

“一带一路”背景下数字通信领域 跨国专利合作特征及网络演化研究

谢刚, 邵季雯, 李文鹤

(江苏大学 管理学院, 江苏 镇江 212013)

摘要: 论文以“一带一路”背景下数字通信领域跨国专利合作网络为研究对象,运用社会网络分析法,研究2000—2019年期间中国和“一带一路”沿线地区在数字通信领域的专利合作状况,分析数字通信领域的专利合作网络在网络地位、结构洞、小世界效应和“专利权人-热点技术”二模网络联系等方面的演化特征。结果表明:中国与“一带一路”各板块专利合作地域分布不均衡性上升。网络集权程度下降,原核心国家新加坡的中心地位下降,中国、印度、俄罗斯等国中心地位逐渐上升。专利合作网络具有小世界效应,但近年来小世界效应正在减弱,影响网络稳定性。中国和新加坡在网络中的中心度和结构洞指数下降,说明中国和新加坡对网络合作资源和合作关系的影响力在减弱。中国在热点技术领域能进行专利合作广泛布局的强势企业偏少,并且专利合作在热点技术领域的宽度和深度布局有待加强。研究成果为中国未来与“一带一路”沿线地区数字通信跨国专利合作策略提供理论依据。

关键词: 一带一路; 数字通信; 专利合作; 社会网络分析

中图分类号: F204; G311 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2022)2—0015—11

一、引言

以计算机、网络、通信为代表的现代信息技术革命催生了数字经济,正推动全球数字化转型。随着全球经济对数字的依赖性增强,数字通信领域逐渐成为国际合作的重要内容。近年来,中国与“一带一路”沿线国家在该领域的专利合作发展极其迅速,其地位也越来越重要。根据知识产权局的统计,2019上半年中国在“一带一路”沿线国家专利申请中,计算机、通信和其他电子设备制造业是专利申请公开涉及最多的产业。“一带一路”沿线国家大多属于发展中国家和转型经济体,随着5G的到来,这些国家对数字通信的发展需求与日俱增,中国推动“一带一路”地区的数字通信专利合作,在援助“一带一路”沿线国家数字通信基础设施建设和缩小“数字鸿沟”的同时,也为中国数字通信企业走出去提供良好的机遇。此外,美欧对中国的通信技术封锁和打压也日益严重,世界范围内局部地区数字通信领域的竞争和贸易保护主义将进一步加深,今后,中国和“一带一路”沿线国家在数字通信领域合作的重要性会更加突出(Drivas和Kaplanis,2020)。在此背景下研究数字通信领域中国的“一带一路”跨国专利合作特征及合作网络演化对推动“一带一路”在数字通信领域取得良好的合作成果,利用新基建助力“一带一路”战略和增添世界经济活力具有重要的意义。

中国国际专利合作引起了学者们的关注。一方面,学者采用统计方法分析中国国际专利合作态势。刘凤朝等(2012)通过专利发明人和专利权人信息分析了中国前十名技术领域国际合作发明专利分布,郑佳(2012)挖掘了中国国际科技合作专利的逐年发展情况、技术领域分布情况等方面。李冬梅等(2020)分析了中美日韩4国信息通信技术(ICT)领域专利发明人合作现状及专利质量水平;另一方面,对专利合作网络进行分析。郑栋等(2019)研究发现从2001—2015年间,国际科技合作网络正由“中-欧美日”向“中-欧美亚”转变,中国的核心度排名逐渐上升,且处于结构洞的关键位置。江依妮和朱春奎(2020)利于2011—2015年的数据,从动态的视角对金砖五国在国际专利合作网络中的地位进行刻画。许佳琪等(2019)分析了中国与美国在城市之间的科技合作网络的动态变化特征,显示专利合作高度依赖于个别枢纽城市。

学者们还专门研究中国和“一带一路”沿线国家专利合作情况,主要集中在两个方面,一方面专利合作态势描述。叶阳平等(2016)分析中国和29个“一带一路”沿线国家的科技合作状况,把专利和论文合在一起统

收稿日期:2021-07-27

基金项目:国家社科基金项目“专利联盟互惠性合作优化及‘反公共地悲剧’治理研究”(18BJL043)

作者简介:(通讯作者)谢刚,博士,江苏大学副教授,研究方向:知识产权与技术创新管理。邵季雯,江苏大学本科生,研究方向:创新管理。李文鹤,博士,江苏大学副教授,研究方向:产业创新与中小企业发展。

计,对在国家分布、时序分布、主要申请机构和主要技术方向等方面的特征进行描述性分析;另一方面,专利合作网络分析。张明倩和邓敏敏(2016)、陈欣(2019)、梁梦洁和张明倩(2019)挖掘我国在“一带一路”专利合作网络中网络地位、合作区域及技术领域分布等特征,高伊林和闵超(2019)重点比较了中美两国各自与“一带一路”国家的专利合作网络整体特征,以此揭示两国在“一带一路”国家科技合作圈中的影响力。

虽然学者对中国与“一带一路”沿线区域跨国专利合作的研究取得了有价值的成果,但是以下仍需要加以弥补:理论上缺乏专门针对数字通信领域,从动态的视角揭示专利合作特征及网络演化特征。现有研究要么侧重于描述跨国合作整体专利合作态势,忽略了对专利合作网络及演化特征进行分析。要么在研究跨国专利合作网络时,仅分析整体网络特征、专利合作地区分布和各个国家合作技术领域分布,虽然揭示了数字通信领域的中国跨国专利合作数量,但未针对特定领域,比如以数字通信领域的专利合作特征及网络演化为研究对象,对新近出现的合作网络特征和演化进行细致刻画。在“一带一路”建设中,基础设施互联互通是优先发展的方向,也是“一带一路”投资的关键领域和核心内容(郭朝先和徐枫,2020)。5G时代,中国既有的数字通信技术基础和产业先发优势为“一带一路”国家数字化转型提供了良好的支撑,未来的合作会迎来新机遇。因此,在“一带一路”合作中,考虑新基建元素,分析数字通信领域中国与“一带一路”国家专利合作网络对开创新基建合作新局面具有重要性和必要性。其次忽略了刻画合作专利申请人与热点技术的联系,而使用二模网络可研究二者在关系网络中的相互关联,能够明晰热点技术在具体国家间合作的分布。弥补上述不足,深入刻画合作中的主导关系、合作关系地域分布和热点技术布局特征、合作主体的技术实力及合作网络结构特征与演化,更有助于为我国在数字通信领域跨国合作策略和企业的合作布局提供更具科学性和方向性的指导。基于此,本文将针对数字通信领域,主要运用社会网络分析方法,深入细致地刻画中国和“一带一路”沿线区域在数字通信领域的专利合作特征、合作网络及演化规律,为中国与“一带一路”国家在数字通信领域的合作策略提供实践参考。

