

# 基于知识图谱的领域新兴主题研究现状分析\*

范云满<sup>1,2</sup> 马建霞<sup>2</sup> 曾 苏<sup>3</sup>

(1. 中国科学院国家科学图书馆兰州分馆 兰州 730000; 2. 中国科学院大学 北京 100049;  
3. 国核工程有限公司 上海 200233)

**摘要** 发现和追踪领域新兴主题是研究人员发现和追踪本领域内最新研究趋势和研究方向的一个重要途径。新兴主题探测可以探测、识别、发现这些新兴趋势和新兴主题。本文对 ISI Web of Science 数据库中收录的关于新兴主题研究的文献进行收集,然后从文献计量学的角度进行定量分析;利用 CiteSpace II 对国家、机构、作者的合作关系做出对应的知识图谱;并对共被引文献的关键节点文献进行了研读和分析;最后利用 CiteSpace II 生成的本研究领域的研究主题聚类图、时序图对研究内容及现状进行了分析和预测。

**关键词** 领域新兴主题 文献计量 引文分析 CiteSpace II 知识图谱

中图分类号 G350

文献标识码 A

文章编号 1002-1965(2013)09-0088-07

## The Analysis for the Study of the Field Emerging Topic Based on Knowledge Mapping

Fan Yunman<sup>1,2</sup> Ma Jianxia<sup>2</sup> Zeng Su<sup>3</sup>

(1. The Lanzhou Branch of National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000;  
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;  
3. State Nuclear Power Engineering Company, Shanghai 200233)

**Abstract** To find out and track the emerging topic is one important research approach to find out and track the latest research trend and direction for area researchers. The detection for the emerging topic is capable to find, detect and identify these new emerging trends and emerging topics. This paper collects the literatures which are about the subject of the emerging topic contained in the ISI Web of Science, and analyzes these papers in quantity in terms of bibliometrics; generated the knowledge domain mapping using the citespace for co-occurrence of the collaboration of the countries, institutions and authors; then analyzes and reviews the key node literature in the network of the co-cited documents. Finally, it analyses the research content and status and predicts the future development using the cluster view and the timezone view generated by the citespace II.

**Key words** field emerging topic bibliometric citation analysis citespace II knowledge mapping

## 0 引言

如果将一个主题的发生发展过程看成一条生命曲线,领域新兴主题是指一个领域中重要的处于成长阶段的但还不是研究热点的主题<sup>[1]</sup>。

随着各种学术期刊、研究论文以及会议论文的电子化,研究人员从过去面临的信息匮乏危机变为面临

信息过载的危机。如何从海量的信息中迅速准确地把握领域的研究前沿,跟踪领域的新兴研究主题和动向,成为在大数据时代科研人员迫切的信息需求,近年来对于领域的新兴主题的研究的重要性日益凸显,对于快速从海量数据中挖掘出领域新兴主题的理论和方法的研究也成为信息管理、情报研究和文本挖掘等相关领域的研究热点。

收稿日期:2013-05-27

修回日期:2013-07-26

基金项目:本文系中国科学院西部之光联合学者项目“基于计算情报方法的甘肃省战略新兴产业技术创新竞争与发展研究”(编号:Y200201001);国家自然科学基金项目“基于科学基金项目及知识产出的研究前沿撒探测”(编号:71373260)研究成果之一。

作者简介:范云满(1980-),男,硕士研究生,研究方向:计算机信息处理、新兴主题探测技术研究;马建霞(1972-),女,博士,研究馆员,硕士生导师,研究方向:知识发现与情报分析技术;曾 苏(1986-),男,硕士,研究方向:文档管理、数字图书馆理论与技术。

## 1 研究背景

对于领域新兴主题的研究,首先要界定新兴主题的概念,因为新兴主题、研究前沿、新兴趋势三个术语一直被混用。但是本文认为三者还是存在细微的差别:

1.1 研究前沿 普赖斯在1965年提出了“研究前沿”的概念<sup>[2]</sup>,认为较早发表的论文与新发表的论文通过参考文献紧密联系,这些较早的论文构成了研究前沿<sup>[3]</sup>。Persson在1994年认为研究前沿是与高同被引文献簇关联的施引文献群,即施引文献构成了研究前沿,而被引的文献构成了知识基础<sup>[4]</sup>。陈超美在2006年,通过定义爆发性(bursty),将一组突发的概念及其基本研究问题定义为研究前沿<sup>[5]</sup>。

