

DOI:10.3969/j.issn.1671-0673.2023.06.001

网络空间安全领域国际科研合作特征及 演化趋势分析

张立, 李丹浓, 尤江东, 李晋, 李磊

(信息工程大学, 河南 郑州 450001)

摘要:以2015—2020年间网络空间安全领域国际合作论文为研究对象,运用文献计量和社会网络分析等方法,对合作发文态势、国家主题关联及演化、地理分布特征、合作网络指标及演化进行分析。结果显示,6年间国际合作学术产出稳步增长,增长率明显高于总体产出的增长率,国际合作研究的广度和深度不断加大;中国国际合作论文产出位居第一,合作研究中的主导能力较强,但合作水平偏低,未来发展潜力较大;研究主题关联上,中美等国关联性较强;合作网络中心性指标上,美英法中四国表现突出且较为稳定,美国的多项中心性指标均排名第一,资源交易和控制等能力较强。

关键词:网络空间安全;国际科研合作;文献计量;社会网络分析

中图分类号:G353;TP393 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-0673(2023)06-0741-08

The Characteristics and Evolution Trend of International Scientific Research Collaboration in Cyberspace Security

ZHANG Li, LI Dannong, YOU Jiangdong, LI Jin, LI Lei

(Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The research takes international cooperation papers in Cyberspace Security from 2015 to 2020 as the object, and uses bibliometrics methods and social network analysis to analyze the trend of cooperation papers, national theme relevance and evolution, geographical distribution characteristics, cooperative network indicators and evolution. The results indicate that the academic output of international cooperation increased steadily in the past six years, the growth rate was significantly higher than that of the overall output, and the breadth and depth of international cooperation research continued to increase; China ranks first in the output of international cooperation papers, has strong leading ability in cooperative research, but its cooperation level is low, and its future development potential is huge; In terms of the relevance of research topics, China and the United States have strong relevance; In terms of the central indicators of the cooperation network, the United States, United Kingdom, France and China perform prominently and relatively stably; The United States ranks first in many central indicators and has strong ability in resource trading and control.

Key words: cyberspace security; research cooperation; bibliometrics; social network analysis

网络空间是构建在信息通信技术基础设施之上的人造空间,用以支撑人们在该空间开展各类与信息通信技术相关的活动,网络空间已经成为继

陆、海、空、天之后的第五大活动空间,网络空间安全是国家安全的重要组成部分^[1]。2015年,习近平主席出席第二届世界互联网大会开幕式并发表

收稿日期:2023-02-14;修回日期:2023-02-20

基金项目:信息工程大学教育教学课题研究资助项目(YJKT2022C070)。

作者简介:张立(1983-),男,馆员,学士,主要研究方向为文献计量与数据可视化。

主旨演讲时强调:网络空间是人类共同的活动空间,网络空间前途命运应由世界共同掌握,各国应该加强沟通、扩大共识、深化合作,共同构建网络空间命运共同体。同年,国务院学位委员会在“工学”门类下增设“网络空间安全”一级学科,近年来,网络空间安全的学科建设在需求驱动和政策引领下蓬勃发展。随着21世纪人类科技的发展,全球化、信息化时代的到来,科研合作已成为产生知识、促进科学进步、加强世界文化交流的重要方式^[2],诸多学者基于不同数据源对某学科领域内的科研合作关系进行了研究。文献[3]以CNKI数据库图书情报领域2006—2010年的机构间合作论文为研究对象,运用社会网络分析方法分析机构间合作的整体现状和特征;文献[2]利用社会网络分析理论,对工程学前沿上的整体国际合作现状、我国科研成果影响力和科研合作现状进行了分析;文献[4]利用Web of Science核心合集数据库和InCites分析工具,对2008—2017年间食品科学领域的国际合作进行追踪分析;文献[5]基于Web of Science数据库,实证研究了中国与“一带一路”沿线国家科研合作现状及其影响因素;文献[6]以NSFC 2001—2018年间资助的“重大国际(地区)合作研究项目”产出论文为研究对象,通过文献计量学、社会网络分析等方法对NSFC国际合作研究项目的国际科研合作特征进行了分析;文献[7]对我国一流大学在图书情报学领域展开的国际科研合作进行了分析和比较,相关研究均取得了不错的分析效果。在网络空间安全学科领域,文献[8]解释了网络空间安全科学的内涵,阐述了网络空间安全科学需要解决的关键性困难问题,并对网络空间安全科学的发展趋势进行了展望;文献[9]以Web of Science平台的3个数据库为数据源,详细分析了网络空间安全领域下的跨学科情况;文献[10]运用主题元分析方法,以中国知网为数据源,对国内社科领域的网络空间安全研究进行了梳理综述;文献[11]利用CiteSpace软件,定量分析中国知网数据库收录的我国网络空间安全相关研究,分析其热点与发展趋势。而有关网络空间安全学科领域的国际合作研究,相关文献鲜有分析揭示。为研究该领域内国际合作现状及趋势特征,本研究以Web of Science(以下简称WOS)核心合集数据库和InCites数据库为数据源,对网络空间安全领域研究的国际合作关系及演化特征进行重点剖析,并

