

# 区域创新网络模式研究 ——以长三角城市群为例

周 灿, 曾 刚\*, 宓泽锋, 鲜 果

(华东师范大学中国现代城市研究中心/城市与区域科学学院, 上海 200062)

**摘 要:**网络范式的兴起赋予城市创新模式新的内涵,引起了经济地理学者对不同空间尺度知识流动和创新联系的关注。基于网络视角,以中国知识产权局2014年长三角城市群26个地级市合作发明专利信息为原始数据,借助Ucinet、ArcGIS等分析工具,从本地和跨界多维空间尺度,刻画长三角城市群创新网络结构,测度城市创新网络地位,评价城市创新能力,进而对城市创新模式进行划分。研究表明:①研发密集的大型国有企业、中外合资企业和知名的理工科院校具有较高的知识生产能力,成为长三角城市群创新合作优先链接主体;②长三角城市群重视外部知识获取,跨界网络成为重要的创新合作途径,地理距离对创新合作空间载体选择的制约减弱;③创新网络位置影响知识获取和城市创新,网络视角下的长三角城市群呈现四类创新模式,密集的“本地—跨界”创新网络有助于城市创新。研究结论对长三角城市群不同类型创新模式的优化升级具有一定的参考价值。

**关 键 词:**创新网络;知识流动;创新模式;长三角城市群

## 1 引言

伴随知识经济发展和创新全球化深化,不同空间尺度的知识联系、创新联系成为经济地理学者关注的重要议题(Bathelt et al, 2004; 司月芳等, 2016)。尤其是“地方空间”向“流动空间”的转变,创新空间格局呈现由等级化向网络化的演变趋势,引发区域创新功能和创新模式的变革,致使传统中心地理论基于规模等级视角对区域创新的解释力有限。由此,经济地理学研究呈现“网络化”转向:全球生产网络学者(Coe et al, 2008)和新区域主义学者(Cooke et al, 2011)均强调网络在知识流动和创新中所起的关键作用;Huggins(2010)则提出了“网络资本”概念,并将网络视为和物质资本、人力资本、R&D资本同等关键的资本投入,纳入区域经济增长模型(Huggins et al, 2014)。事实上,创新日益被视

为系统性工程,并非“单打独斗”行为,需要知识的本地蜂鸣和跨界流动,网络作为联结不同组织、不同空间知识的有效途径,成为促进区域创新的潜在因素(Bathelt et al, 2004; Bergenholtz et al, 2011)。可见,开放式创新背景下,区域创新模式已具备新的内涵,特别有必要从网络视角对其进行全新审视。

创新是世界经济持续增长的动力来源,而城市是创新的空间载体(吕拉昌等, 2015)。Berry(1964)认为要深刻理解城市创新,就不能仅将其当作空间中的点,更应将其视为网络和流的体系;Harrison等(2015)基于关系地理和网络视角指出,在世界城市网络中,不同定位的城市体系在大区域层面实现联合与互补,即所谓的“新区域主义2.0”,着重突出流动空间中的网络关系;GaWC学者(Taylor et al, 2014)则将世界城市网络中的城市发展模式划分为发挥通道作用的枢纽型(Hub)城市(如香港、布鲁塞

收稿日期:2017-01;修订日期:2017-06。

基金项目:国家自然科学基金项目(41071093, 41371147) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41071093; No.41371147]。

作者简介:周灿(1988-),女,河南信阳人,博士研究生,主要从事创新网络与产业集群研究, E-mail: zc070260046@126.com。

通讯作者:曾刚(1961-),男,湖北武汉人,博士,教授,主要从事创新网络与产业集群、生态文明与区域发展模式研究, E-mail: gzeng@re.ecnu.edu.cn。

引用格式:周灿, 曾刚, 宓泽锋, 等. 2017. 区域创新网络模式研究: 以长三角城市群为例[J]. 地理科学进展, 36(7): 795-805. [Zhou C, Zeng G, Mi Z F, et al. 2017. The study of regional innovation network patterns: Evidence from the Yangtze River Delta Urban Agglomeration[J]. Progress in Geography, 36(7): 795-805.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2017.07.002

尔等)和作为战略要地的节点型(Node)城市(如东京、首尔等)。显然,城市已从给定空间中的集聚点变为不断扩张的流空间和复杂网络中的节点,正加速嵌入地方和全球创新网络之中,解读城市创新须重视不同空间尺度下的网络交互作用。

为科学探究网络社会时代下的城市创新,经济地理学界掀起了城市创新网络研究热潮。其中,关系型数据的收集与获取是城市创新网络构建和定量分析的关键环节,目前主要有两种方法:利用数理模型(引力模型)计算城市间创新联系强度(Andersson et al, 2014; 吕拉昌等, 2015);运用文献计量学方法和合作论文/合作专利等数据构建城市间知识传播及协同创新网络(Sonn et al, 2008; Matthiesen et al, 2010; 李丹丹等, 2015)。在此基础上,创新网络空间结构、创新网络演化路径、知识溢出空间尺度及机制、网络结构与城市创新绩效间关系等成为城市创新网络研究的核心命题。例如, Li 等(2017)基于2000-2014年 WoS 的合作论文数据,分析了不同空间尺度下长三角城市群知识网络的多中心特性及动态演化; Hoekman 等(2010)运用2000-2007年33个欧洲国家313个区域的合作论文数据,探讨了空间距离和地理边界对区域创新网络的影响; Nomaler 等(2016)基于1986-2006年美国专利引用信息,分析了空间在长期技术创新及演化中所起的作用; 李丹丹等(2015)运用合作论文与合作专利数据探究了城市知识溢出的时空复杂性; Huggins 等(2012)与 Sebestyén 等(2013)研究发现,知识网络结构与区域创新绩效存在显著相关性。然而,尽管学界已经开展了有关知识、空间、网络、创新的有益研究(Glückler et al, 2017),但缺乏从网络化视角来考量城市创新模式。已有研究主要从知识空间和创新空间(Camagni et al, 2013)、创新驱动动力(许爱萍, 2013)、创新中心形成与区域情境(董昕, 2016)等层面分析城市创新模式。而 Huggins 等(2017)对英国知识网络的实证分析发现,网络结构是衡量区域创新能力的重要指标,并影响区域创新模式。尤其是,知识正逐步取代传统物质资本的主导地位,成为驱动区域创新和经济增长的重要因子,并强调地方和全球不同空间尺度创新知识的互动(Bunnell et al, 2001),忽视网络作为实现技术创新和技术追赶的重要途径,将不利于中国创新型城市建设。