1.2 新兴趋势 April在2004年提出新兴趋势,是随着时间推移引起越来越多的研究兴趣和使用更加广泛的一个主题领域<sup>[6]</sup>。新兴趋势探测(Emerging Trend Detection,ETD)是研究如何发现这些新兴趋势。ETD包含三个阶段:主题领域描述(Topic Repretation)、主题领域识别(Topic Identification)和主题领域确认(Topic Verification)<sup>[7]</sup>。

1.3 新兴主题 Tu Y等认为新兴主题是指一个领域中重要的处于成长阶段的但还不是研究热点的主题<sup>[1]</sup>。

从各个术语定义的对象上来看,普赖斯对于研究前沿的定义通过一组文献来表现,新兴趋势通过主题领域来表现,而新兴主题定义则表现为处于成长阶段的某主题。在语言学中主题是所谈论的事情;在自然语言处理中,主题是词项的概率分布<sup>[8]</sup>,形式上,是一组词义相近的单词或短语。主题是文章的语义(semantic)表达,语义是指一篇文档中的主题能够体现一篇文档表达的中心内容<sup>[9]</sup>。因此,本文认为研究前沿和新兴趋势是新兴主题概念的基础,而新兴主题是研究前沿和新兴趋势二者的继承和发展。通过对于领域新兴主题的研究现状进行分析,可以将对新兴主题的研究方法和现状分为两类:

a. 对于研究前沿探测方法的探索。陈世吉、殷蜀梅等分别从科学研究前沿探测的各种方法和指标体系建立方面进行了总结与探索,但是没有对研究前沿探测的发展现状进行分析<sup>[10-11]</sup>。文献[12,13]利用同被引对研究前沿进行探索,利用核心文献法探测研究前沿<sup>[14]</sup>。

b. 利用知识图谱对所在的领域的研究前沿进行分析。Schiebel利用基于文献同被引和共引的三维密度图对研究前沿进行可视化分析<sup>[15]</sup>,侯海燕等利用知识图谱软件CiteSpace II对科学计量学的核心期刊、研究

力量等方面进行了研究前沿的探索分析<sup>[16-19]</sup>。

但是,上述这些研究都是对各自领域的研究前沿进行分析,不是对新兴主题研究这一领域的研究现状进行分析。本文采用文献计量学的方法,结合CiteSpace II的可视化结果,从核心作者和作者合作网络、国家论文产出以及国家之间的合作、机构产出以及机构之间的合作,核心期刊、论文的出版年分布、新兴主题研究这一领域中的热点主题随时间的分布等方面,对新兴主题研究这一领域的研究现状进行全面的分析。

## 2 数据采集

2.1 数据源 国内对于研究前沿这个领域进行研究的论文不多,所以本文采用ISI Web of Science(以下简称:WOS)作为数据源,同时WOS的数据经过了专家评审,具有很强的权威性。收集的数据源的详细介绍如表1所示。

表1 收集的数据源

数据源: Web of Science	
检索式	TS=(( "emerging topic" ) or ( "emerging research field" ) or ( "emerging research trend" ) or ( "research fronts" ) or ( "emerging knowledge domains" )) or TI=( "Networks of scientific papers" )
时间区间	1965-01-01 至 2012-12-31
检索时间	2013-03-05
结果文献数	415 篇

2.2 分析工具 CiteSpace II是美国德雷塞尔大学的陈超美领导的信息可视化团队开发的一个利用JAVA语言开发的可视化工具<sup>[5]</sup>。CiteSpace II能够利用科学文献产生结构性视图和时序性视图,包括合作网络、作者合著网络和文档共引网络等,也支持对国家、机构、术语等进行共现分析。

## 3 新兴主题研究的研究现状分析

3.1 核心作者 总共有1094位作者,如果定义产出论文量为2篇以上(包括2篇)的作者定义为高产作者,得到82位高产作者,占总作者数的7.5%。

选择CiteSpace的Node类型为“Author”,得到作者合作关系图,如图1所示。在表2中列出图1中比

表2 作者共现网络中的关键作者

频次	作者	年份	#Cluster
10	J VLACHY	1985	6
8	E GARFIELD	1989	6
2	DJD PRICE	1965	6
8	Yuya Kajikawa	2009	9
6	Naoki Shibata	2009	9

