

文章编号:1005-9679(2020)02-0063-09

产学协同创新知识网络的发展与演化

——基于“双一流”高校的专利数据

王海花 刘钊成 杜梅 孙芹

(上海大学 管理学院,上海 200444)

摘要: 以 42 所“双一流”高校产学联合申请的专利数据作为研究样本,探究我国产学协同创新的发展,并基于社会网络分析法探究知识网络的时空演化规律。研究发现:产学协同创新经历了起步期、跃升期和平稳期三个阶段,且呈现出显著的区域分布特征,其中东部地区的高校及企业产学合作水平处于领先地位,中西部高校产学合作次数增多,西部企业厚积薄发,但中部企业参与产学活动的程度有待加强。产学协同创新知识网络规模不断扩大,但已被利用的知识不及全部知识的半数,未来仍有进一步研究的可能性;知识网络密度随着时间的演化不断提高,但网络仍较为稀疏,知识元素间重组的潜力很大。

关键词: 产学协同创新;知识网络;网络演化

中图分类号: C 93 **文献标志码:** A

The Knowledge Network Development and Evolution of Industry-University Collaborative Innovation: Based on the Patent Data of 42 Double First-Class Universities

WANG Haihua LIU Zhaocheng DU Mei SUN Qin

(School of Management, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

Abstract: Based on the patent data of the joint application of industry and University of 42 double first-class universities, this paper explores the development of industry-university collaborative innovation in China. In addition, it analyses the evolution of knowledge network based on social network method. The results show that: The industry-university collaborative innovation has gone through three stages: the initial stage, the leap stage and the stable stage, and shows a significant regional distribution characteristics. Among them, the level of industry-university collaborative innovation of universities and enterprises in eastern region is in a leading position, and the number of industry-university collaborative innovation of universities and enterprises in western regions is increasing. In addition, the number of industry-university collaborative innovation of universities in central region is increasing, but the degree of industry-university collaborative innovation of enterprises in the central region needs to be strengthened. Though the knowledge network size of industry-university collaborative innovation continues to expand, the used knowl-

收稿日期:2019-10-17

基金项目:教育部人文社会科学研究规划基金项目“基于 ERGM 的产学研协同创新网络形成与演化机制:依存型多层网络视角”(19YJA630076);教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目“创新驱动发展战略的顶层设计与战略重点”(15JZD017)

作者简介:王海花(1983—),女,山东聊城人,博士,副教授,研究方向:创新与知识管理,E-mail:973708481@qq.com;刘钊成(1994—),男,河南许昌人,硕士研究生,研究方向:创新与知识管理;杜梅(1995—),通信作者,女,江苏徐州人,硕士研究生,研究方向:创新与知识管理,E-mail:dumeimei@shu.edu.cn;孙芹(1995—),女,山东临沂人,硕士研究生,研究方向:创新与知识管理。

edge is less than half of the total knowledge, and further research is still possible. The density of knowledge network continues to increase, but the network is still relatively sparse, and the potential of knowledge reorganization is great.

Key words: industry-university collaboration innovation; knowledge network; network evolution

21 世纪是一个知识经济的时代,创新的复杂性和综合性使得大学、企业、科研院所等组织对外部创新资源的依赖越来越强,故各类创新主体打破领域、地域的界限,构建了复杂多样、互惠互利、合作共赢的产学研协同创新网络。网络的形成促进不同组织间的知识传播、知识运用以及知识创新,对我国知识创新的发展具有重要意义。

对现有文献进行梳理后发现,现阶段产学研协同创新网络的相关研究主要集中于产学合作网络以及知识网络两个层面。其中,学者从产学合作网络的形成、网络的演化、网络结构属性等多方面对产学研协同创新绩效的影响因素展开了大量研究,但对知识网络的研究相对较少。部分学者从知识深度、知识广度等维度刻画组织内部知识网络结构,探究其与创新产出的关系;另一部分则从组织间知识转移的视角研究知识网络对创新绩效的影响因素,但这些研究都是将组织知识属性作为前因变量进行探究,较少涉及知识网络的演变过程。

因此,本文以 42 所“双一流”高校产学研联合申请的专利数据作为样本,研究我国产学研协同创新的发展概况,并利用社会网络分析法绘制产学研协同创新知识网络可视化图谱,基于知识元素间的动态变化探究我国产学研协同创新知识网络的演化规律,一方面为产学知识网络的相关研究进行补充,另一方面也为高校等创新主体从事产学研协同创新活动提供意见和建议。

