

中国城市间技术转移的空间特征与邻近性机理

张翼鸥^{1,2}, 谷人旭^{1,2*}, 马 双³

(1. 华东师范大学城市发展研究院, 上海 200062; 2. 华东师范大学城市与区域科学学院, 上海 200241;
3. 上海社会科学院信息研究所, 上海 200235)

摘 要: 技术转移是区域经济发展的主要方式。城市作为多种要素流动的中心, 彼此间的相互作用和联系状况, 是城市地理研究的重要内容。因此, 在知识经济时代, 对技术转移的机理进行探讨尤为重要。在此背景下, 论文基于国家知识产权局2000—2015年的专利转移数据, 借助Gephi、ArcGIS和Stata等工具, 对中国技术转移网络的主体结构、分部类模式及其空间特征进行了探究。结果表明: ①就技术转移网络的主体而言, 虽然民营企业和高校的地位不断攀升, 但多数联系建立在高校、科研院所与其衍生企业之间, 说明网络整体连通性较低, 溢出效应微弱; ②从分部类专利转移数据来看, 对创新能力要求较高的知识往往在相对较少的地方产生, 且其转移的空间尺度主要集中于城市内, 说明中国城市间技术转移存在一定的地域阻隔; ③对多维邻近性及其影响的回归分析表明, 多数城市在建立创新联系时, 更倾向与同一行政区内或地理、技术规模邻近的城市进行专利转移, 即地理邻近、技术邻近、社会邻近对中国产学研合作网络的构架具有正向的促进作用。

关键词: 技术转移; 多维邻近性; 创新网络; 空间特征; 中国

技术转移作为区域经济发展的一种重要手段, 是指技术持有者通过各种方式将其拥有的技术以及有关的权利转移给他人的行为, 是技术转化为生产力的核心途径(Buenstorf et al, 2013)。成功的技术转移不仅可以在更广泛的市场中对其进行再利用或再开发, 更重要的是在这一过程中, 原有技术可以得到重新诠释并激发新想法, 推动创新过程的实现(Lawson et al, 1999)。自中国提出建设创新型国家、实施创新驱动的发展战略以来, 党和国家高度重视技术转移, 并于2016年出台了《促进科技成果转化行动方案》, 明确指出技术转移是创新驱动发展的重要任务, 对于推进大众创业、万众创新、打造经济发展新引擎具有重要意义。因此, 技术的空间生产与空间流动成为经济地理学研究的热点问题。随着技术转移的日益频繁, 区域性和全球性的技术转移网络正在涌现, 其关联及演化的复

杂性引起西方经济地理学者广泛关注。与此同时, 社会网络及复杂网络分析方法的兴起, 为洞察技术转移网络的复杂性提供了强大支撑。此外, 这种技术转移网络背后的邻近性机理也受到广泛重视。Jaffe等(1993)的实证研究表明, 知识和技术更有可能在拥有紧密联系的个体或区域之间流动。这种紧密联系包括地理邻近性、认知邻近性、组织邻近性、制度邻近性和社会邻近性等(Boschma, 2005)。因此多维邻近性是研究技术转移网络及其影响因素的重要分析框架(胡杨等, 2017)。随着新一轮的技术转移和国家创新型城市建设的深入推进, 本文着眼于知识转移, 运用社会网络分析方法, 明确创新主体, 归纳中国技术转移网络特征, 厘清创新网络空间演化规律, 并利用负二项回归方法确定多维邻近性对该网络的作用机理, 有助于深入理解中国技术转移网络的空间格局与作用机理, 对于促进区

收稿日期: 2018-05-05; 修订日期: 2018-12-16。

基金项目: 上海市政府决策咨询项目(2018-GR-18)。[Foundation: Decision Consulting Project of Shanghai Municipal Government, No. 2018-GR-18.]

第一作者简介: 张翼鸥(1994—), 女, 辽宁沈阳人, 硕士生, 主要从事经济地理与区域创新研究。E-mail: zyo9426@126.com

*通信作者简介: 谷人旭(1961—), 男, 山东莱阳人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事产业集群与区域经济研究。

E-mail: rxgu@re.ecnu.edu.cn

引用格式: 张翼鸥, 谷人旭, 马双. 2019. 中国城市间技术转移的空间特征与邻近性机理 [J]. 地理科学进展, 38(3): 370-382. [Zhang Y O, Gu R X, Ma S. 2019. Spatial characteristics and proximity mechanism of technology transfer among cities in China. Progress in Geography, 38 (3): 370-382.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2019.03.007

域技术转移、优化科技资源配置、缩小区域技术差距具有一定的决策参考价值。

1 文献综述

1.1 技术转移是创新的重要组成部分

知识与技术的创造和转移常常被视为2个不同的过程。创造被认为是创新的必要过程,而转移常常被认为是已有知识和技术的扩散(Bathelt et al, 2011)。这种以知识复制的方式看待知识转移的区分低估了知识转移的创新潜力。刘承良等(2017)认为,世界范围的科技创新主要受科研合作和跨国公司技术转移的推动,而技术转移更是发展某国经济的重要方式(段德忠等, 2018)。Teece(1977)最早提出技术转移的概念,技术转移是指由于技术差距或者互补性的存在,技术需求方通过与技术供给方的互动取得所需技术,并加以吸收和应用的过程。此后,技术转移被国内外学者逐渐应用到企业间、企业内以及企业与外部组织的研究中。Chesbrough(2006)对企业通过整合内外部创新要素以创造新价值进行了系统研究,提出了“开放式创新”概念,认为企业与大学等外部知识源之间的广泛合作有利于技术和高级人才流动。Siegel等(2003)的研究同样表明,技术转移可以使企业获得更大的竞争优势。近年来,Bathelt等(2003)指出转移知识和技术的行为实际上是创新过程的一部分,因为现有专业知识交流激发了新想法,通过集体学习使得知识和技术可以被共享和链接(Lawson et al, 1999)。因此,技术的转移是创新过程的重要组成部分。

1.2 技术转移与城市创新网络

伴随着知识技术流动的日益频繁,区域性和全球性的知识技术转移网络正在涌现,且这种网络构建能力对主体间的技术转移有显著的正向影响(Reagans et al, 2003)。城市作为多种要素流动的中心,是整个经济系统的重要节点。因此,对城市间的联系进行研究也是城市地理的重要内容。随着中国城市间各类联系的逐步完善(包括交通、通讯等),中国城市的空间组织也逐步向网络式结构转变(甄峰等, 2012)。已有学者从经济和产业联系(武前波等, 2012)、旅游流(王永明等, 2012)、交通运输网(武文杰等, 2011)等方面探索中国城市间网络结构的复杂性。由于数据获取困难,对城市间信息和知识流的网络研究则较少涉及(方创琳等, 2014)。

此外,“Creative City”与“Innovative City”等城市创新理论的提出对创新网络的研究产生了重大影响,以城市为节点的创新网络受到越来越多的关注,城市间知识和技术流动及其网络的研究正契合了国家创新发展的需要,城市间的知识和技术流动成为城市网络研究的新动向(吕国庆等, 2014; 马海涛, 2016)。

