

数实融合对企业创新质量的影响研究

——基于制造业上市公司的经验证据

张伟 张思齐

内容提要:数字经济背景下,以数实融合赋能实体经济创新发展,是实现经济高质量发展的重要着力点。基于2011—2019年中国A股制造业上市公司等数据,本文构造了数实融合指标体系,系统考察数实融合对制造业企业创新质量的影响及作用机制。研究发现,数实融合提高了企业创新质量,上述效应在国有企业、高科技企业以及位于政府数字关注度较高和公共数据开放地区的企业中更为明显。机制分析结果表明,企业研发强度增强、信息透明度提高和市场竞争加剧构成了数实融合影响创新质量的作用渠道。本文的研究为推进数实融合、促进制造业企业提升创新质量和实现高质量发展提供了事实依据与政策启示。

关键词:数实融合 创新质量 研发强度 信息透明度 市场竞争

中图分类号:F273.1

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2025)07-0128-17

一、问题提出

推动数字经济与实体经济深度融合已成为一项重要的国家战略。党的二十届三中全会指出,要健全促进实体经济和数字经济深度融合制度,加快推进新型工业化和建设现代化产业体系,把握新一轮科技革命和产业变革的新机遇。数字经济与实体经济融合,主要指数据作为新型生产要素全面渗透实体经济,提供实体经济所需的信息和知识,推动资源优化和重组的过程^[1]。与此同时,在经济高质量发展阶段,创新构成第一推动力,根据世界知识产权组织发布的2023年全球创新指数,中国目前的创新指数排在第12位,仍然存在创新“数量缺口”,同时需要逐步缩小“质量差距”。因此,数实融合能否有效提高中国企业的创新质量,厘清数实融合推动企业创新质量提高的影响机制,构成了数字经济背景下的重要研究问题。

当前中国数字经济和实体经济的融合程度不断加深,根据中国信息通信研究院发布的《中国数字经济发展研究报告(2024年)》,2023年三次产业数字经济渗透率分别为10.78%、25.03%和45.63%,在三次产

收稿日期:2024-12-02;修回日期:2025-06-13

基金项目:国家自然科学基金重大项目“数字经济反垄断理论与政策研究”(72192842);中央高校基本科研业务费专项资金“数字经济背景下的企业创新机制与实现路径研究”(IFYT18024)

作者简介:张伟 山东大学经济学院教授、博士生导师,济南,250100;

张思齐 山东大学经济学院硕士研究生。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

业中呈现出非均衡渗透特征^[2],而且第二产业数字经济渗透率增幅首次超过第三产业。制造业是第二产业的支柱,不同于服务业本身就具有的较高数字化适应性,制造业的数实融合潜力巨大,但近年来,中国制造业特别是高端制造业的关键核心技术面临严重的“卡脖子”问题。在此背景下,以制造业与数字经济深度融合推动产业链、创新链协同发展,构成破除“低端锁定”的重要支撑。

本文采用制造业上市企业的财务数据、年报信息以及地级市数字经济发展的相关数据,构建了企业层面的数实融合指标体系,利用各项专利涉及的国际专利分类(international patent classification, IPC)号及其被引用信息来衡量企业创新质量水平,通过构建双向固定效应模型,实证分析数实融合对企业创新质量的影响及内在作用机理。

本文的边际贡献主要体现在三方面。第一,目前文献对数实融合经济效应的研究多集中于宏观层面的理论分析,本文基于制造业企业的微观视角,实证考察了数实融合对企业创新质量的影响,为后续微观层面数实融合的研究提供参考。第二,以企业为切入点,从数字经济融入、融合环境和数实融合过程等层面构建数实融合指标体系,考察了数实产业技术融合^[3]之外的其他融合维度,有助于理解数字经济在向实体企业内部渗透和提供外部数字环境的综合作用下对企业生产、销售和管理的各环节改造,进而影响企业的创新质量。第三,拓展了数实融合对企业创新质量作用机制的研究。本文以企业自身开展数字化转型并利用外部数字经济环境有利条件为视角,发现数实融合可通过研发强度效应、信息透明度效应和市场竞争效应提升企业的创新质量,为深入推进数实融合和加快经济高质量发展方面的政策制定提供可行依据。

本文其他部分安排如下:第二部分为文献综述;第三部分为理论分析与假设提出;第四部分为研究设计;第五部分为主要实证结果与分析;第六部分为影响机制与异质性分析;最后提出研究结论与政策启示。

二、文献综述

数实融合,即数字化各要素与非数字实体经济的融合应用,最终使数字经济赋能实体经济进而推动经济高质量发展。根据中国电子技术标准化研究院发布的《企业数字化转型白皮书(2021版)》,随着数字技术不断发展,传统产业迅速引入云计算、人工智能、大数据等新型技术,将企业上下游生产要素、组织协作关系数字化,促进全链路资源优化整合,推动企业主动转型,提高企业经济效益或形成新的商业模式。数字经济主要包含数字产业化和产业数字化,其中产业数字化是数字经济发展的主要形式,而数实融合则以企业数字化转型为基础,涉及微观企业与支撑企业实现数实融合的产业生态。首先,与数字化转型相比,数实融合在强调数字经济和实体经济互动发展的同时,更加突出实体经济在国民经济中的地位,体现了“坚持把发展经济的着力点放在实体经济上”的战略目标;其次,数实融合还需要实现数字型要素与传统生产要素以及数字技术与生产技术之间的融合发展,促进实体经济转型升级。此外,企业既是实体经济主体也是数实融合的基本单元,微观层面上的数实融合分析,不应过于侧重企业的数字化转型^[4],实体企业在与数字经济融合的过程中,表现出对包括数字基础设施、数字产业在内的外部数字经济环境的高度依赖^[5]。

目前针对数实融合的研究主要从两方面展开,一是探讨如何推动数字经济和实体经济的融合,即数实融合形成的途径、机理及发展模式等;二是分析数实融合的经济发展效应。陈雨露(2023)发现微观视角的数实融合围绕着数字化战略、业务数字化、管理数字化、资源与能力数字化以及数字化价值挖掘五个方面展开,产业层面的数实融合则通过数字产业化和产业数字化实现,宏观层面数实融合的主要途径包括生产方式、生活方式以及社会经济运行方式三个方面的数字化转型^[6]。王定祥等(2023)立足实体企业不同经营节点,总结了生产资料购买、生产销售、管理和资源配置环节的四种融合模式^[7]。数实融合过程还会产生一系

列经济效应,一些研究利用耦合评价模型测算了省级数实融合水平,发现数实融合能够赋能宏观经济长期增长^[8]、改善要素市场扭曲^[9]、推动新型工业化^[10]。在微观层面,已有研究更多关注数实技术方面的融合,例如使用上市公司非数字产业引用数字产业专利次数衡量融合数量^[3],分析了数实融合对新质生产力发展^[11]、企业全要素生产率^[3]、绿色创新^[12]等的影响,以及将“新型实体企业”作为数实融合的重要载体分析其如何提升经济发展质量^[4]。在创新研究方面,部分研究发现数字化转型一定程度上促进了企业创新“增量”,但“提质”效果不佳^[13];也有学者发现数字经济有利于促进企业开展突破式创新,进而提升创新质量^[14],但对微观层面数实融合的综合量化分析及数实融合影响企业创新质量的研究相对较少。