1 研究数据与方法

1.1 研究对象

本文选取“双一流”高校产学研协同创新知识网络作为研究对象,原因在于“双一流”高校拥有中国 50% 以上的重点学科、科研人员以及科技资源等,并且《2017 年高等学校科技统计资料汇编》中指出中国各类高等学校发明专利总数的 60% 是由“双一流”高校申请的。因此,将“双一流”高校产学研联合申请专利数据作为研究样本,研究我国产学研协同创新知识网络的演化具有较强的代表性。

1.2 数据来源

合作发明专利作为研究知识共享、知识组合的最直观的方式,越来越多被应用于创新网络的研究,故本文以“双一流”高校产学研联合申请专利的数量来衡量我国产学研协同创新成果。对于联合申请专利,如果专利申请人中同时出现“双一流”高校和企业名称,就认为该高校存在产学研协同创新活动。数据检索方式是在国家知识产权局专利检索及分析网站 (<http://pss-system.cnipa.gov.cn/sipopublic-search/portal/uiIndex.shtml>) 中以 42 所“双一流高校名称”and“公司”“企业”“集团”或者“厂”两两组进行检索,经过初次检索共得到 1985—2017 年产学研联合申请专利数据 54643 条,删去由单主体申请、非产学合作申请以及无效的专利,共得到 19393 条有效专利数据。专利数据收集日期为 2017 年 11 月 1 日—2018 年 1 月 31 日。

1.3 研究方法

1.3.1 产学研协同创新网络的构建

本文利用社会网络分析法对产学研协同创新知识网络的演化进行研究,并基于知识元素间的组合关系、高校与企业间的合作关系以及高校、企业与知识元素间的隶属关系共同构建产学研协同创新网络(如图 1 所示)。

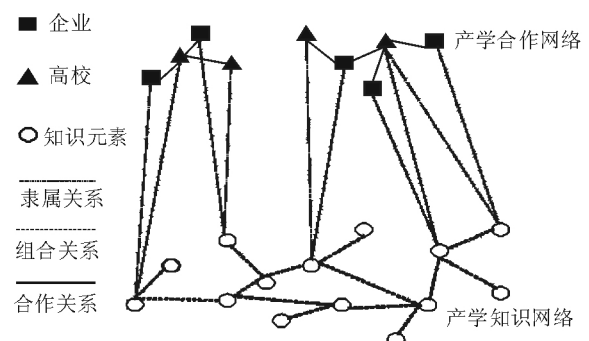


图 1 产学研协同创新网络

我国普遍采用国际专利分类表(IPC 分类号)对申请专利的类型和技术主题进行标识,反映该专利所属技术领域。借鉴官建成等学者对知识元素的分类方法,提取 IPC 分类号前 4 位,共得到 648 类知

识元素。随后根据知识元素间的组合关系构建产学协同创新知识网络,知识元素既可以单独存在于知识网络,表明其在过去独立形成了专利。也可以通过联结以知识组合的形式存在,表明知识元素之间通过合作形成了专利;知识元素与高校、企业之间的联结代表隶属关系,表明知识元素被高校或企业所拥有并在过去形成了专利;高校与企业间的联结代表合作关系,表明高校与企业在过去共同申请了专利。

1.3.2 指标的选取与测量

在已有关于知识网络演化的研究中,中心度、结构洞以及中心势、密度等指标普遍被学者选用以揭示知识网络的演化规律。如王斌发现随时间的演化,网络密度不断变化;王庆喜、潘旭伟等等发现中心度越高或越位于结构洞位置的节点,能够通过多种渠道促进知识在知识网络中的传播与交流;此外还有学者基于联结频率、聚集系数等对知识网络的演化展开分析,发现知识网络的强度演化低于广度,并且知识网络随时间的演化呈现出小世界特征。基于此,本文选取了产学协同创新知识网络的网络规模、网络密度、组合潜力、组合机会四个网络指标对知识网络的演化进行分析。

