

粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络结构演化及影响因素研究

刘佳,蔡盼心,王方方

(广东财经大学 经济学院,广州 510320)

摘要:采用 Web of Science 核心合集数据库中 2008—2018 年粤港澳大湾区城市群(粤港澳大湾区 11 座城市及珠三角 6 座城市)的合著论文构建知识创新合作网络,借助社会网络分析方法研究粤港澳大湾区知识创新合作网络的结构以及其演化情况,并且运用 QAP(quadratic assignment procedure)回归分析探索粤港澳大湾区知识创新合作网络结构演化的影响因素,发现粤港澳大湾区知识创新合作网络实现区域内全覆盖,网络通达度高,珠三角 6 座城市在大湾区内仍处于边缘地位,逐步呈现“多中心”趋势;随着时间的演化,不同要素对协同创新的影响效果与程度有所不同,其中互联网通达度的影响越来越重要。

关键词:粤港澳大湾区城市群;社会网络分析;知识创新;网络结构;影响因素

中图分类号:F129.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)5—0068—11

随着科技革命和竞争全球化的发展,各国将创新作为推动经济发展的重要推动力。新古典经济学派认为,经济增长一方面来源于要素增加的“增长效应”;另一方面来源于要素技术水平提高的“水平效应”,创新作为技术进步的关键能够实现生产要素与生产方式的新的结合,实现更高效率的经济增长。创新系统的研究在“国家创新系统”的基础上发展出“区域创新系统”^[1]，“区域创新系统”由于各方面邻近的影响更加稳定和持久,克服了单个个体的创新局限,同时也减少了以技术、市场等方面的不确定性。

同时在信息化的推动下,知识社会形成,知识创新系统作为创新系统的子系统被进一步认识。知识创新是技术创新的基础,知识的积累与创新能够产生经济效益,能够提供新的认识生产与改造生产的方式方法,促进新的生产组合的诞生,以推动生产力的提升。区域知识创新合作网络是区域创新系统内各主体进行知识流动、知识合作、知识创新的主要表征方式。因此,科学的认识区域知识创新合作网络有利于了解区域内各主体知识创新的基本情况以及知识合作、知识创新的驱动方式,进而促进区域内资源的合理配置,提高区域的知识创新能力、竞争力。

2019年2月18日,中共中央、国务院印发《粤港澳大湾区发展规划纲要》,其中“创新”一词一共被提及139次,同时纲要阐明了粤港澳大湾区创新要素聚集的背景,强调了创新粤港澳大湾区各领域的开放合作体制机制,将大湾区建设成为具备有国际影响力的科技创新中心。粤港澳大湾区的知识创新合作不仅有利于实现知识的积累,促进生产要素产生新的生产效益,加快区域内要素的流动,实现要素的合理配置,促进创新能力的提高与经济的增长,同时也带动着周围城市的发展。因此,运用社会网络分析方法以探索粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络的特征、演化情况以及影响因素具有重要的现实意义。

一、文献综述及理论框架

在罗默的收益增长模型中,知识作为一种内生的独立要素,为经济的增长提供了条件^[2]。除了本身能够产生经济效益外,知识还能够使劳动与资本等要素产生经济效益。同时知识合作会产生知识溢出,形成知

收稿日期:2020—03—02

基金项目:全国统计科学研究项目“‘三新经济’发展指数的编制与应用研究”(2018LY26);广州市“十三五”哲学社科规划项目“粤港澳大湾区协同创新网络演化机制与广州定位研究”(2019GZQN35);广东省青年创新人才类项目“研发产业与创新型城市制造业转型升级研究”(2016WQNCX047);广东省软科学研究项目“粤港澳大湾区科技协同创新网络动力机制及实现路径研究”(2020A1010020048);2019年广东省促进经济高质量发展专项资金海洋经济发展项目“粤港澳大湾区海洋区域合作战略研究”(GDOE2019A51)

作者简介:刘佳(1986—),女,湖北武汉人,博士,广东财经大学经济学院讲师,研究方向:区域创新管理;蔡盼心(1997—),女,广东汕头人,广东财经大学经济学院,研究方向:区域经济;王方方(1983—),男,河南平顶山人,博士,广东财经大学经济学院副院长,副教授,研究方向:区域经济。

知识的额外积累,推动生产要素新组合的诞生,从而实现知识创新。而知识的共享是知识合作、知识创新的关键,网络可以体现主体间为了知识共享所发展的关系^[3]。论文是知识创造的主要成果,合作论文则是知识合作、知识创新的重要体现。例如,谢伟伟等^[4]以长江中游28个城市作为研究区域,采用2006—2017年的高水平合著论文数据,构建知识创新合作网络,分析得出长江中游知识创新网络形成多中心特征;董彦邦和刘莉^[5]采用改革开放40年我国高校参与的1101篇Nature和Science合作论文数据,基于社会网络分析法,构建创新合作网络,分析了我国高校在机构合作网络中的中心度与凝聚子群演化情况;马海涛等^[6]采用1990—2016年WOS(Web of Science)核心合集数据库的合著论文数据,借助基尼系数测度属性和功能多中心性的方法,分析粤港澳大湾区城市群知识的多中心的演化情况。区域内个体的经济行为、创新行为根植于社会网络中,对知识创新合作的体现与发展产生着重要的作用^[1],通过探索知识共享网络的结构可以探索各个主体知识创新合作的分布情况与知识创新合作的中心主体,进而分析区域知识创新合作的发展特征,针对现有特征以及演化情况制定发展的目标与方向。

采用邻近维度的视角,可以将空间在经济活动分析中内生性;辨识不同主体在不同方面的邻近维度有利于探索各个主体间相互影响的机制^[7],是分析区域内各主体进行知识合作、知识创新的重要工具。当前,国内外对区域知识创新合作的影响因素主要从多维邻近性的角度出发,而由于研究目的与研究对象的不同,不同学者对邻近性的定义与采用的计算方式不同。Boschma^[8]在理论层面将认知邻近、组织邻近、社会邻近、制度邻近、地理邻近作为一个整体研究,并且提出这5种邻近间具备互为替代或者互为补充的关系。Lata等^[9]采用空间交互建模的视角,通过比较两个经济区域和两个不同协作网络,分析空间距离、非邻近区域、技术邻近、认知邻近、国家边界以及语言边界对区域间协同强度的影响以及这些影响随时间的演化情况,得出欧洲和美国的多种邻近性的影响各不相同,并且其影响程度随时间的变化而演化。李琳和曾巍^[10]利用2000—2013年长三角的面板数据,分析地理邻近性、认知邻近性及地理邻近与认知邻近交互下对区域经济协同产生的影响。

区域知识创新合作的发展主要的原因可以归结为要素分布的差异以及交易费用的差异。基于要素禀赋理论,由于区域内各主体的要素分布存在差异,要素稀缺程度差距产生,形成区域要素的流动可能性,进而产生区域知识合作、知识创新^[11]。同时区域内各主体间进行知识创新合作的交易费用存在差异,导致各主体间进行知识创新合作的可能性存在差异。基于要素视角的邻近维度大致有经济邻近、科学生产力邻近等;基于交易费用视角的邻近维度大致有地理邻近、制度邻近、认知邻近、互联网邻近、社会邻近等。

