

研究前沿探测方法进展

王 山^{1,2}

(1.中国科学院文献情报中心,北京 100190; 2.中国科学院大学,北京 100049)

摘要:【目的/意义】研究前沿探测目的是及时并准确发现研究领域前沿知识,为领域研究工作者提供情报支持,为企业、政府等单位提供决策支持。【方法/过程】文章基于文献综述法对研究前沿相关概念、研究主题探测、研究前沿主题特性与研究前沿主题探测进行了系统的梳理,分析了现有研究前沿主题探测方法的优缺点。【结果/结论】本文总结了目前研究前沿探测相关研究的不足之处及未来可能的发展方向,以期对领域相关研究工作者提供支持与帮助。

关键词: 研究前沿; 研究主题; 主题特性; 主题探测

中图分类号: G250.2 **DOI:** 10.13833/j.issn.1007-7634.2019.10.026

Research Progress on the Detection Method of Research Frontier

WANG Shan^{1,2}

(1.National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: 【Purpose/significance】The purpose of research frontier detecting is to discover knowledge of research frontier timely and exactly to provide intelligence support for research workers and decision support for enterprises and governments and so on. 【Method/process】The paper systematically combs the relevant concepts of research frontier, research theme detection, theme characteristics and theme detection of research frontier, analyzes the advantages and disadvantages of the current topic detection methods of research frontier based on literature review. 【Result/conclusion】This paper puts forward the shortcomings of the current relevant research frontier and the possible directions of future development in order to provide support and help to the relevant research workers.

Keywords: research frontier; research theme; theme characteristic; theme detection

1 引言

随着信息化时代、全球化时代、大数据时代的来临,科学技术体系呈现出日益复杂化与多样化的发展趋势。科研世界总是瞬息万变,呈现出向众多研究方向延伸与变化的景观。在制定国家科技发展政策时,世界各国政府集中本国人力、物力、财力等各方面的资源大力发展前沿科学与技术^[1]。大数据时代,对于情报科研人员与企业相关人员而言,如何科学有效的从与日俱增

的科研信息中识别与探测出学科领域的研究前沿显得极为重要,同时也是政府机构、资金资助机构等决策者所关注的焦点,以便在有限科研经费的条件下最大限度的支持科

学研究的进步。

研究前沿一般代表了某研究领域发展的重点、难点、热点、创新点、新兴点等^[2]。及时掌握领域研究前沿有利于国家科学合理有效分配科研资金,集中力量解决重点难点问题。

自1965年Price首次提出“研究前沿”概念以来^[3],后续研究学者就如何发现、探测研究前沿进行了不断的修订与更新。基于引文分析、文本内容分析与两者组合的定量分析方法是探测研究前沿常用的研究方法,但这些研究方法在研究主题抽取、研究前沿探测指标体系构建与筛选方面仍存在一定的缺陷,后续研究不断地对研究前沿探测过程中方法体系存在的不足提出了改进和完善的方案,以期能够更加方便快捷地实现研究前沿主题的探测,有效发现未来的研究领域与

收稿日期:2018-10-21

作者简介:王 山(1988-),女,山东菏泽人,博士研究生,主要从事学科情报分析、科学计量、研究前沿研究。

发展趋势。

2 国内外研究现状

2.1 “研究前沿”的含义

一般认为,研究前沿可分为基础研究前沿(科学研究前沿)和应用研究前沿(技术研究前沿)^[4],基础研究前沿又可称为科学研究前沿、研究前沿,以学术论文、研究报告等数据为分析对象。应用研究前沿主要指以专利及专利家族为主的数据源。目前研究前沿尚无特别明确的定义,不同的学者针对研究前沿有不同的表述。Price认为研究前沿由一组30-40篇近期发表的、高被引的学术论文组成。Small^[5]认为通过共被引聚类分析能得到研究领域的前沿主题。Persson^[6]认为共被引文献构成了研究前沿的知识基础,而与共被引文献相关联的施引文献群则构成了科学前沿。Garfield^[7]认为共被引聚类产生核心论文,引用核心论文的最新文献构成了研究前沿的研究主题。Morris^[8]认为文献耦合所得到的研究主题即为科学前沿。Braam等^[9]认为研究前沿是科学共同体所关注的一系列相关问题与概念。2006年,陈超美运用突发词分析获得的研究主题定义为研究前沿。不同时期科学家们研究焦点的变化体现了研究前沿的动态进展^[10],同样地,研究前沿的探测也取决于所采用的计量方法与数据源。

