

“互联网 + ” 背景下长三角城市群空间组织重构 ——基于复杂网络结构的视角

崔大树, 袁璐

(浙江财经大学经济学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 长三角城市群的信息辐射空间呈现复杂网络特性, 网络密度和关联度较高, 等级性较低, 空间重构初步显现。城市群内中心性较高的城市普遍多于中心性较低的城市, 网络联动效应明显, 信息结构洞总体呈现以上海、南京、杭州、苏州、无锡和宁波为多中心的开放网络化结构。宿迁、泰州和衢州等城市的限制度相对较高, 但与核心城市的差距不断缩小。整个信息关联网络可分为 8 个子群, 子群分布已弱化地域限制而出现跳跃性带动群体。依托 8 个子群为基础空间单元, 长三角城市群空间组织重构为辐射簇群(子群(1)、(2))、中介簇群(子群(3))、跳跃性簇群(子群(4)、(5))和初级簇群(子群(6)、(7)、(8))等四个“簇群”状空间组织。

关键词: 长三角城市群; 空间重构; 信息辐射模型; 复杂网络

中图分类号: F061.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-4892(2016)11-0020-09

DOI:10.13762/j.cnki.cjlc.20160913.002

一、研究背景与文献回顾

在“互联网 + ”时代, 城市间信息网络发展迅速并呈现复杂交错特征, 对城市群空间组织结构产生了深刻的影响。因此, 有必要修正和补充对“空间结构”的理解, 从复杂网络结构的视角重新认识城市群空间组织。城市群的网络化演变主要依靠区域之间的空间相互作用。目前, 学术界对长三角城市群空间组织结构的研究大多从交通、经济和物流等方面构建引力模型模拟其网络结构^{[1][2][3]}。对城市群空间组织结构的研究主要以中心性、等级结构、空间可达性和联系强度等属性数据揭示城市群的空间组织特征^{[4][5][6][7]}, 并将增长极和中心-边缘理论与复杂网络理论相结合, 以引力模型为代表的关系数据和网络分析为主要研究方法。方大春(2015)、刘华军(2015)、李琳(2015)等学者分别对不同城市群的交通、能源、旅游和环境等实体网络或网络效率进行考察^{[8][9][10][11]}。牛方曲(2015)、蒋大亮(2015)等学者以人流、物流、资金流和信息流等为基础获取城市之间的关系数据, 研究城市群空间组织演变过程^{[12][13][14][15]}。本文认为城市群空间组织结构已从传统的等级结构转向网络化结构、从封闭系统转向开放系统, 城市群的空间集聚效应逐渐达到“饱和”状态并开始进入扩散效应阶段。但已有文献研究突出了引力模型分析某地区对其他地区的吸引能力(即该地区的集聚能力), 忽略了城市群具有的辐射与扩散效应, 难以客观地解释城市群

收稿日期: 2016-04-18

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(13BJL095)

作者简介: 崔大树(1961-), 男, 陕西榆林人, 浙江财经大学经济学院教授, 博士; 袁璐(1991-), 女, 河北唐山人, 浙江财经大学经济学院硕士生。

目前转向网络结构的状态。同时,以往研究大多考虑距离因素,但距离对城市之间的经济联系尤其是信息联系的阻力在逐渐弱化,从而使考虑距离因素的引力模型得到的结论可能存在偏误。鉴于此,我们采用弱化地理距离因素的信息辐射模型分析长三角城市群的信息辐射关联关系,揭示城市群空间组织复杂网络体系的整体和个体特征,以模拟空间网络中核心城市、中心城市、核心区域及合作群组的分布格局和网络联动效应。在此基础上,探讨“互联网+”背景下长三角城市群信息网络化发展的趋势,重构长三角城市群的空间组织,为形成科学合理的空间发展模式提供依据。

二、研究方法数据来源

关系的确定是网络分析的关键^[16]。以往研究主要采用引力模型和 VAR Granger Causality 检验方法^{[17][18]},但引力模型主要考察集聚能力且考虑地理距离因素的作用,而 VAR 模型对滞后阶数的选择过于敏感,这在一定程度上降低了网络结构特征刻画的精确性^[9]。目前,地区之间的信息流动逐渐弱化了地理距离因素的影响且具有向四周辐射的特点,因此二者均不适用于当前信息空间网络关系的确定。辐射模型弥补了重力模型的局限,并利用人口流、物流和信息流等进行实例验证。我们选用改进的信息辐射模型与复杂网络分析相结合的方法,研究长三角城市群空间组织的复杂网络结构及特征,既克服引力模型和 VAR 模型的缺点,也更加契合复杂网络的辐射关系。

