

数字经济发展影响区域 工业企业创新效率的机制研究

——基于产业结构升级和对外技术依赖的中介效应分析

尹 洁, 伍靖平, 李 锋

(江苏科技大学 经济管理学院, 江苏 镇江 212100)

摘要:基于 2011—2020 年中国 30 个省域的面板数据,运用熵值法和随机前沿分析法分别测算各省的数字经济发展水平和工业企业创新效率,实证检验和分析两者的作用机制。研究发现:数字经济发展能显著提升工业企业创新效率,该结论先后通过了稳健性和内生性检验;促进产业结构升级和降低对外技术依赖度是数字经济发展影响工业企业创新效率的主要传导路径,这一结论具有强稳健性;工业企业规模和政府支持水平具有良好的门槛效应,工业企业规模越小,政府支持水平越高,数字经济发展对工业企业创新效率的提升效果越好。

关键词:数字经济;企业创新效率;产业结构升级;对外技术依赖;门槛效应

DOI:10.13956/j.ss.1001-8409.2025.01.09

中图分类号:F49;F425;F273.1

文献标识码:A

文章编号:1001-8409(2025)01-0070-07

Mechanism of Digital Economy Development Affecting the Innovation Efficiency of Regional Industrial Enterprises: Based on the Intermediary Effect Analysis of Industrial Structure Upgrading and External Technology Dependence

YIN Jie, WU Jing-ping, LI Feng

(School of Economics and Management, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212100)

Abstract:Based on the panel data of 30 provinces in China from 2011 to 2020, this paper uses the entropy method and stochastic frontier analysis method to measure the digital economy development level and industrial enterprise innovation efficiency of each province, empirically testing and analyzing the mechanism of the two. The results show that the development of the digital economy can significantly improve the innovation efficiency of industrial enterprises, and this conclusion has passed the robustness and endogeneity tests. Promoting the upgrading of industrial structure and reducing the degree of external technology dependence are the main paths for the digital economy to affect the innovation efficiency of industrial enterprises, and this conclusion has strong robustness. The scale of industrial enterprises and the level of government support have a good threshold effect. The smaller the scale of industrial enterprises and the higher the level of government support, the better the effect of digital economy development on the improvement of innovation efficiency of industrial enterprises.

Key words:digital economy; enterprise innovation efficiency; industrial structure upgrading; foreign technology dependence; threshold effect

引言

改革开放以来,中国高度重视工业发展,工业经济规模不仅稳居世界首位,还成为全球唯一拥有所有工业门类的国家。然而,由于长期依赖资源驱动,中国工业发展后期出现了生产要素利用率低和产业结构失衡现象^[1]。党的二十大报告指出,要加快建设现代化经济体

系,着力提高全要素生产率,推动经济实现质的有效提升和量的合理增长^[2]。工业科技创新是推动工业经济高质量发展的关键引擎,促进资源驱动向创新驱动转化不仅有利于改进传统工业的发展模式,还是构建工业新发展格局的必经之路。近年来,数字技术的不断突破推动了数字经济规模的持续增长,根据 2023 年颁布的《中

收稿日期:2024-06-07

基金项目:国家社会科学基金项目(19CGL010);江苏省社会科学应用研究精品工程课题(24SYB-026)

作者简介:尹 洁(1984—),女,江西赣州人,博士、教授、硕士生导师,研究方向为企业创新管理;伍靖平(2000—),女,安徽庐江人,硕士研究生,研究方向为企业创新管理;李 锋(1980—),男,安徽临泉人,博士、教授、研究生导师,研究方向为创新管理、应急管理。

国数字经济发展研究报告》可知,2022年中国数字经济规模增至50.2万亿元,数字经济全要素生产率也同年升至1.75。在数字赋能的时代背景下,数字经济发展能否提升区域工业企业创新效率?如果能,两者的作用机制是什么?从省域层面研究数字经济发展如何影响工业企业创新效率,不仅可以有效缓解工业发展面临的严峻形势,还能为工业高质量发展的政策制定提供理论依据。

归纳数字经济的前沿文献,国内外学者普遍研究数字经济如何促进经济高质量发展。对于理论研究,荆文君和孙宝文^[3]认为在微观层面,数字技术在经济领域的渗透使平台经济、共享经济等新经济形态应运而生,有利于改进和完善市场运作机制。同时指出在宏观层面,数字经济发展使数据资产成为优化资源配置方式和提高社会生产率的核心要素。此外,也有不少学者从中观层面分析了数字经济发展可以促进行业融合,助力现代化经济体系形成^[4,5]。对于实证研究,赵涛等^[6]基于中国地级市面板数据,检验了数字经济可以通过激发大众创业参与度促进区域经济高质量发展。同时,国外学者发现创新业务模式和提升资源配置效率在数字经济提高传统行业经济效益中起到良好的中介作用^[7,8]。