1.3 技术转移及其邻近性机理

近年来,网络结构异质性背后的邻近性影响机制也被广泛审视。“多维邻近与创新”更是西方区域经济学、创新经济学、经济地理学等学科关注的焦点(Crescenzi et al, 2016)。他们强调邻近性在创新过程中的作用,主要构建地理邻近性、认知邻近性、组织邻近性、制度邻近性和社会邻近性(Boschma, 2005)来分析知识创新活动的本地蜂鸣与全球通道(Bathelt et al, 2004; Ibert et al, 2015),以及邻近性与创新互动、创新绩效的关系(Bouba-Olga et al, 2015)。已有研究表明地理邻近性、社会邻近性、认知邻近性是影响创新网络演化的重要因素(Shaw et al, 2000)。地理邻近性的重要意义在于地理空间上的短距离能够促进面对面交流的形成,有利于创新主体交流互动和隐性知识溢出。这种“产业氛围”的形成有利于产业区内企业的互动与知识共享(王秋玉等, 2016);这里需要强调的是,由于编码化知识的理解仍需要非编码化知识的转移帮助,因此地理邻近性对于编码化知识仍具有重要影响。社会邻近性的概念源于社会嵌入性理论,指行为主体之间社会嵌入性与亲疏关系。社会邻近性有利于行为主体之间信任感的建立(Boschma, 2005),这种信任感不仅会协调主体间的交易,还能促进知识和技术流动。Breschi通过对美国技术人才转移的研究认为,人际社会网络是影响知识流动的重要原因(Breschi et al, 2009)。技术邻近表现为行为主体在技术领域上的相似性,是基于技术经验和知识基础的共享而产生的。技术邻近指的并非技术本身,而是拥有这些技术的行为主体。当主体具备较强的技术吸收能力时,会认识到外部知识的重要价值,从而积极促进知识的流动和转移,并将其应用于商业目的。因此主体之间的技术邻近能够有效推动知识转移。

当前实证研究主要聚焦于企业间(Siegel et al, 2003; Dicken, 2004)和产业集群与技术联盟间的技术转移(Santoro et al, 2006)。无论是研究主体还是

空间尺度上,均缺乏以城市为主体的区域内部的技术转移(吕拉昌等, 2016)。一方面,城市作为创新的主要场所,以城市为主体的知识转移有助于理解城市创新与经济发展;另一方面,中国作为一个非均质的后发型大国,区域内部知识水平差异较大,促进区域内部的知识转移也尤为重要。因此,本文拟利用国家知识产权局2000—2015年的专利转移数据对中国知识转移网络的演化结构及空间特征加以探索,并利用回归分析的方法对该网络的多维邻近性机理进行分析。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

Hagedoorn等(2003)认为专利是衡量技术知识的主要指标,且专利转移数据是衡量技术流动的重要方法。由于专利申请权和专利权可以转让^①,专利转让完成后,国家知识产权局会对专利的法律状态信息,包括专利号、发明名称、备案生效日、变更前权利人、变更后权利人、权利人地址等相关信息进行更正。因此,本文数据主要来源于国家知识产权局的专利信息服务平台^②,利用Python语言中的Scrapy程序构建分布式爬虫,提取2000—2015年专利权利转让的数据共计375047条。为研究中国知识转移网络的主体特征及演化趋势,本文选取了2000、2005、2010和2015年4个时间节点进行分析,通过人工校验对专利权变更前后的主体类型进行界定。此外,为研究中国技术转移网络的空间尺度,拟在原始数据未提供权利人完全地理信息的情况下,依据2015年中国邮政集团公司提供的全国各省、市、自治区地级行政单元的邮政编码,将邮政编码与相应的地级行政单元配对生成“邮编号-城市名称”的地理信息空间数据库,结合ArcGIS的脚本语言利用Python程序,将专利权利人的邮编匹配相应城市,从而获得专利权利人的城市地理信息。为保持研究区域的空间连续性,将4个直辖市和6个未有托管关系的省直辖县级行政区(湖北省仙桃市、潜江市、天门市和神农架林区,河南省济源市,新疆维吾尔自治区石河子市)也作为研究单元纳入分析研究的范围,共计340个地级行政单元。随后通过大量的人工校验修复数据,并通过随机抽取、

交叉检验等方式对数据进行校验,从而确保数据的科学性、统一性。

2.2 研究方法

2.2.1 网络模型

本文中技术转移网络的节点为转移前后的主体及其地理位置,节点间转移专利的数量关系为边。节点*i*与节点*j*之间的知识转移既存在方向性,也存在数量的权重性,因此依据图论原理构建有向加权网络有序对 $D=\langle v_i, v_j \rangle$, v_i 是弧的始点, v_j 是弧的终点; $\langle v_i, v_j \rangle$ 和 $\langle v_j, v_i \rangle$ 表示2条不同的弧。 a_{ij} 表示从节点*i*出发到节点*j*, w_{ij} 指的是节点*i*与节点*j*的连接权重,则可以定义为 k_i ,强度值为 S_i ,相关表征网络属性指标计算公式如下(刘承良等, 2017):

出度(outdegree)为以节点*i*为起点链接节点的数目(共有*N*个节点),入度(indegree)为以节点*i*为终点链接节点的数目,平均度*P*表示节点平均连接节点的数量。其中出度 k_i^{out} 、入度 k_i^{in} 表示节点的连通性,平均度 P_i 则是表征网络整体的连通性:

$$k_i^{\text{in}} = \sum_{j=1}^N a_{ji} \quad (1)$$

$$k_i^{\text{out}} = \sum_{j=1}^N a_{ij} \quad (2)$$

$$P_i = k_i / N \quad (3)$$

加权出度(weighted outdegree)为以节点*i*为终点的所有弧的边权之和,加权入度(weighted indegree)为以节点*i*为起点的所有弧的边权之和,平均加权度*U*表示节点连接的平均权重。其中出强度 S_i^{out} 、入强度 S_i^{in} 表示节点之间联系的强度,平均加权度 U_i 则是网络整体的关联强度:

$$S_i^{\text{in}} = \sum_{j=1}^N a_{ji} w_{ji} \quad (4)$$

$$S_i^{\text{out}} = \sum_{j=1}^N a_{ij} w_{ij} \quad (5)$$

$$U_i = S_i / k_i \quad (6)$$

2.2.2 回归模型

回归分析可以展示解释变量与被解释变量之间的相互关系和影响程度。综合考虑变量的数值特性和数理统计分布,本文构建负二项式回归模型(negative binomial regression)探究多维邻近性(地理邻近、社会邻近、技术邻近)对知识转移网络结构的影响。模型如下:

① 《中华人民共和国专利法》第10条。

② <http://search.cnipr.com/>。

$$D_{ij} = \alpha + \beta_{ij} \sum \text{proximity}_{ij} + \gamma_{ij} \sum \text{controlvar}_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (7)$$

其中:因变量为节点间专利技术转移的数量,即知识转移网络中节点间对应的强度,即 D_{ij} ;自变量 proximity_{ij} 表示的多维邻近性分别有地理邻近性(Geoproximity)、技术邻近性(Tecproximity)、社会邻近(Socproximity); controlvar_{ij} 为控制变量,本文选择的控制变量主要有城市技术势差、技术吸收能力、城市行政等级。

