

产学研合作与企业数字化转型:内在机制与作用后果

——基于中国上市公司的经验证据

苏涛永,王 柯

(同济大学 经济与管理学院,上海 200092)

摘 要:在数字经济时代,数字化转型已成为产业升级和经济高质量发展的助推器,高校作为人才、知识和技术等数字化资源的重要供给方,在推动企业数字化转型方面发挥着关键作用。基于对 A 股上市公司官网新闻的文本分析,构建衡量企业层面产学研合作程度的指标,实证检验产学研合作对企业数字化转型的促进效应、内在机制及其作用后果。研究发现:产学研合作显著提升了企业的数字化转型,并且该结论在考虑内生性问题以及一系列稳健性检验后依然成立。机制分析显示,数字化转型的促进作用通过人才效应和创新效应来实现。异质性分析表明,政府在基础研究和科技人才投入的注意力越多,产学研合作对数字化转型的促进作用越强,并且该作用对高新技术行业、市场化水平较高地区的企业也更加显著。进一步地,产学研合作能够通过推动数字化转型程度以促进数字化成果的产出。研究结论不仅在理论上揭示了产学研合作对企业数字化转型的影响机理,也为产学研合作和数字化转型实践提供了有益指导,对相关政策的制定也具有重要的启示。

关键词: 产学研合作;数字化转型;科技人才;技术创新;文本分析

中图分类号: C936 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2154(2023)10-0005-18

DOI: 10.14134/j.cnki.cn33-1336/f.2023.10.001

Internal Mechanism and Effects of Academia-Industry Collaboration and Firm Digital Transformation: Based on the Empirical Evidence of Chinese Listed Firms

SU Taoyong, WANG Ke

(School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: In the era of digital economy, digital transformation has become the booster of industrial upgrading and high-quality economic development. As an important supplier of digital resources such as talents, knowledge and technology, universities play a key role in promoting the digital transformation of firms. Based on text analysis of the official website news of the Chinese A-share listed firms, an indicator is constructed to measure the degree of academia-industry-collaboration at the firm level. Then we empirically examine the promotion effect, internal mechanism and consequences of academia-industry collaboration on the digital transformation of firms. The results show that academia-industry collaboration significantly improves the digital transformation of firms, and the conclusion is still robust after considering endogeneity issues and a series of robustness tests. Mechanism analysis shows that the promotion effect of digital transformation is achieved through talent effects and innovation effects. The heterogeneity analysis shows

收稿日期: 2023-08-07

基金项目: 国家社会科学基金重点项目“企业数字化与绿色化协同转型机制研究”(23AGL007)

作者简介: 苏涛永,男,教授,博士生导师,管理学博士,主要从事创新与创业研究;王柯(通讯作者),女,博士研究生,主要从事产学研合作、数字化转型研究。

that the more attention the government invests in basic research and scientific and technological talents, the stronger effect of academia-industry collaboration in promoting digital transformation. The effect is also more significant for high-tech industries and firms in regions with high marketization level. Further, academia-industry collaboration can promote the output of digital achievements by promoting digital transformation. Research conclusion not only reveals the impact mechanism of academia-industry collaboration on firm digital transformation in theory, but also provides useful guidance for academia-industry collaboration and digital transformation practice, and also has important implications for the formulation of relevant policies.

Key words: academia-industry collaboration; digital transformation; scientific and technological talents; technological innovation; text analysis

一、引言

2023年2月,中共中央、国务院印发的《数字中国建设整体布局规划》明确提出,构筑自立自强的数字技术创新体系,不仅要健全关键核心技术攻关新型举国体制,还要加强企业主导的产学研深度融合。产学研合作是增强国家战略科技力量,助力经济高质量发展的重要动力^[1-2]。企业作为微观经济的核心主体,产学研合作是弥补其内部研发能力的一种创新战略,也是提升其创新能力的重要手段^[3-4]。在当前数字经济蓬勃发展,传统产业亟待升级的背景下,企业数字化转型成为赋能产业升级、推动产业高质量发展的另一重要途径。通常,企业数字化转型的路径可以通过自主转型与合作转型实现,合作转型包括外部企业合作转型和产学研合作转型。相较于企业合作转型,产学研合作转型主体——高校和科研院所,作为数字化人才、知识、技术、专利等数字化资源的重要供给侧,在推进企业数字化转型中发挥着重要作用^[5]。因为在数字经济时代,智力资本的重要性不断提高,其稀缺性以及资产专有性均超过财务资本^[6]。正如华为创始人任正非在2020年期间访问上海交通大学、复旦大学、南京大学等高校时所强调的,高校在产学研合作、人才培养、基础研究等方面起到“灯塔”作用,能够为制造业的良性发展提供稳定的智力输出,奠定后发优势。例如,三一集团、华中数控长期与华中科技大学等高校保持紧密合作关系,形成了集群化、生态化产学研融合研发平台体系,突破多项“卡脖子”核心技术,为数字化转型奠定了坚实基础^[7-8]。因此,在数字化背景下,深入探索企业数字化转型的影响因素、准确理解产学研合作和企业数字化转型的内在关联,有助于为产学研合作和数字化转型的企业实践和政策制定提供理论支撑,因而具有重要的现实意义。

作为企业数字化转型的重要影响因素,产学研合作能否有效助力企业实现数字化转型尚未有确切的实证结论支持。事实上,现有的研究将分析重点放在数字技术如何促进产学研合作上^[9-10],相反的效果几乎被现有文献所忽视。产学研合作与企业数字化转型二者之间的影响方向与内在机制仅能从其他相关文献进行推论。一方面,数字化转型往往需要企业持续不断地增加研发投入,并形成良好的创新生态系统,提升企业的创新驱动^[11]。文献表明产学研合作能够通过平台效应和资金效应^[12]、创新融资和信息共享^[13]等不同渠道提高企业技术创新的投入、效率和质量^[3-14]。同时,产学研合作能够为企业带来更高的生产力和创新独创性^[15],更多的前瞻性知识和技术,赋能企业未来的成长^[4]。从这一角度说,产学研合作赋予企业的技术创新能力,为企业数字化转型提供了强有力的支撑。另一方面,数字化转型不是一蹴而就的,具有复杂性、长期性和不确定性,若企业的组织管理制度和数字化技术架构不能有效匹配,数字化转型产生的收益将会被高昂的隐形成本抵消^[16-17]。产学研合作主体由于在目标、激励、价值观和文化存在较大差异^[3],容易产生协调和监督问题^[14]。此外,产学研合作对企业价值的实现存在较大的时间滞后性^[18]。这使得产学研合作在推进产业数字化转型的过程中依然面临着政策体系不完善、教研发场景驱动性低、科研成果适配度低、知识产权争执等现实问题^[5]。若这些问题不能很好地加以解决,产学研合作会导致企业数字化转型的低效和失败。不难发现,现有文献对“产学研合作—数字化转型”关系的探讨尚未达成共识,二者作用的方向、机制和边界并不清晰,本文的实证研究有望对已有研究作出有益补充。

鉴于此,本文以协同创新理论和开放式创新理论为基础,以中国上市公司官网的新闻报道为数据来源,借助产学研合作文献和政府政策的语义表述,利用文本分析方法构建了反映企业层面产学研合作程度的指标,考察了产学研合作对企业数字化转型的影响机理,并从政府注意力投入、行业属性和市场化水平

三个视角对二者关系的异质性进行了详细解析,最后分析了产学研合作与企业数字化转型关系的作用成果。

本文的创新点和边际贡献在于:第一,理论层面。(1)与前人主要研究数字技术对产学研合作的影响不同^[9-10],本文从产学研协同创新理论视角出发,检验了产学研合作对企业数字化转型的促进效应,为产学研合作提升企业数字化转型能力提供了实证依据,丰富了产学研合作和企业数字化转型内在关联的相关研究,拓展了协同创新理论在数字化领域的应用,为企业数字化转型提供了新的理论启示。(2)目前对产学研合作影响数字化转型的研究主要局限于理论分析^[5],对二者关系的形成机制、影响边界和作用后果尚缺乏系统性分析和严格的实证检验^[9],本文不仅证明产学研合作能够显著促进企业数字化转型,还考察了政府注意力、行业属性和市场化水平在其中的异质性作用,并在此基础上进一步分析了产学研合作通过提升企业数字化水平的传导渠道促进数字化成果的产出,这不仅呼应了现有研究对产学研合作如何提高数字成果转化的呼吁^[19],也拓展了协同创新理论的应用情境。(3)已有研究从诸多视角对企业数字化转型影响因素进行了探讨^[20],但是对处于 VUCA 时代的组织系统来说,难以通过孤立的个体实现组织变革,需要开放式合作实现数字化转型^[9]。本文的研究结论拓展了企业数字化转型影响因素和作用后果的研究框架,为理解企业数字化转型提供了新的视角和思路。第二,方法层面。(1)尽管已有文献对产学研合作与数字化转型间的关系进行了有益探索,但大多采用问卷调查^[21]、案例分析^[7-8]等方法,对二者实证关系的检验相对滞后。本文利用非结构化的新闻文本数据构建了衡量公司层面的产学研合作指标,对“产学研合作—数字化转型”的关系进行了大样本实证检验。这响应了 Perkmann 等(2021)^[22]学者提出的利用档案数据,而非问卷数据来解决产学研合作模式研究相对分散的问题。(2)不同于以往仅仅通过企业披露的高校词频数量来衡量产学研合作的研究^[23],本文利用关键词“搜索—匹配—加总”的文本分析方法,更加全面、直接、有效地衡量了不同产学研合作模式背后所反映的合作程度,不仅有效降低了噪声,也为后续相关研究奠定了扎实的数据基础。

