代表地区, t 代表时间。

2. 中介效应模型

为探究数字经济对区域创新发展可能存在的作用机制, 检验绿色全要素生产率是否为数字经济影响区域创新发展的中介变量, 构建如下中介效应模型:

$$Inno_{it} = c + \alpha_3 Dig_{it} + \sum Control_{it} + \xi_{it} \quad (2)$$

$$Gtfp_{it} = c + \alpha_1 Dig_{it} + \sum Control_{it} + \xi_{it} \quad (3)$$

$$Inno_{it} = c + \alpha_2 Dig_{it} + \beta_1 Gtfp_{it} + \sum Control_{it} + \xi_{it} \quad (4)$$

式中: $Gtfp_{it}$ 为绿色全要素生产率; $\alpha_1 \times \beta_1$ 为中介效应, 表示数字经济发展通过提高绿色全要素生产率对区域创新发展产生的影响, 其余设定同上。

(二) 变量选取与度量指标

被解释变量为区域创新发展水平 ($Inno$)。国内外学者大多采用 R&D 投入和专利授权量来测度区域创新发展水平。R&D 投入更适合于衡量创新投入性指标, 专利授权量更适合于衡量区域创新发展水平。

核心解释变量为数字经济发展水平 (Dig)。学术界尚无统一的标准来衡量数字经济发展水平, 笔者借鉴赵涛等^[5]的研究测算长三角 41 个地级市的数字经济发展水平, 详情见表 1。

表 1 数字经济发展水平衡量指标

一级指标	二级指标	三级指标
数字经济发展水平	互联网普及率	百人互联网宽带接入用户数/户
	互联网从业人数	计算机服务和软件业从业人数/地级市就业人数/万人
	互联网产出	人均电信业务总量/万千瓦时
	互联网用户数	百人移动电话用户数/户
	数字金融普惠发展	中国数字金融普惠指数

中介变量为绿色全要素生产率 ($Gtfp$)。借鉴李晓阳等^[11]的做法构建包含“非期望产出”非径向非角度超效率 SBM-GML 指数模型, 运用 maxdea ultra 8 软件测度长三角 41 个地级市绿色全要素生产率指数。

模型中投入指标为劳动力、能源消费、资本投入。用地级市就业人数作为劳动力的代理变量, 用固定资本存量作为资本投入的代理变量, 用地级市全年用电量作为能源消费的代理变量。固定资本存量的计算参考单豪杰^[12]做法。选择城市全年生产总值作为期望产出。在模型计算前, 将城市全年生产总值以 2010 年为基期进行平减处理。选取工业废水排放量、工业二氧化硫排放

量以及烟尘排放量作为非期望产出指标。

控制变量包括：产业结构（*Is*），用第二产业增加值占地区总产值的比重衡量；消费水平（*Con*），用城市人均社会消费品零售总额衡量；教育支出（*Edu*），用城市公共财政支出中教育支出的对数值衡量；政策干预（*Gov*），用政府财政支出占 GDP 的比值衡量；外商直接投资（*Fdi*），用实际使用外资金额衡量；根据奥肯定律和菲利普斯曲线，宏观经

济政策会影响经济发展和失业率，而经济发展和失业率下降必然导致工资的上升，故而，宏观调控人力资本（*Wage*）用在职人员平均工资水平衡量。

（三）数据来源

为保证统计标准的一致性，避免长三角区域划分标准变化对研究结果产生影响，剔除巢湖数据，选取 2011—2019 年长三角 41 个地级市数据进行研究。数据来自《中国城市统计年鉴》、wind 数据库、北京大学数字金融研究中心及各地级市政府统计年鉴，对于个别缺失数据，采用插值法进行处理。为了降低计量单位和异方差对检验结果的影响，对各变量取对数，处理后的变量的描述性统计结果见表 3。

表 3 变量的描述性统计

变量名称	符号	平均值	标准差	最小值	最大值
区域创新发展水平	$\ln Inno$	8.796	1.312	5.680	11.510
数字经济发展水平	$\ln Dig$	-2.318	0.498	-3.943	-0.594
绿色全要素生产率	$\ln Gtfp$	0.001	0.647	-3.046	2.249
产业结构	$\ln Is$	3.855	0.157	3.295	4.314
消费水平	$\ln Con$	16.100	0.976	13.880	18.880
教育支出	$\ln Edu$	13.450	0.806	11.300	16.110
政府干预	$\ln Gov$	-1.861	0.369	-2.577	-0.973
外商直接投资	$\ln Fdi$	11.280	1.421	8.396	14.560
宏观调控人力资本	$\ln Wage$	10.960	0.290	10.220	11.900