(1) 地理邻近性(Geoproximity)。地理邻近表示技术转移网络中的节点空间距离,本文利用ArcGIS软件进行测算,考虑到中国国土面积较大,实际空间距离差异过大可能会影响结果的准确性,因此,对实际距离进行标准化,计算公式如下:

$$\text{Geoproximity}_{ij} = 1 - \ln(d_{ij} / \max d_{ij}) \quad (8)$$

式中: d_{ij} 表示节点 i 和节点 j 之间的地理距离; $\max d_{ij}$ 为研究样本中节点间的最大距离。最后计算的结果为0~1之间的连续变量。

(2) 技术邻近性(Tecproximity)。技术邻近性表示城市在技术中的相似性,依据Jaffe等(1993)提出的测度方法,本文利用转移前一年双方城市发明和实用新型专利的IPC分类号构建城市 i 与城市 j 之间的向量。按照国际专利分类法将专利分成122类,计算公式如下:

$$\text{Tecproximity}_{ij} = f_i f_j' / [(f_i f_i')(f_j f_j')]^{\frac{1}{2}} \\ = \frac{\sum_{k=1}^{122} f_{ik} f_{jk}}{\sqrt{\left(\sum_{k=1}^{122} f_{ik}^2 \sum_{k=1}^{122} f_{jk}^2 \right)}} \quad (9)$$

式中: f_{ik} 表示在某时间段内 i 城市在第 k 类专利中申请的发明专利总数; f_{jk} 表示在某时间段内 j 城市在第 k 类专利中申请的发明专利总数。计算结果为0~1之间的连续变量:数值越大,表示双方城市的技术结构和知识水平越趋于一致,反之差异性越大。数据主要通过检索从国家知识产权局获得。

(3) 社会邻近性(Socproximity)。社会邻近性表示行为主体间的亲疏关系。本文参考Schemgell等(2009)的研究,利用Jaccard指数度量城市间的技术转移社会邻近性。由于在有向不对称网络中社会化关系也具有不对等性,因此,本文对该公式进行适当改进,计算公式为:

$$\text{Socproximity}_{ij} = I_{ij} / (\text{Out}_s(i) + \text{In}_s(j) - I_{ij}) \quad (10)$$

式中: I_{ij} 表示在以 i 为起点到终点 j 的边权; $\text{Out}_s(i)$ 表示 i 的所有出强度; $\text{In}_s(j)$ 表示 j 的所有入强度。

控制变量依据前人研究的成果并结合中国城市的特性选择。3个控制变量测度结果如下:

(1) 城市技术势差(Tecdifference):依据van Elkan等(1996)的技术势差理论,区域存在的技术势差是技术移动因。大量的实证也指出,区域间存在技术能力的差异有利于技术扩散。由于本文使用专利转移数据,因此使用城市知识转移前一年专利授权数量代表城市的技术势能。计算公式为:

$$\text{Tecdifference}_{ij} = |\text{patent}_i - \text{patent}_j| \quad (11)$$

式中: patent_i 表示 i 城市的专利授权量; patent_j 表示 j 城市的专利授权量。

(2) 城市行政等级(Administration):Andersson等(2014)认为,中国以政府为主导的国家创新系统中,众多高校、科研机构、企业等创新主体集聚于北京、上海、天津、重庆等直辖市和省会城市。城市行政等级对知识转移具有深刻的影响,因此,为控制城市以行政等级为代表的城市政治地位对知识转移的影响,本文设置城市哑变量Citydummy,如果双方城市均为直辖市或省会城市则取值为1,反之取值为0。

(3) 技术吸收能力(Tecabsorb):是指区域对外部知识有效吸收和利用的程度,大量的实证表明区域吸收能力对知识溢出和知识转移具有决定作用。因此,本文借鉴Tsai等(1998)的研究,使用城市R&D投入占GDP比重衡量区域技术吸收能力。由于中国目前缺乏专门的地级行政单元R&D统计,因此,本文以2011年发布的各省R&D普查公报中2009年的数据为基础,采用式(12)计算得到2012年R&D数据(RD):

$$\text{RD} = i_{2009} \times (1 + \alpha_{ij}) \quad (12)$$

式中: i_{2009} 表示地级行政单元2009年的R&D投入; α_{ij} 表示2009—2012年 i 地级市所在的 j 省份R&D投入的平均增长率。

3 中国技术转移网络的结构分析

中国专利申请授权与专利所有权转移审批开始于20世纪80年代,但在随后的10余年中,申请专利单位少,国有企业占据绝对垄断地位,专利审批总量小,年均增长仅为10%。直至21世纪初,专利申请及专利权转移的数量才显著增长。2000年8月25日,第九届全国人民代表大会常务委员会第十

七次会议通过了《关于修改<中华人民共和国专利法>的决定》，赋予了非国有企业与全民所有制、集体所有制企业同等的地位，为2001年中国加入WTO做准备。因此，中国专利转移总量于2000年以前一直处于较低水平，而从2000年开始，专利转移数量稳步增长，并于2002年超过1000项，2005年则跃升为2579项；2006年以后，专利转移总量更是迅猛增长，并于2015年达到27246项。由此可见，中国知识转移呈现明显的阶段性特征且逐渐加强。本文选取2000、2005、2010和2015年4个代表性时间节点对中国技术转移网络的演化规律进行探索。

3.1 技术转移网络的主体特征分析

2000年以来，中国技术转移网络的主体结构发生了较大变化，从企业角度来说，民营企业逐渐取代国有企业占据了主导地位，且在2010年之后所占比例高达50%以上，合资企业占比也在逐步提升，但一直低于10%；高校和科研机构占比逐渐降低，从2000年的50.68%下降至2015年的31.86%，其中科研机构所占比重经历了先上升后下降的态势，而高校占比受到中国高等教育改革的影响，呈现稳步增长的态势，并于2015年超过科研机构达到16.1%(图1)。

就技术转移网络的结构特征而言，本文利用Gephi软件分层统计网络的基本属性(表1)。从网络规模来看，节点数量和节点间的连接次数持续增加，由2000的73个节点与78次连接上升至2015年的1962个节点与3567次连接，节点之间逐渐出现联网趋势，网络线越发稠密。说明随着时间的推移，中国技术转移网络中参与转移的组织数逐渐增多，知识与技术转移愈发频繁。然而值得注意的

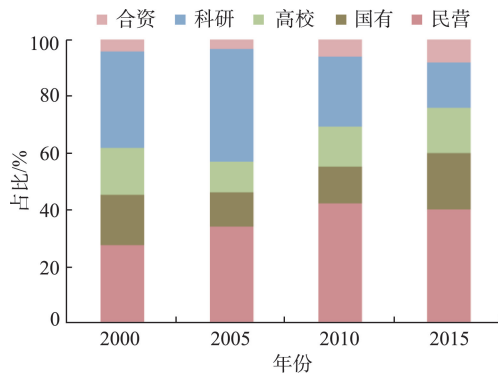


图1 2000—2015年中国技术转移主体结构演变
Fig.1 Historical changes of inventor composition in China, 2000–2015

是，从网络的连通性来看，节点的平均度持续处于较低水平，即使于2015年技术转移网络的整体平均度也仅为3.636，说明每个节点在全国大约连接4个其他节点，整体表现为较低的连通性。此外，虽然近年来企业与高校和科研院所间的联系持续增加，有望推动产学研战略合作的实现，但通过原始数据的观察发现，与高校联系密切的民营企业多为改革开放以来从高校和国有研究所剥离而出的企业，例如北大方正脱离北京大学，清华紫光脱离清华大学，联想集团脱离中科院计算机研究所等，更有52.6%的专利转移建立在大型企业和其自身创立的研究所之间(例如深圳市中兴通讯股份有限公司第二研究所和深圳市中兴通讯股份有限公司)。上述现象进一步说明，当前国内技术转移网络的溢出效应极其微弱。