(一) 基于信息辐射模型的复杂网络模型构建

城市群内各个城市是网络中的“点”,在空间扩散作用下,信息资源较丰富的“点”对其他城市产生辐射扩散并形成“线”,它表示了各城市间的辐射关系。此时,“点”和“线”共同构成城市群空间组织的信息辐射网络,长三角城市群信息空间复杂网络就是地区间信息辐射关系的集合。本文采用王宁宁等(2015)建立的城市信息辐射模型^[19],考察城市群内各城市间的预期信息流关系。

$$T_{ij} = T_i \frac{\sum_{k=1}^K m_{ik} m_{jk}}{\sum_{k=1}^K m_{ik} (\sum_{k=1}^K m_{ik} + \sum_{k=1}^K m_{jk})} \quad T_i = \sum_{j \neq i}^n t_{ij} \quad (1)$$

其中, T_{ij} 为 i 、 j 两地之间预期的信息流动强度, m_{ik} 、 m_{jk} 为城市 i (城市 j) 的信息化指标 k 的标准值, K 为城市信息化指标的数量, T_i 为基于百度指数的其他城市对城市 i 的信息关注度, t_{ij} 为基于百度指数的城市 i 对 j 的关注度^①, n 为城市或地区的统计数量。据此,我们计算出城市群各城市之间的预期信息流强度矩阵是非对称性矩阵,构建的复杂网络模型具有矢量性。

(二) 网络复杂性特征指标选择

复杂网络以关系数据为基础,呈现交叉重叠的复杂性特征。整体网络特征反映整个网络结构的系统性和稳健性,个体网络特征则反映网络中各节点的中心性和等级性,聚类分析反映网络中出现的群组发展情况。

1. 网络的整体结构性特征指标。网络的整体结构性特征一般采用网络密度、网络关联度、网络等级度和网络效率等指标进行考察。有向网络的整体网络密度反映信息辐射关系的紧密程度,网络密度越大,表明成员之间的联系越紧密,该网络对其中行动者的态度、行为等产生的影响就越大^[20]。关联性则反映网络自身的稳健性和脆弱性^[21],如果网络中很多“线”都与某一个城市相连,那么空间信息流动对该城市的依赖性就很高。等级度表示网络中各城市之间在多大程度上能对称地可达,反映了城市群信息网络中各个城市的支配地位,网络等级度越高,等级结构越森严,越

① 本文以地域为关键切入点,以另一城市为地域搜索关键词得到整体搜索指数,以此考量城市间的关注度。

多的城市处于从属、被支配的地位。网络效率是指在已知网络图中包含的成分数确定的情况下，图在多大程度上存在着多余的线^[20]，反映网络中各节点间的连接效率。

2. 网络的个体结构性特征指标。在网络分析法中，一般采用点度中心度、中间中心度和接近中心度等指标刻画个体结构特征。有向网络中的点度中心度反映各节点城市在整个信息流动关联网络中所处中心位置的程度，点度中心度越高，说明该节点城市在整个信息流动关联网络中与其他城市间的联系越多，越处于网络的中心地位。中间中心度反映某个节点城市在多大程度上控制其他城市之间的信息关联关系，中间中心度越高，则该城市越能控制其他城市之间信息的相互流动。节点城市的接近中心度是一种针对不受其他城市控制的测度，刻画了某个城市在空间信息流动过程中不受其他城市控制的程度。

3. 结构洞与凝聚性分析。伯特(1972)用结构洞来表示非冗余的联系，认为“非冗余的联系人被结构洞连接，一个结构洞是两个行动者之间的非冗余的联系”^[20]。凝聚性是判断结构洞的重要标准之一。凝聚子群分析得出的“城市小团体”并不表示城市之间存在真正意义上的联盟，仅表示子群内城市间的相对较强的更为直接密切的联系。

