

长三角城市群网络结构时空演变分析^{*1}

张荣天^{1, 2}

(1. 扬州大学苏中发展研究院, 中国江苏扬州 225009;

2. 扬州大学商学院, 中国江苏扬州 225009)

【摘要】: 以长三角地区为例, 首先运用改进引力模型测度 1990—2013 年长三角各城市间的联系强度, 然后基于社会网络分析法 (SNA), 从网络密度、网络中心度及凝聚子群 3 个方面对长三角城市群网络空间结构演变特征进行分析, 并在此基础上初步探讨城市群网络空间结构演变驱动因素。结果表明: 长三角城市群网络整体密度呈现提升态势, 但以弱联结联系状态为主; 上海市的点出度增幅最大, 苏州的点入度增幅最大, 长三角城市群联系不均衡性显著; 长三角城市群具有结构相似的 4 个子群, 其中上海、苏州、无锡及杭州的联系紧密度最高, 以中心城市带动其它城市的网络协同发展格局正在建构; 区位条件差异、要素空间流动、交通综合发展及政府政策推动影响着长三角城市群网络结构时空演变。

【关键词】: 城市群; 网络结构; 时空演变; 驱动因素; SNA; 长三角

【中图分类号】: F127 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000 - 8462 (2017) 02 - 0046 - 07

DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2017.02.007

随着全球一体化加速推进, 全球化、地方化相互作用愈演愈烈, 各种物流、人才流、信息流、资金流在规模大小、速度、方向、组织形式都发生了根本性的变化^[1], 而城市作为区域空间中的重要组成部分, 在流动空间的作用下, 各种“流”在城市之间的不断流转, 促进城市与城市之间的联系, 城市与城市之间最终组合成一组具有一定功能和结构的城市网络体系, 城市间等级体系不断地走向网络体系, 城市网络研究范式正逐渐在城市体系研究中发挥更大作用^[2], 城市网络关系日益成为经济地理学家研究的热点。城市网络是在信息化、全球化背景之下出现的新型城市空间组织形式, 显著区别于传统城市地理学的中心地理论模式, 概念内涵也区别于传统城市体系^[3]。城市网络的相关研究可追溯到 1950 年代, 荷兰学者 Zonneveld 依托交通、信息等渠道产生规模经济关系, 最早提出了“城市网络”的基本概念^[4]; Castells 流动空间理论推动了“城市网络”研究范式全面转型, 采用基础设施法及企业组织法 2 种基本方法^[5], 赋予“城市网络”研究更为科学的分析方法^[6]; 1990 年代后期, Taylor 提出了“世界城市网络”的概念, 实现了世界城市研究范式从“大都市到城市网络的转变”^[7]; Dupuy 从拓扑、动力学及适应性等 3 大方面概括城市网络的特征^[8]; 还有学者探讨了航空^[9]、铁路^[10]、快递物流^[11]等对城市网络发展的影响机理; 另外, 国外开始关注社会文化层面对城市网络影响^[12]。国内对城市网络结构的研究起步相对较晚, 主要收集城市关系数据探讨城市体系组织问题, 多聚焦于全国尺度^[13]或发达地区^[14]的实证分析; 研究视角上主要通过通讯网络^[15]、交通网络^[16]、企业组织^[17]等来测度区域城市间网络结构特征, 伴随互联网时代不断发展, 新浪微博^[18]、百度指数^[19]等信息资源逐渐成为探究城市网络空间的

¹ 收稿时间: 2016 - 04 - 17; 修回时间: 2016 - 08 - 23

基金项目: 安徽师范大学 2014 年度科研创新重点项目 (2014yks084zd); 国家社会科学基金项目 (14BSH036)

作者简介: 张荣天 (1987—), 男, 江苏南京人, 博士后, 硕士生导师。主要研究方向为城乡发展与区域规划。E-mail: nnuzrr@163.com。

重要素材。城市群是特定区域范围之内不同类型、等级规模城市的集合体，目前关于城市群概念^[20]、规模特征^[21]、形成机制^[22]等探讨较多，而对于城市群内部空间联系结构的研究相对薄弱。鉴于此，从社会网络视角综合计量分析区域城市群空间结构，揭示区域城市群空间分布以及相互作用基本特征。