具体来说，2000年创新主体数量为73个。利用Gephi软件对其重要性进行排序，依次为国有企业、中国科学院以及位于北京的高校，且所转移的专利均与通讯和航运等国家重点支持产业有关。表现最突出的为深圳市中兴通讯股份有限公司第二研究所和深圳市中兴通讯股份有限公司，以及清华大学和清华同方核技术股份有限公司。2005年创新主体数量增加到234个。随着有关民营企业的种种障碍被清除，以及民营创新服务体系的建立，民营企业在创新主体中所占比重逐渐升高，专利转移除集中在原有的钢铁、冶金等重化工产业外，开始逐渐向半导体、单晶硅以及太阳能等高科技产业转移。2010年创新网络中主体数量突破1000，达到了1140个，网络规模迅速增长，创新主体之间合作趋于密集。利用Gephi软件对节点的重要性进行排序发现，专利转移中的传统重化工业所占比重逐渐下降，而基本电气元件(沈阳变压器集团有限公司)、网络技术与电子通信技术(四川格瑞特有限公司)以及计算机技术(上海交通大学)等占据主导地位。2015年创新主体近2000个，专利技术在各领域均

表1 中国技术转移网络的基本属性
Tab.1 Basic features of the technology transfer network in China

年份	节点数	边数	平均度
2000	73	78	1.872
2005	234	257	2.197
2010	1140	1296	2.274
2015	1962	3567	3.636

注：数据采用Gephi软件统计得出。

有转移,网络整体呈现多样化态势,但仍以网络通信及半导体、单晶硅等高新技术产业为主(图2),且从主体的分布来看,长三角和珠三角等创新层级较高的地区越发占据主导。

3.2 部类知识转移网络的演化分析

根据国际专利分类表,专利共分为8个部类。A部为生活需要,D部为纺织造纸,这2类主要包括农业、服装制造和编织等第一产业及传统手工业;B部为作业、运输;C部为化学冶金,主要包括石油、钢铁等重化工工业专利;E部为固定建筑物;F部为机械工程、照明、加热、爆破;G部为物理,主要包括仪器制造和核工程等;H部为电学,主要包括基本电气元件和电子通信技术等。将样本数据按部类进行统计(表2),有助于分产业识别当前中国知识转移的发展状况,有的放矢地提出建议。

从专利转移数量上来看,各部类专利转移总量呈现逐年增长的趋势,尤其在近5年更是实现了飞速增长,同比增长率较大。其中A部和D部,即与第一产业和传统劳动密集型产业相关的专利转移数量所占比重逐年降低并分别稳定于10%和1%左右;而C部的石油、冶金等重化工产业的专利转移

数量历年居于前列,所占比重稳定在20%左右;此外,虽然2000年前后G部和H部等与精密仪器制造和电子通信技术等高新技术产业有关的专利转移数量较少,但其增长幅度较大,其中H部类的专利转移数量于2010年实现了10.72%的增长率,为所有部类中最高。总体来说,中国产业发展中的第一产业比重下降,第二、第三产业比重上升,且中国的技术转移和知识流动以第二产业为主,但仍以第二产业中的传统制造业为主(C部类),高新技术产业中的知识流动仍有待加强(G、H部类),与世界发达国家相比仍有一定差距,因此更应加强知识转移的创新体系构建,鼓励企业加大研发投入与创新商业模式,扶持高新技术产业建设,促进中国产业的转型升级。

从专利转移的空间尺度来看(表2),虽然所有部类的专利转移均以城市内为主,但F类(以机械工程和发动机制造为主)、G部类和H部类等以高新技术为主的专利转移,其空间尺度主要集中于城市内,其中2010年F部类的专利转移无省内尺度,近70%为同城转移,G部类和H部类的省内转移也都低于5%,且2015年这3类专利的区域间转移均在10%以

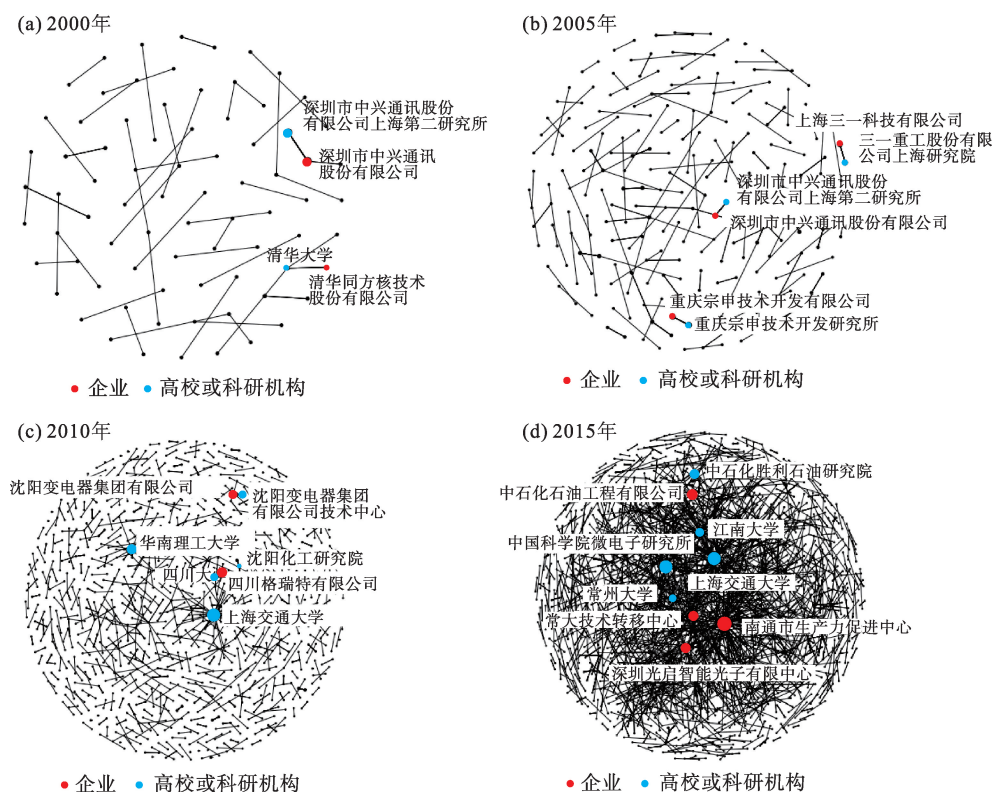


图2 中国技术转移网络主体演化示意图

Fig.2 Evolution of technology transfer network structure in China

表2 2000—2015年分部类专利转移情况
Tab.2 Distribution of patent transfers, 2000-2015

年份	项目	A 部	B 部	C 部	D 部	E 部	F 部	G 部	H 部
2000	转移总数	12	5	14	0	1	1	9	22
	城市内转移比例(%)	83.33	100.00	57.14	—	100.00	—	77.78	9.09
	省内转移比例(%)	8.33	0	14.29	—	0	—	0	0
	区域间转移比例(%)	16.67	—	12.50	—	—	100.00	0	0
2005	转移总数	56	42	55	13	7	7	26	18
	城市内转移比例(%)	55.36	87.50	69.09	100.00	85.71	100.00	76.92	44.44
	省内转移比例(%)	17.86	0	7.27	0	0	0	0	0
	区域间转移比例(%)	21.43	7.50	12.73	0	14.29	0	3.85	0
2010	转移总数	188	144	393	14	63	86	187	211
	城市内转移比例(%)	51.34	73.61	56.49	50.00	53.97	68.60	69.52	72.04
	省内转移比例(%)	10.16	3.47	10.94	7.14	26.98	0	1.07	4.27
	区域间转移比例(%)	19.79	6.94	12.21	7.14	7.94	16.28	10.70	10.90
2015	转移总数	494	487	859	42	310	252	501	584
	城市内转移比例(%)	51.01	60.08	54.55	54.76	84.52	54.37	42.51	56.16
	省内转移比例(%)	21.46	15.23	14.69	21.43	3.87	6.35	17.96	4.79
	区域间转移比例(%)	12.96	10.29	14.45	16.67	4.19	8.73	10.98	10.45