基于此,笔者立足于网络视角来解读城市创新模式,试图回答如下核心问题:城市在创新网络中

的地位如何? 不同网络结构的城市,其创新能力有何差异? 网络视角下的城市创新模式有何不同? 为此,选取长三角城市群作为研究区域,运用合作发明专利数据,构建城市创新的本地网络和跨界网络,据此划分城市创新模式,以期在城市创新网络构建、不同创新模式的优化升级提供有益参考。

## 2 文献回顾与理论框架

新区域主义和全球生产网络学派以及关系经济地理学对网络促进知识流动与创新的讨论是本文研究的理论基石。针对知识联系和创新网络的地理空间问题,新区域主义倡导者重视区域创新系统中的本地知识网络,强调根植性和地理邻近的网络优势(Porter, 1990; Cooke et al, 1998; Malmberg et al, 2002); 全球生产网络倡导者重视跨界网络对于远距离知识传播的重要性,强调知识的全球扩散与地方制度响应(Dicken et al, 2001; Humphrey et al, 2002); 关系经济地理学者意识到单一尺度知识流动的局限性,将本地视角和跨界视角结合起来,构建了知识流动的“本地蜂鸣—全球管道”(Local Buzz-global Pipeline)模型(Bathelt et al, 2004)。毋庸置疑,在全球知识经济时代,为合理选择城市创新模式,亟待思考构建何种创新网络才能实现地方和全球尺度上的知识流动。

对内部和外部知识源重要性的认可,引起了学者们开展有关本地和跨界网络及其相互关系的探讨。Chaminade 等(2015)认为,全球创新网络中存在知识枢纽区和边缘区主要取决于区域创新网络的异质性,全球创新网络只是区域创新的补充,发展内生的区域创新系统才是优化创新模式的关键; 亦有学者认为通过人才迁移、跨国公司、全球创新网络等建立外部联系才是区域获取新知识、提升创新能力的关键(Glückler, 2007); Morrison 等(2013)则强调了“知识守门员(Knowledge Gatekeepers)”对于避免区域锁定风险、促进外部知识扩散的重要性,认为其具有强大的知识库,能维持密切的外部联系,同时能通过其密集的本地网络在区域内扩散知识,从而实现本地和跨界创新网络的桥接。但实际上,如果区域缺乏高度本地蜂鸣特征,外部联系主体就难以扩散通过跨界网络获取的外部知识(Morrison et al, 2009)。由此可见,全球知识流动在地理空间上呈现高度选择性和不均衡性(Giuliani,

2007),也并非必然溢出到区域内的每一个创新主体,单一空间尺度的网络分析存在局限性,需要从“本地—跨界”网络的综合视角来研究知识流动和区域创新。

综上所述,笔者选取城市作为空间分析单元,从本地(城市内)/跨界(城市间)尺度来划分知识流和创新网络,并认为区域创新在某种程度上是通过本地和跨界的组织间知识流动的方式进行价值创造的函数,区域的网络地位是影响其知识获取和创新绩效的关键因素。进而,依据区域的创新网络地位、创新绩效,将区域创新模式分为以下四种类型(图1):第一类为“本地—跨界”网络密集的创新卓越区,区域同时拥有丰富的本地联系和跨界联系,既能同非本地区域进行频繁的跨界知识交流,又能通过紧密的本地网络,促进外部知识在本地区域的传播,凭借创新网络的中心位置优势,区域获得较高的创新收益,占据创新高地(区域a);第二类是以跨界网络为主而本地网络缺乏的创新突破区,区域内拥有大量的跨界创新主体,通过跨界创新网络建立起外部联系,这一路径创造给区域带来异质性的创新知识,有助于打破区域锁定,但由于区域内主体间未能建立密切的创新网络,制约了外部知识的本地溢出,致使外部知识源对区域创新的贡献不明显(区域b);第三类是以本地网络为主而跨界网络缺乏

的创新锁定区,基于地理邻近、根植性、信任等机制,区域内主体间形成了本地蜂鸣,但本地频繁的重复的知识交流并未有效促进新知识生产和创造,相反地,外部联系的缺失致使区域陷入锁定风险(区域c);第四类为“本地—跨界”网络稀疏的创新薄弱区,区域位于创新网络边缘位置,不仅缺乏外部联系,也未形成本地网络,区域面临知识基础薄弱、外部知识源匮乏、知识流动不畅等多重创新困境,沦为创新洼地(区域d)。

### 3 数据来源与研究方法

#### 3.1 研究区域与数据处理

长三角城市群是中国经济最具活力、开放程度最高、创新能力最强的区域之一。“一带一路”和长江经济带战略的实施,为该区域充分发挥区位优势 and 开放优势,更高层次、更高水平参与国际合作和竞争带来了新机遇。在此背景下,基于网络视角对其创新模式进行分析,不仅对处于转型升级、创新发展关键阶段的长三角地区实现路径创造具有重要意义,同时能为其他陷入区域锁定的创新薄弱区提供参考。依据《长江三角洲城市群发展规划》(发改规划[2016]1176号),研究区域包括26个地级市。2014年,国土面积21.17万km<sup>2</sup>,地区生产总值

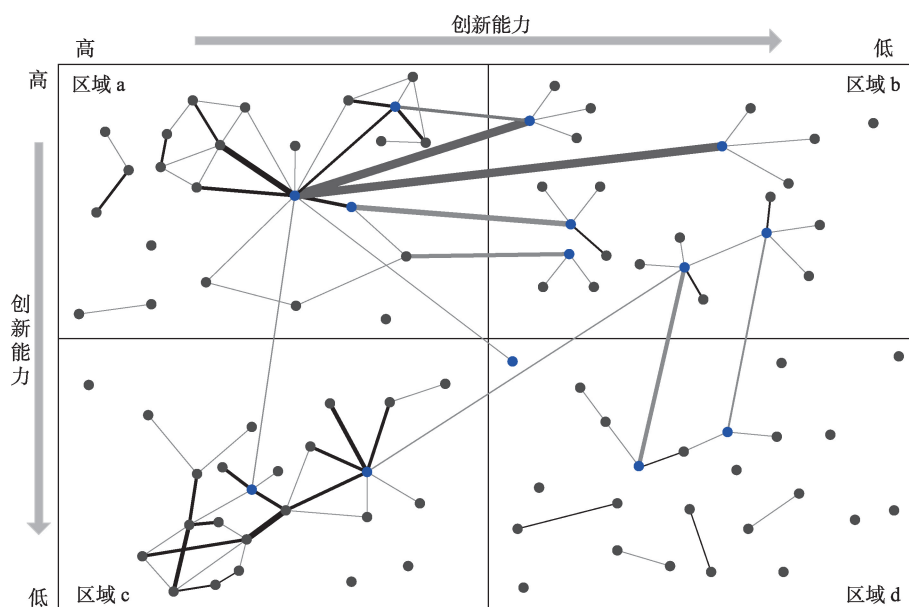


图1 “本地—跨界”创新网络与区域创新模式  
(蓝色点代表跨界创新主体,线条粗细代表创新联系强弱)

