

区域实践

先进制造业集群知识协同网络对协同创新绩效的影响机制研究

朱晓亚, 危 维, 李永琪, 孟晓华

(苏州大学政治与公共管理学院, 江苏 苏州 215123)

摘要:以长三角地区国家级先进制造业集群为样本,探究知识协同网络对协同创新绩效的影响机制。研究发现,知识网络特征(知识多样性、知识网络密度、知识组合机会)对协同创新绩效有正向促进作用,知识吸收能力起中介作用,合作网络结构特征发挥调节作用,其中网络中心势与平均最短路径抑制知识网络结构对协同创新绩效的正向作用,联通度则强化正向作用。研究成果可为从知识协同网络视角提升先进制造业集群协同创新绩效提供理论参考。

关键词:先进制造业集群;知识协同网络;协同创新绩效;影响机制

中图分类号:F124.3;F273.1;F424.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2025)15-0190-12

在全球经济一体化和科技迅猛发展的当下,先进制造业成为推动国家和地区经济增长、提升竞争力的核心力量。先进制造业集群凭借其独特的集聚和协同效应,在区域经济发展中占据关键地位。长三角地区作为中国经济发展的前沿阵地,其先进制造业集群的发展水平对中国制造业整体升级意义重大。知识协同网络作为先进制造业集群创新驱动发展的关键载体,能够有效促进集群内企业、高校、科研机构等多元主体间的知识共享与创新合作,进而提升协同创新绩效,推动产业升级。因此,深入研究先进制造业集群知识协同网络对协同创新绩效的作用机制,对优化先进制造业集群创新生态、增强其全球竞争力具有重要的现实意义。

在相关研究领域,学者们已进行了广泛且深入的探索。自产业集群概念提出后,众多学者围绕先进制造业集群展开研究。部分学者从单一产业视角出发,简晓彬等^[1]运用数据包络分析方法,测度多省市装备制造业创新效率,并深入探究江苏省相关影响因素;陶婷婷^[2]以苏州等地高端纺织集群为案例,剖析其合作与信息流通网络,探索产业集群协作网络运行机制;马小凡等^[3]利用负二项回归法,基

于邻近性视角对航空制造业产业集群协同创新的影响因素进行深入研究。还有学者聚焦特定地域的先进制造业集群。吴松强等^[4]通过问卷调查江苏省先进制造业集群企业,研究关系嵌入和动态能力对创新效率的作用,进一步拓展到长三角地区先进制造业集群,探索知识溢出、企业创新关联对集群成长的影响机制^[5];熊珍琴和李琪^[6]分析了江西省先进制造业集群现状,提出强化顶层设计、规划建设路径的建议。近年学者们开始关注知识协同网络的创新效应相关研究。Wang等^[7]运用知识基础观和社会网络理论,对网络能力及二元性如何影响知识创造提出了新的理解;姚艳虹和龚榆^[8]利用近200家上市企业的专利数据,探究复合网络下企业知识对二元创新绩效的影响;Li等^[9]以中国先进制造业企业的专利数据构建企业知识网络,探讨知识网络嵌入对企业利用型创新和探索型创新的影响机制;王海花等^[10]则以较为宏观的长三角城市群作为研究对象探究知识协同网络结构对创新绩效的影响;赵彦志和王瑞麟^[11]基于网络治理理论,以“2011协同创新中心”为研究对象,探讨网络嵌入、治理机制与创新绩效之间的关系;曾凡益和青平^[12]

收稿日期:2025-02-07

基金项目:国家自然科学基金面上项目(72174136);江苏省社会科学青年基金(21GLC012)

作者简介:朱晓亚(1988—),女,山东菏泽人,博士,副教授,研究方向为创新网络与知识管理;危维(2000—),女,江西抚州人,硕士研究生,研究方向为知识管理与产业集群;李永琪(2000—),女,山东济南人,硕士研究生,研究方向为知识网络与产业集群;通信作者孟晓华(1976—),男,江苏滨海人,博士,教授,博士研究生导师,研究方向为环境信息公开与区域环境治理。

则重点关注浙江、湖北、江西 3 省的农产品电商集群企业集中度、知识网络嵌入对协同绩效的影响;王艳梅等^[13]使用联合申请专利数据从协同创新角度,构建中国海洋战略新兴产业技术创新的无向加权网络,利用网络可视化和指数随机图模型(ERGM)方法深入分析该网络的拓扑结构、空间分布特征及其驱动机制。

尽管已有研究成果丰富,但仍存在一些不足。多数研究局限于单一产业或特定地域先进制造业集群,针对长三角地区多个国家级先进制造业集群的系统性研究较少;在知识协同网络研究中,对基于专利数据的长时间跨度内集群内主体间知识协同网络的深入分析相对薄弱;同时,对于知识协同网络影响协同创新绩效的内在机制,尤其是中介效应和调节效应的研究还不够全面和深入。

鉴于此,本文以长三角地区 18 个国家级先进制造业集群为研究对象,基于 2014—2023 年专利数据,运用社会网络分析法与回归分析等研究方法,深入探究知识协同网络对协同创新绩效的影响机制,包括知识网络特征的主效应、知识吸收能力的中介效应以及合作网络结构特征的调节效应,旨在为完善长三角先进制造业集群知识协同网络、提升协同创新效率提供切实可行的策略。

1 研究假设

1.1 知识网络特征对协同创新绩效的影响

从资源基础论角度出发,有价值、稀缺、不可替代和难以复制的技术、知识等资源,是企业进行创新、建立可持续竞争优势的基础^[14],创新主体的创新能力主要由知识创新所体现,现有知识资源通过不断排列重组能够产生新知识,进而转化出新的创新成果。知识多样性是指集群拥有的知识元素种类的丰富程度,创新主体掌握的知识分布在不同的细分领域,因而具有不同的创新专长和知识技能。相较于知识元素种类匮乏的先进制造业集群,拥有丰富知识元素的集群主体思想更开放,能够更好地将不同领域的知识进行融合,并有效地实现知识重组,增加协同创新产出。知识网络密度则代表了知识元素联系的紧密程度以及组合频次,知识网络密度越大,说明知识流动和转移的效率越高^[15],不同的知识元素更容易共同形成专利,协同创新产出更为可观。知识组合机会是指知识元素与其他知识元素的重组机会,知识网络中位于结构洞位置的知识元素提供了尚未被开发的重组机会,因而拥有高知识组合机会的创新主体更有可能利用其现有知

识进行创新,集群拥有高知识组合机会意味着其占据控制信息和知识流动的优势,能够进行组合的知识元素相应更多,进而有利于提高协同创新产出。由此,提出如下假设。

H1a: 知识多样性对协同创新绩效具有显著的正向影响;

H1b: 知识网络密度对协同创新绩效具有显著的正向影响;

