

数字化转型与企业创新

——基于文本分析方法的经验证据

范红忠, 王子悦, 陶 爽

(华中科技大学 经济学院, 武汉 430000)

摘要: 企业数字化已然成为推动中国经济创新驱动发展的强劲引擎。本文以2009—2019年沪深A股上市公司为研究样本, 使用文本识别方法在公司年报中提取关键词并手工整理企业数字化转型指标, 实证检验了企业数字化转型对其创新能力的影响及其背后的影响机制。研究发现, 数字化转型显著提高了企业的创新能力。从影响机制来看, 数字化转型主要通过降低企业交易成本和缓解融资约束来提升企业创新能力。进一步区分企业规模、产权性质及要素密集度后发现, 企业数字化转型对于规模较大的非国有企业及劳动和技术密集型企业的创新具有显著的促进作用。此外, 释放企业数字化转型红利离不开完善的制度环境, 数字化转型对企业创新的积极影响在信息化水平、市场化水平及知识产权保护水平较高的地区更为显著。本文的研究为数字经济背景下加快企业数字化转型以提升创新能力提供了新的经验证据。

关键词: 企业数字化转型; 企业创新; 文本识别; 制度环境

中图分类号: F425; F272.3; F832.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2022)10—0034—11

一、引言

党的十九届五中全会提出, 作为现代化建设布局的战略支撑, 创新是我国实现高质量发展的关键动能。而企业作为我国科技创新的重要载体之一, 如何发挥其在技术创新体系中的能动作用, 成为政产学研三界共同关注的热点问题。与此同时, 以大数据、区块链、云计算、人工智能等数字技术的应用为代表的新一轮科技革命和产业变革正在兴起。据《第48次中国互联网络发展状况统计报告》显示, 2020年我国数字经济总量位居世界第二, 对GDP增长的贡献率为67.7%, 数字经济已然成为驱动经济高质量发展的重要引擎。2021年国家网信办发布《数字中国发展报告》, 进一步指出我国需进一步深入推进“十四五”时期数字中国建设, 推动数字化转型, 构建释放数字生产力的创新发展体系。在数字经济蓬勃发展的背景下, 大多数传统企业面临着发展模式与运营战略调整重构的重要挑战(Martinelli et al, 2021), 数字化转型作为企业应对这场空前数字革命的重要战略部署(Siebel和Rice, 2019), 正成为经济增长的核心驱动力。那么, 在此背景下, 企业数字化转型能否释放数字红利, 激发企业创新的“数字活力”, 带来创新产出的进一步提高? 若能, 其作用机制是什么? 对不同企业的作用是否存在显著差异? 对这些问题的回答有利于全面评估数字化转型对于企业创新的驱动作用, 为我国在数字经济发展背景下制定企业创新相关的政策提供理论与实证支撑。

在数字经济战略地位日益凸显大背景下, 现有文献从“数字经济”“互联网”角度探究其对企业创新的影响。数字经济是以数字技术赋能基础设施(韩璐等, 2021), 服务于产业数字化及数字产业化的一系列经济活动^①。数字经济的发展可以帮助企业整合现有资源(Nambisan et al, 2019), 并基于共享的数字基础设施平台允许外部实体建立自己的创新产出, 实现价值互换, 即主要通过技术多元化渠道促进企业创新(侯世英和宋良荣, 2021)。但数字经济并不作用于企业所有创新形式, 其对企业突破性创新有显著益处, 而对企业渐进性创新的影响并不显著(江伟等, 2019; 胡山和余泳泽, 2021)。企业互联网化则强调企业通过互联网技术与外界进行信息的互联互通(沈国兵和袁征宇, 2020)。Teece(2018)指出互联网技术不仅推动了企业单个产品和

收稿日期: 2022-02-28

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“中国深度参与全球创新链治理的机制、路径与政策研究”(20&ZD124); 国家自然科学基金面上项目“中国高端制造业价值链跃迁路径研究: 多重嵌入的视角”(71773115); 国家自然科学基金青年项目“多中心空间发展模式促进我国全球价值链地位提升的机理、路径及对策研究”(71903001)

作者简介: 范红忠, 博士, 华中科技大学经济学院教授, 博士研究生导师, 研究方向: 区域经济学; 王子悦, 华中科技大学经济学院硕士研究生, 研究方向: 企业创新; 陶爽, 华中科技大学经济学院博士研究生, 研究方向: 企业创新。

① 来源于中国国家统计局的《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》中的定义。

流程的创新,还推动了行业的大规模融合,最终作用于整个生态系统的创新。杨德明和刘泳文(2018)提出企业通过互联网化实现差异化和成本领先从而带来竞争优势,为互联网和实体经济深度融合的政策提供了理论依据。与企业利用互联网进行商业互动不同,企业数字化转型是数字技术与业务流程的深度融合(焦豪等,2021),聚焦于企业对于信息技术的应用及与产品、用户的交互关系,对于企业发展的影响有待更进一步探讨。

虽然上述研究增进了我们对于新一轮数字革命影响企业创新活动的认识和理解,但仍存在如下不足:第一,以往文献并未将数字化转型与企业创新直接联系起来,忽略了数字化转型这一关键变量对于创新的影响。企业数字化转型作为数字经济建设下的企业策略性行为,与“互联网”及“数字经济”定义及指标构建存在明显差异,数字化转型与企业创新的联系有待进一步探讨。第二,现有文献并未深入探究数字化转型影响企业创新的作用机制,尤其是基于企业运营管理战略视角。另外,企业数字化转型不单需要内在动力驱动,更需要外部环境的支撑,上述文献没有考虑到外部制度环境在数字化转型与企业创新能力关系中的作用。