对国际合作研究中各国关注的主题内容进行研讨,以期为该领域的学者以及相关管理、资助机构的决策提供参考借鉴。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

基于WOS权威数据构建的InCites数据库,是由原汤森路透开发的一项包含全球各个国家、机构和学科的论文统计结果的科研评估工具^[12],其中提供多种常用的文献计量指标,InCites平台以庞大的数据资源和多元化的指标在辅助科研管理、比较科研水平、追踪科学发展趋势发挥了积极作用^[13]。本研究在该平台的“研究方向”中,选择中国国务院学位委员会的学科分类体系下的“0839 Cyber-space Security”,文献类型选择Article和Review,时间跨度为2015—2020年,检索到网络空间安全学科领域全球发文共计8 529篇;为考察国际合作研究情况,限定“国内/国际合作论文”为“国际”检索到国家(地区)合作论文2 667篇,检索日期为2022年3月2日。然后通过入藏号字段的关联信息,在WOS平台检索下载该领域国际(地区)合作发文的题录信息,因InCites平台内部分数据的文献类型虽标记为Article和Review,但实则是图书的章节,因而在WOS核心合集的检索中,这部分数据无法检出^[4],最终获得2 619篇国际(地区)合作研究论文的题录数据。

1.2 数据处理

在InCites数据库中,英国(United Kingdom)的数据已含英格兰、苏格兰、北爱尔兰、威尔士的数据^[2,4]。为提高分析准确性,从WOS平台上下下载到国际(地区)合作发文的题录信息后,首先,将英格兰、苏格兰、北爱尔兰、威尔士合并归入英国(United Kingdom),将中国港澳台地区的数据合并归入中国(China),其内部的合作研究不视为国际(地区)合作发文,数据清理后得到实际国际合作论文为2 587篇;其次,利用Bibexcel^[14]等工具分别对C1(作者地址)和PR(通讯作者地址)字段进行处理,析出字段中的国家(地区)信息,若字段中相同国家(地区)出现多次,以第一次出现的次序为准,合并去重后标记为单独的国家(地区)字段;最后,运用ITGInsight^[15]工具进行国家间的关联分析和演化分析,并借助Vosviewer^[16]工具对新添加的国家(地区)字段进行共现关系的统计分析,将

结果导出保存为 GML 图文件,将 GML 图文件导入 Gephi^[17] 工具中利用相应插件进行网络指标的计算。同时,对于同一篇文章可能出现的多个相同国家(地区)作者和另外一个国家(地区)作者之间的合作,只算作两个国家(地区)之间的 1 次合作。

1.3 研究方法

本研究在 InCites 指标分析的基础上,重点采用文献计量和社会网络分析法对合作关系进行分析。文献计量学是以文献体系和文献计量特征为研究对象,采用数学、统计学等计量方法,研究文献情报的分布结构、数量关系、变化规律和定量管理,并进而探讨科学技术的结构、特征和规律的一门分支科学^[18];社会网络分析(Social Network Analysis, SNA)通过对不同事物之间的联系展开研究,借助节点与节点间的连线、距离、节点大小对不同事物的关系与状态加以反映并可视化呈现^[19],该方法在数据分析与网络关系分析中有着广泛的应用。