长三角地区地处我国东部沿海地区与长江流域的结合部，已成为支撑中国经济高速增长的核心与城市化水平最高的区域（图1），区域内城市之间联系不断趋于网络化，城市网络化发展模式是区域实现“内稳定”的一种结构模式，也是城市群发展的一个必然过程，探讨长三角城市群网络空间结构特征具有一定的现实意义。本文以长三角城市群为例，首先，运用改进后的引力模型计算出1990—2013年长三角城市群16个城市间的联系值；然后，通过社会网络分析法（SNA），分别从网络密度、网络中心度及网络凝聚子群3个方面分析长三角城市群网络空间结构及其演变特征；最后，对长三角地区城市群网络结构时空演变的驱动因素进行初步解释，以期合理构建城市空间结构，实现城市群联动，促进长三角城市群可持续发展提供科学依据。

1 研究方法及数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 改进的引力模型

城市研究中所采用的是“属性数据”，而社会网络分析研究采用的是“关系数据”，借助引力模型将“属性数据”转化为“关系数据”。由于城市的经济、人口、距离均相等，但是城市经济联系和贡献程度存在差异性，根据差异性特征，引进参数k对模型进行相应的改进，具体公式如下：

$$P_{ij} = k_{ij} \left(\sqrt{P_i \times V_i} \cdot \sqrt{P_j \times V_j} \right) / D_{ij}^2, k_{ij} = V_i / (V_i + V_j) \quad (1)$$

式中： P_{ij} 是城市i对城市j引力； k_{ij} 是城市i对 P_{ij} 贡献率； P_i 、 P_j 是城市人口指标，选用城市总人口； V_i 、 V_j 是城市经济指标，选用人均GDP； D_{ij} 是城市间空间距离指标，选用城市间最短公路距离。

1.1.2 社会网络分析法（SNA）

SNA法是1930年代布朗最先提出的，主要用于描述组织间关系特征、确定关系基本类型以及分析关系对网络结构影响^[23]。它通过定量指标来描述个体之间互动结构关系及其发展变化，一方面可以揭示网络结构整体特征，另一方面也可反映个体在网络结构中地位。目前SNA法在产业集群^[24]、旅游流^[25]、城市经济联系^[26]等领域被应用，借鉴SNA理论从网络密度、网络中心度及网络凝聚子群3个方面来研究长三角地区城市群网络空间结构的演变特征。

1.1.2.1 整体网络密度D

网络中各个成员之间联系的紧密程度，是通过网络中实际存在的关系数量与理论上可能存在的关系数量相比而得到，主要反映区域城市群中的各城市节点之间联系的密度特征。具体公式如下：

$$D = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k d(n_i, n_j) / k(k-1) \quad (2)$$

式中：D 是网络密度；k 是节点数。D=1 说明网络节点间均有联系；D=0，说明网络节点间均没有联系。

1.1.2.2 网络中心度 C

中心度是揭示个体对象在网络结构中心位置，通过点度中心度和中间中心度 2 指标来直接反映。点度中心度揭示网络结构中各成员自身联系力，有点出度、点入度 2 指标，点出度是影响其它城市能力，点入度是受其它城市影响程度；而中间中心度是揭示两非邻接城市空间联系依赖于其它城市的影响程度。具体公式如下：

$$\begin{aligned} C_{D(in)} &= \sum_{j=1}^n R_{ij(in)}; C_{D(out)} = \sum_{j=1}^n R_{ij(out)}; \\ C_{ABi} &= \sum_j \sum_k (g_{jk(i)} / g_{jk}), j \neq k \neq i \end{aligned} \quad (3)$$

式中：C_{D(in)}是点入度；C_{D(out)}是点出度；R_{ij}是城市联系强度；C_{ABi}是中间中心度；g_{jk}是城市 j 和城市 k 间最短路径数；g_{jk(i)}/g_{jk}是城市 i 能够控制城市 j 和城市 k 联系的能力。}

1.1.2.3 网络凝聚子群

SNA 法通过网络中的个体对象特征来描述群体规律，网络凝聚子群是指个体间存在相对较强及紧密的关系所组成的集合。SNA 城市网络凝聚子群分析主要是来反映城市群内部子城市结构的基本状态，揭示城市群凝聚子群的个数、各凝聚子群涉及到的城市，探讨网络凝聚子群空间关系和联系方式，为考察长三角城市群网络空间结构发展提供新的分析视角。

