

区域创新合作网络对企业技术创新绩效的影响研究 ——以长三角为例

关 鹏^{1,2}, 王曰芬², 黄 钦¹, 叶龙生¹, 傅 柱³

(1. 巢湖学院 经济与法学学院, 合肥 238000; 2. 南京理工大学 经济管理学院, 南京 210094;

3. 江苏科技大学 经济管理学院, 镇江 212003)

摘 要: [目的 / 意义]在区域创新合作网络聚集系数和平均最短路径长度的调节作用下, 分析企业在合作网络的中心性指标对企业技术创新绩效的影响, 为企业技术创新管理提供依据。[方法 / 过程]利用专利数据构建区域创新合作网络, 以企业在合作网络中的程度中心性和中介中心性作为自变量, 以合作网络聚集系数和平均最短路径长度作为调节变量, 构建影响企业技术创新绩效的理论模型。[结果 / 结论]以长三角地区集成电路技术领域参与专利合作的企业作为研究样本, 使用逐步多元线性回归模型进行分析, 结果表明: 合作网络密度、企业技术创新积累、企业研发人员数量、企业所在省份 R&D 投入强度对企业技术创新绩效具有显著的正向影响; 相比合作伙伴为企业和科研院所, 当企业与高校合作时, 越有利于企业的技术创新绩效; 企业在合作网络的程度中心性和中介中心对企业技术创新绩效具有显著的正向影响; 平均最短路径长度对中介中心性与企业技术创新绩效之间的关系调节作用显著, 当平均最短路径长度越长时, 中介中心性对企业技术创新绩效的正向影响越明显。通过实证分析揭示了区域创新合作网络对企业技术创新绩效的影响机制, 企业在合作网络的位置(中心、中介)对技术创新绩效影响显著, 合作网络的结构属性对这种影响具有明显的调节作用。针对分析结果, 提出提升企业技术创新绩效的对策和建议。

关键词: 区域创新合作网络; 专利; 技术创新绩效; 集成电路; 长三角

中图分类号: C93

文献标识码: A

文章编号: 1002-1248 (2021) 06-0040-14

引用本文: 关鹏, 王曰芬, 黄钦, 等. 区域创新合作网络对企业技术创新绩效的影响研究——以长三角为例[J]. 农业图书情报学报, 2021, 33(6): 40-53.

收稿日期: 2021-04-23

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“面向知识创新服务的数据科学理论与方法研究”(16DZA224); 安徽省社科基金项目“专利合作视角下长三角地区企业技术创新合作网络对创新绩效的影响研究”(AHSKQ2020D23); 安徽省高校人文社会科学重点项目“基于专利文本挖掘的区域创新合作网络构建及演化分析——以长三角城市群为例”(SK2019A0550); 安徽省高校优秀青年人才支持计划重点项目“基于复杂网络理论的科学合作网络演化建模与仿真研究”(gxyqZD2019066)

作者简介: 关鹏 (ORCID: 0000-0002-2308-3019), 男, 博士, 副教授, 研究方向为数据分析与知识发现、技术创新管理。王曰芬 (ORCID: 0000-0002-7143-7766), 女, 教授, 博士生导师, 研究方向为信息分析与情报研究、网络信息管理、知识服务等。黄钦, 女, 硕士, 讲师, 研究方向为知识管理、高校思想政治教育。叶龙生, 男, 硕士, 助教, 研究方向为应用经济学。傅柱 (ORCID: 0000-0003-2250-7542), 男, 博士, 副教授, 研究方向为知识工程

Research on the Impact of Regional Innovation Cooperation Network on Technological Innovation Performance: Based on the Yangtze River Delta

GUAN Peng^{1,2}, WANG Yuefen², HUANG Qin¹, YE Longsheng¹, FU Zhu³

(1. School of Economics and Law, Chaohu University, Hefei 238000; 2. School of Economics and Management, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094; 3. School of Economics and Management, Jiangsu University of Science & Technology, Zhenjiang 212003)

Abstract: [Purpose/Significance] Based on the moderating effect of regional innovation cooperation network's clustering coefficient and average shortest path length, the paper analyzes the impact of enterprise centrality in network on technological innovation performance, in order to provide reference to enterprise innovation management. [Method/Process] Using patent data to construct patent cooperation networks, this paper builds a theoretical model measuring technological innovation performance of an enterprise, with degree centrality and betweenness centrality of the enterprise in the network as independent variables, with the clustering coefficient and average shortest path length of patent cooperation network as a moderator variable. [Results/Conclusions] The empirical study in the field of integrated circuit technology in the Yangtze River Delta is carried out and the stepwise multiple linear regression results show the following conclusions. The density of cooperation network, the accumulation of technological innovation, the number of R&D personnel, and the intensity of R&D investment in the province where the firm is located have a significant positive impact on the firm's technological innovation performance. Compared with enterprises and research institutes, when enterprises cooperate with universities, their technological innovation performance is more favorable. The degree centrality and the betweenness centrality of a firm in the cooperation network have a significant positive impact on the firm's technological innovation performance. The average shortest path length has a significant moderating effect on the relationship between intermediary centrality and firms' technological innovation performance. The longer the average shortest path length is, the more obvious the positive effect of intermediary centrality on firms' technological innovation performance is. Through the empirical analysis, the paper reveals the influence mechanism of regional innovation cooperation network on firms' technological innovation performance. The position (center, intermediary) of firms in the cooperation network has a significant influence on firms' technological innovation performance, and the structural attribute of the cooperation network has a significant moderating effect on this effect. Based on the analysis results, countermeasures and suggestions are put forward to improve the technological innovation performance of enterprises.

Keywords: regional innovation cooperation network; patent; technological innovation performance; integrated circuit; the Yangtze River Delta

1 引 言

随着创新的复杂性和不确定性越来越高, 单个企

业很难具备创新所需要的全部资源和能力, 企业寻求与学研机构进行技术合作已成为常态^[1]。现有研究普遍认为协同创新推动了基础性科学知识和应用性技术知识向企业的转移转化, 有利于提升企业自身的创新

能力和创新绩效^[1,2]。在中国加快推进城市群和区域经济一体化发展的背景下,区域内的产学研协同创新在体制机制、政策体系、科技中介服务、创新资金、产业链融合等方面不断取得新突破,区域创新合作网络研究获得产业界和学术界普遍关注。学者们基于论文合著关联、专利联合申请关联或者科技进步奖合作关联等视角构建区域创新合作网络,并着重分析合作特征、合作模式、网络结构等动态演化特征,为区域协同创新提供决策支持^[3-5]。但是,面向特定技术领域和特定城市群的区域创新合作网络对企业技术创新绩效影响的实证研究较少,合作网络对个体的影响机制研究还不够深入。

