

长三角区域城市间知识网络特征研究

——基于论文合作的视角

姜珂,于涛

(南京大学 建筑与城市规划学院 南京 210093)

摘要: 从科学合作活动最常见的表现形式——论文合作入手,研究城市间知识网络结构,借助社会网络和 SPSS 统计分析方法研究长三角区域 16 个核心城市间知识合作网络的空间、内容特征,剖析长三角区域城市间论文合作的空间数量与结构特征以及在内容上的学科分布特点。结果表明:长三角区域知识合作网络结构存在明显的空间极化现象,江苏省的跨界论文合作数量和强度明显高于浙江省;论文合作网络不同于经济发展网络的省会城市主导模式,而是呈现更加明显的网络结构,驱动力也由大城市主导变为中小城市驱动,但不可否认论文合作网络中的核心边缘结构仍然存在;论文合作学科特征存在“马太效应”,学科分布不均衡,致使长三角知识合作网络质量下降。

关键词: 论文合作;知识合作;科学合作;合作网络;长三角

中图分类号: K901

文献标志码: A

文章编号: 1003-2363(2017)01-0049-06

0 引言

21 世纪以来科学技术在人们生活中扮演的角色越来越重要,在科研合作的过程中互相协作的趋势也愈加明显。以诺贝尔奖为例,协作研究而获得诺贝尔奖的人数占有获奖者的比例已逾 60%。科研体系越来越形成一个网络,网络中的不同科研机构都参与到合作之中,构成城市之间的知识网络。一定时期内论文合作的数量是评价一个城市同周边城市群体交流程度的重要指标,一定程度上反映了城市间科学交流的状况与知识网络的疏密程度^[1]。长三角区域作为全球六大都市连绵区之一,区域内部的联系日趋紧密。分析长三角的知识网络对于增强区域城市的科技竞争力、进行资源的合理配置、提高生产效率都具有重要的意义。

关于区域间科学合作的研究已经引起国内外学者的关注。国外学者在知识合作方面大都进行到实证阶段。M.M.Fischer 等利用专利合作的数据,从现状的角度分析了欧盟各国科研资源流动的网络特征及演变的动态过程,提出了促进欧盟科学共享与合作的优化对策^[2];T.Scherngell 等根据“欧盟框架计划”中跨区域科研合作的项目数据分析了欧盟内部科学发展、跨区域合作的非均衡现状及其影响因素^[3];T.Scherngell 等借助社会网络分析方法也对欧洲各省份科研合作现状与差异及其原因进行了研究,根据城市网络特征给出了城市间科学要素流动的特征^[4]。国内学者对于知识跨界合作的研究较少,更多地关注跨省域的合作现状。梁立明等分析了中国各省份之间的论文合作网络现状,认为中国省级论文合作存在地域倾向性和“马太效应”^[5];张冬玲等分析了我国主要城市之间科学合作的网络特征,跨越了

省级行政区的界限,真正从网络层面证明我国论文的网络存在明显的“核心-边缘”结构^[1]。随着知识合作网络研究的进一步深入,学者们更加转向于定量模型的分析,如牛欣等通过合作申请专利数据进行城市创新跨界合作与辐射距离方面的研究^[6]。在研究尺度方面,人们开始聚焦于区域的发展,如胡晓辉等探究了 1991—2010 年长三角知识合作网络的动态演化特征^[7]。

目前,针对国家层面的科研论文合作方面的差异研究很多,而针对城市尺度或者某一个区域尺度层面的研究较少,仅有的也将重点放在动态演化过程,忽略了现状的具体分析,且缺少城市间论文合作数据的学科特征。而学科差异可能正和该城市的主导经济联系最为紧密,应进行深入的分析 and 总结以促进城市的发展。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究内容

论文作为现代知识的主要载体,可以很好地体现知识合作网络关系^[7]。本研究以长三角区域高校及研究机构之间的论文合作来体现城市之间的知识网络。首先,以长三角 16 个城市之间双向合作的论文总数,分析两两城市之间的论文联系及合作数量。其次,将合作的论文依据 Web of Science 中的学科分类,分为医学、电脑科学、工程与技术科学、自然科学、农学、人文科学六大类,各大类下又细分小的类别,统计各类科学合作论文的数量,从而得出城市间论文合作的结构和偏向。