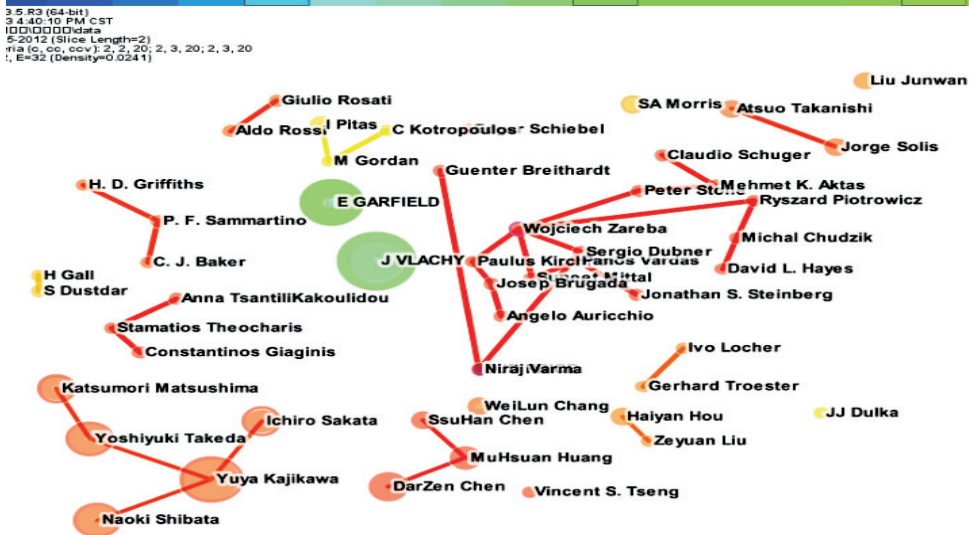


图 1 作者共现网络

较大的节点对应的作者的数据,限于篇幅,只列出部分比较大的节点所在的簇的部分信息。

结合图 1 和表 2 可以看出领域新兴主题研究方面的知识基础的奠基者。排在第 1 位是捷克的 Jan Vlachy, 1989 年被授予普赖斯奖,以表彰他对物理学产出论文的作者、组织机构、编者、引文等科学计量分析所做的贡献<sup>[20]</sup>。排在第 2 位的是尤金·加菲尔德 (Eugene Garfield), 他在 1955 年提出编制科学引文索引的思想, 20 世纪 60 年代初创建科学信息服务社 (ISI), 并开始编制《科学引文索引》, 1963 年出版, 成为文献检索和引文分析的重要工具, 为文献计量学和科学学的发展作出了重要贡献。排在第 3 位的普赖斯 (DJD PRICE), 虽然其频次不高, 但是其年代却是最早的。普赖斯被誉为科学学之父以及科学计量学奠基者, 在 1961 年出版了《巴比伦以来的科学》, 并利用《科学引文索引》判断科学论文的价值, 提出了著名的普赖斯曲线和普赖斯指数, 为信息科学研究奠定了基础。排在第 4 位和第 5 位的是日本的创新政策研究所的两位研究人员, 他们对能源领域的研究热点进行跟踪分析。在文献 (Kajikawa, 2008) 中通过进行引文网络分析追踪新兴研究热点, 得出燃料电池和太阳能电池两个研究前沿, 然后在每个子领域中进行聚类分析得到详细的结构<sup>[21]</sup>。

### 3.2 高生产力国家 (地区) 以及合作情况

我们对论文的产出国家进行统计, 如图 2 所示。美国以产出量 98 篇遥遥领先于其他国家; 中国的产出数量在美国之后, 为 46 篇, 德国的产出数量和中国的相差不大, 为 37 篇。而日本、法国、英国等大致相同, 为第三梯队的国家 (地区)。因此, 我国对于新兴主题的研究虽然与美国还是有较大的差距, 但是与其他的国家 (地区) 相比还是存在很大的领先优势。

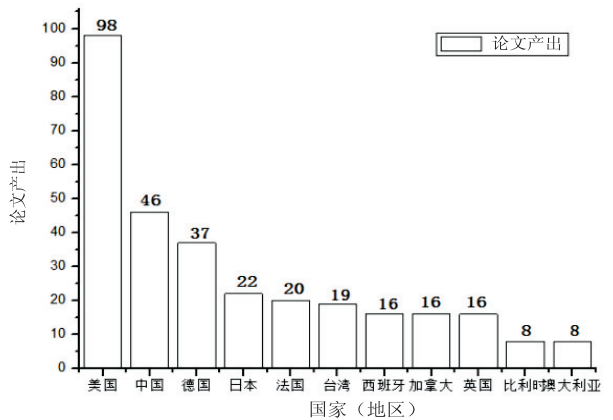


图 2 国家论文产出

另一方面, 用 CiteSpace II 对国家的合作状况进行了分析, 如图 3 所示。可以看出, 美国一家独大的情形十分明显; 同时, 在排名靠前的几个国家 (地区) 之间没有合作, 而英国、日本、加拿大、希腊、荷兰这些产出不多的国家, 合作比较紧密。



