



知识转移效果的结构性指标对企业创新绩效的影响

高霞^{1,2} 其格其¹ 高群婷¹

(1. 内蒙古大学 经济管理学院, 呼和浩特 010021;

2. 内蒙古自治区地缘经济数据工程技术研究中心, 呼和浩特 010021)

摘要:围绕表征合作创新网络中知识转移效果的结构性指标:聚簇系数和到达率,利用中国国家知识产权局1999—2015年间信息与通信技术产业(ICT)的专利数据,提取生成涉及14 596家企业的大样本面板数据,实证分析聚簇系数和到达率等对企业创新绩效的影响。研究表明:(1)合作网络的聚簇系数对企业创新绩效有显著地正向影响;(2)到达率在存在交互作用的模型中,具有统计显著性;(3)聚簇系数和到达率具有负向的交互作用;(4)结构洞对企业创新绩效具有显著正向影响;(5)研发人员投入对企业创新绩效具有显著正效应,知识积累对企业创新绩效具有显著负效应。针对此结论对企业及政府等提出了相关政策建议,以促进中国ICT产业更好的发展。

关键词:产学研合作;网络结构;知识转移;创新绩效

中图分类号:C273.1;F062.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-0241(2018)05-0089-12

0 引言

在知识经济时代,产学研合作已成为企业获取互补性知识、整合内外部创新资源提高其创新绩效的重要手段。由于大学的知识开放,企业的知识边界是封闭或独占的,科研机构知识半开放,三者的知识具有较强异质性、互补性。正是这种差异性使得企业、大学、科研院所等创新主体在经济系统中可以自发地产生合作,为经济系统的良好运行提供基本的动力^[1]。

在产学研合作创新过程中,各创新主体间会自发地形成一种非正式的合作网络,即产学研合作创新网络(简称:合作创新网络)。它本质上是一种知识网络,通过网络伙伴的联结,学习知识和经验,实现各主体间的资源共享、知识传递和技术扩散,实现知识、技术的增值和创新的产生^[2]。

目前,产学研合作创新网络的研究主要有以下几个方面:一是产学研合作创新网络的组织模式及其运作机制研究^[3-4];二是产学研合作创新网络的演

化及结构特征研究^[5-7];三是产学研合作网络结构性指标对于创新绩效的影响研究^[8-14]。多数研究集中于前两个方面,而有关产学研合作创新网络结构性指标对创新绩效影响的定量实证研究较少。已有这方面研究主要从合作创新网络的结构性指标如:集聚程度、小世界性、合作开放度、中心性、结构洞等对创新绩效的影响展开。分析上述产学研合作创新网络结构性指标对创新绩效的影响研究,尚存在以下3点不足:第一,网络结构性指标对创新绩效的影响依赖于研究情境的选择,学者们的观点不尽相同。多数研究基于USPTO数据或行业联盟数据,研究对象多为欧美国家,有关中国情境的研究相对较少。因此,很多研究结论未必适用于中国国情;第二,由于企业层面数据不易获得,基于企业层面的合作创新网络结构性指标对企业创新绩效的影响研究较少,多数研究集中于国家、区域层面;第三,已有企业层面中国产学研合作创新网络结构性指标对企业创新绩效

收稿日期:2017-12-12

基金项目:国家自然科学基金项目(71563032);内蒙古自然科学基金项目(2015MS0713)

第一作者简介:高霞(1976—),女,内蒙古乌海人,教授,博士,研究方向:创新管理、科技评价。

通信作者:高霞, gxjgl326@sina.com

影响的研究中,样本量较小、时序短,缺乏较长时序、大样本下的实证研究。此外,产学研合作创新网络是一个动态演化的复杂系统,在不同的网络结构下,节点间知识转移与共享的速度是不同的,进而影响到知识增值的效率以及创新的绩效。因此,本文将着重围绕表征合作网络中知识转移效果的结构性指标:聚簇系数和到达率,实证研究其对企业创新绩效的影响。

综上,为弥补现有研究的不足,本文拟利用国家知识产权局(SIPO)1999年—2015年间,中国信息通讯技术(ICT)产业的联合授权专利数据,首先,以3年时间窗口构建以企业、大学、研究机构为节点的产学研合作网络,并计算聚簇系数、到达率等网络结构性指标;其次,提取生成涉及14 596家企业的大样本面板数据;最后,使用负二项式回归模型实证分析合作创新网络中知识转移效果对企业创新绩效的影响,进而为决策者制定合理的产学研合作政策和发展战略提供理论依据。

本文余下章节安排如下:第二部分提出本文的研究假设。第三部分介绍数据来源、研究变量选取以及模型构建;第四部分报告实证研究结果;第五部分讨论实证研究结果带来的启示与政策建议。

1 研究假设

知识转移是企业从高校和科研机构获取原创知识的重要途径,是企业进行新知识生产的基础^[15]。为弥补组织的知识缺口、创造新的知识,企业与大学和科研院所间进行着广泛的知识交流、共享与转移。企业将不断增值的知识应用于企业的各项生产经营活动中,能够提升其创新绩效,最终给企业带来更高的利润。知识转移是知识发送方与知识接收方互动的过程。知识转移的有效性很大程度上决定了知识接收方(如:企业)的知识获取、吸收、增值的效果,进而影响其创新绩效的提升。因此,本文将着重围绕表征合作网络中反映知识转移效果的结构性指标:聚簇系数和到达率,实证研究其对企业创新绩效的影响。

1.1 聚簇系数与企业创新绩效

由于有地理和技术上的相似性及互补性^[10]。企业、大学、研究机构在合作过程中会出现“抱团”现象,即形成紧密程度不一、大大小小的聚簇。产学研合作创新网络中,企业、大学和研究机构作为行为主体对应网络上的各个节点。从社会网络分析的角度讲,聚簇是指网络内的部分节点之间具有密切的联系,形成局部紧密的结构。