(1)网络规模(network size)是指产学协同创新知识网络中节点的个数,表明当年共有多少知识元素参与了产学协同创新活动。网络规模越高,表明当年高校与企业的合作利用了更多的知识元素,高校与企业的知识领域也越广泛。

$$Size = n$$

其中, n 代表知识元素的个数。

(2)网络密度(network density)是指知识网络中实际存在的联结条数与理论上可能存在的联结总数之比,网络密度越大表明知识元素之间的联系越密切。计算公式如下:

$$Density = \frac{2r}{n \times (n-1)}$$

其中: r 代表网络中实际存在的联结数量; n 代表知识元素的个数。

(3)组合潜力(opportunity)借鉴 Freeman 的研究,通过计算度数中心度指标来度量知识网络中知识元素的组合潜力。其中,度数中心度是指网络中与某个点直接相连的点的个数,它衡量一个点在多大程度上与其他点直接相连,度数越大的点越位于网络的中心,更易搜索、获取稀缺的资源

和信息。本文选取知识网络中所有节点的平均中心度来代表知识网络整体的度数中心度,表明知识网络中所有知识元素的平均联结个数。计算公式如下:

$$Opportunity = \sum_{k=1}^n \frac{D_k}{n}$$

其中: D_k 代表知识网络中知识元素 k 的度数中心度; n 代表知识元素的个数。

(4)组合机会(potential)借鉴 Fleming 的研究,通过结构洞指标来度量知识网络中知识元素的组合机会。其中,结构洞是指某一知识元素在任意两个知识元素组合路径中起中介作用的能力。在知识网络中,在知识元素联结的路径上充当“桥”作用的知识元素,能够为尚未产生联结的知识进行重组提供机会。计算公式如下:

$$Potential = \sum_j (1 - \sum_i p_{ij} m_{jq})$$

其中: j 表征与结点 i 相连的所有点; q 是除 i 或 j 之外的任意结点;括号内部的 m_{jq} 代表在点 i 和特定点 j 之间的冗余度; p_{ij} 代表行动者 i 、 j 通过结点 q 捷径占 i 、 j 所有联结的比例。

2 产学协同创新时空分布

2.1 产学协同创新时间分布

我国“双一流”高校产学联合申请专利的情况如图 2 所示。从专利数量来看,1985—1998 年产学联合申请专利的数量较低,专利产出在 15 件左右,产学协同创新处于起步发展阶段。自 1999 年开始,产学联合申请专利的数量迅速增加,从 1998 年的 15 件迅速增加到 1999 年的 130 件,并在随后保持平稳的增长趋势,产学合作进入高速发展的时期。2015 年以后,“双一流”高校产学联合申请专利的数量趋于平稳。综上可知,我国产学协同创新活动在时间上呈现出明显的阶段特征,具体可分为 1985—1998 年起步期、1999—2014 年跃升期和 2015—2017 年平稳期 3 个阶段。

2.2 产学协同创新的时空分布

表 1 统计了以高校为产学协同创新主体的产学协同创新演化情况,包括专利数量排名前 10 的高校名称、专利数量,高校所在省份,以及在该阶段高校申请专利所涉及的技术领域。表 2 统计了以企业为主体的产学协同创新演化情况,以及与企业相关的信息。

