

引用格式:张杨,张钟文,蒋金骋.数字化转型、创新链溢出与下游企业创新[J].技术经济,2025,44(6):1-16.

Zhang Yang, Zhang Zhongwen, Jiang Jincheng. Digital transformation, innovation chain spillover and downstream enterprise innovation[J]. Journal of Technology Economics, 2025, 44(6): 1-16.

企业技术经济

数字化转型、创新链溢出与下游企业创新

张杨,张钟文,蒋金骋

(中国人民大学应用经济学院,北京100872)

摘要:数字化转型不仅是企业保持竞争优势的重要内驱力之一,也是赋能创新网络的重要动力之一。本文基于2007—2022年上市公司的专利及其引用数据,考察了数字化转型通过创新链的溢出效应对下游企业创新的影响。研究发现,数字化转型显著提高了下游企业的创新水平。在国有企业样本和知识产权保护水平较低的地区样本中,数字化转型对下游企业创新的影响效果更大。机制分析表明,知识溢出效应是数字化转型促进下游企业创新的重要途径。进一步分析发现,不同维度的数字化转型对下游企业的创新影响不同,其中技术与平台维度的数字化转型对下游企业的创新促进效果更大,并且数字化转型对下游企业的创新效率、创新质量和全要素生产率也产生了积极的影响。研究结论丰富了企业数字化转型的相关研究,同时为企业积极融入创新网络提供了重要的实践参考。

关键词:数字化转型;知识溢出;企业创新

中图分类号:F812 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-980X(2025)06-0001-16

DOI:10.12404/j.issn.1002-980X.J24102506

一、引言

技术创新是企业转变生产方式,实现可持续发展的核心驱动力,也是实体经济实现高质量发展的重要支撑^[1]。党的二十大报告强调,教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑,创新是实现经济发展的首要动力。改革开放以来,我国总体创新水平日益提高,党的二十大报告显示,我国研发经费总量已跃居世界第二,研发人员规模居全球首位。而《2024年全球创新指数报告》指出,我国创新指数排名全球第11位。企业高质量发展中仍存在结构性矛盾,科技创新能力仍有待加强。因此,如何激励企业参与创新、提升创新效能,是一个亟待且需持续探讨的现实问题。

在过去的几十年里,新的数字技术不断涌现,数字化转型受到了实践界和学术界的广泛关注^[2-3]。新一代数字信息技术的融合正在重塑企业的生产方式和创新模式^[4],越来越多的企业投身于数字化改革的浪潮,提升数字化水平。自2020年起,我国陆续发布《“十四五”数字经济发展规划》《“十四五”大数据产业发展规划》《“十四五”智能制造发展规划》《中小企业数字化转型指南》等一系列政策文件助力企业开展数字化转型。数字化转型具有重大意义,不仅帮助企业更好地适应经济环境的变化,还能提高创新效率和质量^[5]。同时,在当前开放的创新环境中,整合内部资源和外部知识已成为企业开展创新活动的关键途径之一^[6]。Almeida和Kogut^[7]提出,区域间知识要素的自由流动能够促进不同主体之间的交流合作,加快知识的跨部门扩散。因此,知识溢出对企业创新的影响也是当前极为关注的重要议题。

收稿日期:2024-10-25

基金项目:国家自然科学基金面上项目“数据资本测度及其对全要素生产率的影响研究——基于微观企业的视角”(72473150);中国人民大学科学研究基金项目“构建国有-民营经济高质量协同发展新格局:基于新质生产力的视域”(297524111309)

作者简介:张杨(1993—),博士,中国人民大学应用经济学院博士后,研究方向:企业创新;(通信作者)张钟文(1987—),博士,中国人民大学应用经济学院副教授,研究方向:产业经济、数字经济;蒋金骋(2002—),中国人民大学应用经济学院硕士研究生,研究方向:经济波动,生产率研究。

通过对国内外相关研究的梳理,可以发现数字技术及数字化转型的概念相对较新,对于数字化转型所带来的经济效应及对企业微观层面影响的研究仍在持续深化。文献中不仅探讨了数字化转型对宏观经济和区域发展的影响^[8-10],也揭示了数字化转型对微观企业成长的关键作用^[11-17]。此外,部分研究强调了企业数字化转型在供应链网络中的重要角色,范合君等^[18]的研究发现企业数字化转型在产业链中存在上下游联动效应。屠西伟和张平淡^[19]的研究发现,上市公司数字化转型能够促进下游企业的碳减排,但对上游企业的碳减排影响有限。杨金玉等^[20]认为客户的数字化转型对上游供应商具有溢出效应,能够倒逼供应商提高创新水平。

从定义上来看,数字化转型与数字经济的发展密不可分,数字化是智能时代下企业发展的必然趋势。从宏观来看,数字化转型是指借助数字技术的应用,推动经济社会与行业发展实现深刻变革的模式^[21]。大多文献从微观层面对数字化转型进行了定义。一般来讲,数字化转型是依靠新技术的投资对企业商业模式、业务流程进行重新调整、破旧立新,与客户进行更紧密的互动和协作,通过数据分析和信息获取来提高业务决策和生产运营效率,以期为企业创造全新的价值,并带来商业和运营模式及组织流程的颠覆性变革^[22-23]。不同于单个部门的封闭式转型创新,企业数字化转型是包括组织内部各系统,外部产业链和下游客户等要素的开放式、参与式的企业转型升级^[24]。因此,数字化转型不仅是对企业自身的深度改造,也会通过上下游的产业链、创新链产生强烈的溢出效应,进而带来上下游企业的全面升级和创新水平的提高。

综上,现有研究探讨了数字化转型对企业绩效的重要影响,得到了丰富的结论。但是,当前文献在数字化转型与企业创新的关系中较少关注到创新链上的溢出作用,同时未深入探讨不同维度的数字化转型对企业创新的深层次作用。基于此,本文研究主要聚焦于以下三个方面:第一,数字化转型是否提高了下游企业创新水平?第二,数字化转型是否通过创新链溢出提高了下游企业创新水平?第三,在哪些情况下数字化转型对下游企业创新的影响更强?

区别于已有文献,本文可能的贡献为:第一,当前文献仅关注到了数字化转型与企业自身创新水平之间的关系^[25-26],本文则深入讨论了数字化转型对上下游企业的作用,在研究内容上与以往研究相比更为深入,是对于数字化转型与企业创新相关文献的重要补充。第二,已有文献尝试探讨数字化转型对企业创新数量^[25,27]和绿色技术创新^[28-29]的影响机制,但大多忽略了知识溢出这一重要渠道。本文探讨了数字化转型是否通过促进知识溢出而提高了下游企业创新,打开了数字化转型与下游企业创新的内在机制“黑箱”,完善了理论研究框架。第三,本文改进了数字化转型指标和知识溢出指标的度量方法。通过扩充数字化转型的关键词词库,且基于不同维度构建了数字化转型子指标,实现了在更细的层面上探索数字化转型作用于下游企业创新的效果。另外,本文通过利用大数据获取技术,纳入了大规模的专利数据,精确量化了企业间的知识溢出情况,为理解企业间的知识互动注入了新视角。

二、研究假设

知识溢出表现为一家企业对另一家企业产生的积极影响^[30]。然而,在传统环境下,地理空间和行政壁垒等因素常常限制知识和信息的自由流动,利用外部知识开展创新的模式难以展开^[31-32]。传统创新模式形成了以需求推动为主要因素的线性封闭创新体系^[33],其创新活动往往会远离竞争对手和外部参与者,以确保知识掌握在内部^[34]。然而在一个开放、竞争的创新环境下,创新的复杂性和不确定性日益增加,仅依靠组织内部研发难以实现高质量、突破式的创新,利用外部的知识溢出和信息资源的共享是企业获取竞争优势的重要途径^[35-36]。在推动知识流动的过程中,数字化转型通过提供高效的信息传递与知识共享机制,加速了知识溢出的过程,能够促进下游企业创新能力的提升。具体来说,数字化转型在多个层面为下游企业创造了知识溢出的条件。

第一,在技术与平台层面,数字技术具有明显的外部性,数字信息技术能够加速信息和知识的传播,使得企业内部的数字化具有明显的知识溢出效应^[15,37]。迅速发展的大数据、云计算、人工智能、区块链等数字技术,实现了虚拟空间和实体空间的互联互通,推动了企业之间从有形价值创造到无形价值创造的贯通^[38]。通过即时数字创新平台、云端共享平台等协同合作,企业能够与下游合作伙伴共享技术知识和市场信息,使知识、思想实现实时共享,实现了从线下价值创造转向了线上价值创新,加速企业间所产生的知识溢出^[39]。通过数字技术及数字化平台,下游合作企业可获取更多异质性创新资源,准确评估与控制创新活动相关的