2.2 研究前沿及相关概念

与研究前沿相似的概念有很多,诸如新兴主题、新兴研究领域、热点主题、新兴技术、前沿知识等,但其本质内涵又有不同。研究前沿可称为科学前沿,陈仕吉^[2]认为科学前沿应具备先进性,为近期最有价值的研究领域或者研究主题。Naohiro Matsumura^[11]认为新兴主题是由关键词或词组组成的新兴的研究领域,代表着目标研究领域未来的发展趋势。新兴技术一般指最新出现且具有较高转移转化潜能的未来可能对行业发展产生重大影响的技术^[12-13]。新兴研究领域对应着新兴研究主题,具有新颖性、出现频次高等属性^[14]。近年针对目标领域研究热点的分析层出不穷,研究热点同新兴主题、研究前沿等暂未形成一致的定义。Garfield E等认为研究前沿为新兴的、不断更新的热点研究领域^[15]。后续学者们从不同的角度、不同的属性出发,针对目标研究领域展开了大量的系统性的研究工作。

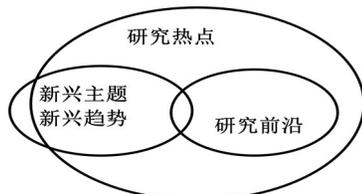


图1 研究前沿及相关概念辨析图

2.3 研究主题探测方法

探测研究前沿主题首先应该做的是探测研究主题,即找

出研究成果的语义表达。目前研究主题探测除了传统的引文分析法(文献耦合与共被引)、引文内容分析法(突发词检测、共词分析)以外,还有基于TF-IDF算法、共词聚类、社区探测、主题模型等方法。陈仕吉^[16]等将C-value与TF-IDF相结合,用于文献主题的探测。刘小慧^[17]等以2015年内《情报学报》为例提出一种改进的TF-IDF算法以分析学科研究热点,2017年运用封闭式非相关知识发现方法识别潜在跨学科合作研究主题^[18]。Narang^[19]等结合TF-IDF、文本聚类及WordNet,来对微博社交主题的演化进行分析。基于共词聚类的方法^[20]大多是采用科技文献数据库标引的主题词进行聚类识别。目前许多分析软件都可以进行共词聚类,如SPSS、Pajek等。聚类方法有谱聚类、层次聚类、k-means聚类算法、SOM聚类算法与FCM聚类算法等。基于社区识别的算法有Girvan和Newman提出的非重叠社区经典算法,并以模块度来衡量社区结构的紧密性,由于GN算法复杂度过高,社区划分质量较差,后续研究人员对其进行了改进。涂文燕^[21]等提出一种基于拓扑势的社区发现算法,把每个社区视为拓扑势场的局部高势区。该方法不需要用户具备社区结构的先验知识,无须制定社区个数等参数,能有效识别网络社区内部社区结构,具有较好的算法性能。

2003年,Blei提出了LDA模型用以发现文本中的主题,但不能解释主题演化过程,因此其于2006年提出了动态主题模型,以实现动态主题的识别跟踪^[22-23],此外还有PLDA模型^[24],后离散概率模型^[25]。王萍^[26]提出了作者-主题模型,将文本中作者信息与文本信息结合进行建模以挖掘文献知识。叶春蕾、冷伏海^[27]于2013年提出了一种新的引文-主题概率模型来对科技文献中的主题进行识别。

2.4 研究前沿主题特性

研究前沿代表了研究领域内目前及未来一段时间的发展趋势及研究走向,能够为目标研究领域专家或学者提供研究参考或情报支持。

范少萍等认为研究前沿在时间维度上具备生命周期特征,在空间维度上具有权威性、普遍认可性、创新性与学科交叉性四项特征。具备以上五种特征的知识才成为前沿知识。吴菲菲^[28]等认为研究前沿应具备创新性与学科交叉性两项特征,构建研究前沿探测模型以识别智能材料领域研究前沿。盛立认为研究前沿应该具有前瞻性、时效性、新颖性与灰色性四个特征。黄鲁成团队^[29]认为新兴主题具有高关注度、高关联度与高成长潜力度三个特征。Bun^[30]等生命周期理论用于新闻热点话题探测研究。郑彦宁^[31]等总结前人关于研究前沿的定义与相关理论认为研究前沿具备以下特征:新颖性、时效性与集中性。欧洲研究委员会(ERC)专家组通过以下五种指标来识别不同领域研究前沿,即:创新性(innovativeness)、冒险性(risk)、应用性(Pasteuresqueness)、学科交叉性(interdisciplinarity)与时效性(timeliness)。也有研究人员提出了新颖性、活跃度、受关注度与桥梁性四个指标识别研究前沿。

