

知识交换与合作: 关系选择、产出绩效与可持续性 ——基于城市尺度的经验证据

李建成 梁琦 程玲*

摘要 对学术论文联合发表问题的研究是当前较为新颖的研究方向,而将其视作劳动力知识交互与合作行为,并对其进行刻画可以部分解释知识外部性的微观过程。本文基于长三角 25 个城市 2000—2014 年间科学论文联合发表数据,将微观尺度的科研人员联合发表整合到宏观尺度上科研人员所在的不同城市间的知识合作,以此检验知识交互与合作行为的理论现实中的成立性。研究发现:在城市尺度上,对不同城市(区位)知识生产者是否建立合作关系的选择着重受到知识异构程度的正向影响,而建立合作关系后的产出绩效则受到更多因素的作用。同时,城市间知识异构程度作用的演化趋势是知识合作能否长期可持续的关键,后期知识结构趋同将会更加有利于知识合作产出、降低知识创新的不确定性。地理距离、人均 GDP、科教经费资助、城市行政级别对城市知识合作的关系选择与产出绩效两个阶段均有不一样的统计关系,表现出知识合作二元边际特征成因的异质性。

关键词 关系选择 产出绩效 知识合作 可持续

一、引言

知识外部性是现代经济增长理论(Romer, 1986, 1990; Lucas, 1988)与新经济地理学(Fujita 等, 1999; 梁琦, 2004)的核心。然而,现代经济增长理论中的知识溢出内生是基于社会加总层面的研究,而新经济地理学则将其视为重要的外生力量,未能将其内生化,且两者也都缺乏微观层面的机制分析。知识溢出具体如何发生?合作因何存在,其微观过程与空间均衡又该如何刻画?尚未得到清晰的回答,理论及其与理论相一致的经验研究尚不充分。Fujita(2007)认为,知识溢出的概念暗含太多被动的意思,将知识(尤其是缄默知识)的传播与流动过程内生化的,需要从劳动力自主的学习机制出发,刻画劳动力在城市内和城市间寻求知识交换、合作与创新的过程与动机,新经济地理学的未来也应该着重于刻画知识的空间互动与知识分子的区位选择过程,以此揭开知识外部性的黑匣子(black box)。基于此,近年来,空间经济学在沿着构建劳动力知识交换与互

* 李建成,中山大学管理学院, E-mail: lijch53@mail2.sysu.edu.cn; 梁琦(通讯作者),中山大学管理学院,中山大学产业与区域发展研究中心, E-mail: liangqi9@mail.sysu.edu.cn, 通讯地址: 广东省广州市新港西路 135 号中山大学管理学院善思堂 M524; 程玲,上海财经大学城市与区域科学学院, E-mail: chengling931121@sina.com。本文为国家自然科学基金项目“外来人口给城市带来了什么?基于异质性劳动力区位选择效应视角的研究”(71874214)、中山大学优秀研究生创新发展计划项目阶段性成果。本文也受国家自然科学基金(71703043、71973147)资助。感谢暨南大学覃成林教授、浙江工业大学王庆喜副教授对本文的有益建议。感谢匿名审稿专家的宝贵修改意见,文责自负。

动微观过程的空间均衡及其动态均衡方向努力(Berliant 等 ,2006; Berliant 和 Fujita , 2008 2009 2012; 梁琦等 2018)。

而在现实中,无论是工业制造还是科学研究,合作也都已成为当前生产新知识的必要途径,且愈加重视不同学科以及相同学科内部不同方向间的交叉融合(OECD,1992; Heringa 等 2014)。科研工作者自身也愈加逐渐重视合作,寻求与合作伙伴在知识和技能上的互补。高技能劳动力具有较高的生产率水平,科研人员更是高技能劳动力群体中的佼佼者。城市不仅为科研人员提供了良好的科研环境、设施等硬性条件,也为其思想的碰撞、知识的互动提供了软性条件,这在一线大城市中尤为明显(Roca 和 Puga, 2017)。然而,并非所有人都在区域核心大城市中进行生产,大量位于二线城市、三线城市甚至小城市的劳动力出于对提高自身生产效率、进行更为优质的知识创新或借助更先进的器材等动机的考虑,便需要寻求与大城市中劳动力的帮助和合作,故以此形成了不同城市间合作关系与合作强度的空间分布差异与选择偏好。知识合作具有二元边际特征,即新合作关系的配对(广延边际)和已配对关系下产出成果的增长(拓展边际),小城市对大城市的知识合作关系选择是否优先于小城市与小城市之间,即便这两个小城市在地理上更为接近?而在拓展边际上,小城市与大城市间的合作比两个小城市是否更具有普遍优势?

本文基于 Berliant 和 Fujita 等空间经济学者在知识溢出微观理论和均衡模型构建的工作,利用现实数据刻画知识合作发生过程与空间特征,回答什么因素影响了知识分享与合作创新,合作的动态过程又如何得以稳定且持续,以期为其理论提供相应的现实证据,并为我国当前区域知识管理和城市发展提供建议和启示。Berliant 等(2006)分析的城市内部的劳动力匹配与合作,Berliant 和 Fujita(2008,2009,2012)则是城市间的劳动力匹配、合作和迁移问题,其理论的核心皆在于合作双方的知识结构异质性,也称为知识水平差异。然而,劳动力个体知识水平静态差异及其差异的动态演化趋势均难以衡量,在这一方面,演化经济地理学则提供了一个关于认知邻近的刻画范式。本文借鉴其测度,从城市尺度分析知识交互过程与偏好。而初期质量高、创新度较高的合作,并不意味着可以长期高效地合作下去,反之,初期低质量的合作也并非意味着较差的合作前景,如何保证长期的合作关系维持且较好的论文产出的绩效是可持续性的关键,这对在知识合作生产过程中的知识结构异质性演化趋势、对进一步充分认识可持续性问题亦是关键。

小城市与大城市间的合作,是小城市劳动力提升自身生产效率的一个关键渠道,而大城市与大城市间的合作,也是大城市劳动力提高生产效率的一个渠道。因此,中国城市间知识合作的地理版图将会是一个梯级扩展式的分布特征,将劳动力间知识合作从微观尺度个体层面整合到城市尺度劳动力所在的不同区位间的知识合作,也能够赋予更多的空间内涵。

本文的边际贡献是结合空间经济学的猜想与理论基础,借鉴演化经济地理学的关系研究方法,在城市尺度上,为知识交互与合作对象的选择动机与合作动态过程的长期可持续性条件,给出了一个相对一致的经验证据。基于理论,现实问答了选择谁合作,什么因素影响了合作质量,又如何维持稳定的可持续的合作关系。

余文结构安排如下:第二部分为文献评述,第三部分为核心数据选择与特征事实描述,第四部分为研究设计,第五部分为实证结果,第六部分为知识合作可持续性讨论,第七部分为结论与启示。