纵观数字经济影响企业创新的既有研究,学术界常用创新产出指标衡量企业创新水平,探讨两者的作用机制。创新绩效方面,学者普遍认为数字经济发展能通过“信号驱动”降低市场环境不确定性^[9],推动市场整合^[10]和促进市场竞争^[11],使企业创新绩效得到显著提升。创新能力方面,李健等^[12]分别从企业内部和外部研究两者的传导路径,认为内部机制包括缓解企业融资约束和改进人力资本结构,外部机制包括降低供应链集中度和拓宽知识网络。此外,数字经济发展可以加速数字技术的扩散与渗透,使其影响企业产业链和企业价值链,促进知识积累和信息溢出,间接提高企业创新能力^[13,14]。然而,少有学者同时基于创新投入和创新产出视角,研究数字经济发展如何影响企业创新效率,针对工业企业创新效率的机制研究更是空白。基于此,本文依据2011—2020年中国30个省的面板数据,系统研究数字经济发展能否提升工业企业创新效率及其作用机制。

本文的边际贡献在于:第一,区别于既有文献普遍从创新产出角度研究数字经济发展对企业创新的影响,本文综合考虑投入和产出因素,实证检验数字经济发展对工业企业创新效率的提升作用。第二,首次在数字经济和企业创新的研究框架中引入对外技术依赖,系统分析对外技术依赖的中介效应,同时探究了产业结构升级在数字经济和工业企业创新效率间起到的中介作用。第三,首次分析和检验企业规模和政府支持水平在数字经济发展提升工业企业创新效率中的门槛效应,丰富了数字经济和工业企业创新效率间的门槛机制。

1 理论分析与研究假设

1.1 数字经济发展对区域工业企业创新效率的直接影响

数字经济是以数字技术为核心动能、数据为主要生

产要素和线上平台为重要运营模式的新经济形态,对工业企业发展影响深远,可从以下三方面概述。一是缓解融资约束。工业企业生产社会化程度高,创新要素集聚能直接影响创新效率,而集聚创新要素需要大量资金支持,传统金融模式对中小型企业创新造成的融资约束较大。随着数字技术和数字产品在金融领域的渗透,数字金融发展迅速。作为数字经济的重要组成部分,数字金融依附的电子支付方式和线上业务流程,极大降低了金融市场的交易成本,拓宽了工业企业创新的融资渠道。二是提高要素配置效率。与传统经济形态不同,数据是数字经济发展过程中必不可少的新型生产要素。大数据、云计算和人工智能等技术的完善,使数据处理与分析变得更简便、精确。数据与资本、人才和技术等传统创新要素的有机融合,可以优化要素匹配路径,提升企业创新效率^[15]。三是促进知识溢出。竞争日趋激烈的工业市场使企业必须注重技术研发,工业企业需要与高校、科研机构密切联系,构建产学研一体化合作平台,吸引更多人才,实现技术突破^[16,17]。数字经济依托的数字技术不仅能有效降低产学研合作过程的沟通成本和协调成本^[18],还能借助学习平台降低信息获取成本,帮助企业更好地理解 and 吸收合作伙伴传递的隐性知识,提升产学研合作质量。基于上述分析,提出以下假设:

H1:数字经济发展有利于提升区域工业企业创新效率。

1.2 数字经济发展影响区域工业企业创新效率的传导机制

1.2.1 产业结构升级的中介效应

产业结构升级主要体现于合理化和高级化两方面^[19]。产业结构合理化指通过重置要素资源在各产业部门间的分布与集聚度,提高不同产业发展的协调水平。从经济体视角看,第一产业、第二产业和第三产业由于社会分工需要紧密联系在一起,形成一条完整的产业链,各产业间的信息反馈影响产业链内分工主体的决策,使要素资源配置往往只能线性流动。数字技术的应用大大降低了产业间的交流壁垒^[20],不同产业的技术和知识得以直接流通,要素资源配置效率显著提高,产业间结构也从线性产业链形态向复杂的网络模式转变。产业结构高级化表示通过主导产业转型,推动劳动密集型产业向技术密集型产业发展,继而提高产业整体的效益水平。一方面,资本流动具有趋利避险性,大数据的广泛使用让市场信息传递的速度更快、质量更高,助力资本更加敏锐捕捉优势产业或产业组织^[21]。整体来看,资本集聚让效益高的产业得以迅猛发展,让效益低的产业逐渐淘汰,马太效应在产业发展过程中变得尤为显著。另一方面,人工智能的喷发式发展对劳动力生产存在辅助和替代效应,不仅可以帮助劳动力提升专业技能,还能解决制造业人力资本结构存在的冗余问题。两种效应相辅相成,能有效提升生产效率,是现阶段产业结构高级化的重要原因。