尽管现有文献从不同角度分析了数实融合的实现路径及其对创新的影响,但仍存在较为明显的研究缺口。首先,在研究主题上,较少文献立足企业层面的数实融合,研究其对创新质量的影响。其次,在研究方法上,有关数实融合及其影响的结论多来自理论分析,较少实证研究的文献聚焦于微观层面的数实融合。最后,在指标测度上,大多数文献采用耦合评价模型测度区域数实融合水平,微观层面数实融合程度的测度相对缺乏。

三、理论分析与假设提出

(一) 数实融合对企业创新质量的直接效应

数实融合在微观层面上表现为数据要素和数字技术深入实体企业的生产运营过程^[5]。具体而言,数据要素及其与传统生产要素融合形成的数字型要素联合数字技术为制造业企业提供数字生产力,提高企业的创新质量。在数字经济向实体企业融入过程中,首先,数据要素本身所蕴含的海量信息,能够拓宽企业获取知识的来源和渠道,为企业创新提供新的思路 and 手段,有效推动异质性知识与资源的跨界融合,丰富企业的创新内容,提高创新质量。其次,数据要素凭借其高渗透性,与制造业传统生产要素融合,使传统生产要素实现结构调整、优化升级,有助于企业整合利用创新资源 and 信息。数据要素与资本要素融合形成了存储大量数据信息的数字资本,有助于企业整理利用创新资源 and 信息;数据要素与人力资本结合所形成的数字化人才,能够产生更为丰富的创新理念,为企业创新活动带来知识红利,促进创新质量提升。

数字技术是数实融合的原动力,能够不断拓宽生产可能性边界,提高生产效率和经济效益,并在迭代创新的过程中发挥知识溢出效应,促使创新模式由粗放式向精准式转变^[15]。数字技术能够满足传统制造企业生产技术对数据处理及计算的需求,使更多受技术制约的领域实现关键技术突破,加速企业生产技术迭代与升级,不断加深企业的创新内涵^[3],例如人工智能技术能够迅速模仿并提供接近现实场景的创新测试训练,激励企业扩大创新活动范围和拓展创新宽度。

实体企业与数字经济的融合还依赖于与数字经济环境的深入交互。企业依托数字基础设施环境,能够利用5G、工业互联网等基础设施拓宽信息搜索范围^[16],实现内在创新知识与外在数字环境的互动学习,提高自身创新质量。数字经济产业具有极强的乘数效应,能够赋能实体企业实现质量变革,工业互联网平台可将全球设备接入平台并实时采集数据信息,多方位重塑企业创新范式,最大限度地更新创新知识覆盖面,推动传统制造业企业向创新驱动转变。

基于上述分析,本文提出假设1:数实融合能够提升企业创新质量。

(二) 数实融合提升创新质量的间接效应

1. 研发强度效应

研发活动对企业创新质量的影响不言而喻,数实融合带来的数字化转型需求会推动企业研发过程的优化提升。本文认为,数实融合通过重塑研发流程、改进研发体系和调整研发策略三方面增强企业的研发强

度。首先,参与研发活动的数字化人才具备更高的创新素养,能够为研发流程注入新知识、新手段和新方法,促进创新质量提升。企业研发活动的方向需要来自生产经营过程的信息反馈,但在传统研发流程下,信息传递的时效性较弱。数据要素能够帮助企业快速捕捉市场信息,及时洞察数据中包含的研发信息,拓宽企业创新宽度。其次,数字技术具有高效搜索和处理大范围数据的能力,能够最大限度地缓解处理信息时的“知识负担”^[17],协同进入企业的研发流程,丰富创新成果内涵的知识复杂度;同时数字技术的运用有助于推动制造业服务化变革,进而提高企业的创新质量^[18]。企业与数字经济环境的交流互动,能够为数字型要素和数字技术嵌入提供良好的环境,实现内外部信息和创新资源互通共享,促进研发体系内嵌更为丰富的信息。值得注意的是,企业进行数智化转型可能会因技术依赖惯性而产生较高的变革成本,而数实融合能够有效提高企业的创新资源获取能力,一定程度上弱化对创新质量的不利影响。

数实融合打破了企业生产、销售和管理各环节界限,有助于企业准确预测市场需求信息、有效把握市场变化,激励企业调整研发策略,实现产品研发由经验驱动向数据驱动转变^[19]。一方面,数实融合推动企业研发向“需求定制”模式变革,减少生产过程中的成本不确定风险和创新的沉没成本;另一方面,数实融合能够优化财务和内部控制等管理环节,降低监督成本和代理成本,经营和管理成本的下降使企业有充足的资金专注于提升创新质量。同时,数实融合下扁平化的研发组织能够有效减少创新指令传递过程中的信息损失,重塑企业知识识别、学习和应用机制,提高企业研发决策水平,从而改进创新质量。

基于上述分析,本文提出假设2:数实融合通过增强企业研发强度促进企业创新质量的提升。

2. 信息透明度效应

数实融合为降低企业和外界信息不对称提供了巨大的发展空间^[20],本文认为企业主要通过传递声誉信号、开展合作创新和改善创新信息披露三个方面提高信息透明度。企业拓展创新知识宽度对资金需求较大且难以快速形成回报,融资约束困境往往会限制企业创新项目的开展和创新质量的提高。实体企业在数字技术的加持下,能够将海量的非结构化、非标准化数据转换为可视化的结构性数据,更为全面真实地展现并传递自身经营和资信状况的声誉信号,增强外部投资者的投资信心,促使其加大投资力度以拓宽企业的创新宽度。企业还可以利用数字技术及时获得银行等金融机构的信贷供给信息,通过更高效的双向沟通方式和多样化的融资渠道获得资金融通^[4],缓解企业创新的融资约束,提高企业的创新能力和创新质量。

企业借助数字空间与同类企业形成虚拟集聚,降低寻找创新伙伴的搜寻成本,有利于促进企业间信息共享、联结创新资源开展合作创新^[21];实体企业所处的数字经济环境还包括整合企业信息收集、分析、共享和流通等功能在内的数字信息平台,这些平台能够帮助企业快速匹配与自身创新策略协同程度高的合作伙伴,提高知识分享、吸收和应用的效率,显著提高企业创新质量。平台内企业的日常交易、战略决策和信用行为等信息都会被记录下来,能够有效遏制合作创新中企业主体的机会主义行为,降低合作创新中的监督成本^[22],缓解传统线下模式中合作创新的信任不足制约,提高彼此的创新绩效。

数字技术和数据分析工具的渗透有助于企业不同经营环节的数据互补和协同,能够改善企业内外部创新信息披露环境,进而提高企业创新质量。一方面,数实融合增加了企业粉饰内部信息和创新进程的操纵成本,能够降低企业操纵研发的概率^[23]并缓解政府实施创新激励政策中的逆向选择问题,倒逼企业专注提升自身创新质量,减少产出低质量研发成果。另一方面,基于外部治理视角,数实融合赋能社交媒体、社会公众发挥监督作用,可以有效制约企业伪创新的投机行为。