针对上述不足,本文利用2009—2019年上市企业数据系统探讨了数字化转型对于企业创新的影响及背后的影响渠道。本文可能的边际贡献如下:第一,本文借鉴现有文献,基于企业应对数字化变革的策略行为,从微观视角上考察了数字化转型对于企业创新的作用,补充了影响企业创新因素的研究视角,为完整地揭示数字经济背景下企业创新的完整逻辑提供了经验证据。第二,本文使用上市公司年报信息披露的“数字技术实践应用类”关键词词频反映企业数字化进展,并以此连续变量进行多时点双重差分分析,相比于以往研究更能准确衡量企业数字化转型的程度差异对企业创新的影响。第三,现有文献对于数字化转型与创新的微观机制解读有所不足,Lusch和Nambisan(2015)指出数字化技术的应用可以在企业运营管理中扮演积极重要的角色,本文创新地将企业数字化转型、运营管理、创新能力产出纳入统一框架进行实证分析,从融资约束和交易成本两个渠道考察了数字化转型影响企业创新背后的机制,并进一步分析了制度环境水平对于企业数字化转型作用于创新能力的调节作用。

二、研究假说

具体来看,企业能通过大数据、云计算、区块链、物联网等新技术的应用改变传统的生产管理模式(赵宸宇等,2021;尚洪涛和吴桐,2022),整合内外资源实现价值链与供应链的全方位智能升级,这一变化将带来互联网制造等新领域的创新增长点(郭炳南等,2021)。数字化转型对企业创新的影响研究框架如图1所示。

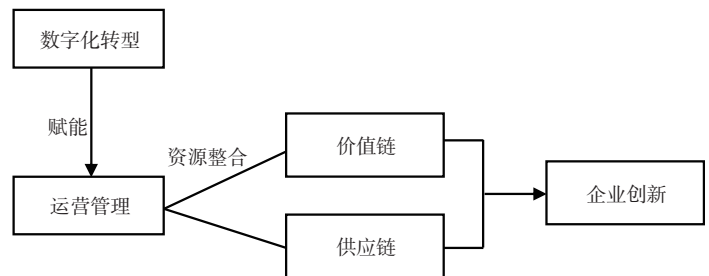


图1 数字化转型对企业创新的影响

一方面,企业通过应用数字技术加速内部生产要素的流动,为创新积累潜能,实现价值链升级(吴非等,2021)。例如,办公自动化(office automation, OA)、企业资源计划系统(enterprise resource planning, ERP)、数据处理技术(data technology, DT)等数字技术的应用,企业可以更便捷地对人力部门、财务部门、生产部门进行资源整合,推动数据和知识要素在企业内部系统的交流共享(李海舰等,2014),为企业战略决策及运营管理赋能。特别地,企业的有效创新离不开对于产业发展前沿的把握,数字化转型支撑企业下沉至产品和用户末端,灵活应对市场(韦影和宗小云,2021; Gomber et al, 2018)。比如企业通过大数据建立产品社群模式,并应用数字信号处理(digital signal processing, DSP)技术实现广告的精准投放。数据挖掘、信息搜集、信息反馈等技术能帮助企业到达产品末端,识别用户需求进行针对性创新(戚聿东和蔡呈伟,2020; Henfridsson et al, 2014)。另一方面,数字化转型能进一步扩展企业供应链范围,助力企业实现知识溢出创业(Ghio et al, 2015)。从信息约束的角度,数字化转型能通过改善市场间的信息不对称,加快企业间的互联互通。随着数字技术和新商业模式的发展,“分享经济”“云端数据”新业态使供应链上的企业间能通过共享设备和服务提高资源利用效率,学习成本和信息搜集成本更低,提升创新效率。此外,从资源约束的角度,企业通过物联网生态实现不同创新主体能同时参与创新过程,促进要素跨界流动。如“分布式账本”“混合现实”技术的应用使供应链上的企业能真正打破创新活动时间和空间的限制(韩璐等,2021)。因此,企业数字化转型通过将数字技术应用于运营管理活动中,在

一定程度上能推动企业创新。

基于上述分析,本文提出假说1:数字化转型能显著提高企业创新能力。

企业创新活动需要大量的资金投入,而内源融资往往难以满足资金需求,融资约束已成为企业创新活动的“绊脚石”(Li和Li,2021)。相比其他投资项目,创新活动本身具有高风险,信息不对称等特殊属性。首先表现在借贷企业创新活动往往面临着技术壁垒、人才流失、市场竞争等风险,大量资金、人力的持续性投入并不一定能转化为超出投入价值的实际收益,而银行等金融机构出于风险把控的要求(马俊,2022),倾向于选择实物资产项目。其次,竞争、模仿的行为削弱了企业对创新研发活动进行细节披露的动机,投资者无法全面了解企业真实情况,信息不对称性加剧了企业创新投资受到的融资约束。

而数字化转型为缓解企业融资约束提供了新思路。一方面,数字化转型能够拓宽企业的融资来源。企业数字化转型不仅能享受国家的政策优惠,这一信号也能在数字经济大环境下通过释放利好信息吸纳投资者;同时,数字技术与金融的深度融合也使企业能用数字化信息共享优势及时获取有利融资信息(花俊国等,2022),以较低的成本获得来自社会投资者的资金,进一步拓展企业融资渠道及融资数量,为企业创新活动提供资金支持(张璇等,2017)。另一方面,数字化转型可以有效降低企业的借贷门槛和融资成本。企业基于新一代的数字信息技术可以提高经营情况的披露强度,银行等融资机构也能借助大数据对企业信用、财务信息进行准确判断。因此企业数字化转型能有效缓解金融机构与企业之间信息不对称的问题(万佳或等,2020),以信息流带动资金流(田秀娟和李睿,2022),实现银企高度联结,进一步提高资本对企业创新研发投入的支持(Goldfarb和Tucker,2019)。

鉴于以上分析,本文提出假说2:数字化转型通过缓解融资约束提高企业创新能力。

从管理角度来看,一方面,企业在生产、经营、服务等流程中嵌入数字技术,优化原有的生产经营流程、完善业务流程管理和组织架构等,能有效降低企业管理成本(Forman和Zeebroeck,2018);另一方面,数字化管理流程的应用使企业研发人员间技术交流更方便,降低了团队沟通时间和协作成本(郭金花等,2021)。同时,数字化信息技术的发展能有效提高产业链上下游之间的沟通效率,扩展了企业的信息边界,降低沟通成本,合理配置资源(沈国兵和袁征宇,2020);在生产运营上,首先,企业对于数字技术的应用能极大提高生产工具效率。对于制造企业而言,企业引进的智能制造设备能通过互联互通收集使用设备数据,对机器运行、维修故障数据进行分析,大幅缩短生产设备维护开发时间。其次,企业间对于数字技术的应用和共享有助于改善信息不对称的市场环境,降低信息搜寻成本;在用户体验上,企业数字化转型不仅改变了传递信息的速度和知识获取的路径,同时也改变了传统资源供给和需求之间的匹配模式,用户和企业能通过数字技术进行精准互动。在降低信息匹配成本的同时,企业能通过大数据获取的用户需求进行针对性创新,降低创新试错成本。

