

集聚网络视角下企业数字化的 生产率提升效应研究

韩 峰 姜竹青

【摘 要】数字化转型改变的不仅仅是企业的生产方式和资源配置模式,还会赋予企业的空间集聚形态以更为明显的网络特性。本文在社会网络理论和空间经济理论基础上构建企业数字化和集聚网络影响全要素生产率的理论分析框架,进而基于2001~2020年沪深上市制造业企业和城市面板数据的匹配数据检验了企业数字化和集聚网络对全要素生产率的影响效应。结果显示,企业集聚网络对全要素生产率的有效空间作用边界为50公里,该范围内企业数字化和集聚网络均有助于全要素生产率提升,且二者在推进生产率提升中还具有明显的协同效应和相互强化作用。进一步研究发现,知识外溢效应是企业数字化和集聚网络推动全要素生产率提升的重要机制,且多样化知识外溢的作用明显强于专业化知识外溢;集群内知识学习网络的发展、国家电子商务示范城市试点和金融危机冲击均有效强化了企业数字化和集聚网络对全要素生产率的提升效应及其协同效应;企业数字化和集聚网络对全要素生产率的影响还具有明显的异质性特征,依赖于企业所在行业类型及所有制性质等方面。本文不仅为研究数字化转型的微观经济效应提供了新的视角,也为数字经济下的企业集聚形态转变提供了证据。

【关键词】企业数字化;集聚网络;全要素生产率;空间互动;知识外溢

【作者简介】韩峰,南京审计大学经济学院;姜竹青(通讯作者),长沙理工大学经济与管理学院。

【原文出处】《管理世界》(京),2023.11.54~73

【基金项目】本项研究得到国家自然科学基金面上项目“空间集聚优势与制造业高质量发展研究:理论机制、效应识别与政策优化”(基金号:72073071)及江苏高校“青蓝工程”中青年学术带头人资助项目(基金号:D202062045)的资助。

一、引言

中国共产党第二十次全国代表大会报告中明确指出,“我们要坚持以推动高质量发展为主题,……,着力提高全要素生产率”。这是我国政府根据全面建设社会主义现代化强国的中心任务而做出的重要指示。在此背景下,培育全要素生产率提升的新优势、推动效率变革,已然成为新时代中国经济加快迈向高质量发展阶段的必然要求和应有之义。近年来,数字经济与实体经济的深度融合和快速发展极大提升了生产和生活的数字化、便利化水平,有效支撑了经济社会发展效率的稳步提升和经济的高质量

发展(陈晓红等,2022;江小涓、靳景,2022)。数字化转型使经济活动在提升信息传输和知识扩散速度、降低信息不对称及交易成本、提高资源的精确配置能力和全要素生产率等方面具有明显优势(戈德法布、塔克尔,2019;田秀娟、李睿,2022)。然而,任何企业都需要在既定的空间组织下开展生产经营活动,数字技术在制造业企业生产经营等部门的渗透、应用和推广,改变的不仅仅是企业的生产方式、治理模式和资源配置方式,还会对企业的空间组织形态和空间作用方式产生深刻影响。一方面,数字化转型不仅使企业间联系更为密切,获取外部资源和信

息更为便捷,对资源的空间配置更为精准,而且进一步增强了企业通过空间集聚和面对面互动来获取隐性知识的趋势,从而能够对企业间的集聚效应和规模经济效应发挥乘数倍增作用(罗森塔尔、斯特兰奇,2020;国务院发展研究中心市场经济研究所课题组等,2022);另一方面,数字化转型还能够使企业对既定地域空间范围内的企业家才能、人力资本等要素进行有效整合,并通过信息追踪和数字验证功能增进其与周边个体间的信誉和联系(戈德法布、塔克尔,2019),进而在企业间形成更为稳定的社会关系网络。这一关系网络根植于特定地域组织内的本地社会经济与文化系统,能够有效保障市场机制的有序运行及市场效率的充分发挥,从而与集聚效应产生协同效率(卡佩罗,2016)。可见,在数字经济作用下,集聚的空间组织形态更具有关系网络特性,形成了兼具市场与社会属性的集聚网络。

集聚网络是既定空间范围内企业之间以及不同行为者之间在相互作用基础上形成的,同时具有集聚效应和网络外部性的空间组织形式。其中,集聚效应体现了集聚网络的市场属性,而网络外部性则反映了集聚网络的社会属性。在市场属性方面,企业为获得更高生产率优势而在空间中集聚,空间邻近性使企业间建立起密切的市场关联关系,促进了集聚效应的充分发挥和知识(尤其是隐性知识)在企业间的有效转移(卡塔利尼,2018);在社会属性方面,企业间的不断相互作用,也增进了彼此的信任和忠诚关系,由此形成根植于这一空间集聚组织的社会关系网络,关系邻近性或网络外部性使处于关系网络优越位置的企业在机会识别、外部数据获取及资源整合和利用方面更具优势(彭正银等,2019),因而进一步增强了企业间知识的传播、学习和外溢效应(巴科洛德等,2023)。此外,集聚组织中由社会关系网络形成的共同价值观和行为规范还有助于维护信任关系的稳定性,进而降低知识外溢、集体学习和创新过程的风险及不确定性,确保经济主体市场效率和集聚效应的充分发挥(卡佩罗,2016)。因而,集聚网络中市场和社会两方面属性相辅相成,协同提升了企业的知识外溢效应和生产效率。而在与企业数字化的关系方面,集聚网络通过发挥市场和社会两

方面属性的协同作用,不仅能够利用集聚效应使数字化转型过程中企业间的隐性知识得到有效传播,而且可以借助网络外部性进一步增强企业利用数字技术获取、整合和利用各类知识及信息资源的能力,并保障集聚效应和知识外溢效应的有效发挥,从而强化数字化转型的生产率提升效应。从这个意义上说,数字化转型通过强化集聚网络的集聚效应和网络外部性增强了企业生产率优势,同时集聚网络也通过发挥市场和社会两方面属性的协同作用强化了企业数字化的生产率提升效应,二者在企业生产率提升中存在明显的交互影响效应。基于集聚网络视角探讨企业数字化的生产率提升效应,不仅能够深入理解数字化转型下的企业空间集聚形态变化,揭示数字化驱动下知识转移的内在机制,而且有助于刻画数字化转型中集聚效应和网络外部性耦合协同的内在逻辑,从而为打造数字经济发展及企业生产率提升新优势,推进企业转型升级和高质量发展提供依据。

目前关于数字化转型与企业全要素生产率关系的文献多采用基于既有研究结论进行逻辑推演的方式对二者之间的作用机制进行理论分析,且在重要机制的分析中缺乏一个完整的理论框架,导致特定条件下各类研究对数字化转型的作用机制莫衷一是。此外,已有研究更多考虑了数字化转型对企业自身生产经营方式变革的作用,并未注意到数字化转型给企业空间组织形态和空间格局产生的深刻影响以及这种空间组织形态变化可能给企业数字化战略带来的调节效应。本文聚焦空间网络互动和知识外溢机制,基于社会网络理论和空间经济理论构建企业数字化和集聚网络影响全要素生产率的理论分析框架,推导分析数字化转型和集聚网络通过提升企业间空间互动频率,进而发挥知识外溢效应(包括显性知识和隐性知识)对企业全要素生产率产生影响的传导机制,以及二者在全要素生产率提升中的协同作用机制,从而为企业数字化和集聚网络的相关研究提供理论支撑。在此基础上,本文综合利用2001~2020年沪深A股上市制造业企业年报文本数据、上市企业微观地理信息数据、董事在其他企业兼任董事数据以及上市企业财务数据等多套数据,基

于企业数字化和集聚网络的综合视角探讨了二者对企业全要素生产率的协同影响效应。研究发现,数字化背景下,企业间仍需在一定空间网络范围内保持频繁地相互作用以获取知识外溢和递增收益;该范围内企业数字化和集聚网络均显著促进了全要素生产率提升,且二者在推进生产率提升中具有明显的协同效应和相互强化作用。样本期内,知识学习网络的发展、国家电子商务示范城市试点和金融危机冲击均有效提升了企业数字化和集聚网络对全要素生产率的协同促进作用,从而体现了数字化转型和集聚网络在促进企业转型发展中的韧性和稳定性。本文研究对于深入推进数字经济与实体经济相互渗透与融合,打造企业高质量发展的数字化新优势具有重要的参考意义。

与已有文献相比,本文贡献在于以下几个方面:首先,与多数研究侧重探讨数字化转型对企业自身生产经营活动的影响不同,本文从集聚网络视角切入,揭示数字化转型下的企业空间集聚形态变化以及知识转移的内在机制,从而为数字化转型效应的研究提供了一个新的视角;其次,与已有研究多基于逻辑推演方式进行理论机制分析不同,本文结合社会网络理论和空间经济理论,将企业数字化转型和企业集聚网络纳入统一的理论框架,探讨企业数字化和集聚网络通过企业间的空间网络互动和知识外溢效应进而影响全要素生产率的作用机制,不仅为研究数字化转型的微观经济效应提供了新的理论依据,而且从空间互动及知识外溢方面进一步拓展了全要素生产率的理论分析框架;然后,在指标测算方面,本文使用上市制造业企业微观地理信息数据以及董事是否在其他企业兼任董事的信息、专利被引数据测算企业集聚网络指标,并使用上市制造业企业年报文本数据测算企业数字化水平,为数字化转型效应的相关研究提供了新的微观量化依据;最后,现有文献在探讨数字化对全要素生产率的技术外溢效应时并未具体分析不同类型知识外溢的内在逻辑,本文在理论推导的基础上,从专业化知识外溢和多样化知识外溢两个方面拓展了知识外溢机制的维度,更为细致地识别了企业数字化和集聚网络对全要素生产率的影响机制。

二、相关文献综述

数字经济是以数据资源为关键要素,以现代信息网络为主要载体,以信息通信技术融合应用、全要素数字化转型为重要推动力的新型经济形态(陈晓红等,2022)。企业数字化转型的鲜明特征是数字技术的应用及数据作为生产要素在企业生产中发挥关键作用(史丹,2022)。数字化转型能够通过降低搜索成本、复制成本、交通成本、追踪成本和验证成本,提升企业对信息等数据要素的获取、处理、整合及应用能力(戈德法布、塔克尔,2019;江小涓、靳景,2022),进而降低信息不对称和创新风险,强化企业间的相互作用及知识外溢(田秀娟、李睿,2022),提高企业生产效率。首先,数字环境下的信息搜索成本更低,有助于扩大搜索的潜在范围和质量(张,2018);其次,数字产品能够以零成本复制,从而使数字产品或数字技术使用具有明显的非竞争性特征(蔡莉等,2019);其三,数字商品和信息的运输成本接近于零,深刻改变了地理距离在经济个体空间互动中的作用^①(刘向东等,2019);其四,数字技术使追踪任何一个经济个体的行为信息变得更加容易,能够有效降低信息不对称,促进个性化和一对一市场的建立(兰布雷希特、米斯拉,2017);最后,数字技术使身份验证变得更加容易,数字验证可以更容易地验证数字经济中任何个人、企业或组织的信誉和可信度,有助于形成彼此信任、相互联系的稳定关系网络(伊科诺米季斯、耶齐奥尔斯基,2017)。由数字经济的以上特征可以看出,数字化转型强化了经济个体间信息获取、传输和使用的便利性(福尔曼、范·泽布罗克,2019),提升了经济个体间相互作用的强度和协同效率,并促进了基于信任的社会关系网络的建立。

传统的集聚经济理论强调面对面知识交流在经济个体间信息传输、技术外溢及企业创新中的重要作用(卡塔利尼,2018),因而与具有较长距离的经济个体相比,知识交流和学习效应更容易在较短距离的经济个体间产生(罗森塔尔、斯特兰奇,2020)。密集的集聚环境有助于降低信息交流成本和不确定性、缓解信息不对称,从而提升经济个体之间的接触速度和频率(巴科洛德等,2023)。经济个体间每一次新的接触和相互作用,不仅提供了知识交流和学习