Fig.1 Intra- and inter-regional innovation networks and regional innovation patterns

(Blue nodes represent boundary spanners and the thickness of the lines illustrates the density of local and trans-local innovation linkages)



12.67 万亿元,总人口 1.5 亿人,分别约占全国的 2.2%、18.5%、11.0%。

专利文献是世界上最大的技术信息源,世界知识产权组织(WIPO)报告显示,全球约 90%~95%的 R&D 产出包含在专利中,其余体现于科学文献(论文和出版物)(Liu et al, 2008)。专利文献具有公开性、及时性、内容详实、易于产业间或不同空间比较等优点,成为研究知识生产和创新活动的重要数据来源(Ter Wal, 2013)。联合申请专利不同于广义上的共担风险、共享收益的合作创新,其实质是基于社会网络嵌入的知识流动和资源聚合的交互创新过程(王黎莹等, 2015),能反映创新知识在组织间的共享和转移。运用联合申请专利数据开展创新网络、知识溢出等研究得到学者们广泛认可(Ter Wal, 2014; Cassi et al, 2015; 李丹丹等, 2015; 王秋玉等, 2016)。其中,发明专利代表着原创技术,更能反映技术创新成果。因此,本文选取中国知识产权局(SIPO)公布的联合申请发明专利数据来分析长三角城市群创新网络。数据筛选及处理主要步骤如下:①考虑到国内专利申请的公布需要 18 个月,为保证数据的完整性,本文提取 2014 年长三角城市群 26 个地级市由两个或两个以上主体合作申请的发明专利信息,且删除专利申请人均为个人或人与机构的专利;②剔除长三角城市群和港澳台及国外机构合作关系,共获得 24059 项创新联系,包含 5143 个创新主体;③将所有主体分为企业、高校、研究所、其他四类,其中“其他”类以中介服务机构、金融机构、政府机构等为主,共包含 4186 个企业、251 个高校、454 个研究所、252 个其他类型机构;④将创新主体归并入所属地级市,涉及 190 个地级以上城市,据此将创新主体间的合作划分为本地合作和跨界合作,最终形成由 1998 条本地合作关系、3825 条跨界合作关系构成的创新网络。

### 3.2 递推中心性

城市网络实质上是社会空间的价值网络(Network of Value),创新驱动时代,价值主要体现在知识流动上。城市创新网络结构能反映其外部知识获取能力,其中,度中心性是对个体直接联系的量化,表征个体处于网络核心或边缘位置的程度,城市的度中心性越大,则能够直接获取的潜在网络资源(知识、信息等)越多。但是,度中心性测度的是网络局部的中心度(Local Centrality),未考虑间接链接城市的有无和多寡,难以客观地反映城市节点的真

实网络地位、识别全网中最佳位置的城市节点(王成等, 2015)。针对度中心性测度的不足,Neal (2011)从整体网络视角,综合考虑直接和间接链接城市的影响,提出了递推中心性(Recursive Centrality)概念及测度方法。Balland 等(2016)则进一步依据网络的择优链接机制对递推中心性的测算进行了优化,本文借鉴其测算方法,选用递推中心性指标来衡量城市创新网络地位、外部知识获取能力,计算公式为:

$$RC_{Lr} = \sum_j x_{ij} \sqrt{\sum_f x_{jf}} \quad (1)$$

$$RC_{NLr} = \sum_n x_{mn} \sqrt{\sum_h x_{nh}} \quad (2)$$

$$RC_r = RC_{Lr} + RC_{NLr} \quad (3)$$

式中:  $RC_{Lr}$ 、 $RC_{NLr}$ 、 $RC_r$  分别为城市  $r$  本地网络、跨界网络、整体网络的递推中心性,  $x$  为创新主体之间的链接量,创新主体  $i$ 、 $j$ 、 $f$  位于同一城市,  $m$ 、 $n$  位于不同城市,  $n$ 、 $h$  位于不同城市。

### 3.3 熵权 TOPSIS

熵权法是依据各评价指标的变异程度来确定权重,相对于主观赋值法,具有客观性强、精确度高的优点;TOPSIS 法是根据评价对象与理想方案的接近程度进行评价排序,以此判定评价对象的优劣(程钰等, 2012)。因此,本文选取客观精确且对样本量要求不大的熵权 TOPSIS 法,对长三角城市群 26 个地级市的创新能力进行综合评价。首先,基于城市创新系统理论,并借鉴吕拉昌、方创琳等城市地理学者研究成果,确定影响城市创新能力的关键因素,即知识创新能力、技术创新能力、创新基础环境(吕拉昌等, 2010; 方创琳等, 2014);进而,依据科学性和可操作性、前瞻性和现实性相结合的原则,构建了由 20 个指标构成的城市创新能力测度指标体系(表 1)。主要计算步骤如下:

(1) 构建判断矩阵  $A=(a_{ij})_{m \times n}$ , 并进行归一化处理, 得到归一化判断矩阵  $B=(b_{ij})_{m \times n}$ ;

(2) 根据熵定义, 确定各评价指标的熵  $H_i$ :

$$H_i = -\frac{1}{\ln m} \left( \sum_{j=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \right) \quad (4)$$

$$f_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^m b_{ij}} \quad (5)$$

(3) 计算熵权  $W$ :



表1 长三角城市群城市创新能力测度指标体系

Tab. 1 Evaluation index system of city innovation capability in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration

