

数字经济、创新环境与区域创新效率

薄文广¹, 严梁轲¹, 刘佳丽¹¹ 南开大学 经济学院, 天津300071

摘要:数字经济的崛起成为驱动中国经济迈向创新发展的“新引擎”。基于2014—2020年中国省级面板数据,实证分析数字经济对区域创新效率的影响及异质性、非线性及空间溢出等特征,并在创新测算数据资产价值的基础上,对数据资产和人力资本的调节效应进行检验。结果表明:中国数字经济水平和区域创新效率均呈现增长态势,且东高西低的梯度分布特征明显;数字经济发展能显著提升中国区域创新效率,并呈现东部更为明显的地区异质性、边际影响递增的门槛效应以及负向空间溢出效应;创新环境在数字经济与区域创新效率之间发挥正向调节作用,即在数据资产价值和人力资本水平较高的地区,数字经济对区域创新效率提升作用更为明显。据此提出应进一步强化数字经济与传统产业融合发展,结合各地实际情况实施差异化的数字经济发展战略,积极搭建区域间创新交流与合作平台,并将发展数据资产和提升人力资本作为促进数字经济赋能区域创新的重要抓手。

关键词:数字经济;创新环境;区域创新效率;数据资产;人力资本;空间溢出效应

文献标识码:A **文章编号:**1002-2848-2025(03)-0050-16

一、问题提出

党的十八大以来,中国实施创新驱动发展战略,有力支撑了经济高质量发展。党的十八届五中全会提出创新、协调、绿色、开放、共享“五大发展理念”,并把创新提到首要位置。党的二十大报告明确指出必须坚持创新是第一动力,坚持创新在中国现代化建设全局中的核心地位。当前,中国经济处于从投资驱动转向创新驱动的关键阶段,2024年中国研发经费投入达到36 130亿元,增长率超过8%^①。“十三五”以来,中国研发经费投入连续8年保持高速增长,研发经费占国内生产总值(GDP)的比例达到2.64%,超过了法国(2.35%)和荷兰(2.32%)等传统创新型国家。2023年,中国按折合全时工作量计算的研发人员总量达到724万人年,稳居世界首位^②。在不断增长的创新投入下,中国创新成效显现。根据世界知识产权组织发布的《2024全球创新指数报告》,中国创新指数排名连续10年稳定上升,从2013年的第35名上升至2024年第11名,是世界上创新进步最快的国家之一。

虽然中国科研投入和创新水平有了巨大进步,但创新效率却并不尽如人意。刘树峰等^[1]研究发现与

收稿日期:2024-07-17。 修回日期:2025-02-28。

基金项目:雄安新区哲学社会科学研究课题“先进地区产城融合发展的比较研究及对雄安新区的借鉴和启示”(XASK20220301)。

作者简介:薄文广,男,通信作者,南开大学经济学院副教授,研究方向为区域经济,电子邮箱为boweng@nankai.edu.cn;严梁轲,男,南开大学经济学院硕士研究生,研究方向为区域经济;刘佳丽,女,南开大学经济学院硕士研究生,研究方向为区域经济。

① 国家统计局. 2024年我国研究与试验发展(R&D)经费超过3.6万亿元[EB/OL]. [2025-01-23]. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202501/t20250123_1958421.html.

② 国家统计局. 七十五载长歌奋进 赓续前行再奏华章:新中国75年经济社会发展成就系列报告之一[EB/OL]. [2024-09-09]. https://www.stats.gov.cn/zt_18555/ztfx/xzg75njshfzj/202409/t20240911_1956384.html.

研发经费支出增幅相比,中国总创新效率、研发效率和转化效率均处于低位。此外,中国科研投入中基础研究占比较小和基础研究中企业占比较少的结构性问题也制约了创新效率提升。在当前科研投入大幅增加的背景下,提升创新效率既是解决中国诸多卡脖子问题的有力抓手,也是支撑中国建设创新型国家的重要保障。

在全球新一轮产业和技术革命中,越来越多的国家积极推进数字经济的产业布局与技术研发,努力抓住新一轮信息技术革命带来的发展机会。中国信息通信研究院发布的《中国数字经济发展研究报告(2023年)》显示,2022年中国数字经济规模达到50.2万亿元,占GDP比重为41.5%。数字经济已经成为驱动中国经济迈向创新发展的新引擎。以大数据、移动互联网、云计算等为代表的数字技术与传统产业融合发展,促进了资源利用和配置方式的改善,传统行业创新在数字经济推动下发生重大蝶变。此外,数字化平台的建立与广泛使用也对创新效率产生积极影响。一方面,打破了传统市场的空间约束,消除了用户与研发人员之间的信息不对称,有利于创新主体精准识别出技术创新的最优路径,提高研发成功率;另一方面,将信息、知识、技术等数字化,加速创新资源在经济主体间的融合交互,促进了创新主体间的跨区域合作,营造有利于大众创业、万众创新的良好氛围,进一步释放创新溢出红利,驱动整个区域创新效率提升。创新是实现国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局的关键支撑,也是新质生产力发展和壮大的核心保障。而随着中国数字经济快速发展,其对区域创新影响也日益显现。那么,数字经济究竟会对区域创新效率产生什么影响?是促进还是抑制中国区域创新效率的提升?此外,这种影响是否存在因空间分布或地区发展特征差异而存在的异质性、非线性及空间溢出等特征?两者之间的影响是否会受到一些变量的调节作用?对上述问题的探讨,不但有利于深入了解数字经济与区域创新效率之间的关系,而且有助于深理解数字经济发展和区域创新效率之间的细分特征,也可以为提升区域创新效率提供精准政策启示。

本文的边际贡献可能在于三个方面。第一,更加科学合理地测度了数字经济表征指标。在借鉴既有研究成果基础上,构建了包括数字基础设施、数字产业化、产业数字化等3个二级指标以及16个细分三级指标在内的省级数字经济表征指标体系,并采用熵值赋权法与均方差赋权法相结合的方法对其进行综合赋权,回归结果更加准确和可信。第二,将数据要素转为数据资产并运用现有统计数据测算其价值。参考2019年加拿大国家统计局开展的关于测度数据相关投资经济价值的研究,将数据视为资产,并假定其在生产过程中被连续使用,按照资产未在市场上出售时使用的标准估值方法——成本总和法对数据进行估值,根据国家统计局制定的《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》选取39个与数据相关职业用于测算,弥补了以往研究对数据要素测度的忽视。第三,从创新环境视角探讨数字经济对区域创新效率发生影响的调节效应。作为对既有研究的补充,分别研究了数据资产和人力资本两大创新环境变量所发挥的调节作用,扩展了数字经济对区域创新效率产生影响的研究内容。

二、文献综述

数字经济与创新之间的关系已成为国内外学者研究的重点。部分国外学者强调数字经济对创新活动的积极影响。Lyytinen等^[2]认为数字经济能够跨越时间和空间,使交流变得广泛、低成本和高速,优化创新资源分配进而影响这一地区创新效率。也有学者重点关注作为数字经济重要组成的数字金融所产生的影响。Beck等^[3]以肯尼亚整个国家为样本,研究发现数字金融能够显著提升肯尼亚的创新能力;Ahmad等提出数字金融可以通过缓解区域面临的融资约束^①,进而促进区域技术创新水平;Tranos等^[4]发现数字经济通过生产力水平能影响区域创新效率,并且这种影响是长久且持续的。但也有学者认为数字经济对创新活动促进作用并不显著。Furr等^[5]认为数字技术并非颠覆性技术,它的作用被高估;Usai等^[6]将数字技术进行分类,研究结果显示最常用的数字技术对企业创新绩效的影响很小,而过度的数字化将会使企业的创新能力同质化。

国内学者普遍认为数字经济能够促进区域创新提升,研究结论可以概括为三种观点。

① AHMAD N, VAN DE VEN P. Recording and measuring data in the systems of national accounts [EB/OL]. [2024-12-13]. https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/aeg/2018/M123c1_Data_SNA_asset_boundary.pdf.