二、研究设计

(一)研究数据

从知识产权合作角度来讲,“一带一路”是一个专利环境复杂的开放合作区域(张明倩和邓敏敏,2016),其中的国家和地区在知识产权制度、知识产权运用及管理水平方面有着诸多不同。论文根据地域和制度的邻域性,将“一带一路”区域分为包括中亚5国、蒙俄、东南亚11国、中东欧19国、南亚8国及西亚、中东19国在内的六大板块(张明倩和邓敏敏,2016),见表1。

表1 “一带一路”沿线国家所属区域范围的界定

板块	主要国别
蒙俄	蒙古和俄罗斯
中亚5国	哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦
东南亚11国	新加坡、马来西亚、印度尼西亚、缅甸、泰国、老挝、柬埔寨、越南、文莱、菲律宾、东帝汶
南亚8国	印度、巴基斯坦、孟加拉国、阿富汗、斯里兰卡、马尔代夫、尼泊尔、不丹
中东欧19国	波兰、立陶宛、爱沙尼亚、拉脱维亚、捷克、斯洛伐克、匈牙利、斯洛文尼亚、克罗地亚、波黑、黑山、塞尔维亚、阿尔巴尼亚、罗马尼亚、保加利亚、马其顿、乌克兰、白俄罗斯、摩尔多瓦
西亚、中东19国	伊朗、伊拉克、土耳其、叙利亚、约旦、黎巴嫩、以色列、巴勒斯坦、沙特阿拉伯、也门、阿曼、阿联酋、卡塔尔、科威特、巴林、格鲁吉亚、阿塞拜疆、埃及、亚美尼亚

IPC是一种基于基本知识和技术类别的专利分类树(Lee et al, 2019),根据世界知识产权组织(WIPO)35个技术领域与IPC对照表(2019.07版),论文将IPC分类号在H04L+、H04N21+、H04W+范围内的专利数据归为数字通信领域的专利(分类号后有“+”字符的含义是包含该分类号下位的所有大组和小组分类号)。

本文的专利合作数据采集于由欧洲专利局创建的全球专利统计数据库(PATSTAT),PATSTAT以欧洲专利局专利文献主数据库(EPO Master Documentation Database, DOCDB)为主要数据源,收录了全球100多个国家或组织的专利信息(张静等,2015)。专利跨国合作主要有两种形式:一是跨国的合作发明;二是跨国的专利所有权(王文平等,2014)。本文中的专利跨国合作是指“一带一路”沿线国家的跨国专利所有权。本文将至少有一个非自然人专利权人且该非自然人专利权人和其他专利权人所属国为“一带一路”不同国家的作为“一带一路”跨国专利合作。

(二)研究方法

1. 网络可视化

社会网络分析方法是度量及分析复杂网络结构和特征的有效方法,既能揭示各种网络的微观结构和内在关系,也广泛应用在整体网络的研究。本文利用社会网络分析软件GEPHI以中国和“一带一路”沿线地区作为网络节点、沿线地区间的数字通信跨国专利合作关系作为连线绘制“一带一路”沿线地区在数字通信领域的专利合作网络。为尽可能减小专利合作数据年度波动对分析结果的影响,参考已有研究(张明倩和邓敏敏,2016),以5年为一个观测周期,分别给出了2000—2004年、2005—2009年、2010—2014年和2015—2019年“一带一路”数字通信专利合作网络图。

2. 网络整体结构特征

根据现有文献,本文用非孤立节点数、连接数、网络密度、中间中心势4个指标表征合作网络的整体特征。非孤立节点数表示网络中与其他节点有联系的节点数量(刘刚和李永树,2015),在本文中指的是“一带一路”区域在数字通信领域进行跨国专利合作的所有节点国家的数量,其值越大说明参与数字通信专利合作的地区越多。连接数表示网络中联系的数量(张明倩和柯莉,2018),在本文中表示地区间数字通信专利合作这一关系的数量,连接数越多说明地区间产生了越多的合作关系。网络密度衡量网络中关系的紧密程度(马林岭,2018;李芝倩和樊士德,2021;马远和雷会妨,2019),该指标在本文中可反映各地区数字通信专利合作的紧密程度,网络密度越大,该网络中各地区专利合作越密切。网络密度描述了网络的凝聚力水平,中间中心势则描述了这种凝聚力多大程度上是围绕一个或几个核心节点组织起来的(鄢慧丽等,2019),该指标越大说明“一带一路”数字通信专利合作网络中的节点越依赖于某个或几个地区传递关系。

3. 个体网络特征

本文选择通过相对度数中心度这一网络节点中心性指标反映节点网络地位。相对度数中心度指标表示网络中某一节点与其他节点构建关系的情况,该指标可衡量数字通信跨国专利合作网络中各地区的网络影响力和重要性,其值越大表示越多地区与该节点地区在数字通信领域开展了专利合作,该节点地区拥有较高的网络地位。本文通过相对中间中心度衡量一个国家在多大程度上位于网络中其他节点国家的“中间”,该指标值越大,越有机会获取不同渠道的各类信息和资源,从而控制其他国家间的合作。结构洞指数反映节点国家位于结构洞位置的可能性程度,结构洞指数越高,越有可能处在结构洞中,能获取的异质性资源就越多。