创新能力无疑是衡量一个区域发展潜力和前景的重要标尺,而专利是衡量技术创新绩效的重要指标^[6]。长三角地区是全国创新活动最活跃、知识产权最密集的区域之一。2018年,长三角地区专利申请量占全国的32.4%。把长三角地区打造成为世界级的科技创新城市群,是中国区域发展的重要战略支点,是中国实施创新驱动发展战略的关键一环^[7]。自2019年发布《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》以来,围绕长三角地区“共享创新资源,协同创新驱动,推动长三角更高质量一体化发展”成为研究关注的焦点。在此背景下,本文以专利合作为研究视角,综合应用社会网络分析、复杂网络、统计学等方法,定量分析长三角地区创新合作网络结构对企业技术创新绩效的影响机制,为长三角地区高新技术企业更高质量协同创新提供决策依据。

2 相关研究现状

OZMAN认为,创新最有效的方式是通过网络在集体创新过程中发挥重要作用^[8]。已有研究表明,创新主体之间的合作研发活动和创新绩效受其所属合作网络结构的显著影响。理解创新主体之间微观互动所形成的宏观网络结构对于揭示合作网络的作用机理具有重要的价值^[9]。

从区域间的合作网络对区域创新绩效的影响研究

来看,CANTNER等对德国耶拿地区的专利合作研究表明,前一时期的联合申请专利对未来合作关系并没有显著的正面影响,而技术重叠和发明家的流动性对后期合作具有正面影响^[10]。LI等研究中国城市技术创新合作网络的时空演变特征,发现网络中的中心节点和网络结构均表现出层次扩散和传染扩散的特征^[11]。谢其军研究发现滞后区域创新绩效具有空间溢出效应,邻近省份的创新绩效提升有助于本省创新绩效的提升^[12]。

从组织间(企业、高校和科研院所等创新主体)合作网络对组织创新绩效的影响研究来看。在专利合作网络中同时表现出高集群性和高覆盖范围的企业,将具有更大的专利创新产出^[13],而占据网络中心位置或结构洞的企业能更好地激发创造力^[14],获得更高的引用频次^[15],同时带来更多的潜在经济效益^[16,17]。以上研究表明处于合作网络核心位置的企业,利用其在网络中的权力和地位可以获得更多的信息和资源,进而提高其创新绩效。

国内学者针对长三角地区创新合作网络展开专题研究。从长三角城市群创新网络的空间结构演化分析来看,长三角地区协同创新水平不断提升但仍处于弱联结状态,创新网络由单级结构向“多中心、多层次、趋平衡”小世界结构转变^[18,19],而网络中心性与城市创新产出存在显著正向影响^[20]。解学梅等认为知识吸收能力在协同创新网络特征与企业创新绩效之间存在着部分中介效应^[21]。胡艳等认为长三角城市群协同创新有着显著的空间溢出效应,通过直接效应、间接效应和总效应促进地区经济增长,反过来促进区域一体化进程^[22]。

综上所述,区域创新合作网络现有研究成果显著,重点研究了企业在合作网络中的位置对创新绩效的影响,如中心性、聚类性等,但在网络结构特性(如小世界特性、结构洞、无标度性等)对企业创新绩效的影响方面研究还不够深入,网络结构对企业创新绩效的影响机制尚不明确。并且,当前的大多数研究将创新合作网络结构属性作为自变量来研究,但网络特性是整体网络层面的变量,而企业个体网络属性和企业技术创新绩效均为个体层面的变量,二者存在结构性

差异。因此, 本文将网络结构属性作为调节变量, 重点分析其通过调节企业在合作网络中的位置和作用对技术创新绩效的影响。

3 研究设计

3.1 数据来源和网络构建

本文的研究对象为长三角地区在集成电路技术领域具有专利合作关系的企业。集成电路(Integrated Circuit, IC), 又称微电路、微芯片、芯片, 是一种常见的微型半导体电子器件。集成电路技术可分为四大类: 设计类、制造类、封装类和测试类^[23]。本文使用中国专利全文数据库(知网版)下载长三角区域上海市、江苏省、浙江省、安徽省集成电路技术领域公开发明专利文献, 检索式为: “主题=集成电路+微电路+微芯片+芯片 AND 关键词=设计+制造+封装+测试 AND 申请人地址=上海+江苏+浙江+安徽”, 检索时间范围为2000年1月1日至2020年12月31日, 共获得专利文献7793条。利用Bibexcel软件抽取专利联合申请人关系, 去除个人和非长三角地区机构, 获得参与专利合作的机构样本167个, 包括137家企业、11所高校和19所科研院所。

已有研究表明, 企业间合作关系一般可维持3~5年^[24], 本文以5年为移动窗口, 将2003—2017年间的企业专利合作关系划分为11个阶段(2003—2007年, 2004—2008年, …, 2013—2017年)。在每一个阶段内, 利用企业间的联合申请人关系构建专利合作网络, 最终获得2003—2017年间643个非平衡面板样本数据。

3.2 研究假设与理论模型

本文的理论分析建立在社会网络和社会资本理论基础之上。社会网络理论认为在一个社会网络中, 一个行动者与其他行动者的直接连接越多, 则该行动者在网络中拥有的“权力”越大, 处于网络的核心位置; 社会资本理论强调在社会网络和其他社会结构中的结构洞为人们提供了投资人力资源的机会^[25], 即通过与

自己没有连接的人建立连接, 作为建立这种连接的回报, 他们期望从投资中获得利润。对于人们之间的信息流的控制是社会网络运作的重要因素^[26], 已有实证研究发现, 处于创新合作网络核心位置的企业(网络中心性、结构洞)^[14], 可有效利用社会网络资源提高其创新绩效^[13]和经济效益^{[16][17]}。因此, 本文利用企业在区域合作网络中的程度中心性和中介中心性度量企业的“网络权力”和“网络信息控制能力”, 将其作为自变量。

现有研究发现产学研合作网络结构对企业创新绩效的影响机制非常复杂, 如网络信息扩散的速率和范围随着网络密度的增加而增加^[27], 高密度网络有利于增强技术创新绩效^[13]; 较短的产学研合作网络平均路径长度有利于企业创新的提高, 而网络聚集系数与企业创新呈倒U型关系^[13]; 产学研合作创新网络的行动者属性与产学研合作创新关系、集群企业创新绩效正相关, 网络的小世界特性与产学研合作创新关系、集群企业创新绩效负相关^[28]等。由此可见合作网络特征对企业技术创新绩效的影响机制仍然不明确, 理清合作网络特性对技术创新的作用机制非常重要。