3 研究前沿探测方法

知识经济时代,世界各国均在积极部署科技发展战略,美国材料基因组计划、欧盟“地平线2010”、“2012-2022 欧盟冶金复兴”计划、日本材料基因工程计划与德国工业4.0等。科技强国已达到国际共识,各个国家加紧了技术研发的步伐。只有尽早洞察发展先机,才能有利于我国争夺科技制高点,从而利于世界不败之地。科学前沿研究正是在此需求背景下应运而生。研究前沿可划分为显性研究前沿与隐性研究前沿,显性前沿可以通过科学计量的方法进行探测,也可通过领域专家咨询识别发现。隐性前沿一般是指未被研究人员关注的高质量研究,发表数年后可能会引发关注,也有可能如“睡美人”一样“沉睡”^[32],较显性前沿而言不易被察觉。因此隐性研究前沿很难通过计量方法探测发现,但隐性科学前沿的探测研究是最有价值的。目前研究前沿分析主要采用以专家知识广度为主的定性分析方法与基于计算机的定量分析方法。

3.1 定性分析法

定性分析方法(如德尔菲法、专家咨询、政策分析报告、专家头脑风暴法)至今为止发展比较成熟,主要通过会议、调查问卷、咨询通讯的方式提炼不同专家的观点,从而形成最终的领域研究前沿分析报告,为目标领域的前沿发展提供情报支持,避免重复劳动、节约科研资金。刘小平^[33]等认为研究前沿的探测识别方法主要有定性分析法、德尔菲法、内容分析方法、政策分析报告与专家咨询等方法。定性分析法虽然可依靠专家的智慧经验和知识广度,但易受到专家个人主观认识(如研究兴趣、知识结构、专业背景等)的影响,且效率低下、费时费力,尤其在海量数据分析面前更加力不从心,显然已远远不能适应时代的发展要求。因此,研究前沿的定量分析方法越来越受到学者们的关注。

3.2 定量分析法

定量分析法因具有简单、灵活、易操作等优点成为研究领域前沿探测最常使用的方法。定量分析法主要有基于引文的识别方法、基于文本内容的识别方法、复合分析方法、基于社团结构的识别方法等。

(1) 基于引文的识别方法。

引文自学术成果发表之日起随之产生,基于引文的分析方法起步较早,研究成果较丰富,主要包括文献耦合、文献共被引(同被引)与直接引用。

文献耦合的强度与共同引用文献的数量正相关,数量越多则耦合强度越高。Klavans 与 Boyack^[34]等比较了引文耦合、文献共被引、直接引用与基于引文耦合的复合方法在研究前沿探测效果上所产生不同,研究发现:直接引用网络能够更快揭示领域研究前沿发展趋势,精确度方面,引文耦合及复合方法稍优于其他两种方法。Shibata^[35]同样采用引

文耦合、文献共被引与直接引用三种方法对研究前沿的探测进行了对比,实验发现:直接引用效果最优,文献共被引探测效果最差。Mu-Hsuan Huang^[36]等将文献耦合分析方法与滑动时间窗相结合探测 OLED 领域的研究前沿,此种组合方式在探测新兴研究前沿、成熟研究前沿、衰退研究前沿与消失研究前沿方面颇具成效。同时基于文献耦合分析方法结合三种引文窗口类型(固定时间窗、引文半衰期、滑动时间窗)对研究前沿探测进行了对比研究^[37]。Katsuhide F^[38]等人运用不同类型的加权引文网络来探测研究前沿,并在氮化镓、复杂网络与纳米碳领域做了实证分析。Fredrik Åström^[39]运用共被引分析法分析了过去 15 年(1990-2004) LIS (Library and Information Science) 领域相关期刊研究前沿的衍变。HOLGER 与 MATTHIAS^[40]结合共被引与同行评议对跨学科领域(神经科学)研究前沿进行了探测与分析。Bo Jarneving^[41]更细粒度方面对比了文献耦合与共被引方法探测研究前沿的效果。2015 年, Lee J Y^[42]运用共被引分析方法对韩国图书馆与信息科学领域研究前沿进行了探测与分析。Liu J S^[43]等人通过文献耦合网络进行主路径分析以探测领域演变过程及发展趋势。