根据《长江三角洲地区区域规划(2010—2020 年)》,以上海市和江苏省的南京、苏州、无锡、常州、镇江、扬州、泰州、南通,浙江省的杭州、宁波、湖州、嘉兴、绍兴、舟山、台州等 16 个城市作为长三角的核心区域。

1.2 数据获取与处理

不同数据库论文检索结果的差异较大。以上海和南京合作论文为例,由中国知网数据库得到的数据为

收稿日期: 2016-01-12; 修回日期: 2016-12-07

作者简介: 姜珂(1993-)女,河南焦作市人,硕士研究生,主要从事城市与区域规划研究。(E-mail)jiangke16@126.com。

771 篇,从 Web of Science 数据库检索出 7 482 篇。对比发现,中国知网检索的论文著者单位仅包含上海和南京,而 Web of Science 的检索结果可能包含其他城市。考虑到论文合作允许有第三方的参与,Web of Science 数据库更能反映城市之间的论文合作关系。因此,以 Web

of Science 数据库为数据源。在其检索页面添加 2 个字段,选择地址=A 城市 AND 地址=B 城市,即可得出 2 个城市之间的论文合作数量。采用该方法,在数据库中 can 以检索得到 2000—2015 年长三角 16 个城市间两两城市合作的论文数量,并整理生成论文合作数量矩阵(表 1)。

表 1 长三角 16 个核心城市论文合作数量 篇

Tab.1 The number of paper cooperation of the 16 core cities in Yangtze River Delta

城市	上海	南京	苏州	无锡	常州	镇江	扬州	泰州	南通	杭州	宁波	湖州	嘉兴	绍兴	舟山	台州
上海	0	7 482	1 963	1 419	579	914	565	97	765	4 305	976	276	264	172	223	207
南京	7 482	0	2 207	3 424	2 107	2 118	2 030	458	1 030	2 690	380	140	107	138	46	69
苏州	1 963	2 207	0	1 033	1 027	290	235	40	277	316	59	61	36	17	8	15
无锡	1 419	3 424	1 033	0	168	242	180	39	261	315	99	65	11	49	23	10
常州	579	2 107	1 027	168	0	339	112	27	84	116	20	13	47	4	3	2
镇江	914	2 118	290	242	339	0	203	49	144	222	34	9	9	6	8	9
扬州	565	2 030	235	180	112	203	0	216	138	150	13	8	8	0	3	8
泰州	97	458	40	39	27	49	216	0	54	10	0	1	3	1	0	1
南通	765	1 030	277	261	84	144	138	54	0	51	16	1	4	2	2	3
杭州	4 305	2 690	316	315	116	222	150	10	51	0	1 700	414	601	681	273	589
宁波	976	380	59	99	20	34	13	0	16	1 700	0	34	31	61	74	39
湖州	276	140	61	65	13	9	8	1	1	414	34	0	24	12	11	5
嘉兴	264	107	36	11	47	9	8	3	4	601	31	24	0	22	7	10
绍兴	172	138	17	49	4	6	0	1	2	681	61	12	22	0	20	20
舟山	223	46	8	23	3	8	3	0	2	273	74	11	7	20	0	6
台州	207	69	15	10	2	9	8	1	3	589	39	5	10	20	6	0

除了论文合作数量,论文合作强度也是不同城市之间论文合作的重要指标。合作强度考虑了不同城市的研发人员跨区域合作的因素,计算公式^[1]如下:

$$M_{ij} = (C_{ij}/R_i) \times (C_{ij}/R_j) = (C_{ij} \times C_{ij}) / (R_i \times R_j) \quad (1)$$

式中: M_{ij} 为城市 i j 的论文合作强度; C_{ij} 为城市 i j 的论文合作数量; R_i R_j 分别为城市 i j 的科研人员数量。其中, C_{ij}/R_i C_{ij}/R_j 分别衡量城市 i j 的科研人员数量对于两城市的论文合作数量的贡献程度,二者相乘则综合了两城市的科研人员对共同的论文合作的贡献度。考虑到科研人员跨区域流动的情况,在此基础上选取 2014 年各城市科研人员的数量来计算任意两城市的论文合作强度,把合作论文数量矩阵转换为合作强度的矩阵。