此外,路径依赖理论认为,技术演进或制度变迁中均存在着报酬递增与自我强化机制,同样的,由此推导,知识创新合作网络的演化也存在着自我强化的机制。知识创新合作网络的演化过程中,面对创新环境的变化,为了应对各种“稀缺”,提高创新能力和竞争力,区域内部各个节点不断调整自身以及与其他节点的关系,微观上表现为节点以及节点间关联关系的变化,宏观上表现为整体网络结构的变化^[7]。通过基于演化视角的知识创新合作网络结构分析,有利于分析网络的演化规律,进一步找寻知识创新合作的动力机制。例如,吕国庆等^[12]便是基于演化视角与社会分析方法,采用长三角装备制造业联合专利的申请量数据,分析了长三角装备制造业产学研的创新网络结构和空间特征;苏屹等^[3]采用2000—2005年我国29个省的发明专利授权数的数据,基于社会网络分析方法分析得出我国区域创新关联关系网络的整体密度较低,同时形成的各个子群密度有较大差异。

综上所述,当前对创新网络的分析主要基于高校、产业层面,或是以研发机构为研究对象,较少从城市视角出发进行分析;在对粤港澳大湾区的研究局限于11座城市的研究,较少考虑大湾区对周围城市的辐射作用以及周围城市借助大湾区优势发展条件下与粤港澳大湾区内城市产生的融合效应;对粤港澳大湾区城市群的知识创新合作网络结构及影响因素演化分析的研究成果更是甚少。因此,本文采用社会网络分析法,以粤港澳大湾区城市群为研究对象,具体包括官方规定的11座城市与其地理邻近的环珠三角6座城市(韶关、河源、阳江、汕尾、云浮),从整体网络情况、中心性分析、凝聚子群方面分析区域知识创新合作网络的结构及其演化情况,同时基于经济邻近、科学生产力邻近、地理邻近、制度邻近、认知邻近、互联网邻近等维度,使用QAP(quadratic assignment procedure)的分析方法,研究粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络演化的影响因素及其影响程度。

二、数据来源及研究方法

(一)数据来源

本文考虑粤港澳大湾区对周围城市的辐射作用,以及周围城市借助粤港澳大湾区的优势与大湾区内 11 座城市融合发展的现象,参考王方方等^[14]的研究,规定研究对象为广义的粤港澳大湾区城市群,具体包括官方规定的 11 座城市与韶关、河源、阳江、汕尾、云浮等周边地理邻接的 6 座城市在内的 17 座城市,规定研究时期为 2008—2018 年。

知识生产往往伴随着知识的相互作用与相互转换,而知识的交换、积累有利于刺激新知识的生产进而产生知识创新。知识成果通常以显性知识与隐性知识的形式呈现,而显性知识的生产与交换相对隐性知识的生产与交换更容易体现,显性知识成果常以论文的形式呈现。现有的关于知识创新的研究常用合著论文数来衡量不同主体间的知识共享、知识流动、知识创新的情况^[4,6]。本文鉴于合作论文是知识流动的重要体现形式之一以及其可获取性高的特点,以合著论文数作为主体间进行知识创新的体现,同时选取世界上最为权威与最具影响力的数据库 WOS 核心合集数据库中粤港澳大湾区城市群 17 座城市的合著论文数据来代表城市间的知识创新合作。同时本文选取经济距离、科学生产力相似度、地理距离、制度距离、技术距离、互联网通达度 6 个因素作为区域知识创新合作网络的影响因素,其中所采用的数据分别来自《广东统计年鉴》、Google map、世界银行、上海市知识产权信息平台。

(二)研究方法

社会网络分析法起源于物理学的适应性网络,是一种有利于分析个体间的关系和宏观社会系统结构的方法。社会网络分析法包括多角度的分析方法,如中心性分析、凝聚子群分析以及核心-边缘分析等,可以从多种角度揭示网络的整体特征以及网络内个体与个体间的关系。当前,社会网络分析法被广泛地应用在揭示不同尺度下的创新网络结构方面。本文主要采用整体视角的网络密度、网络关联度、节点的中心性分析、凝聚子群分析研究粤港澳大湾区城市群的知识创新合作网络结构与演化情况,利用 QAP 回归分析研究粤港澳大湾区知识创新合作的影响因素。

1. 网络密度与网络关联度

网络密度具体为实际网络关系数与理论上可以有的最大网络关系数的比值,可以用来表示区域知识创新合作网络对区域内各个城市的影响程度。网络的密度越大,表示区域知识创新合作网络对区域内各个城市的选择、行为产生的影响越大,网络密度大的网络可以为区域内城市群提供的社会资源^[14],同时对区域内各城市造成约束的可能性也越大。

网络关联度体现着网络的可达性,任意两个城市间具备联系则可达,而两个城市间具备的联系越多则关联度越高。以下是网络关联度的计算公式:

$$C = 1 - \frac{V}{\frac{N(N-1)}{2}} \quad (1)$$

其中: C 是网络关联度; V 是网络中不可达的节点数; N 是网络规模。网络关联度越高,代表着网络的信息、权力越分散,网络内各城市的地位越平等,不易受到其他城市的影响,同时网络处于均匀的结构;网络的关联度越低,代表网络的权力、信息越集中,网络内各城市的地位不平等,容易受到其他城市的影响,网络处于分散结构^[14]。

2. 度数中心度、中间中心度、接近中心度

中心性分析是研究网络内节点的权力大小的一种方法,刻画中心性主要有度数中心度、中间中心度、接近中心度 3 个指标,其中各种中心度的相对中心度(标准中心度)的计算是以绝对中心度指数除以该网络中最大的中心度指数,本文对 3 种中心度的指标均采取标准化。

度数中心度指与城市直接联系的其他城市的个数,城市度数中心度越高表示该城市拥有的权力越大,居于网络的中心程度越高。

中间中心度代表的是城市在多大程度上位于网络中其他城市的“中间”。

$$C_{ABi} = \frac{2 \sum_j \sum_k b_{jk}(i)}{n^2 - 3n + 2} \quad (2)$$

$$b_{ik}(i) = \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}} \quad (3)$$

其中： n 表示城市数量； g_{jk} 表示城市 j 和城市 k 之间存在的捷径数目； $b_{ik}(i)$ 表示的是城市 i 位于城市 j 和城市 k 捷径上的概率； $g_{jk}(i)$ 表示城市 j 和城市 k 之间存在的经城市 i 的捷径数目； C_{ABi} 表示城市 i 的中间中心度， $j \neq k \neq i$ ，并且 $j \neq k$ ^[14]。

