

DOI: 10.16538/j.cnki.fem.20231129.401

## 企业数字技术应用与创新效率提升

杨鹏<sup>1</sup>, 尹志锋<sup>2</sup>, 孙宝文<sup>2,3</sup>

(1. 中央财经大学信息学院, 北京 102206; 2. 中央财经大学经济学院, 北京 102206;  
3. 中央财经大学中国互联网经济研究院, 北京 100081)

**摘要:** 本文基于知识基础观, 使用2007—2019年中国A股上市企业的数据, 考察数字技术应用对企业创新效率的影响及其机制。研究发现, 数字技术应用能够显著提升企业的创新效率。在使用工具变量处理内生性问题和考虑一系列稳健性检验后, 研究结论始终成立。机制检验发现, 数字技术应用不仅增强了企业的知识资源获取能力, 而且能够促进企业与其他创新机构的合作创新, 进而有利于提升创新效率。此外, 异质性分析表明, 数字技术应用对企业创新效率的提升作用在知识产权密集型企业, 以及多元化经营水平较高的企业更显著。本文从知识利用的角度厘清了数字技术对企业创新效率的作用机制, 为推动数字技术与实体经济深度融合、提高企业创新效率提供了实践启发与参考。

**关键词:** 数字技术; 创新效率; 知识基础观; 知识获取; 合作创新

**中图分类号:** F270 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4950(2024)11-0051-17

### 一、引言

党的二十大报告明确提出:“坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位”, 以及“加快实现高水平科技自立自强”<sup>①</sup>。企业是技术变革和创新的主要引擎(Porter, 1990)。根据国家统计局发布的《2020年全国科技经费投入统计公报》, 2010—2020年间, 我国各类企业的研究与试验发展(R&D)经费支出从0.52万亿元增加到1.87万亿元, 年平均增速高达13.67%。然而, 企业大量的R&D投入却并未带来创新质量的提升。Boeing和Mueller(2019)将专利的被引用类型划分为国外、国内和自引用三种, 发现如果去除国内和自引用次数, 中国的创新质量仅能达到世

收稿日期: 2023-08-28

基金项目: 国家哲学社会科学基金重大项目(22ZDA043); 国家自然科学基金面上项目(72274231); 福建省高校以马克思主义为指导的哲学社会科学学科基础理论研究项目(FJ2024MGCA022)

作者简介: 杨鹏(1996—), 男, 中央财经大学信息学院博士研究生;

尹志锋(1982—), 男, 中央财经大学经济学院副教授, 博士生导师(通讯作者, [innovationyzf@126.com](mailto:innovationyzf@126.com));

孙宝文(1964—), 男, 中央财经大学中国互联网经济研究院院长, 中央财经大学经济学院教授, 博士生导师。

<sup>①</sup>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[M]. 北京: 人民出版社, 2022。

界(去除中国)基准水平的三分之一。以上事实反映出当前我国企业存在研发投入力度大但产出质量低,即创新效率低下的问题。与此同时,在全球数字经济快速发展的背景下,数字技术成为影响企业创新效率的重要技术因素。《“十四五”规划和2035年远景目标纲要》(以下简称《纲要》)提出要“推动数字技术与实体经济深度融合”和“加强关键数字技术创新应用”。随之而来的问题是,数字技术的应用对企业创新效率会产生什么样的影响?背后的影响机制是什么?本文基于知识基础观理论(knowledge-based view),尝试对上述问题给出回答,以期在数字经济背景下为提升中国企业的创新效率提供学理支撑。

创新效率是指企业将有限的创新资源投入转化为有价值的专利产出的能力(Gao和Chou, 2015)。在数字经济时代,数字技术的广泛应用极大地改变了企业的技术水平,学术界也对数字技术的创新效应进行了探讨。已有研究发现,数字技术的应用改善了企业内部的信息不对称问题,提高了管理层对创新失败的容忍度(王靖茹和姚颐, 2023),并降低了企业的研发合作成本(郑志强和何佳俐, 2023),进而推动企业申请更多的专利。然而,现有文献大多从创新数量的角度考察数字技术的创新激励效应,忽略了我国企业存在研发投入高但专利产出质量低的现实情况。在此背景下,本文从知识基础观的视角出发,探讨数字技术应用对企业创新效率的影响及其机制。

知识基础观理论强调,知识资源是影响企业创新绩效的关键因素(Grant, 1996; Nickerson和Zenger, 2004)。因此,增强企业的知识资源获取能力,是提高企业创新效率的关键。在数字经济时代,数字技术能够帮助企业降低知识搜寻成本。基于此,本文提出,数字技术的应用不仅能够帮助企业获取外部知识资源,还降低了合作创新的成本,进而有利于企业创新效率提升。进一步地,使用2007—2019年中国上市企业数据实证检验数字技术应用与企业创新效率之间的因果关系。研究发现:首先,数字技术的应用显著提升了企业创新效率,并且,与简单地引入和使用数字技术相比,数字技术在企业内部生产、管理和经营等环节的应用对创新效率的提升作用更显著。其次,数字技术的应用通过增强企业知识资源获取能力以及促进合作创新两个渠道提高了企业创新效率。最后,数字技术的应用对知识产权密集型企业 and 多元化经营企业的创新效率提升效应更强。

本文的研究贡献在于三个方面:第一,拓展了知识基础观理论的应用边界。企业拥有的特定的知识(firm specific knowledge)决定了企业的创新绩效(Grant, 1996; Nickerson和Zenger, 2004)。尤其在数字经济时代,数字技术有效降低了企业的信息搜寻成本,拓宽了企业获取知识资源的渠道。本文基于知识基础观,从企业知识资源获取与合作创新两个视角解释了数字技术应用对企业创新效率的影响机制,揭示了数字技术影响企业创新效率的内在机理。第二,丰富了企业创新效率领域的相关文献。已有关于企业创新效率影响因素的文献主要从制度环境、企业高管行为和治理水平等层面进行了研究(Hong等, 2016; 姜军等, 2020; Zhou等, 2017),但是较少有研究关注技术进步对企业创新效率的影响。本文基于中国数字经济快速发展的现实背景,发现数字技术的应用显著提升了企业创新效率,丰富了企业创新效率影响因素的相关文献。第三,补充了数字技术应用对企业创新影响的相关文献。当前,企业数字化转型已经成为中国市场的普遍现象,学术界大多从创新数量的视角出发,发现数字技术的应用促进了企业专利申请数量的提升(Wu等, 2020; 王靖茹和姚颐, 2023),但是忽略了我国企业创新效率较低的事实(Wu等, 2022)。本文将数字技术与企业创新效率联系起来,从影响机制和异质性等角度系统考察二者之间的关系,有助于更全面地理解数字技术对企业创新的影响。

本文余下部分的结构安排如下:第二部分阐述数字技术的应用对企业创新效率的影响机制,并提出研究假设;第三部分介绍实证策略,包括数据来源、变量定义和模型设定;第四部分为主

要的实证结果;第五部分进一步考察影响机制并进行异质性分析;最后是研究结论与政策建议。

## 二、理论分析与研究假设

### (一)数字技术应用与企业创新效率提升

本文基于知识基础观理论,探讨数字技术应用对企业创新效率的影响。知识基础观认为,企业拥有的特定的知识,是决定企业创新绩效的关键性战略资源(Grant, 1996; Nickerson和Zenger, 2004)。知识基础观将“知识”定义为企业对生产、管理和经营规律的认知,通过对知识进行整合和利用,企业可以创造新的知识并获得经济价值。创新往往涉及不同领域的知识的相互整合与再创造,企业如果仅依赖自身熟悉的技术经验可能只会得到同质性较高的创新成果,不利于提高创新效率。因此,企业如何尽可能多地获取新颖性的知识资源,并降低获取知识资源的成本,是提高创新效率的关键。