产业结构升级有利于促进工业企业创新,可从以下两方面阐述:一是产业结构合理化可以让生产要素流入高效率的工业部门,促进创新要素集聚。同时低效率工

业部门为了避免被淘汰,也会更注重科技创新,加大研发人员和研发资金的投入力度。二是产业结构高级化能让更多的工业生产使用知识和技术,继而大幅提高生产效率和产品附加值,创新回报也随之提高。创新驱动工业发展带来的经济效益越高,工业企业创新的动力就越强^[22]。基于上述分析,提出以下假设:

H2:数字经济发展可以通过促进产业结构升级提升区域工业企业创新效率。

1.2.2 对外技术依赖的中介效应

数字经济发展能有效帮助工业企业弥补自主研发资金缺口和提高自主研发主体能力^[23],助力中国工业供给侧结构性改革,降低对外技术的依赖程度。一方面,工业企业的核心技术研发需要持续投入大量研发资金,信息不对称会让外部投资者难以评估企业的信用水平和发展前景,继而导致企业外部融资受限,技术升级受到重大阻碍。数字技术不仅能帮助金融机构或风险投资者搜集有效的企业信息,还能存储与分析海量的行业数据,预测被投资企业的生产效益,大大降低时空错位造成的信息损失度^[24]。因此,数字经济发展可以帮助工业企业实现稳定的外部融资,弥补技术自主研发资金缺口。另一方面,数字经济具有显著的技术知识溢出效应,数字化平台能帮助研发主体更方便和精确地搜集和学习技术知识,继而增强他们的技术研发能力。此外,数字经济发展还能使市场运作机制更透明,加剧工业企业之间的市场竞争程度^[25],倒逼企业重视培养自主研发能力。

与此同时,作为发展中国家,中国早期实施的“市场换技术”政策对外商直接投资具有较强的吸引力,引进了先进的发展理念和技术,助推国内工业发展。然而,中国工业企业的自主创新能力仍比较薄弱,许多领域的核心技术受制于外国,这一现象让众多学者针对“技术引进”与“自主创新”两者的关系展开激烈探讨,迄今为止尚未达成一致。王春花^[26]表示 IFDI 会让中国发展形成严重的技术依赖,中国想通过引进外国资源促进工业技术进步的政策难以获得良好的成效。而王彦敏等^[27]指出技术引进是发展中国家工业发展的重要战略,但仅引进技术而不重视自主创新,就会陷入落后引进再落后的恶性循环。基于上述分析,提出以下假设:

H3:数字经济发展可以通过降低对外技术依赖程度提升区域工业企业创新效率。

1.3 数字经济发展影响区域工业企业创新效率影响的门槛机制

数字经济发展对工业企业创新效率的提升效果受工业企业规模影响。一方面,依据产业组织理论,企业创新周期长,需要不断投入创新资源,导致融资约束成为限制企业持续创新的关键^[28]。与大型工业企业相比,中小型工业企业由于信用风险较高,融资成本和融资渠道更受限,数字经济发展能有效缓解融资约束,继而而对中小型工业企业创新效率的促进作用更强。另一方面,规模越大的工业企业对市场变动的灵敏度越低,路径依赖和组织惯性越强,难以实现颠覆性创新和全面数字化。同时,政府支持水平决定了数字经济发展质量^[29]。

首先,政府通过建设数字基础设施,包括铺设长途光缆、创立数字技术中心以及普及宽带网络等,为数字经济发展打下坚实的物质基础。其次,政府制定的战略方针,如建设数字强国、推动数字经济与实体经济深度融合等,为数字经济发展营造良好的市场环境。最后,政府颁布的教育政策,如产学研一体化、高校增设数字经济专业等,为数字经济发展输送稳定的数字人才。综上,提出以下假设:

H4:数字经济发展与区域工业企业创新效率提升之间存在门槛机制,工业企业规模和政府支持水平具有良好的门槛效应。

2 研究设计

2.1 计量模型设定

常见处理面板数据的模型有固定效应和随机效应模型,通过 Hausman 检验,选择固定效应模型进行基准回归。根据上述理论分析,构建如下基准模型:

$$IE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DE_{it} + \alpha_2 Control_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

i 和 t 表示地区和时间, IE 表示区域工业企业创新效率, DE 为数字经济发展水平, $Control$ 是所有的控制变量,包括经济发展水平(Eco)、工业企业规模(FS)、人力资本水平(HC)、工业化水平(Ind)、技术市场厚度(Tmt)以及政府支持水平(Gov)。 μ_i 表示个体效应, δ_t 表示时间效应, ε_{it} 为随机干扰项。

基于上述固定效应模型,运用逐步回归法研究两者的中介作用机制,构建如下计量模型。其中, $Media$ 为中介变量,包括产业结构升级(Str)和技术依赖(Dep)两个变量。

$$Media_{it} = \beta_0 + \beta_1 DE_{it} + \beta_2 Control_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$IE_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 DE_{it} + \gamma_2 Media_{it} + \gamma_3 Control_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

为进一步考察数字经济发展与区域工业企业创新效率之间的非线性作用机制,构建非动态面板门槛模型,检验工业企业规模与政府支持水平的门槛效应:

$$IE_{it} = \eta_0 + \eta_1 DE_{it} \times I(q_{it} \leq \theta) + \eta_2 DE_{it} \times I(\theta < q_{it}) + \eta_3 Control_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式(4)中, q 为门槛变量,包括工业企业规模和政府支持水平, θ 为门槛值。 I 为指示函数,当满足括号内条件时取值为1,反之则为0。

2.2 变量说明

2.2.1 被解释变量

区域工业企业创新效率(IE)是被解释变量,从投入和产出角度出发,运用基于 C-D 生产函数的随机前沿分析法(SFA)对其进行计算,见式(5)。创新投入指标选择各省规上工业企业的研发人员全时当量和研发经费支出额衡量,创新产出指标则以各省规上工业企业的专利申请数表示。由于 R&D 经费支出是流量指标,为了测量的工业企业创新效率更准确,运用永续盘存法将其转为存量指标,如式(6)所示。

$$\ln y_{it} = \theta_0 + \theta_1 \ln k_{it} + \theta_2 \ln l_{it} + v_{it} - \mu_{it}, \mu_{it} > 0 \quad (5)$$

$$RDK_{it} = (1 - \delta) RDK_{it-1} + rdk_{it} \quad (6)$$

$$RDK_{it} = rdk_{it} / (g + \delta) \quad (7)$$

式中, RDK 表示当期的 R&D 资本存量, rdk 表示当

期的 R&D 经费支出, δ 取值为 15%。关于基期的 R&D 资本存量,通过式(7)计算。其中, g 为各省份研发经费支出的平均年度对数增长率。

2.2.2 核心解释变量

核心解释变量为数字经济发展水平(DE),对既有文献进行梳理和总结,发现数字经济的衡量方法尚未统一化。参考赵涛等^[6]的数字经济综合发展指标体系,将数字基建现状、数字产业发展以及数字普惠金融指数设为一级指标。其中数字基建现状指标包括光缆线路长度、移动电话基站数、移动电话普及率和互联网接入端口数;数字产业发展指标包括软件业务收入和电信业务收入;数字普惠金融指数指标包括数字普惠金融覆盖广度、使用深度和数字化程度。

采用最小-最大值法先对数据进行标准化处理,如式(8)所示,消除指标间因量纲不同产生的误差。对指标体系进行综合评价的常见方法为熵值法和主成分分析法,本文先用熵值法测量数字经济发展水平,后选择主成分分析法进行稳健性检验。

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \tag{8}$$

2.2.3 控制变量

地区经济发展水平(Eco)以各省的人均 GDP 表示;工业企业规模(FS)用各省的规上工业企业总资产表示;人力资本水平(HC)通过各省的在校大学生人数衡量;工业化水平(Ind)用各省的工业增加值占 GDP 比重表示;技术市场厚度(Tmt)用各省的技术市场成交额衡量;

政府支持水平(Gov)则用各省政府的一般公共预算支出额占 GDP 比重表示。

2.2.4 工具变量

考虑研究样本为均衡面板数据,借鉴黄群慧等^[30]的计算方法,将 1998 年各省邮电所个数和长途光缆长度分别与各省邮电业务总量的滞后一期构成交互项,作为工具变量 1(IV1)和工具变量 2(IV2)。

2.2.5 中介变量

中介变量包括产业结构升级(Str)和对外技术依赖(Dep)。借鉴蔡海亚和徐盈之^[31]的测量方法,构建式(9)衡量产业结构升级, S_n 表示第 n 产业总产值占 GDP 的比重。同时,以各省的第三产业增加值与第二产业增加值的比值进行稳健性检验。