1.2 数据来源

论文研究数据主要包括 2 个部分：①统计数据主要来源于《江苏省统计年鉴》《浙江省统计年鉴》《上海市统计年鉴》、各城市统计年鉴（1991—2014 年）、国民经济和社会发展统计公报（1991—2014 年）；②空间数据来源于《江苏省地图集（2014 年）》《浙江省地图集（2014 年）》《上海市地图集（2014 年）》，扫描后高精度配准并跟踪矢量化；③数据指标，主要涉及到城市总人口、人均 GDP、城市间最短公路距离 3 个指标，其中城市总人口、人均 GDP 主要来源于统计年鉴，而城市间最短公路距离通过 ArcGIS9.3 软件测算。

2 长三角地区城市群网络结构演变特征

借助改进的引力模型计算出 1990—2013 年长三角城市群中的各个城市空间联系值，并根据长三角各城市间的空间联系值，应用社会网络分析软件 UCINET 6.2 绘制出长三角城市带空间联系网络结构图（图 2），并从网络密度、网络中心度、网络凝聚子群 3 个维度展开论证与分析。

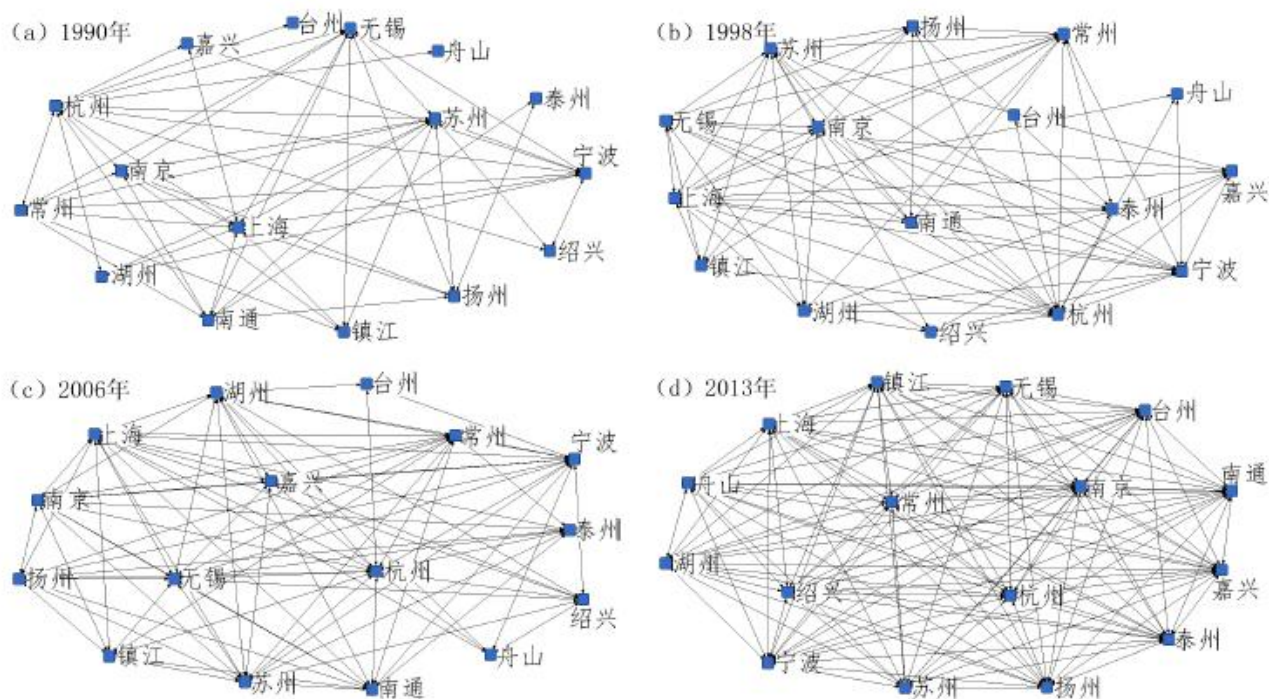


Fig.2 Urban agglomeration network space structure in the Yangtze River Delta from 1990 to 2013

2.1 长三角城市群网络密度分析

通过整体网络密度 D 公式计算得到 1990—2013 年长三角城市群的网络密度 D 值 (图 3), 若整体网络密度 D 越高, 则说明城市群中城市结点间联系渠道越强, 能够从其它城市获得联系的途径也相对越多, 有助于推动整个城市群的各城市发展与联系。