一般而言,企业可以通过两种策略获取知识资源(Roper等, 2017):一是交互式策略,即企业有目的地与其他创新机构(如研究机构、大学和其他企业等)建立联系,通过研发合作的方式获取对方的知识资源(Borgatti和Halgin, 2011)。二是非交互式策略,指企业有意识地寻找外部知识,但并没有另一方的直接参与。例如,通过阅读科学期刊和技术出版物学习先进知识,或者利用市场反馈信息改进产品创新策略(Segarra-Ciprés和Bou-Llusar, 2018)。

在数字经济时代,数字技术可以有效地降低企业的信息搜寻成本(Goldfarb和Tucker, 2019)。具体地,对企业创新效率而言,数字技术降低了企业寻找合作创新对象的搜寻成本与合约成本,有利于企业与其他创新机构进行合作创新,通过交互式策略提高创新效率。例如,国内制造业著名企业——海尔智家在2009年搭建的开放式创新平台(Haier open partnership ecosystem, HOPE),将知识和创新的供方和需方聚集在一起,提供更便捷的交流场景,促成了众多新颖性产品的诞生。此外,数字技术还可以帮助企业通过线上搜索的方式更快捷地获取外部知识,通过非交互式策略提高创新效率。基于上述讨论,本文提出第一个研究假设:

假设1:数字技术应用有利于企业创新效率提升。

### (二)数字技术应用影响企业创新效率的机制分析

知识基础观理论指出,企业可以通过自主搜寻与合作创新两个途径获取知识资源(Roper等, 2017)。基于此,本文提出,数字技术的应用不仅有利于提高企业对知识资源的获取能力,还能够推动企业与其他研发机构开展合作创新活动,进而促进创新效率提升。为了更细致地探讨数字技术影响企业创新效率的机制,具体讨论如下:

第一,数字技术应用提高了企业的知识资源获取能力。从企业获取知识资源的内部渠道看,产品需求信息和科学文献是两个重要途径。一方面,企业需要精准地把握市场需求动向来判断产品创新的方向(Barton和Court, 2012)。在数字经济时代,企业可以应用数字技术获取和分析产品的销售数据,通过大数据分析及时把握和预测市场需求的变化;在了解市场需求的基础上,企业可以做出更有针对性的研发投入决策。另一方面,科学文献是知识的重要载体,其内容一般包括发现了新的客观事实和规律,或者阐述新技术和理论的应用。企业在专利生产的过程中需要引用大量的科学文献来佐证专利的科学性和可靠性。国家知识产权局发布的《专利审查指南》中也要求企业在专利说明书的内容中“写明对发明或者实用新型的理解、检索、审查有用的背景技术;有可能的,并引证反映这些背景技术的文件”。数字技术不仅能够扩大企业对外部知识的搜索范围,还提高了企业将内部知识与外部知识结合进而创造新知识的能力。例如,全球化工巨头巴斯夫集团应用人工智能技术分析科学论文和其他材料的信息来源,不仅有效降低了先进材料开发的成本和不确定性,还提高了新材料的创新效率。

第二,数字技术应用拓宽了企业的合作创新渠道。创新的本质是不同领域知识的相互融合与综合利用(Popadiuk和Choo,2006),但是大部分企业通常只掌握某个特定领域的专业知识,如果企业一直坚持封闭式创新,那么可能会将创新资源重复投入到他人已经研发成功的创新项目中(Akcigit和Liu,2016),从而落入创新投入高,但是创新效率低的“陷阱”,而合作创新能够有效降低企业的创新风险和成本。例如,与行业内竞争对手的合作,企业可以获得互补性的创新资源;与从事基础性研究的高校和科研院所合作,企业可以接触到技术前沿和获取基础技术知识,这些都有利于降低企业的创新成本。但是,企业在合作创新的过程中通常会面临如下问题:一方面,企业为了找到合适的合作伙伴,往往需要付出较高的搜寻成本;另一方面,由于合作各方拥有不同的资源、技术和经验等,企业与合作伙伴之间可能存在信息不对称问题。例如,诺基亚和微软在智能手机领域进行战略合作的过程中,诺基亚拥有丰富的手机行业经验,微软则拥有先进的数字技术支撑,但是双方在技术和行业经验上的差异导致存在信息不对称问题。这种信息不对称会降低知识共享水平和创新速度,为了解决这一问题,企业需要投入较高的协调成本,这反而可能会导致创新效率下降。

数字技术的应用能够帮助企业有效地解决上述问题。一方面,在数字经济时代,企业可以应用数字技术搭建线上合作创新平台,从而以较低的搜寻成本与不同的创新主体开展研发合作。另一方面,数字技术应用有利于降低企业与合作伙伴之间的信息不对称程度。企业可以利用“区块链+智能合约”技术,在线上建立一个由合作双方共同拥有、管理和监督的数据共享系统,并通过共识机制确定合作者之间的合作规则,保证彼此之间数据的不可篡改和真实性。这不仅能够增强企业与合作伙伴之间的信息获取和共享效率,还提高了彼此的信任程度(Wan等,2022),进而有利于避免由信息不对称导致的协调成本高与合作创新效率低等问题。结合上述分析,提出如下研究假设:

假设2:数字技术应用提高了企业的知识资源获取能力,并拓宽了合作创新渠道,进而有利于企业创新效率提升。

### (三)数字技术应用影响企业创新效率的异质性分析

从企业的行业属性看,知识产权密集型企业是我国合作创新领域的活跃力量<sup>①</sup>,并且这些企业在数字技术应用领域也处于领先地位。徐欣等(2019)发现我国企业的合作创新行为具有明显的行业聚类特征,属于信息通信技术服务业和专用设备制造业等行业的企业更重视通过合作创新提升创新能力。同时,吴非等(2021)和袁淳等(2021)等也发现,信息通信技术服务业和高技术制造业领域企业的数字技术应用水平更高。上述行业都属于国家认定的知识产权密集型产业,并且在发明专利规模和研发投入强度上都高于全国平均水平。这些特征事实表明,知识产权密集型企业不仅高度重视合作创新的重要性,并且自身的数字技术应用水平也较高。因此,知识产权密集型企业能够更有效地应用数字技术进行合作创新活动,进而有利于创新效率提升。

从企业经营战略的角度看,多元化经营的企业在创新活动中能够获取来自不同产品市场的创新资源。尤其在数字经济时代,网络效应(Network effect)的加成使得多元化经营的企业能够通过线上营销的商业模式拥有更多的用户数量。因此,多元化经营的企业可以应用数字技术更广泛地获取和分析用户需求信息,进而根据市场需求有针对性地做出研发投入决策,从而有利于提升企业创新效率。基于上述分析,提出如下研究假设:

假设3:数字技术应用对知识产权密集型企业,以及多元化经营水平更高的企业具有更强的创新效率提升效应。

<sup>①</sup>根据国家统计局发布的《知识产权(专利)密集型产业统计分类(2019)》,知识产权密集型产业的范围包括信息通信技术制造业、信息通信技术服务业、新装备制造业、新材料制造业、医药医疗产业、环保产业和研发、设计与技术服务业等七大类。

### 三、研究设计

#### (一)数据来源与样本处理

本文选取2007至2019年的中国A股上市企业作为研究样本,其中企业专利数据来源于国家知识产权局(SIPO),研发投入及财务数据来自中国研究数据服务平台(CNRDS)和国泰安数据库(CSMAR)。之所以选择上述样本主要出于以下几点考虑:第一,我国在2007年实施了新的会计准则;第二,2020年突发的新冠肺炎疫情可能对企业的研发投入决策造成影响。为了保持数据的一致性,我们将研究期限定在2007年之后,新冠肺炎疫情发生之前。为了保证结果的稳健性,本文还对样本进行如下筛选:(1)剔除所有的ST和\*ST的样本;(2)剔除研发投入金额和企业规模等主要变量缺失的样本;(3)与一般的生产企业不同,金融行业和公用事业行业主要以提供公共服务为主,很少生产有形产品,因此专利并不适合衡量这类企业的创新水平(Mukherjee等,2017),故剔除金融行业和公用事业行业的样本;(4)剔除存在异常值的样本,例如,负债率大于1或小于0。最终保留了16964个企业一年度观测值,包含2851家上市企业。此外,为了控制极端值对回归结果的影响,本文对所有连续性变量进行上下1%的缩尾处理。