二、理论分析与研究假设

(一) 产学研合作对企业数字化转型的影响

企业数字化转型是指通过运用大数据、云计算、人工智能等数字技术重构产品和服务、商业模式、业务流程、组织结构等,引发组织创造和获取价值变革的过程^[24-25]。对处于 VUCA 时代的组织系统来说,难以通过孤立的个体面对外部环境变化和实现组织变革,需要交换企业内外部的信息和资源实现数字化转型^[26]。外向型的开放式创新是拓展技术知识边界的重要保障^[27],是企业内部研发能力的重要补充^[4]。相较于开放式创新,协同创新是更为复杂的组织方式,主要表现为产学研合作过程^[28],其内涵本质是企业、高校、科研院所、政府、用户等主体以知识增值为核心,以资源共享或者优势互补为前提^[29],以共同参与、共享成果、共担风险为准则,实现知识创造、知识共享和知识应用的创新组织模式^[30]。

不同的外部技术来源及合作方式与企业数字化转型有着很强的相关性。郑琼洁和姜卫民(2022)^[21]的研究表明,仅仅以其他企业作为外部技术来源的企业在数字化转型方面较为薄弱,而选择大学、科研机构作为外部技术来源的企业数字化转型的程度更高。协同创新理论认为,相比企业之间的协同,利益获取的非竞争性是产学研协同创新的优势。高校、科研院所能够为企业数字化转型提供互补性资产和异质性资源^[17]。已有研究表明,实现数字化技术对企业的增值作用除了需要投入技术,还需要组织管理模式的重构、生产经营活动的调整、员工技术能力的培训等一系列异质性资源的投入^[31]。Li 等(2018)^[32]认为,知识和技能互补的多元化管理团队更能够成功感知并抓住机遇,重新配置组织资源、能力和结构,促进企业数字化转型。企业和高校、科研院所在数字化转型分工上具有高度的互补性,高校等强调基础研究的突破,而企业注重应用类技术的创新,前者是后者的基础,后者是前者的动力。因此企业在数字化转型方面加强与高校、科研院所的合作能够起到事半功倍的作用。此外,与高校、科研院所、科技园等建立良好合作关系还可

以促进成功案例实践和方法的交流,以克服管理层对采用新技术的负面态度^[33]。因此,本文提出如下假设:

假设1:产学研合作有助于促进企业数字化转型。

(二) 产学研合作对企业数字化转型的影响机制

1. 人才机制。数字化转型带来的机遇和挑战需要企业持续的创新和学习,这取决于人的能力^[34]。业界和学界的诸多经验证实,数字化人才短缺是企业数字化转型面临的主要瓶颈^[17],尤其是与大数据应用相匹配的技术人员或高素质的复合型劳动力的供给不足^[35]。数字化转型需要掌握人工智能与机器学习、大数据、区块链、云计算等数字前沿技术的人才,特别是对数学、物理、计算机等基础学科和理工科专业有着较高的要求^[36]。高校在智能制造、交叉学科融合和新工科人才培养等方面处于快速发展阶段^[37],能够为企业提供丰富的人力资本。通过与高校、科研院所等之间的合作,有助于企业获得大量专业劳动力,这些劳动力构成了智力人力资本的关键要素^[38],弥补了企业在数字化人才短缺方面的不足。

2. 创新机制。数字化转型通常需要企业持续不断地增加研发投入,并形成良好的创新生态系统,以提升企业的创新驱动动力^[11]。研发投入越多、技术水平越高的企业,数字化转型程度越深^[21]。在各种外部知识来源中,大学和科研院所等公共研究组织通过为企业提供科技人才和潜在技术来促进其技术进步^[39]。现有研究还发现,产学研合作能够通过校友网络联结^[13]、设立博士后工作站^[12]、会议交流等合作模式促进企业技术创新的投入、效率和质量^[3,14],帮助企业实现技术的进步与升级,进而促进数字化转型。此外,产学研合作能够为企业带来更高的生产力和创新独创性^[15],更多的前瞻性知识和技术,赋能企业未来的成长^[4]。从这一角度说,产学研合作赋予企业的技术创新能力,为企业数字化转型提供了强有力的支撑。综上所述,本文提出如下假设:

假设2a:产学研合作通过人才效应促进企业数字化转型。

假设2b:产学研合作通过创新效应促进企业数字化转型。

(三) 产学研合作对企业数字化转型的调节效应

产学研合作本身能够促进企业的数字化转型,但合作主体所处的组织制度环境等约束性因素也将产生不可忽略的影响。由于产学研合作主体在目标导向和利益诉求等方面存在显著差异,使得数字化转型这类投入高、风险大的创新活动难以有效开展,往往需要政府伸出“帮助之手”,通过制度支持弥补产学研合作的市场失灵问题^[40]。不同行业的产学研合作程度存在显著差异(详见图2),将技术优势和人才优势转化为企业数字化转型的动力也不尽相同。此外,产学研合作作为一项多主体参与的复杂系统,其运行需要良好的制度环境。所以下文拟从政府注意力视角、行业属性视角和市场化水平视角探讨产学研合作对企业数字化转型的调节机制。

1. 政府注意力视角。注意力是选择性地关注主观或客观信息的一个特定方面,同时忽略其他感知信息的认知和行为的过程^[41]。注意力被视为研究政府行为的新视角,将深刻影响着议题识别、政策设计与执行。对政府来说,注意力和财政资源、人力资源、信息资源和时间资源一样有限且宝贵^[42]。因此,注意力分配是理解政府对于某一领域资源的有效供给和明确此领域未来发展方向的有效方法^[43]。协同创新涉及知识的整合共享、资源的优化配置和行为的同步优化^[28],政府需要通过协同创新政策的一致导向性,才能实现高校、企业、政府之间的行动最优同步化。基础研究共同研发和科技人才联合培养作为产学研合作的重要内容,如果政府在基础研究和科技人才投入的注意力越多,向此领域倾斜的实际财政资源就越多。如此一来,越有助于加强产学研合作对企业数字化转型的促进效果。

2. 行业属性视角。行业属性的不同也会影响产学研合作对企业数字化转型的影响程度。研究表明,资源和劳动密集型行业的技术升级受高校产学研的推进作用不明显,而技术与资本密集型行业受益更多^[44]。高新技术企业面临的不确定性和复杂性更高,从而使其对各种研发要素的需求程度更高。产学研合作有助于实现异质性知识、人才在校企间的有效流动和共享,能够较好满足企业对人才、知识与技术的需求^[12],为企业数字化转型提供数字资源基础。此外,高新技术行业企业本身积聚着大量技术和资本资源,整体技术水平较高,创新意愿较强,通过产学研合作能取得更多的技术进步^[44]。

3. 市场化水平视角。在产学研合作中,由于企业和高校等科研机构在目标导向、利益诉求、研究重点和知识基础等多个维度存在显著差异,常常面临知识产权模糊、利益分配不清等问题,这不利于合作主体对异质知识要素的吸收。如果地区的市场化水平较高,例如要素市场和市场中中介组织的发育比较完善、法律制度环境比较健全等,就能通过降低交易成本、改善合作承诺、阻碍机会主义行为等方式为合作主体提供保护框架^[3],促进各方对知识要素的吸收。此外,更高水平的市场化程度还能提高产学研主体在研发合作中共享资源和知识的意愿,通过规定各方的权利、义务和责任等^[3,10],促使异质性知识和技术转化为企业数字转型所需要的资源。综上所述,本文提出如下假设:

假设3a:产学研合作对企业数字化转型的促进效应在政府注意力强的地区更显著。

假设3b:产学研合作对企业数字化转型的促进效应在高新技术行业更显著。

假设3c:产学研合作对企业数字化转型的促进效应在市场化水平高的地区更显著。

三、研究设计

(一) 样本选择与数据来源

本文选取2011—2020年中国A股上市公司作为初始研究样本,原因在于中国数字经济规模的快速扩张和数字技术的广泛应用的趋势主要体现在2010年以后^[45];2020年暴发的新冠肺炎疫情,影响了产学研各主体在线下的合作与交流,导致数量有明显下降(详见图2),为避免样本误差,将样本选择时间截止到2020年。本文按照以下标准筛选样本:(1)剔除属于金融、保险行业的样本;(2)剔除ST、ST*和PT的样本;(3)剔除相关变量缺失的样本。最终包含4580个公司一年度观测值。企业数字化转型数据来自上市公司年报。产学研合作数据来自上市公司官网新闻报道。公司财务数据来自国泰安(CSMAR)数据库。地区层面数据来自《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》。

(二) 变量定义与测量

1. 被解释变量:企业数字化转型。现有研究认为,对上市公司年报进行关键词词频分析,是反映企业经营战略的可行方式,某类关键词在年报中出现的次数越多,说明企业的注意力和认知水平越高,实际投入的资源就越多^[23]。参考现有研究对企业数字化转型程度的衡量方法^[11,46]、结合权威政策的定义,本文选取人工智能技术、大数据技术、云计算技术、区块链技术和数字技术运用五个维度,共计76个数字化转型相关词频进行分析,将数字化转型关键词在年报中出现的次数总数作为衡量企业数字化转型水平(*Digital*)的指标。为了避免反向因果问题以及考虑到产学研合作对企业数字化转型影响的延迟性,被解释变量均选用 $t+1$ 期($Digital_{t+1}$)。

2. 解释变量:产学研合作。企业与高校、科研院所的合作并非强制披露信息,无法通过数据库批量获取。现有文献大多利用专利申请人构成、问卷调查、案例分析或模拟仿真等方法,探究产学研合作对企业的影响。但是专利申请本身是产学研合作的成果体现,无法探究产学研合作影响企业的过程^[47]。问卷方法的非标准化、非全面性也限制了产学研对企业影响的深入分析^[22]。案例分析的小样本特征使得研究结论的普适性不足^[7-8]。模拟仿真等方法也未能基于企业丰富的产学研实践活动进行实证检验。