H1c: 知识组合机会对协同创新绩效具有显著的正向影响。

1.2 知识吸收能力的中介效应

知识吸收是创新主体对知识资源获取、转化、利用的全过程,知识吸收能力的强化能够扩展创新主体自身的知识广度和深度,通过对网络内其他主体优质知识资源的整合,弥补自身知识短板、优化企业知识结构,进而提升协同创新能力,因此知识吸收能力对协同创新绩效存在正向作用。除此之外,知识吸收能力还将使创新主体与外界建立的知识联系更加高效,帮助知识网络结构特征进一步发挥作用。Julien 等^[16]研究指出,吸收能力在创造新知识的过程中扮演着一个中介的角色。经研究证实,企业获取外部资源的可能性与企业知识吸收能力成正比,持续增强其吸收能力,有助于企业获得新知识并加以利用^[17]。知识多样性为协同创新提供了丰富的知识资源,知识组合机会是指不同知识元素相互组合形成新的知识结构或解决方案的可能性。已有知识元素的多样化和较高的知识组合机会,意味着创新主体能够有更大的可能获取异质性知识元素,并具有更强的吸收能力,将获取的新知识与已有知识整合,内化为自有资源并向专利或其他创新成果转化。吸收能力最重要的作用是促进新知识转化为创新绩效^[18],若缺乏知识吸收能力,知识多样性难以转化为实际创新成果,更难以充分挖掘和利用知识组合机会,协同创新绩效也会受到限制。知识网络密度反映了网络中节点之间连接的紧密程度,密度越高,知识资源的交互共享越频繁。较高的知识网络密度意味着更高的知识元素交流频率^[19],但只有具备较强的知识吸收能力,才能更好地捕捉、理解和吸收这些知识。通过知识获取、吸纳、转化和开发利用等环节,将从密集知识网络中获取的知识转化为创新成果,进而提升协同创新绩效。如果知识吸收能力不足,即使知识网络密度高,也无法充分利用这些资源来提高协同创新绩效。由此,提出如下假设。

H2a:知识吸收能力在知识多样性与协同创新绩效之间具有中介效应;

H2b:知识吸收能力在知识网络密度与协同创新绩效之间具有中介效应;

H2c:知识吸收能力在知识组合机会与协同创新绩效之间具有中介效应。

1.3 合作网络结构特征的调节作用

网络中心势是指整个网络的集中趋势。网络中心势越高表明网络呈现出不均匀的布局,部分节点之间存在更多的联结,从而占据网络中获取、整合和利用知识的优势地位,而处于附属地位的节点自主获取知识资源的能力降低,过度依赖于强势企业,倾向于沿用以往的创新模式和创新路径,不愿意进一步拓展合作关系,这就使得企业获取的异质性资源大量减少,造成网络具有封闭性和排他性^[20],导致企业被封闭在低价值的网络中,知识流动效率低,难以提高企业创新产出。首先,合作网络中心势在知识多样性对协同创新绩效的作用中可能产生抑制效应。尽管知识多样性为协同创新提供了多样化的创新资源,但过高的中心势可能导致知识过于集中于少数核心节点,从而阻碍了不同知识源之间的有效整合^[21]。研究表明,当网络中心势较高时,知识流动容易局限于核心节点之间,而非扩散到整个网络,这可能削弱知识多样性对协同创新绩效的促进作用。其次,在知识网络密度对协同创新绩效的作用中,合作网络中心势可能会加剧信息冗余和资源浪费。高密度网络虽然有助于知识共享,但如果中心节点的权重过大,可能导致信息传递路径单一化,抑制了网络中其他节点的创新潜力^[22]。这种情况下,中心势高的节点反而会削弱知识网络密度对协同创新绩效的正面作用。最后,合作网络中心势可能对知识组合机会的效果产生负面影响。知识组合机会的实现依赖于网络中节点之间的开放式互动,而过高的中心势可能使得知识重组过程集中于少数核心节点,限制了网络中知识元素的多样化组合^[23]。这种集中化倾向可能降低知识组合机会对协同创新绩效的提升效果。由此,提出如下假设。

H3a:合作网络中心势抑制知识多样性对协同创新绩效的正向影响;

H3b:合作网络中心势抑制知识网络密度对协同创新绩效的正向影响;

H3c:合作网络中心势抑制知识组合机会对协同创新绩效的正向影响。

合作网络平均最短路径是指合作网络中存在联系的两个创新主体之间的最少边数,用于衡量节点之间建立合作关系的难易程度以及合作效率。当合作网络的平均最短路径较长时,意味着创新主体之间需要通过更多的中间环节才能建立联系,这无形中增加了彼此触达的难度与成本,这种高门槛不仅延缓了信息、资源及知识的流通速度,还可能导致关键信息在传递过程中失真或丢失,从而显著阻碍了知识的有效传播与共享^[24]。首先,知识多样性为创新活动提供了丰富的思维资源,但其转化为协同创新绩效的过程需要高效的信息共享机制。当平均最短路径较长时,网络内信息流动速度减缓,将会放大知识多样性所带来的整合挑战^[25]。其次,平均最短路径对知识网络密度的调节作用体现在其影响知识流动的能力上。高密度网络虽然提供了多样化的联系,但可能导致信息传递路径冗长且复杂^[26],平均最短路径增长会使知识传播路径复杂化,降低协同创新的效率。此机制使得知识网络密度对协同创新绩效的影响被弱化。最后,知识组合机会需要依赖网络内高效的知识流动来实现,当平均最短路径较长时,网络中各节点的连接效率提升,从而阻碍知识元素的快速重组与应用,抑制知识组合机会对协同创新绩效的促进效果。由此,提出如下假设。

H4a:合作网络平均最短路径抑制知识多样性对协同创新绩效的正向影响;

H4b:合作网络平均最短路径抑制知识网络密度对协同创新绩效的正向影响;

H4c:合作网络平均最短路径抑制知识组合机会对协同创新绩效的正向影响。

合作网络联通度是指相互连通的节点对数量占所有的可能的节点对的比重,用于直接衡量网络通达度。在合作网络中,随着能够建立合作关系的创新主体数量的增加,网络联通度也随之提升,这直接促进了主体间异质性资源的有效流动,当这些资源在高度联通的网络中快速流动时,不仅提高了资源的使用效率,还促进了资源在不同主体间的配置优化,为创新活动提供了丰富的素材与灵感。首先,在知识多样性对协同创新绩效的影响中,网络联通度的提升能够加强不同知识节点之间的互动与共享。研究发现,高联通度的网络可以提供更多跨领域的联系通道,促进知识多样性的有效整合^[27]。因此,当合作网络联通度较高时,知识多样性对协同创新绩效的积极作用将更加显著。其次,

合作网络联通度在知识网络密度对协同创新绩效的作用中也起到重要的调节作用。尽管高密度网络有助于提升知识共享效率,但其潜在的路径依赖问题可能限制创新潜力^[28]。高联通度可以通过增加多样化的知识流动通道,打破路径依赖,优化资源配置,从而增强知识网络密度对协同创新绩效的促进效果。最后,合作网络联通度在知识组合机会对协同创新绩效的作用中表现出显著的增益效应。知识组合机会需要网络内节点之间的有效互动来实现。高联通度的网络能够为知识重组提供更多可能性,提升创新效率,从而增强知识组合机会对协同创新绩效的正向作用^[29]。由此,提出如下假设。

