
长三角城市群城市创新的空间关联分析

——基于社会网络分析方法^{*1}

胡艳 时浩楠

(安徽大学经济学院 230601)

【内容摘要】: 该文以长三角城市群 26 个城市 2008 年 1 月至 2015 年 12 月的国内发明专利申请量月度数据为依据,采用格兰杰因果检验构建城市之间的创新关联关系,在此基础上利用社会网络分析方法分析了长三角城市群城市创新的关联网络特征以及空间结构。研究结果表明:长三角城市群城市创新关联的网络密度相对较高,创新关联现象较为普遍,而且不存在明显的行政边界效应;各城市拥有不同的中心度,具备不同的权力,但权力大小与城市等级规模的关系不明显;长三角城市群存在 4 个子群,各子群的城市创新关联网络密度以及成员规模存在差异;各城市在四大子群以及子群内部关系中扮演着不同的中间人角色,具有不同的地位与作用。

【关键词】: 城市创新; 空间关联; 社会网络分析; 长三角城市群

【中图分类号】: F127 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1005-1309(2017)04-0087-011

一、引言

现有关于城市创新的研究主要集中在以下四个层面:一是有关城市创新能力的评价,如 Nam&Pardo(2011)认为城市创新能力的评价不仅要考虑城市的技术创新能力,还要兼顾城市的管理和组织创新能力以及城市的政策创新能力。谢科范等(2009)依据城市创新活力的相关理论,从城市创新能力支撑结构钻石模型和城市创新系统投入产出模型两个角度综合对比分析了我国 18 个城市的创新能力。解旭霞和刘明广(2016)从创新投入、创新产出与创新环境三个角度构建了广州的创新能力评价指标体系,并利用非线性加权综合评价法对广州 2000—2013 年的城市创新能力进行了系统评价。二是有关城市创新能力的时空演变分析,如 Li 等(2015)采用 2000—2012 年中国生物技术领域发表的论文和专利申请数据,从科学知识网络和技术知识网络两个角度研究了中国城市创新网络的时空演化关系,指出通过厘清每个城市在对科学知识网络和技术知识网络方面存在的差距,能够更加有效地制定出城市创新发展政策。谭俊涛等(2014)以黑龙江省为例,探讨了黑龙江省 12 个地级市 2001—2010 年间的城市创新能力分布格局及其发展过程,认为黑龙江省城市之间的创新能力差异明显,虽然区域差异和极化程度呈不断增大的趋势,但其创新能力格局仍相对较为稳定。宋周莺等(2016)采用回归分析、变异系数等研究方法,分析了东北地区 36 个地级城市 2009—2014 年间的创新能力发展格局及其对东北地区的经济带动作用。胡海鹏等(2015)从城市创新职能效率与城市创新外向功能量两个角度测算了广东省 21 个地级城市的创新流强度数值,进而利用聚类分析研究了广东省的城市创新强度空间格局。三是有关城市创新的影响因素分析,如 Lieberherr-Gardiol(2012)认为便捷的交通和通讯设施、金融机构以及政策支持,能够为城市创新提供更好的创新环境。Chessa 等(2013)探讨了欧盟的科技一体化问题,指出国家行政边界的分割仍是欧盟区域科技一体化进程的主要阻碍因素,而欧盟研究区(ERA)计划能够通过直接投资、增加流动性与简化创新政策等方式弱化国家行政边界的不利影响。

¹ 收稿日期: 2017-02-14

***基金项目:** 本文获国家自然科学基金青年项目(批准号: 71603001)资助

Paier 和 Scherngell (2011) 以欧洲研究和技术发展框架计划资助的组织间联合研发合作项目为例, 利用离散选择模型分析了欧洲研发网络中组织合作的决定因素。Scherngell 和 Barber (2011) 重点研究了地理因素对城市间跨区域研发合作中的影响。倪鹏飞等从创新主体、内部平台、全球联系与公共制度等众多角度, 以全球 436 个城市为样本, 采用结构方程模型研究了城市创新能力的影响因素, 认为公共制度与内部平台是影响城市创新能力最重要的因素, 全球联系也有助于城市创新能力的提高。四是有关城市创新的关联分析, Scherngell 和 Lata (2013) 采用经过滤波的空间相互作用模型研究了在欧洲框架下的欧洲 255 个城市 1999—2006 年间的研发网络的时空特征。Fischer 和 Griffith (2008) 采用专利引文数据, 利用空间计量模型与基于特征函数的空间滤波方法研究了 112 个欧洲城市间的知识流动的空间特征。吕拉昌、李勇 (2010) 在采用主成分分析以及聚类分析方法研究了我国创新城市体系空间格局的基础之上, 利用合作论文数量量化分析了城市之间的创新联系, 认为省会城市和经济实力较强的城市在创新扩散中起到了重要作用。徐雪琪和程开明 (2008) 在综合采用回归分析、聚类分析以及相关分析的基础之上, 研究了长三角城市间创新的空间扩散关系, 认为长三角城市的创新扩散呈现等级扩散特征, 与城市等级结构具有一致性。程开明 (2010) 认为城市体系中存在的位势差和基础设施条件的提高能够加快城市的创新扩散, 基于长三角城市群的实证研究也支持了这一观点。吴志强和陆天赞 (2015) 以 2012 年的时点数据为例, 利用引力模型与社会网络分析方法研究了长三角三省一市的 41 个城市的组织特征与空间网络关系, 发现长三角创新群落存在相对较为明显的核心层、关联层和边缘层。