#### (二)变量定义

1.被解释变量:企业创新效率。参考Hirshleifer等(2013)、Gao和Chou(2015)的方法,本文采用企业每单位研发资本(R&D capital)转化的创新产出这一指标衡量企业创新效率,记为 $IE$ 。由于创新通常以获得批准的专利的形式正式被公众所知,并提供详细的信息,因此专利是衡量创新产出的重要指标(Nagaoka等,2010),本文使用企业当年的专利申请数量衡量企业创新产出水平。研发资本是指企业过去五年研发支出的加权值,年折旧率为20%(Chan等,2001)。具体而言,本文使用模型(1)计算企业 $i$ 在 $t$ 年的研发资本:

$$RDcapital_{i,t} = RD_{i,t} + 0.8 \times RD_{i,t-1} + 0.6 \times RD_{i,t-2} + 0.4 \times RD_{i,t-3} + 0.2 \times RD_{i,t-4} \quad (1)$$

其中, $RD$ 表示企业 $i$ 在 $t$ 年的研发投入金额,参考Hirshleifer等(2013)的做法, $t-4$ 到 $t-1$ 期间缺失的研发投入数据全部用0替代。

进一步地,企业创新效率( $IE$ )的定义如模型(2)所示:

$$IE_{i,t} = \frac{PatApply_{i,t}}{RDcapital_{i,t}} \quad (2)$$

其中, $PatApply$ 和 $RDcapital$ 分别为企业当年申请的专利数量和研发资本。为了保证分子和分母的量纲一致,参考姜军等(2020),对分子分母同时进行加1取自然对数处理,即 $IE_{i,t} = 100 * LN(1 + PatApply_{i,t}) / LN(1 + RD_{i,t})$ 。 $IE$ 值越大,表明企业每单位研发资本所成功转化的专利数量越多,即创新效率越高。

2.解释变量:企业数字技术应用。考虑到数据的可得性和完整性,本文采用机器学习的文本分析法,通过分析上市企业年报中披露的与“数字技术”相关信息来刻画企业的数字技术应用水平。这种衡量方法的合理性在于:根据中国证监会修订的《公开发行证券的公司信息披露内容与格式准则》,上市企业要对报告期内经营情况进行回顾并对未来发展进行展望。因此,如果上市企业将数字技术应用作为企业发展战略的重要组成部分,那么根据证监会的年报信息披露原则,企业需要在年报中进行相关信息的披露。理论上,企业对数字技术的重视和应用程度越高,那么在年报中与“数字技术”相关的信息会越多。已有利用上市企业年报文本刻画企业数字技术应用水平的研究成果在一定程度上证实了文本分析法的可行性和科学性(吴非等,2021;袁淳等,2021;Chen和Srinivasan,2023)。

本文关于企业数字技术应用指标的构建思路如下<sup>①</sup>。首先,Verhoef等(2021)指出,企业对数字技术的应用往往经历从相对简单的数据化(digitization)到全方位的数字化(digitalization)过程。其中,“数据化”是指将现实世界中以物理形式或意识形式存在的事物转化为可以用数据形式表征的信息,使得企业拥有存储、处理和传输数据的能力,这要求企业引入和使用数字技术。“数字化”则强调的是数字技术与实体经济的融合,要求企业真正将数字技术应用到生产、管理和经营等业务流程当中。需要注意的是,不同行业的企业对数字技术应用的需求也存在差异。制造业企业可能更关注数字化管理和数字化生产层面,即如何将数字技术与自身管理和生产环节相结合提高生产效率。因此,云平台、数字治理、智能制造、工业互联网和自动生产等关键词能够在一定程度上反映数字技术与制造业企业的融合程度。相较而言,服务业企业更多关注的是如何应用数字技术改造商业模式以及开发有创意的数字产品,即数字营销和数字产品层面。因此,电子商务、数字营销、用户画像和数字产品等关键词能够较好地反映数字技术与服务企业的融合程度。基于上述逻辑,本文主要从“数字技术使用广度”和“数字技术应用深度”两个层面构建企业数字技术应用的词典,并进一步将“数字技术应用深度”细化为“数字化生产”“数字化管理”“数字化营销”和“数字化产品”四个维度,以此反映出不同行业企业之间数字技术应用水平的差异化程度。

其中,在“数字技术使用广度”方面,本文参考吴非等(2021)的方法,从大数据、人工智能、云计算和区块链四个数字技术主流方向出发,在企业年报中筛选相关关键词。主要包括:大数据、云计算、区块链、人工智能、物联网、5G、移动互联网、虚拟现实、VR、AR、深度学习、机器学习、数字孪生、分布式计算和边缘计算等。在“数字技术应用深度”方面,本文从数字化生产、数字化管理、数字化营销和数字化产品四个维度选取相关关键词。具体而言,数字化生产是指传统的农业、制造业和服务业通过应用数字技术提高产出数量和生产效率的过程,例如,智慧农业、智能制造和数字贸易等反映了数字技术与实体企业生产和交易流程的融合。数字化管理是指企业应用数字技术实现组织、生产、销售和服务等智能的管理行为,例如,企业通过建设互联网平台实现数据分析和数据决策。数字化营销是指企业将数字技术应用于商业模式中,例如,以B2B和B2C为代表的电子商务商业模式提高了企业的交易效率。数字化产品是指企业基于信息内容制造出的数字格式的可交换物,智能穿戴和3D打印是数字化产品的典型代表,反映了企业数字技术应用的产品成果。

在关键词的选取过程中,本文在中共中央办公厅、国务院办公厅、工业和信息化部、中央网信办和国家统计局官方网站检索2011年到2022年12月期间与数字经济相关的政策文件,将其作为构建“数字技术应用词典”的来源。其中比较具有代表性的文件包括:《促进大数据发展行动纲要》《新一代人工智能发展规划》《推动企业上云实施指南》和《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》。尤其在《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》中,国家统计局在《国民经济行业分类》的基础上,对符合数字经济产业特征的与数字技术紧密相关的各种基本活动进行了再分类,包括:智慧农业、智能制造和数字商贸等。这些关键词为本文词典的构建提供了启示。在确定数字技术应用词典之后,本文使用Python软件对企业年报正文中出现的关键词进行定位,再通过人工筛选出158个与企业数字技术应用相关的词汇,最后采用jieba分词库对158个词汇在政策文件和研究报告中的频数进行统计。最终,保留了75个大于等于10次的数字技术应用关键词,从而构建出本文的企业数字技术应用词典。具体的关键词图谱如图1所示。

进一步地,根据本文构建的企业数字技术应用词典,对企业年报文本进行分词处理和词频统计,搜索并匹配符合数字技术应用词典中的词汇,最终进行加总统计。需要说明的是,由于本