的机会,而且增进了彼此的信任和关系,形成了根植于这一集聚的空间组织内稳定的社会关系网络。社会关系网络将集聚环境中的不同个体紧密联系起来,在相互合作中形成了一系列共同的行为规范和价值观(卡斯特尔诺沃等,2020),有助于维护彼此的忠诚和信任关系,阻止和规避生产经营中的机会主义行为,确保经济主体市场效率的充分发挥。地域性集聚的企业网络从两个方面共同提升了知识传播速度和企业间学习效率:一是通过市场关系进行正式的知识交流,空间邻近性是企业间建立密切市场联系并产生集聚效应的重要保障;二是通过社会关系网络进行的非正式知识交流,关系邻近性或网络外部性是这种网络关系建立及推动知识有效转移的制度安排(特拉诺斯,2020)。社会关系网络构成的非正式制度又促进了市场效率和集聚效应的有效发挥,从而使企业集聚组织兼具市场和社会双重属性(卡佩罗,2016),形成企业集聚网络。可见,空间邻近性和网络外部性加强了经济主体之间的协同效率,而集聚网络中经济主体间频繁的相互作用则是这种协同效率产生的重要机制。

由此可以看出,数字化转型和集聚网络在加强经济个体间相互作用,建立社会关系网络方面均发挥着重要作用。那么,数字化转型过程中数字技术会不会替代企业集聚,而在分散环境下实现企业间的高频率互动呢?通过系统梳理相关文献,本文发现尽管数字化转型能够使企业克服时空距离,便利地获取知识及信息,从而对地理距离和空间集聚具有一定替代作用,但从获取知识或信息的有用性、知识的属性特征及企业所处集聚网络位置等方面来看,企业数字化和集聚网络对生产率的影响更多地表现为协同效应,而非替代效应。

首先,从信息或知识的有用性来看,企业数字化和集聚网络在获取有用信息方面具有协同性或互补效应。数字化转型虽然能够使企业以较高效率获得大量信息和知识,并可以利用智能化技术对信息进行筛选、甄别(尹振东等,2022),但事先若未对信息来源或拥有有用信息的对象进行有目的性的筛选,则会使大量无用信息充斥,带来较大的信息甄选成本(包括相关设备成本和时间成本等)。而集聚网络中

的企业与周边企业之间天然地存在密切业务往来,并通过投入产出关联、技术外溢、网络关系等集聚机制联系在一起(罗森塔尔、斯特兰奇,2020)。处于集聚网络中的企业无需通过繁琐的筛选过程,便可从相互关联的企业中便捷地获取有用信息和知识,从而提升技术创新和生产率水平。可见,集聚网络保障了企业的有用信息来源,从而强化企业数字化的信息获取能力;而处于集聚网络中企业的数字化转型也能够进一步增强企业间的关联效应,从而提升有用信息和知识的传输效率。

其次,从知识的属性来看,企业数字化和集聚网络在隐性知识传播和面对面互动中具有互补性。知识有显性知识和隐性知识之分。显性知识是能够被编码、复制,并以正式、系统的方法(如规则和程序)进行明确传达和转移的知识(阿布巴卡尔等,2019)。由于显性知识多是标准化的专业性知识,且易于以明确的形式来表达,因而能够通过数字化手段克服地理限制进行长距离传播(福尔曼、范·泽布罗克,2019;葛、刘,2022)。而隐性知识是内含于知识学习者自身、通过经验学习的知识,其特点是难以表达、形式化和交流(秦等,2021)^②。这类知识是一种高度语境化、多样化和复杂化、难以编码甚至无法编码的知识(奥利维拉等,2022),只能通过直接的面对面接触来获得,无法通过信息或数字技术进行常规化和远距离传播(马莱茨基,2021)。与显性知识相比,隐性知识普遍被认为在企业创新过程中发挥着更为重要的作用(福尔曼、范·泽布罗克,2019;普列切罗、格里利克,2023),因而即使在数字化环境下,企业也需要集聚在一起,以获得更多面对面交流和隐性知识的机会,提升自身创新水平和竞争优势。此外,数字化转型在提高显性知识传输效率、提升信息交流和相互作用频率的同时,也会导致跨空间传输信息和知识(尤其是隐性知识)的成本增加,从而增加了地理集聚和面对面沟通的相对重要性。数字化作用下,经济个体间高频率的信息传输,不仅导致信息的数量、种类和复杂性在随之增加,而且也使得处理这些复杂事务所需的隐性知识数量在不断提升。由于隐性知识传递本质上需要面对面接触,因而长距离信息传输所涉及的机会成本将随着所产生信息的数量、种

类和复杂性增加而不断提高(戈坎等,2019)。这就需要进行短距离的面对面接触以降低不断增加的沟通成本,提高隐性知识转移效率。这种现象的例子在国际商业银行业务中比较常见,比如许多新型金融产品的高度复杂性使得供需双方要进行繁复的面对面对谈才能够保证其得到有效供应(科恩,1998)。戈坎等(2019)指出,尽管信息和通信技术发生了深刻变革,但通过信息和通信技术来传播知识是不完整和不充分的,空间分离的个体之间仍需要面对面接触以获得更多潜在的隐性知识。可见,企业数字化转型并未使地理距离的作用消失(巴蒂斯顿等,2017),反而进一步强化了企业布局的地理集中趋势和集聚经济效应、网络效应的发挥(国务院发展研究中心市场经济研究所课题组等,2022)。

最后,从企业所处集聚网络位置来看,企业数字化和集聚网络在推动企业获取网络优越位置、提升信息传输和知识交流密度及强度方面具有互补性。一方面,处于集聚网络中的企业数字化进程不仅有助于提升其所处网络节点与周边企业信息交换的广度、频率和强度,强化面对面沟通和集聚效应,还能够通过信息追踪和数字验证功能提升其与周边个体间的信誉和可信度(戈德法布·塔克尔,2019),增强集聚网络的稳定性和网络外部性。另一方面,数字环境下企业在集聚网络中所处位置差异也会对企业数字化转型的生产率提升效应产生影响。集聚网络是企业与其他企业及不同行为者之间在相互作用基础上形成的关系网络系统,反映了企业传播、交换各类数据、信息和技术,以及与一定距离范围内的其他互补组织间进行合作的能力。企业集群中较高的集聚网络发展水平能够使企业与供应商、企业与下游企业或客户间产生较强的归属感和关系协同性,进而建立起稳定的市场和合作关系(贝尔索·马丁内斯等,2020)。这不仅有助于降低企业互动过程中的信息不对称和交易成本,提升数据、信息等资源的获取、整合及利用能力,而且能够有效缓解外部不利冲击,减少与创新相关的不确定性(哈金斯、汤普森,2014;马可·拉贾拉等,2022),有效推进数字技术的研发、应用和推广,提升企业数字化转型中的技术外溢效应。可见,在企业数字化水平既定情况下,具有

较高集聚网络发展水平的企业在数据资源获取、整合和有效利用,以及数字技术研发推广方面将更具优势。

综合而言,数字化转型在很大程度上无法完全替代空间集聚在企业间相互作用、面对面交流和知识外溢中的作用,二者在推动企业转型升级和生产率提升中相互强化、互为补充。数字化转型强化了企业的集聚经济效应和网络外部性,而集聚网络则加快了数字技术传播、推广和应用,提升了数字化转型中企业对信息、资源的获取及处理能力。将二者割裂开来的独立研究必然忽视某些重要的协同影响机制,无助于推进数字经济和实体经济的深度融合和企业的转型发展。然而遗憾的是,目前关于数字化转型与全要素生产率关系的相关研究,均重点阐述了数字化转型的生产率提升效应(杨慧梅、江璐,2021;赵宸宇等,2021;特拉诺斯等,2021;涂心语、严晓玲,2022),并未注意到企业所在空间组织形态或空间格局变化对其数字化转型效应带来的影响,也未基于统一框架、在理论和实证上对企业数字化和集聚网络的协同作用机制进行系统探讨。本文拟通过结合社会网络理论和空间经济理论,将企业数字化和集聚网络纳入统一框架,构建企业数字化和集聚网络影响全要素生产率理论模型,并利用上市制造业企业面板数据探讨企业数字化和集聚网络对全要素生产率提升的影响及其协同效应,以期对现有研究进行有益补充。

三、理论分析框架与研究假设

本部分将在社会网络理论和空间经济理论基础上,构建企业数字化和集聚网络影响全要素生产率的理论分析框架,探讨企业数字化和集聚网络通过影响企业间相互作用强度和知识外溢,进而作用于全要素生产率的作用机制,为进一步的实证分析提供依据。

(一)理论分析框架

1. 企业生产方面

由于数字环境下隐性知识转移仍需要在既定空间范围内进行,因而我们假设一定空间范围 R 内分布有 N 家企业,每个企业均可从与其他企业的互动中获益。经济系统中代表性企业 i 使用技术(或全要

素生产率 A_i 和劳动力 l_i 进行生产,生产函数为:

$$y_i = A_i l_i \quad (1)$$

其中, y_i 为企业生产的产品产量^③。企业生产技术水平依赖于其获取、掌握知识的能力。企业拥有的知识一方面来自自身的知识学习和生产过程,另一方面则来源于其周边企业的知识外溢(葛、刘,2022)。经验和好的想法可以通过企业及个人间的互动和沟通在企业间传播,这不仅能够直接作用于企业生产过程、提升要素生产率,而且有助于降低单位成本,使企业获得规模报酬和递增收益(普列切罗、格里利克,2023)。空间知识外溢既可以是来自同一行业内部不同企业间的专业化外溢,也可以是不同行业企业间的多样化外溢。专业化知识外溢反映了同一行业内研究人员、企业家及高技能人才相互作用而产生的知识外溢和学习过程,即知识在致力于解决类似或具有较高相关性问题的企业或个人间的溢出(格拉泽等,1992),这类知识往往是易于编码、标准化程度较高的知识。多样化知识外溢则是企业通过与其他行业互动来获得多样化、互补性知识的过程,有助于扩大企业获取知识的种类和广度(张,2018)。多样化知识具有较高的复杂性、不易编码,因而更需企业或个体间频繁地互动来促进其实现有效传播和外溢。知识溢出的存在能够克服单个企业下的规模报酬递减问题,使企业生产率在与其他企业空间互动中得到提升。以 S 表示企业从外部获取的知识外溢,则企业全要素生产率可进一步表示为:

$$A_i = A_0 S_i^\eta \quad (2)$$

其中, A_0 代表除空间知识外溢效应外,企业从其他途径获取的技术; η 为空间知识外溢的产出弹性,是经济系统中决定知识外溢重要性的关键参数,且 $0 < \eta < 1$ 。根据社会网络理论和空间经济理论,空间知识外溢水平与经济个体间的相互作用程度密切相关。企业间接触频率和强度的增加意味着企业在一定时间段内与越来越多的其他企业或个人产生空间互动,因而有更多的学习交流机会来提升自身创新水平和生产率(麦肯,2007;戴维斯、丁格尔,2019)。除空间互动程度外,企业获得的知识外溢水平还取决于企业对于知识的接收能力(葛、刘,2022)。新知

识接受者使用现有知识所需具备的能力,不仅包括其对知识的认知能力,也包括为学习新知识而产生的成本的承担能力(克什班迪、杰尊玛丹津,2022)。发展水平越高的企业越有能力识别、甄选有用知识,也越有意愿学习新的知识,并有能力承担为学习新知识而产生的成本,从而对知识外溢具有更高的接收水平。因而,以企业发展水平 y_i (企业产出)表征企业在每次相互作用中能够接收的最大知识量,以 f_i 表示既定空间范围内企业 i 与周边企业的空间互动频率(程度),则空间知识外溢 S_i 可表示为:

$$S_i = f_i y_i \quad (3)$$

将式(2)、式(3)代入式(1)并整理得到:

$$y_i = A_0^{1-\eta} f_i^{1-\eta} l_i^{1-\eta} \quad (4)$$

式(4)反映了考虑知识外溢效应的企业生产函数。进一步结合式(4)和式(1),企业 i 的全要素生产率或生产技术可表示为:

$$A_i = A_0^{1-\eta} f_i^{1-\eta} l_i^{1-\eta} \quad (5)$$

式(5)捕获了企业生产率提升中企业间空间互动带来的递增收益,其作用程度 $\eta/(1-\eta)$ 随知识外溢在经济中重要性(η)的提升而不断提高。企业通过高频率的空间互动,不仅提升了其获取外部知识、先进经验和技术的便利性,还有助于其改进生产工艺、促进新产品研发和快速迭代升级,提高全要素生产率。

