

国际科学技术政策关键节点文献 演进的可视化分析

侯剑华^{1,2}, 张春博^{1,2}, 王续琨²

(1. 大连理工大学 科技伦理与科技管理研究基地 WISE 实验室, 辽宁 大连 116023;

2. 大连理工大学 21 世纪发展研究中心, 辽宁 大连 116023)

摘要:运用科学文献数量的增长情况和文献半衰期大小可以分析科学领域的发展演进情况。通过 CiteSpace 可视化软件绘制了国际科技政策研究领域的共引网络图谱,着重对图谱中的关键节点进行了分析,对国际科学技术政策研究领域的前沿及其演化进行了初步探讨。最后认为,国际科学的生产方式发生了很大变化,同时验证了基础研究和应用研究间不是截然分开,而是相互作用、相互渗透、相互流动的。

关键词:科学技术政策;信息可视化;CiteSpace;文献共引

中图分类号:G301 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-0241(2008)11-0010-05

0 引言

科学文献和出版物是知识载体的主要组成部分,科学领域的不断向前发展主要表现在大量科学文献和科学出版物的迅速增长。科学知识增长的重大变化体现了科学发展的动态性和复杂性,而一篇文献的引文体现了该文献的知识影响程度。文献被引的越多,表明该文献所含知识量的影响越大。除此之外,文献影响的持久力也是一个重要指标。给定时间的文献可以分为三种类型,即经典文献、过渡文献和没有被引用的文献。仿照物理学中元素的半衰期的定义,在文献计量学领域中文献半衰期的概念是指,一篇文献从发表开始到当前年份被引的总次数作为总数,从当前年份算起,往前追溯,到某年止时被引次数达到了被引总数的一半,则从该年到当前年份所经历的时间即是该文献在当前年份的被引半衰期。被引半衰期是测度文献老化速度的一种指标,也是文献的知识含量影响持久力的一个衡量指标。因此,通过科学文献数量的增长情况和文献半衰期大小可以分析科学领域的发展演进情况。

引文分析的一个重要任务是绘制共引网络图谱。通过绘制共引网络的科学图谱,我们可以辨识根据不同变量而得到的文献聚类。两篇文献之间的共引连接代表了

两文献共同被后续文献所引用过,而共同被引用的频次通常用共引强度来表示。文献共引强度是文献进行聚类的一个重要指标。通过 CiteSpace 可视化应用软件绘制了国际科技政策研究领域的演进结构的共引网络图谱,探测文献演进的关键节点文献,进而对国际科学技术政策领域研究的新兴和经典的研究热点之间的关系及其转换进行分析。

1 工具与方法

本文运用 CiteSpace 可视化软件进行共引网络分析。该软件由美国费城德雷克塞尔大学(Drexel)信息科学与技术学院的陈超美博士开发,他是国际上信息可视化领域的权威专家,多年致力于信息可视化方法及相关算法的研究。CiteSpace 可用于探测和分析学科研究前沿的变化趋势以及研究前沿与其知识基础之间、不同研究前沿之间的相互关系。通过对文献信息的可视化,我们能够较为直观地识别学科前沿的演进路径及学科领域的经典基础文献^[1]。

1965 年,美国科学计量学家普赖斯(D.Price)注意到一个非常有趣的现象,即在科学引文网络中,频繁被引用的文章越多是新近发表的文章。他提出了“研究前沿”的

收稿日期:2008-04-17

基金项目:国家自然科学基金重点项目、重大国际合作项目(70431001,70620140115);大连理工大学人文社科研究基金项目(20070404)

第一作者简介:侯剑华(1980-),男,辽宁北票人,博士研究生,研究方向:信息可视化和科学计量研究。

概念并以此来描述学科研究领域的过渡本质^[2]。皮尔逊(O.Persson)在1994年对研究前沿和知识基础作了界定:“从文献计量学来看,引文形成了研究前沿,被引文献组成了知识基础。”知识基础由共引聚类来表示,通过逐渐降低共引的阈值,他提出了所谓的知识基础的逐级扩大(Stepwise Enlargement)概念,即随着共引阈值的降低,共引聚类中的文章越来越多,从而知识基础也逐渐增大,并发现知识基础在相当长的一段时间内保持稳定^[3]。