二、文献评述

Glaeser(1999)从城市发展的角度,探讨了个体间互动学习的过程,认为个体自身技能进步的关键在于其对他人的模仿与学习,长期机制的有效发生依赖于低技能劳动力跟随高技能劳动力主动学习,并支付一定的学习报酬。而主动学习的过程持续性以及新技能(新的成果)的持续捕获,则在于个体间的技能差异。技能差异性的演化趋势决定了学习阶段的模仿与学习效果。当个体从低技能水平进入高技能水平时,互动过程便停止发生,或者模仿与学习效果便不再显著。Fujita(2007)基于新经济地理分析范式,构建知识创新与扩散的微观模型,提出知识联系将会成为影响经济空间格局变迁的主要角色。与Glaeser(1999)异曲同工的是,Fujita(2007)所构建模型的核心同样落在了双方的知识异质性上。知识结构上的差异是双方合作并成功创造新知识的必需因素,而足够的共同知识则是过程中进行有效交流的必需(Berliant和Fujita,2008,2009,2012)。但上述研究皆为纯粹的理论模型,尚未有经验证据的支持。本文则为其研究提供了适当的经验证据,丰富了其在中国本土的实践意义。

根据以上文献理论研究成果,提出以下假说:

假说一:由于集聚效应,城市庞大的人口规模与厚劳动力市场会增加知识交换与合作对象选择的多样化,从而提高学习效率,因此与高行政级别大城市间的知识交换更加频繁。

假说二:知识结构异质性是决定知识合作对象选择的首要因素,且是高合作绩效的关键因素。

假说三:知识的交换与合作是一个连续的动态过程,通过持续性的合作与交流,不同城市劳动力合作关系的匹配质量和合作效率会被逐渐改善,而双方知识结构在长期变化过程中的趋同或趋异是核心。

但是,知识结构如何具体刻画?演化经济地理学为此提供了一个可借鉴的、较为完整的分析范式。虽然,演化经济地理学对区域间知识流动与合作问题,也有较多的研究,但提供的大多是非经济角度的解释,认为多维邻近效应是理解区域间知识流动和知识网络演化的一个核心概念(Boschma,2005;夏丽娟和谢富纪,2014;李琳,2014)。从单一维度的地理邻近,到制度邻近、认知邻近、组织邻近等多维邻近方式,关于邻近性的研究出现了大量的成果(Kirat和Lung,1999;Torre和Rallet,2005;Boschma,2005;Boschma和Frenken,2009)。具体在合作问题上,Scherngell和Hu(2011)发现地理距离和技术距离越远,越不利于区域间合作知识生产。党兴华和弓志刚(2013)论证了认知邻近性、制度邻近性和地理邻近性对区域间创新合作的影响。李丹丹等(2013)分析了社会、地理、认知和组织四种距离对城市间合作次数的影响。部分文献还简单涉及了邻近性在合作过程中的演化趋势(Shaw和Gilly,2000;吕国庆等,2014)。基于邻近视角进行分析也存

在一定的弊端:一方面,邻近性概念过于杂糅,尚未形成统一的认识。如 Boschma (2005) 提出 5 种邻近维度:认知、制度、组织、社会和地理。Torre(2008) 又将其归纳为 2 种:地理和组织。而不同维度的邻近性间又存在着复杂的交叉关系,难以讨论清楚(夏丽娟和谢富纪,2014)。另一方面,多维邻近性究竟是对邻近性本身内涵的表征,还是对不同城市间经济特征差异的解释,也存在一定的疑问。因此,利用多维邻近性作为基准框架来分析城市间知识合作问题,理论上显得较为模糊,内容上也过于宽泛。但是,其中关于认知邻近的概念与新经济地理学及其本文的知识结构异质性较为类似,为在城市尺度不同城市间知识结构异质性的刻画提供了一个可行的思路。

综上所述,本文基于新经济地理学异质性劳动力区位选择研究框架,针对其理论说明的知识交换与合作的机制,利用现实数据刻画验证,其中关键变量城市间知识结构异质性则在借鉴了演化经济地理学相关指标的测度方法来达到本文的可行性。

除了知识结构异质性这一关键因素外,本文不失一般性地加入了地理条件和城市行政级别两个维度分析城市间知识合作。(1) 地理条件。合作过程中的隐性知识交换需要面对面地交流(Fujita 等,1999;梁琦,2004),是促进知识流动的关键方式(Audretsch 和 Feldman,1996;Gertler,2003),虽然现有通勤技术削弱了地方性知识溢出的局限性,但是地理条件仍然可以说明很多问题。Dong 等(2018) 分析了中国的高铁开通这一准自然实验对城市间论文联合发表的影响,发现当某一城市开通高铁后,其论文联合发表数量显著提升,其与核心大城市的新的合作关系也在不断出现。高铁作用的核心机制是减少了工作在不同城市的科研人员面对面交流的成本,压缩了时空的影响,便是属于地理的范畴。(2) 城市行政级别。在中国,城市的行政级别具有特殊的功能。自 1979 年以来,中国的城市级别经过 3 轮的调整,确定了直辖市、副省级省会城市、非副省级省会城市、副省级非省会城市和普通地级市的基本格局。不同级别的城市对资源的配置和政策调控的能力存在差异,行政级别更高的城市更容易运用行政手段为自身发展谋划(江艇等,2018)。而在知识生产过程中,处于高行政级别城市中的企业和高校相比于低行政级别的城市,在政府的科研补贴、经费资助申请等方面具有不可比拟的优势。高行政级别城市也更容易吸引到高能人才集聚。然而,行政级别高的城市仅代表了其在利用行政手段配置资源上具有优势。因此,在控制其他资源配置的影响下,讨论行政级别的作用,本文不仅控制了经济发展水平,并剔除沪宁杭后的样本和全样本进行回归分析。

三、数据来源与核心变量说明

(一) 数据选择与特征事实

论文发表是缄默知识最直接的表达方式。论文发表后,缄默知识则演变为显性。在这一过程中,交流和讨论便是基本的知识共享方式,而以合作的形式开展研究,则知识从缄默到显性为合作者共有。本文采用论文联合发表数据衡量知识合作,不仅代表合作行为,更体现了缄默知识的地域流动。现有研究多集中于生物工程等高新技术领域(汪涛,2011;李丹丹等,2016),而单一领域内合作不能完全衡量不同城市的分工状态与知识结构(李建成等,2017)。本文采用所有学科领域的论文合作数据进行研究,并假

设合作是互惠的,即 $i \rightarrow j$ 与 $j \rightarrow i$ 等同。科学论文合作数据由维普网检索而得,检索条件为“机构”+“机构”,检索时间为2000—2014年,检索领域为全部期刊和全部学科。本文整合了长三角2000—2014年所有企业与企业、企业与研究机构、企业与高校、高校与研究机构的合作发表数据,并根据作者所在机构按其归属城市分类汇总,共整理得15年有效合作论文数据201824份。

城市知识合作规模以长三角核心区向南北两端递减,层级特征明显。知识合作网络的核心逐渐以上海—南京—杭州三个城市为主的三角结构,向以核心区16个城市为主的菱形结构演变,整体表现出向中间聚敛并带动两端的格局。另一方面,可以观察到沪宁杭的极化效应较为明显,主要的知识合作关系与知识合作生产量均集中于以沪宁杭为核心的合作渠道上。对总体论文联合发表数据进行初步统计分析,知识合作组内方差73.42,组间方差129.33,个体间差异远大于在时间趋势上的差异。2000年总体发表论文104566篇,城市间合作论文4392篇,占比4.2%。2015年发表论文数411483篇,合作论文占比9.56%,上升4.36%。各城市合作论文同样上升明显,上海市2000年长三角区域内合作论文数964篇,占总发表量的1.66%,2015年5483篇,占4.26%,上升2.6%。2015年,苏州合作量占发表量的10.05%,南通7.72%,嘉兴11.8%。2000年,300对合作关系中规模最大前50对发表科学论文占总量的78.78%,2003年占71.36%,2014年占68.16%,其中以上海—南京规模最大,上海—杭州其次。