接近中心度衡量的是城市多大程度不受其他城市的影响，接近中心度越大则该城市与其他城市越接近，在传递信息上越便捷^[16]。其计算公式如下：

$$C_{APi} = \frac{n-1}{\sum_{j=1, j \neq i}^n d_{ij}} \quad (4)$$

其中： d_{ij} 表示城市 i 与城市 j 的捷径距离； C_{APi} 表示的是城市 j 的接近中心度。

3. 凝聚子群分析

在社会网络分析中，凝聚子群指的是具备紧密联系的行动者集合，凝聚子群分析是将网络内部形成的具备较强联系的小群体进行划分，有利于揭示网络内部的子结构情况^[14]。

4. QAP回归分析

QAP是基于对矩阵数据进行置换的基础，通过比较矩阵间的相似性，计算出矩阵间的相关系数并且对系数进行非参数检验的方法。QAP回归分析研究的是一个矩阵与多个矩阵间的回归关系，并且评价其判断系数是否显著^[14]。本文选取QAP回归分析在演化视角下，多种邻近性对粤港澳大湾区知识创新合作网络的影响^[15]。

三、粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络结构及演化情况分析

(一) 粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络整体结构

本文基于WOS核心合集数据库2008—2018年间粤港澳大湾区合著论文的数据^①，运用Ucinet软件运行得出粤港澳大湾区11座城市及环珠三角6城的网络规模、网络关联度、网络密度，具体结果见表1。发表论文总量的数值逐年增加，反映粤港澳大湾区城市群的科学生产力逐年增强；合著论文总量的数值呈现上涨，除了2015年存在小幅度下降，表明大湾区整体的合作数量增加；合著论文占比呈波动性上涨，在2014年、2015年、2018年有所回落，表明粤港澳大湾区城市群总体知识创新合作能力在11年间有所提升，但存在不稳定性，这是因为粤港澳大湾区城市群的合作数量的上涨未能赶上总体的科学生产力的上升。

同时粤港澳大湾区城市群的网络规模2008—2010年分别有云浮、阳江、汕尾未加入区域知识创新合作网络，但自2011年起均为17，表明粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络内不存在孤立的节点，实现了知识创新合作网络的全覆盖；网络关联度自2011年起均为1，实现了区域知识创新合作网络的完全通达，各个城市均可以通过直接联系或者间接联系实现与网络内任意城市的合作；网络密度呈现波动性上涨，在2013—2014年有所回落，2015—2017年呈现大幅度上涨，但是在2018年又回落到0.5597，这是由于前期周边6座城市与区域内其他城市的知识创新联系较少，后期与区域内其他城市的知识创新联系有所增加，但是这些知识创新联系不稳定；同时粤港澳大湾区城市群的知识创新合作网络对各个城市的知识创新行为的影响力也逐步增加。

此外，为了比较知识创新合作网络的演化情况，本文将数据划分为2008—2009年、2010—2012年、2013—2015年、2016—2018年4个阶段，运用Arcgis软件对粤港澳大湾区城市群的知识创新合作网络进行可视化，同时采用自然断裂法对度数中心度进行符号分级，得到网络结构如图1所示，图1中各个节点表示的是各个城市，各个城市间的连线表示的是城市间的知识创新联系。可看出粤港澳大湾区城市群在4个不同时期的知识创新联系基本上没有较大的改变，这是因为粤港澳大湾区城市群间基本形成了一定的知识创新联系；在中心地位上，

① 本文在WOS核心合计数据库中使用检索式“作者地址+年份”收集粤港澳大湾区城市群(17座城市)的论文数据，对拼写存在重合性的地址采取邮编进行排查。

表 1 粤港澳大湾区城市群 2008—2018 年间论文数据、网络规模、网络密度以及网络关联度

参数	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
发表论文总量	20698	25862	27367	30846	33279	35256	38145	39352	43170	48988	54348
合著论文总量	645	863	924	1171	1361	1461	1637	1531	2042	2466	2685
合著论文占比	3.12%	3.34%	3.38%	3.80%	4.09%	4.14%	4.29%	3.89%	4.73%	5.03%	4.94%
网络规模	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	17
网络密度	0.2794	0.3106	0.3529	0.3897	0.4044	0.4118	0.3382	0.3971	0.7111	0.8444	0.5597
网络关联度	0.8824	1	0.8824	1	1	1	1	1	1	1	1