H5a:合作网络联通度强化知识多样性对协同创新绩效的正向影响;

H5b:合作网络联通度强化知识网络密度对协同创新绩效的正向影响;

H5c:合作网络联通度强化知识组合机会对协同创新绩效的正向影响。

在协同创新网络中,合作网络中心势作为衡量节点在网络中重要性和影响力的指标,能够显著影响知识吸收能力的形成与提升。本文从知识多样性、知识网络密度以及知识组合机会 3 个方面,探讨合作网络中心势的调节作用,重点分析其负向调节效应。首先,知识多样性为企业提供了丰富的创新资源,但过高的知识多样性也可能引发认知冲突和资源分配困难^[30]。具有高中心势的节点往往倾向于垄断知识流动渠道,限制知识在网络中的多元传播,从而削弱知识多样性对知识吸收能力的积极作用。其次,在知识网络密度对知识吸收能力的作用中,高密度网络通常能够促进知识的快速传播与共享^[31],但中心势过高时,信息可能过于集中于核心节点,造成其他节点在知识共享中的边缘化。这种中心化现象会削弱高密度网络对知识吸收能力的积极影响。最后,知识组合机会通过不同知识单元的重组和整合,为创新提供了新的可能性。然而,高中心势节点对知识流动的控制可能减少知识重组的可能性,限制了知识组合机会的利用,从而降低对知识吸收能力的促进作用。由此,提出如下假设。

H6a:合作网络中心势抑制知识多样性对知识获取能力的正向影响;

H6b:合作网络中心势抑制知识网络密度对知识获取能力的正向影响;

H6c:合作网络中心势抑制知识组合机会对知识获取能力的正向影响。

合作网络平均最短路径是衡量网络中信息流动效率的重要指标,其在知识吸收能力的形成中具有显著影响。首先,合作网络平均最短路径对知识多样性与知识吸收能力的作用具有负向调节作用。知识多样性为企业提供多样化的视角和资源,但较长的平均最短路径可能导致信息流动效率低下,削弱知识多样性对知识吸收能力的积极作用。网络中路径过长会加剧信息滞后,从而限制多样化知识的有效整合^[32]。其次,平均最短路径在知识网络密度对知识吸收能力的作用中同样发挥负向调节作用。尽管高密度网络能够增强节点间的联系,但较长的平均最短路径会增加知识传播的复杂性和延迟,降低高密度网络对知识吸收能力的促进作用。最后,在知识组合机会对知识吸收能力的作用中,平均最短路径的负向调节作用尤为显著^[33]。知识组合机会需要高效的信息流动支持,以实现不同知识元素的快速重组和利用。当平均最短路径较长时,信息流动效率下降,削弱了知识组合机会对知识吸收能力的正向影响。由此,提出如下假设。

H7a:合作网络平均最短路径抑制知识多样性对知识获取能力的正向影响;

H7b:合作网络平均最短路径抑制知识网络密度对知识获取能力的正向影响;

H7c:合作网络平均最短路径抑制知识组合机会对知识获取能力的正向影响。

合作网络联通度是反映网络整体连通性的关键指标,其在知识吸收能力的形成中起到重要作用。首先,合作网络联通度对知识多样性与知识吸收能力的作用具有显著的正向调节作用。高联通度网络能够加强节点间的联系,为不同知识资源的整合提供更多通道^[34]。这种多样化的联系能够有效缓解知识多样性带来的整合难题,从而提升知识吸收能力。其次,在知识网络密度对知识吸收能力的作用中,合作网络联通度同样发挥着重要的正向调节作用。尽管高密度网络能够促进知识共享,但高联通度的网络可以通过增加多样化的联系,打破路径依赖,优化资源配置,从而放大网络密度对知识吸收能力的积极作用^[35]。最后,合作网络联通度在知识组合机会对知识吸收能力的作用中表现出显著的正向增益效应。高联通度的网络能够为知识重组提供更多可能性,提升创新效率,从而增强知识组合机会对知识吸收能力的正向作用^[36]。高

联通度网络中的多样化互动有助于知识吸收过程的优化和效率提升。由此,提出如下假设。

H8a:合作网络联通度强化知识多样性对知识获取能力的正向影响;

H8b:合作网络联通度强化知识网络密度对知识获取能力的正向影响;

H8c:合作网络联通度强化知识组合机会对知识获取能力的正向影响。

1.4 模型构建

根据 1.3 节分析,提出先进制造业集群知识网络结构影响协同创新绩效,合作网络特征在其中起调节作用的因果关系整合模型,如图 1 所示。

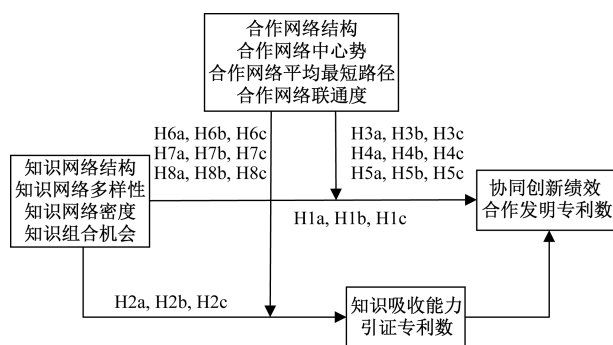


图 1 概念模型

2 研究设计

2.1 数据来源

选取长三角地区 18 个国家级先进制造业集群作为研究对象,以 2014—2023 年 10 年间集群内部企业联合申请专利为研究数据。数据来自国家知识产权局专利检索平台、《中国统计年鉴》。首先,检索长三角地区 18 个产业集群 2014—2023 年 10 年间国家级先进制造业集群的专利数据,以集群所在的细分产业名称为关键词分别进行检索,得到 21 886 条专利数据。其次,根据合作网络和知识网络的构建需要,分别筛选排除单个专利申请者及单一知识元素的专利数据。而后,各自按照地区剔除掉非长三角地区创新单位协同研发(如清华大学与集群内某一企业联合研发)的专利数据,按照研发主体剔除非集群内主体申请(如几名学者以个人名义共同研发)的专利数据,最后检查并剔除其他会影响研究结果的异常数据。结果显示,杭州市数字安防集群、合肥市智能语音集群、温州市乐清电气集群以及苏州市、无锡市、南通市高端纺织集群 4 个集群协同创新专利数据缺失严重,可能对后续网络结构演化及实证分析结果产生干扰,故将其舍去,