纵观国内外现有研究, 尽管在城市创新尤其是城市创新关联方面已经取得了比较丰硕的研究成果, 然而仍存在两个方面的局限: 其一, 现有文献针对城市创新关联的研究主要是基于联合申请专利数据, 然而由于城市间的联合申请专利并不完全依赖于城市自身的专利申请总量, 因而采用联合申请专利数据会在一定程度上忽视对城市自身创新能力的考量。其二, 虽有部分文献采用引力模型, 弥补了上述缺陷, 基于城市自身创新能力构建城市间的创新关联关系, 但是引力模型所提供的城市间的创新关系是一种无向的网络关系, 相对于有向关系网络关系而言, 引力模型的研究结果往往损失了大部分的有用信息, 同时引力模型往往只能采用某一个时点而不是一个时期的数据, 因此研究的结论是否稳健仍有待做进一步的探讨。因此, 如何基于城市自身创新能力构建城市创新的关联关系, 以及如何考察城市创新的传递方向, 并得出相对更为稳健的研究结论, 成为本文所要解决的重点问题。

按照最新长三角城市群规划的范围, 长三角城市群涵盖苏浙沪皖共 26 个城市, 不仅是我国对外开放程度最高、经济发展最具活力的地区之一, 同时也是我国最具创新能力的地区之一。2015 年长三角城市群全年的国内发明专利申请量共达 30.29 万项, 占全国国内发明专利申请总量的 31.28%, 同时长三角城市群全年的国内发明专利授权量已达 8.04 万项, 占全国国内发明专利授权量的 30.52%, 长三角城市群在全国的创新能力可见一斑。因此, 研究长三角城市群城市创新的空间关联对于厘清长三角城市群内部城市的创新关联关系, 实现“以点带线、以线促面”, 全面提升长三角城市群的创新水平, 进而加快我国创新型国家建设具有十分重要的现实意义。

二、数据来源与研究方法

(一) 数据来源

考虑到数据的可获得性以及代表性, 本文选取了长三角城市群 26 个城市 2008 年 1 月至 2015 年 12 月共 96 期的国内发明专利申请量月度数据作为各城市的城市创新的衡量指标。其中, 江苏、浙江与安徽各城市的国内发明专利申请量月度数据来自于各省的知识产权局网站, 而上海市知识产权局因并未公布其国内发明专利申请量的月度数据, 本文选择从国家知识产权局 2008—2015 年各月的《国家知识产权局专利业务工作及综合管理统计月报》中间接获取上海市的发明专利申请数据, 对于个别月份缺失的数据则采用不同年份相同月份的国内发明专利申请量同比增长率进行计算整理得到。

(二) 研究方法

1. 格兰杰因果检验

格兰杰因果检验是基于时间序列变量的过去值与当前值的相关性对时间序列变量统计意义上的因果关系进行检验的一种方法(Granger, 1969)。目前较为常用的格兰杰因果检验是基于向量自回归模型(VAR)进行的, 其中向量自回归模型(VAR)的计算如下:

$$\Delta A_t = \alpha_{12} + \sum_{i=1}^{L_{11}} \beta_{11i} \Delta A_{t-i} + \sum_{j=1}^{L_{12}} \beta_{12j} \Delta B_{t-j} + v_{12t} \quad (1)$$

$$\Delta B_t = \alpha_{22} + \sum_{i=1}^{L_{21}} \beta_{21i} \Delta B_{t-i} + \sum_{j=1}^{L_{22}} \beta_{22j} \Delta A_{t-j} + v_{22t} \quad (2)$$

式中, ΔA_t 与 ΔB_t 分别表示时间序列 A_t 与 B_t 的一阶差分项, 且 ΔA_t 与 ΔB_t 是平稳的时间序列。 L 表示时间序列 ΔA_t 与 ΔB_t 的滞后阶数, α 、 β 为模型的估计参数, v 则为模型的扰动项。(1)式中若满足所有 β_{12j} 的系数不全为零, 则认为时间序列变量 B 的过去值影响了时间序列变量 A 的当前值, 时间序列变量 B 与时间序列变量 A 存在统计上的因果关系, 即时间序列变量 B 是时间序列变量 A 的格兰杰原因, 同理, 若(2)式中只要满足所有 β_{22j} 的系数不全为零, 则可认为时间序列变量 A 是时间序列变量 B 的格兰杰原因。

2. 网络密度分析

网络密度测量的是整个网络中实际存在的关系数与理论上应该存在的关系数之比, 用来表示整个网络连接的紧密程度。网络密度越大, 表明网络中各节点的联系就越紧密。对于有向关系网络而言, 其网络密度计算如下:

$$D = n / [N(N-1)] \quad (3)$$

式中, D 表示网络密度, n 表示整个网络内实际存在的关系数, N 表示整个网络内存在的节点数。

3. 中心度分析

中心度是社会网络分析中重点关注的研究内容, 其反映的是节点在网络中所具有的权力大小。按照关注的重点不同, 中心度可进一步分为度数中心度、接近中心度与中间中心度这三类。其中, 节点的度数中心度衡量的是与该节点直接相连的节点数, 其不考虑节点对其他节点的影响力, 而只关注于节点自身权力大小。节点的接近中心度衡量的是该节点与其他节点的距离之和, 其关注的是节点不受其他节点控制的能力, 值得指出的是接近中心度是唯一一个反向指标, 即节点的接近中心度越大, 该节点与其他节点的距离就越远, 反而越不是网络的核心节点。节点的中间中心度衡量的是该节点在多大程度上居于某两个节点之间, 关注于节点对两端节点的控制能力。节点的度数中心度相对较为简单, 可直接依据与节点的连接节点数进行统计计算, 而接近中心度与中间中心度则相对较为复杂, 同时对于有向网络而言, 度数中心度与接近中心度需要从内向关系与外向关系两个角度加以细分。