(三) 指标体系的建立

依据现有研究成果及信息辐射模型的特点，本文选取表 1 的城市信息化发展水平评价体系^①。

表 1 城市信息化发展水平指标评价体系

一级指标	二级指标
信息化产业	信息业务总量占 GDP 比重
	高技术产业占 GDP 比重
信息化建设	广播综合人口覆盖率
	电视综合人口覆盖率
信息化应用	电话普及率
	互联网普及率
	有线电视入户率
信息化知识与人力	科技人员占总人口比重
	万人专利授权数
	在校大学生占总人口比重

(四) 城市节点选择的数据来源

在城市群网络空间体系中，城市节点作为基本地域单元起着承上启下的重要作用。我们选取长三角城市群 30 个地级市作为基本节点^②，以保证网络的完整性。数据来自《中国城市统计年鉴》。

三、长三角城市群信息空间复杂网络特征

通过信息辐射模型，确定长三角城市群各城市之间信息空间辐射关系的有向矩阵，依托 UCI-NET 可视化工具 Netdraw，我们绘制了 2014 年的复杂网络图(如图 1 所示)。图 1 显示，长三角城市群的信息空间已呈现典型的复杂网络结构形态，主要表现为以下三个方面。

① 信息业务总量 = 通信业务总量 + 电信业务总量 + 邮政业务总量，总人口为城市常住人口数。

② 2013 年 4 月，长三角城市经济协调会第十三次市长联席会议召开，会员城市扩容至 30 个，包括上海市、江苏省、浙江省全境及安徽省的合肥、芜湖、淮南、马鞍山和滁州等 5 个地市。

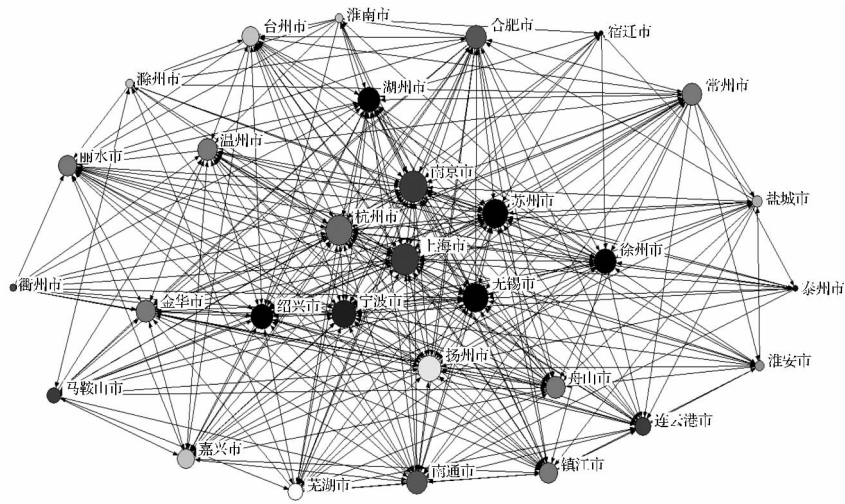


图1 长三角城市群信息辐射复杂网络

(一) 网络的整体性结构特征

在社会网络分析中，整体网络特征对反映网络的结构性、系统性起着至关重要的作用。我们从网络密度、网络关联度、网络等级度和网络效率等指标考察长三角城市群信息空间辐射网络的整体性特征。整体性指标反映了整个网络的系统性和全局特征。

长三角城市群共计 30 个地级市(即 30 个城市节点)，因此城市之间的最大可能关系总数应为 870(30 × 29) 个，而样本考察期内城市之间的信息空间关联关系为 488 个，网络密度为 0.5609，处于中等水平，说明城市之间的信息联系比较紧密，网络联动效应对城市的“行动”具有较大的影响，但总体并未达到很高的水平。在信息空间辐射网络中，网络关联度为 1，说明样本网络空间中城市节点的可达性为 100%，任何两个城市节点之间均已存在信息空间辐射。而网络等级度为 0.4137，即在这些关联中，41.37% 是非对称可达，59.63% 为对称可达，二者的比例相当，说明城市群中处于支配地位和从属地位的城市相当，前者略少于后者，尽管存在等级结构特征，但程度较低。样本考察期内长三角城市群信息空间辐射复杂网络的网络效率为 0.4197，即存在 42% 的网络连线是多余的。网络中多余的连线数越多，说明网络中的连线数目更多，网络的稳定性就越高。