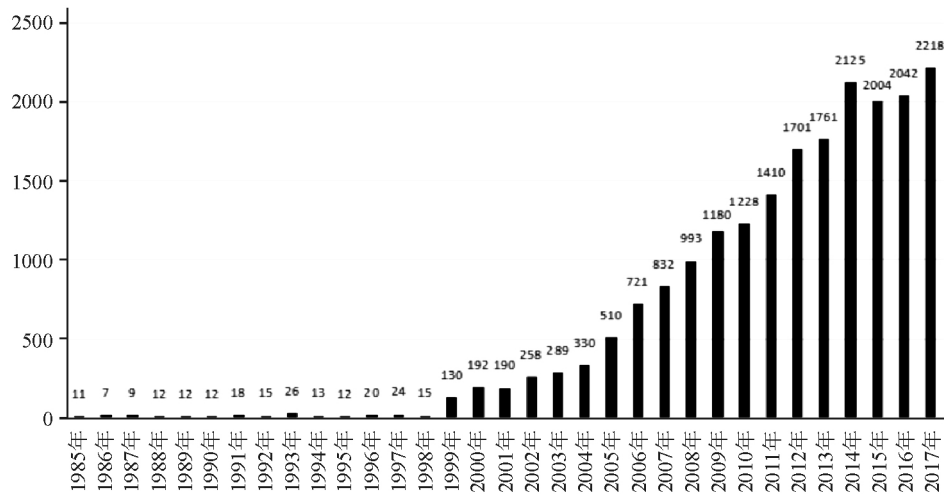


图 2 1985—2017 年“双一流”高校产学联合申请专利

表 1 1985—2017 年高校产学协同创新的演化情况

阶段 1	排序	高校名称	专利数量/件	高校所在地	技术领域(按数量排序)
1985—1998 年	1	清华大学	31	北京	C
	2	天津大学	30	天津	C
	3	哈尔滨工业大学	12	黑龙江	C、A
	4	浙江大学	12	浙江	C、H
	5	大连理工大学	11	辽宁	C
	6	中山大学	10	广东	C
	7	北京大学	9	北京	C、G
	8	东北大学	9	辽宁	C
	9	西安交通大学	9	陕西	G、H
	10	华南理工大学	8	广东	C
阶段 2	排序	高校名称	专利数量/件	高校所在地	技术领域(按数量排序)
1999—2014 年	1	清华大学	3483	北京	H、G、C
	2	浙江大学	1134	浙江	C
	3	上海交通大学	829	上海	C、H
	4	华南理工大学	735	广东	C
	5	复旦大学	557	上海	C、A
	6	华中科技大学	475	湖北	C、H、G
	7	东南大学	427	江苏	H、G、C
	8	北京大学	416	北京	G、H、C
	9	西安交通大学	404	陕西	C、G
	10	中南大学	404	湖南	C
阶段 3	排序	高校名称	专利数量/件	高校所在地	技术领域(按数量排序)
2015—2017 年	1	清华大学	1616	北京	G、H、C
	2	华南理工大学	659	广东	C、H
	3	浙江大学	508	浙江	C、G、H
	4	上海交通大学	488	上海	B、C、G
	5	重庆大学	400	重庆	G、H
	6	华中科技大学	381	湖北	G、H
	7	东南大学	347	江苏	C、H
	8	西安交通大学	343	陕西	G、B
	9	中南大学	273	湖南	C
	10	山东大学	184	山东	G、B、C

注：A(生活必需)、B(作业、运输)、C(化学、冶金)、D(纺织、造纸)、E(固定建筑物)、F(机械工程)、G(物理)、H(电学)

表 2 1985—2017 年企业产学研协同创新的演化情况

阶段 1	排序	企业名称	专利数量/件	企业所在地	技术领域(按数量排序)
1985—1998 年	1	中国石油化工总公司	27	北京	C
	2	宝山钢铁(集团)公司	8	上海	C
	3	北京井上青华制冷技术有限公司	7	北京	C
	4	中国石油化工集团公司	4	北京	C
	5	北京华普精细陶瓷公司	2	北京	A
	6	北京华锐新材料科技发展有限公司	2	北京	A、H
	7	大连发电总厂	2	辽宁	C、F
	8	广东佛陶集团股份有限公司石湾建国陶瓷厂	2	广东	B、C
	9	广州市自行车工业公司	2	广东	B、F
	10	上海跃龙有色金属有限公司	2	上海	C
阶段 2	排序	企业名称	专利数量/件	企业所在地	技术领域(按数量排序)
1999—2014 年	1	鸿富锦精密工业(深圳)有限公司	1189	广东	H、G、C
	2	华为技术有限公司	657	广东	C
	3	同方威视技术股份有限公司	324	北京	C、H
	4	上海博道基因技术有限公司	195	北京	C
	5	清华同方股份有限公司	173	北京	C、A
	6	南方电网科学研究院有限责任公司	130	广东	C、H、G
	7	北京北大方正电子有限公司	123	北京	H、G、C
	8	博奥生物有限公司	84	北京	G、H、C
	9	中国石油化工股份有限公司	74	北京	C、G
	10	宝山钢铁股份有限公司	72	上海	H、C
阶段 3	排序	企业名称	专利数量/件	企业所在地	技术领域(按数量排序)
2015—2017 年	1	南方电网科学研究院有限责任公司	73	广东	G、H
	2	华为技术有限公司	69	广东	H、G
	3	广州中大南沙科技创新产业园有限公司	57	广东	A、C
	4	天津华海清科机电科技有限公司	55	天津	B、H
	5	北京师大科技园科技发展有限责任公司	52	北京	C、H、B
	6	鸿富锦精密工业(深圳)有限公司	52	广东	H、C
	7	同方威视技术股份有限公司	49	北京	H、G
	8	西安爱生技术集团公司	49	陕西	B、G、H
	9	瑞声光电科技(常州)有限公司	40	江苏	C、H
	10	深圳天珑无线科技有限公司	39	广东	H、G

