

数字经济、产业协同集聚与高技术产业技术创新

■ 李羽含* 张庆芝*

中国科学院大学公共政策与管理学院 北京 100049

摘要:发展数字经济是新时代的战略选择,高新技术产业作为重大突破性技术的主要创新载体,其核心技术创新对经济高质量发展具有重要意义,明确数字经济对高技术产业驱动创新的内在机制,才能有效利用数字经济赋能产业创新,引领未来经济高质量。本研究以2011~2021年度中国34个省份中的30个省份的数据为基础,构建数字经济发展水平的指标体系,多维度实证分析数字经济对高技术产业技术创新的影响效应。结果表明,数字经济对高技术产业的技术创新能力有着明显的促进作用;同时,数字经济通过促进产业协同集聚的中介效应促进高技术产业的技术创新;数字经济发展水平促进高技术产业技术创新的影响存在区域异质性,东部地区的驱动效应相比中部和西部更大;数字经济的创新效应存在非线性关系。

关键词:数字经济 高新技术产业 技术创新 产业协同集聚

DOI:10.11842/chips.20231118001

0 引言

1986年我国政府提出高技术研究发展计划并取得了一系列成果,有力地推进了高技术产业发展和国际竞争力的提高,高技术产业已成为促进我国科技创新发展的重要组成部分,是我国实施创新驱动发展战略的重要载体。同时,现代经济已经进入一个高度信息化和智能化的时代,面对全球复苏乏力的经济环境,数字经济以其高技术、高融合和高增长等特性,成为驱动经济恢复增长和实现高质量发展的新动能。2016年,在十八届中央政治局中习近平总书记强调要做大做强数字经济、拓展经济发展新空间;2021年10月18日,总书记提出发展数字经济是把握当前新一轮科技革命和产业变革新机遇的战略选择;2022年,发展数字经济,加强务实合作,

成为的高频词。国家提出推动数字经济、平台经济等持续壮大发展,引领新旧动能转换,推进产业深度融合,使产业向智能化、高端化、绿色化发展,实现国家高新技术产业高质量发展。

关于数字经济的理解各有不同,早先被认为是互联网经济或信息经济的代名词,而随着技术的不断发展,数字经济的内涵不断扩大,人们的认识在不断深化。学术界对数字经济的研究主要围绕数字经济与高质量发展的分析框架及内在机制^{[1][2]},第二,学者们研究数字经济对农业^{[3][4]}、工业^{[5][6]}文化^[7]等具体产业高质量发展的影响及机制研究。第三,探究数字经济对全要素生产率^{[8][9]}、共同富裕^[10]、包容性增长^[11]、就业结构^[12]和绿色发

* 李羽含,在读硕士研究生,研究方向:技术创新和产业经济;张庆芝(通讯作者),博士,副教授,研究方向:科学的创新、学术创业、科技成果转化等。

展^[13]等高质量发展子论题。

新要素、新模式、新产业、新业态为产业链韧性提供了新动力^[14],数字经济的发展,打破了时空限制,延伸了产业链条,培育出了新的经济增长点,成为疫情后世界经济增长的重要动力。数字经济与产业之间的关系一直是学者们较为关注的话题,数字经济驱动产业高质量发展的研究主要集中在产业结构优化^{[13][15]}、产业转型^{[16][17]}和产业链韧性^[14]。已有研究表明技术创新是数字经济向经济高质量发展的重要传导路径^{[18][19][20]},具体表现在技术创新是数字经济提升绿色经济效率水平的重要途径^[21],学者针对数字经济与技术创新之间关系的研究有探讨数字经济赋能产业创新的内在机理^{[22][23]},以及从企业层面数据探究数字经济对创新的影响^{[24][25]}。数字经济显著促进了制造业企业技术创新^{[26][27]},袁徽文和高波^[28]发现数字经济发展能够有效提升高技术产业创新效率,并进一步发现数字经济发展会强化企业家精神和产业结构升级,提升高技术产业创新效率。

现有文献从区域层面研究数字经济对高技术产业技术创新的文章较少,而创新是一国经济增长和企业持续发展的核心驱动力,是追求高质量发展的必然要求。高技术产业正处于技术转型的关键转折点,同时数字经济也正在成为重组资源要素和变革产业结构的关键力量,各国都聚焦科技创新、数字产业链重塑、数字基础设施建设及产业绿色发展,随着新一代信息技术与实体产业的加速融合,全球新一轮科技革命和产业变革蓬勃兴起,核心技术的创新和发展对国家发展的具有重要意义。然而,与发达国家相比,中国的自主研发能力仍存在一定的差距,科技创新竞争变得越来越激烈,同时中美科技摩擦不断,增加了核心技术创新的不确定性。本研究将有助于我们更好地理解数字经济对高新技术产业技术创新的作用机制,有效利用数字经济赋能产业创新,为政府和企业提供决策参考,实现创新驱动经济高质量发展具有重要的意义。