表2 长三角城市群信息空间辐射网络整体性指标

整体性指标	指标值
网络密度(Density)	0.5609
网络关联度(Connectedness)	1.0000
网络等级度(Hierarchy)	0.4137
网络效率(Efficiency)	0.4197

总体来看，长三角城市群信息空间辐射网络化水平较高，城市之间的信息关联性较强，等级度较低，已突破等级结构森严的阶段。但各数据大多处于中等水平，说明信息化对城市群空间组织的重构现象仍处于初级阶段。在城市群内以饱和要素为扩散源，通过信息扩散作用促使要素向稀缺地区流动，从而提升资源配置的地区匹配速度及效率。因此，越是直接的辐射扩散，越能提升效率，就需要更高的网络密度；越少的冗余联系，越低的网络效率，就需要进一步提升长三角城市群信息空间辐射的整体网络化水平，使中心城市更多，辐射强度更大，进而带动整个城市群内各城市的发展。

(二) 网络的个体性结构特征

中心性是度量个体网络中心化程度的重要指标。在城市群网络中，处于中心位置的城市更易获

得资源和信息,拥有更大的权力和对其他城市更强的影响力。网络中心性又可分为点度中心度、中间中心度和接近中心度三个指标^①。

1. 点度中心度。长三角城市群30个城市的点度中心度均值为70.575,高于这一均值的城市有18个,前10位从高到低依次是上海、南京、杭州、无锡、苏州、宁波、扬州、徐州、湖州和绍兴,这些城市在城市群的信息空间辐射网络中与其他城市的关联关系较多。其中,上海和南京的点度中心度高达100,杭州、苏州和无锡的点度中心度也都高于93。其原因主要是这些城市对其他城市具有辐射关系,在长三角城市群中经济发展水平高、集聚要素能力强,因而通过信息扩散将要素充裕的信息传递给其他城市,在信息辐射网络中处于中心地位。宿迁、泰州、衢州、滁州和淮南等城市的点度中心度排在长三角城市群的最后5位,说明这些城市与其他城市的信息联系关系较少,意味着这些城市的经济规模相对较小、信息化发展水平不高,且受到其他城市的关注度(百度搜索指数)较低,自身要素集聚能力较弱,辐射给其他城市的要素及信息也相对较少,从而导致与其他城市之间的信息空间辐射较弱。

点度中心度可通过点出度和点入度考察。点出度越高,对其他城市的辐射能力越强;点入度越高,则被更多的其他城市辐射。长三角城市群30个城市的点出度均值为16.267,点出度大于均值的城市有13个,从高到低依次是上海、南京、杭州、苏州、宁波、合肥、无锡、常州、扬州、芜湖、金华、徐州和镇江,这些城市对其他城市有较强的辐射能力。点入度均值为16.127,南京、上海、杭州、苏州和宁波列前5位,这些城市的经济发达、信息化发展水平高且多为旅游型城市,其他城市对它们的关注度较高,导致这些城市能更多地接受其他城市的辐射。而点入度处于后5位的城市由低到高依次为衢州、宿迁、淮南、泰州和马鞍山,这五个城市自身的经济规模和信息化水平仍较为落后,尚未形成对其他城市的明显辐射能力。

2. 中间中心度。长三角城市群30个城市中间中心度的均值为1.051,高于这一均值的城市有11个,从高到低依次为上海、南京、杭州、苏州、无锡、宁波、徐州、湖州、扬州、合肥和常州,这些城市在信息空间辐射网络中控制其他城市之间信息流动的能力较强。其中,上海和南京的中间中心度达到3.381,较大程度地高于其他城市,说明这两个城市作为长三角城市群的核心城市在城市群的信息空间辐射网络中起着重要的“中介”和“桥梁”作用。杭州、苏州和无锡等城市的中间中心度紧随其后,这些城市的经济发展较快、信息化发展水平也较高,扩散作用明显,在城市群信息空间辐射网络中具有中介作用。衢州和泰州的中间中心度为0,未起到中介作用,自身的信息化水平亟待提高,同时也说明长三角城市群的信息空间辐射网络整体水平不高,仍存在“间断”点,这与前述的整体网络结构性特征中的整体化网络水平较低的结论相一致。

