

知识网络动态性对高校协同创新绩效的影响研究:合作网络的调节作用

杨蕙馨 孙 芹 王海花

内容提要:本文基于依存型多层网络视角,将高校知识网络、高校合作网络和区域合作网络纳入同一个框架,运用2009—2020年长三角地区产学研联合申请专利非平衡面板数据,通过负二项回归分析,探究知识网络动态性对高校协同创新绩效的影响。实证结果显示:(1)知识网络动态性显著地正向影响高校协同创新绩效;(2)高校合作网络结构洞正向调节知识网络动态性对高校协同创新绩效的影响;(3)区域合作网络结构洞强化了高校合作网络结构洞在知识网络动态性与高校协同创新绩效的调节效应。本文的研究结论拓展了知识网络与高校创新绩效的相关文献,同时为高校产学研协同创新提供了实践指导。

关键词:知识网络 网络动态性 合作网络 依存型多层网络 协同创新绩效

中图分类号:G644

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2022)10-0068-13

一、问题提出与文献回顾

随着国家创新驱动发展战略的推进,提升创新效率成为建设现代化经济体系的重要保障。《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》中提出要“坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位,把科技自立自强作为国家发展的战略支撑”,要求“支持发展新型研究型大学、新型研发机构等新型创新主体”,整合优化科技资源配置。提升科技创新水平的重点在于加快基础研究原创突破、提升原始创新能力,而高校通过与其他高校、科研院所和企业联合申请专利、发表文章等途径正是原始创新的重要来源^[1]。2021年国家科学技术奖励大会明确指出要推进产学研深度融合,开辟科技成果转化的快车道,可见产学研合作是高校参与协同创新的重要方式。因此,高校在与其他高校、科研院所和企业协同创新过程中形成的合作关系以及获取的异质性知识资源如何影响其协同创新绩效,是本文试图探究的重点问题。

一方面,根据资源基础理论,组织创新依靠独特的、不可复制的异质性资源^[2]。在知识经济时代的大背

收稿日期:2022-06-19;修回日期:2022-09-21

基金项目:国家社会科学基金重大项目“‘两业’融合推动中国制造业高质量发展研究”(20&ZD083)

作者简介:杨蕙馨 山东大学管理学院教授、博士生导师,济南,250100;

孙 芹 山东大学管理学院博士研究生,通讯作者;

王海花 上海大学管理学院副教授,上海,200444。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

景下,知识资源作为组织开展创新活动的基础,在提升协同创新绩效方面发挥着重要的作用。高校参与产学研协同创新实质上是通过与其他高校、科研院所和企业协作开展研究开发活动建立社会网络关系,进行知识资源交流以实现创造新知识的过程^[3]。在与外界进行知识资源互动的过程中,高校既要维持现有知识资源库的稳定,又要向外界持续性地获取异质性知识资源,以保证创新活力进行特色科学研究和拓展科研领域。这种知识资源的稳定和扩张体现了高校知识网络的动态性特征及其带来的创新优势^[4],主要表现在高校对内建立并维持稳定的知识资源库,以实现创新资源深度开发,当知识资源不能满足其创新需求时,利用对外建立合作关系寻求异质性知识资源^[5]来获得更多的知识组合机会,进而源源不断地创造新知识。由此,从高校的角度来看,知识网络动态性对协同创新绩效具有不容忽视的影响。通过梳理文献发现,现有关于知识网络与创新绩效的研究多聚焦于企业主体,探究知识网络静态结构特征,如中心度、结构洞、多样性、独特性等^[6-8]对创新绩效的影响;关于高校知识合作网络的研究主要在于探究网络静态结构特征和演化趋势等内容^[9]。虽然有学者基于合作关系建立创新网络,并探究该网络动态性对知识搜索^[10]和创新绩效^[11]的影响,但难以揭示更微观的知识资源稳定与扩张对创新绩效的影响机制。

另一方面,创新主体通过与其他主体协同获得创新资源,由此嵌入由非耦合的合作网络和知识网络构成的多层网络中^[7]。因此,创新主体的协同创新绩效受到知识网络和合作网络的交互影响^[11]。其中,在产学研协同创新过程中形成的高校合作网络是高校与其他产学研主体基于合作关系建立的网络,这一网络具有一种高度社会化的嵌入式关系^[12]。区域合作网络则是高校参与产学研协同创新过程中促进不同城市之间建立合作关系而形成的网络。高校合作网络和区域合作网络分别为知识资源的流动提供了微观和宏观的外部环境,两者实际上共同影响着高校对知识资源的获取和利用,进而影响高校的知识协同和创新产出。而现有文献多从单一网络视角切入,或者将多层网络视作并行变量^[13]来探究社会网络对主体协同创新行为的影响,鲜有研究将知识网络和合作网络、微观网络和宏观网络纳入同一个框架探究多层网络对创新绩效的交互影响。

综上所述,本文基于社会网络理论和资源基础理论,将高校知识网络、微观的高校合作网络和宏观的区域合作网络纳入同一个研究框架,研究问题包括:(1)知识网络动态性对高校协同创新绩效的影响;(2)知识网络动态性与高校合作网络、区域合作网络位置特征对高校协同创新绩效的交互影响机制。本文预期能够丰富社会网络的研究视野,并为提升高校产学研协同创新水平提供有参考价值的实践启示。

二、理论分析与研究假设

(一)知识网络动态性与高校协同创新绩效

高校知识网络是指高校在与其他高校、科研院所和企业进行知识共享、知识转移过程中形成的网络化的系统。因此,知识网络化的过程实际上是知识资源动态转移的过程,高校知识网络的动态特征解释了高校在与外界互动的过程中自身知识资源储备的动态变化。闫和关(Yan & Guan, 2018)^[14]、郭建杰等(2019)^[11]将合作创新网络的动态性划分为网络扩张性和网络稳定性,并进一步证实二者对创新绩效的影响。但是两篇文献均聚焦于创新主体自我合作网络动态性特征,未涉及直接的主体自身知识资源储备变化对协同创新绩效的影响。根据资源基础理论,创新主体是异质性知识资源的集合^[2]。协同创新的过程是异质性知识元素之间不断整合、重组以形成知识网络,最终实现创造新知识的过程^[15]。因此,高校自身知识资源储备变化对其协同创新绩效具有重要的影响。