<sup>①</sup>本文还对企业数字技术应用指标的有效性与可靠性进行了说明,限于篇幅,不再汇报,留存备案。

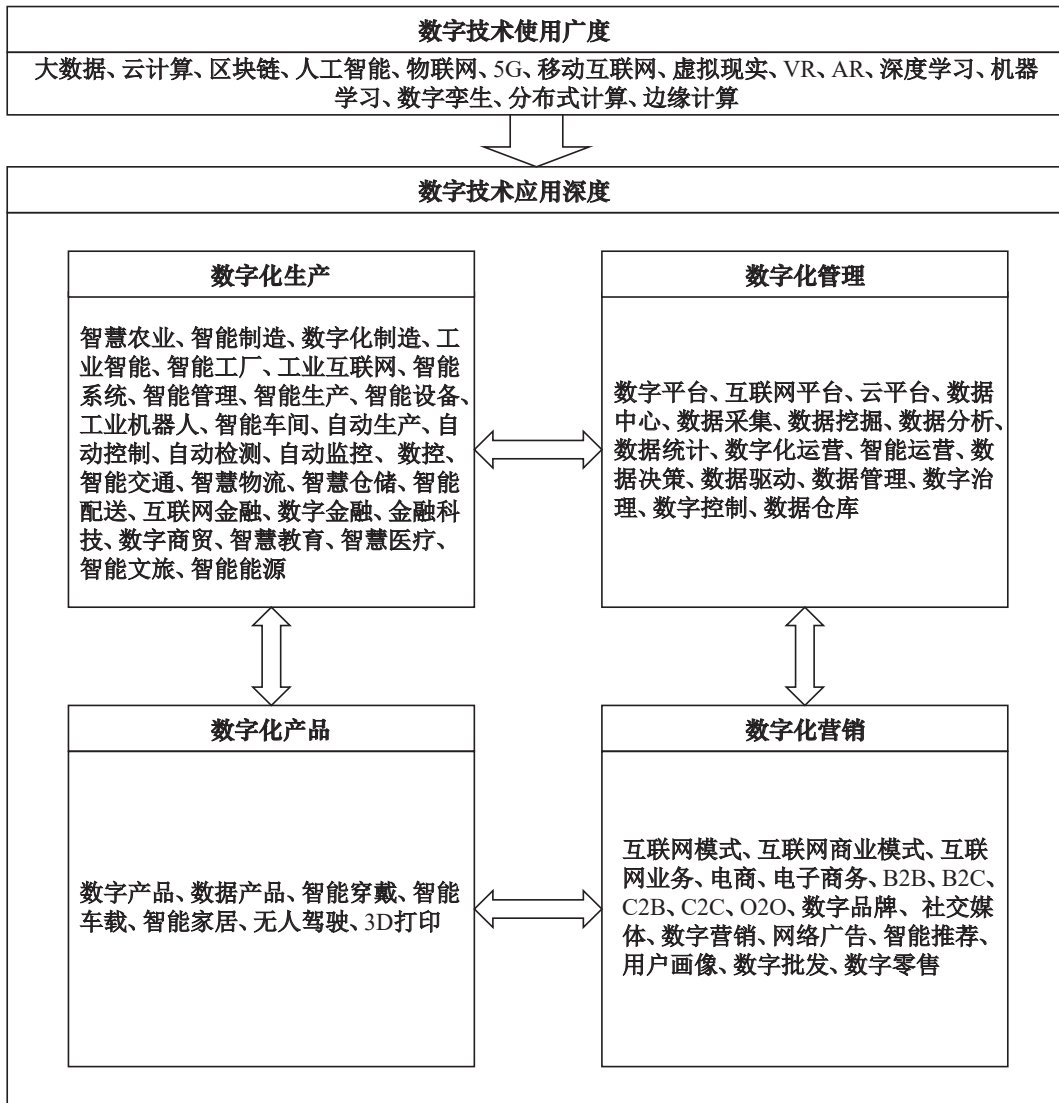


图1 企业数字技术应用的关键词图谱

文是以词频计数的方法衡量企业的数字技术应用水平,而词频计数会导致指标具有“右偏性”的特征(吴非等,2021),因此本文将对其进行加1后取对数处理,记为*Digtech*。

3.控制变量。本文从企业规模、财务与治理特征三个层面选取控制变量,包括:企业规模(*Size*),资产负债率(*Lev*),总资产净利润率(*ROA*),营业收入增长率(*Growth*),现金流(*Cash*),两职合一(*Duality*),董事会独立性(*Indenp*),管理层持股比例(*Share*)和所有权性质(*SOE*)。

### (三)模型设定

为了验证本文的研究假设,本文的基准模型设定如下:

$$IE_{it} = \alpha + \beta_1 Digtech_{i,t-1} + \beta_2 Controls_{i,t-1} + \lambda_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, $IE_{it}$ 表示企业*i*第*t*年的创新效率, $Digtech_{i,t-1}$ 表示企业*i*在第*t-1*年的数字技术应用水平, $Controls$ 为控制变量集合。 $\lambda_i$ 和 $\delta_t$ 表示年份固定效应与企业固定效应, $\varepsilon_{it}$ 为随机误差项。为了减轻反向因果关系可能导致的回归结果偏差问题,模型中的核心解释变量和所有控制变量作滞后一期处理。根据理论分析, $\beta_1$ 的符号应当显著为正,表明数字技术应用提升了企业创新效率。

本文主要变量的基本统计特征如表1所示。样本期间内上市企业的创新效率(IE)均值为8.61,最大值和最小值分别为29.43与0,表明我国企业整体的创新效率不高,且企业之间的创新效率差距较大。改革开放四十年以来,尽管我国企业通过引进和学习国外先进技术等渠道提升了创新数量,但是由于关键技术受制于人,导致整体的创新效率水平仍然不高。企业数字技术应用指标(Digtech)的均值和标准差分别为1.20和1.34,说明不同企业的数字技术应用水平也存在较大差异。控制变量的统计特征与现有研究基本保持一致。

表1 变量的基本统计特征

变量符号	变量定义	样本量	均值	标准差	最小值	中位数	最大值
IE	企业每单位研发资本产出的专利数量,详见正文	16 964	8.61	8.56	0.00	7.75	29.43
Digtech	文本分析法构造,详见正文	16 964	1.20	1.34	0.00	0.69	4.75
Size	企业总资产	16 964	22.01	1.23	19.89	21.83	25.95
Lev	总负债/总资产	16 964	0.41	0.20	0.05	0.40	0.87
ROA	总资产净利润率	16 964	0.04	0.05	-0.17	0.04	0.20
Growth	营业收入增长率	16 964	0.04	0.07	-0.15	0.04	0.23
Cash	经营活动产生的现金流净额/总资产	16 964	0.20	0.39	-0.45	0.13	2.40
Duality	虚拟变量,若董事长和总经理两职合一,则取值为1,否则为0	16 964	0.27	0.45	0.00	0.00	1.00
Indenp	独立董事占比	16 964	0.37	0.05	0.33	0.33	0.57
Share	管理层持股比例	16 964	0.15	0.21	0.00	0.01	0.69
SOE	虚拟变量,若企业为国有企业,则取值为1,否则为0	16 964	0.35	0.48	0.00	0.00	1.00

#### 四、实证结果与分析

##### (一)基准回归

表2报告了“企业数字技术应用—创新效率”关系的核心检验结果。在基准回归中,本文采用了递进式的回归策略。第(1)列不加入任何固定效应,企业数字技术应用指标(Digtech)的回归系数为0.7824且通过了1%的统计显著性检验;第(2)列至第(3)列在依次加入企业和年份固定效应,结果发现,Digtech的回归系数有所缩小(0.2799),这可能是由于部分影响企业创新效率的因素被固定效应吸收所致,但显著性依旧保持不变( $t$ 值为3.38)。以上回归结果表明,数字技术的应用能够有效提升企业的创新效率。基于上述结果,假设1得到验证。