与知名高校、科研院所合作是彰显企业科研实力、提升社会形象的重要事件,企业往往会在官网的新闻资讯等栏目进行详细披露。通常,产学研合作新闻包含时间、地点、合作双方、合作模式、过程、预期成果等详细内容,这为本文进行深入的文本分析提供了良好的机会。此外,现有研究利用上市公司官网的新闻报道数据进行实证分析^[48],为本文提供了研究支撑。

产学研合作实践有着丰富的合作模式。Schartinger等(2002)^[49]学者根据知识互动的正式化程度、隐性知识的转移、人员接触方式等区分了专利许可、联合研发、共同参与会议、学术创业、非正式研讨、通过项目培训学生、人员互流等16种产学研合作模式。Ankrah和Al-tabbaa(2015)^[50]提出了个人非正式关系、个人正式关系、第三团体、正式目标协议、非正式目标协议、目标结构五种产学研合作模式。还有的学者对产

产学研合作模式进行了更为简洁的划分。例如,仲伟俊等(2009)^[51]从合作契约的视角,将产学研合作类型划分为正式合作和非正式合作。

本文利用关键词“搜索—匹配—加总”的文本分析方法构建了产学研合作指标:(1)搜索:本文结合产学研合作文献定义、企业实践新闻和政府政策文件,确定了产学研合作模式的一级关键词,分别是:签订协议、合作研发、共建平台、创建企业、人才培养、会议交流、考察调研、行业联盟和其他模式。其次,根据9种一级产学研合作模式关键词确定了90个二级关键词。例如,签订协议模式包含“签署”“签订”等;合作研发模式包含“研发”“开发”“项目”等;共建平台模式包含“中心”“博士后”“院士”“实验室”等;创建企业模式包含“公司”“集团”等;人才培养模式包含“实习”“奖学金”“人才”“培养”等;会议交流模式包含“会”“坛”“赛”等;考察调研模式包含“参观”“考察”“调研”等;行业联盟模式包含“联盟”等;其他模式包含“公益”“白皮书”“标准”等。(2)匹配:根据上述方式整理的90个合作模式关键词,通过 Python 程序在公司官网进行大规模的抓取和匹配。(3)加总:最后,对数据进行筛选、删除,最终确定了共计23149条有效的产学研合作数据。根据本文数据的收集方式,企业的子公司和高校、科研院所合作,同样视为和上市公司本身合作。按照 Perkmann 等(2021)^[22]学者的建议,将每家企业每年产学研合作模式出现的频数进行加总来构建产学研合作指标(*Academia-Industry-Collaboration, AIC*),并加1取对数。

产学研合作指标的有效性验证。已有研究表明,产学研合作与企业研发投入、企业技术人员数量和企业创新能力有着强关联^[3]。为了验证产学研合作(*AIC*)指标的有效性和准确性,本文进一步考察该指标与企业研发投入的对数值(*R&D*)、研发技术人员的对数值(*R&D_workers*)、企业专利申请总数的对数值(*Patent*)的正向关联。其中,本文用专利申请数量衡量企业的创新能力,原因在于专利申请量更能反映企业的创新效果,也更加稳定、可靠和及时。专利分为发明专利、实用新型专利与外观设计专利。本文参考现有研究的做法,用发明专利、实用新型专利与外观设计专利申请数量之和的自然对数衡量企业创新能力。我们参考模型(1)(见下文)的控制变量,将上述三个指标分别放入模型(1)中进行回归分析,结果如表1所示。产学研合作指标与企业研发投入、企业技术人员数量和企业创新能力均在1%的水平上显著,验证了产学研合作指标构建的有效性和准确性。

表1 产学研合作变量的有效性验证

变量	(1)	(2)	(3)
	<i>R&D</i>	<i>R&D_workers</i>	<i>Patent</i>
<i>AIC</i>	0.080*** (4.072)	0.065*** (3.320)	0.191*** (4.897)
<i>_cons</i>	-1.804** (-2.484)	-9.376*** (-19.544)	-3.663*** (-4.333)
<i>Control</i>	是	是	是
<i>Year/Pro/Ind</i>	是	是	是
<i>N</i>	3317	3320	4560
<i>R-sq</i>	0.686	0.589	0.346

注:***表示 $p < 0.01$, **表示 $p < 0.05$, *表示 $p < 0.1$ 。限于篇幅,省略控制变量,下同。

3. 机制变量。(1)人才效应($Masterate_{i,t+1}$)。本文用企业内部硕士及以上学历的员工占比衡量^[12],并选用 $t+1$ 期。(2)创新效应($Innovation_{i,t+1}$)。本文用研发支出占营业收入比例衡量^[52],并选用 $t+1$ 期。

4. 调节变量。(1)政府注意力(*Attention*)。高校是基础研究的“高地”和高质量科技人才的重要供给方。政府在基础研究和科技人才方面的注意力越多,产学研合作的效果越好。本文对2007年至2021年的274份地级市政府工作报告进行本文分析,共统计“基础研究”和“科技人才”27个关键词词频^[43]。其中,“基础研究”参考2018年颁布的《国务院关于全面加强基础科学研究的若干意见》提炼出以下关键词,包括:基础研究,科学研究,应用基础研究,核心技术,基础科学,前沿技术,原始创新,关键技术,社会公益技术。“科技人才”关键词包括:人才资源,海外高层次人才,留学人员,人才队伍建设,科技体制改革,人才强国战略,

科教兴国战略,科技成果,知识产权,科技创新,高层次人才,领军人才,创新团队,人才队伍,创新创业,科研人员,双创,创新驱动。根据基础研究和科技人才关键词出现的频数总数构建政府注意力指标。(2)市场化水平(*Market*)。参考樊纲等(2011)^[53]的研究,本文根据政府与市场关系、非国有经济发展、产品市场的发育程度、要素市场的发育程度和市场中介组织的发育与法律制度环境五项指标构建市场化总指数。(3)行业属性(*Hightech*)。高新技术企业的认定来自科技部对高新技术领域的认定,本文参考潘越等(2017)^[54]的研究,将以下行业确定为高新技术企业:医药制造业、铁路传播航天和其他运输设备制造业、软件和信息技术服务业、软件和信息技术服务业、化学纤维材料制造业、化学原料及化学制品制造业、仪器仪表制造业、计算机通信和其他电子设备制造业,其他行业归为非高新技术企业。如果企业属于高新技术企业,则赋值为1,否则为0。

5. 控制变量。本文的控制变量包括企业层面的控制变量、行业层面的控制变量和地区层面的控制变量。企业层面的控制变量包括企业规模(*Lsize*)、企业年龄(*Lnage*)、总资产收益率(*ROA*)、净资产收益率(*ROE*)、资产负债率(*LEV*)、资产结构(*Fasset*)、营业收入(*Lnor*)、企业所有权性质(*SOE*),以及公司治理层面的两职合一(*Duality*)、独立董事占比(*Indepen*)、CEO 平均任期(*Avetenure*)、CEO 平均年龄(*Aveage*)、CEO 平均学历(*Avedegree*)。行业层面的控制变量包括行业竞争度(*HHI*)。地区层面的控制变量包含地区经济水平(*GDP*)、数字经济发展水平(*Digitaleco*)。此外,企业数字化转型程度在不同省份、行业有着较大的差异,为了减轻省份和行业异质性的影响,以及避免宏观经济环境的时间变化趋势,本文对年份(*Year*)、行业(*Ind*)和省份(*Pro*)进行了固定效应控制。以上所有变量的定义和计算方式如表2所示。为了消除极端值的影响,本文对所有连续变量在上下1%水平上进行缩尾处理。

表2 主要变量定义与测量

变量名称	变量符号	测量方法
企业数字化转型	<i>Digital</i>	上市公司年报披露的数字化转型关键词频数总数
产学研合作	<i>AIC</i>	企业每年与高校院所开展的各类合作模式的频数总数
企业规模	<i>Lsize</i>	企业总资产的自然对数
企业年龄	<i>Lnage</i>	企业观测年份减去成立年份加1的自然对数
总资产收益率	<i>ROA</i>	企业净利润与总资产的比值
净资产收益率	<i>ROE</i>	企业净利润与所有者权益的比值
资产负债率	<i>LEV</i>	企业总负债与企业总资产的比值
资产结构	<i>Fasset</i>	固定资产净额与资产总额之比
营业收入	<i>Lnor</i>	企业营业收入的对数
企业所有权性质	<i>SOE</i>	若企业为国有企业,赋值为1,否则为0
两职合一	<i>Duality</i>	若企业 CEO 和总经理为同一个人,赋值为1,否则为0
独立董事占比	<i>Indepen</i>	企业独立董事与全部董事的比值
CEO 平均任期	<i>Avetenure</i>	CEO 担任总经理职位期限的平均值并进行标准化
CEO 平均年龄	<i>Aveage</i>	CEO 年龄的平均值并进行标准化
CEO 平均学历	<i>Avedegree</i>	基于 CEO 的最高学历计算 CEO 学历的平均值并进行标准化(1 = 中专,2 = 大专,3 = 大学,4 = 硕士,5 = 博士)
行业竞争度	<i>HHI</i>	即赫芬达尔指数;行业内的每家公司的主营业务收入与行业主营业务收入合计的比值的平方累加
地区经济水平	<i>GDP</i>	地区生产总值(亿元)
数字经济发展水平	<i>Digitaleco</i>	利用主成分分析法构建包含互联网普及率、互联网相关从业人员数、互联网相关产出、移动互联网用户数和数字金融普惠发展的综合指数

(三) 实证模型构建

本文采用 OLS 回归模型,并采用异方差稳健标准误,将基准模型设定如下:

$$Digital_{i,t+1} = \alpha_0 + \alpha_1 AIC_{i,t} + \sum CV + \sum Year + \sum Ind + \sum Pro + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中, i 表示企业, t 表示年份。 $Digital_{i,t+1}$ 表示企业 i 在 $t+1$ 期的数字化转型水平, $AIC_{i,t}$ 表示企业 i 在 t