注:A(生活必需)、B(作业、运输)、C(化学、冶金)、D(纺织、造纸)、E(固定建筑物)、F(机械工程)、G(物理)、H(电学)

(1) 产学研协同创新主体的演化

从高校来看,首先,清华大学在三个阶段的产学研联合专利数量均位居榜首,表明其产学研合作能力在我国处于领先地位。其次,通过对比前两阶段排名前 10 的高校发现,近半数高校发生了变化,可见部分高校在初期虽拥有一定的竞争优势,但随着产学研合作的不断深入,排名靠后的高校仍能实现赶超。再次,通过比较后两阶段排名前 10 的高校发现,大部分高校只是排名顺序发生了改变,但仍维持着领先的产学研联合申请专利的产出,可见高校产学研合作情况较为稳定。最后,从高校申请专利的数量来看,第 1 名与第 10 名的高校专利产出数量仍存在较大差异。

从企业来看,三阶段中企业排名变化明显。对比前两阶段的企业排名可见,排名前 10 的企业全部

发生了更替,后两阶段中也只有南方电网科学研究院有限责任公司、华为技术有限公司、鸿富锦精密工业(深圳)有限公司、同方威视技术股份有限公司 4 家企业保持其专利产出在前 10 的行列,其余企业均发生了变化,可见企业产学研联合申请专利的数量随时间的演化差异明显,企业排名情况波动较大。从申请的专利数量来看,在前两阶段中,排名前 10 的企业专利数量差距明显,第一名与最后一名专利数量差距达十余倍,少数企业与高校合作频繁,其余企业产学研合作水平较低,而在第三阶段各企业申请的专利数量都维持在一个相对均衡的状态,由此可见,与高校合作的企业逐渐呈现多元化发展。

(2) 产学研协同创新空间的演化

从高校来看,在第一阶段,参与产学研协同创新活

动的高校主要位于北京、天津、黑龙江、浙江、辽宁、陕西、广东 7 省(市)之内,其中北京、天津、浙江、辽宁、广东属东部地区,陕西属西部地区,可见第一阶段我国高校产学研专利产出东部最多,中部、西部相对较少。在第二阶段,参与创新活动的高校主要位于北京、上海、广东、浙江、江苏、湖北、陕西、湖南 8 省(市)之内,其中上海、江苏、浙江、北京以及广东属东部地区,湖北、湖南属中部地区,只有陕西省地处西部,由此可见第二阶段我国高校产学研专利产出依旧是东部最多,中部次之,西部相对较少。而在第三阶段中,专利申请数量排名前 10 高校的分布较前两阶段更为广泛,包括北京、广东、浙江、上海、江苏、山东、湖北、湖南、重庆、陕西在内的 10 个省(市)。其中,北京、上海、江苏、浙江、山东属东部地区,湖北、湖南属中部,重庆、陕西属西部地区。由此可以看出,东部地区高校依旧是产学研联合申请专利产出的核心,中部、西部高校排名逐步提升。

从企业来看,在前两阶段中,我国参与产学研协同创新活动的企业主要位于北京、上海、辽宁、广东 4 省(市)之内,且均属东部地区,可见在产学研协同创新发展初期,我国参与产学研协同创新活动的企业主要集中在东部,中西部地区企业产学研协同创新活动较为滞后。而在第三阶段中专利申请数量排名前 10 的企业不再局限于东部,10 家企业分布在北京、天津、广东、陕西和江苏。其中,北京、天津、广东和江苏属东部地区,陕西属西部地区。由此可见,东部企业专利申请最多,西部企业尽管数量较少,但进步明显,中部企业产学研合作水平暂时落后。

(3) 产学研协同创新技术领域的演化

从高校来看,在前两阶段排名前 10 的高校其专利主要分布在 A(人类生活必需)、C(化学、冶金)、G(物理)、H(电学)4 个领域。其中:A 类(人类生活必需)在两阶段中都只被一所大学所利用并进行了产学研合作;G 类(物理)、H 类(电学)技术领域应用广泛,从仅被两所高校利用到五所高校都基于此进行了产学研合作活动;C 类(化学、冶金)在产学研合作中占据极其重要的地位,两阶段中几乎所有高校都基于该技术领域进行产学研协同创新。而在第三阶段中,高校所利用的技术领域发生了变化,主要分布在 B(作业、运输)、C(化学、冶金)、G(物理)以及 H(电学)4 个领域之内。由此可知,化学、物理、电学依旧是高校产学研活动的主要领域,运输业、物流业逐渐成为高校产学研合作的新方向。