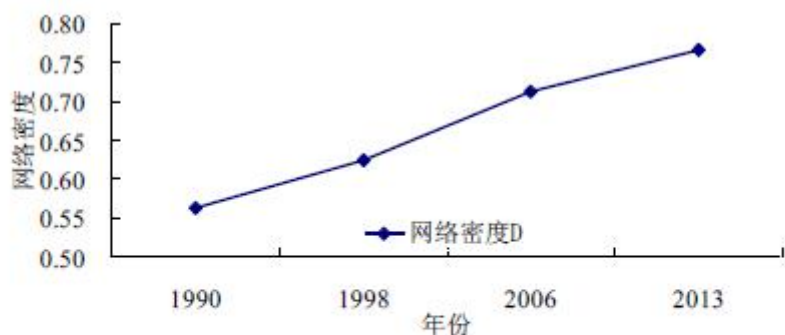


图3 长三角城市群网络密度D (1990—2013)
Fig.3 Urban network density in the Yangtze River Delta from 1990 to 2013

从图 3 可知: ①演变上, 1990—2013 年长三角地区城市间联系的网络密度 D 值呈现出不断增大的态势, 从 1990 年的 0.5632 上升到 2013 年的 0.7658, 整个研究期间增长了 35.9%, 说明城市群网络空间结构中各个城市之间的相互关联逐渐在增强, 城市群的各城市空间经济联系交往活动愈加频繁, 城市间相互联系的增强进而有助于促使长三角整体经济实力不断提升; ②总体上,

长三角城市群网络密度 D 处于相对不高水平, 1990—2013 年期间网络密度 D 值最大值仅达到 0.7658, 说明 1990 年代以来长三角城市群各城市空间联系还处在一种弱联结分布状态, 需要进一步地加强城市群内部联系。

2.2 长三角城市群网络中心度分析

考虑到城市空间联系的有向性和差异性的特征, 通过网络中心度公式, 计算出 1990—2013 年长三角城市群网络中心度 (表 1、表 2), 从而初步揭示 1990—2013 年长三角城市群网络中心度变化的基本规律。

表 1 长三角城市群空间联系网络点度中心度 (1990—2013)

Tab.1 Degree centrality in urban contacts network in the Yangtze River Delta from 1990 to 2013

序号	点出度								点入度							
	1990	1998	2006	2013	1990	1998	2006	2013	1990	1998	2006	2013	1990	1998	2006	2013
1	南京	178.00	南京	184.00	南京	188.00	南京	178.00	南京	103.00	南京	113.00	南京	125.00	南京	142.00
2	镇江	45.00	镇江	51.00	镇江	55.00	镇江	68.00	镇江	111.00	镇江	124.00	镇江	137.00	镇江	156.00
3	常州	150.00	常州	163.00	常州	171.00	常州	201.00	常州	234.00	常州	276.00	常州	298.00	常州	312.00
4	无锡	287.00	无锡	299.00	无锡	332.00	无锡	399.00	无锡	295.00	无锡	325.00	无锡	356.00	无锡	405.00
5	苏州	299.00	苏州	321.00	苏州	387.00	苏州	432.00	苏州	487.00	苏州	543.00	苏州	567.00	苏州	597.00
6	扬州	50.00	扬州	56.00	扬州	64.00	扬州	76.00	扬州	89.00	扬州	95.00	扬州	108.00	扬州	129.00
7	泰州	28.00	泰州	34.00	泰州	39.00	泰州	46.00	泰州	72.00	泰州	77.00	泰州	83.00	泰州	95.00
8	南通	56.00	南通	69.00	南通	77.00	南通	85.00	南通	183.00	南通	198.00	南通	213.00	南通	249.00
9	上海	898.00	上海	929.00	上海	988.00	上海	1056.00	上海	193.00	上海	223.00	上海	254.00	上海	293.00
10	湖州	32.00	湖州	36.00	湖州	44.00	湖州	48.00	湖州	122.00	湖州	134.00	湖州	155.00	湖州	162.00
11	嘉兴	35.00	嘉兴	41.00	嘉兴	45.00	嘉兴	54.00	嘉兴	155.00	嘉兴	164.00	嘉兴	179.00	嘉兴	193.00
12	杭州	231.00	杭州	298.00	杭州	324.00	杭州	361.00	杭州	229.00	杭州	245.00	杭州	287.00	杭州	298.00
13	绍兴	21.00	绍兴	35.00	绍兴	38.00	绍兴	46.00	绍兴	87.00	绍兴	95.00	绍兴	101.00	绍兴	127.00
14	宁波	67.00	宁波	79.00	宁波	77.00	宁波	84.00	宁波	102.00	宁波	123.00	宁波	142.00	宁波	172.00
15	舟山	7.00	舟山	10.00	舟山	12.00	舟山	15.00	舟山	32.00	舟山	35.00	舟山	44.00	舟山	49.00
16	台州	12.00	台州	17.00	台州	19.00	台州	25.00	台州	21.00	台州	26.00	台州	25.00	台州	33.00