三、实证结果与分析

（一）实证检验

数字经济影响区域创新发展的空间回归结果见表 4。Elhorst^[13]指出，相较于随机效应模型，固定效应模型所得出的回归结果更为稳健。Hausman 检验结果显示，模型在 1%置信水平显著，拒绝原假设，故而选择固定效应模型。表 4 回归结果显示：其一，区域创新发展水平的空间自回归系数为正，且在 1%水平显著，表明被解释变量存在显著的正向空间溢出效应，即本地区的区域创新发展能促进相邻地区的区域创新发展。其二，数字经济发展水平与区域创新发展之间的空间交互项系数显著为正，表明数字经济在促进本地区区域创新发展的同时，还将通过溢出效应促进相邻地区的区域创新发展。故假设 1 得到验证。

表 4 数字经济影响区域创新发展的空间回归结果

变量	ln Imo	
	Main	Wx
ln Dig	0.184 *	0.551 ***
ln Is	0.488 **	1.585 ***
ln Con	0.461 ***	0.635 **
ln Edu	-0.380 **	1.095 ***
ln Gov	0.331 **	-0.098
ln Fdi	18016.310	54589.010
ln Wage	0.801 ***	1.995 ***
Hausman	12000000 ***	12000000 ***
地区	固定	固定
时间	固定	固定
ρ	0.073 ***	0.073 ***
σ^2	0.045 ***	0.045 ***
N	369	369
R^2	0.260	0.260
Log-L	48.907	48.907

注: *、**、*** 分别表示 $p<0.1$, $p<0.05$ 和 $p<0.01$ 。表 5~7 同。

利用简单的点回归结果分析地区之间的空间溢出效应可能会产生错误估计,故选用偏微分方法估计各解释变量的直接效应、溢出效应和总效应,结果见表 5。数字经济发展不仅能显著促进本地的区域创新发展水平提高,还能通过空间溢出效应促进相邻地区的区域创新发展水平提高。通常,数字经济发展水平每提高 1%,本地区的区域创新发展水平会提高 0.184%,相邻地区的区域创新发展水平会提高 0.551%。究其原因,在宏观层面上,数字经济发展促进创新主体生产能力提高,推动区域范围内技术创新发展。数字经济发展在本地和相邻地间产生显著的技术溢出效应,跨区域、跨产业的技术创新催生了数字经济时代新型区域创生态,形成了区域创新发展新动能,推动了区域创新的良性发展。在微观层面上,区域内企业利用数字技术,持续赋能生产流程优化和人力资本提升,变革生产经营模式,提高动态创新能力,持续推动技术创新。

产业结构对区域创新发展的直接效应和溢出效应都显著为正,表明产业结构优化升级对区域创新发展产生极大的促进作用。这可能是因为,产业结构优化升级不仅能有效改善区域创新环境,还会对行业提出新技术、新方法、新工艺等创新需求,而这些新需求会倒逼行业加大人财物投入进行设备改造和工艺技术创新以达到促进区域创新发展的目的。消费水平能明显提升本地区和相邻地区的区域创新发展。宏观调控人力资本对本地区和相邻地区的区域创新发展均存在显著正向效应,这表明,在市场机制无法补偿和纠正经济外部性的情况下,政府可以通过宏观调控手段解决市场失灵问题,采取政策措施推动区域创新发展。财政教育支出对本地区的区域创新发展存在抑制作用,但对相邻地区的区域创新发展存在促进作用。外商直接投资对区域创新发展影响不显著。

(二) 稳健性检验

更换核心解释变量进行稳健性检验。借鉴崔耕瑞^[14]的研究,以北京大学数字金融指数测度数字经济发展程度(Dif),再进行回归,回归结果(见表 6)表明,数字经济发展水平和数字经济发展水平滞后变量的回归系数均显著为正,与前文结论一致,即通过了稳健性检验。