1 研究假设

1.1 数字经济驱动高技术产业创新的基本作用机制

信息化改变了人们的生活及工作方式,极大地提高了生产效率和信息交流的效率,成为推动技术创新的新动力源泉^[29]。数据作为信息的载体,被广泛地采集、处理、分析和利用并推动技术创新,此时信息的传播与获取变得更加重要,随着信息的数字化和网络交易出现,数字化技术对数据的复制和共享,从根本上打破了稀缺

性生产要素的限制,成为推动经济持续发展的保障,知识和信息变成了数字经济时代中最重要的生产要素。数据要素纳入制造产业链中会推动其他产业要素重组,并通过用户数据和资源实现突破性创新和渐进式创新相结合的双元创新,联动传统制造业升级转型^[24],即数字经济通过优化要素投入产出,促进制造业技术创新能力提升。同时,数字经济的发展促进制造业产业链分工与产业竞争变革,数字技术通过缩短距离和降低成本帮助企业参与到全球价值链分工,潘冬^[23]指出工业机器人等数字化技术通过提高生产要素的价值创造效率、助力产业整体向价值链高端攀升、创新企业管理模式等方式,赋能战略性新兴产业创新发展,李颖和贺俊^[24]的研究发现数字经济可以通过商业模式创新、组织变革和产业联动等路径赋能制造业产业创新。综上,本研究提出如下假设:

H1:数字经济能促进高技术产业技术创新。

1.2 数字经济驱动高技术产业创新的间接作用机制

人力资本是企业技术创新中非常重要的因素,数字经济优化了人力结构,促进人力资本的聚集^{[12][30]}。人才集聚过程意味着更多的人力资本、知识存量和更快的知识更新,进一步带来各类资本要素的聚集,同时促进更多的创新成果^[31]。数字经济的另一大特点是促进产业融合,即带来科技服务业和制造业的融合,作为知识密集型产业的代表,两者存在劳动力市场共享的特点,而且协同创新的中介效应显著促进制造业与服务业融合,促进高质量发展^[32],科技服务业与高技术产业在知识需求上具有互补及互相促进关系,产业融合及集聚有利于劳动力市场的共享,从而进一步促进创新^[33]。其次,产业集聚会带来知识的外溢,科技服务业与高技术产业之间存在密切的上下游关系,而知识外溢更容易发生在上下游产业之间,从而促进产业集聚^[34]。科技人才的集聚会带来竞争的创新效益,人才之间通过相互竞争来保持组织发展活力、激发人才的创新能力,进一步提升企业的竞争力,并推动整个产业的发展。数字经济的发展让区域内的各种要素能够更加顺畅地流动,推动产业结构的优化和升级,还引领周边形成集聚效应,从而影响高技术产业创新效率^[28]。根据前文分析,本研究进一步提出以下假设:

H2:数字经济能通过对产业协同集聚的作用间接促进高技术产业技术创新。

1.3 数字经济驱动高技术产业创新的区域异质性

数字经济发展水平是衡量区域数字经济发展的—

个综合指标,影响因素是多样且复杂的,区域间存在发展的不平衡,各地区资源禀赋和发展阶段,使各地区的经济发展水平和基础条件存在区域差异和两极分化,虽然互联网等技术的发展一定程度上破解了信息流通的问题,但是各地区之间仍然存在“数字鸿沟”,在区域分布上存在着明显的异质性特点,中国数字经济发展的空间分异明显^{[14][35][36][37]},区域间差异是导致我国数字经济核心产业集聚度产生地区差异的主要原因^[36],因此本研究提出如下假设:

H3:数字经济对高技术产业创新的影响在不同地区之间存在明显的差异。

1.4 数字经济对高技术产业技术创新的影响存在非线性效应

数字经济对高质量发展影响具有“边际效应”递增的线性特征^[2],梅特卡夫法则揭示了互联网的价值随着用户数量的增加呈指数级增长,这也意味着随着数字经济的发展,数字技术在经济发展过程中带来数字网络的价值将呈边际递增的规律。数字经济的发展,各个创新主体之间的一起参与到经济高质量发展的建设过程中,形成大众创业、万众创新的新局面。因此,随着数字经济的发展、数字技术的应用,一方面,各主体通过优化资源配置,创新发展模式等措施提升自身技术创新产出和创新效率,另一方面,随着产业融合的发展,产业在人才集聚上更加明显,各部门及各创新主体之间联动创新的边际成本降低。这些效应会随着数字经济水平的提高、产业协同集聚、区域经济发展水平及政府科技支持水平的提升而越来越明显,使数字经济对高技术产业技术创新的影响呈现非线性特征。

