国际科学计量学研究主题动态演化路径分析*

董雪季　王晓慧
（辽宁师范大学管理学院，大连 116029）

摘要：本文从战略图视角和数据流视角，分析国际科学计量学不同研究时区的研究主题及其演化状态，追踪时间序列上研究主题的动态演化路径，以期探测国际科学计量学研究主题的演化规律。选取Web of Science数据库中scientometrics这一主题的相关文献为样本代表国际科学计量学的研究，借助SciMAT工具构建以关键词为表征的主题战略图、覆盖图和演化图。从战略图视角对各研究时区主题战略分布和演化能力进行分析；从数据流视角对主题覆盖图和演化图的主题动态演化进行分析，追踪主题演化路径。研究分析国际科学计量学研究主题演化情况，发现各研究时区聚类的主题变化大，部分主题的研究连续性较强；识别国际科学计量学研究的5条动态演化路径，分别为科学产出计量、引文分析、社会网络分析、科学评价研究和知识图谱研究；结合战略图与演化图，探讨5条演化路径在国际科学计量学领域的演化能力和地位。

关键词：科学计量学；主题演化；战略坐标分析法；数据流；SciMAT
中图分类号：G311
DOI：10.3772/j.issn.1673-2286.2018.10.002

随着“双一流”高校评估工作的展开和推进，科学计量学在科研评价中的作用再一次展现。作为图书馆学、情报学和科学学的交叉产物，科学计量学利用计量学理论与方法对科学活动的投入、产出和过程进行定量分析，被广泛应用于大学评价、科学发现、评价科学进步和科学家行为等研究。在科学计量学发展的这些年，其研究不断深入促进研究内容和研究方法等的创新，研究主题也在动态变化。跟踪国际科学计量学研究主题，识别其演化路径对于学者了解科学计量学国际研究进展动态，把握其研究内容和研究方法很有必要；对于促进科学计量学在大学评估、科学量化评价等领域的研究和应用，推动我国评价事业的发展具有重要意义。

国际科学计量学研究起步较早，美国情报科学专家Garfield曾指出科学计量学最早形成于19世纪30～60年代[1]，自从Hood等[2]在20世纪60年代创造了“Scientometrics”之后科学计量学的研究逐渐丰富。20世纪中期，知名情报学家、科学计量之父Price提出的科学增长指数定律和逻辑斯蒂定律为早期科学计量学作出了奠基性贡献；1978年国际权威期刊*Scientometrics*的诞生标志着科学计量学研究的历史性进展，此后科学计量学正式作为一门学科受到国内外学者的关注和研究。

经过几十年的发展，国际领域的科学计量学已经日益成熟，一些学者展开了科学计量学的演化态势研究。Chen等[3]对1978—2010年*Scientometrics*上刊登的所有论文进行作者、机构和国家3个层面的合作网络分析；Ravikumar等[4]运用文本挖掘和共词分析方法探讨2005—2010年*Scientometrics*中科学计量学领域的知识结构和主题动态变化；Zhao等[5]将科学计量学的发展划分为3个阶段，比较了跨时段的作者合作网络与研究领域随时间的转移情况。国内亦有一些学者从不同角度关注科学计量学的研究态势，如赵蓉英等[6]以*Scientometrics*为切入点，通过文献共引分析和共词分

*本研究得到国家社会科学基金项目“竞争情报视角下省域产业协作领域定位指标体系的构建研究”（编号：17BTQ057）资助。

析方法对1978—2014年刊载论文进行分析，以探寻科学计量学领域的研究热点和前沿；魏瑞斌[7]从科研机构合作的角度探讨科学计量学发展态势；侯海燕等[8]同样以*Scientometrics*的载文为研究对象，借助知识图谱对国际科学计量学研究前沿、合作网络进行计量分析。纵观国内外现有研究，主要集中于应用科学计量学的理论和方法对科学活动进行分析，少量学者对国际科学计量学自身发展态势的研究关注更多的是国际科学计量学的研究热点、合作网络等方面，而对该领域研究主题的动态演化关注甚少。鉴于此，本研究以Web of Science数据库中国际科学计量学领域相关文献为研究对象，以关键词和主题词表征研究主题，借助科学分析工具SciMAT对不同时期的研究主题及其演化路径进行分析，探测国际科学计量学研究主题演化规律。