网络聚集系数和网络平均最短路径长度作为重要的网络结构属性, 在现有研究中通常作为自变量引入统计模型中, 本文认为网络结构属性属于整体网络变量, 并不直接影响企业技术创新绩效, 而是通过调节企业在网络中的位置影响企业技术创新绩效, 因此本文提出以下理论假设。

假设1: 企业在区域创新合作网络的程度中心性指标越高, 越有利于企业技术创新绩效;

假设2: 企业在区域创新合作网络的中介中心性指标越高, 越有利于企业技术创新绩效;

假设3: 区域创新合作网络的聚集系数对程度中心性指标与技术创新绩效具有正向调节作用;

假设4: 区域创新合作网络的聚集系数对中介中心性指标与技术创新绩效具有正向调节作用;

假设5: 区域创新合作网络的平均最短路径长度对程度中心性指标与技术创新绩效具有负向调节作用;

假设6: 区域创新合作网络的平均最短路径长度对

中介中心性指标与技术创新绩效具有负向调节作用。

综合以上理论分析,本文提出区域创新合作网络对企业技术创新绩效影响的理论模型如图1所示。

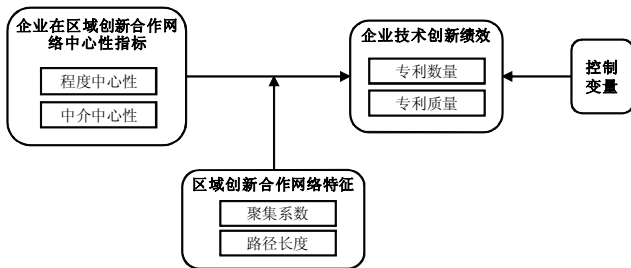


图1 理论模型

Fig.1 Theoretical model

3.3 变量测量

统计模型的因变量为企业技术创新绩效,自变量为企业在合作网络中的程度中心性和中介中心性,调节变量为合作网络聚集系数和平均最短路径长度,控制变量为企业技术创新积累、企业年龄、企业研发人员数量、企业所在省份R&D经费投入强度。具体变量名称和符号表示如表1所示,部分变量的计算方法和内涵解释如下。

(1) 企业技术创新绩效。不同于以往研究,本文在测量企业技术创新绩效时,兼顾专利数量和专利质量。专利权要求数是显著的和一贯的高价值的专利指示^[29],专利权利要求是用技术术语描述发明的一系列有编号的表达方式,定义了专利授予的保护范围^[30]。相关研究证实专利权要求数与专利价值之间存在显著的正相关关系^[31]。考虑到专利合作网络结构对企业技术创新绩效的滞后效应,本文分别取滞后1年、2年和3年的专利数量和专利质量,分别记为 $Quantity_{i,t+1}$ 、 $Quantity_{i,t+2}$ 、 $Quantity_{i,t+3}$ 、 $Quality_{i,t+1}$ 、 $Quality_{i,t+2}$ 、 $Quality_{i,t+3}$ 。例如当企业*i*参与到2013—2017年阶段的专利合作时,企业*i*即为该阶段的样本,*i*在2018年、2019年和2020年申请并被授权的专利数和专利质量作为*i*的技术创新绩效测量指标。企业技术创新绩效为专利数量和专利质量的综合指标,计算公式如下:

$$y_1 = 0.5 \times \text{normalization}(Quantity_{i,t+1}) + 0.5 \times \text{normalization}(Quality_{i,t+1}) \quad (1)$$

$$y_2 = 0.5 \times \text{normalization}(Quantity_{i,t+2}) + 0.5 \times \text{normalization}(Quality_{i,t+2}) \quad (2)$$

$$y_3 = 0.5 \times \text{normalization}(Quantity_{i,t+3}) + 0.5 \times \text{normalization}(Quality_{i,t+3}) \quad (3)$$

$\text{normalization}()$ 为标准化函数,本文使用最大最小化标准化方法,将企业技术创新绩效归一化在[0,1]区间内。

(2) 网络密度。当整体网络密度捕获整个网络的全局密度(或稀疏性)时,聚集系数捕获整个网络具有密集连接的局部区域特征的程度。一个网络可能在全局上非常稀疏,但仍然具有很高的聚集系数,因为整体网络信息扩散的速度和程度会随密度增加而增加^[27],从而有利于企业新知识和新技术的吸收和利用,有利于技术创新。因此,本文将整体网络密度作为控制变量。

(3) 企业技术创新积累。为了控制企业专利行为中未观察到的异质性(例如由于研发支出、专利倾向或能力等方面的差异),本文遵循BLUNDELL等人的方法,将变量企业技术创新积累定义为公司在进入样本之前的3年内所获得的所有专利的总和^[32]。例如当企业*i*参与到2003—2007年阶段的专利合作时,*i*即为该阶段的样本,*i*在2000—2002年这3年申请并被授权的专利总数即为*i*进入样本前3年专利总数,该指标有效度量企业技术创新的前期积累。

(4) 企业所在省份R&D经费投入强度。R&D经费投入强度,即R&D经费支出与GRP(地区生产总值)之比,是测量一个国家或地区科技发展水平的重要指标,强度的大小反映科技实力和核心竞争力水平的高低。本文长三角地区R&D经费投入强度数据来源于三省一市统计局网站(上海市统计局网站:<http://tj.sh.gov.cn/>;江苏省统计局网站:<http://tj.jiangsu.gov.cn/>;浙江省统计局网站:<http://tj.zj.gov.cn/>;安徽省统计局网站:<http://tj.ah.gov.cn/>)。

(5) 企业年龄。企业年龄指企业进入样本时所处年份与企业成立年份的差值,如当企业*i*参与到2003—2007年阶段的专利合作时,*i*即为该阶段的样本,2007年与企业*i*成立年份之差即为企业年龄。企业年龄数据来源于爱企查网站(<https://aiqicha.baidu.com/>)。

(6) 合作伙伴类型。企业在专利合作中的伙伴主

表 1 变量名称及符号表示

Table 1 Variable name and symbolic representation

类型	变量名称	符号表示
因变量	技术创新绩效 (Technological Innovation Performance)	y
自变量	程度中心性 (Degree Centrality)	DC
	中介中心性 (Betweenness Centrality)	BC
调节变量	网络聚集系数 (Clustering Coefficient)	C
	网络平均最短路径长度 (Average Shortest Path Length)	PL
控制变量	网络密度 (Network Density)	$Density$
	技术创新积累 (Technological accumulation)	TA
	研发人员数量 (Number of R&D personnel)	RP
	企业年龄 (Age)	Age
	所在省份 R&D 投入强度 (R&D Investment Intensity)	RD
	合作伙伴为高校 (虚拟变量)	$C1$
	合作伙伴为科研院所 (虚拟变量)	$C2$