基于此,本文提出假说3:数字化转型通过降低交易成本提高企业创新能力。

三、研究设计

(一)样本与数据来源

本文以2009—2019年间中国沪深A股上市公司作为研究样本,对样本数据进行如下处理:第一,剔除金融类和信息技术类上市公司样本;第二,剔除出现异常值和主要变量存在数据缺失的样本;第三,剔除special treatment(ST)和期间退市的企业;样本公司所有财务数据来自中国经济金融研究数据库(CSMAR),公司专利申请数据来自中国研究数据服务平台(CNRDS),数字化转型指标系使用Python从企业年报文件抓取关键词条构建而成,年报文件来自巨潮资讯网。本文对所有连续型变量进行双侧1%的缩尾处理。

(二)变量测度与说明

1. 被解释变量

企业创新(*Inv*):以上市公司独立发明专利申请量作为其创新活动的代理变量。与专利授权活动的滞后及人为干预因素相比,专利申请活动更能反映当期企业实际创新成果。本文使用上市公司与其他实体联合申请的总专利数作为稳健性检验。

2. 核心解释变量

企业数字化转型(*DIGI*):要衡量企业数字化转型带来的创新产出,其重难点集中于对于“数字化转型”

的定量衡量。何帆和刘红霞(2019)以企业年报为依托,将数字技术与主营业务深度融合的企业定义为数字化转型企业,并采用0-1虚拟变量来衡量。沈国兵和袁征宇(2020)以拥有社交媒体账号的年限定义企业互联网转型,但是这类测度方法无法反映数字化转型过程及强度,虚拟变量用以衡量“数字化转型”决策过程及结果可能会造成错估,且指标与企业数字化业务转型联系不强,衡量方式过于单一。通过对数字化转型相关文献的梳理总结,借鉴已有文献做法(赵宸宇等,2021;戚聿东等,2021;李琦等,2021),采用Python爬取企业年报中出现关键词词谱的频率来刻画企业数字化转型程度。这种做法将数字化转型作为连续性变量研究,更能反映企业数字化转型的程度差异。在众多关于数字化转型的词频摘选文章中,吴非等(2021)将词频根据“ABCD”^②技术运用及技术实践应用进行总结性分类,所构建的词谱最为全面。因此本文借鉴吴非等(2021)的处理思路,在得到数字化转型特定关键词的基础上,基于Python大数据爬虫功能,抓取上市公司公开发布的年报中的所有文本同关键词进行匹配,统计出每个关键词在特定年份的年报中的出现次数与年报总字数的比值,并进行加总处理,得到企业数字化转型的总指标。本文对这类数据进行对数化处理得到了数字化转型的最终指标 *DIGI*。

3. 控制变量

本文结合以往研究的基础上引入了一系列控制变量,主要包括企业规模(*Size*):企业期末总资产的自然对数;企业年龄(*lnage*):使用当前年份减去企业上市年份并取对数;股权集中度(*Top1*),第一大股东持股比例;资产负债率(*Tl*):年末负债与年末总资产的比值来衡量资产负债率;账面市值比(*BM*),所有者权益总额与市值之比;流动比率(*Liq*):流动资产总额和流动负债总额之比;现金流量(*Cflow*):当期经营活动产生的现金流量净额与期初总资产的比值。本文所有变量的测量方式见表1。

表1 变量说明

变量类型	变量名称	变量符号	变量测量
被解释变量	企业创新	<i>Inv</i>	上市公司独立申请发明专利的申请量加1取对数
解释变量	数字化转型	<i>DIGI</i>	使用Python对上市公司年报进行文本挖掘得到的数字化转型词频数与年报总字数的比值,取对数
中介变量	融资约束	<i>Sa</i>	SA指数(融资约束指数)
	交易成本	<i>Cost</i>	(营业成本+期间费用)/营业收入×100%
控制变量	企业规模	<i>Size</i>	公司期末总资产的自然对数
	企业年龄	<i>lnage</i>	ln(观测年份-上市年份+1)
	股权集中度	<i>Top1</i>	第一大股东持股比例
	资产负债率	<i>Tl</i>	年末负债与年末总资产的比值
	账面市值比	<i>BM</i>	所有者权益总额与市值之比
	流动比率	<i>Liq</i>	流动资产总额和流动负债总额之比
	现金流量	<i>Cflow</i>	当期经营活动产生的现金流量净额与期初总资产之比

(三)模型设定

根据上述理论分析,本文基准回归模型设定如下:

$$Inv_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DIGI_{it} + \prod_{m=2}^8 \alpha_m Controls_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it}$$

(1)

其中:*i*为企业;*t*为年份;*Inv_{it}*为被解释变量企业创新;*DIGI_{it}*为企业数字化转型水平;*Controls*为一系列会对企业产生影响的微观企业层面的控制变量集合;*μ_i*和*δ_t*分别为年份固定效应和企业固定效应;*ε_{it}*为随机误差项;*α₀*为常数项;若*α₁*>0,则表示企业数字化转型能带来企业创新能力的显著提升。

四、实证结果及分析

(一)基准回归结果

模型(1)的基准回归结果见表2。(1)列报告了以上市公司独立申请发明专利作为被解释变量的回归结果。可以看出,在控制一系列变量及时间、企业固定效应后,数字化转型对于企业创新能力的影响显著为正,说明随着数字化转型程度的提高,企业创新能力显著增强。初步验证了本文提出的研究假说1。

本文进一步采用上市公司独立申请总专利数、上市公司与其他实体联合申请总专利及上市公司与其他实体联合申请发明专利数的自然对数来衡量被解释变量,表2的(2)~(4)列结果显示,替换被解释变量后,数字化转型对企业创新的回归系数仍显著为正,即原结论有较好的稳健性。