1 研究方法与数据处理

本研究的主题演化路径分析框架如图1所示，主要分为研究方法和数据处理与分析两个部分。

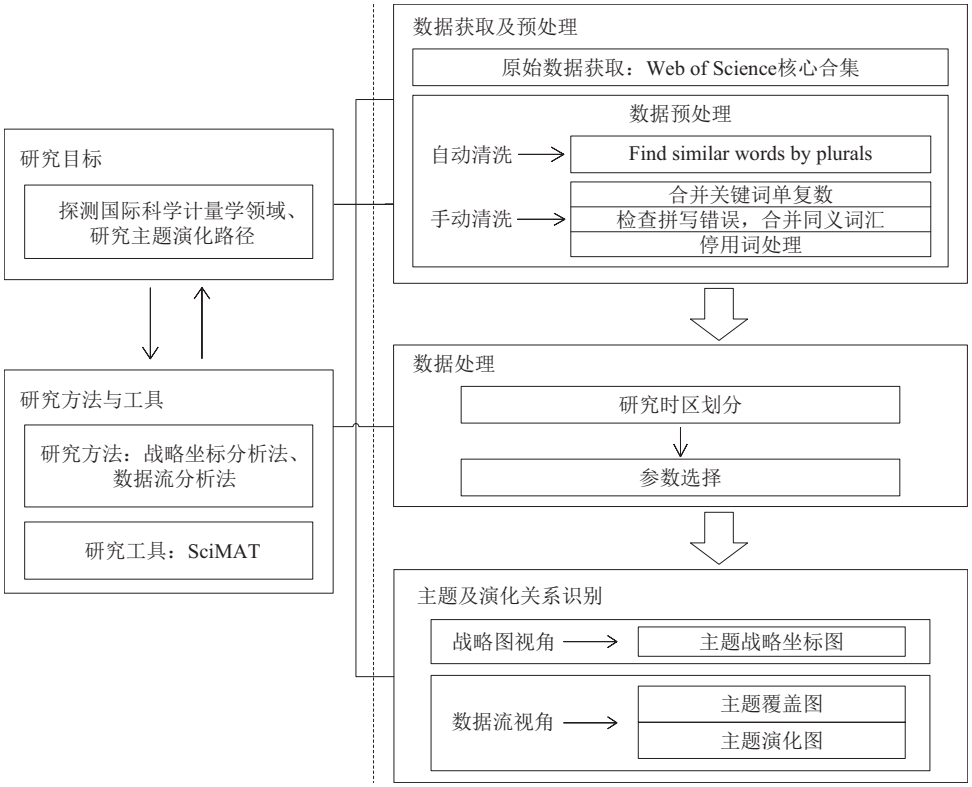


图1 主题演化路径分析框架

1.1 研究方法

学科主题演化路径分析是对该学科在时间维度上主题发展变化过程进行分析[9]，以识别主题演化规律和学科领域的发展态势。本研究对科学计量学领域的主题演化路径分析以共词分析理论为基础，以战略坐标分析法和数据流分析法分析和展现该领域主题演化态势。战略坐标分析法是在共词分析和聚类分析的基础上，以密度和向心度为参数绘制战略坐标图，以揭示科学计量学领域各研究时区内主题间的联系与相互关联，以及主题演化和发展趋势[10]；数据流分析是对科学计量学领域不同研究时区聚类主题流向的分析，以数据流的线条代表路径演化的强度，从各研究主题的数据流向识别该领域的主题演化路径。

2012年西班牙格拉纳达大学（Universidad de Granada）开发的SciMAT软件在展示和分析学科演进方面独具特色，本研究利用SciMAT软件对研究数据进行归一化和相似性度量，通过绘制主题战略图、基于时间序列的主题演化图、主题覆盖图对国际科学计量学领域研究主题进行战略坐标分析和数据流分析，从战略图视角和数据流视角识别国际科学计量学研究主题演化路径和发展态势。

1.2 数据处理

1.2.1 数据获取及预处理

Web of Science数据库作为国际权威的科学引文索引数据库，收录了1900年以来多种核心期刊文献及引文，向研究人员提供文献类型、标题、摘要、关键词（包括作者关键词和数据库关键词）等全面的文献信息。本研究以Web of Science核心合集为数据源，以主题scientometrics相关的文献作为样本代表国际科学计量学研究，具体检索策略为“TS =（SCIENTOMETRIC* OR SCIENTOMETRY）”，检索时间为2018年9月3日，出版年份不限，同时限制文献类型为Article、Proceeding Paper、Review，结果共获得2 582条数据，时间为1976—2018年。