注:合著论文占比为合著论文总量与发表论文总量的比值;网络规模为网络中所有城市的数量,区域内未与其他城市形成创新联系的即未加入协同创新网络,则不计入网络规模中。

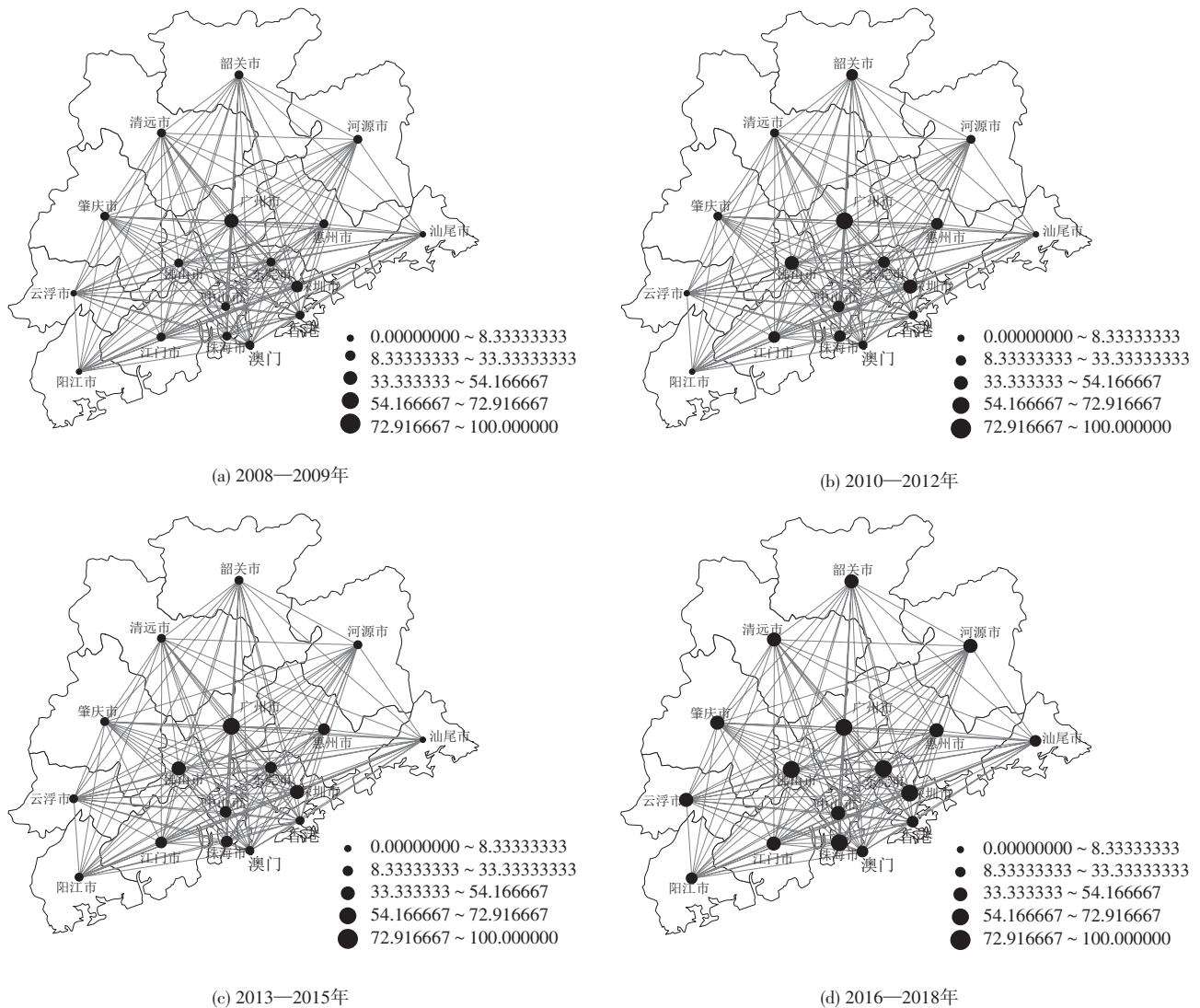


图 1 粤港澳大湾区城市群 2008—2018 年间知识创新合作网络结构的演化情况

2008—2009 年、2010—2012 年、2013—2015 年 3 个阶段内,区域知识创新合作网络的核心城市为广州,这是因为广州具备南方最密集的高校群,是国家自主创新示范区,科学生产力居于粤港澳大湾区城市群的首位;同时在 2013—2015 年期间韶关的中心地位有所下降,但在下一阶段出现较大幅度的提升;2016—2018 年期间,粤港澳大湾区城市群的知识创新合作网络出现多中心的结构,广州、深圳、佛山、东莞、珠海、韶关均处于知识创新合作网络的中心,这是由于大湾区的知识创新合作网络逐渐密集,11 座主要城市间的知识创新合作增加,周边 6 城与 11 城的知识创新合作逐渐增加,逐步打入 11 城的知识创新合作网络。

(二) 粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络结构的中心性分析

在城市的个体角度上,本文选取度数中心度、中间中心度、接近中心度测度 3 种不同类型的中心位置。

其中度数中心度更强调城市与其他城市的直接联系,可以反映城市在网络中的权力;中间中心度侧重于城市掌握的资源控制程度,反映城市的“中间人”地位;接近中心度侧重于用来表示城市在传递信息方面的便捷程度。

如表2所示,在度数中心度方面,长期处于核心地位的是广州与深圳,同时随着时间的演化,佛山逐步迈入核心城市群;相反的是,长期以来,香港、澳门、肇庆处于度数中心度的均值以下,与其他城市的联系未能随时间推移而有所累积,这可能是因为长期以来港澳与内地的制度差异造成对知识创新合作行为的限制,肇庆则是因为经济水平的相对落后使得其与其他城市知识创新水平差距较大,创新可能性小;周边6座城市中,韶关的度数中心度自2016年来都高于均值,逐步摆脱边缘地位,同时珠海也自2016年加强了与其他城市的直接联系。

在中间中心度方面(表3),广州、深圳在11年均来保持着较高的中间中心度,长期处于“中间人”地位,控制着粤港澳大湾区城市群的知识创新合作信息资源,同时自2011年以来,佛山的中间中心度也逐步提高,在一定时间内均处于较高水平,这与2009年来所开展的“广佛同城化”有着密切的联系;香港、澳门、肇庆在11年间的中间中心度均未超过各年的均值,同时,其他城市也普遍未超过各年的中间中心度均值,这是由于各城市与其他城市的直接联系较少,造成了在网络中未能处于中间地位,对网络内的资源掌握能力相对较差,对中心城市的依赖性强。

在接近中心度方面(表4),广州、深圳、佛山在网络内部传递创新信息的能力强,处于中心地位;香港、澳门在2011年后的接近中心度开始降低到均值以下的水平,在知识创新合作网络完全覆盖后香港、

表2 粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络2008—2018年间度数中心度情况

城市	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
香港	18.75	12.5	31.25	31.25	37.5	31.25	25	18.75	31.25	31.25	43.75
澳门	18.75	18.75	25	25	37.5	37.5	18.75	31.25	43.75	43.75	43.75
广州	93.75	93.75	93.75	100	100	100	100	100	100	100	100
深圳	62.5	68.75	75	75	68.75	68.75	75	75	87.5	100	81.25
佛山	37.5	31.25	56.25	68.75	62.5	75	56.25	56.25	87.5	87.5	81.25
东莞	31.25	37.5	56.25	37.5	50	62.5	37.5	50	87.5	93.75	68.75
惠州	37.5	43.75	37.5	43.75	56.25	37.5	25	50	75	87.5	56.25
中山	18.75	31.25	37.5	25	43.75	37.5	37.5	50	75	87.5	56.25
江门	43.75	37.5	37.5	50	37.5	43.75	37.5	56.25	50	87.5	81.25
肇庆	18.75	25	25	25	25	37.5	18.75	31.25	81.25	87.5	37.5
珠海	25	43.75	50	56.25	56.25	50	50	50	93.75	93.75	68.75
韶关	25	25	18.75	50	50	31.25	31.25	31.25	75	93.75	68.75
河源	18.75	18.75	18.75	18.75	25	25	18.75	12.5	75	87.5	25
清远	12.5	12.5	18.75	37.5	12.5	25	18.75	31.25	75	87.5	31.25
阳江	6.25	0	6.25	6.25	12.5	18.75	12.5	12.5	25	87.5	43.75
汕尾	6.25	6.25	0	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	68.75	87.5	6.25
云浮	0	6.25	12.5	6.25	6.25	12.5	6.25	12.5	68.75	81.25	43.75
均值	27.94	30.15	35.29	38.97	40.44	41.18	33.82	39.71	70.59	83.82	55.15

表3 粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络2008—2018年间中间中心度情况

城市	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
香港	0	0	0.583	0.25	1	0.45	0.333	0	0	0.238	0.31
澳门	0.2	0	0.25	0	0.2	0.45	0	0.667	1.283	0.6	0.421
广州	56.117	55.5	39.233	55.733	53.767	42.55	61.317	51.767	11.555	4.282	27.783
深圳	13.583	13.333	14.65	10.317	5.517	7.6	14.983	11.1	7.855	4.282	5.856
佛山	2.867	0.25	5.583	7.233	6.183	12.517	5.367	2.233	3.105	0.148	5.856
东莞	0.583	1.75	5.733	0.367	2.283	8.083	0.367	2.117	5.138	4.044	3.312
惠州	2.533	3.917	0.167	0.367	5.25	0.45	0.333	3.333	0.283	1.405	2.06
中山	0	0.583	0.65	0.167	0.5	1.083	2.167	1.567	1.105	2.677	1.429
江门	5.417	1.583	1.75	1.867	0.333	2.783	0.65	5.15	1.5	0.148	7.256
肇庆	0	0	0.4	0	0.333	1.533	0	0.45	1.188	0.148	0.75
珠海	0.7	2.083	3	4.917	2.183	1.85	4.317	3.167	5.805	1.682	2.53
韶关	0	0	0	1.783	3.45	0	0.167	0.45	0.283	1.682	2.763
河源	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.283	0.148	0.167
清远	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0.283	0.148	0
阳江	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.167	0.148	0.254
汕尾	0	0	0	0	0	0	0	0	0.083	0.148	0
云浮	0	0	0	0	0	0	0	0	0.083	0.071	0.254
均值	4.8235	4.647	4.2352	4.8824	4.7646	4.7058	5.2942	4.8236	2.3529	1.2941	3.5883