参考景维民和宫东真^[32]的测量方法,以各省的引进国外技术经费支出额衡量对外技术依赖度,同时以外商直接投资额占 GDP 比重进行稳健性检验。

$$Str = \sum_{n=1}^3 s_n \times n \tag{9}$$

2.3 数据来源及描述性统计

研究样本为 2011—2020 年中国 30 个省的面板数据。其中,工业企业创新效率的指标数据均来源于《中国科技统计年鉴》,数字经济发展水平的测量数据来源于 CSMAR 数据库和《北京大学数字普惠金融指数报告》,其余各变量数据来自各省份的统计年鉴。对于部分指标的缺失数据,采用插值法补齐。各变量描述性统计见表 1。

表 1 变量描述性统计

变量名(符号)	观察个数	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	区域工业企业创新效率(IE)	300	0.426	0.188	0.925
核心解释变量	数字经济发展水平(DE)	300	0.194	0.143	0.9
	技术依赖 1(Dep1)	300	0.144	0.275	0
中介变量	技术依赖 2(Dep2)	300	0.019	0.015	0
	产业结构升级 1(Str1)	300	2.374	0.129	2.166
	产业结构升级 2(Str2)	300	1.219	0.696	5.297
控制变量	区域经济发展水平(Eco)	300	5.639	2.731	16.489
	工业企业规模(FS)	300	33.719	27.781	150.718
	人力资本水平(HC)	300	0.09	0.053	0.249
	工业化水平(Ind)	300	0.322	0.083	0.556
	技术市场厚度(Tmt)	300	0.416	0.819	6.316
	政府支持水平(Gov)	300	0.25	0.103	0.643

3 实证结果分析

3.1 基准回归结果

由模型(1)可知,仅将数字经济发展水平作为解释变量,其对工业企业创新效率的影响系数为 0.479,且在 1% 水平上显著。由模型(2)至(7)可知,逐步加入各项控制变量,数字经济发展对工业企业创新效率的影响系数依次为 0.364,0.635,0.482,0.491,0.649 和 0.328,均在 1% 水平上显著,说明数字经济发展能有效提升区域工业企业创新效率, H_1 成立。依次加入的控制变量,包括经济发展水平、工业企业规模、人力资本水平、工业化水平、技术市场厚度以及政府支持水平,对工业企业创新效率均产生显著影响,说明所选的控制

变量均有效。

3.2 稳健性检验

本文从三个方面检验基准结论的稳健性。首先,运用主成分分析法重新测算数字经济发展水平,用 de 表示,检验结果见列(1)。其次,新产品销售收入是规上工业企业创新资源投入后的商业价值体现,将其作为创新产出指标并重新计算工业企业创新效率,用 ie 表示,检验结果见列(2)。最后,同时将重新计算的数字经济发展水平和工业企业创新效率替换原有变量,检验结果见列(3)。由表 3 可知,数字经济发展对工业企业创新效率的影响系数依次为 0.081,0.348 和 0.097,均在 1% 水平上显著,说明基准结果具有稳健性。

表 2 基准回归结果

变量	(1) IE	(2) IE	(3) IE	(4) IE	(5) IE	(6) IE	(7) IE
DE	0.479 *** (0.020)	0.364 *** (0.037)	0.635 *** (0.050)	0.482 *** (0.063)	0.491 *** (0.063)	0.649 *** (0.066)	0.328 *** (0.059)
Eco		0.011 *** (0.003)	0.011 *** (0.003)	0.014 *** (0.003)	0.011 *** (0.003)	0.013 *** (0.003)	0.025 *** (0.003)
FS			-0.004 *** (0.000)	-0.003 *** (0.000)	-0.003 *** (0.000)	-0.003 *** (0.000)	-0.003 *** (0.000)
HC				1.007 *** (0.263)	0.826 *** (0.272)	0.429 (0.268)	1.124 *** (0.222)
Ind					-0.165 ** (0.071)	-0.087 (0.069)	-0.027 (0.055)
Tmt						-0.040 *** (0.007)	-0.030 *** (0.006)
Gov							0.786 *** (0.064)
N	300	300	300	300	300	300	300
r ²	0.688	0.703	0.753	0.766	0.771	0.795	0.869
Year(F)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Province(F)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