引文分析方法在探测研究前沿效果方面固然有效,但多数情况下是对高被引文献进行分析,低被引文献与零被引文献则很难被纳入研究前沿分析当中,且共被引分析方法中引文存在引用时滞、引用动机不纯等问题,文献耦合分析可能存在两篇文献引用另外一篇文献的不同部分,直接引文网络虽能更直接、更快速揭示目标研究领域的发展趋势,但其为一种无权的网络。因此部分研究学者尝试从文本内容角度出发探测研究前沿。

(2) 基于文本内容的探测方法。

国内外学者在基于文本内容的探测方法方面也做了大量有意义的探索。基于文本内容的探测方法主要有基于词频的探测方法、基于共词的探测方法与基于文本挖掘的探测方法。

词频分析法利用关键词或主题词在目标研究领域出现频次来判别领域研究热点及未来发展趋势,如基于高频词的分析、突发词探测、离群词分析等。马费成、张勤利用词频分析方法对知识管理领域期刊论文的关键词进行分析探测出新兴主题^[44]。美国德雷塞尔大学陈超美教授在其 Citespace II 中利用词频分析的突发检测算法探测主题的新兴趋势。共词分析法的基本原理是两两统计一组词在同一文献中出现的次数,出现次数越多则说明这组词关系越紧密。Rip A 等人^[45]运用共词分析方法对生物技术领域的科学结构进行了分析。Ding Y^[46]运用共词分析法对信息检索领域进行了主题分析。葛菲^[47]结合关键词生命周期与引文分析对学科研究领域新兴主题进行了探测与分析。Mane 运用共词分析方法绘制了 PANS 期刊 1982-2001 年间论文的科学知识图谱^[48],借助所作图谱进一步鉴别期刊研究主题。也有研究学者借助于可视化软件表示研究主题演变过程,如 ThemeRiver。基于文本挖掘的探测方法大多为自动化状态,大体上分

为主题特征表示、主题探测、主题判定三个阶段^[49]。Pottinger^[50]运用文本挖掘技术自动探测新兴主题。Kontostathis在前人研究的基础上,结合奇异值分解算法与余弦相似度算法计算词间相似度,将词进行聚类从而探测新兴主题。

基于文本内容的探测方法能够深入文献内部,在研究前沿的探测上比基于引文的探测方法更加直接快速,也不存在引文分析法存在的时滞问题。但词语往往存在一词多义现象,且词语表达意思往往不太明确,使得基于文本内容的分析方法在探测研究前沿时存在单一方法的局限性。因此不少研究学者尝试使用复合方法探测科学前沿。

(3)复合分析方法。

较常见的复合分析方法为混合基于引文的识别方法与基于文本内容的识别方法^[51-52]。Liu X H^[53]结合文本挖掘与文献计量学提出了一种加权混合聚类方案,以更加灵活有效地处理大规模数据。Zitt M^[54]等结合引文分析法与共词分析法来识别领域研究主题。词语—参考文献共现分析方法更加容易确定学科精细结构^[55]。Wolfgang G^[56]结合文献耦合、文本挖掘与核心文档互引识别新兴领域。周丽英根据共词分析方法存在的问题,提出了一种利用引文耦合来增强共词分析效果的方法(即结合关键词共现矩阵与关键词—参考文献共现矩阵)。利用关键词在共现与引文耦合两个维度上的平均值来表示词关联度,通过聚类对关键词进行主题划分。

此外,还有许多研究者采用复合分析法在研究主题探测方面进行了大量的研究工作。复合分析法在研究前沿探测方面较单一探测方法有进一步的完善改进,也能够更加精确地探测研究主题,但复合分析方法数据的处理程度较单一探测方法复杂得多,不同行业研究前沿识别缺乏明确、一致的标准化识别体系。