表4 粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络2008—2018年接近中心度情况

城市	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
香港	36.36	35.56	38.10	59.26	61.54	59.26	57.14	55.17	59.26	59.26	64.00
澳门	36.36	36.36	37.21	57.14	61.54	61.54	55.17	59.26	64.00	64.00	64.00
广州	50.00	50.00	50.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
深圳	43.24	44.44	45.71	80.00	76.19	76.19	80.00	80.00	88.89	100.00	84.21
佛山	39.02	38.10	42.11	76.19	72.73	80.00	69.57	69.57	88.89	88.89	84.21
东莞	38.10	39.02	42.11	61.54	66.67	72.73	61.54	66.67	88.89	94.12	76.19
惠州	39.02	40.00	39.02	64.00	69.57	61.54	57.14	66.67	80.00	88.89	69.57
中山	36.36	38.10	39.02	57.14	64.00	61.54	61.54	66.67	80.00	88.89	69.57
江门	40.00	39.02	39.02	66.67	61.54	64.00	61.54	69.57	66.67	88.89	84.21
肇庆	36.36	37.21	37.21	57.14	57.14	61.54	55.17	59.26	84.21	88.89	61.54
珠海	37.21	40.00	41.03	69.57	69.57	66.67	66.67	66.67	94.12	94.12	76.19
韶关	37.21	37.21	36.36	66.67	66.67	59.26	59.26	59.26	80.00	94.12	76.19
河源	36.36	36.36	36.36	55.17	57.14	57.14	55.17	53.33	80.00	88.89	57.14
清远	35.56	35.56	36.36	61.54	53.33	57.14	55.17	59.26	80.00	88.89	59.26
阳江	34.78	—	34.78	51.61	53.33	55.17	53.33	53.33	57.14	88.89	64.00
汕尾	34.78	34.78	—	51.61	51.61	51.61	51.61	51.61	76.19	88.89	51.61
云浮	—	34.78	35.56	51.61	51.61	53.33	51.61	53.33	76.19	84.21	64.00
均值	35.93	36.27	37.06	63.93	64.36	64.63	61.86	64.10	79.09	87.64	70.93

澳门的接近中心度未能跟上知识创新合作网络的扩展,逐步失去中心地位,同时周围6城的阳江、汕尾、云浮也长期处于接近中心度均值以下的水平,处于边缘地位,未能有效地对外传递创新信息。

总的来说,随着时间的演化,粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络逐渐实现全覆盖与全通达,整体网络从以“广州-深圳”为核心逐步演变为以“广州-深圳-佛山”为核心,同时其他城市对中心城市的依附性强,其他城市如果脱离广州、深圳、佛山三座城市则与各城市的创新联系将大幅减少,整体呈现核心-边缘结构。

(三)粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络的凝聚子群分析

本文运用 Ucinet 软件对粤港澳大湾区城市群进行凝聚子群 concor(迭代相关收敛法)分析,设置最大分隔深度为 2,收敛为 0.2,最终得出表 5 凝聚子群内部成员的演化结果和表 6 凝聚子群的密度结果。

表 5 粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络 2008—2018 年间凝聚子群的演化情况

类型	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
第一子群	香港 澳门 珠海 中山 佛山 清远 阳江 汕尾 肇庆	香港 澳门 珠海 中山 佛山 东莞 惠州	香港 澳门 阳江 河源 江门 云浮	香港 澳门 珠海	香港 澳门 珠海 深圳 佛山	香港 澳门 珠海 清远 江门 肇庆 云浮	香港 澳门	香港 澳门 珠海 阳江	香港 澳门 江 门 阳江	香港 澳门	香港 肇庆 惠州 河源
第二子群	河源 惠州 韶关 东莞	汕尾 云浮 清远 河源	韶关 清远 中山 珠海 惠州 佛山	汕尾 云浮 阳江 广州	东莞 惠州 中山 江门 肇庆	汕尾 广州	广州 汕尾 云浮 阳江	汕尾 河源 广州	深圳 广州	广州 深圳 东莞	汕尾 广州
第三子群	云浮 广州	广州 阳江	汕尾 广州	清远 深圳 韶关 佛山 惠州	广州 汕尾 云浮 清远 阳江	深圳 韶关 东莞 中山	东莞 深圳 佛山 韶关 珠海 江门	东莞 深圳 韶关 云浮 中山 佛山	东莞 佛山 珠海	佛山 阳江 中山 江门 肇庆 河源 汕尾 云浮 清远	清远 深圳 佛山 澳门 珠海
第四子群	深圳 江门	深圳 肇庆 韶关 江门	肇庆 东莞 深圳	肇庆 东莞 河源 中山 江门	韶关 河源	惠州 佛山 阳江 河源	肇庆 清远 惠州 中山 河源	肇庆 惠州 清远 江门	中山 肇庆 韶 关 河源 清 远 惠州 汕 尾 云浮	珠海 韶关 惠州	韶关 江门 东莞 阳江 中山 云浮

表 6 粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络 2008—2018 年间凝聚子群密度情况

类型	第一子群	第二子群	第三子群	第四子群
第一子群	0.08/0.38/0.13/1.00/1.00/0.38/1.00/ 0.50/0.50/1.00/0.50	0.03/0.12/0.06/0.25/0.60/0.50/ 0.25/0.33/1.00/1.00/0.50	0.50/0.54/0.50/0.33/0.30/0.29/ 0.25/0.29/0.67/0.06/0.47	0.56/0.32/0.50/0.27/0.07/0.25/0.00/ 0.06/0.06/0.50/0.29
第二子群	0.028/0.12/0.06/0.25/0.60/0.50/0.25/ 0.33/1.00/1.00/0.50	0.67/0.00/0.53/0.50/0.30/0.50/ 0.25/0.33/1.00/1.00/1.00	0.50/0.50/0.50/0.25/0.25/0.67/ 0.87/0.47/1.00/0.96/0.90	0.63/0.00/0.61/0.25/0.53/0.50/0.30/ 0.42/1.00/1.00/0.50
第三子群	0.50/0.54/0.59/0.33/0.30/0.29/0.25/ 0.29/0.67/0.57/0.48	0.50/0.50/0.50/0.25/0.25/0.50/ 0.25/0.33/1.00/0.96/0.50	0.00/0.00/0.00/1.00/0.50/0.67/ 0.87/0.47/1.00/0.96/0.90	0.50/0.50/0.50/0.56/0.25/0.75/0.37/ 0.71/0.96/1.00/0.57
第四子群	0.56/0.32/0.50/0.27/0.07/0.25/0.00/ 0.06/0.06/0.50/0.29	0.63/0.00/0.61/0.25/0.53/0.50/ 0.30/0.42/0.88/1.00/0.50	0.50/0.50/0.50/0.56/0.25/0.75/ 0.37/0.71/0.96/1.00/0.57	0.00/1.00/0.33/0.10/0.33/0.167/0.10/ 0.33/1.00/1.00/1.00