基于上述分析,本文提出假设3:数实融合通过改善企业信息环境,提高信息透明度来促进企业创新质量提升。

3. 市场竞争效应

制造业企业通过数实融合有利于促进市场竞争。首先,企业利用大数据、云计算等数字技术和工业互联网等数字平台,能够更加敏捷地应对市场变化,通过学习、模仿竞争对手,更快实现竞争均衡和战略匹配^[24],加快创新速度,从而在竞争中占据有利地位;其次,受数实融合效率增进效应的影响,行业进入的临界成本将显著降低,在可变替代弹性效用框架下企业价格和利润水平同时降低,将呈现更为激烈的行业竞争效应^[25];最后,对于制造业企业来说,借助数字技术和数字经济环境能够覆盖更广的市场领域,扩大生产规模而产生规模效应,增强企业的市场竞争力。竞争是影响企业创新研发活动的重要因素,当行业竞争程度增强时,企业在即期利润和预期利润之间进行权衡,企业可通过提升创新活动水平对冲即期利润下降,也即可能存在正向的竞争逃避效应^[26],有利于提高企业创新质量。此外,企业为保持竞争优势,会提高自身创新动力进而产出更多突破性创新成果,拓展创新宽度和水平。

基于上述分析,本文提出假设4:数实融合通过促进行业竞争,激励企业提高创新质量。

四、研究设计

(一) 样本筛选与数据来源

本文以2011—2019年A股制造业上市公司为研究对象,剔除当年ST类、*ST类以及关键指标缺失样本,最终得到制造业29类子行业1029个企业的6549个观测值。本文使用的企业层面数据主要来源于深圳希施玛数据科技有限公司CSMAR中国经济金融研究数据库、上海经禾信息技术有限公司中国研究数据服务平台(CNRDS)、万得(Wind)数据库、国际机器人联合会(IFR)以及企业年报;地市层面相关数据来源于《中国城市统计年鉴》,经手工搜集、整理和计算得到。本文对所有未取对数的连续变量进行双侧1%的缩尾处理。

(二) 模型构建

为识别制造业企业数实融合对创新质量的影响,本文构建双向固定效应模型:

$$patent_width_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 fusion_{it} + X'_{it}\alpha + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中,下标*i*表示企业,*t*表示年份。*patent_width_{it}*为被解释变量企业创新质量,*fusion_{it}*为解释变量企业数实融合水平;*X_{it}*为可能对企业创新质量产生影响的控制变量向量,包含企业层面的特征变量和城市层面数字经济变量。*μ_i*表示企业固定效应,*θ_t*表示年份固定效应;*ε_{it}*是随机误差项。本文对模型(1)进行最小二乘估计,系数*α₁*反映了制造业企业数实融合对创新质量的影响程度,如果该系数值大于0,表示数实融合能够提升制造业企业的创新质量。

(三) 变量定义

1. 被解释变量:创新质量(*patent_width*)

高质量创新是指企业在产品、服务、技术及管理等方面进行的更深、更全面的创新^[27],王钰和唐要家(2024)认为创新宽度是反映创新质量的主导维度,创新宽度的拓展代表着更大的创新空间和边界^[28],龙小宁和张美扬(2023)使用专利的被引用情况衡量专利价值以测度企业创新质量^[29]。创新宽度反映了创新产出所涉及的知识和技术领域范围,借鉴已有文献^[30-31],本文使用专利的知识宽度和被引用情况来表示企业的创新质量水平,专利包含的知识越复杂和广泛,越难以被模仿和改进,其可替代性越弱,在一定程度上能够代表企业具有更高的创新质量。从专利层面分析企业创新质量是已有文献常用的方法,考虑到数据

可得性和中国专利类型差异,本文采用上市公司及其关联公司(子公司、联营公司和合营公司)发明专利的 IPC 号大组信息内部差异度衡量企业的创新质量。具体地,借鉴赫芬达尔-赫希曼指数(HHI)的计算思路对专利大组信息进行加权^[30,32],得到专利知识宽度。计算方法为: $patent_width_{it} = 1 - \sum \alpha^2$,其中 α 表示 IPC 号中各大组分类所占比重, $patent_width_{it}$ 越大,意味着该专利涉及的知识越复杂,即该专利具有更广的创新宽度和更高的创新质量。同时,为避免极端值影响,对上述求得的专利宽度取对数处理。

2. 解释变量:数实融合水平(fusion)

与既有研究分别测度数字经济和实体经济系统建立耦合协调发展指标体系不同,本文从实体经济的视角,将微观层面的数实融合理解为实体企业与数字经济发生协同互动的过程。通过上文对微观数实融合的理论阐述,本文在借鉴已有研究对数字经济的解构^[6]、数字技术促进实体经济效率的提升机制^[8]以及数字经济与实体经济融合模式^[7]的基础上,充分考虑制造业特性,从数字经济融入、融合环境、数实融合过程三个角度构建制造业企业数实融合水平指标体系。

首先,数据要素与数字技术共同推动数字经济与实体经济融合,构成了数实融合的核心逻辑。一方面,数据要素与传统生产要素融合形成“乘数效应”赋能企业生产经营。数据要素和资本要素融合形成数字型资本,以企业数字化软件投资衡量;数据要素与人力资本结合形成数字化人才,而高技能劳动力更倾向于接受数字技术和推动企业数字化转型,因此将从事技术、管理、营销和财务等工作类型的员工视为高技能劳动者^[33]作为数字化人才的代理变量。数据要素本身作为生产要素参与企业生产过程,参考张叶青等(2021)^[34]的研究,本文按照数据源、数据技术和数据应用三个维度构建数据要素嵌入的关键词词典,使用 Python 对企业年报进行文本分析和词频统计。另一方面,数字技术涵盖人工智能、云计算和区块链等领域,采用构造企业层面机器人渗透率指标测算人工智能技术水平^[35];云计算和区块链技术融入则通过构造的相关特征词词典对企业年报文本分析和词频统计^[15]。

其次,微观实体企业与数字经济融合还体现为与外部数字环境的深入交互,企业极度依赖配套的数字基础设施和数字产业等外部环境^[5]。一方面,数字基础设施环境为数实融合提供基础条件,根据既有研究,本文以各地互联网宽带接入用户数测度通信网络基础设施建设。数据要素市场建设对于拓宽数据流通渠道、深挖数据要素价值、释放数据要素红利,进而推动数实融合具有重要意义,自 2014 年开始中国数据交易所建设进入探索阶段,截至 2024 年初全国已成立 49 家数据交易场所。本文以数据交易所的设立情况来表征数据流通基础设施,即某城市若在某年设立了大数据交易所,则该城市该年及以后年份赋值为 1,否则为 0,若交易所建立数量增加则赋值依次递增。另一方面,数字产业环境为企业提供融合所需的物质支撑,本文选取《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》中与制造业企业生产运营密切相关的数字经济产业,企业所在地市的移动电话用户数一定程度上能够反映城市电信活动活跃程度,以此代表数字技术应用业环境;电子商务是数字经济的重要组成部分,也是催生数字产业化、拉动产业数字化的重要引擎,电商平台打通多重数字要素循环,利用互联网平台进行互联网零售批发,同时集成了数字媒体及信息基础设施,因此本文采用国家级和省级电子商务示范基地数量衡量数字要素驱动业发展,数据通过手工搜集资料获得;数字化效率提升反映了产业数字化发展水平,其中数字金融通过拓宽融资渠道促进企业与数字经济融合,采用北京大学数字普惠金融指数测度地区数字化效率提升业环境。

数字技术融入能够对企业的生产、销售与管理各环节进行改造升级,实现企业数字化生产变革、销售模式转型与管理能效提升^[7]。本文采用高管数字职务设立情况反映企业数实融合的意识,具体看企业是否设置首席信息官、首席技术官和首席数字官,若企业当年设置该职位则为 1,否则为 0,然后将其在企业-年度层