2. 需求方面

经济系统中企业 i 与周边企业 j 分别位于空间中的不同位置,二者产生的相互作用程度或频率(f_i)及其从空间互动中获得的收益,取决于企业在社会关系网络中的位置(s_{ij})、与周边企业间社会关系的强度(θ_i)以及相对于周边企业的空间可达性(m_i)。与处于地理中心位置的企业一样,位于社会关系网络中心位置的企业具有更高的空间互动水平。本部分模型主要考察企业在社会关系网络中的位置、企业数字化决定的社会关系强度及企业到周边企业空间可达性如何共同决定了企业在空间中的均衡互动水平,进而推动企业全要素生产率提升。

根据刘等(2014)的研究,社会关系网络可由一系列节点(企业) $N = \{1, \dots, n\}$, $n \geq 2$,以及节点间的一组链接或直接联系组成。节点间的这些连接 g_{ij} 影响

着企业从空间互动中获得的收益。具体而言,我们以邻接矩阵 $G=[g_{ij}]$ 表示社会关系网络中的直接连接,且定义当且仅当 $g_{ij}=1$ 时,社会关系网络中的企业 i 与企业 j 具有直接关联关系,反之则 $g_{ij}=0$ 。不失一般性,我们假定 $g_{ij}=g_{ji}=1$,且 $g_{ii}=0$ 。因而, G 为对角线为0的对称方阵^④。

假设消费者(或企业 i 员工)从最终商品 y 及其与他人的互动中获得效用。消费者效用以可转移效用函数来表示,即:

$$U_i(f_i, f_{-i}, g_{ij})=y_i+u_i(f_i, f_{-i}, g_{ij}) \quad (6)$$

其中, f_{-i} 为除企业 i 外其他企业的空间互动向量, $u_i(f_i, f_{-i}, g_{ij})$ 为企业间相互作用的亚效用函数。式(6)显示,消费者效用在取决于商品量 y 的同时,还决定于企业 i 与周边企业的相互作用频率 f_i 、周边其他企业的空间互动频率 f_{-i} ,以及企业 i 在社会关系网络中与其他企业的关联情况 g_{ij} 。假设每一次的空间互动都会产生一次相互作用或知识交流,那么企业间知识交流的总量便取决于相互作用的总次数或频率。借用根据刘等(2014)对效用函数的设置方法,我们假设亚效用函数 u_i 可表示为线性二次函数形式:

$$u_i(f_i, f_{-i}, g_{ij})=\phi f_i - \frac{1}{2} f_i^2 + \sum_{j=1}^n \theta_{ij} g_{ij} f_i f_j \quad (7)$$

其中, ϕ 为参数,且 $\phi > 0$ 。 θ_{ij} 为企业 i 与周边企业的网络关联强度,或者企业 i 与周边企业每次相互作用传递的信息量。式(7)显示,企业 i 中员工(消费者)的效用不仅决定于自身企业的空间互动水平 f_i ,而且取决于社会关系网络中与其直接连接($g_{ij}=1$)的企业 j 的空间互动程度 f_j 。

随着数字化进程的不断推进和数字技术的快速应用,企业获取、利用和传输信息能力会大幅提升,其在与周边企业每次互动中传递的信息量也势必会不断增加,因而社会网络关联强度 θ 是企业数字化的增函数。以 κ 表示企业数字化水平,则企业 i 与周边企业的社会网络关联强度可由下式表示:

$$\theta_{ij}=\alpha\kappa_i^\lambda \quad (8)$$

式(8)中, α 为参数,反映了除数字化水平外,其他影响社会关系网络关联强度的因素; λ 为企业数字化水平对网络关联强度的影响弹性。若 z 表示每次相互作用过程中信息传递路径的长度,则在数字化水平既定情况下,较长的信息传递路径具有较小的 θ ,

而对于较短的传递路径则赋予较大的 θ 。在社会关系网络矩阵中,信息传递路径越长,意味着 g_{ij} 的幂级数越高,因而社会关系网络中从企业 i 到企业 j 传递路径长度为 z 的路径数可表示为 g_{ij}^z 。该路径长度下,企业 i 到 j 传递的信息量为 $\theta_{ij}^z g_{ij}^z$ 。由此,将所有长度下的路径进行加总,可得到社会关系网络中企业 i 到企业 j 所传递的知识或信息总量为:

$$w_{ij}=\sum_z \theta_{ij}^z g_{ij}^z \quad (9)$$

为获取隐性知识,企业必须克服一定地理距离与其他企业进行面对面互动,并从这种互动中获得收益。若 I_i 为企业 i 员工总收入, ω_i 为其工资水平, τ 为企业从互动中获得的单位信息的边际收益^⑤,则有:

$$I_i=\omega_i+\tau m_i \theta_{ij} f_j \quad (10)$$

其中, m_i 为企业 i 对周边企业的空间可达性。式(10)意味着,员工总收入水平是工资收入和其从空间互动中所获收益之和,且空间可达性水平越高,则企业在相互作用中的交通成本便越低,就越有助于在空间互动中获得更多收益。令 E 表示企业规模, d 为企业间的距离,则企业 i 到周边企业的空间可达性 m_i 可表示为:

$$m_i=\sum_{j=1}^n \frac{E_j}{d_{ij}} \quad (11)$$

式(11)中,企业规模越大,则企业拥有的知识存量或信息量便越大,其对周边企业就越有吸引力;企业间距离越远,则企业克服交通成本进行面对面交流,进而获得信息和知识的难度就越大。假设消费者用于商品 y 的总支出与其总收入相等,且总收入以最终商品来计价,则有 $I_i=y_i$ 。将式(10)替换式(6)中的 y_i ,并结合式(7)可得:

$$U_i(f_i, f_{-i}, g_{ij})=\omega_i+\phi f_i - \frac{1}{2} f_i^2 + \sum_{j=1}^n \theta_{ij} g_{ij} f_i f_j \quad (12)$$

其中, $\varphi_i=\phi+\tau m_i \theta_{ij}$ 。由式(12)可知, $\partial^2 U_i/\partial f_i^2 = -1$,因而消费者效用是空间互动频率 f_i 的凹函数。同时,由于 $\frac{\partial^2 U_i}{\partial f_i \partial f_j} = \theta_{ij} \sum_{j=1}^n g_{ij} > 0$,因而企业 i 与周边企业 j 的空间互动频率具有互补性,周边企业空间互动程度会随当地企业空间互动频率的提升而提高。

3. 模型求解与全要素生产率决定方程

在给定社会关系网络结构和其他企业空间互动频率情况下,将式(12)对 f_i 求导,并令一阶导数为

零,可得到效用最大化情况下企业*i*的最优空间互动频率 f_i^* 。

$$f_i^* = \varphi_i + \sum_{j=1}^n \theta_{ij} g_{ij}^* \quad (13)$$

由式(13)可知,企业*i*的最优空间互动频率是社会关系网络中与其直接连接的其他企业空间互动频率的线性函数。将式(13)写为矩阵形式,则有 $f = \varphi + \theta G f$ 。其中, f 和 φ 分别 f_i 和 φ_i 的 $(n \times 1)$ 向量矩阵。求解以上矩阵方程可得到:

$$f^* = [I - \theta G]^{-1} \varphi \quad (14)$$

其中, I 为单位矩阵。进一步将式(9)写为矩阵形式,得到 $W = \sum_z \theta^z G^z$,其中, G^z 为矩阵 G 的 z 次幂。将 W 的幂级数进行扩展,可以进一步得到:

$$W = I + \theta G + \theta^2 G^2 + \theta^3 G^3 + \dots \quad (15)$$

在式(15)两端同乘以 θG 得到:

$$\theta G W = \theta G + \theta^2 G^2 + \theta^3 G^3 + \theta^4 G^4 + \dots \quad (16)$$

式(15)减去式(16)可得到 $W - \theta G W = I$ 。进而有:

$$W = [I - \theta G]^{-1} \quad (17)$$

结合式(14)和式(17)有 $f^* = W \varphi$,进一步将其写为一般形式,得到:

$$f_i^* = \sum_{j=1}^n w_{ij} \varphi_j = \sum_{j=1}^n \sum_{z=0}^{+\infty} \theta_i^z g_{ij}^z \varphi_j \quad (18)$$

式(18)中 $\sum_{j=1}^n \sum_{z=0}^{+\infty} \theta_i^z g_{ij}^z$ 衡量了企业从社会关系网络中获得的信息或知识总量,是企业在社会关系网络中位置的重要体现(巴列斯特尔等,2006),记 $s_i = \sum_{j=1}^n \sum_{z=0}^{+\infty} \theta_i^z g_{ij}^z$ 。企业 s_i 越优越,其在获取信息方面就越有优势,获得的信息或知识量就越大。结合式(8), s_i 可进一步表示为:

$$s_i = \sum_{j=1}^n \sum_{z=0}^{+\infty} a^z \kappa_i^{z\lambda} g_{ij}^z \quad (19)$$

由式(19)可得 $\frac{\partial s_i}{\partial \kappa_i} = z\lambda \sum_{j=1}^n \sum_{z=0}^{+\infty} a^z \kappa_i^{z\lambda-1} g_{ij}^z > 0$ 。这意味着,企业数字化水平越高,就越有利于加强其与周边企业间的社会网络关联强度,从而提升其在其在社会关系网络中的地位。

将式(18)中的 φ_j 替换为 $\phi + \tau m_j \theta_j$,得到:

$$f_i^* = \sum_{j=1}^n \sum_{z=0}^{+\infty} \theta_i^z g_{ij}^z (\phi + \tau m_j \theta_j) = s_i (\phi + \tau m_i \theta_i) \quad (20)$$

由式(20)可知, $\frac{\partial f_i^*}{\partial s_i} = \phi + \tau m_i \theta_i > 0$, $\frac{\partial f_i^*}{\partial m_i} = \tau s_i \theta_i > 0$,

$\frac{\partial f_i^*}{\partial \theta_i} = \tau s_i m_i > 0$,因而均衡状态下企业*i*与周边企业的空间互动频率随企业*i*在社会关系网络中地位的提

升、企业*i*对周边企业空间可达性的提高以及企业*i*社会关系网络关联强度(或企业数字化水平)的提高而增加。将式(11)代入式(20),进一步整理得到:

$$f_i^* = \phi s_i + \theta \tau_i \left(s_i \sum_{j=1}^n \frac{E_j}{d_{ij}} \right) \quad (21)$$

式(21)中,空间可达性 $\sum_{j=1}^n \frac{E_j}{d_{ij}}$ 体现了企业*i*与其周边其他企业间的空间分布关系,其值越大代表企业*i*与周边企业间的联系更为密切,集聚效应就更为明显; s_i 为企业*i*在企业集群中所处的网络位置,其值越大代表与其他企业相比,企业*i*在识别潜在市场机会、获取信息、知识和数据资源方面更具优势。本文将 s_i 与 $\sum_{j=1}^n \frac{E_j}{d_{ij}}$ 合并为一起,并将 $s_i \sum_{j=1}^n \frac{E_j}{d_{ij}}$ 定义为企业集聚网络,不仅体现了企业间在地理空间中的邻近性,更体现了特定区域内不同企业相互关联而产生的关系邻近性。企业之间的这些相互作用和关系同时包含了市场力量作用下的集聚关联效应以及非市场的社会关系。企业所在产业集群的集聚效应越明显,代表着企业更多地依据市场效率而选择最优区位(师傅、沈坤荣,2013),其与周边企业在劳动力供求、投入产出关联及技术互动等方面存在密切联系,因而该企业从周边企业获取各类信息、知识就越便利、越充分。与此同时,集群中企业间的密切联系和不断的相互作用,还能够使企业间建立起稳定的社会关系(马可·拉贾拉等,2022)。这些社会关系相互交织构成了一种被集群内企业普遍认同的关系网络。企业拥有优越的社会关系网络位置(s_i 较大),一方面可以使其获得较多外部知识、信息资源和社会资本,增加企业创新的战略性资源拥有量,并使企业通过整合和有效利用外部数据资源准确预测市场发展趋势,减少企业发展面临的不确定性;另一方面则有助于企业降低产品研发、创新中的信息不对称,提高企业决策质量和企业内生发展动力,从而更有助于吸引企业向邻近社会关系网络优越位置的区位集聚。而处于关系网络劣势地位的企业则不具有获取信息或知识的优势地位,其获得的集聚效应和生产率效应也相对有限。因而在这一过程中,企业关系网络因集聚效应而产生,又反过来进一步强化了企