(二) 三个核心变量测度

1. 地理条件

地理条件对城市知识合作的影响主要表现为空间衰减效应与边界相邻效应。本文基于现有研究,采用城市间的空间直线距离来构建地理距离邻近,各城市经纬度数据由百度地图提取。采用空间直线距离作为衡量的原因是空间直线距离能够较好地反映作用关系在单位距离上的衰减。计算公式为:

$$Geodis_{ij} = 1 - \frac{\ln(gd_{ij} + 1)}{\ln(gd_{\max} + 1)} \quad (1)$$

其中 gd_{ij} 为空间直线距离。同时,用衡量城市间边界是否相邻的虚拟变量来考察边界(Border)相邻效应。

$$Border_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{城市 } i, j \text{ 的地理边界相邻} \\ 0 & \text{城市 } i, j \text{ 的地理边界不相邻} \end{cases}$$

2. 城市行政级别

城市行政级别的差异,可以看作是集聚要素的优质程度和集中程度的一种表征,同时也是制度差异的一种表现。一方面城市行政级别是由国务院审批的,是明确的正式制度。另一方面,行政级别短时间内不会随意更改,因此确实是不同行政级别的城市长期存在的差距。考虑到长三角城市群较高的经济一体化水平,市场化程度、地方保护程度等指标可能不能明显区分城市间的制度差异,采用城市行政级别进行衡量是一个较为合适的方法。江艇等(2018)证明了城市行政级别对城市生产率与城市间资源配置具有显著影响,高行政级别城市可以通过行政手段为自身发展优先筹谋,也更容易获得上

级的政策倾斜。

对不同城市的行政级别差异,进行如下划分:

$$Instdis_{ij} = \begin{cases} 2 & \text{城市 } i, j \text{ 同为副省级城市} \\ 1 & \text{城市 } i, j \text{ 一个为副省级城市、一个为普通地级市} \\ 0 & \text{城市 } i, j \text{ 同为普通地级市} \end{cases}$$

3. 知识结构

知识结构对学术合作的影响主要体现在:一方面,互补的知识结构会提高知识创新的概率;另一方面,知识结构一定程度上的相似又会促进城市间配对科研人员协同分工水平的提高,使合作关系稳固,降低创新的不确定性。因此,知识结构不仅可以考察对知识合作二元边际的影响,更可以深入分析知识结构相似性与差异性的权衡如何对合作的可持续性产生作用。Glaeser(1999)、Fujita(2007)、Berliant和Fujita(2008,2009)也在理论上指明了知识互动发生的关键与长期合作发生的有效机制均在于合作双方知识结构的初始禀赋与演化趋势,无论假设双方是技能异质工人还是技能同质工人。本文基于现有研究,考虑数据可得性,借鉴演化地理学关于认知邻近性的研究,将城市产业结构相似性作为城市尺度上的知识架构异质程度的代理变量,采用Jaffe(1986,1989)的技术空间方法计算城市间的知识结构,具体计算如式(2)所示:

$$Codis_{ij} = \sum I_{ik} I_{jk} / (\sum I_{ik}^2 \sum I_{jk}^2)^{1/2} \quad (2)$$

其中 k 为 i, j 城市的第 k 个产业产值份额。本文不仅对城市间知识结构相似程度或异构程度在知识合作不同阶段的静态平均效应进行了估计,也分析了知识结构作用的演化对合作可持续性的影响,本文认为知识结构的作用随着合作阶段的演化是维持知识合作能够长期可持续的关键因素。

四、研究设计

(一) 城市间知识合作关系选择因素估计模型

随机指数图模型是对网络结构建模、分析网络节点间关系选择的有效工具(Wasserman and Pattison, 1996),可以克服样本不独立和内生性问题,起到处理不同类型协变量网络的作用。令网络 $G=(V, E)$,如果节点 i 和 j 存在关系 $e(i, j) \in E$,则 $y_{ij}=1$,反之 $y_{ij}=0$ 。 $P(y_{ij}|\theta)$ 表示在变量 θ 条件下,建立关系的概率。一般表达式为:

$$P(y_{ij}=1|\theta) = \left(\frac{1}{c}\right) \exp\left\{\sum_{k=1}^K \theta_k Z_k(y)\right\} \quad (3)$$

其中 $(1/c)$ 是常数 θ_k 是研究中所要关心的影响因素的估计系数 $Z_k(y)$ 则是影响关系选择的因素,本文包括了内生的结构动力 α 、城市的自身属性 β ,以及多维邻近的协变量网络 γ ,则 $k=\{\alpha, \beta, \gamma\}$ 。本文研究模型具体为:

$$P(y_{ij}=1|\theta) = \left(\frac{1}{c}\right) \exp\{\theta_\alpha Z_\alpha(y) + \theta_\beta Z_\beta(y, x) + \theta_\gamma Z_\gamma(y, \tilde{z})\} \quad (4)$$

将城市知识合作量超过某一个值时定义为1,否则为0,从而判断是否存在联系。

为去除随机性因素,本文将知识生产阈值设定为 10,将合作量低于 10 篇的城市节点间关系设定为不存在网络连接。选取 10 的原因,设定阈值为 10 后,因变量分布接近均匀分布,符合模型设定要求。

自变量设置方面,采用网络指标中的程度中心度(Degree)与中间中心度(Between)以对网络自组织特征进行考察。基于网络同配性考虑,为检验相同经济水平、相同科教经费资助程度的城市还是不同经济水平、不同科教经费资助程度的城市更容易建立合作关系,本文通过设立城市人均 GDP(RGDP)、政府科技经费支出强度(TEC)、政府教育经费支出强度(EDU)按照人均 GDP 的分位数大小将各城市分为高、中、低三类,分类标准为排在前 25%归为 High,前 25%—75%归为 Mid,后 25%归为 Low,以进行知识合作关系选择演进过程中外生属性变量的多层次同配分析。最后,关于主要变量的协变量网络,将节点间的多维邻近距离转换为协变量网络矩阵。随机指数图模型使用蒙特卡罗—马尔科夫链最大似然法进行参数的估计拟合(Goodreau, 2007)。

(二) 城市知识合作产出绩效影响因素估计模型

由于泊松模型需要满足均匀离散性质,经检验,因变量全样本方差统计量为 148,期望为 44,剔除沪宁杭后样本方差统计量 25.7,期望为 10.7,存在过度离散,此时负二项回归更加有效(Scherngell 和 Hu, 2010; Guan 等, 2014)。负二项模型一般形式为:

$$\Pr(Y_{ij} | X_{ij}^*) = \frac{\Gamma(Y_{ij} + \gamma^{-1})}{[Y_{ij}! \Gamma(\gamma^{-1})]} \theta_{ij}^{1/\gamma} (1 - \theta_{ij})^{Y_{ij}} \quad (5)$$