注:表格内数据依次为 2008 年/2009 年/2010 年/2011 年/2012 年/2013 年/2014 年/2015 年/2016 年/2017 年/2018 年的凝聚子群的网络密度,同时对角线上的密度为子群内部的密度。

为了分析的简便,本文在此将时间划分为 2008—2009 年、2010—2012 年、2013—2015 年、2016-2018 年 4 个阶段。由表 5 可知,第一、第二阶段,第一子群以香港、澳门、珠海为核心成员,第四阶段珠海脱离第一子群加入第三子群,与香港、澳门的知识创新合作关系有所解绑;第二子群中,第一阶段以河源为核心城市,第二阶段以中山为核心城市,第三、第四阶段以广州为核心城市。第三、第四子群各个阶段的子群成员波动大,在第三子群中,第一、第二阶段以广州为主,第三阶段以深圳、东莞、韶关为主,第四阶段以佛山为主;第四子群的第一阶段以江门、深圳为主,第二阶段以东莞、河源为主,第三阶段按以惠州为主,第四阶段以韶关为主。总的来说,粤港澳大湾区城市群内部仍未演化成较稳定的小团体群,但是存在一定的趋势;第一子群逐步演化为以香港、澳门为核心的群体,这与两个城市的制度环境相似存在着一定的关系;第二子群逐步演化为以广州为核心的群体,此外,广州与汕尾处于同一子群的频率较高,这是因为汕尾长期处于边缘,与其他城市的知识创新联系主要是依靠广州作为“桥梁”,对广州的依赖性强。

在凝聚子群的密度方面(表 6),第一子群在第一阶段的子群内部密度小于对外的密度,其余 3 个阶段的子群内部密度均大于对外的密度,对第二子群的密度演化呈上升趋势,对第三子群的密度演化较为平稳,对第四子群的密度演化呈下降趋势,表明第一子群内部成员的知识创新联系随时间演化而增强,同时第一子群对其余 3 个子群的联系演化均不相同,这与其余 3 个子群成员变动较大存在一定关系;第二子群在第一、第三阶段的内部密度大于对外密度,第二、第四阶段的内部密度大于对外密度,总的来说,第二子群的成员存在一

定的波动,使得子群的密度存在波动;第三子群在第一阶段的子群内部密度小于对外密度,其余3个阶段内部的密度整体上均大于对外的密度,表明第三子群的子群内部的知识创新联系同样随时间演化而增强;第四子群在前3个阶段的内部密度均小于对外密度,第四阶段的内部密度大于外部密度,表明第四子群在加强内部成员知识创新联系的同时也在加强与外部成员的知识创新联系。

总体而言,粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络前期逐步形成了“香港、澳门、珠海”这一较为稳定的小团体,后期珠海逐渐与香港、澳门解绑;汕尾则长期以来依赖广州与其他城市进行知识创新合作,在不同梯度的子群中长期与广州处于同一子群;其余城市未形成稳定的小团体,并且不同阶段的不同子群对其他子群的知识创新联系少,总的来说,内部子群对区域整体知识创新合作行为的影响较低。虽然小团体现象对区域知识创新合作的限制较小,但是香港与澳门相对稳定的绑定状态阻碍了其内部与周围的联系,形成了知识创新合作联系“内地密切,港澳稀疏”的局面。

四、粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络结构影响因素分析

(一)影响因素的选择

由上文分析可知,粤港澳大湾区城市群存在“多中心”的趋势,以及处于知识创新联系“内地密切,港澳稀疏”的局面。而由于不同的知识创新合作网络存在着不同的动力机制驱动着网络的实现与演化,本文将基于邻近性视角以及已有的研究,与粤港澳大湾区城市群的基本现状从以下几个点探讨驱动粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络结构实现与演化的影响因素。

首先,经济发展水平的差异一直是影响各城市知识创新能力与知识流动的重要因素,经济水平高的城市对知识创新的需求更高,能够承受知识合作与知识创新交易成本的能力更强;第二,科学生产力是各城市对外输出显性知识与隐性知识的基础,基于区域内可以科研机构、大学、企业分布的差异,各城市间存在着科学生产力的差距;第三,各城市存在的地理距离在一定程度上是知识溢出与知识流动无法避免的硬性阻碍;第四,区域内各城市存在着因地制宜的地方制度,一部分有利于刺激知识溢出,而一部分又会阻碍知识的流动;第五,组织或企业间知识与技术的差异会影响知识合作的交易成本以及知识创新的效率;第六,互联网通达度高可以有效地降低知识流动的不确定性以及知识创新合作的交易成本。本文基于以上要素构建区域知识创新合作的计量模型:

$$I = F(E, T, G, S, C, N) \quad (5)$$

其中: I 为粤港澳大湾区城市群城市的合作论文数据的网络矩阵; E 为经济距离矩阵; T 为科学生产力相似度矩阵; G 为地理距离矩阵; S 为制度距离矩阵; C 为认识距离矩阵; N 为互联网通达度矩阵。

本文参考钟照辉和覃成林^[16]的研究,借助重力模型构建经济距离的指标代表各城市经济发展水平的差距:

$$E_{ij} = \frac{PGDP_i - PGDP_j}{PGDP_i \times PGDP_j} \quad (6)$$

其中: E_{ij} 为经济距离; $PGDP_i$ 为*i*城市的人均GDP; $PGDP_j$ 为*j*城市的人均GDP。

基于合著论文数据,本文构建城市与城市间发表的论文数量的比值说明各城市间科学生产力的差异,其中默认数量较多的为分母,使得科学生产力相似度位于0~1,越靠近0则城市间科学生产力差距越大,越靠近1则城市间科学生产力越相似。

借助王忠燕^[17]的方法,本文采用Google map上粤港澳大湾区城市群的经纬度数据,计算两两城市间的球面地理距离:

$$G_{ij} = R \times \arccos[\cos\beta_i \cos\beta_j \cos(\alpha_i - \alpha_j) + \sin\beta_i \sin\beta_j] \quad (7)$$

其中: G_{ij} 表示城市*i*与城市*j*的地理距离; β_i 与 β_j 表示城市*i*与城市*j*的纬度; α_i 与 α_j 表示城市*i*与城市*j*的经度; R 是地球半径,以6371千米计算。

