

江苏节能环保产业产学研创新网络研究

范雪晴¹, 汪涛^{1,2}

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210023)

(2. 南京师范大学教师教育学院, 江苏 南京 210023)

[摘要] 以2004年-2012年节能环保产业的合作专利为数据源,运用社会网络分析方法,分别以城市和机构为分析单元,探究江苏省2004年-2012年产学研创新网络的拓扑结构和空间结构的演变特征。研究发现:(1)从空间结构上看,城市节点之间的联系越来越紧密,网络趋于相对均匀化,在网络中具有较高中心度的一级城市之间的联系明显比二级城市强,并起到连接整个网络的作用;(2)产学研创新网络的结构总体上呈现出分散化趋势,高校在网络中长期占据较高的中心地位,企业的网络中心性较差,但联系次数和节点均较多,科研机构不具备明显的中心性;(3)对创新网络合作类型进行分析发现:产学研间的合作以产学(产业-高校)合作为主,企业向高校寻求合作会相应减少其他两种类型(产业-科研院所、科研院所-高校)合作的机会。

[关键词] 产学研创新网络, 社会网络分析, 节能环保产业

[中图分类号] F276.42 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2016)03-0118-06

Study on Innovation Network of Industry-University-Research Institute in Energy-Saving and Environmental Protection Industry in Jiangsu

Fan Xueqing¹, Wang Tao^{1,2}

(1. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

(2. School of Teacher Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: Using data of patents in energy-saving and environmental protection industry from 2004 to 2012, this paper focuses on the structural and spatial characteristics of the innovation network of industry-university-research institute. Based on social network analysis, respectively regarding cities and institutions as the analysis unit, the paper analyzes the evolution of the innovation network. The conclusions can be reached: firstly, communication between nodes of cities become close and the network of cities tends to be relatively uniform. Contact strength between the senior cities that have high network centralization is stronger than primary cities. Secondly, overall innovation network structure of industry-university-research institute shows the trend of decentralization. Universities in the network occupies higher network centralization for a long time. Industry has poor network centralization, but the communication between industries is frequent. Research institute do not have the obvious centralization. Thirdly, based on cooperation type of innovation network, the results show that: (1) the cooperation of industry and university occupies a large proportion, (2) the cooperation between companies and universities will reduce the others of cooperation (industry and research institute, research institute and university).

Key words: innovation network of industry-university-research institute, social network analysis, energy-saving and environmental protection industry

近年来,从网络的视角研究产学研创新合作受到学术界的广泛关注。理论研究方面包括产学研创新网络的定义、网络主体及其特征、网络整体特征、网络组织模式以及网络的创新绩效等方面^[1-4]。朱桂龙提出了产学研创新网络的定义,介绍了网络的特点和优势,并总结出它的组织模式和运作机制^[2]。网络整体

收稿日期: 2016-01-04.

基金项目: 国家自然科学基金(41471103).

通讯联系人: 汪涛, 教授, 研究方向: 经济地理、区域规划. E-mail: wangtao@njnu.edu.cn

结构特征的研究集中于小世界网络和无标度网络等^[3]。另外,产学研合作创新网络的发展促进区域创新^[4]。惠青探究产学研合作创新网络、知识整合和技术创新之间的关系,并认为对网络中企业知识进行良好的整合能促进技术创新^[5]。随着研究的深入,创新网络的空间演化成为经济地理学研究的新方向^[6]。许多学者通过专利合作数据探究产学研合作创新网络的空间演化特征^[7-9]。实证研究中涉及的研究尺度包括国际、全国、区域、省份,涉及的产业包括传统产业^[10-11]和新兴产业^[12-13]。但是对新兴产业中节能环保产业的创新网络研究关注较少。

产学研合作创新网络是企业、高校和科研机构自主协商组成,以网络组织的形式运作,合作从事科研、开发、产业化等创新活动的全面联合机构^[2]。在创新活动中核心企业、高校和科研院所之间共享知识和创造知识是产学研合作创新网络知识优势形成的源头^[14]。