对获取的数据进行处理和分析前要做数据预处理准备，即数据清洗。SciMAT带有Find similar words by plurals功能，可以选择手动清洗和自动清洗，利用自动清洗功能合并作者关键词和数据库关键词的单复数形式；并手动检查是否有拼写错误，将拼写不同但意义相同的关键词合并，如COAUTHORSHIP→CO-AUTHORSHIP、DISCIPLINARY→DISCIPLINE、LOTKA-LAW→LOTKA'S LAW、HIGHLY-CITED-PAPERS→HIGHLY-CITED-ARTICLES、SCIENTOMETRY→SCIENTOMETRICS、BRADFORD-LAW→BRADFORD'S-LAW；对无意义的词做停用词处理，如YOUTUBE、HTA等。

1.2.2 研究区间划分及参数选择

我国科学计量学领域先驱学者赵红州等[11]曾根据国外学者的存储资料指出1979年之前关于科学引证计量的文献已有600多篇，但本文在Web of Science数据库中检索时共获取国际科学计量学领域以scientometrics为主题的研究数据2 582条，出版年份最早为1976年。本文分析认为，虽然国际上早已开始科学计量学的研究，但是由于各种原因并未被Web of Science数据库收录，或是因为其早期研究未以scientometrics作为研究主题导致检索到的文献最早出版年份为1976年。因此本文以Web of Science数据库中检索结果为依据，将检索到的自1976年至今的2 582条数据作为研究对象并对所有数据进行分区。

研究时区的划分一般有依据文献量和固定时间窗口两种方式，本研究中文献集的时间跨度大且科学计量学前期文献数据量较少，故采用文献量和固定时间窗口两种划分方式相结合的方法。因科学计量学领域早期发文量较少，故将1976—2006年划分为第一个研究时区；2007—2018年采用固定时间窗口的方式，即将2007—2018年等距划分为3个时区。据此，文献集共被划分为4个时区：Subperiod 1976—2006、Subperiod 2007—2010、Subperiod 2011—2014、Subperiod 2015—2018。

文献数据集的研究时区划分完成后，需要进行各研究时区和指标的参数设置。首先设置分析单元为Words，为提高主题分析结果的全面性和准确性选择KW+KWP（作者关键词和数据库关键词）相结合的方式；其次，设置研究时区数据缩减阈值为（2，2，3，4），选择矩阵形式为共现矩阵，设置网络缩减阈值（2，1，3，4）；最后，依据关联强度设置归一化网络，同时聚类算法选择简单中心聚类，选择以核心绘图方式，计量指标与纵向图指标分别选择H指数和Salton系数。

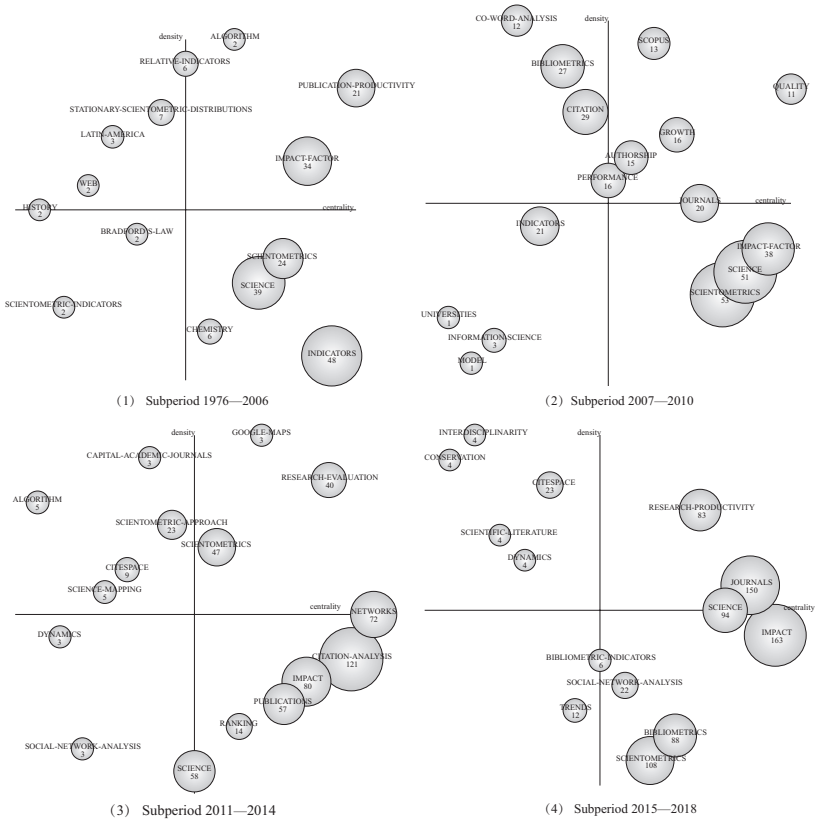
2 战略图视角的国际科学计量学研究主题演化分析

战略图主要用来描述聚类主题的内部联系和不同主题间的相互联系，SciMAT绘制的战略图中有3个指标（密度、中心度和相关文献量），通过不同研究时区聚类主题的变化与主题关系的变化直观地显示各研究主题的演化状态。这一章节以战略图的形式展示科学计量学领域4个研究时区的主题变化，分析该领域的研究主题在其研究时区的演化状态和地位。