接近中心度的计算如下:

$$C_i = \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (4)$$

式中, C_i 表示节点 i 的接近中心度, d_{ik} 表示点 i 和点 j 之间存在的捷径距离, $i \neq j$

中间中心度的计算如下:

$$M_i = \sum_j^n \sum_k^n F_{jk}(i) / F_{jk} \quad (5)$$

式中, M_i 表示节点 i 的中间中心度, $F_{jk}(i)$ 表示点 k 和点 j 之间经过点 i 的捷径数目, F_{jk} 表示点 k 和点 j 之间存在的捷径数目, 其中, $k \neq j \neq i$, 且 $j < k$.

4. 结构对等性分析

结构对等性分析是一种研究网络位置模型的方法, 其关注的不是节点层次上的个体网络关系, 而是位置层次上的整体网络关系(White et al, 1976)。结构对等性分析通过对不同节点与其他节点之间关系模式的判断, 将具有相同关系模式的节点归为同一类, 即如果任意两个节点在相互替换之后, 并未造成整个网络在结构与性质上的改变, 则认为这两个节点之间具有结构对等性, 因而将其归为一类(刘法建等, 2010)。可见结构对等性分析实际上是一种依据网络结构对节点进行分类的一种方法, 所依据的分类方法不再是单一节点的个体属性而是节点之间的关系属性。目前较为常用的结构对等性分析方法是通过矩阵行或列相关系数的迭代计算最终产生由 1 和 -1 组成的相关系数矩阵, 在此基础上将各个节点归于不同的子群中(刘军, 2009)。

5. 中间人分析

中间人是指居于中间位置的人, 其在相同子群或不同子群内起到信息传递的中介作用。通过中间人分析可以明确每个节点在子群内部以及子群之间何种地位, 以及扮演何种角色, 从而对各个节点进行角色定位。针对所属不同子群位置的不同, 中间人又可以呈现不同的形式(Gould 和 Fernandez, 1989)。图 1 中的节点 A 则分别属于协调员、守门人、代理人、顾问、联络人这五类不同的中间人。协调员是指中介 A 与其所连接的两个节点均属于同一个子群; 守门员是指中介 A 只与信息的接收方属于同一个子群而与信息的发出方属于不同子群; 代理人是指中介 A 只与信息的发出方属于同一个子群而与信息的接收方属于不同子群; 顾问是指中介 A 不与信息的发出方和信息的接收方属于同一个子群而信息的发出方与信息的接收方却属于同一子群; 联络人是指中介 A 与信息的发出方和信息的接收方均不属于同一个子群。