2006年国务院发布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006年-2020年)》明确提出,现阶段要重点建设以企业为主体、以市场为导向、产学研相结合的技术创新体系,并将其作为全面推进国家创新体系建设的突破口。2011年,《江苏省国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》(苏政发[2011]22号)颁布实施,明确提出节能环保产业作为六大新兴产业之一在江苏省具有重要的战略地位。

本文利用社会网络分析方法,以共同申请专利为数据源,分别以城市和机构为节点,选取线数、平均路径、平均度、度数中心势、中间中心势、网络密度等指标,考察2004年-2012年江苏省节能环保产业产学研创新网络的结构演变特征。

1 数据来源、指标体系和数据概况

1.1 数据来源

本文选取2004年-2012年节能环保产业的专利数据,以专利申请日作为数据的年份界定,研究区域为江苏省。合作专利是机构间(包括高校、科研院所、产业等)创新的重要表现,是产学研创新主体之间知识交流的产物。机构在产学研创新网络中组成了网络的节点,机构之间的合作则构成了网络节点之间联系的线,众多节点间的联系就构成了产学研创新网络。

专利数据来源于中国专利和科技创新服务门户网站——佰腾网,从中可以免费获取专利著录项及全文资源。依据《战略性新兴产业专利检索手册》对节能环保产业的分类,将节能、资源循环利用和环境治理产业划为节能环保产业。经下载,得到2004年-2012年专利数据共107 415项(包括申请人为机构、个人的专利),其中发明专利72 698项,实用新型专利51 947项,外观设计专利0项。由合作机构可以准确界定其所属的区域,因此本文选取申请人是机构的专利。通过筛选,得到全国节能环保产业专利共80 658项,其中合作专利共6 065项。涉及到江苏省的专利共10 945项,其中有726项是合作专利。

1.2 指标体系

进行社会网络分析时涉及到以下网络指标:网络规模指网络中所有节点的数目;线数指节点间产生联系的总数;密度指网络中实际存在的关系数与理论上最大可能存在的关系数的比值,表示节点间联系的紧密程度;网络中与某一点直接联系的节点总数为节点度数,平均度就是网络中所有节点度数的平均值;网络中特定两点之间存在长短不一的多条路径,两点之间最短路径叫做测地线,平均路径是指网络中所有节点之间测地线的长度的平均值;在整体网中中心度用来刻画单个行动者在网络中所处的核心位置,中心势刻画的则是一个整体网络所具有的中心趋势,度数中心势是指网络所有节点与其它节点的联系紧密程度,表示图中节点的集中的趋势;如果一个点处于众多其他点对的最短途径上,那么该点就具有较高的中间中心度,网络中间中心度最高的节点与其他节点的差距越大,网络的中间中心势越高,中间中心势用来表示网络中信息传递对某一节点的依赖性。

1.3 数据概况

总体上,我国的节能环保产业专利产出总量呈现出指数增长趋势,从2004年的2 163项增长到2012年的19 212项,增长了将近9倍;专利合作率的上升趋势波动较大。江苏省在国内的专利产出总量在我国各省份中位列第一,远超位居第二的北京。江苏省合作专利数位居第四,前三位分别是北京、广东和上海。江苏省的专利合作率不高,仅为6%。总体来看,江苏省专利产出量增长迅速,合作量和非合作量的增

长趋势大致相同. 其中,合作量的整个增长趋势呈现出阶梯式,即 2006 年-2007 年和 2009 年-2010 年两个时间段江苏省专利合作量几乎没有变化(图 1).

2 江苏省创新网络空间结构分析

本文涉及到江苏省 13 个地级市,包括南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、镇江、扬州、淮安、连云港、徐州、宿迁、泰州. 在 2004 年-2012 年间江苏省城市内部的合作占总合作的 77%,城市间的合作只占到 23%. 在江苏省城市内部的合作中,南京的合作最多(53%),其次为无锡(20%),这与南京和无锡具有较完善的节能环保产业区有关. 2004 年机构间的合作都发生在城市内部. 以地级市为网络节点,江苏省节能环保产业创新网络的空间特征明显、层次分明. 由表 1 可以看出:①空间网络规模在 2012 年还没有完全包括这 13 个地级市,网络规模有待扩大;②网络密度越来越大,表明城市之间联系越来越紧密,在环保领域城市间相互影响的可能性增大;③网络的度数中心势和中间中心势变小,网络集中的趋势减小,网络趋于相对均匀化. 南京、苏州、常州、无锡等城市拥有环保产业集聚区,各大环保产业区构成多中心产业集聚格局,对某一中心城市的依赖程度不高. 将这些在网络中具有较高中心度的城市划分为一级城市(包括:南京、无锡、苏州、常州、南通),其他城市为二级城市. 一级城市的网络趋于均匀化,二级城市在网络中联系明显较弱. 中间中心势虽然减小,但整体数值不低,说明一级城市在网络中保持较高的中心度,起到连接整个网络的作用,二级城市依赖一级城市.