表 5 各变量对区域创新发展的直接效应和间接效应

变量	ln Imo		
	direct	indirect	total
ln Dig	0.180 *	0.536 ***	0.716 ***
ln Is	0.457 **	1.509 ***	1.967 ***
ln Con	0.470 ***	0.557 **	1.027 ***
ln Edu	−0.401 ***	1.102 ***	0.701 *
ln Gov	0.340 **	−0.135	0.205
ln Fdi	15750.320	51011.170	66761.490
ln Wage	0.789 ***	1.886 ***	2.675 ***

表 6 数字经济影响区域创新发展的稳健性检验

变量	ln Imo	
	Main	Wx
ln Dif	0.236 **	0.569 **
ln Is	0.469 **	1.578 ***
ln Con	0.440 ***	0.521 *
ln Edu	−0.334 **	1.084 ***
ln Gov	0.355 **	−0.061
ln Wage	0.818 ***	2.142 ***
ln Fdi	22989.750	46354.930

(三) 机制分析

为了验证数字经济能否通过提升绿色全要素生产率对区域创新发展产生作用，前文参考温忠麟等^[15]的做法设定了中介效应模型，中介效应模型回归结果见表 7。模型 a 检验数字经济对区域创新发展的作用，模型 b 检验数字经济发展是否促进了城市绿色全要素生产率的提升。结果显示，模型 a 和模型 b 的系数均在 5% 置信水平显著。进一步地，模型 c 验证了绿色全要素生产率对区域创新发展的显著影响。将中介变量城市绿色全要素生产率代入模型 a，可得模型 d，通过核心解释变量的系数和符号变化可以判断，数字经济发展通过提升绿色全要素生产率促进区域创新发展，假设 2 得到验证。

表 7 数字经济影响区域创新发展的中介效应回归结果

变量	模型 a	模型 b	模型 c	模型 d
	ln Imo	ln Gtfp	ln Imo	ln Imo
ln Gig	0.449 ***	0.391 **		0.427 ***
ln Gtfp			0.080 ***	0.068 ***
ln Is	0.607 *	−2.257 ***	0.448	0.495
ln Con	0.701 ***	1.744 ***	0.772 ***	0.681 ***
ln Edu	−0.107	−0.410	−0.041	−0.126
ln Gov	0.476 ***	−1.286 **	0.624 ***	0.579 ***
ln Wage	0.884 ***	1.625 ***	0.840 ***	0.770 ***
ln Fdi	−1.333 ***	−2.311 ***	−0.989 ***	−1.297 ***
Constant	3.087	8.167 *	−5.724	3.851
观测值	369	369	369	369
城市	41	41	41	41
R ²	0.629	0.188	0.620	0.639

四、研究结论与启示

基于 2011—2019 年长三角 41 个地级市的面板数据,运用空间杜宾模型和中介效应模型,探究数字经济对区域创新发展的影响及作用机制。主要结论如下:第一,数字经济驱动区域创新发展已成为新时代背景下推进区域经济高质量发展和实现中国式现代化的重要力量,且在区域创新发展中数字经济的空间溢出效应也得到证实,数字经济发展有助于推动区域间技术创新的协调发展这一结论成立;第二,城市绿色全要素生产率的提升在数字经济影响区域创新发展的过程中起到了重要的中介作用,以绿色全要素生产率为尺度的经济发展模式与数字经济能够对区域创新发展形成合力这一结论成立。

除了为数字经济影响区域创新发展提供经验证据外,研究还具有以下政策启示:首先,夯实数字经济发展基础,加快建设均等化数字基础设施。目前,我国数字经济发展仍处于上升阶段^[16],蕴含巨大的发展潜力,区域各级政府及相关企业单位应加大科技经费投入,尤其是应当加大对数字化通信基础设施建设的投入。推动发展新一代数字信息技术、驱动数字技术领域内高新技术的研发推广与示范运用,尤其是要大力提升下一代网信技术及其支撑,提高社会各阶层的通信数字化建设能力,完善我国以新一代 5G 基站、大数据中心为核心的各类新型基础设施项目建设,减小区域各城市间的数字经济发展差距。其次,关注城市绿色全要素生产率在数字经济影响区域创新发展过程中的中介作用。构建以绿色全要素生产率为尺度的经济发展模式,在推动经济增长的同时关注环境污染和能源消费,发展绿色技术,开发清洁能源。此外,中小企业是我国经济市场的重要组成部分^[17],加强中小企业知识产权保护,扶持中小企业发展,培育一批具有创新能力的专精特新企业也将极大推动区域创新发展,增强区域产业链韧性。