从企业来看,在第一阶段中专利数量前 10 的企业其专利主要分布在 A(人类生活必需)、B(作业、运输)、C(化学、冶金)、F(机械工程)、H(电学)等领域,其中大部分企业都基于 C 类(化学、冶金)技术领域进行产学研协同创新活动,A(人类生活必需)、B(作业、运输)、F(机械工程)各被 2 所企业所利用,H(电学)类仅被 1 所企业利用。在第二阶段中专利数量前 10 的企业其专利主要分布在 A(人类生活必需)、C(化学、冶金)、G(物理)、H(电学)4 个领域,其中所有企业都基于 C 类技术领域进行产学研协同创新活动,H、G 各被 5 所企业所利用,A 类仅被清华同方股份有限公司利用。而在第三阶段中,各个企业的技术领域发生变化,专利的分布在 A(人类生活必需)、B(作业、运输)、C(化学、冶金)、G(物理)以及 H(电学)5 个领域,由此可知,化学、物理、电学依旧是企业产学研活动的主要内容,但运输业、物流等也成为企业产学研合作的新方向,纺织、建筑等领域的产学研合作依旧处于较低的水平。

3 产学研协同创新知识网络的演化

本文使用 Ucinet 软件,将 1985—2017 年产学研协同创新知识网络以网络图的形式可视化呈现,但因为年份过多,本文抽取单数年份知识网络图进行展示(如图 3 至图 19 所示),其中节点表示专利 IPC 分类号前 4 位的知识元素,节点之间的连线,表示两个知识元素同时出现在一条专利之中。