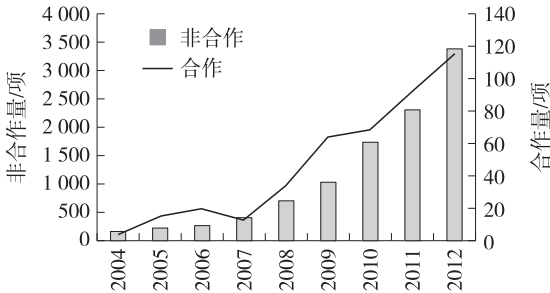


图1 江苏省2004年-2012年专利合作、非合作量
Fig.1 Cooperative and non-cooperative number of patent in Jiangsu

表1 江苏省节能环保产业产学研空间创新网络拓扑结构指标(以地级市为节点)

Table 1 Topology indicators of innovation network of industry-university-research institute in energy-saving and environmental protection industry in Jiangsu (regarding city as node)

| | 规模 | 线数 | 度数中心势/% | 中间中心势/% | 密度 | 平均路径 | 平均度 |
|------|----|----|---------|---------|------|------|-------|
| 2005 | 3 | 2 | 100.00 | 100.00 | 0.67 | 1.33 | 1.33 |
| 2006 | 5 | 4 | 29.17 | 16.67 | 0.40 | 1.25 | 1.60 |
| 2007 | 4 | 3 | 16.67 | 0.00 | 0.50 | 1.00 | 1.50 |
| 2008 | 6 | 10 | 55.00 | 72.00 | 0.67 | 1.80 | 3.33 |
| 2009 | 8 | 27 | 21.43 | 55.10 | 0.96 | 2.11 | 6.75 |
| 2010 | 8 | 25 | 24.60 | 28.57 | 0.89 | 1.79 | 6.25 |
| 2011 | 6 | 52 | 25.19 | 42.00 | 3.47 | 1.33 | 17.33 |
| 2012 | 9 | 50 | 20.88 | 35.71 | 1.39 | 1.69 | 11.11 |

图 2 反映的是江苏省城市合作网络的空间拓扑结构图. 2005 年-2007 年江苏省地级市之间的合作次数较少,网络规模小,没有明显的网络中心;2008 年开始网络逐步形成,出现明显的网络中心——南京,除中心城市外,其他城市之间联系较少,网络规模明显增大;2009 年-2012 年网络密度和规模都增大,各节点之间的联系增强,形成一个联系紧密的网络,这表明越来越多的机构加入产学研创新网络中,这与《江苏省节能环保产业发展规划纲要(2009-2012 年)》(苏政办发[2010]41 号)制定的要打造南京、苏州、宜兴(隶属无锡)、常州、无锡、盐城六大环保产业集聚区有关. 图中线的粗细表明城市间联系的次数,南京、苏州、常州、无锡等一级城市之间的产学研合作联系明显较强. 由此可见,各环保产业区之间也存在一定的交流与合作.

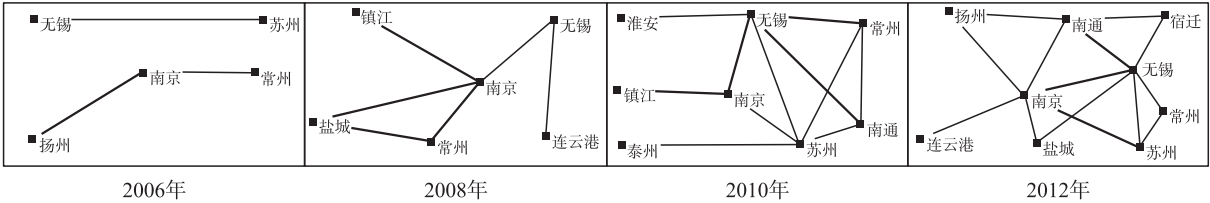


图2 江苏省节能环保产业创新网络拓扑结构图(以地级市为节点)