期的产学研合作程度。 ΣCV 代表控制变量, $\Sigma Year$ 、 ΣInd 和 ΣPro 分别表示时间、行业和省份的固定效应。 $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。根据前文理论假设,如果AIC的系数 α_1 显著为正,则表明产学研合作促进了企业的数字化转型,与假设1相符。

四、中国上市公司产学研合作的描述

图1报告了2000—2020年上市公司在官网披露的产学研合作年度分布情况。可以看出,除了2020年,上市公司的产学研合作数量逐年增加,尤其从2010年开始产学研合作数量大幅增加。这与中国数字经济规模的快速扩张和数字技术的广泛应用的趋势主要体现在2010年以后相一致^[45]。这说明随着数字技术的发展,上市公司越来越重视与高校、科研院所的产学研合作。2020年暴发的新冠肺炎疫情,影响了产学研各主体在线下的合作与交流,因此数量有所下降。

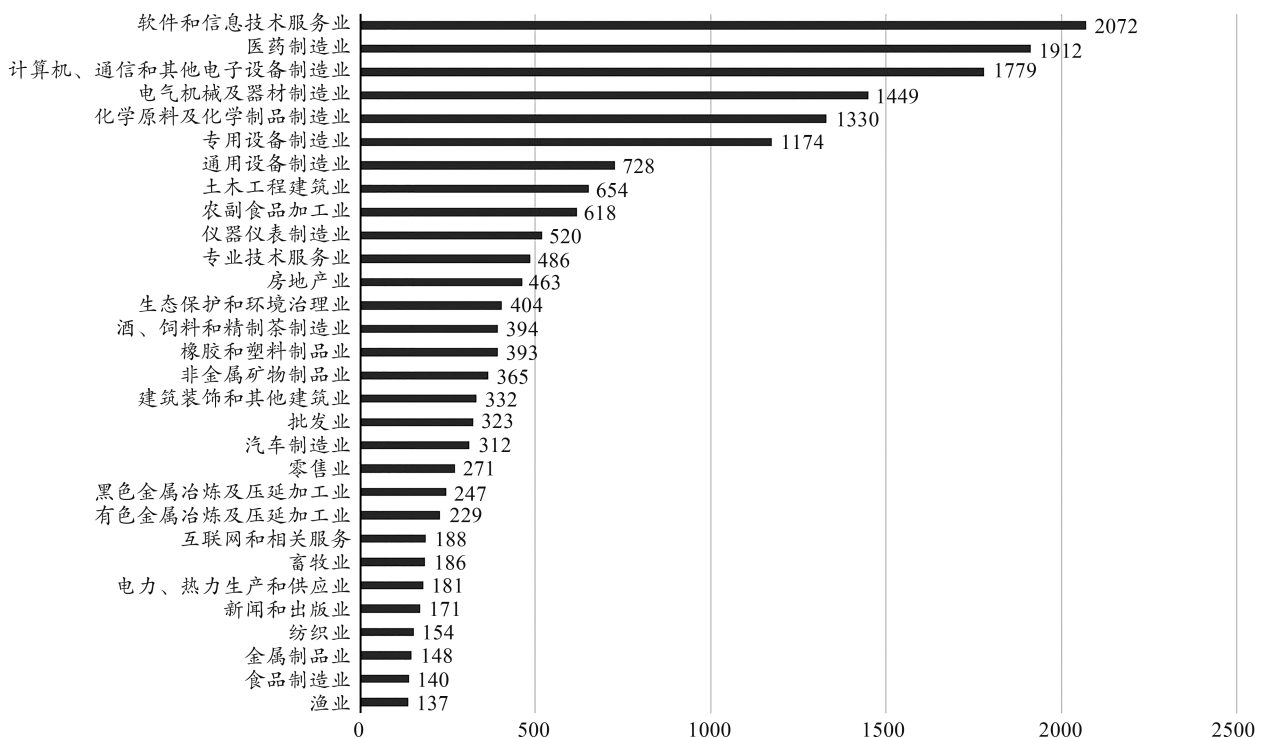


图1 上市公司产学研合作分年份统计

限于篇幅,本文选取了上市公司产学研合作数量最多的前30种行业进行分析(见图2)。可以发现,软件和信息技术服务业的产学研合作程度最高,合作数量达到2072次。医药制造业,计算机、通信和其他电子设备制造业,电气机械及器材制造业,化学原料及化学制品制造业,专用设备制造业等技术要求较高行业的产学研合作程度也较高,产学研合作数量均超过1000次。此外,由图2还可以看出,制造业企业的产学研合作程度较高,制造业产学研合作数量占有所有行业(前30种行业)产学研合作总数量的比例高达67%,其他行业占比相对较低。这表明产学研合作在行业间有较大的差异。

图3报告了31个省、市、自治区的上市公司产学研合作分地区统计信息,可以看出产学研合作存在显著的地域差异,在东部经济较为发达地区有着绝对优势,而在中西部较不发达地区产学研合作数量明显较少。其中,广东省以3528次产学研合作数量位居第一,占比达到全部省份的18%。产学研合作较多的省份分别是广东省、北京市、浙江省、江苏省、山东省与上海市,其产学研合作数量占产学研合作总数量比例均高于5%。而产学研合作较少的省份分别是宁夏回族自治区、西藏自治区、新疆维吾尔自治区、山西省、青海省、广西壮族自治区、贵州省、重庆市、黑龙江省、吉林省和天津市,其占比均低于1%。这说明产学研合作不仅存在较强的区域聚集性,还与经济发展水平或制度环境存在一定关联。

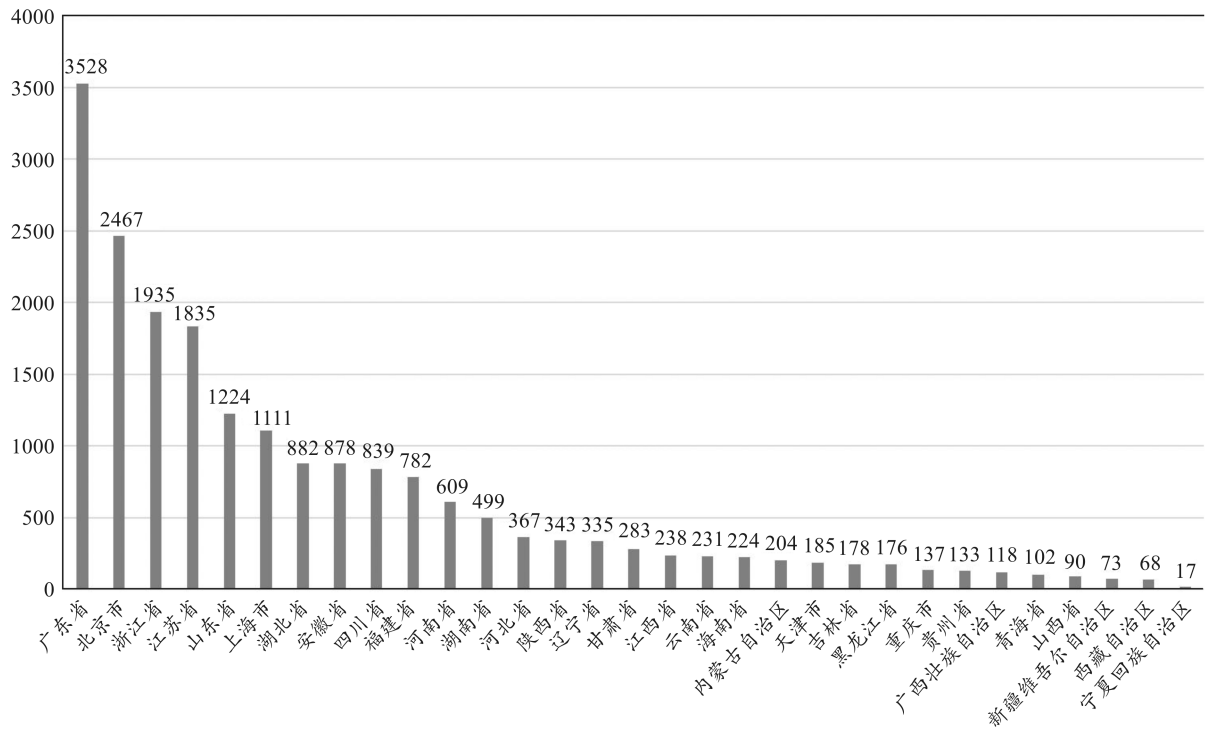


图2 上市公司产学研合作分行业统计

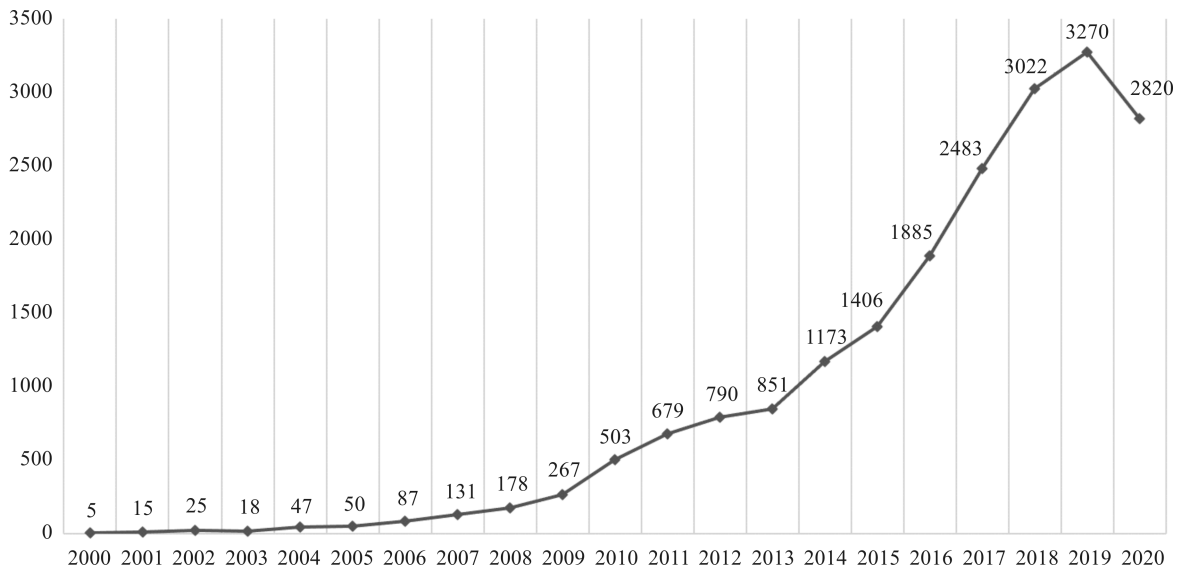


图3 上市公司产学研合作分地区统计

五、实证结果分析

(一) 描述性统计

主要变量的描述性统计结果如表3所示。样本企业的数字化转型水平 (*Digital*) 的均值为16.762,最大值为142,最小值为0,标准差为32.285,可见上市公司间的数字化转型程度差距较大。*AIC* 表示产学研合作,最大值为3.401,最小值为0,标准差为0.702,也表明上市公司间的产学研合作程度存在显著的差异。