H4:数字经济对高技术产业技术创新的影响呈现出非线性的特征。

2 研究设计

2.1 模型设计

2.1.1 基准回归模型

通过豪斯曼检验确定使用固定效应模型,因此构造的基准回归模型如下:

$$\text{Inno}_{it} = \delta_0 + \alpha_0 \text{Digital} + \sum_{k=1}^4 \alpha_k X_{it}^k + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, i 和 t 表示地区和年份; inno_{it} 是被解释变量,代表第 i 个省份第 t 年的技术创新水平; Digital 为本研究的核心解释变量,其系数 β_0 反映净效应,当系数为正数时,则反映数字经济会促进高技术产业创新; μ_i 和 λ_t 分

别代表区域固定效应和时间固定效应; X_{it}^k 为控制变量; δ_0 代表常数项, ε_{it} 表示随机干扰项。

2.1.2 中介效应模型

除了式(1)中的直接效应外,为进一步研究数字经济对高技术产业创新的作用机制,建立中介效应模型,检验产业协同集聚是否存在中介效应,具体如下:(1)构建数字经济发展指数(Digital)与中介变量产业协同集聚(XT)的线性回归方程;(2)构建 Digital 与中介变量 XT 对技术创新(inno)的回归方程。通过结果中回归系数显著性判断是否存在中介效应,具体计量模型如下:

$$\text{XT}_{it} = \delta_0 + \beta_0 \text{Digital} + \sum_{k=1}^4 \beta_k X_{it}^k + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$\text{Inno}_{it} = \delta_0 + \gamma_0 \text{Digital} + \gamma_1 \text{XT}_{it} + \sum_{k=2}^5 \gamma_k X_{it}^k + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

2.1.3 门槛效应模型

除了中介效应模型对于间接传导机制的实证检验以外,还应该考虑非线性动态溢出产生间接作用。因此,设定如下面板门槛模型:

$$\begin{aligned} \text{Inno}_{it} = & \alpha_0 + \phi_1 \text{Digital} \cdot I(\text{Adj}_{it} \leq \theta) \\ & + \phi_2 \text{Digital} \cdot I(\text{Adj}_{it} > \theta) \\ & + \sum_{k=3}^6 \phi_k X_{it}^k + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

其中 Adj_{it} 为门槛变量,若满足括号条件,则 I 取1,否则取0,本方程为单门槛变量模型,可进一步扩充为多门槛效应。

2.2 变量测度与说明

2.2.1 被解释变量

本研究的被解释变量为技术创新,首先选择高新技术产业的发明专利申请数代表技术创新产出的一个被解释变量,并参考以往研究^{[38][39][40][41]},从创新的投入和产出选取指标,确定高技术产业科研经费投入、科技人员数量为投入变量;发明专利申请数和新产品的销售收入作为产出变量,通过熵值法计算权重,最终测算出30个省份的创新效率作为被解释变量的另一个衡量变量。

2.2.2 核心解释变量

本研究的核心解释变量为数字经济发展指数,基于现有研究对数字经济的定义,以及省级层面数据的可得性,参考已有文章^{[11][42][43]}的做法,从数字基础设施、数字产业发展、数字普惠金融3个维度测算出数字经济发展水平。其中数字经济基础设施包括互联网宽带接入端口数、长途光缆线路长度、域名数和IPV4地址数,数字产业化包括计算机服务和软件业从业人员占比、人均电信业务收入和人均快递业务量,产业数字化借鉴郭峰等^[44]

表1 数字经济发展水平指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标单位
数字经济发展指数	数字经济基础设施	互联网宽带接入端口数	十万个
		长途光缆线路长度	万公里
		域名数	万个
		IPv4地址数	百万个
	数字产业化发展	计算机服务和软件业从业人员占比	/
		人均电信业务收入	万元/人
		人均快递业务总量	百件/人
	产业数字化	中国数字普惠金融指数	/

表2 变量描述性统计

变量类型	变量	符号	均值	标准误	最小值	最大值
被解释变量	创新产出	Patent	0.383000	0.950000	0.000000	7.978000
	创新效率	Eff	0.061900	0.127000	0.000006	1.000000
解释变量	数字经济发展指数	Digital	0.703000	0.076400	0.604000	1.004000
中介变量	产业协同集聚	XT	11.090000	9.994000	1.854000	50.840000
控制变量	政府科技支持	GOV	0.021400	0.014900	0.004000	0.067600
	对外开放水平	OPEN	0.265000	0.291000	0.008000	1.548000
	外商直接投资	INV	0.018700	0.014800	0.000100	0.079600
	经济发展水平	RGDP	3.257000	1.742000	1.233000	9.718000