第一种观点是数字经济促进区域创新活动的开展并且这种促进作用具有明显区域异质性。杨弼君^[7]研究发现,数字经济及其子维度对高技术产业创新效率的正向促进作用在东部地区表现最强,中部地区次之,西部地区最弱。周国富等^[8]研究发现,东部地区和南方地区的数字经济发展对区域创新效率有显著的促进作用,中西部地区和北方地区的数字经济发展对区域创新效率仅有微弱的促进作用。徐胜等^[9]研究表明,数字经济发展能够显著提升区域技术创新效率,且相较于中西部地区,东部地区更容易受到数字经济激励创新的积极影响。汪文璞等^[10]使用微观上市公司的相关数据研究发现,数字经济发展能正向促进企业创新效率的提升,且位于非中心城市,其正向促进作用更强。

第二种观点是数字经济对创新的影响存在明显的空间溢出效应,但这种溢出影响是否为正目前未有定论。如白俊红等^[11]研究发现,在使用不同的空间距离权重矩阵情况下,中国数字经济发展对邻近区域的空间溢出效应始终为正。徐向龙等^[12]实证结果显示,本地区数字经济的发展对邻近地区为显著负向影响。梁琦等^[13]研究发现,数字经济虽然对本地区创新质量的影响效应显著为正,但在地理权重矩阵下对相邻区域的空间溢出效应为负。

第三种观点是数字经济对区域创新的促进作用存在渠道或机制,并且由于数字经济参与创新活动的方式多种多样,不同学者探究这种促进作用的角度各有差异。大部分学者选用中介效应探讨数字经济与区域创新之间的作用渠道。如张慧等^[14]研究发现,要素市场化配置水平在数字经济影响区域创新效率的过程中起到了部分中介作用。另有学者采用调节效应分析影响数字经济与区域创新关系的因素。如郭将等^[15]基于长三角地区面板数据发现产业数字化对提升区域创新效率影响显著,并且人力资本在其中发挥着正向调节作用。

综上,国内外大部分学者都认可数字经济对区域创新水平或创新效率的显著促进作用,但在区域异质性及空间溢出效应的分析方面现有研究并未得出一致结论。而对于数字经济发展促进区域创新效率提升的调节效应方面,目前仅较少学者关注,多数学者从理论和实证视角提出人力资本等路径,但普遍忽视了数字经济发展中数据这一新生产要素的作用,在数据资产的度量及其影响上尚缺乏深入研究。

三、理论分析与研究假说

(一)数字经济对区域创新效率的影响

数字经济以现代信息网络为载体,以数字技术为主要驱动力,同时将生产要素数字化,对生产组织形式进行变革,具备快捷高效、跨域传播等特征,其对区域创新效率的影响主要体现在三个方面。首先,资金投入是影响企业创新效率的重要硬基础,而传统金融机构为了规避风险,往往不愿意为创新类项目提供长期信贷,由此形成的融资约束制约了企业,特别是民营企业创新。数字经济的发展使得创新主体融资渠道得以拓展,创新活动所需的资金流入得以增加,数字经济会以“开源”的方式缓解创新主体的融资约束难题,从而对区域创新产生积极影响。其次,传统市场受空间约束导致用户与研发人员之间存在信息不对称,研发创新存在缺乏市场导向、不适应市场需求的问题。数字经济的发展能够打破这种空间约束。一方面,数字经济能够减少市场调研的资金和时间成本,进一步促进规模效应的发挥,形成“长尾效应”^[16],提高创新资源利用率。这体现在企业可以充分利用大数据以及人工智能等数字技术对用户精准画像,节约了主动了解用户的成本。另一方面,数字经济能够降低产品研发失败的可能性,提升创新成果的转化率。数字技术使得创新过程各阶段边界模糊化进而相互作用,创新过程逐渐融为一体^[17],同时改善了创新投入和创新产出的对比关系,有利于创新效率的提升。最后,原本分散的知识、信息技术等通过数字化能够在不同主体间实现水平扩散和垂直整合。数字要素对传统要素的赋能升级进一步加速了创新知识与技术在经济主体间的融合交互,有力地促进了创新动力提升。基于上述分析,本文提出如下假设:

假设 1:数字经济发展能够有效促进区域创新效率提升。

(二)数字经济对区域创新效率影响的调节效应

当前数字经济已成为中国经济的重要组成部分,而创新性是数字经济的重要特征。数字经济的发展

催生具有传输方便、可重复使用、无损耗等特性的数据要素,并促进数据与资本、劳动力等各类要素的融合协同,形成了新型创新环境,这一各类要素交融的环境在支撑创新活动开展方面发挥了至关重要的作用。基于此,本文从创新环境的视角出发,选取数据资产水平和人力资本水平两个指标分析其在数字经济发展和区域创新效率提升之间可能发挥的调节效应,如图1所示。

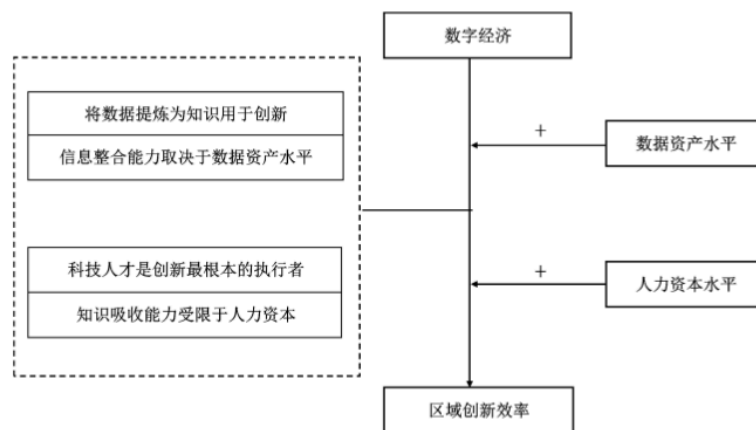


图1 数字经济对区域创新效率影响的调节效应

1. 数据资产的调节效应

数据资源是数字经济的关键要素,发挥着如同土地、劳动力、资本等传统经济增长中生产要素的基础性作用。在数据的属性上,加拿大统计局明确对“观察”和“数据”进行了区分,认为“观察”是客观存在的,“数据—数据库—数据科学”这三大数据形态都是生产活动的结果^①。美国经济分析局研究员 Rassier 等提出数据金字塔与数据价值链都是数据生产过程的体现^②,因此数据应该被视为生产活动的结果^[18]。上述文献均认为数据的来源是生产活动,因此本文后续将以生产活动所产生的资产对数据要素进行测算。