首先,知识转移包括知识传递和知识吸收应用2个过程,知识传递能力会对知识转移的效果产生影响^[15]。聚簇程度高的网络具有更强的知识或信息传递能力,有利于企业获得互补性或相关性的知识,从而有效促进企业的创新绩效。首先,知识需要在理解的基础之上再进行传递。如果传递信息时需要经过多个节点将会极大的增加信息失真的风险。由于聚簇程度高的网络中,企业与高校、科研机构之间有更多的直接联系,高校和科研机构可以以更快的速度、更准确、及时的方式将其具有的新知识解释、编码与传达给企业。

其次,合作伙伴之间频繁和重复的互动能为网络中的组织提供更多交流、分享知识和加深理解的机会。企业创新所需知识可分为“显性知识”和“隐性知识”,显性知识是指能通过编码和表达后可变成正式的、系统的语言来进行学习和传播,而隐性知识则只能意会、感悟。聚簇中的企业在接收新的信息或知识时,可依靠其与高校、科研机构紧密的联系对新的创新信息进行深度交流和解读并集思广益,以此能够获得有关技术问题更全面详尽的解决方案或对隐性知识获得更加透彻的理解和领悟。

最后,聚簇程度高的网络更有利于发挥声望效应^[16]。较之稀疏网络,处在聚簇程度高的网络中的合作方,如企业、大学、科研院所等,违约、泄露商业信息等行为更容易被察觉和惩罚^[17],而且能够通过发挥声望效应来减少投机行为,保证合作的稳定性和安全性。综上,聚簇系数高的网络能够通过互惠互利的知识转移与共享方式来提高企业的知识增值效

率,进而影响其创新绩效。由此,本研究假设,聚簇系数高的网络有利于提高企业的创新绩效。因此,本文提出如下假设:

H1:聚簇系数对企业创新绩效具有正效应。

1.2 到达率与企业创新绩效

产学研合作网络的规模越大,网络内的企业所能接触到的潜在合作伙伴,如:其他企业、大学、科研机构就越多,能够获取的潜在知识的可能性也越高。企业若能通过较短的平均路径与外界大量企业、高校、科研院所接触,则会更有效地从他们那里获取异质性知识,并加速知识的传播与共享。

企业的到达率是指企业到其可接触的其他企业、高校、科研机构的路径长度倒数之和。到达率是度量网络中节点知识转移效果的另一个结构性指标。较之平均路径长度,网络的到达率既考虑了网络的规模又考虑了平均路径长度,从而适用于存在孤立子群的网络。在到达率高的产学研合作网络中,企业能够通过较短的路径长度接触到更多的企业、大学、科研机构,能够快速整合并转移多样性知识,增强企业创造新知识的能力,进而提高企业的创新绩效。因此在本研究中假设,网络的到达率越高越有利于提高企业的创新绩效。因此,本文提出如下假设:

H2:到达率对企业创新绩效具有正效应。

在以往关于创新网络结构的实证研究中,较多关注网络具有较高聚簇系数和较短平均路径长度(即小世界性)时对节点创新绩效的影响^[12-13]。但由于测度网络的小世界性时,在非连通的网络中存在节点间距离无穷大的情况,因此这一领域的研究多只研究网络的最大连通部分^[8]。现实中的社会网络大多不是连通的,网络内存在大量相互孤立的子群。只考虑网络的最大连通部分,可能会低估组织间合作的规模或高估合作网络随时间的变化程度^[10]。本文拟采用的整体性网络聚簇系数和距离加

权到达率指标均与网络是否连通无关,能更稳健地考察聚簇系数和到达率及其交互作用对企业创新绩效的影响。

此外,网络中占据不同位置的企业在知识获取能力方面存在较大差异,其会对企业创新绩效产生影响。因此,本研究选择结构洞等指标来控制节点地位对企业创新绩效的影响。

2 研究设计

2.1 样本选择和数据来源

由于商业秘密等原因,通常企业层面产学研合作数据难于获得。联合申请或授权专利是被广泛用来研究合作创新的实证指标之一^[6-7,13]。本文则通过企业与大学、研究机构联合申请专利的数据来得到产学研合作信息,进而来构建产学研合作网络并计算有关网络结构性指标;然后,在此基础上,提取产学研合作网络中所有企业的相关信息,如:企业名称、专利申请数量、专利申请时间、发明者等,进一步构建以企业为样本的面板数据。

在样本选取上,本文考虑到信息通讯技术(information & communications technologies, ICT)产业具有产品更新速度快、产品生命周期短,技术开发速度快、专利申请量大、产学研合作密切等特点,选取ICT企业为研究对象。按照OECD专利统计公报中对ICT各子领域国际专利分类号IPC(international patent citation)的界定范围^[18],可将ICT领域划分为4个子领域,即电信/无线电、计算机/办公机器、消费电子以及其他ICT技术(见表1)。

根据表1中ICT领域的IPC代码,并借助国家知识产权局开发的“专利信息分析”软件和专利大数据综合服务平台,检索下载1999—2015年间在该领域中国申请并授权所有专利,共计1 125 675条专利,检索下载的时间为2017年3月1日—3月7日。进一步,对所有ICT专利数据进行筛选和整理^①,便可得到

①首先,从所有ICT专利数据库中提取申请人国别代码是中国31个省、市、自治区的专利(即不包括国外及港澳台地区),然后根据申请人信息从中提取联合申请并授权的专利数据,最后从联合申请并授权专利数据库中筛选出申请人是来自于大学、企业、研究机构的专利,即生成产学研合作专利库。

78 644 条产学研联合授权专利。从中可获得2类数据:一类是用于构造产学研合作创新网络的数据,即1999—2015年的产学研合作申请专利,本文利用以上数据以3年时间窗构造14个产学研合作创新网络,具体构建网络的步骤将在下文详述。第二类是提取合作专利中所涉及到的14 596家企业信息,它们便构成本文计量模型的样本,分别获取相应企业的年授权专利数及相关指标。