3. 接近中心度。长三角城市群30个城市接近中心度的均值为79.027,高于这一均值的城市有16个,排在前三位的城市从高到低依次是上海、南京、杭州、无锡和苏州,具有较高的接近中心度说明这些城市在长三角城市群的信息空间辐射网络中能以更快的速度与其他城市产生信息辐射关系,即这些城市在整个城市群的信息空间辐射网络中扮演着“核心行动者”的角色。究其原因在于这些城市大多位于长三角城市群的核心,经济规模较大、要素辐射强、信息化发展水平高,与其他城市之间的信息流动强度更大、效率更高,从而具有较强的获得其他城市关注的的能力。上海和南京的接近中心度达到100,远高于其他城市,说明其他城市与上海、南京的信息关联网络中最为“接近”,二者处于整个城市群信息空间辐射网络的中心。而接近中心度处于后5位的城市由低到高依次是宿迁、泰州、衢州、滁州和淮南,这些城市受自身经济规模、信息化发展水平及关注度的限制,在网络中扮演着“边缘行动者”的角色(即辐射能力弱),主要受其他城市辐射的影响。

^① 限于篇幅,表格未予列示,作者备索。

(三) 长三角城市群空间组织复杂网络的结构洞与凝聚性

1. 结构洞指数分析。在社会网络分析中,结构洞可以衡量两个行动者之间的非冗余联系,主要包括有效规模、效率、限制度和等级度等四个指标,其中限制度指标最为重要^[18]。网络中某个城市节点的有效规模表示网络中的非冗余因素,效率为该节点的有效规模与实际规模之比,限制度则指节点在网络中受到的限制程度(即节点在自己所处的网络中拥有的运用结构洞的能力),等级度指限制性能在多大程度上集中于一个节点上。本文运用 UCINET 软件的 Structural Holes 路径得到长三角城市群的信息关联空间复杂网络结构洞指标(如表 3 所示)。

根据表 3 的测算结果,长三角城市群的信息结构洞总体呈现以上海、南京、杭州、苏州、无锡和宁波为多中心的开放网络化结构。结构洞中限制度较大的城市从高到低依次为宿迁、泰州、衢州、淮安、淮南、盐城和滁州等城市,它们受其他城市的限制程度均在 16% 以上。这些城市大多位于长三角城市群的边缘地带,经济发展水平和信息化程度偏低,说明处于长三角城市群西北和西南位置的城市在信息空间辐射网络中运用结构洞的能力较弱,受到的限制程度较大,对中部核心城市的信息依赖性强。而上海、南京、杭州、苏州、无锡和宁波等城市的限制度较低,这些城市的信息流动对其他城市的依赖程度较低,在整个网络中具有较强的辐射能力。因此,应加强长三角城市群中部核心地带信息发达城市与西北、西南位置的信息化落后城市的交流与沟通,促进信息互动,鼓励要素及先进的信息资源由网络核心向边缘地带辐射扩散,培育西北和西南位置的城市信息独立体,降低其信息的依赖程度。

表 3 长三角城市群信息关联空间复杂网络结构洞指标

城市	有效规模	效率	限制度	等级度
上海	9.828	0.339	0.134	0.016
南京	9.828	0.339	0.134	0.016
无锡	7.815	0.289	0.138	0.013
徐州	6.917	0.288	0.140	0.012
常州	5.455	0.248	0.143	0.010
苏州	7.963	0.295	0.138	0.013
南通	4.826	0.210	0.146	0.006
连云港	3.105	0.163	0.152	0.003
淮安	1.769	0.136	0.169	0.001
盐城	2.857	0.204	0.164	0.005
扬州	5.800	0.232	0.144	0.009
镇江	3.952	0.188	0.147	0.005
泰州	1.000	0.100	0.182	0.000
宿迁	2.333	0.259	0.186	0.004
杭州	8.929	0.319	0.136	0.016
宁波市	7.231	0.278	0.140	0.014
温州	4.545	0.207	0.146	0.007
嘉兴	2.300	0.115	0.153	0.001
湖州	6.167	0.257	0.141	0.010
绍兴	5.083	0.212	0.145	0.007
金华	3.818	0.174	0.150	0.005
衢州	1.000	0.091	0.180	0.000
舟山	5.091	0.231	0.144	0.008
台州	3.700	0.185	0.148	0.004
丽水	4.429	0.211	0.147	0.006
合肥	5.696	0.248	0.142	0.006
芜湖	3.000	0.167	0.151	0.003
淮南	3.333	0.278	0.165	0.006
马鞍山	2.529	0.149	0.155	0.003
滁州	3.333	0.278	0.162	0.005