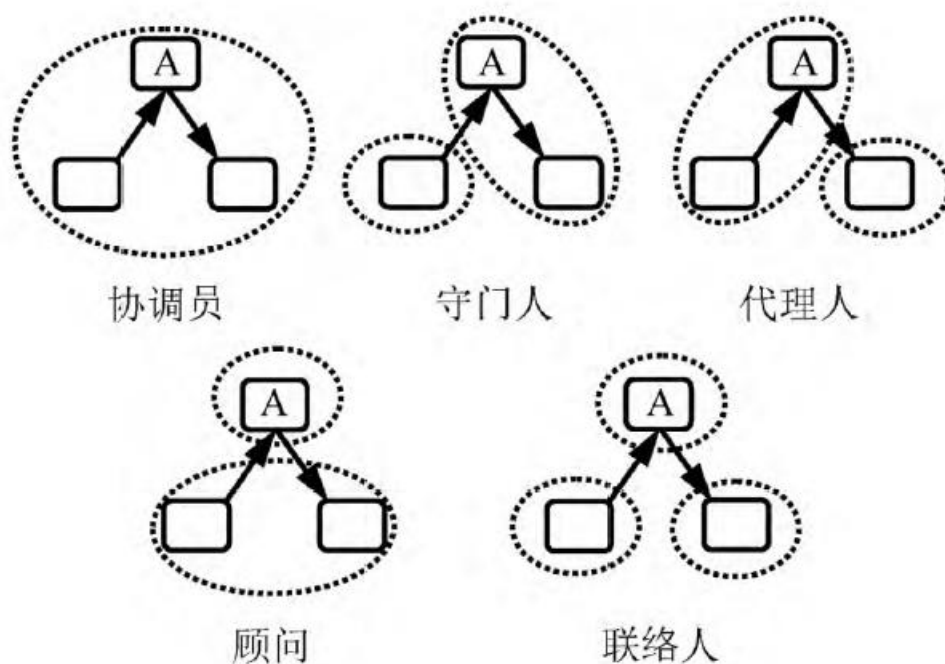


图 1 五类中间人

三、长三角城市群城市创新空间关联的实证分析

(一) 城市创新关联关系的构建

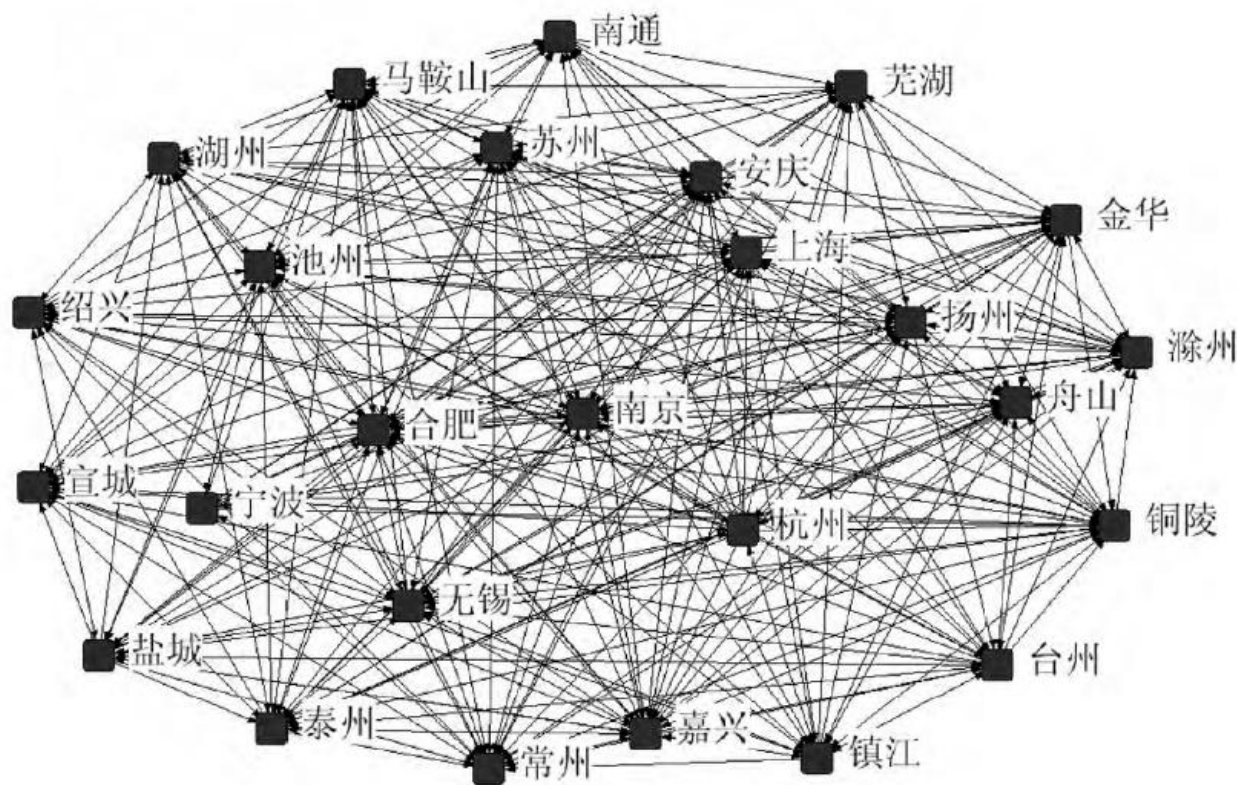
为了去除数据的时间趋势，本文首先对国内发明专利申请量月度数据进行了对数化处理。其中，对于个别月度为零的数据，则将其赋值为 1。由于格兰杰因果检验的使用前提是时间序列数据必须是平稳的，因此必须对时间序列数据进行单位根检验，判断时间序列数据是否平稳。本文利用 stata12.0 的 ADF 检验对各城市的国内发明专利申请量数据进行了单位根检验，检验结果如表 1 所示，可以看出，各城市的国内发明专利申请量一阶差分后均是平稳的。

表 1

单位根检验结果

城市	水平值			一阶差分		
	t 值	5% 临界值	结论	t 值	5% 临界值	结论
上海	-4.920	-2.894	平稳	-13.313	-2.895	平稳
南京	-2.809	-2.894	不平稳	-12.178	-2.895	平稳
无锡	-2.653	-2.894	不平稳	-9.907	-2.895	平稳
常州	-2.652	-2.894	不平稳	-11.389	-2.895	平稳
苏州	-2.529	-2.894	不平稳	-11.035	-2.895	平稳
南通	-4.362	-2.894	平稳	-11.052	-2.895	平稳
盐城	-3.739	-2.894	平稳	-12.262	-2.895	平稳
扬州	-3.600	-2.894	平稳	-14.644	-2.895	平稳
镇江	-3.011	-2.894	平稳	-11.172	-2.895	平稳
泰州	-2.996	-2.894	平稳	-11.667	-2.895	平稳
杭州	-3.495	-2.894	平稳	-13.542	-2.895	平稳
宁波	-2.439	-2.894	不平稳	-12.632	-2.895	平稳
嘉兴	-2.666	-2.894	不平稳	-14.028	-2.895	平稳
湖州	-2.886	-2.894	不平稳	-13.154	-2.895	平稳
绍兴	-3.388	-2.894	平稳	-11.952	-2.895	平稳
金华	-3.161	-2.894	平稳	-15.315	-2.895	平稳
舟山	-2.804	-2.894	不平稳	-13.305	-2.895	平稳
台州	-3.831	-2.894	平稳	-15.394	-2.895	平稳
合肥	-2.027	-2.894	不平稳	-13.404	-2.895	平稳
滁州	-1.881	-2.894	不平稳	-12.891	-2.895	平稳
芜湖	-2.717	-2.894	不平稳	-12.441	-2.895	平稳
马鞍山	-2.610	-2.894	不平稳	-14.579	-2.895	平稳
安庆	-1.992	-2.894	不平稳	-13.453	-2.895	平稳
池州	-2.586	-2.894	不平稳	-15.099	-2.895	平稳
铜陵	-3.266	-2.894	平稳	-11.580	-2.895	平稳
宣城	-2.443	-2.894	不平稳	-13.480	-2.895	平稳