数据要素作为数字时代的产物,逐渐成为各创新主体竞相获取的资源。一方面,科技创新企业可以利用大数据分析工具洞察商业机会,将数据提炼为知识而用于生产决策,如交易记录等海量数据的处理有助于企业对于生产什么、生产多少和怎样生产实施更加精准的规划;又如企业可通过外购或自身积累的方式建立数据库,通过数据分析助力研发、挖掘业务、趋势判断等,缩短研发所需的资金和时间成本。另一方面,数据要素的积累驱动了学校、企业、政府等各大创新主体的管理创新,如在公共管理领域,数据要素和数字技术促进了各类信息的整合,降低了知识搜索、储存和运输的成本,助力电子政务、电子治理。此外,由网络、大数据与信息技术构建的数字环境打破了对实体空间的束缚,科技园区、产业集群等形成了基于虚拟空间而脱离土地的新模式,缓解了土地资源的紧张,进一步提高了资源配置效率。而数据资产是数据要素的一种直观表现形式,因此,数据资产管理投入的人力、物力越多,越有利于数字经济对区域创新效率促进作用的充分发挥。基于此,本文提出如下研究假设:

假设 2A:数据资产在数字经济与区域创新效率之间产生正向调节效应,即在数据资产更充足的地区,数字经济对区域创新效率的积极影响更明显。

2. 人力资本的调节效应

创新的根本源泉在于人,科技人才是创新活动最根本的参与者。就一个地区而言,人力资本的积累途径主要有两种:一是随着各类线上学习平台的建立,技术知识在区域间的扩散和溢出不断加深,本地区通过教育、培训等投资增进知识能力水平,提高文化素养;二是劳动力市场对高素质专业技术人员的大量

^① Statistics Canada. Measuring investment in data, databases and data science: conceptual framework [EB/OL]. [2024-12-15]. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/en/catalogue/13-605-X201900100008>.

^② RASSIER D G, KORNFELD R J, STRASSNER E H. Treatment of data in national accounts [EB/OL]. [2024-12-15]. <https://www.bea.gov/system/files/2019-05/Paper-on-Treatment-of-Data-BEA-ACM.pdf>.

字经济发展水平进行比较,因此在数字经济相关主题的研究中得到了更大范围的应用。

在指标体系评价法中,主要可分为单一指标法和综合指标法。随着数字经济发展日益迅速以及对数字经济相关研究日益深入,目前学者们普遍认为数字经济是一个复杂的系统,用一个单一的统计指标去表征可能并不准确或客观。国际上较为权威的数字经济测度框架来源于经济合作与发展组织(OECD);国内较权威的是中国信息通信研究院 2020 年发布的《中国数字经济发展报告白皮书》,明确了数字经济的内涵主要包括数字产业化、产业数字化、数字化治理、数据价值化 4 个部分,并给出了数字产业化和产业数字化的具体测算方法。有许多学者在 OECD 方法基础上根据中国实际情况进行了相应的修改和完善,以客观测度中国数字经济发展状况。

综合来看,现有国内数字经济指标表征大都结合数字经济内涵,从数字经济发展基础设施、数字产业化、产业数字、数字化环境、数字治理、数字平台等方面选取几个研究侧重点,并细分为几个二级指标和更细分的三级指标,再利用多维指标合成方法(如主成分分析法、熵值赋权法、均方差赋权法、层次分析法等)进行指标赋权,然后逐级加总得到最终的数字经济表征指标^[21-22]。因此,本文在杨慧梅等^[22]研究的基础上增加了关于数字基础设施的二级指标,构建包括数字基础设施、数字产业化、产业数字化等 3 个二级指标和 16 个三级指标在内的省级数字经济表征指标体系。此外,为了消除由于量纲不同可能产生的不利影响,对原始数据进行了标准化处理。为了得到客观公正的评价结果,本文选取熵值赋权法与均方差赋权法复合而成的综合赋权法得到各指标权重,进而得到各省份数字经济指标。具体的省级数字经济的表征指标体系及细分指标权重如表 1 所示。

表 1 省级数字经济的表征指标体系及细分指标权重统计结果

%

一级指标	二级指标	三级指标	熵值赋权的权重	均方差赋权法的权重	综合权重
数字经济	数字基础设施	互联网普及率, %	6.79	6.42	6.61
		移动电话普及率,部/百人	6.87	6.51	6.69
		移动电话交换机密度,个/人	3.38	4.74	4.06
		长途光缆线路密度,千米/平方千米	7.71	7.01	7.36
		互联网宽带接入端口密度,个/人	8.52	7.30	7.91
	数字产业化	电子信息产业制造业(硬件)固定资产投资占第二产业总固定资产投资的比重, %	6.82	6.57	6.69
		电子信息产业制造业(硬件)就业人员占第二产业总就业人员的比重, %	5.78	6.04	5.91
		电子信息产业制造业(硬件)收入规模占第二产业总销售收入的比重, %	5.92	6.16	6.04
		软件和信息技术服务业固定资产投资占第三产业总固定资产投资的比重, %	4.63	5.50	5.06
		软件和信息技术服务业(软件)就业人员占第三产业总就业人员的比重, %	5.78	6.04	5.91
		软件和信息技术服务业(软件)收入规模占第三产业总销售收入的比重, %	4.63	5.50	5.06
	产业数字化	农村宽带接入用户比重, %	8.29	7.23	7.76
		每百家企业拥有网站数,个	7.16	6.79	6.97
		企业每百人使用计算机台数,台	5.64	6.00	5.82
		有电子商务交易企业占总企业数比重, %	7.77	6.89	7.33
		企业平均电子商务销售额,万元/个	4.31	5.31	4.81

应用上述指标体系计算后的 2014—2020 年不同区域的数字经济以及创新效率水平如图 2 所示。可以看出,无论是数字经济水平还是区域创新效率,从区域自身纵向对比看,均呈现逐渐增长的良好态势;从区域之间的横向对比看,则呈现出自东向西逐渐递减态势,梯度分布特征明显。

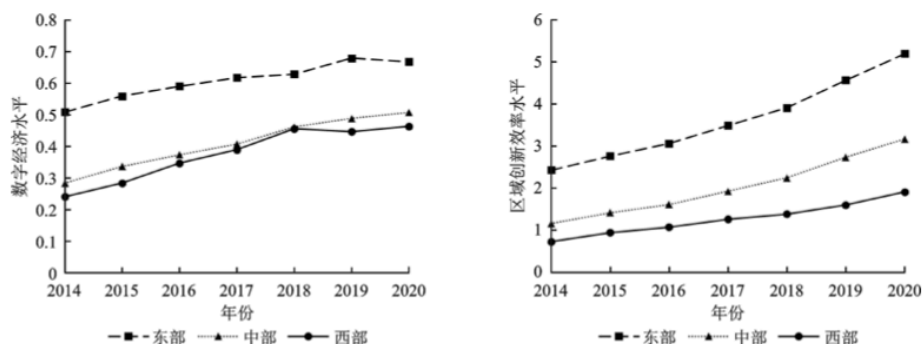


图 2 2014—2020 年不同区域的数字经济水平与区域创新效率水平

3. 调节变量

根据前文理论分析,选取数据资产和人力资本作为调节变量,其中人力资本的测算借鉴李海峥等^[23]的做法,采用区域平均受教育年限作为代理变量。由于数据资产表征困难,目前尚未形成成熟的价值测度方法。本文借鉴会计核算对无形资产的测度方法,考虑收益法、市场法和成本法。收益法是基于数据资产所产生的经济收益反映其经济价值,由于数据资产用途多样,资产使用年限未知,无法进行合理折现,因此收益法在实践中难以实现。市场法是指参考同类型资产的价值对数据资产的价值进行衡量,但由于数据多样且具有非竞争性,很难在市场上找到匹配的类似资产,并且目前数据资产的交易法规并不完善,交易价格反映的大多是数据使用许可的价值,而实际上绝大多数数据资产是自给型。成本法是指通过加总数据生产过程中的各项成本来对数据资产的价值进行测度,《2008 年国民账户体系》^[24]和 OECD^[25]采用这一方法分别对无形资产和知识产权产品的价值进行估值。