企业只有了解不同数字技术的具体特征和详细功能,结合自身在生产、经营与管理中的需求,合理地应用数字技术,才更有利于数字技术与企业创新流程的融合,进而充分发挥数字技术对企业创新效率的提升效应。为此,本文首先将企业的数字技术应用指标划分为“数字技术使用广度”和“数字技术应用深度”两个层面;其次,将后者进一步划分为“数字化管理”“数字化生产”“数字化产品”和“数字化营销”四个维度;最后,分别使用上述指标进行回归,估计结果如表3所示。其中,第(1)列的结果表明,相较于“数字技术使用广度”,“数字技术应用深度”对企业创新效率的提升效应更加显著。这表明简单地使用数字技术无法真正提高企业的创新效率,只有将数字技术融入企业的业务流程中才能发挥数字技术的创新效率提升效应。第(2)至(5)列的结果进一步发现,数字化管理、数字化生产、数字化营销和数字化产品都有助于提升企业创新效率。最后,第(6)列将所有数字技术应用指标同时引入模型,对比回归系数和显著性可以发现:数字化生产指标对企业创新效率的影响更显著。因此,对企业创新决策者而言,应当更注重在生产环节中应用数字技术提升创新效率。



表 2 数字技术的应用对企业创新效率的影响

	IE		
	(1)	(2)	(3)
<i>Digtech</i>	0.7824*** (0.0675)	0.6032*** (0.0805)	0.2799*** (0.0827)
<i>Size</i>	1.3907*** (0.1242)	1.7374*** (0.1625)	0.3954** (0.1849)
<i>Lev</i>	-0.9169* (0.5462)	-0.2818 (0.6229)	1.3398** (0.6250)
<i>ROA</i>	6.2117*** (1.2260)	4.7739*** (1.2811)	7.4254*** (1.2763)
<i>Growth</i>	-0.6918*** (0.1222)	-0.6294*** (0.1246)	-0.2670** (0.1177)
<i>Cash</i>	0.6371 (0.8414)	-0.0068 (0.8683)	-0.3471 (0.8599)
<i>Duality</i>	0.2005 (0.1767)	0.0678 (0.1966)	0.0203 (0.1916)
<i>Indenp</i>	2.6395* (1.4674)	2.9448* (1.6275)	1.3046 (1.5971)
<i>Share</i>	3.2435*** (0.5846)	0.4561 (0.8034)	0.9740 (0.8087)
<i>SOE</i>	-1.2991*** (0.3262)	0.0969 (0.5547)	0.6196 (0.5532)
企业固定效应	No	Yes	Yes
年份固定效应	No	No	Yes
观测值	16924	16924	16964
组内R <sup>2</sup>	0.0630	0.0686	0.1075

注:括号内为企业层面聚类的标准误,\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著,以下各表同。

表 3 企业数字技术应用结构特征差异

	IE					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
数字技术使用广度	0.1495 (0.1177)					0.0703 (0.1178)
数字技术应用深度	0.3085*** (0.0858)					
数字化管理		0.2791* (0.1530)				0.1481 (0.1547)
数字化生产			0.3987*** (0.1122)			0.3350*** (0.1146)
数字化产品				0.4298** (0.1721)		0.3016* (0.1712)
数字化营销					0.1833* (0.1055)	0.1434 (0.1054)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	16964	16964	16964	16964	16964	16964
组内R <sup>2</sup>	0.1080	0.1064	0.1079	0.1068	0.1065	0.1088

注:括号内为企业层面聚类的标准误;控制变量包括:企业规模、资产负债率、总资产净利润率、营业收入增长率、现金流、两职合一、董事会独立性、管理层持股比例和所有权性质。

## (二)内生性问题

反向因果是导致本文可能存在内生性问题的一个重要来源。尽管本文在模型(1)中对解释变量和控制变量都进行滞后一期处理,但是反向因果问题仍然可能存在:一方面,虽然数字技术的应用显著提升了企业创新效率,但另一方面,本身创新效率较高的企业可能会更倾向于应用数字技术来降低创新成本,提高创新绩效。对于这一问题,本文采用工具变量的方法予以解决。有效的工具变量应当满足相关性和外生性两个条件,具体到本文,工具变量应该只通过企业数字技术应用这一途径间接影响创新效率。

在研究数字技术对企业的影响时,已有文献较多借助历史上与数字技术相关的数据作为工具变量来解决反向因果问题(袁淳等,2021)。这一做法的核心逻辑是:一方面,当前企业的数字技术应用水平会受到所在地区数字技术应用行业发展水平的影响。历史上,企业所在省份的数字技术应用行业发展水平越高,不仅有利于当地数字技术的普及与发展,而且使得当地企业能够更早地接触和应用数字技术。因此,从这个角度上看,数字技术应用行业增加值这一指标能够反映企业所在省份数字技术应用行业的发达程度,将其作为企业数字技术应用水平的工具变量满足相关性的要求。另一方面,由于该指标属于历史变量,随着数字技术的不断更迭与发展,历史上数字技术应用行业的发展水平与现在时隔较远,对于当前企业创新效率的影响可能只通过影响企业应用数字技术这一渠道间接产生作用,从而满足外生性条件。基于上述逻辑,本文选取2007年企业所在省份的数字技术应用行业增加值<sup>①</sup>作为企业数字技术应用水平的工具变量。最后,由于历史的数字技术应用行业增加值是截面数据,不适用于面板数据结构。因此,本文使用2007年各省份的数字技术应用行业增加值与上一年全国数字技术应用行业的企业增长率<sup>②</sup>的交互项,作为企业数字技术应用水平的工具变量。

表4报告了工具变量的检验结果。其中第(1)列为一阶段的估计结果,可以看出工具变量的系数在1%水平上显著为正,即数字技术应用行业越发达的地区,当地企业的数字技术应用水平越高,符合理论预期。同时一阶段回归的F统计量远大于10,通过了弱工具变量检验,表明本文选取的工具变量是合适的。第(2)列为二阶段的估计结果,数字技术应用对企业创新效率的影响仍然在5%的水平上显著为正,表明本文的基准结果是稳健的。

## (三)稳健性检验

为确保基准结论的可靠性,借鉴王靖茹和姚颐(2023)、郑志强和何佳俐(2023)的思路,本文围绕更换变量测度方法、考虑企业信息披露偏差、排除样本选择性偏误、剔除特殊样本和更换回归模型等维度进行稳健性检验。

### 1.更换被解释变量测度方法

①按照专利类型,将专利申请总量划分为发明专利申请量与非发明专利申请量(主要包括实用新型专利与外观设计专利)两类,然后根据模型(2)重新计算企业创新效率,分别记为

<sup>①</sup>根据国家统计局的定义,数字技术应用行业主要包括软件产品、信息通信技术服务和信息传输服务行业(鲜祖德和王天琪,2022)。该数据来源于2007年各省份的投入产出表。

<sup>②</sup>本文通过工商部门网站获取了2007至2020年工商注册企业数据,该数据集中主要包括:企业名称、企业类型、注册地点、注册时间和主营业务等信息,根据全国一省份加总计算得到每年全国数字技术应用行业的企业增长率。

表4 工具变量检验

	(1) <i>Digtech</i>	(2) <i>IE</i>
<i>IV</i>	0.0010*** (0.0003)	
<i>Digtech</i>		5.1193** (2.3712)
控制变量	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
企业固定效应	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
年份固定效应	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
观测值	16924	16924
弱工具变量检验F值	19.591	—

*IE\_InvPat*和*IE\_NoInvPat*。对比表5的列(1)和列(2)的回归结果发现,相较于非发明专利,数字技术对企业发明专利的创新效率具有更显著的促进作用。考虑到发明专利的技术复杂度更高,可以认为数字技术的应用有利于提高企业高质量创新活动的效率。②考虑到专利的简单计数并不能反映出专利的技术或经济意义,专利的被引用次数这一指标能够很好地将企业的专利价值区分开来。因此,本文参考Hirshleifer等(2013)的方法,采用企业专利的前向引用次数与过去1~5年研发投入加权值的比值作为创新效率的代理变量,记为*IEcite*。以5年为统计窗口的原因是专利申请日和引用日期越接近,专利被引用的可能性越低。表5列(3)的结果表明,即使将专利申请数量更换为专利被引用次数,数字技术应用能够提升企业创新效率的结论依然成立。

