

国内外“科学-技术关系”研究方法述评

——聚焦文献计量方法

■ 刘小玲^{1,2} 谭宗颖¹ 张超星¹

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]鉴于“科学-技术关系”是情报学领域的热点研究问题,文献计量方法是研究该问题的常用方法,对国内外研究该问题的主要文献计量方法进行述评,就如何更好地运用这些方法进行“科学-技术关系”研究提出建议。[方法/过程]在回顾“科学-技术关系”的含义和相关研究方法的基础上,梳理和总结专利的论文引文分析法、论文的专利引文分析法、“专利发明人-论文作者关联关系”分析法3种主要文献计量方法在“科学-技术关系”研究方面的应用和国内外进展,比较3种方法的理论基础、应用范围和存在的问题。[结果/结论]3种方法基于不同的理论基础,分别被应用于:①识别与科学领域关系较强的技术领域;②识别被科学领域引用较多的技术领域、国家和机构;③测度专利发明人的科学研究活动、大学和企业的合作情况。这些方法分别存在专利的施引动机不明确、专利的论文引文字段不规范、数据较少、主题分析和技术对科学的作用机理研究较少、专利发明人和论文作者名称难以识别和匹配等问题。研究“科学-技术关系”时需根据研究问题和数据特征等选择合适的文献计量方法,并注意解决这些方法存在的问题。

关键词: “科学-技术关系” 文献计量方法 研究方法述评

分类号: G306.0

DOI: 10.13266/j.issn.0252-3116.2015.013.020

1 引言

随着科学技术的飞速发展,科学和技术之间的关系越来越复杂、界限越来越模糊。有些领域,如材料科学、纳米科技、认知科学等,既包含基础研究,也包含应用研究和技术。科学在对技术产生多方面影响的同时也会受技术的影响与制约,如扫描隧道显微镜和原子力显微镜的发展,为纳米科技中的纳米结构测量和操纵提供了“眼睛”和“手指”,从而推动了纳米科技的长足发展^[1]。对“科学-技术关系”的研究具有重要意义,例如可以识别对技术发展有重要贡献的基础学科,捕捉在基础科研支撑下具有创新潜力的技术发展方向,为制定科技发展战略和政策提供依据。“科学-技术关系”研究已成为当前的一个热点研究问题,有的学者通过梳理科技发展历程进行研究,有的学者运用统计模型进行研究,还有的学者通过基于论文和专利分析的文献计量方法进行研究。本文的研究范畴聚焦于基于文献计量的研究方法,目前这一类方法是运用得

较多的方法。

2 “科学-技术关系”的含义及相关研究方法

本文中的“科学-技术关系”是指科学与技术之间的关系。已有研究中关于“科学-技术关系”的含义多种多样,还没有统一的定义,常见的解释有:①“技术对科学的依赖关系,具体而言即某一特定技术在知识上来源于或受益于科学研究成果”^[2];②“技术知识与科学知识的结合关系”^[3];③“科学与技术之间的互动关系,即一对共舞者之间的相互配合与协作关系”^[4];④“科学与技术之间的知识传递关系”^[5];等等。科学和技术之间的关系是双向的,一方面,科学为技术提供理论基础,技术的形成要有科学的根据;另一方面,科学的发展需要技术的推动,技术为科学发展提供经验材料以及仪器设备等物质手段,技术也是检验科学理论是否正确的主要手段^[6]。在现代,科学与技

作者简介: 刘小玲(ORCID: 0000-0001-7523-247X) 助理研究员, E-mail: liuxiaoling@mail.las.ac.cn; 谭宗颖(ORCID: 0000-0003-3945-7174) 研究员, 博士生导师; 张超星 助理研究员, 博士。

收稿日期: 2015-04-17 **修回日期:** 2015-06-05 **本文起止页码:** 142-148 **本文责任编辑:** 易飞

术相互渗透、相互作用,二者之间的界限越来越模糊,呈现交叉融合之势。因此,学者们运用不同方法对其进行了大量研究,以期明确科学技术之间的相互作用关系和作用机理以及不同时期、不同领域、不同地域间“科学-技术关系”的异同。