表 1 2015—2020 年网络空间安全领域国际(地区)合作研究发文指标

出版年	WOS 论文数	WOS 论文篇均被引频次	合作论文数	合作论文占比/%	合作论文篇均被引频次	合作论文作者总数	合作论文机构总数	合作论文国家(地区)总数	合作论文篇均作者数	合作论文篇均机构数	合作论文篇均国家(地区)数
2015	1 191	15.96	329	27.62	20.44	1 518	526	65	3.78	2.95	2.20
2016	1 326	13.82	452	34.09	20.59	2 063	660	70	4.06	3.19	2.27
2017	1 235	11.63	398	32.23	14.83	2 146	636	78	4.16	3.39	2.31
2018	1 490	11.24	441	29.60	14.57	2 203	661	72	4.09	3.27	2.26
2019	1 558	6.11	489	31.39	7.43	2 370	712	78	3.98	3.22	2.24
2020	1 729	3.57	558	32.27	5.27	2 790	803	81	4.31	3.53	2.35
2015—2020	8 529	9.86	2 667	31.27	13.10	10 781	1 615	104	4.08	3.28	2.28

由表 1 分析可知:一是 WOS 论文总发文量及国际合作论文量均呈稳步增长趋势,国际合作论文占比在 30% 上下浮动,6 年来,WOS 论文增长 45.17%,国际合作论文增长 69.60%,国际合作论文增速超过 WOS 论文总发文量增速;二是参与到国际合作的作者、机构和国家(地区)总数量不断增多,整体上,国际合作论文的篇均作者数、机构数和国家(地区)数平均为 4.08、3.28 和 2.28 个,虽然该指标在各年度内有起伏,但整体呈上升态势,表明国际合作研究的广度和深度均不断增加;三是从篇均被引频次上看,6 年间的 WOS 论文篇均被引 9.86 次,而国际合作论文篇均被引 13.10 次,高出前者 32.86%。可见,国际合作论文的影响力优于整体水平,国际间开展协作研究对于提高论文质量和学术影响力有着积极的推动作用。

同时,为了解合作研究中的国家(地区)合作深度,对 2015—2020 年间经过数据清理后的 2 587 篇

2 网络空间安全领域国际科研合作态势指标分析

2.1 整体态势指标分析

该领域的国际(地区)科研合作发展态势可以由各时间段的发文指标进行揭示。在 InCites 平台中,2015—2020 年间,全球网络空间安全学科领域总发文 8 529 篇,其中国际合作论文 2 667 篇,占全球发文总量的 31.27%,各年度具体指标如表 1 所示。其中,WOS 论文数、WOS 论文篇均被引频次、国际合作论文数、国际合作论文占比、国际合作论文篇均被引频次、国际合作论文作者总数、国际合作论文机构总数、国际合作论文国家(地区)总数等 8 个指标数据从 InCite 数据库采集获取,国际合作论文篇均作者数、国际合作论文篇均机构数、国际合作论文篇均国家(地区)数 3 个指标依据下载到各时间段的题录信息统计获取。

文献作进一步分析,统计每篇合作文献包含的国家(地区)数量及其占比情况,结果如表 2 所示。可以发现,2 个国家(地区)之间的合作最为广泛,占比 77.97%,2~3 个国家(地区)之间的合作总占比 95.83%,4 个及以上的国家(地区)合作占比很少。

表 2 合作研究发文的国家(地区)数量分布表

合作国家(地区)数量	文献量	文献占比/%
2	2 017	77.97
3	462	17.86
4	81	3.13
5	21	0.81
6	5	0.19
7	1	0.04
总计	2587	100.00

2.2 高产国家(地区)合作态势指标分析

为了解网络空间安全学科领域高产国家(地区)的国际合作表现,选取全球在该领域发文量最高的 TOP10 国家(地区)进行对比分析,具体如表 3 所示,序号以 WOS 论文数倒序排列。

表3 2015—2020年网络空间安全领域发文量TOP10的国际(地区)合作研究情况

序号	国家/地区	WOS 论文数	WOS 论文篇均被引频次	国际合作论文数	国际合作论文篇均被引频次	国际合作论文占比/%	通讯作者论文数	通讯作者论文占比/%
1	中国大陆	2 653	11.51	1 001	17.59	37.73	2 393	90.20
2	美国	1 838	13.22	974	16.07	52.99	1 225	66.65
3	英国	690	11.71	399	14.10	57.83	453	65.65
4	印度	607	10.00	185	12.79	30.48	524	86.33
5	澳大利亚	460	16.87	311	18.77	67.61	264	57.39
6	德国	390	8.21	214	9.63	54.87	263	67.44
7	法国	361	9.76	259	9.29	71.75	193	53.46
8	意大利	347	11.24	186	9.77	53.60	253	72.91
9	韩国	343	9.63	122	16.02	35.57	293	85.42
10	加拿大	314	13.22	201	15.43	64.01	188	59.87
	全球基准值	8 529	9.86	2 667	13.10	31.27	-	-