编制的《北京大学数字普惠金融指数》,用中国数字普惠金融指数来衡量产业数字化,本研究对表1中8个指标通过使用主成分分析方法计算数字经济发展指数。

2.2.3 中介变量

中介变量为各省级行政单位研究科技服务业与高技术产业协同集聚的创新效应,用来衡量两个产业在空间上的协同作用,这对于了解数字经济对产业融合促进技术创新的作用机理非常重要,对产业集聚度的测度方法,Ellison等^{[45][46]}构建E-G修正指数被学者广泛使用,参考黄晓琼等^[33]的做法,科技服务业就业人数采用R&D人员全时当量来表示,参考王文成等^[47]的文章,采用陈建军等^[48]构建的修正后的E-G指数测算二者的协同集聚指数,计算公式如下:

$$SA_{it} = \frac{\frac{L_{is}}{L_i}}{\frac{L_s}{L}} \quad (5)$$

$$HA_{it} = \frac{\frac{L_{ih}}{L_i}}{\frac{L_h}{L}} \quad (6)$$

SA_{it} 和 HA_{it} 分别表示i地区科技服务业(s)、高技术产业(h)的区位熵; L_{is} 和 L_{ih} 分别表示i地区科技服务业、

高新技术从业人员数; L_s 、 L_h 分别表示全国科技服务业、高技术产业从业人员数; L_i 、 L 分别表示各地区和全国的从业人员总数,产业协同集聚指数构建如下:

$$XT = \left[1 - \frac{|SA - HA|}{SA + HA} \right] + |SA + HA| \quad (7)$$

2.2.4 控制变量

本研究控制变量的选择主要考虑:地区对外开放程度(OPEN),以货物贸易总额占地区生产总值的比值表示;外商直接投资(INV),采用实际利用外商投资额占地区生产总值的比重来衡量;经济发展水平(RGDP),采用人均实际GDP表示,在模型中取对数处理;政府科技支持(GOV),地方财政科技支出占一般预算支出的比重。

2.3 数据来源

本研究选取2012~2021年30个省份的面板数据为研究样本(不包括西藏、香港、澳门、台湾),数字普惠金融指数来自北大与蚂蚁金服集团的《数字普惠金融指数》,数字经济的其他指标来源于:高技术科研经费投入、科技人员数量、发明专利申请数和新产品的销售收入来源于《中国科技统计年鉴》和《中国高技术产业统计年鉴》,控制变量数据均来源于统计年鉴。各变量的描述性统计特征如表2所示。



表3 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	Patent	Patent	Eff	Eff
Digital	6.994*** (0.734)	4.567*** (0.733)	0.852*** (0.0808)	0.566*** (0.0792)
GOV		33.73*** (4.244)		3.862*** (0.461)
OPEN		-1.540*** (0.248)		-0.173*** (0.0270)
INV		-6.254*** (2.233)		-0.672*** (0.243)
RGDP		-0.772*** (0.258)		-0.0814*** (0.0281)
_cons	-4.532*** (0.516)	4.913* (2.629)	-0.537*** (0.0568)	0.476* (0.286)
N	330	330	330	330
R ²	0.892	0.918	0.928	0.946
adj.R ²	0.877	0.905	0.918	0.937
固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes

注:括号内为稳健标准误,*** p<0.01,** p<0.05,* p<0.1

表4 中介效应回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Patent	Eff	XT	Patent	Eff
Digital	4.567*** (0.733)	0.566*** (0.0792)	10.10** (3.960)	3.239*** (0.513)	0.532*** (0.0791)
XT				0.0176** (0.00755)	0.00341*** (0.00117)
N	330	330	330	330	330
R ²	0.918	0.946	0.978	0.950	0.947
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定	YES	YES	YES	YES	YES
区域固定	YES	YES	YES	YES	YES

注:括号内为稳健标准误,*** p<0.01,** p<0.05,* p<0.1

3 实证结果及分析

3.1 基准回归结果

表3报告了数字经济发展水平对于高技术产业技术创新产出和创新效率的基准回归模型,其中(1)和(3)不添加控制变量,回归系数分别为6.997和0.852,统计结果在1%的水平显著,在此基础上增加控制变量,结果如(2)和(4)列所示,其结果依然为正数,并且依然在1%的水平下显著,表明数字经济发展水平可以有效促进高技术产业创新,验证了H1。

3.2 中介效应分析

数字经济通过产业协同集聚对高技术产业技术创新的中介效应结果如表4所示,第(1)和(2)列结果为数字经济对高技术产业技术创新的总体效应,系数分别为4.567和0.566;第(3)列结果为数字经济发展水平对于产业协同集聚的影响,系数为10.10,在5%的水平上显著,说明数字经济发展水平能够促进科技服务业与高技术产业协同集聚;第(4)和(5)列结果增加产业协同集聚为中介变量的回归结果,结果显示同原始回归相比,系数