Fig.2 Topology of innovation network of industry-university-research institute in energy-saving and environmental protection industry in Jiangsu (regarding city as node)

3 江苏省产学研创新网络的拓扑结构演化分析

3.1 产学研创新网络的拓扑结构特征

通过对以机构为节点的江苏省产学研创新网络指标的计算(表 2)发现:①网络规模不断增大、节点联系逐年增强,越来越多的机构参与创新合作;②网络的平均度数先增后减,转折点出现在 2011 年,节点之间的交流相对减少. ③网络结构总体上呈现出分散化趋势,密度减小,说明网络规模增长的速度大于线数增长的速度,网络处于初期,节点之间的联系不密切. ④网络的平均路径浮动很大,2010 年达到最大值,表明网络中节点的间接联系增加,出现更多网络小团体.

表 2 江苏省节能环保产业产学研创新网络的拓扑结构指标(以机构为节点)

Table 2 Topology indicators of innovation network of industry-university-research institute in energy-saving and environmental protection industry in Jiangsu (regarding institution as node)

| 年份 | 规模 | 线数 | 度数中心势/% | 中间中心势/% | 密度 | 平均路径 | 平均度 |
|------|----|-----|---------|---------|-------|------|------|
| 2004 | 8 | 5 | 7.14 | 0.00 | 0.179 | 1.00 | 1.25 |
| 2005 | 21 | 17 | 4.84 | 0.50 | 0.081 | 1.13 | 1.62 |
| 2006 | 21 | 24 | 5.37 | 1.05 | 0.114 | 1.13 | 2.29 |
| 2007 | 15 | 17 | 4.51 | 4.40 | 0.162 | 1.27 | 2.27 |
| 2008 | 41 | 48 | 3.83 | 0.13 | 0.059 | 1.07 | 2.34 |
| 2009 | 65 | 86 | 1.69 | 0.49 | 0.041 | 1.30 | 2.65 |
| 2010 | 64 | 80 | 1.50 | 0.71 | 0.039 | 1.71 | 2.49 |
| 2011 | 78 | 157 | 3.70 | 0.90 | 0.052 | 1.56 | 4.03 |
| 2012 | 96 | 172 | 1.84 | 0.33 | 0.038 | 1.48 | 3.58 |

2008 年江苏省政府明确提出把环保产业作为六大新兴产业之一,以及省政府 2010 年发布的《江苏省节能环保产业规划纲要(2009-2012 年)》,都在政策上鼓励和支持节能环保产业升级和创新. 因此,2010 年以来加入节能环保产业创新网络的新企业数量增加、企业之间的合作也急剧上升.

从图 3 可以明显看出江苏省机构之间的合作网络越来越紧密,企业在网络中联系较频繁. 网络中两两联系的小团体占据较多的比重,2009 年开始出现 4 个及以上相互联系的小团体. 最显著的团体是江苏凌志环保设备有限公司、江苏凌志环保工程有限公司、江苏凌志环保有限公司和江苏凌志市政工程设计研究院有限公司等企业间的联系,这个团体在 2009 年-2012 年均出现. 团体中的公司大多数隶属于凌志环保集团,说明这些小团体倾向于在集团内部寻求合作. 图 3 中标注了具有较高中间中心性的高校,以及较为活跃的合作团体. 尽管企业在网络中联系频繁,但高校在网络中也占据重要的地位. 每个网络中高校的中间中心势都是最高,在网络中起到联系其他节点的作用. 南京大学、东南大学、南京工业大学等高校长期占据网络的中心,与这些中心节点直接联系的大多是企业.