确定研究领域演进的关键点是进行计量分析的关键环节。假设 $\Psi\alpha$ 和 $\Psi\beta$ 分别是 t 时刻和 $t+\Delta t$ 时刻产生于 $\Omega\alpha=\Phi(\Psi\alpha)$ 和 $\Omega\beta=\Phi(\Psi\beta)$ 知识基础上的、以文章 α 和文章 β 为标识的主要研究前沿,并形成分别以文章 α 和文章 β 为中心的两个共被引文献聚类。连接这两个聚类路径上的文章 $\{p(i)\}$ 描绘了从 $\Psi\alpha$ 向 $\Psi\beta$ 转变的特征,我们将这样的 $\{p(i)\}$ 称作关键节点。CiteSpace可探测出这些关键节点,并在视图中用颜色加深加粗的外圈加以突出显示^[4]。

2 数据来源与处理

本文分析国际科技政策研究领域的前沿演进,作为共引分析的文献及其引文的数据来源的确定是进行分析的前提和基础。本文通过主题词检索的方式确定数据源,所有的数据下载于Web of Science,这是美国科技信息情报所(ISI)的SCI和SSCI检索数据库的入口网站。每一条数据记录主要是文献的题录信息,包括文献的作者、题目、摘要和文献的引文。具体方法为在Web of Science的主题词检索栏以“Science Policy OR R&D Policy OR Research Policy”为主题词进行检索,时间范围限定在1987-2006年。在数据下载的过程中,我们选择“Article”类型、去除“Review”、“Note”等类型,文献语言为“English”,共检索到885篇文献,其中共包含引文29 355条。下载数据以纯文本文件格式保存在同一文件夹内。通过CiteSpace软件进行分析,在创建“Project”过程中,可直接选中保存数据的文件夹路径。在对数据进行时间分段处理上,设置“Time Scaling”的值为2,即选择每两年为一个时间间隔,将1987-2006年的20年时间段分成10个时间间隔。对数据进行时间分段处理主要考虑以下几个方面:一是CiteSpace软件在设计和运行过程中采用了“分治策略”原理,将数据进行时间分段处理有利于软件的运行速度和准确度;二是采用数据分段处理有利于辨识学科演进的突出转折点和学科前沿的动态趋势。

一般而言,CiteSpace可直接导入从Web of Science下载的文献数据格式。与其他同类信息可视化软件不同的是,CiteSpace本身带有一个数据转换器,可以自动将从网络上保存的数据格式进行转换,不需要将下载的原始文献数据先进行相关矩阵的转换,从而节省了进行相关矩阵转换的复杂步骤和处理过程,这也是CiteSpace软件的优越性之一。在开始利用CiteSpace进行数据处理之前,要将需要处理的文献数据放在同一个文件夹内。每个数据文件名必须以“download”开头,并以“.txt”结尾,如“download-sci-policy-2006.txt”。在开始利用CiteSpace创建一个新的项目之前,需要具体制定两条路径,一条是数据存储路径,一条是项目存储路径。通过项目存储路径可以找到在CiteSpace运行过程中所保存的图谱和输出文件,数据存储路径则是文献数据的存储路径。

3 结果分析

CiteSpace可视化软件对共引网络图谱的显示有两种不同的视图方式,即聚类视图(Cluster-View)和时区视图(Time-zone View)。时区视图的显示方式突出共引网络节点随时间变化的结构关系。利用CiteSpace软件运行得到国际科技政策领域文献共引网络图谱的时区视图(图1)。

由图1可见,主要是较深颜色的连线占据了时区视图的整个图谱。国际科技政策研究领域的相关文献在20世纪90年代中期以后剧增的情况,反映了国际科技政策在20世纪90年代中期后成为学者们研究的前沿热点。

根据陈超美博士的定义,共引网络图谱中的关键节点是图谱中连接两个以上不同聚类,且相对中心度和被引频次较高的节点。这些节点可能成为网络中由一个时间段向另一个时间段过渡的关键点^[5]。在网络分析理论中,点的中心度是指其所在网络中通过该点的任意最短路径的条数,是网络中节点在整体网络中所起连接作用大小的度量。因此,在文献共引网络图谱中,中心度大的节点相对地容易成为网络中的关键节点。从知识领域的角度看,关键节点文献一般是提出重要的新理论或是具有重大理论创新的经典文献,也是最有可能形成科学研究前沿热点的文献。

表1 共引网络图谱关键节点信息

节点作者	发表年	作品载刊	半衰期	被引频次	中心度	聚类
GIBBONS-M	1994	NEW-PRODUCTION-KNOWLEDGE	3	6	0.47	cluster6
BUSH-V	1945	SCI-ENDLESS-FRONTIER	53	4	0.19	cluster2
LATOUR-B	1987	SCI-ACTION	12	2	0.16	cluster6
ZIMAN-J	1994	PROMETHEUS-BOUND-SCI	6	5	0.14	cluster6