借鉴以往研究^[10],本文将知识网络动态性划分为扩张性和稳定性。高校知识网络扩张性是指高校为满

足创新需求,积极地对外探索和获取多元化的异质性知识资源,进而刺激内部创新思维的过程^[16]。高校通过不断获取、利用新知识元素来丰富自身知识资源存量,增加内部异质性知识资源占比^[17],降低过度路径依赖带来的风险^[18],拓展协同创新领域,进而获取持续的创新竞争优势。本文认为,具有知识网络扩张性的高校不仅能够转移、吸收外部异质性知识资源来扩充自身的知识资源储备,还通过提高自身知识库中的知识重组机会^[8]来实现创新的可持续性,进而提高协同创新竞争能力。

综上,本文提出以下假设:

假设 H1:知识网络扩张性对高校协同创新绩效具有显著的正向影响。

知识网络稳定性是指高校对已有知识资源进行实质性评价时所采用的长期策略,维持具有高创新价值的知识资源会给高校参与产学研协同创新过程带来更大的确定性和更低的风险^[19],原因在于创新要求主体拥有一定的知识存量,并能够对其知识元素的组合及应用作出判断,以进一步开展创造新知识的活动。因此,具有稳定知识资源储备的高校能够通过对其已具备的知识资源进行深入理解并挖掘其中的各种组合机会^[17],以较低的创新成本来加速知识重组,建立成熟的学科体系,进而提升其所在领域的创新竞争优势。本文认为具有知识网络稳定性的高校不仅可以通过深度挖掘现有知识资源提高新知识创造的效率,还能够以稳定的创新资源现状加强对外部知识资源的吸引,丰富自身的知识资源库,进而提升创新水平。

综上,本文提出以下假设:

假设 H2:知识网络稳定性对高校协同创新绩效具有显著的正向影响。

(二) 高校合作网络的调节作用

社会网络理论认为,面对日益激烈的创新环境,创新主体很难依靠自身的资源和能力来维持创新和发展的需要,必须从外部获取和整合创新所需的资源^[20]。主体在与外界互动的过程中形成了复杂的合作网络,占据网络优势位置的主体对资源获取、转移具有更大的优势,这种位置特征主要体现为网络中心度和网络结构洞。不同于网络中心度刻画的是与主体直接联系的网络特性,结构洞更关注与主体联系的其他网络主体之间的关系模式,占据网络结构洞的网络主体通过获得更多接触新知识的机会,进而掌握资源控制优势^[21]。本文中的高校合作网络主体包括与高校建立合作关系的其他高校、科研院所和企业主体,合作网络位置反映的是高校与其他网络主体之间的联系和高校对网络中资源的掌握能力。因此,本文使用合作网络结构洞来刻画高校合作网络位置,进而探究其在高校知识网络动态性和协同创新绩效间的调节效应。

资源基础理论认为组织需要大量的知识资源来构建创新优势和竞争优势^[2],而网络位置优势则为组织获取创新资源提供了外部条件^[20]。一方面,占据网络结构洞位置的组织可以通过快速识别外界异质性、非冗余的知识资源,并对外部风险作出判断^[21],进而加快组织自身对外部知识资源的获取和利用;同时,网络结构洞位置也有助于强化该组织与其他主体之间的认知基础^[22],提升彼此间的知识分享意愿。另一方面,占据网络结构洞位置的组织不易受到网络中其他合作者思维范式的束缚^[8],倾向减少路径依赖和锁定效应的风险^[23],故有精力对自身已有的知识资源进行更加深入地挖掘、利用,从而拥有更强的自主创新能力和竞争优势。本文认为,占据高校合作网络结构洞位置的高校对知识资源有着较强的控制能力,首先体现在高校以其位置优势对网络中其他主体的吸引,通过转移、吸收外部有价值的异质性知识资源,进行新知识利用、组合、创造;其次体现在高校对自身已有知识资源的管控,能够在打破固有范式的基础上对已有知识库进行深度挖掘^[23]、知识重组,产生新的观点和创意。

综上,本文提出以下假设:

假设 H3a:高校合作网络结构洞正向调节知识网络扩张性对高校协同创新绩效的影响。当高校位于高

校合作网络结构洞位置时,知识网络扩张性对高校协同创新绩效的正向影响显著增强。

假设 H3b:高校合作网络结构洞正向调节知识网络稳定性对高校协同创新绩效的影响。当高校位于高校合作网络结构洞位置时,知识网络稳定性对高校协同创新绩效的正向影响显著增强。

(三) 区域合作网络的三阶调节作用

社会网络理论认为组织对外协同创新的过程是嵌入多层网络中的,组织所嵌入的区域合作网络是由其隶属的城市节点和城市之间的联结构成的^[11]。在本文中,区域合作网络是在高校合作网络的基础之上形成的,这为高校参与产学研协同创新提供了一个宏观的外部创新环境。区域合作网络位置则反映了城市与其他城市之间的联系和城市为其产学研主体提供资源的能力。同样地,本文使用网络结构洞来刻画宏观区域合作网络位置对高校合作网络位置调节作用的影响机制。在区域合作网络中,占据网络结构洞位置的城市受到其他城市更少的限制,拥有保持和控制非重复信息的权利和优势,使得所属该城市的高校在产学研协同创新过程中拥有更强的合作吸引力。已有文献证实了不同层次合作网络位置的调节作用,例如国家合作网络结构洞正向调节城市合作网络结构洞和创新绩效间关系^[18]。

本文认为,高校在参与产学研协同创新的过程中,跨组织、跨区域的知识交流降低了高校知识资源同质化倾向^[24]。占据网络结构洞位置的城市为高校提供了开放的创新环境,丰富的知识资源来源和极少的合作限制也提高了高校在合作网络中的竞争优势,这有助于高校对外建立合作关系,掌握和吸引更加多元化的知识资源^[24]、激发创新活力;同时,这种丰富的资源优势也使得高校可以潜心于自身知识资源的深度开发和经验积累,降低创新路径依赖的风险,有助于提高创新绩效。

综上,本文提出以下假设:

假设 H4a:区域合作网络结构洞正向再调节高校合作网络结构洞对知识网络扩张性与高校协同创新绩效的调节关系。当高校所隶属城市位于区域合作网络结构洞位置时,高校合作网络结构洞位置在知识网络扩张性和高校协同创新绩效的调节作用显著增强。

假设 H4b:区域合作网络结构洞正向再调节高校合作网络结构洞对知识网络稳定性与高校协同创新绩效的调节关系。当高校所隶属城市位于区域合作网络结构洞位置时,高校合作网络结构洞位置在知识网络稳定性和高校协同创新绩效的调节作用显著增强。

综合以上分析,本文提出概念模型,如图 1 所示。

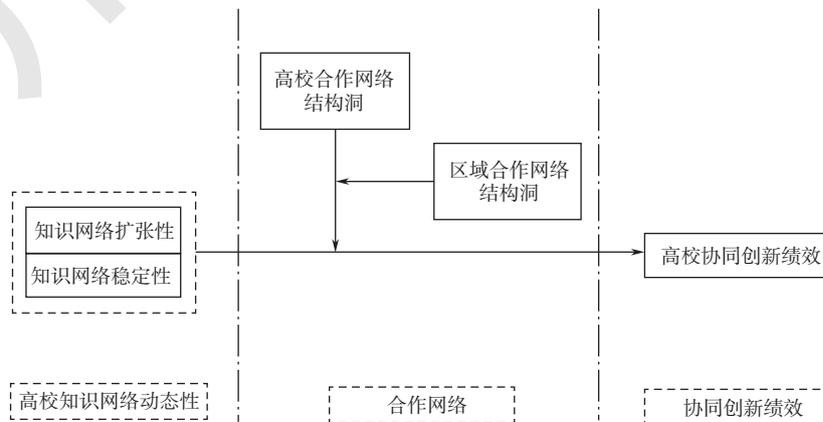


图 1 概念模型

三、研究设计与变量测量

(一) 网络构建

现有研究将创新主体的知识资源库表示为主体用于创造性活动的知识元素的集合,并且将其概念化为一个网络^[8]。在这个知识网络中,1个知识元素体现了1个离散的知识片段,知识元素之间的联系表明主体在新知识创造过程中是否以及如何将这些元素组合在一起^[7]。合作网络是主体从外部获取新知识的主要渠道。因此,作为合作网络的节点,高校通过与其他产学研合作等途径嵌入知识网络。本文构建协同创新依存型多层网络,如图2所示。其中,高校知识网络是由高校所拥有的知识元素(联合申请专利IPC分类号前4位^[25])为节点,知识元素之间的共线关系(出现在同一条专利中)为联结构建;高校合作网络是由产学研创新主体为节点,主体间的合作关系(存在联合申请专利的关系)为联结构建;区域合作网络是由产学研主体隶属的城市为节点,城市间的合作关系(存在联合申请专利的关系)为联结构建。

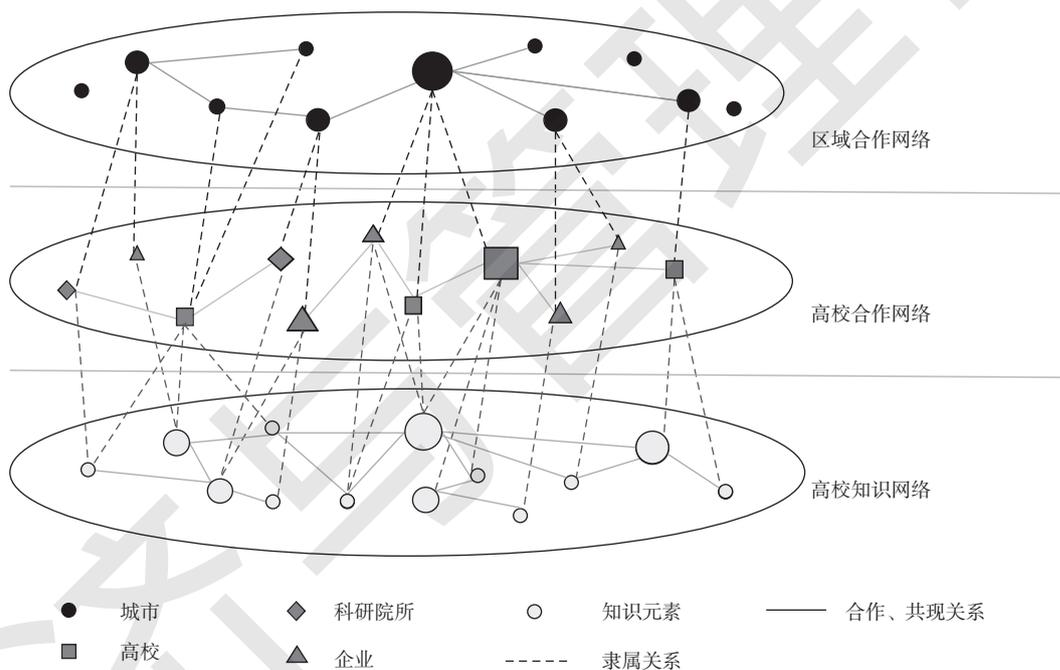


图2 协同创新依存型多层网络

(二) 数据收集

《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》中提出要“聚焦实现战略目标和提升引领带动能力,推动区域重大战略取得新的突破性进展”“提升长三角一体化发展水平”。教育高质量协同发展是区域一体化的重要内容和支撑。为此,浙江大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学和中国科学技术大学组建了长三角研究型大学联盟,“华东八校”(复旦大学、上海交通大学、同济大学、华东师范大学、南京大学、东南大学、浙江大学、中国科学技术大学)共同成立了长三角可持续发展大学联盟。此外,上海市人民政府办公厅在《关于本市推进长三角国家技术创新中心建设的实施意见》中明确提出建设国家技术创新中心必须要“构建产学研用深度融合的创新体系”“构建大协作、网络化的区域技术创新体