作为社会科学领域中一种新的研究方法,社会网络分析更加关注整个网络的整体结构,在数据采集方法、认识论、方法论方面都有独特的创新,不同于以往只注重数据计算^[8-15]的统计,而是更倾向于采用形象化、图形化的方法对结果加以表示。本研究借助 CorelDRAW 软件,将长三角 16 个主要城市间 2000 年以来的论文合作数量和强度的网络结构进行可视化分析,得出各个城市在论文合作网络中的基本特点与合作状况。

借助 SPSS 软件对长三角核心城市进行相对中心度聚类分析,把城市分为中心、次中心、边缘城市 3 个等级,更好地了解长三角核心城市在知识网络中的等级。

2 论文合作统计结果分析

2.1 论文合作数量统计

从论文合作数量矩阵来看,极化现象明显,江苏省

多于浙江省。长三角 16 个城市分为 3 个数量等级。上海、南京和杭州属于第一层级,这 3 个城市同长三角核心区域的其他城市之间都有论文合作。江苏省的苏州、无锡、常州、镇江和浙江省的宁波属于第二层级,这类城市与其他城市的论文合作数量居中但明显少于第一层级的城市,合作对象城市主要限于本省。其他城市属于第三层级,在现有的城市经济网络中,均属于经济较为发达的核心城市。但在知识网络方面,与其他城市的合作度就不如经济活动那样高。因为经济活动开展的时间较长,特别是近些年网络信息传播方式的拓宽和传播速度的提高使得信息的分享度大大提升,经济合作的门槛大大降低而更容易产生。但论文合作不同于大众信息的传播,它具有一定的门槛要求。论文合作主要依托于高校或研究机构,其中研究机构也大多依托于高校而存在,论文合作发生量较多的城市一定是高水平高校分布较多的城市。泰州、南通、舟山、台州等城市虽然经济发展也较为突出,有自身的特色主导经济,但由于缺乏优秀高校,论文合作数量较少。江苏省分布 39 所高校,数量最多,上海次之,浙江第三。其中省会城市南京、杭州的高校分布最为集中,且“211 工程”大学、“985 工程”大学的数量也占据绝对的优势。因此,论文合作大都发生在这 3 个城市之间。

2.2 论文合作的科目分析

根据 Web of Science 的数据库分类把论文合作分为自然科学、医学、工程与技术科学、电脑科学、农学和人文科学六大类及若干小类(图 1)。论文合作数量在六大学科的比例分别为 35%、25%、24%、9%、5%、2%,这

与当地的经济发展和科研方向有着密切联系。长三角城市网络中论文合作比例最大的是自然科学类,包括物理学、生物学、有机化学等小类,这与此类基础学科的研究历史悠久、长三角内众多“211 工程”及“985 工程”大学等综合性理工类高校的理论研究关系密切。排在第 2 位的是医学。其中,心血管疾病、肿瘤学的研究在近年来越来越热门,与人们的健康状况和对医疗水平提高有更高的需求有关,更因长三角是中国经济最为发达的地区,提高医学研究能力的需求更为迫切。排在第 3 位的是工程与技术科学,较偏向于应用科学,其中建筑工程与科学、自动化技术等方面的论文排在多个城市之间合作数量的前 3 位。随着长三角城市群建设步伐的加快,房地产行业迅速增长,在建筑材料工程以及桥梁和船舶制造方面的工程量急速增多,对工程技术科学的发展提出了更高的要求。而电脑科学、农学和人文科学等学科的论文合作数量较少,这和整个学科长期边缘化、社会实用主义呼声高涨、跨区域调研带来的成本增加不无关系。

2.3 论文合作的强度分析

长三角区域 16 个城市间论文合作强度矩阵(表 2)显示,不同于论文合作数量上城市之间的紧密合作,在合作强度方面由于考虑 R&D 人员的流动,长三角区域城市之间知识的联系关系十分松散,多数 R&D 人员并没有加入到跨区域论文合作中。此外,与论文合作数量