由表3可知:首先,中国大陆WOS论文数为2 653篇,国际(地区)合作论文量为1 101篇,两项数据均占据第一,说明中国大陆在网络空间安全领域研究取得较多的成果,且中美两国与其他国家相比优势明显;其次,中国大陆WOS论文的篇均被引频次为11.51次,在TOP10群体中位列第五,论文学术影响力表现居中,但国际合作论文篇均被引17.59次,位列第二,表现优异,说明中国大陆借助国际合作交流,论文的学术影响力得到了显著提高;再次,中国大陆的国际合作论文占比较少,仅为37.73%,略高于韩国、印度和全球平均水平,表明在国际合作研究上仍有较大上升空间,而在TOP10国家(地区)中,法国、澳大利亚、加拿大、英国、德国、意大利、美国的国际合作占比均较高,且都在一半以上,表明这些国家的国际合作研究是主流的研究模式;最后,在通讯作者论文占比上,因通讯作者承担着对外交流的责任,往往代表着对科研活动的主导能力,中国大陆、印度和韩国该指标数值较高,可见,在国际合作和分工中的主导能力相对较强。同时,国际合作率与通讯作者率在一定程度上呈现出此消彼长的现象。

3 网络空间安全领域国际科研合作国家关联与演化分析

3.1 合作国家关联分析

国家关联分析可以了解统计时间段内各个国家的研究主题分布情况,有利于观察他们之间研究主题的相关性和研究主题的不同侧重。为了探究其相关性,选取合作研究中发文量排在前30位的国家,借助ITGInsight软件中关联分析功能开展分析,具体过程为:构建研究主体与关键词同现矩阵,采用Tfidf特征表示方法,对每个研究主体的文本

特征进行表示,以夹角余弦作为研究主体之间关联度;同时,为了突出网络图中显著的学术关系,应用Pathfinder算法对网络图进行压缩,识别关键信息,去掉关系不显著的连接线,建立网络图中所有节点间最有效的连接路径^[20]。制作国家基于关键词的关联关系图如图1所示,图中每一个圆形节点代表一个国家,节点大小与该国家发表相关论文的数量成正比,节点后标注的数字表示该国家在统计时间段内网络空间安全领域的合作研究产出数量,节点之间的连线反映了这些国家之间研究主题具有关联性,连线越粗代表关联性越强,同时,每个节点备注出其研究频次排在前3位的论文关键词及其数量,代表着其主要的研究主题。由图1可知,中美两国的研究主题关联性最强,同时,中国与新加坡、澳大利亚、加拿大的关联性也较为突出,主要集中在安全、隐私、云计算等方向,此外,比利时与荷兰的研究主题较为接近,主要集中在隐私与数据保护等方向。

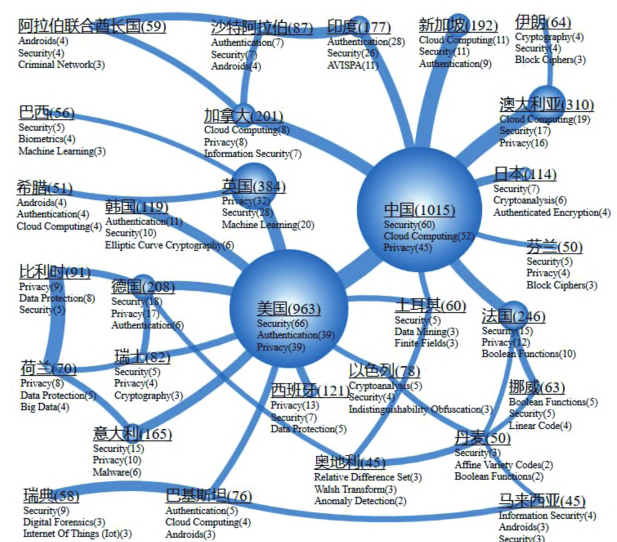


图1 合作研究发文量TOP30国家关联关系图

3.2 合作国家演化分析

合作国家的演化分析能够反映出各科研主体的文献时序产出数量及其合作关系变迁,对于考察一个国家的科研实力和科研合作具有重要意义。运用 ITGInsight 软件选择年度合作发文量 TOP10 国家绘制合作国家演化图,边阈值设置为 5,如图 2 所示。图中每个圆形节点代表一个国家,相同的国家的颜色一致,节点大小与国家年度合作发文量成正比,节点标注中的数字表示该国家在当年发表论