② ABCD是指人工智能(Artificial Intelligence)、区块链(Blockchain)、云计算(Cloud Computing)、大数据(Big Data)。

表 2 基准回归

变量	上市公司独立申请		与其他实体联合申请	
	发明专利	总专利	发明专利	总专利
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>DIGI</i>	0.565*** (0.143)	0.634*** (0.152)	0.160*(0.086)	0.285*** (0.109)
<i>Size</i>	0.339*** (0.030)	0.362*** (0.033)	0.166*** (0.021)	0.275*** (0.026)
<i>lnage</i>	-0.036*** (0.003)	-0.053*** (0.004)	-0.003(0.002)	-0.006** (0.003)
<i>Tl</i>	-0.102(0.099)	-0.335*** (0.126)	-0.035(0.050)	-0.144** (0.073)
<i>Top1</i>	-0.003** (0.001)	-0.002(0.002)	-0.001(0.001)	-0.001(0.001)
<i>Liq</i>	-0.003(0.002)	-0.011*** (0.003)	-0.001(0.001)	-0.003(0.002)
<i>BM</i>	-0.650*** (0.107)	-0.485*** (0.124)	-0.209*** (0.063)	-0.453*** (0.085)
<i>Cflow</i>	0.318** (0.130)	0.521*** (0.200)	0.049(0.048)	0.057(0.059)
企业固定效应	YES	YES	YES	YES
年度固定效应	YES	YES	YES	YES
Observations	20075	20075	20075	20075
<i>R</i> ²	0.261	0.319	0.095	0.116

注：括号内是聚类到企业层面的标准误；***、**、*分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平。

(二)稳健性检验

1. 替换被解释变量

企业作为市场上的微观主体,内在创新动力可通过其在创新活动上的投入来体现,研究继续关注数字化转型对于创新投入的影响。研发投入用企业 R&D 经费支出占主营业务收入的比值来衡量(余明桂等, 2019),回归结果见表 3 的(1)列,随着企业数字化转型程度的加深,企业创新主体更愿意加大创新活动投入, 进一步提高企业创新能力,回归结果稳健。

2. 替换解释变量

本文借鉴祁怀锦等(2020)、张永坤等(2021)的研究,数字化转型程度采用上市公司财务报告中附注披露的年末无形资产明细项中与数字化转型相关的部分占无形资产总额的比例来度量。回归结果见表 3 的(2)、 (3)列,替换解释变量后,回归系数均在 1% 的水平上显著,与主回归结果保持一致,表明核心结论较为稳健。

表 3 稳健性及双重差分法检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	研发投入	发明专利	总专利	发明专利	总专利	发明专利	总专利
<i>DIGI</i>	0.013*** (0.003)						
<i>DIGI2</i>		0.547*** (0.130)	0.621*** (0.170)				
<i>DIGIdid</i>				0.274*** (0.078)	0.320*** (0.088)		
<i>du×before3</i>						-0.087(0.086)	0.018(0.094)
<i>du×before2</i>						0.026(0.072)	0.015(0.081)
<i>du×before1</i>						-0.041(0.066)	-0.015(0.076)
<i>du×current</i>						0.022(0.036)	0.017(0.043)
<i>du×after1</i>						0.069** (0.033)	0.073*(0.040)
<i>du×after2</i>						0.066** (0.031)	0.110*** (0.038)
<i>du×after3</i>						0.069** (0.028)	0.081** (0.035)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
企业固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年度固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Observations	9837	15112	15112	20075	20075	20075	20075
<i>R</i> ²	0.149	0.245	0.296	0.259	0.315	0.256	0.113

注：*du×before3*、*du×before2*、*du×before1* 分别指企业实施数字化转型前 3 年、2 年、1 年，以此类推；括号内是聚类到企业层面的标准误；***、**、*分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平。

3. 基于企业数字化转型的双重差分法检验

企业根据自身经营状况不同逐时逐个推动自身数字化转型是一个较典型的准自然实验。本文参考易露霞等(2021)和吴非等(2021)的研究,选择多期双重差分模型来进一步克服内生性问题^③。通过对于进行数

③ 本文选择期间至少连续 5 年的样本,且为保证数字转型前后有足够观察期,将实施数字化转型不足两年的样本不认定为实验组。

数字化转型的企业与对照组在转型前后进行两次差分,从而得到企业数字化转型对创新水平的“净效应”。本文构建如下双重差分模型来检验数字化转型如何影响企业创新能力[参见式(2)]: $DIGIdid_{it}$ 是个体虚拟变量与时期虚拟变量的交乘项,若企业在当年进行了数字化转型,则当年及之后年 $DIGIdid_{it}$ 取1,否则为0。其中, β_1 体现了企业推动数字化转型前后企业创新能力的变化,是本文着重关注的待估参数; β_0 为常数项。

$$Inv_{it} = \beta_0 + \beta_1 DIGIdid_{it} + \prod_{m=2}^8 \beta_m Controls_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

研究发现,在表3的(4)列中, $DIGIdid_{it}$ 的回归系数均为正值,在表3的(5)列中,使用企业独立申请的总专利进行稳健性检验,发现回归结果仍显著为正,且均在1%的水平上显著,表明企业在进行数字化转型后,创新能力显著提高。在此基础上,本文还进一步考察了这种冲击在较长的时间序列中的变化状况,在表3的(6)、(7)列中,企业数字化转型前的回归系数均不显著,而进行数字化转型之后的回归系数正向显著,表明进行数字化转型前,企业间的创新能力没有显著差异,即满足平行趋势假设;而企业分批进行数字化转型之后,数字技术应用差异对企业创新能力的影响系数均为正,即数字化转型对于企业创新能力的促进作用具有一定的持续性效应,由此经过了准自然实验削弱内生性问题后,核心结论依旧保持高度稳健。

