

多重空间流视角下长三角城市网络特征分析

戴靓¹ 曹湛² 张维阳³ 吕立刚¹¹

(1. 南京财经大学 公共管理学院, 江苏 南京 210023;

2. 同济大学 建筑与城市规划学院, 上海 200092;

3. 华东师范大学 城市与区域科学学院, 上海 200241)

【摘要】: 城市间的网络关系是城市-区域空间组织结构和功能联系的本质和内涵, 不同功能网络下的城市-区域空间组织模式也不尽相同。基于互联网信息、客运交通、企业总部-分支和知识创新合作四类功能网络, 运用社会网络指标和节点区域分析方法, 对比了长三角城市不同功能网络的空间组织结构特征, 并进一步探讨其影响因素。研究发现: (1) 信息网络最均质, 以上海、南京、杭州、苏州为核心, 呈现出“一主三副+腹地城市”区域协同发展模式。(2) 交通网络和企业网络结构相似度较高, 核心区的边联系最强, 以南京、上海、苏州为支撑点的三角形和以宁—沪—杭—甬为核心的Z型要素流动通道较为突出, 北翼的边联系强度均低于南翼, 整个网络由以省会为核心的三个独立的“单中心+周边城市”区域节点组织。(3) 知识网络最稀疏也最极化, 除核心区外的城市及其城际联系都较为弱势, 形成了“一主一副两从+腹地城市”强等级性组织模式。(4) 四类网络的结构差异主要受区域自然条件、地缘优势、产业特征、科研资源和城市发展策略等因素的影响。

【关键词】: 城市网络 多重性 空间流 节点区域

【中图分类号】: F129.9 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2020)06-1280-10

随着经济全球化的深入, “网络社会”快速崛起。交通和信息技术的发展使得人口、资本、商品、信息、技术等要素的跨区域流动不断加强, 区域一体化、网络化发展的趋势日趋显著。Castells 关于“流动空间”和“场所空间”概念的辨析与延伸, 一定程度上挑战了以传统“中心地理论”为基础的城市-区域体系解释框架和研究逻辑^[1]。在此背景下, 地理学关于城市-区域的空间体系和组织逻辑的探讨开始出现“关系转向(relational turn)”和“网络范式(network paradigm)”^[2]。这种研究范式强调城市-区域的组织逻辑本质上是一种“关系”现象和“网络”过程^[3]。城市的发展“不仅靠其内生的禀赋要素, 更需要通过流经它的外部要素来获取并积累财富、控制和权力”^[1], 城市不可脱嵌于区域城市网络孤立存在, 而是“作为网络存在于网络之中”^[4]。

20 世纪 90 年代以来, 国内外学者通过构建不同类型的城市网络对区域城市体系的空间结构进行了广泛讨论和重新解读。例如企业网络, 以全球化与世界城市小组 GaWC 的研究为代表^[5]; 基础设施网络, 包括实体的航空、铁路、公路、海运等交通网络^[6-8]和虚拟的电信、互联网网络^[9,10]等; 知识网络, 以学者间论文合作/引用关系和人才流动最为常见^[11~13]; 依托地点签到、社交网站等平台上的大数据来构建的城市网络, 如新浪微博粉丝与用户关系^[14]、百度人口迁徙^[15]等。城市网络的组织逻辑根植于城市间要素

作者简介: 戴靓(1989-), 女, 博士, 副教授, 主要研究城市网络与区域发展。E-mail:9120181027@nufe.edu.cn; 吕立刚 E-mail:liganglv@nufe.edu.cn。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41801169); 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室开放基金项目(KF2018-07)。

的流动与交换过程,这种空间流被视作城市间功能联系的载体。因此,城市网络的组织特征与空间格局取决于城市间要素流的类型及其所反映的特定城市功能。目前,既有的有关区域城市网络的研究主要集中在以下 3 类:基于单一要素流的某一区域城市网络截面研究,例如,史雅娟等^[16]和冯长春等^[17]基于交通流分别对珠三角、中原城市群的网络结构进行探讨;基于同一要素流的不同区域城市网络的横向比较,例如,赵渺希等^[18]通过企业联系对中国三大城市群的多中心网络结构进行比较;基于同一要素流的某一区域城市网络的纵向演变,例如,刘承良等^[19]利用专利技术流对长三角城市群空间格局的演化进行分析。然而,对特定区域不同功能的城市网络对比研究尚不多见。

Burger 等^[20]学者认为城市网络具有多重性,不同功能联系下的城市网络结构不一定一致。邱坚坚等^[21]从信息流和交通流的视角比较粤港澳大湾区空间网络格局,发现信息网络下的湾区兼具多中心性与扁平性,而交通网络下等级性较明显。Smith 等^[22]也认为城市间的联系是多维度的,包括经济、交通、文化等方面,了解各种城市功能联系下的城市状态才能更加全面地解读城市网络。马丽亚等^[23]基于交通、信息、企业的多元流,探析东北城市网络结构特征,划分出四种城市节点类型。没有系统的比较研究,则容易导致对城市-区域片面的认知,从而产生误解甚至不合理的政策建议^[24]。鉴于此,本研究利用多重空间流数据,对比分析长三角不同功能下的城际联系及其网络格局,并对其影响因素进行初步探讨,以期丰富长三角流空间网络结构的实证研究,为相关城市建设规划与管理提供依据。