文的数量,两个节点之间的连线反映了连线起始年度内两个国家合作的频次,相邻年度中同一国家间的节点连线代表连线起始年度该国家的发文量,连线越粗代表合作频次越高。从图中可以发现,统计时间段内,中美两国产出情况几乎呈现交替领先趋势,且互为最密切的合作对象,澳大利亚、新加坡、法国、加拿大和德国在该领域合作表现活跃,一直维持在 TOP10 之内,2020 年起中国在该领域产出优势逐步拉开,整体上,印度提升较为显著。

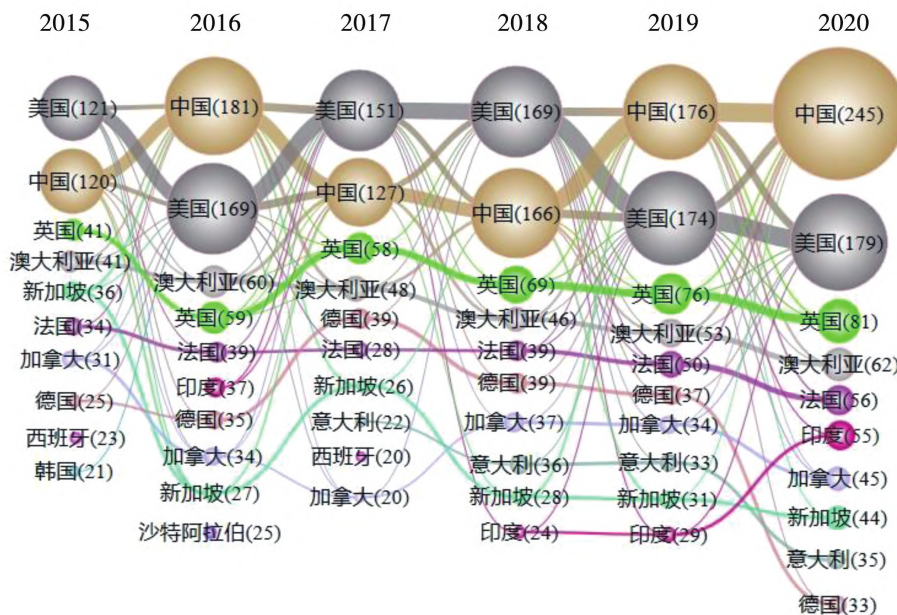


图 2 年度合作研究发文量 TOP10 国家合作关系演化图

4 网络空间安全领域国际科研合作整体网络指标及地理分布特征分析

基于 Vosviewer 生成的国家合作关系图文件,利用 Gephi 的统计功能对整体网络指标进行计算,如表 4 所示。2015—2020 年间参与国际合作研究

的国家共计 97 个,网络关系 767 个,网络中共包含 2 个连接部件,95 个网络节点出现在紧密连接的网络中,另有 2 个节点(塞内加尔和科特迪瓦)游离在主合作网络之外。图密度仅为 0.165,表示该领域的国际合作仍有较大提升空间。平均度为 15.814,表示每个国家平均拥有 15 以上合作对象。

表 4 2015—2020 年网络空间安全领域国家合作网络特征表

网络指标	网络规模	网络关系	平均度	网络直径	图密度	连接部件	平均路径长度	平均聚类系数
2015—2020	97	767	15.814	5	0.165	2	2.107	0.706

为直观了解该领域合作的地理分布特征,利用 Scimago Graphica 工具将合作关系叠加在世界地图轮廓上进行可视化展示,如图 3 所示。其中,节点大小代表发文量,节点颜色的深浅代表篇均被引频次,连线代表国家(地区)间的合作关系,连线越粗,代表合作发文量越多。结合图谱和统计数据,