图 3 国家合作网络

3.3 高生产力机构以及机构合作情况 我们在图 4 中给出了前 20 位的机构产出对比。其中值得注意的是, 排名前 10 位的有三个是中国大陆的机构: 北京大学、社会科学院和大连理工大学, 说明我国在这一领域的研究也是很繁荣的, 这也与前面的按国家的论文



产出对比图是一致的。

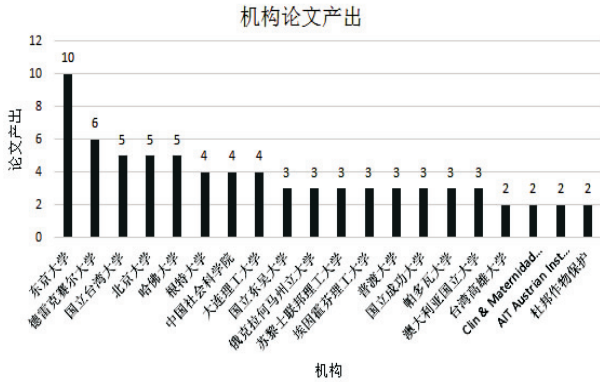


图4 机构论文产出量对比

同样,利用 CiteSpace II 对于机构的合作状况进行了分析,如图 5 所示。可以看出,论文就产出量比较大的机构,如东京大学、德雷克赛尔大学、哈佛大学等都是独立完成论文的产出,没有合作的产出;而台湾的东吴大学和淡江大学之间,高雄大学和成功大学之间以及美国约翰·霍普金斯大学和麻省总医院总医院之间存在着合作关系,尤其高雄大学和成功大学之间的合作的论文产出比较多。

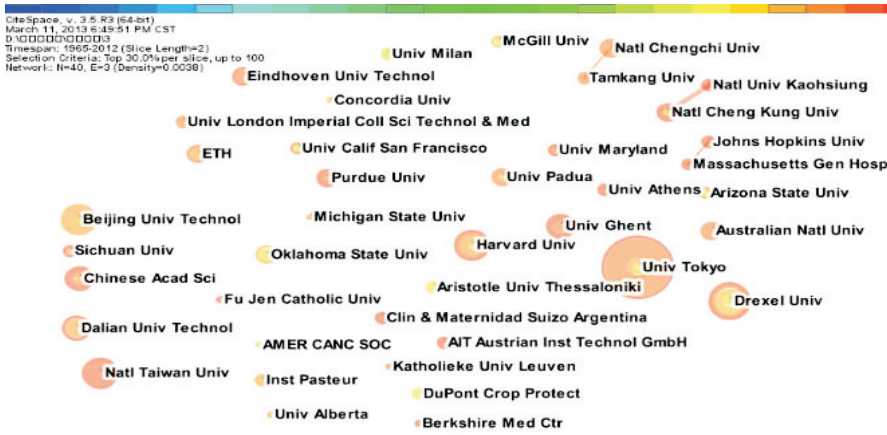


图5 机构合作网络

3.4 高生产力期刊 排名前5位的期刊以及对应的论文刊量如图6所示,分别是科学论文讲义(Lec-

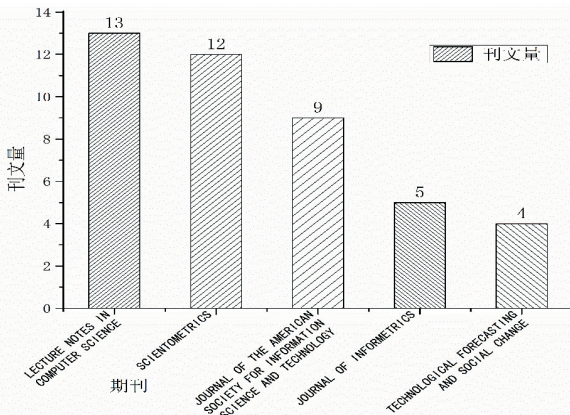


图6 期刊论文产出量对比

ture Notes in Computer Science)、科学计量学(Scientometrics)、美国社会信息科学和技术(Journal of The American Society For Information Science and Technology)、情报计量学杂志(Journal of Informetrics)和计算机预测和社会变化期刊(Technological Forecasting and Social Change),都是和计算机领域、信息领域以及信息计量学相关的期刊,从而可以推断新兴主题发现的理论和技术的发展主要是在这几个领域中进行。