此外,虽然美国专利商标局(USPTO)专利具有较高的市场潜在价值,是国际上衡量创新能力的常用指标。但从1976—2015年间,USPTO授权的中国专利只有60 000多件^②,其中ICT专利20000多件。而1985—2015年间国家知识产权局(SIPO)授权的中国专利高达630多万件^③,其中ICT专利142万余件,故本文选择来自SIPO的中国ICT产业的专利数据作为样本源。由于专利数据具有时序长、样本量大等特点,这样就可以保证所得到的企业层面产学研合作数据具有较长时序、大样本特征。

2.2 合作创新网络生成

本研究使用1999—2014年的ICT产业产学研合作申请专利来构建合作创新网络,具体用到的信息有:(1)公开号;(2)申请日;(3)申请人。对于有多个申请人的专利(且这些申请人属于企业、大学或研究所),本文就认为这些申请人之间具有合作关系。设计网络邻接矩阵自动提取算法,以3年时间窗口,通过该系统生成专利合作网络邻接矩阵(即1999—2001年,2000—2002年,2001—2003年……2012—

2014年)。以构建1999—2001年合作创新网络为例,其构建过程为:(1)挑出1999—2001年间的产学研合作专利,构建一个联合专利子数据库;(2)提取每件联合专利的专利号和与之对应的申请单位(大学、企业、研究机构)就构成若干二元组。所有专利的二元组即生成一个专利号-申请单位关系数据库。(3)基于此数据库和网络提取算法,就可生成中国ICT产业产学研合作创新的无向网络(包括重边)。然后利用网络分析软件Pajek计算各网络指标。

2.3 计量经济学模型构建

2.3.1 变量选取

(1)被解释变量。专利数(*Patents*):是常用的表征创新绩效的代理指标。本文研究对象为ICT产业,属于高技术产业。专利是高技术企业创新成果的重要体现形式。因此,本文使用专利数来测度企业创新绩效, $Patents_{it}$ 是指企业*i*在*t*年的授权专利数量。又考虑到创新产出具有时滞效应,对被解释变量分别采取当年 $Patents_{it+0}$ 、滞后1年 $Patents_{it+1}$ 进行回归。

(2)解释变量。聚簇系数(*CC*):反映网络中节点的聚类特性,即与邻接节点局部联系的紧密程度,主要用来刻画聚簇内部直接的知识转移效果。无向网络中的节点*i*,其聚簇系数公式为:

$$C_i = 2e_i / k_i(k_i - 1) \quad (1)$$

式中: k_i 表示节点*i*的度; e_i 表示节点*i*与邻接节点之间实际存在的边数; C_i 表示节点*i*的聚簇系数。

整体网络的聚簇系数是网络内所有节点的聚簇系数的平均值。具有高聚簇系数的网络有更强的信

表1 ICT领域的IPC代码

ICT 领域	IPC 代码
电信/无线电	G01S; G08C; G09C; H01P; H01Q; H01S; H1S5; H03B; H03C; H03D; H03H; H03M; H04B; H04J; H04K; H04L; H04M; H04Q.
消费电子	G11B; H03F; H03G; H03J; H04H; H04N; H04R; H04S.
计算机/办公机器	B07C; B41J; B41K; G02F; G03G; G05F; G06; G07; G09G; G10L; G11C; H03K; H03L
其他ICT技术	G01B; G01C; G01D; G01F; G01G; G01H; G01J; G01K; G01L; G01M; G01N; G01P; G01R; G01V; G01W; G02B6; G05B; G08G; G09B; H01B11; H01J; H01L

② <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-adv.htm>

③ <http://www.sipo.gov.cn/tjxx/>

息整合和传递能力,从而更有利于激发企业的创新。

加权距离到达率(distance-weighted reach, *Reach*):是表征网络内节点以较短距离接触更多节点的程度,即节点获取异质性知识的速度,主要用来刻画聚簇内外间接的知识转移效率。其计算公式为:

$$Reach_i = [\sum_j 1/d_{ij}]/n \quad (2)$$

式中: d_{ij} 代表了*i*点和*j*点之间的最短距离; n 代表网络中节点的数量。它的取值范围是 $[0, n]$ 。

网络的到达率是网络内所有节点到达率的平均值。加权距离到达率指标与网络是否连通无关,克服了传统的平均路径长度对网络连通性的依赖。具有高到达率的网络中,节点可以更有效率的获取多样性的信息和知识,从而有利于企业创新绩效的提升。

(3) 控制变量。发明者人数(*LnInventors*):企业的研发人员和研发经费是影响企业创新绩效的重要控制变量,但是这些数据难于获得。有研究表明:研发人员与研发经费这2个指标具有高度相关性,故二者取其一即可。又考虑到发明人是专利的直接创造者,与研发人员高度相关。因此,本文用专利发明者数据作为研发人员投入的代理指标,以控制企业的研发人员投入对创新绩效的影响。具体来说,对于每个样本企业所有授权专利,汇总其发明人姓名信息并剔除重名,并对样本期及其前2年的发明者计数进行加总得到相应的发明者人数。

样本前专利数(*LnPre-Patents*):指企业过去5年内授权的专利数量。主要用于衡量企业以往的创新知识、研发经验等积累对其创新绩效的影响。

结构洞(structural hole, *SH*):是社会网络中的某些个体之间发生直接的联系,但未能与其他个体联系而出现断裂的一种现象^[19]。这种断裂对于第三方个体来说就是“桥”,每一个“桥”就代表了一个结构洞。占据“桥”位置的节点拥有非冗余的异质性联系,能够占有差异化的信息渠道,及时进行信息资源整合;同时和在其他企业联系时具有比较优势,比其他的行动者更加及时地获得重要知识或信息^[20]。由Pajek中结构洞算法直接计算可得该指标值。

2.3.2 模型设定

本文中被解释变量为企业授权专利数,是非负整数,属于计数型数据。从表3中可知,专利数的方差均远大于均值,呈现出过度分散的特征,较泊松模型负二项回归模型更有效。另外,对于专利数据这类呈过度分散特征的计数型数据,前人研究已证实负二项回归模型对它的适用性^[10,13]。因此,选择负二项回归模型作为本文的实证模型。