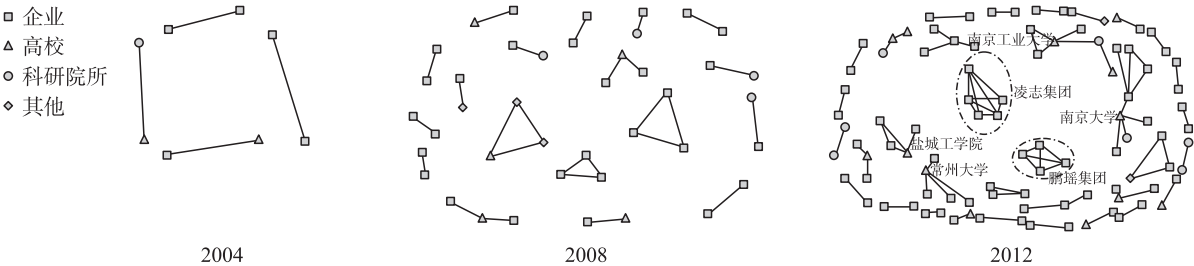


图 3 江苏省节能环保产业创新网络拓扑结构图(以机构为节点)

Fig.3 Topology of innovation network of industry-university-research institute in energy-saving and environmental protection industry in Jiangsu (regarding institution as node)

3.2 创新网络合作类型分析

江苏省节能环保产业产学研创新网络中企业作为创新网络的节点占据较大的比例,其次是高校,科研所在网络中所占的节点比例最少,比例分别为 72.7%、15.2%和 9.5%.

从表3可以看出:创新网络中企业之间的合作次数比较多(55%),企业-高校(F-U)、企业-科研院所(F-P)以及高校-科研院所(U-P)之间的合作在逐年增多.企业不仅仅局限于和企业的联系,更多地向高校寻求合作,实现优势互补、资源共享.从总量上看,企业更多的是向其他企业寻求合作,同时也意识到与高校和科研院所的合作的重要性,逐渐寻求新的合作伙伴,以期实现资源互补.

表3 江苏省节能环保产业产学研合作类型

| | F-F | F-U | F-P | U-P | U-U | P-P | F-O | U-O | P-O | O-O |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2004 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2005 | 6 | 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 2006 | 6 | 14 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 2007 | 3 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 2008 | 32 | 7 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 |
| 2009 | 35 | 34 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 2010 | 35 | 33 | 2 | 4 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2011 | 101 | 30 | 7 | 16 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2012 | 110 | 46 | 0 | 5 | 0 | 2 | 9 | 0 | 0 | 0 |

注:F:企业,P:研究所,U:大学,O:其他

企业-高校、高校-科研院所、企业-科研院所这3种类型的合作涉及到产学研之间的合作,在2004年-2012年间合作次数的比例分别为30%、6%和4%,企业-高校的合作远大于其他两种类型的合作(图4).高校-科研院所、企业-科研院所合作的增长趋势基本保持一致,但企业-高校合作的增长趋势到后期逐渐与其他两种合作类型相反.企业向高校寻求合作会相应减少其他两种类型合作的机会.

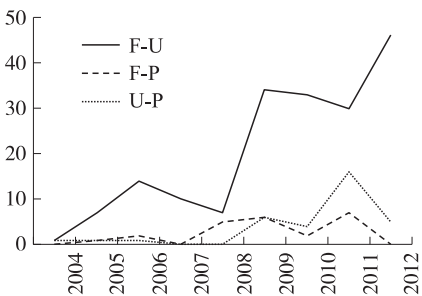


图4 江苏省节能环保产业产学研创新网络合作类型

Fig.4 Type of innovation network of industry-university-research institute in energy-saving and environmental protection industry in Jiangsu

4 结语

区域产学研合作创新网络研究需要微观层面的探讨.本文在省份层面上从微观数据入手,分别以城市和机构为研究单元,选取江苏省节能环保产业为研究对象,通过社会网络分析方法,对江苏省节能环保产业产学研创新网络的拓扑结构和空间结构进行分析,得出以下结论:

(1)从空间结构上看,江苏省节能环保产业创新网络的空间网络规模有待扩大;城市之间的联系越来越紧密;网络的度数中心势和中间中心势变小,网络趋于相对均匀化.一级城市在网络中保持较高的中心度,起到连接整个网络的作用,二级城市依赖一级城市.为更好地促进江苏省创新网络的发展,应着力推进一级城市之间的知识交流,整合一级城市之间的知识资源和要素,同时进一步发挥一级城市的辐射带动作用,提高一级城市和二级城市之间的交流合作,在南京、无锡、苏州、常州、南通组成的密切创新合作网络的带动下,形成江苏省内13个地级市相互联系的创新合作网络格局.