下。上述现象进一步佐证了 Boschma(2005)的研究结果,即对创新能力要求较高的技术往往在相对较少的地方产生,且一旦产生,这种知识是不容易移动的(Maskell et al, 1999)。因此,进一步探究中国技术转移网络的空间结构及多维邻近性对其影响尤为重要。

3.3 技术转移网络的空间结构特征

将样本数据按所属城市进行归类,专利转移前后的高校或科研机构与企业均在同一个城市的,认定为城市内部转移;转移前后主体位于同省但不同城市的认定为省内转移;按传统的东、中、西区域划分方法,将转移前后主体位于同区域但不同省份的认定为区域内转移;其他则为区域间转移。另外,创新活动具有明显的空间维度性,不同空间尺度下创新网络也具有不同的属性特征,从多空间尺度下解构中国技术转移网络的特征十分必要。

利用 Gephi 软件对知识转移网络的特征进行测算(表3),发现4个时间点网络的平均加权度分别为2.783、4.667、9.177和16.362,说明随着时间推移,转入或转出的专利总量在不断攀升,技术转移和知识流动量加大。其次,就网络平均路径而言,4个时间点分别为2.080、2.355、3.479和3.256,虽2005—2010年间有微弱的升高趋势,但平均路径长度较小,且在2015年呈现回落并趋稳的态势,说明中国知识转移网络的整体集聚程度较高,因此利用 Arc-

GIS 软件对其空间结构作进一步分析。

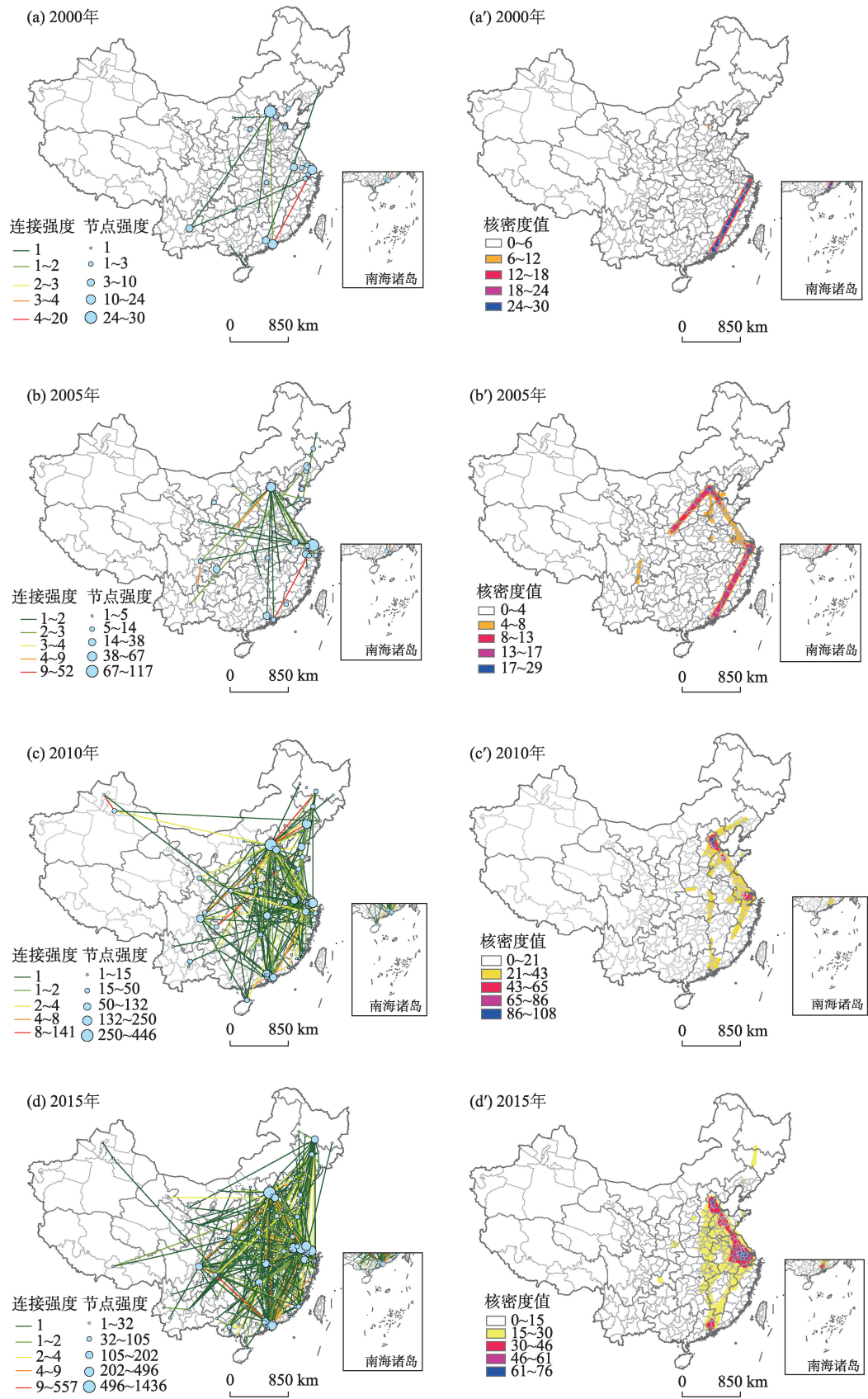
Andersson 等(2014)对中国科技创新空间特征的研究表明,强势政府对创新分布的影响较大,行政中心城市多为创新主体的所在地。从中国技术转移网络的空间布局图来看,虽然参与创新的节点城市增多且节点间的连接日渐密切,但多数连接仅为1~2次,网络强度较弱。因此,进一步利用核密度分析法对技术转移网络进行研究发现(图3),北京以及上海和深圳为代表的长三角与珠三角始终处于创新网络的重要节点位置,“创新三角”态势初现。成渝城市群虽然于2005年前后在知识转移网络中成为了重要节点,但事实上中国知识转移网络的东、中、西部差距仍十分明显,东部沿海城市仍居引领地位。从网络的连接强度来看,中国技术转移以等级扩散为主,即重要节点间的联系密切,空间分异特征明显。

同时,中国技术转移网络的层级特征鲜明(图4)。2000—2015年期间,共有141个城市参与知识

表3 2000—2015年中国技术转移网络的基本特征
Tab.3 Characteristics of the technology transfer network in China, 2000-2015