另外,采用Hausman检验对每个模型进行检验发现,均在 $p < 0.0001$ 的显著性水平下拒绝随机效应模型。因此,最终本文将采用固定效应负二项模型对样本数据进行回归分析。另外,固定效应负二项回归模型可控制对那些不可观测且不随时间而变化的个体影响因素^[10]。

本研究的总体回归模型建立如下:

$$Patents_{i,t+k} = f(\alpha_0 + \alpha_1 LnInventors_{it} + \alpha_2 LnPre - Patents_{it} + \alpha_3 SH_{it} + \alpha_4 CC_{it} + \alpha_5 Reach_{it} + \alpha_6 CC \times Reach_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中: $Patents_{i,t+k}$ 代表企业*i*的期望专利数量; $k(k=0, 1)$ 表示时滞; i 表示第*i*个企业; t 表示年份。

3 实证结果

3.1 合作创新网络基本特征分析

在对企业样本数据回归之前,首先对合作创新网络的基本特征进行分析。这将有助于理解后文中合作创新网络结构对企业创新绩效影响的回归结果。

从表2可见,合作网络中的节点和边数呈显著增加趋势。这说明产学研合作网络规模逐渐增大,参与合作的大学、企业、研究所越来越多。从图1也可以看到,1999—2001年间,产学研合作网络中节点和边的数量都较少,合作规模较小,网络连接比较稀疏。随着时间的推移,产学研合作网络中发生合作的机构数量和合作次数均逐渐增加。特别是2012—2014年间合作网络中节点数、节点间的边数呈现出显著增加趋势,合作网络的规模更加庞大,网络变得更加稠密。一般而言,网络规模越大,表明网络中有联系的成员数量越多,参与产学研合作的大学、科研

院所、企业获取外部知识和信息的渠道越多,接收到外部异质性知识的机会越大,有利于企业创新产出的增加。

另外,分图是刻画网络连通程度的指标。分图所包含的节点越多,节点间的连接通道就越多,知识转移路径也越多,越有利于知识溢出。从图1和表2可见,一方面,合作网络中的最大分图规模呈逐

渐增大趋势。1999—2001年间,网络的最大分图规模相对较小,只包含总节点数的15%左右。而2010—2012年间和2012—2014年间,最大分图所包含的节点数分别占到了各自网络总节点数的47.65%和53.34%。这些表明合作创新网络的连通性在逐渐增强;另一方面,从图1也可以看到,各阶段的合作网络中包含大量三三两两连通的小规模分图,这导致