表5 稳健性检验

	更换被解释变量测度方法			更换解释变量测度方法		考虑企业信息披露偏差	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	<i>IE_InvPat</i>	<i>IE_NoInvPat</i>	<i>IEcite</i>	<i>IE</i>	<i>IE</i>	<i>IE</i>	<i>IE</i>
<i>Digtech</i>	0.2090*** (0.0644)	0.1846** (0.0753)	0.2511*** (0.0804)			0.2538*** (0.0915)	0.4281*** (0.1007)
<i>DigtechAdj</i>				0.2752*** (0.0821)			
<i>DigAsset</i>					0.1435** (0.0616)		
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes
观测值	16964	16964	16964	16964	16964	15268	16964
组内R <sup>2</sup>	0.0713	0.0440	0.0638	0.1074	0.1065	0.1070	0.1086

## 2. 更换解释变量测度方法

①考虑到企业数字技术应用水平在不同行业层面会存在差异,参考袁淳等(2021),本文将核心解释变量作行业均值调整(*DigtechAdj*),以此反映不同行业下企业数字技术应用的相对水平。②重新使用企业当年的数字资产期末值衡量其数字技术应用水平。具体而言,本文从企业资产负债表的固定资产和无形资产项目中,获取了企业关于数字化资产投资的详细数据,以此衡量企业的数字技术应用水平。表5的列(4)和列(5)报告了替换解释变量之后的检验结果,可以看出,企业数字技术应用与创新效率之间的关系至少在5%的水平上正显著,表明本文的结果是稳健的。

## 3. 考虑企业信息披露偏差

本文采用机器学习的文本分析法,通过分析上市企业年报中披露的“数字技术”相关信息来刻画企业数字技术应用水平,但是赵璨等(2020)发现部分上市企业为了博取市场关注,存在年报中夸大披露“互联网+”相关信息的动机。为了减缓企业夸大年报信息披露行为所带来的测量误差问题,本文进行如下处理:(1)参考赵璨等(2020),构建企业关于“数字技术应用”信息披露程度的模型,估算出企业数字技术应用相关词频的正常披露次数,进而剔除存在夸大披露的企业样本。(2)参考宋德勇等(2022),在统计数字技术应用相关词频时区分出年报中“业绩回顾”和“未来展望”两个部分,其中,“业绩回顾”是企业对上一年度工作进行总结,更能反映出企业数字技术应用的实际水平。因此,通过对“业绩回顾”部分的数字技术应用相关词频进行统计,替换核心被解释变量。上述检验的回归结果见表5的最后两列,对比基准回归结果可以发现,在考虑核心解释变量的测量误差后,数字技术的应用能够促进企业创新效率提升的结论依然显著成立。

#### 4.其他稳健性检验

本文还从以下五个方面进行了稳健性检验:①考虑到不同行业企业间的数字技术应用水平存在较大差异,因此本文采用倾向得分匹配法解决样本选择性偏误问题。②数字技术与实体经济的融合以及非数字技术行业直接相关的企业的数字技术应用是本文考察的核心对象,因此本文将信息传输、软件和信息技术服务业剔除后重新进行回归。③为了避免被解释变量中部分零值对基准估计结果的影响,使用面板Tobit模型进行回归。④为了缓解基准回归结果可能受到城市层面和行业层面截面相关因素的干扰,本文将标准误分别在城市和行业层面重新聚类。⑤基准回归中主要控制了年份固定效应和企业固定效应,但是可能存在难以观测的因素同时与企业的数字技术应用和创新效率相关。例如,当企业所在地区受到某项技术创新政策冲击时,会导致原本缺乏足够的技术资源或者处于创新水平较低行业的企业,会因较低的机会成本而能够应用数字技术,遗漏这类因素可能使得本文的估计结果产生偏误。为此,本文在保留企业固定效应的基础上,进一步在模型(3)中陆续加入省份×年份与行业×年份固定效应,以此来控制地区和行业层面随时间变化的不可观测因素对企业创新效率的影响。考虑上述问题后,企业数字技术应用能够提升创新效率的结论始终成立。限于篇幅,回归结果同样不再报告。

### 五、进一步分析

#### (一)机制检验

本文构建模型(4)检验数字技术应用对企业创新效率的影响机制,其中, $Mechanisms_{it}$ 表示中介变量,包括知识资源与合作创新两个指标,其余设定与基准模型一致。如果 $\gamma_1$ 的系数显著为正,则说明中介效应存在。

$$Mechanisms_{it} = \alpha + \gamma_1 Digtech_{i,t-1} + \gamma_2 Controls_{i,t-1} + \lambda_i + \delta_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

接下来,本文从企业层面构造中介变量,并对假设2中提出的两个机制进行实证检验。

1.知识资源。知识基础观认为,创新是基于知识和经验的积累,因此企业必须有意识地主动学习外部知识(Roper等,2017)。例如,通过科学期刊和技术出版物学习先进知识,或者利用市场反馈信息改进产品创新策略(Segarra-Ciprés和Bou-Llugar,2018)。基于此,本文使用企业在创新过程中引用的科学文献数量和用户需求数据测度企业的知识资源。

一方面,科学文献是知识的重要载体,其内容一般包括发现了新的客观事实和规律,或者阐述新技术和理论的应用。企业在专利创造的过程中需要引用大量的科学文献来佐证专利的科学性和可靠性。国家知识产权局发布的《专利审查指南》也要求企业在专利说明书的内容中“写明对发明或者实用新型的理解、检索、审查有用的背景技术;有可能的,并引证反映这些背景技术的文件”。理论上,企业专利中引用的文献数量越多,越有可能发现更多的创新机会。例如,全球化工巨头巴斯夫集团应用人工智能技术分析科学论文和化学材料的信息来源,不仅有效降低了先进材料开发的成本和不确定性,还提高了新材料的创新效率。基于这一逻辑,本文首先使用企业专利的参考文献数量衡量企业的创新机会发现能力,记为 $Ability1$ 。

另一方面,市场需求也是企业知识的重要来源。企业需要精准地把握市场需求动向以此判断产品创新的方向,以大数据为代表的数字技术可以帮助企业对用户数据进行数字化处理,进而从需求端总结出产品的创新点。理论上,企业拥有的用户数量越多,越有利于其应用数字技术获取到用户需求数据中隐藏的产品创新信息,但是目前企业年报中较少有披露用户数量这一数据。为此,本文通过在年报中搜索“用户(客户)角度”“用户(客户)需求”“用户(客户)创新”等关键词进行定位,判断企业在当年是否根据用户需求开展了创新活动。如果企业年报中出现

上述关键词的词频越多,则认为企业对用户需求的关注程度越高,记为*Ability2*。例如,美的集团在年报中明确提出“美的关注与聚焦用户创新,为保持持续领先的产品技术优势奠定了稳固基础”;万东医疗在年报中提到“公司坚持自主研发的道路……从中国的基层用户角度出发,量身定制出……坚实可靠的产品”。

表6的第(1)和(2)列的结果显示,*Digtech*的系数为正且至少在5%的水平上显著。这表明,在数字技术的加持下,企业可以更便捷地获取到前沿技术领域的科学文献,以及与用户需求相关的数据,从中挖掘出新颖的创新机会,即数字技术的应用有效增强了企业的知识资源获取能力,进而有利于提高企业创新效率。