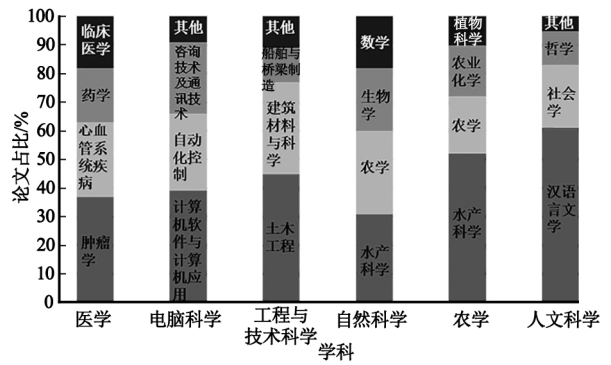


图 1 长三角论文合作六大科学子学科分布情况

Fig.1 The paper cooperation distribution of subdiscipline in six disciplines in Yangtze River Delta

不同的是,上海虽然是长三角论文合作中的核心城市,但是在论文合作强度矩阵中并未出现较高值。长三角区域的 2 个次中心南京和杭州反而出现高值,尤其是和本省内其他城市的合作强度明显大于和上海的强度(南京和镇江、扬州的合作强度都超过 30,杭州和舟山的合作强度达到 39) 这表明各个城市更偏向以局部区域的核心来进行合作联系。究其原因是,合作强度值的计算涉及科研人员合作,跨区域的科研人员合作在实际进行中会受到各方面的阻力。因此,即使上海拥有最强的科研能力以及最为广泛的辐射能力,在跨区域的合作强度方面还是略弱于区域内部的次核心城市。

表 2 长三角 16 个核心城市论文合作强度

Tab.2 The strength of paper cooperation of the 16 core cities in Yangtze River Delta

城市	上海	南京	苏州	无锡	常州	镇江	扬州	泰州	南通	杭州	宁波	湖州	嘉兴	绍兴	舟山	台州
上海	0	18.65	3.62	4.03	3.08	5.51	7.43	1.38	4.02	11.15	2.81	6.21	2.08	1.82	8.69	0.73
南京	18.65	0	5.41	8.70	11.30	32.00	38.30	6.08	12.50	10.70	1.94	3.88	0.12	0.62	4.45	0.68
苏州	3.62	5.41	0	1.42	1.86	1.98	1.91	0.87	2.42	0.94	0.36	1.06	0.45	2.12	0.11	0.04
无锡	4.03	8.70	1.42	0	1.40	3.77	2.21	0.47	1.19	0.81	0.24	0.71	0	0.87	4.45	0.32
常州	3.08	11.30	1.86	1.40	0	10.10	1.71	1.78	1.40	0.55	0.10	0.59	2.12	0.43	0.31	0.02
镇江	5.51	32.00	1.98	3.77	10.10	0	13.60	3.11	5.47	3.09	0.69	2.69	0.43	3.21	4.24	0.42
扬州	7.43	38.30	1.91	2.21	1.71	13.60	0	10.40	4.92	1.12	0.21	0.02	0.81	1.21	2.23	0.21
泰州	1.38	6.08	0.87	0.47	1.78	3.11	10.40	0	0.57	0.19	0.13	0.42	1.32	0.54	0.23	0.15
南通	4.02	12.50	2.42	1.19	1.40	5.47	4.92	0.57	0	0.10	0.04	0.21	0.32	0.02	0.12	0.04
杭州	11.15	10.70	0.94	0.81	0.55	3.09	1.12	0.19	0.10	0	9.30	16.00	6.52	7.05	39.31	3.81
宁波	2.81	1.94	0.36	0.24	0.10	0.69	0.21	0.13	0.04	9.27	0	0.43	0.43	0.91	27.25	0.22
湖州	6.21	3.88	1.06	0.71	0.59	2.69	0.02	0.42	0.21	15.67	0.43	0	0.14	2.45	0.31	0.17
嘉兴	2.08	0.12	0.45	0	2.12	0.43	0.81	1.32	0.32	6.52	0.43	0.14	0	0.89	0.75	0.34
绍兴	1.82	0.62	2.12	0.87	0.43	3.21	1.21	0.54	0.02	7.05	0.91	2.45	0.89	0	2.66	0.33
舟山	8.69	4.45	0.11	4.45	0.31	4.24	2.23	0.23	0.12	39.31	27.25	0.31	0.75	2.66	0	9.20
台州	0.73	0.68	0.04	0.32	0.02	0.42	0.21	0.15	0.04	3.81	0.22	0.17	0.34	0.33	9.20	0