长三角处于“一带一路”与长江经济带的交汇地带,是我国一体化程度较高的城市区域。良好的基础设施、密集的人口流动和广泛的区域合作,使得长三角呈现出网络化发展的特征^[25,26]。然而,该区域的网络化发展也面临一些问题,如城市职能定位趋同,城际竞合互动仍存在壁垒,区域整体优势和综合竞争力有待进一步提升^[27]。本研究解构城市从基础到高级的功能联系——基础设施、经济发展、知识创新,将流动空间的理论内涵与城市发展的实际情况相结合,确定了信息、交通、企业、知识四类城市网络,从不同空间流的角度解析长三角区域城市体系的结构特征及其异同。其中,信息网络和交通网络分别代表基础设施的软硬两方面,是经济发展和人才流动的基础;企业网络反映城市的经济水平,是城市综合实力的重要表现;而知识网络表征城市的人才集聚和创新能力,是城市持续发展的不竭动力。在国家提出“以城镇群为主要形态”和“长三角一体化”的战略背景下,进行这四种城市网络的横向对比,有助于对城市-区域的空间体系和组织逻辑形成更为全面的把握,进而为城市-区域发展战略与政策制定提供切实有效的针对性抓手。

1 研究方法与数据来源

1.1 城市网络构建和数据来源

研究对象“长三角”采用国家发改委《长江三角洲地区区域规划》(2010)界定的范围,包括江苏省、浙江省、上海市的 25 个地级及以上城市。其中,南京、苏州、无锡、常州和镇江为苏南地区;扬州、泰州和南通为苏中地区;盐城、淮安、宿迁、连云港和徐州为苏北地区。杭州、嘉兴、宁波、湖州、绍兴和舟山是浙东北地区;而衢州、金华、丽水、温州和台州是浙西南地区。以这 25 个城市为节点,构建 25×25 的城际联系矩阵。本文研究的长三角城市网络包括四类:信息网络、交通网络、企业网络和知识网络,分别代表区域中城市的基础设施互联、互通功能,经济功能和创新功能。其详细构建方法和数据来源如下(表 1)。

表 1 四类城市网络表征与数据来源

城市功能	城市网络	表征方式	数据来源
基础设施互联、互通功能	(软)信息网络	百度指数	https://index.baidu.com
	(硬)交通网络	巴士客运班次	http://www.piaojia.cn
		铁路客运班次	http://www.12306.cn
经济功能	企业网络	全行业企业总部一分布链接	商业购买

1.1.1 信息网络

百度是目前我国用户量最高的搜索引擎,其发布的百度指数是以用户行为数据为基础,通过“网络蜘蛛”程序自动搜索信息,以衡量某关键词在互联网中关注程度的指标。信息网络的构建是通过百度指数搜索界面的“地区对比”功能,获取2017年1月至12月期间,长三角内部两两城市间的百度关注度平均值。该指数是国内应用较广泛地模拟城际信息流的可获取数据^[28]。

1.1.2 交通网络

铁路和公路是长三角跨城客运交通的主要方式,因此,本研究将铁路和公路的客运班次作为构建区域交通网络的主要数据。首先,分别获取2017年长三角城市之间直达巴士日班次和城际直达火车日班次。需要说明的是,每日巴士班次的获取需经过票价网和车次网数据的交叉验证,并取班次数量信息多的作为录入数据;每日火车班次数据来自我国铁路官网,包括普通列车和高速列车。其次,将实际的班次数据进行极差标准化以反映城际公路和铁路客运的联系强度。最后,参考Liu等^[29]、孙阳等^[30]学者的方法,将公路和铁路客运班次进行等权加和并取其均值,作为区域城际交通的测度之指标。

1.1.3 企业网络

企业总部与分支机构存在决策、生产、分包、供应、销售等方面的产业链上下游关系,因此企业内部组织跨地区的组织关系可以部分真实地反映城市间经济功能的联系。基于企业内部组织关系构建城市网络的方法主要有连锁模型法和总部—分支机构的城市链接法^[18]。本研究参考后者,基于2017年长三角全行业企业名录,分析名录中全部的分公司地点信息及其相应的总部区位地点,确定出方向性的总部—分支机构型城市联系,以25个地级及以上城市为基本空间单元归并。