目标层	准则层	指标层
城市创新能力	知识创新能力	$X_1$ : 普通高等学校数/所
		$X_2$ : 普通高等学校在校学生数/人
		$X_3$ : 普通高等学校教师数/人
		$X_4$ : 百人拥有公共图书馆藏书量/(册/百人)
		$X_5$ : 教育经费支出占地方财政支出比重/%
		$X_6$ : 论文发表数量/篇
	技术创新能力	$X_7$ : 科学研究、技术服务和地质勘查从业人员数/人
		$X_8$ : 港澳台商及外商投资企业数/个
		$X_9$ : 科技支出占地方财政支出比重/%
		$X_{10}$ : 专利授权数/项
		$X_{11}$ : 技术市场合同成交额/亿元
	创新基础环境	$X_{12}$ : 地区生产总值/亿元
		$X_{13}$ : 当年实际使用外资金额/亿美元
		$X_{14}$ : 全社会 R&D 经费占 GDP 比重/%
		$X_{15}$ : 邮政、电信业务收入/亿元
		$X_{16}$ : 客运总量/万人
		$X_{17}$ : 移动电话用户数/万户
		$X_{18}$ : 互联网用户数/万户
		$X_{19}$ : 建成区绿化覆盖率/%
		$X_{20}$ : 全年二级以上优良天气数/天

$$w_i = \frac{1 - H_i}{\sum_{j=1}^n (1 - H_i)} \quad (6)$$

$$W = (w_i)_{1 \times n} \quad (7)$$

(4) 求出各指标权重集  $R$ :

$$R = (r_{ij})_{m \times n} = B \times W \quad (8)$$

(5) 依据权重集  $R$ , 来确定理想解  $Q^+$  和负理想解  $Q^-$ :

$$Q^+ = \left\{ Q_j^+ = \max_{1 \leq i \leq m} (r_{ij}) \mid j = 1, 2, \dots, n \right\} \quad (9)$$

$$Q^- = \left\{ Q_j^- = \min_{1 \leq i \leq m} (r_{ij}) \mid j = 1, 2, \dots, n \right\} \quad (10)$$

(6) 计算各方案与理想解、负理想解的距离  $D_i^+$ 、 $D_i^-$ :

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - Q_j^+)^2} \quad (11)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - Q_j^-)^2} \quad (12)$$

(7) 计算各方案与理想解的相对接近程度, 即

评价得分  $C_i$ :

$$C_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-) \quad (13)$$

式中:  $C_i \in [0, 1]$ ,  $C_i$  越大, 则城市创新能力越强。

## 4 实证结果

### 4.1 创新网络拓扑结构

长三角城市群创新网络图谱显示(图2), 企业间以及企业和高校研究所的合作是最主要的创新合作形式。在城市尺度上, 企业—企业的本地和跨界创新合作关系分别为 975、1950, 创新合作强度分别为 4136、12217; 企业—高校研究所的本地和跨界创新合作关系分别为 733、1370, 创新合作强度分别为 1927、4322。可见, 企业—企业平均合作强度要高于企业—高校研究所, 企业间跨界平均合作强度要高于本地, 表明长三角城市群企业倾向于同跨界企业建立频繁的创新合作关系, 以获取互补性、异质性知识。大型国有企业和中外合资企业、实力雄厚的理工科院校在创新网络中处于核心位置。从企业层面来看, 处于网络中心的企业分别为: 国家电网、江苏电力、浙江电力、上海电力、南京南瑞、中石化、杭州中美华东制药等。可见, 以研发密集的国有企业为主, 如国家电网、中石化等作为创新的引领者, 上榜由 Clarivate Analytics 发布的“2016 中国大陆创新企业百强”, 此外, 大型中外合资企业网络地位突出, 如位列“中国制药工业百强企业”的中外合资企业杭州中美华东制药成为创新网络中的关键节点。总体上, 不论是国有还是中外合资企业, 它们都具有规模较大、研发活动密集的特征, 进而成为基于网络的知识流动的重要桥接和联系中介; 从高校层面来看, 处于网络中心的高校分别为: 浙江大学、东南大学、上海交大、东华大学、华东理工大学, 以理工科类院校为主, 这些高校代表了长三角城市群领先的、科研能力较强的组织, 具有较高的知识生产和创造能力, 成为企业创新的优先链接主体。企业间创新合作以总部—分支机构联系为主, 尤其是以国家电网为核心主体, 形成了一个网络结构最密集的子网络; 此外, 中石化与其分支机构, 苏州欧菲光科技公司总部同南昌、深圳等地的分支机构, 北京京东方总部同合肥、苏州等地的分支机构间也形成了较为紧密的创新合作。外部知识源对于长三角城市群创新尤为重要, 创新网络中位于长三角城市群之外的创新主体数高达 1396 个,

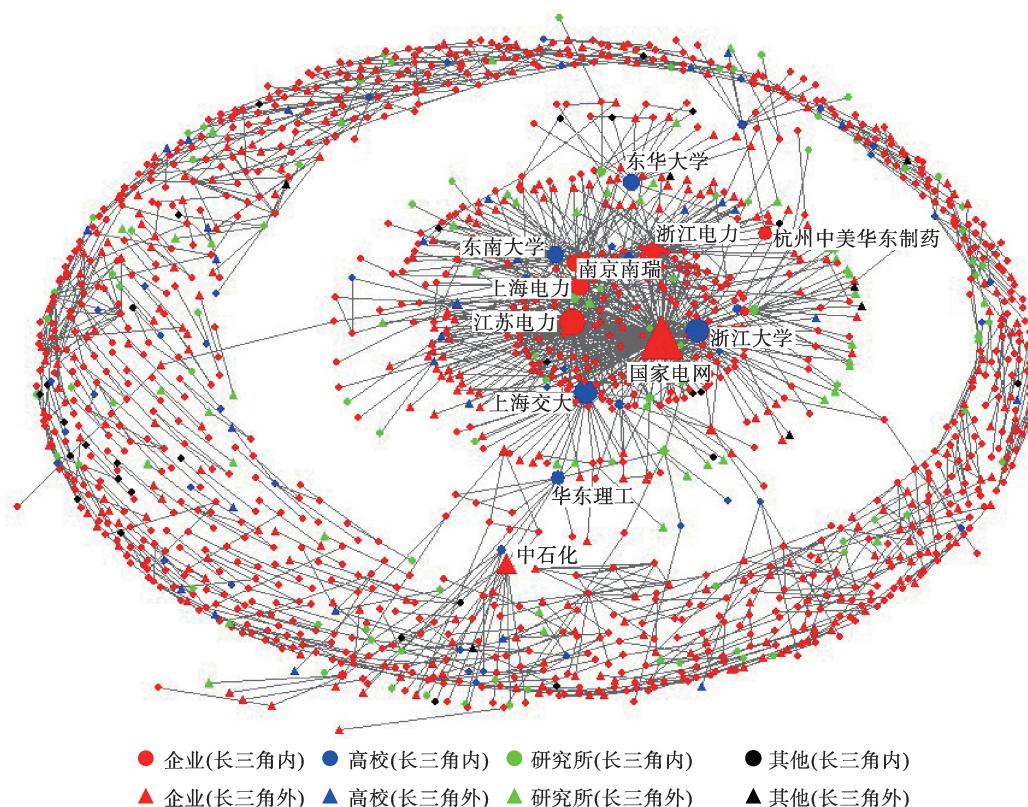


图2 2014年长三角城市群整体创新网络  
(为简化网络线,将网络连接节点数的阈值设为3,并按中心度指标予以显示)