表3 变量描述性统计结果

变量	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>p50</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>VIF</i>
<i>Digital</i>	4345	16.762	3.000	32.285	0.000	142.000	1.230
<i>AIC</i>	4345	1.386	1.386	0.702	0.000	3.401	1.020
<i>Lnsize</i>	4345	22.411	22.237	1.245	19.122	25.850	6.000
<i>Lnage</i>	4345	2.879	2.890	0.338	1.099	3.497	1.260
<i>ROA</i>	4345	0.040	0.038	0.066	-0.290	0.272	7.590
<i>ROE</i>	4345	0.063	0.073	0.138	-0.854	0.460	6.760
<i>LEV</i>	4345	0.432	0.427	0.196	0.054	0.940	2.070
<i>Fasset</i>	4345	0.194	0.161	0.145	0.002	0.723	1.050
<i>Lnor</i>	4345	21.729	21.587	1.406	17.470	25.283	6.090
<i>SOE</i>	4345	0.301	0.000	0.459	0.000	1.000	1.260
<i>Duality</i>	4345	0.298	0.000	0.457	0.000	1.000	1.140
<i>Indepen</i>	4345	0.375	0.333	0.054	0.200	0.571	1.030
<i>Avetenure</i>	4345	4.594	3.750	3.649	0.083	14.750	1.070
<i>Aveage</i>	4345	51.398	51.000	9.739	33.000	115.000	1.530
<i>Avedegree</i>	4345	3.603	4.000	1.055	1.000	9.000	1.500
<i>HHI</i>	4345	0.185	0.137	0.159	0.040	1.000	1.020
<i>GDP</i>	4345	1566.635	1119.060	1362.375	184.320	6582.210	1.070
<i>Digitaleco</i>	4345	1.509	1.583	1.027	-0.591	2.859	1.070

(二) 基本回归结果分析

表4报告了产学研合作对企业数字化转型的基准回归结果,列(1)报告了不考虑控制变量和固定效应的回归结果,*AIC*的估计系数为2.902,且在1%水平下显著。列(2)报告了考虑控制变量后的回归结果,*AIC*的估计系数降低至2.187,但依然在1%水平下显著。由图2和图3分析可知,产学研合作在行业和省份间分布广泛且存在较大差异,再加入年份、省份和行业的固定效应后重新进行回归,列(3)*AIC*的估计系数有所下降($\alpha = 1.695$),但是依然在1%水平下显著。这一结果从经济意义上看,如果产学研合作增加1个百分点,将使得企业的数字化程度增加1.695,相对于样本期间企业数字化转型程度的16.762而言提升了10%左右($1.695/16.762 \times 100\%$)。这说明,不管是在统计意义上还是经济意义上,产学研合作确实有助于企业的数字化转型,因此假设1得到验证。

表4 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	<i>Digital_{i+1}</i>	<i>Digital_{i+1}</i>	<i>Digital_{i+1}</i>
<i>AIC</i>	2.902*** (5.260)	2.187*** (3.360)	1.695*** (3.270)
<i>_cons</i>	9.752*** (12.694)	-7.255 (-0.730)	-41.626*** (-4.482)
<i>Control</i>	否	是	是
<i>Year/Pro/Ind</i>	否	否	是
<i>N</i>	6698	4345	4345
<i>Adj. R²</i>	0.005	0.156	0.463

注:***表示 $p < 0.01$, **表示 $p < 0.05$, *表示 $p < 0.1$ 。

(三) 内生性检验

前文的基本研究结论面临内生性问题的挑战。一方面,产学研合作能够为企业人才、技术、知识等异质性资源助力企业的数字化转型;另一方面,企业的数字化水平越高,数字转型绩效越好,对产学研合作的需求就越多。为了避免因反向因果造成的内生性问题,本文在基本回归中已经对被解释变量进行了滞后

一期。除此之外,本文利用工具变量法进一步对潜在的内生性问题加以处理。

本文采用合作院校等级和高管学术经历作为工具变量。(1)合作院校等级(*Degree*)是根据2022年全国高等学校名单,将国家“985工程”高校、“211工程”高校、其他高校分别赋值3、2、1,将中国工程院、中国科学院、中国社会科学院等同于“985工程”高校,中国工程院、中国科学院、中国社会科学院下属院所等同于“211工程”高校,其他科研院所赋值为1^[12]。由于高校间存在一定的分层格局,等级越高的高校,在生源与校友质量、师资水平、科研经费、社会声誉等多个方面都具有领先优势^[12]。因此,高校的等级越高,越吸引更多的企业合作,企业和高校的产学研合作程度越高的同时并不会对企业自身的数字化转型意愿产生影响,从而与其数字化转型程度无关,因此符合外生性要求。(2)高管学术经历是指企业高管团队内高管具备在高校、科研机构或者协会正式任职的经历^[55]。其中,高管是董事会和监事会成员之外对企业经营管理具有直接决策权力的管理人员,包含企业的首席执行官、总经理、执行总经理、副总经理、执行副总经理、总会计师、财务负责人^[56]。本文构建高管学术经历(*Academic*)的虚拟变量,如果高管具有学术经历则赋值为1,否则为0。如果高管具有在高校、科研机构或者协会正式任职的经历,那么校企之间的互动会更加频繁,能够有效扩展企业产学研合作的关系网络^[23],但对企业的数字化转型并没有显著的影响,符合外生性要求。

通过两阶段工具变量回归后发现,合作院校等级和高管是否具有学术经历对企业数字化转型有着显著影响,而在第二阶段剔除干扰因素后,产学研合作仍然显著提升了企业的数字化转型程度,表5汇报了工具变量法第二阶段的回归结果。不可识别检验显示 *Kleibergen-Paap rk LM* 统计量的结果在1%的水平上显著,拒绝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 *F* 检验在10%显著性水平上的临界值,拒绝弱工具变量的原假设;工具变量的过度识别检验显示 *p* 值大于0.1,接受原假设,说明本文所选的工具变量符合外生性要求。此外,为了稳健起见,本文使用了对弱工具变量更不敏感的有限信息最大似然法(LIML)。回归结果如表5列(2)所示,产学研合作依然显著提升了企业的数字化转型程度,因此本文结论保持稳健。

表5 工具变量法检验结果

变量	(1)	(2)
	2SLS	LIML
	<i>Digital_{t+1}</i>	<i>Digital_{t+1}</i>
<i>AIC</i>	4.840 ** (1.775)	4.852 ** (1.782)
<i>_cons</i>	-43.23 *** (11.87)	-43.23 *** (11.87)
<i>Control</i>	是	是
<i>Year/Pro/Ind</i>	是	是
<i>N</i>	4580	4580
<i>R-sq</i>	0.437	0.437
<i>Kleibergen-Paap rk LM statistic</i>	658.938 ***	658.938 ***
<i>Cragg-Donald Wald F statistic</i>	356.616 [19.93] ^①	356.616 [19.93]
<i>C</i> 统计量	<i>P</i> = 0.1119	<i>P</i> = 0.1119

注:***表示 $p < 0.01$, **表示 $p < 0.05$, *表示 $p < 0.1$ 。

(四) 稳健性检验

1. 更换企业数字化转型衡量指标。本文参考赵宸宇等(2021)^[57]的做法,对数字技术应用、互联网商业模式、智能制造、现代信息系统四个维度共计99个数字化转型相关词频进行统计。同样,本文用数字化转型

①方括号内为在10%的显著性水平上 *Stock-Yogo* 弱工具变量识别 *F* 检验的临界值。

词频数量之和衡量数字化转型程度。回归结果如表6列(1)所示,与表4结果一致,产学研合作在1%水平上显著促进了企业的数字化转型($\alpha = 5.931$),表明本文研究结论具备有效性和可靠性。

2. 更换产学研合作衡量指标。本文在基准回归结果采用的词频数据存在一定噪声,本文参考申宇等(2017)^[13]的做法,对归纳的九种产学研合作模式按照正式程度进行1—9分的权重赋值,经过处理后的指标回归结果如表6的列(2)所示,产学研合作依然在1%水平上显著促进了企业的数字化转型($\alpha = 0.963$)。

3. 更换回归模型。考虑到企业数字化转型存在左截尾特点,本文在表6列(3)汇报了控制时间、省份和行业固定效应的三重 Tobit 回归结果。可以看出,AIC 的估计系数在1%的水平上显著为正($\alpha = 2.782$),这与表4的回归结果一致,证明本文的结果具有稳健性。