系”。可见选择长三角作为研究样本符合本文的研究主题。因此,本文选取国家知识产权局专利检索及分析网站为数据来源,以教育部公布的2019年全国高等学校名单中位于长三角41座城市的139所本科院校为样本,检索2009—2020年长三角产学研联合申请发明专利数据,剔除不符合条件的专利数据(单个专利申请主体、含非长三角区域申请主体、含非产学研申请主体、重复专利等)后,最终得到21 919条非平衡面板样本数据。长三角产学研联合申请专利数量与创新主体情况分析如图3所示。图3显示,相较于2009年,2020年长三角参与协同创新的高校数量以及专利数量都实现了大幅增长。

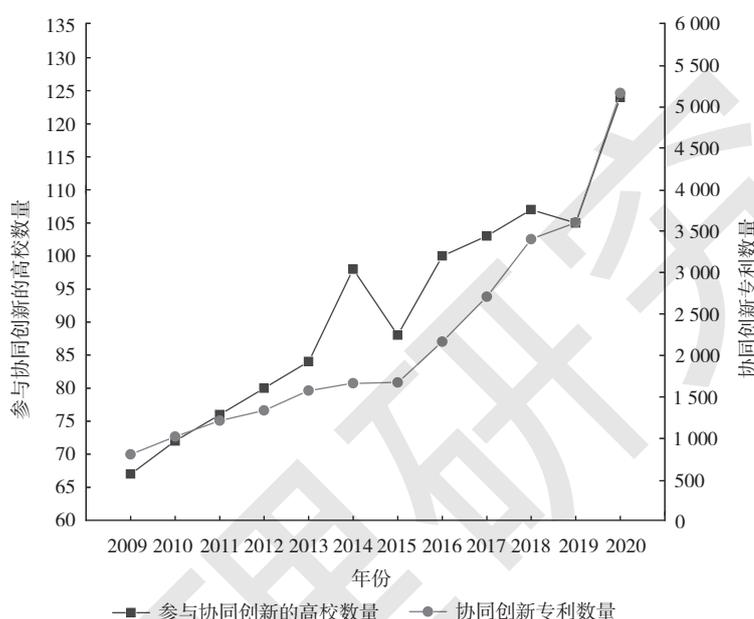


图3 长三角产学研联合申请专利数量与创新主体

为了更直观地展示长三角高校协同创新网络演变,本文使用软件 Gephi64 将2009年、2019年各层网络可视化,如图4所示。其中,节点大小表明与该节点联结的其他节点数量,节点越大表明该节点的合作伙伴越多。图4显示,相较于2009年,2019年区域合作网络和高校合作网络中的关键节点的数量和网络位置发生了变化,例如2009年区域合作网络中的关键节点为上海、南京和杭州,至2019年发展为上海、南京、杭州、

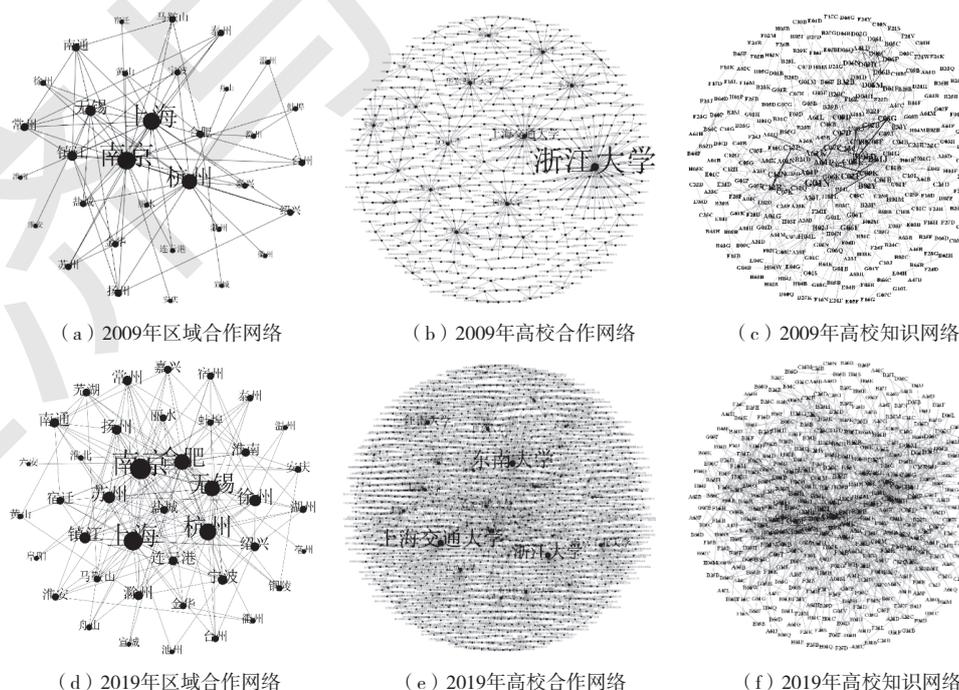


图4 2009年和2019年区域合作网络、高校合作网络和高校知识网络

合肥和无锡等。此外,相较于2009年,2019年高校知识网络中的知识元素数量也明显增加。

(三) 变量测量

1. 因变量

专利数量已经成为衡量创新产出的常用指标^[24],众多学者^[12,26]均选用区域内产学研创新主体联合申请专利数据来衡量协同创新绩效。本文因变量为高校协同创新绩效,用每年高校与其他产学研主体联合申请的发明专利总数作为衡量标准,记为 Pu 。

2. 自变量

借鉴并拓展闫和关(Yan & Guan,2018)^[14]的研究,本文将知识网络动态性定义为高校所拥有的知识元素种类在相邻两期的高校知识网络中产生的动态特征。知识网络扩张性(Eu)是指高校在 t 时期比 $t-1$ 时期新增加的知识元素种类。例如,浙江大学2010年知识网络中有12类知识元素,其中有3类知识元素未出现在2009年知识网络中,则2010年浙江大学知识网络扩张性为3。知识网络稳定性(Su)是指高校在 t 时期和 $t-1$ 时期相同的知识元素种类。例如,浙江大学2010年知识网络中有12类知识元素,其中有9类知识元素同时出现在2009年知识网络中,则2010年浙江大学知识网络稳定性为9。