三、“一带一路”区域数字通信跨国专利合作地域分布特征及演化

由于历史文化、地理距离和国家政策等原因,我国与“一带一路”各区域的专利合作存在一定的不均衡性(张明倩和邓敏敏,2016)。为了研究我国与“一带一路”数字通信专利合作的地域分布特征,本文采用了反映区域差异的变异系数,表2显示在最近三个观察周期里呈现上升趋势,说明中国与“一带一路”各板块数字通信专利合作区域差异正在增大,地域不均衡性仍在上升。

同时,表2和表3反映了四个观察周期里我国与“一带一路”各板块数字通信专利合作的分布情况。如表2所示,2000—2004年“一带一路”范围内中国主要与中东欧展开数字通信专利合作,但合作数量十分稀少;2005—2009年、2010—2014年、2015—2019年中国均主要与东南亚板块进行数字通信专利合作,且合作越来越频繁;到2019年,中国与“一带一路”国家的数字通信专利合作已经覆盖到除中亚外的五大板块,合作专利数量也明显增长。到2019年,中国与东南亚板块的全部数字通信专利合作量占到中国与所有“一带一路”国家数字通信总合作专利量的76.8%,东南亚成为与中国开展数字通信专利合作最活跃的“一带一路”板块,其中,新加坡是中国在东南亚最主要的数字通信合作国家,也是中国在整个“一带一路”里最主要的合作国家。

表2 中国与“一带一路”各板块数字通信专利合作地域分布表

观察周期	蒙俄	中亚	东南亚	南亚	中东欧	西亚、中东	变异系数
2000—2004年	0	0	1	0	14	0	2.06
2005—2009年	1	0	20	9	0	3	1.31
2010—2014年	2	0	89	12	9	11	1.51
2015—2019年	1	0	148	3	5	8	1.96
总计	5	0	258	24	28	22	1.62

表 3 中国与“一带一路”国家数字通信专利合作量表

2000—2004年		2005—2009年		2010—2014年		2015—2019年	
合作国家	专利量(件)	合作国家	专利量(件)	合作国家	专利量(件)	合作国家	专利量(件)
波兰	14	新加坡	17	新加坡	85	新加坡	148
新加坡	1	印度	9	印度	12	以色列	6
		马来西亚	3	波兰	7	印度	3
		以色列	3	以色列	7	捷克	3
		俄罗斯	1	俄罗斯	2	俄罗斯	1
				印度尼西亚	2	土耳其	1
				乌克兰	1	白俄罗斯	1
				斯洛文尼亚	1	立陶宛	1
				沙特阿拉伯	1	黎巴嫩	1
				泰国	1		
				菲律宾	1		
				越南	1		
				阿联酋	1		
				马来西亚	1		

近年来,中国与中东欧板块的数字通信合作专利数量正在逐渐减少,主要与南亚、西亚和中东各国展开合作。印度是南亚与中国合作最多的国家,中国与印度毗邻,地理空间上的邻近为两国间的技术合作与知识交流创造了诸多便利条件(向希尧和裴云龙,2016),但中国与印度的合作频率正在逐渐下降。以色列是中国在西亚、中东板块最主要的数字通信专利合作伙伴国。中国与蒙俄数字通信通信专利合作程度较低,总计只有5件合作专利,而中国与中亚的数字通信专利合作还处在零的阶段,这与中亚地处亚欧大陆中心地带、经济基础薄弱、数字通信技术水平低有关。综合而言,中国跨国专利合作区域差异正在增大,地域不均衡性加大,与东南亚相比,其他板块和中国的数字通信专利合作程度均处于较低水平,这也说明中国与其他板块的数字通信合作关系仍有很大的发展空间。

四、“一带一路”区域数字通信跨国专利合作技术领域分布特征

2000—2019年与中国进行数字通信专利合作总频次排在前三位的“一带一路”国家为新加坡、印度、波兰,表4分析了中新、中印、中波数字通信专利合作的子领域情况。中国和新加坡数字通信专利合作涉及的数字通信子领域最为广泛,其中合作最多的子领域为本地资源管理(H04W 72/00)、为传输通道提供多用途的装置(H04L 5/00)、检测或防止收到信息中的差错的装置(H04L 1/00)。中印主要合作数字通信领域为H04L 1/00至H04L 27/00单个组中不包含的装置、设备、电路和系统(H04L 29/00)及数据交换网络(H04L 12/00),中波主要在数据交换网络(H04L 12/00)和本地资源管理(H04W 72/00)方面进行数字通信专利合作。

表 4 中国与新加坡、印度、波兰数字通信专利合作 IPC 表

中新合作		中印合作		中波合作			
IPC	专利数(件)	IPC	专利数(件)	IPC	专利数(件)		
H04W 72/00	91	H04W 88/00	12	H04L 29/00	11	H04L 12/00	8
H04L 5/00	31	H04W 68/00	11	H04L 12/00	8	H04W 72/00	6
H04L 1/00	28	H04W 36/00	10	H04W 12/00	3	H04L 9/00	4
H04L 29/00	21	H04W 56/00	9	H04W 8/00	2	H04L 7/00	2
H04W 16/00	19	H04L 9/00	8	H04W 88/00	2	H04W 4/00	2
H04W 48/00	18	H04L 25/00	8	H04L 1/00	1	H04W 52/00	2
H04W 74/00	18	H04W 84/00	6	H04L 9/00	1	H04W 74/00	2
H04L 27/00	17	H04W 8/00	5	H04L 27/00	1	H04L 25/00	1
H04W 4/00	17	H04W 12/00	5	H04W 4/00	1	H04L 27/00	1
H04W 28/00	17	H04W 92/00	4	H04W 40/00	1	H04W 56/00	1
H04W 24/00	15	H04W 40/00	3	H04W 48/00	1	H04W 84/00	1
H04W 52/00	13	H04W 60/00	2				
H04L 12/00	12	H04W 64/00	1				
H04W 76/00	12						