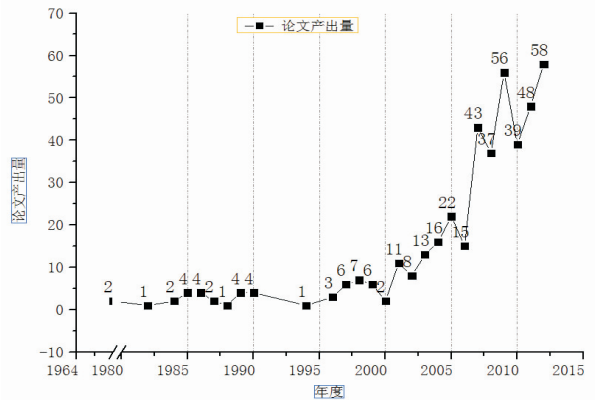


图7 论文年产出量

3.5 出版年分布 如图7所示,第一篇关于新兴主题研究的文献是1965年普赖斯发表的“Networks of scientific papers”。在2000年以前一直处于发展比较缓慢的状态,每年的发文量不超过10篇,尤其是在1965-1982年之间没有这方面的文献;而2000-2006年缓慢增长,在2007年以后进入了迅猛增长的时期。本文认为,这个可能是因为陈超美在2006年发表了一篇重要的利用 CiteSpace II 进行新兴主题探测和趋势发现的论文<sup>[5]</sup>,这篇论文的被引次数已经达到了149次,也可以说明其在推动新兴主题发现方面所做的贡献。

此外,通过对文档集中的参考文献进行分析发现,最早被研究相关新兴主题的文献所引用的文献是一篇物理领域的“The shape of ultra microscopic gold particles”。同时可以看出,在1965年之后的文献被引用的次数在逐渐增加。

3.6 被引频次最高的论文所属领域的分析 被引频次排名前5位的论文所属的领域如表3所示。被引频次最高的一篇是普赖斯在 Science 上发表的 Networks of Scientific Papers。普赖斯在这篇文献中通过对包含参考文献以及被引次数的对比,证明大部分论

文在一年被引用后续年中不太可能继续被引用,并同时证明了存在有一少部分的论文在某一年被引用后在后来的年中很有可能继续被引用,普赖斯将这部分的论文成为所在领域的科学前沿。第 2 篇到第 5 篇都是各个领域中的专家对自己领域中新兴研究趋势、新兴主题进行的分析、总结以及进一步的研究,并没有采用情报计量学的方法;但是从另一个角度说明,在这几个领域中的领域研究专家对新兴主题的发现与研究关注度很高。

表 3 被引频次最高论文所属领域

Top#	所属领域	被引频次	发表年份
1	计算机科学	830	1965 <sup>[3]</sup>
2	免疫学	583	1996 <sup>[22]</sup>
3	计算机科学	557	2001 <sup>[23]</sup>
4	心理学	313	2003 <sup>[23]</sup>
5	计算机科学	305	1998 <sup>[24]</sup>

3.7 同被引关键文献分析 限于篇幅,表 4 只列出了共现频次超过 6 次,并且中间中心度大于 0 的前 6 篇文献的部分信息,其图谱如图 8 所示。图谱中的文献很明显地分成了两个簇,左上角的簇大部分都是 20 世纪 80 年代的文献,而右下角的簇的大部分都是 21 世纪的文献。