指标	2000年	2005年	2010年	2015年
平均加权度	2.783	4.667	9.177	16.362
平均路径长度	2.080	2.355	3.479	3.256

注:数据采用 Gephi 软件统计。



注：本图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2016)2885号的标准地图制作，底图无修改。下同。

图3 中国技术转移网络空间结构演化示意图

Fig.3 Schematic diagram of spatial structure evolution of the technology transfer network in China

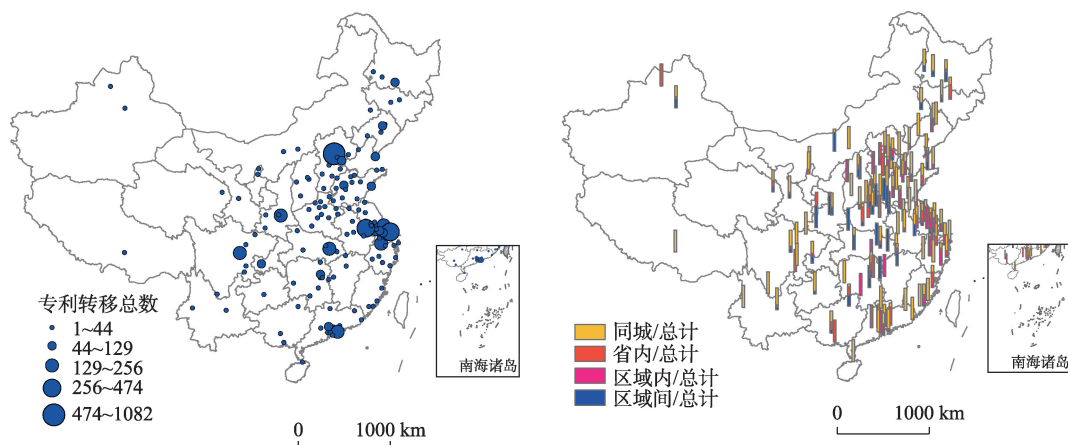


图4 中国专利转移的空间尺度分析

Fig.4 Spatial scale analysis of patent transfer in China

转移,数量上排名前30的城市主要位于中国东部地区,北京、上海和深圳居于绝对优势地位,也包括长三角与珠三角的重要节点城市(南京、南通、杭州、宁波、常州、广州等)和其他东部沿海省份的省会城市(沈阳、济南等),上述城市拥有的专利数量占总数的62.19%。从知识转移的空间载体结构来看,位居创新排名前30的城市偏向于同城和区域内2个空间尺度的转移。说明绝大多数城市在建立创新联系时更倾向与同一行政区内或地理、认知邻近的城市进行知识转移。因此,探究多维邻近性对知识转移网络的演化影响显得尤为重要。

4 技术转移网络的邻近性机理

由于因变量是计数变量且存在“过度分散”现象,本文采用负二项回归模型探究邻近性对技术转移网络的作用机理,以及3种邻近性的相互调节作用。同时,为确保估计结果的准确可信,采用层次回归分析方法。第一步,引入核心解释变量(模型1);第二步,加入控制变量(模型2);第三步,分别加入表示调节作用的交互项(模型3、模型4、模型5),所有回归模型均采用稳健标准误回归。回归结果如表4所示。

模型1为3种邻近性的回归结果,模型2为包含控制变量的结果。由模型2可见,技术势差、区域吸收能力、城市行政等级等因素对城市间技术转移的影响显著为正,3种邻近性对技术转移同样存在正向影响。具体解释如下:

地理邻近性的回归系数为1.852,且通过1%的

显著性水平检验,说明地理空间上的邻近性有利于技术转移。这与Maskell等(1999)认为空间距离是影响组织互动学习和知识溢出的基本要素观点相似。地理邻近性对技术转移作用机制上主要表现为降低交易成本和增强知识溢出。首先,作为一种市场交易,技术转移需要以线下洽谈、签订合同等方式保证其成功实现,而地理上的邻近能够降低技术供给与需求方在合约签订、执行等过程中的时空成本。其次,地理邻近能够促进供需双方的交流和隐性知识的传播与扩散。知识供给方和知识需求方频繁的交互利于技术需求方对新技术的学习和有效吸收。

社会邻近性的回归系数为8.906,且通过1%显著性水平检验。技术转移是一个知识供给与需求双向动态耦合的过程。在交易的前期双方之间存在信息搜索,基于社会关系提供的信息可以降低双方信息搜寻成本。同时,在良好社会关系基础上建立的相互信任可以降低知识交易过程中风险性和不确定性,增加知识供给方和需求方对知识转移实现的可预见性。此外,亲密的社会关系为知识溢出创造条件,增进主体间隐性知识转移与吸收,提高了嵌入外部知识的可能性。Ter Wal等(2009)认为社会邻近性是带动知识和技术跨区流动的关键因素。

技术邻近性对技术转移有显著为正的影响。这说明较高的技术邻近性有利于供需双方的技术交互。一方面,在技术的转移中需要技术接受者拥有“知道如何做(know how)”的能力,其表现为对新技术市场前景和应用价值的判断以及对技术整合转换的能力;另一方面,由于技术的生产依托于一定的产

表4 多维邻近性的回归结果分析
Tab.4 Results of the regression of multi-proximities

变量	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
Geoproximity	1.259*** (0.158)	1.852*** (0.220)	2.169*** (0.519)	2.094*** (0.222)	1.849*** (0.159)
Socproximity	6.263*** (1.198)	8.906*** (2.367)	8.869*** (2.460)	13.870*** (5.029)	6.035*** (2.141)
Tecproximity	0.839*** (0.0715)	0.571*** (0.0688)	0.690*** (0.175)	0.581*** (0.0669)	0.463*** (0.0812)
Tecdifference		0.244*** (0.0185)	0.245*** (0.0184)	0.255*** (0.0198)	0.241*** (0.0160)
Tecabsorb		0.296*** (0.0435)	0.291*** (0.0436)	0.299*** (0.0430)	0.305*** (0.0435)
Administration		0.0905*** (0.00994)	0.0902*** (0.00996)	0.0913*** (0.00991)	0.0899*** (0.00991)
Geoproximity×Tecproximity			-0.452 (0.544)		
Socproximity×Tecproximity				0.690** (1.364)	
Geoproximity×Socproximity					3.573 (2.384)
常数	-0.953*** (0.0615)	-3.574*** (0.184)	-3.662*** (0.191)	-3.771*** (0.254)	-3.455*** (0.172)
样本数	56340	56340	56340	56340	56340

注：*、**、***分别表示 $P<0.05$ 、 $P<0.01$ 、 $P<0.001$ 。

业发展,技术结构相似性可以折射出城市产业的相似性,Frenkend 和 Boschma 等演化经济地理学者也指出,城市的技术和升级往往在相关性价高的产业中更易实现(Boschma, 2005; Frenken et al, 2007)。