3 长三角知识网络等级分析

3.1 网络相对中心度分析

定量描述长三角知识网络结构需要引入网络中心度,它是网络分析中常用的指数,表示各项指标相对于网络中心的聚集程度。传统网络中心度应用于二值网络,将网络中心度表示为绝对中心度和相对中心度。前者是指与该点直接相连的点数,后者为前者的标准化形式。汪明峰等在其基础上加以修改,使其适用于风险投

资网络这种双向的多值的网络^[16]。论文合作与风险投资网络类似,是基于双方互动的网络,故采用多值网络中心度的算法。

城市 i 的绝对中心度 C_i 可以被定义为与该点相连的点的论文合作数之和,与 i 相连的各个点与 i 之间的论文合作数量依次为 M_1, M_2, \dots, M_n , 那么 i 城市的绝对中心度 $C_i = M_1 + M_2 + \dots + M_n$ 。相对中心度是点的绝对中心度与网络中点的最大可能度数的比值^[17-18]。本研究将其定义为城市 i 的绝对中心度和城市 i 在网络中的

最大可能中心度之比。这里,最大可能中心度指涉及长三角城市网络 16 个城市的论文合作数量之和,即 8 906。

通过中心度计算及 SPSS 聚类分析,相对中心度 > 0.1 的划为中心城市,0.1 > 相对中心度 > 0.02 的划为次中心城市,而相对中心度 < 0.02 的则划为边缘城市(表 3)。

表 3 长三角城市相对中心度及城市等级
Tab.3 Relatively centrality degree and classification level of Yangtze River Delta cities

城市	相对中心度	所在省份	行政区类别	城市等级
上海	0.206 979 56	上海市	直辖市	中心
南京	0.250 194 62	江苏省	副省级城市、省会	中心
杭州	0.127 350 76	浙江省	副省级城市、省会	中心
苏州	0.077 682 63	江苏省	地级市(较大的市)	中心
无锡	0.075 162 86	江苏省	地级市(较大的市)	中心
常州	0.047 609 29	江苏省	地级市	次中心
镇江	0.047 076 66	江苏省	地级市	次中心
扬州	0.039 630 02	江苏省	地级市	次中心
宁波	0.036 219 12	浙江省	地级市(较大的市)	次中心
南通	0.029 008 07	江苏省	地级市	次中心
绍兴	0.012 342 77	浙江省	地级市	边缘
嘉兴	0.012 127 67	浙江省	地级市	边缘
湖州	0.011 000 94	浙江省	地级市	边缘
泰州	0.010 201 99	浙江省	地级市	边缘
台州	0.010 171 26	浙江省	地级市	边缘
舟山	0.007 241 77	浙江省	地级市	边缘

通过论文合作的数量,建立高校论文合作中两两城市之间论文合作的关系,并以城市间的论文合作强度为依据,利用 SPSS 进行聚类分析,将城市之间的论文合作关系划分为紧密、较紧密、一般和较弱 4 个等级。根据划分结果,在 120 组城市中,有 3 组城市属于强合作关系(上海—南京,上海—杭州,南京—杭州),7 组城市属于较强合作关系(南京—苏州,南京—无锡,南京—镇江,南京—扬州,南京—常州,南京—南通,杭州—宁波),48 组城市属于一般合作关系,其余城市组合则属于弱合作关系。用不同粗细的线条代表不同城市之间的论文合作联系的疏密,越粗的联系越紧密,与长三角城市论文合作相对中心度进行结合,将中心度进行不同程度的分层设色,得到长三角城市间论文合作网络(图 2)。