要有企业、高校和科研院所, 为了分析合作伙伴类型对企业技术创新绩效的影响, 本文引入两个哑变量 $C1$ 和 $C2$ 表示合作伙伴分别为高校和科研院所, 以企业作为参照组。哑变量设置如表 2 所示。

表 2 哑变量设置

Table 2 Dummy variable

合作伙伴类型	$C1$	$C2$
企业	0	0
高校	1	0
科研院所	0	1

4 实证结果及分析

本文采用逐步多元线性回归方法对理论模型进行统计分析, 网络指标的计算采用基于 Python 的 NetworkX 工具包实现, 统计模型的参数估计由 R 软件实现。

4.1 网络指标

表 3 为长三角地区集成电路技术领域各阶段专利合作网络的网络指标。从表 3 可以看出, 长三角地区

表 3 长三角地区集成电路专利合作网络指标

Table 3 Index of integrated circuit patent cooperation network in Yangtze River Delta

网络阶段	节点数量/个	边数量/个	网络密度	聚集系数	平均最短路径长度
2003—2007 年	17	10	0.074	0.176	1.000
2004—2008 年	26	15	0.046	0.115	1.000
2005—2009 年	41	29	0.035	0.280	1.667
2006—2010 年	60	43	0.024	0.261	1.467
2007—2011 年	81	56	0.017	0.222	1.467
2008—2012 年	90	62	0.015	0.233	1.467
2009—2013 年	97	66	0.014	0.218	1.300
2010—2014 年	111	72	0.012	0.155	1.667
2011—2015 年	126	92	0.012	0.179	1.429
2012—2016 年	121	88	0.012	0.159	1.429
2013—2017 年	145	114	0.011	0.206	1.779

的专利合作逐渐增多,但是边的数量始终小于节点数量,表明区域内合作紧密度不够,从网络密度也可以看出,是一个较为稀疏的合作网络,但是从聚集系数来看,局部合作较为紧密。网络平均最短路径长度较短,反映出节点之间的连通性较高,有利于合作者之间的信息交流。综合来看,长三角地区集成电路技术领域专利合作网络具有高聚类系数和短路径长度的特

点,符合小世界网络特性,下面通过统计模型分析网络结构对企业技术创新绩效的影响。

4.2 样本描述性统计分析与相关性分析

首先使用 R 软件对样本数据进行描述性统计与变量相关性分析,同时做了变量共线性分析(表 4、表 5)。由表 4 可以看出,程度中心性 DC 与接近中心性

表 4 变量描述性统计分析 ($N=463$)

Table 4 Descriptive statistical analysis of variables ($N=463$)

变量	极小值	极大值	均值	标准差	方差
y_1	0.000	0.666	0.080	0.122	0.015
y_2	0.000	0.653	0.078	0.121	0.015
y_3	0.000	0.644	0.076	0.116	0.013
DC	0.007	0.125	0.017	0.016	0.000
CC	0.007	0.125	0.019	0.018	0.000
BC	0.000	0.010	0.000	0.001	0.000
C	0.115	0.280	0.198	0.038	0.001
PL	1.000	1.779	1.502	0.191	0.036
$Density$	0.011	0.074	0.017	0.011	0.000
TA	0.000	132.000	1.949	9.268	85.893
RP	1.000	176.000	10.879	19.141	366.384
Age	0.000	120.000	16.666	23.178	537.214
RD	1.192	3.674	2.568	0.565	0.319

表 5 变量相关性分析 (皮尔逊相关系数, $N=463$)

Table 5 Variable correlation analysis (Pearson's correlation coefficient, $N=463$)

变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y_1	1											
y_2	0.957***	1										
y_3	0.946***	0.966***	1									
DC	0.144***	0.133***	0.135***	1								
BC	0.105***	0.087*	0.084*	0.552***	1							
C	-0.026	-0.016	-0.010	0.063	0.078	1						
PL	-0.005	0.003	-0.004	-0.392***	-0.036	0.189***	1					
$Density$	0.013	-0.004	0.009	0.738***	0.156***	0.098**	-0.532	1				
TA	0.406***	0.377***	0.302***	0.037	-0.007	-0.02911	0.048	-0.040	1			
RP	0.539***	0.532***	0.514***	0.139***	0.133***	-0.01685	0.036	-0.059	0.542***	1		
Age	0.269***	0.274***	0.271***	-0.046	-0.026	-0.04897	0.083*	-0.132***	0.166***	0.241***	1	
RD	0.140***	0.139***	0.133***	-0.139***	0.002	-0.168***	0.243***	-0.333***	0.134***	0.158***	0.028	1
VIF				4.201	1.841	1.139	1.560	3.593	1.439	1.575	1.092	1.233

*注: *、**、*** 分别表示在 0.05、0.01 和 0.001 水平上显著相关

CC 数值相差不大, 且二者皮尔逊相关系数达 0.941, 为了防止出现严重的共线性, 本文在自变量中保留了 DC, 剔除了 CC。从表 5 可以看出除了聚集系数 C、平均最短路径长度 PL、网络密度 Density 与因变量 y 之间相关系数不显著外, 其他变量与因变量线性相关系数皆为显著。这说明, 在本案例中, 合作网络结构属性并不直接影响企业技术创新绩效。因此, 本文考虑多元线性回归模型, 同时, 考察变量 C 与 PL 的调节作用。经验表明, 当 $VIF \geq 10$ 时, 就说明自变量之间存在严重的多重共线性^[3]。从表 5 可以看出, 所有变量之间 VIF 均小于 5, 故整体来看, 统计模型共线性问题较小。

4.3 回归分析结果

统计数据的回归结果如表 6 所示。模型 1 为基础模型, 只包含控制变量。从模型 1 的回归结果可以看出, 企业技术创新积累、研发人员数量、企业所在省份 R&D 投入强度对企业创新绩效均具有显著的正向影响, 这与已有的研究成果一致。企业年龄对企业技术创新绩效的影响不显著。从哑变量 C1 和 C2 可以看出, 在其他变量不变的情况下, 企业与高校合作对技术创新绩效的正向影响高于合作伙伴为企业和科研院所, 合作伙伴为企业和科研院所差距不显著。

模型 2 和模型 3 分别为加入程度中心性和中介中心性这 2 个自变量后, 回归模型的结果。可以看出, 程度中心性对企业技术创新绩效具有显著的正向影响, 假设 1 得到验证; 中介中心性对企业创新绩效具有正向影响, 在 0.1 显著性水平下假设 2 得到验证。模型 4 和模型 5 是在模型 2 和模型 3 的基础上加入了网络聚集系数的调节作用, 从回归结果来看, DC、BC 与聚集系数 C 的交互项系数不显著, 因此假设 3 和假设 4 没有通过验证。