3. 调节变量

本文的调节变量包括高校合作网络结构洞和区域合作网络结构洞。伯特(Burt,1992)^[27]提出的结构洞变量考虑四个测量指标,包括效率(efficiency)、有效规模(effect size)、等级度(hierarchy)和限制度(constraint)。其中,效率和有效规模表示个体网络的非冗余性,等级度表示限制度多大程度集中在一个主体身上,限制度表示主体运用结构洞发挥作用的能力。本文探究高校和区域在各自合作网络中利用结构洞位置优势控制资源的能力,故使用结构洞限制度测量指标,记为 H_u 和 H_c 。计算公式为:

$$Hu_i = \sum_j (P_{ij} + \sum_q P_{iq} P_{qj})^2 \quad (1)$$

其中,节点 j 是节点 i 的邻接节点, q 是节点 i 和 j 的共同邻接点, P_{iq} 和 P_{jq} 分别表示节点 q 在节点 i 和 j 的邻接节点中所占的权重比例。结构洞限制度为负向指标,结构洞限制度的值越小表明网络主体越处于结构洞位置。

区域合作网络结构洞(H_c)的测量方法与高校合作网络结构洞(H_u)的测量方法相同。

4. 控制变量

以往研究指出协同创新绩效受到制度邻近^[28]、地理邻近^[29]、高校地域发展水平^[30]和高校战略地位^[31]的影响,因此本文将高校行政区位(Cau)、高校战略地位(Shu)以及区域地理邻近性(Dc)作为控制变量。其中,高校行政区位以高校是否位于省会城市/直辖市为测量指标,高校战略地位以高校是否属于985或211院校为测量指标,当满足要求时值为1,否则为0;区域地理邻近性借鉴赵炎等(2016)^[32]的研究,计算公式为:

$$Dc_x = \sum_y C \{ \arccos[\sin(lat_x) \sin(lat_y) + \cos(lat_x) \cos(lat_y) \cos(|long_x - long_y|)] \} \quad (2)$$

其中, x 和 y 为网络节点城市,维度 lat 和经度 $long$ 是以弧度来测量的, $C = 3437$ 。

各变量测量说明见表1。

表1 变量测量说明

变量类型	变量名称	代码	测量指标
因变量	协同创新绩效	Pu	高校与其他产学研主体联合申请的发明专利总数
自变量	知识网络扩张性	Eu	高校在 t 时期比 $t-1$ 时期新增加知识元素种类的数量
	知识网络稳定性	Su	高校在 t 时期和 $t-1$ 时期相同知识元素种类的数量
调节变量	高校合作网络结构洞	Hu	网络节点高校结构洞限制度
	区域合作网络结构洞	Hc	网络节点城市结构洞限制度
控制变量	高校行政区划	Cau	高校是否位于省会城市/直辖市
	高校战略地位	Shu	高校是否属于 985 或 211 院校
	区域地理邻近性	Dc	网络节点城市 x 与其他城市的地理邻近之和

(四) 模型设定

由于本文的因变量具有离散、非连续等特点,且标准差大于均值($45.296 > 30.769$),故建立负二项回归模型检验自变量、调节变量和因变量之间的关系。考虑到专利从申请到公开的时间差^[6,26],故将因变量做滞后 1 年处理。构建实证模型如下:

$$E(Pu_{i,t+1} | \partial_{i,t}, X_{i,t}) = \exp(\partial_{i,t} + \beta_1 Eu_{i,t} + \beta_2 Su_{i,t} + \beta_3 Hu_{i,t} + \beta_4 Hc_{i,t} + \beta_5 Eu_{i,t} \times Hu_{i,t} + \beta_6 Su_{i,t} \times Hu_{i,t} + \beta_7 Eu_{i,t} \times Hc_{i,t} + \beta_8 Su_{i,t} \times Hc_{i,t} + \beta_9 Hu_{i,t} \times Hc_{i,t} + \beta_{10} Eu_{i,t} \times Hu_{i,t} \times Hc_{i,t} + \beta_{11} Su_{i,t} \times Hu_{i,t} \times Hc_{i,t} + \beta_{12} Cau_{i,t} + \beta_{13} Shu_{i,t} + \beta_{14} Dc_{i,t} + \varepsilon_{i,t}) \quad (3)$$

其中, P_u 为高校协同创新绩效, $\beta_1 \sim \beta_{14}$ 均为模型中待估计的系数, $\partial_{i,t}$ 为截距项常数, $\varepsilon_{i,t}$ 表示残差项, $Cau_{i,t}$ 、 $Shu_{i,t}$ 和 $Dc_{i,t}$ 为控制变量,其他项为各模型中的解释变量。

四、实证结果分析

(一) 描述性统计与相关性分析

本文使用软件 Stata 16.0 对数据进行描述性统计与变量相关性分析(见表 2)。结果表明,因变量与自变量之间均存在显著的相关关系,自变量之间存在适当的相关性(小于 0.65),适合做回归分析。

表2 描述性统计与相关分析

变量	均值	标准差	Pu	Eu	Su	Hu	Hc	Cau	Shu	Dc
Pu	30.769	45.296	1.000							
Eu	7.896	11.493	0.803 ***	1.000						
Su	12.233	12.184	0.656 ***	0.605 ***	1.000					
Hu	0.210	0.187	-0.406 ***	-0.446 ***	-0.521 ***	1.000				
Hc	0.323	0.168	-0.438 ***	-0.349 ***	-0.395 ***	0.451 ***	1.000			
Cau	0.637	0.899	0.069 **	0.079 **	0.049	0.024	-0.093 **	1.000		
Shu	0.275	0.447	0.524 ***	0.473 ***	0.454 ***	-0.359 ***	-0.071 ***	-0.459 ***	1.000	
Dc	19.668	1.478	0.040	0.004	0.087 **	-0.107 ***	-0.346 *	0.150 ***	0.063 **	1.000