成本,促进创新活动的开展^[40]。

第二,在组织与管理层面,数字技术具有渗透性和协同性,利用在线交流、远程协作及云端生产等多个数字化场景,削弱了距离、制度等跨部门协作的制约,推动了知识的双向流动和创新资源的优化配置^[41-42]。借助即时通信、视频会议等数字技术,企业能够更加高效地共享信息和数据,促使企业从封闭式创新转向开放式创新,加快了从上游企业至下游企业的知识扩散^[43]。同时,数字化技术深入渗透到企业的各项流程中,帮助构建起企业间的知识网络^[44]。使下游企业能够及时获取来自上游企业的创新信息和技术支持,从而提升了各环节创新的协同效能,提高创新水平。

第三,在产品与服务层面,数字技术与实体经济深度融合,数字化转型对企业的产品、服务创新方面具有重要价值^[20]。数字技术和数据要素能够广泛渗透到客户群体,帮助下游企业获取更多关于产品偏好、消费信息的重要数据^[45],通过加强企业之间的联系与合作,推动了知识溢出和创新的提升。数字化转型可以满足消费者个性化需求,强化用户需求导向,提高企业的市场响应速度^[18-19],使得下游企业能够根据外部知识溢出调整产品设计和 service 创新策略,从而提升企业在快速变化的市场环境中的竞争力,促进创新水平的提高。同时,下游企业不仅可获取到产品需求方面的信息,还能够获取到上游企业的生产经验,帮助企业实现对传统生产流程、工艺的改造,实现生产流程的创新。

知识溢出作为一种重要的创新驱动动力,能够促进下游企业的创新水平。知识溢出往往具有正外部性,能够降低企业的创新成本,促进企业创新水平的提高^[46]。另外,知识溢出还能促进企业间的知识交流与合作,从而有助于创新主体充分利用创新网络的溢出效应,开展研发创新^[47]。基于以上分析,本文提出以下假设:

数字化转型提高了下游企业创新水平(H1);

数字化转型通过知识溢出进而提高了下游企业的创新水平(H2)。

三、数据、指标和模型

(一) 数据来源

本文以中国沪深 A 股上市公司为研究对象,数据主要来源于以下几个方面:上市公司基本信息及财务指标来源于国泰安(CSMAR)数据库,数字化转型指标基础数据来源于上市公司年报文本,专利及其引用数据来源于国家知识产权局。在行业划分方面,本文以《上市公司行业分类指引》(2012 年修订)为标准。

考虑到 2007 年开始实施的《企业会计准则》,本文以 2007—2022 年作为研究样本的窗口期。为保证企业微观层面数据的有效性,对样本进行如下筛选:①剔除金融类企业样本;②剔除考察期进行首次公开募股(initial public offering, IPO)的企业样本;③剔除连续亏损、暂停上市、终止上市、退市类企业样本;④剔除数据存在缺失的样本;⑤保留至少 4 年以上不存在数据缺失的企业样本。同时,为减少微观数据异常值的影响,对主要变量采取 1%的缩尾处理。最终得到 2850 家上市公司的 19431 个样本。

(二) 变量定义

1. 被解释变量:下游企业创新(Patent)

基于当前文献中关于衡量企业创新水平的共识^[48],本文采用创新产出的指标来衡量下游企业的创新水平(上下游是根据知识溢出的方向来确定,若企业 i 的专利引用了企业 j 的专利,则认为企业 i 为企业 j 的下游),具体选取企业发明专利和实用新型专利的授权数来度量企业创新水平,并借鉴普遍做法,对专利数加 1 取自然对数来处理。

2. 解释变量:数字化转型(Dig)

本文参考吴非等^[49]、肖土盛等^[50]的研究,利用文本分析法,根据上市公司披露的年度报告中关于数字化转型相关的词汇表述,构建一个关于数字化转型的词汇库。具体步骤如下:

第一步,在巨潮资讯网中,获取全部 A 股上市公司在 2007—2022 年的年度报告,提取所有年报的文本内容,计算文本长度,包括年报的语句数、词汇数和字数。

第二步,建立数字化转型关键词谱。本文参考了与数字化转型相关的 60 余篇高水平中外文期刊文献、55 篇政策文件和若干研究报告等。筛选出了与数字化转型相关的关键词,形成种子词。为避免关键词遗

漏,采用词向量模型(word to vector, Word2Vec),基于神经网络算法,通过词汇向量化与相似度计算得出语义之间的相似性,对数字化转型的相关关键词进行扩充。本文基于上市公司年报、政策文件、核心期刊论文等大文本对 Word2Vec 机器学习算法进行训练,生成最佳算法。基于第一步生成的种子词,运用经过训练的算法进行近义词联想,通过人工确认、检查关键词的准确性并进行筛选,最终形成了完整的数字化转型关键词词典,共收录关键词 511 个。

第三步,将前述提取到的关键词添加至 Python 软件包的“jieba”中文分词工具,对年报内容进行文本分析。考虑到上市公司年报“管理层讨论与分析(MD&A)”部分(某些年份中对应章节题目可能为“经营情况讨论与分析”“董事会报告”或“董事局报告”等)是管理层针对公司的经营情况、发展战略等重大事项进行的针对性讨论与分析,较少包含与企业经营发展无关的文本信息,这部分信息具有及时性和准确性。因此,运用文本分析法对上市公司年报中 MD&A 部分的文本内容进行分词处理,统计上述 511 个数字化转型关键词出现的次数。

第四步,基于数字化转型相关词汇逐一进行统计,并形成加总词频,由于这些词频数量具有明显的非正态特征,因此,将其进行对数化处理,得到每个企业的数字化转型指标。

第五步,参考杨汝岱等^[51],构建上游企业数字化转型(Dig)指标,为上游各企业数字化转型程度的加权平均值,权重是当年下游企业专利引用上游企业专利的次数占下游企业专利引用所有专利次数的比重,形成最终指标。Dig 越大,代表上游企业数字化转型程度越高。

3. 机制变量:知识溢出(Knowledge)

知识表现为非竞争性和非排他性,当一家已创新的企业对另一家企业的创新活动产生积极影响时,便产生了知识溢出^[30]。关于知识溢出的核算,一些学者采用人员流动^[52]、论文合作^[53-54]、企业生产率^[55]等指标来间接衡量知识溢出,但目前广为接受的方法是由 Jaffe^[56]、Bloom 等^[57]采用的技术相似度指标来衡量知识溢出。基于企业之间的互动现象,有学者发现上游企业和下游企业之间存在相互的知识溢出^[58],上市公司对非上市公司存在显著的知识溢出效应^[59]。但前述指标无法具体量化知识溢出的程度,且无法观测知识流动的方向。Jaffe 等^[60]创新性地采用专利引用数据来衡量知识溢出情况,并发现专利引用具有明显的本土化特征。Acemoglu 等^[61]基于知识流动刻画了知识溢出指标,发现专利引用网络对未来的创新活动产生了重要的影响。

基于此,本文参考 Acemoglu 等^[61]的研究来构建知识溢出指标。定义 $Cites_{i,j,t}$ 为 t 年企业 i 专利引用企业 j 专利的总次数。定义 $\omega_{i,j,t}$ 为 t 年企业 i 专利引用企业 j 专利的次数占比,如式(1)所示。

$$\omega_{i,j,t} \equiv \frac{Cites_{i,j,t}}{\sum_{j=1}^J Cites_{i,j,t}} \quad (1)$$

其中: J 为企业 i 的引用专利隶属于公司的数量,样本共涉及 113 万家上市公司与非上市公司; $\omega_{i,j,t}$ 衡量了企业 j 的知识在多大程度上有利于企业 i 的创新,在创新链中。将企业 j 称为企业 i 的上游,该定义能够观察到知识的流动方向,且不受特定产业链部门的限制,可以捕捉到跨行业、跨学科和跨技术领域的任何潜在刺激。 $\omega_{i,j,t}$ 构建出了企业 i 和企业 j 之间创新知识的传播网络,在没有知识溢出的情况下, $\omega_{i,j,t}$ 则简化为一个单位矩阵。然后,计算知识溢出指标,如式(2)所示。

$$Knowledge_{i,t} \equiv \sum_{j \neq i} \sum_{\tau=1}^5 \omega_{i,j,t-\tau} \ln n_{j,t-\tau} \quad (2)$$

其中: n 为企业 j 的专利数量,样本包括了上市公司及非上市公司的千万条专利; $\omega_{i,j,t}$ 为 t 年企业 i 专利引用企业 j 专利的次数占比。对于每个企业 i ,列举了知识流向 i 的所有企业,并将过去 5 年的知识溢出程度进行累加,得到 $Knowledge$,即相应年度企业 i 的知识溢出份额。因此, $Knowledge$ 数值越大,代表其他企业对企业 i 的知识溢出程度越高。

4. 控制变量

参考李宇坤等^[62]、曹虹剑等^[63]的研究,选取的控制变量有:企业年龄(Age)、员工人数(Emp)、赫芬达尔指数(HHI)、产权性质(Soe)、盈利能力(ROA)、资产负债率(Lev)、股权集中度(Top1)和科技型企业(Tech)。