模型 6 和模型 7 是在模型 2 和模型 3 的基础上加入了网络平均最短路径长度 PL 的调节作用, 从回归结果来看: PL 对企业技术创新绩效是负影响, 但并不显著; DC 与 PL 的交互项系数不显著, 因此 PL 对 DC 与

技术创新绩效的调节作用不显著, 假设 5 没有通过验证; BC 与 PL 的交互项系数为 -43.98 并在显著性水平 0.01 下显著, 因此 PL 减弱了 BC 对企业技术创新绩效的影响, 说明当 PL 越小时, BC 对企业技术创新绩效越不利, 当 PL 越大时 BC 对企业技术创新越有利。合作网络平均最短路径长度的这种调节作用的合理性解释为: 在小世界结构下, 高聚集性的关系导致更加紧密的合作, 而长的路径长度可以带来新鲜的、非冗余的信息^[34]。与模型 3 相比, BC 对企业技术创新绩效的影响系数为 75.03 并在 0.01 水平下显著, 说明 PL 的调节作用非常明显, 因此假设 6 得到验证。

最后, 利用赤池信息准则 (Akaike Information Criterion, AIC) 进行逐步回归选择最佳模型。从表 6 可见, 模型 8 的 AIC 是所有模型中最小的, 是最优模型。综上可见, 自变量程度中心性 DC、中介中心性 BC 对企业技术创新绩效具有显著的正向影响, 小世界特性中聚集系数 C 不存在调节作用, 而平均最短路径长度 PL 对中介中心性与企业技术创新绩效之间的关系调节作用明显。

4.4 模型的鲁棒性分析

为了验证统计模型的鲁棒性, 本文对滞后 2 年和 3 年的因变量进行统计分析, 结果如表 7 (40 页) 和表 8 (41 页) 所示。从回归结果来看, 企业技术创新积累、研发人员数量、企业所在省份 R&D 投入强度和企业年龄对时间滞后 2 年和 3 年的企业创新绩效均具有显著的正向影响。与滞后 1 年的模型相比, 企业年龄的影响作用进一步增强, 而技术创新积累的影响作用减弱; 程度中心性对时间滞后 2 年和 3 年的企业创新绩效具有显著的正向影响, 而中介中心性对时间滞后 2 年和 3 年的企业创新绩效的影响作用减弱。从模型 7、8 的分析结果来看, 网络平均最短路径长度对中介中心性与企业创新绩效的负向调节作用显著性水平由 0.01 下降至 0.05, 但仍然通过了显著性检验。由此可见, 本文所构建的理论模型具有较强的鲁棒性, 对于时间滞后因素没有太大的影响。

表 6 回归模型结果 ($N=463$) (因变量: y_i)Table 6 Regression model results ($N=463$) (Dependent variable: y_i)

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6	模型 7	模型 8
<i>Density</i>	0.835* (2.328)	0.027 (0.049)	0.730* (2.010)	0.165 (0.288)	0.698* (1.907)	-0.003 (-0.004)	0.537 (1.286)	
<i>TA</i>	0.002*** (5.103)	0.003*** (5.240)	0.003*** (5.242)	0.003*** (5.217)	0.003*** (5.256)	0.003*** (5.233)	0.003*** (5.163)	0.003*** (5.180)
<i>RP</i>	0.002*** (9.787)	0.002*** (9.048)	0.002*** (9.389)	0.002*** (9.057)	0.002*** (9.325)	0.002*** (9.007)	0.002*** (9.592)	0.002*** (9.378)
<i>Age</i>	0.029 (1.630)	0.028 (1.547)	0.029 (1.641)	0.028 (1.585)	0.028 (1.612)	0.028 (1.547)	0.028 (1.585)	0.027 (1.513)
<i>RD</i>	0.016* (2.256)	0.014* (1.974)	0.016* (2.210)	0.014* (1.947)	0.016* (2.186)	0.014* (1.959)	0.015* (2.057)	0.014* (1.970)
<i>C1</i>	0.127*** (8.747)	0.128*** (8.829)	0.127*** (8.803)	0.127*** (8.797)	0.128** (8.807)	0.128** (8.801)	0.128** (8.843)	0.128** (8.895)
<i>C2</i>	0.006 (0.456)		0.003 (0.203)	0.004 (0.308)	0.003 (0.248)	0.004 (0.329)	0.002 (0.180)	0.003 (0.228)
<i>DC</i>		0.721* (1.977)		-0.168 (-0.139)		0.694 (0.503)		0.574* (1.820)
<i>BC</i>			9.178* (1.676)		27.25 (1.120)		75.03** (2.920)	71** (2.750)
<i>C</i>				-0.101 (-0.583)	0.021 (0.206)			
<i>PL</i>						-0.004 (-0.155)	-9.406e-06 (0)	0.003 (0.128)
<i>DC: C</i>				4.31 (0.773)				
<i>BC: C</i>					-80.181 (-0.763)			
<i>DC: PL</i>						0.017 (0.019)		
<i>BC: PL</i>							-43.98** (-2.620)	-44.95** (-2.700)
<i>Intercept</i>	-0.026 (-1.184)	-0.018 (-0.816)	-0.024 (-1.072)	2.662e-04 (-0.006)	-0.027 (-0.864)	-0.011 (-0.245)	-0.018 (-0.423)	-0.018 (-0.491)
<i>AIC</i>	-3024.82	-3026.77	-3025.67	-3023.39	-3022.26	-3022.81	-3028.7	-3032.36
<i>Multiple R-squared</i>	0.4088	0.4124	0.4114	0.413	0.412	0.4125	0.4086	0.4194

注: ·、、**、*** 分别表示在 0.1、0.05、0.01 和 0.001 水平上显著相关

5 研究结论与讨论

5.1 研究结论

区域创新合作网络作为重要的协同创新模式,受到产业界和学术界广泛关注,但是区域创新合作网络

对企业技术创新绩效的影响机制仍不明确。本文以长三角区域为例,以集成电路技术领域参与专利合作的企业、高校和科研院所作为研究对象,实证分析了区域创新合作网络对企业技术创新绩效的影响机制,研究结论如下。

(1) 在企业层面,企业在合作网络的程度中心性

表 7 回归模型结果 (N=463) (因变量: y_2)Table 7 Regression model results (N=463) (Dependent variable: y_2)