战略图中每个节点代表了由*N*个关键词聚类的主题，节点中数字为该主题的相关文献量，相关文献量越多表明该主题在研究时区内的关注程度越高；战略图中的纵轴为密度，用来测量主题内部关键词间的关联强度，密度越高表明主题内部聚类的关键词之间联系越紧密，在主题演化路径中演化的潜力更大[12]；横轴为中心度，测量某主题与研究时区内其他主题的关联强度，中心度越高表明该主题在研究时区内处于核心地位，影响强度大，在整个主题演化路径中越重要（见图2）。

2.1 1976—2006年主题演化分析

1976—2006年国际科学计量学处于早期发展阶



（1） Subperiod 1976—2006　（2） Subperiod 2007—2010

（3） Subperiod 2011—2014　（4） Subperiod 2015—2018

图2 1976—2018年各研究时区主题战略坐标图

段，相关论文及主题词的数量相对较少，但对于后期研究起奠基性作用，为此将该时区数据缩减阈值调整以显示更多此时期主题词及其与后期研究的关系。由1976—2006年研究主题战略坐标图看出，此研究时区的关键词聚类为14个主题，即发文量、影响因子、算法、相关指标、静态科学计量学分布、拉丁美洲、网络、历史、布拉德福定律、信息计量指标、科学计量学、科学、指标、化学。

战略图右上象限聚类的影响因子、发文量、算法和相关指标4个主题，密度中心度较高，具有演化能力强的特点，是此时期发展较为成熟的核心主题词。发文量主题由引文影响力、生命科学、世界科学、国际表现、数学、信息计量、著者合作、学术发文量等关键词聚类成簇；影响因子聚类包括引文分析、期刊、出版物、文献计量、引文、研究绩效、科学期刊等关键词，这两类主题与其他主题词联系紧密并在科学计量学主题演化路径中具有很强演化能力。左上象限聚类的主题有静态科学计量学分布、拉丁美洲、网络、历史，其在该时期研究中的表现一般，且联系较松散。左下象限有布拉德福定律和信息计量指标2个聚类主题，值得注意的是，虽然2个主题的密度和中心度均低，但是布拉德福定律作为科学计量学乃至文献计量学五大经典定律之一，在早期科学计量学的发展中奠定了基础性作用，而在后期作为该领域的基础知识学者们对其专门性研究变少，因此布拉德福定律在科学计量学主题演化中主题影响力逐渐变低。位于右下象限的科学计量、科学、指标、化学，密度值低中心度较高，具有内部联系弱、与其他主题联系强的特点，是该领域基础的、发展潜力大的主题，很有可能在下一时区继续出现。

2.2 2007—2010年主题演化分析

2007—2010年聚类了质量、SCOUPS、增长、作者、绩效、引用、文献计量、共词分析、指标、大学、信息科学、模式、科学计量、科学、影响因子、期刊16个主题。

位于右上象限5个主题其相内部关键词联系密切，但文献数量较少受关注程度不高。右下象限的影响因子、科学、科学计量与期刊4个主题的密度偏低，中心度高，且相关文献数量较多，表明影响因子等在此研究时区的关注程度高，并与其他的主题联系密切具有很强的演化能力。左上象限的主题有共词分析、文献计量、引用，主题词的密度很高，内部关键词联系紧密，如共

词分析由文献计量分析、领域、知识图谱、共引分析、潜在主题分析等关键词聚类，多为分析方法，因此共词分析主题内部关键词联系密切。左下象限的主题有指标、大学、信息科学和模式，其中指标主题由1976—2006年研究时区演进而来，密度、中心度及相关文献量高于其他3个主题，而大学等3个主题与其他主题联系弱，是该领域专业性较强的主题。

2.3 2011—2014年主题演化分析

2011—2014年国际科学计量学发展迅速，文献量与主题数迅速增加，在这一时区聚类形成了研究评估、谷歌地图、科学计量、算法、科学计量方法、CiteSpace、科学图谱、动态趋势、社会网络分析、科学、排名、出版物、影响力、引文分析、网络、学术期刊16个主题。