同时,针对上述模型,还添加了年份虚拟变量(*Year*)和行业虚拟变量(*Indus*)来控制宏观经济变化及行业之间的差异对企业的冲击。关于年份虚拟变量的设置,由于样本范围在2007—2022年,因此共设置15个年份虚拟变量。行业虚拟变量的设置根据《上市公司行业分类指引》(2012年修订),各行业按一级代码分类,制造业按二级代码分类,共设置46个虚拟变量。变量的名称及定义见表1。

表1 变量名称及定义

变量	变量符号	定义
被解释变量	下游企业创新	<i>Patent</i>
		ln(企业发明专利申请数+1)
解释变量	数字化转型	<i>Dig</i>
		上游企业平均数字化转型程度的加权平均值
机制变量	知识溢出	<i>Knowledge</i>
		企业 <i>i</i> 引用企业 <i>j</i> 专利次数的比例,并累积过去5年的比例加权值
控制变量	企业年龄	<i>Age</i>
		ln(企业存续年数+1)
	员工人数	<i>Emp</i>
		ln(企业员工人数)
	赫芬达尔指数	<i>HHI</i>
		公司主营业务收入与行业主营业务收入的比值的累计平方和
	产权性质	<i>Soe</i>
		国有企业赋值为1,否则赋值为0
	盈利能力	<i>ROA</i>
		净利润占总资产的比重
	资产负债率	<i>Lev</i>
		总负债占总资产的比重
	股权集中度	<i>Top1</i>
		第一大股东持股比例
	科技型企业	<i>Tech</i>
		根据证监会《上市公司行业分类指引》(2012年修订),将二级代码为C24、C25、C26、C27、C28、C37、C39、I65、M74的行业认定为科技型企业,赋值为1,否则赋值为0
	年份虚拟变量	<i>Year</i>
		样本范围在2007—2022年,设置15个虚拟变量
	行业虚拟变量	<i>Indus</i>
		根据证监会《上市公司行业分类指引》(2012年修订),各行业按一级代码分类,制造业按二级代码分类,共设置46个虚拟变量

(三) 模型设定

为研究数字化转型对下游企业创新的影响,构建如式(3)所示的回归模型。

$$Patent_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Dig_{i,t-1} + \beta_2 Control_{i,t-1} + Year_t + Indus_i + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

其中:下标*i*、*t*分别为企业和年份;*Patent*为下游企业创新;*Dig*为数字化转型;*Control*为控制变量,考虑到开展数字化转型对下游企业创新的作用可能存在一定的时滞,对解释变量及控制变量均取滞后一期;*Year*为控制了年份固定效应;*Indus*为控制了行业固定效应; ε 为随机误差项; β 为待估参数。为了得到稳健的结论,在回归中均采取了公司层面调整的聚类稳健标准误。

(四) 描述性统计

表2显示了全样本描述性统计结果,下游企业创新(*Patent*)的最大值为9.074,最小值为0,不同企业间

表2 全样本描述性统计

变量符号	观测数	平均值	标准差	中位数	最小值	最大值
<i>Patent</i>	19431	2.861	1.392	2.773	0.000	9.074
<i>Dig</i>	19431	3.193	1.648	3.549	0.000	6.423
<i>Knowledge</i>	19431	1.384	0.591	1.534	0.000	2.427
<i>Age</i>	19431	2.858	0.357	2.890	0.693	4.007
<i>Emp</i>	19431	7.937	1.257	7.839	2.303	13.223
<i>HHI</i>	19431	0.117	0.124	0.078	0.014	1.000
<i>Soe</i>	19431	0.367	0.482	0.000	0.000	1.000
<i>ROA</i>	19431	0.068	0.109	0.073	-0.615	0.313
<i>Lev</i>	19431	0.425	0.196	0.420	0.053	0.876
<i>Top1</i>	19431	0.347	0.148	0.327	0.086	0.747
<i>Tech</i>	19431	0.372	0.483	0.000	0.000	1.000

的创新水平差距巨大。*Patent* 的中位数均小于平均值,说明大部分上市公司的研发创新水平偏低,而呈现偏态分布。数字化转型(*Dig*)的均值为 3.193,最大值为 6.423,最小值为 0,从时间趋势上来看,上市公司年报披露数字化转型相关信息的频数逐年增多。其他变量方面,资产负债率(*Lev*)的均值为 0.425,最大值为 0.876,说明我国上市公司企业的总体杠杆率偏高。股权集中度(*Top1*)的最大值为 74.7%,整体来看样本企业的股权集中度偏高,或许导致更高的委托代理成本。盈利能力(*ROA*)的均值为 0.068,最小值为-0.615,最大值为 0.313,说明部分企业存在亏损状态,且上市公司整体盈利能力不高。与此同时,企业年龄(*Age*)、员工人数(*Emp*)、赫芬达尔指数(*HHI*)、股权性质(*Soe*)等变量的特征均与现有文献一致。科技型企业(*Tech*)的均值为 0.372,说明有 37.2%的上市公司样本属于科技型企业,这一比例相对较高。

四、数字化转型与下游企业创新

(一) 基准回归结果

基准关系回归结果如表 3 所示,(1)列仅加入了核心解释变量,(2)列加入了控制变量,(3)列继续加入年份和行业固定效应。各列中数字化转型(*Dig*)的系数均为正,且通 1%的统计显著性检验。这意味着,数字化转型显著提高了下游企业的创新水平,上述假说得到了支持。

(二) 内生性处理

由于数字化转型与下游企业创新可能存在互为因果的问题,即下游企业创新水平提高可能倒逼上游企业开展数字化转型。同时,也可能存在其他未考虑因素,同时影响数字化转型与下游企业创新水平而存在遗漏变量问题。鉴于此,本文采用以下方法来缓解内生性的问题。

1. 反向因果的内生性问题:工具变量法

使用工具变量法来解决反向因果问题。本部分采取以下几个方面的工具变量,第一,参考 Lewbel^[64]、李唐等^[65]、杨金玉等^[20]的研究,构建 Lewbel 工具变量,该方法构建的工具变量有助于消除内生性偏差。具体来说,将数字化转型指标与除自身外的按行业、省份、年份分类的数字化转型指标均值差额的三次方作为第一个工具变量(*Lewbel_IV*)。第二,参考 Bartik 工具变量的思想及杨汝岱等^[51]的研究,构建除企业当年所在省份之外的数字化转型的均值,作为上游企业数字化转型的第二个工具变量(*Bartik_IV*)。上述工具变量均按照下游企业专利引用上游企业专利次数的比重进行加权计算。

回归结果如表 4 所示。先考察工具变量的有效性,结果显示,第一阶段工具变量与数字化转型(*Dig*)存在较强的相关性,满足相关性条件。此外,Kleibergen-Paap rk LM 统计量均在 1%的水平上拒绝了工具变量识别不足的原假设。Cragg-Donald Wald F 统计量大于 Stock-Yogo 弱工具变量识别检验在 10%显著性水平上的临界值,拒绝了弱工具变量的原假设,上述检验验证了所取工具变量的合理性。从估计结果来看,数字化转型(*Dig*)的系数均在 1%的水平上显著为正,说

表 3 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	<i>Patent</i>	<i>Patent</i>	<i>Patent</i>
<i>Dig</i>	0.371*** (0.008)	0.331*** (0.007)	0.285*** (0.007)
<i>Age</i>		-0.146*** (0.042)	-0.125** (0.051)
<i>Emp</i>		0.465*** (0.023)	0.494*** (0.022)
<i>HHI</i>		-0.323* (0.172)	0.292 (0.225)
<i>Soe</i>		0.140*** (0.041)	0.245*** (0.041)
<i>ROA</i>		0.771*** (0.115)	0.915*** (0.108)
<i>Lev</i>		0.156 (0.099)	0.031 (0.099)
<i>Top1</i>		-0.094 (0.129)	0.044 (0.122)
<i>Tech</i>		0.212*** (0.038)	0.530*** (0.168)
<i>Year</i>	No	No	Yes
<i>Indus</i>	No	No	Yes
<i>Constants</i>	1.678*** (0.026)	-1.647*** (0.194)	-2.026*** (0.238)
<i>N</i>	19431	19431	19431
<i>R</i> ²	0.193	0.394	0.456

注:***、**、*表示结果分别在 1%、5%、10%水平上显著;括号内为经过公司层面聚类调整的稳健标准误。

明数字化转型显著提高了下游企业创新,基准回归结果的结论仍成立。

2. 样本自选择的内生性问题: Heckman 两阶段模型

由于企业进行数字化转型相关信息的披露可能存在自选择导致的内生性问题,本文采取 Heckman 两阶段回归模型以控制样本选择偏误。第一阶段,对企业是否开展数字化转型的虚拟变量 (Dig_dum) 进行 Probit 估计,在采用基准回归模型中控制变量的基础上加入上游企业所在省份同年同行业数字化转型指数的平均值 (Dig_mean) 估计企业开展数字化转型的概率,得到逆米尔斯比率 (IMR)。第二阶段,将 IMR 作为控制变量加入基准回归模型中进行分析。Heckman 两阶段回归结果如表 5 所示,(1)列为第一阶段回归结果,(2)列为第二阶段回归结果,可以看到,加入 IMR 后的数字化转型指数 (Dig) 系数依然显著为正,说明数字化转型确实能够提高下游企业的创新,本文结论依然稳健。