目前有多种研究“科学-技术关系”的方法,例如:①对科技发展历程进行梳理、从科技哲学的角度探讨二者关系的定性研究方法^[7];②统计学和计量经济模型方法^[8-9];③研究公共基础研究机构与企业的合作研发活动,或挖掘二者在地理位置上的关联关系的方法^[10-11];④基于论文和专利分析的文献计量方法。基于文献计量方法的“科学-技术关系”研究是目前情报学领域的热点研究问题之一,该研究的前提是将学术论文和专利分别视为科学研究成果和技术创新成果的表现形式,在此前提下基于论文和专利之间的相互引用关系、专利发明人和论文作者之间的关联关系等,利用数学与统计学的方法描述二者之间的知识流动,揭示科学与技术之间的关系。该方法的特点和优势体现在可以根据论文和专利的数量、内容等特征,从定量和微观的角度揭示科学与技术之间的关系。目前常用的文献计量方法有专利的论文引文分析法、论文的专利引文分析法、“专利发明人-论文作者的关联关系”分析法等。

3 主要文献计量方法在“科学-技术关系”研究中的应用

D. J. de Solla Price^[12]认为,科学和技术都具有可积累性与结构紧密性特征,新的知识来源于过去的知识,科学与技术有各自独特的知识积累结构,在范式被打破的情况下,知识可能从科学流向技术,也可能从技术流向科学。A. Verbeek等^[13]认为,企业创新人员对科研文献的理解、认同和利用是引发科学-技术知识关联和最终造就技术转化的关键环节。E. Garfield^[14]指出,发明不可能来源于魔术或真空,它是发明人对若干已有的概念进行重新组合的知识成果。F. Narin等^[15]认为,几乎所有的科技成果都是在前人工作的基础上发展起来的,知识的关联性在专利引文中有着明显的体现。可见,科学研究活动和技术发明活动之间存在知识流动与交流关系,而这种关系可以在论文文献和专利文献中显性地体现出来,以论文和专利文献为基础,用文献计量方法追踪科学和技术之间的知识信息流动是研究“科学-技术关系”的可行途径。在这类研究中常用的数据是USPTO、EPO等专利局和DII

专利数据库的专利数据和SCI论文数据,通常以专利分类号来划分技术领域,以WoS数据库的期刊分类来划分科学领域。以下分别就专利的论文引文分析法、论文的专利引文分析法、“专利发明人-论文作者关联关系”分析法在“科学-技术关系”研究方面的应用和国内外进展进行分析。

3.1 专利的论文引文分析法

基于专利的论文引文分析法的“科学-技术关系”研究是通过分析专利对期刊论文、会议论文的引用特征和规律,显性和定量地揭示基础科学研究对技术创新的推动作用。专利文件首页通常列出了参考的本国专利、外国专利和其他参考文献,其他参考文献一般包括期刊论文、会议论文、图书、技术说明和技术报告等文献类型。专利对期刊论文或会议论文的引用在一定程度上反映了技术创新对科学研究成果的吸收和利用,或者基础科学研究对技术创新的知识输出和贡献。学术界通常用“科学关联度”(或称为“科学强度”,指平均每项专利引用的论文数)、专利引用论文的时间分布、国家分布、期刊分布和学科领域分布等具体的指标来描述特定技术领域与科学领域的关系。该方法主要用来识别与科学领域关系较强的技术领域、比较不同国家“科学-技术关系”的异同、研究“科学-技术关系”与技术生产力的关系等。

3.1.1 识别与科学领域关系较强的技术领域 专利的论文引文分析法常被用于识别与科学领域关系较强的技术领域,分析特定技术领域与科学领域的关系随时间的变化情况。已有研究通过分析不同技术领域的专利对SCI论文的引用情况,计算各技术领域的“科学关联度”,以此识别与科学领域关系较强的技术领域,还结合专利所引用论文的发表时间分析和所属学科分析等进一步揭示特定技术领域与科学领域的关系随时间的变化,以及与哪些科学领域关系较强等。20世纪80年代,M. P. Carpenter和F. Narin^[2]最早将专利的论文引文分析法用于“科学-技术关系”的研究,在24个技术领域中识别出12个科学依赖型的技术领域,并通过专家判读验证了该研究结果,作者认为专利的论文引文分析法是进行“科学-技术关系”分析的有效方法。在已有研究基础上,F. Narin和E. Noma^[16]又在生物技术和生物科学领域进行了实证研究,发现前沿生物技术和现代生物学的界限越来越模糊。A. Verbeek等^[17]提出利用专利引用论文的数据创建关联模型来揭示科学和技术之间的关系,探讨了创建该模型的方法和算法,并用USPTO的专利数据做了测试,区分了