业间的集聚优势,形成一种正向反馈和循环因果关系。由此,由市场力量决定的企业集聚效应与社会关系决定的网络外部性在企业获取外部资源和竞争优势中产生了协同效率,合作与相互作用带来了企业集群内企业的递增收益和区位优势。式(21)中的 $s_i \sum_{j=1}^n \frac{E_j}{d_{ij}}$ 便反映了企业集群中集聚效应和网络外部性的这种协同作用。将式(21)代入式(5),并令 $\psi_i = s_i \sum_{j=1}^n \frac{E_j}{d_{ij}}$ 表示企业 i 的集聚网络,则企业 i 的全要素生产率可表示为:

$$A_i = A_0^{1-\tau} I_i^{\tau} (\phi s_i + \tau \theta_i \psi_i)^{\frac{\tau}{1-\tau}} \quad (22)$$

式(22)便是本文得到的企业数字化和集聚网络影响企业全要素生产率的决定方程。以下本文将以此方程为依据,从知识外溢效应以及企业数字化与集聚网络的协同效应两个方面探讨企业数字化和集聚网络影响企业全要素生产率的机制,并提出相应的研究假设。

(二)机制分析与研究假设

1. 企业数字化通过强化知识外溢效应作用于企业全要素生产率

高频率的空间互动意味着高效率的信息传输和各类知识的空间溢出。由显性知识和隐性知识的特征可知,显性知识多是易于编码的、标准化的专业化知识,而隐性知识则主要是那些较为复杂、难以编码的多样化知识。式(22)显示,企业数字化可通过两条路径来增强企业间知识外溢效应,提升企业的生产率优势。第一,由式(8)、式(20)和式(22)可知 $\frac{\partial A_i}{\partial f_i} \frac{\partial f_i}{\partial \theta_i} \frac{\partial \theta_i}{\partial \kappa_i} > 0$, 因而企业数字化可直接通过增强社会网络关联强度来提升企业空间互动频率,进而提高企业全要素生产率;该条路径主要体现了企业数字化通过提升显性知识转移频率来获得生产率优势的效应。在数字化作用下,企业在直接传输标准的、易于编码的专业化知识方面具有明显的便利性,因而有助于促进专业化知识的空间外溢。

第二,由式 $\psi_i = s_i \sum_{j=1}^n \frac{E_j}{d_{ij}}$ 、式(21)和式(22)可得 $\frac{\partial A_i}{\partial f_i}$

$\frac{\partial f_i}{\partial \psi_i} \frac{\partial \psi_i}{\partial \kappa_i} > 0$, 因而数字化转型可通过强化企业集聚网

络的集聚效应和网络外部性来提高企业空间互动频率,进而提升企业全要素生产率。该路径则主要体现了企业数字化通过强化集聚效应和面对面接触来获取隐性知识,进而提升全要素生产率的效应。企业能够利用数字技术精确获得关于更为稀有和先进的知识种类的相关信息(张,2018),并通过强化企业间集聚网络的集聚效应和网络外部性来推动这些隐性的多样化知识的转移。多样化知识是各类专业化知识的复杂组合形式。随着数字化带来的企业间信息传输数量、知识交流范围和强度的不断提升,信息的种类和复杂性也在不断增加。通过空间集聚和近距离、面对面接触来解决高度复杂问题的必要性和重要性日益凸显。尤其是集聚组织中形成的稳定社会关系网络为集聚效应的充分发挥和多样化知识的有效转移提供了重要保障。首先,数字化带来的企业或个人间的接触频率提高,不仅使得企业或个人获取、学习各类知识的机会增加,而且知识的种类和复杂性也在不断提升,甚至有些知识无法直接通过文字表达或编码的方式来传播,因而势必导致企业及个人间更多地面对面互动。企业间的相互作用增进了彼此间的了解和信任,有助于构建基于友好和信任的稳定社会关系网络(麦肯,2007;贝尔索·马丁内斯等,2020)。在这一关系网络内,企业间拥有统一的体制规则和社会价值观,在社会邻近性和关系邻近性共同作用下较易形成合作关系(卡佩罗、伦齐,2018)。企业间的合作和协作有助于实现要素和资源在社会关系网络节点企业间的共用共享,从而促进具有隐性、复杂性特征的多样化知识的有效转移。而企业数字化带来的网络关联强度的提升及对网络成员身份的精准验证和识别效应,则有助于规避社会网络关系中企业的机会主义行为,保障企业间信息传输、知识转移的有效推进。可见,企业数字化进一步强化了企业集群中企业间的集聚效应和网络关联效应,从而赋予企业集聚以更为明显的网络特征,有助于企业在空间互动中实现协同效率。其次,基于统一社会规则的稳定关系网络还有助于提高企业间相互行为的透明度、降低信息不对称,使多样化知识的传播更为安全可靠。集聚网络中企业间频繁的相互作用不仅会导致大量知识和信息的交

换,还有助于提升知识和信息的质量和安全性(特罗佩亚诺,2001)。博世马(2005)认为,企业间频繁的互动能够增强其组织协调和交流知识的能力,从而提升信息的准确性,将企业生产和创新风险控制在合理范围内。穆什特拉和卡利尼奇(2020)也进一步指出企业间空间互动频率的提升增进了彼此信息的透明度和知识交流的准确性,从而有助于降低企业生产、经营和创新风险。企业间信息透明度的提高、信息质量和知识安全性的提升,为多样化隐性知识的有效转移提供了重要保障。因而企业数字化不仅能够直接推动专业化知识的转移,而且能够通过强化企业集聚网络的集聚效应和网络外部性更有效地推进多样化知识的外溢,进而提升企业全要素生产率。由此,本文提出以下研究假设。

假设1:企业数字化不仅有助于推进专业化知识外溢,而且还能够通过强化企业集聚网络的集聚效应和网络外部性对多样化知识外溢产生更为明显的促进作用,进而提升企业全要素生产率。

2. 企业数字化和集聚网络在推动全要素生产率提升中的协同效应

从式(22)中,我们不仅能够获得企业数字化有助于提升企业全要素生产率的证据,还可以发现 $\frac{\partial^2 A_i}{\partial \kappa_i \partial \psi_i} > 0$ 。这意味着,企业数字化和集聚网络在推动企业全要素生产率提升中具有协同效应和互补性,不仅企业数字化有助于强化集聚网络的集聚效应和网络外部性,而且企业所处集聚网络位置越优越也会使企业在数据资源获取、利用,以及数字技术研发应用中更具优势,进而对企业数字化的生产率提升效应产生促进作用。由此,本文提出以下研究假设。

假设2:企业数字化和集聚网络在全要素生产率提升中具有协同效应和相互强化效应。

四、计量模型、指标测度与数据说明

(一) 计量模型设定

理论分析显示,企业全要素生产率不仅受到企业数字化和企业所在集聚网络的影响,而且受到二者协同效应的作用。本文计量模型可设定为:

$$\ln A_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln \kappa_{it} + \beta_2 \ln \text{aggn}_{it} + \beta_3 \ln \kappa_{it} \times \ln \text{aggn}_{it} + \mu_j + \mu_e + v_t + \xi_{it} \quad (23)$$

其中, β_0 为常数; A_{it} 表示企业*i*在*t*年的全要素生产率; κ_{it} 为企业*i*在第*t*年的数字化水平; aggn_{it} 表示企业*i*面临的集聚网络发展水平; $\beta_1 \sim \beta_3$ 分别为相应变量的弹性系数; μ_j 、 μ_e 、 v_t 分别为城市、企业和年份固定效应, ξ_{it} 为随机扰动项。

除企业层面的数字化水平和集聚网络外,企业全要素生产率还可能会受到其他企业和城市因素的影响。为降低遗漏变量给计量模型估计带来的偏误,本文进一步在式(23)的基础上纳入其他城市和企业层面的控制变量。城市层面的控制变量还包括城市规模(U_{size})、外商直接投资存量(FDI)和创新要素投入强度(I_p)。企业层面的控制变量主要包括:企业规模($Size$)、企业总资产净利率(Ro_a)、股权集中度(Top_5)、资本密集度(Cap)、资产结构($Tang$)等。包含各控制变量的计量模型可进一步设定为:

$$\begin{aligned} \ln A_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \ln \kappa_{it} + \beta_2 \ln \text{aggn}_{it} + \beta_3 \ln \kappa_{it} \times \ln \text{aggn}_{it} + \beta_4 \ln I_{p_{it}} + \\ & \beta_5 \ln U_{size_{it}} + \beta_6 \ln FDI_{it} + \beta_7 \ln Size_{it} + \beta_8 \ln Ro_{a_{it}} + \\ & \beta_9 \ln Top_{5_{it}} + \beta_{10} \ln Cap_{it} + \beta_{11} \ln Tang_{it} + \mu_j + \mu_e + v_t + \xi_{it} \end{aligned} \quad (24)$$

其中, $\beta_4 \sim \beta_{11}$ 为城市和企业层面控制变量的弹性系数,各控制变量的引入机理及测度方法将在下文详细论述。

(二) 指标测度与数据说明

本文样本为2001~2020年沪深A股上市制造业企业数据^⑥。在数据处理过程中,本文删除了金融企业样本、相关变量缺失较为严重的样本以及ST、PT及样本期间退市和资不抵债的样本,最终得到24180个上市制造业企业观测值。上市企业原始财务数据来源于国泰安数据库(CSMAR),企业年报数据取自沪深证券交易所官方网站。以下详细说明各变量的测度方法。

(1)企业全要素生产率(A)。企业全要素生产率是企业投入产出效率、产品质量和技术创新能力等方面的综合反映。目前较常见的企业全要素生产率测算方法主要有普通最小二乘法、广义矩估计法、固定效应法、前沿分析法、Olley-Pakes法(OP法)、Levinsohn-Petrin法(LP法)等。黄勃等(2022)针对以上方法进行了较为全面的评述,本文不再赘述。本文依据黄勃等(2022)的做法,主要采用LP方法测算

的企业全要素生产率进行实证分析。同时,本文还使用固定效应法和OP方法测算的全要素生产率进行稳健性检验。

(2)企业数字化(κ)。本文基于文本挖掘的数字经济词频方法来测算企业数字化水平。本文根据吴非等(2021)的方法,利用爬虫技术批量搜索了中国沪深A股上市制造业企业2001~2020年期间的年报文本数据,进而借鉴洛克伦和麦克唐纳(2014)及阿西莫格鲁等(2021)的研究,利用上市公司年报文本数据和基于机器学习的“词频—逆文本频率”方法测算企业数字化水平。

首先,综合参考《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《中国数字经济发展报告(2021年)》以及历年《政府工作报告》等重要文件和吴非等(2021)的研究,构建企业智能化的中文分词特征词库^⑦;其次,参考布朗和塔克尔(2011)的方法删除年报中的停用词,并利用词频统计法计算特征词库中的数字化关键词词频;最后,根据洛克伦和麦克唐纳(2014)及阿西莫格鲁等(2021)的研究,利用基于机器学习的“词频—逆文本频率”方法测算中国上市制造业企业数字化指标(κ)。企业数字化指标可表示为:

$$\kappa_i = \sum_k [\ln(h_{it}^k + 1) \times \ln(Q_t/q_t^k + 1)] \quad (25)$$

其中, $\ln(h_{it}^k + 1)$ 为第k个数字化关键词在上市企业i第t年的年报中的词频; Q_t 为第t年上市企业年报文本总数, q_t^k 为第t年包含第k个数字化关键词的年报文本数量, $\ln(Q_t/q_t^k + 1)$ 便是包含第k个数字化关键词的逆文本频率。用以上方法测算的企业数字化水平能够有效提升第k个数字化关键词在文本分析中的识别能力,从而降低因通用词汇过多而带来的对数字化关键词k的低估程度。

(3)企业集聚网络(aggn)。企业集聚效应决定了企业从关联企业空间互动中获取规模经济优势和吸收、利用技术外溢的能力,其与社会关系网络效应在企业生产率提升过程中具有互补性和协同作用。为刻画集聚网络中企业集聚效应和社会网络效应的协同机制,本文构建了以下企业集聚网络指标(aggn),即:

$$\text{aggn}_i = s_i \sum_{j=1}^n \frac{E_j}{d_{ij}} = \frac{C_i}{R_i} \sum_{j=1}^n \frac{E_j}{d_{ij}} \quad (26)$$