表5 工具变量回归结果

变量	工具变量1			工具变量2		
	Digital	Patent	Eff	Digital	Patent	Eff
IV	0.005*** (0.0014)			0.002*** (0.0006)		
Digital		18.95*** (4.624)	2.172*** (0.529)		17.36*** (3.317)	2.289*** (0.354)
KPL 统计量		41.145 (0.0000)	41.145 (0.0000)		29.948 (0.0000)	29.948 (0.0000)
KPW 统计量		68.391 {16.38}	68.391 {16.38}		31.916 {16.38}	31.916 {16.38}
R ²	0.923	0.806	0.867	0.925	0.084	0.193
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
区域固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

注:括号内为稳健标准误,*** p<0.01,** p<0.05,* p<0.1,大括号内为检验在10%水平上的临界值

列为变小,说明数字经济发展水平通过促进产业协同集聚,推动高技术产业进行技术创新,证明研究假设 H2 成立。

3.3 稳健性检验

3.3.1 内生性检验

为解决内生性问题,通过为核心解释变量选择的工具变量,参考黄群慧等^[34]、赵涛等^[42]和袁徽文等^[28]的研究,选择固定电话(IV1)和邮电业务总量(IV2)作为工具变量(IV)。结果如表5所示,在考虑内生性的情况下,回归系数依然在1%的水平上显著,且与基准回归年结果相比没有发生明显的改变,数字经济发展水平能有效促进高技术产业技术创新,Kleibergen-Paap rk 的 LM(简称 KPL)和 Kleibergen-Paap rk Wald F(简称 KPW)的统计值均通过检验,说明不存在识别不足和弱识别问题,通过以上检验证明选取固定电话与邮政总业务量作为工具变量的合理性。

3.3.2 替换变量及缩尾处理

为确保基准回归结果的稳健性,本研究进行以下3种稳健性检验,结果如表6所示:第(1)列替换被解释变量技术创新为新产品的销售收入(NPI)。第(2)~(3)列替换解释变量数字经济发展水平(Digital)使用熵权法来对评价指标进行测算。第(4)~(5)列对核心解释变量和因变量进行缩尾处理。上述3类稳健性检验结果均与基准回归结果一致,说明结果稳健。

3.4 门槛效应

数字经济的作用效果在不同区域间存在差异,并且

表6 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	NPI	Patent	Eff	Patent	Eff
Digital	1.409*** (0.230)	5.100*** (0.746)	0.659*** (0.0801)	2.716*** (0.537)	0.387*** (0.0637)
N	330	330	330	330	330
R ²	0.934	0.920	0.948	0.946	0.961
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
区域固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

注:括号内为稳健标准误,*** p<0.01,** p<0.05,* p<0.1

考虑到数字经济的非线性效应,本研究作进一步检验。在估计门槛模型之前,基于 Hansen^[49]的方法验证面板门槛的存在性,运用 Bootstrap 抽样法反复进行 1000 次抽样得到检验统计量对应的 P 值及相关统计量,其中数字经济发展水平、地区经济水平和政府科技支持均只通过单门槛检验,产业协同通过双门槛检验,多门槛模型显著,考虑门槛值十分接近,现实意义不大,可以看作是同一个门槛值。因此,对于产业协同集聚的门槛依然选择单门槛模型,门槛效应结果如表7所示,当数字经济发展水平为门槛变量时,随着数字经济发展指数值的提高,两个衡量技术创新的被解释变量的系数都增大;进一步地,当我们将产业协同创新、区域经济发展水平和政府科技支持作为门槛变量纳入考虑时,数字经济驱动效应依然呈现正向且递增的非线性特征。这表明,数字经济对高技术产业技术创新的动态变化还受到产业协同创



表7 门槛效应估计结果

门槛变量	门槛类别	门槛区间	Patent	Eff
			回归系数	回归系数
Digital	单门槛	Digital $\leq$ 0.894	0.558 [*] (0.299)	0.151 ^{***} (0.0493)
		Digital $>$ 0.894	1.466 ^{***} (0.293)	0.296 ^{***} (0.0495)
TX	单门槛	TX $\leq$ 22.644	0.952 ^{**} (0.420)	0.175 (0.046)
		TX $>$ 22.644	2.189 ^{***} (0.426)	0.315 (0.047)
RGDP	单门槛	RGDP $\leq$ 4.482	1.525 (0.284)	0.238 ^{***} (0.0353)
		RGDP $>$ 4.482	4.775 (0.318)	0.571 ^{***} (0.0395)
GOV	单门槛	GOV $\leq$ 0.0517	1.758 ^{***} (0.434)	0.263 ^{***} (0.0486)
		GOV $>$ 0.0517	2.959 ^{***} (0.466)	0.389 ^{***} (0.0521)