与科学交互作用较强和较弱的技术领域。Guan Jiancheng 和 Gao Xia 等^[18-19] 基于中国在 USPTO 获得授权的专利数据研究中国的科学和技术之间的关联特征与模式,发现中国的生物技术、制药、有机精细化工 3 个技术领域与科学的关联性较强,光学、通讯、家用电子产品等技术领域与科学的关联性较弱。Zhao Zhiyun 等^[20] 对中国生物技术领域进行了实证研究,发现该技术领域与基础研究关系密切,并呈现越来越相关的趋势。张玲玲等^[21] 选取 USPTO 的人造纤维技术领域的授权专利,基于专利对论文的引用,构建了论文所属期刊的共被引网络,发现了影响该技术发展的重要基础学科,并概括了期刊所表征的基础学科知识对技术创新的影响特征。

3.1.2 比较不同国家/地区“科学-技术关系”的异同

该方法也被用于研究特定国家/地区的“科学-技术关系”,比较不同国家/地区“科学-技术关系”的异同。首先,选定特定国家/地区在一定时间段内的所有专利数据或在某些技术领域的专利数据,然后通过分析专利引用的论文、计算“科学关联度”指标等,即可测度该国在整体上的“科学-技术关系”或某些技术领域与科学领域的关系。若选定多个国家/地区的数据集,即可比较不同国家/地区“科学-技术关系”的异同。Gao Xia^[19] 根据中国各省份的技术与科学关系的强弱对各省份进行聚类,按“科学-技术关系”的强弱将各省份划分为不同类别。B. Van Looy^[9] 将专利的论文引文分析与计量经济模型方法结合,对 8 个欧洲国家在 10 个技术领域的 USPTO 专利数据进行分析后发现,作为自变量的国家不能解释“科学关联度”的差异,他认为“科学关联度”的差异主要与技术领域相关,与国家并不相关。R. Henderson 等^[22], M. Acosta 等^[23], A. G. Z. Hu 等^[24], G. Dosi 等^[25] 和 A. Geuna 等^[26] 分别分析了美国、西班牙、韩国、中国台湾、欧洲的基础科学研究与技术研发活动之间的关联关系。E. Bacchiocchi 等^[27] 计算出美国和日本高技术领域专利的平均“科学关联度”分别为 9.56 和 3.45,得出美国的技术创新与基础研究的关联程度高于日本的结论。

3.1.3 研究“科学-技术关系”与技术生产力之间的关系 该方法还被用于研究“科学-技术关系”与技术生产力之间的关系。这方面的研究通常是将专利的论文引文分析与统计学方法结合,将“科学关联度”作为“科学-技术关系”的代表引入计量经济模型中,以研究“科学-技术关系”与技术生产力之间的关系。B. Van Looy 等人^[9] 研究了技术领域的

“科学关联度”与该领域的技术生产力(以人均专利数表示)之间的关系,发现对于特定国家,在“科学关联度”大的技术领域,“科学关联度”与技术生产力正相关,说明新兴技术领域的发展通常与基础科学的发展相关。随后, B. Van Looy 等^[28] 又在 6 个新兴技术领域进行了实证研究,发现在国家层面,专利产出通常与“科学关联度”正相关。Wang Yuandi^[29] 研究了被转让专利引用论文的数量与获得专利的公司的创新产出之间的相关性。

专利的论文引文分析法还被广泛应用于大学与企业的合作研究^[30-31]、科学知识的跨国流动测度^[32] 等。

3.2 论文的专利引文分析法

学术论文对专利的引用同样蕴含了基础研究与技术创新之间的关联关系,基于论文的专利引文分析法的“科学-技术关系”研究是通过分析、总结论文引用专利的规律来揭示和评价技术对科学的影响。“技术关联度”(或称“技术强度”,指平均每篇论文引用的专利数量)、论文引用专利的时间分布、国家分布、技术领域分布是常用的指标。与专利的论文引文分析法相比,用该方法进行“科学-技术关系”的研究较少,因为该方法主要被用于测度技术对科学的反向作用。