面进行加总。对于数字经济与企业生产端的融合,根据企业前 5 名主营产品信息测度智能化产品种类^[36],从产出角度衡量企业数字化生产程度。针对销售端融合,构建销售数字化的关键词词典对企业年报进行词频统计。管理端数实融合采用企业年报中的管理层讨论与分析(MD&A)中有关数字化相关词语出现的频次衡量,以此反映企业管理层的数字化程度。

为了有效评价数实融合水平,本文采用客观赋权法中的熵值法对数实融合指标权重的测度进行赋权。指标的构建具体如表 1 所示。

表 1 数实融合指标

一级指标	二级指标	三级指标	测度方法	指标权重
数字经济融入	数字型要素融入	数据要素嵌入	词频分析	0.045 6
		数字资本投入	数字化软件投资	0.069 8
		数字人才赋能	高技能人员占比	0.045 6
	数字技术融入	人工智能技术	工业机器人渗透度	0.048 7
		云计算技术	词频分析	0.085 3
		区块链技术	词频分析	0.131 3
	融合环境	数字基础设施环境	通信网络设施	互联网宽带接入用户数
				0.032 3
		数据流通设施	大数据交易所数量	0.105 0
数实融合过程	数字产业环境	数字技术应用业	移动电话用户数	0.032 5
		数字要素驱动业	电子商务示范基地	0.046 6
	数实融合条件	数字化效率提升业	数字普惠金融指数	0.026 5
		融合意识	高管数字职务设立	0.160 7
		数实融合模式	生产端融合	产品数字化种类
				0.093 0
		销售端融合	词频分析	0.048 1
		管理端融合	MD&A 文本分析	0.045 7

3. 控制变量

为规避因遗漏重要变量可能产生的计量检验偏误,本文参考唐要家等(2022)^[37]、董松柯等(2023)^[38]的研究,选取一系列企业层面的控制变量:企业年龄(*age*),用样本年份与企业成立年份差值的自然对数表示;资产负债率(*lev*),用年末总资产和总负债的比表示;现金流比率(*cashflow*),用经营活动产生的现金净流量与期末流动负债的比率表示;董监高是否有海外背景(*overseaback*),若董监高有海外背景则取 1,否则取 0;两职合一(*dual*),若董事长与总经理为同一人则取 1,否则取 0。参考魏丽莉和侯宇琦(2022)^[16]的研究,选取城市层面的控制变量:城市经济发展水平(*pgdp*),用城市人均地区生产总值的自然对数表示;城市对外开放程度(*open*),用城市外商直接投资占地区生产总值的比值表示;城市产业结构升级(*upgrade*),用城市第三产业增加值与第二产业增加值的比值表示。

(四)描述性统计

表 2 报告了本文各变量的描述性统计结果,其中企业创新质量(*patent_width*)的最大值和均值分别为 7.621 4 和 1.698 2,标准差为 1.184 2,表明不同企业创新质量的差距较大。数实融合(*fusion*)的均值仅为 0.054 7,而最大值为 0.169 0,表明目前中国制造业企业与数字经济的融合虽然取得了一定成效,但整体水平不高,数实融合的持续和深入仍然有较大发展空间。

表 2 描述性统计

变量	观测值	平均值	最小值	中位数	最大值	标准差
patent_width	6 598	1.698 2	0.000 0	1.525 7	7.621 4	1.184 2
fusion	6 598	0.054 7	0.009 6	0.044 8	0.169 0	0.034 4
age	6 598	2.954 9	1.609 4	2.995 7	4.189 7	0.282 9
lev	6 598	0.413 7	0.048 6	0.410 1	0.945 0	0.196 6
cashflow	6 598	0.044 8	-0.153 1	0.041 8	0.228 6	0.063 2
overseaback	6 598	0.591 4	0	1	1	0.491 6
dual	6 598	0.268 3	0	0	1	0.443 1
pgdp	6 598	11.337 8	9.091 3	11.391 1	13.055 7	0.539 1
open	6 598	0.541 8	0.009 8	0.357 6	2.324 6	0.539 7
upgrade	6 598	1.307 0	0.378 6	1.070 5	4.346 8	0.809 7

五、实证结果与分析

(一) 基准回归

数实融合影响企业创新质量的基准回归结果如表 3 所示。其中, *fusion* 的回归系数在两列回归结果中分别为 3.095 1 和 3.682 1, 均在 1% 的水平下显著为正, 表明数实融合能够提高企业创新质量与数量^①。经济意义上, 当数实融合水平增加 1 个标准差 (0.034 4) 时, 企业的创新质量将提高 10.65% (0.034 4×3.095 1), 表明数实融合能够提高企业创新质量, 总体上验证了研究假设 1。另外, 由回归系数可以看出, 数实融合对企业创新数量的提升效果更为明显。

(二) 内生性分析

从实证方法的角度来看, 模型 (1) 可能存在内生性问题。一方面, 企业数实融合水平的提高会促进企业开展研发创新活动并提升创新质量, 同时具有较高创新水平的企业本身也可能更有意愿和能力进行数字化转型; 另一方面, 模型设定偏误或遗漏变量等也可能导致内生性问题。

表 3 基准回归结果

变量	patent_width	patent_quantity
fusion	3.095 1 *** (0.722 2)	3.682 1 *** (1.019 8)
age	0.747 6 ** (0.329 5)	0.655 7 (0.468 5)
lev	0.352 7 *** (0.127 9)	0.583 6 *** (0.176 0)
cashflow	-0.107 6 (0.192 8)	-0.527 2 ** (0.237 1)
overseaback	0.014 3 (0.032 1)	-0.004 2 (0.041 8)
dual	0.091 3 ** (0.040 7)	0.116 0 ** (0.054 3)
pgdp	0.074 8 (0.016 2)	0.085 4 (0.086 4)
open	0.069 6 (0.085 0)	0.054 0 (0.114 4)
upgrade	-0.091 3 (0.069 6)	-0.101 8 (0.082 5)
常数项	-1.928 4 * (1.131 3)	-0.466 4 (1.616 5)
企业固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
观测值	6 598	7 481
R ²	0.299 8	0.769 9

注: **、*、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平下统计显著, 括号内为聚类到企业层面的稳健标准误。后表同。

① 本文同时分析了数实融合对企业创新数量 (*patent_quantity*) 的影响, 结果显示具有显著促进作用, 这与以往文献的结论相同。

为了尽可能缓解内生性问题,本文分别采用双重机器学习、工具变量法和变化模型方法进行分析。

1. 双重机器学习

微观层面的数实融合是代表企业数字化转型的综合性指标,受生产经营、数字化管理和数字经济环境的多重影响,在控制其他因素对创新质量的干扰时可能导致变量冗余。因此,本文借鉴张涛和李均超(2023)的研究,利用双重机器学习模型在变量选择和模型估计上的优势,分别采用样本分割比例为1:3和1:5的随机森林算法(RF)、最小绝对收缩和选择算子回归(LASSO)以及向量机(SVM)三种机器学习方法对基准回归进行预测求解^[39],缓解可能存在的内生性问题,重新检验数实融合与企业创新质量间的因果关系。

表4结果显示,在控制了企业和年份固定效应以及控制变量一次项的基础上,不同样本分割比例下数实融合的回归系数均在1%的水平上显著为正,因此数实融合提升创新质量的结论保持不变;在进一步控制企业和城市控制变量二次项后,回归结果仍显著为正,且数值变化不大。另外,在更换LASSO和SVM的机器学习方法后,数实融合回归系数依旧在1%水平上显著为正,表明研究结论稳健。