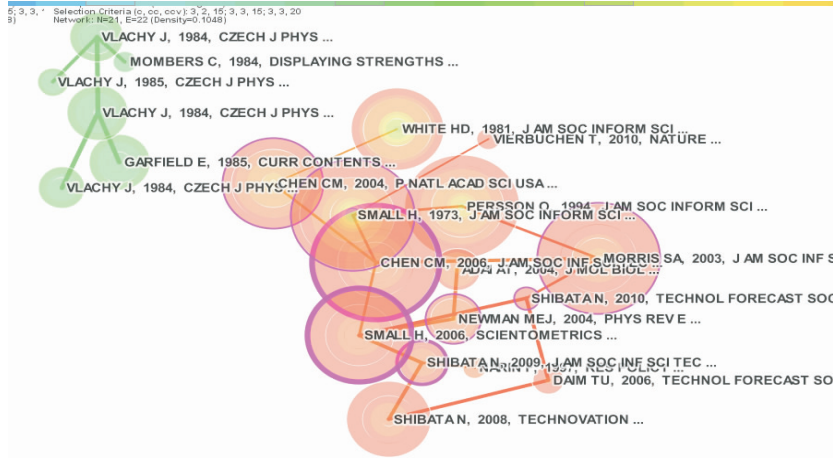


图 8 同被引关键文献

表 4 前 6 位的同被引关键文献

频次	中间中心度	作者	年份	Source	VOL	PAGE
7	0.07	VLACHY J	1984	CZECH J PHYS	V34	P171
16	0.48	Chen CM	2006	J AM SOC INF SCI TEC	V57	P359
16	0.17	SMALL H	1973	J AM SOC INFORM SCI	V24	P265
16	0.14	Morris SA	2003	J AM SOC INF SCI TEC	V54	P413
15	0.02	PERSSON O	1994	J AM SOC INFORM SCI	V45	P31
13	0.52	Small H	2006	SCIENTOMETRICS	V68	P595

第 1 篇、第 4 篇和第 6 篇都是利用文献计量学的方法对各自领域中的论文进行共被引分析、时序分析以及聚类分析,得到领域中的研究前沿、新兴主题。Jan Vlachy 利用共引分析法形成的共引地图来分析出一些高被引论文,用这些论文表示在当时的物理学上

的研究前沿<sup>[25-26]</sup>。Morris 以炭疽热领域相关的论文为基础,分析了这个领域的研究前沿和知识基础,对二者进行了时序分析,生成了一个时序图<sup>[27]</sup>。Small 在利用聚类分析的方法,以纳米管和 SARS 的治疗相关的论文为研究对象,将数据集分为三个时间区间,通过对每个区间内的文献进行共引聚类,得到每个研究领域中的新兴主题<sup>[28]</sup>。可以看出,各领域中的专家普遍采用文献计量学中的共被引分析、时序分析等方法,分析本领域的新兴主题;另一方面说明领域专家对领域内的新兴主题十分关注。

第 2 篇、第 3 篇和第 5 篇文献是文献计量学领域中关于新兴主题发现、知识基础、知识前沿的研究。陈超美博士首先通过定义研究前沿为一组爆发词 (bursty terms) 构成的动态概念和潜在的研究问题,同时使用 Freeman 提出的中间中心度的概念将关键节点凸显出来<sup>[5]</sup>。他用可视化的方式(聚类视图和时区视图)对研究前沿从聚类的角度研究主题随时间演化的两个角度进行了刻画,从而使得以后的研究人员可以利用 CiteSpace II 对各个领域的研究前沿进行分析。Small 提出了共引 (co-citation) 的概念,将两篇文章的引文中相同的参考文献数量作为共引的强度,从而将

共引作为一种新的方法引入到科学计量学中<sup>[29]</sup>。Persson 认为知识基础为被引文献,而施引文献则构成了研究前沿,从这之后,施引文献和被引文献则形成了一种层级关系,为以后的前沿研究作了理论准备<sup>[30]</sup>。因此,这说明在文献计量学中对新兴主题的探测、追踪的技术一直受到较高的关注度。

从上述两个方面的分析中,本文认为,无论是文献计量学领域中对新兴主题探测、发现的技术是研究的热点还是在其他的领域中利用文献计量学的技术来探测、发现新兴主题,都说明新兴主题发现在各个领域都是一个关注度较高的研究方向。

3.8 研究热点分布和研究热点的时序分析 利用高频出现的共现词可以用来确定新兴主题研究的研究热点领域和重点主题。网络节点选择为关键词 (keyword),将前后三个时间段中的 (c, cc, ccv) 阈值分别设置为 (2, 2, 15)、(2, 3, 15) (3, 3, 20),得到图 9 所示的关键词共现图谱,共有 70 个节点,60 条连线。图谱中的圆形节点代表的是研究主题,节点越大说明共现频次越高;节点之间的连线表示两个关键词共现的频次,连线越粗代表共现的频次越高。出现频次较高的关键词有科学研究 (science)、引文网络 (network)、研究前



沿 (research fronts)、文献计量学 (bibliometrics)、领域可视化 (visualization)、数据挖掘 (data mining)、知识管理 (knowledge)、科学文献 (scientific literature)、蛋白质 (protein)、引文分析 (citation)、作者共引分析 (author cocitation analysis)、主题识别 (identification)、神经网络 (neural-networks)、知识领域地图 (mapping of knowledge domains)。而按照关键词的中间中心度,值比较高的关键词有文献计量学 (bibliometrics)、路线图 (roadmaps)、社会网络分析 (social network analysis)。这些词大部分都是在 2005 年后涌现的,最近的几年中,在很多领域中都有关于新兴主题的研究。另外,从图 9 中可以看出关于新兴主题的研究可以分为三个知识群 (cluster) :