3. 遗漏变量的内生性问题: 个体固定效应回归模型

为缓解模型中可能存在的不随时间变化但随个体变化的遗漏变量问题,本文进一步在回归模型中控制了企业固定效应 ($Code$)。表 6 回归结果显示,数字化转型 (Dig) 的系数均显著为正,结果与上述一致。

(三) 稳健性检验

本部分对上述结果进行稳健性检验,先通过替换被解释变量的方法对基准回归进行敏感性测试;然后,通过替换解释变量和剔除不相关样本的方法对基准回归进行稳健性检验。

1. 替换被解释变量

考虑到当前文献中衡量企业创新的不同方式,分别选取下游企业实用新型专利申请数 ($Patent_1$)、发明专利与实用新型专利申请数之和 ($Patent_2$)、发明专利授权数 ($Patent_3$)、实用新型专利授权数 ($Patent_4$) 来替换被解释变量指标重新回归,表 7 结果显示。替换被解释变量的企业创新系数均显著为正,说明数字化转型提高了下游企业创新水平,支持前述结论。

2. 替换解释变量

考虑到数字化转型的不同度量方法,一是,借鉴吴非等^[49]在研究中的度量方法,在上市公司年报全文中提取 76 个数字化转型关键词词频 (Dig_w),并取其的对数作为数字化转型的代理指标;二是,参考李鑫等^[28],采用上市公司年报管理层讨论与分析部分数字化转型词频数占比 ($Perdig$)、上市公司年报全文的数字化转型词频数 (Dig_sum) 及全文数字化转型词频数占比 ($Perdig_sum$) 三个指标重新衡量数字化转型,代入回归模型。

替换解释变量的回归结果如表 8 所示。(1)列~(4)列中,重新衡量的数字化转型指标 (Dig_w 、 $Perdig$ 、

表 4 工具变量 2SLS 第二阶段回归结果

变量	(1)	(2)
	$Lewbel_IV$	$Bartik_IV$
	$Patent$	$Patent$
Dig	0.150*** (0.021)	0.319*** (0.008)
$Control$	Yes	Yes
$Year$	Yes	Yes
$Indus$	Yes	Yes
N	19431	19431
Kleibergen-Paap rk LM statistic	884.959***	1491.250***
Cragg-Donald Wald F statistic	2556.305[16.38]	61000[16.38]

注:***、**、*表示结果分别在1%、5%、10%水平上显著;小括号内为经过公司层面聚类调整的稳健标准误;方括号内为 Stock-Yogo 弱工具变量识别检验在10%显著水平上的临界值。

表 5 Heckman 两阶段回归结果

变量	(1)	(2)
	一阶段	二阶段
	Dig_dum	$Patent$
Dig		0.122*** (0.015)
IMR		3.154* (1.769)
Dig_mean	0.261*** (0.090)	
$Control$	Yes	Yes
$Year$	Yes	Yes
$Indus$	Yes	Yes
$Constants$	7.983*** (0.692)	-1.855*** (0.272)
N	14631	14631
R^2		0.387
Pseudo R^2	0.137	

注:***、**、*表示结果分别在1%、5%、10%水平上显著;括号内为经过公司层面聚类调整的稳健标准误。

表 6 个体固定效应回归结果

变量	(1)	(2)
	$Patent$	$Patent$
Dig	0.179*** (0.005)	0.176*** (0.005)
$Control$	No	Yes
$Code$	Yes	Yes
$Year$	Yes	Yes
$Indus$	Yes	Yes
$Constants$	2.289*** (0.015)	-0.210 (0.454)
N	19431	19431
R^2	0.791	0.798

注:***、**、*表示结果分别在1%、5%、10%水平上显著;括号内为经过公司层面聚类调整的稳健标准误。

Dig_sum、*Perdig_sum*) 的系数均在 1% 的水平上显著为正,说明数字化转型有助于提高下游企业创新。所得结果与基准回归结果一致,证明假设结论可靠。

表 7 替换被解释变量的稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Patent</i> ₁	<i>Patent</i> ₂	<i>Patent</i> ₃	<i>Patent</i> ₄
<i>Dig</i>	0.168*** (0.007)	0.250*** (0.007)	0.114*** (0.007)	0.132*** (0.007)
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Year</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Indus</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Constants</i>	-1.627*** (0.223)	-1.198*** (0.211)	-2.442*** (0.253)	-1.607*** (0.222)
<i>N</i>	19431	19431	19431	19431
<i>R</i> ²	0.500	0.512	0.349	0.499

注:***、**、*表示结果分别在 1%、5%、10% 水平上显著;括号内为经过公司层面聚类调整的稳健标准误。

表 8 替换解释变量的稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Patent</i>	<i>Patent</i>	<i>Patent</i>	<i>Patent</i>
<i>Dig_w</i>	0.301*** (0.011)			
<i>Perdig</i>		0.623*** (0.028)		
<i>Dig_sum</i>			0.220*** (0.005)	
<i>Perdig_sum</i>				1.751*** (0.081)
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Year</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Indus</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Constants</i>	-1.744*** (0.244)	-1.697*** (0.246)	-2.067*** (0.236)	-1.751*** (0.245)
<i>N</i>	19431	19431	19431	19431
<i>R</i> ²	0.414	0.405	0.459	0.406

注:***、**、*表示结果分别在 1%、5%、10% 水平上显著;括号内为经过公司层面聚类调整的稳健标准误。

3. 考虑上游企业的策略性披露问题

企业关于数字化转型的文本披露可能存在自选择,一些企业针对数字化转型概念存在策略性披露和概念炒作的心理,进而夸大关于数字化转型的信息披露。为了排除这种嫌疑,参考肖土盛等^[50]的研究,进行如下检验:①考虑到一些高新技术企业与数字技术的联系更为紧密,会影响到数字化转型相关信息在年报中的披露含量,因此,剔除高新技术企业样本重新进行回归分析,其中高新技术公司的认定来源于 CSMAR 数据库;②一些上市公司可能因虚假陈述、误导性陈述等原因受到过证监会或其他监管机构的处罚,这类违规公司的年报披露内容可能存在较大的问题,因此剔除掉样本期间内受到过监管机构处罚的样本,重新进行回归分析;③同时,参考赵璨等^[67]的研究,本文构建了数字化转型信息披露的决定模型,估计企业数字化转型关键词的正常披露次数。

$$Digword_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 IPOage_{i,t} + \beta_2 Dig_med_{i,t} + \beta_3 Size_{i,t} + \beta_4 Lev_{i,t} + \beta_5 Growth_{i,t} + \beta_6 PPE_{i,t} + \beta_7 Top1_{i,t} + \beta_8 GHDum_{i,t} + \beta_9 Wage_{i,t} + \beta_{10} DIB_{i,t} + \beta_{11} Market_{i,t} + Year_t + Indus_i + Province_i + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

其中:被解释变量 *Digword* 为数字化转型关键词词频数,解释变量包括:企业上市年龄 (*IPOage*)、年度行业内其他企业数字化转型关键词词频数的中位数 (*Dig_med*)、公司规模 (*Size*)、资产负债率 (*Lev*)、企业成长性 (*Growth*)、固定资产密度 (*PPE*)、第一大股东持股比例 (*Top1*)、高管是否持股 (*GHDum*)、高管薪酬 (*Wage*)、内部控制质量 (*DIB*)、市场化程度 (*Market*)。同时,还控制了年度 (*Year*)、行业 (*Indus*) 和省份 (*Province*) 虚拟变量。通过回归计算出数字化转型关键词的正常披露次数,残差 ε 表示异常披露次数,残差大于 0 的可能为夸大披露,残差小于等于 0 的更可能为正常披露,因而剔除掉残差大于 0 的观测值重新进行回归分析。

排除策略性披露行为样本的回归结果如表 9 所示。(1)列~(3)列中,数字化转型 (*Dig*) 系数均在 1% 的水平上为正,说明数字化转型提高了下游企业创新水平。在剔除掉可能存在策略性披露公司的样本后,根

据回归结果得到的结论与上述一致,证明假设结论可靠。

表 9 排除策略性披露行为样本的回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	剔除高新企业样本	剔除违规企业样本	剔除夸大披露样本
	<i>Patent</i>	<i>Patent</i>	<i>Patent</i>
<i>Dig</i>	0.132*** (0.014)	0.140*** (0.014)	0.116*** (0.016)
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes
<i>Year</i>	Yes	Yes	Yes
<i>Indus</i>	Yes	Yes	Yes
<i>Constants</i>	-1.725*** (0.266)	-1.726*** (0.262)	-1.660*** (0.272)
<i>N</i>	15292	16004	13749
<i>R</i> ²	0.386	0.383	0.381