4. 内生性处理:工具变量法

是否进行数字化转型作为企业的行为决策存在一定的内生性。为更好的解决内生性问题,本文借鉴赵涛等(2020),使用城市层面与信息化水平相关的历史数据作为工具变量。一方面,城市历史通信技术水平能一定程度上孕育及影响现代互联网技术的发展,满足相关性。另一方面,城市历史信息水平与企业创新能力并没有直接关系,满足排他性。具体而言,本文使用1984年各城市邮电业务总量及当年各城市每百人电话机量构造工具变量,并参考Nunn和Qian(2014)使用上一年全国互联网用户数构造交互项进行分析。表4的(1)~(4)列估计结果说明,数字化转型对于企业创新的作用在考虑了内生性后依然显著成立。 LM (拉格朗日乘子)和 $Wald$ (沃尔德) F 统计量检验的结果说明了工具变量选取的合理性。

(三)机制检验

企业数字化转型通过将生产、运营、管理、服务各版块与数字技术深度融合,通过整合内外部资源进行数字资产拆分重组,产生新的产品或服务创新(Weitzman, 1995; Gurbaxani 和 Dunkle, 2019)。因此客观上企业数字化转型决策在其创新活动中应有一定反映。为了刻画数字化转型影响企业创新的机制路径,本文借助了温忠麟和叶宝娟(2014)的递归方程开展研究,如式(3)~式(5),其中, $Mediator_{it}$ 为机制变量,并进行Sobel检验。本文将主要从企业的运营管理活动论述数字化转型如何通过影响企业融资约束(Sa)及日常交易活动成本($Cost$)两个方面,最终提高企业创新能力。

$$Inv_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DIGI_{it} + \prod_{m=2}^8 \alpha_m Controls_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$Mediator_{it} = \beta_0 + \beta_1 DIGI_{it} + \prod_{m=2}^8 \beta_m Controls_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$Inv_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 DIGI_{it} + \prod_{m=2}^8 \gamma_m Controls_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

企业创新活动的周期长,投入大等特征要求企业必须准备足够的研发资金,资金约束将会对企业创新能力产生直接的影响。而企业数字化转型能一定程度上缓解融资约束。为检验企业数字化转型对于融资约束的缓解作用,本文参考余明桂等(2019)、鞠晓生等(2013)及Hadlock和Pierce(2010),以融资约束(SA)指数衡量融资约束。 SA 指数绝对值越大,表明企业面临的融资约束越强。一方面,企业数字化转型能有效缓解借贷双方信息不对称的问题,实现借贷双方高效率对接,提高企业融资数量;另一方面,企业数字化转型的信

表4 工具变量及外生冲击检验

变量	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
	(1)	(2)	(3)	(4)
$iv1$	0.292*** (0.044)			
$DIGI$		1.961** (0.990)		3.544*** (1.323)
$iv2$			0.033*** (0.006)	
Kleibergen-Paap rk LM	21.849***		13.328***	
Cragg-Donald Wald F	28.727***		18.307***	
控制变量	YES	YES	YES	YES
企业固定效应	YES	YES	YES	YES
年度固定效应	YES	YES	YES	YES
Observations	16229	16229	16229	16229
R^2	0.029	0.075	0.027	0.033

注: $iv1=1984$ 年邮电业务量 $\times$ 上一年全国互联网用户数; $iv2=1984$ 年各城市电话机数量 $\times$ 上一年全国互联网用户数;括号内是聚类到企业层面的标准误;***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平。

息披露也能以相对较低的成本吸纳分散的投资者,并借助多样化服务模式拓宽融资渠道,表5的(2)、(3)列报告了企业数字化转型、融资约束对于创新能力的回归结果,可以看出,企业数字化转型能显著缓解融资约束,而随着融资约束问题的改善,企业创新能力显著提高,且回归系数均在1%的水平上显著为负,同时,Sobel检验中融资约束的 z 统计值为2.24,拒绝了不存在中介效应的假设,表明企业数字化转型确实能通过缓解融资约束从实现创新能力提高。验证了本文假说2。

为检验数字化转型是否能通过降低交易成本影响企业创新能力,本文参考赵宸宇等(2021)的做法,采用交易成本作为中介机制,交易成本费用率采用主营业务成本与期间费用之和与主营业务收入的比值来衡量,该指标将运营管理费用纳入交易成本考核体系中,是对企业交易成本的完整概括。一方面,企业数字化转型能通过广泛应用数字技术,改进产品制造工艺流程,一定程度上降低不良产品产出率,减少由于返修导致的库存,提高企业生产效率;另一方面,数字技术的应用优化了信息传播的过程,企业能利用数字技术广泛搜集和解读生产运营过程中产生的海量结构化数据,并运用到企业日常决策中,优化管理效率。同时,企业能通过应用数字技术搜集了解上下游企业经营实况,降低由于上下游信息不对称产生的沟通成本,提高企业交流效率。表5的(4)、(5)列报告了数字化转型、交易成本对企业创新的回归结果,回归结果显示,企业数字化转型能显著降低交易成本,随着交易成本问题的改善,企业创新能力显著提高。同时,Sobel检验拒绝了不存在中介效应的假设,表明数字化转型通过减少企业交易成本实现创新能力提升。本文假说3得到验证。

(四)异质性分析

中国数字经济发展存在两极分化现象,企业数字化转型的发展也有较为明显的差异属性特征,企业在不同差异特征情况下做出的数字化转型行为决策可能会有不一致。因此,忽略了企业属性特征差异开展的研究容易导致结论的泛化,不利于具有针对性的政策建议导向的形成,考虑到企业规模大小、产权性质和要素密集度等差异,本文进一步考察数字化转型对不同类型企业创新影响的异质性。

1. 基于规模的分样本文

表6的(1)、(2)列是根据样本企业规模中位数划分为大型企业和中小企业并进行分样本回归的结果。实证结果表明,数字化转型对于大型企业创新能力的提高作用比中小企业更为显著。一方面,企业开展数字经济活动往往伴随着一定风险。规模较大的企业往往资金充裕,相对于上下游有较高的议价能力,故通常拥有更好的资源和风险承担能力,该类企业开展数字化转型更有优势;另一方面,对于规模较小的企业而言,由于交易在行业里话语权和控制力不高,不能及时得到助力其创新成果实现的商业资源,也难以获得银行和金融机构持续的资金支持。多数中小型企业处于产业链低端,数字化转型的推进相对困难,转型过程的投入也很难完全转化为生产力,这严重影响了企业数字化转型的经济效果。因此,大型企业数字化转型效果优于中小企业。