可以发现,在发文量上,中美两国学术产出最多,但在论文的影响力(篇均被引频次)表现上,新西兰、新加坡、澳大利亚等表现较为突出,在国际合作关系上,交流密切的分别有中国和美国(406 篇),中国和澳大利亚(169 篇)以及中国和新加坡(122 篇)等。

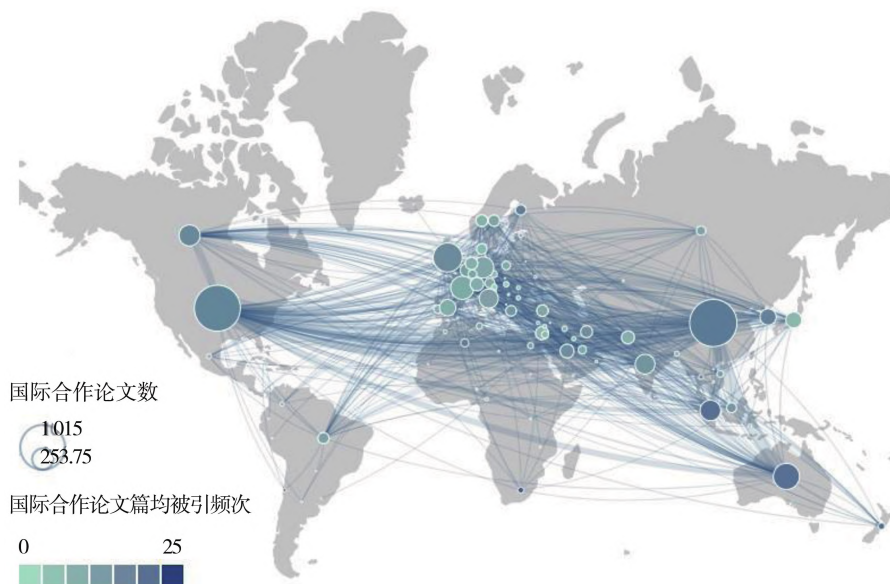


图3 国际合作地理分布图

5 网络空间安全领域国际科研合作网络演化分析

为进一步揭示各国家在合作网络中的动态演化趋势,将 2015—2020 年分为两个等长数据段:2015—2017 年和 2018—2020 年,每 3 年划分为一个时间切片进行观测。在合作网络中,因部分国家发文量整体较少,且与整体的合作网络不相关联,因此,在演化趋势分析中,仅将统计区间合作发文量不少于 5 篇的国家作为重点研究群体进行分析。经统计,2015—2020 年,在参与合作研究的 97 个国家中,发文量不低于 5 篇的共有 61 个,其中:2015—2017 年间,网络空间安全领域共有 80 个国家参与合作研究,发文量不低于 5 篇的共有 50 个;2018—2020 年间,共有 86 个国家参与合作研究,发文量不低于 5 篇的共有 54 个。利用 Vosviewer 工具分别对 3 个时间段的数据集进行合作关系的运算,将生成的图文件导入 Gephi 中对各节点指标进行统计,计算每个节点的点度中心度、中介中心度、接近中心度等指标和特征向量中心度 4 个指标,以考察主要国家在合作网络中的演化趋势。

5.1 国际合作研究主体的点度中心度演化分析

社会网络分析中,点度中心度(Degree)指的是节点在与之相连顶点中的中心程度,与该点直接相连的点的个数即为该点的点度中心度,如果某点在一个网络中具有较高的点度中心度,则称该点居于网络的中心,拥有权力^[21]。选取在总时间窗内绝对点度中心度排序前 10 位国家,如表 5 所示,表中

显示了这些国家在总窗口期和两个时间切片内的指标变化情况。美国的点度中心度排列第一,中国排名第四,在前后两个时期中,除德国外,大部分国家的点度中心度均有上升,中国的排序均为第三,说明虽然中国国际合作产出数量超越美国排名第一,但美国依托强大的科研优势,在国际合作网络中拥有的合作伙伴依然最多,合作能力较强。作为发展中国家的印度在前后两个时间段内,点度中心度由 21 上升至 34,指标表现提升明显。

表5 点度中心度 TOP10 国家指标演化一览表

序号	国家	点度中心度 2015—2020	点度中心度 2015—2017	点度中心度 2018—2020
1	美国	54	44	46
2	英国	53	42	45
3	法国	50	35	39
4	中国	45	36	42
5	澳大利亚	42	34	36
6	意大利	41	28	36
7	西班牙	41	28	29
8	加拿大	40	27	32
9	德国	40	35	30
10	印度	40	21	34