注:***、**、*表示结果分别在1%、5%、10%水平上显著;括号内为经过公司层面聚类调整的稳健标准误。

4. 考虑特殊政策和特殊地区的回归

考虑到一些政策和地区的特殊性,本部分将开展以下稳健性检验:①我国于2015年正式提出了“数字中国”战略,在这以后数字经济得到了快速发展。因此,本文将样本年限截取为2016—2022年,检验数字化转型对企业的影响效果可能更有时效性。②考虑到直辖市在我国的行政地位和特殊性质,其在经济发展、数字化转型、社会特征等方面可能与其他省级行政地区存在显著差异,且这些地区的上市公司所占权重较大,对模型的整体拟合产生较大影响^[68],因此,剔除掉直辖市的样本重新进行回归。

考虑特殊年份和特殊地区的回归结果如表10所示。从(1)列和(2)列的回归结果可以看到,数字化转型(*Dig*)的系数仍在1%的水平上显著为正,说明数字化转型显著提高了下游企业创新。这些结果均与上述结果一致,证明结论可靠。

(四) 异质性分析

前文揭示了数字化转型对下游企业创新的显著作用效果,那么数字化转型对下游企业创新的影响在任何情况下都成立,还是会随着一些条件的变化而呈现出差异性特征?对于这些问题还有待考察,本部分旨在讨论数字化转型影响企业创新的异质性特征。从产权性质和知识产权保护水平方面开展异质性分析。

1. 产权性质差异

不同产权性质企业的信息含量、资源禀赋、融资渠道等存在较大差异,基于我国的国情特征,国有企业在自身资源禀赋和政策扶持方面更占优势,加之可获得政府部门的“隐性担保”,国有企业会与政府部门保持密切联系,能够及时获取相关政策、市场动态等信息^[69]。同时,国有企业在某些行业中具有重要的主导地位,政府会对其进行政策的倾斜,以确保国有企业能够实现预期的战略目标。相比之下,非国有企业面临的资源和信息优势相对薄弱,在获取市场信息方面不占优势,尤其是民营企业,往往处于较激烈的市场竞争环境中,因面临“信贷歧视”和“所有制歧视”较难获取更多的金融资源以支持持续性创新^[70]。因此,在不同产权性质的企业中,数字化转型在企业中发挥的边际效应可能存在差异,基于此将下游企业的产权性质与数字化转型建立交乘项(*Dig_Soe*)代入回归模型进行分析。

如表11的(1)列显示,交乘项的系数在1%的水平上显著为正。也就是说,数字化转型(*Dig*)对下游的国有企业创新的促进作用相对更大。这说明国有企业能够利用资源禀赋,较好地利用上游企业的知识溢出,进而提升自身的创新水平。而非国有企业往往基础薄弱、数字化渗透率低,因此,较难利用外部知识溢出来提升创新水平。

表 10 考虑特殊年份和特殊地区的回归结果

变量	(1)	(2)
	截取2016—2022年样本	剔除直辖市样本
	<i>Patent</i>	<i>Patent</i>
<i>Dig</i>	0.284*** (0.007)	0.282*** (0.007)
<i>Control</i>	Yes	Yes
<i>Year</i>	Yes	Yes
<i>Indus</i>	Yes	Yes
<i>Constants</i>	-2.183*** (0.247)	-2.109*** (0.239)
<i>N</i>	13647	15627
<i>R</i> ²	0.466	0.437

注:***、**、*表示结果分别在1%、5%、10%水平上显著;括号内为经过公司层面聚类调整的稳健标准误。

2. 知识产权保护水平差异

企业创新水平的提高不仅与内生驱动要素相关,同时也与宏观制度因素密不可分^[71]。从这个层面来看,知识产权保护制度是企业开展创新活动的重要保障之一,知识产权保护制度可以有效维护专利权益并推动知识成果的转化及应用^[72]。在知识产权保护水平较高的地区,行政手段和法律制度较为完善,对专利侵权等行为的打击力度更强,可以提升企业专利产出^[73]。而在知识产权保护水平低的地区,创新成果易被窃取,企业创新收益得不到有效保障,企业难以保持持续创新的内生动力^[74]。这使得企业可能转向更多依赖外部知识所带来的竞争优势,以弥补其创新成果保护不足的风险。同时,由于知识产权保护水平较低,企业之间更加依赖于创新网络实现快速学习和技术迭代,这一过程对于下游企业尤其重要,他们能够更频繁地从上游企业获取知识,进而提高自身的创新能力。

基于此,本文将讨论在不同知识产权保护水平的作用下,数字化转型对下游企业创新的影响差异。根据《全国知识产权发展状况报告》中发布的各省份知识产权保护指数,将其与数字化转型建立交乘项(*Dig_IPP*),带入回归模型进行分析。结果表 11 的(2)列所示,*Dig_IPP* 的系数在 1% 的水平上显著为负。说明随着知识产权保护水平的提高,数字化转型对下游企业创新的促进作用在减小,这体现了在知识产权保护水平较高的地区,企业依靠内生的利益驱动便可实现较高水平的创新。而对于知识产权保护水平不高的地区,企业往往需要依赖于外部知识溢出来实现创新水平的提高。

表 11 异质性分析结果

变量	(1)	(2)
	产权性质 <i>Patent</i>	知识产权保护水平 <i>Patent</i>
<i>Dig</i>	0.254*** (0.007)	0.450*** (0.041)
<i>Soe</i>	-0.076 (0.054)	
<i>Dig_Soe</i>	0.100*** (0.015)	
<i>IPP</i>		1.481*** (0.196)
<i>Dig_IPP</i>		-0.209*** (0.052)
<i>Control</i>	Yes	Yes
<i>Year</i>	Yes	Yes
<i>Indus</i>	Yes	Yes
<i>Constants</i>	-1.919*** (0.237)	-3.181*** (0.293)
<i>N</i>	19431	18171
<i>R</i> ²	0.459	0.456

注:***、**、*表示结果分别在 1%、5%、10% 水平上显著;括号内为经过公司层面聚类调整的稳健标准误。

五、数字化转型的创新链溢出效应

(一) 基准回归结果

通过前述理论分析,本文认为数字化转型主要通过创新链的溢出效应进而促进下游企业的创新水平,下面将验证数字化转型是否形成了知识溢出效应。

本文建立数字化转型与其下游企业的知识溢出回归模型,如式(5)所示。

$$Knowledge_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Dig_{i,t-1} + \beta_2 Control_{i,t-1} + Year_t + Indus_i + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

其中:*Knowledge* 为知识溢出指标,根据式(2),采用企业 *i* 引用企业 *j* 专利次数的比例,并累积过去 5 年的比例加权值来表示,控制变量与基准回归模型一致,且均控制了年份和行业固定效应。式(5)中主要关注 *Dig* 的系数,若系数显著,则认为知识溢出作为传导机制的效应存在,具体的影响效果需要根据符号与显著性来综合判断。

如表 12 所示,(1)列仅加入了核心解释变量,(2)列加入了控制变量,(3)列继续加入年份和行业固定效应。数字化转型作用于知识溢出的回归结果显示,数字化转型(*Dig*)的系数均在 1% 水平上显著为正,说明数字化转型对知识溢出的影响为正,验证了知识溢出作为传导机制的存在。说明数字化转型可以提高知识溢出水平,而下游企业通过吸收更多的外部知识和经验可以有效提高企业的创新水平。

表 12 传导机制分析回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	<i>Knowledge</i>	<i>Knowledge</i>	<i>Knowledge</i>
<i>Dig</i>	0.259*** (0.009)	0.238*** (0.009)	0.099*** (0.008)
<i>Control</i>	No	No	Yes
<i>Year</i>	No	No	Yes

续表

变量	(1)	(2)	(3)
	<i>Knowledge</i>	<i>Knowledge</i>	<i>Knowledge</i>
<i>Indus</i>	No	Yes	Yes
<i>Constants</i>	6.283*** (0.034)	3.847*** (0.188)	5.171*** (0.208)
<i>N</i>	19431	19431	19431
<i>R</i> ²	0.090	0.138	0.335

注：***、**、*表示结果分别在1%、5%、10%水平上显著；括号内为经过公司层面聚类调整的稳健标准误。

(二) 内生性处理

鉴于数字化转型与知识溢出之间仍然可能存在逆向因果的问题,本文采用工具变量法、Heckman 两阶段模型、个体固定效应模型来缓解内生性的问题。首先,采用工具变量法,参考前述研究,分别采用 *Lewbel_IV* 和 *Bartik_IV* 的加权平均值作为上游企业数字化转型的工具变量开展回归分析。其次,采取 Heckman 两阶段回归模型以控制样本选择偏误。第一阶段,估计企业开展数字化转型的概率,得到逆米尔斯比率 (*IMR*)。第二阶段,将 *IMR* 作为控制变量加入回归模型中。最后,为了缓解模型中可能存在的不随时间变化但随个体变化的遗漏变量问题,进一步在回归模型中控制了企业固定效应 (*Code*)。前述结果均得到了数字化转型显著促进知识溢出的结论,证明结果稳健。