1.1.4 知识网络

城市作为知识经济时代创新和创造的重要承载空间,发挥着知识生产的“孵化器”和人才技术流动的“枢纽”作用。由于知识的不可测度性,学者们多从论文合作/引用、专利合作/转移、精英人才引进/流动等数据来构建区域城市创新合作网络^[19]。本研究的知识网络就是通过统计分析2017年Web of Science(WoS)上长三角地区科研单位的学者间合作发表的论文数量构建的。值得注意的是,笔者没有统计国内论文数据库(如CNKI)上的长三角城际论文合作数量,可能会对结果有一定影响。但由于发表国际期刊的难度比国内期刊大,WoS上的论文质量总体相对较高,可以推断作者间的智力交互程度会更高,从而从高水平论文合作的视角能相对客观地反映城市间的合作关系^[11]。

1.2 研究方法

1.2.1 网络数据预处理

在数据收集过程中,城市*i*到*j*的要素流 $F_{i \rightarrow j}$ 与城市*j*到*i*的要素流 $F_{j \rightarrow i}$ 不一定相等。但对于整个矩阵而言,这种差异造成的非对称性很小。为便于对比研究,对四种网络进行了对称化和无向化处理,即城市*i*与*j*之间的要素流 F_{ij} 是两个方向上联系的均值,见公式(1)。同时,考虑到不同网络的可比性,对各类空间流的实际值 F_{ij} 进行极差标准化,以此作为网络的边联系强度 C_{ij} ,见公式(2)。其值在0到1之间,数值越大,代表城际连接度越强。

$$F_{ij} = (F_{i \rightarrow j} + F_{j \rightarrow i}) / 2 \quad (1)$$

$$C_{ij} = (F_{ij} - \min F_{ij}) / (\max F_{ij} - \min F_{ij}) \quad (2)$$

1.2.2 网络数据计算与分析

基于四种对称化处理后的无向加权网络,本研究先引入社会网络分析指标,考量四类城市网络在边、节点和全局方面的总体特征及其差异;再通过节点区域(Nodal region)分析方法,对比它们空间组织结构的异同。

(1) 社会网络分析指标

首先,通过边联系强度和加权节点度^[31],来衡量城际连接度和城市中心性,加权节点度就是网络中某城市到其余所有城市的边联系强度的总和;其次,计算加权/无权网络密度^[31]、所有城市节点度的GINI系数^[11],来反映整体网络发育的疏密程度及多中心态势;最后,计算QAP相关系数^[32],来比较不同城市网络总体结构的相似程度。这些指标测算均在R语言的Igraph工具包中实现。

(2) 节点区域分析方法

节点区域是1961年Nystuen和Dacey基于图论提出的:其核心思路是利用优势流(Dominant flow)筛选的方法从复杂的城市网络中提炼出主要的核心城市-腹地区域的等级结构和组织关系^[33,34]。该方法遵循以下法则:①中心城市(主导城市)的最大要素流流向一个与之相比规模较小的城市;②次级主导城市的最大要素流流向主导城市;③从属城市的最大要素流流向一个与之相比规模较大的城市;④从属具有传递性,如果城市A从属于城市B,城市B从属于城市C,那么城市A也从属于城市C,即A也是C的腹地;⑤只需保留规模小的城市到规模大的城市的最大要素流。其中,城市规模的确定可以是网络内生的,如城市的加权出度、加权入度、加权重等;也可是外部赋予的,如城市的人口、经济等属性。而本研究采用前文计算的加权节点度,即城市的要素流总量来表示城市规模的大小^[35]。

2 长三角多重城市网络特征对比分析

2.1 城际联系强度和城市中心性对比

基于四类网络边联系强度和城市中心性的计算结果,依据数值大小对节点和边进行分级,进而比较其空间结构的总体特征。由图1可见,四种城市网络的空间格局具有一定共性:(1)较强的城际要素流动集中于长三角中部,表现为显著的“核心-边缘”的特征(表2);(2)上海、南京、杭州、无锡、苏州、宁波在网络中的中心性较高,高强度的城际联系主要集中在宁-沪-杭-甬“Z”字型走廊上。但在知识网络中,宁波的网络连接性和中心性较低,总体呈现出沪宁杭“三角形”的空间格局。

在边缘区域中,四种网络的边强度分布和城市中心性上存在较大差异。总体而言,信息网络中,边缘区域城市与核心区域城市相比中心性差距相对较小,且与核心区域城市的连通性较高。其中,徐州和温州虽偏于一隅,但中心性和网络连通性却并不低:节点度排名分别为第7和第8,仅次于核心区域的城市。交通网络中,核心区的要素流弱于信息网络,北翼除徐州外其余苏中苏北城市间的交通流稍逊于南翼浙江城市之间的联系,这与苏北和苏中高铁发展滞后密切相关。因此,嘉兴和绍兴的地位凸显,节点度跻身前十名。企业网络中,北翼的城际连接度明显低于南翼,温州和金华的节点度有较大提升,分别位列第7和第8。知识网络的边强度最低,除核心区外,南翼和北翼的城际连接度均较弱。