表 6 机制检验

	知识资源		合作创新	
	(1) <i>Ability1</i>	(2) <i>Ability2</i>	(3) <i>CoopBreadth</i>	(4) <i>CoopDepth</i>
<i>Digtech</i>	0.0397** (0.0193)	0.0356*** (0.0071)	0.0221*** (0.0057)	0.0218*** (0.0074)
控制变量	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
企业固定效应	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
年份固定效应	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
观测值	16964	16964	16964	16964
组内R <sup>2</sup>	0.0798	0.1072	0.0514	0.0360

2.合作创新。根据知识基础观理论,合作创新被认为是企业获取知识资源的一种交互式策略,即企业有目的地与其他创新机构通过研发合作的方式扩充自身的知识资源(Borgatti和Halgin,2011)。具体而言,企业合作创新可以划分为“合作广度”和“合作深度”两个维度(Laursen和Salter,2006)。其中,“合作广度”是指与企业进行研发合作的对象数量,例如供应商、客户、竞争对手、咨询公司、大学和科研机构等,侧重企业合作创新网络中合作伙伴的广泛性和多样性。“合作深度”则指企业与不同合作创新对象之间的合作紧密程度。基于此,本文使用“与企业存在合作创新关系的创新机构数量”测度合作广度,记为*CoopBreadth*。例如,丽珠医药集团股份有限公司的一项发明专利一共包含了丽珠医药集团股份有限公司、国家中药现代化工程技术研究中心和中山大学三个申请人,显然这是一项由企业、科研机构和大学共同完成的发明专利,因此可以认定丽珠医药集团股份有限公司在该项专利的申请过程中拥有两个合作伙伴。进一步地,采用“企业与每个研发合作伙伴的平均合作次数”测度合作深度,记为*CoopDepth*,具体计算方法为“企业参与合作创新的总次数/合作伙伴数量”。

根据表6第(3)和(4)列的估计结果,在企业应用数字技术之后,企业的研发合作伙伴数量以及与每个研发合作伙伴的平均合作次数显著提升了6.90%和6.25%(相对于均值水平而言),提升效应明显。这表明,数字技术的应用不仅拓宽了企业研发合作伙伴的多样性,还增加了企业与不同合作对象的合作次数,有利于提升企业创新效率。基于上述结果,假设2得到验证。

### (二)异质性分析

数字技术应用对企业创新效率的作用可能受到企业经营战略的影响。从知识资源获取渠道看,相较于专业化经营的企业,多元化经营的企业能够通过数字技术更广泛地获取来自不同产品市场的用户需求信息,从而为创新活动补充必要的知识资源,更有利于提升企业创新效率。为了检验这一异质性影响,本文参考杨兴全等(2018)的方法,根据企业实际跨行业经营个数的中位数,将样本划分为多元化经营程度高和低两类企业。表7第(1)和(2)列汇报了分样本回归的结果,可以看出,数字技术应用对于多元化经营水平较高的企业创新效率提升作用更显著。

表7 异质性检验结果

	企业多元化经营程度		是否属于知识产权密集型产业	
	高 (1)	低 (2)	是 (3)	否 (4)
<i>Digtech</i>	0.4064*** (0.1213)	0.1654 (0.1151)	0.3032*** (0.1010)	0.2471* (0.1480)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值	7123	9841	10965	5999
组内R <sup>2</sup>	0.0915	0.1141	0.1081	0.1169

另一方面,从合作创新渠道看,知识产权密集型产业的企业往往较为重视应用数字技术,且在合作创新领域表现更加活跃,因此这类企业的创新效率也可能更高。本文依据《知识产权(专利)密集型产业统计分类(2019)》,对照《国民经济行业分类》(GB/T 4754-2017),将上市企业划分为知识产权密集型和非知识产权密集型两类,并进行分样本回归。表7第(3)和(4)列的回归结果表明,数字技术应用对知识产权密集型产业企业的创新效率具有更强的提升效应。导致这一结果的原因可能是:知识产权密集型产业的发明专利规模和研发投入占比都高于行业平均水平,因此其能够应用数字技术将研发投入更有效地转化为专利产出。基于上述结果,假设3得到验证。

以上结果不仅强化了本文基准结果的因果关系,还为企业和政府在后继数字化发展战略的规划提供了一定的理论支撑。一方面,企业应当结合自身实际发展需求,合理应用数字技术开展多元化经营战略,通过获取来自不同产品市场的创新资源提升创新效率;另一方面,政府应当重点支持知识产权密集型企业进行数字化转型,进而推动其应用数字技术更好地提升创新效率。

## 六、结论与启示

### (一)研究结论

尽管近年来中国企业的专利申请数量激增,但是仍然存在专利质量不高的问题(Boeing和Mueller, 2019),从投入产出的角度来看,这可能是由于企业创新效率低所导致的(Wu等, 2022)。当前,随着全球数字经济的快速发展,数字技术正在成为驱动企业创新的重要力量。《纲要》也强调“推动数字技术与实体经济深度融合”和“加强关键数字技术创新应用”。在此背景下,考察数字技术对企业创新效率的影响,对于提升企业创新质量、实现我国从创新大国向创新强国转变的目标具有重要意义。本文基于知识基础观理论,使用2007—2019年中国上市企业数据,研究发现:第一,数字技术应用能够显著提升企业的创新效率。在使用工具变量处理内生性问题和考虑一系列稳健性检验后,研究结论始终成立。第二,机制检验发现,数字技术的应用不仅增强了企业的知识资源获取能力,而且能够促进企业与其他创新机构进行合作创新,进而有利于提升创新效率。第三,异质性分析表明,数字技术应用对多元化经营和知识产权密集型企业的创新效率具有更强的提升作用。

### (二)政策建议

基于上述研究结论,本文向政府和企业提出如下政策建议:

对于政府而言,首先,为了实现我国从创新大国向创新强国转变的目标,政府必须重视企业在创新活动中的关键作用,大力支持企业应用数字技术提升创新效率。本文研究发现,数字

技术的应用有效提升了企业创新效率。然而,第十四次中国私营企业调查数据显示,当前我国企业在数字化转型过程中普遍面临地方政策支撑不足的困境,为此,政府需要通过加大税收优惠和技术补贴力度,帮助企业平稳实现数字化转型,进而促进创新效率提升。其次,政府应积极鼓励企业参与产学研合作创新,在开放中实现创新效率提升。《纲要》中强调要“坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位”,并建议企业“积极促进科技开放合作”。本文机制分析发现,数字技术推动了企业的合作创新,进而有效提升了企业创新效率。但是企业在合作创新过程中往往面临信息不对称与合约成本高的问题。对此,政府可以从搭建产学研合作平台、加大知识产权保护力度和优化营商环境等方面入手,为企业合作创新提供良好的创新环境。最后,本文的异质性检验结果发现,数字技术对知识产权密集型企业的创新效率具有更强的提升效应。知识产权密集型产业具有创新能力强和经济效益高的特点,并且能带动其他产业创新。因此,政府应当重点支持知识产权密集型企业进行数字化转型,进而推动其应用数字技术更好地提升创新效率。

对于企业而言,一方面,在数字经济时代,企业必须重视数字技术对创新效率的提升作用,加快推动企业引入数字技术和数字场景应用。本文研究发现,相较于仅仅使用数字技术,企业只有将数字技术应用到生产流程中,实现数字技术与企业具体业务的深度融合,才能真正实现数字技术对企业创新效率的提升作用。因此,企业必须以深化数字技术在企业研发设计、生产制造和经营管理等环节的应用为重点,实现企业研发投入与数字技术的协同与互补,才能真正提升创新效率。另一方面,企业可以通过实施多元化经营战略,进一步推动数字技术对企业创新效率的提升作用。本文的异质性检验结果发现,数字技术对多元化经营程度较高的企业创新效率具有更强的促进作用。因此,企业可以实施多元化经营战略,通过进入不同的产品市场积累创新活动所需的需求信息。但是需要注意的是,不同行业的企业应当结合自身实际发展情况,合理应用数字技术开展多元化经营。例如,制造业企业可以应用数字技术拓展产品信息咨询和委托研发等业务,推动企业在“制造+服务”过程中提高创新效率。服务业企业则可以应用数字技术更好地掌握市场需求信息,根据客户的个性化需求开发相关数字产品,并通过线上营销渠道扩大市场份额。