注:括号内为稳健标准误,*** $p<0.01$, ** $p<0.05$, * $p<0.1$

新、区域经济发展水平和政府科技支持等因素的调节影响。数字经济对高技术产业创新的影响具有复杂性和多样性,需要综合考虑多种因素的分析, H4得到了验证。

3.5 异质性分析

考虑区域差异,东部沿海地区科技数字经济发展水平和人才集聚发展较为迅速,而西部地区的资源和发展条件较为落后,为了充分考虑区域差异造成的数字经济发展水平驱动高技术产业创新的异质性,本研究将全国分为东、中和西部地区,进一步探讨不同区域下数字经济发展水平对高技术产业创新的影响结果差异。表8是对省级行政单位进行区域划分后的回归结果,除了列

(2)显示的为负数,但未通过检验,其余的结果都为正数,其中只能东部和西部地区均在1%的水平上显著,列(1)和(4)是东部地区的回归系数,(3)和(6)为西部区域的系数在4个区域在系数最大,说明东部和西部地区数字经济发展水平显著促进高技术产业技术创新产出和创新效率的提高,经济的发展使得企业间的竞争更加激烈,东部地区的基础设施水平高、人才集聚程度和资源配置效率等程度高,这提供了必要的数据库与科技人才作为支撑,同时东部地区的产业融合水平高,因而企业会倾向于通过创新来保持市场份额,稳定企业发展。西部地区资源禀赋较差,但数字经济的发展使得信息和知识超越时空限制,推动高技术产业技术创新。而中部地区相比于东部和西部地区的影响较小,归因于中部地区的发展水平处于缓慢增长阶段,数字基础设施等较为完善,中部地区整体数字经济发展水平呈中水平均衡发展态势^[46],因而在相对稳定的状态,整个产业的促进作用相对较弱。

4 结论及启示

4.1 研究结论

本研究基于省级数据构建数字经济发展水平的指标体系、计算科技服务业与高技术产业之间产业协同集聚值和测算产业创新效率指标,使用固定面板效应模型、中介效应模型和门槛模型等实证分析方法,研究数字经济对高技术产业技术创新的影响机制,并从区域视角出发,进一步探究影响的异质性。主要结论有:(1)数字经济发展水平能显著促进高技术产业技术创新,进一步引入替换变量和缩尾处理进行稳健性检验以及引入工具变量进行内生性分析,研究结论仍成立。(2)数字经济发展水平可以通过促进科技服务业与高技术产业协同集聚的路径来提高高技术产业的技术创新产出和创新效率,即产业协同集聚起到部分中介效应,因此激发

表8 区域异质性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	东部	中部	西部	东部	中部	西部
Digital	4.763 ^{***} (1.437)	-0.017 (0.793)	3.017 ^{***} (0.228)	0.564 ^{***} (0.155)	0.255 ^{**} (0.082)	0.317 ^{***} (0.034)
R ²	0.925	0.819	0.945	0.936	0.909	0.948
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

注:括号内为稳健标准误,*** $p<0.01$, ** $p<0.05$, * $p<0.1$

产业协同集聚,有利于进一步促进产业技术创新。(3)在区域异质性方面,东部地区数字经济的创新驱动效应比中部和西部更明显,而中部地区的影响较小。(4)数字经济的创新驱动效应表现出非线性变化趋势,即在数字经济发展水平、产业协同集聚、地区经济发展水平和政府科技支持较强的区域,数字经济驱动高技术产业技术创新的强度增加。

4.2 政策建议

基于本研究结果提出如下政策建议:第一,数字经济正展现出巨大动能优势和无限前景,随着互联网、大数据、人工智能等数字技术日益融入经济社会发展的全过程,应加大互联网等数字技术的投入,鼓励中国企业积极利用数字技术促进共建国家经济社会建设,通过运用数字技术推动新的基础设施建设,利用数字化技术对传统的基础设施进行改造,提升区域数字经济发展水

平,进一步巩固信息技术的创新驱动效应。第二,政府创新驱动协调发展的理念下,不断增加研发投入,通过宏观和微观措施来调整资源配置,通过政策激励形成人才集聚和产业协同集聚。同时也要鼓励差异化发展,避免出现产业结构相似,充分利用区域优势进行科学规划,形成有特色的高新技术产业集群。第三,对于发展不平衡的地区,通过加大政府科技支持、加大研发投入以及优化人才补贴政策促进等的调节作用,发挥数字经济的非线性“边际效益”递增的特性,充分利用区域资源,推动欠发达地区的高技术产业技术创新。第四,深化在人工智能、区块链、大数据等新科技、新经济领域的合作与交流,共同促进自主创新与协同创新能力提升;探索新的合作模式,加强技术研发和应用推广,促进产业协同发展,提升经济效益;推动政策协调和国际合作,为新科技、新经济的发展创造更加良好的环境。