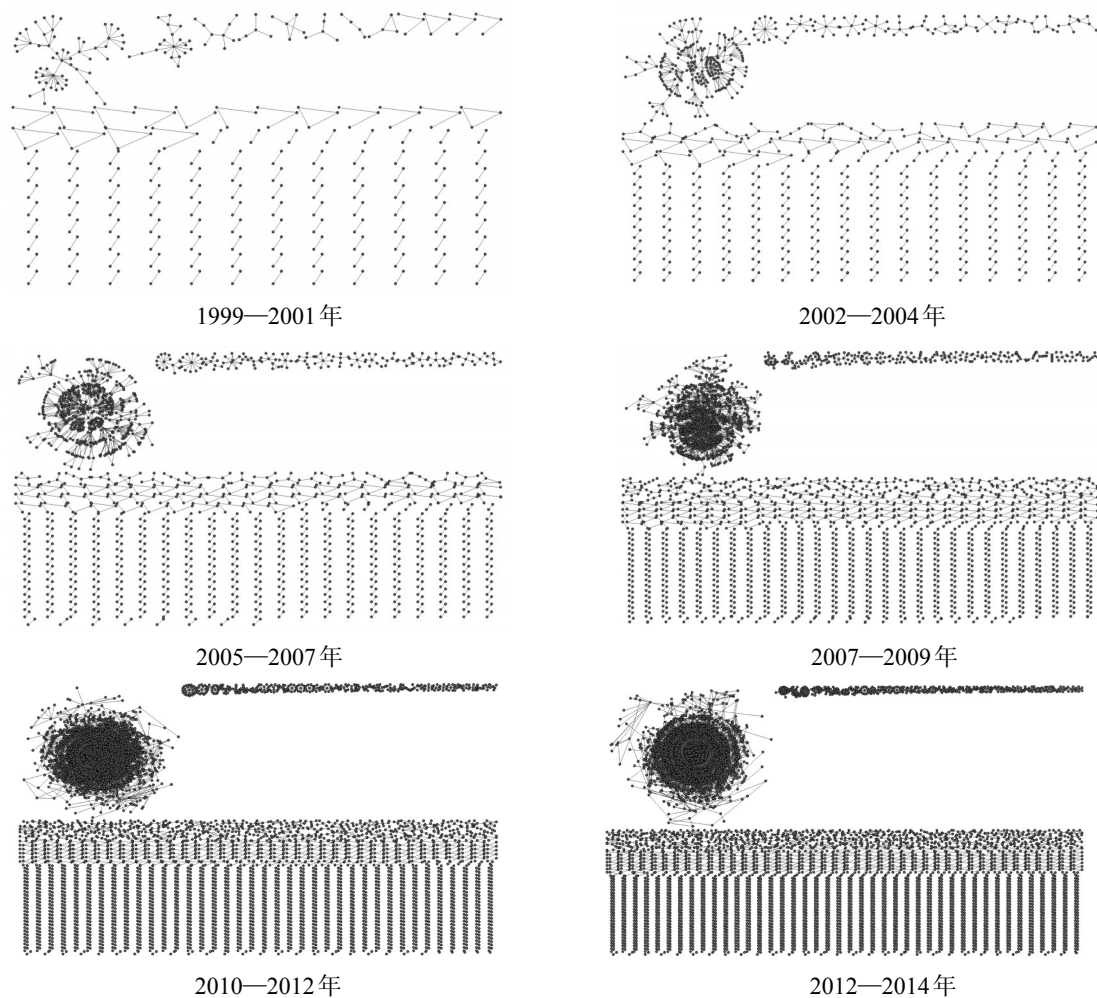


图1 产学研合作创新网络的结构演化

表2 产学研合作创新网络基本特征

基本指标	年份					
	1999—2001	2002—2004	2005—2007	2007—2009	2010—2012	2012—2014
节点数 ^a	382	802	1530	3077	7141	9672
边数 ^b	1456	4309	11051	17681	40346	69429
分图数 ^c	135	245	417	739	1434	1710
最大分图						
规模 ^d	59	204	504	1159	3403	5159
占比/%	15.45	25.44	32.71	37.67	47.65	53.34
平均度 ^e	5.60	8.74	12.34	9.49	9.30	12.36

注:^a表示联合申请单位总数;^b表示连接所有联合申请单位的总边数(去掉重边数);^c表示分图是指图(网络)中最大的连通的子图(网络);^d表示最大分图中的节点个数;^e表示是指与某节点相连的节点个数;平均度就是网络中所有节点度的平均值

网络整体的连通性较差。另外,3个阶段的平均度值均在[5,10]之间。这说明合作网络成员联系不紧密,合作范围高度集中在个别机构间,产学研合作不够广泛。

3.2 描述性统计分析

从表3描述性统计数据看,中国ICT企业创新绩效存在明显差异。企业每年授权专利数的最小值为1件,最大值为5728件,均值大约为9件,方差为94件左右,即专利数呈过度分散特征。聚簇系数均值为0.18,标准差为0.05,网络的聚簇程度变化不大,说明合作网络中每年新增成员与老成员间的直接合作较少,多处于2、3个新节点间的合作,故对于网络整体聚簇程度的改善不明显。由到达率的均值和标准差可知,网络到达率波动较大。此外,计算解释变量的Pearson相关系数^④表明:回归模型的自变量不存在严重的共线性问题。

3.3 回归结果分析

本文采用逐步回归的方法,对样本期内中国ICT产业14 596家企业的面板数据进行固定效应负二项回归,以检验产学研合作创新网络中知识转移效率对企业创新绩效的影响。表4分别报告以 $Patents_{it+0}$ 和 $Patents_{it+1}$ 为被解释变量的回归结果。

3.3.1 聚簇系数与到达率对企业创新绩效的影响

以 $Patents_{it+0}$ 或以 $Patents_{it+1}$ 作为被解释变量,在加入控制变量的基础上引入聚簇系数(CC)(模型2,模型4,模型5,模型7,模型9,模型10),聚簇系数的系数均在1%的置信水平下显著为正。这说明:聚簇系数对企业当期和滞后一期的创新绩效均有显

著的正效应,假设1得到验证。

以 $Patents_{it+0}$ 作为被解释变量,在加入控制变量的基础上引入到达率(*Reach*)(模型3,模型4,模型5),到达率的系数均在1%的置信水平下显著为正。以 $Patents_{it+1}$ 作为被解释变量,在未引入聚簇系数与到达率的交叉项(模型9)时,到达率的估计系数不显著;当引入二者的交叉项(模型10)时,到达率的估计系数变为显著。这说明:聚簇系数与到达率二者存在交互作用。根据Jaccard和Turrisi对多元回归模型中交互作用的解释^[21]:不存在交互作用的模型中,解释变量的系数是其主效应,指的是在其他解释变量取均值时,其对被解释变量的影响;存在交互作用的模型中,解释变量的系数是其简单效应,是指在其他解释变量均为0时,其对被解释变量的影响。因此,不能由无交互项的模型9中到达率不显著,就得出到达率对企业创新绩效无显著影响的结论。实际上,由二者存在交互作用可知,在聚簇系数取0时,到达率对企业创新绩效具有显著的正效应(模型5,模型10)。换句话说,到达率只有在一定的取值下,才会对企业创新绩效产生正影响,故假设H2得到部分验证。

3.3.2 聚簇系数与到达率的交互作用对企业创新绩效的影响

CC与*Reach*的交互项系数在被解释变量当期和滞后一期的模型中(模型5,模型10),分别在5%和1%的置信水平上显著为负。这表明:CC与*Reach*存在负向交互作用,即当CC取值变小时,*Reach*对被解释变量的影响会变大;反之亦然。同理,当*Reach*取值变小时,CC对被解释变量的影响会变大;反之亦然。

表3 变量的描述性统计(N=14596)

变量	均值	标准差	最小值	最大值	样本数
被解释变量 $Patents_{it+0}$	8.91	94.29	1	5728	14596
$Patents_{it+1}$	8.38	90.61	1	5728	14596
解释变量 CC	0.18	0.05	0.01	0.25	14596
<i>Reach</i>	316.26	261.56	4.26	727.38	14596
$\ln Inventors$	2.32	1.25	0	10.52	14596
$\ln Pre-Patents$	1.39	1.45	0	9.80	14596
SH	0.90	0.22	0	1.99	14596