### 主要参考文献

- [1]姜军,江轩宇,伊志宏.企业创新效率研究——来自股权质押的影响[J].金融研究,2020,(2):128-146.
- [2]宋德勇,朱文博,丁海.企业数字化能否促进绿色技术创新?——基于重污染行业上市公司的考察[J].财经研究,2022,48(4):34-48.
- [3]王靖茹,姚颐.企业数字化转型、容错机制与研发创新[J].外国经济与管理,2023,45(9):38-53.
- [4]吴非,胡慧芷,林慧妍,等.企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J].管理世界,2021,37(7):10,130-144.
- [5]徐欣,郑国坚,张腾涛.研发联盟与中国企业创新[J].管理科学学报,2019,22(11):33-53,81.
- [6]杨兴全,尹兴强,孟庆玺.谁更趋多元化经营:产业政策扶持企业抑或非扶持企业?[J].经济研究,2018,53(9):133-150.
- [7]袁淳,肖土盛,耿春晓,等.数字化转型与企业分工:专业化还是纵向一体化[J].中国工业经济,2021,(9):137-155.
- [8]赵璨,陈仕华,曹伟.“互联网+”信息披露:实质性陈述还是策略性炒作——基于股价崩盘风险的证据[J].中国工业经济,2020,(3):174-192.
- [9]郑志强,何佳俐.企业数字化转型对技术创新模式的影响研究[J].外国经济与管理,2023,45(9):54-68.
- [10]Akcigit U, Liu Q M. The role of information in innovation and competition[J]. *Journal of the European Economic Association*, 2016, 14(4): 828-870.
- [11]Barton D, Court D. Making advanced analytics work for you[J]. *Harvard Business Review*, 2012, 90(10): 78-83,128.
- [12]Boeing P, Mueller E. Measuring China's patent quality: Development and validation of ISR indices[J]. *China Economic*

- Review, 2019, 57: 101331.
- [13]Chan L K C, Lakonishok J, Sougiannis T. The stock market valuation of research and development expenditures[J]. *The Journal of Finance*, 2001, 56(6): 2431-2456.
- [14]Chen W, Srinivasan S. Going digital: Implications for firm value and performance[J]. *Review of Accounting Studies*, 2023: 1-47.<https://doi.org/10.1007/s11142-023-09753-0>
- [15]Gao W L, Chou J L. Innovation efficiency, global diversification, and firm value[J]. *Journal of Corporate Finance*, 2015, 30: 278-298.
- [16]Goldfarb A, Tucker C. Digital economics[J]. *Journal of Economic Literature*, 2019, 57(1): 3-43.
- [17]Grant R M. Toward a knowledge - based theory of the firm[J]. *Strategic Management Journal*, 1996, 17(S2): 109-122.
- [18]Hirshleifer D, Hsu P H, Li D M. Innovative efficiency and stock returns[J]. *Journal of Financial Economics*, 2013, 107(3): 632-654.
- [19]Laursen K, Salter A. Open for innovation: The role of openness in explaining innovation performance among U. K. manufacturing firms[J]. *Strategic Management Journal*, 2006, 27(2): 131-150.
- [20]Mukherjee A, Singh M, Žaldokas A. Do corporate taxes hinder innovation?[J]. *Journal of Financial Economics*, 2017, 124(1): 195-221.
- [21]Nagaoka S, Motohashi K, Goto A. Patent statistics as an innovation indicator[J]. *Handbook of the Economics of Innovation*, 2010, 2: 1083-1127.
- [22]Nickerson J A, Zenger T R. A knowledge-based theory of the firm—The problem-solving perspective[J]. *Organization Science*, 2004, 15(6): 617-632.
- [23]Popadiuk S, Choo C W. Innovation and knowledge creation: How are these concepts related?[J]. *International Journal of Information Management*, 2006, 26(4): 302-312.
- [24]Porter M E. The competitive advantage of nations[J]. *Harvard Business Review*, 1990, 68(2): 73-93.
- [25]Roper S, Love J H, Bonner K. Firms' knowledge search and local knowledge externalities in innovation performance[J]. *Research Policy*, 2017, 46(1): 43-56.
- [26]Segarra-Ciprés M, Bou-Llusar J C. External knowledge search for innovation: The role of firms' innovation strategy and industry context[J]. *Journal of Knowledge Management*, 2018, 22(2): 280-298.
- [27]Verhoef P C, Broekhuizen T, Bart Y, et al. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda[J]. *Journal of Business Research*, 2021, 122: 889-901.
- [28]Wan Y L, Gao Y C, Hu Y M. Blockchain application and collaborative innovation in the manufacturing industry: Based on the perspective of social trust[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, 177: 121540.
- [29]Wu H W, Lin J, Wu H M. Investigating the real effect of China's patent surge: New evidence from firm-level patent quality data[J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2022, 204: 422-442.
- [30]Wu L, Hitt L, Lou B W. Data analytics, innovation, and firm productivity[J]. *Management Science*, 2020, 66(5): 2017-2039.

## Digital Technology Application and Innovation Efficiency Improvement

Yang Peng<sup>1</sup>, Yin Zhifeng<sup>2</sup>, Sun Baowen<sup>2,3</sup>

(1. School of Information, Central University of Finance and Economics, Beijing 102206, China; 2. School of Economics, Central University of Finance and Economics, Beijing 102206, China; 3. China Center for Internet Economy Research, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China)

**Summary:** According to the theory of knowledge-based view, this paper discusses the mechanism by which digital technology application affects corporate innovation efficiency. Innovation often



involves mutual integration and re-creation of knowledge in different fields. Enterprises may only achieve more homogeneous innovation results if they rely solely on their own familiar technical experience, which is not conducive to improving innovation efficiency. Therefore, improving innovation efficiency requires acquiring as much innovative knowledge as possible and reducing their acquisition costs. Consequently, this paper suggests that enterprises can benefit from digital technology application both for acquiring external knowledge and reducing cooperative innovation costs, which is conducive to improving innovation efficiency. This paper uses the data from China's A-share listed companies from 2007 to 2019 to empirically examine the causal relationship between digital technology application and corporate innovation efficiency. The study shows that: First, digital technology application significantly improves innovation efficiency. Second, digital technology application improves innovation efficiency by enhancing their ability to acquire knowledge and promoting cooperative innovation. Third, digital technology application has a greater effect on the innovation efficiency of enterprises with intensive intellectual property and diversified business. In terms of theoretical significance, this paper expands the application boundaries of the knowledge-based view. In the era of the digital economy, digital technology effectively reduces the costs of information search for enterprises and expands the channels for enterprises to acquire knowledge. This paper clarifies the impact of digital technology application on corporate innovation efficiency from the perspectives of knowledge acquisition and cooperative innovation, and reveals the internal mechanism of how digital technology affects innovation efficiency. In terms of practical inspiration, this paper constructs the application indicators of digital technology from four dimensions: digital production, digital management, digital marketing, and digital products, so as to examine whether the application degree of digital technology in different business processes within the enterprise has different impacts on innovation efficiency. It is found that enterprises can only better leverage the promotion effect of digital technology on innovation efficiency by truly integrating digital technology with their own management, production, and business processes, which has strong practical guidance significance for how enterprises can reasonably apply digital technology to improve innovation efficiency.

**Key words:** digital technology; innovation efficiency; knowledge-based view; knowledge acquisition; cooperative innovation

(责任编辑:王雅丽)