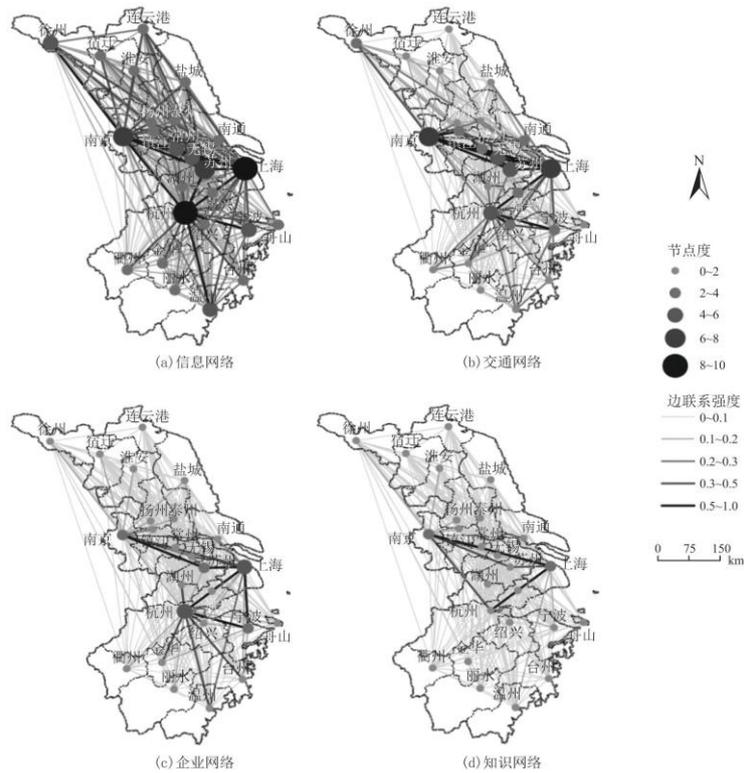


图 1 长三角四类网络联系图

表 2 四类网络中城市节点度及其排名

排名	信息网络		交通网络		企业网络		知识网络	
	城市	度	城市	度	城市	度	城市	度
1	上海	9.30	上海	7.51	上海	4.83	南京	3.09
2	杭州	8.66	南京	6.21	杭州	4.27	上海	3.09
3	南京	7.94	苏州	5.03	南京	3.10	杭州	1.80
4	苏州	7.68	杭州	4.97	苏州	2.96	苏州	1.10
5	无锡	5.04	无锡	4.54	宁波	2.10	无锡	0.53
6	宁波	4.65	常州	3.77	无锡	1.49	宁波	0.52
7	徐州	4.33	镇江	3.20	温州	1.22	镇江	0.49
8	温州	4.19	宁波	2.81	金华	0.97	常州	0.42
9	常州	4.19	嘉兴	2.44	绍兴	0.96	徐州	0.40
10	连云港	4.00	绍兴	2.29	常州	0.89	南通	0.36
11	扬州	3.81	南通	2.21	嘉兴	0.89	扬州	0.34
12	南通	3.67	徐州	2.08	南通	0.85	温州	0.31
13	淮安	3.66	金华	2.01	台州	0.81	淮安	0.24
14	嘉兴	3.42	温州	1.79	湖州	0.66	盐城	0.20
15	台州	3.39	台州	1.75	镇江	0.60	金华	0.19
16	绍兴	3.38	泰州	1.55	徐州	0.60	嘉兴	0.13
17	镇江	3.37	扬州	1.47	淮安	0.60	绍兴	0.13

1B	盐城	3.35	盐城	1.42	扬州	0.58	连云港	0.12
19	泰州	3.16	淮安	1.33	泰州	0.55	湖州	0.12
20	宿迁	3.15	湖州	1.21	盐城	0.50	丽水	0.07
21	金华	3.15	衢州	0.97	宿迁	0.45	泰州	0.07
22	湖州	2.93	连云港	0.88	丽水	0.35	舟山	0.06
23	舟山	2.76	宿迁	0.75	舟山	0.34	台州	0.05
24	丽水	2.45	丽水	0.52	连云港	0.32	衢州	0.03
25	衢州	2.31	舟山	0.49	衢州	0.27	宿迁	0.03

2.2 网络疏密度、多中心性和相似性对比

由表 3 可知, 四类网络存在城际联系疏密和强弱的差异。信息网络是全覆盖的城市网络, 每两个城市间都存在或大或小的连接度, 其加权网络密度 (实际城际连接度总和与理论城际连接度总和的比值) 也是最大的, 为 0.18。其次是交通网络, 87%的城市之间存在直接的交通流, 加权网络密度为 0.11。企业网络中 35%的城市之间没有联系, 有联系的城市对的实际连接度仅为理论连接度总和的 5%。知识网络的城际联系数量不足一半, 联系强度也最低。城际知识合作有待进一步深化, 需着重加强高校、科研机构的合作体制和管理方式的创新, 促进知识外溢和空间联动^[19]。