在2011—2014年研究主题战略坐标图中，位于右上象限的有研究评估、谷歌地图、科学计量学3个主题，谷歌地图主题聚类只有3个关键词，因而联系密切，密度值最高；研究评估和科学计量学的密度与中心度较高且相关文献量多，属于关注度较高的研究主题，在科学计量学主题演化路径中有较强的演化能力。位于右下象限的主题有网络、引文分析、影响力、出版物、排名、科学，其中主题网络的中心度最高，与其他主题联系最为密切；引文分析的中心度较高，且相关文献量最高为121篇，说明此研究时区对引文分析的研究关注度最高；影响力和出版物的中心度及密度接近，在相关文献量上略有差异，排名与科学2个主题在密度上表现较弱。位于左上象限的主题为算法、科学计量方法、CiteSpace、科学图谱、学术期刊，这5个主题在密度和中心度上表现差异较大；在相关文献量上，除科学计量方法主题的相关文献量略高外，其他主题的相关文献量均低。在左下象限中聚类的主题只有动态趋势和社会网络分析，是科学计量学领域较为专业和独立的研究主题。

2.4 2015—2018年主题演化分析

2015—2018年国际科学计量学文献量达到1 100篇，相应地在这一研究时区内关键词数增长到4 247个，为凸显重要研究主题，将此研究时区数据缩减阈值调高，最终聚类形成了期刊、研究产出、跨学科、CiteSpace、保存、科学文献、动态、趋势、文献计量指标、社会网络分析、文献计量、科学计量学、科学、影响力14个主题。

右上象限聚类的主题有研究产出、期刊、科学，主题研究产出聚类了文献计量分析、科学计量分析、研究趋势、可视化等多个关键词，且聚类的关键词间联系密切；主题期刊的密度略低，中心度和相关文献量高，是此研究时区的核心主题。位于右下象限的主题有影响力、社会网络分析、文献计量和科学计量，其中影响力的中心度最高，相关文献量最高达163篇，是此研究时区处于核心地位的主题词；文献计量、科学计量和社会网络分析是从上一研究时区演进而来，具有研究连续性，是研究者持续关注的主题。位于左上象限的主题有CiteSpace、跨学科、保存、科学文献、动态趋势，其中CiteSpace与动态趋势由上一研究时区演进而来，且与上一研究时区的密度和中心度接近，说明对此主题的研究较为稳定；跨学科是在2015—2018年时区新出现的聚类主题，有跨学科与多学科2个关键词。位于左下象限只有趋势这一主题，该主题的密度、中心度和相关文献量偏低，属于此研究时区的边缘化主题。

3 数据流视角的国际科学计量学研究主题动态演化分析

这一阶段的目的是从数据流视角探测国际科学计量学领域研究主题的动态演化，通过主题在研究时区间的数据流向、数据增减、数据的流入和流出等反映主题演化，揭示主题随时间发展变化情况并从中寻找国际科学计量学领域主题演化的路径。主题覆盖图（overlapping map）和演化图（evolution map）能够直观地展示研究时区间和主题间的数据流向，因此将1976—2018年国际科学计量学文献数据集中的关键词处理后构建以关键词表征的主题覆盖图和演化图，从数据流的视角分析和追踪国际科学计量学领域研究主题的演变。

3.1 科学计量学研究主题演进覆盖动态分析

主题覆盖图以关键词数表征主题数，以数据流的形式展示领域内研究主题的新旧更替和研究领域的稳定性情况。覆盖图中的圆圈代表研究时区，圆圈内数字为对应研究时区内的主题数量（以关键词数量表征主题数量）；两个圆圈之间的箭头表示两个研究时区研究主题的连续性，箭头间的数字是两个研究时区共享的主