4. 考虑时间因素。考虑到新冠肺炎疫情的影响,2020年的产学研合作样本数量明显减少,会对结果造成潜在的偏差。此外,考虑到中国数字经济规模的迅速扩张和数字技术高速发展及逐步应用的趋势主要体现在2010年以后^[45],因此同时也删除了2010年之前的数据。具体回归结果如表6的列(4)所示,企业产学研合作对数字化转型的影响依然在1%的水平上显著为正($\alpha = 1.691$),说明本文的回归结果稳健。

5. 排除企业策略性行为的可能。企业的数字化转型信息披露有夸大的可能,存在策略性宣传的嫌疑^[45]。本文参考现有研究做法^[58],开展了以下检验:(1)剔除了与高科技、计算机、互联网、主营业务与软件相关的企业以及创业板上市公司。因为创业板上市公司属于高新技术行业的较多,天然地与数字化、互联网、大数据有联系。(2)企业是否披露与数字化相关的信息受策略性行为的影响,本文剔除数字化词频为0的企业。(3)剔除样本期间由于信息披露问题受到过中国证券监督管理委员会或证券交易所处罚的企业。(4)借助模型估算企业数字化转型词汇的正常披露数量,将残差值位于前25%的企业删除后重新进行检验。表6的列(5)和列(8)报告了相应的检验结果,AIC 的系数均至少在5%的水平上显著为正($\alpha = 1.874, \alpha = 2.652, \alpha = 1.729, \alpha = 0.652$),表明本文的基本结论不受企业策略性信息披露行为的影响。

表6 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	更换因变量	更换自变量	更换回归模型	考虑时间因素
	$Digital_{i+1}$	$Digital_{i+1}$	$Digital_{i+1}$	$Digital_{i+1}$
AIC	5.931 *** (4.958)	0.963 *** (2.661)	2.782 *** (4.193)	1.691 *** (3.089)
_cons	-38.617 * (-1.916)	-42.021 *** (-4.516)	-95.904 *** (-7.714)	-41.456 *** (-4.308)
Control	是	是	是	是
Year/Pro/Ind	是	是	是	是
N	4345	4345	4345	3713
Adj. R ²	0.467	0.463	-	0.439

注:***表示 $p < 0.01$, **表示 $p < 0.05$, *表示 $p < 0.1$ 。

表6 稳健性检验结果(续表)

变量	(5)	(6)	(7)	(8)
	排除企业策略性行为			
AIC	1.874 *** (4.293)	2.652 *** (2.975)	1.729 ** (1.908)	0.652 *** (2.890)
_cons	-36.524 *** (-2.724)	-67.475 *** (-4.002)	-51.143 *** (-4.381)	-33.861 *** (-1.908)
Control	是	是	是	是
Year/Pro/Ind	是	是	是	是
N	1782	2634	3637	4100
Adj. R ²	0.427	0.403	0.392	0.401

注:***表示 $p < 0.01$, **表示 $p < 0.05$, *表示 $p < 0.1$ 。

六、扩展性分析

(一) 作用机制检验

根据前文的理论阐述,产学研合作对企业数字化转型的影响通过人才效应、创新效应发挥渠道作用。本文借鉴 Baron 和 Kenny(1986)^[59]的研究,采用逐步回归法设定如下的路径检验模型:

$$Digital_{i,t+1} = \beta_0 + \beta_1 AIC_{i,t} + \sum CV + \sum Year + \sum Ind + \sum Pro + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$Masterate_{i,t+1} = \beta_0 + \beta_1 AIC_{i,t} + \sum CV + \sum Year + \sum Ind + \sum Pro + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$Digital_{i,t+1} = \beta_0 + \beta_1 AIC_{i,t} + \beta_2 Masterate_{i,t+1}/Innovation_{i,t+1} + \sum CV + \sum Year + \sum Ind + \sum Pro + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

机制检验结果如表7所示,人才效应的检验结果如列(1)至列(3)所示。列(1)报告了模型(2)的检验结果, AIC 的估计系数显著为正($\alpha = 1.802$),说明产学研合作显著促进了企业的数字化转型。列(2)报告了模型(3)的检验结果, AIC 的估计系数在1%水平上显著为正($\alpha = 0.609$),说明通过科技人才的增加能够促进企业的数字化转型。列(3)报告了模型(4)的结果, $Masterate_{i+1}$ 的估计系数在1%水平上显著为正($\alpha = 0.579$), AIC 的回归系数的绝对值和 t 值均低于模型(2)($\alpha = 1.758$),并且 Sobel Z 值在1%的水平上显著。此外,通过 Bootstrap 检验可知,所有回归结果的置信区间均不包含0。假设2a 得到验证。^①

创新效应的机制检验结果如表7的列(4)至列(6)所示。列(6) $Innovation_{i+1}$ 估计系数在1%水平上显著为正($\alpha = 130.162$), AIC 的估计系数在1%水平上显著为正($\alpha = 1.575$),说明通过创新的增加能够显著促进企业的数字化转型。同样,模型(4)中 AIC 的回归系数的绝对值和 t 值均低于模型(2),并且 Sobel Z 值在10%的水平上显著。Bootstrap 检验的结果同样显示所有回归结果的置信区间均不包含0。因此,假设2b 得到验证。^②

表7 机制检验结果

变量	人才效应			创新效应		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	$Digital_{i+1}$	$Masterate_{i+1}$	$Digital_{i+1}$	$Digital_{i+1}$	$Innovation_{i+1}$	$Digital_{i+1}$
AIC	1.802*** (3.302)	0.609*** (4.535)	1.758*** (2.706)	1.695*** (3.270)	0.001* (1.683)	1.575*** (2.872)
$Masterate_{i+1}$			0.579*** (5.086)			
$Innovation_{i+1}$						130.162*** (4.700)
$_{-}cons$	-43.213*** (-4.436)	1.535 (0.555)	-43.217*** (-3.812)	-41.626*** (-4.482)	0.065*** (7.899)	-54.926*** (-5.427)
$Control$	是	是	是	是	是	是
$Year/Pro/Ind$	是	是	是	是	是	是
N	4300	3282	3389	4345	4165	4017
$Adj. R^2$	0.457	0.275	0.473	0.463	0.402	0.468
Sobel Z p 值	-	-	0.000	-	-	0.061

注:***表示 $p < 0.01$, **表示 $p < 0.05$, *表示 $p < 0.1$ 。

(二) 调节效应检验

本文构建模型(5)以检验在不同的政府注意力水平下,产学研合作对企业数字化转型的调节效应。对高新技术企业和市场化水平的检验,将 $Attention$ 分别替换成 $Hightech$ 和 $Market$,其他变量不变。

①本文还用技术人员数量/员工总数衡量人才效应,回归结果显示 AIC 的系数显著为正。

②本文还用企业专利申请数量作为衡量创新效应,回归结果显示 AIC 的系数显著为正。

$$Digital_{i,t+1} = \gamma_0 + \gamma_1 AIC_{i,t} + \gamma_2 Attention_{i,t} + \gamma_3 AIC \times Attention_{i,t} + \sum CV + \sum Year + \sum Ind + \sum Pro + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

表8是利用模型(5)对假设3进行检验的结果。根据列(1)的结果,加入政府注意力变量 *Attention* 和其交乘项后,产学研合作对企业数字化转型的影响依然在1%的水平上显著为正($\alpha = 1.462$), *Attention* 的回归系数值不显著为负。*AIC* × *Attention* 的系数估计值显著为正,且在10%水平上显著($\alpha = 0.012$)。表明政府在基础研究和科技人才方面的注意力越高,产学研合作对企业数字化转型的促进效果就越显著。假设3a得到支持。根据列(2)的结果,在加入高新技术企业 *Hightech* 和其交乘项后,产学研合作对企业数字化转型的影响在5%的水平上显著为正($\alpha = 1.127$)。*Hightech* 的估计系数值显著为正($\alpha = 1.510$),表明高新技术企业对企业数字化转型存在直接的正向影响。*AIC* × *Hightech* 的系数在5%水平上显著($\alpha = 2.364$)。这表明相较于非高新技术企业,高新技术企业对产学研合作与企业数字化转型关系的促进效应更强。假设3b得到支持。根据列(3)的结果,加入市场化水平 *Market* 和其交互项后,产学研合作对企业数字化转型的影响在1%的水平上显著为正($\alpha = 1.332$), *Market* 的回归系数值不显著为负($\alpha = -0.534$)。*AIC* × *Market* 的系数估计值显著为正,且在5%水平上显著($\alpha = 0.651$)。这说明市场化水平程度越高,产学研合作对企业数字化转型的推动作用越明显。假设3c得到支持。

为进一步验证调节变量对主效应影响结果的稳健性,本文对三个调节变量进行分组检验,分别将样本分为高政府注意力和低政府注意力两组、高新技术企业和非高新技术企业两组、高市场化水平和低市场化水平两组。表9的前两列结果显示,当政府对基础研究和科技人才的注意力高时,产学研合作对企业数字化转型的影响更强,在1%的水平上显著为正($\alpha = 2.366$)。当政府的注意力低时,二者关系为正但并不显著($\alpha = 0.470$)。列(3)和列(4)的结果表明,当企业属于高新技术行业时,产学研合作对企业数字化转型的影响更强,在1%的水平上显著为正($\alpha = 2.394$);当企业不属于高新技术行业时,产学研合作对企业数字化转型的影响为正但并不显著($\alpha = 0.189$)。最后两列结果说明,当企业位于市场化水平高的地区时,产学研合作对企业数字化转型的影响更强,在1%的水平上显著为正($\alpha = 2.669$),当企业位于市场化水平低的地区时,产学研合作对企业数字化转型的影响为正但并不显著($\alpha = 0.464$)。上述分组回归检验结果与交乘项检验结果含义一致,说明本文调节效应结果的稳健性。