(三) 稳健性检验

第一,替换被解释变量。采用过去3年 (*Knowledge₃*) 和过去10年 (*Knowledge₁₀*) 的知识累加值重新计算知识溢出指标,代入回归模型。同时,考虑到样本范围的一致性问题,本文仅识别出上市公司之间的知识溢出 (*Knowledge_list*) 效应,以考察上游上市公司的数字化转型对下游上市公司的知识溢出效果。

第二,替换解释变量。采用上市公司年报全文中的76个数字化转型关键词词频 (*Dig_w*)、年报管理层讨论与分析部分数字化转型词频数占比 (*Perdig*)、年报全文的数字化转型词频数 (*Dig_sum*) 及年报全文数字化转型词频数占比 (*Perdig_sum*) 重新衡量数字化转型,带入回归模型。

第三,考虑企业的策略性披露问题。①剔除高新技术公司样本重新进行回归分析;②剔除样本期间内受到过监管机构处罚的样本,重新进行回归分析;③通过构建数字化转型信息披露的决定模型,将夸大披露的样本剔除重新进行回归分析。

第四,考虑特殊政策和特殊地区的回归。①考虑到2015年我国提出“数字中国”战略,将样本年限截取为2016—2022年重新进行回归分析;②考虑到我国直辖市在中国的行政地位和特殊性质,剔除掉直辖市的样本重新进行回归。上述稳健性检验均证明了数字化转型提高了知识溢出,支持前述结论。

六、进一步讨论

(一) 不同维度数字化转型对下游企业的影响

数字化转型是借助数字技术推动企业生产活动、经营管理的数字化,以实现在产品和服务方面的应用^[75]。吴非等^[49]认为,企业的数字化转型是一个从底层技术嵌入逐步提升到市场场景应用的过程,可以将数字化转型分为底层技术与实践应用两个层面。余明桂等^[42]在研究商业银行的数字化转型进程时,认为商业银行的数字化转型是一个从认知到应用的过程,应用过程又分为组织变革和产品优化两个方面。因此,本文将数字化转型分为了“认知”“组织”“产品”三个维度。从上述分析可知,数字化转型是一个从数字技术获取,到组织管理优化,再到产品服务应用的一个动态过程。因此,数字化转型可以分为不同的维度,且不同维度下的数字化转型将对企业创新的影响存在差异。但是当前文献暂无深入探讨不同维度数字化转型对企业创新的作用效果,本文尝试对数字化转型在不同维度上进行合理的划分,并探索这些维度对于下游企业创新的影响效果及差异。

为助推上市公司数字化转型,中国上市公司协会聚焦数字化转型中的热点技术及对产业的影响,对300余个上市公司的数字化转型案例进行了分析,将数字化转型分为技术与平台、组织与管理、产品与服务三个维度,这三个维度的划分与现有文献形成了比较好的契合,且更为详细。本文将依据此维度对数字化转型指数进行细分,基于该分类标准,技术与平台维度是指数字基础设施的建设,能够为数字化转型提供相应的

底层技术支撑,如大数据、云计算、工业互联网、物联网、人工智能、边缘计算、数字孪生、区块链、虚拟现实与增强现实技术。组织与管理维度是指通过打造一体化数字平台,整合企业内部信息系统,强化全流程数据贯通,加快全价值链业务协同,形成数据驱动的智能决策能力,提升企业整体运行效率和产业链上下游协同效率,如线上营销、远程协作、数字化办公、智能生产线、线上办公、远程会议、电子签名、网课等。产品与服务维度主要是将数字技术应用于企业生产流程、产品设计、客户服务等方面,是企业数字化转型的主要推动力,主要应用于智能制造、智慧能源、智能交通、智慧医疗等场景。

根据数字化转型关键词分类统计,本文构建了数字化转型的分类指标体系,分为技术与平台(*Tec*)、组织与管理(*Ogi*)、产品与服务(*Pdu*)三个子指数,将各子维度指数代替数字化转型指标(*Dig*),进一步判断各子维度数字化转型对下游企业创新的影响。如表13所示,(1)列~(3)列检验了不同维度数字化转型对内部企业创新是否存在单独的影响,(4)列则将三个维度数字化转型指标同时放入一个回归模型中,对比分析各维度数字化转型对企业创新的影响大小差异。

从表13的(1)列~(3)列的回归结果可以看出,各维度数字化转型的系数均显著为正,再次证明了数字化转型对下游企业创新的因果链条是显著的。进一步对比分析各维度数字化转型对下游企业创新的影响差异,从(4)列的结果来看,技术与平台(*Tec*)维度的系数值及显著性为最高。可见数字化转型(*Dig*)对下游企业创新(*Patent*)的影响主要来自技术与平台维度,即数字技术是推动下游企业创新提高的最主要因素。随后是组织与管理(*Ogi*)维度,说明组织的变革也有助于下游企业创新的提高,尤其是在提升信息流通、业务协同等方面,能够提高下游企业创新效率。而产品与服务(*Pdu*)维度对企业创新的贡献不显著。该结果与上述分析一致,数字技术的使用可以加速企业的知识外溢,因此,更有助于下游企业创新的提高。而产品与服务则属于对企业现有产品和业务的优化能力,而并非会开展更多的实质性创新活动,因此,对下游企业创新的影响相对较弱。

表13 不同维度数字化转型对下游企业创新的影响结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Patent</i>	<i>Patent</i>	<i>Patent</i>	<i>Patent</i>
<i>Tec</i>	0.315*** (0.008)			0.220*** (0.019)
<i>Ogi</i>		0.332*** (0.009)		0.117*** (0.020)
<i>Pdu</i>			0.392*** (0.012)	-0.002 (0.020)
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Year</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Indus</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Constants</i>	-1.966*** (0.239)	-1.924*** (0.239)	-1.857*** (0.245)	-1.969*** (0.238)
<i>N</i>	19431	19431	19431	19431
<i>R</i> ²	0.447	0.441	0.426	0.449

注:***、**、*表示结果分别在1%、5%、10%水平上显著;括号内为经过公司层面聚类调整的稳健标准误。

(二) 数字化转型对其他创新维度的影响

基于前述分析,数字化转型是推动下游企业创新的重要因素,同时证实了数字化转型对下游企业的创新数量具有显著提升作用。那么数字化转型对下游企业的创新效率和创新质量是否也形成了积极的影响,探讨该问题是实现企业高水平创新和高质量发展的重要保障。

第一,参考温军和冯根福^[76]的做法,采用创新效率(*PR*)来衡量下游企业的创新水平。具体采用企业专利申请数与研发投入对数的比值来计算。回归结果如表14的(1)列所示,数字化转型的系数在1%的水平上显著为正,说明数字化转型促进了下游企业的创新效率。

第二,考虑到从创新成果数量上来衡量创新水平难免存在片面性和局限性。一些文献开始采用专利所包含的知识范围来度量创新质量^[77],并衍生出了专利知识宽度等新的测算方法。用知识宽度来反映企业的创新质量,有利于克服专利数量来衡量创新质量的不足。这是因为企业专利是企业创新成果的重要载体,专利中所含的信息越广泛,说明企业的知识水平和知识结构越复杂,其他企业进行模仿和学习的难度就越

大。因此,该指标具有一定的合理性。

基于此,本文借鉴张杰和郑文平^[78]的测度方法,使用了国际专利分类表中的重要信息,采用知识宽度法来衡量下游企业的创新质量。具体计算方法,如式(6)所示。

$$Know = 1 - \sum \left(\frac{\text{大组下发明专利和实用新型专利的分类号数目}}{\text{全部发明专利和实用新型专利的分类号数目}} \right)^2 \quad (6)$$

其中:*Know* 数值越大,说明大组层面的专利分类号间的差异越大,即专利创造所运用的知识宽度越大,专利质量越高。然后,建立数字化转型与下游企业创新质量的回归模型,结果如表 14(2)列所示。可以看到,数字化转型的系数在 1%的水平上显著,结合前述结果可以认为,数字化转型不仅提高了企业的创新数量,而且也显著提高了企业的创新质量。

第三,除了知识宽度能够衡量创新质量外,企业的专利被引次数是企业创新成果的引用程度和市场价值的体现,能够较好的衡量高质量创新水平^[79],目前被许多文献所使用。与知识宽度指标所关注的知识多样性不同,专利引用更关注企业创新的影响力,体现了企业创新所带来的结果。因此,探讨数字化转型是否有助于提高下游企业的专利引用次数,是对于数字化转型提升下游企业创新质量这一论证的进一步深入研究。本文借鉴的方法,采用剔除企业自引用的发明专利总引用次数和实用新型专利总引用次数之和(*Citation*)取自然对数作为下游企业专利引用的度量指标。基于数字化转型对下游企业专利引用的回归模型结果如表 14 的(3)列所示。数字化转型(*Dig*)的系数在 1%的水平上显著为正,这说明数字化转型对下游企业专利引用次数具有明显的正向作用,再次验证了企业数字化转型对下游企业创新质量的积极影响。