测算城市节点度的 GINI 系数是度量城市网络多中心性的方法之一^[26]。GINI 系数在 0~1 之间, 值越大, 越代表极少的城市控制着网络中较大的要素流, 说明网络呈现单中心极化态势; 反之, 则呈现多中心的态势。从前文城际联系的空间分布可见, 信息网络的核心区和南北翼要素流分布最均衡, 网络在各城市的较为扁平化, 所以其节点度的 GINI 系数最低, 呈现最强的多中心态势。而知识网络的 GINI 系数最高, 达到 0.63。

表 3 四类网络的疏密度、多中心性和相似性指标

指标	网络	信息网络	交通网络	企业网络	知识网络
网络密度	加权	0.18	0.11	0.05	0.02
	无权	1.00	0.87	0.65	0.40
GINI 系数		0.21	0.38	0.46	0.63
	信息	—	0.83	0.88	0.72
QAP 系数	交通	0.83	—	0.82	0.61
	企业	0.88	0.82	—	0.66
	知识	0.72	0.61	0.66	—

就四类网络整体结构的相似性而言, 由于信息网络的全覆盖属性, 其与企业网络、交通网络和知识网络的相似程度都较高, QAP 相关系数分别为 0.88, 0.83 和 0.72。其次, 交通网络和企业网络的相似性较强, QAP 系数达 0.82, 说明企业网络的布设受到基础设施 (信息软设施和交通硬设施) 的影响。知识网络与交通网络的差异最大而与信息网络的最为相似, 说明在区域尺度, 交通的可达性并不是影响学者间产生合作的主要因素, 基于信息技术远程沟通的合作可以部分取代面对面合作。

2.3 城市网络空间组织模式对比

根据节点区域分析的结果 (图 2), 省会城市上海、南京、杭州在四种网络中均是核心节点, 吸引着省内或邻近城市的最大要素

流,形成了向心型轴辐式的总体形态。这与彭翀等^[36]对长江中游城市网络拓扑结构的评估结果相吻合。整体而言,信息网络(图2(a))和知识网络(图2(d))由较完整的单一等级体系组织而成;交通网络(图2(b))和企业网络(图2(c))以上海、南京、杭州为中心形成了三个独立的等级区域。这是因为南京和杭州的最强交通联系和企业联系都是指向各自省内的腹地城市,而他们最强的信息联系和知识合作是跨区域的。

具体而言,信息网络形成了“一主三副+腹地城市”的完整节点区域。上海一方面通过与南京、杭州、苏州紧密的信息关注,将这三个次级中心地的从属城市吸纳为自己的腹地;另一方面依托地缘优势,直接吸引了两个苏中城市南通和泰州的最大信息关注度。这体现了信息网络具有较强的跨地域和跨层级互动,各中心城市之间较为协同发展。正如熊丽芳等^[17]在长三角核心区的研究发现:上海作为全国的中心城市,对外信息联系最紧密,其中上海—苏州、上海—杭州和上海—南京的互动最为频繁。长三角作为全国重要的经济增长极,已经以这些城市为区域枢纽形成紧密的信息联系圈。