其中, E_j 为企业就业规模; $\sum_{j=1}^n \frac{E_j}{d_{ij}}$ 是结合潜力模型来测算的企业空间集聚水平,反映了一定距离(d_{ij})范围内企业i受到的其他企业j的集聚外部性影响。本文以上市制造业企业地理位置的经纬度信息为依据测算两两企业间的距离(d_{ij}),并以10公里的空间间隔将企业周边区域划为不同的地理圈层对企业空间集聚水平进行测算,进而将测算的不同地理圈层内的集聚网络指标代入计量模型进行估计,识别集聚网络影响企业全要素生产率的最优空间尺度。式(26)意味着,当一个企业在空间中具有较强的集聚效应,同时又在社会关系网络中处于较佳位置,那么该企业在信息传播、知识学习和创新资源利用中便会更易于与其他企业产生协同优势。

C_i 和 R_i 都是用来衡量企业所在社会关系网络位置的指标。其中, C_i 为一定距离范围内企业所在社会关系网络的中心度,反映了企业与网络中其他企业之间的直接联系程度。其计算方法如式(27)所示。

$$C_i = \frac{\sum_{j \neq i} g_{ij}}{n-1} \quad (27)$$

其中, g_{ij} 表示企业i与企业j之间是否存在社会网络关系,若存在,则 $g_{ij}=1$,否则 $g_{ij}=0$; $\sum_{j \neq i} g_{ij}$ 为既定空间范围内(下文将对该空间范围进行识别和检验)企业i与其他企业社会网络关系的加总, n 为该空间范围内的企业数量。

R_i 为一定距离范围内企业在社会关系网络中所受到的限制性水平,而与此相反, $1/R_i$ 则表示企业在社会关系网络中的结构洞指数。结构洞是指当两个非直接关联的企业都连接到同一企业时在信息流中形成的缺口。由于处于结构洞位置的企业将没有直接联系的企业联系起来,并在企业联系中发挥“桥梁”或“中介”的作用,因而与其他未处于结构洞位置的企业相比,不仅能够从整个网络中获得更多的创新资源和信息,而且能够促进信息和知识的流动与传播,并通过控制信息流为自身的技术创新和生产率提升服务。从这个意义上说,企业在社会关系网络中所受到的限制性水平越高,则其发挥“桥梁”或“中介”作用的可能性就越小,其结构洞指数也就越小。根据钱锡红等(2010)的研究, R_i 可表示为:

$$R_i = \sum_{j \neq i} (g_{ij} + \sum_{v \neq i, j} g_{iv} g_{vj})^2 \quad (28)$$

其中, g_{ij} 为企业 i 与企业 j 在社会网络中的直接联系强度; $\sum_{v \neq i, j} g_{iv} g_{vj}$ 为企业 i 在社会网络中通过企业 v 与企业产生的所有非直接联系的总和; $(g_{ij} + \sum_{v \neq i, j} g_{iv} g_{vj})^2$ 则表示企业 i 因企业 j 而在社会网络中受到的限制性水平。企业 i 在社会网络中受到的总体限制性水平便是该企业在社会网络中因所有其他企业而受到的限制性水平的加总。

企业集群中的社会关系网络可以是企业之间形成的非正式的“非贸易”关系以及一系列由员工流动和企业间学习而产生的学习网络,也可以是更正式的在技术发展、职业和在职培训等领域形成的合作关系(比如合作协议等)。连锁董事网络是企业社会关系网络的一种重要表现形式,在组织间学习和模仿、知识转移、信息传递和交换中发挥着重要作用。卢昌崇和陈仕华(2009)指出,中国80%以上的上市企业存在连锁董事,上市企业之间已经以连锁董事为基础形成了一个庞大的社会网络系统。社会网络关系长期稳定嵌入至企业之中,是企业获取外部资源和信息的重要来源(严若森、华小丽,2017)。本文便从上市企业间连锁董事网络视角来测度社会关系网络的中心度和结构洞指数。本文手工收集国泰安数据库(CSMAR)中上市企业董事是否在其他企业兼任董事的信息,分年份构建“企业—企业”网络位置关系矩阵(若上市企业 i 和 j 在相应年份至少有一位共同董事,则矩阵元素取值为1,反之取值为0)来反映企业间的合作关系和基于人际沟通的学习关系。若企业之间存在共同董事,一方面意味着两企业在人际交往或沟通方面存在便利渠道,二者在思想、理念、经验方面的交流频次和学习效应更甚于不具有共同董事的企业;另一方面也可能说明二者存在某种正式的合作关系或者具有正式合作关系的潜在可能性,从而增强企业间的互利互信,提升网络效应和外溢效应。在此基础上,将构建的企业网络位置关系矩阵与Python网络建模技术相结合,计算每个企业在社会关系网络中的网络中心度和结构洞指数。

(4)其他控制变量。城市单位新产品劳动力投入量(Ip)以城市非农就业与专利授权量的比值来表示(人/项),其中非农就业为城市单位从业人员数与个

体从业人员数之和(人),专利授权量数据来源于国家知识产权数据库。城市规模($Usize$)以城市非农人口规模来表示(万人);城市外商直接投资存量(FDI)使用永续盘存法来测算(万元),年折旧率设为5%。企业规模($Size$)用企业资产总额来衡量(万元);总资产净利润率(Roa)以企业利润在总资产中的比重表示;股权集中度(Top_5)以企业前五大股东持股比例来表示;资本密集度(Cap)以企业固定资产净值除以企业年平均员工数来表示;资产结构($Tang$)用固定资产净额和存货净额之和与总资产的比值来衡量(详细内容参见《管理世界》网络发行版附录1)^⑧。

五、实证分析

(一)企业集聚网络影响的空间尺度界定

理论分析显示,数字化转型和集聚网络在推进生产率提升中具有协同效应,且数字化环境下,企业空间集聚在信息传输、知识转移中依然发挥着重要作用。集聚网络释放出的集聚效应和网络外部性依然具有明显的空间特征。为界定企业集聚网络在空间中对全要素生产率的最优影响尺度,本文以10公里的空间间隔将企业周边区域划为不同的地理圈层对企业空间集聚网络位置进行测算,并将不同地理圈层内的集聚网络指标代入计量模型进行估计。在计量模型估计之前,本文对面板模型进行了检验。本文使用同时控制企业、年份和城市固定效应的计量模型,并将稳健标准差聚类到企业层面,对不同空间圈层的计量方程进行估计。估计结果如表1和图1所示。

表1和图1显示,企业所在集聚网络对全要素生产率的影响系数在50公里范围内均显著为正,超过50公里后其影响效应不再显著。这意味着企业与周边50公里范围内的其他企业形成的集聚网络有效提升了企业获得与之相匹配的专业化劳动力、中间投入品及知识和技术的便利化水平,从而对企业生产率产生了显著促进作用,而超过该空间范围,集聚网络带来的经济外部性可能不足以弥补成本的提升,进而未对企业生产率产生明显影响。这可能与隐性知识传递仍需空间集聚下的面对面交流有关。进一步从有效空间范围内集聚网络的作用效果来看,10公里范围内企业集聚网络对全要素生产率的促进作

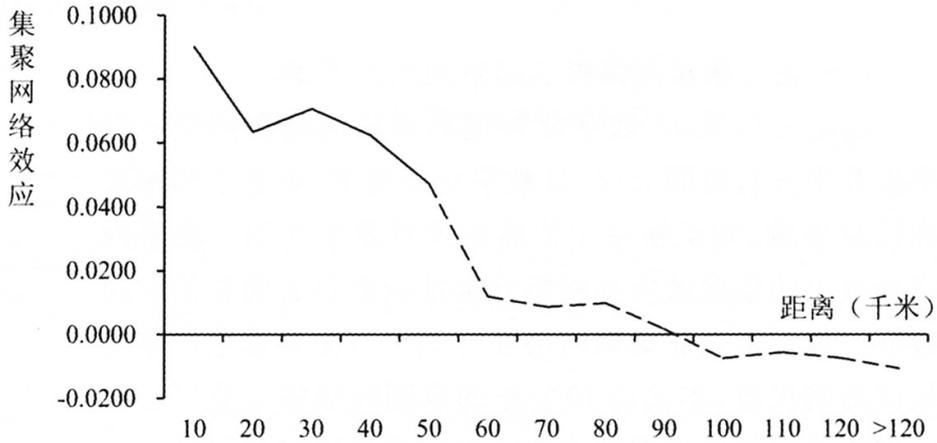


图1 企业集聚网络效应的空间作用边界

注:虚线表示不显著区域。

表1 数字化转型下集聚网络影响全要素生产率的空间尺度界定

空间距离	lnaggn	lnk	控制变量	adj.R ²	N
0 < d ≤ 10	0.0901***(24.1095)	0.1282***(34.6998)	控制	0.4768	23631
10 < d ≤ 20	0.0633***(15.8829)	0.1294***(31.4812)	控制	0.4217	20419
20 < d ≤ 30	0.0706***(15.8601)	0.1320***(32.8196)	控制	0.4232	20584
30 < d ≤ 40	0.0624***(15.0399)	0.1319***(33.2603)	控制	0.4221	20964
40 < d ≤ 50	0.0472***(5.3209)	0.0516***(6.3233)	控制	0.4210	20957
50 < d ≤ 60	0.0119(1.2900)	0.0533***(6.3880)	控制	0.4214	22268
60 < d ≤ 70	0.0086(0.8599)	0.0554***(6.3200)	控制	0.4182	21479
70 < d ≤ 80	0.0098(1.1809)	0.0547***(6.5018)	控制	0.4167	21525
80 < d ≤ 90	0.0017(0.1899)	0.0513***(5.6293)	控制	0.4177	23631
90 < d ≤ 100	-0.0075(-0.7900)	0.0537***(6.2702)	控制	0.4180	20957
100 < d ≤ 110	-0.0056(-0.5799)	0.0552***(6.2387)	控制	0.4178	22589
110 < d ≤ 120	-0.0074(-0.6512)	0.0537***(6.0193)	控制	0.4169	21562
120 < d	-0.0107(-0.4305)	0.0553***(6.6297)	控制	0.4126	22376

注:表中括号内为聚类稳健标准误的t统计值; *、**、***分别表示在10%、5%和1%的置信水平上显著。

用最大(系数值为0.0901),其后每隔10公里集聚网络的作用效果基本呈现逐步降低趋势(系数值由0.0633降低到0.0472);超过50公里范围后,尽管影响系数不再显著,但其作用效果仍呈现逐步降低趋势(图中虚线部分)。因而,在控制数字化转型条件下,集聚网络对全要素生产率的影响具有明显的衰减效应,且这种衰减效应在有效空间作用边界周围呈现渐变性特征。各方程中企业数字化转型对全要素生产率

的影响系数均显著为正,说明企业数字化转型有助于提升企业获取、利用各类资源的效率,进而显著提升全要素生产率水平。这同时也印证了企业数字化对全要素生产率影响效果的稳健性。

(二)企业数字化、集聚网络影响全要素生产率的基准回归结果

在以上分析的基础上,本文进一步测算有效空间范围(50公里)内的企业集聚网络,并将集聚网络以

及其与企业数字化交互项引入计量方程中对基准回归结果进行估计。结果如表2所示。

表2第(1)列报告了仅加入数字化和集聚网络两个变量后的估计结果,结果显示企业数字化转型和集聚网络均对企业全要素生产率具有显著促进作用。在第(2)列中进一步加入企业数字化与集聚网络交互项后,发现企业数字化和集聚网络的参数估计依然显著为正,且企业数字化与集聚网络交互项的参数估计依然为正,说明不仅企业数字化和集聚网络本身对企业全要素生产率促进作用,而且二者在企业全要素生产率提升中还具有明显的协同效应。数字技术具有可编辑性、可扩展性、开放性和关联性等特征(王海花、杜梅,2021)。企业数字化通过不断推动数字技术的研发、应用和推广,加速资源的整合、吸收与利用,不仅有助于提升企业适应新环境、强化资源共享和企业间关联以及以较低成本处理大规模业务的能力,而且信息数量、种类和复杂性的提升也使得企业间近距离接触更为必要,从而增强了企业集群的技术外溢效应、规模经济效应和网络效应。而企业集聚网络的发展也会进一步增强企业获取、整合、调配和控制外部多元化资源的能力,强化企业数字化对全要素生产率提升的促进作用。以上结论印证了本文的理论预期。在第(3)~(5)列中分别加入城市控制变量、企业控制变量以及同时控制城市和企业变量后,企业数字化、集聚网络以及其交互项的参数估计依然显著为正,说明在其他条件不变的情况下,企业数字化、集聚网络及其交互项对全要素生产率的影响依然非常稳健。