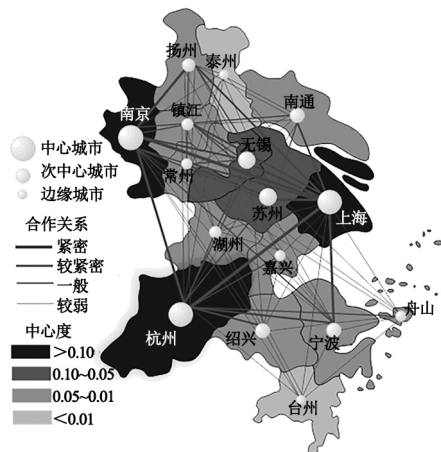


图 2 长三角城市知识网络结构
Fig.2 Comprehensive knowledge network of Yangtze River Delta cities

通过计算,该网络的整体中心性为 59.63%,说明在长三角城市知识网络中,各市联系紧密。综合来看节点等级,上海是长三角论文合作网络中绝对的核心,南京和杭州在整个论文合作网络体系中起着沟通和联结的作用。苏州、无锡、扬州、宁波等为次中心节点,这些城市都至少含有一所优秀的大学。剩余城市在整个城市网络中处于较边缘的位置。

3.2 网络形态分析

从网络形态上看,上海、南京、杭州 3 个城市的地理位置构成了一个三角形形态,具有十分稳定的特征。中心城市和次中心城市的空间分布还呈现出一定程度的带状集聚。上海至南京一线成为(次)中心城市的最大聚集区。该线贯穿 6 座城市,包含了 2 个中心城市(上海、南京)和 4 个次中心城市(苏州、常州、无锡、镇江),此城市带间的连线稠密,论文合作关系十分密切。由上海北上的上海—南通—泰州—扬州—南京城市带也是一条较为重要的城市带。此城市带中扬州为历史文化名城且属于次中心城市,扬州和上海的论文合作关系明显较强。这 2 条城市带的共同特征是起源于上海且全部位于江苏省内。再一次佐证了(次)中心城市的省际分布不均,也表明在论文合作的过程中,存在一定的历史遗留效应,历史上江苏或浙江省内的高校发生过高校院系调整,涉及到院系调整的高校之间的科研联系也更多,造成了合作的本省集聚现象。

浙江省整体的网络结构是上海—杭州—宁波构成的三角形,且除三角形的 3 个顶点城市外,剩余的城市从等级上来看都是相对边缘的城市,相对中心度的排名处在边缘城市的后几位,论文合作发生量非常少,具有很强的地理临近性,几乎只和周边的杭州、宁波发生联系,密度明显小于江苏省。

3.3 网络核心-边缘结构分析

长三角核心城市的论文合作网络结构表明,不同城市的等级分类存在地域上明显的核心-边缘结构。长三角知识网络中的核心城市包含上海、南京、杭州,但杭州的核心度与上海、南京存在较大的差距。苏州、无锡、扬州、宁波、镇江、常州属于次核心城市,南通、绍兴、嘉兴、湖州、舟山、泰州、台州属于边缘城市。一般来说,边缘区及近边缘区城市的合作意愿很低。在长三角知识网络中,边缘城市的分布也有很明显的指向性,即半边缘城市中江苏省占的比例高,而边缘城市中浙江省占的比例高。浙江省的科学合作水平以及网络通达性明显低于江苏省。整个长三角地区的城市知识网络结构呈现为以上海为核心逐渐指向边缘的特征。

4 结论与建议

4.1 结论

长三角城市网络从论文合作的视角来看是一个联系紧密的网络,且具有以下特点。(1) 论文合作网络结

构存在明显的空间极化,江苏省的跨界论文合作数量和强度明显高于浙江省。这种空间不均衡的结构模式不利于长三角知识网络的长久平衡发展。(2)论文合作网络不同于经济发展网络的省会城市主导模式,发展动力由大城市主导变为中小城市驱动,呈现更加明显的网络结构。江苏和浙江省内中小城市的网络驱动功能开始凸显,网络内部的节点驱动方式开始趋于多元化。(3)论文合作学科特征存在“马太效应”,学科“冷热”不均、分布不均衡致使长三角知识合作网络质量下降。