表4 双重机器学习因果效应检验回归结果

变量	RF				LASSO	SVM
	kfold=3		kfold=5			
	(1)	(2)	(3)	(4)		
fusion	9.042 7 *** (0.797 3)	9.109 2 *** (0.803 4)	9.084 8 *** (0.820 5)	9.200 1 *** (0.815 6)	3.788 1 *** (0.583 1)	6.708 3 *** (0.492 8)
常数项	0.048 7 *** (0.010 6)	0.044 7 *** (0.010 7)	0.047 2 *** (0.010 4)	0.045 3 *** (0.010 4)	-0.007 8 (0.008 2)	0.387 0 *** (0.025 2)
控制变量一次项	控制	控制	控制	控制	控制	控制
控制变量二次项	未控制	控制	未控制	控制	控制	控制
个体固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	6 598	6 598	6 598	6 598	6 598	6 598

2. 工具变量法

与创新质量较低的企业相比,创新水平较高的制造业企业本身拥有更为成熟的研发创新体系,具有更强的能力与数字经济融合,因此可能存在反向因果问题。借鉴赵奎等(2021)^[40]的研究,本文基于份额移动法,构造巴蒂克(Bartik)工具变量,即滞后一期同年份同行业其他企业的数字化转型指数的均值(*digi_avg*)乘以全部企业的数实融合增长率(*fusion_growth*),其中上市企业数字化转型数据来自广东金融学院2022年发布的《中国上市企业数字化转型指数》。具体构造过程如模型(2)和模型(3)所示:

$$digi_avg_{i,j,t-1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i \neq 0} digi_{i,j,t-1} \quad (2)$$

其中,*n*是行业内企业总数,*digi_{i,j,t-1}*表示*j*行业的*i*企业在*t-1*年的数字化转型指数(其中*i*≠0表示*j*行业内除本企业外的其他企业)。用*fusion_growth_t*表示*t*年所有企业的数实融合增长率,那么份额移动法构造的企业数实融合的工具变量可以表示为:

$$fusion_iv_{ijt} = \frac{1}{n-1} \sum_{i \neq 0} digi_{i,j,t-1} \times (1 + fusion_growth_t) \quad (3)$$

巴蒂克工具变量通过各年份滞后一期 $dig_{i,j,t-1}$ 的“初始状态”与外生的所有企业数实融合增长率 $fusion_growth_t$ 交乘得到。该指标的合理性在于,企业数实融合会受同行业其他企业数字化水平的影响^[37],同一行业内其他企业开展数字化转型可能通过产业链、价值链的合作与互动为企业带来丰富的技术经验和市场实践,即满足相关性假定。同时,样本内所有企业的数实融合水平的增长率通常由外部驱动因素所决定,难以受到单个企业创新质量水平的影响,即满足外生性条件。因此,通过初始状态数字化转型水平与外生的增长率交乘得到的巴蒂克工具变量与残差项不相关,且与真实值高度相关,可以较好地解决内生性问题,得到一致估计。

本文采用工具变量-两阶段最小二乘(IV-2SLS)法进行检验,回归结果如表 5 所示,其中第一阶段中工具变量的回归系数显著异于 0,弱工具变量的检验结果也表明存在弱工具变量的可能性较小。估计结果显示,在考虑了内生性问题后,数实融合依然促进了创新质量的提升,说明上述回归结果基本稳健可靠。

3. 变化模型

为进一步缓解制造业企业数实融合水平与创新在时间序列上的共同趋势带来的反向因果问题,本文在模型(1)的基础上对所有变量进行一阶差分处理,构造变化模型,并采用普通最小二乘(OLS)回归检验数实融合对企业创新质量的影响。检验结果如表 5 所示, $\Delta fusion$ 的回归系数在 1%水平上显著为正,表明经过一阶滞后的数实融合对企业创新质量仍然具有促进作用,结果支持本文的核心结论。

表 5 工具变量法检验和变化模型回归结果

变量	工具变量检验		变化模型
	(1)	(2)	
$fusion_iv$	0.043 6*** (0.004 0)		
$fusion$		11.540 1*** (1.275 8)	
$\Delta fusion$			2.782 6*** (0.760 7)
常数项	-0.163 2*** (0.016 7)	-0.216 4 (0.976 2)	-1.600 9 (1.348 4)
控制变量	控制	控制	控制
个体固定效应	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制
第一阶段 F 值	50.42		
观测值	4 749		4 673
R^2	0.193 3		0.801 2

(三) 稳健性检验

1. 改变企业创新质量的衡量方式

为减少测量偏误带来的不利影响,本文限制申请专利的公司类型并使用专利的被引用信息,替换基准回归中的创新质量指标。一方面,部分学者发现企业间合作研发并未提升其创新质量^[41],因此本文剔除基

准回归中专利申请公司类型为“子公司”“合营公司”和“联营公司”的专利,仅保留公司类型为“上市公司本身”的发明专利,考察数实融合对创新质量的影响。回归结果如表6列(1)所示,在仅考虑企业本身研发的情形下,数实融合依旧能够促进上市公司发明专利的知识宽度,提升企业创新质量。

另一方面,参考现有文献,本文以专利被引用情况衡量专利价值^[31],即企业发明专利被引用次数越多表明专利价值越高,那么企业的创新质量越高。同时,专利所有人对自身持有的专利情况更为熟悉,并且有累积创新和路径依赖的申请动机^[29],因此有必要排除发明专利被引次数中自引用情形的影响,本文分别使用申请发明专利的累计他引次数以及剔除自引用的他引次数衡量创新质量。考虑到专利的引用信息具有时效性,较为新近的专利引用更有效,因此分别设定1年和3年的窗口期,即专利自申请一年和三年内的被引用次数。在此基础上,为抚平被引用次数的偏态分布,本文对其进行加1后取自然对数处理。以上回归结果见表6列(2)—列(5),结果表明,无论专利被引用数量的窗口期设定为1年还是3年,数实融合对申请发明专利的累计他引次数以及剔除自引用的他引次数均产生了促进作用,且结果是稳健的。

此外,由于发明专利的被引用次数为离散型数据,经检验存在一定比例的零值和左偏情况,可能对估计结果产生影响。采用反双曲正弦(inverse hyperbolic sine, IHS)转换,可以对数据进行平移和缩放,使数据接近正态分布,减少异常值影响。因此,本文对剔除自引用的专利他引次数进行IHS转换,如模型(4)所示:

$$cite_dele_IHS_{it} = \log(cite_dele + \sqrt{cite_dele^2 + 1}) \tag{4}$$

本文分别采用剔除自引用的发明专利自申请一年内(*cite1_dele*)和三年内(*cite3_dele*)被引用次数进行回归。表6列(6)报告了发明专利申请后三年内被引用次数的回归结果^①,显示数实融合的系数方向和显著性与对数化处理保持一致。

表6 改变企业创新质量衡量的回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>fusion</i>	1.271 8* (0.675 2)	4.153 7*** (0.940 1)	4.273 8*** (0.923 6)	3.707 1*** (0.924 4)	3.919 4*** (0.912 2)	4.081 4*** (0.981 2)
常数项	0.573 4 (0.990 1)	-1.265 9 (1.500 7)	-1.460 1 (1.481 6)	-1.991 4 (1.557 3)	-2.750 4* (1.430 8)	-2.769 5* (1.565 5)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
个体固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	5 158	5 718	5 718	6 241	5 316	6 241
<i>R</i> ²	0.752 1	0.755 8	0.744 8	0.769 9	0.768 3	0.746 2