五、“一带一路”区域数字通信跨国专利合作网络特征及演化分析

(一)“一带一路”区域数字通信跨国专利合作网络可视化分析

“一带一路”数字通信专利合作网络中节点表示“一带一路”国家,连线表示专利合作关系。为了反映网

(二)“一带一路”区域数字通信跨国专利合作网络整体结构特征

通过非孤立节点数、连接数、网络密度、中间中心势指标来描述“一带一路”数字通信专利合作网络的整体结构特征,见表5。表5显示2000—2004年、2005—2009年、2010—2014年、2015—2019年“一带一路”数字通信专利合作网络中非孤立活动节点数逐渐增多,超过一半的“一带一路”国家在数字通信领域建立合作关系,合作网络规模扩大,说明2000—2019年“一带一路”范围内数字通信专利合作关系逐渐普遍建立,数字化大潮下,新基础设施建设已经成为各国家推进的重要工作。2000—2014年网络中的连接数从11上升至39,网络连接数增加,说明随着网络节点数的增加,网络联系更为稠密,反映2013年中国提出“一带一路”合作倡议后,各国间合作关系增多。

网络密度刻画网络中节点国家专利合作的紧密程度,2000—2004年合作网络的该指标达到0.873,2005—2009年网络密度稍有下降,而该时期的非孤立节点数上升,说明网络中新加入的节点稀释了网络密度,网络中知识和资源流通的效率略有下降。随后的两个观察周期里网络密度有所回升,达到0.755,四个观察周期里专利合作网络内部的网络联系紧密程度先下降再回升,说明虽然更多的国家加入到数字通信合作中,但国家间合作的频繁程度没有随网络非孤立节点数获得同等程度的增加,使得网络密度被相对稀释,但随着近年来国家间研发合作频繁程度逐步增加,网络密度稀释现象得到改善。这也反映合作联系仍有提升空间,“一带一路”区域的数字通信专利合作仍有相当大的潜力。

中间中心势衡量合作网络在多大程度上围绕一个或几个节点国家进行专利合作,2000—2004年该指标值达到40.890%,结合图1分析可知,该时期“一带一路”区域内的数字通信专利合作主要围绕新加坡展开。2005—2009年,中心势有较大幅度的下降,结合图1可知,这主要是因为该时期新加坡、中国、印度、马来西亚等国在数字通信专利合作方面均表现出较强的活跃性,相对前一时期,该时期的合作较为分散,合作中心势不显著。2010—2014年中间中心势大幅上升至56.880%,说明此时合作网络部分国家掌握着较多的研发知识和资源,并在网络知识和资源的流动起重要调控作用,而其他大多数国家集中通过个别影响力大的节点国家传递知识和资源,说明出现了部分国家对网络知识和资源的控制力较强,网络“集权”程度加大。结合图1可知,中国和新加坡成为“中心”国家,在网络中占据了重要的地位和影响力,其他国家倾向于与“中心”国家建立合作关系,这也说明相对于印度和马来西亚,中国和新加坡在数字通信技术的发展上具有较强的影响力,初步建立了专利合作网络中的中心势力。2015—2019年,“集权”有缓解,中间中心势下降至35.260%,说明近年来网络合作围绕个别国家展开的程度逐渐变弱,网络“集权”减弱。中间中心势的波动说明合作网络“集权”趋势的动荡,间接反映了该领域国家之间竞争的激烈,中国和新加坡在数字通信专利合作网络的中心地位的稳定性受到挑战。

表5 “一带一路”数字通信专利合作网络整体特征

指标	2000—2004年	2005—2009年	2010—2014年	2015—2019年
非孤立节点数	11	16	23	23
连接数	11	19	39	24
网络密度	0.873	0.617	0.735	0.755
中间中心势(%)	40.890	23.050	56.880	35.260

(三)“一带一路”区域跨国数字通信专利合作网络个体特征

1. 专利合作网络节点度数中心度

本文通过相对度数中心度衡量节点国家的在网络中的中心地位,见表6。表6描述了2000—2004年、2005—2009年、2010—2014年、2015—2019年4个观察周期里相对度数中心度在前5位的国家。2000—2014年,新加坡在“一带一路”数字通信专利合作网络中占据最高地位,在网络中有核心影响力,但这种影响力逐渐下降,中国与新加坡在网络中的中心地位差距逐渐缩小。说明这一阶段新加坡在“一带一路”数字通信专利合作中发挥主导作用,中国则在网络中占据次要地位。2015—2019年,中国反超新加坡,成为“一带一路”数字通信专利合作网络中地位最高的国家,在网络中占据核心位置。这源于“十三五”时期,中国通信行业在推进宽带基础设施升级、促进信息应用服务繁荣、扩大信息消费规模等方面加快了前进的步伐。整体来看,网络正处于弱化原核心、形成新核心的状态,以新加坡为核心的“一带一路”数字通信合作网络正在向以中国和新加坡为核心转变,中国的中心地位已经确立,但同时反映第一位次的国家中心度呈下降趋势,说明核心国家的“集权”程度都正在逐渐减弱,网络呈现出多中心、多元化趋势。

表6 “一带一路”数字通信跨国专利合作网络节点国家相对度数中心度(前5名国家)

2000—2004年		2005—2009年		2010—2014年		2015—2019年	
国家	中心度	国家	中心度	国家	中心度	国家	中心度
新加坡	0.214	新加坡	0.180	新加坡	0.068	中国	0.051
中国	0.107	中国	0.129	中国	0.066	新加坡	0.050
波兰	0.100	印度	0.075	印度	0.014	以色列	0.005
马来西亚	0.071	菲律宾	0.063	以色列	0.012	印度	0.002
印度	0.064	马来西亚	0.059	菲律宾	0.011	捷克	0.001