本文选取成本总和法对数据资产进行估值。具体来说,参考加拿大统计局的测算方式,使用成本法对数据资产进行核算包括直接劳动力成本、非直接劳动力成本和其他成本。其中,直接劳动力成本是指支付给直接从事数据收集、数据储存、数据分析和数据应用的人员以及直接提供数据生产相关服务的人员的劳务费用,包括工资、薪金以及所有相关福利和费用,如奖金、假日津贴、养老金缴纳费用和其他社会保障支付费用、工资税等^[18]。非直接劳动力成本是指与上述直接从事数据工作劳动力相关的人力资源管理、财务管理等人员的劳务费用,包括工资、薪金以及所有相关福利和费用,如奖金、假日津贴、养老金缴纳费用和其他社会保障支付费用、工资税等。其他成本是指用于数据生产、储存等活动相关的设备运营、建筑物、电力费用等成本。

对于劳动力成本,加拿大统计局基于国家职业分类选取了金融及投资分析师、客户及信息服务管理人员、数据录入人员、其他客户及信息服务代表、调查人员及统计工作者、数学家、统计学家、精算师、经济学家、经济政策研究员及分析师、社会政策研究员、顾问和项目负责人。结合国际经验和中国职业分类标准,本文根据国家统计局制定的《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》界定中国从事数据生产活动的相关职业分类,将数字经济产业范围确定为数字产品制造业、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,结合《中华人民共和国职业分类大典》中的职业分类说明,选取数据相关职业 39 个,归为专业技术人员、信息技术服务和相关服务人员等三个类别^①。

4. 控制变量

参考李政等^[26]的研究,选取以下控制变量:对外开放(fdi),用人民币表示的外商直接投资占地区

① 因篇幅所限,39 个具体职业名称和职业代码留存备索。

生产总值的比重来衡量,一般来说地区越开放,越有利于促进各种生产要素的自由流动,随着越来越多外商的加入,国际上先进的工艺技术、管理经验等经过吸收整合甚至二次创新进入中国,进而对区域创新效率产生积极影响;市场化(*mar*),以非国有企业从业人员占比作为代理变量,市场化程度反映了市场配置资源的能力,对创新资源能否得到合理配置产生影响;产业发展(*ind*),以高技术产业主营业务收入占地区规模以上工业企业主营业务收入的比重作为代理变量,某一地区的产业环境为区域创新活动提供良好的产业基础;政府治理(*gov*),以研发经费内部支出中来自政府资助的比重作为代理变量,在中国市场与政府双轨的体制下,区域创新系统运行显然离不开政府支持,因此加入政府治理变量以更好控制政府行为对区域创新效率的影响。

五、实证结果分析

(一)描述性统计

由于一些省份中数字经济相关行业劳动力收入数据无法获得,因此本文对部分省份作剔除处理后,选取 2014—2020 年中国 25 个省份^①的面板数据。其中,创新相关数据来自《中国高技术产业统计年鉴》,互联网发展水平的具体指标均来源于《中国城市统计年鉴》,数据资产的测算数据来源于北京大学中国社会科学调查中心的中国家庭追踪调查(CFPS),人力资本水平及其他控制变量数据主要来自国家统计局及 EPS 数据平台。变量描述性统计结果如表 2 所示,区域创新效率的均值为 2.37,标准差为 1.59,最大值和最小值之比为 22.40,同样,数字经济的均值为 47.66,标准差为 15.54,最大值和最小值之比为 4.26,相对于数字经济而言,区域创新效率省际间的发展水平差异更大。从调节变量看,相对于人力资本水平变量,数据资产水平方差较大,说明省际间数据资产存在更加显著的差异。

表 2 变量的描述性统计结果

变量类型	变量名称	观测值数	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	区域创新效率	175	2.37	1.59	0.45	10.08
解释变量	数字经济	175	47.66	15.54	19.32	82.29
调节变量	数据资产	175	6.78	2.47	2.89	18.66
	人力资本	175	1.85	1.00	0	5.49
控制变量	对外开放	175	0.49	0.43	0.07	1.90
	市场化	175	0.82	0.06	0.69	0.93
	产业发展	175	0.12	0.07	0.02	0.36
	政府干预	175	0.12	0.11	0.01	0.52

(二)基准回归结果

在基准回归结果之前,本文首先对变量之间的相关性进行检验。从变量之间的 Pearson 相关系数检验结果可以看出,数字经济变量与其他变量之间的相关系数均较大,如果一起纳入模型中可能存在多重共线性,影响回归结果的可信性,因此分别对变量进行方差膨胀因子检验,结果显示最大的方差膨胀因子值为 3.23,小于 5,表明变量之间不存在多重共线性问题,可以纳入回归模型中。

数字经济对区域创新效率影响的实证结果见表 3。根据 Hausman 检验结果,本文选择个体固定效应模型进行估计,其中第(1)列为数字经济指标对区域创新效率的影响,第(2)~(5)列分别为依次加入控制变量后的回归结果。可以看出,无论是只包括数字经济指标还是依次加入控制变量后,数字经济指标前的回归系数均为正,且 t 统计量检验具有显著性,这说明数字经济发展能有效促进区域创新效率提升。产业发展与对外开放和区域创新效率之间都存在着显著正相关关系,说明产业发展水平与对外开放水平的提升也都会对区域创新效率提升发挥促进作用。

① 剔除海南、宁夏、青海、内蒙古、西藏、新疆、香港、澳门和台湾的数据。

表 3 数字经济对区域创新效率影响基准回归估计结果

变量	被解释变量: te				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
de	1.342*** (0.062)	1.222*** (0.082)	1.222*** (0.083)	0.975*** (0.084)	0.974*** (0.084)
fdi		0.107** (0.049)	0.103* (0.053)	0.103** (0.048)	0.101** (0.048)
mar			0.160 (0.964)	0.650 (0.861)	0.661 (0.863)
ind				0.465*** (0.076)	0.456*** (0.078)
gov					-0.012 (0.025)
固定效应	是	是	是	是	是
观测值数	175	175	175	175	175
R^2	0.756	0.764	0.764	0.813	0.813