保留长三角其余 14 个国家级先进制造业集群作为研究对象。

2.2 变量测量

以各城市协同创新绩效为因变量,专利申请量是当前被最广泛应用的协同创新能力衡量指标,但专利的研究到申请具有滞后性,使用 3 年的时间窗来获得一个平均专利创新产出指标^[35],借此缓解变量之间的内生性问题,如 2020 年某集群协同创新绩效是指 2018 年、2019 年和 2020 年该集群不同主体联合申请专利数量的均值。自变量为知识网络中的知识元素多样性、知识网络密度以及知识组合机会,运用社会网络分析法可计算得到。中介变量选取每年特定集群新专利产出与专利引证数量的比值,以此衡量知识吸收及转化能力。调节变量选取合作网络中的网络中心势、平均最短路径以及网络联通度,运用社会网络分析法可计算得到。根据其他学者的研究,集群协同创新绩效往往会受到所在城市经济发展水平、政策扶持力度以及市场规模等因素的影响。因此,选取能够表征经济发展水平和科技投入能力的集群所在城市 GDP、一定程度上表现市场规模和消费力的集群所在城市常住人口数、代表政策倾向的是否为省会城市或直辖市以及先进制造业集群规模 4 个变量作为控制变量。数据来自中国知识产权局和《国家统计年鉴》,变量定义见表 1。

2.3 模型构建

2.3.1 主效应检验模型

由于因变量具有离散非连续、标准差大于平均值等特点,属于典型的计数型变量,故应当建立负二项回归模型,经过豪斯曼检验及理论分析,构建双固定效应的负二项回归模型讨论各变量之间的关系。首先,为检验知识网络结构对协同创新绩效的直接影响,构建主效应回归模型:

$$\ln PCI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 KND_{i,t} + \beta_2 KNM_{i,t} + \beta_3 KNO_{i,t} + \beta_4 \ln GDP_{i,t} + \beta_5 CS_{i,t} + \beta_6 \ln RPS_{i,t} + \beta_7 DMC_{i,t} + \delta_i + \delta_t + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

式中: $\beta_1 \sim \beta_3$ 为模型中待估计的系数; $\beta_4 \sim \beta_7$ 为控制变量系数; β_0 为常数项; δ_i 为行业固定效应; δ_t 为时间固定效应; $\epsilon_{i,t}$ 为残差项。

2.3.2 中介效应检验模型

为检验知识吸收能力在知识网络结构对协同创新绩效的影响中起到的中介作用,参考温忠麟和叶宝娟^[37]对中介效应检验方法的研究,并结合江艇^[38]有关中介效应分析操作建议,完成中介变量知

表 1 变量定义

变量类别	变量名称	变量符号	变量定义
因变量	协同创新绩效	PCI	国家知识产权局网站中企业协同创新专利数
控制变量	区域经济发展水平	GDP	各地统计年鉴中集群所在区域 GDP 总量
	集群规模	CS	集群创新主体数量
	区域人口规模	RPS	各地统计年鉴中集群所在区域常住人口数
	是否为省会城市或直辖市	DMC	0-1 变量,是省会城市或直辖市记为 1,否则为 0
自变量	知识元素多样性	KND	某集群拥有的异质性知识元素个数
	知识网络密度	KNM	知识网络中各知识元素之间的紧密程度
	知识组合机会	KNO	某集群所拥有的知识元素结构洞效率之和
中介变量	知识吸收能力	KAA	某集群新专利产出量与专利引证数量之比
调节变量	合作网络中心势	CNP	合作网络向某一节点集中的趋势
	合作网络平均最短路径	CNA	合作网络中存在联系的两个创新主体之间的最少边数
	合作网络联通度	CNC	合作网络中相互连通的节点对数量占比

识吸收能力的检验,具体做法是在主效应检验模型基础上,构建如下模型:

$$\ln KAA_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 KND_{i,t} + \beta_2 KNM_{i,t} + \beta_3 KNO_{i,t} + \beta_4 \ln GDP_{i,t} + \beta_5 CS_{i,t} + \beta_6 \ln RPS_{i,t} + \beta_7 DMC_{i,t} + \delta_i + \delta_t + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$\ln PCI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 KAA_{i,t} + \beta_2 \ln GDP_{i,t} + \beta_3 CS_{i,t} + \beta_4 \ln RPS_{i,t} + \beta_5 DMC_{i,t} + \delta_i + \delta_t + \epsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$\ln PCI_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 KND_{i,t} + \beta_2 KNM_{i,t} + \beta_3 KNO_{i,t} + \beta_4 \ln GDP_{i,t} + \beta_5 CS_{i,t} + \beta_6 \ln RPS_{i,t} + \beta_7 DMC_{i,t} + \beta_8 KAA_{i,t} + \delta_i + \delta_t + \epsilon_{i,t} \quad (4)$$

模型(2)用于表达自变量知识网络结构对中介变量知识吸收能力的直接影响, $\beta_1 \sim \beta_3$ 显著是中介效应成立的必要条件;模型(3)用于论证中介变量知识吸收能力对因变量协同创新绩效的作用, β_1 应当显著;模型(4)检验知识吸收能力在知识网络结构与协同创新绩效之间的中介效应, $\beta_1 \sim \beta_3$ 应当与主效应在数值上有所区别,若 β_1 、 β_2 、 β_3 不显著且 β_8 不显著,则知识吸收能力在知识网络结构与协同创新绩效之间起完全中介效应,若 β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_8 均显著,则知识吸收能力在知识网络结构与协同创新绩效之间起部分中介效应。

2.3.3 调节效应检验模型

为检验合作网络结构在知识网络结构对协同创新绩效的影响中起到的调节作用,构建模型:

$$\begin{aligned} \ln PCI_{i,t} = & \beta_0 + \beta_1 KND_{i,t} + \beta_2 KNM_{i,t} + \beta_3 KNO_{i,t} + \\ & \beta_4 CNP_{i,t} + \beta_5 CNA_{i,t} + \beta_6 CNC_{i,t} + \beta_7 CNP_{i,t} \times \\ & KND_{i,t} + \beta_8 CNP_{i,t} \times KNM_{i,t} + \beta_9 CNP_{i,t} \times KNO_{i,t} + \\ & \beta_{10} CNA_{i,t} \times KND_{i,t} + \beta_{11} CNA_{i,t} \times KNM_{i,t} + \\ & \beta_{12} CNA_{i,t} \times KNO_{i,t} + \beta_{13} CNC_{i,t} \times KND_{i,t} + \\ & \beta_{14} CNC_{i,t} \times KNM_{i,t} + \beta_{15} CNC_{i,t} \times KNO_{i,t} + \\ & \beta_{16} \ln GDP_{i,t} + \beta_{17} CS_{i,t} + \beta_{18} \ln RPS_{i,t} + \\ & \beta_{19} DMC_{i,t} + \delta_i + \delta_t + \epsilon_{i,t} \quad (5) \end{aligned}$$