其中, $X_{ij,t}^* = \exp[\alpha_0 + \alpha_1 \log(o_{i,t}) + \alpha_2 \log(d_{j,t}) + \sum_{p \in P} \beta_1^p D_{ij,t}^p + \sum_{l \in L} \beta_2^l Net_{ij,t}^l]$, $\theta_{ij} = \gamma^{-1} / (\gamma^{-1} + \mu_{ij})$, $\Gamma(\cdot)$ 为 Gamma 函数。本文负二项引力模型采用 MLE 估计,由 STATA14 实现。式中, $Y_{ij,t}$ 为第 t 年城市 i, j 的合作知识生产量,用科学论文合作数据进行测度; $v_{ij,t}$ 是误差项; $o_{i,t}$ 和 $d_{j,t}$ 分别表示合作的双边城市 i, j 城市经济属性变量集,主要包括城市经济发展水平、人力资本水平,考察其在合作知识生产中的规模效应,也是考察邻近效应时的控制变量; α_1 和 α_2 为待估系数。经济发展为城市知识创新与合作提供基本的物质基础和需求动力,也是评价一个城市各项能力的基本指标,本文经济发展水平采用人均 GDP 衡量。对各城市人力资本水平的衡量,采用不同教育程度在校学生数作为代理变量。将每种受教育程度折算成一定的年限,乘以在校学生数占总学生数比重,再将各教育水平加总即得。小学、普通中学、普通高等学校的受教育水平分别折算成 6、10 和 16 年,平均受教育年限 = 小学水平人口比重 * 6 + 初中水平人口比重 * 10 + 普通高等学校人口比重 * 16。考虑到对知识产出可能存在的滞后作用,将两个变量均做滞后二期处理。距离函数 $D_{ij,t}^p$ 是模型核心,本文综合城市边界效应、空间距离、产业结构空间相似性、行政级别差异等因素,分别代表地理条件、知识结构与行政级别,计算方式已在上文叙述, β_1^p ($p \in P$) 为邻近效应系数。

$Net_{ij,t}^l$ ($l \in L$) 为城市 i 和 j 的网络距离, β_2^l ($l \in L$) 代表网络效应。如果网络距离显著,表明合作网络特征对产出绩效起作用,存在主动选择影响,则负二项模型设定存在偏差。如不显著,则基本证明采用两种模型对关系选择与产出绩效进行讨论,是适宜

的。本文在下文实证结果中将首先对引力模型设定的适用性进行检验。借鉴知识结构计算公式,分别从网络特征与网络结构两方面计算,具体设计为:(1)网络特征(*NetChar*)。利用历年长三角合作关系网络的程度中心度、邻接中心度、中间中心度、特征向量中心度等指标计算合作城市的网络特征距离。(2)网络结构(*NetStruc*)。利用历年长三角合作关系网络的结构洞、聚类系数等表征网络结构属性变量计算合作城市的网络结构距离。各网络统计指标含义和计算具体参考赵渺希等(2014)不再赘述。

(三) 对城市知识合作关系选择与产出绩效估计模型设定差异的说明

针对合作对象选择与合作知识产出绩效两个不同的问题,本文采用了不同的建模策略予以识别。具体原因简要说明如下:

合作对象的关系选择是主动行为,符合网络随机指数图模型(ERGM)的建模原理。其次,样本个体间的选择关系会互相影响、互相关联,不满足传统计量的样本独立性假设,具有构建网络模型的必要。再者,合作关系网络的演化存在循环累积过程(网络外部性),一个节点的被连接优势会逐步积累放大。因此,相较于二值选择模型,ERGM可以较好地处理这些问题,一定程度上避免估计量的有偏(Robins等,2007)。

对合作知识产出过程中变量关系估计,相较于第一阶段,更需要对各变量在增长过程的长期平均效应予以观测和解释,是产出的增长问题,是确立合作关系之后客观的结果,较为不受主观意向的干扰。其次,合作的成果本质上并不依赖于其他合作关系的表现,即网络结构的内生演化并不会影响产出绩效,合作网络关系建立之后的网络效应也不会对产出绩效产生影响,这一猜测本文将在实证结果中给出一定的经验证据以证明。因此,考虑产出绩效时,传统的引力模型更为合适,并非都是通用网络统计模型。

(四) 变量描述性统计

本文所用城市相关数据均来源于中国城市统计年鉴,其中遗漏数据由各市历年统计年鉴补齐。本文各变量内涵和描述性统计结果附于附录中^①。

五、实证结果

(一) 城市知识合作关系选择估计结果

本文通过构建 ERGM 模型,探讨合作关系选择过程中各影响因素的作用。这部分并未考虑其他城市科研人员对沪宁杭等区域核心大城市展开合作的选择效应,主要原因有两个:一方面,在于沪宁杭之间及其与其他城市间庞大的知识合作量依据阈值设定降到 0.1 二维层面后,样本选择效应会一定纠正。另一方面,沪宁杭吸引了广泛的合作关系连接,而这种广泛连接属性则是网络外部性的一种表现,本身内生于合作网络,而这一效应在 ERGM 结果中已有考量。因此,对城市知识合作关系选择的估计无需对样本进行区分,具体估计结果如表 1 所示。

^① 限于版面原因,未放在文章中,可向作者索取:lijch53@mail2.sysu.edu.cn。

表1 知识合作关系选择影响因素的 ERGM 分析结果

变 量	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014
网络内生结构属性								
<i>Degree</i>	1.188 ***	0.629 ***	0.549 ***	0.567 ***	0.373 ***	0.347 ***	0.33 ***	0.339 ***
<i>Between</i>	0.063 *	-0.037	-0.031	-0.005	0.033	0.039	0.049	0.084
网络节点属性同配								
<i>H(RGDP)</i>	2.518 *	0.188 *	0.016	0.017	-0.09	-0.029	0.789	-0.059
<i>H(TEC)</i>	0.179	0.864	0.273	-0.315	0.026	0.277	0.256	1.273
<i>H(EDU)</i>	-0.113	-0.043	0.258	0.188	-0.278	0.55	0.711	-0.575
主要因素协变量网络矩阵								
<i>Border</i>	2.639 *	1.217	0.272 *	1.389 *	0.382 *	0.446	0.148	-0.207
<i>Geodis</i>	8.332 ***	18.89 ***	20.636 ***	22.178 ***	20.32 ***	17.42 ***	17.392 ***	22.12 ***
<i>Instdis</i>	-7.871 *	0.229	0.052	-0.517	-0.925	-0.197	-0.067	-1.017
<i>Codis</i>	-14.92 ***	-14.25 ***	-14.17 ***	-16.05 ***	-12.073 ***	-11.85 ***	-11.787 ***	-12.62 ***
模型参数								
<i>AIC</i>	76.19	142.5	164.9	148.6	191.1	201	193.9	187.5
<i>BIC</i>	109.5	175.8	198.2	181.9	224.5	234.4	227.3	220.8

注: ***、** 和* 分别代表显著性水平为 1%、5%和 10%。

根据表1结果,城市间知识合作关系选择存在显著的自组织特征,存在网络外部性。*Degree*在历年回归系数皆为正,统计性显著。具有广泛连接优势、占据优越位置的城市也是其他城市科研人员优先选择建立合作关系的对象。地理条件依然具有重要影响,较近的地理距离能够加大两个城市的建立合作关系的概率,选择合作对象时,地理邻近的城市具有优势。制度邻近为负,但是并不显著,网络连接的初次建立,行政级别不会产生显著的影响。三类城市节点属性在历年分析结果中均不显著,具有相同经济水平、相同政府科技经费支出、相同政府教育经费支出并未表现出提高关系选择概率的倾向。结果表明,就仅考虑合作关系选择而言,行政级别、经济发展水平、科教投资等一系列因素并不存在显著影响。赤池信息准则(AIC)和贝叶斯量化信息准则(BIC)结果显示,2000年初次拟合效果最佳,这主要原因是在城市尺度,可供选择关系数会随年份逐渐减小,网络结构逐渐偏离随机化,表现出完全网络趋势。