表 3 稳健性检验结果

变量	(1) IE	(2) ie	(3) ie
de	0.081 *** (0.005)		0.097 *** (0.009)
DE		0.348 *** (0.097)	
Control	Yes	Yes	Yes
N	300	300	300
r ²	0.934	0.660	0.752
Year(F)	Yes	Yes	Yes
Province(F)	Yes	Yes	Yes

表 4 工具变量的两阶段回归结果

变量	(1) DE	(2) IE	(3) DE	(4) IE	(5) DE	(6) IE
DE		1.251 *** (0.243)		0.691 *** (0.244)		1.004 *** (0.234)
IV1	0.036 *** (0.003)				0.021 *** (0.007)	
IV2			0.035 *** (0.003)		0.017 *** (0.007)	
Control	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	300	300	300	300	300	300
r ²	0.863	0.474	0.861	0.485	0.865	0.487
Year(F)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Province(F)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

3.3 内生性检验

替换变量法只能验证基准结论是否具有稳健性,但数字经济发展对工业企业创新效率的回归结果还可能

存在内生性问题,影响结论的准确性。一方面,数字经济发展与工业企业创新效率可能存在互为因果的作用关系,工业企业创新效率的提升会带动工业整体高质量发展,加快工业的数字化转型,继而提高数字经济发展水平。另一方面,所选的控制变量难以概括全部影响因素,导致核心解释变量受其他随机因素影响。基于此,选择工具变量法对基准回归结果展开内生性检验。

先对各工具变量取对数,再用两阶段最小二乘法进行回归,结果如表 4 所示。模型(1)和(2)是工具变量 1 回归的两阶段结果,模型(3)和(4)是工具变量 2 回归的两阶段结果,模型(5)和(6)则是两个工具变量共同作用的回归结果。由表 4 可知,回归系数均为正,且都在 1% 水平上显著。对工具变量进行弱工具变量检验,对应的 F 值依次是 109.249、105.077 和 58.244,均超过 10,说明所选的工具变量与解释变量高度相关,工具变量具有可行性。综上,基准结论通过了内生性检验。

4 进一步考察

4.1 传导机制检验

通过式(2)和式(3)实证检验产业结构升级的中介效应,结果如表 5 所示。前两列是以式(9)衡量产业结构升级的回归结果,数字经济发展对产业结构升级的影响系数为 0.491,且在 1% 水平上显著。将产业结构升级作为中介变量引入基准回归模型时,数字经济发展对工业企业创新效率的作用系数为 0.154,产业结构升级则为 0.355,两者的显著水平均为 1%。同时,以第三产业增加值占比第二产业增加值衡量的产业结构升级也得到同样的结论。因此,数字经济发展可以通过促进产业结构升级提升区域工业企业创新效率,且这一结论具有稳健性,H2 成立。

通过式(2)和式(3)实证检验对外技术依赖的中介效应,结果见表 6。模型(1)和(2)是以各省引进国外技术经费支出额表示对外技术依赖度的回归结果,数字经济发展对对外依赖程度的影响系数为 -0.934,且在 1% 水平上显著。当工业企业创新效率为被解释变量时,数

字经济发展水平的回归系数是 0.308,对外技术依赖度的影响系数为-0.021,且均在 10% 水平上显著,说明对外技术依赖的中介效应存在。同时,以外商直接投资额占 GDP 的比重表示对外技术依赖度也得到同样的回归结论。因此,数字经济发展能有效降低中国工业企业对外技术依赖程度,进而提高区域工业企业创新效率,且这一结论具有稳健性,H3 成立。

表 5 产业结构升级的检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	Str1	IE	Str2	IE
DE	0.491 *** (0.081)	0.154 *** (0.055)	1.567 *** (0.375)	0.226 *** (0.055)
Str1		0.355 *** (0.039)		
Str2				0.065 *** (0.009)
Control	Yes	Yes	Yes	Yes
N	300	300	300	300
r ²	0.760	0.901	0.782	0.892
Year(F)	Yes	Yes	Yes	Yes
Province(F)	Yes	Yes	Yes	Yes

表 6 对外技术依赖的检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	Dep1	IE	Dep2	IE
DE	-0.934 *** (0.314)	0.308 *** (0.060)	-0.126 *** (0.020)	0.244 *** (0.062)
Dep1		-0.021 * (0.012)		
Dep2				-0.666 *** (0.181)
Control	Yes	Yes	Yes	Yes
N	300	300	300	300
r ²	0.152	0.871	0.202	0.875
Year(F)	Yes	Yes	Yes	Yes
Province(F)	Yes	Yes	Yes	Yes