表 2 长三角城市群空间联系网络中间中心度 (1990—2013)

Tab.2 Between's centrality in urban contacts network in the Yangtze River Delta from 1990 to 2013

序号	1990		1998		2006		2013	
	城市	中心度	城市	中心度	城市	中心度	城市	中心度
1	南京	6.92	南京	5.87	南京	5.67	南京	5.25
2	镇江	0.89	镇江	0.76	镇江	0.82	镇江	0.92
3	常州	4.78	常州	4.83	常州	4.92	常州	4.88
4	无锡	6.75	无锡	6.99	无锡	7.26	无锡	10.23
5	苏州	15.21	苏州	15.02	苏州	16.36	苏州	17.02
6	扬州	0.76	扬州	0.56	扬州	0.62	扬州	0.69
7	泰州	0.00	泰州	0.00	泰州	0.00	泰州	0.00
8	南通	1.02	南通	1.15	南通	1.07	南通	1.26
9	上海	26.89	上海	25.11	上海	27.13	上海	28.47
10	湖州	1.78	湖州	1.32	湖州	1.45	湖州	1.56
11	嘉兴	1.12	嘉兴	1.01	嘉兴	1.22	嘉兴	1.09
12	杭州	18.87	杭州	17.65	杭州	18.42	杭州	18.69
13	绍兴	0.87	绍兴	0.79	绍兴	0.91	绍兴	0.84
14	宁波	17.45	宁波	18.76	宁波	17.89	宁波	18.38
15	舟山	0.00	舟山	0.00	舟山	0.00	舟山	0.00
16	台州	0.00	台州	0.00	台州	0.00	台州	0.00

2.2.1 点度中心度分析

从表 1 可知：①点出度 CD(out)上，上海的点出度变化最大，研究期间增长了近 75%，体现出上海在长三角中核心地位不断得到巩固，伴随上海在经济、金融、贸易等领域的不断壮大与发展，它与周围城市的联系逐渐增强，其经济辐射能力日益凸显；点出度次于上海的城市分别是苏州、无锡、杭州及南京，点出度占长三角比重由 1990 年的 41.5%上升到 2013 年的 43.2%，4 个城市的产业关联性相对高，并且与城市群其它城市的联系较紧密；舟山、台州、泰州及扬州的点出度最小，说明这 4 个城市对城市群其它城市带动效应较弱，这 4 个城市与长三角城市群中心城市的距离相对远。②点入度 CD(in)来看，苏州的点入度增幅最大，表明随着长三角城市圈的不断建设，苏州依靠地理区位和招商引资环境，强化与长三角城市群其它城市经济联系及交往，吸引资源、要素向苏州集聚，不断整合利用外部资源；点入度次于苏州的城市分别是无锡、常州、杭州及上海，这 4 大城市对外来资本的吸引能力较强，与长三角城市群的其它城市的经济联系较强。

2.2.2 中间中心度分析

从表 2 可知：①演变上，1990—2013 年长三角地区城市空间经济联系网络中间中心度以减弱趋势为主，说明长三角城市群各城市对资源控制程度在不断弱化。其中，南京下降幅度达到 58%，表明了 1990 年以来南京在长三角城市群中的中介性作用不断在减弱，从某种程度上说，也说明了长三角的城市经济空间联系正逐步趋于均衡。②整体上，上海、苏州、杭州、无锡及宁波的中间中心度 CABi 较高，占到长三角地区总量 70%左右，说明了这几大城市在长三角城市群中位于核心圈层的位置，与城市群中的其它各城市的联系程度较高；而舟山、台州、台州及南通的中间中心度 1990—2013 年间较小，说明了这几个城市在长三角城市群中处于的边缘圈层的位置，城市空间联系强度一直较弱。总体来说，虽然长三角地区各城市的中介中心度分布不均衡，城市群网络中具有一定的分层结构特征，但各城市并没有被孤立，一定程度上都能通过“枢纽城市”与城市群网络内的其它城市发生联系。