基于各城市平稳的国内发明专利申请量数据,采用公式(1)和公式(2)可以分别建立 26 个城市两两之间的 VAR 模型。考虑到 VAR 模型对滞后阶数的选择十分敏感,因此本文在综合了 STATA12.0 软件提供的 LR、FPE、AIC、HQIC、SBIC 五种滞后阶数选择标准的基础上,确定合理的 VAR 模型滞后阶数,在此基础上利用格兰杰因果检验构建出如图 1 所示的长三角城市群城市创新关联网络。图中的每一个箭头均代表了一种城市创新的传递方向,从图 2 中可以发现,长三角城市群城市创新的关联现象相对较为普遍,且既存在高创新水平城市向低创新水平城市的溢出关系,也存在低创新水平城市向高创新水平城市的反馈关系。



(二) 城市创新关联的网络特征

长三角城市群 26 个城市实际测算出的创新关联关系共有 397 个, 依据 26 个城市理论上应存在的 650 个创新关联关系可以测算出整个长三角城市群城市创新关联的网络密度为 0.6108, 城市创新关联的网络密度相对较高, 意味着长三角城市群各城市之间的创新关联现象较为普遍。同时从省级行政区划的角度来看, 三省省域内的城市创新关联达到了 106 个, 其理论关联为 184 个, 网络密度为 0.5761, 而三省一市省域间的创新关联达到了 291 个, 其理论关联为 466 个, 网络密度为 0.6245, 可见省域间的创新关联不仅高于省域内的网络密度, 更高于整个长三角城市群的网络密度, 这从一定程度上说明就城市创新关联来看, 长三角城市群并不存在明显的行政边界效应^①, 长三角城市群的科技一体化水平相对较高。

区域划分	实际关系数	理论关系数	网络密度
长三角城市群	397	650	0.6108
省域内	106	184	0.5761
省域间	291	466	0.6245

基于长三角城市群的城市创新关联是一种有向的关系网络，除了中间中心度以外，还需要区分其各城市度数中心度与接近中心度的内外方向。通过对每个城市的内向与外向关联城市数的分别统计，以及运用公式(4)和公式(5)可以得出如表3所示的长三角城市群城市创新关联的三种中心度指数。从表3中可知，总体来看，长三角城市群26个城市在城市创新关联网络中呈现出不同的度数中心度、接近中心度与中间中心度，表明城市间拥有的权力是迥异的，而且可以发现城市所具有的权力并不与城市的等级规模存在明显的正向关系，某些中小城市却具有相对较大的权力。

表3 城市创新关联的中心度

城市	度数中心度		接近中心度		中间中心度
	内向	外向	内向	外向	
上海	18	19	78.13	80.65	13.80
南京	17	14	75.76	69.44	7.22
无锡	18	22	78.13	89.29	24.60
常州	20	15	83.33	71.43	11.07
苏州	19	20	80.65	83.33	15.67
南通	12	10	65.79	62.50	4.91
盐城	8	18	59.52	78.13	2.71
扬州	20	10	83.33	62.50	8.58
镇江	13	16	67.57	73.53	6.31
泰州	14	18	69.44	78.13	9.76
杭州	6	23	56.82	92.59	7.47
宁波	3	10	53.19	62.50	0.87
嘉兴	16	22	73.53	89.29	13.35
湖州	12	14	65.79	69.44	4.59
绍兴	11	16	64.10	73.53	5.22
金华	17	13	75.76	67.57	7.77
舟山	18	13	78.13	67.57	12.92
台州	15	13	71.43	67.57	4.62
合肥	22	17	89.29	75.76	15.51
滁州	15	12	71.43	65.79	10.19
芜湖	13	14	67.57	69.44	6.54
马鞍山	21	14	86.21	69.44	14.22
安庆	19	11	80.65	64.10	6.22
池州	16	18	73.53	78.13	25.32
铜陵	17	15	75.76	71.43	6.86
宣城	17	10	75.76	62.50	6.70

具体来看，就度数中心度而言，合肥、马鞍山、常州、扬州与苏州的内向度数中心度比较大，表明这些城市的创新受到较多城市的影响，在城市创新关联关系中受益较多，而宁波、杭州、盐城、绍兴与湖州的内向度数中心度相对较小，表明这些城市的创新受到较少城市的影响，在城市创新关联关系中的受益有限；杭州、无锡、嘉兴、苏州与上海的外向度数中心度比较大，