(三)稳健性检验

本部分从更换全要素生产率测度方法、更换企

业数字化和集聚网络等核心解释变量测度方法、分别在2.5%和1%的水平上对样本进行两端缩尾和两端截尾处理、使用全部上市企业数据进行估计等方面对基准回归结果进行稳健性检验。检验结果与表2基准回归结果基本一致(详细内容参见《管理世界》网络发行版附录2)。

(四)内生性问题

为尽可能减少内生性问题对模型估计结果的影响,本文采用两阶段最小二乘法来控制计量模型的内生性问题。在企业数字化的工具变量选择方面,本文选取1984年城市层面的固定电话用户数(tele)作为企业数字化的工具变量。一方面,互联网是数字经济发展的重要载体,而我国互联网走进大众视野是从电话线拨号接入开始的,因此历史上固定电话用户数较多的地区,也极大可能是互联网普及率较高、数字经济发展得更好的地方;另一方面,随着数字技术的飞速发展,普通电话用户数量对企业发展的影响在不断减弱,历史上的电话用户数量并不会对当前的企业全要素生产率产生直接影响。因而,历史上的固定电话用户数满足作为企业数字化工具变量的要求。由于本文样本为面板数据,为避免不随时间变化的工具变量在固定效应估计中被自动消除,本文借鉴纳恩和钱(2014)的方法,使用固定电话用户数与全国层面企业数字化均值的交互项作为工具变量进行2SLS估计。在集聚网络工具变量选择方面,本文选择企业所在区位的地理中心度(Centr)^①以及所在城市海拔(Altitude)和平均地表坡度(Ass)作为企业集聚网络的工具变量。根据刘修岩(2014)的研究,地理中心度反映了一地区在地理空间中的区位优势性。因而,处于地理中心区位的企业更易于

表2 企业数字化、集聚网络影响全要素生产率的基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
lnk	0.0963***(9.4035)	0.1058***(2.6232)	0.0473***(4.2355)	0.0512***(3.3499)	0.0462***(2.7097)
lnaggn	0.1463***(11.9986)	0.1279***(6.8528)	0.1018***(5.2611)	0.0580***(3.3794)	0.0387***(5.4274)
lnk×lnaggn		0.0273***(5.9605)	0.0229***(4.3800)	0.0181***(4.2414)	0.0108***(5.6799)
控制变量	不控制	不控制	控制城市变量	控制企业变量	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
N	24180	24180	23634	24043	23504
adj.R ²	0.3334	0.3342	0.3745	0.4016	0.4127

注:表中括号内为聚类稳健标准误的t统计值;*,**、***分别表示在10%、5%和1%的置信水平上显著。

获得更优的生产网络地位、广阔的产品市场和充分的生产要素供给。地理中心度与企业集聚网络间存在明显的相关性,但作为纯粹地理区位特征,地理中心度与企业全要素生产率间并不存在直接联系。此外,企业所在城市海拔和平均地表坡度也会影响到企业的区位选择及空间分布状态,因而与企业集聚网络也存在明显的相关性,但海拔和地形坡度作为自然地理特征,也不会与企业全要素生产率产生必然联系,因而也符合作为工具变量的要求。由于地理中心度、城市海拔和平均地表坡度是不随时间变化的自然地理变量,因而本文使用这三类地理变量与全国层面企业集聚网络均值的交互项作为工具变量进行内生性检验。表3中报告了两阶段最小二乘估计的第一阶段和第二阶段结果。结果发现,第(1)~(3)列检验第一阶段每个回归中识别不足的Sanderson-Windmeijer(SW)chi-squared检验的伴随概率均在1%水平上强烈拒绝原假设,即本文选取的工具变量不存在识别不足的问题;检验弱工具变量的SW F检验的伴随概率也在1%水平上拒绝原假设,

因而不存在弱工具变量问题。第(4)列中Kleibergen-Paap(KP)rk LM检验进一步在1%水平上拒绝了工具变量识别不足的原假设;Cragg-Donald Wald(CDW)F的值远大于Stock-Yogo弱识别检验在5%水平上的临界值13.95,故而也进一步排除了弱工具变量问题;Hansen检验亦接受工具变量均为外生变量的原假设。可见,本文选取的工具变量均是合理有效的。表3第(4)列结果显示,在控制内生性后,企业数字化、集聚网络及其协同效应依然有助于提升企业全要素生产率,本文基准回归结果具有较强的稳健性。

此外,选用工具变量时需要检验工具变量的排他性问题,即工具变量对于被解释变量作用渠道的唯一性问题。首先,本文对面板数据进行了半简化式回归,将所有工具变量作为解释变量加入基准回归模型中进行估计。表3第(5)列中工具变量的系数均不显著,从而排除了工具变量通过其他遗漏变量作用于企业全要素生产率的可能性。其次,在未引入控制变量的前提下,采用两阶段最小二乘法进行

表3 企业数字化、集聚网络影响企业全要素生产率的2SLS估计结果

变量	第一阶段回归			第二阶段回归	工具变量的排他性检验	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	lnk	lnagen	lnk×lnagn	lnA	半简化式回归	2SLS估计
Intele	0.5478*** (2.6722)				0.0041(1.3530)	
Centr		0.5208*** (12.3302)			0.0071(1.1698)	
Altitude		-0.3501** (-2.3504)			-0.0384(-1.1577)	
Ass		-0.5468*** (-3.3512)			-0.0019(-0.3385)	
Intele×Centr			1.5793*** (3.7348)			
Intele×Altitude			-3.3998** (-2.4040)			
Intele×Ass			-5.1525*** (-3.2878)			
lnk				0.7553*** (9.0200)		0.0742*** (5.1300)
lnagn				0.1485*** (3.9294)		0.7609*** (3.2018)
lnk×lnagn				0.3279*** (4.0441)		0.2879*** (4.7904)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	未控制
SW chi-squared test	245.4300[0.0000]	175.1600[0.0000]	255.1200[0.0000]			
SW F test	48.3100[0.0000]	34.4800[0.0000]	50.2200[0.0000]			
KP rk LM				51.1220[0.0000]		62.0850[0.0000]
CDW F				37.0900		42.8520
Hansen test				0.1653[0.4907]		0.1073[0.6052]
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	21632	21632	21632	21632	23512	22288
R ²	0.1402	0.1411	0.1269	0.1028	0.1193	0.0964

注:表中括号内为聚类稳健标准误的t统计值;*,**、***分别表示在10%、5%和1%的置信水平上显著;方括号中为相应统计量的伴随概率。

估计,然后通过对表3第(6)列和第(4)列结果,检验控制变量引入前后回归结果的变化情况。结果显示,企业数字化、集聚网络的参数估计在引入控制变量前后几乎未产生明显变化,从而排除了工具变量通过控制变量影响因变量的可能性。可见,本文证明了各工具变量对企业全要素生产率作用渠道的唯一性,从而实现了工具变量的排他性约束条件。

六、机制检验

数字化转型过程中,不仅企业数字化提升了彼此信息传播、整合及利用的便利性和协同性,而且集聚网络的形成也进一步强化了企业间知识生产、转移的有效性和社会关系网络的稳定性,从而促进了特定区域内信息和知识的快速交换以及因面对面交流而成为可能的隐性知识的传播。显性知识主要是那些易于编码的、标准化的专业化知识,而隐性知识则是那些较为复杂、难以编码的多样化知识。本部分借助江艇(2022)提出的机制检验方法,通过构建同行业企业间的专业化知识外溢和不同行业企业间的多样化知识外溢指标,来探讨企业数字化和集聚网络通过知识外溢对全要素生产率的影响机制。企业间专业化知识外溢(SK_Spillover)可用来自50公里范围内同一行业企业的知识外溢来表示。即:

$$SK_Spillover_{ip} = \sum_{j, d \leq 50km}^{n^p} \frac{K_{jp}}{d_{ij,p}} \quad (29)$$

其中,p表示企业所在二位码行业,K_{jp}为行业p中企业j的研发人员数量,n^p为同行业内企业数量。该指标越大,反映了企业受到来自50公里范围内同行业企业的知识外溢效应就越强。同理,企业间多

样化知识外溢(DK_Spillover)可表示为:

$$DK_Spillover_{ip} = \sum_{o, o \neq p}^V \sum_{j, d \leq 50km}^{n^o} \frac{K_{jo}}{d_{ij,o}} \quad (30)$$

其中,o为50公里范围内除行业p外的其他行业,V为该范围内的其他行业数量;n^o表示行业o中的企业数量。企业数字化和集聚网络通过知识外溢效应作用于全要素生产率的机制检验结果如表4所示^①。

当机制变量为专业化知识外溢时,面板固定效应估计结果显示企业数字化和集聚网络发展均显著提升了企业间的专业化知识外溢水平,且二者在企业专业化知识外溢中亦具有明显的相互强化效应和协同效应,面板两阶段最小二乘估计依然印证了该结果。当机制变量为多样化知识外溢时,面板固定效应估计结果显示企业数字化和集聚网络均有助于促进企业间多样化知识外溢,且二者在企业多样化知识外溢中依然存在协同效应。在处理内生性问题后,企业数字化和集聚网络对多样化知识外溢的影响效果依然非常稳健。进一步从企业数字化、集聚网络对不同类型知识外溢的作用效果来看,企业数字化和集聚网络发展对多样化知识外溢的作用效果明显大于专业化知识外溢。与获取易于编码的标准化专业知识相比,企业获取难以编码且较为隐晦的多样化知识的成本更高、难度更大。企业集聚网络中集聚效应和网络外部性的发挥可通过强化企业间面对面互动、提高信息安全性及提升信息获取的种类和质量等途径,保障这些多样化知识、信息和资源在企业间的有效转移,从而帮助企业识别和发现更多的创新机会及竞争优势,提升企业全要素生产

表4 企业数字化和集聚网络通过知识外溢效应对企业全要素生产率的影响机制检验

变量	(1)专业化知识外溢		(2)多样化知识外溢	
	固定效应 OLS	2SLS	固定效应 OLS	2SLS
lnk	0.1105**(2.3626)	0.1653**(2.1682)	0.3906*** (6.3400)	0.3581*** (6.5799)
lnaggn	0.3680*** (2.8436)	0.2344** (2.4000)	0.7910* (1.8034)	0.5462*** (3.9392)
lnk×lnaggn	0.1081** (2.5207)	0.4769** (2.3036)	0.5611*** (6.4487)	0.6016*** (6.2900)
控制变量	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
Hansen test		0.2344[0.4908]		0.2841[0.4517]
N	21861	20454	21861	20454
R ²	0.2542	0.3126	0.4586	0.1759

注:表中括号内为聚类稳健标准误的t统计值; *、**、***分别表示在10%、5%和1%的置信水平上显著;方括号中为相应统计量的伴随概率。

率。而集聚网络中企业的数字化转型则可以帮助企业以更低成本与功能多样化的主体相连接,促进其与多样化主体间的互动和学习,从而扩大企业获取信息及其他资源的种类和范围,使企业拥有更多的互补性知识和多样化的资源。随着知识数量、种类和复杂性不断增加,企业处理这些复杂资源所需的隐性知识数量亦不断累积,进一步需要企业利用集聚网络加强与其他企业的集聚与合作来实现隐性知识的转移。集聚网络有效弥补和克服了企业在获取多样化知识和资源过程中数字技术对隐性知识传播的困境,数字化转型则通过提升企业对隐性知识的潜在需求进一步强化了企业的集聚效应和网络外部性。与专业化知识外溢相比,集聚网络和数字化转型在推进多样化知识、进而隐性知识转移中更具协同性,影响效果也更为明显。因而企业数字化不仅能够推进专业化知识外溢,而且通过强化企业集聚网络的集聚效应和网络外部性对多样化知识外溢产生了更为明显的影响,有效推动了企业全要素生产率提升。本文研究假设1和假设2均得到印证。

七、进一步分析

(一)基于企业间知识学习网络的进一步分析

董事兼任行为构成的连锁董事网络作为企业社会资本和非正式制度的重要体现,不仅有助于强化

企业数字化的数据获取和信息处理能力,而且其产生的网络效应也在企业生产率提升中与集聚效应产生了协同作用。但连锁董事网络更多体现的是企业从人事关联中产生的信息共享和学习效应,无法完全体现企业在知识学习网络中的相对位置以及由此产生的网络效应。本部分进一步使用上市企业专利被引数据来构建企业间知识学习网络,对式(26)的集聚网络指标进行扩展,探讨由知识学习网络嵌入的企业集聚效应和数字化转型效应对企业全要素生产率的影响。具体而言,本文对来源于国家知识产权局和 Google Patent 的专利被引用信息进行整理,以企业授权专利被引用信息来构建企业之间的关系矩阵,以此反映企业间的知识学习网络关系。若企业间授权的专利在某年份存在被引用状况(包括单向被引和双向被引)则矩阵元素设置为1,否则设置为0。利用由企业专利被引信息构建的网络位置关系矩阵与 Python 网络建模技术,可计算每个企业在知识学习关系网络中的网络中心度和结构洞指数,同时结合式(26),便可进一步得到基于知识学习网络的集聚网络指标(Laggn)。表5第(1)~(2)列报告了知识学习网络下,企业数字化、集聚网络影响企业全要素生产率的估计结果。结果显示,企业数字化和集聚网络依然对企业全要素生产率产生了明显的促进作用,且