注:1. ()内为标准误。

2. **、* 和 * 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平。

(三) 稳健性和内生性检验

为进一步增强研究结论的稳健性,本文首先对核心被解释变量使用 DEA 和 SFA 方法重新进行表征,其次参考钱海章等^[27]的研究,从总样本中剔除 4 个直辖市(北京、天津、上海、重庆)并对模型进行回归。此外,由于样本异方差现象,重新使用加权最小二乘法(WLS)进行估计。稳健性检验结果见表 4 第(1)~(4)列。

表 4 稳健性及内生性检验估计结果

变量	被解释变量: te					
	(1)DEA 方法	(2)SFA 方法	(3)剔除直辖市	(4)WLS 方法	(5)解释变量 滞后一期	(6)构建新 工具变量
de	0.583*** (0.129)	0.334*** (0.053)	0.995*** (0.089)	1.086*** (0.134)		
$L.de$					1.075*** (0.097)	
de_{iv}						5.808*** (1.386)
观测值数	175	175	147	175	175	175
R^2	0.319	0.773	0.834	0.719	0.811	-1.079

注:1. ()内为标准误。

2. **、* 和 * 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平。

3. 固定效应已控制,控制变量估计结果留存备索。

尽管基准回归结果显示数字经济对区域创新效率有显著正向影响,但在模型因果识别过程中可能存在内生性问题,即数字经济促进区域创新效率提升的同时,区域创新也在推动数字经济发展。因此,本文使用数字经济指标滞后一期($L.de$)作为工具变量重新进行回归。由于使用解释变量滞后一期作为工具变量虽然可以降低内生性,但仍可能存在一些遗漏变量从而影响内生性,因此参考黄群慧等^[28]的做法,进一步选用 1984 年各省份邮局数作为工具变量。一方面,数字经济是传统通信技术的延续,其发展起点一定程度上取决于该地区电信基础设施的技术水平,而邮局则是较为基础的电信设施,满足工具变量的相关性;另一方面,随着互联网和移动电话的普及,邮寄信封等传统通信工具的使用频率变低,对当前该

地区的经济发展与创新的影响可以忽略不计,满足工具变量的排他性。由于1984年邮局数为截面数据,参考Nunn等^[29]的处理方法,将1984年邮局数与各地区互联网用户数构造交互项,成为新的面板工具变量(de_{iv})。

内生性检验结果如表4第(5)(6)列所示,可以看出,无论是稳健性检验还是内生性检验,数字经济指标前的回归系数均为正,且统计量检验具有显著性,这也说明数字经济对区域创新效率具有正向促进效果。

六、进一步研究

(一)异质性分析

前文分析验证了数字经济发展能够促进区域创新效率的提升,进一步地,本文从地理位置和区域创新效率水平两个维度将全体样本进行分类回归,检验数字经济发展对区域创新效率影响在不同地区之间的异质性^①。

1. 地区异质性检验

中国数字经济发展呈现空间不平衡状态,地区间存在巨大的数字鸿沟,东部地区的数字经济发展明显优于中西部地区^[30]。文化水平相对落后地区的居民使用信息技术能力相对较差,网络效应下地区间和个体间的差距呈现加剧态势。因此,本文按照国家统计局的划分标准,将样本分为东部和中西部两大区域进行回归分析,进一步验证数字经济对区域创新的影响。结果表明,无论是东部地区还是中西部地区,数字经济发展都对其区域创新效率提升发挥正向促进作用。此外,东部地区的回归系数大于中西部地区的回归系数,即数字经济发展对东部地区创新效率提升的正向促进作用要大于其对中西部地区创新效率提升的正向促进作用,因此数字经济的不均衡发展可能导致东中西部的创新效率差异呈现扩大化趋势。究其原因,数字技术在区域创新系统中的广泛扩散和深度融合,离不开完备的网络体系、基础软件等底层技术支撑,由于资源禀赋差异和经济发展水平不同,中国数字经济发展呈现空间不平衡状态。而与中西部地区相比,东部地区地理位置优越,经济发展规模大,传统金融覆盖广,基础设施较为完善,因此数字经济发展明显更有优势。由于信息技术对使用者的受教育程度有一定要求,教育发展相对落后的中西部地区居民有效使用互联网的能力相对较差,数字化普及需要花费更多的时间和成本,网络效应下地区间差异越发严重^[31]。因此,从数字经济发展的不均衡状态来看,东部地区能够更早获得数字经济发展所带来的创新激励效应,并且数字经济快捷高效的特点意味着创新主体能够及时捕捉市场变化,赋能市场供需两侧,进而持续稳定地对区域创新效率产生积极影响。

2. 区域创新效率异质性检验

考虑到数字经济对区域创新的影响可能因为区域创新效率的高低而不同,本文以考察期内全部省份的区域创新效率均值作为参照,将总样本划分为区域创新效率较高省份和区域创新效率较低省份两组进行分析。结果表明,数字经济对区域创新效率提升作用在区域创新效率低水平地区更明显,这种数字经济对区域创新效率提升作用的地区差异可能说明,区域创新效率较低地区提升的潜能更大,数字经济在初期能够发挥更大推动作用;而随着区域创新效率不断升高,其效率的再提升将需要综合其他要素并且对要素质量提出更高的要求。

(二)非线性效应分析

根据梅特卡夫法则,网络价值以用户数量平方的速度增长。这意味着当数字经济发展到一定水平时,网络用户将超过某个临界点而呈现超乎寻常的指数增长趋势,使得网络价值爆发式增长。这一法则的本质是网络的外部性,随着创新主体信息化程度的提高,网络对区域创新系统进行迅猛渗透和扩张。

① 篇幅限制,估计结果留存备案。

网络带来的持续正反馈将实现创新主体的规模经济,进一步促进创新效率的提升。考虑到数字经济对区域创新效率影响可能存在非线性特征,因此本文分别以数字经济为门槛变量,设立如下面板门槛模型:

$$te_{it} = \beta_0 + \beta_1 de_{it} \times I(de_{it} \leq \theta) + \beta_1 de_{it} \times I(de_{it} > \theta) + \beta_c X_{it} + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, de_{it} 既是核心解释变量也是数字经济指标的门槛变量, θ 为门槛值, $I(\cdot)$ 为取值为 1 或 0 的指示函数,满足括号内条件即为 1,否则为 0。

式(3)考虑的是单一门槛的情形,可根据实证检验结果扩充至双重门槛、三重门槛等。本文对上述门槛模型依次进行了三重门槛、双重门槛和单一门槛的存在性检验,运用 Bootstrap 自助法反复抽样 500 次后,结果通过了单一门槛,但未通过双重门槛和三重门槛检验^①。未加入控制变量与加入控制变量后 P 值均小于 0.1,模型的单一门槛效应都显著。加入控制变量后的门槛值为 4.263,从数字经济指标的测度结果看,在 2014 年仅有北京能够跨过这一门槛,而 2019 与 2020 年则有北京、上海、广东、江苏 4 个省份能够跨过这一门槛。

当数字经济指标低于门槛值时,数字经济对区域创新效率的回归系数显著为正,数字经济发展水平每提高 1%,区域创新效率提高 0.963%;而当数字经济发展水平超过门槛值时,数字经济对于区域创新效率的影响仍然显著为正,且系数更大,即数字经济发展水平每提高 1%,区域创新效率提高 1.027%。这一结果说明,数字经济对区域创新效率的影响并不是简单的线性关系,随着数字经济发展水平的提高,这种影响的边际效应是递增的,也就是说数字经济发展水平越高的地区,越能够充分发挥其促进区域创新效率提升的作用。