2. 专利合作网络节点中间中心度

本文通过相对中间中心度衡量一个国家在网络中作为“中介国”的程度,见表7,选择2000—2004年、2005—2009年、2010—2014年、2015—2019年4个观察周期里相对中间中心度排在前五的国家,其中,2000—2004年除新加坡和中国外,其余国家相对中间中心度均为0,所以表格中只列出了新加坡和中国的中心度。2000—2004年,只有新加坡和中国的相对中间中心度大于0,说明新加坡和中国控制了其他“一带一路”沿线国家进行的所有数字通信专利合作,“一带一路”数字通信专利合作所需资源被新加坡和中国垄断,其中新加坡是合作网络的“大中介”,中国是网络“小中介”。2005—2009年,中间中心度大于0的不再只有新加坡和中国,说明“一带一路”数字通信合作资源开始由垄断式的集中逐渐走向分散,新加坡虽然还是网络中的“大中介”,但不少国家创新能力已经直接与其他国家建立起合作关系,彼此间进行数字通信专利合作可以绕“中介”而行。2010—2019年,在“一带一路”倡议的推动下,中国相对中间中心度居第一,成为“一带一路”数字通信专利合作网络的“大中介”,新加坡退居第二,这一时期中国已控制了“一带一路”国家之间的数字通信合作,但其他国家之间不通过两个中介而建立起的合作关系仍在增加。

整体而言,2000—2019年,新加坡的相对中间中心度呈现持续下降状态,从原本垄断式的“大中介”变为次于中国的“小中介”,其所拥有的数字通信合作资源和对合作的控制能力分散至中国、印度、俄罗斯等国。中国则由次于新加坡的“小中介”成长为控制着网络主要数字通信专利合作的“大中介”,中国成为“一带一路”沿线国家之间互相联系的关键节点,能够较强地控制其他国家间数字通信知识、信息、资源等的传递路径。结合相对度数中心度分析可知,中国在网络中心地位和网络媒介程度这两个方面均实现了对新加坡的反超,在专利合作网络中逐渐发挥主导性作用,引导着“一带一路”区域的数字通信技术发展。可是,虽然中国在网络中心地位和网络媒介程度这两个方面仍保持主导性作用,但其控制水平下降,反映网络合作资源控制开始由集中逐渐走向分散,中国对数字通信合作资源和合作关系的影响能力在减弱,其他国家创新能力在上升,主导国家的技术溢出效应在增加。

表7 “一带一路”数字通信跨国专利合作网络节点国家相对中间中心度(前5名国家)

2000—2004年		2005—2009年		2010—2014年		2015—2019年	
国家	中心度	国家	中心度	国家	中心度	国家	中心度
新加坡	0.422	新加坡	0.314	中国	0.607	中国	0.372
中国	0.133	俄罗斯	0.286	新加坡	0.294	新加坡	0.234
		中国	0.210	沙特阿拉伯	0.173	印度	0.065
		印度	0.210	印度	0.157	俄罗斯	0.065
		阿联酋	0.210	匈牙利	0.095	土耳其	0.065

3. 专利合作网络结构洞

根据Burt(1995)的定义,“非冗余的联系人通过结构洞连接,一个结构洞就是两个行动者之间的非冗余联系”。结构洞指数由限制度计算而来(2-限制度),结构洞用于衡量节点国家是否位于网络的结构洞位置,本文以此判断该国家对其他节点国家的依赖或制约程度(郑栋等,2019),结构洞指数越高,越有可能位于结构洞位置,所具备的信息交换、资源控制优势越明显。见表8,2000—2004年、2005—2009年两个观察周期里新加坡的结构洞指数最高,在“一带一路”数字通信专利合作网络中拥有最强的控制资源和信息交换的能力。2010—2014年,匈牙利占据结构洞最优势位置。2015—2019年,土耳其又取代匈牙利成为结构洞指数最高的国家,说明近十年来,“一带一路”数字通信专利合作网络没有形成稳定的结构洞,占据结构洞的国家成员变动较大,尚未有国家可以持续控制“一带一路”数字通信专利合作中的信息和资源交换,避免了个别国家长期独占异质性信息这一问题,抑制垄断局面的形成。2000—2019年,新加坡的结构洞指数和结构洞指数排名均呈下降趋势,结构洞指数由排名第一的1.722下降至排名第五的1.132,说明新加坡正在逐渐偏离结构洞

位置,对“一带一路”数字通信专利合作网络中其他节点国家的控制程度正在逐渐减弱,逐渐丢失在信息和资源上的优势。2000—2004年、2005—2009年、2010—2014年,中国的结构洞指数稳定上升,但排名由第二位下降至第四位,说明虽然中国在网络中控制信息和资源交换的能力有所提升,但结构洞位置优势程度依然不及匈牙利、罗马尼亚、新加坡等国。2015—2019年,中国排名维持第四,但结构洞指数下降,说明近年来,中国的结构洞优势并不明显。上述结果反映出在“一带一路”数字通信专利合作网络中其他国家对中国依赖程度正在减弱。中国的合作伙伴过于分散,合作关系虽然在逐渐变“广”,但普遍较“浅”,呈现出“高广度-低深度”的特征,没有掌握的足够信息优势,获取非冗余信息的能力有所欠缺,说明中国的数字通信创新能力、技术领导力和政策影响力仍需要加强。

表 8 “一带一路”数字通信专利合作网络节点国家结构洞指数比较(前 5 名国家)

2000—2004年		2005—2009年		2010—2014年		2015—2019年	
国家	结构洞指数	国家	结构洞指数	国家	结构洞指数	国家	结构洞指数
新加坡	1.722	新加坡	1.573	匈牙利	1.667	土耳其	1.500
中国	1.124	沙特阿拉伯	1.500	罗马尼亚	1.444	俄罗斯	1.389
以色列	1.000	阿联酋	1.500	新加坡	1.406	白俄罗斯	1.160
斯里兰卡	1.000	中国	1.360	中国	1.373	中国	1.142
波兰	1.000	俄罗斯	1.087	沙特阿拉伯	1.347	新加坡	1.132

(四)“一带一路”区域数字通信跨国专利合作网络的小世界效应

小世界效应可以用平均路径长度和聚类系数来描述。平均路径长度是指网络中连接两点之间最短路径的平均长度(刘军,2014),平均路径长度越大,节点之间进行交流合作需要经历的中间节点就越多,信息交流越不通畅。见表 9,2000—2004年,“一带一路”数字通信专利合作网络的平均路径长度为 1.806,2005—2009年,平均路径长度上升明显,达到 2.793,说明这时“一带一路”数字通信专利合作网络中的节点国家平均要通过约 3 个中间节点国家才能实现合作,信息的流通传递较不便利。2010—2019年,该指标值稍有下降后又上升,说明在中国“一带一路”政策倡议下,虽然缓解了数字通信合作交流的困难,但近几年由于贸易保护主义的抬头,“一带一路”国家数字通信专利合作交流困难程度又呈现上升趋势。