地区间制度的差异性影响着知识创新主体间的行为,跨行政区域的行为可能因为制度的不同变得繁琐,同时科研机构的合作行为也会因此受限。在制度方面,我国划分行政区域与设立地方分治机构进行行政管理,各行政区域因地制宜实行科学、合理的地方行政制度。中国的行政区域主要分为省、直辖市、自治区以及特别行政区,同时由于经济特区的制度的特色性更强,因此本文基于粤港澳大湾区17城中的实际情况,划分

行政特区、经济特区、同一省级的地级市(除经济特区外)的差别,设定制度邻近性这一虚拟变量,其中同一省级的地级市(除经济特区外)间为 1,经济特区与同一省级的地级市(除经济特区外)间为 2,经济特区与行政特区为 3,行政特区与同一省级的地级市(除经济特区外)间为 4,不同的行政区间为 5。

技术邻近性是认知邻近性的重要体现,反映着城市间对知识创新合作行为的认知情况^[17]。专利一定程度上反映着知识积累的成果,技术相似度则反映了城市间基于知识积累与知识经验的不同产生的认知距离;产业结构的相似度一定程度上反映了城市间基于物质基础的认知差距。同样参考王忠燕^[17]的研究方法,基于各个城市专利授权的数量,构建认知距离如下:

$$K_{ij} = \frac{(PA_{ij} + PS_{ij})}{2} \quad (8)$$

$$PA_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^8 (P_{ikt} P_{jkt})}{\sqrt{\sum_{k=1}^8 P_{ikt}^2 \sum_{k=1}^8 P_{jkt}^2}} \quad (9)$$

$$PS_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^8 (CP_{ikt} CP_{jkt})}{\sqrt{\sum_{k=1}^8 CP_{ikt}^2 \sum_{k=1}^8 CP_{jkt}^2}} \quad (10)$$

其中: K_{ij} 为城市*i*与城市*j*的认知距离; PA_{ij} 、 PS_{ij} 分别代表城市*i*与城市*j*的技术相似度与产业结构相似度; P_{ikt} 代表第*t*年城市*i*与城市*j*第*k*类专利的申请数量,专利的分类以国际专利分类表的 8 种分类为基准^②; CP_{ikt} 代表第*t*年城市*i*与城市*j*第*k*种产业增加值占 GDP 的数值。计算得出的认知距离 K_{ij} 位于 0~1 内,越靠近 0 则表示城市间的认知差距越大,越靠近 1 表示城市间的认知差距越小。

自 1990 年世界进入信息时代,互联网的普及有利于打破部分不确定性对区域间知识创新合作的影响,可以降低地理距离、经济距离对区域间要素流动的影响。基于此,本文设置互联网通达度为虚拟变量,跨越城市需要切换网络的城市对互联网通达度为 0,跨越城市不需要切换网络的城市对互联网通达度为 1。

(二) 结果分析

本文运用 Ucinet 软件进行 QAP 回归分析,设定区域知识创新合作网络(合著论文矩阵)为因变量,上文所述的 6 个影响因素为自变量,排列的随机置换选择 5000 次,分析结果见表 7,分析得出修正后的 R^2 逐年上升,并且其概率均小于 0.01,说明通过 1% 的显著性水平检验。

由表 7 可知,从整体上看,科学生产力相似度、认知距离、互联网通达度三者的系数相对其他影响因素的系数较大,三者对粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络结构演化的推动明显;其中认知距离的系数呈现下降后上升的趋势,科学生产力相似度与互联网通达度两者的系数呈波动性上涨,特别是互联网通达度的系数整体呈现大幅度增加,说明随着互联网普及度与使用率的提高,大大降低了区域人流、物流、资金流、信息流的交易成本,使得互联网通达度对粤港澳大湾区城市群知识创新联系的增加作用逐步增强。经济距离、地理距离、制度距离三者的系数相对其他影响因素较小,对粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络结构演化的推动相对较弱,特别是地理距离的系数下降明显并且接近 0,这说明了在高速铁路在粤港澳大湾区城市群内的普及与信息全球化的影响下,地理距离对知识流动的局限作用减弱,粤港澳大湾区城市群的知识创新合作网络逐步实现了全覆盖,知识创新合作网络通达度大大提升。

此外,经济距离、科学生产力相似度的系数为负数说明虽然经济距离与科学生产力相似度对区域知识创新合作网络结构的影响程度各不相同,但区域内经济差距的缩小与科学生产力相似度的提高均有利于增强区域整体知识创新能力,推动区域整体知识合作在多个城市间实现,促进区域知识创新合作中心城市的增加,两者是知识溢出与知识合作的基础。同时制度距离的系数为正数,制度环境的差异在一定程度上有利于实现知识的异质性与丰富性,提高区域内各城市知识合作的吸引力,粤港澳大湾区城市群内各城市不同制度环境有利于各城市进行知识创新,但也会形成一定的知识交流阻碍,应当打破现有的制度形成的知识壁垒,充分利用已有的不同制度下的知识资源,加强港澳与内地的联系,扭转知识创新联系“内地密切,港澳稀疏”的局面。

② 专利数据收集:在上海知识产权信息平台中使用“年份+地址+IPC”的检索式进行专利数据的收集。

表7 粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络QAP回归分析结果

年份	截距	经济距离	科学生产力相似度	地理距离	制度距离	认知距离	互联网通达度	R^2	Adj R^2	p	样本数
2008	0.467734	-0.019969	-0.131783	-0.000026	0.055483	-0.095466	0.092549	0.098	0.081	0.002	272
2009	0.456519	-0.01994	-0.116056	-0.000038	0.06798	-0.09031	0.194645	0.151	0.135	0.001	272
2010	0.023603	-0.009063	-0.080489	-0.000035	0.080741	0.720765	-0.074529	0.171	0.156	0	272
2011	-0.103897	-0.01455	0.053904	-0.000022	0.086927	0.690793	-0.000565	0.139	0.123	0.001	272
2012	0.151941	-0.017235	0.005798	-0.000027	0.074611	0.583059	-0.098435	0.144	0.128	0	272
2013	0.280164	-0.012853	-0.120443	-0.000038	0.072902	0.430009	0.008413	0.144	0.128	0	272
2014	-0.075067	-0.004767	-0.10496	-0.000033	0.098903	0.649046	0.051486	0.169	0.153	0	272
2015	-0.028772	-0.02167	0.06605	-0.000027	0.123707	0.306853	0.258724	0.149	0.133	0	272
2016	0.89257	-0.045015	-0.345575	-0.000042	0.036838	-0.038917	0.302921	0.352	0.34	0	272
2017	0.334051	-0.054805	-0.211538	0.000003	0.063243	0.277496	0.399189	0.604	0.596	0	272

五、结论

本文基于社会网络的分析方法,借助WOS核心合集数据库中2008—2018年粤港澳大湾区11座城市与环珠三角6座城市的合著论文构建知识创新合作网络,采用网络密度、关联度、中心性分析、凝聚子群分析,从整体、城市个体、网络内子群(局部)3个角度研究粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络结构以及其演化情况,同时,采用QAP回归分析方法,分析经济距离、科学生产力相似度、地理距离、制度邻近性、技术距离、互联网通达度6个要素对粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络的影响,最终得出以下结论。