2. 基于产权性质的分样本文

根据表6的(3)、(4)列估计结果,数字化转型显著提高了非国有企业创新能力,而对于国有企业不存在显著影响。可能在于,对于非国有企业而言,其在数字化转型进程中调动资源更有优势,并且其数字技术的应用能显著提升处理信息的效率,进一步降低创新成本和风险,而数字化转型的信息披露能进一步增强投资者信心,对于非国有企业缓解融资压力大有裨益。而国有企业人才储备和资源通常更充裕,但其内部容易出现组织结构冗余,委托代理等问题。国有企业难以将资源优势转化为创新成果,难以吸收数字化转型带来的福利效应,创新效率较低。另外,国有企业创新动力不足,其日常生产运营活动并不完全依赖于数字化转型带来的创新占领市场(董晓庆等,2014)。

表5 机制检验

变量	企业创新	融资约束		交易成本	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>DIGI</i>	0.510*** (0.145)	-0.342*** (0.094)	0.495*** (0.146)	-0.139** (0.036)	0.489** (0.193)
<i>Sa</i>			-0.040*** (0.014)		
<i>Cost</i>					-0.152* (0.070)
Sobel 检验	中介变量:融资约束		中介变量:交易成本		
	2.24**		1.89*		
	机制有效-正向传导		机制有效-正向传导		
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES
企业固定效应	YES	YES	YES	YES	YES
年度固定效应	YES	YES	YES	YES	YES
Observations	20075	18311	18311	20075	20075
R^2	0.259	0.678	0.265	0.209	0.252

注:括号内是聚类到企业层面的标准误;***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平。

3. 基于要素密集度的分样本本文

借鉴肖曙光和杨洁(2018),本文根据企业要素密集度差异将样本划分为劳动密集型企业、技术密集型企业、和资本密集型企业。表6的(5)~(7)列是将企业按照要素密集度进行分组回归的结果。实证表明,数字化转型显著提高了劳动密集型企业和技术密集型企业的创新能力。对于劳动密集型企业而言,随着工业智能和数字技术的应用,企业通过增加机器作业替代低端劳动力以提高生产效率,减少生产活动成本,并进一步提高用于研发的资金比例,使生产经营管理与数字技术深度融合,形成企业内部的良性循环。此外,对于技术密集型企业,数字技术的应用让企业能充分发挥技术人才优势,进一步提升技术作为主导生产要素的生产潜能,实现创新能力提升。最后,表6的(6)列结果表明,资本密集型企业数字化转型带来的创新效益并不明显。可能是因为对于资本密集型企业而言,有形资产占比较高,而无形资产如数字资产占比较低。因此可重组资产数量少,企业难以通过应用数字技术进行创新活动 Weitzman(1995)。

表6 异质性检验

变量	(1) 大型	(2) 中小型	(3) 国有	(4) 非国有	(5) 劳动密集	(6) 资本密集	(7) 技术密集
<i>DIGI</i>	0.642*** (0.231)	0.280*(0.168)	0.501(0.317)	0.505** (0.196)	0.523** (0.218)	0.336(0.258)	0.554** (0.240)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
企业固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年度固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Observations	10023	10052	2595	17480	4879	10037	5159
<i>R</i> ²	0.289	0.231	0.334	0.248	0.269	0.222	0.309

注:括号内是聚类到企业层面的标准误;***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平。

(五)进一步分析:地区制度环境的调节作用

企业数字化转型需要依靠外部条件的支撑,world intellectual property organization(WIPO)发布的《The Global Innovation Index 2017》指出中国企业创新在“制度”方面的全球排名相对落后,仅列第78位,中国创新创业仍面临较大体制机制障碍,而良好的制度环境更有利于企业提高创新能力(黎文靖等,2021)。较高的知识产权保护水平能有效规避创新成果外部性的风险,企业可以最大限度的获得创新带来的超额利润;此外,在知识产权保护水平更高的地区,相关产权保护法律更完善,企业交易过程中的违约和机会主义行为会大大减少,更能鼓励企业进行创新活动;另外,企业进行数字化转型的成果在知识产权明晰的地区更能被市场认可,更能产生市场价值;具体来说,较高的市场化水平对于企业数字化转型和创新产出有两方面的积极影响,一方面,在市场化水平高的地区,企业能得到更多的市场信息,针对性的进行创新研发,创新产品将会更容易被市场接纳和应用,为企业带来更多的利润,从而激励企业进一步创新;另一方面,较高的市场化水平下,企业数字化转型成为信息披露的重要内容,该信息披露能通过吸引融资提高创新所需资本,进一步推动企业创新。信息化水平高的地区能一定程度上减少信息不对称的问题,降低企业创新过程中的交易成本和寻租成本,企业更加有动力进行创新。

知识产权保护水平的指标构建参照庄子银等(2021),采用5个分类指标,包括地方司法保护水平、行政保护执法力度、社会保护水平、市场规范化程度及企业和个人保护意识采用熵值法合成地方知识产权水平指标变量(*ipp*)。其中,地方司法保护水平用一省专职律师数量占该省总人口数的比例来衡量,行政保护执法力度使用当年累计专利纠纷结案数与立案数的比值来衡量,社会保护水平采用一省申请代理公司数量与当年该省总人口数的比值来衡量,市场规范化程度用技术市场成交合同金额与GDP的比值衡量,企业和个人保护意识使用专利未被侵权率,其中专利侵权率使用专利侵权立案数与当年累计专利申请授权数的比值来识别。市场化水平(*market*)指标的构建参考李梦雅等(2021),采用樊纲编制的《中国分省份市场化指数报告》中的市场化总指数来衡量地区市场化水平,由于该数据只更新到2016年,后续年份使用增长率补齐。信息化水平(*info*)使用省互联网普及率即省级互联网用户数占总人口的比例衡量。

表7是地区制度环境对企业数字化转型和创新水平关系影响的回归结果。(1)、(2)列和(3)、(4)列及(5)、(6)列分别报告了知识产权水平,市场化水平及信息化水平与数字化转型的交互项对于企业发明专利及总专利的调节作用。结果均显著为正,这意味着地区制度环境强化了数字化转型对于企业创新能力的促进作用。