表8 调节效应交乘项检验结果

变量	(1)	(2)	(3)
	<i>Digital_{i+1}</i>	<i>Digital_{i+1}</i>	<i>Digital_{i+1}</i>
<i>AIC</i>	1.462*** (2.622)	1.127** (2.279)	1.332*** (2.740)
<i>Attention</i>	-0.006 (-0.625)		
<i>AIC</i> × <i>Attention</i>	0.012* (1.871)		
<i>Hightech</i>		1.510* (1.721)	
<i>AIC</i> × <i>Hightech</i>		2.364** (2.447)	
<i>Market</i>			-0.534 (-0.823)
<i>AIC</i> × <i>Market</i>			0.651** (2.348)
<i>Control</i>	是	是	是
<i>Year/Pro/Ind</i>	是	是	是
<i>N</i>	4237	4344	4248
<i>Adj. R²</i>	0.459	0.464	0.467

注:***表示 $p < 0.01$, **表示 $p < 0.05$, *表示 $p < 0.1$ 。

表9 调节效应分组检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	高政府注意力 <i>Digital_{i+1}</i>	低政府注意力 <i>Digital_{i+1}</i>	高新技术企业 <i>Digital_{i+1}</i>	非高新技术企业 <i>Digital_{i+1}</i>	高市场化水平 <i>Digital_{i+1}</i>	低市场化水平 <i>Digital_{i+1}</i>
<i>AIC</i>	2.366*** (3.496)	0.470 (0.486)	2.394*** (3.170)	0.189 (0.284)	2.669*** (3.508)	0.464 (0.734)
<i>Controls</i>	是	是	是	是	是	是
<i>Year/Pro/Ind</i>	是	是	是	是	是	是
<i>N</i>	2613	1624	2612	1932	2645	1603
<i>Adj. R²</i>	0.420	0.506	0.472	0.478	0.470	0.495

注:***表示 $p < 0.01$, **表示 $p < 0.05$, *表示 $p < 0.1$ 。

(三) 作用后果检验:数字化成果

产学研合作是推动创新要素聚、提升创新供给能力、突破关键核心技术瓶颈的重要系统,以推动科技成果转化和产业化为目标^[19]。上市公司关键词的词频分析仅代表企业的数字化转型意愿和程度,但是产学研合作是否能切实促进企业数字化成果的产出,还需要进一步分析。

本文取自 CSMAR 企业转型数据库中的数字创新标准工作、数字创新论文数量、数字国家级奖项三类成果指标,并将三类成果的数量进行加总,构建了衡量数字化成果的指标 ($Digitalproduct_{i,t+1}$)。其中,数字创新标准工作是当年参与国家标准制定数量和当年参与行业标准制定数量之和,标准名称中均涉及数字化关键词。数字创新论文数量是国内期刊发表的论文数量和国外期刊发表论文的数量之和,其中,国内期刊发表的论文来自中国知网,涉及计算机软件及计算机应用、互联网技术、电信技术学科,国外期刊发表论文来源 Scopus,限定学科 Computer Science。数字国家级奖项指标是指国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖,获奖项目名称涉及数字化关键词。与前文做法一致,本文采用逐步回归法设定如下的路径检验模型:

$$Digitalproduct_{i,t+1} = \delta_0 + \delta_1 AIC_{i,t} + \sum CV + \sum Year + \sum Ind + \sum Pro + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

$$Digital_{i,t+1} = \delta_0 + \delta_1 AIC_{i,t} + \sum CV + \sum Year + \sum Ind + \sum Pro + \varepsilon_{i,t} \quad (7)$$

$$Digitalproduct_{i,t+1} = \delta_0 + \delta_1 AIC_{i,t} + \delta_2 Digital_{i,t+1} + \sum CV + \sum Year + \sum Ind + \sum Pro + \varepsilon_{i,t} \quad (8)$$

表10报告了产学研合作对数字化成果的中介效应结果。列(1)报告了模型(6)的检验结果,AIC的系数在1%水平上显著为正($\alpha = 0.187$),说明产学研合作显著地促进了企业数字化成果。列(2)与前文表5基准回归结果一致,产学研合作显著促进了企业的数字化转型($\alpha = 1.823$)。列(3)报告了模型(8)的结果, $Digital_{i,t+1}$ 的系数在1%水平上显著为正($\alpha = 0.007$),AIC的系数则在数值和t统计值上均有所下降($\alpha = 0.173$)。此外,中介效应 Sobel 检验显示,对应的Z统计量在1%的水平上显著。本文主结论所发现的产学研合作对企业数字化转型的推动作用能够进一步提升企业数字化成果的有效产出。这说明产学研合作体系能够通过数字人才链、技术链、创新链多链融合回应企业数字化转型的需要,推动数字科技成果转化^[19]。

表10 产学研合作对数字化成果的影响

变量	(1)	(2)	(3)
	$Digitalproduct_{i,t+1}$	$Digital_{i,t+1}$	$Digitalproduct_{i,t+1}$
AIC	0.187 *** (4.130)	1.823 *** (3.258)	0.173 *** (3.836)
$Digital_{i,t+1}$			0.007 *** (4.057)
_cons	-8.483 *** (-8.464)	-42.947 *** (-4.335)	-8.195 *** (-8.284)
Control	是	是	是
Year/Pro/Ind	是	是	是
N	4345	4344	4343
Adj. R ²	0.193	0.450	0.202
Sobel Z p 值	—	—	0.000

注:***表示 $p < 0.01$, **表示 $p < 0.05$, *表示 $p < 0.1$ 。

七、结论与启示

(一) 研究结论

本文从 A 股上市公司的产学研合作新闻报道入手,以2011—2020年我国 A 股上市公司为样本,基于协同创新、开放式创新等理论视角,对产学研合作对数字化转型的影响路径与边界条件进行了理论解释、

数据分析与实证检验。结果表明:(1)企业和高校、科研院的合作,能够提升企业的数字化转型水平。采用合作院校等级和高管学术经历作为工具变量重新检验后依然验证了该结论的稳健性。通过更换核心变量的衡量指标、更换回归模型、考虑时间因素和排除企业策略性行为的解释等一系列稳健性检验后,该结论依然成立。(2)机制检验分析发现,产学研合作不仅可以通过为企业输送丰富的数字化人力资本促进数字化转型,还可以通过赋予企业前瞻性的创新技术推动数字化转型。(3)异质性分析结果表明,当政府在科技人才与基础研究投入的注意力越多,产学研合作对数字化转型的促进作用越强;产学研合作对企业数字化转型的促进效果在高新技术行业样本中更加显著;产学研合作对企业数字化转型的推动作用主要体现在高市场化水平地区的企业样本中。(4)进一步地,本文还发现了产学研合作能够通过影响企业数字化转型水平促进数字化成果的产出,包括数字创新标准工作、数字创新论文数量和数字国家级奖项。

(二) 研究启示

在当前数字经济蓬勃发展和科技体制深化改革的关键时期,从产学研合作视角考察企业数字化转型的影响因素及其作用后果,有利于充分发挥产学研深度融合在提升企业数字化转型和产业结构升级中的资源配置作用,有效解决产业发展面临的关键技术瓶颈约束^[8],同时为优化产学研合作和数字化转型相关政策提供了根植于中国企业实践的基础。

本文的研究启示在于:(1)完善产学研合作数字人才培养模式。高校、科研院所的数字技术攻关及智能制造人才体系,可以赋能企业的数字化转型升级。企业和高校应协同发力,以数字化人才培养模式和数字化课程改革为抓手,以企业转型需求为导向,共建大数据、脑科学、人工智能等主题的协同创新中心,借助平台优势跨界交叉培养复合型数字人才。政府则要引导校企共建数字人才培养机制,鼓励企业自主引进数字经济高端人才。(2)健全产学研合作数字成果转化机制。科技成果高效转化机制既是实施创新驱动发展战略的重要任务,也是加强科技与经济紧密结合的关键环节。产学研合作是促进数字化成果产出的重要途径,融合产学研合作体系数字化人才链、技术链、创新链产出优质技术成果的同时,还要继续推动数字成果转化落地,致力于为企业、产业和社会数字化建设提供技术支持。(3)加强产学研合作数字基础研究攻关。基础研究是孕育核心技术的肥沃土壤,更是推进制造业数字化转型的创新根源^[5]。高校作为基础研究的引领者,应充分整合高校和科研院所在提供智力资本、先进知识和前沿技术的优势,加强对基础学科学院的注意力关注和资源倾斜力度,提高基础研究科研人员的自主决策权和选题权,充分发挥政府在产学研合作中的参与者、服务者和引导者作用。(4)优化产学研合作数字经济市场环境。组织制度环境对产学研合作促进企业数字化转型具有重要影响。政府要进一步提高地区市场化程度,完善知识产权保护制度和相关法制建设,优化数字经济人才发展和技术创新发展环境,重点加强市场化程度薄弱地区的建设工作。

(三) 研究展望

首先,尽管利用本文分析的方法对产学研合作与企业数字化转型的关系进行了实证检验,但尚未区分产学研合作的广度和深度对企业数字化转型的精准分析。如何进一步区分产学研合作的广度和深度^[13],从而更为细致地考察二者对数字化转型的作用机理,未来的相关研究可以开展更为深入的探索。其次,不同类型的产学研合作模式,例如正式合作和非正式合作^[51]对企业数字化转型的作用方式和影响机制有何不同,相关研究也可以进行更为全面的分析。再次,产学研合作对企业数字化转型的影响是否存在负向关系、非线性关系也值得未来研究进一步探究。最后,数字化转型不是一蹴而就的,其复杂的转型过程可以分为不同阶段^[20]。在数字化转型的不同阶段,企业所处的情境与面临的任務均有不同,影响因素也会有所差异,产学研合作是否以及如何对不同的数字化转型阶段产生作用,有待未来研究进一步检验。

参考文献:

- [1] JAFFE A B. Real effects of academic research[J]. American Economic Review, 1989, 79(5): 957-970.
- [2] ROSENBERG N, NELSON R R. American universities and technical advance in industry[J]. Research Policy, 1994, 23(3): 323-348.