注:列(1)—列(6)的被解释变量分别为 *width_dele*、*cite1*、*cite1_dele*、*cite3*、*cite3_dele*、*cite_dele_IHS*。

2. 调整研究样本

剔除直辖市样本。直辖市的政策环境可能不同于其他地区,存在干扰回归结果的可能,因此,本文剔除直辖市的样本进行回归,结果如表7所示,数实融合的回归系数仍显著为正,与基准回归结果一致。

剔除数字产品制造业样本。根据《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》,数字产品制造业属于数字经济的核心产业之一,偏向数字经济与实体产业渗透的前端环节。将数字产品制造业和普通制造业作为全

① 发明专利申请后一年内被引用次数的回归结果表明,数实融合的回归系数依然显著为正。

样本分析数实融合对创新质量的影响,可能导致回归结果偏高,因此,本文通过对照数字产品制造业涉及的《国民经济行业代码及名称(2017)》,并手工整理样本内上市公司的行业分类,最终得到除数字产品制造业外共 858 家制造业上市企业、28 个制造业行业的子样本。回归结果如表 7 所示,数实融合对普通制造业企业创新质量具有提升作用,与全样本制造业回归结果的系数方向和显著性保持一致。

3. 缓解聚类问题

鉴于同一行业内企业的创新质量水平可能存在相似性,以及不同行业间企业创新的差异性,本文进一步将标准误的聚类层级提高到行业层面重新回归。此外,考虑到同一地区的企业创新活动可能因政策导向存在共性,不同地区间的企业创新行为可能存在差别,因此本文再次将标准误的聚类层级扩展至城市层面进行回归。结果表明,在聚类层级提高到行业和城市层面后,数实融合的回归系数依然显著为正。进一步,本文采用原始聚类自助(wild cluster bootstrap)方法^[42]尽可能消除聚类问题。由表 7 可知,数实融合回归系数在 1%水平显著为正,表明本文结论是稳健的。

表 7 调整样本和缓解聚类问题后的回归结果

变量	调整样本		缓解聚类问题		
	剔除直辖市样本	剔除数字产品制造业样本	行业层面聚类	城市层面聚类	原始聚类自助法
<i>fusion</i>	3.523 8 *** (0.823 2)	2.990 0 *** (0.970 8)	3.095 1 *** (0.580 2)	3.095 1 *** (1.017 1)	3.095 1 *** [4.290 0]
常数项	-0.317 0 (1.358 4)	-0.738 8 (1.396 0)	-1.621 2 (1.512 6)	-1.621 2 (1.298 4)	-0.375 4 (0.792 7)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
个体固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	5 623	5 079	6 549	6 549	6 598
<i>R</i> ²	0.765 8	0.771 9	0.783 0	0.783 0	0.299 8

注:方括号内为经企业层面聚类调整的 *t* 值。

六、影响机制与异质性分析

(一) 机制检验

根据前文理论分析所述,数实融合主要通过增强企业研发强度、提高信息透明度、促进市场竞争三个渠道提升企业的创新质量。参考江艇(2022)^[43]的研究,本部分重点检验数实融合对上述机制变量的影响,构建如下计量模型:

$$med_{it} = \beta_0 + \beta_1 fusion_{it} + X'_{it} \beta + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \tag{5}$$

其中, *med_{it}* 表示机制变量,其他变量的含义同模型(1)。

1. 研发强度效应检验

企业研发强度(*RD*),本文采用企业研发费用与营业收入的比值表示研发活动的强度。表 8 结果显示,数实融合的回归系数在 1%的水平下显著为正。可能的原因在于,数字化资本、人才等数字要素融入制造业

企业,颠覆性变革生产、销售和管理各环节的传统运作模式,推动企业开展更具活力的研发活动,增加对研发过程的投入和吸纳更多研发人才参与企业的创新活动。上述结果支持了研究假设 2,即数实融合通过提高制造业企业研发强度,促进创新质量提升。

2. 信息透明度效应检验

企业信息透明度(*trans*),本文参考徐寿福和徐龙炳(2015)^[44]的做法,构造上市企业信息披露(*kv*)指数度量企业强制性和自愿性的信息披露质量,以此衡量企业信息环境透明度,*kv* 值越高表示企业信息透明度越低。表 8 结果显示,数实融合的回归系数在 1%的水平下显著为正。可能的原因在于,数字技术的应用有助于企业及时抓取市场需求数据和披露自身信息,不仅有利于企业利益相关者掌握企业经营信息,缓解创新活动的融资困境,还能使政府、媒体和社会公众更易发挥监督作用,倒逼企业减少研发低质量专利。上述结果支持了研究假设 3,即数实融合通过提高制造业企业信息透明度,促进提升创新质量。

3. 市场竞争效应检验

市场竞争程度(*compete*),本文采用行业勒纳指数度量行业竞争程度,勒纳指数越小则表明行业竞争越激烈。以行业勒纳指数为被解释变量进行回归,表 8 结果显示数实融合的回归系数在 1%的水平下显著为负。可能的原因在于,企业广泛利用数字技术优势,如人工智能机器学习和大数据的精准分析功能,迅速建立自身竞争优势,增强行业竞争程度,激励企业通过开展研发创新进一步拓展自身业务覆盖范围。上述结果支持了研究假设 4,即数实融合促进了市场竞争,激励企业提升创新质量。

表 8 机制分析回归结果

变量	<i>RD</i>	<i>trans</i>	<i>compete</i>
<i>fusion</i>	0.089 8*** (0.012 5)	-0.240 1*** (0.095 5)	-0.040 3*** (0.017 2)
常数项	-0.006 7 (0.006 5)	0.187 1*** (0.005 1)	0.094 2*** (0.001 0)
控制变量	控制	控制	控制
个体固定效应	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制
观测值	6 505	6 571	6 598
<i>R</i> ²	0.538 7	0.163 2	0.538 8

(二) 异质性分析

1. 基于产权性质的分样本研究

数实融合对创新质量的作用效果可能受到产权性质的异质性影响。表 9 结果显示,数实融合的回归系数在非国有企业和国有企业中均显著为正,但在国有企业中的回归系数较大,说明数实融合对国有企业的创新质量的促进作用更明显。这可能是因为国有制造业企业具有相对稳定的市场和融资环境,数实融合对其生产和创新质量的促进作用更强;而非国有企业以追逐利润为经营目的,在数实融合过程中更加注重企业内外的信息交互动,降低创新成本和风险,一定程度上会削弱对创新质量的促进作用。

2. 基于技术密集程度的分样本研究

企业所处行业往往与创新行为存在密切关系,本文按照国家统计局颁布的《高技术产业(制造业)分类

(2013)》,将样本企业分为高技术行业企业和低技术行业企业。表 9 的回归结果表明,数实融合带来的创新效应在高科技行业中更为明显,而在低技术行业中数实融合对企业创新质量的影响不明显。可能的原因在于,高技术行业企业拥有更多创新机会,具有知识和技术密集、产品更新换代快的特点,更加注重专业领域的研发与创新,企业必须提高创新效率和质量才能在激烈的竞争中生存;而非高科技领域企业的生产经营并不依赖于新产品的深入研发,创新驱动动力较小,数实融合并未对其创新行为产生显著影响。