该方法主要用于识别被科学领域引用较多的技术领域、国家和研究机构以及随时间的变化情况。选定目标科学领域的论文数据,并对论文所引用专利所属的技术领域、国家、机构和时间进行分析,可以得到相关结论。杨祖国等^[33] 通过 SCI 收集中国专利被科技论文引用情况的数据,发现 IPC 为 C 部(化学部)的中国专利被引用次数最多,被引用的专利主要是由高等院校及中国科学院研究所申请的。W. Glanzel 和 M. Meyer^[34] 基于 SCI 论文对专利的引用分析了不同学科的异同,发现化学领域相比其他学科引用了更多的专利,化学、药物和医学的专利被引用得较多。有一些学者将专利的论文引文分析法与论文的专利引文分析法结合,以揭示科学与技术的双向互动关系。李睿^[35] 提出在已有的专利引文分析基础上增加对论文引用专利的测度,殷媛媛^[36] 以立体显示技术为例,从时间、空间、技术领域的角度开展了科学与技术互动关系的研究。吴菲菲等^[37] 基于论文引用专利的数据和专利引用论文的数据,分别构建了科学引用技术的关系网络和技术引用科学的关系网络,结合社会网络分析方法识别出在网络中处于中心位置的科学和技术领域。Huang Mu-Hsuan 等^[38] 研究了燃料电池领域科学与技术的相互作用关系,发现该领域的科学与技术之间的关系越来越密切,与专利引用论文相比,

论文倾向于引用更新的专利。

3.3 “专利发明人-论文作者关联关系”分析法

用“专利发明人-论文作者关联关系”分析法来研究“科学-技术关系”,是指以同时具有学术论文作者和专利发明人双重身份的研究人员为切入点,通过跟踪专利发明人独立发表学术论文或与大学的研究人员合作发表论文的情况、大学研究人员独立发明专利或参与发明专利的情况,从研究人员从事科研活动的角度分析科学和技术的互动关系。有的研究中也把这类研究人员称为学术型发明人^[39]。

该方法主要被用于测度专利发明人的科学研究活动、大学和企业的合作、科学研究活跃的发明人的知识传播作用等。基于该方法的“科学-技术关系”研究一般是在构建专利和论文数据集的基础上,识别同为专利发明人和论文作者的研究人员,进而进行相关分析;或者选定一组研究人员,通过检索他们的论文和专利来进行研究。通过“专利发明人-论文作者关联关系”来研究“科学-技术关系”的方法最早由 E. C. M. Noyons 等^[40]提出,作者以激光器在医学中的应用为例,选取了 30 项专利和这些发明人发表的学术论文作为数据集,分析了在专利申请前以及与专利申请时间接近的时期这些研究人员发表的论文,发现在准备申请专利的过程中,发明人的科学研究活动很活跃,而且大学和企业在这个时期加强了合作。A. Packer 和 K. Webster^[41]研究了大学里逐渐兴起的“专利申请”文化,探讨了科学研究成果向技术的转化以及由此带来的科学的作用、科学家网络特征等问题。M. Balconi 等^[42]通过对专利发明人数据的研究,发现学术型发明人比非学术型发明人在社会网络中处于更加中心的位置,知识传播作用更大。F. Murray^[43]研究了学术型发明人的科学研究经历对企业技术发展的作用。Wang Gang-bo 等^[44]用中国在 USPTO 申请的纳米技术专利数据构建了“论文作者-专利发明人”关系网络,分析了研究人员在网络中的角色和作用,发现学术型发明人的研究绩效显著高于纯学术研究者。

4 不同文献计量方法在“科学-技术关系”研究中的比较

专利的论文引文分析法、论文的专利引文分析法和“专利发明人-论文作者关联关系”分析法在理论基础、应用范围和缺点方面各有不同(见表 1)。专利的论文引文分析法从专利文献资料出发,以直接的方式测度科学知识向技术领域的流动,揭示科学研究对

技术发明的影响。论文的专利引文分析法打破常规,根据论文对专利的反向引用来测度技术对科学的作用。“专利发明人-论文作者关联关系”分析法则则是从研究人员同时从事基础研究和技术创新工作的角度研究科学和技术的关系。