注:*** 代表 $P < 0.01$, ** 代表 $P < 0.05$, * 代表 $P < 0.1$ 。后表同。

(二) 负二项回归分析

为降低多重共线造成的影响,本文对变量进行中心化处理后计算各调节交互项^[33]。负二项回归分析结果见表3。

表3 模型回归分析结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
常数项	-0.003	-1.247	-0.571	-1.231	-0.569	2.482 *	2.701 **
<i>Cau</i>	-0.037	0.026	-0.020	0.049	-0.006	-0.104	-0.185
<i>Shu</i>	0.838 ***	0.830 ***	0.738 ***	0.712 **	0.623 **	0.070	-0.034
<i>Dc</i>	0.018	0.078	0.041	0.086	0.049	-0.043	-0.064
<i>Eu</i>		0.023 ***		0.031 ***		0.029 ***	
<i>Su</i>			0.017 ***		0.021 ***		0.025 ***
<i>Hu</i>				-0.612 **	-0.601 **	0.081	0.332
<i>Hc</i>						-2.478 ***	-2.339 ***
<i>Eu × Hu</i>				0.111 ***		0.093 **	
<i>Su × Hu</i>					0.092 **		0.148 ***
<i>Eu × Hc</i>						0.138 ***	
<i>Su × Hc</i>							0.210 ***
<i>Hu × Hc</i>						0.064	0.189 ***
<i>Eu × Hu × Hc</i>						0.113 ***	
<i>Su × Hu × Hc</i>							0.169 ***

1. 主效应检验

表3中,模型(2)和模型(3)分别表明知识网络扩张性和知识网络稳定性均对高校协同创新绩效具有显著的正向影响($\beta = 0.023, P < 0.01$; $\beta = 0.017, P < 0.01$),假设 H1 和假设 H2 得到验证。

2. 调节效应检验

模型(4)和模型(5)是对高校合作网络结构洞在知识网络扩张性、知识网络稳定性与高校协同创新绩效关系之间调节效应的检验结果。模型(4)中,知识网络扩张性与高校合作网络结构洞的交互项为正向显著($\beta = 0.111, P < 0.01$),假设 H3a 得到验证,见调节效应图 5(a);模型(5)中知识网络稳定性与高校合作网络结构洞的交互项为正向显著($\beta = 0.092, P < 0.05$),假设 H3b 得到验证,见调节效应图 5(b)。

3. 三阶调节效应检验

当自变量和调节变量的乘积回归显著,则三阶调节效应存在^[34]。模型(6)和模型(7)在模型(4)和模型(5)的基础上加入变量区域合作网络结构洞,以检验高校合作网络结构洞对高校知识网络动态性和协同创新绩效关系的调节作用是否受到区域合作网络结构洞的再调节。

模型(6)中,知识网络扩张性、高校合作网络结构洞与区域合作网络结构洞的交互项为正向显著($\beta = 0.113, P < 0.01$),假设 H4a 得到验证,见调节效应图 5(c);模型(7)中知识网络稳定性、区域合作网络结构洞与高校合作网络结构洞的交互项为正向显著($\beta = 0.169, P < 0.01$),假设 H4b 得到验证,见调节效应图 5(d)。

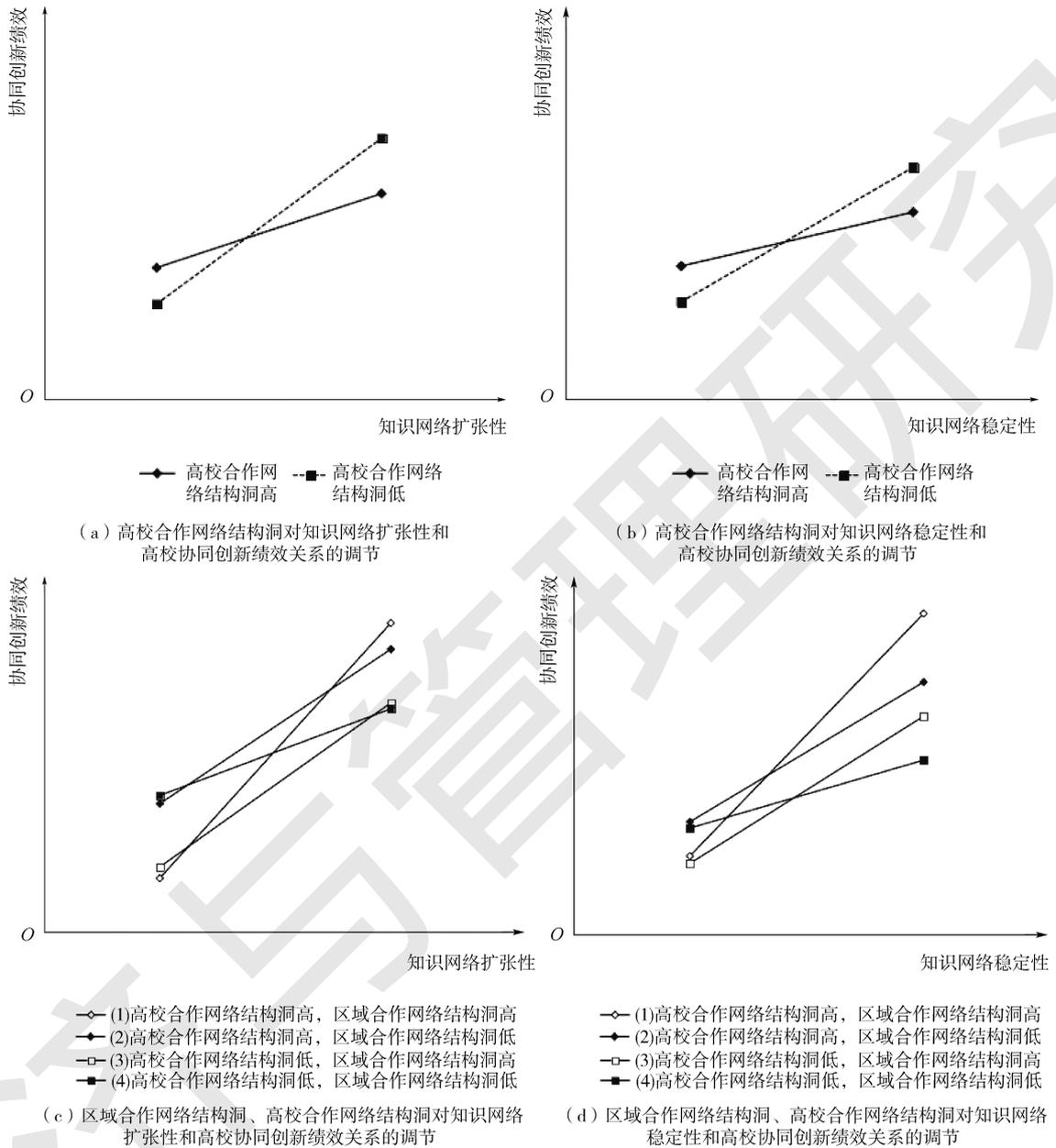


图 5 调节效应

五、研究结论与实践启示

(一) 研究结论

本文构建了协同创新依存型多层网络,以长三角 139 所本科院校为研究样本,通过国家知识产权局获取产学研联合申请专利数据,实证分析了知识网络动态性对高校协同创新绩效的影响,以及高校合作网络和区域合作网络位置在其中的交互作用机制。实证分析结果表明:

第一,产学研协同创新中,知识网络扩张性对高校协同创新绩效具有显著的正向影响;知识网络稳定性对高校协同创新绩效具有显著的正向影响。这与本文的预期假设一致,也与现有文献关于网络动态性与创

新绩效关系的研究结论^[11,19]一致。结论表明:知识网络扩张性使得高校拥有多样化的异质性知识资源,促进高校新知识的创造,知识网络稳定性有助于高校深度挖掘和利用自我资源,因此具有更强的创新竞争力和更高的协同创新绩效。

第二,高校合作网络结构洞正向调节知识网络动态性与高校协同创新绩效间的正向关系。当高校处于合作网络高结构洞水平时,知识网络动态性(扩张性、稳定性)对高校协同创新绩效的作用增强;相反,当高校处于合作网络低结构洞水平时,知识网络动态性(扩张性、稳定性)对高校协同创新绩效的作用削弱。该结论与现有关于社会网络位置的研究结论^[6,14]一致。结论表明:占据合作网络结构洞位置越多的高校,拥有越多的潜在合作伙伴,继而对外拥有更强的优势去获取多元化、异质性知识资源,对内精力深度挖掘、重组已有知识资源,故而加强知识网络动态性(扩张性、稳定性)对高校协同创新绩效的正向影响。

第三,知识网络动态性和高校合作网络结构洞位置对高校协同创新绩效的影响受到区域合作网络结构洞位置的强化,即当城市占据更多的网络结构洞位置时,城市内高校合作网络结构洞水平对知识网络动态性和高校协同创新绩效间的关系具有更强的调节作用。在区域合作网络高结构洞水平和高校合作网络高结构洞水平下,当知识网络高动态性(扩张性、稳定性)水平达到最高时,高校协同创新绩效也达到最高,区域合作网络结构洞的三阶调节效应得到验证。该结论也验证了现有文献中不同层网络位置之间的交互作用^[19]。结论表明:当区域占据越多的合作网络结构洞位置时,为高校提供了更加开放的外部创新环境,因此高校在其合作网络中有更大的优势和权力来控制知识资源的流动、组合和利用,进而强化高校合作网络结构洞在知识网络动态性(扩张性、稳定性)和高校协同创新绩效的调节作用。

(二) 实践启示

本文的理论贡献在于:一方面,从高校的角度出发,探究高校产学研协同创新绩效的影响因素,基于社会网络理论和资源基础理论揭示了知识网络动态性对高校协同创新绩效的影响机制,弥补了以往仅从知识网络静态特征或者仅立足于合作网络动态特征进行研究的不足;另一方面,从依存型多层网络的视角出发,探究宏观区域合作网络、微观高校合作网络和高校知识网络的交互作用对协同创新绩效的影响,补充了以往研究中多从单一网络或者将多层网络视为并行变量来探究其对绩效影响的不足。

根据研究结论,本文提出如下建议:

首先,在产学研协同创新的情境下,高校要紧跟市场技术发展需求,充分挖掘并积极拓展自身知识资源,加速知识要素的流动,提高科研产出、推动科技成果转化。一方面,通过实行科研成果多样化分类评价机制方式来激发人才创新动力,管理和维护自身知识资源库;另一方面,通过推出人才吸引政策、国内外专业研修等方式构建专业化的优质人才团队,建设高水平科研平台,进而吸引多样化的异质性知识资源。

其次,高校应该把握自身网络位置优势,获取和控制更多的知识资源。对于上海交通大学、同济大学等占据网络结构洞位置的高校,要通过建立自身优势特色学科、因地制宜地打造高校科技创新平台等方式深挖自身知识库,发挥在产学研协同创新中的带头作用;对于衢州学院、黄山学院等未占据网络结构洞位置的高校,要积极联合其他强势高校、科研院所和龙头企业,通过加入高校联盟、产学研联盟等来提高自身创新能力,实现高校产学研协同创新的可持续发展。

最后,政府应该做好顶层设计,对高校产学研协同创新进行科学引导。一方面,上海、南京、杭州等拥有网络结构洞位置优势的区域,对内通过加强资源投入为高校学科建设和人才培养提供有力支撑,对外通过政策引导打造开放的协同创新环境并积极辐射带动周围城市;另一方面,池州、宣城、六安等缺乏网络结构

洞位置优势的区域,要积极联动优势区域地方政府建立和建设跨区域产学研创新联盟、重点实验室和国家创新中心、创新示范区等,吸收外部优质知识资源,提升本地高校参与产学研协同创新的吸引力。

参考文献:

- [1] 夏丽娟,谢富纪,付丙海. 邻近性视角下的跨区域产学研协同创新网络及影响因素分析[J]. 管理学报,2017(12):1795-1803.
- [2] GRANT R M. Toward a knowledge-based theory of the firm[J]. Strategic Management Journal,1996,17(S2):109-122.
- [3] GUAN J C,LIU N. Exploitative and exploratory innovations in knowledge network and collaboration network: a patent analysis in the technological field of nano-energy[J]. Research Policy,2016,45(1):97-112.
- [4] XUE X M,FANG L X,ZENG S X. Collaborative innovation network and knowledge transfer performance: a fsQCA approach[J]. Journal of Business Research,2016,69(11):5210-5215.
- [5] LIU N,GUAN J C. Dynamic evolution of collaborative networks: evidence from nano-energy research in China[J]. Scientometrics,2015,102(3):1895-1919.
- [6] 王海花,王蒙怡,刘钊成. 跨区域产学研协同创新绩效的影响因素研究:依存型多层网络视角[J]. 科研管理,2022(2):81-89.
- [7] BRENNECKE J,RANK O. The firm's knowledge network and the transfer of advice among corporate inventors—a multilevel network study[J]. Research Policy,2017,46(4):768-783.
- [8] WANG C L,RODAN S,FRUIN M. Knowledge networks, collaboration networks, and exploratory innovation[J]. Academy of Management Journal,2014,57(2):484-514.
- [9] 覃柳婷,滕堂伟,张翌,等. 中国高校知识合作网络演化特征与影响因素研究[J]. 科技进步与对策,2020(22):125-133.
- [10] 刘娜,武宪云,毛荐其. 发明者自我网络动态对知识搜索的影响[J]. 科学学研究,2019(4):689-700.
- [11] 郭建杰,谢富纪,王海花,等. 产学研协同中自我中心网络动态性、区域间合作网络对企业创新的影响研究[J]. 管理学报,2019(7):1026-1034.
- [12] 何郁冰,张迎春. 网络嵌入性对产学研知识协同绩效的影响[J]. 科学学研究,2017(9):1396-1408.
- [13] GUAN J C,ZHAO Q J. The impact of university-industry collaboration networks on innovation in nanobiopharmaceuticals[J]. Technological Forecasting and Social Change,2013,80(7):1271-1286.
- [14] YAN Y,GUAN J C. Social capital, exploitative and exploratory innovations: the mediating roles of ego-network dynamics[J]. Technological Forecasting and Social Change,2018,126:244-258.
- [15] 曾德明,周涛. 企业知识基础结构与技术创新绩效关系研究——知识元素间关系维度新视角[J]. 科学学与科学技术管理,2015(10):80-88.
- [16] DAHLANDER L,MCFARLAND D A. Ties that last: tie formation and persistence in research collaborations over times[J]. Administrative Science Quarterly,2013,58(1):69-110.
- [17] 徐露允,曾德明,李健. 知识网络中心势、知识多元化对企业二元式创新绩效的影响[J]. 管理学报,2017(2):221-228.
- [18] GUAN J C,ZHANG J J,YAN Y. The impact of multilevel networks on innovation[J]. Research Policy,2015,44(3):545-559.
- [19] GUAN J C,ZHANG J J,YAN Y. A dynamic perspective on diversities and network change: partner entry, exit and persistence[J]. International Journal of Technology Management,2017,74(1/2/3/4):221-242.
- [20] 王海花,杜梅. 数字技术、员工参与与企业创新绩效[J]. 研究与发展管理,2021(1):138-148.
- [21] BURT R S. Structural holes and good ideas[J]. American Journal of Sociology,2004,110(2):349-399.
- [22] 魏龙,党兴华. 网络闭合、知识基础与创新催化:动态结构洞的调节[J]. 管理科学,2017(3):83-96.
- [23] 马玓,禹献云,张雅蕊. 网络地位、结构洞与探索式创新——来自九大低碳产业研发网络的经验证据[J]. 科技管理研究,2018(21):18-28.
- [24] 孙玉涛,臧帆. 企业区域内/间研发合作与创新绩效——技术多元化的调节作用[J]. 科研管理,2017(3):52-60.
- [25] GUAN J C,YAN Y,ZHANG J J. How do collaborative features affect scientific output? Evidences from wind power field[J]. Scientometrics,2015,102(1):333-355.
- [26] 夏丽娟,谢富纪,王海花. 制度邻近、技术邻近与产学研协同创新绩效——基于产学研联合专利数据的研究[J]. 科学学研究,2017(5):782-791.
- [27] BURT R S. Structural holes: the social structure of competition[M]. Cambridge,MA:Harvard University Press,1992.

- [28] 许培源, 吴贵华. 粤港澳大湾区知识创新网络的空间演化——兼论深圳科技创新中心地位[J]. 中国软科学, 2019(5): 68 – 79.
- [29] 党兴华, 弓志刚. 多维邻近性对跨区域技术创新合作的影响——基于中国共同专利数据的实证分析[J]. 科学学研究, 2013(10): 1590 – 1600.
- [30] 贾晓霞, 李金芳. 合作网络和知识网络对国内农林类高校创新绩效的影响研究[J]. 科技管理研究, 2019(14): 146 – 157.
- [31] 郭崇慧, 王佳嘉. “985工程”高校校际科研合作网络研究[J]. 科研管理, 2013(S1): 211 – 220.
- [32] 赵炎, 王琦, 郑向杰. 网络邻近性、地理邻近性对知识转移绩效的影响[J]. 科研管理, 2016(1): 128 – 136.
- [33] HAYES A F. Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: a regression-based approach [M]. New York: Guilford Press, 2013.
- [34] 罗胜强, 姜嫄. 管理学问卷调查研究方法[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2014.

Research on Impact of Knowledge Network Dynamics on Collaborative Innovation Performance in Universities: Moderating Role of Cooperation Networks

YANG Huixin¹, SUN Qin¹, WANG Haihua²

(1. Shandong University, Jinan 250100;

2. Shanghai University, Shanghai 200444)

Abstract: From the dependent multi-layer network perspective, this paper uses the unbalanced panel data of industry-university-research joint patent application in the Yangtze River Delta from 2009 to 2020 to integrate university knowledge networks, university cooperation networks and regional cooperation networks into the same framework. Then, the negative binomial regression analysis is used to explore the influence of knowledge network dynamics on collaborative innovation performance of universities. The empirical findings are shown as follows. Firstly, knowledge network dynamics has a significant positive impact on collaborative innovation performance. Secondly, the structural hole of university cooperation networks positively moderates the influence of knowledge network dynamics on collaborative innovation performance. Thirdly, the structural hole of regional cooperation networks strengthens the moderating effect of the structural hole of university cooperation networks on knowledge network dynamics and collaborative innovation performance of universities. These conclusions may expand the relevant literature on knowledge network and innovation performance of universities, and provide practical guidance for industry-university-research collaborative innovation in universities.

Keywords: knowledge network; network dynamics; cooperation network; dependent multi-layer network; collaborative innovation performance

责任编辑: 宛恬伊