需要强调的是,知识结构的相似性对合作对象选择具有负作用且显著,城市间知识结构相似性较高,不利于联结关系的发生,将会降低知识创新概率。合作对象的选择是理性决策与知识偏好选择的结果,能否实现合作价值是关键,这从根本上决定知识创新的效率,假说二得证。而合作关系确定之后,知识结构对产出绩效的影响却有不一样的表现。

(二) 城市间知识合作产出绩效估计结果

1. 知识合作关系选择结果对产出绩效的增长效应检验

选择合作关系,形成合作网络。如果在产出绩效中存在网络结构的影响,即个体之间的独立性假设不成立,存在网络关联,网络特征系数应显著,此时不宜采用传统计量

回归方法。

表 2 显示了从网络特征距离与网络结构距离两方面估计城市个体合作关系选择的结果与形成的合作关系网络效应分别对剔除沪宁杭极端值的样本和全样本整体合作产出绩效的平均效应。结果发现,在剔除沪宁杭三大城市极化效应影响的样本和全样本回归结果中,两者对城市整体合作产出绩效的平均效应均不显著。可以认为产出绩效并非合作双方主动选择的结果,也存在诸多客观因素的影响,不存在网络外部性。

表 2 知识合作关系选择结果对合作知识生产的影响

变 量	剔除沪宁杭			全样本		
	网络特征距离	网络结构距离	综合回归	网络特征距离	网络结构距离	综合回归
L2.lnRgdpA	0.1167* (0.0575)	0.1143* (0.0575)	0.1163* (0.0575)	0.2089*** (0.0454)	0.2141*** (0.0452)	0.208*** (0.0454)
L2.lnRgdpB	0.1176* (0.0490)	0.1164* (0.0491)	0.1190* (0.0490)	0.0017 (0.0358)	-0.00127 (0.0358)	0.001 (0.0358)
L2.lnrlA	0.2501** (0.0765)	0.2445** (0.0763)	0.2510** (0.0764)	0.0834* (0.0438)	0.0923* (0.0433)	0.0829* (0.0438)
L2.lnrlB	0.2956*** (0.0635)	0.3038*** (0.0658)	0.3046*** (0.0657)	-0.0183 (0.0386)	-0.025 (0.0389)	-0.025 (0.0389)
NetChar	-2.0092 (1.1149)		-1.9506 (1.1207)	-0.3239 (0.291)		-0.371 (0.294)
NetStruc		-50.9523 (71.1404)	-38.7359 (71.9014)		36.717 (30.878)	41.628 (32.035)
Pair effect	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Time effect	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Loglikelihood	-5 530.586	-5 531.926	-5 530.446	-10 034.94	-10 034.75	-10 033.96
观察值	2 866	2 866	2 866	4 342	4 342	4 342

注:***、**和* 分别代表显著性水平为 1%、5%和 10%。括号里的值是标准误。未报告常数项。Pair effect 为城市对固定效应(下同)。

2. 城市间合作知识产出的基础回归结果

基础回归结果如表 3 所示。结果发现,双边城市的经济发展水平和人力资本水平估计系数均为正,统计性显著。与关系选择阶段的结果相比较,城市间合作知识生产绩效显著受到经济发展水平、人力资本水平等非网络内生因素的影响。空间上的接近对城市间知识合作产出绩效具有正向影响,存在显著的边界相邻效应与空间衰减效应。边界相邻的城市间合作比不相邻的城市具有优势,而城市间的空间距离越近也会加强城市间合作的产出绩效,在控制其他变量后依然成立。地理邻近不仅有利于知识合作的“面对面”交流,还能降低合作的通勤与交流成本,便利知识合作,从而提高产出绩效。

知识结构对合作产出绩效的平均效应为正,与其对合作关系选择的作用方向相反。部分文献强调倒“U”形关系(Cunningham 和 Werker 2012),本文并未观察到。城市逐渐

趋同的知识结构长期而言有利于合作产出绩效。本文将在下文进一步探讨知识结构的演化趋势与知识合作可持续性, 以及认知邻近效应对产出绩效影响的稳健性, 并且将在讨论知识合作可持续性中着重分析认知邻近性的作用。

行政级别具有正向影响, 但是不显著。剔除沪宁杭后, 只存在宁波一个副省级非省会城市, 变异度较低。在控制城市经济发展水平与不同教育程度的在校学生规模后, 宁波的制度优势并未显著吸引其他城市进行合作, 也并未显著提高其合作的产出绩效。

表 3 城市间合作知识产出绩效影响因素与科教经费的组间差异影响估计

变 量	剔除沪宁杭					
	地理条件	知识结构	行政级别	综合回归 1	科教经费	综合回归 2
L2.lnRgdpA	0.1365 ** (0.0573)	0.0860 (0.0577)	0.1113 * (0.0574)	0.1069 * (0.0573)	0.1330 ** (0.0573)	0.1242 ** (0.0568)
L2.lnRgdpB	0.1280 *** (0.0480)	0.0943 * (0.0495)	0.1080 ** (0.0495)	0.0977 ** (0.0493)	0.1154 ** (0.0488)	0.0938 * (0.0488)
L2.lnrlA	0.2414 *** (0.0747)	0.2523 *** (0.0764)	0.2233 *** (0.0782)	0.2242 *** (0.0760)	0.2749 *** (0.0774)	0.2565 *** (0.0764)
L2.lnrlB	0.3086 *** (0.0616)	0.2986 *** (0.0642)	0.2924 *** (0.0638)	0.3104 *** (0.0626)	0.2221 *** (0.0665)	0.2306 *** (0.0659)
Border	0.3982 * (0.2317)			0.4215 * (0.2349)		0.3234 (0.2406)
Geodis	3.6294 *** (1.1397)			3.6428 *** (1.1596)		4.2797 *** (1.1821)
Codis		5.2794 *** (1.4117)		5.2325 *** (1.4097)		5.3588 *** (1.4075)
Instdis			0.3123 (0.3039)	0.3934 (0.2807)		0.4996 * (0.2850)
Kjdist					-0.1506 *** (0.0418)	-0.1706 *** (0.0420)
Pair effect	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Time effect	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Loglikelihood	-5 512.283	-5 524.975	-5 531.585	-5 504.069	-5 525.692	-5 495.852
观察值	2 866	2 866	2 866	2 866	2 866	2 866

3. 模型拓展: 科研经费的组间差异

遗漏变量的存在会导致内生性问题。考虑到政府科教经费资助为要素集聚、技术创新与知识生产提供必不可少的重要支撑。本文将城市间政府科技教育经费资助差距 ($Kjdist$) 加入模型回归(见表 3), 经费资助采用历年各城市政府经费支出中相应的用于科学技术和教育的部分衡量。按年经费平均数大小将城市分为科技教育经费支出高低两组, 绘制箱线图如图 1 所示(图中纵坐标为历年城市间合作知识生产量取自然对数; H

为历年经费资助较高的城市组 ,L 为历年经费资助较低的城市组) ,发现存在明显的组间差异 ,历年高经费组城市的合作知识产出绩效明显高于低经费组城市。知识生产过程中经费资助的不对等是不利的因素 ,促使合作成果绩效差异的累积 ,反过来进一步扩大了经费资助高低组间的差异 ,再次拉大城市之间知识增长的差距 ,导致了合作型知识生产幂律分布与层级特征的形成。