参考文献:

- [1] 荆文君,孙宝文.数字经济促进经济高质量发展:一个理论分析框架[J].经济学家,2019(2):66-73.
- [2] 丁志帆.数字经济驱动经济高质量发展的机制研究:一个理论分析框架[J].现代经济探讨,2020(1):85-92.
- [3] 温涛,陈一明.数字经济与农业农村经济融合发展:实践模式、现实障碍与突破路径[J].农业经济问题,2020(7):118-129.
- [4] YAO W, SUN Z. The Impact of the Digital Economy on High-Quality Development of Agriculture: A China Case Study[J]. Sustainability, 2023, 15(7): 5745.
- [5] 曹正勇.数字经济背景下促进我国工业高质量发展的新制造模式研究[J].理论探讨,2018(2):99-104.
- [6] 刘鑫鑫,惠宁.数字经济对中国制造业高质量发展的影响研究[J].经济体制改革,2021(5):92-98.
- [7] 宁楠,惠宁.数字经济与文化产业高质量发展——基于新发展理念视角的分析[J].统计与决策,2023,39(18):16-21.
- [8] 邱子迅,周亚虹.数字经济发展与地区全要素生产率——基于国家级大数据综合试验区的分析[J].财经研究,2021,47(7): 4-17.
- [9] 陈一,罗黎辉.数字经济、产业结构升级与绿色全要素生产率——基于空间计量模型的研究[J].技术经济与管理研究, 2023(10):21-24.
- [10] 刘娜,肖文琛.城市数字经济对共同富裕的影响机制及作用效果[J].统计与决策,2023,39(19):10-16.
- [11] 张勋,万广华,张佳佳,等.数字经济、普惠金融与包容性增长[J].经济研究,2019,54(8):71-86.
- [12] 戚聿东,刘翠花,丁述磊.数字经济发展、就业结构优化与就业质量提升[J].经济学动态,2020(11):17-35.
- [13] SU J, SU K, WANG S. Does the Digital Economy Promote Industrial Structural Up Grading? —A Test of Mediating Effects Based on Heterogeneous Technological Innovation[J]. Sustainability, 2021, 13(18): 10105.
- [14] 陈晓东,刘洋,周柯.数字经济提升我国产业链韧性的路径研究[J].经济体制改革,2022(1):95-102.
- [15] 李治国,车帅,王杰.数字经济发展与产业结构转型升级——基于中国275个城市的异质性检验[J].广东财经大学学报, 2021,36(5):27-40.
- [16] 李春发,李冬冬,周驰.数字经济驱动制造业转型升级的作用机理——基于产业链视角的分析[J].商业研究,2020(2): 73-82.
- [17] 徐翔燕,马国勇.数字经济、环境规制与产业转型[J].统计与决策,2023,39(5):119-124.
- [18] MA D, ZHU Q. Innovation in Emerging Economies: Research on the Digital Economy Driving High-Quality Green Development[J]. Business Research, 2022, 145: 801-813.