Fig.2 Topological structure of innovation networks of the Yangtze River Delta Urban Agglomeration in 2014  
(To simplify the network, set network connection threshold to 3 and then visualize network according to centrality)

在开放式创新背景下,跨界合作已成为长三角城市群创新的重要合作形式。

#### 4.2 创新网络空间结构

为刻画长三角城市群知识流动的空间格局,以城市为空间尺度,绘制长三角城市群本地和跨界创新联系的空间图谱。本地创新网络显示(图3a),长三角城市群创新联系存在较为显著的空间差异,同城市经济发展水平具有一定相关性,上海、南京、杭州等沿海经济发达地区拥有较多的主体参与创新合作,创新主体间的创新联系也较为密切,初步形成了有利于本地知识流动和溢出的创新网络形态。同时,位于沪宁杭周边的城市,其本地创新网络也相对较为完善。而位于长三角城市群边缘的台州、舟山、宣城、滁州、铜陵、池州、安庆等城市,创新主体缺乏,且主体间也未能基于地理邻近机制建立起创新合作关系,本地创新网络十分薄弱。跨界创新网络显示(图3b),长三角城市群重视外部知识获取,上海、南京、杭州、苏州、合肥、宁波、无锡等网络核心节点具有较高的对外网络联系强度,北京、

深圳等创新实力雄厚的城市以及长江经济带的武汉、南昌、湖州、成都、重庆等城市成为长三角城市群重要的外部知识源。地理距离对知识流动的限制作用削弱,创新能力和网络地位成为城市选择跨界合作对象的关键影响因素,北京凭借其强大的知识生产能力,成为长三角城市群跨界创新合作的重要外部知识源。2014年,长三角城市群的26个城市均与北京有直接合作关系,且有16个城市的首要跨界合作城市为北京,这些城市及其同北京的合作强度分别为:南京(2962)、上海(1448)、杭州(940)、合肥(650)、苏州(397)、宁波(243)、湖州(189)、无锡(188)、扬州(158)、嘉兴(133)、金华(133)、常州(119)、滁州(38)、芜湖(33)、宣城(30)、安庆(27)、马鞍山(24)、池州(19)、舟山(18)。上述研究结论与Li等(2017)基于合作论文刻画的长三角知识网络空间结构相一致。

#### 4.3 网络地位与创新模式

城市的网络结构变量递推中心性代表了城市获取知识的潜力,本文依据城市网络地位(递推中

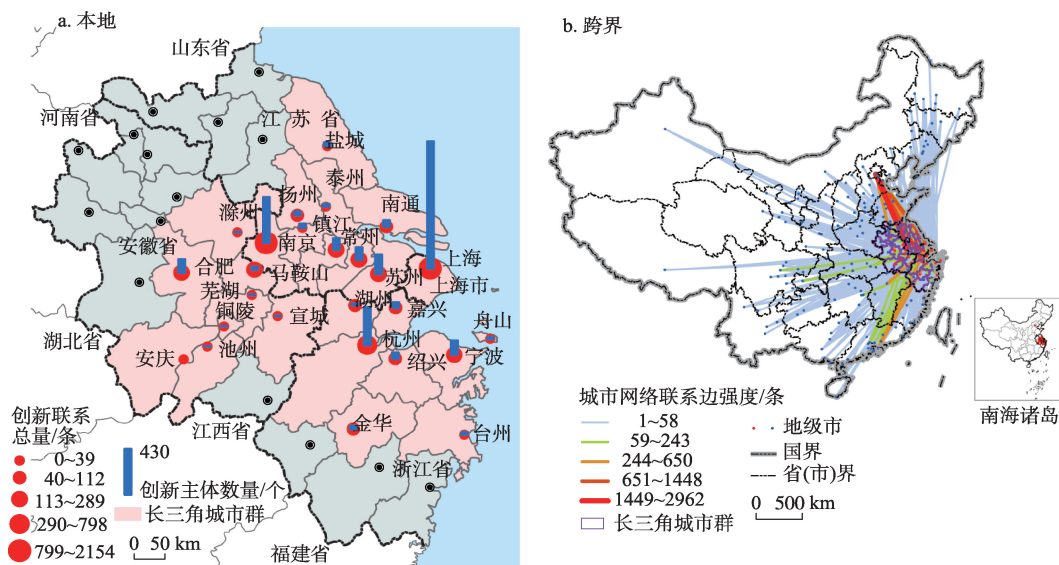


图3 2014年长三角城市群本地、跨界创新网络空间格局

Fig.3 Spatial pattern of Intra- and Inter-regional innovation networks of the Yangtze River Delta Urban Agglomeration, 2014

心性),并结合熵权 TOPSIS 法得出的城市综合创新能力评价得分,对长三角城市群26个城市的创新模式进行划分(图4)。分析结果表明,上海、南京、杭州为第一类创新模式,其本地网络和跨界网络的递推中心性均位于前列,是长三角城市群“本地—跨界”创新网络的核心节点,依托城市内跨界创新主体与远距离创新主体建立起的大量跨界创新网络,城市获取了丰富的外部知识,并通过城市内密集的本地网络,促进了外部知识的本地流动,本地及跨界互动支撑着沪宁杭的持续创新,使其成为长三角城市群创新最为活跃、创新能力最强的地区。苏州、合肥、无锡、宁波为第二类创新模式,其整体网络的递推中心性高于长三角城市群的平均值,但相比而言,跨界网络的递推中心性要高于本地网络,创新主体倾向于同非本地的企业、高校、科研机构等组织结网,通过跨界联系来获取非冗余的新知识,这对于城市创新是至关重要的,但问题在于这些城市却未能形成有益于外部知识溢出的完善的本地网络,跨界创新主体未能发挥知识守门员的关键作用,致使外部知识的本地吸收、运用和转化不足,城市创新要稍逊一筹。常州、南通、扬州、嘉兴为第三类创新模式,其整体网络的递推中心性要稍低于长三角城市群的平均值,较之第一、二类城市创新模式,该类城市的跨界创新网络明显不足,本地知识的空间流动和扩散相对便利,基于信任、根植性等机制,有助于分享地理邻近的创新主体间产生的本