第一,在整体上,粤港澳大湾区知识创新合作网络逐步实现了17座城市的全覆盖,各城市的创新合作通达度高;同时粤港澳大湾区的知识创新合作网络对各城市知识创新行为的影响程度逐步提高,但是仍存在一定程度的不稳定性,尤其是周边6座城市各自对其他城市的知识创新联系。

第二,在中心性层面上,粤港澳大湾区城市群的知识创新网络前期以“广州-深圳”为中心,后期形成以“广州-深圳-佛山”为中心的局面,具有逐步实现“多中心化”的趋势;同时知识创新合作网络也呈现“中间强,周边弱”的局面,“香港、澳门、广州、深圳、珠海、佛山、中山、东莞、惠州、江门、肇庆”11座城市的知识创新合作相对强于周边“韶关、河源、阳江、汕尾、云浮”6座城市。

第三,粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络内部主要有“香港、澳门”这一子群,其他城市未形成稳定的合作子群,并且不同阶段的子群内部联系强于与其他子群的联系,子群对整体知识创新合作网络的影响较小。

第四,粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络结构演化的动因主要为科学生产力邻近、认知邻近、互联网通达度,并且这三大因素对粤港澳大湾区城市群知识创新合作网络演化的影响存在增强的趋势。此外,地理距离的影响降低促使区域知识创新合作网络逐步实现全覆盖、全通达,区域经济差距的缩小与科学生产力的相似提高区域各城市知识创新与知识合作的能力,有利于驱动区域知识创新合作网络实现“多中心”的局面;制度环境的差异一方面有利于刺激知识创新;另一方面又会阻碍区域内各组织与企业进行跨城市的知识合作,制度环境的差异也是造成知识创新联系“内地密切,港澳稀疏”的原因。

基于以上结论,本文提出以下建议:

第一,核心城市应当充分发挥自身的优势,加强与其他城市以及区域外部其他城市的合作,促进知识溢出与知识创造。

第二,培养多个知识创新合作的中心城市,实现中心城市对周边的城市的创新合作辐射,扩大中心城市对周边城市的辐射范围。

第三,打破因制度环境的差异形成的各主体知识合作的壁垒,加强城市间高校、企业、研究院的合作,特别是环珠三角6市与中间11座城市的合作,促进港澳同内地的深度合作,搭建稳定的知识共享平台,构建并维持良好的合作关系,稳定区域内部的知识创新联系。

第四,推动区域内子群城市的形成,促进城市内稳定的创新合作、创新联系的形成,同时要避免子群联系对区域整体联系的阻碍作用。

第五,应当重视互联网在降低交易的不确定性、降低交易费用中发挥的作用,以互联网为载体构建创新合作平台,促进区域内知识创新合作网络的进一步发展。

参考文献

- [1] 王志宝, 孙铁山, 李国平. 区域协同创新研究进展与展望[J]. 软科学, 2013, 27(1): 1-4, 9.
- [2] ROMER P M. Endogenous technological change[J]. Journal of Politics, 1990, 89(5): S71-S102.
- [3] 苏屹, 韩敏睿, 雷家骥. 基于社会网络分析的区域创新关联网络研究[J]. 科研管理, 2018, 39(12): 78-85.
- [4] 谢伟伟, 邓宏兵, 苏攀达. 长江中游城市群知识创新合作网络研究——高水平科研合著论文实证分析[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(16): 44-50.
- [5] 董彦邦, 刘莉. 我国高校高水平论文的机构合作网络演化分析——以 1978—2017 年的《Nature》和《Science》合作论文为例[J]. 情报杂志, 2019, 38(11): 138-144, 157.
- [6] 马海涛, 黄晓东, 李迎成. 粤港澳大湾区城市群知识多中心的演化过程与机理[J]. 地理学报, 2018, 73(12): 2297-2314.
- [7] 李建成. 多维邻近下的城市群创新网络结构研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2016.
- [8] BOSCHMA R. Proximity and innovation: A critical assessment[J]. Regional Studies, 2005, 39(1): 61-74.
- [9] LATA R, VON PROFF S, BRENNER T. The influence of distance types on co-patenting and co-publishing in the USA and Europe over time[J]. The Annals of Regional Science, 2018, 61(1): 49-71.
- [10] 李琳, 曾巍. 地理邻近、认知邻近对省际边界区域经济协同发展影响机制研究——基于对中三角、长三角省际边界区域的实证[J]. 华东经济管理, 2016, 30(5): 1-8, 193.
- [11] 周灿, 曾刚, 尚勇敏. 演化经济地理学视角下创新网络研究进展与展望[J]. 经济地理, 2019, 39(5): 27-36.
- [12] 吕国庆, 曾刚, 郭金龙. 长三角装备制造业产学研创新网络体系的演化分析[J]. 地理科学, 2014, 34(9): 1051-1059.
- [13] 王方方, 杨焕焕. 粤港澳大湾区城市群空间经济网络结构及其影响因素研究——基于网络分析法[J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2018(4): 110-120, 191.
- [14] 刘军. 整体网分析讲义: UCINET 软件实用指南[M]. 上海: 格致出版社, 上海人民出版社, 2009.
- [15] 张莲燕, 朱再清. “一带一路”沿线国家农产品贸易整体网络结构及其影响因素[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(12): 177-189.
- [16] 种照辉, 覃成林. “一带一路”贸易网络结构及其影响因素——基于网络分析方法的研究[J]. 国际经贸探索, 2017, 33(5): 16-28.
- [17] 王忠燕. 中国三大城市群创新网络空间格局演化机理研究: 多维邻近视角[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2017.

Network Structure Evolution and Influencing Factors of Collaborative Knowledge Innovation in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area Urban Agglomeration

Liu Jia, Cai Panxin, Wang Fangfang

(The Faculty of Economics, Guangdong University of Finance & Economics, Guangzhou 510320, China)

Abstract: In this paper, the collaborative knowledge innovation network was constructed by using the co-authored papers of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area (GBA) urban agglomeration (11 cities in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area and 6 surrounding cities) from 2008 to 2018 in the core collection database of Web of Science. Further, using social network analysis method, this paper studies the structure and evolution of collaborative knowledge innovation network in GBA urban agglomeration, and investigates the influencing factors of the collaborative knowledge innovation network by QAP regression method. On the basis of above researches, major conclusions can be drawn as follows. The collaborative knowledge innovation network of GBA urban agglomeration achieves full coverage in the region with high network accessibility but six cities around the Pearl River Delta are still marginal in GBA urban agglomeration showing a multicenter trend gradually. With the evolution of time, the effects and degrees of different factors on collaborative innovation are different. The influence of Internet accessibility is more and more important, and the influence of cognitive distance is gradually weakening.

Keywords: Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area; social network analysis; knowledge innovation; network structure; influence factor