交互项表示变量之间的调节效应。回归结果显示地理邻近性与技术邻近性的交互项不显著(Geoproximity×Tecproximity),说明地理邻近并没有调节技术邻近从而促进城市间的技术转移,地理距离上的邻近并不表示技术结构上的相似性。同时,技术结构的邻近对克服地理邻近上不足的作用也不显著,即地理邻近性是影响技术转移的充分条件,但不是必要条件。技术邻近性与社会邻近性的交互项系数为 0.690(Socproximity×Tecproximity),且通过 1%显著性水平的检验,说明技术邻近性可以有效调节社会邻近性,城市技术结构的相似性利于知识转移主体在知识上的沟通、交流、学习,长期的技术互动使得主体间形成特定的社会联系,而有效的技术互动学习也需要良好的社会关系。因此这种信任、稳定的社会关系又会促进主体间的技术转移。社会邻近性与地理邻近性的交互项不显著

(Geoproximity×Socproximity),表明城市地理距离上的邻近并没有促进社会关系上的邻近。城市的行政边界一定程度上阻碍了知识转移,企业、高校、研究机构等主体嵌于城市中,邻近城市的社会邻近性效应的不明显,一定程度上说明中国城市间技术转移存在一定的地方阻隔和区域锁定。

5 结论与展望

技术转移是创新的重要组成部分,然而国内外已有的技术转移研究多基于企业层面,尚未充分发挥知识转移对城市创新的重要意义。因此,本文利用 2000—2015 年中国专利转移数据构建了中国知识转移网络的演化数据库,采用复杂网络和空间分析的方法对知识转移的网络属性和空间特征进行了分析,并利用负二次项回归方法分析了其影响因素。主要结论如下:

首先,从技术转移网络的主体来说,虽然民营企业 and 高校占比持续增加,且越来越多的创新主体参与其中,但网络的整体连通性较低,且多数与高

校联系密切的企业多为改革开放以来从高校和国有研究所剥离而出的企业,说明当前中国技术转移网络的溢出效应微弱。第二,从分部类的专利转移数量来看,中国的技术转移和知识流动以第二产业为主,但仍以第二产业中的传统制造业为主,高新技术产业中的知识流动有待加强,与世界发达国家相比仍有一定差距,尚未占据世界产业技术制高点,自主创新能力仍待提高。从其空间尺度来看,G类和H部类等以高新技术为主的专利转移,其空间尺度主要集中于城市内。即佐证了对创新能力要求较高的知识往往在相对较少的地方产生,且一旦产生,这种知识是不容易转移的。第三,从技术转移网络的空间特征来看,中国各地级市间的知识转移以等级扩散为主,空间分异特征明显。“创新三角”的态势逐渐显现。最后,利用回归模型探讨多维邻近性的机理中发现,地理邻近性、技术邻近性、社会邻近性对知识转移具有正向的促进作用,有利于知识网络的构架。但通过技术邻近性与地理邻近性之间、社会邻近性与地理邻近性之间的调节效应不显著可发现,地理邻近性是影响知识转移的充分但非必要条件。

综上所述,本文以城市间的专利转移量作为数据基础进行研究,具有如下理论和现实意义:从理论层面来说,随着中国建立自主创新型国家战略的提出,创新已经成为城市发展的重要手段,城市尺度创新网络的研究成为国家创新网络之后的又一研究热点。加快创新技术转移,推动大众创新、万众创业被认为是推动新常态下中国经济结构调整、打造发展新引擎的必然选择。流空间也已成为了中国城市空间组织的主体形态和主要支撑理论。然而由于数据获取困难,对城市间信息和知识流的网络研究则较少涉及。因此,专利转移数据的应用丰富了当前创新空间研究的数据来源,拓宽了当前创新地理学的研究内容,为从技术转移视角建构城市创新网络提供了全新的研究视角。从现实层面来说,研究结论对区域创新政策制定和提高城市创新水平有一定指导意义:由本文的计量结果可知,中国城市间知识转移存在一定的地域阻隔,打破地域阻隔是推进知识成果转化的有效路径,应大力鼓励企业加大研发投入与创新商业模式,扶持高新技术产业建设,促进中国产业的转型升级,且绝大多数城市在建立创新联系时存在明显的空间选择倾向,即更倾向与同一行政区内或地理、知识规模邻

近的城市进行转移。因此在中国“区域性技术转移服务平台”的建设中,除考虑地理邻近外,更需要考虑城市技术结构上的相似,以有效加强创新资源共享与优势互补。

本文选用专利转移数据作为指标,虽然能在一定程度上衡量中国知识转移网络的发展状况,但可能仅为创新成果的一个侧面,未来通过采取其他多种绩效指标有助于提升结论的实用性。另外,未来仍应致力于收集国际尺度的专利转移数据,为刻画中国知识转移网络与世界其他国家间的联系提供帮助。

参考文献(References)

- 段德忠, 杜德斌, 湛颖, 等. 2018. 中国城市创新技术转移格局与影响因素 [J]. 地理学报, 73(4): 738-754. [Duan D Z, Du D B, Chen Y, et al. 2018. Pattern and influencing factors of urban innovation technology transfer in China. *Acta Geographica Sinica*, 73(4): 738-754.]
- 方创琳, 马海涛, 王振波, 等. 2014. 中国创新型城市建设的综合评估与空间格局分异 [J]. 地理学报, 69(4): 459-473. [Fang C L, Ma H T, Wang Z B, et al. 2014. Comprehensive assessment and spatial heterogeneity of the construction of innovative cities in China. *Acta Geographica Sinica*, 69(4): 459-473.]
- 胡杨, 李郁. 2017. 多维邻近性对产学研合作创新的影响: 广州市高新技术企业的案例分析 [J]. 地理研究, 36(4): 695-706. [Hu Y, Li X. 2017. The impact of multi-dimensional proximities on university industry cooperative innovation: Case studies of high-tech enterprises in Guangzhou. *Geographical Research*, 36(4): 695-706.]
- 刘承良, 桂钦昌, 段德忠, 等. 2017. 全球科研论文合作网络的结构异质性及其邻近性机理 [J]. 地理学报, 72(4): 737-752. [Liu C L, Gui Q C, Duan D Z, et al. 2017. Structural heterogeneity and proximity mechanism of global scientific collaboration network based on co-authored papers. *Acta Geographica Sinica*, 72(4): 737-752.]
- 吕国庆, 曾刚, 顾娜娜. 2014. 经济地理学视角下区域创新网络的研究综述 [J]. 经济地理, 34(2): 1-8. [Lv G Q, Zeng G, Gu N N. 2014. Literature review of regional innovation network: An economic geographical perspective. *Economic Geography*, 34(2): 1-8.]
- 吕拉昌, 黄茹, 廖倩. 2016. 创新地理学研究的几个理论问题 [J]. 地理科学, 36(5): 653-661. [Lv L C, Huang R, Liao Q. 2016. Several theoretical issues on innovation geography. *Scientia Geographica Sinica*, 36(5): 653-661.]
- 马海涛. 2016. 基于知识流动的中国城市网络研究进展与展