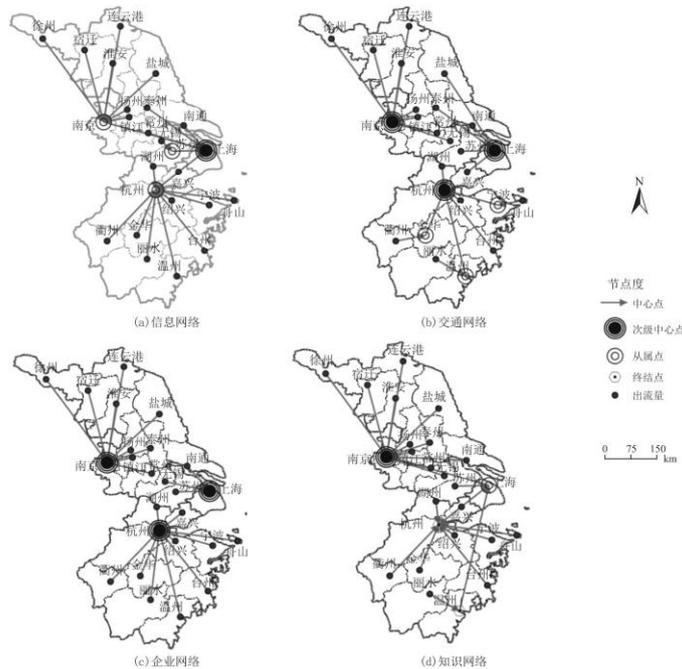


图2 长三角四类网络的节点结构图

知识网络虽也是完整节点区域,但其组织方式与信息网络不同,形成了“一主一副两从+腹地城市”的结构。在四类城市网络中,知识网络的等级性和极化性最强。南京维持着主要的城际最强知识联系,已超越上海成为区域的绝对控制点;而上海作为副中心承接苏州、杭州、温州的最大知识联系,将这些从属城市的腹地纳入南京的广大腹地城市体系中去。这种等级结构与 Li 等^[11]所得出的长三角科研创新网络的结论基本一致:首先,南京在长三角科研创新网络中的核心地位主要是因为拥有较多的知名大学和研究机构。上海网络地位的式微并非因为其缺乏创新能力和科研资源,而是因为上海作为科研创新中心并不局限于长三角区域,而已延伸至全国乃至全球尺度,北京、广州抑或是纽约、伦敦则是上海主要的连结对象。其次,因为跨省合作涉及到更多的项目申请、资源共享、基金分配等障碍,所以南京和杭州对省内城市的辐合效应较明显。最后,知识合作也并非完全遵循地理临近原则或囿于行政边界之内,如温州—上海有最大的论文合作数量。

在交通网络中,上海依托频繁的巴士日发量和重要的交通干线吸引到江苏的泰州、南通、盐城、苏州和浙江的嘉兴这五个城市的最大交通流。南京主要组织着苏南和苏北的腹地,对苏中及沿海地区的交通联系不及上海。这一格局与罗震东等^[37]对长三角核心区城际公路长途客运交通联系的分析结果一致,与江苏中部和沿海地区高铁的滞后发展密切相关。江苏和上海节点区域均是“单中心+周边城市”的组织模式,而浙江的节点区域则是“一主三次+边缘城市”的形态。除杭州这一中心外,另有金华、温州、

宁波三个次级中心城市,分别最紧密地连接边缘的衢州、丽水和舟山。这些城市受限于其山地和岛屿地形,与省内的其他城市直接联系较为薄弱,而只能通过紧密联系邻近的交通枢纽城市参与到整个网络体系中,这一格局充分体现了交通网络布设的轴-辐策略^[34]。

在企业网络中,三个节点区域均是“单中心+周边城市”的拓扑结构。南京组织着苏北城市和苏中苏南的大部分城市,杭州组织着浙江的所有城市,上海组织着周边的江苏城市。企业网络与交通网络的差别主要体现在两个方面:(1)浙江的次级中心点消失,所有省内城市都成了杭州的直接腹地。这是因为省会城市因发展总部经济优势明显而具备绝对的控制力,是对外投资和吸引投资的热门地,而周边城市可凭借较低成本的劳动力和土地资源来直接承接价值链低端环节。(2)上海的经济溢出对江苏的影响明显高于浙江,因为上海的直接腹地仅有江苏的三个城市—苏州、无锡和南通,这是地理条件、区位优势和产业特征共同作用的结果。浙江的经济受限于山地地形,且除杭州外,以发展中小企业和民营经济为主,省内形成了相对比较封闭的经济体系^[38]。其发展模式存在一定的关系锁定、代际锁定和地域锁定^[39],而苏南的产业发展和升级路径具有较强的外向性。正如Wei等^[40]指出苏州近年来凭借邻近上海,积极参与国际产业分工,提升在全球生产网络中的影响。而南通与上海的经济联系还得益于苏通大桥开通后交通成本的降低。

3 结论与讨论

3.1 结论

在流动空间的理论基础上,本研究从城市网络的多重性出发,构建长三角城市之间信息、交通、企业、知识四类联系网络。借助社会网络分析指标和图论的节点区域分析,从边联系强度、节点度、整体结构和空间组织模式方面,比较分析不同城市网络的结构特征及其差异。主要结论得出以下结论:

(1)就边联系强度而言,在核心区,四种网络都明显形成了以南京、上海、苏州为支撑点的强联系三角形。同时,信息网络、交通网络和企业网络以宁—沪—杭—甬为核心形成Z型要素流动通道,而在知识网络里杭甬的强联系被宁杭取代,呈现出省会铁三角。在南北翼,信息联系强度分布较为均衡,交通联系在北翼稍逊于南翼,企业联系在北翼明显弱于南翼,而知识联系在南北翼分布均很弱。

(2)就节点度而言,在四种城市网络中,上海、南京、杭州、苏州均最为重要,而浙西南和苏北部分城市的中心度最低。信息网络中,温州和徐州分别是南北翼的重要城市;交通网络中,南翼的嘉兴和绍兴地位较高;企业网络中,南翼的温州和金华地位较高;知识网络在核心区外的城市地位较弱。

(3)就整体结构和组织模式而言,信息网络的联系最多最强,朝着多中心扁平化的均衡方向发展,呈现出“一主三副+腹地城市”区域协同组织模式;知识网络最稀疏,发展方式较为极化,形成了“一主一副两从+腹地城市”强等级性组织模式;企业网络和交通网络有较强的相似性,主要表现为三个独立的“单中心+周边城市”区域节点组织模式,其网络密度和多中心性介于信息网络和知识网络中间。

(4)长三角区域综合城市网络格局以上海、南京、杭州三大枢纽为主导,中间核心区要素流动强而南北侧两翼较边缘,但要素流动和空间组织具有特殊性,主要受区域自然条件、地缘优势、产业特征、科研资源和城市发展策略等因素的影响。