4 结 语

(1)目前研究前沿、研究热点、新兴前沿等概念没有固定统一的定义和判定标准,且各相关概念界限不明。研究前沿与研究基础易混淆,从而导致研究前沿的创新性凸显不够,且研究前沿不是固定不变的,而是呈现一定的动态性,不断地发展与变化。因此不仅需要对研究前沿进行静态监测,还需要进行动态监测。

(2)研究前沿探测方法上的研究比较匮乏。研究者大多借鉴国外的一些理论方法进行研究前沿的探测,如基于引文的角度、基于共词的角度、基于文本内容的角度及复合方法的使用来探测领域研究前沿。每种方法都有各自的优缺点,单一方法具有不可避免的局限性,复合方法在使用上较繁琐复杂。

(3)大多数学者认为研究前沿具有高关注度。实际上有少数“研究前沿”在发表之初并不受重视,有些成果可能被认为是“离经叛道”的,有些成果可能“沉睡”很久都未被“发现”,如爱因斯坦的《相对论》。针对此类“隐形研究前沿”在探测方面的研究则更加稀少。因此“隐形”研究前沿的探测

可能成为未来研究的一个方向。

(4)当前研究主要以期刊论文等处理对象为主,较少关注异质数据源,如各国各部门科技战略规划、战略布局、项目研究报告与专利相关文件等,这些资料更能及时反映领域研究前沿。因此着眼于多种数据源的结合会更加完善研究前沿的准确性。

(5)对于探测出的研究前沿判定方面至今没有明确的标准,不同学者提出不同的判定体系,在主题结果的判定上专家咨询所占比重较大,因此在研究前沿主题判定方面未来仍需进行不断的摸索。

参考文献

- 张珊珊.科学前沿特征测度方法与指标比较研究[D].大连:大连理工大学,2016.
- 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.
- PRICE D D.Networks of science papers[J].Science,1965,(149):510-515.
- 王贤文,方志超,胡志刚.科学论文的科学计量分析:数据、方法与用途的整合框架[J].图书情报工作,2015,59(16):74-82.
- 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.
- 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.
- Garfield E.Research fronts[J].Current Contents,1994,(41):3-7.
- Morris S,Yen G,Wu Zheng,et al.Timeline visualization of research fronts[J].Journal of American Society for Information Science and Technology,2003,54(5):413-422.
- Braam R R,et al. Mapping of science by combined cocitation and word analysis,I.Structure aspects[J].Journal of the American Society for Information Science and Technology,1991,42(4):233-251.
- 张丽华,张志强.科学前沿迁移的研究进展[J].图书情报工作,2014,58(3):5-12,19.
- Matsumura N,Matsuo Y,Ohsawa Y,et al.Discovering Emerging Topics from WWW[J].Journal of Contingencies & Crisis Management,2002,10(2):73-81.
- 赵振元,银路,成红.新兴技术对传统管理的挑战和特殊市场开拓的思路[J].中国软科学,2004,(7):72-77.
- 杨雪,张徽燕.新兴技术给企业带来的管理挑战[J].现代管理科学,2005,(6):72-73.
- Cataldi M,Di Caro L,Schifanella C.Emerging topic detec-