表 14 数字化转型对不同维度创新的影响结果

变量	(1)	(2)	(3)
	<i>PR</i>	<i>Know</i>	<i>Citation</i>
<i>Dig</i>	0.249*** (0.022)	0.011*** (0.001)	0.142*** (0.008)
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes
<i>Year</i>	Yes	Yes	Yes
<i>Indus</i>	Yes	Yes	Yes
<i>Constants</i>	-10.932*** (1.039)	0.635*** (0.024)	-2.150*** (0.252)
<i>N</i>	17359	19431	17202
<i>R</i> ²	0.316	0.163	0.476

注:***、**、*表示结果分别在 1%、5%、10%水平上显著;括号内为经过公司层面聚类调整的稳健标准误。

(三) 数字化转型对下游企业 TFP 的影响

前文证实数字化转型对下游企业创新产生了重要的推动作用,那么本文预计数字化转型也对下游企业的全要素生产率产生显著的影响。全要素生产率采用最小二乘法、固定效应法、Olley-Pakes 法、Levinsohn-Petrin 法估计得到,分别生成 *TFP_OLS*、*TFP_FE*、*TFP_OP*、*TFP_LP* 变量。如表 15 所示,回归系数均显著为正,说明提高上游数字化转型水平会显著提升下游企业的全要素生产率。

表 15 数字化转型对下游企业 TFP 的影响结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>TFP_OLS</i>	<i>TFP_FE</i>	<i>TFP_OP</i>	<i>TFP_LP</i>
<i>Dig</i>	0.008*** (0.002)	0.008*** (0.002)	0.004** (0.002)	0.006*** (0.002)
<i>Control</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Year</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Indus</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Constants</i>	7.111*** (0.238)	7.413*** (0.245)	5.615*** (0.213)	5.715*** (0.223)
<i>N</i>	19227	19227	19227	19227
<i>R</i> ²	0.938	0.942	0.880	0.912

注:***、**、*表示结果分别在 1%、5%、10%水平上显著;括号内为经过公司层面聚类调整的稳健标准误。

七、结论与讨论

开展数字化转型是企业当前发展的重要战略选择,通过引用新一代数字化技术,企业能够更高效地管理和共享资源,从而推动下游企业吸收更多的外部知识,提高下游企业的创新水平。本文使用上市公司的大规模专利数据,研究了企业数字化转型对下游企业创新的影响效果及传导机制。研究发现,企业开展数字化转型通过知识溢出显著提高了下游企业的创新水平。同时,在国有企业、低知识产权保护水平地区中,数字化转型对下游企业创新的促进效果更大。进一步分析发现,技术与平台维度的数字化转型对下游企业创新的促进效果更明显,数字化转型对下游企业的创新效率、创新质量和全要素生产率同样具有明显的促进效果。

本文认为,企业在进行数字化转型的过程中,应该重视知识溢出效应,充分利用数字化技术,构建开放的创新生态系统,以提升自身及下游企业的创新能力和竞争优势。同时,政府应该将重点资源向国有企业倾斜,助力这类企业的知识吸收,促进其创新水平的提升。另外,也应该重视对低知识产权保护水平地区的数字基础设施投入,以更好地促进企业的知识吸收,进而提高企业的创新水平和创新质量。

参考文献

- [1] BROWN J R, MARTINSSON G, PETERSEN B C. Do financing constraints matter for R&D?[J]. *European Economic Review*, 2012, 56(8): 1512-1529.
- [2] LI L, SU F, ZHANG W, et al. Digital transformation by SME entrepreneurs: A capability perspective[J]. *Information Systems Journal*, 2018, 28(6): 1129-1157.
- [3] 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.
- [4] NAMBISAN S. Digital entrepreneurship: Toward a digital technology perspective of entrepreneurship[J]. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 2017, 41(6): 1029-1055.
- [5] 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(12): 70-82.
- [6] DAHLANDER L, GANN D M. How open is innovation?[J]. *Research Policy*, 2010, 39(6): 699-709.
- [7] ALMEIDA P, KOGUT B. Localization of knowledge and the mobility of engineers in regional networks[J]. *Management Science*, 1999, 45(7): 905-917.
- [8] CHOI C, YI M H. The effect of the internet on economic growth: Evidence from cross-country panel data[J]. *Economics Letters*, 2009, 105(1): 39-41.
- [9] FREUND C L, WEINHOLD D. The effect of the internet on international trade[J]. *Journal of International Economics*, 2004, 62(1): 171-189.
- [10] JAFARI-SADEGHI V, GARCIA-PEREZ A, CANDELO E, et al. Exploring the impact of digital transformation on technology entrepreneurship and technological market expansion: The role of technology readiness, exploration and exploitation[J]. *Journal of Business Research*, 2021, 124: 100-111.
- [11] RUPEIKA-APOGA R, PETROVSKA K, BULE L. The effect of digital orientation and digital capability on digital transformation of SMEs during the Covid-19 pandemic[J]. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 2022, 17(2): 669-685.
- [12] BHARADWAJ A, EL SAWY O A, PAVLOU P A, et al. Digital business strategy: Toward a next generation of insights[J]. *MIS Quarterly*, 2013, 37(1): 471-482.
- [13] ZENG G Y, LEI L X. Digital transformation and corporate total factor productivity: Empirical evidence based on listed enterprises[J]. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2021(1): 1-16.
- [14] 陶锋, 王欣然, 徐扬, 等. 数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率[J]. *中国工业经济*, 2023(5): 118-136.
- [15] ABELIANSKY A L, HILBERT M. Digital technology and international trade: Is it the quantity of subscriptions or the quality of data speed that matters?[J]. *Telecommunications Policy*, 2017, 41(1): 35-48.
- [16] PENG Y Z, TAO C Q. Can digital transformation promote enterprise performance? —From the perspective of public policy and innovation[J]. *Journal of Innovation and Knowledge*, 2022, 7(3): 8.
- [17] 丁世豪, 李平. 数字化转型如何促进制造业创新[J]. *技术经济*, 2024, 43(8): 1-11.
- [18] 范合君, 吴婷, 何思锦. 企业数字化的产业链联动效应研究[J]. *中国工业经济*, 2023(3): 115-132.
- [19] 屠西伟, 张平淡. 企业数字化转型、碳排放与供应链溢出[J]. *中国工业经济*, 2024(4): 133-151.
- [20] 杨金玉, 彭秋萍, 葛震霆. 数字化转型的客户传染效应——供应商创新视角[J]. *中国工业经济*, 2022(8): 156-174.
- [21] AGARWAL R, GAO G D, DESROCHERS C, et al. The digital transformation of healthcare: Current status and the road ahead[J]. *Information Systems Research*, 2010, 21(4): 796-809.
- [22] AUTIO E, NAMBISAN S, THOMAS L, et al. Digital affordances, spatial affordances, and the genesis of entrepreneurial ecosystems[J]. *Strategic*