聚类系数是用对网络中节点之间集聚成团程度的一种测度(杨勇和王露涵,2020),聚类系数越大说明节点集聚的程度就越高(孙中瑞和常宏建,2020),“小团体”现象越突出,从表 9 中可以发现,2000—2004年、2005—2009年聚类系数较小,均介于 2、3 之间,2010—2014年、2015—2019年聚类系数则较大,均超过了 10,其中 2010—2014年,聚类系数更是达到了 16.630,说明“一带一路”数字通信专利合作网络的集聚程度很高,“小团体”现象显著。

表 9 “一带一路”数字通信专利合作网络聚类系数和平均路径长度

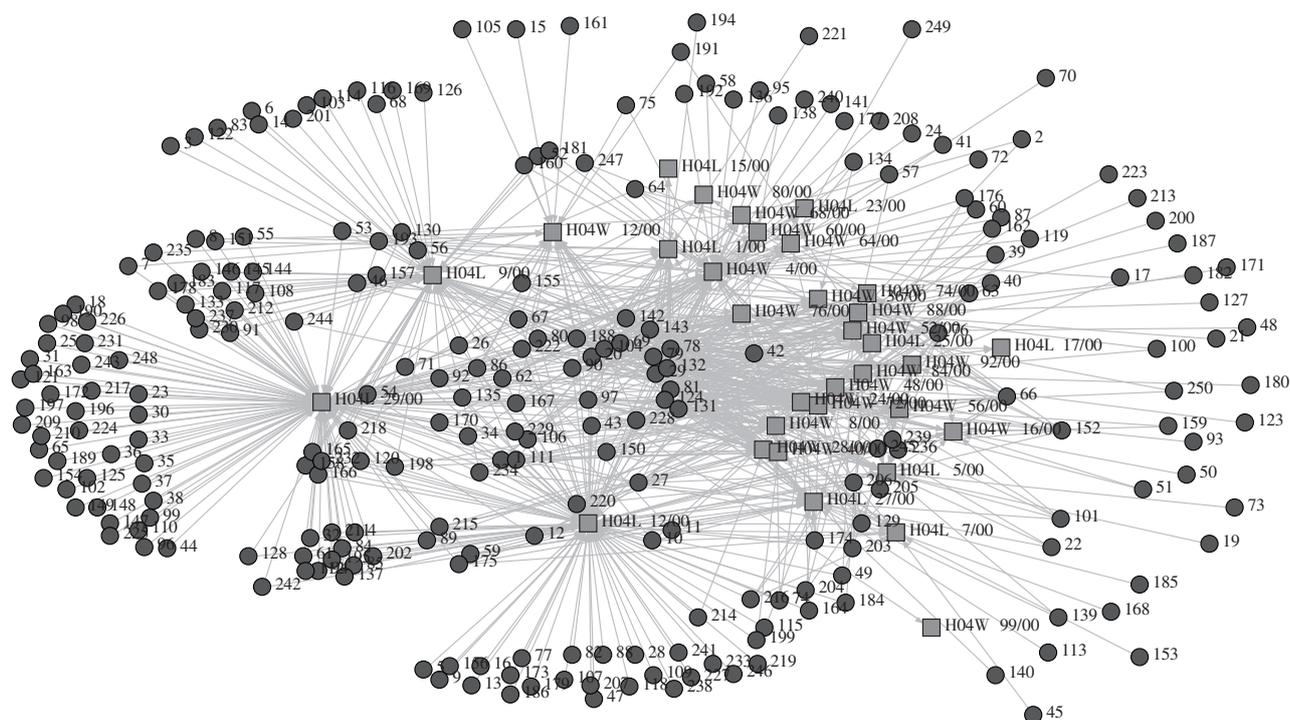
指标	2000—2004年	2005—2009年	2010—2014年	2015—2019年
聚类系数	2.867	2.108	16.630	10.084
平均路径长度	1.806	2.793	2.316	2.338

根据社会网络理论,小世界网络有较短的平均路径长度和较大的聚类系数(Jia 和 Yumei,2018)。如果一个网络平均路径长度小于 10 而聚类系数大于 0.1 时,该网络就具有小世界网络效应。四个观察周期里的平均路径长度和聚类系数均符合小世界效应的要求,说明“一带一路”数字通信专利合作网络具有小世界效应,网络中信息传递的质量和效率较好。近十年的“一带一路”数字通信专利合作网络并不是随机网络,国家之间的数字通信专利合作不是随机进行的,数字通信技术实力强的国家更容易和其他国家建立合作关系。较小的平均路径长度和较大的平均聚类系数表明网络中各国家的技术交流与互动频繁。但是随着网络中“小团体”的出现和平均路径长度的增加,各国家间的交流便捷程度和信息传递的有效性下降,小世界效应减弱。

(五)跨国专利合作的“专利权人-热门技术”二模网络分析

为了挖掘“一带一路”数字通信专利合作中的专利权人(不包括自然人,下文专利权人皆指代非自然人专利权人)和数字通信子领域对应情况,本文利用 UCINET6 软件绘制了“一带一路”数字通信专利合作专利权人和数字通信子领域的二模网络,连接着同一个子领域节点的专利权人间保持紧密联系可以促进数字通信技术的突破性创新(高太山和柳卸林,2016),如图 2 所示。经分析,2000—2019 年共有 250 个“一带一路”专