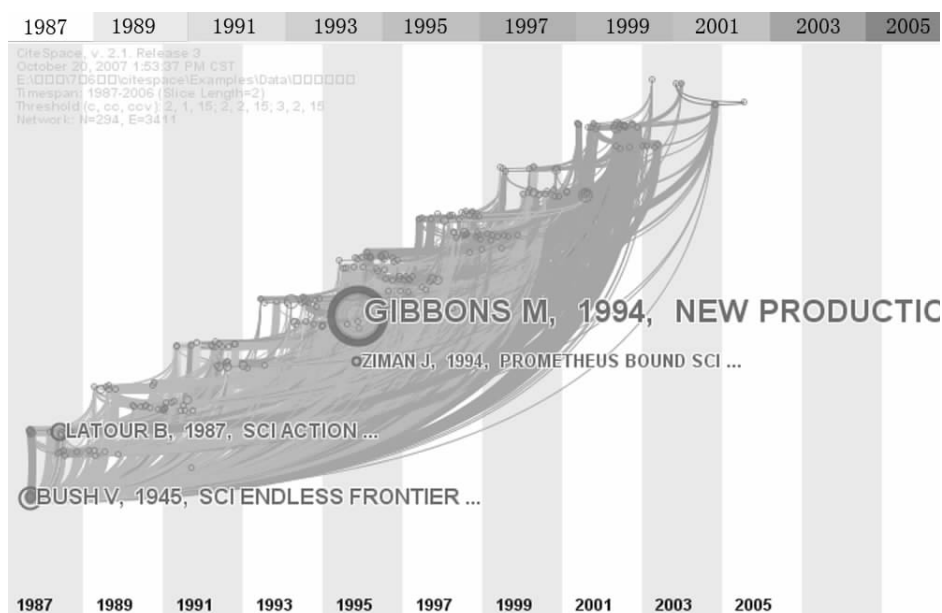


图1 国际科技政策文献共引网络图谱的Time-Zone视图

列于表1的关键节点文献作者中,前两位是科学政策专家,后两位是科学社会学家。按照节点在共引网络中的中心度大小,排在首位的是美国社会学家迈克·吉本斯(Mickle Gibbons)1994年发表的《新知识生产方式:科学和研究在当代社会中的动力》(The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies)一书。吉本斯等学者研究发现,“科学研究正在分裂成两种形式的知识生产模式。模式一是传统单学科内以认知为目的的知识生产。在此模式中,基础与应用之间的界限非常清晰。而模式二是跨学科的,具体表现在:(1)在该模式中,基础与应用、理论与实践之间的界限非常模糊;(2)它注重获得具有背景特征的结果,科学发现一般产生于为应用而发展知识这个背景,而其研究结果又能进一步推动理论的进步;(3)该模式中的知识及其生产者在学科边界之间的流动现象更加显著,研究组织更具开放性和灵活性。尽管两种知识生产模式截然不同,但是,它们是相互作用的,模式二是从传统单学科研究中演进而来,是模式一的补充,不是替代,而且知识生产者可以在两种模式之间来回流动”^[6]。吉本斯关于两种知识生产模式的论述,为科技政策制定提供了重要的理论基础和依据。他定义的知识生产模式二是一种与实际应用紧密相关,取决于经济和社会领域中产生的问题,而非依赖于学科本身的新兴的知识生产模式。该模式所强调的以任务为中心、打破学科间的界线、鼓励跨学科

和非同一研究机构的研究者合作的灵活研究形式,为宏观科学技术政策的制定起到了积极的导向作用,有利于促进学科的交叉和创新。

中心度位居第二的是曾在二战时期担任美国科学研究发展局局长的万尼瓦尔·布什(Vannever Bush)于二战结束时的1945年向美国总统杜鲁门提交的研究报告《科学:永无止境的前沿》(Science: The Endless Frontier),书中提出了科学研究的线性概念模式。科学技术政策既体现了国家利益和目标,也涉及科学技术的