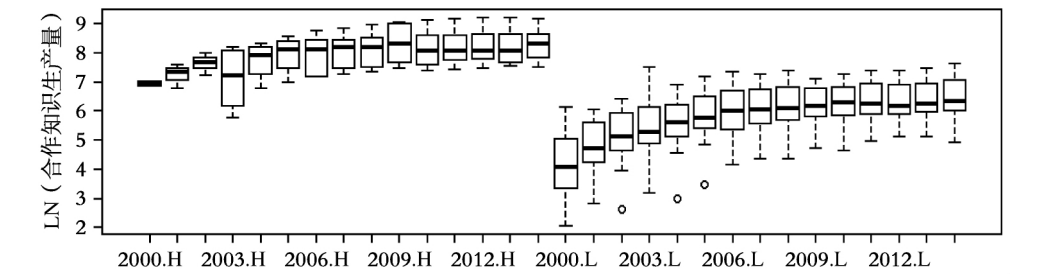


图 1 按科教经费资助规模分组的历年城市合作知识生产量组间差异

(三) 城市的制度优势对知识生产过程的影响

小城市之间 ,即便边界相邻、经济规模接近 ,其合作绩效也远远小于小城市与地理距离较远、行政级别存在差异的大城市的合作绩效。本文为检验沪宁杭行政级别对知识生产过程的影响 ,依次对全样本回归、分别剔除沪宁杭城市后的样本回归以及各变量间的交互效应进行检验。

1. 沪宁杭核心大城市的制度优势的一般性影响

对全样本进行回归 ,结果发现 ,因为合作过程中对核心大城市选择效应的存在 ,对边界效应与行政级别的影响均造成了一定程度的扭曲 ,而知识结构相似性影响对产出绩效的正向作用与科教资助差距的负向影响依然稳健(见表 4)。边界效应影响为负 ,行政级别效应为负 ,均在 0.01 水平上显著。长三角 25 个城市知识合作生产量总体服从幂律分布 ,空间层次呈大城市与大城市、大城市与小城市、小城市与小城市的梯形递减分布 ,表现出明显的核心—边缘结构。更大的知识生产量集中于边界不相邻的上海—南京—杭州三个城市及其与其他城市间 ,而较少集中于边界相邻的长三角两翼城市间。因此整体而言 ,边界相邻的正向作用难以抵消区域核心大城市行政级别影响 ,而城市行政级别影响也受到地理条件约束 ,地理条件与行政级别的叠加效应明显 ,因此在实证结果中表现出两者对产出绩效的负向关系 ,假说一得证。

表 4 沪宁杭核心城市制度优势对变量作用的偏误

变 量	全样本				
	地理邻近	认知邻近	制度邻近	科教经费差异	综合回归
L2.lnRgdpA	0.1929 *** (0.0460)	0.1190 ** (0.0471)	0.1851 *** (0.0451)	0.1967 *** (0.0470)	0.1535 *** (0.0459)
L2.lnRgdpB	0.0608 * (0.0357)	0.0246 (0.0368)	0.0872 ** (0.0355)	0.0397 (0.0368)	0.0619 (0.0349)

续表

变 量	全样本				
	地理邻近	认知邻近	制度邻近	科教经费差异	综合回归
L2.lnrlA	0.2146 *** (0.0422)	0.1735 *** (0.0422)	0.4023 *** (0.0531)	0.2138 *** (0.0454)	0.4055 *** (0.0529)
L2.lnrlB	0.1526 *** (0.0426)	0.0997 ** (0.0427)	0.2021 *** (0.0442)	0.0633 (0.0446)	0.1516 *** (0.0475)
Border	-0.6839 *** (0.1284)				-0.1001 *** (0.0287)
Geodis	3.9789 *** (0.8569)				-0.6842 *** (0.1491)
Codis		3.9665 *** (0.6878)			3.7669 *** (0.9703)
Instdis			-0.6571 *** (0.0940)		4.6605 *** (0.7164)
Kjdist				-0.0849 ** (0.0291)	-0.3943 *** (0.1022)
Pair effect	Y	Y	Y	Y	Y
Time effect	Y	Y	Y	Y	Y
Loglikelihood	-9 016.950	-9 014.746	-9 006.882	-9 027.955	-8 977.011
观察值	4 342	4 342	4 342	3 760	3 760

2. 沪宁杭三座副省级省会城市对产出绩效影响因素的扭曲比较

为比较沪宁杭三座城市对邻近效应偏误的影响, 本文将全样本依次剔除沪宁杭其中的一座城市, 分别进行回归(见表 5)。在仅剔除南京或杭州时, 并没有改变全样本回归结果中各变量的作用方向, 扭曲依然存在, 长三角城市群并未达到真正的多中心城市网络结构。当仅剔除上海时, 边界相邻与行政级别的影响一定程度上得到了纠偏, 边界相邻与行政级别对合作知识产出均产生了正向影响, 表明上海在长三角区域内领头羊角色异常鲜明。城市群单中心结构模式向多中心结构转变过程中, 核心超大城市的作用短时间内也不会削减。而不管有无大城市的选择性偏误, 知识结构的作用方向均未改变。知识结构相似性对产出绩效的作用不受其他条件的控制, 当知识结构愈加趋同时, 对城市间知识合作结果的推动作用依然稳健。本文也发现, 只有当该城市在具有高行政级别的同时具有区域核心城市的经济地位, 行政级别的制度性优势才可以充分发挥, 经济地位越高, 制度优势越显著。

表 5 沪宁杭城市级别对不同变量作用的偏误比较

变量	仅剔除宁	仅剔除杭	仅剔除沪
L2.lnRgdpA	0.1616 *** (0.0470)	0.1255 ** (0.0508)	0.1400 *** (0.0498)

续表

变量	仅剔除宁	仅剔除杭	仅剔除沪
L2.lnRgdpB	0.0626 [*] (0.0377)	0.0502 (0.0379)	0.0710 [*] (0.0372)
L2.lnrlA	0.3777 ^{***} (0.0577)	0.4965 ^{***} (0.0584)	0.2060 ^{***} (0.0630)
L2.lnrlB	0.1407 ^{***} (0.0529)	0.2015 ^{***} (0.0510)	0.1232 ^{**} (0.0509)
Border	-0.9775 ^{***} (0.1819)	-0.5644 ^{***} (0.1638)	0.7982 ^{***} (0.1975)
Geodis	6.2063 ^{***} (1.0807)	3.3501 ^{***} (0.9988)	1.2449 (1.0555)
Codis	3.5029 ^{***} (0.7993)	4.4695 ^{***} (0.8101)	5.6227 ^{***} (0.7587)
Instdis	-0.3708 ^{***} (0.1119)	-0.6488 ^{***} (0.1124)	0.7350 ^{***} (0.1302)
Kjdist	-0.0818 ^{**} (0.0320)	-0.0724 ^{**} (0.0313)	-0.1494 ^{***} (0.0320)
Pair effect	Y	Y	Y
Time effect	Y	Y	Y
Loglikelihood	-7 670.418	-7 872.689	-7 562.304
观察值	3 449	3 449	3 446