利权人节点在围绕数字通信33个子领域节点开展了专利合作,其中,在数据交换网络(H04L 12/00)、专门适用于无线通信网络的业务或设施(H04W 4/00)、保密或安全通信装置(H04L 9/00)这三个数字通信子领域进行的专利合作最为频繁(由于H04L 29/00代表H04L 1/00至H04L 27/00单个组中不包含的装置、设备、电路和系统,范围较宽泛,没有具体指向,分析热门子领域时不将其包括在内。),H04L 12/00子领域节点连接了104个专利权人,70个专利权人与H04W 4/00子领域节点联系,H04L 9/00子领域节点连接62个专利权人,说明数据交换网络、适用于无线通信网络的业务或设施、保密或安全通信装置是“一带一路”数字通信专利合作中的热门子领域,数字通信技术的这几个子领域发展较快,“一带一路”各国的专利权人对这几个子领域较为重视。由图2可知,联发科技股份有限公司、鸿海精密工业股份有限公司、鸿富锦精密工业(深圳)有限公司在上述热门技术子领域覆盖得较为广泛,具有较大竞争力。总体而言,中国在数字通信各子领域进行较广专利布局的企业并不多,中国企业整体对子领域的布局范围也有待扩大。



编号001,002,003,⋯,250代表“一带一路”数字通信专利合作中的专利权人(不包括自然人)

图2 “一带一路”数字通信专利合作专利权人和子领域二模网络

六、结论与建议

总体而言,在中国“一带一路”倡议下该区域跨国数字通信联系专利合作变得更加活跃。随着发达国家经济与科技贸易保护主义加深,世界格局将发生复杂变化,以下就中国在“一带一路”区域的数字通信专利合作未来发展提出建议:

第一,改善合作区域分布差异大和地域不均衡性,增强与数字通信技术潜在需求旺盛区域的合作对接。

中国与“一带一路”各板块数字通信专利合作区域分布差异增大,地域不均衡性正在上升。其中,东南亚板块是中国在整个“一带一路”区域里最主要的合作板块,其他板块和中国的数字通信专利合作程度仍较低,中国与其他区域的数字通信合作仍有很大的发展空间。中国不应局限于与东南亚的合作,应积极寻求新合作伙伴,开辟新空间,有效地缓解中国和印度、新加坡在东南亚市场的激烈竞争。在数字化进程中,南亚、西亚、中东地区发展中国家的科技和数字通信行业发展水平相对落后,近年来,这些国家政府积极布局,通信行业发展初见成效,虽然与中国及其他领先国家仍有较大差距,但网络接入能力有显著提升,互联网渗透率快速增长,催生了大量数字通信基础设施建设需求,发展潜力非常可观。中国有必要与南亚、西亚、中东地区加深在数字通信基础设施方面的专利合作,以改善合作地域分布不均衡这一情况。可以搭建政府间合作平台,

为与“一带一路”沿线及相关参与国的高校院所、企业、服务机构之间开展合作创造良好的渠道环境。

第二,提高合作网络的稳定性,支持技术弱势国家,缩小技术差距,防止这些国家边缘化。

“一带一路”区域数字通信专利合作网络具有小世界效应,但是由于网络中“小团体”出现及平均路径长度增加,小世界效应正在减弱,说明部分国家团体化趋势加强,而技术弱势国家也逐渐呈现边缘化趋势,这种状态不利于数字通信技术在合作网络中共享和知识流动,阻碍研发合作的开展。技术差距增加,技术弱势国家提升数字通信技术水平难度加大,从长期看影响整个区域专利合作网络稳定性。中国作为“一带一路”的倡导者,在网络中占据核心地位,应积极发挥自己的领导力和影响力,主动提供技术、资金等方面的支持,充分利用自身的桥梁价值,协调好各国间的竞争和合作关系,使各国充分发挥自身优势,实现合作互惠,密切关注技术弱势国家,为技术弱势国家建立更多合作提供机会和条件,避免出现各国间技术实力差距过大的局面,促进合作网络的稳定,实现“一带一路”高质量发展。

第三,强化中国在网络中的结构洞优势,借力金融市场和基础设施共建向“高广度-高深度”合作模式转变。

近十年来,“一带一路”区域数字通信跨国专利合作网络没有稳定的结构洞,目前并未出现哪个国家可以在合作中持续拥有信息交流和资源交换优势。中国的结构洞优势不明显,数字通信专利合作伙伴过于分散,合作关系虽然在变“广”,但普遍较“浅”,说明中国在跨国专利合作网络中没有掌握足够的信息和资源优势。今后要借助金融市场为“一带一路”技术和产品市场提供融资,以及支撑基础设施共建。依托我国产能和技术水平先发优势,积极推动弱势国参与“一带一路”的数字通信专利技术和市场合作,实现数字通信技术、基础设施和金融合作,发展战略伙伴关系,推动网络合作模式朝着“高广度-高深度”的方向发展,以增强结构洞优势。

第四,引导企业在数字通信子领域深度和广度合理布局,鼓励企业“走出去”开展多样化专利合作。

中国政府应引导企业在专利合作中合理布局。目前中国企业在“一带一路”跨国专利合作中过多专注于数据交换网络、适用于无线通信网络的业务或设施、保密或安全通信装置等技术领域,亟待实现技术合作多样化。政府可以引导企业增加在传感技术和通信环境等技术领域的布局,提高布局广度,为技术标准走向国门奠定基础。此外,目前在专利合作中能够实现子领域广泛覆盖的企业仍偏少。政府还应重视和巩固国内数字通信领域的技术基础,加快培育一批综合能力强的企业,并通过设立海外研发中心、共建特色科技园区等方式鼓励它们“走出去”。“一带一路”沿线国家聚集了大量华人、华侨,中国要重视与海外华人、华侨的互动和联系,努力拓展与新加坡、俄罗斯、以色列等“一带一路”技术强国的研发合作关系,通过获得技术溢出提高我国企业的技术研发实力。