发展,在政策制定过程中也就自然离不开科学家的参与。万尼瓦尔·布什的这份研究报告已经为科学技术政策制定者的思维方式服务了大约40年^[7]。

万尼瓦尔·布什是一位对美国科学技术政策产生过重要影响的科学家。他一生不仅在电子学领域申请并获得50余项发明专利,更重要的是他曾创办了一个组织,专门协调政府与研究机构之间的关系,一方面争取政府对私人研究机构的支持和资助,另一方面充分协调私人研究组织间的关系、整合研究资源,为政府和经济服务。他的很多建议对美国科学技术政策的制定和实施产生了重大的影响。1944年11月,布什遵照罗斯福总统的指示,预测如何在平时时期发挥科学的作用。经过近一年的潜心研究,他于1945年7月在著名的《科学:永无止境的前沿》研究报告中,提出了在学界和政界都具有较大影响力的“科学研究的线性模型”,即著名的“布什模式”。他在报告中对基础研究下了明确的定义,并说明了基础科学和技术创新之间的联系环节。布什认为,相对于生产实践而言,“基础研究是技术进步的先行官”,基础研究应通过应用和发展研究的中间环节为技术进步提供积极而有力的内在动力。他认为,基础研究确立了应用研究的方向,而应用研究以创造和研制新产品、新品种、新技术和新方法、新规范为目标。他还认为,应该给予基础研究充分的自治权,让科学研究按照自己的方式运行并发挥作用,只有这样,科学研究才能产生解决

社会问题的方法。

布什关于科学研究的线性概念模式深刻地影响了美国制定科学技术政策的战略目标,尤其是建议政府建立国家基金加大对基础研究支持的力度,对基础研究的发展起到了极大的促进作用。不过当我们把布什的线性模式放到整个科学史的背景中分析时就不难发现,把基础研究和应用研究隔离开来的观点和单向度的科学研究的线性模式是不全面的。

第三位是法国科学社会学家布鲁诺·拉图尔(Bruno Latour),他通过长期对实验室科学家的观察研究,于1987年发表了《科学在行动:怎样在社会中跟随科学家和工程师》(Science in Action:How to Follow Scientists and Engineers through Society)一文,揭示了科学事实的建构过程。

随着研究机构和人员的增加以及研究领域的不断开拓,尽管许多国家增加了研究投入,但是仍难以满足研究对投入的需求。20世纪70年代初期以来,这一形势迫使政府科学政策越来越注重获得“相关性科学”(Relevant Science)知识。大学里的科学研究由满足科学的需要转变为满足社会的需求。进而在政府资助基础研究方面,除了少量经费用于满足科学家好奇心驱动的研究外,大量经费都投入于与社会经济发展密切相关的研究领域。在选择资助对象、判断资助的合理性时,越来越多的国家要求资助机构参照科学研究的外部标准,即社会经济利益来衡量。在这一背景下,欧美国家出现了研究科学技术的历史、文化以及其对社会冲击的热潮。法国著名的科学社会学家布鲁诺·拉图尔(Bruno Latour)是科学技术与社会领域研究的代表性人物,他通过研究科学家在实验室中的活动,详细阐述了科学事实的建构过程。他发现科学研究并不像教科书上所写的那样,是个井然有序的过程,而一个个重复的科学实验才是理解科学本质的关键。对于拉图尔在1987年出版的《科学在行动:怎样在社会中跟随科学家和工程师》一书,学术Google搜索的结果是,该著作共被引用4 234次(2007年11月3日检索)^[8]。拉图尔和伍尔加(S. Woolgar)在该书中创造性地把人类学的田野观察法引入到实验室,对科学家的活动进行研究。他们把实验室看成类似于初民社会的部落,研究者以“陌生人”的身份进入科学家的实验室,对科学知识如何在实际

过程中被建构进行描述。

最后一位是英国科学社会学家约翰·齐曼(John M. Ziman),图谱中的关键节点文献是他发表于1994年的《被俘的普罗米修斯:处于动“稳态”中的科学》(Prometheus Bound: Science in a Dynamic "steady State")。齐曼在《元科学导论》(An Introduction to Science Studies)中就已经提出科学研究的三个主要维度,即知识或科学哲学维度、共同体或社会维度、个人或心理学维度。齐曼认为,科学是一项复杂活动,它同时存在于所有这三个维度之上,三个维度间的不同作用展现了科学活动的复杂景观。

而早在20世纪70年代,齐曼就认为,“实用化的科学研究观”发展的趋势在加速。他在著作中提到,“研究资助机构、管理人员和研究人員证明了政府投资科学研究的合理性”,“政府认为科学研究最终将带来新产品、新工艺和提高社会福利,研究产生的私人回报率和社会回报率总和大于研究投入”。这些认识也促进了“相关性科学政策”的制定。在进入21世纪以后,齐曼在他的新著《真科学》中表达了他最新的科学社会学观点。他认为,现代科学正在从学院时代走向了后学院时代,因此其传统的学术规范即默顿规范随之也要作出相应的修正;科学进步也像生物进化,有自然选择但也有自组织能力。