3. 全样本变量交互效应检验

本文在负二项回归模型中进一步加入地理条件(边界相邻、空间距离)与知识结构、地理条件与城市行政级别,以及知识与城市行政级别的交乘项,以考察不同因素交互效应对城市知识合作产出绩效的作用^①。发现,无论是边界相邻、空间距离还是行政级别与知识结构的交互项,对知识合作产出均不存在显著的交互,这可能是由于两者之间的弱相合性导致的。知识结构的差异性对产出绩效的作用不受地理条件影响,也不会因为行政级别而影响合作双方基于知识异构的判断,这也决定了知识结构在知识合作关系选择与产出绩效过程中的核心作用。地理条件(边界相邻、空间距离)对行政级别的交互作用通过了显著性检验,系数为负。而考虑地理条件与行政级别的叠加效应后,边界效应与行政级别对产出绩效均存在正向的直接作用,符合预期。在叠加效应上,行政级别与地理条件效应相互约束。计算边界相邻的边际效应得 $| -0.5134 | > | -0.3331 |$ 。边界相邻的两个城市同时属于不同行政级别,则这两个城市之间开展合作创新的成绩都可能会降低。长三角区域内,行政级别的作用要大于边界效应,上海、杭

① 限于篇幅未放入回归表格,欢迎向作者索取。

州、南京属于同一行政级别,都为副省级城市及以上,但三个城市之间存在一定的空间距离且边界不相邻,然而其知识合作产出绩效高于其他城市。行政级别约束下的地理邻近效应非常明显,行政级别与地理条件间的叠加效应主要是由于上海、南京和杭州三个大城市更高的要素集聚密度而产生的集聚效应和极化效应(柯善咨 2009)。

六、城市间的知识合作可持续性: 一个简单讨论

初期质量高、创新度较高的合作,并不意味着可以长期高效地合作下去;反之,初期低质量的合作也并非意味着较差的合作前景。保证长期的合作关系维持且较好的论文产出的绩效是可持续性的关键。根据表 1 的 ERGM 回归结果,知识结构相似性对节点间连接概率的影响均为负,知识结构基础趋异更加有助于知识互补,基于对不同结构知识的互动更容易出现知识创新,从而双方会更加倾向于选择对方作为合作伙伴。而在控制了城市属性与固定效应、加入不同变量间的交互与可能的遗漏变量之后再考察,知识结构相似对产出绩效的平均效应皆为正。知识合作创新与生产过程中,知识的异构会被磨合,随着合作知识生产的增长,知识结构趋同更有利于合作双方的协同。本文认为,研究人员在寻找初始合作伙伴时,往往基于知识互补的考虑,而后期研发与合作过程中,趋同的认知能力和相近的科研水平更有助于合作知识的生产。

本文依据所阐述的理论基础,进一步采用全样本数据,将产出绩效按年份分组回归(见表 6),分析合作知识产出增长过程中知识结构异质性作用的演化趋势。

表 6 知识结构异质性演化趋势与知识合作可持续性评估

年份 变量	2000—2003	2004—2007	2008—2011	2012—2014
知识结构异质性	-7.379* (4.0933)	-2.0883 (1.4935)	1.7195* (0.864)	1.8759** (0.7432)
其他变量	控制	控制	控制	控制
Pair effect	Y	Y	Y	Y
Time effect	Y	Y	Y	Y
Loglikelihood	-439.578	-1 882.180	-2 129.597	-1 431.416
观察值	440	1 076	1 096	858

根据表 6 估计结果,知识结构相似性在 2000—2007 年中,对产出绩效尚为负向影响,其中 2000—2003 年估计结果通过显著性检验。表明 2000—2007 年,知识结构尚未基本趋同,异质性较大,合作双方仍在磨合期,但是这种负向影响在减小。2008—2014 年,认知邻近对产出绩效的影响则为正向关系,均通过显著性检验,知识结构逐渐趋同的趋势更加有利于产出绩效,且作用更加明显。

因此,知识结构的相似性或异质性的作用应该分寻找合作关系与建立关系后强化产出两个阶段区别认识,能否建立长期的合作关系与能否持续产出具有创新性的成果,核心是双方的知识结构是否会在合作过程中发生演化,假说三成立。

七、结论与启示

本文将不同城市间的科研人员合作论文发表数据,按照科研人员所在城市进行整合,利用长三角25个城市15年间科学论文联合发表数据,在城市尺度上探讨了劳动力知识合作的关系选择、产出绩效与可持续性问题。根据知识合作的关系选择与产出绩效问题本质分别建模,构建随机指数图模型(ERGM)探讨知识合作关系选择中的自组织效应、规模同配型与地理、行政级别与知识结构协变量网络的影响作用。通过拓展的负二项引力模型检验知识合作产出过程中的影响因素变化。重点比较分析知识异构程度对关系选择与产出绩效的异质性影响,并基于知识结构异构程度在不同合作阶段演化的趋势,简要探讨了合作的可持续问题,对新经济地理学关于知识交换与合作动态行为的理论研究提供了较为完整的经验证据。

本文主要研究结论如下:

知识合作关系选择与产出绩效的影响因素存在显著差异。针对知识合作关系选择与产出绩效问题的本质特征,采取与之相适应的建模策略后,知识合作关系选择取决于网络外部性、空间距离与知识结构的相似性。与之相区别的是,产出绩效问题不受网络外部性干扰,在控制其他变量后,地理条件、知识与行政级别均具有显著作用。多维邻近动力以及其他诸多客观因素会显著影响知识合作产出绩效,但并非都是知识合作关系选择的关键。行政级别与地理条件间的叠加效应明显、相互制约。本文也从实证中发现,当剔除直辖市和两个副省级省会城市的干扰之后,边界相邻效应与制度效应对产出绩效的作用均得到纠偏,而上海的影响最为明显,长三角城市群仍然以单中心空间结构为主,而当且仅当该城市在具有高行政级别的同时具有区域核心城市的经济地位,行政级别的制度性优势才可以充分发挥,经济地位越高,制度优势越显著。

认识到知识结构差异性的作用随知识合作阶段的不同而演化,是分析可持续问题的关键。随着知识合作产出的增长,知识结构存在从异质性向趋同演化更有利于合作的趋势。关系选择阶段,对是否更大概率建立合作关系,知识结构异质性是核心因素,其机理在于互补的知识结构更有可能出现知识的创新与突破,但存在较高的创新不确定性。而确定合作关系之后,随着产出绩效的持续增高,知识结构趋同则是关键,机理是认知趋同促使合作的城市间能够更好地协同分工、协调矛盾,以及对已有合作成果认知的不断加强、提高对未来成果的可预见性,进一步降低知识创新的不确定性,从而保证了长期的可持续性合作。

本文的研究弥补了当前关于合作知识生产研究的不足,也丰富了城市地理等学科在城市知识网络领域的研究结论。更为重要的,本文解释了异质性劳动力区位选择理论中关于知识交互与合作行为的理论命题,提供了适当的经验证据,丰富了其理论在中国的本土实践。

根据研究结论,本文得到如下的政策启示:首先,相比于城市内部知识交流的研究,城市间的知识互动更加有趣,这不仅关系到众多城市作为一个城市体系协调、均衡地成长,也关系到当前针对各个城市发展的差异化政策的作用。从不同城市的微观科研人