注:作者计算整理而得。

2. 凝聚性分析。复杂网络的凝聚性分析能对网络中的所有行动者进行聚类，划分若干子群体以刻画网络的社会群体性特征。通过对构建的长三角城市群信息空间辐射的复杂网络进行凝聚子群分析，我们得到 8 个子群：(1) 上海 - 杭州核心区；(2) 苏东南发达区；(3) 浙北 - 浙西南欠发达区；(4) 宁波 - 衢州跳跃带动区；(5) 南京 - 连云港跳跃带动区；(6) 安徽欠发达区；(7) 苏中较发达区；(8) 苏北落后区。其中，子群(1)和(2)起着链接城市群东西南北各地的中枢作用，形成了一个稳定的中部发达结构，在促进城市群信息化发展及信息辐射扩散的过程中具有典型的桥梁、引导和示范作用。子群的分布虽与地域有着密不可分的关系，但已弱化地域的限制，出现了跳跃性带动群体，这是该城市群空间组织重构的基础。

为分析子群之间的联系程度，我们借助子群密度矩阵的像矩阵予以进一步的子群网络联系分析。根据子群密度矩阵可知，子群的整体网络密度为 0.2143，若将密度矩阵中大于 0.2143 的值替换为 1，小于 0.2143 的值替换为 0，我们可得到子群密度矩阵的像矩阵(如表 4 所示)。

表 4 长三角城市群子群密度像矩阵

子群	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1)	1	1	1	1	0	1	1	1
(2)	1	1	1	0	1	0	1	0
(3)	1	1	1	1	0	0	0	0
(4)	1	0	1	0	0	0	0	0
(5)	0	1	0	0	1	1	1	0
(6)	1	0	0	0	1	1	0	0
(7)	1	1	0	0	1	0	0	0
(8)	1	0	0	0	0	0	0	0

由表 4 数据生成子群的空间联系网络图为图 2。结果显示，子群(1)与其他子群的联系最为紧密，起着关键的中心和桥梁作用；子群(2)、(3)、(5)、(7)列为其次，具有一定的中介作用，而子群(4)和(6)的中介作用相对较弱；与其他子群联系最少的是子群(8)，仅与子群(1)有一条联系，说明子群(8)处于整个网络的边缘地带。由子群的区域分布可以看出，处于中心地带的子群(1)与处于边缘地带的子群(6)、(7)和(8)均存在辐射关系，也呈现突破地理距离限制的特征。

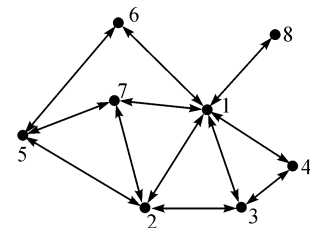


图 2 长三角城市群子群联系网络图

长三角城市群的信息关联空间复杂网络与其他实体网络及经济联系网络具有一定的共性，都具有小世界的网络特征，整体网络巨大，存在多个核心且整个网络高度聚类。但信息关联空间复杂网络具有更强的关联性，信息凝聚力强大，信息的流动与辐射弱化了传统的地理距离影响程度。信息空间扩散方式包括周边式、等级式、点轴式、跳跃式和发展极式扩散等，出现交叉和重叠的现象，呈现复杂网络特性且形成了不同簇群，这些簇群会产生相互促进的效果。

四、结论与政策含义

(一) 研究结论

通过上述分析，我们主要形成以下几方面的研究结论。

1. 从整体网络结构特征来看，长三角城市群的信息关联空间呈现整体性和复杂性的特征。样本考察期内，城市之间的信息辐射关系比较紧密，网络联通效果很好，网络效率和等级度水平较