原 (rehabilitation)、基因研究 (gene)、胚胎干细胞 (embryonic stem-cells) 等,因此可以理解为生物领域的研究前沿。

将图 9 的主题聚类图转化为时序图,并去掉出现频次低于 3 的节点,得到研究热点的时序图,如图 10 所示,为了图形的清晰,图中只对关键节点进行了标注。可以看到,自 1965 年普赖斯提出在科研论文 (scientific papers) 中发现新兴主题后,“scientific papers”便成为当时的热点主题,而从 1985 年研究前沿变成一个研究热点,同时可以看出,这时的研究集中于利用数量的研究;而在 2000 年随着陈超美发表了利用 CiteSpace 发现新兴主题后,对于某个领域的新兴主题发现成为了热点。



图 9 研究热点分布

#### 4 结论与展望

本文针对目前国内没有系统地对新兴主题研究这一领域的研究现状知识图谱化并分析的现状,对该领域在 WOS 上的文献进行了收集,利用 CiteSpace II 绘制了知识图谱,从国家、研究机构、作者、热点主题等方面进行了分析,并着重分析了这一领域中重要的共被引分析,研究前沿热点以及热点主题随时间的变化趋势。通过分析,本

文认为领域新兴主题的研究受到各个领域的关注。

文认为领域新兴主题的研究受到各个领域的关注。

文认为领域新兴主题的研究受到各个领域的关注。

文认为领域新兴主题的研究受到各个领域的关注。

文认为领域新兴主题的研究受到各个领域的关注。

文认为领域新兴主题的研究受到各个领域的关注。

文认为领域新兴主题的研究受到各个领域的关注。

文认为领域新兴主题的研究受到各个领域的关注。

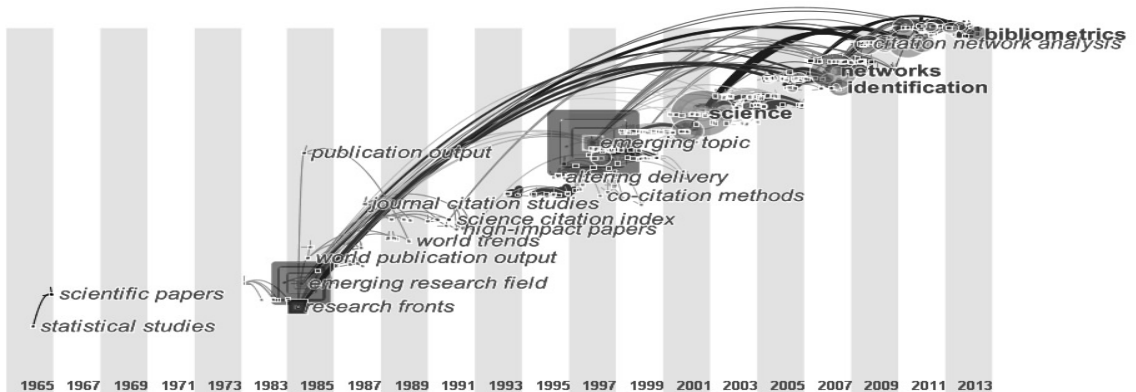


图 10 研究热点时序图

究前沿和新兴主题,但是他们利用自己的领域知识对领域的研究前沿和新兴主题进行总结和分析。

新兴主题探测是一个新的研究领域,探测技术也处于不断发展的时期。对于新兴主题的探测,本文觉得有以下几个问题需要解决:一是明确新兴主题的定义并建立一套新兴主题探测的指标,可以利用这套指标发掘出新兴的主题;二是对于某个领域分析的结果,只是通过各种工具或者技术分析、计算得到的,是否与实际相符,需要该领域的专家进行确认,而这也是很多探测本领域研究前沿的论文所欠缺的地方。