题数量，圆圈左上方流入箭头表示此研究时区新生的主题数量；括号内的数值为稳定性指数，用于测量两个时区之间的重叠，即主题的连续性和不连续性情况。

国际科学计量学研究不断补充新生研究主题，并伴随前一阶段研究主题向后覆盖的动态过程。图3中4个圆圈表征了国际科学计量学研究的4个时区，4个研究时区的主题数分别为677、1 219、2 702、4 247，主题数的迅速增涨是国际科学计量学研究不断增加的结果。1976—2006年时区内研究主题数共677个，向下一时区传递的主题有213个，此时研究时区间的稳定指数为49.94，表明1976—2006年国际科学计量学仍处于初期发展阶段。2007—2010年研究时区沿用了1976—2006年时区213个主题，此研究时区内新生主题1 006个；2011—2014年时区新生主题数达到了2 253个；尤其在2015—2018年时区新生主题数达到了3 369个，此时区是国际科学计量学飞速发展的阶段，研究文献迅速增加，关注的主题也随之扩展。从稳定性指数来看，4个时区之间的研究主题的稳定指数分别为49.94、111.08和227.56，稳定性指数不断升高。研究主题的稳定性指数高，说明研究人员长期关注的研究主题较多，研究的连续性强。这一方面表明国际科学计量学领域研究内容和研究主题稳定，学科成熟度高；另一方面说明研究主题略单一，存在固化倾向，科学计量学的研究需要注入新鲜血液，补充更多的新生研究主题。

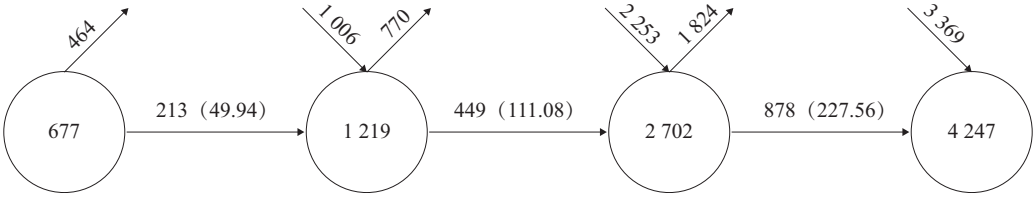


图3 科学计量学研究主题演进覆盖图

3.2 科学计量学研究主题动态演化路径分析

主题动态演化图（见图4）以数据流的形式展示了随时间变化4个研究时区各主题的演化趋势，能够在连续的时间段内分析和追踪科学计量学领域主题的动态演变。演化图中每一纵列为一个研究时区，由左至右分别是Subperiod 1976—2006、Subperiod 2007—2010、Subperiod 2011—2014、Subperiod 2015—2018。图中节点代表研究主题，节点的大小与研究主题数量成比例，节点间的连线表示数据的流向[13]，数据流的宽度代表主题演化的强度。相邻研究时区的两个主题有连线代表研究主题间具有时间上的连续性，连线越深越粗表示两个主题的关联度越高。

借助演化图分析国际科学计量学领域的研究主题在整个研究进程中的发展变化及消亡，并从演化趋势中识别该领域的主题演化路径。在科学计量学领域的主题演化图中，直观地识别出所有时区都出现过的主题（如SCIENCE）、已经消失的主题（如BRADFORD'S-LAW, WEB）和在最后阶段出现的主题（如INTERDISCIPLINARITY）。总体来看，主题演化图呈现出每一列节点趋于更大，节点间的数据流更多、更复杂的趋势，反映了1976—2018年的42年历程中，科学计量学研究受到国际上广泛关注，不断衍生新的研究主题。根据主题演化图，观察研究主题节点大小和主题间的数据流动，识别出国际科学计量学领域形成了5条明显的主题演化路径。

（1）科学产出计量。科学产出计量的演化路径由两条子路径构成，发文量、文献计量、影响力、期刊形成了科学产出计量的第一条演化子路径，发文量、期刊、影响力、期刊形成其第二条子路径。科学产出计量是科学计量学研究的重点之一，一般是指对研究者、研究机构、期刊等科学产出的数量与质量进行分析，狭义上的科学产出一般是指发文量。科学产出计量的突出性研究是Price等[14]于1976年发表的《科学计量学研究I：科学作者的短暂性与连续性》，根据《科学引文索引》中源作者与被引作者索引信息，抽取部分作者作为样本统计其1964—1970年的发文情况，对作者产出进行计量分析。1981年匈牙利学者Schubert等[15]以85个匈牙利研究机构为研究对象，比较各研究机构的产出、科研人力等情况，并提出以研究机构期刊论文的总影响力作为科研产出质量的评价标准。由分析科学产出计量的发展路径得出，在科学计量学初期发展阶段研究方法主要是计数统计，随着科学计量学的发展和研究方法不断拓展，不仅需要对科学产出的数量进行统计，更要对科学产出的质量进行评价，因而科学产出的计量研究由早期单纯计数统计向由影响因子代表的质量计