(三)空间溢出效应检验

资源、知识、技术、数据等要素能够在不同区域间流动,一方面可能促进区域间的共同进步,从而产生正向的空间溢出效应;另一方面,也可能形成极化效应,即过度吸收周边地区的各类要素,加剧区域间发展的不平衡,产生负向的空间溢出效应。为考察各省份创新效率的空间溢出效应,首先对变量的空间相关性进行检验,运用经济权重矩阵计算得到数字经济和区域创新效率的全局莫兰指数,结果如表 5 所示。其中,经济距离权重矩阵以各省份人均地区生产总值差值绝对值的倒数生成。

2014—2020 年数字经济的莫兰指数均在 1%的水平下显著为正,而区域创新效率的莫兰指数在 2018—2020 年显著性逐渐下降,说明各省份的数字经济和区域创新效率起初存在明显的正向空间相关性,这与梁琦等^[13]所得到的实证结果基本一致。但值得注意的是,2014—2020 年数字经济的莫兰指数存在变小的趋势,而区域创新效率的空间相关性有所减弱。这可能是因为经济发达地区数字经济发展水平较高,对数字经济的投入边际产出有所减少,区域间数字经济发展差异进一步缩小;而随着省际合作加强,区域间统筹协调发展,各地区创新效率的空间相关性有所减弱,尽管如此,两者仍存在正向关系。

表 5 数字经济和区域创新效率全局莫兰指数计算结果

年份	数字经济	区域创新效率
2014	0.411***	0.216**
2015	0.391***	0.157*
2016	0.346***	0.144*
2017	0.401***	0.134*
2018	0.308***	0.082
2019	0.327***	0.046
2020	0.343***	0.013

注:***、**和*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平。

进一步,本文在前文所构建的式(1)中引入与空间权重矩阵的空间交互项,构建一般形式的空间面板计量模型:

$$te_{it} = \gamma_0 + \rho Wte_{it} + \phi Wde_{it} + \gamma_1 de_{it} + \gamma_2 Z_{it} + u_{it} \quad (4)$$

$$u_{it} = \lambda Wu_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中, ρ 为空间自回归系数, λ 为空间自相关系数, W 为空间权重矩阵, Z 为一系列控制变量, u 与 ε 代表干扰项; Wte_{it} 表示被解释变量之间存在的内生交互效应, Wde_{it} 表示解释变量之间存在的内生交互

① 篇幅所限,结果留存备索。

效应, Wu_{ii} 表示不同单位的干扰项之间存在的交互效应。对于空间权重矩阵, 本文分别选取地理距离和经济距离两种方式, 其中地理距离矩阵用各省份地理中心经纬度距离平方的倒数表示。

为确保回归结果的稳健性, 本文分别选用常见的三种计量模型进行估计, 即空间滞后模型(SAR)、空间误差模型(SEM)和空间杜宾模型(SDM), 并运用拉格朗日乘子检验(LM)、Hausman 检验和似然比检验(LR)对上述三类模型的拟合效果进行比较^①, 结果表明, LM-error 和 LM-lag 的系数均显著为正, 而 LR-error 和 LR-lag 的检验结果均小于 0.001, 因此 SDM 模型为较优选择。此外, 根据 Hausman 检验结果模型应采用固定效应。

在地理距离权重与经济距离权重矩阵下, SDM 模型回归得出的 ρ 值均显著为负, 并且可以看出, 尽管数字经济对本地区的直接效应显著为正, 但考虑到间接效应后的总效用在地理距离权重下显著为负, 经济距离权重下系数有所下降。这表明本地区数字经济对邻近地区的区域创新效率有着负向作用, 即负的空间溢出性, 与徐向龙等^[12-13]的相关研究结果相类似。负向空间溢出效应的出现可能是因为数字经济发展表现出了“强者恒强, 赢者通吃”的特点, 各地区起初纷纷争夺数字经济发展的有利地位, 而随着一些区域取得领先地位后, 周边地区的数字资源、创新资源(如人才、资本等)将倾向于流动到这些数字经济发展水平较高的区域, 从而使其优势地位更加显著和牢靠, 而资源流失区域的发展能力进一步下降, 这种有利于发展较快地区而不利发展较慢地区的循环累积因果关系可能引致发达地区更发达, 落后地区更落后。

(四)调节效应分析

为了验证数字经济发展在促进区域创新效率提升中可能存在的调节效应假说, 使用调节效应模型进行实证检验。由于交互项与自变量和调节变量之间存在高度的共线性会使得模型估计结果产生偏差, 因此对解释变量和调节变量采取中心化处理, 具体检验结果见表 6。第(1)(4)列为未加入核心解释变量和调节变量交互项的回归结果, 第(2)(5)列为加入核心解释变量和调节变量交互项后的结果, 第(3)(6)列为加入上述两变量中心化后的交互项($cde \times cmod$)估计结果。

表 6 数字经济对区域创新效率的调节效应估计结果

变量	被解释变量: te					
	数据资产			人力资本		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
de	0.841 *** (0.091)	0.290 (0.286)	1.005 *** (0.121)	0.969 *** (0.083)	0.925 *** (0.081)	1.008 *** (0.081)
mod	0.257 *** (0.080)	-1.282 * (0.762)	0.182 ** (0.087)	0.070 ** (0.028)	-0.568 *** (0.184)	0.155 *** (0.036)
$de \times mod$		0.384 ** (0.189)			0.190 *** (0.054)	
$cde \times cmod$			0.384 ** (0.189)			0.190 *** (0.054)
R^2	0.789	0.794	0.794	0.784	0.800	0.800

注: 1. ()内为标准误。

2. ***、** 和 * 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平。

3. 固定效应已控制, 控制变量估计结果留存备索。

表 6 第(3)列结果显示, 中心化后的数字经济与数据资产交互项对区域创新效率的影响为正, 且在 5% 的水平下通过显著性检验, 这说明数据资产在数字经济与区域创新效率之间起到正向调节作用, 即数据资产水平每上升 1 个百分点, 数字经济对区域创新效率的正向作用显著上升 38.4%。随着数字经济发展不断深化, 数字化的信息与知识成为创新活动重要的生产要素之一, “数据即资产”的概念被广泛认

① 限于篇幅, 结果留存备索。

同,从物理资产管理转为加强数据资产管理已逐渐成为数字化转型中各大创新主体的共识,因此围绕数据的搜集处理、加工储存到最后应用这一过程,形成全链条的数据资产管理体系建设,必然能够强化数字经济对区域创新效率的积极影响。

表6第(6)列结果显示,中心化后的数字经济与人力资本交互项对区域创新效率的影响为正,且在1%的水平下通过显著性检验,说明人力资本在数字经济与区域创新效率之间起到正向调节作用,即人力资本水平每上升1个百分点,数字经济对区域创新效率的正向作用显著上升19.0%,这说明与较低人力资本水平地区相比,处于较高人力资本水平的地区更能够有效利用数字经济发挥资本的作用,提高本地区创新效率。