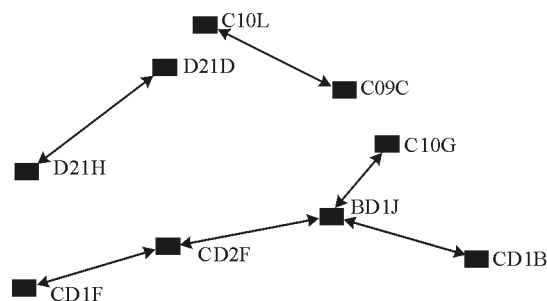


图 3 1985 年知识网络

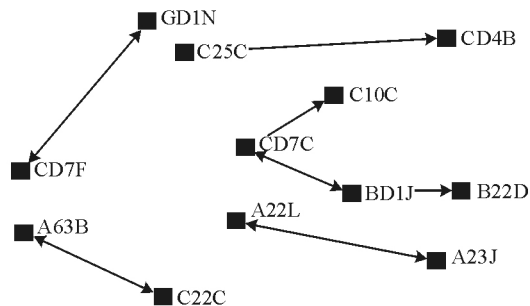


图 4 1987 年知识网络

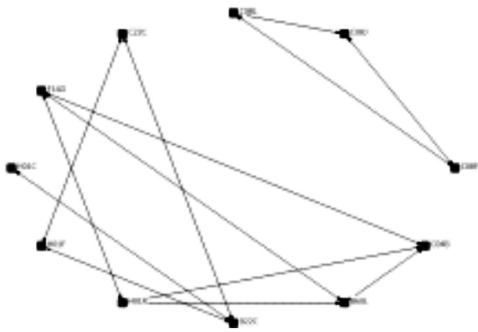


图 5 1989 年知识网络



图 10 1999 年知识网络



图 6 1991 年知识网络



图 11 2001 年知识网络



图 7 1993 年知识网络



图 12 2003 年知识网络

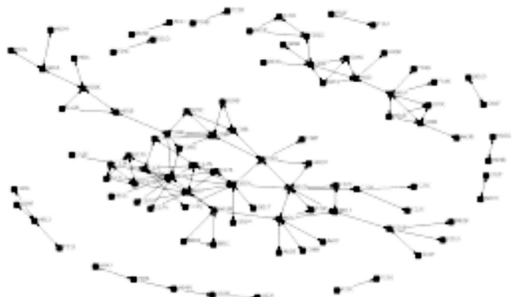


图 8 1995 年知识网络



图 13 2005 年知识网络

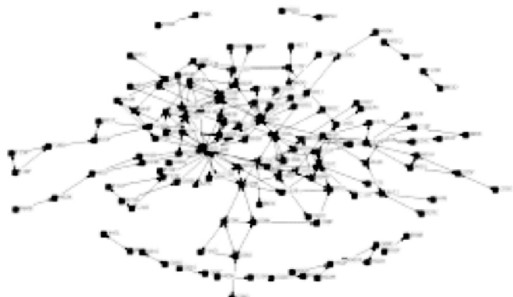


图 9 1997 年知识网络



图 14 2007 年知识网络



图 15 2009 年知识网络



图 16 2011 年知识网络

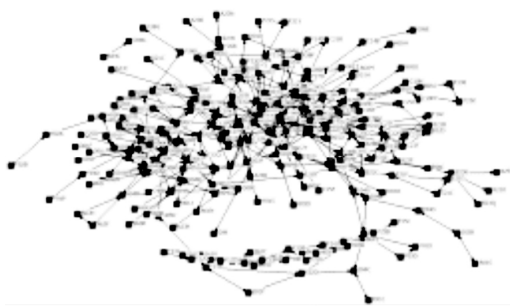


图 17 2013 年知识网络

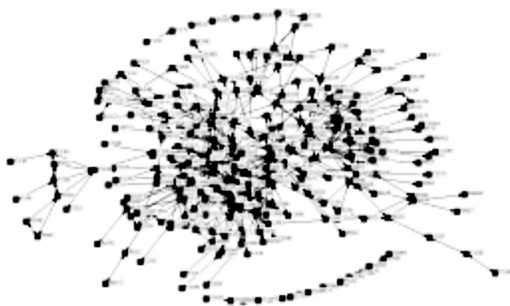


图 18 2015 年知识网络



图 19 2017 年知识网络

随后,基于 Ucinet 软件对所需的网络规模、网络密度、组合潜力以及组合机会等指标进行计算,结

果如表 3 所示。

(1)网络规模的演化

由知识网络的规模演化趋势可见,1999—2017 年我国产学研协同创新对知识的利用在整体上呈现平稳增长的态势。具体而言,1999—2014 年,知识网络的规模快速增长,并于 2014 年达到顶峰(273 个),占到全部知识元素的 42%。由此可见,随着产学研合作中各创新主体对新知识的开发不断加深,申请专利所涉及的知识元素数量增长迅速,但总体来说只有一半的知识元素被创新活动所利用,未来仍有极大的提高空间。2015—2017 年,知识网络的规模在 250 左右,可见高校与企业在创新活动中逐渐探索出一个适合自身产学研创新活动的知识存量。

(2)网络密度的演化

由知识网络密度演化可见,1999—2017 年总体呈现稳定上升的趋势。具体来说,1999—2009 年,随着我国产学研合作专利数量的增加,知识网络的密度不断;2010—2017 年,密度的增长趋势有所减缓,密度在 0.002~0.0035 波动,并且在 2016 年,网络密度达到最高值(0.0031)。由此可见,随着产学研合作申请专利数量的迅速增加,专利分布的知识领域愈发广泛,但是知识元素间的组合较为稀疏,知识元素之间仍有众多组合的可能性。

(3)组合潜力的演化

由知识网络组合潜力的演化可见,1999—2017 年呈现稳定上升趋势。具体来说,1999—2009 年,网络中心度增长速度加快,呈现出高速上涨趋势;2010—2017 年,知识网络中心度的增长速度有所减缓,并于 2016 年达到顶峰(1.879)。由此可见,产学研协同创新知识网络中的知识元素之间普遍存在联结,表明知识元素拥有较大的组合潜力,也为知识元素之间的重组提供了更多的可能性。

(4)组合机会的演化

由知识网络组合机会的演化可见,1999—2017 年知识网络组合机会总体呈现上涨的趋势。具体来说,1999—2014 年,网络的组合机会快速增长;2015—2017 年,知识网络组合机会的增长速度有所减缓,并于 2016 年达到最高点(1.382)。由此可见,产学研协同创新知识网络中的知识元素普遍在其他知识元素联结路径中充当中介的作用,这为不同知识元素之间进行组合提供了更多的机会。