3 种方法都存在一些缺点。专利的论文引文分析法存在专利的施引动机不明确的问题,专利对论文的引用信息中包含真正的“科学-技术关系”信息,但同时也可能包含大量无关信息甚至干扰信息。专利的施引主体包括审查员、发明人及其代理律师、有异议的社会公众等多方,他们的施引动机各不相同。M. Meyer^[45]认为由于专利的施引动机不明确,专利参考的论文难以直接反映专利和论文之间的知识转移。J. Michel 和 B. Bettels^[46]指出不同专利局的不同专利审查制度可能导致专利参考文献的数量和类型有所不同。J. Callaert 等^[47]将专利的论文引文分析法与问卷调查方法进行比较,探讨了专利的论文引文分析方法能在多大程度上揭示科学与技术的关系。因此,在用专利引文分析法研究“科学-技术关系”时,需要对不同专利局、不同施引主体的专利引文进行区分,选择能真正反映技术对科学知识利用的专利引文,以提高分析的准确性。此外,基于该方法的“科学-技术关系”研究大多揭示的是科学对技术作用的数量特征,对专利引用论文形成的知识网络、专利引用论文的主题和内容、科学和技术间的内在作用机理进行深入分析的研究还比较少见。再者,如何准确抽取专利的论文引文也是一个问题。USPTO 等专利局专利数据的“其他参考文献”字段极不规范,对于大批量数据,人工判断不太现实,而计算机难以准确地识别所有的论文参考文献。J. Callaert^[48]、Liaw Yi-Ching^[49]和 M. Shirabe^[50]等学者就如何准确抽取专利的论文引文进行了相关研究。

论文的专利引文分析法存在的问题是论文对专利的引用一般较少,数据量的不足可能阻碍相关研究的开展,也可能影响分析结果的可信度。此外,利用论文的专利引文分析法研究“科学-技术关系”所用的指标主要是“技术关联度”、论文引用专利的国家分布和技术领域分布等,关于论文引用专利的主题分析和对科学的作用机理方面的研究还较少。

“专利发明人-论文作者关联关系”分析法的一个缺点是相关的数据相对较少,可能影响该方法的应用。另一个缺点是由于作者名称书写不规范和存在重名;专利发明人和论文作者名称难以准确识别和匹配,一些学者已对此进行了相关研究^[51]。

表 1 不同文献计量方法在“科学-技术关系”研究中的比较

方法	理论基础	应用范围	缺点及需要解决的问题
专利的论文引文分析法	专利对论文的引用体现了技术领域对科学知识的吸收	识别与科学领域关系较强的技术领域; 研究特定国家或地区的“科学-技术关系”比较不同国家或地区“科学-技术关系”的异同; 研究“科学-技术关系”与技术生产力之间的关系等	专利的施引动机不明确, 专利引用论文的目的应加以判别; 专利的论文引文字段不规范, 难以准确抽取; 主题分析等深入研究较少
论文的专利引文分析法	论文对专利的引用能反映科学领域吸收技术领域知识	识别被科学领域引用较多的技术领域、国家和研究机构以及随时间的变化情况	有专利引文的论文较少, 数据量可能不足; 主题分析和科学对科学的作用机理研究较少
“专利发明人-论文作者关联关系”分析法	研究人员同时从事基础研究和科技创新工作, 能体现科学和技术知识的双向流动	测度专利发明人的科学研究活动、大学和企业的合作、科学研究活跃的发明人的知识传播作用等	相关数据较少; 专利发明人和论文作者名称难以识别和匹配

5 结论

专利的论文引文分析法、论文的专利引文分析法、“专利发明人-论文作者关联关系”分析法是研究“科学-技术关系”最常用的几种文献计量方法, 国内外学者用这些方法定量地研究和测度了“科学-技术关系”的不同问题, 这些方法在“科学-技术关系”问题的研究上发挥了重要作用。但是我们也要看到这些方法存在的不足, 在应用中, 需根据研究问题、不同学科领域和数据特征选择合适的方法, 以更加准确地揭示科学和技术之间的关系。在这些方法的应用中, 需要解决的问题包括区分专利引用动机和类别、准确抽取专利的论文引文、准确识别和匹配专利发明人和论文作者等, 进一步的研究方向包括专利引用论文的主题分析、论文引用专利的主题分析、专利-论文相互引用关系网络的深入分析(如网络结构和演进动力学分析)等。文献计量方法本身也存在一些缺陷, 应考虑与专家咨询、科学技术发展历程和现状梳理等方法相结合, 来对“科学-技术关系”这一主题进行更科学、深入的研究。