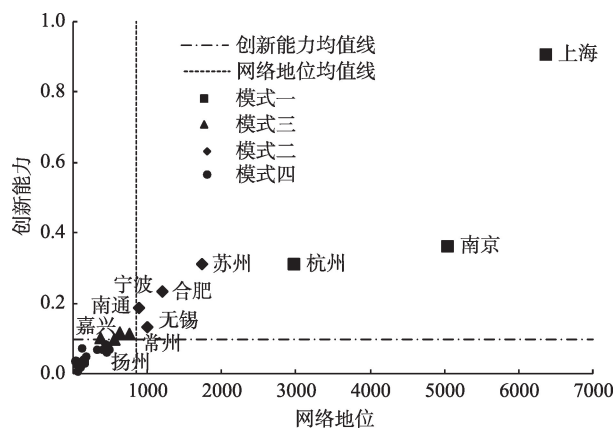


图4 2014年长三角城市群创新模式

Fig.4 Regional innovation patterns of the Yangtze River Delta Urban Agglomeration in 2014

地蜂鸣,但由于该类城市创新主体的知识基础相对薄弱,加上缺乏获取外部知识的跨界通道,共享知识和信息并未高效地增强知识创造和重组;相反,本地创新主体间冗余的合作,使得城市面临锁定的困境,在一定程度上妨碍了城市创新。其余15个城市为第四类创新模式,其拥有的合作创新主体较少,更多是孤立地创新,缺乏同外部组织和区域的互动,创新网络稀疏,无论是本地网络还是跨界网络的递推中心性都很低,处于长三角城市群创新网络的边缘位置,严重制约了知识流动和溢出,致使这些城市的创新能力远低于长三角城市群的平均值。



## 5 结论与讨论

经济地理学研究范式的“网络化”转向赋予区域创新模式新的内涵。本文从关系地理和城市网络的视角,基于创新网络、知识流、创新能力之间的互动关系,从本地网络和跨界网络的多尺度层面来解读城市创新模式。选取创新网络化特征明显的长三角城市群作为实证分析对象,旨在为创新驱动战略下长三角城市群提升核心竞争力提供新的思考方向。

### 5.1 结论

(1) 跨界企业间网络是长三角创新合作最主要途径,研发密集的国有企业、大型中外合资企业和知名的理工科院校是长三角创新合作优先链接主体。一方面,由于长三角城市群具有较强的综合经济实力,也是创新驱动发展战略下中国经济的重要引擎,注重强化企业技术创新主体地位和主导作用,促使该区域企业重视通过跨界创新合作来获取互补性、异质性知识,提升企业创新能力;另一方面,企业为获取丰富的外部知识,倾向于同具有创新投入、知识基础、创新能力优势的大企业和理工科院校合作,促使该类节点在创新网络中占据中心地位;此外,专利申请行为会受到成本因素的影响,而大企业更具备成本优势,高校职称评聘、奖励中对专利成果的认可则调动了高校参与技术创新的积极性。

(2) 地理邻近并非长三角城市创新合作、知识获取的必要条件。北京、深圳以及长江经济带内的武汉、南昌、湖州、成都、重庆等城市成为长三角跨界知识网络中的重要节点。主要缘于:开放式创新背景下,外部知识源对城市创新至关重要,北京、深圳具有强大的知识生产和科技创新能力,基于网络的择优链接机制,成为长三角跨界创新合作的重要结网对象;加之长三角城市群地处“一带一路”与长江经济带重要交汇地带,突出的区位优势为长三角同长江经济带创新实力较强的城市建立跨界网络奠定了坚实的基础。

(3) 城市创新模式可从多种视角解析,不同空间尺度下创新网络的组织与耦合可作为新的分析视角。在全球创新网络化的时代背景下,长三角城市在不同空间尺度创新网络中的连接能力与辐射能力成为影响其创新的关键因素,由此呈现出不同的区域创新模式。上海、南京、杭州凭借其在“本地

—跨界”创新网络中的中心位置,与非本地区域进行频繁的知识交流,同时又能利用地理邻近主体间密切的合作关系促进外部知识的本地化,从而形成城市创新优势;通过跨界创新网络,苏州、合肥、无锡、宁波形成了有助于外部知识获取的通道,但由于缺乏密集的本地网络,外部知识的本地转化不足,制约了城市创新能力提升;基于信任、根植性等机制,常州、南通、扬州、嘉兴初步形成了有助于本地蜂鸣的本地创新网络,但由于知识基础薄弱,且缺乏跨界联系,城市创新面临着锁定风险,创新能力不强;而长三角城市群其余15个城市则位于“本地—跨界”创新网络边缘位置,创新活动匮乏。

### 5.2 讨论

网络作为知识传递的有效途径,城市创新取决于本地尺度上的网络联系以及与远距离跨界知识来源、合作伙伴的互动关系。为促进城市持续创新,需形成有利于专业知识和技能本地流动的本地创新网络;同时为避免过度邻近、过度根植性带来的锁定风险,需要与非本地创新主体建立联系,融入跨界网络,培育“知识守门员”以实现本地蜂鸣与跨界管道的高效运作。具体而言,上海、南京、杭州等第一类创新模式区域应保持并优化本地和跨界创新合作的网络格局,发挥创新网络中关键节点的中介作用;苏州、合肥、无锡、宁波等第二类创新模式区域不仅要继续维持与非本地区域的创新联系,同时还应强化本地主体间的互动合作,促进外部知识的吸收转化;常州、南通、扬州、嘉兴等第三类创新模式区域应着重构建跨界通道,培育“知识守门员”,促进跨界网络与本地网络的互动;对于长三角城市群的第四类创新模式区域,则应充分意识到网络对于知识流动和创新的关键作用,重视创新网络构建,逐步建立起本地和跨界互动的创新网络。