表5 基于知识学习网络、金融危机和国家电子商务示范城市试点影响的估计结果

变量	基于企业间知识学习网络的分析		国家电子商务示范城市试点的影响		外部危机冲击的影响	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
lnκ	0.0771*** (13.7099)	0.0658*** (13.1597)	0.0432** (2.0995)	0.0199* (1.7799)	0.0479** (2.4299)	0.0169** (2.2998)
lnaggn			0.1697** (2.4500)	0.1383*** (5.5907)	0.1588*** (5.1504)	0.0917** (2.3400)
lnκ×lnaggn			0.0806* (1.6898)	0.0521** (2.1002)	0.0672** (2.0700)	0.0452* (1.9092)
lnLaggn	0.1799*** (25.4182)	0.1637*** (18.9499)				
lnκ×lnLaggn		0.0542** (2.5100)				
EC			0.0951** (2.3899)	0.0670* (1.8200)		
lnκ×EC			0.0782*** (4.1335)	0.0637*** (3.4901)		
lnaggn×EC			0.0216*** (3.1101)	0.0982** (2.2814)		
lnκ×lnaggn×EC				0.1147*** (4.3312)		
lnκ×Crisis					0.0543*** (6.3304)	0.0550*** (5.4674)
lnaggn×Crisis					0.1668*** (4.3803)	0.1210** (5.0792)
lnκ×lnaggn×Crisis						0.0669** (2.1398)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	21682	21682	23504	23504	23504	23504
adj.R ²	0.4044	0.4045	0.4040	0.4125	0.4039	0.4065

注:表中括号内为聚类稳健标准误的t统计值;*,**、***分别表示在10%、5%和1%的置信水平上显著。

集聚网络与企业数字化的交互项亦显著为正,说明在企业生产率提升过程中,不仅企业间的知识学习网络外部性与集聚效应产生了明显协同作用,而且这种协同作用也进一步强化了企业数字化的生产率提升效应。处在知识学习网络优越位置的企业,在获取信息、新知识方面更有优势,也更容易在企业数字化和集聚效应的协同作用下提高自身对知识的甄别、吸收、利用和再生产的能力,从而不断提升有用知识的积累水平、产生递增收益,持续推动企业全要素生产率提升。

(二)基于国家电子商务示范城市试点的进一步分析

电子商务是数字经济的重要组成部分,它改变了居民的生活消费方式及实体企业的生产经营模式,是数字经济发展的关键引擎。为推动电子商务的繁荣发展,国家发展改革委员会和商务部于2009年正式批复深圳为首个国家电子商务示范城市,后续又分别于2011年、2014年和2017年批复了3批国家电子商务示范城市,覆盖包含所有直辖市、省会城市及部分地级市在内的共70个城市。本部分通过在计量模型中加入国家电子商务示范城市试点虚拟变量及其与企业数字化、集聚网络交互项,探讨国家电子商务示范城市试点在企业数字化和集聚网络影响企业全要素生产率中的调节作用效果。其中,国家电子商务示范城市试点政策虚拟变量以EC表示,EC=1表示城市开展了国家电子商务示范城市试点,EC=0则表示城市未进行国际电子商务示范城市试点。表5第(3)列中国国家电子商务示范城市试点(EC)分别与企业数字化、集聚网络交互项的参数估计均显著为正,同时第(4)列中三者交互项的系数也在1%水平上显著为正,说明国家电子商务示范城市试点政策的实施不仅有效提升了企业数字化和集聚网络对企业全要素生产率的促进作用,而且进一步强化了集聚企业间社会关系和生产网络的稳定性,增强了集聚区内数字技术、集聚效应与社会网络效应在企业全要素生产率提升中的协同性。

(三)基于外部危机冲击的进一步分析

通过降低信息传输中的不确定性和风险,进而促进知识外溢是企业数字化和集聚网络推动全要素

生产率提升的重要机制。本部分将2008年的全球金融危机作为外部风险冲击,在计量模型中分别引入金融危机虚拟变量与企业数字化、集聚网络的交互项,探讨在外部金融危机冲击下企业数字化和集聚网络对全要素生产率的影响效应。关于金融危机虚拟变量(Crisis),本文将2008年之前年份定义为0,表示未发生金融危机;将2008年及之后年份定义为1,表示已经发生金融危机。表5第(5)列中金融危机虚拟变量与企业数字化交互项的系数在1%的水平上显著为正,意味着2008年金融危机之后企业数字化对全要素生产率的促进效应得到了更大程度的发挥。这可能因为企业数字化作为企业提高生产率、节省生产成本的重要生产方式和生产技术,在2008年国际金融危机爆发后开始被逐渐推广和应用。因而,企业数字化有助于弱化国际市场金融危机对企业发展的不利影响,并在此过程中进一步加强数字技术支撑,形成助推企业发展的数字经济新优势。金融危机与集聚网络交互项的系数显著为正,说明金融危机也进一步强化了企业间“抱团取暖”的趋势,企业集聚网络发展对企业全要素生产率的提升效应得到进一步强化。第(6)列中金融危机虚拟变量、企业数字化和集聚网络三者交互项的系数依然显著为正,说明金融危机后,企业数字化和集聚网络发展之间依然具有协同效应,且这种协同性与金融危机之前相比表现出明显的增强趋势,因而金融危机通过倒逼机制进一步强化了数字化技术与企业集聚网络间的融合和联动,使企业在面对外部冲击时更具自生能力和发展韧性。

(四)异质性分析

本部分进一步将上市制造业企业按照行业类型分为高技术行业和非技术行业,按照所有制类型分为国有企业、私营企业和外资企业3类,考察企业数字化和集聚网络对全要素生产率的影响效果差异。结果显示,企业数字化和集聚网络对高科技行业全要素生产率的提升效应强于非高科技行业;对私营企业全要素生产率具有明显的促进作用和协同效应,但对外资企业未产生明显协同作用;企业数字化显著提升了国有企业全要素生产率,且集聚网络的发展也进一步强化了企业数字化的全要素生产率提

升效应,但该影响效果小于私营企业(详细内容参见《管理世界》网络发行版附录3)。

八、结论和启示

强化企业集聚网络,推进企业数字化转型、打造数字经济发展新优势,对于推进企业高质量发展具有重要的现实意义。本文使用2001~2020年沪深A股上市制造业企业数据和城市面板数据的匹配数据,探讨了企业数字化转型和集聚网络对全要素生产率的影响。结果显示,企业集聚网络对全要素生产率的有效空间作用边界为50公里,该范围内企业数字化和集聚网络对全要素生产率具有明显促进作用和相互强化效应,不仅企业数字化增强了集聚网络的集聚效应和网络外部性,而且集聚网络发展也进一步提升了企业利用数字技术获取、整合、利用外部资源的能力,从而共同推动企业全要素生产率提升。进一步研究发现,知识外溢效应是企业数字化和集聚网络推动全要素生产率提升的重要机制,且多样化知识外溢效应的作用强于专业化知识外溢;企业间知识学习网络的发展、国家电子商务示范城市试点和金融危机冲击均有效强化了企业数字化和集聚网络对全要素生产率的提升效应。此外,企业数字化和集聚网络对全要素生产率的协同影响效应主要存在于高科技行业以及国有企业、私营企业中。

本文结论的政策启示体现在以下两个方面。其一,企业数字化和集聚网络均显著提升了企业全要素生产率,且二者在全要素生产率提升中具有协同效应,因而企业在促进转型升级和高质量发展过程中,一方面要进一步推进数字化发展战略,增强数字技术引进、研发力度,提升数字技术在企业各部门的应用广度和深度,加快数字技术在企业生产、经营、营销等活动中的融合和渗透,打造企业发展数字经济新优势,提升企业的持续高质量发展能力;另一方面,则要借助数字技术加强与周边关联企业间的交流和联系,依托当地集聚网络提升企业集聚效应和从当地生产网络获取外部资源的能力,形成集聚优势、网络优势和数字经济优势的协同效应。其二,稳定、可靠的集聚网络是企业获取外部资源和递增收益,进而提升全要素生产率的重要依托,因而在加快自身数字化转型过程中,还要积极融入当地生

产网络,与周边企业建立起稳定的市场联系和社会网络关系。一要依据市场效率原则选择与自身发展阶段、生产技术、市场特征、产业发展环境相吻合的区位进行布局,从而与周边企业建立起彼此关联、交易效率高且产业链稳定的企业集群,充分利用和发挥企业集聚效应获得生产经营中的递增收益,提升全要素生产率;二要依托企业集群构建稳定的社会关系网络,并强化与本地集聚网络间的融合与联动,提升企业和社会关系网络中的地位,使企业在与当地集聚网络的相互作用中不断提升获取、整合及利用外部信息和资源的能力,提高全要素生产率和自身高质量发展水平^⑩。

注释:

①这里的“经济个体”主要指的是企业和个人。

②即那些“只可意会,不可言传”的知识。

③假定企业生产的产品均用于最终消费,则此处的y与式(6)中消费者消费的商品数量一致。

④为便于分析,此情况下的社会关系网络为无向网络。其实,该模型还可以扩展为非对称的有向网络,即矩阵G中的元素 g_{ij} 反映了实际的关联关系。

⑤便于分析,我们假设所有企业拥有相同的学习能力,其从空间互动中获得的收益差异取决于其获得的信息量。因而,在学习能力既定情况下,所有企业从每次空间互动中获得的边际收益相等。

⑥本文将样本集中于“制造业”企业,一是契合国家着力发展实体经济,推动数字经济与实体经济深度融合的政策取向;二是上市制造业企业数据具有可靠的数据来源和保障,能够满足大样本企业面板回归的要求,有助于提高估计的精度和准确性。

⑦与企业数字化转型相关的词汇包括人工智能技术、大数据技术、云计算技术、区块链技术和数字技术运用5个方面,同时每个大类词库下又有众多细分词汇,详情请参考吴非等(2021)。

⑧限于篇幅,各变量的描述统计量见《管理世界》网络发行版附录1。

⑨企业层面的地理中心度可表示为 $\text{Centr}=\sum_{j=1}^n(1/d_{ij})$ 。

⑩表4中同时列出了面板固定效应和两阶段最小二乘估计的结果,两阶段最小二乘估计中使用的工具变量与表3一致。

⑪中外文人名(机构名)对照:戈德法布(Goldfarb);塔克

尔(Tucker);罗森塔尔(Rosenthal);斯特兰奇(Strange);卡佩罗(Capello);卡塔利尼(Catalini);巴科洛德(Bacolod);张(Zhang);兰布雷希特(Lambrecht);米斯拉(Misra);伊科诺米季斯(Economides);耶齐奥尔斯基(Jeziorski);福尔曼(Forman);范·泽布罗克(van Zeebroeck);卡斯特尔诺沃(Castelnovo);特拉诺斯(Tranos);阿巴巴卡尔(Abubakar);葛(Ge);刘(Liu);秦(Chin);奥利维拉(Oliveira);马莱茨基(Malecki);普列切罗(Plechero);格里利克(Grillitsch);戈坎(Gokan);科恩(Cohen);巴蒂斯顿(Battiston);贝尔索·马丁内斯(Belso-Martinez);哈金斯(Huggins);汤普森(Thompson);马可·拉贾拉(Marco-Lajara);格拉泽(Glaeser);麦肯(McCann);戴维斯(Davis);丁格尔(Dingel);克什班迪(Naqshbandi);杰尊玛丹津(Jasimuddin);巴列斯特尔(Ballester);伦齐(Lenzi);特罗佩亚诺(Tropeano);博世马(Boschma);穆什特拉(Muštra);卡利尼奇(Kalinić);洛克伦(Loughran);麦克唐纳(McDonald);阿西莫格鲁(Acemoglu);布朗(Brown);纳恩(Nunn);钱(Qian)。