表明这些城市的创新影响了相对较多的其他城市，对长三角城市群整体城市创新水平的提高影响较大，而宣城、宁波、扬州、南通与安庆的外向度数中心度比较小，表明受这些城市创新影响的城市相对较少，对长三角城市群整体城市创新水平的提高影响十分有限。就接近中心度而言，合肥、马鞍山、常州、扬州与苏州的内向接近中心度仍旧比较大，说明这些城市并不是网络中的核心节点，在城市创新关联关系中的受益往往受到其他城市的控制，自身独立性较差，而宁波、杭州、盐城、绍兴与湖州的内向接近中心度相对较小，这些城市与其他城市的距离之和较小，在受益与其他城市创新影响的过程中不易于被其他城市所控制；同理可知，外向接近中心度比较大的杭州、无锡、嘉兴、苏州与上海虽然自身创新影响了相对较多的城市，但是这种影响关系也很大程度上被其他城市所支配，独立性较差，而外向接近中心度相对较低的宣城、宁波、扬州、南通与安庆虽然在创新方面影响的城市相对较少，但是却具有较高的独立性，能够很大程度上免于被其他城市所控制。就中间中心度而言，池州、无锡、苏州、合肥与马鞍山的中间中心度明显高于长三角城市群的其他城市，说明这些城市居于其他城市创新关联的中间位置，控制了其他城市的创新关联。而宁波、盐城、湖州、台州与南通的中间中心度相对低于长三角城市群的其他城市，也说明这些城市很大程度上处于其他城市创新关联的边缘，无法控制其他城市创新关联关系的形成与发展。

(三)城市创新关联的空间结构

采用结构对等性分析的 CONCOR 法，并将最大分割深度设定为 2，可将长三角城市群的 26 个城市按照结构对等性的原则分为图 2 与表 4 所示的 4 个子群。如表 4 所示，就网络密度而言，四大子群中子群一和子群三的城市创新关联网络密度相对较大，均已超过了 0.8，子群一和子群三中的城市在创新方面的关联十分密集。子群二的城市创新关联网络密度虽没有达到子群一和子群三的网络密度，但是仍高于长三角城市群 0.6245 的整体网络密度，子群二中的城市在创新方面的关联要好于长三角的整体水平。而子群四的城市创新关联网络密度仅为 0.429，远低于长三角城市群 0.6245 的整体水平，子群四内的城市在创新方面的联系显然较为稀疏。从表 4 中各子群所属成员来看，子群三的成员最多，达到了 10 个城市，而子群二的成员最少，仅有 4 个城市，各子群所属成员并未出现明显的省域分化现象，不同子群的成员均来自单一省份，这也从另一个侧面验证了表 2 中所得出的结论，长三角城市群城市创新关联并不存在明显的行政边界效应。

表 4 城市创新关联的空间结构划分

子群划分	网络密度	所属成员
子群一	0.881	上海、南京、马鞍山、常州、合肥、宣城、安庆
子群二	0.714	舟山、扬州、铜陵、滁州
子群三	0.886	苏州、无锡、湖州、池州、镇江、杭州、宁波、盐城、泰州、嘉兴
子群四	0.429	绍兴、芜湖、金华、台州、南通