低,呈现网络开放模式,已突破“点轴-圈层”的空间组织结构,网络化空间组织模式初具雏形。

2. 从个体网络结构特征来看,三类中心度呈现一致性。上海、南京、杭州、无锡、苏州和宁波等城市的三类中心度都较高,在信息关联空间中发挥重要的核心、中介和支配作用;而宿迁、泰州、衢州、滁州和淮南等城市的三类中心度都较低,在网络中扮演边缘行动者的角色。总体而言,城市群内中心性较高的城市普遍多于中心性较低的城市,网络联动效应明显。

3. 结构洞指标分析结果显示,长三角城市群的信息结构洞总体呈现以上海、南京、杭州、苏州、无锡和宁波为多中心的开放网络化结构,这些城市的信息流动对其他城市的依赖程度较低,在整个网络中具有较强的辐射能力。宿迁、泰州、衢州、淮安、淮南、盐城和滁州等城市的限制度虽高于核心城市,但差距在不断缩小。

4. 凝聚子群分析结果显示,长三角城市群整个信息关联网络可分为8个子群,子群的分布虽仍与地域有着密不可分的关系,但已开始突破地域的限制而出现跳跃性带动群体(如子群(4)和(5))。处于中心地带的子群(1)与处于边缘地带的子群(6)、(7)和(8)均存在辐射关系,也呈现突破地理距离限制的特征。而从子群(2)、(3)与其他子群的联系来看,关联关系几乎包括了所有子群。因此,子群空间联系特征也反映长三角城市群空间组织的重构特征。

(二) 政策含义

1. 随着“互联网+”的影响越来越广泛,信息化水平直接影响城市群经济社会的发展,而当前长三角城市群信息辐射网络整体仍处于中等水平,落后城市与核心城市的差距相对较大,群组间的联系较弱。因此,应进一步加快网络化进程,调整和优化信息辐射空间结构,促进城市群信息资源共享,提高资源配置效率,形成多核心开放式发展格局,以提高网络化水平。

2. 充分发挥网络联动效应,增强城市群核心城市的辐射能力,带动低等级中心地带的发展。尽管复杂网络发展趋势弱化了地理距离,但从个体网络特征来看,中心度较高的城市仍表现一定的地域特征,大多分布于长三角城市群的中部,主要以上海、南京、杭州和苏州为基本的核心圈。这些城市具有较强的信息辐射能力和资源配置能力,应增强其扩散作用,加快推动中小城镇的发展。

3. 长三角城市群应充分发挥不同子群的信息空间辐射效应,把8个凝聚子群作为重构空间组织的基础空间单元,构建“簇群状”的空间组织,即辐射簇群(子群(1)、(2))、中介簇群(子群(3))、跳跃性簇群(子群(4)、(5))和初级簇群(子群(6)、(7)、(8))。四大簇群的划分突破了地域限制,但各簇群的信息化水平仍存在差异。因此,城市群空间组织的重构应“因‘簇’制宜”,逐步推进,更加重视初级和跳跃性簇群的发展,加强其内部城市之间的联系及与其他簇群之间的联系,逐渐将二者建设成为中介簇群,从而提升城市群整体网络的联动效应,促进城市群经济空间的均衡发展和一体化建设。

4. 空间距离对地区之间联系的“门槛效应”不断下降,加快要素由集聚趋向扩散,传统的城市群空间结构被开放式的网络结构取代。同时,分散化的产业(功能)布局逐渐取代片状功能区的空间形态,信息网络导致流通领域和生产领域的边界日益模糊,城市功能以虚拟化的方式促进区域空间结构向网络化方向发展。因此,未来城市群建设的规划应充分认识功能集聚区与辐射区多重交错的空间复杂网络形态,形成新的城市群空间发展模式。

参考文献:

- [1] 肖金成. 长三角城市群一体化与高铁网络体系建设 [J]. 发展研究, 2014, (5): 8-12.
- [2] 李响. 基于社会网络分析的长三角城市群网络结构研究 [J]. 城市发展研究, 2011, (12): 80-85.
- [3] 谢守红, 蔡海亚, 朱迎莹. 长三角城市群物流联系与物流网络优化研究 [J]. 地理与地理信息科学, 2015, (4): 76-82.
- [4] 张立荣, 姜明军, 陈娜. 湖南省长株潭城市群空间组织研究 [J]. 地域研究与开发, 2009, (3): 52-57.
- [5] 季珏, 高晓路. 天山北坡城市群空间组织形态的识别研究 [J]. 干旱区地理, 2012, (4): 687-694.