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6	模型 7	模型 8
<i>Density</i>	0.618*	-0.224	0.551	0.040	0.545	-0.069	0.412	
	(1.734)	(-0.415)	(1.521)	(0.071)	(1.494)	(-0.108)	(0.987)	
<i>TA</i>	0.002***	0.002***	0.002***	0.002***	0.002***	0.002***	0.002***	0.002***
	(4.154)	(4.299)	(4.237)	(4.273)	(4.234)	(4.314)	(4.175)	(4.179)
<i>RP</i>	0.002***	0.002***	0.002***	0.002***	0.002***	0.002***	0.002***	0.002***
	(9.903)	(9.141)	(9.588)	(9.182)	(9.550)	(9.059)	(9.695)	(9.458)
<i>Age</i>	0.030*	0.029	0.031*	0.030*	0.030*	0.029*	0.030*	0.029*
	(1.713)	(1.626)	(1.719)	(1.716)	(1.729)	(1.665)	(1.680)	(1.664)
<i>RD</i>	0.015*	0.013*	0.015*	0.013*	0.015*	0.014*	0.014*	0.013*
	(2.096)	(1.803)	(2.063)	(1.816)	(2.100)	(1.885)	(1.958)	(1.933)
<i>CI</i>	0.130***	0.131***	0.131***	0.131***	0.131**	0.131**	0.131**	0.131**
	(9.040)	(9.129)	(9.069)	(9.098)	(9.060)	(9.082)	(9.079)	(9.118)
<i>C2</i>	0.007	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	(0.518)	(0.380)	(0.351)	(0.349)	(0.350)	(0.410)	(0.336)	(0.402)
<i>DC</i>		0.752*		-0.969		-0.105		0.626*
		(2.072)		(-0.808)		(-0.076)		(1.983)
<i>BC</i>			5.961		5.780		50.15*	43.86*
			(1.093)		(0.238)		(1.954)	(1.699)
<i>C</i>				-0.170	0.042			
				(-0.981)	(0.415)			
<i>PL</i>						-0.014	-1.040e-03	0.006
						(-0.513)	(-0.045)	(0.285)
<i>DC: C</i>				8.329				
				(1.505)				
<i>BC: C</i>					0.588			
					(0.006)			
<i>DC: PL</i>						0.587		
						(0.646)		
<i>BC: PL</i>							-29.51*	-26.69*
							(-1.759)	(-1.785)
<i>Intercept</i>	-0.021	-0.013	-0.019	0.016	-0.029	0.005	-0.014	-0.026
	(-0.959)	(-0.576)	(-0.884)	(0.395)	(-0.917)	(0.102)	(-0.330)	(-0.693)
<i>AIC</i>	-3031.49	-3033.83	-3030.7	-3032.32	-3026.88	-3030.28	-3029.9	-3034.73
<i>Multiple R-squared</i>	0.3996	0.4037	0.4008	0.406	0.4009	0.4041	0.4037	0.4065

注: ·、、**、*** 分别表示在 0.1、0.05、0.01 和 0.001 水平上显著相关

和中介中心对企业技术创新绩效具有显著的正向影响,表明企业在合作网络中占据中心位置和发挥中介作用有利于提高技术创新绩效。

(2) 在网络层面,网络表现出高聚集系数和短路径长度的小世界特性,但聚集系数和路径长度对企业技术创新绩效的直接并不显著;值得注意的是,

平均最短路径长度对中介中心性与企业技术创新绩效之间的关系调节作用显著,当平均最短路径长度越长时,中介中心性对企业技术创新绩效的正向影响越明显。这说明,在小世界结构下,长路径长度增强了企业网络“把关人”角色,从而增强了中介中心性对企业技术创新的影响。

表 8 回归模型结果 (N=463) (因变量: y_3)Table 8 Regression model results (N=463) (Dependent variable: y_3)

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6	模型 7	模型 8
<i>Density</i>	0.724* (2.085)	0.056 (0.106)	0.678* (1.924)	0.228 (0.411)	0.673* (1.894)	0.173 (0.276)	0.579 (1.423)	
<i>TA</i>	0.001* (1.660)	0.001* (1.776)	0.001* (1.721)	0.001* (1.760)	0.001* (1.724)	0.001* (1.789)	0.001* (1.671)	0.001* (1.682)
<i>RP</i>	0.002*** (10.504)	0.002*** (9.807)	0.002*** (10.232)	0.002*** (9.818)	0.002*** (10.193)	0.002*** (9.734)	0.002*** (10.297)	0.002*** (10.030)
<i>Age</i>	0.030* (1.754)	0.029 (1.682)	0.030* (1.758)	0.030* (1.750)	0.031* (1.773)	0.030* (1.709)	0.030* (1.724)	0.029* (1.666)
<i>RD</i>	0.015* (2.209)	0.014* (1.965)	0.015* (2.185)	0.014* (2.003)	0.016* (2.241)	0.014* (2.014)	0.015* (2.096)	0.013* (1.976)
<i>CI</i>	0.131*** (9.311)	0.131*** (9.377)	0.131*** (9.325)	0.131*** (9.353)	0.131*** (9.319)	0.131*** (9.334)	0.131*** (9.326)	0.131** (9.377)
<i>C2</i>	0.009 (0.665)	0.007 (0.552)	0.007 (0.546)	0.007 (0.530)	0.007 (0.542)	0.007 (0.573)	0.007 (0.533)	0.007 (0.593)
<i>DC</i>		0.596* (1.686)		-0.546 (-0.467)		-0.029 (-0.022)		0.663* (2.154)
<i>BC</i>			4.008 (0.755)		2.829 (0.120)		37.35* (1.493)	32.06* (1.274)
<i>C</i>				-0.087 (-0.513)	0.054 (0.539)			
<i>PL</i>						-0.010 (-0.368)	-1.622e-04 (-0.007)	0.004 (0.183)
<i>DC: C</i>				5.525 (1.023)				
<i>BC: C</i>					5.041 (0.048)			
<i>DC: PL</i>						0.429 (0.484)		
<i>BC: PL</i>							-22.27* (-1.362)	-23.16* (-1.428)
<i>Intercept</i>	-0.025 (-1.170)	-0.019 (-0.852)	-0.024 (-1.117)	-0.005 (-0.130)	-0.036 (-1.171)	-0.006 (-0.142)	-0.021 (-0.502)	-0.023 (-0.650)
<i>AIC</i>	-3066.09	-3066.97	-3064.67	-3064.35	-3060.99	-3063.21	-3062.58	-3066.87
<i>Multiple R-squared</i>	0.3812	0.384	0.3818	0.3853	0.3821	0.3842	0.3836	0.3862

注: ·、、**、*** 分别表示在 0.1、0.05、0.01 和 0.001 水平上显著相关

(3) 除网络层面的影响因素外, 企业技术创新积累、企业研发人员数量、企业所在省份 R&D 投入强度对企业技术创新绩效具有显著的正向影响; 值得注意的是, 相比企业和科研院所, 当企业与高校合作时, 越有利于企业的技术创新绩效。