- [3] KAFOUROS M, WANG C, PIPEROPOULOS P, et al. Academic collaborations and firm innovation performance in China: the role of region-specific institutions[J]. *Research Policy*, 2015, 44(3): 803-817.
- [4] 俞彬, 蔡凯星, 钱美芬, 等. 多元研发模式对企业价值影响动态演进研究——基于光学制造隐形冠军的案例[J]. *管理世界*, 2022(6): 139-157.
- [5] 李滋阳, 石宏伟, 罗建强, 等. 高校产学研推进制造业数字化转型的瓶颈、机遇与路径[J]. *青海社会科学*, 2021(3): 110-118.
- [6] 戚聿东, 肖旭. 数字经济时代的企业管理变革[J]. *管理世界*, 2020(6): 135-153.
- [7] 张羽飞, 原长弘. 产学研深度融合突破关键核心技术的演进研究[J]. *科学学研究*, 2022(5): 852-862.
- [8] 贺远琼, 刘路明, 田志龙, 等. “政产学研”如何驱动“卡脖子”技术的双核创新? ——基于华中数控的纵向案例研究[J/OL]. *南开管理评论*, 2022. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.f.20220909.1130.004.html>.
- [9] MUBARAK M F, PETRAITE M. Industry 4.0 technologies, digital trust and technological orientation: what matters in openinnovation? [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 161(2): 1-11.
- [10] 袁胜超. 数字化驱动了产学研协同创新吗? ——兼论知识产权保护与企业吸收能力的调节效应[J]. *科学学与科学技术管理*, 2023(4): 60-81.
- [11] 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(7): 130-145.
- [12] 权小锋, 刘佳伟, 孙雅倩. 设立企业博士后工作站促进技术创新吗? ——基于中国上市公司的经验证据[J]. *中国工业经济*, 2020(9): 175-192.
- [13] 申宇, 赵玲, 吴风云. 创新的母校印记: 基于校友圈与专利申请的证据[J]. *中国工业经济*, 2017(8): 156-173.
- [14] GEORGE G, ZAHRA S A, WOOD D R. The effects of business-university alliances on innovative output and financial performance: a study of publicly traded biotechnology companies[J]. *Journal of Business Venturing*, 2002, 17(6): 577-609.
- [15] HANEL P, ST-PIERRE M. Industry-university collaboration by Canadian manufacturing firms[J]. *Journal Technology Transfer*, 2006, 31(4): 485-499.
- [16] 刘向东, 米壮, 何明钦等. 零售数字化创新与企业竞争力——基于利益相关者视角的实证研究[J]. *商业经济与管理*, 2022(5): 5-17.
- [17] 张叶青, 陆瑶, 李乐芸. 大数据应用对中国企业市场价值的影响——来自中国上市公司年报文本分析的证据[J]. *经济研究*, 2021(12): 42-59.
- [18] JOHNSTON A, HUGGINS R. *Networks, SMEs, and the university: the process of collaboration and open innovation* [M]. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2021.
- [19] 陈茜, 肖钦文, 郝江江, 等. 产学研用一体化推进数字社会建设的实践路径研究[J]. *科技广场*, 2023(1): 35-43.
- [20] HANELT A, BOHNSACK R, MARZD, et al. A systematic review of the literature on digital transformation: insights and implications for strategy and organizational change[J]. *Journal of Management Studies*, 2021, 58(5): 1159-1197.
- [21] 郑琼洁, 姜卫民. 数字经济视域下制造业企业数字化转型研究——基于企业问卷调查的实证分析[J]. *江苏社会科学*, 2022(1): 137-149.
- [22] PERKMANN M, SALANDRA R, TARTARI V, et al. Academic engagement: a review of the literature 2011-2019[J]. *Research Policy*, 2021, 50(1): 1-20.
- [23] 王雯岚, 许荣. 高校校友联结促进公司创新的效应研究[J]. *中国工业经济*, 2020(8): 156-174.
- [24] VIAL G. Understanding digital transformation: a review and a research agenda[J]. *Journal of Strategic Information Systems*, 2019, 28(2): 118-144.
- [25] 吴江, 陈婷, 龚艺巍, 等. 企业数字化转型理论框架和研究展望[J]. *管理学报*, 2021(12): 1871-1880.
- [26] 陈春花. 传统企业数字化转型能力体系构建研究[J]. *人民论坛·学术前沿*, 2019(18): 6-12.
- [27] PETRUZZELLI A M, MURGIA G, PARMENTOLA A. How can open innovation support SMEs in the adoption of i4.0 technologies? An empirical analysis[J]. *R&D Management*, 2021, 52(4): 615-632.
- [28] 陈劲, 阳银娟. 协同创新的理论基础与内涵[J]. *科学学研究*, 2012(2): 161-164.
- [29] ETZKOWITZ H, LEYDESDORFF L. The dynamics of innovation: from national systems and “mode 2” to a triple helix of university-industry-government relations[J]. *Research Policy*, 2000, 4(10): 109-123.
- [30] 何郁冰. 产学研协同创新的理论模式[J]. *科学学研究*, 2012(2): 165-174.

- [31] BRYNJOLFSSON E, ROCK D, SYVERSON C. The productivity J-curve : how intangibles complement general purpose technologies[J]. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2021, 13(1) : 333-372.
- [32] 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.
- [33] ZANGIACOMI A, PESSO E, FORNASIERO R, et al. Moving towards digitalization : a multiple case study in manufacturing[J]. *Production Planning & Control*, 2020, 31(2-3) : 143-157.
- [34] SHAMIM S, CANG S, YU H, et al. Management approaches for Industry 4.0 : a human resource management perspective[J]. *IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, 2016, 2(11) : 1-8.
- [35] TAMBE P. Big data investment, skills, and firm value[J]. *Management Science*, 2014, 60(6) : 1452-1469.
- [36] GIOTOPOULOS I, KONTOLAIMOU A, KORRA E, et al. What drives ICT adoption by SMEs? Evidence from a large-scale survey in Greece[J]. *Journal of Business Research*, 2017, 81(2) : 60-69.
- [37] 王武东, 李小文, 夏建国. 工程教育改革发展和新工科建设的若干问题思考[J]. *高等工程教育研究*, 2020(1) : 52-55.
- [38] ZUCKER L G, DARBY M R, ARMSTRONG J. Geographically localized knowledge : spillovers or markets? [J]. *Economic Inquiry*, 1998, 36(1) : 65-86.
- [39] CHOI J D, LEE, J S, BAE Z T. When do firms focus on public research? Evidence from U. S. medical device industry[J]. *Industry and Innovation*, 2019, 26(6) : 667-689.
- [40] BOZEMAN B. Technology transfer and public policy : a review of research and theory[J]. *Research Policy*, 2000, 29(4-5) : 627-655.
- [41] ANDERSON J R. *Cognitive psychology and its implications*[M]. New York : Worth Publishers, 2004.
- [42] 章文光, 刘志鹏. 注意力视角下政策冲突中地方政府的行为逻辑——基于精准扶贫的案例分析[J]. *公共管理学报*, 2020(4) : 152-162.
- [43] 许治, 张建超. 新中国成立以来政府对科技人才注意力研究——基于国务院政府工作报告(1954—2019年)文本分析[J]. *科学学与科学技术管理*, 2020(2) : 19-32.
- [44] 原毅军, 孙大明. 合作研发影响制造业技术升级的机理及实证研究[J]. *经济学家*, 2017(8) : 49-55.
- [45] 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.
- [46] 陈庆江, 王彦萌, 万茂丰. 企业数字化转型的同群效应及其影响因素研究[J]. *管理学报*, 2021(5) : 653-663.
- [47] RAJALO S, VADI M. University-industry innovation collaboration : reconceptualization[J]. *Technovation*, 2017, 3(62) : 42-54.
- [48] 白云霞, 王砚萍. 官员访问与公司雇员[J]. *科研管理*, 2019(5) : 254-263.
- [49] SCHARTINGER D, RAMMER C, FISCHER MM, et al. Knowledge interactions between universities and industry in Austria : sectoral patterns and determinants[J]. *Research Policy*, 2002, 31(3) : 303-328.
- [50] ANKRAH S, AL-TABBAA O. University-industry collaboration : a systematic review[J]. *Scandinavian Journal of Management*, 2015, 5(31) : 387-408.
- [51] 仲伟俊, 梅姝娥, 谢园园. 产学研合作技术创新模式分析[J]. *中国软科学*, 2009(8) : 174-181.
- [52] TYLER B B, CANER T. New product introductions below aspirations, slack and R&D alliances : a behavioral perspective[J]. *Strategic Management Journal*, 2016, 37(5) : 896-910.
- [53] 樊纲, 王小鲁, 马光荣. 中国市场化进程对经济增长的贡献[J]. *经济研究*, 2011(9) : 4-16.
- [54] 潘越, 肖金利, 戴亦一. 文化多样性与企业创新 : 基于方言视角的研究[J]. *金融研究*, 2017(10) : 146-161.
- [55] 周楷唐, 麻志明, 吴联生. 高管学术经历与公司债务融资成本[J]. *经济研究*, 2017(7) : 169-183.
- [56] BAMBER L S, JIANG J X, WANG I Y. What's my style? The influence of top managers on voluntary corporate financial disclosure? [J]. *Accounting Review*, 2010, 85(4) : 1131-1162.
- [57] 赵宸宇, 王文春, 李雪松. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. *财贸经济*, 2021(7) : 114-129.
- [58] 翟华云, 李倩茹. 企业数字化转型提高了审计质量吗? ——基于多时点双重差分模型的实证检验[J]. *审计与经济研究*, 2022(2) : 69-80.
- [59] BARON R M, KENNY D A. The moderator-mediator variable distinction in social psychological research : conceptual, strategic, and statistical considerations [J]. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1986, 51(6) : 1173-1182.