由于网络视角下的城市创新模式是一个复杂的科学问题,本文从网络结构层面间接测度城市知识获取和转化的潜力,尚缺乏对网络影响城市创新模式内在机理的深入探究,而本文意在抛砖引玉,力求为知识经济和网络社会时代下的城市创新模式研究提供新的思路。需要指出的是,伴随“一带一路”、长江经济带、国家创新发展战略等政策的出台,长三角城市群创新进入全方位开放格局的新阶段,考虑到最新、最齐全技术创新数据的可获得性,选取2014年合作专利数据来刻画新时期下长三角城市群创新网络主体和空间载体。鉴于网络具有

择优链接性,城市间创新合作具有粘着性和空间依赖性(李丹丹等, 2015),同时,网络演化具有累积机制,如偏好依附(Powell et al, 2005),笔者认为本文研究结论可反映开放式创新时代下长三角城市群创新网络的基本格局,但后续研究还需选取多时段数据作进一步深入论证。

## 参考文献(References)

- 程钰, 任建兰, 崔昊, 等. 2012. 基于熵权 TOPSIS 法和三维结构下的区域发展模式: 以山东省为例[J]. 经济地理, 32(6): 27-31. [Cheng Y, Ren J L, Cui H, et al. 2012. A research using entropy-topsis method on regional development modes in perspective of the three-dimensional framework: A case study of Shandong Province[J]. Economic Geography, 32(6): 27-31.]
- 董昕. 2016. 科技创新驱动区域协调发展的国际经验与启示[J]. 区域经济评论, (6): 38-45. [Dong X. 2016. Science and technology innovation of regional coordinated development[J]. Regional Economic Review, (6): 38-45.]
- 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[J]. Acta Geographica Sinica, 69(4): 459-473.]
- 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[J]. 地理研究, 34(3): 525-540. [Li D D, Wang T, Wei Y H, et al. 2015. Spatial and temporal complexity of scientific knowledge network and technological knowledge network on China's urban scale[J]. Geographical Research, 34(3): 525-540.]
- 吕拉昌, 李勇. 2010. 基于城市创新职能的中国创新城市空间体系[J]. 地理学报, 65(2): 177-190. [Lü L C, Li Y. 2010. Research on Chinese renovation urban system based on urban renovation function[J]. Acta Geographica Sinica, 65(2): 177-190.]
- 吕拉昌, 梁政骥, 黄茹. 2015. 中国主要城市间的创新联系研究[J]. 地理科学, 35(1): 30-37. [Lü L C, Liang Z J, Huang R. 2015. The innovation linkage among Chinese major cities[J]. Scientia Geographica Sinica, 35(1): 30-37.]
- 司月芳, 曾刚, 曹贤忠, 等. 2016. 基于全球—地方视角的创新网络研究进展[J]. 地理科学进展, 35(5): 600-609. [Si Y F, Zeng G, Cao X Z, et al. 2016. Research progress of global innovation networks[J]. Progress in Geography, 35(5): 600-609.]
- 王成, 王茂军, 柴箐. 2015. 城市网络地位与网络权力的关系: 以中国汽车零部件交易链接网络为例[J]. 地理学报, 70(12): 1953-1972. [Wang C, Wang M J, Chai Q. 2015. The relationship between centrality and power in the city network[J]. Acta Geographica Sinica, 70(12): 1953-1972.]
- 王黎莹, 池仁勇. 2015. 专利合作网络研究前沿探析与展望[J]. 科学学研究, 33(1): 55-61. [Wang L Y, Chi R Y. 2015. The frontier analysis and prospect of patent cooperation network research[J]. Studies in Science of Science, 33(1): 55-61.]
- 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, Lü G Q. 2016. Structural evolution of innovation networks of China's equipment manufacturing industry[J]. Acta Geographica Sinica, 71(2): 251-264.]
- 许爱萍. 2013. 创新型城市发展模式及路径研究[D]. 天津: 河北工业大学. [Xu A P. 2013. Research on development mode and path of innovative city[D]. Tianjin, China: Hebei University of Technology.]
- 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.
- Balland P A, Belso-Martínez J A, Morrison A. 2016. The dynamics of technical and business knowledge networks in industrial clusters: Embeddedness, status, or proximity[J]. Economic Geography, 92(1): 35-60.
- 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.
- Bergenholtz C, Waldström C. 2011. Inter-organizational network studies: A literature review[J]. Industry & Innovation, 18(6): 539-562.
- Berry B J L. 1964. Cities as systems within systems of cities[J]. Papers in Regional Science, 13(1): 147-163.
- Bunnell T G, Coe N M. 2001. Spaces and scales of innovation[J]. Progress in Human Geography, 25(4): 569-589.
- Camagni R, Capello R. 2013. Regional innovation patterns and the EU regional policy reform: Toward smart innovation policies[J]. Growth and Change, 44(2): 355-389.
- Cassi L, Plunket A. 2015. Research collaboration in co-inventor networks: Combining closure, bridging and proximities[J]. Regional Studies, 49(6): 936-954.
- Chaminade C, Plechero M. 2015. Do regions make a difference? Regional innovation systems and global innovation networks in the ICT industry[J]. European Planning Studies, 23(2): 215-237.