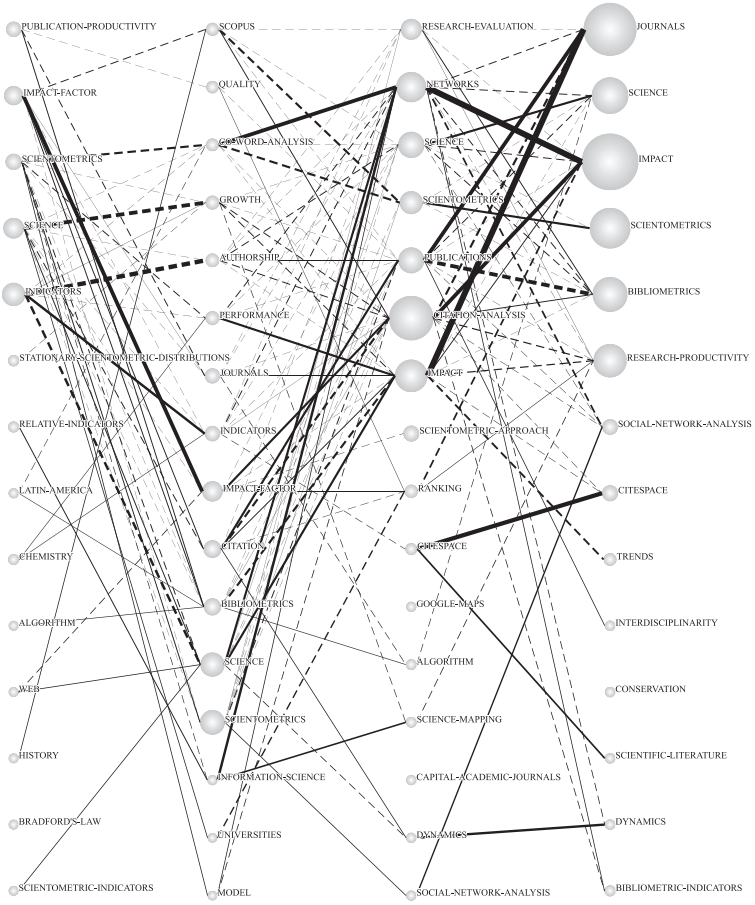


图4 研究主题动态演化图

量方法转变。

（2）引文分析。引文分析的演化子路径一由影响因子、引文分析、影响力形成，子路径二由影响因子、SCOPUS引文数据库、科学计量学形成。引文分析演化路径的数据流向清晰明确，是科学计量学主题演化的主要路径。引文分析演化路径中包含的主题有引文分析、影响因子、影响力、SCOPUS引文数据库、H指数等，这些主题不断吸收网络、科学计量指标等主题，演化、衍生出新的主题（如研究绩效、评价、社会网络分析等）。在引文分析演化路径中，相关主题在4个研究时区中主要位于战略图的右上、右下象限，具有内部联系密切、研究热度高的地位，是国际科学计量学主要研究领域，保持稳定趋升的研究热度。

引文分析的方法、工具、测度指标等一直是科学计量学研究的热点，从Gross利用化学期刊的参考文献进行第一次引文分析，Garfield首次提出影响因子的概念，到2005年Hirsch提出的H指数，引文分析的研究受到越来越多的关注。Yanovsky[16]曾在《科学期刊引文分析的重要性》中评价引文分析的方法使得评估科学期刊的相互影响成为可能，特别是JCR的出版使得科学计量研究更加方便。

（3）社会网络分析。在社会网络分析演化路径中，识别出2条演化子路径，即由科学计量学、共词分析、网络、社会网络分析构成的子路径一，和由科学计量学、社会网络分析构成的子路径二。社会网络分析的演化路径较为复杂，在演化路径中有较多的主题分裂和融合，其中子路径一的主题间数据流多且密，主题的分裂与融合现象更加明显，子路径二相对简单。社会网络分析演化路径中吸收和演化的主题包括共词分析、中心度、协作、合著、可视化等，这些主题主要聚类在2011—2014年和2015—2018年两个研究时区，且位于战略图的左下和右下象限，表明该主题路径在科学计量学发展的后期逐渐明确，但是作为领域内较新的研究方向，与领域内的其他主题尚未充分相关。从社会网络分析主题演化路径中的相关文献来看，引用次数最高且影响力较高的文献是西班牙格拉纳达大学UGR研究小组于2011年发表的《一种检测、量化和可视化研究领域演化方法：模糊集理论的实际应用》[17]，其基于共词