七、结论与政策启示

创新是实现中国国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局的关键支撑,而随着中国数字经济的快速发展,其对区域创新的影响也日益显现。为了深入探究数字经济对区域创新效率提升之间的影响关系,本文基于2014—2020年25个省份面板数据测算了中国区域创新效率,构建了包括3个细分的二级指标以及16个三级指标在内的省级数字经济表征指标,将数据要素转为数据资产并测算其价值,在验证数字经济对区域创新效率产生积极影响的基础上,进一步验证该影响的地区异质性、非线性特征、空间溢出效应和相关的调节效应,得出三点结论。第一,中国数字经济水平和区域创新效率均呈现日益增长态势,且东高西低的梯度分布特征明显。第二,数字经济发展能够显著提升区域创新效率,且存在东部地区更明显的地区异质性,数字经济发展对区域创新效率的积极影响具有“边际效应”递增的非线性效应以及负向的空间溢出效应。第三,数据资产水平和人力资本水平在数字经济与区域创新效率之间产生正向调节效应,即在人力资本和数据资产水平较高的地区,数字经济对区域创新效率的积极影响更明显。基于上述结论,本文提出以下政策建议:

第一,在数字经济成为推动区域创新效率提升的新引擎和其具有边界效应递增的现实之下,应加大对数字经济的投资力度,大力推动第五代移动通信网络等新型基础设施的建设,进一步加快数字产业化和产业数字化步伐,特别是发挥好有为政府的有形之手,在一些影响数字经济与传统产业融合发展的堵点和困点上加快制度创新步伐,并针对数字经济的新兴业态和新兴模式,实行审慎和包容监管。

第二,针对不同数字经济水平和不同创新效率水平的区域,实施差异化而非均一化的数字经济发展战略。当前,东部地区数字经济发展水平及创新资源明显优于中西部地区,且两者之间的正向促进作用在东部地区也更为明显,因此对不同地区应实施差异化的发展战略。就东部地区而言,其产业发展基础较好,应以核心领域关键技术的突破为主要目标,打造具有前瞻性和引领性的创新平台;而对于中西部地区则应以补短板为主,进一步加强数字经济基础设施建设,着力扩大数字经济应用的广度和深度。

第三,高度重视数字经济发展会对临近区域的区域创新效率产生负向影响现象,避免城市数字发展不平衡影响区域协调发展等问题。因此,中央政府在积极鼓励各地大力发展数字经济时,也应该做好理性顶层设计,特别是有关数字经济发展成果的共享以及相关的受益分配和协调机制建设,探求区域之间在创新层面的合作,积极构建区域创新交流与合作平台,减少地方政府数字经济发展之间出现“以邻为壑”的行为。

第四,将数据资产和人力资本作为促进数字经济赋能区域创新的重要抓手。首先,高度重视数据作为新生产要素对创新的引领作用,积极推进要素市场制度建设,建立健全数据公开、共享和交易的规则,充分释放数据要素正向调节的潜能。其次,进一步加快建设教育强国、人才强国的步伐,准确把握教育优先发展与人才引领驱动的关系,深化推进教育体制改革,完善人才引进相关政策,培养、吸引一大批高素质人才,使数字经济能得到更好的发挥,推动区域创新发展。

参考文献:

- [1] 刘树峰,杜德斌,覃雄合,等. 基于创新价值链视角下中国创新效率时空格局与影响因素分析[J]. 地理科学,2019,

- 39(2):173-182.
- LIU S F, DU D B, QIN X H, et al. Spatial-temporal pattern and influencing factors of China's innovation efficiency based on innovation value chain[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(2):173-182.
- [2] LYYTINEN K, YOO Y, JR B J R. Digital product innovation within four classes of innovation networks[J]. *Information Systems Journal*, 2016(1):47-75.
- [3] BECK T, PAMUK H, RAMRATTAN R, et al. Payment instruments, finance and development[J]. *Journal of Development Economics*, 2018, 133:162-186.
- [4] TRANOS E, KTTOS T, ORTEGA-ARGILES R. Digital economy in the UK: regional productivity effects of early adoption[J]. *Taylor & Francis Journals*, 2021, 55(12):1924-1938.
- [5] FURR N, SHIPILOV A. Digital doesn't have to be disruptive[J]. *Harvard Business Review*, 2019, 94:94-103.
- [6] USAI A, FIANO F, PETRUZZELLI A M, et al. Unveiling the impact of the adoption of digital technologies on firms' innovation performance[J]. *Journal of Business Research*, 2021, 133:327-336.
- [7] 杨弼君. 数字经济、知识产权保护与高技术产业创新效率[J]. *技术经济与管理研究*, 2023, 44(7):6-11.
- YANG B J. Digital economy, intellectual property protection and innovation efficiency of high-tech industry[J]. *Journal of Technical Economics & Management*, 2023, 44(7):6-11.
- [8] 周国富,林一鸣. 数字经济、制度环境与区域创新效率[J]. *现代经济探讨*, 2023, 42(11):1-16.
- ZHOU G F, LIN Y M. Digital economy, institutional environment and regional innovation efficiency[J]. *Modern Economic Research*, 2023, 42(11):1-16.
- [9] 徐胜,梁靓. 数字经济对区域创新效率的空间溢出效应:基于创新价值链视角[J]. *中国流通经济*, 2023, 37(2):55-67.
- XU S, LIANG L. Spatial effect of digital economy on regional innovation efficiency: from the perspective of innovation value chain[J]. *China Business and Market*, 2023, 37(2):55-67.
- [10] 汪文璞,徐嵩婷. 数字经济能驱动企业创新效率吗[J]. *现代经济探讨*, 2022, 41(12):79-90.
- WANG W P, XU A T. Can the digital economy drive enterprise innovation efficiency[J]. *Modern Economic Research*, 2022, 41(12):79-90.
- [11] 白俊红,陈新. 数字经济、空间溢出效应与区域创新效率[J]. *研究与发展管理*, 2022, 34(6):67-78.
- BAI J H, CHEN X. Digital economy, spatial spillover effect and regional innovation efficiency[J]. *R&D Management*, 2022, 34(6):67-78.
- [12] 徐向龙,侯经川. 促进、加速与溢出:数字经济发展对区域创新绩效的影响[J]. *科技进步与对策*, 2022, 39(1):50-59.
- XU X L, HOU J C. Promotion, acceleration and spillover: the impact of digital economy development on regional innovation performance[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2022, 39(1):50-59.
- [13] 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, 40(9):44-56.
- LIANG Q, XIAO S P, LI M X. Digital economy development, spatial spillover and innovation quality growth: the threshold effect test of market efficiency[J]. *Shanghai Journal of Economics*, 2021, 40(9):44-56.
- [14] 张慧,易金彪,徐建新. 数字经济对区域创新效率的空间溢出效应研究:基于要素市场化配置视角[J]. *证券市场导报*, 2022, 32(7):13-22.
- ZHANG H, YI J B, XU J X. Research on the spatial spillover effect of digital economy on regional innovation efficiency: from the perspective of market-oriented allocation of factors[J]. *Securities Market Herald*, 2022, 32(7):13-22.
- [15] 郭将,张虹萌. 产业数字化对区域创新效率的影响研究:以长三角为例[J]. *科技与管理*, 2023, 25(3):64-72.
- GUO J, ZHANG H M. Research on the impact of industrial digitalization on regional innovation efficiency: taking the Yangtze River Delta as an example[J]. *Journal of Science and Technology Management*, 2023, 25(3):64-72.
- [16] 裴长洪,倪江飞,李越. 数字经济的政治经济学分析[J]. *财贸经济*, 2018, 39(9):5-22.
- PEI C H, NI J F, LI Y. Approach digital economy from the perspective of political economics[J]. *Finance & Trade Economics*, 2018, 39(9):5-22.
- [17] 陈晓红,李杨扬,宋丽洁,等. 数字经济理论体系与研究展望[J]. *管理世界*, 2022, 38(2):208-224.
- CHEN X H, LI Y Y, SONG L J, et al. Theoretical framework and research prospect of digital economy[J]. *Journal of Management World*, 2022, 38(2):208-224.