3.2 讨论

限于关系型数据获取的难度,基于单一要素流的城市网络只能捕捉区域城市体系部分特征,难以反映城市体系组织过程的复杂性和多元性^[20]。本研究对长三角多重城市网络进行对比研究既有理论价值,也对区域规划和一体化发展的政策制定具有实践意

义。

(1) 尽管网络视角下的长三角空间结构仍旧具有明显的“核心-边缘”、“等级层次”等中心地的空间组织特征,但亦可以发现不同功能网络中的城市地位并不一定与其经济规模、行政等级和地理区位完全一致,即一个城市在某一城市网络中属于腹地低等级城市,而在另一城市网络中却为核心高等级城市。因此,在城市群规划、区域发展战略的制定中,需要准确把握城市在多重网络中的不同功能特征和服务能级,实现区域城市功能的互补发展和整体优化。对于个体城市,尤其是那些不具备区位优势、或经济规模较小的城市,更应精准把握其在不同网络中的地位,并据此制定“扬长补短”的发展路径。此外,不同功能的城市网络并非排他的空间关系,而是互补耦合的,这种交织的多重功能联系也有助于增强城市-区域发展过程的整体韧性^[36]。

(2) 需要充分认识行政边界在城市-区域发展中的现实作用和意义。从本研究中,一方面,江浙两省的核心-腹地的空间关联基本围绕两省省会囿于省界之内;另一方面,上海及近沪城市则已形成联系紧密且跨越行政边界的“都市圈”。在发展战略制定时,需以实际城际联系为依据,积极推进跨界对话平台的建立及相应的合作机制,进而促进都市圈的形成和优化。

(3) 在建设长三角“全球城市区域”以及上海“全球城市”的战略下,需要深刻认识到上海作为核心城市,其全球竞争力不仅来源于其自身的规模能级,更应强调其在区域城市网络中的根植性,即其作为区域中心城市对腹地城市的资源整合和溢出能力。同时,南京、杭州作为省会城市一方面需发挥其省内中心的辐射作用,另一方面需在其作为支撑上海的二级核心城市的基础上,主动寻找融入全球经济、提升自身全球竞争力的突破口。最后,腹地城市则应顺应市场规律,把握其在区域中的专业化职能和差异化发展^[41],着重强化其与核心城市的功能联系。

本研究也存在一定局限性,同时也是下一步的研究方向。首先,由于本研究交通网络的构建是对公路和铁路客运流的集成,对两种交通模式赋权的不同会导致结果有一定程度的变化。其次,本研究知识网络的构建没有统计国内论文数据库中的论文合作数量,且为与另三种城市网络统计口径一致,仅收集了2017年的数据,可能无法避免研究活动和著作发表的“延迟效应”,也会导致知识合作网络分析的局限。最后,本研究从地理条件、区位优势、产业特征、科研资源和城市发展策略等角度,结合前人的研究成果,对结果作了初步阐释和讨论,但其深层次的原因仍需用定量的统计模型进一步挖掘。

参考文献:

- [1] CASTELLS M. The rise of the network society[M]. Oxford: Blackwell, 1996.
- [2] CAPELLO R. The city network paradigm: Measuring urban network externalities[J]. Urban Studies, 2000, 37(11): 1925-1945.
- [3] TAYLOR P J. World city network: A global urban analysis[M]. London and New York: Routledge, 2004.
- [4] PFLIEGER G, ROZENBLAT C. Urban networks and network theory: The city as the connector of multiple networks[J]. Urban Studies, 2010, 47(13): 2723-2735.
- [5] DERUDDER B, WITLOX F. An appraisal of the use of airline data in assessing the world city network: A research note on data[J]. Urban Studies, 2005, 42(13): 2371-2388.
- [6] DUCRUET C, NOTTEBOOM T. The worldwide maritime network of container shipping: Spatial structure and regional dynamics[J]. Global Networks, 2012, 12(3): 395-423.