最后新兴主题的探测无论从技术还是理论都不成熟,有许多改进和完善的地方,笔者需要在以后的工作中对这个方向进行探索。

#### 参考文献

- [1] Tu Y N, Seng J L. Indices of Novelty for Emerging Topic Detection[J]. *Information Processing & Management*, 2012, 48(2): 303-325
- [2] Morris S A, Yen G, Wu Z, et al. Time Line Visualization of Research Fronts[J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2003, 54(5): 413-422
- [3] De Solla Price D J. Networks of Scientific Papers[J]. *Science*, 1965, 3683(149): 510-515
- [4] Persson O. The Intellectual Base and Research Fronts of JASIS 1986 - 1990[J]. *Journal of the American Society for Information Science*, 1999, 45(1): 31-38
- [5] Chen 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*, 2006, 57(3): 359-377
- [6] Kontostathis A, Galitsky L M, Pottenger W M, et al. A Survey of Emerging Trend Detection in Textual Data Mining[M]. *Survey of Text Mining*, Springer, 2004: 185-224
- [7] 张运良,刘红霞,乔晓东. 新兴趋势监测指标体系探索[J]. *情报杂志*, 2010(S1): 93-97
- [8] 王厚峰,徐戈. 自然语言处理中主题模型的发展[J]. *计算机学报*, 2011(8): 1423-1436
- [9] Deerwester S, Dumais S T, Furnas G W, et al. Indexing by Latent Semantic Analysis[J]. *Journal of the American Society for Information Science*, 1990, 41(6): 391-407
- [10] 陈仕吉. 科学研究前沿探测方法综述[J]. *现代图书情报技术*, 2009(9): 28-33
- [11] 殷蜀梅. 判断新兴研究趋势的技术方法分析[J]. *情报科学*, 2008(4): 536-540
- [12] Schiebel E. Research Fronts and Areal Density of Bibliographically Coupled Publications[M]. *Proceedings of Issi 2011: The 13th Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics*, Vols 1 and 2, Noyons E, Ngulube P, Leta J, Leuven; Int Soc Scientometrics & Informetrics-Issi, 2011: 756-762
- [13] Small H, Klavans R. Identifying Scientific Breakthroughs by Combining Co-citation Analysis and Citation Context[M]. *Proceedings of Issi 2011: The 13th Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics*, Vols 1 and 2, Noyons E, Ngulube P, Leta J, Leuven; Int Soc Scientometrics & Informetrics-Issi, 2011: 783-793
- [14] Glanzel W, Thijs B. Using 'core Documents' for Detecting and labelling New Emerging Topics[M]. 2012, 9(2): 399-416
- [15] Schiebel E. Visualization of Research Fronts and Knowledge Bases by Three-dimensional Dreal Densities of Bibliographically Coupled Publications and Co-citations[J]. *Scientometrics*, 2012, 91(2): 557-566
- [16] 侯海燕. 基于知识图谱的科学计量学进展研究[D]. 大连:大连理工大学, 2006
- [17] 侯海燕,刘则渊,栾春娟. 基于知识图谱的国际科学计量学研究前沿计量分析[J]. *科研管理*, 2009(1): 164-170
- [18] 侯海燕. 国际科学计量学核心期刊知识图谱[J]. *中国科技期刊研究*, 2006(2): 240-243
- [19] 刘则渊,侯海燕. 国际科学计量学研究力量分布现状之计量分析[J]. *科学学研究*, 2005(S1): 35-41
- [20] Todorov R. Comments on Jan Vlachy, Recipient of the 1989 Derek de Solla Price award[J]. *Scientometrics*, 1990, 19(3): 157-158
- [21] Kajikawa Y, Yoshikawa J, Takeda Y, et al. Tracking Emerging Technologies in Energy Research: Toward a Roadmap for Sustainable Energy[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2008, 75(6): 771-782
- [22] Su B, Karin M. Mitogen-activated Protein Kinase Cascades and Regulation of Gene Expression[J]. *Current Opinion in Immunology*, 1996, 8(3): 402-411
- [23] Dey A K, Abowd G D, Salber D. A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-aware Applications[J]. *Human - Computer Interaction*, 2001, 16(2-4): 97-166
- [24] Fuggetta A, Picco G P, Vigna G. Understanding Code mobility[J]. *Software Engineering*, *IEEE Transactions on*, 1998, 24(5): 342-361
- [25] Vlachy J. Priority Choice and Research Front Specialties in Physics[J]. *Czechoslovak Journal of Physics*, 1984, 34(1): 95-98
- [26] Vlachy J. Research Fronts in Physics 1983[J]. *Czechoslovak Journal of Physics*, 1984, 34(2): 171-174
- [27] Morris S A, Yen G, Wu Z, et al. Time line Visualization of Research Fronts[J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2003, 54(5): 413-422
- [28] Small H. Tracking and Predicting Growth Areas in Science[J]. *Scientometrics*, 2006, 68(3): 595-610
- [29] Small H. Co-citation in the Scientific Literature: A New Measure of the Relationship Between two Documents[J]. *Journal of the American Society for information Science*, 1973, 24(4): 265-269
- [30] Persson O. The Intellectual Base and Research Fronts of JASIS 1986 - 1990[J]. *Journal of the American Society for Information Science*, 1999, 45(1): 31-38