2.3 长三角城市群网络凝聚子群分析

一般理论上若空间联系网络内的凝聚子群较多，不利于整个网络成员间的直接广泛交往，即子群内部之间交流比较密切，而与外部子群之间的交流较少，这样的网络结构不利于整体城市群网络的发展。基于 Ucinet 软件平台，通过 Concor 方法进行聚类分析，得到长三角城市群网络中存在 4 个凝聚子群，其中每个凝聚子群的成员组成如下：1 子群有上海；2 子群有南京、苏州、无锡、杭州、宁波；3 子群有镇江、南通、常州、扬州、嘉兴、湖州、绍兴；4 子群有泰州、舟山、台州。

表 3 长三角城市群网络子群密度系数
Tab.3 Density coefficients in urban contacts network
subgroups of the Yangtze River Delta

凝聚子群	1	2	3	4
1	/	5.087	2.325	0.852
2	5.992	6.124	2.034	0.516
3	4.126	3.142	2.322	0.118
4	3.065	1.385	0.552	0.008

从表 3 可知：1 个子群的上海市作为长三角最核心城市，对其它 3 个子群的联系密度系数为 5.807、2.325、0.852，说明上海与长三角城市群其它城市的联系均较紧密，吸引城市群中的其它各城市的资源、要素持续地向上海市空间集聚，增强了上海与长三角城市群其它城市的经济联系及来往；2 子群的密度系数最大达到 6.124，说明 2 子群内的各城市间联系最为密切；而 3

子群、4子群内部的各城市联系相对弱，而对1、2子群的影响的密度系数更小，这就说明3、4子群中各城市在长三角城市群中属于相对边缘的位置，总体以上海、南京、杭州等中心城市的辐射影响为主。

3 长三角城市群网络结构演变驱动因素

1990—2013年长三角城市群网络结构演变是多因素相互作用产生的结果，尤其在要素资源流动、区位条件改善、交通方式创新及制度政策变化等的共同推动下，长三角城市群空间联系的网络结构日益发生变化，伴随上海、杭州、南京等核心圈层城市日益成为长三角城市群联系网络结构中的协调者、中介者，不断与长三角城市群边缘区各城市的经济空间联系更加密切，这种城市空间联系密切程度日益强化，从而有助于进一步推动整个长三角地区城市间联系的网络结构不断发生置换（图4）

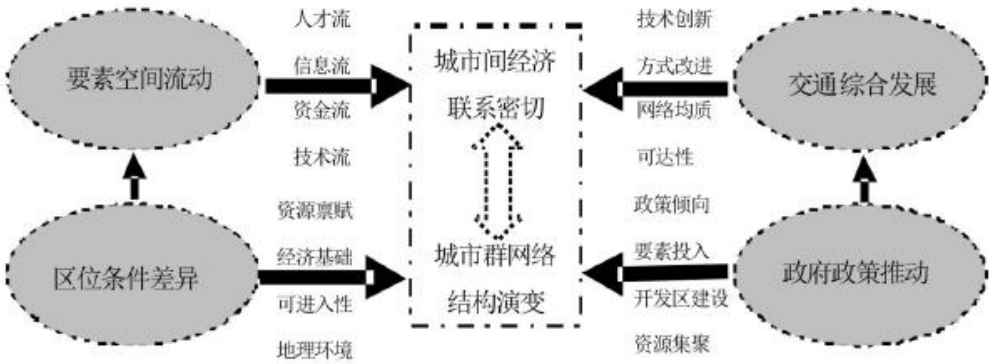


图4 长三角城市群网络空间结构演变综合机制图

Fig.4 Urban agglomeration network pattern of integrated drive mechanism in the Yangtze River Delta

3.1 区位条件差异因素

城市空间经济联系的最重要基础是区位条件。一般而言，城市区位条件越优越、综合交通越便利，则越有助于推动与区域其它城市来往及联系，区位条件是要素流动的最为重要前提，正是长三角城市群各城市区位条件差异在一定程度上影响着城市群网络联系的强度及空间结构演化。长三角地区是当前中国经济社会、城镇化发展最为突出的“优势板块”，但是长三角城市群中的各城市区位条件也存在一定差异，其中沪宁、沪杭线是整个长三角地理区位条件最显著的区域，交通网络最密集，其沿线的上海、南京、苏州、嘉兴、杭州等各城市联系最为密切，形成了长三角城市群稳定的城市网络空间结构。