表 3 1999—2017 年产学协同创新知识网络的演化

年份	网络规模	网络密度	组合潜力	组合机会	年份	网络规模	网络密度	组合潜力	组合机会
1999	30	0.0002	0.104	0.073	2009 年	230	0.0027	1.675	1.281
2000	25	0.0003	0.212	0.112	2010 年	244	0.0025	1.552	1.176
2001	65	0.0003	0.209	0.166	2011 年	226	0.0022	1.416	1.122
2002	97	0.0006	0.368	0.263	2012 年	217	0.0024	1.516	1.095
2003	115	0.0008	0.487	0.406	2013 年	241	0.0023	1.447	1.144
2004	96	0.0006	0.362	0.274	2014 年	273	0.0028	1.777	1.328
2005	142	0.0011	0.682	0.532	2015 年	255	0.0025	1.601	1.266
2006	165	0.0015	0.932	0.648	2016 年	264	0.0031	1.879	1.382
2007	199	0.0017	1.101	0.861	2017 年	252	0.0028	1.579	1.075
2008	210	0.002	1.219	0.891					

4 结论

本文基于社会网络分析法,利用“双一流”高校产学研联合申请专利数据构建产学协同创新知识网络,研究发现产学协同创新活动大致经历了起步期、跃升期和平稳期三个阶段,且呈现出显著的区域分布特征。产学协同创新知识网络规模不断扩大,网络密度不断提高,但总体上仍较为稀疏,知识元素间重组的潜力很大。

第一,通过产学协同创新的发展可以看出,在 1985—2017 年间呈现出明显的阶段性特征。1985—1998 年产学协同创新处于起步阶段;从 1999 年开始,伴随着国家与地方相继推行院校改革以及国家相关科技创新政策的实施,我国产学协同创新迅猛发展,联合申请专利的产出速率不断提升;2015 年以后,伴随着政策的逐步完善以及各创新主体间合作关系的稳定,我国产学协同创新专利的产出趋于平稳。

第二,通过产学协同创新的时空演化分析,能够了解到高校与企业产学协同创新的发展现状。东部地区即北上广深等地的产学合作水平以及科技研发能力普遍领先于中部及西部地区;中部高校始终维持着中等的科研能力,但企业参与产学协同创新的成果转化效率较低;西部地区尽管起点较低,但是近年来随着西部大开发的落实,西部高校以及企业的科研能力逐步提升,在产学协同创新活动中发挥着越来越重要的作用。产学联合申请专利主要分布在化学、物理、电学 3 个技术领域之内。

第三,通过对产学协同创新知识网络图谱的分析发现,近年来各创新主体逐渐发现只有维持在一个合理的范围内才能形成最多的创新产出。此外,

知识网络的密度、组合潜力、组合机会随时间的演变不断提升,但仍处在较低水平,已被利用的知识不过是冰山一角,未来各类知识元素之间仍有众多组合、重组的可能。

参考文献:

- [1] 张钦朋. 产学研协同创新政府引导机制研究: 基于“2011 计划”实施背景[J]. 科技进步与对策, 2014, 31(5): 96-99.
- [2] WANG C, RODAN S, FRUIN M, et al. Knowledge networks, collaboration networks, and exploratory innovation[J]. *Academy of Management Journal*, 2014, 57(2): 459-514.
- [3] 王珊珊, 邓守萍, Sarah, 等. 华为公司专利产学研合作: 特征、网络演化及其启示[J]. 科学学研究, 2018, 36(4): 701-713.
- [4] CAHOON S, PATEMAN H, CHEN S L. Regional port authorities: leading players in innovation networks? [J]. *Journal of Transport Geography*, 2013, 27(33): 66-75.
- [5] 杨慧军, 杨建君. 外部搜寻、联结强度、吸收能力与创新绩效的关系[J]. 管理科学, 2016, 29(3): 24-37.
- [6] YAYAVARAM S, CHEN W. Changes in firm knowledge couplings and firm innovation performance: the moderating role of technological complexity [J]. *Strategic Management Journal*, 2015, 36(3): 377-396.
- [7] 兰娟丽, 雷宏振. 网络嵌入性对集群企业竞争优势的影响机制研究——基于临近性的调节作用[J]. 经济经纬, 2017, 34(6): 99-104.
- [8] 刘凤朝, 马荣康, 姜楠. 基于“双一流高校”的产学研合作网络演化路径研究[J]. 中国软科学, 2011 (7): 178-192.