表 7 基于制度环境的调节效应

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	发明专利	总专利	发明专利	总专利	发明专利	总专利
<i>DIGI</i>	0.354** (0.145)	0.300* (0.155)	0.321** (0.143)	0.244 (0.153)	0.305** (0.144)	0.222 (0.153)
<i>ipp</i>	0.020 (0.268)	-0.274 (0.323)				
<i>ipp_digi</i>	0.389*** (0.077)	0.555*** (0.087)				
<i>market</i>			0.021 (0.013)	0.022 (0.015)		
<i>mar_digi</i>			0.011*** (0.002)	0.016*** (0.002)		
<i>info</i>					-0.001 (0.002)	-0.002 (0.002)
<i>inf_digi</i>					0.002*** (0.000)	0.002*** (0.000)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
企业固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年度固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Observations	14724	14724	14519	14519	14724	14724

注：*ipp_digi*、*mar_digi*、*inf_digi* 分别为知识产权保护水平、市场化水平、信息化水平与数字化转型的交互项；括号内是聚类到企业层面的标准误；***、**、* 分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平。

五、结论及政策建议

本文基于 2009—2019 年中国沪深 A 股上市公司数据及爬虫整理而来的上市公司年报中“数字化转型”相关词频数据,考察了企业数字化转型对于其创新产出的影响,主要得到以下结论:第一,企业数字化转型显著提高了企业创新能力,且在大规模企业、非国有企业及劳动密集度和技术密集度高的企业中提升作用更明显。第二,企业数字化转型能通过降低交易成本和缓解融资约束两条机制来提高创新能力。第三,外部制度环境对于数字化转型企业创新能力的提高有显著影响,在知识产权水平、市场化水平及信息化水平高的地区,企业数字化转型更能带来创新能力的提高。

本文有如下政策启示:第一,企业应顺应我国数字经济发展的新航向,充分把握数字化转型的新机遇,加大对于数字技术的整合与应用,根据自身经营实况调整商业战略和运营方式,进一步提高企业生产、研发及服务关键环节的智能化水平。释放企业创新的“数字活力”。第二,政府应鼓励企业进行数字化转型,降低企业交易成本,强化信息披露机制,提高金融机构与企业间的接洽度,尽可能化解数字化转型企业开展创新活动的风险和难题。第三,政府积极完善制度环境,做好企业数字化转型的外部支撑。通过完善知识产权保护体系并提高信息化水平,进一步推动国内市场开放,推动数字技术与实体企业的精准对接,使制度环境更好的服务于企业数字化转型的开展,强化数字化转型对企业创新能力的提高作用。

参考文献

- [1] 董晓庆, 赵坚, 袁朋伟, 2014. 国有企业创新效率损失研究[J]. 中国工业经济, (2): 97-108.
- [2] 郭炳南, 王宇, 张浩, 2021. 数字经济、绿色技术创新与产业结构升级——来自中国 282 个城市的经验证据[J]. 兰州学刊, (2): 58-73.
- [3] 郭金花, 郭檬楠, 郭淑芬, 2021. 数字基础设施建设如何影响企业全要素生产率? ——基于“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 证券市场导报, (6): 13-23.
- [4] 韩璐, 陈松, 梁玲玲, 2021. 数字经济、创新环境与城市创新能力[J]. 科研管理, 42(4): 35-45.
- [5] 何帆, 刘红霞, 2019. 数字经济视角下实体企业数字化变革的业绩提升效应评估[J]. 改革, (4): 137-148.
- [6] 侯世英, 宋良荣, 2021. 数字经济、市场整合与企业创新绩效[J]. 当代财经, (6): 78-88.
- [7] 胡山, 余泳泽, 2021. 数字经济与企业创新: 突破性创新还是渐进性创新?[J]. 财经问题研究, (1): 42-51.
- [8] 花俊国, 刘畅, 朱迪, 2022. 数字化转型、融资约束与企业全要素生产率[J]. 南方金融, (7): 54-65.
- [9] 江伟, 底璐璐, 胡玉明, 2019. 改进型创新抑或突破型创新——基于客户集中度的视角[J]. 金融研究, (7): 155-173.
- [10] 焦豪, 杨季枫, 王培暖, 等, 2021. 数据驱动的企业动态能力作用机制研究——基于数据全生命周期管理的数字化转型过程分析[J]. 中国工业经济, (11): 174-192.
- [11] 鞠晓生, 卢荻, 虞义华, 2013. 融资约束、营运资本管理与企业创新可持续性[J]. 经济研究, 48(1): 4-16.
- [12] 黎文靖, 彭远怀, 谭有超, 2021. 知识产权司法保护与企业创新——兼论中国企业创新结构的变迁[J]. 经济研究, 56(5): 144-161.
- [13] 李海舰, 田跃新, 李文杰, 2014. 互联网思维与传统企业再造[J]. 中国工业经济, (10): 135-146.
- [14] 李梦雅, 严太华, 郝晨, 2021. 风险投资、创新产出质量与企业绩效——基于地区制度环境的调节作用[J]. 科研管理, 42(8): 168-175.