为检验合作网络结构在知识网络结构对知识吸收能力的影响中起到的调节作用,构建如下实证模型:

$$\begin{aligned} \ln KAA_{i,t} = & \beta_0 + \beta_1 KND_{i,t} + \beta_2 KNM_{i,t} + \beta_3 KNO_{i,t} + \\ & \beta_4 CNP_{i,t} + \beta_5 CNA_{i,t} + \beta_6 CNC_{i,t} + \beta_7 CNP_{i,t} \times KND_{i,t} + \\ & \beta_8 CNP_{i,t} \times KNM_{i,t} + \beta_9 CNP_{i,t} \times KNO_{i,t} + \\ & \beta_{10} CNA_{i,t} \times KND_{i,t} + \beta_{11} CNA_{i,t} \times KNM_{i,t} + \\ & \beta_{12} CNA_{i,t} \times KNO_{i,t} + \beta_{13} CNC_{i,t} \times KND_{i,t} + \\ & \beta_{14} CNC_{i,t} \times KNM_{i,t} + \beta_{15} CNC_{i,t} \times KNO_{i,t} + \\ & \beta_{16} \ln GDP_{i,t} + \beta_{17} CS_{i,t} + \beta_{18} \ln RPS_{i,t} + \\ & \beta_{19} DMC_{i,t} + \delta_i + \delta_t + \epsilon_{i,t} \quad (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln PCI_{i,t} = & \beta_0 + \beta_1 KND_{i,t} + \beta_2 KNM_{i,t} + \beta_3 KNO_{i,t} + \\ & \beta_4 CNP_{i,t} + \beta_5 CNA_{i,t} + \beta_6 CNC_{i,t} + \beta_7 CNP_{i,t} \times KND_{i,t} + \\ & \beta_8 CNP_{i,t} \times KNM_{i,t} + \beta_9 CNP_{i,t} \times KNO_{i,t} + \\ & \beta_{10} CNA_{i,t} \times KND_{i,t} + \beta_{11} CNA_{i,t} \times KNM_{i,t} + \\ & \beta_{12} CNA_{i,t} \times KNO_{i,t} + \beta_{13} CNC_{i,t} \times KND_{i,t} + \\ & \beta_{14} CNC_{i,t} \times KNM_{i,t} + \beta_{15} CNC_{i,t} \times KNO_{i,t} + \\ & \beta_{16} KAA_{i,t} + \beta_{17} \ln GDP_{i,t} + \beta_{18} CS_{i,t} + \\ & \beta_{19} \ln RPS_{i,t} + \beta_{20} DMC_{i,t} + \delta_i + \delta_t + \epsilon_{i,t} \quad (7) \end{aligned}$$

若式(5)中的 $\beta_1 \sim \beta_3$ 显著,且每一个取值不为零的调节变量对应的系数显著,则该变量在知识网络结构与协同创新绩效之间起调节作用;若式(6)中的 $\beta_1 \sim \beta_3$ 以及每一个取值不为零的调节变量对应的系数显著,且式(7)中的中介变量系数 β_{16} 显著,则该变量在知识网络结构与知识吸收能力之间起调节作用。

3 实证结果与分析

3.1 变量描述性统计

选取 14 个国家级先进制造业集群协同创新相关数据,通过 stata17.0 软件计算得出各变量的平均值、中位数、标准差、最小值、最大值等指标,将变量进行描述性统计分析,结果见表 2。

表 2 变量描述性统计

变量	样本数	平均值	中位数	标准差	最小值	最大值
lnPCI	14	2.87	3.04	5.94	0.00	4.44
lnGDP	14	9.85	9.56	8.82	8.04	10.71
CS	14	36.68	29.00	24.00	0.00	109.00
lnRPS	14	6.95	6.83	7.46	6.10	7.82
DMC	14	0.36	0.00	0.48	0.00	1.00
KND	14	54.36	45.00	34.71	4.00	150.00
KNM	14	0.37	0.28	0.16	0.03	1.00
KNO	14	0.56	0.57	0.29	0.05	1.00
KAA	14	2.38	2.65	5.42	0.26	7.87
CNP	14	0.23	0.18	0.21	0.06	1.00
CNA	14	1.23	1.14	0.38	1.00	2.43
CNC	14	0.52	0.42	0.35	0.04	1.00

3.2 相关性分析

主要变量 Pearson 相关系数检验结果见表 3。结果表明,待回归的变量之间相关系数普遍低于 0.7,处于合理区间内,同时初步判断协同创新绩效与知识网络结构以及知识吸收能力之间存在正向的相关关系,相关性分析只能初步判定变量之间的相关性,为了检验假设结果,还需要对变量进行回归分析。

3.3 回归结果分析

因变量是协同创新绩效,采用协同创新专利数量衡量,其存在非连续、离散、非负整数、期望和方差不相等的特征,因此使用 stata17.0 软件,以负二项回归为主要分析模型,同时对各变量进行去中心化处理以降低多重共线造成的影响,依次检验主效应、中介效应和调节效应。

3.3.1 主效应检验

主效应检验结果见表 4。表 4 中,模型 1 只包含了控制变量和因变量,主要检验经济发展水平、政策扶持力度以及市场规模等外部因素对因变量的影响,结果表明集群所在城市的经济发展水平、城

表 4 主效应回归结果

变量	协同创新绩效			
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
lnGDP	0.463 5***	0.360 9**	0.425 6***	0.389 6**
CS	0.073 2***	0.073 2***	0.062 8***	0.071 8***
lnRPS	0.275 6***	0.213 6**	0.248 0**	0.436 1**
DMC	3.152 8**	3.053 5**	2.839 6*	3.575 2**
KND		0.469 6***		
KNM			5.335 8**	
KNO				4.247 6***
Ind/Year	Yes	Yes	Yes	Yes
R ²	0.499 1	0.308 2	0.312 5	0.397 2

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著。

市人口数量、集群规模以及区域政策倾向均会给集群协同创新带来正向影响。模型 2、模型 3、模型 4 是在模型 1 的基础上分别增加自变量,结果表明知识元素多样性、知识网络密度、知识组合机会均会对协同创新绩效产生显著的正向影响, H1a~H1c 得证。这说明随着知识网络中知识元素种类数、知识网络各节点合作频次、不同知识元素组合机会的增加,协同创新绩效将有不同程度的提升。

3.3.2 中介效应检验

为了进一步检验知识吸收能力是否在集群知识网络结构与协同创新绩效之间存在中介效应,采用逐步回归的方式对中介效应进行检验,结果见表 5。

模型 5 用于检验知识吸收能力对协同创新绩效的影响,结合中外学者的研究以及前文分析。模型 6 用于检验知识元素多样性对知识吸收能力的影响,模型 7 将知识元素多样性与知识吸收能力同时纳入回归模型,结合模型 5 与模型 6 可对假设 H2a 进行检验,结果表明,知识吸收能力在知识元素多样性与协同创新绩效之间起到中介作用, H2a 得证,