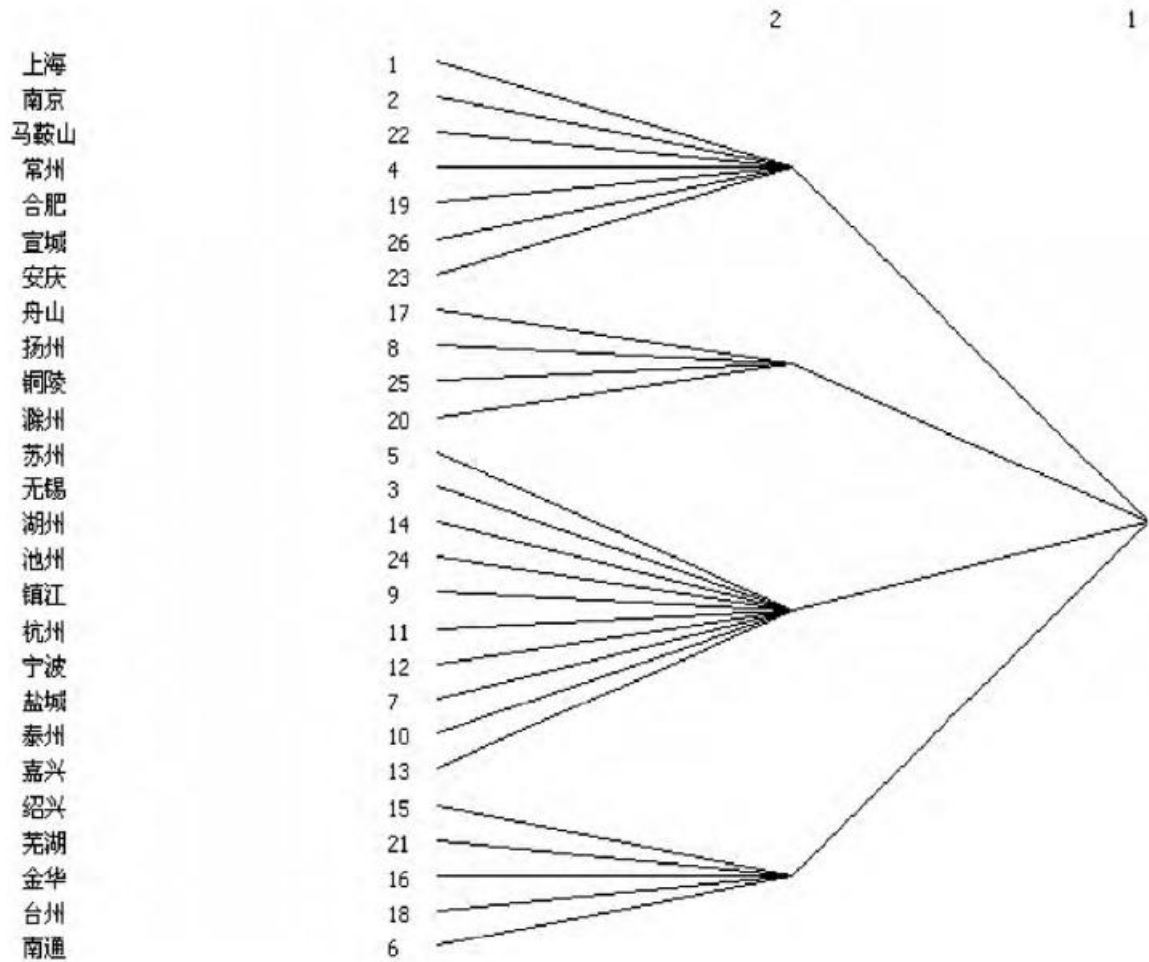


图 3 结构对等性分析聚类图

采用结构对等性分析虽然可以将长三角城市群的 26 个城市按照结构对等性的原则分为图 3 与表 4 所示的 4 个子群，但是并未明确各城市在 4 个子群内部以及子群与子群之间居于何种地位，以及扮演何种角色，无法对各城市进行有效的角色定位，因此有必要对四大子群中的成员城市做进一步的深入分析。采用中间人分析，依据各城市所属子群的不同，通过对各城市在子群内部以及子群之间的创新关联关系的分析，可得到如表 5 所示的各城市充当不同种类中间人次数的统计结果。由表 5 可知，总体而言，长三角城市群 26 个城市在四大子群以及子群内部关系中扮演着不同的中间人角色，在其所在子群乃至整个长三角城市群的创新发展中起到了不同的作用。

表 5

各城市的五类中间人次数

子群	城市	协调员	守门人	代理人	顾问	联络人	共计
子群一	上海	4	14	33	27	29	107
	南京	2	18	17	9	18	64
	马鞍山	1	20	19	25	40	105
	常州	4	22	22	18	27	93
	合肥	2	26	24	29	39	120
	宣城	2	4	16	14	14	50
	安庆	4	11	13	10	18	56
子群二	舟山	0	0	15	18	55	88
	扬州	0	6	4	15	36	61
	铜陵	0	12	0	16	35	63
	滁州	1	3	7	11	31	53
	苏州	3	26	6	19	72	126
	无锡	29	45	18	8	36	136
	湖州	3	6	10	3	19	41
子群三	池州	20	48	10	8	41	127
	镇江	5	14	8	4	23	54
	杭州	7	14	10	8	17	56
	宁波	0	1	5	1	2	9
	盐城	3	6	5	3	12	29
	泰州	6	20	6	7	38	77
	嘉兴	12	25	19	11	41	108
子群四	绍兴	1	6	6	14	20	47
	芜湖	1	5	8	14	29	57
	金华	7	12	11	16	19	65
	台州	2	10	6	6	23	47
	南通	2	8	4	7	20	41

具体来看，就各城市充当中间人的次数而言，长三角城市群中无锡、池州、苏州、合肥、嘉兴、上海与马鞍山充当中间人的次数相对较多，均已超过了 100 次，而宁波、盐城、南通、湖州、台州与绍兴充当中间人的次数则相对较少，低于 50 次。无锡、池州充当协调员与守门员的次数相对较多，上海与合肥充当代理人 and 顾问的次数也相对较多，而苏州与舟山则主要充当了联络人的角色。从各子群内部城市对比而言，子群一中，上海和常州充当协调员的次数较多，是子群一内部城市创新关联的枢纽，合肥在守门人以及顾问上的次数相对较多，是其他子群影响子群一的主要进入门户，上海充当了子群一的主要代理人角色，是子群一影响其他子群的主要输出窗口，而马鞍山在子群一中扮演联络人的角色十分明显，表明马鞍山是子群一与其他两个子群同时联系的重要依托。子群二中，滁州是唯一的协调员，起到了沟通子群二内部城市的重要作用，铜陵是子群二的主要守门人，是其他子群影响子群二的主要进入门户，舟山在子群二中同时居于主要代理人、主要顾问与主要联络人的地位，对子群二与其他子群进行创新联系起到了举足轻重的作用。子群三中，无锡主要承担了协调员和代理人的角色，对于子群三内部城市的创新关联以及子群三外向作用其他子群起到了十分重要的作用，而苏州主要承担了子群三的顾问和联络人角色，对其他子群内部城市的创新关联以及某两个子群之间的创新关联影响显著。池州是子群三的主要守门人，这意味着作为主要的创新关联受益

城市，池州是子群三引入吸收其他子群创新影响的主要中转地。子群四中，金华同时承担了子群四的主要协调员、守门人、代理人、顾问角色，是子群四城市创新最为核心的城市，其对于在子群四与其他子群的沟通交流具有无可取代的作用，同时作为子群四主要联络人的芜湖，也是子群四消化吸收其他子群创新影响并发挥自身影响力的有力依托。

四、结论与讨论

本文采用长三角城市群 26 个城市 2008 年 1 月至 2015 年 12 月的国内发明专利申请量月度数据，在利用格兰杰因果检验构建城市之间的创新关联关系的基础之上进一步使用社会网络分析法分析了长三角城市群城市创新的关联网络特征以及空间结构，得出的结论如下：