基于对知识网络现状的认识,进一步分析导致现状的原因。历史基础方面,每个城市的高校分布大多是历史遗留,且每个城市的文化底蕴不同,导致了不同城市的论文合作科目以及数量、强度的差异。经济方面,各个城市的支柱产业存在差异。城市间主导产业的不同导致了城市间论文合作的学科差异,且经济实力强的城市未必是城市知识网络中的核心城市。政治方面,部分地区存在一定程度的“行政区经济”现象,更倾向于在本行政区内进行科技合作。合作意愿方面,由于科研人员跨区域流动存在经济损耗和机会成本,若跨省合作的产出小于跨区域人员流动成本,高校或科研机构的合作意愿就不强烈,导致本省内部的合作意愿相对较强。管理制度方面,不同行政主体的管理制度存在差异,例如不同学校对合作的论文成果考核认定方法有差异,部分学校考核只认定第一作者单位论文,导致跨行政主体的论文合作积极性不高。

4.2 建议

首先,政府应该制定合作激励政策,促进核心城市对中小城市的资源共享。例如推动中小城市建设高校合作研究院等平台载体,促进核心城市高校与中小城市的产学研一体化。其次,核心城市的高校应该在国家级项目或课题中通过举办培训等活动向中小城市的科研院校进行资源分享。另外,高校管理主体需要加强对于论文认定的灵活度,不再单纯以“第一作者”模式论英雄。最后,学科的“冷热”并不是一成不变的,一个区域乃至整个国家的发展必须依靠不同学科的均衡推进。因此,教育主管部门对于合作已经较为频繁的学科应继续保持良好的合作环境,对于较“冷门”但有战略意义的学科应举办一些跨区域的学术交流会议,鼓励论文合作均衡发展,逐渐消除论文合作在学科中的“马太效应”,实现论文合作网络空间的溢出效应,进一步优化长三角城市间知识合作网络结构并带动区域创新经济的发展。

参考文献:

- [1] 张冬玲,王贤文,侯剑华.中国城市间高水平科学论文合作网络的分析[J].中国科技论坛,2008(9):102-106.
- [2] Fischer M M,Griffith D.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.
- [3] Scherngell T,Barber M J.Distinct Spatial Characteristics of Industrial and Public Research Collaborations: Evidence from the 5th EU Framework Programme[J].Annals of Regional Science,2010,46(2):247-266.
- [4] Scherngell T,Hu Y.Collaborative Knowledge Production in China: Regional Evidence from A Gravity Model Approach[J].Regional Studies,2011,45(6):755-772.
- [5] 梁立明,朱凌,侯长红.我国跨省区科学合作中的马太效应与地域倾向[J].自然辩证法通讯,2002,24(2):42-50.
- [6] 牛欣,陈向东.城市创新跨边界合作与辐射距离探析——基于城市间合作申请专利数据的研究[J].地理科学,2013,33(6):659-667.
- [7] 胡晓辉,杜德斌,龚利.长三角区域知识合作网络演化的空间特征[J].地域研究与开发,2012,31(6):22-27.
- [8] 霍尔,佩恩.多中心大都市——来自欧洲巨型城市区域的经验[M].罗震东,译.北京:中国建筑工业出版社,2010:154-157.
- [9] Meijers E.From Central Place to Network Model: Theory and Evidence of A Paradigm Change[J].Tijdschrift Voor Economische en Sociale Geografie,2007,98(2):245-259.
- [10] 冷炳荣,杨永春,谭一沼.城市网络研究:由等级到网络[J].国际城市规划,2014,29(1):1-7.
- [11] 杨上广,吴柏均.区域经济发展与空间格局演化——长三角经济增长与空间差异格局的实证分析[J].世界经济文汇,2007(2):36-47.
- [12] 张晓明,汪淳.长江三角洲巨型城市区域城镇格局分析——高级生产者服务业视角[J].城市与区域研究,2008,1(2):43-64.
- [13] Camagni R,Salone C.Network Urban Structures in Northern Italy: Elements for A Theoretical Framework[J].Urban Studies,1993,30(6):1053-1064.
- [14] Camagni R,Stabilini S,Diappi L.City Networks in the Lombardy Region: An Analysis in Terms of Communication Flows[J].FLUX,1994,10(15):37-50.
- [15] 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):13-15.
- [16] 汪明峰,魏也华,邱娟.中国风险投资活动的空间集聚与城市网络[J].财经研究,2014,40(4):117-131.
- [17] 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,2011,18(12):80-85.
- [18] 唐子来,赵渺希.经济全球化视角下长三角区域的城市体系演化:关联网和价值区段的分析方法[J].城市规划学刊,2010(1):29-34.
- [19] 李丹丹,汪涛,周辉.基于不同时空尺度的知识溢出网络结构特征研究[J].地理科学,2013,33(10):1180-1187.
- [20] 张菊,方永才,刘艳阳.分析SCI论文探讨合作研究对提高高校科研水平的作用[J].科技进步,2005,22(2):132-134.
- [21] 甄峰,曹小曙,姚亦锋.信息时代区域空间结构构成要素分析[J].人文地理,2004,19(5):40-45.
- [22] 张京祥,庄林德.大都市阴影区演化机理及对策研究[J].