- [18] 许宪春,张钟文,胡亚茹. 数据资产统计与核算问题研究[J]. 管理世界,2022,38(2):16-30.
XU X C, ZHANG Z W, HU Y R. Research on deriving measures of data assets in national accounts[J]. Journal of Management World,2022,38(2):16-30.
- [19] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济,2022,40(5):100-120.
JIANG T. Mediating effects and moderating effects in causal inference[J]. China Industrial Economics,2022,40(5):100-120.
- [20] 彭绪庶,张宙材. 中国区域创新体系效能测度与演进特征研究[J]. 科技进步与对策,2023,40(17):78-87.
PENG X S, ZHANG Z C. The efficiency measurement and evolution characteristics of China's regional innovation system[J]. Science & Technology Progress and Policy,2023,40(17):78-87.
- [21] 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.
ZHAO T, ZHANG Z, LIANG S K. Digital economy, entrepreneurship, and high-quality economic development: empirical evidence from urban China[J]. Journal of Management World,2020,36(10):65-76.
- [22] 杨慧梅,江璐. 数字经济、空间效应与全要素生产率[J]. 统计研究,2021,38(4):3-15.
YANG H M, JIANG L. Digital economy, spatial effects and total factor productivity[J]. Statistical Research,2021,38(4):3-15.
- [23] 李海峥,梁赞玲,FRAUMENI B,等. 中国人力资本测度与指数构建[J]. 经济研究,2010,45(8):42-54.
LI H Z, LIANG Y L, FRAUMENI B, et al. China's human capital measurement and index construction[J]. Economic Research Journal,2010,45(8):42-54.
- [24] 联合国,欧盟委员会,经济合作与发展组织,等. 2008年国民账户体系[M]. 北京:中国统计出版社,2012:60,134.
- [25] OECD. Handbook on deriving capital measures of intellectual property products[M]. Paris:OECD Publishing,2009:15-20.
- [26] 李政,杨思莹,路京京. 政府参与能否提升区域创新效率? [J]. 经济评论,2018,39(6):3-14.
LI Z, YANG S Y, LU J J. Can government participation improve regional innovation efficiency? [J]. Economic Review,2018,39(6):3-14.
- [27] 钱海章,陶云清,曹松威,等. 中国数字金融发展与经济增长的理论与实证[J]. 数量经济技术经济研究,2020,37(6):26-46.
QIAN H Z, TAO Y Q, CAO S W, et al. Theoretical and empirical analysis on the development of digital finance and economic growth in China[J]. Journal of Quantitative & Technological Economics,2020,37(6):26-46.
- [28] 黄群慧,余泳泽,张松林. 互联网发展与制造业生产率提升:内在机制与中国经验[J]. 中国工业经济,2019,37(8):5-23.
HUANG Q H, YU Y Z, ZHANG S L. Internet development and productivity growth in manufacturing industry: internal mechanism and China experiences[J]. China Industrial Economics,2019,37(8):5-23.
- [29] NUNN N, QIAN N. US food aid and civil conflict[J]. American Economic Review,2014,104(6):1630-1666.
- [30] 张国胜,严鹏,李欣珏. 赋能中的分化:数字技术扩散与中国南北经济增长“失衡”[J]. 当代经济科学,2024,46(6):61-75.
ZHANG G S, YAN P, LI X J. Divergence in empowerment: digital technology diffusion divergence and the imbalance between Chinese north and south economic growth[J]. Modern Economic Science,2024,46(6):61-75.
- [31] 刘帅,李琪,徐晓瑜,等. 互联网发展与城市创新提升:基于“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 西安交通大学学报(社会科学版),2022,42(6):10-20.
LIU S, LI Q, XU X Y, et al. Internet development and improvement of urban innovation: a quasi-natural experiment based on “Broadband China” strategy[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University(Social Sciences),2022,42(6):10-20.

编辑:张静,高原

Digital Economy, Innovation Environment and Regional Innovation Efficiency

BO Wenguang, YAN Liangke, LIU Jiali

School of Economics, Nankai University, Tianjin 300071, China

Summary In recent years, China has vigorously implemented the innovation-driven development strategy, which has effectively promoted China's economy toward high-quality development. However, despite significant progress in scientific research investment and innovation capabilities, making China one of the world's fastest innovating countries, innovation efficiency remains less than satisfactory. Meanwhile, with the global industrial upgrading and technological revolution, more countries have recognized the importance of the digital economy. The digitization of traditional industries has greatly enhanced resource utilization, improved resource allocation methods, and positively impacted regional innovation efficiency. Therefore, at this critical juncture, the rise of the digital economy has become a "new engine" driving China's economy toward innovative development. In-depth research on how the digital economy affects regional innovation efficiency not only helps understand the relationship between them, but also deepens the understanding of their segmented characteristics, while providing precise policy implications for enhancing regional innovation efficiency.

Based on China's provincial panel data from 2014 to 2020, this paper empirically analyzes the impact of the digital economy on regional innovation efficiency, further discusses the heterogeneity, nonlinearity and spatial spillover characteristics of this impact, and examines the moderating effects of data assets and human capital based on innovative measurements of data asset value. The results show that: China's digital economy level and regional innovation efficiency both demonstrate increasing trends, with evident gradient distribution patterns showing higher levels in eastern regions than western regions; the development of the digital economy significantly improves China's regional innovation efficiency, with more pronounced effects in eastern regions, threshold effects of increasing marginal impact, and negative spatial spillover effects, meaning that a province with a high digital economy level may reduce the regional innovation efficiency of neighboring provinces; the innovation environment plays a positive moderating role between the digital economy and regional innovation efficiency, that is, in regions with higher data asset values and human capital levels, the digital economy has more significant effects on enhancing regional innovation efficiency.

From the research findings, the digital economy plays an important role in the improving regional innovation efficiency. The government should actively promote the integration of the digital economy with traditional industries, accelerate institutional innovation, address integration challenges, implement prudent and inclusive regulation for emerging business forms and models in the digital economy. Different regions should formulate differentiated digital economy development strategies based on their specific conditions. Eastern regions with better digital economy foundation should focus on breakthroughs in key technologies in core areas, while central and western regions should further strengthen digital economy infrastructure. All regions should pay close attention to the potential negative spillover effects of digital economy development on neighboring regions' innovation efficiency, actively build platforms for regional innovation exchange and cooperation, and avoid uncoordinated development. Finally, the moderating effect of the innovation environment should be leveraged by focusing on developing data assets and enhancing human capital to develop the digital economy, thereby improving regional innovation efficiency.

Keywords digital economy; innovation environment; regional innovation efficiency; data assets; human capital; spatial spillover effects