参考文献:

- [1] 赵滨元. 数字经济核心产业对区域创新能力的影响机制研究: 数字赋能产业的中介效应 [J]. 科技进步与对策, 2022, 39 (15): 50-57.
- [2] 孙振清, 谷文姗, 成晓斐. 创新溢出与区域绿色全要素互动关系研究: 基于 DEA-ESDA 实证分析 [J]. 科技管理研究, 2022, 42 (1): 62-69.
- [3] 胡艳, 代晶晶, 张安伟. 数字经济、空间关联与区域创新产出: 兼论区域吸收能力的门槛效应 [J]. 科技管理研究, 2022, 42 (15): 79-88.
- [4] 梁琦, 肖素萍, 李梦欣. 数字经济发展、空间外溢与区域创新质量提升: 兼论市场化的门槛效应 [J]. 上海经济研究, 2021, 33 (9): 44-56.
- [5] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展: 来自中国城市的经验证据 [J]. 管理世界, 2020, 36 (10): 65-76.
- [6] 刘邦凡, 王闻珑. 数字技术对智慧城市公共服务的影响力研究: 基于省域面板数据的实证分析 [J]. 常州大学学报 (社会科学版), 2021, 22 (1): 40-48.
- [7] 徐辉, 邱晨光. 数字经济发展提升了区域创新能力吗: 基于长江经济带的空间计量分析 [J]. 科技进步与对策, 2022, 39 (13): 43-53.
- [8] 朱喜安, 马樱格. 数字经济对绿色全要素生产率变动的影响研究 [J]. 经济问题, 2022 (11): 1-11.
- [9] 郭秋秋, 马晓钰. 数字经济对城市绿色全要素生产率的影响研究 [J]. 现代管理科学, 2022 (5): 156-166.
- [10] 胡本田, 谢可心. 经济韧性对长三角经济高质量发展的影响及其空间效应 [J]. 常州大学学报 (社会科学版), 2022, 23 (2): 54-64.

- [11] 李晓阳, 代柳阳, 牟士群, 等. 生产性服务业集聚与制造业绿色转型升级: 信息通信技术的调节作用 [J]. 西南大学学报(社会科学版), 2022, 48 (1): 83-96.
- [12] 单豪杰. 中国资本存量 K 的再估算: 1952—2006 年 [J]. 数量经济技术经济研究, 2008, 25 (10): 17-31.
- [13] ELHORST J P. Dynamic spatial panels: models, methods, and inferences [J]. Journal of geographical systems, 2012, 14 (1): 5-28.
- [14] 崔耕瑞. 数字金融能否提升中国经济韧性 [J]. 山西财经大学学报, 2021, 43 (12): 29-41.
- [15] 温忠麟, 张雷, 侯杰泰, 等. 中介效应检验程序及其应用 [J]. 心理学报, 2004, 36 (5): 614-620.
- [16] 方先明, 那晋领. 创业板上市公司绿色创新溢酬研究 [J]. 经济研究, 2020, 55 (10): 106-123.
- [17] 俞伯阳, 丛屹. 数字经济、人力资本红利与产业结构高级化 [J]. 财经理论与实践, 2021, 42 (3): 124-131.

On the Impact of Digital Economy on Regional Innovation and Development in the Yangtze River Delta Region and Its Mechanism of Action

Cao Ze, Chen Junwei

Abstract: Under the new development paradigm, the influence of digital economy on regional innovation and development has been increasing. The panel data of 41 prefecture-level cities in the Yangtze River Delta region from 2011 to 2019 are selected, and the SDM model and the mediation effect model are used respectively to explore the impact of digital economy on regional innovation and development and its mechanism of action. Empirical studies show that the digital economy can not only directly promote the innovation and development in the region, but also promote the innovation and development of neighboring regions through spatial spillover effects. In the process of digital economy affecting regional innovation and development, green total factor productivity has played a significant intermediary role.

Keywords: digital economy; regional innovation and development; green total factor productivity

(收稿日期: 2022-09-05; 责任编辑: 沈秀)