南京大学学报(自然科学版) 2000, 36(6): 687-692.

2007, 51(8): 62-64.

[23] 尹丽春, 姜春林, 殷福亮, 等. 基于 CSCD 和 SCI 的跨省区科学合作网络可视化分析 [J]. 图书情报工作,

[24] 刘蓓, 袁毅, Boutin E. 社会网络分析法在论文合作网中的应用研究 [J]. 情报学报, 2008, 27(3): 407-417.

Knowledge Network of Yangtze River Delta Cities: Based on Analysis of Paper Corporation

Jiang Ke, Yu Tao

(School of Architecture and Urban Planning, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: This paper studies the spatial and content characteristics of the knowledge cooperation network between 16 core cities of Yangtze River Delta from the perspective of social network analysis and statistical analysis. Based on the social network researching method and SPSS statistical analysis, the paper analyzes the spatial characteristics of Yangtze River Delta. The results show that the structure of Yangtze River Delta region has obvious spatial polarization, and the number and intensity of regional cooperation in Jiangsu Province are significantly higher than those in Zhejiang Province. The main driving force is also big cities, but it can not be denied that the core-periphery structure is still in the cooperative network. There still remains "Matthew effect" in paper corporation, so that the subject distribution in paper corporation is unbalanced.

Key words: paper corporation; knowledge corporation; science corporation; corporation network; Yangtze River Delta

(上接第 34 页)

[33] Taylor P J, Catalano G, Walker D R F. Measurement of the World City Network [J]. Urban Studies, 2002, 39(13): 2367-2376.
[34] Derudder B, Taylor P J, Witlox E, et al. Hierarchical Tendencies and Regional Patterns in the World City Network: A Global Urban Analysis of 234 Cities [J]. Re-

gional Studies, 2003, 37(9): 875-886.

[35] 郭世泽, 陆哲明. 复杂网络基础理论 [M]. 北京: 科学出版社, 2013: 40-44.
[36] Réka Albert, Albert-László Barabási. Statistical Mechanics of Complex Networks [J]. Review of Modern Physics, 2002, 74(2): 47-97.

Pattern and Structure of Financial Network in Henan Province Based on Layout of Bank Branches

Liu Bingzhang^{1, 2}, Peng Baoyu¹, Gao Jianhua¹

(1. College of Environment & Planning, Henan University, Kaifeng 475004, China;

2. College of Urban & Planning, Yancheng Teachers University, Yancheng 224002, China)

Abstract: Taking 126 counties as the analytical unit and using the 12 369 network data of the 2014 bank branches, and measured financial network of Henan Province, meanwhile with the help of complex network analysis tools and spatial analysis software. According to the financial connection degree, Zhengzhou and Luoyang respectively for financial core and secondary financial core in Henan. The financial core has higher financial links degree and with foreign financial links, at the same time, the layout of the bank branch in space is not entirely follow the traditional geographical spatial administrative hierarchy. Under the together action of the physical infrastructure network and virtual network bank outlets, the financial network based on the layout of bank branches showed the dual characteristics of hierarchical and network. There is obvious financial agglomeration phenomenon in financial link of Henan Province, and showing the spatial distribution pattern of "one body and two wings", while the financial aggregation in north is more obvious than that in south. The topology structure graphs of Henan financial network based on the layout of bank branches has larger clustering coefficient and smaller average shortest path, and degree distribution shows a power-law distribution in the logarithmic coordinate, at the same time, it has a complex network of small world network and scale-free network structure characteristics.

Key words: financial network; interlock network model; financial connection degree; bank outlets; Henan Province