4 研究结论

通过前面共引网络图谱的时区视图可以发现,最近数十年,纵观国际科学技术的发展,科学的生产方式逐渐发生了变化。对国际科学技术政策演进的分析,我们可以得到以下启示。

首先,科学越来越走向专业化,现代科学成为一个既高度综合又高度分化的复杂体系,而科学工作者分布在这个体系的高度职业化的位置上,从事着外行难于理解的知识生产。在这里,科学工作者领取薪俸,从事着高度专业化的职业工作,而原来那些科学好奇者和业余爱好者已很难再凭自身兴趣去进行科学研究了^[9]。

其次,现代科学变得越来越“有利可图”。人们对科学感兴趣,并不仅仅因为它能够激发智力上的兴趣,而且是因为它能够带来物质上的利益(这种物质利益不仅是个人的物质利益,更强调是一种社会利益)。因为科学知识是一种社会产品,更大的社会利益也许在塑造它并不断壮大它的过程中起着一种看不见的作用或者说是一种强大

的外在压力。

最后,对于现代科学,基础研究和技术开发已经相互渗透,从长远来看,将变得难于区分。这正像吉本斯所描述的,两种知识生产模式是相互作用、相互流动的。因为应用研究是根据市场原则来组织的,与实践紧密联系在一起,大多数半自治的研究实体都是通过承担一些由投资机构资助的具体项目来维持科学的自身发展。同时,科学知识本身具有相通性,不可能把基础研究和应用研究截然分开。

国际科学和技术政策研究的进展和趋势对于我国科学技术政策的研究具有重要的参考价值。我国政府机构和团体组织一方面要加大基础研究投入,促进前沿学科和交叉学科的发展,因为基础研究不但为应用研究提供了理论支撑,同时自身也可以渗透到应用研究中,更直接地服务于社会经济;另一方面,要加强产学研合作和国际科学技术合作,促进科技人才的发展和流动;另外,就是对现有的科技管理机构和管理机制进行改革,建设新的治理机制和创新机制。

参考文献

[1] Chaomei, C. Searching for intellectual turning points: Progressive Knowledge Domain Visualization[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of

America, 2004.101(Suppl. 1):5303-5310

- [2] Price, D. Networks of scientific papers[J]. Science, 1965(149): 510-515
- [3] Persson, O. The intellectual base and research fronts of jasis 1986-1990 [J]. Journal of the American Society for Information Science, 1994, 45(1): 31-38
- [4] Chaomei, C. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2005, 57(3): 359-377
- [5] Chen, C. The Centrality of Pivotal Points in the Evolution of Scientific Networks [C]. In Proceedings of Proceedings of the International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI 2005), San Diego, CA, 2005
- [6] 刘作仪. 基础研究评价若干问题的认识[J]. 北京: 科学学研究, 2003, 21(4): 373-377
- [7] 盛晓明, 胡娟. 社会研究视角中的科技政策[J]. 北京: 科学学研究, 2004, 22(1): 37-42
- [8] 学术 Google. 2007. <http://scholar.google.com/scholar?hl=zh-CN&lr=&newwindow=1&q=Bruno+Latour+1987&lr=>.
- [9] 王英, 黄欣荣. 现代科学的复杂性审视——齐曼科学社会学思想的新发展[J]. 北京: 自然辩证法研究, 2004, 20(3): 67-70

(责任编辑 徐 惠)

The Information Visualization of Research in International S&T Policy and Analysis of the Key Nodes

HOU Jianhua^{1,2}, ZHANG Chunbo^{1,2}, WANG Xukun²

(1. WISE LAB, Research Center of S&T Ethic and Management, Dalian University of Technology, Dalian 116085, China; 2. The Developing & Research Centre of 21st Century, Dalian University of Technology, Dalian 116085, China)

Abstract: We can analyze the evolution and development of the scientific fields by the scientific document's growth and document half-life's size. By the Cite Space, one information visualization tool, we got the document co-citation map in the field of the international S&T Policy in this paper, and emphatically analyze the key nodes in the map, and then probe the forefront and evolution of the field. Finally, we concluded, the production methods of the scientific knowledge had seen tremendous changes. In addition, basic and applied research couldn't completely separate, but interact, infiltrate and flow mutually.

Key words: S&T policy; information visualization; Cite Space; basic and applied research