表 3 变量间相关性检验结果

变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. lnPCI	1											
2. CS	0.632 7***	1										
3. lnGDP	0.439 1***	0.272 5***	1									
4. lnRPS	0.365 6***	0.467 9***	0.412 2***	1								
5. DMC	0.216 9**	0.465 1***	0.327 5***	0.480 1***	1							
6. CNP	-0.252 3***	0.254 7***	-0.083 9**	-0.059 3	0.164 8*	1						
7. CNA	-0.613 4***	0.584 0***	0.205 9**	0.199 4**	0.256 9***	0.587 5***	1					
8. CNC	0.079 2	0.030 9	-0.279 8***	-0.314 3***	0.009 5	0.486 9***	0.399 3***	1				
9. KND	0.680 9***	0.639 6***	0.663 1***	0.598 7***	0.172 0**	0.037 5***	0.407 3***	-0.350 7***	1			
10. KNM	0.542 6***	-0.318 5***	-0.283 9***	-0.350 8***	0.094 1	-0.159 0*	-0.313 0***	0.225 1***	-0.567 4***	1		
11. KNO	0.269 9***	0.329 7***	0.233 4***	0.082 9	0.245 9***	-0.024 9	0.060 4	0.022 8	0.228 5***	0.375 0***	1	
12. lnKAA	0.511 1***	0.433 2***	0.436 8***	0.430 7***	0.086 6***	-0.104 3**	-0.324 0***	0.272 0***	0.562 8***	0.558 1***	0.343 4***	1

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著。

表 5 中介效应回归结果

变量	模型 5	模型 6	模型 7	模型 8	模型 9	模型 10	模型 11
	lnPCI	KAA	lnPCI	KAA	lnPCI	KAA	lnPCI
lnGDP	0.148 5***	2.358 0***	0.489 8**	2.370 3***	0.462 1**	1.994 2***	0.361 3**
CS	0.010 4***	0.075 2***	0.027 4***	0.015 4**	0.032 3***	0.095 4*	0.030 1***
lnRPS	0.301 5***	1.118 2***	0.413 5**	0.922 1***	0.578 7***	0.911 8***	0.850 4**
DMC	0.966 2***	2.461 2***	0.051 8	2.260 4***	0.187 5	2.013 6**	6.547 4*
KAA	0.158 0***		0.157 3**		0.147 6**		0.093 1**
KND		0.142 6***	0.080 2***				
KNM				6.071 8***	2.350 5***		
KNO						3.329 4***	0.502 9***
Ind/Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
R ²	0.237	0.423	0.383	0.318	0.344	0.411	0.486

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著。

对比模型 7 与模型 2, 知识元素多样性系数明显降低, 知识吸收能力在其中为部分中介作用。模型 8 用于检验知识网络密度对知识吸收能力的影响, 模型 9 用于检验控制知识吸收能力后, 知识网络密度对协同创新绩效的影响, 结合模型 5 可对假设 H2a 进行检验, 结果表明, 知识吸收能力知识网络密度与协同创新绩效之间起到中介作用, H2b 得证。同理, 由模型 10、模型 11 结合模型 5, 可以得出知识吸收能力知识组合机会与协同创新绩效之间起到中介作用, H2c 得证。综上所述, 知识吸收能力体现了先进制造业集群获取并转化新知识元素的能力, 在知识网络结构与协同创新绩效之间起中介作用。

3.3.3 调节效应检验

引入调节变量合作网络结构, 分别检验合作网络中心势、平均最短路径以及联通度在知识协同网

络与协同创新绩效影响机制中的调节作用, 分析结果见表 6。

1) 合作网络结构对知识协同网络与协同创新绩效关系的调节

模型 12~模型 14 检验了合作网络中心势在知识网络特征与协同创新绩效关系间的调节效应。其中, 模型 12 中合作网络中心势和知识元素多样性的交互项系数为负值显著抑制了协同创新绩效, 知识元素多样性仍然显著但系数明显降低, 说明合作网络中心势起到负向调节作用; 模型 13、模型 14 中交互项系数均为负值, 证实合作网络中心势对知识网络结构与协同创新绩效关系的抑制作用, 因此 H3a、H3b、H3c 得到验证。模型 15~模型 17 检验了合作网络平均最短路径在知识网络特征与协同创新绩效关系间的负向调节作用, H4a、H4b、H4c

表 6 合作网络结构对主效应的检验结果

变量	模型 12	模型 13	模型 14	模型 15	模型 16	模型 17	模型 18	模型 19	模型 20
CNP	-2.275 6**	-1.671 9**	-1.961 6***						
CNA				-1.626 9***	-1.266 3***	-2.059 2***			
CNC							1.629 3**	0.910 7***	1.541 6***
KND	0.125 5***			0.307 8***			0.012 4***		
KNM		4.430 4***			5.653 7***			0.707 4	
KNO			0.822 3***			3.329 4***			1.422 4***
KND×CNP	-0.488 9*								
KNM×CNP		-3.234 7**							
KNO×CNP			-1.990 9**						
KND×CNA				-0.116 6***					
KNM×CNA					-4.738 4***				
KNO×CNA						-2.377 1***			
KND×CNC							0.055 6**		
KNM×CNC								-1.789 5	
KNO×CNC									2.248 6***
Control	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Ind/Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
R ²	0.563	0.423	0.483	0.418	0.344	0.311	0.486	0.198	0.328

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著。

得到验证。模型 18~模型 20 检验了合作网络联通度在知识网络特征与协同创新绩效关系间的调节效应,在模型 18、模型 20 中,合作网络联通度强化了知识元素多样性和知识组合机会对协同创新绩效的正向影响,模型 19 交互项系数以及知识网络密度系数均不显著,H5a、H5c 得到验证,而 H5b 未得到验证。

2)合作网络中心势对知识协同网络与知识吸收能力关系的调节

由表 7 中模型 21 和模型 23 中的交互项不显著可知,合作网络中心势在知识元素多样性或知识网络密度与知识吸收能力的关系中,没有明显的调节作用,H6a、H6b 未得到验证。由模型 25 自变量与交互项系数显著,知识组合机会系数稍有降低,且模型 26 将中介变量、调节变量以及自变量全部纳入后,中介变量系数仍然显著,可以得出合作网络中心势在知识组合机会与知识吸收能力的关系中,有显著的调节作用,调节方向为负向调节,H6c 得到验证。

3)合作网络平均最短路径对知识协同网络与知识吸收能力关系的调节

表 8 显示,模型 27 的知识元素多样性、合作网络平均最短路径及二者交互项均显著,模型 28 将自变量、中介变量及调节变量同时纳入回归模型,结果显示交互项系数为负值,且相较于中介效应回归阶段,元素多样性系数在模型 27 和模型 28 中均有不同程度下降,因此,合作网络平均最短路径在知识元素多样性与知识吸收能力之间起到负向调节作用。同理,由模型 29 和模型 30 可以看出,合作网络平均最短路径在知识网络密度与知识吸收能力之间起到负向调节作用,因此 H7a、H7b 得到验证。模型 31 中的自变量与调节变量系数不显著,且模型 32 中的中介变量系数不显著,说明将合作网络平均最短路径作为调节变量纳入模型后,中介效应不再成立,因此合作网络平均最短路径在知识组合机会与知识吸收能力的关系中没有明显的调节作用,假设 H7c 没有得到验证。