④ 考虑到文章篇幅,相关系数表在此没有给出。

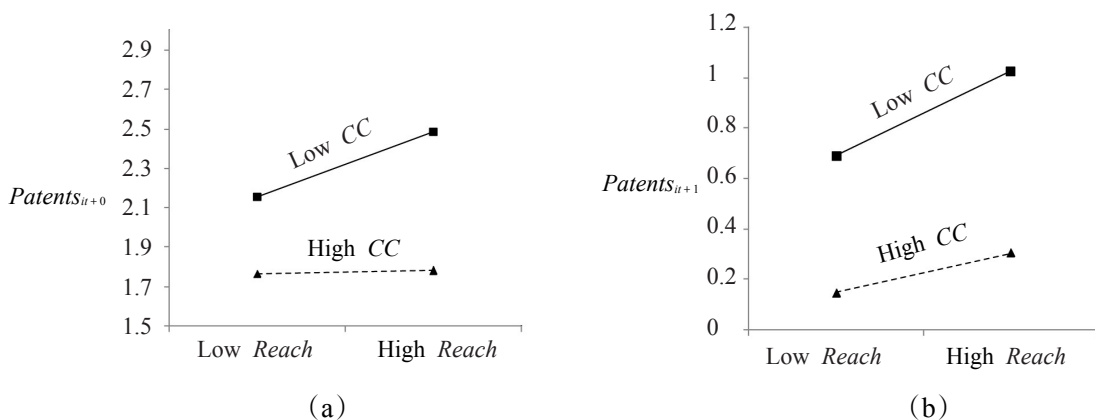
为了更直观地展示 CC 与 $Reach$ 的交互作用,本文运用 Jaccard 和 Turrisi 所述方法^[21],画出 CC 取不同值时, $Reach$ 对被解释变量回归系数的变化线(见图2)。纵轴分别表示回归模型中的被解释变量 ($Patents_{it+0}$, $Patents_{it+1}$),横轴表示 $Reach$ 值。Low CC 表示 CC 取值低于其一个单位标准差; High CC 表示 CC 取值高于其一个单位标准差。由图2(a)和图2(b)可知:无论被解释变量是当期当年 $Patents_{it+0}$ 或是滞后1期 $Patents_{it+1}$, 当 CC 取低值,即 Low CC 时, $Reach$ 对被解释变量回归系数的变化线(实线)均在 CC 取高值,即 High CC 时,相应变化线(虚线)的上

方。这说明:当 CC 取低值时, $Reach$ 对企业创新绩效的影响高于 CC 取值高的情形;反之亦然。换句话说, CC 与 $Reach$ 间确实存在相互调节的负向交互作用。

Schilling 和 Phelps 的研究中^[10], 聚簇系数与到达率的交互项系数显著为正,并指出:同时具有较高聚簇系数和到达率的网络更有助于知识创造和转移,进而有利于企业创新绩效的提升。然而,本文的研究结果正好与之相反,即聚簇系数与到达率的交互项系数为负。对于这一现象的解释是:众所周知,企业在合作创新过程中需投入大量的人、财、物,但由于创新具有风险性,这意味着企业将面临着投入成

表4 面板数据固定效应负二项回归($N=14596$)

变量	$Patents_{it+0}$					$Patents_{it+1}$				
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7	模型8	模型9	模型10
$LnInventors$	0.676*** (37.07)	0.725*** (40.87)	0.736*** (40.85)	0.742*** (41.62)	0.744*** (41.73)	0.186*** (8.46)	0.197*** (9.04)	0.192*** (8.73)	0.196*** (8.99)	0.120*** (9.15)
$LnPre-Patents$	-0.311*** (-34.19)	-0.372*** (-40.18)	-0.392*** (-38.64)	-0.396*** (-39.94)	-0.401*** (-39.32)	-0.202*** (-15.77)	-0.242*** (-17.88)	-0.224*** (-15.94)	-0.238*** (-17.09)	-0.257*** (-17.91)
SH	0.560*** (11.03)	0.647*** (12.49)	0.593*** (11.55)	0.638*** (12.31)	0.653*** (12.46)	0.143** (2.10)	0.186*** (2.70)	0.158** (2.30)	0.185*** (2.69)	0.199*** (2.88)
CC		4.321*** (16.74)		2.919*** (8.94)	3.552*** (7.95)		2.671*** (7.77)		3.719*** (6.80)	5.243*** (8.56)
$Reach$			0.001*** (15.76)	0.0004*** (6.78)	0.001*** (3.75)			0.0003*** (3.81)	-0.001 (-1.39)	0.002*** (5.00)
$CC \times Reach$					-0.003** (-2.11)					-0.009*** (-5.48)
$constant$	-1.163*** (-15.34)	-1.980*** (-21.92)	-1.371*** (-17.86)	-1.829*** (-19.79)	-1.944*** (-18.03)	0.394*** (4.02)	-0.036 (-0.32)	0.357*** (3.61)	0.085 (-0.71)	-0.394*** (-2.91)
$log\ likelihood$	-12 900.129	-12 762.233	-12 780.834	-12 739.989	-12 737.742	-9 386.044	-9 356.082	-9 378.854	-9 355.113	-9 339.952



注:这里只画出 CC 取不同值时对 $Reach$ 的调节作用图。 $Reach$ 对 CC 的调节作用图可类似画出(略)。

图2 CC 与 $Reach$ 的负向交互作用

本和收益的不确定性。因此。企业在合作创新时通常需要在2种合作战略中进行权衡取舍:一种是与少数组织建立合作关系并且构建联系紧密的稳固小集团,即“聚簇”,实现知识在聚簇内快速交流和转移,但由于合作伙伴较单一,导致知识缺乏多样性;另一种是与“聚簇”内外的众多组织建立更加广泛的合作关系,增加知识的异质性和多样性。特别是处于连接聚簇“桥”位置的企业,不但可以快速地接触到本聚簇内的知识或信息,而且可以方便地获得其他聚簇的信息和知识。Uzzi和Spiro对百老汇音乐剧创作者合作网络的研究指出^[22],聚簇内节点之间的紧密联系能够培养信任、形成惯例;聚簇间的紧密联系能够使不同聚簇内的行为方式、创新思想等进行交流和融合,从而激发更多创新。因此,同时具备高聚簇系数和到达率的网络中,通过聚簇间的“桥”,异质性、多样化的知识和信息能够在整个网络中快速转移、共享、重组、整合。