5.2 对策与建议

本文通过长三角地区集成电路领域的实证研究, 分析了区域创新合作网络对企业技术创新绩效的影响机制, 针对长三角地区加快形成集成电路协同创新模式, 提出以下对策和建议。

(1) 政府和管理部门层面。基于区域创新合作网络对企业技术创新绩效的促进作用, 长三角区域集成电路协同创新发展面临的首要问题仍是进一步强化产学研协同创新, 要进一步优化顶层设计, 完善体制机制设置, 打破省域限制, 开展跨地域合作。数据显示, 2000—2020年在长三角地区申请集成电路专利的企业、高校和科研院所达2 193家, 而真正参与专利合作的机构为377家, 占比17.19%, 还存在很大的合作空间。

基于企业与高校合作时能够显著提高技术创新绩效的结论, 长三角一体化发展要高度重视高校在协同创新中的地位和作用。长三角地区科教资源雄厚, 拥有上海、合肥两个综合性国家科学中心, 拥有复旦大学、上海交通大学、浙江大学、东南大学、南京大学、中国科学技术大学等“双一流”高校。当前, 已由复旦大学作为牵头单位, 成立了长三角集成电路设计与制造协同创新中心, 但参与的高校、科研院所和企业数量还不够, 尤其是参与协同创新的高校数量还较少, 尚未形成规模效应。政府要有效引导“双一流”高校或一流学科建设高校主动对接产业、企业, 加强校地、校企深度融合, 打造政产学研协同创新联盟, 提高科技成果转化效率, 促进企业技术创新绩效。

政府应继续加大R&D研发投入强度, 加大对企业技术创新的支持力度, 拓宽企业创新融资的渠道, 为企业搭建便捷的融资平台, 有利于企业技术创新绩效。从长三角三省一市R&D研发投入强度来看, 上海市R&D研发投入最强, 2017年R&D经费投入占GDP的比重为3.93%, 江苏为2.63%, 浙江为2.42%, 而安徽为2.09%。因此, 长三角地区要想进一步增强集成电路技术的协同发展, 江苏、浙江和安徽都需要进一步加大R&D研发投入强度。

(2) 企业层面。首先要积极主动融入区域创新合作网络, 尤其是融入产学研创新联盟对于提高企业技术创新绩效具有积极意义。企业要主动发布科研需求, 寻求高校和科研院所合作, 积极转化科研成果。从2003—2017年的专利数据来看, 中芯国际、上海华力、上海华虹、江苏长电等核心企业不仅专利产出多, 而

且与高校、科研院所的合作力度也大, 而一些中小企业的合作机会不多, 与学研机构的协同创新不多。

增强科研院所在区域创新合作网络中的“中介”作用。分析2003—2017年长三角区域创新合作网络, 发现很多知名科研院所具有较高的中介中心性, 如上海半导体照明工程技术研究中心、上海集成电路研发中心有限公司、江苏省电力公司电力科学研究院、中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所、中国科学院上海微系统与信息技术研究所等。这些科研院所在创新合作网络充当中介角色, 为企业的技术研发构筑高层次开放式的技术支撑服务平台, 降低科技创新成本, 为区域创新合作网络的创新知识扩散和共享发挥重要作用。

在研究中发现, 在集成电路领域企业年龄对创新绩效的影响不显著。这说明, 在集成电路技术领域, 初创企业只要拥有核心技术可以和龙头企业同台竞技。但是, 集成电路产业资产重, 回报周期长, 技术门槛高, 政府要给予初创企业基金、研发、创新、项目落户、融资、发展环境多方面的支持。初创企业在寻求合作时, 应注重产业链的分工, 避免同质化竞争, 理清在区域合作网络中的位置。初创公司可利用知识集约度高和拥有前沿、核心创新技术的优势, 使自身在合作网络中尽量处于核心节点的合作路径上, 或者处于网络中介的位置, 充分利用合作网络的协调能力, 使自己获得更大的发展空间。

5.3 未来研究展望

本文的研究不足在于只针对集成电路技术领域展开研究, 还需进一步扩大研究样本, 以验证研究结果的普适性; 本文的研究只分析了区域创新合作网络的小世界特征(聚集系数和路径长度)对企业技术创新绩效的影响, 其他网络结构特征(无标度性、结构洞等)缺乏研究。下一步将在两个方面进行深入, 一是扩大技术领域范围, 扩大研究样本; 二是设置合理的测量指标, 探索合作网络的无标度性对企业技术创新绩效的影响。

参考文献:

- [1] SZÜCS F 2018. Research subsidies, industry–university cooperation and innovation[J]. *Research policy*, 47(7): 1256–1266.
- [2] 张振刚, 李云健, 袁斯帆, 等. 企业家社会资本、产学研合作与专利产出: 合作创新意愿的调节作用[J]. *科学学与科学技术管理*, 2016, 37(7): 54–64.
- ZHANG Z G, LI Y J, YUAN S F, et al. Study on the relationship between entrepreneurial social capital, industry–university–research cooperation and patent output: the moderating role of intention to cooperative innovation [J]. *Science of science and management of S & T*, 2016, 37(7): 54–64.
- [3] 谢伟伟, 邓宏兵, 苏攀达. 长江中游城市群知识创新合作网络研究–高水平科研合著论文实证分析[J]. *科技进步与对策*, 2019, 36(16): 44–50.
- XIE W W, DENG H B, SU P D. Research on knowledge innovation cooperation network in the middle reaches of the Yangtze river–evidence from high–level scientific research co–author papers[J]. *Science & technology process and policy*, 2019, 36(16): 44–50.
- [4] 陈暮紫, 秦玉莹, 李楠. 跨区域知识流动和创新合作网络动态演化分析[J]. *科学学研究*, 2019, 37(12): 2252–2264.
- CHEN M Z, QIN Y Y, LI N. Dynamic evolution analysis of cross – regional knowledge flow and innovation cooperation network [J]. *Studies in science of science*, 2019, 37(12): 2252–2264.
- [5] 宋潇. 成渝双城经济圈区域合作创新特征与网络结构演化[J]. *软科学*, 2021, 35(4): 61–67.
- SONG X. Characteristics of regional cooperation innovation and evolution of network structure in Chengdu–Chongqing economic circle[J]. *Soft science*, 2021, 35(4): 61–67.
- [6] JAFFE A, TRAJTENBERG M, FOGARTY M. Knowledge spillovers and patent citations: Evidence from a survey of inventors[J]. *American economic review*, 2000, 90(2): 215–218.
- [7] 李万, 周小玲, 胡曙虹, 等. 世界级科技创新城市群: 长三角一体化与上海科创中心的共同抉择[J]. *智库理论与实践*, 2018, 3(4): 94–100.
- LI W, ZHOU X L, HU S H, et al. World–class urban agglomeration of science and technology: Common choice of the Yangtze river delta integration and shanghai science and technology center [J]. *Think tank theory and practice*, 2018, 3(4): 94–100.
- [8] OZMAN M. Inter–firm networks and innovation: a survey of literature[J]. *Economic of innovation and new technology*, 2009, 18(1): 39–67.
- [9] GRANOVETTER M. The strength of weak ties[J]. *American journal of sociology*, 1973, 78(6): 1360.
- [10] CANTNER U, GRAF H. The network of innovators in Jena: An application of social network analysis[J]. *Research policy*, 2006, 35(4): 463–480.
- [11] LI D, WEI Y D, WANG T. Spatial and temporal evolution of urban innovation network in China [J]. *Habitat international*, 2015, 49: 484–496.
- [12] 谢其军. 技术创新合作网络对滞后区域创新绩效的影响研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2018.
- XIE Q J. Research on influence of technological cooperation network on the innovation performance of lagging–behind regions[D]. Hefei: University of science and technology of China, 2018.
- [13] SCHILLING M A, PHELPS C C. Interfirm collaboration networks: The impact of large–scale network structure on firm innovation[J]. *Management science*, 2007, 53(7): 1113–1126.
- [14] TAKAGI S, TOYAMA R. On growth of network and centrality's change analysis of co–inventors network in enterprise[C]. *World summit on knowledge society*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008: 422–427.
- [15] NERKAR A, PARUCHURI S. Evolution of R & D capabilities: The role of knowledge networks within a firm[J]. *Management science*, 2005, 51(5): 771–785.
- [16] 迟嘉昱, 孙翎, 杨晓华. 网络结构、地理接近性对企业专利合作的影响机制研究[J]. *科技管理研究*, 2018, 38(16): 144–149.
- CHI J Y, SUN L, YANG X H. An study on the influencing mechanism of network structure, geographic proximity on firms' patent cooperation[J]. *Science and technology management research*, 2018, 38(16): 144–149.
- [17] FLEMING L, MINGO S, CHEN D. Collaborative brokerage, generative creativity, and creative success [J]. *Administrative science quarterly*, 2007, 52(3): 443–475.

- [18] 唐建荣, 李晨瑞, 倪攀. 长三角城市群创新网络结构及其驱动因素研究[J]. 上海经济研究, 2018(11): 63-76.
- TANG J R, LI C R, NI P. Research on innovation network structure and driving factors of the Yangtze river delta urban agglomeration[J]. Shanghai economic research, 2018(11): 63-76.
- [19] 王海花, 孙芹, 杜梅, 等. 长三角城市群协同创新网络演化及形成机制研究-依存型多层网络视角[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(9): 69-78.
- WANG H H, SUN Q, DU M, et al. Research on the evolution trend and mechanism of collaborative innovation network in the Yangtze river delta-The perspective of interdependent network[J]. Science & technology process and policy, 2020, 37(9): 69-78.
- [20] 殷德生, 吴虹仪, 金桩. 创新网络、知识溢出与高质量一体化发展——来自长江三角洲城市群的证据[J]. 上海经济研究, 2019(11): 30-45.
- YIN D S, WU H Y, JIN Z. Innovation networks, knowledge spillover and high-quality integrated development: An empirical study based on the urban agglomeration of the Yangtze river delta[J]. Shanghai economic research, 2019(11): 30-45.
- [21] 解学梅, 左蕾蕾. 企业协同创新网络特征与创新绩效: 基于知识吸收能力的中介效应研究[J]. 南开管理评论, 2013, 16(3): 47-56.
- XIE X M, ZUO L L. Characteristics of collaborative innovation networks and innovation performance of firms: The mediating effect of knowledge absorptive capacity[J]. Nankai management review, 2013, 16(3): 47-56.
- [22] 胡艳, 潘婷, 张桅. 一体化国家战略下长三角城市群协同创新的经济增长效应研究[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 2019, 51(5): 99-106, 239.
- HU Y, PAN T, ZHANG W. On the economic growth effect of the coordinated innovation of the Yangtze river delta urban agglomeration under the integrated national strategy[J]. Journal of east China normal university(humanities and social sciences), 2019, 51(5): 99-106, 239.
- [23] 王文霄. 从集成电路领域中国专利状况看“中国芯”的发展前景[J]. 中国发明与专利, 2015(7): 29-34.
- WANG W X. Viewing the development prospect of "China chip" from the status of Chinese patents in the field of integrated circuits[J]. Inventions and patents in China, 2015(7): 29-34.
- [24] GUAN J, ZUO K, CHEN K, et al. Does country-level R & D efficiency benefit from the collaboration network structure?[J]. Research policy, 2016, 45(4): 770-784.
- [25] BURT R S. The network structure of social capital[J]. Research in organizational behavior, 2000, 22(22): 345-423.
- [26] 吴江. 社会网络的动态分析与仿真实验-理论与应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2012: 43-52.
- WU J. Dynamic analysis and simulation of social networks-theory and applications[M]. Wuhan: Wuhan university press, 2012: 43-52.
- [27] YAMAGUCHI K. The flow of information through social networks: Diagonal-free measures of inefficiency and the structural determinants of inefficiency[J]. Social networks, 1994, 16(1): 57-86.
- [28] 吴慧, 顾晓敏. 产学研合作创新绩效的社会网络分析[J]. 科学学, 2017, 35(10): 1578-1586.
- WU H, GU X M. Social network analysis of innovation performance of industry-university-research cooperation[J]. Studies in science of science, 2017, 35(10): 1578-1586.
- [29] TONG X, FRAME J D. Measuring national technological performance with patent claims data[J]. Research policy, 1994, 23: 133-141.
- [30] BEAUDRY C, SCHIFFAUEROVA A. Impacts of collaboration and network indicators on patent quality: The case of Canadian nanotechnology innovation[J]. European management journal, 2011, 29(5): 362-376.
- [31] ZEEBROECK N V, POTTERIE B V. Filing strategies and patent value[J]. Economics of innovation & new technology, 2011, 20(6821): 539-561.
- [32] BLUNDELL R, GRIFFITH R, VAN REENEN J, et al. Dynamic count data models of technological innovation [J]. The economic journal, 1994, 105(429): 333-344.
- [33] 何晓群. 应用回归分析 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2017: 156-158.
- HE X Q. Applied regression analysis[M]. Beijing: Electronic industry press, 2017: 156-158.
- [34] CHEN Y, JAW Y. How do business groups' small world networks effect diversification, innovation, and internationalization?[J]. Asia pacific journal of management, 2014, 31(4): 1019-1044.