参考文献

- [1] 陈欣, 2019. “一带一路”沿线国家科技合作网络比较研究[J]. 科研管理, 40(7): 22-32.
- [2] 高太山, 柳卸林, 2016. 企业国际研发联盟是否有助于突破性创新?[J]. 科研管理, 37(1): 48-57.
- [3] 高伊林, 闵超, 2019. 中美与“一带一路”沿线国家专利合作态势分析[J]. 图书情报知识, (4): 94-103.
- [4] 郭朝先, 徐枫, 2020. 新基建推进“一带一路”建设高质量发展研究[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 40(5): 1-10.
- [5] 江依妮, 朱春奎, 2020. 金砖国家在国际创新合作网络中的地位和角色研究——基于2011—2015年国际合作专利和论文数据的实证研究[J]. 技术经济, 39(2): 114-124.
- [6] 李冬梅, 蒋仁爱, 晏瑜, 2020. ICT领域专利发明人合作对中国专利质量的影响研究[J]. 情报杂志, 39(3): 63-70.
- [7] 李芝倩, 樊士德, 2021. 长三角城市群网络结构研究——基于社会网络分析方法[J]. 华东经济管理, 35(6): 31-41.
- [8] 梁梦洁, 张明倩, 2019. 专利合作技术领域比较优势存续期研究——基于中国与“一带一路”专利数据[J]. 华东经济管理, 33(10): 101-107.
- [9] 刘凤朝, 马荣康, 孙玉涛, 2012. 中国专利活动国际化的渠道与模式分析[J]. 研究与发展管理, 24(1): 86-92.
- [10] 刘刚, 李永树, 2015. 复杂网络空间模式下的网络演化过程及特性研究[J]. 计算机应用研究, 32(12): 3657-3659.
- [11] 刘军, 2014. 整体网分析: UCINET软件实用指南: Lectures on whole network approach: a practical guide to UCINET [M]. 上海: 格致出版社.
- [12] 马林岭, 2018. 基于社会网络分析的网络口碑传播研究——以旅游类微博为例[J]. 图书情报工作, 62(S1): 101-108.
- [13] 马远, 雷会妨, 2019. 丝绸之路经济带沿线国家能源贸易网络演化及互联互通效应模拟[J]. 统计与信息论坛, 34(9): 92-102.
- [14] 孙中瑞, 常宏建, 2020. 中国通信技术产学研专利合作网络结构及演化路径研究[J]. 科学与管理, 40(2): 20-27.

- [15] 王文平, 刘云, 蒋海军, 2014. 基于专利计量的金砖五国国际技术合作特征研究[J]. 技术经济, 33(1): 48-54.
- [16] 向希尧, 裴云龙, 2016. 地理接近性对跨国专利合作的影响——社会接近性的中介作用研究[J]. 科学学与科学技术管理, 37(4): 17-24.
- [17] 许佳琪, 梁滨, 刘承良, 等, 2019. 中美城际科技创新合作网络的空间演化[J]. 世界地理研究, 28(4): 12-23.
- [18] 鄢慧丽, 余军, 熊浩, 等, 2019. 少数民族村寨旅游扶贫利益相关者网络关系研究[J]. 软科学, 33(3): 80-85.
- [19] 杨勇, 王露涵, 2020. 我国发明专利合作网络特征与演化研究[J]. 科学学研究, 38(7): 1227-1235, 1316.
- [20] 叶阳平, 马文聪, 张光宇, 2016. 中国与“一带一路”沿线国家科技合作现状研究——基于专利和论文的比较分析[J]. 图书情报知识, (4): 60-68.
- [21] 张静, 杨冠灿, 刘会景, 2015. 全球专利统计数据库(PATSTAT)研究述评[J]. 数字图书馆论坛, (12): 62-68.
- [22] 张明倩, 邓敏敏, 2016. 中国与“一带一路”沿线国家跨国专利合作特征研究[J]. 情报杂志, 35(4): 37-42, 4.
- [23] 张明倩, 柯莉, 2018. “一带一路”跨国专利合作网络及影响因素研究[J]. 软科学, 32(6): 21-25, 29.
- [24] 郑栋, 朱春奎, 陈玉龙, 2019. 中国在国际创新合作网络中的地位 and 角色——基于2011—2015年国际专利合作的实证研究[J]. 科技管理研究, 39(2): 194-202.
- [25] 郑佳, 2012. 基于专利分析的中国国际科技合作研究[J]. 中国科技论坛, (10): 144-149.
- [26] BURT R S, 1995. Structural holes: The social structure of competition[M]. Cambridge: Harvard University Press.
- [27] DRIVAS K, KAPLANIS I, 2020. The role of international collaborations in securing the patent grant [J]. Journal of Informetrics, 14(4): 101093.
- [28] HE J, XUE Y M, 2018. Scale-free and small-world properties of hollow cube networks[J]. Chaos Solitons & Fractals, 113: 11-15.
- [29] LEE C, KOGLER D F, LEE D, 2019. Capturing information on technology convergence, international collaboration, and knowledge flow from patent documents: A case of information and communication technology [J]. Information Processing & Management, 56(4): 1576-1591.

Research on the Characteristics of Transnational Patent Cooperation and Network Evolution in the Field of Digital Communication under the Background of “Belt and Road”

Xie Gang, Tai Jiwen, Li Wenjian

(School of Administration, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, Jiangsu, China)

Abstract: The transnational patent cooperation network in the field of digital communication under the background of the “Belt and Road” is taken as the research object, and social network analysis was used to study the status of patent cooperation of China and the areas along the “Belt and Road” in the field of digital communications from 2000 to 2019, and the evolutionary characteristics of patent cooperation networks in the field of digital communications in terms of the network status, structural holes, small world effects, the connection of the two-mode network of “patent holder-hot technology”, etc were analyzed. The results show that the uneven geographical distribution of patent cooperation between China and the “Belt and Road” sectors has increased. The centralization degree of network is declining, and the centralization status of Singapore, the former core country, is declining, while that of China, India and Russia is gradually rising. Patent cooperation network has small world effect, but in recent years, the small world effect is weakening, affecting the stability of the network. The decrease of centrality and structure hole index of China and Singapore in the network indicates that the influence of China and Singapore on network cooperation resources and cooperative relationships is weakening. There are fewer strong enterprises in China that can carry out extensive patent cooperation in hot technology fields, and the width and depth of patent cooperation in hot technology fields need to be strengthened. A theoretical basis for China’s future strategy of digital communications transnational patent cooperation with regions along the “Belt and Road” is provided by the results.

Keywords: Belt and Road; digital communication; patent cooperation; social network analysis