3. 政府重视程度的异质性

处于政府更加重视数字经济地区的企业,能够更为充分地利用数字基础设施带来的数据流通便利以及数字产业提供的物质基础,从而数实融合对企业创新活动的作用更大。本文从数字技术和数字应用两个角度构建关键词词典,对政府工作报告进行文本分析和词频统计,以此衡量政府对数字经济的关注度。设定虚拟变量 *concern*,当地政府数字关注度高于样本中位数则取 1,否则取 0。本文通过交乘项 *fusion_concern* 考察不同数字关注度地区数实融合对企业创新质量和数量的影响,估计结果如表 9 所示,结果显示处于政府更为关注数字经济发展地区的企业,数实融合对企业创新质量和数量的促进作用均更大。

此外,由于中国数据总量和产量庞大,其中政府治理的相关数据、重大公共利益的企业数据占比较高^[45],直观的逻辑是,政府公共数据开放平台建设能够提高地区数据流通效率,使数实融合对企业创新水平的促进更显著。由此,本文将建立数据开放平台的城市当年及以后设为 1,否则设为 0,交乘项 *fusion_dataopen* 的估计结果如表 9 所示,数实融合对创新质量的作用在有公共数据开放平台的地区高于未开放数据平台地区,而数实融合对专利申请数量的影响并无显著差异。

表 9 企业特征及政府重视程度异质性回归结果

变量	所有制性质		技术密集程度		政府数字关注度		公共数据开放	
	国有	非国有	高技术	低技术	<i>patent_width</i>	<i>patent_quantity</i>	<i>patent_width</i>	<i>patent_quantity</i>
<i>fusion</i>	3.820 9 *** (1.130 5)	2.751 8 *** (0.921 8)	3.341 1 *** (0.857 8)	1.141 1 (1.081 5)				
<i>fusion_concern</i>					0.688 7 * (0.355 5)	0.861 7 * (0.502 5)		
<i>fusion_dataopen</i>							0.773 6 * (0.419 1)	0.977 4 (0.612 9)
常数项	-4.616 0 * (2.405 5)	-1.147 5 (1.502 4)	-2.400 0 (1.638 8)	-0.264 5 (1.874 5)	-1.668 7 (1.235 6)	-0.507 5 (1.636 7)	-1.763 8 (1.233 6)	-0.472 7 (1.610 2)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
个体固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	2 172	4 201	3 369	3 139	6 499	7 420	6 529	7 460
<i>R</i> ²	0.825 6	0.748 2	0.7761	0.795 0	0.781 9	0.769 0	0.781 7	0.769 5
组间系数差异检验 <i>P</i> 值	0.000 5 ***		0.063 5 **		0.054 0 **		0.034 8 **	

七、结论与政策建议

本文以中国 2011—2019 年 A 股制造业上市企业为研究样本,考察了数实融合能否以及如何提升企业

创新质量。研究发现:第一,企业数实融合能够有效提升创新质量,缓解创新“量高质低”的现实困境。第二,增强研发强度、提高信息透明度、促进市场竞争构成了企业数实融合提升创新质量的作用渠道。数实融合提升了企业研发创新活动强度,促进企业内部生产、销售和管理各环节透明可控,强化了投资者对企业经营和创新活动的信心,并能够使政府对企业创新信息有更好的了解,倒逼企业降低策略性创新行为,实现有效创新。第三,在国有企业和高科技企业中,数实融合对创新质量的促进作用更为明显;在政府数字关注度较高的地区和已经开放公共数据平台的地区,数实融合对创新质量的促进作用更为明显。在采用双重机器学习、工具变量法和变化模型方法进行内生性处理,以及重新测度被解释变量、调整研究样本和缓解聚类问题等稳健性检验后,上述研究结论仍然成立。

基于研究结论,本文提出如下政策建议:

第一,构建动态适配的数字基础设施体系,强化企业的技术承接能力。提高数据传输的稳定性与高效性,促进数字经济要素广泛渗透到企业生产、销售及管理各环节。推动数据存储和交换设施建设,提升数据处理能力和算力,保障企业高效进行数据处理与分析。推动数据要素应用,释放数据要素创新潜力,推动数据驱动的创新和优化。根据企业技术类型,对高技术企业集群实施“数字设施密度”评价,将算力资源匹配度、数据接口标准化纳入产业园区评级体系。针对低技术行业,推行“场景化改造补贴”,通过税收抵免激励企业部署模块化数字解决方案,避免盲目投资造成的资源错配。

第二,制定差异化政策,精准扶持不同类型的企业数实融合。加大对高科技企业的支持力度,促进其发挥在数实融合中的引领作用,通过数字技术进一步提升创新质量和市场竞争力。扶持中小企业数字化转型,应制定灵活的支持政策,提供专项资金、税收减免等激励措施,协助中小企业突破资金瓶颈和技术难题。重点覆盖中小微企业集聚区,通过技术外溢降低其数字化转型门槛,同时鼓励产业龙头企业联合金融机构设立数字转型基金,定向投资垂直行业数据中台、工业互联网平台,强化企业技术扩散的“链主”功能。

第三,推动地方政府加快公共数据开放,优化市场环境。加强公共数据开放和共享,地方政府应加快公共数据平台建设,打破数据孤岛,激发企业在数据应用中的创新潜力。完善地方政策引导,根据本地经济特点和数字化水平,鼓励地方企业特别是传统制造业企业加速数字化转型,推动其在创新质量上的提升。

参考文献:

- [1] 洪银兴,任保平. 数字经济与实体经济深度融合的内涵和途径[J]. 中国工业经济,2023(2):5-16.
- [2] 钞小静. 以数字经济与实体经济深度融合赋能新形势下经济高质量发展[J]. 财贸研究,2022,33(12):1-8.
- [3] 黄先海,高亚兴. 数实产业技术融合与企业全要素生产率——基于中国企业专利信息的研究[J]. 中国工业经济,2023(11):118-136.
- [4] 何德旭,张昊,刘蕴霆. 新型实体企业促进数实融合提升发展质量[J]. 中国工业经济,2024(2):5-21.
- [5] 任保平,苗新宇. 数字经济与实体经济深度融合的微观内涵、发展机理和政策取向[J]. 中南大学学报(社会科学版),2024,30(3):88-98.
- [6] 陈雨露. 数字经济与实体经济融合发展的理论探索[J]. 经济研究,2023,58(9):22-30.
- [7] 王定祥,吴炜华,李伶俐. 数字经济和实体经济融合发展的模式及机制分析[J]. 改革,2023,(07):90-104.
- [8] 田秀娟,李睿. 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,2022,38(5):56-73.
- [9] 刘永文,李睿. 数实融合能否改善要素市场扭曲[J]. 软科学,2024,38(8):70-77.
- [10] 任保平,李婧瑜. 以数实融合推动新型工业化的阶段性特征、战略定位与路径选择[J]. 经济与管理评论,2024,40(2):5-16.
- [11] 郭娜,陈东晖,胡丽宁. 企业数实技术融合与新质生产力发展——来自企业专利信息的经验证据[J]. 华东经济管理,2024,39(1):1-9.