5.2 国际合作研究主体的中介中心度演化分析

中介中心度(Betweenness)测量的是行动者对资源控制的程度,即某一节点在多大程度上控制着其他节点间的交流,如果一个点处于许多其他点对的捷径(最短路径)上,则该点具有较高的中介中

心度^[21]。选取在总时间窗内中介中心度排序前10位国家,如表6所示。由表6可知,美英法中四国该指标表现依旧突出,与5.1节中排序一致。其中,前后两个时期内,美英中三国指标表现均有所下降,表明随着国际合作关系的不断发展,3个国家在合作网络中的资源控制能力均有不同程度减弱。同时,印度和加拿大在前后两个时间段内,中介中心度分别由0.015和0.027上升至0.041和0.044,指标表现提升明显。

表6 中介中心度 TOP10 国家指标演化一览表

序号	国家	中介中心度 2015—2020	中介中心度 2015—2017	中介中心度 2018—2020
1	美国	0.103	0.115	0.109
2	英国	0.076	0.103	0.078
3	法国	0.067	0.052	0.056
4	中国	0.035	0.065	0.054
5	印度	0.031	0.015	0.041
6	西班牙	0.031	0.025	0.021
7	德国	0.029	0.044	0.024
8	加拿大	0.028	0.027	0.044
9	意大利	0.027	0.027	0.029
10	澳大利亚	0.023	0.038	0.033

5.3 国际(地区)合作研究主体的接近中心度演化分析

接近中心度(Clossness)是以距离为指标来计算一个节点的中心程度,如果一个点与网络中所有其他点的“距离”都很短,则称该点具有较高的接近中心度^[21],该指标反映在网络中某节点与其他节点之间的接近程度,亦即信息传递中不受他人控制的程度。将一个节点到所有其他节点的最短路径距离之和的倒数表示接近中心度,即对于一个节点,它距离其他节点越近,那么它的接近中心度越大,在网络中越不易受人控制。选取在总时间窗内接近中心度排序前10位国家,如表7所示。由表7可知,前四位依然是美英法中四国,与5.1节中排序依然一致。其中,前后两个时期内,美英两国该指标表现有所下降,中法两国有所提升,中国在总时间窗内排序第四,前后两个时间段的排序均为第三,随后的意大利、印度和加拿大指标表现均有所提升,表明这些国家在合作网络中日趋中心,不受他人控制的程度逐渐增强。

表7 接近中心度 TOP10 国家指标演化一览表

序号	国家	接近中心度 2015—2020	接近中心度 2015—2017	接近中心度 2018—2020
1	美国	0.909	0.907	0.883
2	英国	0.896	0.875	0.869
3	法国	0.857	0.778	0.791
4	中国	0.800	0.790	0.828
5	澳大利亚	0.769	0.766	0.757
6	西班牙	0.759	0.700	0.688
7	意大利	0.759	0.700	0.757
8	印度	0.750	0.636	0.736
9	德国	0.750	0.778	0.697
10	加拿大	0.750	0.690	0.716

6 结束语

本文依托 Web of Science 核心合集和 InCites 数据库,在 InCites 指标分析的基础上,运用文献计量和社会网络分析等方法,对2015—2020年间网络空间安全领域的国际合作论文进行分析。得出以下结论:

1)从发文趋势上,网络空间安全领域国际合作学术产出稳步增长,其增长率明显高于总体产出的增长率,国际合作研究的广度和深度日趋加大,国际合作论文的影响力优于整体水平,国际间开展协作研究对于提高论文质量和学术影响力有着积极的推动作用,同时,两个国家(地区)之间的合作最为广泛。

2)从主要国家(地区)表现上,中国大陆在网络空间安全领域的 WOS 发文量和国家合作发文量均排名第一,研究产出丰硕,且在国际合作和分工中的主导能力相对较强,国际合作论文的学术影响力远超 WOS 论文总体影响力,但整体国际合作论文占比偏低,国际化研究水平仍有较大提升空间。

3)在主要国家国际合作研究主题分布和演化上,中国与美国、新加坡、澳大利亚、加拿大的研究主题关联性较强,主要集中在安全、隐私、云计算方向,中美两国互为最密切的合作对象,澳大利亚、新加坡、法国等在该领域合作表现持续活跃。