-
- [7]王姣娥,莫辉辉,金凤君.中国航空网络空间结构的复杂性[J].地理学报,2009,64(8):899-910.
- [8]王成金.中国物流企业的空间组织网络[J].地理学报,2008,63(2):135-146.
- [9]TOWNSEND A M.The internet and the rise of the new network cities,1969-1999[J].Environment and Planning B:Planning and Design,2001,28(1):39-58.
- [10]汪明峰,宁越敏.城市的网络优势——中国互联网骨干网络结构与节点可达性分析[J].地理研究,2006,25(2):193-203.
- [11]LI Y,PHELPS N A.Megalopolis unbound:Knowledge collaboration and functional polycentricity within and beyond the Yangtze River Delta Region in China,2014[J].Urban Studies,2018,55(2):443-460.
- [12]MATTHIESSEN C W,SCHWARZ A W,FIND S.World cities of scientific knowledge:Systems,networks and potential dynamics[J].Urban Studies,2010,47(9):1879-1897.
- [13]马海涛.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,2016,36(11):207-213.
- [14]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):1031-1043.
- [15]WEI Y,SONG W,XIU C,et al.The rich-club phenomenon of China's population flow network during the country's spring festival[J].Applied Geography,2018,96:77-85.
- [16]史雅娟,朱永彬,冯德显,等.中原城市群多中心网络式空间发展模式研究[J].地理科学,2012,32(12):1430-1438.
- [17]冯长春,谢旦杏,马学广,等.基于城际轨道交通流的珠三角城市区域功能多中心研究[J].地理科学,2014,34(6):648-655.
- [18]赵渺希,钟烨,徐高峰.中国三大城市群多中心网络的时空演化[J].经济地理,2015,35(3):52-59.
- [19]刘承良,管明明.基于专利转移网络视角的长三角城市群城际技术流动的时空演化[J].地理研究,2018,37(5):981-994.
- [20]BURGER M J,VAN DER KNAAP B,WALL R S.Polycentricity and the multiplexity of urban networks[J].European Planning Studies,2014,22(4):816-840.
- [21]邱坚坚,刘毅华,陈浩然,等.流空间视角下的粤港澳大湾区空间网络格局——基于信息流与交通流的对比分析[J].经济地理,2019,39(6):7-15.
- [22]SMITH A D,TIMBERLAKE M. Conceptualising and mapping the structure of the world systems[J]. Urban Studies, 1995, 32(2):287-302.
- [23]马丽亚,修春亮,冯兴华.多元流视角下东北城市网络特征分析[J/OL].经济地理,2019,1-10.<http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1126.k.20190708.1437.020.html>.

-
- [24]WHEELER S. Regions, megaregions, and sustainability[J]. *Regional Studies*, 2009, 43:863-876.
- [25]CAO Z, DERUDDER B, PENG Z. Comparing the physical, functional and knowledge integration of the Yangtze River Delta city-region through the lens of inter-city networks[J]. *Cities*, 2018, 82:119-126.
- [26]LIU X, DERUDDER B, WU K. Measuring polycentric urban development in China:An intercity transportation network perspective[J]. *Regional Studies*, 2016, 50(8):1302-1315.
- [27]陈雯, 王珏. 长江三角洲空间一体化发展格局的初步测度[J]. *地理科学*, 2013, 33(8):902-908.
- [28]熊丽芳, 甄峰, 王波, 等. 基于百度指数的长三角核心区城市网络特征研究[J]. *经济地理*, 2013, 33(7):67-73.
- [29]LIU X, DAI L, DERUDDER B. Spatial inequality in the southeast Asian intercity transport network[J]. *Geographical Review*, 2017, 107(2):317-335.
- [30]孙阳, 张落成, 姚士谋. 长三角城市群“空间流”网络结构特征——基于公路运输、火车客运及百度指数的综合分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2017, 26(9):1304-1310.
- [31]王成, 王茂军. 山东省城市关联网演化特征——基于“中心地”和“流空间”理论的对比[J]. *地理研究*, 2017, 36(11):2197-2212.
- [32]CHOI J H, BARNETT G A, CHON B S. Comparing world city networks:A network analysis of Internet backbone and air transport intercity linkages[J]. *Global Networks*, 2006, 6(1):81-99.
- [33]NYSTUEN J D, DACEY M F. A graph theory interpretation of nodal regions[J]. *Papers in Regional Science*, 1961, 7(1):29-42.
- [34]DAI L, DERUDDER B, LIU X. Transport network backbone extraction:A comparison of techniques[J]. *Journal of Transport Geography*, 2018, 69:271-281.
- [35]邓楚雄, 宋雄伟, 谢炳庚, 等. 基于百度贴吧数据的长江中游城市群城市网络联系分析[J]. *地理研究*, 2018, 37(6):1181-1192.
- [36]彭翀, 林樱子, 顾朝林. 长江中游城市网络结构韧性评估及其优化策略[J]. *地理研究*, 2018, 37(6):1193-1207.
- [37]罗震东, 何鹤鸣, 耿磊. 基于客运交通流的长江三角洲功能多中心结构研究[J]. *城市规划学刊*, 2011(2):16-23.
- [38]李仙德. 基于上市公司网络的长三角城市网络空间结构研究[J]. *地理科学进展*, 2014, 33(12):1587-1600.
- [49]WEI Y D, LI W, WANG C. Restructuring industrial districts, scaling up regional development:A study of the Wenzhou model, China[J]. *Economic Geography*, 2007, 83(4):421-444.
- [40]WEI Y D, GU C. Industrial development and spatial structure in Changzhou City, China:The restructuring of the

Sunan model[J]. Urban Geography, 2010, 31(3):321-347.

[41] 宋琼, 赵新正, 李同昇, 等. 多重城市网络空间结构及影响因素——基于有向多值关系视角[J]. 地理科学进展, 2018, 37(9):1257-1267.