- tion on twitter based on temporal and social terms evaluation[C]//Proceedings of the Tenth International Workshop on Multimedia Data Mining, ACM, 2010:1-10.
- 15 Garfield E, Small H. Identifying the changing frontiers of science[J]. *Evolution*, 1989, 1(182):51-65.
- 16 陈仕吉, 王小梅. 基于 C-Value 与 TF-IDF 的文献簇主题识别研究[J]. *情报学报*, 2009, 28(6):821-826.
- 17 刘小慧, 李长玲, 冯志刚. 基于改进的 TF*IDF 方法分析学科研究热点[J]. *情报科学*, 2017, 35(7):82-87.
- 18 刘小慧, 李长玲, 冯志刚, 等. 基于封闭式非相关知识发现的潜在跨学科合作研究主题识别—以情报学与计算机科学为例[J]. *情报理论与实践*, 2017, 40(9):71-76.
- 19 Narang K, Nagar S, Mehta S, et al. Discovery and Analysis of Evolving Topical Social Discussions on Unstructured Microblogs[A]//Advances in Information Retrieval[M]. Berlin, Heidelberg: Springer, 2013:545-556.
- 20 张 晗, 崔 雷. 生物信息学的共词分析研究[J]. *情报学报*, 2003, 22(5):613-617.
- 21 涂文燕, 赫 南, 李德毅, 等. 一种基于拓扑势的网络社区发现方法[J]. *软件学报*, 2009, 20(8):2241-2254.
- 22 BLEI D M, Ng A Y, JORDAN M I. Latent Dirichlet allocation[J]. *Journal of machine learning research*, 2003, (3):993-1022.
- 23 BLEI D M, LAFFERTY J. Dynamic topic models[C]//Proceedings of the 23rd international conference on machine learning. New York: ACM, 2006:113-120.
- 24 王旭仁, 姚叶鹏, 冉春风, 等. 一种并行 LDA 主题模型建立方法研究[J]. *北京理工大学学报*, 2013, 33(6):590-593.
- 25 HALL D, JURAFSKY D, MANNING C D. Studying the history of ideas using topic models[C]//Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, EMNLP 2008, Proceedings of the Conference, 2008.
- 26 王 萍. 基于概率主题模型的文献知识挖掘[J]. *情报学报*, 2011, 30(6):583-590.
- 27 叶春蕾, 冷伏海. 基于引文—主题概率模型的科技文献主题识别方法研究[J]. *情报理论与实践*, 2013, 36(9):100-103.
- 28 吴菲菲, 杨 梓, 黄鲁成. 基于创新性和学科交叉性的研究前沿探测模型:以智能材料领域研究前沿探测为例[J]. *科学学研究*, 2015, (1):11-20.
- 29 黄鲁成, 唐月强, 吴菲菲, 等. 基于文献多属性测度的新兴主题识别方法研究[J]. *科学与科学技术管理*, 2015, (2):34-43.
- 30 Bun K K, Ishizuka M. Topic Extraction from News Archive Using TF* PDF Algorithm[C]//IEEE Computer Society, Proceedings of 3rd International Conference on Web Information System Engineering, 2002:73-82.
- 31 郑彦宁, 许晓阳, 刘志辉. 基于关键词共现的研究前沿识别方法研究[J]. *图书情报工作*, 2016, 60(2):85-92.
- 32 盛 立. 生物医学领域研究前沿识别与趋势预测[D]. 北京:军事医学科学院, 2013.
- 33 刘小平, 冷伏海, 李泽霞. 国际科技前沿分析的方法和途径[J]. *图书情报工作*, 2012, (12):60-65.
- 34 Boyack K W, Klavans R. Co-citation analysis, bibliographic coupling, and direct citation: which citation approach represents the research front most accurately?[J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2010, 61(12):2389-2404.
- 35 Shibata N. Comparative study on methods of detecting research fronts using different types of citation[J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2009, 60(3):571-580.
- 36 Huang M H, Chang C P. Detecting research fronts in OLED field using bibliographic coupling with sliding window[J]. *Scientometrics*, 2014, (98):1721-1744.
- 37 Huang M H, Chang C P. A comparative study on three citation windows for detecting research fronts[J]. *Scientometrics*, 2016, (109):1835-1853.
- 38 Katsuhide F, Yuya K, Junichiro M, et al. Detecting research fronts using different types of weighted citation networks[J]. *Journal of Engineering and Technology Management*, 2014, (32):129-146.
- 39 Fredrik Åström. Changes in the LIS Research Front: Time-Sliced Cocitation Analyses of LIS Journal Articles, 1990-2004[J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2007, 58(7):947-957.
- 40 Holger S, Matthias W. Mapping interdisciplinary research fronts in neuroscience: A bibliometric view to retrograde amnesia[J]. *Scientometrics*, 2001, 51(1):311-318.
- 41 Bo Jarneving. A comparison of two bibliometric methods for mapping of the research front[J]. *Scientometrics*, 2005, 65(2):245-263.
- 42 Lee J Y. Identifying the research fronts in Korean library and information science by document co-citation analysis[J]. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 2015, 32(4):77-106.
- 43 Liu J S, Lu L Y, Lu W M. Research fronts in data envelopment analysis[J]. *Omega*, 2016, (58):33-45.
- 44 马费成, 张 勤. 国内外知识管理研究热点——基于词频的统计分析[J]. *情报学报*, 2006, 25(2):163-171.
- 45 Rip A, Courtial J P. Co-word maps of biotechnology: an example of cognitive scientometrics. *Scientometrics*, 1984, 6(6):381-400.
- 46 Ding Y, Chowdhury G G, Foo S. Bibliometric cartography of information retrieval research by using co-word analysis[J]. *Information Processing and Management*, 2001, (37):817-842.