4)合作网络中心势对知识协同网络与知识吸收能力关系的调节

由表 9 可知,在模型 33 中,知识元素多样性、合

表 7 合作网络中心势对中介效应前半程的检验结果

变量	模型 21	模型 22	模型 23	模型 24	模型 25	模型 26
	KAA	lnPCI	KAA	lnPCI	KAA	lnPCI
CNP	-1.717 6	-0.302 5***	-1.955 1	0.905 1***	-0.556 8	-1.188 6***
KND	0.089 6	0.170 3***				
KNM			-4.217 5	5.536 0		
KNO					2.721 1***	1.248 9***
KND×CNP	-0.329 5*	0.087 8				
KNM×CNP			-2.976 1	-1.327 0		
KNO×CNP					-5.815 8**	-0.726 9**
KAA		0.124 4		0.124 4**		0.099 2*
Control	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Ind/Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
R ²	0.079	0.473	0.171	0.296	0.361	0.372

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著。

表 8 合作网络中心势对中介效应前半程的检验结果

变量	模型 27	模型 28	模型 29	模型 30	模型 31	模型 32
	KAA	lnPCI	KAA	lnPCI	KAA	lnPCI
CNA	-0.508 8*	-1.781 7***	-4.270 1**	-2.148 7***	-1.700 1	-1.740 2***
KND	0.060 2**	0.026 6***				
KNM			5.622 3**			
KNO				2.073 7**	3.468 7**	1.379 9***
KND×CNA	-0.045 7***	-0.076 7**				
KNM×CNA			-12.267 1**	-6.895 9**		
KNO×CNA					-8.055 2	-0.170 2
KAA		0.046 4**		0.063 9***		-0.283 6
Control	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Ind/Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
R ²	0.256	0.501	0.106	0.466	0.229	0.421

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著。

表9 合作网络中心势对中介效应前半程的检验结果

变量	模型 33	模型 34	模型 35	模型 36	模型 37	模型 38
	KAA	lnPCI	KAA	lnPCI	KAA	lnPCI
CNC	1.103 4**	0.804 7*	3.635 1**	0.925 4**	3.359 7**	1.391 9*
KND	0.181 7***	0.120 6***				
KNM			6.688 1**	3.942 8**		
KNO					3.650 2***	1.308 4***
KND×CNC	0.255 5***	0.056 7***				
KNM×CNC			2.433 6***	1.055 2**		
KNO×CNC					5.795 8***	1.942 7***
KAA		0.193 1***		0.324 5***		0.166 9**
Control	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Ind/Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
R ²	0.279	0.543	0.320	0.262	0.341	0.266

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著。

作网络联通度以及二者交互项显著,与模型 18 相比,知识元素多样性对知识吸收能力的影响能力增强;而在模型 34 中,将中介变量知识吸收能力与调节变量合作网络联通度同时进行回归,结果仍然显著,这表明合作网络联通度在知识元素多样性与知识吸收能力之间起到正向调节作用。同理,由模型 35 和模型 37 可知,合作网络联通度在知识网络密度和知识组合机会对知识吸收能力的影响中,均能起到调节作用,结合模型 36 与模型 38,将知识吸收能力作为中介变量,纳入网络联通度这一调节变量进一步检验,知识吸收能力系数仍然显著,即中介效应仍然成立,因此 H8a、H8b、H8c 均得到验证。

4 研究结论

以 2014—2023 年长三角地区国家级先进制造业集群专利申请情况为研究数据,建立知识协同网络探究协同创新绩效的影响因素,得到如下结论。

(1) 在合作网络层面,研究期内集群参与协同创新合作网络的主体数量显著增多,集群规模明显扩大,反映出集群内部主体合作创新意识日益强化,开放创新资源愈发积极,预示着创新合作网络前景乐观;网络密度总体呈增大态势,网络中心势多在较低水平波动,显示集群已形成以部分企业为中心的的稳定产业聚集模式,无绝对领导者;多数集群下降平均最短路径,合作通达性提升,少数集群因新企业加入出现逆势增长但有望缓解。在知识网络层面,14 个集群所拥有的知识元素多样性均显著提升,增长率可观,为协同创新产出提供有力支撑。知识网络密度小幅增长,仍有提升余地,意味着知识元素合作渐密。知识组合机会普遍提升,促使企业利用知识重组创新。平均最短路径大多降低,降低知识融合难度,企业后续还将持续优化。

综上所述,长三角先进制造业集群在合作与知识网络构建上成效初显,未来应持续优化网络结构,强化企业协同,以推动先进制造业高质量发展。

(2) 重点关注知识协同网络对协同创新绩效的影响机制,以知识网络中的知识元素多样性、知识网络密度以及知识元素组合机会为自变量,通过负二项回归分析发现,三者对协同创新绩效均起到正向促进作用。这表明,随着知识网络中知识元素种类数、知识网络各节点合作频次、不同知识元素组合机会的增加,协同创新绩效将有不同程度的提升。进一步研究作用路径,将显著影响协同创新产出的知识吸收能力作为中介变量纳入研究,拥有高质量知识网络结构的集群能够跨越不同知识领域,获取、整合和吸收新知识,进而提升协同创新绩效。因此,知识吸收能力在知识网络结构与协同创新绩效的关系中存在中介效应。

(3) 合作网络中结构作为知识资源传递的载体,在知识网络对协同创新绩效的影响中充当调节变量。合作网络中心势与平均最短路径抑制知识网络结构对协同创新绩效的正向作用;网络联通度强化正向作用,抑制负向作用。主要表现在:对于处在结构洞位置的企业来说,高中心势和长平均最短路径网络中的连通性依赖于某几个核心城市,资源的聚集会导致两端资源的不平衡、加剧创新成本提高和信任风险等问题,且知识元素传递容易形成路径依赖,不利于弱势企业协同创新网络拓展,增强了知识转移的阻力。较高的合作网络联通度表示更多的协同创新合作可能,网络内部强联系有利于形成良性合作规范,加速知识流动和知识元素高效利用。另外,合作网络结构也通过影响中介效应前半程,即影响知识网络结构与知识获取能力的关系,作用于知识协同创新。