参考文献:

- [1] 白春礼. 纳米科技及其发展前景[J]. 科学通报, 2001(2): 89-92.
- [2] Carpenter M P, Narin F. Validation study: Patent citations as indicators of science and foreign dependence [J]. World Patent Information, 1983, 5(3): 180-185.
- [3] Grupp H, Schmoch U. Dynamics of science-based innovation [M]. Berlin: Springer Science + Business Media, 1992: 73-128.
- [4] Rip A. Science and technology as dancing partners in technological development and science in the industrial age [M]. Bakker: Kroes Press, 1992: 231-270.
- [5] Narin F, Hamilton K S, Olivastro D. Linkage between agency supported research and patented industrial technology [J]. Research Evaluation, 1995, 5(3): 183-187.
- [6] 巨乃岐, 刘冠军. 从科学与技术的关系看科学向技术转化的实质与要求 [J]. 河南大学学报(社会科学版), 2004, 44(1): 24-28.
- [7] 郭慧志, 郭红燕, 施凤丹. 大脑与手: 从工业革命论科学与技术的关系 [J]. 科学学研究, 2007, 25(2): 178-183.
- [8] Zhao Qingjun, Guan Jiancheng. Modeling the dynamic relation between science and technology in nanotechnology [J]. Scientometrics, 2012, 90(2): 561-579.
- [9] Van Looy B. Do science & technology interactions pay off when developing technology? An exploratory investigation of 10 science-intensive technology domains [J]. Scientometrics, 2003, 58(3): 355-367.
- [10] Bhattacharya S, Meyer M. Large firms and the science-technology interface patents, patent citations, and scientific output of multinational corporations in thin films [J]. Scientometrics, 2003, 58(2): 265-279.
- [11] Choung J Y, Min H G, Park M C. Patterns of knowledge production: The case of information and telecommunication sector in Korea [J]. Scientometrics, 2003, 58(1): 115-128.
- [12] de Solla Price D J. Is technology historically independent of science? A study in statistical historiography [J]. Technology and Culture, 1965, 6(4): 553-568.
- [13] Verbeek A, Debackere K, Luwel M. Science cited in patents: A geographic “flow” analysis of bibliographic citation patterns in patents [J]. Scientometrics, 2003, 58(2): 241-263.
- [14] Garfield E. Patent citation indexing and the notions of novelty, similarity and relevance [J]. Essays of An Information Scientist, 1984, 7(3): 536-542.
- [15] Narin F, Hamilton K S, Olivastro D. The increasing linkage between US technology and science [J]. Research Policy, 1997, 26(3): 317-330.
- [16] Narin F, Noma E. Is technology becoming science? [J]. Scientometrics, 1985, 7(3-6): 369-381.
- [17] Verbeek A, Debackere K, Luwel M, et al. Linking science to technology: Using bibliographic references in patents to build linkage schemes [J]. Scientometrics, 2002, 54(3): 399-420.
- [18] Guan Jiancheng, He Ying. Patent-bibliometric analysis on the Chi-