3.2 要素空间流动因素

城市空间经济联系的过程是聚集和扩散两种基本运动形式的耦合结果和产物，在集聚—扩散互动机理的共同作用及其影响之下，其中联系密切且接受资金、技术、信息等生产要素便利的城市呈现出趋向合理化的空间流出效应，进一步带动城市空间经济联系网络结构的形成及不断优化。在整个长三角城市群中的上海、苏州、杭州等城市间的各要素凭借地理空间位置邻近，以及便捷的交通综合优势，交流程度要远远高于城市群内的其它城市。因此，区域城市要素流动的差异在一定程度上驱动着长三角城市群网络空间结构分异产生及演化。

3.3 交通综合发展因素

区域空间可达性对城市间经济联系起到十分显著的影响，在交通技术不断创新的大背景之下，交通网络结构、功能的不断

改善提高了区域内各城市之间交往的可达性程度。伴随着长三角地区的交通方式、功能的逐步改进，长三角地区机场（虹桥机场、硕放机场、普陀山机场等）、高速铁路（宁杭高铁、沪宁高铁等）、高速公路（沪杭高速、沿江高速等）的建设进入新一轮热潮，依托密集的交通轴线，形成了区域廊道经济，从而有效地提升了长三角城市群的空间经济联系。随着区域交通网络不断趋于完善，长三角地区可达性较差城市不断被填充，区域均质性逐渐在形成，造成长三角城市群一体化格局日益显著。

3.4 政府政策推动因素

政府宏观指导对城市群空间经济联系具有重要的影响，政策倾向性直接关系到城市产业发展方向、基础设施建设，能为城市内部、外部交流及联系提供便利条件。“兴建开发区”推动城市化模式，促使城市间的相对距离不断缩短，强化了各城市间空间联系。目前，长三角地区逐渐形成了国家级、省级等各类开发区，其中比较典型的有苏州工业园区、上海闵行开发区、浙江萧山开发区、南京经济技术开发区、宁波经济技术开发区等，伴随各城市开发区内产业的逐渐壮大，带动城市发展和人口集聚，从而使城市的空间形态、功能结构发生变化，城市网络化程度日益显现，因此开发区建设模式是助推城市空间联系的重要“发展平台”，成为区域城市网络联系提升的重要推动器，促使长三角城市群网络格局发生演变。

4 结论与讨论

社会网络分析（SNA）可有效揭示城市群各城市在网络结构中的地位角色，以及在网络结构中的发展方向。论文引进网络分析方法（SNA），试图从“社会网络”研究视角上解构转型期以来长三角城市群城镇体系问题，实现从“区域城市等级”向“城市网络结构”研究的基本转变，这有助于突破、丰富研究我国城市群空间结构的研究基本视角。通过研究得到以下几点基本结论：①1990年以来长三角城市群网络整体密度呈不断提升态势，且网络密度D值最大值仅达到0.7658，表明长三角城市群网络联系还处于相对弱联结状态；1990—2013年间上海的点出度增幅最大，而苏州的点入度增幅最大，说明长三角城市群空间联系不均衡性较显著；研究期间长三角内存在着结构相似的4个城市子群，其中上海、苏州、无锡及杭州空间联系程度最为紧密，并且以长三角地区中心城市带动其它城市的网络协同发展格局正在显现。②1990—2013年长三角城市群网络空间结构演变主要受到区位条件差异、要素空间流动、交通综合发展及政府政策推动4大因素的影响，它们间相互作用驱动长三角城市群网络结构不断发生着置换，这为长三角城市群网络结构的优化提供有益启示。

需要指出的是，研究还存在一定的不足之处：需要进一步解析长时间尺度下的城市群网络结构空间演化特征及其规律；以“市域”单元作为分析的空间尺度，而县域空间尺度下的区域城市群网络结构演变特征如何？还需进一步深化对小空间（县域）、长时间尺度长三角城市群网络结构演变与驱动机理内容的关注，以及如何通过定量模型揭示各影响因素与城市群网络空间结构演变之间内在关系的研究。另外，如何构建转型期适合网络化发展的长三角城市群空间治理机制，优化长三角城市群各城市合作协同利益最大化的发展路径将是今后需要重点思考的方向。