4)在合作网络结构中,美、英、法、中、澳等国居于网络中心内核区域,具有较强的合作能力,从各项网络中心性指标及其的演化趋势上看,美、英、法、中四国表现突出,美国一直处于中心地位,合作研究的资源交易和控制能力较强,同时,印度、加拿大等国网络中心性指标提升明显。

本文对网络空间安全领域国际合作情况的特征及演化进行分析,但也存在如下不足:数据来源仅关注了学术论文层面,没有将专利、专著等其他类型的研究成果纳入考虑。下一步,可以结合多类型数据,进一步开展深入研究。不过本文得到的结论仍可在某种程度上反映网络空间安全领域国际科研合作态势,为领域内的科研人员以及管理决策部门提供参考借鉴。

参考文献:

- [1] 贾焰,方滨兴,李爱平,等.基于人工智能的网络空间安全防御战略研究[J].中国工程科学,2021,23(3):98-105.
- [2] 熊师,杨祖国,李立.中国在工程学研究前沿的国际合作状况分析[J].高等工程教育研究,2018(6):174-181.
- [3] 邱均平,党永杰.我国图书情报领域机构合作网络分析:以“图书情报与数字图书馆”论文为例[J].情报科学,2013,31(1):56-60.
- [4] 郑江平,傅天珍,叶兴乾,等.食品科学领域国际合作论文的文献计量分析[J].中国食品学报,2019,19(7):311-318.
- [5] 张萃,欧阳冬平.“一带一路”战略下中国国际科研合作影响因素研究:基于 Web of Science 数据库中中外合作科研论文的实证分析[J].国际贸易问题,2017(4):74-82.
- [6] 陈秀娟,张志强.NSFC 国际合作研究项目合作特征分析[J].图书与情报,2020(6):46-58,64.
- [7] 杨辰,王楚涵,方锦源,等.我国图书情报学国际科研合作研究:以中国一流大学建设高校为例[J].现代情报,2021,41(11):140-149.
- [8] 陈华山,皮兰,刘峰,等.网络空间安全科学基础的研究前沿及发展趋势[J].信息安全,2015(3):1-5.
- [9] 杨良斌,周新丽,丁利芳,等.跨学科视角下网络空间安全领域发展状态分析[J].情报学报,2017,36(5):461-472.
- [10] 刘崇瑞,孙宝云.国内社科领域的网络空间安全研究综述:主题元分析的视角[J].情报杂志,2018,37(7):107-112.
- [11] 李杰,蔡彬清,许璐.基于 CiteSpace 的我国网络空间安全研究态势分析[J].福建工程学院学报,2018,16(2):174-178.
- [12] 衣春波,许鑫.基于 ESI 数据的高校优势学科实证分析[J].数字图书馆论坛,2020(1):47-54.
- [13] 丁佐奇,李楚威.“卓越行动计划”领军期刊的多维度指标评价及发展趋势研究[J].中国科技期刊研究,2021,32(9):1201-1208.
- [14] PERSSON O, DANELL R, SCHNEIDER J W. How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis [M]. Leuven: International Society for Scientometrics and Informetrics, 2009:9-24.
- [15] 刘玉琴,汪雪锋,雷孝平.科研关系构建与可视化系统设计及实现[J].图书情报工作,2015,59(8):103-110.
- [16] VAN ECK N J, WALTMAN L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping [J]. Scientometrics, 2010, 84(2):523-538.
- [17] BRUNS A. How long is a tweet? mapping dynamic conversation networks on twitter using gawk and gephi [J]. Information, Communication & Society, 2012, 15(9):1323-1351.
- [18] 邱均平.文献计量学[M].2版.北京:科学出版社,2019.
- [19] 方应波.我国绿色发展评价指标体系研究综述:基于文献计量与社会网络分析[J].科技管理研究,2021,41(18):73-79.
- [20] 王有国,刘玉琴,汪雪锋.面向科研评价的学术关系可视化方法研究[J].科学学与科学技术管理,2014,35(5):13-18.
- [21] 刘军.社会网络分析导论[M].北京:社会科学文献出版社,2004.
- [22] 涂静,李永周,张文萍.国际合作网络结构与高被引论文产出的关系研究[J].图书馆杂志,2019,38(7):69-75.

(编辑:刘彦茹)