- Coe N M, Dicken P, Hess M. 2008. Global production networks: Realizing the potential[J]. *Journal of Economic Geography*, 8(3): 271-295.
- Cooke P, Asheim B, Boschma R, et al. 2011. *Handbook of regional innovation and growth*[M]. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Cooke P, Morgan K. 1998. *The associational economy: Firms, regions, and innovation*[M]. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Dicken P, Kelly P F, Olds K, et al. 2001. Chains and networks, territories and scales: Towards a relational framework for analysing the global economy[J]. *Global Networks*, 1(2): 89-112.
- Giuliani E. 2007. The selective nature of knowledge networks in clusters: Evidence from the wine industry[J]. *Journal of Economic Geography*, 7(2): 139-168.
- Glückler J. 2007. Economic geography and the evolution of networks[J]. *Journal of Economic Geography*, 7(5): 619-634.
- Glückler J, Lazega E, Hammer I. 2017. *Knowledge and networks*[M]. Heidelberg, Germany: Springer International Publishing.
- Harrison J, Hoyler M. 2015. Megaregions: Globalization's new urban form[M]. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Hoekman J, Frenken K, Tijssen R J W. 2010. Research collaboration at a distance: Changing spatial patterns of scientific collaboration within Europe[J]. *Research Policy*, 39(5): 662-673.
- Huggins R. 2010. Forms of network resource: Knowledge access and the role of inter-firm networks[J]. *International Journal of Management Reviews*, 12(3): 335-352.
- Huggins R, Johnston A, Thompson P. 2012. Network capital, social capital and knowledge flow: How the nature of inter-organizational networks impacts on innovation[J]. *Industry & Innovation*, 19(3): 203-232.
- Huggins R, Prokop D. 2017. Network structure and regional innovation: A study of university-industry ties[J]. *Urban Studies*, 54(4): 931-952.
- Huggins R, Thompson P. 2014. A network-based view of regional growth[J]. *Journal of Economic Geography*, 14(3): 511-545.
- Humphrey J, Schmitz H. 2002. How does insertion in global value chains affect upgrading in industrial clusters[J]. *Regional Studies*, 36(9): 1017-1027.
- Li Y C, Phelps N A. 2017. Knowledge polycentricity and the evolving Yangtze River Delta megalopolis[J]. *Regional Studies*, 51(7): 1035-1047.
- Liu C Y, Yang J C. 2008. Decoding patent information using patent maps[J]. *Data Science Journal*, 7: 14-22.
- Malmberg A, Maskell P. 2002. The elusive concept of localization economies: Towards a knowledge-based theory of spatial clustering[J]. *Environment and Planning A*, 34(3): 429-449.
- Matthiessen C W, Schwarz A W, Find S. 2010. World cities of scientific knowledge: Systems, networks and potential dynamics: An analysis based on bibliometric indicators[J]. *Urban Studies*, 47(9): 1879-1897.
- Morrison A, Rabellotti R. 2009. Knowledge and information networks in an Italian wine cluster[J]. *European Planning Studies*, 17(7): 983-1006.
- Morrison A, Rabellotti R, Zirulia L. 2013. When do global pipelines enhance the diffusion of knowledge in clusters[J]. *Economic Geography*, 89(1): 77-96.
- Neal Z. 2011. Differentiating centrality and power in the world city network[J]. *Urban Studies*, 48(13): 2733-2748.
- Nomaler Ö, Verspagen B. 2016. River deep, mountain high: Of long run knowledge trajectories within and between innovation clusters[J]. *Journal of Economic Geography*, 16(6): 1259-1278.
- Porter M E. 1990. *The competitive advantage of nations*[M]. New York: Free Press.
- Powell W W, White D R, Koput K W, et al. 2005. Network dynamics and field evolution: The growth of interorganizational collaboration in the life sciences[J]. *American Journal of Sociology*, 110(4): 1132-1205.
- Sebestyén T, Varga A. 2013. Research productivity and the quality of interregional knowledge networks[J]. *The Annals of Regional Science*, 51(1): 155-189.
- Sonn J W, Storper M. 2008. The increasing importance of geographical proximity in knowledge production: An analysis of US patent citations, 1975-1997[J]. *Environment and Planning A*, 40(5): 1020-1039.
- Taylor P J, Derudder B, Faulconbridge J, et al. 2014. Advanced producer service firms as strategic networks, global cities as strategic places[J]. *Economic Geography*, 90(3): 267-291.
- Ter Wal A L J. 2013. Cluster emergence and network evolution: A longitudinal analysis of the inventor network in Sophia-Antipolis[J]. *Regional Studies*, 47(5): 651-668.
- Ter Wal A L J. 2014. The dynamics of the inventor network in German biotechnology: Geographic proximity versus triadic closure[J]. *Journal of Economic Geography*, 14(3): 589-620.



## The study of regional innovation network patterns: Evidence from the Yangtze River Delta Urban Agglomeration

ZHOU Can, ZENG Gang\*, MI Zefeng, XIAN Guo

(Center for Modern Chinese City Studies & School of City and Regional Science, East China Normal University,  
Shanghai 200062, China)

**Abstract:** In recent years, a large and growing body of scholarly research in economic geography has focused on analyzing the knowledge flows and innovation linkages at different spatial scales. The recognition that the network of both local and trans-local linkages are important for a regional actor's access to knowledge and resources has pushed scholars to go beyond the traditional local-global dichotomy and adopt a so-called glocal network view of regional innovation. Along with the emergence of network paradigm, the need to better understand regional innovation patterns is widely recognized. From a theoretical perspective, this study sought to consider the linkage between networks, knowledge flows, and innovation patterns. Taking the Yangtze River Delta urban agglomeration as the object and by using Ucinet and ArcGIS tools, we analyzed the intra- and inter-regional innovation network structure and measured the innovation network status based on a unique co-patent dataset issued by the State Intellectual Property Office of China in 2014. The main findings of this study are as follows. (1) Among the firms within the network, State Grid, Jiangsu Electric Power, Zhejiang Electric Power, Shanghai Electric Power, NARI Group, and Sinopec are found to possess the highest rates of centrality. Among the universities, those actors at the center of the network are Zhejiang University, Southeast University, Shanghai Jiaotong University, Donghua University, and East China University of Science and Technology. Prestigious science and engineering universities, large state-owned enterprises, and sino-foreign joint venture enterprises are clearly the most influential actors within the innovation network of the Yangtze River Delta urban agglomeration. Through their structurally central positions they act as the most important bridging and connecting agents in the process of building innovation networks. (2) Recognition of the importance of external sources of knowledge creates an incentive for cities in the Yangtze River Delta urban agglomeration to maintain tight external links. Inter-city level is the main geographical scale of innovation linkages in the Yangtze River Delta urban agglomeration, while geographical proximity is no longer crucial for the formation of collaboration innovation network. (3) The types of network existing within and across regions and the knowledge flow through these networks will impact on regional innovation patterns. From the perspective of intra- and inter-regional innovation networks, the Yangtze River Delta urban agglomeration presents four different types of regional innovation patterns. The successful innovative cities, such as Shanghai, Nanjing, and Hangzhou, are characterized by a dense local network and involved in external links. Weaker innovation lagging regions are likely to possess poor network connections, be it of a local or trans-local nature. Our empirical work suggests that a key driver of regional innovation consists of the capability of actors in a region to access and subsequently utilize both local and trans-local beneficial knowledge. The findings of this study may provide a reference for the optimization and upgrading of intra- and inter-regional innovation networks.

**Key words:** innovation networks; knowledge flow; city innovation patterns; Yangtze River Delta Urban Agglomeration