- nese science-technology linkages [J]. *Scientometrics*, 2007, 72 (3): 403-425.
- [19] Gao Xia, Guan Jiancheng. Networks of scientific journals: An exploration of Chinese patent data [J]. *Scientometrics*, 2009, 80 (1): 285-304.
- [20] Zhao Zhiyun, Lei Xiaoping. Empirical analysis of the relationship between technology innovation and basic research [J]. *Current Science*, 2013, 104(6): 714-720.
- [21] 张玲玲, 李睿, 李婧. 在期刊-专利引用网中发现支撑技术创新的基础知识——以 D01F 技术领域为例 [J]. *情报理论与实践*, 2014, 37(5): 64-68.
- [22] Henderson R, Jaffe A B. Patent citations and geography of knowledge spillovers: A reassessment [J]. *American Economic Review*, 2005, 1(3): 461-466.
- [23] Acosta M, Coronado D. Science-technology flows in Spanish regions: An analysis of scientific citations in patents [J]. *Research Policy*, 2003, 32(10): 1783-1803.
- [24] Hu A G Z, Jaffe A B. Patent citations and international knowledge flow: The cases of Korea and Taiwan [J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2003, 21(6): 849-880.
- [25] Dosi G, Lereña P, Sylos L M. The relationships between science, technologies and their industrial exploitation: An illustration through the myths and realities of the so-called “European Paradox” [J]. *Research Policy*, 2006, 35(10): 1450-1464.
- [26] Geuna A, Nesta L. University patenting and its effects on academic research: The emerging European evidence [J]. *Research Policy*, 2006, 35(6): 790-807.
- [27] Bacchiocchi E, Montobbio E F. Knowledge diffusion from university and public research: A comparison between US, Japan and Europe using patent citations [J]. *Journal of Technology Transfer*, 2009, 34(2): 169-181.
- [28] Van Looy B, Debackere K, Callaert J, et al. Scientific capabilities and technological performance of national innovation systems: An exploration of emerging industrial relevant research domains [J]. *Scientometrics*, 2006, 66(2): 295-310.
- [29] Wang Yuandi, Pan Xiongfang, Chen Yantai, et al. Do references in transferred patent documents signal learning opportunities for the receiving firms? [J]. *Scientometrics*, 2013, 95(2): 731-752.
- [30] Chen Carey Ming-Li, Su Hsin-Ning, Lee Pei-Chun. Does non-patent reference measure university-industry collaboration? [C]// *Technology Management for Emerging Technologies (PICMET)*, Proceedings of 2012 PICMET: IEEE, 2012: 1049-1053.
- [31] Hung Wen-Chi, Ding Cherng G., Wang Hung-Jui, et al. Evaluating and comparing the university performance in knowledge utilization for patented inventions [J]. *Scientometrics*, 2015, 102(2): 1269-1286.
- [32] Ribeiro L C, Kruss G, Britto G, et al. A methodology for unveiling global innovation networks: Patent citations as clues to cross border knowledge flows [J]. *Scientometrics*, 2014, 101(1): 61-83.
- [33] 杨祖国, 陈红, 褚金涛, 等. 中国专利被《SCI》来源刊论文引用情况的统计与分析 [J]. *情报科学*, 1999, 17(4): 422-428.
- [34] Glanzel W, Meyer M. Patents cited in the scientific literature: An exploratory study of reverse citation relations [J]. *Scientometrics*, 2003, 58(2): 415-428.
- [35] 李睿. 基于专利引文分析的科学-技术关联探测模型改进 [D]. 北京: 中国科学院文献情报中心, 2011.
- [36] 殷媛媛. 基于论文专利引证关系的科学技术互动研究——以立体显示为实证分析 [J]. *图书情报工作*, 2012, 56(16): 65-70.
- [37] 吴菲菲, 黄鲁成, 石媛媛. 基于文献和专利相互引用的科学与技术关系分析 [J]. *科学学与科学技术管理*, 2013, 34(10): 13-20.
- [38] Huang Mu-Hsuan, Yang Hsiao-Wenb, Chen Dar-Zen. Increasing science and technology linkage in fuel cells: A cross citation analysis of papers and patents [J]. *Journal of Informetrics*, 2015, 9(2): 237-249.
- [39] 王刚波, 官建成. 纳米科学与技术之间的联系: 基于学术型发明人的分析 [J]. *中国软科学*, 2009(12): 71-79.
- [40] Noyons E C M, Van Raan A F J, Grupp H, et al. Exploring the science and technology interface: Inventor-author relations in laser medicine research [J]. *Research Policy*, 1994, 23(4): 443-457.
- [41] Paker A, Webster K. Patenting culture in Science: Reinventing the scientific wheel of credibility [J]. *Science, Technology and Human Values*, 1996, 21(4): 427-453.
- [42] Balconi M, Breschi S, Lissoni F. Networks of inventors and the role of academia: An exploration of Italian patent data [J]. *Research Policy*, 2004, 33(1): 127-145.
- [43] Murray F. The role of academic inventors in entrepreneurial firms: Sharing the laboratory life [J]. *Research Policy*, 2004, 33(4): 643-659.
- [44] Wang Gangbo, Guan Jiancheng. Measuring science-technology interactions using patent citations and author-inventor links: An exploration analysis from Chinese nanotechnology [J]. *Journal of Nanoparticle Research*, 2011, 13(12): 6245-6262.
- [45] Meyer M. Does science push technology? Patents citing scientific literature [J]. *Research Policy*, 2000, 29(3): 409-434.
- [46] Michel J, Bettels B. Patent citation analysis: A closer look at the basic input data from patent search reports [J]. *Scientometrics*, 2001, 51(1): 185-201.
- [47] Callaert J, Pellens M, Van Looy B. Sources of inspiration? Making sense of scientific references in patents [J]. *Scientometrics*, 2014, 98(3): 1617-1629.
- [48] Callaert J, Grouwels J, Van Looy B. Delineating the scientific footprint in technology: Identifying scientific publications within non-patent references [J]. *Scientometrics*, 2011, 91(2): 383-398.
- [49] Liaw Yi-Ching, Chan Te-Yi, Fan Chin-Yuan, et al. Can the technological impact of academic journals be evaluated? The practice of non-patent reference (NPR) analysis [J]. *Scientometrics*, 2014,