- [12] 史丹, 孙光林. 数字经济和实体经济融合对绿色创新的影响[J]. 改革, 2023(2): 1-13.
- [13] 张国胜, 杜鹏飞. 数字化转型对我国企业技术创新的影响: 增量还是提质? [J]. 经济管理, 2022, 44(6): 82-96.
- [14] 胡山, 余泳泽. 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, 2022(1): 42-51.
- [15] 张吉昌, 龙静. 数字化转型、动态能力与企业创新绩效——来自高新技术上市企业的经验证据[J]. 经济与管理, 2022, 36(3): 74-83.
- [16] 魏丽莉, 侯宇琦. 数字经济对中国城市绿色发展的影响作用研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(8): 60-79.
- [17] JONES B F. The burden of knowledge and the “Death of the Renaissance Man”: is innovation getting harder? [J]. The Review of Economic Studies, 2009, 76(1): 283-317.
- [18] 张航燕, 杨卓茵. 制造业服务化与企业创新质量: 效应及作用机制[J]. 首都经济贸易大学学报, 2025, 27(3): 85-97.
- [19] WU L, HITT L, LOU B. Data analytics, innovation, and firm productivity[J]. Management Science, 2020, 66(5): 2017-2039.
- [20] 谢绚丽, 沈艳, 张皓星, 等. 数字金融能促进创业吗? ——来自中国的证据[J]. 经济学(季刊), 2018, 17(4): 1557-1580.
- [21] 张青, 茹少峰, 赵政楠. 虚拟集聚如何影响制造业企业高质量发展? [J]. 经济与管理研究, 2024, 45(6): 58-75.
- [22] 阮鸿鹏, 池仁勇, 冯远静. 数字信息平台赋能企业合作创新路径研究[J]. 科研管理, 2024, 45(9): 74-84.
- [23] 李文贵, 邵毅平. 监管信息公开与上市公司违规[J]. 经济管理, 2022, 44(2): 141-158.
- [24] 叶涛, 高杰英, 廉永辉. 银行业竞争促进企业生产率提升了吗——兼论创新“增量”与“提质”渠道的差异[J]. 金融监管研究, 2022(4): 80-99.
- [25] BOMBARDINI M, LI B J, WANG R Y. Import competition and innovation: evidence from China[Z]. University of British Columbia Working Paper, 2017.
- [26] AGHION P, BLOOM N, BLUNDELL R, et al. Competition and innovation: an inverted-U relationship[J]. The Quarterly Journal of Economics, 2005, 120(2): 701-728.
- [27] 叶初升, 孙薇. 中国“科技创新困境”再审视: 技术创新质量的新视角[J]. 世界经济, 2023, 46(8): 80-107.
- [28] 王钰, 唐要家. 人工智能应用如何影响企业创新宽度? [J]. 财经问题研究, 2024(2): 38-50.
- [29] 龙小宁, 张美扬. 标准的力量——来自中国标准必要专利的经验证据[J]. 管理世界, 2023, 39(10): 149-168.
- [30] 徐翔, 赵墨非, 李涛, 等. 数据要素与企业创新: 基于研发竞争的视角[J]. 经济研究, 2023, 58(2): 39-56.
- [31] 郑曼妮, 黎文靖, 谭有超. 技术转移与企业高质量创新[J]. 世界经济, 2024, 47(3): 66-93.
- [32] 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.
- [33] 张守凤, 刘德胜, 刘昊蓉. 数字人才与中小企业开放式创新绩效: 一个中介调节效应模型[J]. 经济问题, 2024(4): 114-121.
- [34] 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, 56(12): 42-59.
- [35] 王永钦, 董雯. 机器人的兴起如何影响中国劳动力市场? ——来自制造业上市公司的证据[J]. 经济研究, 2020, 55(10): 159-175.
- [36] 刘娟, 刘梦洁, 王维薇. OFDI有助于赋能“中国智造”吗? 基于企业微观产品层面的经验数据分析[J]. 世界经济研究, 2023(1): 43-57.
- [37] 唐要家, 王钰, 唐春晖. 数字经济、市场结构与创新绩效[J]. 中国工业经济, 2022(10): 62-80.
- [38] 董松柯, 刘希章, 李娜. 数字化转型是否降低企业研发操纵? [J]. 数量经济技术经济研究, 2023, 40(4): 28-51.
- [39] 张涛, 李均超. 网络基础设施、包容性绿色增长与地区差距——基于双重机器学习的因果推断[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, 40(4): 113-135.
- [40] 赵奎, 后青松, 李巍. 省会城市经济发展的溢出效应——基于工业企业数据的分析[J]. 经济研究, 2021, 56(3): 150-166.
- [41] 龙小宁, 刘灵子, 张靖. 企业合作研发模式对创新质量的影响——基于中国专利数据的实证研究[J]. 中国工业经济, 2023(10): 174-192.
- [42] ROODMAN D, NIELSEN M Ø, MACKINNON J G, et al. Fast and wild: bootstrap inference in Stata using boottest[J]. The Stata Journal, 2019, 19(1): 4-60.
- [43] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济, 2022(5): 100-120.
- [44] 徐寿福, 徐龙炳. 信息披露质量与资本市场估值偏误[J]. 会计研究, 2015(1): 40-47.
- [45] 蔡运坤, 周京奎, 袁旺平. 数据要素共享与城市创业活力——来自公共数据开放的经验证据[J]. 数量经济技术经济研究, 2024, 41(8): 5-25.

Impact of Digital-Real Integration on Enterprise Innovation Quality

—Empirical Evidence Based on Listed Manufacturing Companies

ZHANG Wei, ZHANG Siqi

(Shandong University, Jinan 250100)

Abstract: Against the background of the rapid development of the digital economy, empowering the innovative development of the real economy through the integration of the digital economy and the real economy (known as digital-real integration) is a key focus for achieving high-quality economic development. Innovation serves as the primary driver for achieving high-quality development, and high-quality innovation is essential to guiding such development. As enterprises are the main players in digital-real integration and innovation, this paper explores the impact of the integration of physical enterprises and the digital economy on innovation quality.

Based on data from China's A-share listed manufacturing companies from 2011 to 2019 and relevant data on the prefectural-level digital economy, this paper constructs a digital-real integration index system from three aspects: digital economy integration, digital-real integration process, and environmental conditions for such integration. Then, it systematically investigates the impact of digital-real integration on the innovation quality of manufacturing companies and its mechanism. The results show that digital-real integration can improve enterprise innovation quality, and this positive effect is more pronounced in large-scale enterprises, state-owned enterprises, and high-tech enterprises. At the same time, enterprises located in areas with high government digital attention and open public data can promote their innovation quality by leveraging favorable external digital conditions to facilitate digital-real integration. Mechanism analysis identifies three transmission channels: enhanced R&D intensity, improved information transparency, and intensified market competition. Methodologically, this paper employs three machine learning methods, namely the random forest (RF) algorithm, the least absolute shrinkage and selection operator (LASSO), and the support vector machine (SVM), to solve benchmark results. The results still hold after conducting a series of robustness checks, including alternative innovation metrics, sample exclusion, and cluster adjustments.

This paper provides empirical evidence and policy enlightenment for China to promote digital-real integration, enhance the innovation quality of manufacturing enterprises, and achieve high-quality development. The government should attach great importance to promoting the construction of digital ecosystems, facilitate the integration of digital economy factors and advanced digital technologies into all stages of enterprise production, sales, and operations, and reinforce digital infrastructure, including communication networks, data computing power, and transaction platforms. At the same time, the government should incentivize digital talents to engage in R&D activities, improve enterprise innovation efficiency, continue to deepen the strategy of opening public data, accelerate the cultivation of data factor markets, stimulate the innovation and entrepreneurship vitality of micro market players, and better promote the high-quality development of the real economy.

Keywords: digital-real integration; innovation quality; R&D intensity; information transparency; market competition

责任编辑:姜 莱;魏小奋