- [19] 杨艳芳,詹俊岩,胡艳君.数字普惠金融对经济高质量发展的影响研究[J].科技促进发展,2021,17(5):838-845.
- [20] 汪晓文,陈明月,陈南旭.数字经济、绿色技术创新与产业结构升级[J].经济问题,2023(1):19-28.
- [21] LI J, CHEN L, CHEN Y, et al. Digital Economy, Technological Innovation, and Green Economic Efficiency—Empirical Evidence from 277 Cities in China[J]. Managerial and Decision Economics,2022,43(3):616-629.
- [22] 潘冬.数字经济赋能战略性新兴产业创新发展研究[J].理论探讨,2022(5):168-172.
- [23] 李颖,贺俊.数字经济赋能制造业产业创新研究[J].经济体制改革,2022(2):101-106.
- [24] 李健,张金林,董小凡.数字经济如何影响企业创新能力:内在机制与经验证据[J].经济管理,2022,44(8):5-22.
- [25] 唐要家,王钰,唐春晖.数字经济、市场结构与创新绩效[J].中国工业经济,2022(10):62-80.
- [26] 董香书,王晋梅,肖翔.数字经济如何影响制造业企业技术创新——基于“数字鸿沟”的视角[J].经济学家,2022(11):62-73.
- [27] LI R, RAO J, WAN L. The Digital Economy, Enterprise Digital Transformation, and Enterprise Innovation[J]. Managerial and Decision Economics,2022,43(7):2875-2886.
- [28] 袁微文,高波.数字经济发展与高技术产业创新效率提升——基于中国省级面板数据的实证检验[J].科技进步与对策,2022,39(10):61-71.
- [29] 韩先锋,惠宁,宋文飞.信息化能提高中国工业部门技术创新效率吗[J].中国工业经济,2014(12):70-82.
- [30] 李梦娜,周云波.数字经济发展的人力资本结构效应研究[J].经济与管理研究,2022,43(1):23-38.
- [31] 卢君,卢圣泉.试论产业集聚与区域人才集聚的相关性[J].湖北经济学院学报(人文社会科学版),2014,11(3):47-48.
- [32] 李蕾,刘荣增.产业融合与制造业高质量发展:基于协同创新的中介效应[J].经济经纬,2022,39(2):78-87.
- [33] 黄晓琼,徐飞.科技服务业与高技术产业协同集聚创新效应:理论分析与实证检验[J].中国科技论坛,2021(3):93-102.
- [34] FORNI M, PABA S. Knowledge Spillovers and the Growth of Local Industries[J]. Industrial Economics,2002,50:151-171.
- [35] 王彬燕,田俊峰,程利莎,等.中国数字经济空间分异及影响因素[J].地理科学,2018,38(6):859-868.
- [36] 李栋,张映芹,李开源.中国省际数字经济核心产业集聚度、非平衡性与动态演进[J].统计与决策,2023,39(18):103-108.
- [37] 朱洁西,李俊江.数字经济、技术创新与城市绿色经济效率——基于空间计量模型和中介效应的实证分析[J].经济问题探索,2023(2):65-80.
- [38] GUAN J, CHEN K. Measuring the Innovation Production Process: A Cross-Region Empirical Study of China's High-Tech Innovations[J]. Technovation,2010,30(5-6):348-358.
- [39] 易明,彭甲超,吴超.基于SFA方法的中国高新技术产业创新效率研究[J].科研管理,2019,40(11):22-31.
- [40] YU A, SHI Y, YOU J, et al. Innovation performance evaluation for High-Tech Companies Using a Dynamic Network Data Envelopment Analysis Approach[J]. Operational Research,2021,292(1):199-212.
- [41] 田春晓,陈聪.高新技术产业中信息技术企业创新效率评价研究[J].科技促进发展,2019,15(2):184-191.
- [42] 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.
- [43] 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,2021,38(7):26-42.
- [44] 郭峰,王靖一,王芳,等.测度中国数字普惠金融发展:指数编制与空间特征[J].经济学(季刊),2020,19(4):1401-1418.
- [45] ELLISON G, GLAESER E L. Geographic Concentration in U.S. Manufacturing Industries: A Dartboard Approach[J]. Social Science Electronic Publishing,1997,105(5):889-927.
- [46] ELLISON G, GLAESER E L, KERR W R. What Causes Industry Agglomeration? Evidence from Coagglomeration Patterns[J]. American Economic Review,2010,100(3):1195-1213.
- [47] 王文成,隋苑.生产性服务业和高技术产业协同集聚对区域创新效率的空间效应研究[J].管理学报,2022,19(5):696-704.
- [48] 陈建军,刘月,邹苗苗.产业协同集聚下的城市生产效率增进——基于融合创新与发展动力转换背景[J].浙江大学学报:人文社会科学版,2016,46(3):150-163.
- [49] HANSEN B E. Threshold Elects in Non-Dynamic Panels: Estimation, Testing, and Inference[J]. Econometrics, 1999, 93: 345-368.

Digital Economy, Collaborative Industrial Clustering and Technological Innovation in High-Tech Industries

LI Yuhan, ZHANG Qingzhi

School of Public Policy and Management, University of Chinese Academic of School of Sciences, Beijing 100049

Abstract: The development of digital economy is the strategic choice of the new era. High-tech industry as the main innovation carrier of major breakthrough technologies, its core technology innovation is of great significance to the development of high quality of the economy, and to clarify the intrinsic mechanism of the digital economy to drive innovation in high-tech industry, so that we can effectively utilize the digital economy to empower industrial innovation, and to lead the future of the economy of high quality. Based on the panel data of 34 provinces in mainland China from 2011 to 2021, this study constructed the index system of digital economy development level and measured the digital economy development index through principal component analysis, and empirically analyzed the influence of digital economy on technological innovation of high-tech industries in multiple dimensions. The results showed that the level of digital economy development can significantly promote the innovation ability of high-tech industries; meanwhile, the digital economy promotes the technological innovation of high-tech industries through the intermediary effect of promoting the synergistic agglomeration of industries; there is regional heterogeneity in the impact of the level of digital economy development on promoting the technological innovation of high-tech industries, and the driving effect in the eastern region is greater than that in the central and western regions; and there is a non-linear relationship in the innovation effect of the digital economy.

Keywords: digital economy; high-tech industries; technological innovation; collaborative industrial agglomeration

(责任编辑:何岸波 侯琚; 责任译审:毛子英 周阿剑)