4.2 门槛效应检验

通过式(4)对工业企业规模和政府支持水平进行门槛效应检验,结果见表 7。当门槛变量为工业企业规模和政府支持水平时,数字经济发展对工业企业创新效率的促进作用均存在双重门槛,三重门槛则不显著。

表 7 门槛效应检验结果

被解释变量	门槛变量	门槛个数	F 值	P 值	BS 次数	门槛值		
						1	2	3
IE	FS	单一门槛	93.360	0.003	300.000	60.984		
		双重门槛	47.560	0.063	300.000	60.984	43.094	
		三重门槛	33.720	0.560	300.000	60.984	43.094	26.114
IE	GOV	单一门槛	68.080	0.007	300.000	0.195		
		双重门槛	36.120	0.070	300.000	0.195	0.279	
		三重门槛	11.550	0.713	300.000	0.195	0.279	0.183

表 8 是门槛效应回归结果。以工业企业规模为门槛变量,当变量低于 43.094、43.094~60.984 之间和高于 60.984 时,数字经济发展对工业企业创新效率的影响系数分别为 0.564、0.438 和 0.224,且均在 1% 水平上显著。说明随着工业企业规模变大,数字经济发展对工业企业创新效率的促进程度逐渐减少。以政府支持水平为门槛变量,当变量低于 0.195、0.195~0.279 之间和高于 0.279 时,数字经济发展对工业企业创新效率的影响系数分别为 0.188、0.353 和 0.541,且均在 1% 水平上显著。说明随着政府支持水平提高,数字经济发展对工业企业创新效率提升效果逐渐增强。因此,数字经济发展与区域工业企业创新效率提升之间存在门槛机制,工业企业规模与政府支持水平具有良好的门槛效应,H4 成立。

表 8 门槛效应回归结果

被解释变量	门槛变量	区间	系数	P 值
IE	FS	FS < =43.094	0.564	0.000
		43.094 < FS < =60.984	0.438	0.000
		FS > 60.984	0.224	0.002
IE	Gov	Gov < =0.195	0.188	0.077
		0.195 < Gov < =0.279	0.353	0.004
		Gov > 0.279	0.541	0.000

5 结论与政策启示

依据 2011—2020 年中国省级面板数据,系统研究数字经济发展对工业企业创新效率的影响机制,得出以下结论:(1)构建固定效应模型实证检验了数字经济发展能显著提升区域工业企业创新效率,运用替换核心变量和工具变量法分别对基准结论进行稳健性检验和内生性检验后,两者的直接作用系数仍显著为正。(2)运用逐步回归法检验产业结构升级和对外技术依赖的中介效应,发现数字经济发展能通过促进产业结构升级和降低对外技术依赖度提升区域工业企业创新效率,该结论具有强稳健性。(3)考察数字经济发展提升区域工业企业创新效率的门槛机制,实证检验了工业企业规模和政府支持水平的门槛效应。结果表明,数字经济发展对区域工业企业创新效率提升的促进作用随着工业企业规模变大呈“边际效应递减”,随着政府支持水平提升呈“边际效应递增”。

根据以上结论,得到如下政策启示:(1)加大政府支持力度,推动数字经济实现高质量发展。数字经济发展能有效提升工业企业创新效率,工业企业创新质量的提升可以强有力地带动工业高质量发展。一方面,改进和完善数字基础设施建设。中国数字经济发展水平具有明显的区域异质性,主要源于现有的数字基础设施布局

不全面、不平等,政府应因地制宜,对东部、中部和西部地区基础设施的建设实施差异化支持。另一方面,颁布政策培养数字技术人才,打赢关键核心技术攻坚战,提升中国数字技术水平。数字技术作为数字经济发展的核心引擎,党和政府需要高度重视数字技术的突破性创新,给予科研人员和技术人才良好的资源支持。(2)落实创新驱动发展战略,增强自主创新能力。中国作为发展中国家,早期参照日韩发展模式,走中外合资道路大力引进国外技术,使得工业经济规模跃居世界第一。然而,中国工业一直大而不强,整体创新效率较低,也因为核心技术被“卡脖子”无法全面实现高质量发展。作为最大的发展中国家,要想缩减与发达国家工业发展水平的差距,政府应重视工业技术自主创新能力,不断增强国家的工业竞争力。(3)加强产业政策引导,促进产业结构升级。政府应该颁布科学的产业政策,鼓励工业企业向高附加值、高技术含量的产业方向发展,不断提高工业企业发展质量。此外,需合理配置生产要素,实现数字经济与工业经济深度融合。鼓励落后的工业企业进行数字化转型,推动产业部门由劳动、资本密集型向技术密集型转变,继而有效提升高技术工业企业创新效率。