然而,由对图1和表3的分析可知,合作网络在演变过程中,均由一个规模较大的连通子网络和大量规模较小的聚簇构成。网络中缺乏连接“聚簇”内外起中介作用的“桥”,这是导致知识或信息流通、转移的不顺畅的原因之一。另外,合作网络内大量“聚簇”呈星状或两三个节点相连的松散结构,也使得小“聚簇”内部知识转移效率低,且缺乏多样性和深度。现阶段中国ICT产业产学研合作网络不完善的结构是造成与Schilling和Phelps研究结果不同的主要原因^[10]。换句话说,Schilling和Phelps的研究对象是由美国企业构成的合作网络^[10],其网络结构相对培育充分、“聚簇”内外联系紧密,知识或信息能够在网络中快速实现转移、共享、整合。因此,从某种程度上讲,Schilling和Phelps的研究结论可能更适合西方开放市场、自由竞争的成熟经济体^[10],不适合像中国这样的发展中国家。

3.3.3 控制变量对企业创新绩效的影响

由表4各模型可知,结构洞对企业创新绩效均有显著正向影响。对其可能的解释是:第一,占据“结

构洞”的企业可以接触到更多非冗余的异质性知识或信息,具有控制信息的优势,并且企业可以将这些知识或信息进行筛选整合,促进技术创新扩散和知识流动,进而实现企业创新;第二,在合作网络中,企业拥有的结构洞越多,表明其所接触的彼此不相连的合作伙伴越多,方便了解潜在交易伙伴或合作者的资质与更多行业信息,因此可以更为准确地获知机会或威胁,从而提升企业创新绩效。

研发人员投入对企业创新绩效均具有显著正效应。这说明研发人员投入对企业创新绩效的提升具有积极作用。然而,与以往研究不同的是^[10,12]:样本前5年专利之和对企业创新绩效具有显著负效应。究其原因在于:第一,信息通讯技术产业具有技术研发速度快、产品更新换代快等特点,这导致较高的企业淘汰率,大量企业的存续期较短。进一步,对本文研究的14 596家样本企业的信息进行梳理也证实这一点:大量企业只有1年或2年的专利信息记录,之后就消失在名录中;另外,每年也有大量新企业补充到名录中,企业更迭频繁。第二,多数ICT企业为了占据国内市场,强调生产和市场运作,较少关注研发而是选择购买成熟的技术^[23],申请专利的积极性较低。分析本文14 596家样本企业的专利数据发现,大约70%的企业每年只有1到2件授权专利。这些因素使得前期知识积累不但未对企业创新绩效产生积极影响,反而出现负效应。

4 结论与讨论

本文利用中国国家知识产权局1999—2015年间信息与通信技术产业(ICT)的专利数据构建产学研合作创新网络,并提取14 596家企业的大样本面板数据,使用负二项式回归模型验证分析表征知识转移效果的网络结构性指标:聚簇系数和到达率等对企业创新绩效的影响。得到以下主要结论:

(1) 合作网络的聚簇系数对企业创新绩效有显著的正向影响。到达率在存在交互作用的模型中,具有统计显著性,即到达率只有在一定的取值下,才会对企业创新绩效产生正影响。

(2) 聚簇系数和到达率具有负向的交互作用,即当 CC 取值变小, $Reach$ 对被解释变量的影响会变大;反之亦然。这一结论与 Schilling 和 Phelps 的基于开放市场、自由竞争的美国成熟经济体的研究结果正好相反^[10]。究其原因,主要在于:现阶段中国 ICT 产业产学研合作网络不完善的网络结构,导致网络中知识转移效率低且缺乏多样性。

(3) 结构洞对企业创新绩效有显著的正向影响。一方面,占据“结构洞”的企业可以接触到更多非冗余的异质性知识或信息,促进企业技术创新扩散和知识流动,进而实现企业创新;另一方面,在合作网络中,企业拥有的结构洞越多,表明其所接触的彼此不相连的合作伙伴越多,可以更为准确地获知机会或威胁,从而提升企业创新绩效。

(4) 研发人员投入对企业创新绩效具有显著正效应,说明研发人员投入对企业创新绩效具有积极作用。表征企业知识积累的样本前 5 年专利之和对企业创新绩效呈显著负效应,这一结果与以往经验不符。主要是由于中国 ICT 产业具有较高的企业淘汰率,大量企业的存续期较短。很多企业倾向于购买成熟技术而不是自主研发。企业申请专利积极性较低,知识积累程度不高,这些使得前期知识积累不但未对企业创新绩效产生积极影响,反而出现负效应。

本文的政策含义在于:第一,面向产业技术创新,从国家层面建设和培育知识协同创新共享平台。中国 ICT 产业产学研合作网络中,大量节点三三两两相连,整个网络连接松散、聚簇程度不高,导致知识转移和共享受限。知识在合作组织间转移、吸收、消化、共享、集成、利用以及再创造,本质上是企业、大学和科研机构各自拥有的隐性知识与显性知识的相互转化过程。但是,企业之间由于利益竞争,相互之间技术壁垒严重,缺少研发合作;企业与高校、科研院所之间的合作大多也是独立分散进行。因此,政府应通过战略导向,建立和培育知识协同创新共享平台,调动各创新主体的积极性和创造性进行跨组织、跨学科、跨领域的资源共享,形成广泛连通的

凝聚知识网络,促进知识的转移与共享,进而实现知识的增值和创新绩效的提升。

第二,重点扶持处于“桥梁”地位的创新平台组织者,积极构建广泛的产学研合作创新网络。由于结构洞对企业创新绩效有显著正向影响,说明中国 ICT 产业产学研合作创新网络中起着承上启下重要作用的创新平台组织者能够像“桥梁”一样将不能直接联系的组织联系起来,消除创新网络中的“孤岛”,使得拥有不同资源的组织与创新体系中的其他组织轻松实现合作。如:美国“硅谷”中遍布的这样的组织者,他们将把创新型企业、研究型大学、研究机构、行业协会等紧密联系起来,成功打造一条创新价值链。因此,政府应重点扶持这样一批有实力的创新平台组织者,充分发挥其在技术创新中的引领作用,促使更多的网络成员与网络中具有丰富产学研合作经历的大学或企业积极合作,联合起来攻克技术难关,提高中国 ICT 企业的整体技术水平和竞争能力。