101(1): 17-37.

- [50] Shirabe M. Identifying SCI covered publications within non-patent references in US utility patents [J]. *Scientometrics*, 2014, 101(2): 999-1014.
- [51] Maraut S, Martínez C. Identifying author-inventors from Spain: Methods and a first insight into results [J]. *Scientometrics*, 2014, 101(1): 445-476.

作者贡献说明:

- 刘小玲: 负责文章框架设计, 撰写第 2、4、5 部分及 3.1 节 统稿、修改全文;
- 谭宗颖: 参与文章框架设计, 撰写第 1 部分及 3.2 节; 修改文章;
- 张超星: 撰写 3.3 节, 参与撰写第 5 部分, 修改文章。

Research Review of “Science-technology Relationship” Research Methods: Highlights on Bibliometrics Method

Liu Xiaoling^{1,2} Tan Zongying¹ Zhang Chaoxing¹

¹National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

²University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

Abstract: [Purpose/significance] “Science-technology relationship” is a hot research topic in information science recently, and bibliometrics method is common used in this area. This paper aims to review some main bibliometrics methods used in “science-technology relationship” research and give some suggestions to apply these methods better. [Method/process] Based on the review on definition of “science-technology relationship” and related research methods, this paper draws a systematic summary of application and research progress of three bibliometrics methods both at home and abroad, which include analysis of papers cited by patents, analysis of patents cited by papers and correlation analysis of the author and inventor. The theoretical basis, applied range and shortages of the three methods are compared comprehensively. [Result/conclusion] The three methods have different theoretical basis. They are applied in identifying technology fields which have strong relationship with scientific fields, identifying technology fields, countries and organizations that are cited most by scientific fields, and measuring scientific research activities of inventors and the partnership between universities and businesses. These methods also have some drawbacks respectively, for example, patents’ citing motivations are not clear and patents’ paper references are not standard; the amount of data is small, the analysis of subject and the research of influence mechanism of technology to science is not enough; the identification and match of inventors’ names and authors’ ones are difficult. Appropriate bibliometrics methods should be chosen based on research questions and data features when doing “science-technology relationship” research and the problems of these methods should be solved.

Keywords: “science-technology relationship” bibliometrics method research methods review

(上接第 133 页)

Penalized Matrix Decomposition and Its Application in Co-word Analysis

Shao Zuoyun¹ Li Xiuxia²

¹ Library of Rizhao Campus, Qufu Normal University, Rizhao 276826

² School of Communication, Qufu Normal University, Rizhao 276826

Abstract: [Purpose/significance] Based on the idea of sparse dimension reduction, this paper proposes a new co-word analysis method with PMD (Penalized Matrix Decomposition). [Method/process] According to the PMD algorithm principle, this paper takes the subject service as research theme, and separately extracts the feature words, makes the feature words soft clustering and visualizes clustering results in the Matlab environment. [Result/conclusion] Comparing with the traditional co-word analysis method, this paper finds that the PMD algorithm has some unique advantages in the co-word analysis, it can extract characteristic words more comprehensively, easily determine the clustering number, and get the more well clustering results.

Keywords: PMD algorithm co-word analysis feature words extraction feature words soft clustering visualization