参考文献

- [1] 简晓彬, 车冰清, 仇方道. 装备制造业集群式创新效率及影响因素: 以江苏为例[J]. 经济地理, 2018, 38(7): 100-109.
- [2] 陶婷婷. 先进制造业集群网络化协作模式探索: 以苏州、无锡、南通高端纺织集群为例[J]. 现代管理科学, 2021(3): 49-56.
- [3] 马小凡, 王有远, 刘祎凡. 多维邻近性对航空制造业产业集群协同创新的影响: 以江西省为例[J]. 科技和产业, 2023, 23(6): 50-54.
- [4] 吴松强, 何春泉, 夏管军. 江苏先进制造业集群: 关系嵌入性、动态能力与企业创新绩效[J]. 华东经济管理, 2019, 33(12): 28-34.
- [5] 吴松强, 黄盼盼, 蔡文洁, 等. 知识溢出与先进制造业集群成长: 企业创新关联的中介效应研究[J]. 科学学研究, 2022, 40(3): 516-524.
- [6] 熊珍琴, 李琪. 江西省先进制造业集群竞争力评价与提升策略研究[J]. 现代工业经济和信息化, 2024, 14(11): 51-54.
- [7] WANG X, LI J, QI Y. Fostering knowledge creation through network capability ambidexterity with the moderation of an innovation climate[J]. Journal of Knowledge Management, 2022, 27(3): 613-631.
- [8] 姚艳虹, 龚榆. 双层网络嵌入下结构洞对企业二元创新的影响[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(1): 99-109.
- [9] LI X, LI X, DING S. Effect of knowledge network embedding on exploitative and exploratory innovation: evidence from Chinese advanced manufacturing firms[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2024, 36(11): 3477-3491.
- [10] 王海花, 孙芹, 杜梅, 等. 长三角城市群协同创新网络对协同创新绩效的影响研究[J]. 科研管理, 2023, 44(3): 19-32.
- [11] 赵彦志, 王瑞麟. 产学研协同创新组织的网络嵌入、治理机制与创新绩效[J]. 创新与创业管理, 2023(2): 19-38.
- [12] 曾凡益, 青平. 农产品电商集群企业地理集中度、双重知识网络嵌入与协同创新绩效[J]. 农业现代化研究, 2022, 43(3): 420-430.
- [13] 王艳梅, 孙恩慧, 陈雨生, 等. 中国海洋战略性新兴产业技术创新协同网络结构与驱动机制[J/OL]. 科研管理, 1-13. (2024-12-02)[2024-12-17]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1567.G3.20241202.0901.004.html>.
- [14] WERNERFELT B. A resource-based view of the firm[J]. Strategic Management Journal, 1984, 5(2): 171-180.
- [15] 于飞, 袁胜军, 胡泽民, 等. 网络密度、高管注意力配置与制造企业服务创新: 知识基础的调节作用[J]. 管理评论, 2022, 34(10): 158-169.
- [16] JULIEN P A, ANDRIAMBELOSON E, RAMANGA-LAHY C. Networks, weak signals and technological innovations among SMEs in the land-based transportation equipment sector[J]. Entrepreneurship & Regional Development, 2004, 16(4): 251-269.
- [17] SU Z, AHLSTROM D, LI J, et al. Knowledge creation capability, absorptive capacity, and product innovativeness[J]. R&D Management, 2020, 43(5): 473-485.
- [18] COHEN W M, LEVINTHAL D A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation[J]. Administrative Science Quarterly, 1990, 35(1): 128-152.
- [19] 赵大丽, 江媛, 孙道银. 基于吸收能力中介作用的知识获取与区域创新能力研究[J]. 科技管理研究, 2018, 38(19): 146-153.
- [20] YI S, KNUDSEN T, BECKER M C. Inertia in routines: a hidden source of organizational variation[J]. Organization Science, 2016, 27(3): 782-800.
- [21] WASSERMAN S, FAUST K. Social network analysis: methods and applications[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- [22] 陈旭, 刘春红, 高长春, 等. 知识多样性、知识网络密度与企业创新绩效[J]. 华东经济管理, 2020, 34(4): 38-45.
- [23] ZAHRA S A, GEORGE G. Absorptive capacity: a review, reconceptualization, and extension[J]. Academy of Management Review, 2002, 27(2): 185-203.
- [24] BORGATTI S P, MEHRA A, BRASS D J, et al. Network analysis in the social sciences[J]. Science, 2009, 323: 892-895.
- [25] GRANOVETTER M. The strength of weak ties[J]. American Journal of Sociology, 1973, 78(6): 1360-1380.
- [26] 王晓东, 徐冉. 我国创新联合体牵头企业技术知识网络特征及其对创新产出的影响: 基于专利引用和学术论文网络的实证[J]. 科学管理研究, 2023, 41(5): 27-34.
- [27] FLEMING L. Recombinant uncertainty in technological search[J]. Management Science, 2001, 47(1): 117-132.
- [28] 刘景康, 陈虹枢, 金茜茜, 等. 科研合作网络演化机制研究: 以光刻领域为例[J]. 科学学研究, 2024, 42(12): 2601-2611.
- [29] FREEMAN L C. A Set of measures of centrality based on betweenness[J]. Sociometry, 1977, 40(1): 35-41.
- [30] COWAN R, JONARD N, ZIMMERMANN J B. Bilateral collaboration and the emergence of innovation networks[J]. Management Science, 2007, 53(7): 1051-1067.
- [31] UZZI B. Social structure and competition in interfirm networks: the paradox of embeddedness[J]. Administrative Science Quarterly, 1997, 42(1): 35-67.
- [32] 李玉花, 李丹丹. 企业数字化程度促进二元创新了吗? 基于知识多样性视角分析[J]. 商业研究, 2024(3): 125-133.

- [33] BARABÁSI A L, ALBERT R. Emergence of scaling in random networks[J]. *Science*, 1999, 286: 509-512.
- [34] TSAI W. Knowledge transfer in intraorganizational networks: effects of network position and absorptive capacity on business unit innovation and performance [J]. *Academy of Management Journal*, 2001, 44(5): 996-1004.
- [35] 杜美玲, 张鹏, 王巍, 等. 双重网络嵌入对新颖性与影响力的作用研究[J/OL]. *科学学与科学技术管理*, 1-54. (2024-02-23)[2024-12-24]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1117.G3.20240723.1605.006.html>.
- [36] COLEMAN J S. Social capital in the creation of human capital[J]. *American Journal of Sociology*, 1988, 94: 95-120.
- [37] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. *心理科学进展*, 2014, 22(5): 731-745.
- [38] 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.

Study on the Impact Mechanism of Knowledge Collaboration Network in Advanced Manufacturing Clusters on Collaborative Innovation Performance

ZHU Xiaoya, WEI Wei, LI Yongqi, MENG Xiaohua

(School of Politics and Public Administration, Soochow University, Suzhou 215123, Jiangsu, China)

Abstract: Taking the national advanced manufacturing clusters in the Yangtze River Delta region as a sample, the mechanism of knowledge collaboration networks on collaborative innovation performance was explored. Findings reveal that knowledge network characteristics (knowledge diversity, knowledge network density, knowledge recombination opportunities) have a positive impact on collaborative innovation performance, with knowledge absorption capacity playing a mediating role and cooperative network structural features exerting moderating effects. Specifically, network centralization and average shortest path inhibit the positive influence of knowledge network structure on collaborative innovation performance, while connectivity strengthens this positive effect. The research can provide theoretical references for enhancing collaborative innovation performance in advanced manufacturing clusters from the perspective of knowledge collaboration networks.

Keywords: advanced manufacturing clusters; knowledge collaboration network; collaborative innovation performance; impact mechanism