(2)江苏省节能环保产业产学研创新网络规模不断增大,参与合作的机构在迅速增加;网络的平均距离先增后减;但网络密度减小,网络结构总体上呈现出分散化趋势.网络处于初期,节点之间的联系不密切.高校在网络中长期占据较高的中心地位,企业的网络中心性较差但联系次数和节点均较多,科研机构不具备明显的中心性.

(3)对创新网络合作类型进行分析发现:从总量上看,在节能环保产业中企业更多的是向其他企业寻求合作,同时也意识到与高校和科研院所合作的重要性,逐渐寻求新的合作伙伴,以期实现资源互补.企业-高校(产学)的合作远大于其他两种类型的合作,产学研间的合作以产学研合作为主.企业向高校寻求合作会相应减少其他两种类型合作的机会.为改善产学研的合作状况,政府应鼓励引导高校、研究所与企业

合作,促进环保技术成果的创新和转化,建设优势互补、资源共享、互利共赢的产学研合作模式;同时继续保持高校在产学研创新中的中心地位,加大高校和企业的互动。

本研究利用社会网络分析方法,丰富了新兴产业创新网络的实证研究。通过对江苏省节能环保产业创新网络的研究,探讨了江苏省节能环保产业创新网络的互动机制,为政府相关部门制定科技政策提供借鉴和参考。江苏省节能环保产业产学研创新网络仍处于初级阶段,网络的联系程度、产学研之间的合作都有待加强。未来的研究方向主要有:选取产学研联盟等合作数据继续研究产学研创新网络,使结论更加准确;从国家层面和区域层面研究节能环保产业的创新网络;探究不同空间尺度的产学研创新网络的耦合机制。

[参考文献]

- [1] 赵建吉,曾刚.基于技术守门员的产业集群技术流动研究:以张江集成电路产业为例[J].经济地理,2013,33(2):111-116.
- [2] 朱桂龙,彭有福.产学研合作创新网络组织模式及其运作机制研究[J].软科学,2003,17(4):49-52.
- [3] 冯锋,王亮.产学研合作创新网络培育机制分析:基于小世界网络模型[J].中国软科学,2008(11):82-86,95.
- [4] 盖文启,王缉慈.论区域的技术创新型模式及其创新网络:以北京中关村地区为例[J].北京大学学报(哲学社会科学版),1999,36(5):29-36.
- [5] 惠青,邹艳.产学研合作创新网络、知识整合和技术创新的关系研究[J].软科学,2010,24(3):4-9.
- [6] ELFRING T, HULSINK W. Networks in entrepreneurship: the case of high-technology firms[J]. Small business economics, 2003, 21(4):409-422.
- [7] 洪伟.区域校企专利合作创新模式的变化:基于社会网络方法的分析[J].科学学研究,2010,28(1):40-46,150.
- [8] 刘凤朝,马荣康,姜楠.基于“985高校”的产学研专利合作网络演化路径研究[J].中国软科学,2011(7):178-192.
- [9] 刘国巍.产学研合作创新网络时空演化模型及实证研究:基于广西2000-2013年的专利数据分析[J].科学学与科学技术管理,2015,36(4):64-74.
- [10] 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.
- [11] 陈伟,张永超,田世海.区域装备制造业产学研合作创新网络的实证研究:基于网络结构和网络聚类的视角[J].中国软科学,2012(2):96-107.
- [12] 汪涛, HENNEMANN S, LIEFNER I, 等.知识网络空间结构演化及对NIS建设的启示:以我国生物技术知识为例[J].地理研究,2011,30(10):1861-1872.
- [13] 陈伟,周文,郎益夫,等.产学研合作创新网络结构和风险研究:以海洋能产业为例[J].科学学与科学技术管理,2014,35(9):59-66.
- [14] 唐承林,顾新.产学研合作创新网络知识优势来源与形成研究[J].科技管理研究,2010(11):113-116.

[责任编辑:丁 蓉]