- [15] 李琦, 刘力钢, 邵剑兵, 2021. 数字化转型、供应链集成与企业绩效——企业家精神的调节效应[J]. 经济管理, 43(10): 5-23.
- [16] 马俊, 2022. 数字普惠金融对区域创新能力影响的空间效应研究[J]. 技术经济, 41(7): 1-12.
- [17] 戚聿东, 蔡呈伟, 2020. 数字化对制造业企业绩效的多重影响及其机理研究[J]. 学习与探索, (7): 108-119.
- [18] 戚聿东, 杜博, 温馨, 2021. 国有企业数字化战略变革: 使命嵌入与模式选择——基于3家中央企业数字化典型实践的案例研究[J]. 管理世界, 37(11): 137-158.
- [19] 祁怀锦, 曹修琴, 刘艳霞, 2020. 数字经济对公司治理的影响——基于信息不对称和管理者非理性行为视角[J]. 改革, (4): 50-64.
- [20] 尚洪涛, 吴桐, 2022. 企业数字化转型、社会责任与企业价值[J]. 技术经济, 41(7): 159-168.
- [21] 沈国兵, 袁征宇, 2020. 企业互联网化对中国企业创新及出口的影响[J]. 经济研究, 55(1): 33-48.
- [22] 田秀娟, 李睿, 2022. 数字技术赋能实体经济转型发展——基于熊彼特内生增长理论的分析框架[J]. 管理世界, 38(5): 56-74.
- [23] 万佳彧, 周勤, 肖义, 2020. 数字金融、融资约束与企业创新[J]. 经济评论, (1): 71-83.
- [24] 韦影, 宗小云, 2021. 企业适应数字化转型研究框架: 一个文献综述[J]. 科技进步与对策, 38(11): 152-160.
- [25] 温忠麟, 叶宝娟, 2014. 有调节的中介模型检验方法: 竞争还是替补?[J]. 心理学报, 46(5): 714-726.
- [26] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等, 2021. 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, 37(7): 130-144.
- [27] 肖曙光, 杨洁, 2018. 高管股权激励促进企业升级了吗——来自中国上市公司的经验证据[J]. 南开管理评论, 21(3): 66-75.
- [28] 杨德明, 刘泳文, 2018. “互联网+”为什么加出了业绩[J]. 中国工业经济, (5): 80-98.
- [29] 易露霞, 吴非, 常曦, 2021. 企业数字化转型进程与主业绩效——来自中国上市企业年报文本识别的经验证据[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 41(10): 24-38.
- [30] 余明桂, 钟慧洁, 范蕊, 2019. 民营化、融资约束与企业创新——来自中国工业企业的证据[J]. 金融研究, (4): 75-91.
- [31] 张璇, 刘贝贝, 汪婷, 等, 2017. 信贷寻租、融资约束与企业创新[J]. 经济研究, 52(5): 161-174.
- [32] 张永坤, 李小波, 邢铭强, 2021. 企业数字化转型与审计定价[J]. 审计研究, (3): 62-71.
- [33] 赵宸宇, 王文春, 李雪松, 2021. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. 财贸经济, 42(7): 114-129.
- [34] 赵涛, 张智, 梁上坤, 2020. 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, 36(10): 65-76.
- [35] 庄子银, 贾红静, 李汛, 2021. 知识产权保护对企业创新的影响研究——基于企业异质性视角[J]. 南开管理评论, 1-22.
- [36] FORMAN C, ZEEBROECK N V, 2018. Digital technology adoption and knowledge flows within firms: Can the Internet overcome geographic and technological distance[J]. Research Policy, 48(8): 103697.
- [37] GHIO N, GUERINI M, LEHMANN E E, et al, 2015. The emergence of the knowledge spillover theory of entrepreneurship [J]. Small Business Economics, 44(1): 1-18.
- [38] GOLDFARB A, TUCKER C, 2019. Digital economics[J]. Journal of Economic Literature, 57(1): 3-43.
- [39] GOMBER P, KAUFFMAN R J, PARKER C, et al, 2018. On the fintech revolution: Interpreting the forces of innovation, disruption, and transformation in financial services[J]. Journal of Management Information Systems, 35(1): 220-265.
- [40] GURBAXANI V, DUNKLE D, 2019. Gearing up for successful digital transformation[J]. MIS Quarterly Executive, 18(3): 209-220.
- [41] HADLOCK C J, PIERCE J R, 2010. New evidence on measuring financial constraints: Moving beyond the KZ index[J]. Review of Financial Studies, 23(5): 1909-1940.
- [42] HENFRIDSSON O, MATHIASSEN L, SVAHN F, 2014. Managing technological change in the digital age: The role of architectural frames[J]. Journal of Information Technology, 29(1): 27-43.
- [43] LI J, LI B, 2021. Digital inclusive finance and urban innovation: Evidence from China [J]. Review of Development Economics, 26(2): 1010-1034.
- [44] LUSCH R F, NAMBIAN S, 2015. Service innovation: A service-dominant logic perspective[J]. Mis Quarterly, 39(1), 155-175.
- [45] MARTINELLI E M, FARIOLI M C, TUNISINI A, 2021. New companies' DNA: The heritage of the past industrial revolutions in digital transformation[J]. Journal of Management and Governance, 25(4): 1079-1106.
- [46] NAMBIAN S, WRIGHT M, FELDMAN M, 2019. The digital transformation of innovation and entrepreneurship: Progress, challenges and key themes[J]. Research Policy, 48(8): 103773.
- [47] NUNN N, QIAN N, 2014. US food aid and civil conflict[J]. The American Economic Review, 104(6): 1630-1666.

- [48] SIEBEL T M, RICE C, 2019. Digital transformation: Survive and thrive in an era of mass extinction[M]. New York: Rosetta Books.
- [49] TEECE D J, 2018. Profiting from innovation in the digital economy: Enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world[J]. Research Policy, 47(8): 1367-1387.
- [50] WEITZMAN M L, 1995. Recombinant growth[J]. Harvard Institute of Economic Research Working Papers, 113(2): 331-360.

Digital Transformation and Enterprise Innovation: Empirical Evidence Based on Text Analysis Methods

Fan Hongzhong, Wang Ziyue, Tao Shuang

(School of Economics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430000, Hubei, China)

Abstract: Enterprise digitalization has become a powerful engine for China's economic innovation-driven development. Based on the data of A-share listed companies in Shanghai and Shenzhen from 2009 to 2019, an empirical study was conducted between enterprise digital transformation, innovation ability and the underlying influencing mechanism, while text recognition method was introduced to extract keywords and organize digital transformation indicators. It is found that digital transformation has significantly improved the innovation capability of enterprises. Further empirical research shows that digital transformation mainly promote the innovation ability by reducing transaction costs and easing financing constraints. At the same time, the results turn out that the digital transformation of enterprises has a significant role in promoting the innovation of large-scale non-state-owned enterprises and labor-intensive enterprises, and technology-intensive enterprises. In addition, the dividends of enterprises' digital transformation cannot be separated from a sound institutional environment, it is found that the positive impact of digital transformation on enterprise innovation is more significant in regions with high levels of informatization, marketization, and intellectual property protection. The research provides new empirical evidence for accelerating the digital transformation of enterprises in the context of the digital economy to enhance innovation capabilities.

Keywords: enterprise digital transformation; enterprise innovation; text recognition; institutional environment.