参考文献:

- [1]蔡莉、杨亚倩、卢珊、于海晶:《数字技术对创业活动影响研究回顾与展望》,《科学学研究》,2019年第10期。
- [2]陈晓红、李杨扬、宋丽洁、汪阳洁:《数字经济理论体系与研究展望》,《管理世界》,2022年第2期。
- [3]国务院发展研究中心市场经济研究所课题组、王微、邓郁松、王瑞民、牛三元、赵勇、刘馨:《新一轮技术革命与中国城市化2020~2050——影响、前景与战略》,《管理世界》,2022年第11期。
- [4]黄勃、李海彤、讲萍、雷敬华:《战略联盟、要素流动与企业全要素生产率提升》,《管理世界》,2022年第10期。
- [5]江艇:《因果推断经验研究中的中介效应与调节效应》,《中国工业经济》,2022年第5期。
- [6]江小涓、靳景:《数字技术提升经济效率:服务分工、产业协同和数实孪生》,《管理世界》,2022年第12期。
- [7]刘向东、刘雨诗、陈成漳:《数字经济时代连锁零售商的扩张与竞争机制创新》,《中国工业经济》,2019年第5期。
- [8]刘修岩:《空间效率与区域平衡:对中国省级层面集聚效应的检验》,《世界经济》,2014年第1期。
- [9]卢昌崇、陈仕华:《断裂联结重构:连锁董事及其组织能力》,《管理世界》,2009年第5期。
- [10]彭正银、黄晓芬、隋杰:《跨组织联结网络、信息治理能力与创新绩效》,《南开管理评论》,2019年第4期。
- [11]钱锡红、杨永福、徐万里:《企业网络位置、吸收能力与创新绩效——一个交互效应模型》,《管理世界》,2010年第5期。
- [12]师傅、沈坤荣:《政府干预、经济集聚与能源效率》,《管理世界》,2013年第10期。
- [13]史丹:《数字经济条件下产业发展趋势的演变》,《中国工业经济》,2022年第11期。
- [14]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》,《管理世界》,2022年第5期。
- [15]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》,《产业经济研究》,2022年第2期。
- [16]王海花、杜梅:《数字技术、员工参与与企业创新绩效》,《研究与发展管理》,2021年第1期。
- [17]吴非、胡慧芷、林慧妍、任晓怡:《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》,《管理世界》,2021年第7期。
- [18]严若森、华小丽:《环境不确定性、连锁董事网络位置与企业创新投入》,《管理学报》,2017年第3期。
- [19]杨慧梅、江璐:《数字经济、空间效应与全要素生产率》,《统计研究》,2021年第4期。
- [20]尹振东、龚雅娴、石明明:《数字化转型与线上线动态竞争:消费者信息的视角》,《经济研究》,2022年第9期。
- [21]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》,《财贸经济》,2021年第7期。
- [22]Abubakar, A. M., Elrehail, H., Alatailat, M. A. and Elçi, A., 2019, "Knowledge Management, Decision-Making Style and Organizational Performance", Journal of Innovation & Knowledge, Vol.4(2), pp.104 ~ 114.
- [23]Acemoglu, D., Yang, D. and Zhou, J., 2021, "Political Pressure and the Direction of Research: Evidence from China's Academia", Working Paper.
- [24]Bacolod, M., Blum, B. S., Rangel, M. A. and Strange, W. C., 2023, "Learners in Cities: Agglomeration and the Spatial Division of Cognition", Regional Science and Urban Economics, Vol.98, 103838.
- [25]Ballester, C., Calvo-Armengol, A. and Zenou, Y., 2006, "Who's Who in Networks. Wanted: The Key Player", Econometrica, Vol.74(5), pp.1403 ~ 1417.
- [26]Battiston, D., Blanes i Vidal, J. and Kirchmaier, T., 2017, "Is Distance Dead? Face-to-face Communication and Productivity in Teams", Centre for Economic Performance Discussion Paper, No.1473.
- [27]Belso-Martínez, J. A., Mas-Verdu, F. and Chinchilla-Mira, L., 2020, "How Do Interorganizational Networks and Firm

- Group Structures Matter for Innovation in Clusters: Different Networks, Different Results", *Journal of Small Business Management*, Vol.58(1), pp.73 ~ 105.
- [28] Boschma, R., 2005, "Proximity and Innovation: A Critical Assessment", *Regional Studies*, Vol.39(1), pp.61 ~ 74.
- [29] Brown, S. V. and Tucker, J. W., 2011, "Large-sample Evidence on Firms' Year-over-year MD&A Modifications", *Journal of Accounting Research*, Vol.49(2), pp.309 ~ 346.
- [30] Capello, R., 2016, *Regional Economics*, 2nd ed, New York, Routledge.
- [31] Capello, R. and Lenzi, C., 2018, "Regional Innovation Patterns from an Evolutionary Perspective", *Regional Studies*, Vol.52(2), pp.159 ~ 171.
- [32] Castelnovo, P., Morretta, V. and Vecchi, M., 2020, "Regional Disparities and Industrial Structure: Territorial Capital and Productivity in Italian Firms", *Regional Studies*, Vol.54(12), pp.1709 ~ 1723.
- [33] Catalini, C., 2018, "Microgeography and the Direction of Inventive Activity", *Management Science*, Vol.64(9), pp.4348 ~ 4364.
- [34] Chin, T., Wang, S. and Rowley, C., 2021, "Polychronic Knowledge Creation in Cross-Border Business Models: A Sea-Like Heuristic Metaphor", *Journal of Knowledge Management*, Vol.25(1), pp.1 ~ 22.
- [35] Cohen, M. A., 1998, "Emerging Trends in the Finance and Delivery of Long-term Care: Public and Private Opportunities and Challenges", *The Gerontologist*, Vol.38(1), pp.80 ~ 89.
- [36] Davis, D. R. and Dingel, J. L., 2019, "A Spatial Knowledge Economy", *American Economic Review*, Vol.109(1), pp.153 ~ 170.
- [37] Economides, N. and Jezierski, P., 2017, "Mobile Money in Tanzania", *Marketing Science*, Vol.36(6), pp.815 ~ 837.
- [38] Forman, C. and Van Zeebroeck, N., 2019, "Digital Technology Adoption and Knowledge Flows within Firms: Can the Internet Overcome Geographic and Technological Distance?", *Research Policy*, Vol.48(8), 103697.
- [39] Ge, S. and Liu, X., 2022, "The Role of Knowledge Creation, Absorption and Acquisition in Determining National Competitive Advantage", *Technovation*, Vol.112, 102396.
- [40] Glaeser, E. L., Kallal, H. D., Scheinkman, J. A. and Shleifer, A., 1992, "Growth in Cities", *Journal of Political Economy*, Vol.100(6), pp.1126 ~ 1152.
- [41] Gokan, T., Kichko, S. and Thisse, J. F., 2019, "How Do Trade and Communication Costs Shape the Spatial Organization of Firms?", *Journal of Urban Economics*, Vol.113, 103191.
- [42] Goldfarb, A. and Tucker, C., 2019, "Digital Economics", *Journal of Economic Literature*, Vol.57(1), pp.3 ~ 43.
- [43] Huggins, R. and Thompson, P., 2014, "A Network-Based View of Regional Growth", *Journal of Economic Geography*, Vol.14(3), pp.511 ~ 545.
- [44] Lambrecht, A. and Misra, K., 2017, "Fee or Free: When Should Firms Charge for Online Content?", *Management Science*, Vol.63(4), pp.1150 ~ 1165.
- [45] Liu, X., Patacchini, E. and Zenou, Y., 2014, "Endogenous Peer Effects: Local Aggregate or Local Average?", *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol.103, pp.39 ~ 59.
- [46] Loughran, T. and McDonald, B., 2014, "Measuring Readability in Financial Disclosures", *The Journal of Finance*, Vol.69(4), pp.1643 ~ 1671.
- [47] Malecki, E. J., 2021, "The Geography of Innovation", In: Fischer, M. M. and Nijkamp, P. (Eds.), *Handbook of Regional Science*, Heidelberg: Springer Nature, pp.819 ~ 834.
- [48] Marco-Lajara, B., Úbeda-García, M., del Carmen Zaragoza-Saez, P. and García-Lillo, F., 2022, "Agglomeration, Social Capital and Interorganizational Ambidexterity in Tourist Districts", *Journal of Business Research*, Vol.141, pp.126 ~ 136.
- [49] McCann, P., 2007, "Sketching out a Model of Innovation, Face-to-face Interaction and Economic Geography", *Spatial Economic Analysis*, Vol.2(2), pp.117 ~ 134.
- [50] Muštra, V. and Kalinić, H., 2020, "Agglomeration Economics and Asymmetric Information: Role of Institutions", *Regional Science Inquiry*, Vol.12(1), pp.171 ~ 180.
- [51] Naqshbandi, M. M. and Jasimuddin, S. M., 2022, "The Linkage between Open Innovation, Absorptive Capacity and Managerial Ties: A Cross-Country Perspective", *Journal of Innovation & Knowledge*, Vol.7(2), 100167.
- [52] Nunn, N. and Qian, N., 2014, "US Food Aid and Civil Conflict", *American Economic Review*, Vol.104(6), pp.1630 ~ 1666.
- [53] Oliveira, M., Pinheiro, P., Lopes, J. M. and Oliveira, J., 2022, "How to Overcome Barriers to Sharing Tacit Knowledge in Non-Profit Organizations?", *Journal of the Knowledge Economy*, Vol.13(3), pp.1843 ~ 1874.
- [54] Plechero, M. and Grillitsch, M., 2023, "Advancing Innovation in Manufacturing Firms: Knowledge Base Combinations in a Local Productive System", *European Planning Studies*, Vol.31

(6), pp.1247 ~ 1269.

[55]Rosenthal, S. S. and Strange, W. C., 2020, "How Close is Close? The Spatial Reach of Agglomeration Economies", *Journal of Economic Perspectives*, Vol.34(3), pp.27 ~ 49.

[56]Tranos, E., 2020, "Social Network Sites and Knowledge Transfer: An Urban Perspective", *Journal of Planning Literature*, Vol.35(4), pp.408 ~ 422.

[57]Tranos, E., Kitsos, T. and Ortega-Argilés, R., 2021, "Digi-

tal Economy in the UK: Regional Productivity Effects of Early Adoption", *Regional Studies*, Vol.55(12), pp.1924 ~ 1938.

[58]Tropeano, J. P., 2001, "Information Asymmetry as a Source of Spatial Agglomeration", *Economics Letters*, Vol.70(2), pp.273 ~ 281.

[59]Zhang, L., 2018, "Intellectual Property Strategy and the Long Tail: Evidence from the Recorded Music Industry", *Management Science*, Vol.64(1), pp.24 ~ 42.

Research on the Productivity Enhancement Effect of Enterprise Digitization from the Perspective of Agglomeration Network

Han Feng Jiang Zhuqing

Abstract: Digital transformation not only changes the production and resource allocation mode of enterprises, but also endows the spatial agglomeration of enterprises with more obvious network characteristics. Based on social network theory and spatial economy theory, this paper constructs a theoretical analysis framework for the impact of enterprise digitization and agglomeration networks on total factor productivity (TFP), and then examines the impact of enterprise digital transformation and agglomeration network on TFP based on the matching data of Shanghai and Shenzhen listed manufacturing enterprises and urban panel data from 2001 to 2020. The results show that the effective spatial boundary of the enterprise agglomeration network on TFP is 50 kilometers. Within this range, both enterprise digitalization and agglomeration network contribute to the improvement of TFP, and the two also have obvious synergy and mutual strengthening effects in promoting productivity. Further research shows that knowledge spillover effects are important mechanisms for enterprise digitalization and agglomeration networks to promote enterprise TFP, and the role of diversified knowledge spillovers is significantly stronger than that of specialized knowledge spillovers. The development of knowledge learning networks in clusters, national e-commerce demonstration city pilot and financial crisis impact have effectively strengthened the promotion effect and synergy effect of enterprise digitalization and agglomeration networks on TFP. The impact of enterprise digitalization and agglomeration network on TFP is also characterized by obvious heterogeneity, depending on the industry type and ownership nature of the enterprise. This paper not only provides a new perspective for the study of the microeconomic effects of digital transformation, but also provides evidence for the transformation of enterprise agglomeration patterns under the digital economy.

Key words: enterprise digitalization; agglomeration network; total factor productivity; spatial interaction; knowledge spillovers