- Entrepreneurship Journal, 2018, 12(1): 72-95.
- [23] GURBAXANI V, DUNKLE D. Gearing up for successful digital transformation[J]. *Mis Quarterly Executive*, 2019, 18(3): 209-220.
- [24] 戚聿东, 肖旭. 数字经济时代的企业管理变革[J]. *管理世界*, 2020, 36(6): 135-152, 250.
- [25] 冀云阳, 周鑫, 张谦. 数字化转型与企业创新——基于研发投入和研发效率视角的分析[J]. *金融研究*, 2023(4): 111-129.
- [26] 王巍, 姜智鑫. 通向可持续发展之路: 数字化转型与企业异地合作创新[J]. *财经研究*, 2023, 49(1): 79-93.
- [27] 王桂军, 李成明, 张辉. 产业数字化的技术创新效应[J]. *财经研究*, 2022, 48(9): 139-153.
- [28] 李鑫, 徐琼, 王核成. 企业数字化转型与绿色技术创新[J]. *统计研究*, 2023, 40(9): 107-119.
- [29] LIU X, LIU F, REN X. Firms' digitalization in manufacturing and the structure and direction of green innovation[J]. *Journal of Environmental Management*, 2023, 335: 117525.
- [30] MEAGHER K, ROGERS M. Network density and R&D spillovers[J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2004, 53(2): 237-260.
- [31] 刘修岩, 王娟. 知识溢出的边界效应——来自专利引用数据的证据[J]. *经济研究*, 2022, 57(11): 84-101.
- [32] AGRAWAL A, GALASSO A, OETTL A. Roads and innovation[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 2017, 99(3): 417-434.
- [33] MOWERY D, ROSENBERG N. The influence of market demand upon innovation: A critical review of some recent empirical studies[J]. *Research Policy*, 1979, 8(2): 102-153.
- [34] 吴延兵, 米增渝. 创新、模仿与企业效率——来自制造业非国有企业的经验证据[J]. *中国社会科学*, 2011(4): 77-94, 222.
- [35] PERKS H, MOXEY S. Market-facing innovation networks: How lead firms partition tasks, share resources and develop capabilities[J]. *Industrial Marketing Management*, 2011, 40(8): 1224-1237.
- [36] WANG C C, SUNG H Y, CHEN D Z, et al. Strong ties and weak ties of the knowledge spillover network in the semiconductor industry[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2017, 118: 114-127.
- [37] BYGSTAD B, AANBY H P. ICT infrastructure for innovation: A case study of the enterprise service bus approach[J]. *Information Systems Frontiers*, 2010, 12(3): 257-265.
- [38] 李海舰, 田跃新, 李文杰. 互联网思维与传统企业再造[J]. *中国工业经济*, 2014(10): 135-146.
- [39] 沈国兵, 袁征宇. 企业互联网化对中国企业创新及出口的影响[J]. *经济研究*, 2020, 55(1): 33-48.
- [40] ZHANG Y, LI R D, XIE Q X. Does digital transformation promote the volatility of firms' innovation investment?[J]. *Managerial and Decision Economics*, 2023, 1-13. <https://doi.org/10.1002/mde.3951>.
- [41] 刘淑春, 闫津臣, 张思雪, 等. 企业管理数字化变革能提升投入产出效率吗[J]. *管理世界*, 2021, 37(5): 170-190, 113.
- [42] 余明桂, 马林, 王空. 商业银行数字化转型与劳动力需求: 创造还是破坏?[J]. *管理世界*, 2022, 38(10): 212-230.
- [43] 涂心语, 严晓玲. 数字化转型、知识溢出与企业全要素生产率——来自制造业上市公司的经验证据[J]. *产业经济研究*, 2022(2): 43-56.
- [44] 师磊, 彭子晨. 企业数字化转型对其创新效率的影响——基于熊彼特创新范式的分析框架[J]. *中国农村经济*, 2024(4): 99-119.
- [45] 程华, 武琦璠, 李三希. 数据交易与数据垄断: 基于个性化定价视角[J]. *世界经济*, 2023, 46(3): 154-178.
- [46] CHEN Z, ZHANG J, ZHENG W. Import and innovation: Evidence from Chinese firms[J]. *European Economic Review*, 2017, 94: 205-220.
- [47] WU L, LOU B, HITT L. Data analytics supports decentralized innovation[J]. *Management Science*, 2019, 65(10): 4863-4877.
- [48] 黎文靖, 彭远怀, 谭有超. 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*, 2021, 56(5): 144-161.
- [49] 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): 130-144, 110.
- [50] 肖土盛, 孙瑞琦, 袁淳, 等. 企业数字化转型、人力资本结构调整与劳动收入份额[J]. *管理世界*, 2022, 38(12): 220-237.
- [51] 杨汝岱, 李艳, 孟珊珊. 企业数字化发展、全要素生产率与产业链溢出效应[J]. *经济研究*, 2023, 58(11): 44-61.
- [52] FELDMAN M P. The new economics of innovation, spillovers and agglomeration: A review of empirical studies[J]. *Economics of Innovation and New Technology*, 1999, 8(1/2): 5-25.
- [53] CATALINI C, FONS-ROSEN C, GAULL P. Did cheaper flights change the direction of science?[EB/OL]. SSRN Electronic Journal, 2016: 9897. <https://www.econstor.eu/handle/10419/141656>.
- [54] DONG X, ZHENG S, KAHN M E. The role of transportation speed in facilitating high skilled teamwork across cities[J]. *Journal of Urban Economics*, 2020(115): 103212.
- [55] KELLER W, YEAPLE S R. Multinational enterprises, international trade, and productivity growth: Firm-level evidence from the United States[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 2009, 91(4): 821-831.
- [56] JAFFE A B. Technological opportunity and spillovers of R&D: Evidence from firms' patents, profits and market value[J]. *American Economic Review*, 1986, 76(5): 984-1001.
- [57] BLOOM N, SCHANKERMAN M, VAN REENEN J. Identifying technology spillovers and product market rivalry[J]. *Econometrica*, 2013, 81(4): 1347-1393.
- [58] 王然, 燕波, 邓伟根. FDI对我国工业自主创新能力的影晌及机制——基于产业关联的视角[J]. *中国工业经济*, 2010(11): 16-25.
- [59] MATRAY A. The local innovation spillovers of listed firms[J]. *Journal of Financial Economics*, 2021, 141(2): 395-412.
- [60] JAFFE A B, TRAJTENBERG M, HENDERSON R. Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations[J]. *The*

Quarterly Journal of Economics, 1993, 108(3): 577-598.

- [61] ACEMOGLU D, AKCIGIT U, KERR W R. Innovation network[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2016, 113(41): 11483-11488.
- [62] 李宇坤,任海云,祝丹枫. 数字金融、股权质押与企业创新投入[J]. 科研管理, 2021, 42(8): 102-110.
- [63] 曹虹剑,张帅,欧阳晓,等. 创新政策与“专精特新”中小企业创新质量[J]. 中国工业经济, 2022(11): 135-154.
- [64] LEWBEL A. Constructing instruments for regressions with measurement error when no additional data are available, with an application to patents and R&D[J]. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 1997, 65(5): 1201-1213.
- [65] 李唐,李青,陈楚霞. 数据管理能力对企业生产率的影响效应——来自中国企业-劳动力匹配调查的新发现[J]. 中国工业经济, 2020(6): 174-192.
- [66] 方明月,林佳妮,聂辉华. 数字化转型是否促进了企业内共同富裕? ——来自中国A股上市公司的证据[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(11): 50-70.
- [67] 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.
- [68] 唐松,苏雪莎,赵丹妮. 金融科技与企业数字化转型——基于企业生命周期视角[J]. 财经科学, 2022(2): 17-32.
- [69] 何瑛,杨琳. 改革开放以来国有企业混合所有制改革:历程、成效与展望[J]. 管理世界, 2021, 37(7): 44-60, 44.
- [70] 李旭超,罗德明,金祥荣. 资源错置与中国企业规模分布特征[J]. 中国社会科学, 2017(2): 25-43, 205-206.
- [71] 余芬,樊霞. 高管认知、行业管制与企业创新持续性[J]. 科研管理, 2022, 43(12): 173-181.
- [72] 黄勃,李海彤,刘俊岐,等. 数字技术创新与中国企业高质量发展——来自企业数字专利的证据[J]. 经济研究, 2023, 58(3): 97-115.
- [73] 吴超鹏,唐菂. 知识产权保护执法力度、技术创新与企业绩效——来自中国上市公司的证据[J]. 经济研究, 2016, 51(11): 125-139.
- [74] 余芬,樊霞,张巧玲. 政府补贴促进还是抑制企业创新持续性——基于异质性创新动机视角[J]. 中国科技论坛, 2021(5): 67-78, 89.
- [75] 聂兴凯,王稳华,裴璇. 企业数字化转型会影响会计信息可比性吗[J]. 会计研究, 2022(5): 17-39.
- [76] 温军,冯根福. 风险投资与企业创新:“增值”与“攫取”的权衡视角[J]. 经济研究, 2018, 53(2): 185-199.
- [77] LERNER J. The importance of patent scope: An empirical analysis[J]. The RAND Journal of Economics, 1994, 25(2): 319-333.
- [78] 张杰,郑文平. 创新追赶战略抑制了中国专利质量么?[J]. 经济研究, 2018, 53(5): 28-41.
- [79] MANN W. Creditor rights and innovation: Evidence from patent collateral[J]. Journal of Financial Economics, 2018, 130(1): 25-47.
- [80] HSU P H, TIAN X, XU Y. Financial development and innovation: Cross-country evidence[J]. Journal of Financial Economics, 2014, 112(1): 116-135.

Digital Transformation, Innovation Chain Spillover and Downstream Enterprise Innovation

Zhang Yang, Zhang Zhongwen, Jiang Jincheng

(School of Applied Economics, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: Digital transformation is not only one of the important internal driving forces for enterprises to maintain competitive advantage, but also one of the significant driving forces for empowering the innovation networks. Based on the patents and citation data of listed companies from 2007 to 2022, the impact of digital transformation on downstream enterprise innovation through the spillover effect of innovation chain was examined. The results show that digital transformation significantly promotes the innovation level of downstream enterprises. Moreover, in the samples of state-owned enterprises and regions with low levels of intellectual property protection, the impact of digital transformation on the innovation of downstream enterprises is greater. Mechanism analysis shows that the knowledge spillover effect is an important mechanism for digital transformation to promote the downstream enterprise innovation. Further analysis shows that digital transformation in different dimensions has different impacts on the innovation of downstream enterprises. Among them, digital transformation in the technology and platform has a more significant impact on the downstream enterprise innovation, and digital transformation also has a positive impact on the innovation efficiency, innovation quality and total factor productivity of downstream enterprises. These conclusions enrich the relevant research on enterprise digital transformation, and provide important practical references for enterprises to actively integrate into the innovation network.

Keywords: digital transformation; knowledge spillover; enterprise innovation