参考文献:

- [1] 刘帅,程瑜,刘天琦. 环境规制提升了工业产能利用率吗?——基于经济增长竞争的调节效应分析[J]. 商业研究,2023(5):12-19.
- [2] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[J]. 党建,2022(11):4-28.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 任保平. 数字经济引领高质量发展的逻辑、机制与路径[J]. 西安财经大学学报,2020,33(2):5-9.
- [6] 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.
- [7] Arnold J M, Mattoo A, Narciso G. Services Inputs and Firm Productivity in Sub-Saharan Africa: Evidence from Firm-Level Data [J]. Journal of African Economies, 2008, 17(4): 578-599.
- [8] Marjanovic U, Rakic S, Lalic B. Digital Ervritization: the Next “Big Thing” in Manufacturing Industries [J]. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 2019, 56(11): 510-517.
- [9] 申明浩,谭伟杰,陈钊冰. 数字经济发展对企业创新的影响——基于A股上市公司的经验证据[J]. 南方金融,2022(2):30-44.
- [10] 侯世英,宋良荣. 数字经济、市场整合与企业创新绩效[J]. 当代财经,2021(6):78-88.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] Guan J. Innovative Capability and Export Performance of Chinese Firms [J]. Technovation, 2003, 23(9): 737-747.
- [14] MUBARAK M F, TIWARI S, PETRAITE M, et al. How Industry 4.0 Technologies and Open Innovation Can Improve Green Innovation Performance? [J]. Management of Environmental Quality, 2021, 32(5): 1007-1022.
- [15] 文炳洲,牛壮. 数字经济对区域创新效率的影响研究——基于省级面板数据的检验分析[J]. 华东经济管理,2023,37(7):40-48.
- [16] CALOGHIROU Y, GIOTOPOULOS I, KONTOLAIMOU A, et al. Industry - University Knowledge Flows and Product Innovation: How Do Knowledge Stocks and Crisis Matter? [J]. Research Policy, 2021, 50(3): 104195.
- [17] XU R, LI C G, CAO C, et al. Does Science - Industry Cooperation Policy Enhance Corporate Innovation: Evidence from Chinese Listed Firms [J]. Accounting and Finance, 2021, 61(3): 3823-3853.
- [18] YASSINE A, KIM K C, ROEMER T, et al. Investigating the Role of IT in Customized Product Design [J]. Production Planning & Control, 2004, 15(4): 422-434.
- [19] 王磊,徐骏. 数字政府赋能产业结构升级——基于电子政务综合试点的拟自然实验[J]. 财经论丛,2024(5):28-38.
- [20] BERTANI F, PONTA L, RABERTO M, et al. The Complexity of the Intangible Digital Economy: an Agent - Based Model [J]. Journal of Business Research, 2021, 129: 527-540.
- [21] 廖杉杉,鲁钊阳,李瑞琴. 数字经济发展促进产业结构转型升级的实证研究[J]. 统计与决策,2024,40(2):29-34.
- [22] 安孟,张诚. 数字经济发展能否提升中国区域创新效率[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版),2021,42(12):99-108.
- [23] 李江,吴玉鸣. 数字经济与区域自主创新和模仿创新——基于省级面板数据的实证分析[J]. 经济体制改革,2023(4):70-78.
- [24] GOLDFARE A, TUCKER C E. Digital Economics [J]. Journal of Economic Literature, 2019, 57(1): 3-43.
- [25] 赵宸宇,王文春,李雪松. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. 财贸经济,2021,42(7):114-129.
- [26] 王春法. FDI与内生技术能力培育[J]. 国际经济评论,2004(2):19-22.
- [27] 王彦敏,郭丽岩. 技术引进、技术依赖与自主研发[J]. 中国行政管理,2007(9):73-75.
- [28] 李健,杨蓓蓓,潘镇. 政府补助、股权集中度与企业创新可持续性[J]. 中国软科学,2016(6):180-192.
- [29] 张微微,王曼青,王媛等. 区域数字经济发展如何影响全要素生产率?——基于创新效率的中介检验分析[J]. 中国软科学,2023(1):195-205.
- [30] 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(8):5-23.
- [31] 蔡海亚,徐盈之. 贸易开放是否影响了中国产业结构升级? [J]. 数量经济技术经济研究,2017,34(10):3-22.
- [32] 景维民,宫东真. 治理转型、对外技术依赖与技术创新质量——基于对企业全要素生产率的作用分析[J]. 河北经贸大学学报,2020,41(1):17-27.

(责任编辑:石琳娜)