参考文献：

- [1] 年福华, 姚士谋, 陈振光. 试论城市群区域内的网络化组织 [J]. 地理科学, 2002, 22(5): 568 - 572.
- [2] 崔大树, 樊晏. 基于 SNA 的浙中城市群空间经济结构演变的网络特征分析 [J]. 产业经济评论, 2013, 12(2): 129 - 138.
- [3] 卢明华. 荷兰兰斯塔德地区城市网络的形成与发展 [J]. 国际城市规划, 2010, 25(6): 53 - 57.
- [4] Klaasen I, Rooij R, Van Schaick J. Network Cities: Operationalising a Strong but Confusing Concept [C] //International Conference 25 - 28 June, Sustainable Urban Areas, Rotterdam, 2007.

-
- [5] Castells M. The Rise of the Network Society [M] . Oxford: Blackwell, 1996.
- [6] Castells M. The Informational City: Information Technology, Economic Restructuring and the Urban- Regional Process [M] .Oxford: Blackwell, 1989.
- [7] Taylor P. World City Network: A Global Urban Analysis [M] .London: Routledge, 2004.
- [8] Dupuy G. Urban networks-network urbanism [M] . Amsterdam: Techne Press, 2008.
- [9] Goetz A. Air passenger transportation and growth in the US urban system 1950-1987 [J] . Growth and Change, 1992, 23: 218- 242.
- [10] Matsumoto H. International urban systems and air passenger and cargo flows: some calculations [J] . Journal of Air Transport Management, 2004, 10: 239 - 247.
- [11] Mitchelson R L. The flow of information in global economy: the role of the American urban system in 1990 [J] . Annals Association of American Geographers, 1994, 84(1): 87 - 107.
- [12] Taylor P. The new geography of global civil society: NGOs in the world city network [J] . Globalizations, 2004, 1(2): 265 -277.
- [13] 冷炳荣, 杨永春, 李英杰, 等. 中国城市经济网络结构空间特征及其复杂性分析 [J] . 地理学报, 2011, 66(2): 199 - 211.
- [14] 路旭, 马学广, 李贵才. 基于国际高级生产者服务业布局的珠三角城市网络空间格局研究 [J] . 经济地理, 2012, 32(4): 50 -54.
- [15] 金凤君, 王姣娥. 20 世纪中国铁路网扩展及其空间通达性 [J] . 地理学报, 2004, 59(2): 293 - 302.
- [16] 张闯, 孟韬. 中国城市间流通网络及其层级结构: 基于中国连锁企业百强店铺分布的网络分析 [J] . 财经问题研究, 2007(5): 34 - 41.
- [17] 尹俊, 甄峰. 基于金融企业布局的中国城市网络格局研究 [J] . 经济地理, 2011, 31(5): 754 - 759.
- [18] 甄峰, 王波, 陈映雪. 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, 2012, 67(8): 1 031 -1 043.
- [19] 蒋大亮, 孙烨, 任航, 等. 基于百度指数的长江中游城市群城市网络特征研究 [J] . 长江流域资源与环境, 2015, 24(10): 1 654 - 1 664.
- [20] 陈美玲. 城市群相关概念的研究探讨 [J] . 城市发展研究, 2011, 18(3): 5 - 8.
- [21] 苏飞, 张平宇. 辽中南城市群城市规模分布演变特征 [J] . 地理科学进展, 2010, 30(3): 343 - 349.

-
- [22] 刘玉亭, 王勇. 城市群概念、形成机制及其未来研究方向评述 [J]. 人文地理, 2013, 28(1): 62 - 68.
- [23] 罗家德. 社会网络分析讲义(第二版) [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2010.
- [24] 李二玲, 李小建. 欠发达农区传统制造业集群的网络演化分析——以河南省虞城县南庄村钢卷尺产业集群为例 [J]. 地理研究, 2009, 28(3): 738 - 750.
- [25] 刘法建, 张捷. 中国入境旅游流网络省级旅游地角色研究 [J]. 地理研究, 2010, 29(6): 1 141 - 1 151.
- [26] 刘耀彬, 戴璐. 基于 SNA 的环鄱阳湖城市群网络结构的经济联系分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(3): 263 - 271.