第一，长三角城市群 26 个城市间创新关联的网络密度相对较高，各城市之间的创新关联现象较为普遍。苏浙沪皖省域间的创新关联网络密度高于苏浙皖省域内的网络密度，长三角城市群并不存在明显的行政边界效应，长三角城市群的科技一体化水平相对较高。

第二，长三角城市群 26 个城市在城市创新关联网络中呈现出不同的度数中心度、接近中心度与中间中心度，城市间拥有的权力迥异，而且城市所具有的权力并不与城市的等级规模存在明显的正向关系。

第三，长三角城市群存在 4 个子群，各子群的城市创新关联网络密度以及成员规模存在差异；长三角城市群 26 个城市在四大子群以及子群内部关系中扮演着不同的中间人角色，在其所在子群乃至整个长三角城市群的创新发展中起到了不同的作用。

值得注意的是正如 Nam & Pardo 所言，技术创新只是城市创新的一个方面，如何更为全面准确地量化城市创新水平，仍是需要继续努力的方向，同时有向关系网络下的长三角城市群城市创新空间关联与无向的关系网络下的长三角城市群城市创新空间关联的差异如何也是今后需要继续探讨的问题。

参考文献：

1. 胡学勤. 新常态下创新驱动经济的理论思考[J]. 现代经济探讨, 2015(11): 10-12.
2. 陈曦. 创新驱动发展战略的路径选择[J]. 经济问题, 2013(3): 42-45.
3. Nam T, Pardo T A. Smart city as urban innovation: Focusing on management, policy, and context[C]//Proceedings of the 5th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance. ACM, 2011: 185-194.
4. 谢科范, 张诗雨, 刘骅. 重点城市创新能力比较分析[J]. 管理世界, 2009(1): 176-177.
5. 解旭霞, 刘明广. 城市创新能力指标体系及实证研究——以广州为例[J]. 科技和产业, 2016, 16(4): 111-114.
6. Li D, Wei Y D, Wang T. Spatial and temporal evolution of urban innovation network in China[J]. Habitat International, 2015, 49: 484-496.
7. 谭俊涛, 张平宇, 李静. 2001-2010 年黑龙江省城市创新能力格局与发展过程[J]. 地理科学进展, 2014, 33(4): 508-516.
8. 宋周莺, 车姝韵, 王姣娥. 东北地区的创新能力演化及其经济带动作用分析[J]. 地理科学, 2016(9): 1388-1396.

-
9. 胡海鹏, 吕拉昌, 黄茹, 等. 基于创新流视角的广东省城市创新体系与职能[J]. 城市发展研究, 2015, 22(6): 71-76.
 10. Lieberherr-Gardiol F. Multiple Innovations and Urban Development in Burkina Faso[M]//Technologies and Innovations for Development. Springer Paris, 2012:69-82.
 11. Chessa A, Morescalchi A, Pammolli F, et al. Is Europe evolving toward an integrated research area?[J]. Science, 2013, 339(6120): 650-651.
 12. Manfred Paier, Thomas Scherngell. Determinants of Collaboration in European R&D Networks: Empirical Evidence from a Discrete Choice Model[J]. Industry & Innovation, 2008, 18(18): 89-104.
 13. Scherngell T, Barber M J. Distinct spatial characteristics of industrial and public research collaborations: evidence from the fifth EU Framework Programme [J]. The Annals of Regional Science, 2011, 46(2): 247-266.
 14. 倪鹏飞, 白晶, 杨旭. 城市创新系统的关键因素及其影响机制——基于全球 436 个城市数据的结构化方程模型[J]. 中国工业经济, 2011(2): 16-25.
 15. Scherngell T, Lata R. Towards an integrated European Research Area? Findings from Eigenvector spatially filtered spatial interaction models using European Framework Programme data[J]. Papers in Regional Science, 2013, 92(3): 555-577.
 16. Fischer M M, Griffith D A. Modeling spatial autocorrelation in spatial interaction data: an application to patent citation data in the European Union [J]. Journal of Regional Science, 2008, 48(5): 969-989.
 17. 吕拉昌, 李勇. 基于城市创新职能的中国创新城市空间体系[J]. 地理学报, 2010, 65(2): 177-190.
 18. 徐雪琪, 程开明. 创新扩散与城市体系的空间关联机理及实证[J]. 科研管理, 2008, 29(5): 9-15.
 19. 程开明. 城市体系中创新扩散的空间特征研究[J]. 科学学研究, 2010, 28(5): 793-799.
 20. 吴志强, 陆天赞. 引力和网络: 长三角创新城市群的空间组织特征分析[J]. 城市规划学刊, 2015(2): 31-39.
 21. Granger C W J. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods[J]. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 1969: 424-438.
 22. White H C, Boorman S A, Breiger R L. Social structure from multiple networks. I. Blockmodels of roles and positions[J]. American journal of sociology, 1976: 730-780.
 23. 刘法建, 张捷, 章锦河, 等. 中国入境旅游流网络省级旅游地角色研究[J]. 地理研究, 2010(6): 1141-1152.
 24. 刘军. 整体网分析讲义[M]. 格致出版社, 2009.

25. Gould R V, Fernandez R M. Structures of mediation : A formal approach to brokerage in transaction networks [J]. Sociological methodology, 1989, 19 (1989): 89-126.