- 望 [J]. 经济地理, 36(11): 207-213. [Ma H T. 2016. Research progress and prospects of city networks based on knowledge flow in China. *Economic Geography*, 36(11): 207-213.]
- 王秋玉, 曾刚, 吕国庆. 2016. 中国装备制造业产学研合作创新网络初探 [J]. 地理学报, 71(2): 251-264. [Wang Q Y, Zeng G, Lv G Q. 2016. Structural evolution of innovation networks of China's equipment manufacturing industry. *Acta Geographica Sinica*, 71(2): 251-264.]
- 王永明, 马耀峰, 王美霞. 2012. 中国入境游客多城市旅游空间网络结构 [J]. 地理科学进展, 31(4): 518-526. [Wang Y M, Ma Y F, Wang M X. 2012. Network structure of multicity inbound tourists of China. *Progress in Geography*, 31(4): 518-526.]
- 武前波, 宁越敏. 2012. 中国城市空间网络分析: 基于电子信息企业生产网络视角 [J]. 地理研究, 31(2): 207-219. [Wu Q B, Ning Y M. 2012. China's urban network based on spatial organization of electronic information enterprises. *Geographical Research*, 31(2): 207-219.]
- 武文杰, 董正斌, 张文忠, 等. 2011. 中国城市空间关联网络结构的时空演变 [J]. 地理学报, 66(4): 435-445. [Wu W J, Dong Z B, Zhang W Z, et al. 2011. Spatio-temporal evolution of the China's inter-urban organization network structure. *Acta Geographica Sinica*, 66(4): 435-445.]
- 甄峰, 王波, 陈映雪. 2012. 基于网络社会空间的中国城市网络特征: 以新浪微博为例 [J]. 地理学报, 67(8): 1031-1043. [Zhen F, Wang B, Chen Y X. 2012. China's city network characteristics based on social network space: An empirical analysis of Sina micro-blog. *Acta Geographica Sinica*, 67(8): 1031-1043.]
- Andersson D E, Gunessee S, Matthiessen C W, et al. 2014. The geography of Chinese science [J]. *Environment and Planning A*, 46(12): 2950-2971.
- Bathelt H, Glückler J. 2003. Toward a relational economic geography [J]. *Journal of Economic Geography*, 3(2): 117-144.
- Bathelt H, Glückler J. 2011. The relational economy: Geographies of knowing and learning [M]. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Bathelt H, Malmberg A, Maskell P. 2004. Clusters and knowledge: Local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation [J]. *Progress in Human Geography*, 28(1): 31-56.
- Boschma R. 2005. Proximity and innovation: A critical assessment [J]. *Regional Studies*, 39(1): 61-74.
- Bouba-Olga O, Carrincazeaux C, Coris M, et al. 2015. Proximity dynamics, social networks and innovation [J]. *Regional Studies*, 49(6): 901-906.
- Breschi S, Lissoni F. 2009. Mobility of skilled workers and co-invention networks: An anatomy of localized knowledge flows [J]. *Journal of Economic Geography*, 9(4): 439-468.
- Buenstorf G, Geissler M. 2013. Not invented here: Technology licensing, knowledge transfer and innovation based on public research [M]// Buenstorf B, Cantner U, Hanusch H et al. *The two sides of innovation*. Heidelberg: Springer International Publishing: 77-107.
- Chesbrough H W. 2006. Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology [M]. New York: Harvard Business Press.
- Crescenzi R, Nathan M, Rodríguez-Pose A. 2016. Do inventors talk to strangers? On proximity and collaborative knowledge creation [J]. *Research Policy*, 45(1): 177-194.
- Dicken P. 2004. "Geographers and 'globalization': (yet) Another missed boat?" [J]. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 29(1): 5-26.
- Frenken K, van Oort F, Verburg T. 2007. Related variety, unrelated variety and regional economic growth [J]. *Regional studies*, 41(5): 685-697.
- Hagedoorn J, Cloudt M. 2003. Measuring innovative performance: Is there an advantage in using multiple indicators? [J]. *Research Policy*, 32(8): 1365-1379.
- Ibert O, Hautala J, Jauhainen J S. 2015. From cluster to process: New economic geographic perspectives on practices of knowledge creation [J]. *Geoforum*, 65: 323-327.
- Jaffe A B, Trajtenberg M, Henderson R. 1993. Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations [J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 108(3): 577-598.
- Lawson C, Lorenz E. 1999. Collective learning, tacit knowledge and regional innovative capacity [J]. *Regional Studies*, 33(4): 305-317.
- Maskell P, Malmberg A. 1999. The competitiveness of firms and regions: 'Ubiquitification' and the importance of localized learning [J]. *European Urban and Regional Studies*, 6(1): 9-25.
- Reagans R, McEvily B. 2003. Network structure and knowledge transfer: The effects of cohesion and range [J]. *Administrative Science Quarterly*, 48(2): 240-267.
- Santoro M D, Bierly P E. 2006. Facilitators of knowledge transfer in university-industry collaborations: A knowledge-based perspective [J]. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 53(4): 495-507.
- Scherngell T, Barber M J. 2009. Spatial interaction modelling of cross-region R&D collaborations: Empirical evidence from the 5th EU framework programme [J]. *Papers in Regional Science*, 88(3): 531-546.

- Shaw A T, Gilly J P. 2000. On the analytical dimension of proximity dynamics [J]. *Regional Studies*, 34(2): 169-180.
- Siegel D S, Waldman D A, Atwater L E, et al. 2003. Commercial knowledge transfers from universities to firms: Improving the effectiveness of university-industry collaboration [J]. *The Journal of High Technology Management Research*, 14(1): 111-133.
- Teece D J. 1977. Technology transfer by multinational firms: The resource cost of international technology transfer [J]. *Economic Journal*, 87(346): 242-261.
- Ter Wal A L J, Boschma R A. 2009. Applying social network analysis in economic geography: Framing some key analytic issues [J]. *The Annals of Regional Science*, 43(3): 739-756.
- Tsai W, Ghoshal S. 1998. Social capital and value creation: The role of intrafirm networks [J]. *Academy of Management Journal*, 41(4): 464-476.
- van Elkan R. 1996. Catching up and slowing down: Learning and growth patterns in an open economy [J]. *Journal of International Economics*, 41(1-2): 95-111.

Spatial characteristics and proximity mechanism of technology transfer among cities in China

ZHANG Yiou^{1,2}, GU Renxu^{1,2*}, MA Shuang³

(1. Institute of Urban Development, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. School of Urban and Regional Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

3. Institute of Information, Shanghai Academy of Social Sciences, Shanghai 200235, China)

Abstract: Technology transfer is the main route of regional economic development. Cities are the center of the flow of various elements, and interactions and relationships between them is an important content of urban geography research. Therefore, in the era of knowledge economy, the mechanism of technology transfer is particularly important. Consequently, in the perspective of technology transfer and network capital and based on the patent transfer data from the State Intellectual Property Office for 2000–2015, this study explored the main structure, the sub-category model, and the spatial characteristics of the technology transfer network using Gephi, ArcGIS and Stata. The results show that: 1) Although private enterprises and universities are playing an increasingly important role in the technology transfer network in China, most of the connections are established between universities, research institutions, and their derivative enterprises, indicating that the overall connectivity is low and the network spillover effect is weak. 2) According to the patent transfer data of sub-categories, the knowledge required for innovation ability is often generated in relatively few places, and its transfer is mainly concentrated in cities, suggesting that there are some regional barriers to technology transfer between cities in China. 3) In addition, the vast majority of cities are more likely to carry out patent transfer in the same administrative area or between cities with geographical proximity or similar knowledge scale when establishing innovative ties—geographical proximity, technological proximity, and social proximity play a positive role in promoting the development of China's technology transfer network that comprises of enterprises, universities, and research institutions.

Keywords: technology transfer; multi-dimensional proximities; innovation network; spatial characteristics; China