员的基础合作研究到政府层面的经济合作与协调发展,政府应当合理基于城市间毗邻关系,充分调配自身和借助合作方的政治资源,以促进城市发展与知识创新扩散力度,在相应的阶段,适当动用行政力量与政策工具,促使知识结构合理演化,降低创新的不确定性,均衡城市体系结构。其次,多中心城市网络更加有利于城市间知识协同创新。因此,在充分发挥核心城市领头作用时,要注意平衡中小城市资源配置,促成多中心网络化城市布局。而初期的地区间经济合作基于资源与优势互补、长期合作与共同发展原则出发,随着发展深入,互补优势会逐渐磨合,长期则会陷入合作困境。因此,区域协调发展战略应当遵循演化原理,各对合作关系可在适当阶段重新结对合作,以真正促成有效的协调发展。

参 考 文 献

- Audretsch D. B. and M. P. Feldman, 1996, "R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production," *American Economic Review*, 86(3): 630-640.
- Berliant, M., 2006, "Knowledge Exchange, Matching, and Agglomeration," *Journal of Urban Economics*, 60(1): 69-95.
- Berliant, M. and M. Fujita, 2008, "Knowledge Creation as A Square Dance on the Hilbert Cube," *International Economic Review* 49(4): 1251-1295.
- Berliant, M. and M. Fujita, 2009, "Dynamics of Knowledge Creation and Transfer: The Two Person Case," *International Journal of Economic Theory*, 5(2): 155-179.
- Berliant, M. and M. Fujita, 2012, "Culture and Diversity in Knowledge Creation," *Regional Science and Urban Economics*, 42(4): 648-662.
- Boschma, R., 2005, "Proximity and Innovation: A Critical Assessment," *Regional Studies*, 39(1): 61-74.
- Boschma, R. and K. Frenken, 2010, "The Spatial Evolution of Innovation Networks: A Proximity Perspective," in *The Handbook of Evolutionary Economic Geography*, Eds. By Boschma, R. M., Cheltenham: Edward Elgar.
- Cunningham, S. W. and C. Werker, 2002, "Proximity and Collaboration in European Nanotechnology," *Papers in Regional Science*, 91(4): 723-742.
- Dong, X., S. Zheng and M. E. Kahn, 2018, "The Role of Transportation Speed in Facilitating High Skilled Teamwork," NBER Working Paper, No. 24539.
- Fujita, M., 2007, "Towards the New Economic Geography in the Brain Power Society," *Regional Science & Urban Economics*, 37(4): 482-490.
- Fujita, M., P. Krugman and A. J. Venables, 1999, *The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade*, Published by The MIT Press.
- Gertler, M. S., 2007, "Tacit Knowledge and the Economic Geography of Context or the Undefinable Tacitness of Being There," *Journal of Economic Geography*, 3(1): 75-99.
- Glaeser, E. L., 1999, "Learning in Cities," *Journal of Urban Economics*, 46(2): 254-277.
- Goodreau, S. M., 2007, "Advances in Exponential Random Graph, Models Applied to a Large Social Network," *Social Networks*, 29(2): 231-248.
- Guan, J., J. Zhang and Y. Yan, 2015, "The Impact of Multilevel Networks on Innovation," *Research Policy*, 44(3): 545-559.
- Heringa, P. W., E. Horlings, M. van der Zouwen, et al., 2014, "How Do Dimensions of Proximity Relate to the Outcomes of Collaboration? A Survey of Knowledge-intensive Networks in the Dutch Water Sector," *Economics of Innovation & New Technology*, 23(7): 689-716.
- Jaffe, A. B., 1986, "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market

- Value," *American Economic Review*, 76(5): 984-1001.
- Jaffe, A. B., 1989, "Real Effects of Academic Research," *American Economic Review*, 79(5): 957-970.
- Kirat, T. and Y. Lung, 1999, "Innovation and Proximity Territories as Loci of Collective Learning Processes," *European Urban & Regional Studies*, 6(1): 27-38.
- Lucas, Jr. R. E., 1988, "On the Mechanics of Economic Development," *Journal of Monetary Economics*, 22(1): 3-42.
- Myrdal, G., 1990, *Political Element in the Development of Economic Theory*, Published by Transaction Publishers.
- OECD, 1992, *Technology and The Economy: The Key Relationships*, OECD, Paris.
- Robins, G., P. Pattison, Y. Kalish, et al., 2007, "An Introduction to Exponential Random Graph (p^*) Models for Social Networks," *Social Networks*, 29(2): 173-191.
- Roca, J. D. L. and D. Puga, 2017, "Learning by Working in Big Cities," *The Review of Economic Studies*, 84(1): 106-142.
- Romer, P. M., 1986, "Increasing Returns and Long-run Growth," *Journal of Political Economy*, 94(5): 1002-1037.
- Romer, P. M., 1990, "Endogenous Technological Change," *The Journal of Political Economy*, 98(5): S71-S102.
- Scherngell, T. and Y. Hu, 2010, "Collaborative Knowledge Production in China: Regional Evidence from A Gravity Model Approach," *Regional Studies*, 45(6): 755-772.
- Shaw, A. T. and J. P. Gilly, 2000, "On the Analytical Dimension of Proximity Dynamics," *Regional Studies*, 34(2): 169-180.
- Torre, A., 2008, "On the Role Played by Temporary Geographical Proximity in Knowledge Transmission," *Regional Studies*, 42(6): 869-889.
- Torre, A. and A. Rallet, 2005, "Proximity and Localization," *Regional Studies*, 39(1): 47-59.
- Wasserman, S. and P. Pattison, 1996, "Logit Models and Logistic Regressions for Social Networks: I. An introduction to Markov Graphs Andp," *Psychometrika*, 61(3): 401-425.
- 党兴华和弓志刚, 2013,《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》,《科学学研究》第10期 1590—1600页。
- 江艇、孙鲲鹏和聂辉华, 2018,《城市级别、全要素生产率和资源错配》,《管理世界》第3期 38—50+77页。
- 柯善咨, 2009,《中国城市与区域经济增长的扩散回流与市场区效应》,《经济研究》第8期 85—98页。
- 李丹丹、汪涛、魏也华等, 2015,《中国城市尺度科学知识网络与技术知识网络结构的时空复杂性》,《地理研究》第3期 525—540页。
- 李丹丹、汪涛和周辉, 2013,《基于不同时空尺度的知识溢出网络结构特征研究》,《地理科学》第10期 1180—1187页。
- 李建成、王庆喜和唐根年, 2017,《长三角城市群科学知识网络动态演化分析》,《科学学研究》第2期 189—197页。
- 李琳, 2014,《多维邻近性与产业集群创新》,北京大学出版社。
- 梁琦, 2004,《产业集聚论》,商务印书馆。
- 梁琦、李建成和陈建隆, 2018,《异质性劳动力区位选择研究进展》,《经济学动态》第4期 124—139页。
- 吕国庆、曾刚和顾娜娜, 2014,《基于地理邻近与社会邻近的创新网络动态演化分析——以我国装备制造业为例》,《中国软科学》第5期 97—106页。
- 汪涛、Stefan Hennemann等, 2011,《知识网络空间结构演化及对NIS建设的启示——以我国生物技术知识为例》,《地理研究》第10期 1861—1872页。
- 夏丽娟和谢富纪, 2014,《多维邻近视角下的合作创新研究评述与未来展望》,《外国经济与管理》第11期 45—54页。
- 赵渺希、吴康、刘行健等, 2014,《城市网络的一种算法及其实证比较》,《地理学报》第2期 169—183页。