- [6] 崔大树, 吴婷莉. 基于分形理论的苏锡常城市群空间组织特征研究 [J]. 财经论丛, 2013, (3): 14-20.
- [7] 刘小俞, 胡俭. 环鄱阳湖城市群等级规模结构研究 [J]. 江西财经大学学报, 2010, (5): 10-14.
- [8] 方大春, 孙明月. 高铁时代下长三角城市群空间结构重构——基于社会网络分析 [J]. 经济地理, 2015, (10): 50-56.
- [9] 刘华军, 刘传明, 孙亚男. 中国能源消费的空间关联网络结构特征及其效应研究 [J]. 中国工业经济, 2015, (5): 83-95.
- [10] 陈浩, 陆林, 郑婷婷. 基于旅游流的城市群旅游地旅游空间网络结构分析——以珠江三角洲城市群为例 [J]. 地理学报, 2011, (2): 257-266.
- [11] 李琳, 刘莹. 中三角城市群与长三角城市群绿色效率的初态评估与比较 [J]. 江西财经大学学报, 2015, (3): 3-12.
- [12] 韩会然, 焦华富, 郇恒飞. 皖江城市带空间经济联系的网络特征及优化方向研究 [J]. 人文地理, 2011, (2): 92-97.
- [13] 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, (3): 263-271.
- [14] 牛方曲等. 城市群多层次空间结构分析算法及其应用——以京津冀城市群为例 [J]. 地理研究, 2015, (8): 1447-1460.
- [15] 蒋大亮等. 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, (10): 1654-1664.
- [16] 徐振宇. 社会网络分析在经济学领域的应用进展 [J]. 经济学动态, 2013, (10): 62-72.
- [17] 鲁金萍, 杨振武, 刘玉. 京津冀城市群经济联系网络研究 [J]. 经济问题探索, 2015, (5): 117-122.
- [18] 李敬等. 中国区域经济增长的空间关联及其解释——基于网络分析方法 [J]. 经济研究, 2014, (11): 4-16.
- [19] 王宁宁, 赵宇, 陈锐. 基于辐射模型的城市信息空间辐射复杂网络研究 [J]. 经济地理, 2015, (4): 76-83.
- [20] 刘军. 整体网络分析——UCINET软件实用指南(第二版) [M]. 上海: 格致出版社, 2014.
- [21] Krackhardt D. Graph Theoretical Dimensions of Informal Organizations [M]. Computational Organization Theory, L. Erlbaum Associates Inc., 1994.

The Reconfiguration of Yangtze River Urban Agglomeration Spatial Organization Under the Background of “Internet +” ——Based on the Perspective of Complex Networks

CUI Da-shu, YUAN Lu

(School of Economics, Zhejiang University of Finance and Economics, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The information radiation space of Yangtze River urban agglomeration shows complex networks, with a high degree of network density and connectedness, and a low degree of hierarchy. Besides, space reconstruction has begun to appear. In the urban agglomeration, the number of high-centrality cities is greater than the number of low-centrality cities, and there is an obvious effect of network linkage. In addition, the information structure hole overall presents an open network structure with Shanghai, Nanjing, Hangzhou, Suzhou, Wuxi and Ningbo as the centers. The degree of restriction in Suqian, Taizhou and Quzhou is relatively high, but the gap with the core cities is shrinking. The entire information-associated network can be divided into 8 subgroups, based on which the Yangtze River urban agglomeration can be restructured into 4 main “cluster-like” spatial organization, including Radiation Clusters (subgroups 1, 2), Intermediate Cluster (subgroup 3), Jumping Clusters (subgroups 4, four 5) and Primary Clusters (subgroups 6, 7, 8).

Key words: Yangtze River urban agglomeration; space reconstruction; radiation model; complex networks

(责任编辑: 化木)