产学研合作的途径有多种,如:专利许可和技术转让、创办新的企业,联合开发或委托开发、合作研究等,专利联合申请只是其中的渠道之一。因此,本文将中国 SIPO 申请并授权的 ICT 领域联合专利作为产学研合作的代理指标构建网络,只是囊括了部分合作信息,故由此勾勒出的产学研合作网络也非中国 ICT 领域产学研合作的全貌,这也恰是本研究的局限之一。尽管如此,本文毕竟也从微观即企业层面对中国 ICT 产业产学研合作网络结构对企业创新绩效的影响做了定量分析,具有一定的代表性,研究结论至少对互动性创新(DUI)类产业具有借鉴作用。另一方面,由于不同创新类型的产业,产学研合作效果因合作模式不同而不同,需要采取差异化策略^[24]。如:医药制造业等科学技术创新(STI)类特征的产业,其产学研合作模式和合作网络结构可能有别于 DUI 类产业。因此,本文实证分析的结果能否推广到 STI 类特征的产业尚需检验,其结论的普遍性还有待验证。

参考文献

- [1] 陈劲. 协同创新[M]. 杭州:浙江大学出版社,2012.
- [2] 惠青,邹艳. 产学研合作创新网络、知识整合技术创新的关系研究[J]. 软科学,2010(24):4-9.
- [3] 陈建斌,郭彦丽,顾志良. 从社会网络视角看地方高校产学研合作[J]. 中国高校科技,2012(3):26-28.
- [4] 傅利平,周小明,罗月丰. 知识溢出与产学研合作创新网络的耦合机制研究[J]. 科学学研究,2013(10):1541-1547.
- [5] Cantner U, Graf H. The network of innovators in Jena: An application of social network analysis[J]. Research Policy, 2006,35(4):463-480.
- [6] 马艳艳,刘凤朝,孙玉涛. 中国大学专利被企业引用网络分析:以清华大学为例[J]. 科研管理,2012,33(6):92-99.
- [7] 高霞,陈凯华. 合作创新网络结构演化特征的复杂网络分析[J]. 科研管理,2015,36(6):28-36.
- [8] Fleming L, King C, Juda A I. Small worlds and regional innovation[J]. Organization Science, 2007,18(6): 938-953.
- [9] Zhang G P, Lv X F, Duan H B. How do prolific inventors impact firm innovation in ICT: Implication from patent co-inventing network[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2014,26(9):1091-1110.
- [10] 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.
- [11] 陈伟,张永超,田世海. 区域装备制造业产学研合作创新网络的实证研究:基于网络结构和网络聚类的视角[J]. 中国软科学,2012(2):96-107.
- [12] 赵炎,王琦. 联盟网络的小世界性对企业创新绩效影响的实证研究:基于中国通信设备产业的分析[J]. 中国软科学,2013(4):108-116.
- [13] 陈子凤,官建成. 合作网络的小世界性对创新绩效的影响[J]. 中国管理科学,2009,17(3):115-120.
- [14] Wang J. Knowledge creation in collaboration networks: Effects of tie configuration[J]. Research Policy, 2016,45(1):68-80.
- [15] 李柏洲,罗小芳,张赞. 产学研合作型企业原始创新中知识生产机制:基于高新技术行业企业的实证研究[J]. 管理评论,2014,26(7):82-91.
- [16] Fritsch M, Kauffeld-Monz M. The impact of network structure on knowledge transfer: an application of social network analysis in the context of regional innovation networks[J]. Annals Regional Science, 2010, 44(1):21-38.
- [17] Scholl W. Restrictive control and information pathologies in organizations[J]. Journal of Social Issues, 1999, 55(1):101-118.
- [18] OECD. Compendium of Patent Statistics[R]. Paris: OECD, 2008.
- [19] Burt R S. Structure Holes: The Social of Competition[M]. Boston: Harvard University Press, 1995.
- [20] McEvily B, Zaheer A. Bridging ties: A source of firm heterogeneity in competitive capabilities[J]. Journal of Strategic Management, 1999,20(12):1133-1389.
- [21] Jaccard J, Turrisi R. Interaction Effects in Multiple Regression[M]. Iowa City: University of Iowa, 2003.
- [22] Uzzi B, Spirro J. Collaboration and creativity: The small world problem[J]. American Journal of Sociology, 2005,111(2):447-504.
- [23] Guan J C, Mok C K, Yam R C M, et al. Technology transfer and innovation performance: Evidence from Chinese firms[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2006,73(6):666-678.
- [24] 魏守华,王英茹,汤丹宁. 产学研合作对中国高技术产业创新绩效的影响[J]. 经济管理,2013(5):19-29.

Empirical Research on Industry-University-Research Cooperation Innovation Networks in the Chinese ICT Industry: The Impact of Knowledge Transmission on Firm Innovation

GAO Xia^{1,2}, Qi Geqi¹, GAO Qunting¹

(1. School of Economics and Management, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China; 2. Research Center of Geo-economics Data and Engineering, Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010021, China)

Abstract: The I-U-R cooperation networks have been created with three-year windows, based on co-applied patents data from the State Intellectual Property Office (SIPO) in the Chinese Information and Communication Technology (ICT) industry during 1999-2015. With a longitudinal sample of 14596 Chinese firms we use negative binomial regression model to analyze the impact of knowledge transfer efficiency on firm innovation performance. It shows that (1) Clustering coefficient of cooperation network has significant positive effect on firm innovation performance. (2) Reach, in the models that have interaction effect, is statistically significant. (3) Clustering coefficient and reach have negative interaction effects. (4) Structural holes have no significant influence on the firms' innovation performance. (5) R&D personnel investments have significant positive effect on firm innovation performance. The accumulation of knowledge has significant negative effect on firm innovation performance. According to the findings, some policy suggestions of firms and governments have been put forward to further drive the development of the ICT industry in China.

Key words: industry-university-research cooperation; network structure; knowledge transfer; innovation performance