- 47 葛菲,谭宗颖.学科领域主题新兴趋势探测方法研究——基于关键词生命周期和引文分析[J].情报理论与实践,2013,36(9):78-82.
- 48 Mane K K,Borner K.Mapping Topics and Topic Bursts in PNAS[J].Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2004,101(Suppl1):5287-5290.
- 49 Minh-hoang L,Tu-bao H.Detecting emerging trends from scientific corpora[J].International Journal of Knowledge and Systems Sciences,2005,2(2):53-59.
- 50 Potte Rnger W M,Yang T.Detecting emerging concepts in textual data mining[M].London:Computational Information Retrieval Michael Berry,2001:89-105.
- 51 Besselaar P V D,Heimeriks G.Mapping research topics using word-reference co-occurrences: A method and an exploratory case study[J].Scientometrics,2006,68(3):377-393.
- 52 Janssens F,Glanzel W,De Moor B.A hybrid mapping of information science[J].Scientometrics,2008,75(3):607-631.
- 53 Liu X H,Yu S,Janssens F,et al.Weighted hybrid clustering by combining text mining and bibliometrics on a large-scale journal database[J].Journal of the American Society for Information Science and Technology,2010,61(6):1105-1119.
- 54 Zitt M,Lelu A,Bassecouard E.Hybrid citation-word representations in science mapping:Portolan charts of research fields[J].Journal of the American Society for Information Science and Technology,2011,62(1):19-39.
- 55 王立学,冷伏海.简论科学前沿及其文献计量识别方法[J].情报理论与实践,2010,33(3):54-58.
- 56 Wolfgang G.Bibliometric methods for detecting and analyzing emerging research topics[J].El Profesional de la Información,2012,21(2):194-201.

(责任编辑:毛秀梅 张连峰)

(上接第145页)

- success: a case study of Pakistan's marble industry[J]. International Journal of Entrepreneurship and Small Business,2018,33(3):315-334.
- 15 Emilio Pindado,Mercedes Sánchez,Jos A.A.M. Verstegen,Thomas Lansc.Searching for the entrepreneurs among new entrants in European Agriculture: the role of human and social capital[J]. Land Use Policy, 2018,(77):19-30.
- 16 Kirk W.M.Tyson. 竞争情报完全指南(第2版)[M].北京:中国人民大学出版社,2004:106-109.
- 17 Staniewski M W, Janowski K,Awruk K. Entrepreneurial personality dispositions and selected indicators of company functioning [J]. Journal of Business Research,2016,69(5):1939-1943.
- 18 Noor,U.H.,&Naziruddin,A. The leverage of entrepreneur skills and entrepreneur traits to business success: a case study of Pakistan's marble industry[J]. International Journal of Entrepreneurship and Small Business,2018,33(3):315-334.
- 19 张玉利,杨俊,任兵.社会资本、先前经验与创业机会——一个交互效应模型及其启示[J].管理世界,2008,(7):91-102.
- 20 Carlos Hernández-Carrión, et al.The internal mechanisms of entrepreneur social capital: A multi-network analysis [EB/OL].https://doi.org/10.1016/j.brq.2018-12-01.
- 21 OZGEN E, BARON RA.Social sources of information in opportunity recognition: effects of mentors,industry networks,and professional forum [J].Journal of Business Venturing,2007,22(2):174-192.
- 22 SHEPHERD D A,WILLIAMS T A,PATZELT H.Thinking about entrepreneurial decision making: review and research agenda[J].Journal of Management,2015,41(1):11-46.
- 23 Dario Maimone Ansaldo Patti,Ram Mudambi,Pietro Navarra,Daniela Baglieri.A tale of soil and seeds: the external environment and entrepreneurial entry[J].Small Business Economics,2016,47(4):955-980.

(责任编辑:赵红颖 徐波)