分析方法结合了绩效分析和科学图谱用于检测和可视化特定研究领域。其次是Choi等[18]于2011年发表的《SAO网络分析专利技术趋势：以质子交换膜燃料电池中聚合物电解质膜技术为例》，提出了利用从专利文献中提取的SAO模型来构造SAO网络的过程，以及应用行动者网络理论来分析SAO网络的技术含义的方法。结合主题演化图与相关文献，发现社会网络分析是科学计量学领域起步相对较晚的研究方向，未来仍有很大的发展空间。

（4）科学评价。科学评价的演化路径中，科学计量学、绩效、影响力、研究产出形成科学评价演化的第一条子路径，指标、大学、排名、产出形成其第二条子路径。科学评价演化路径中关注的主题有指标、大学、排名、研究产出、绩效和影响力等，主题间数据流较细，数据流向明确；该演化路径中吸收的主题有管理、创新、引用率、高被引、质量、分配、研究评估等，相关主题在聚类战略图的左下、右下和右上象限间动态转换，相关文献量总体逐渐增多。该路径中的主题与同研究时区内其他主题联系较强，是科学计量学领域的基础研究方向，与其他研究方向交融重合现象明显。

在科学计量学中，探索研究领域有两种主要方式，即科学评价和科学绘图（知识图谱）。科学评价旨在评估不同学科参与者（研究者个人、研究机构、研究团体、大学、国家或地区、期刊等）的科学产出及其影响力，包含但不限于科学产出的计量研究。科研量化评价、科研绩效评估和大学排名等是科学评价的重要内容，往往与科学产出、引文分析、知识图谱等研究方向相互联系、相互交织，成为科学计量学领域的基础性研究内容。

（5）知识图谱研究。知识图谱研究演化子路径一中包含指标和CiteSpace，子路径二包含信息科学和科学绘图两个聚类主题。知识图谱是科学计量学研究的主要方式之一，旨在展示科学研究的概念、网络或知识结构及其演化和动态。知识图谱研究路径中包含的主题有指标、CiteSpace、信息科学、绘图，在路径中吸收和分裂出新兴趋势、知识管理、科学文献等相关主题。演化路径中的数据流单一，融合和分裂现象不明显；路径中主题出现时间较晚，主要在战略图的左上和左下象限中转换，与领域内的其他主题联系较松散，表明知识图谱研究对其他研究主题影响力较小，是国际科学计量学领域中相对独立、专业性强的研究方向。

知识图谱的研究建立在早期的统计学理论基础上，Leydesdorff[19]于1987年以《科学引文索引》中的数据使用共引聚类方法尝试绘制科学映射图谱，此后知识图谱研究方法和绘制工具的相关研究呈现井喷式增长，一些研究机构开发了专门绘制知识图谱的软件，如BibExcel、VOSviewer、CiteSpace、SciMAT等，其中Chen等开发的引文可视化分析软件使用最为广泛。CiteSpace具有识别快速增长的研究热点、聚类、合作网络等功能以研究科学发现和知识传播[20]，基于科学计量学理论，国内外学者借助CiteSpace等知识图谱工具对各学科领域展开研究以探索学科领域的知识结构。

4 结语

本文将国际科学计量学的研究文献划分为4个时区，通过战略坐标分析法和数据流分析法对国际科学计量学的研究主题及演化路径进行研究分析。首先，从战略图视角，根据每一研究时区的聚类主题的战略坐标分析各研究主题的演化能力及地位。其次，根据主题覆盖图和主题演化图从数据流视角进一步分析，依据主题覆盖图4个研究时区的研究主题新旧更替，发现主题演进稳定性指数偏高，说明国际科学计量学领域发展趋向成熟，也存在研究主题和研究内容固化倾向；借助主题演化图追踪时间序列上主题动态演化路径，探索出国际科学计量学研究的5条主要演化路径。最后，结合主题演化路径和主题的战略分布，分析得出路径科学计量研究与科学评价研究是国际科学计量学领域基础性的研究方向；路径引文分析在演化过程中主题融合与分裂现象明显，演化能力强，是国际科学计量学领域重要研究内容；路径社会网络分析与知识图谱研究在国际科学计量学领域出现时间较晚，是相对独立和专业的研究方向，但是其发展迅速，关注度趋升，未来有很大的发展潜力。

本文在研究和分析过程中主要存在两点不足。一是本文以主题检索获取的科学计量学文献作为样本代表国际科学计量学领域的研究，选取的样本数据有限。此外，由于Web of Science数据库中收录的文献数据并不全面，国际科学计量学领域在1976年之前的相关研究文献并未检索到，鉴于此未能够形成国际科学计量学研究的完整知识脉络。二是限于个人对国际科学计量学及其相关研究的知识储备不够深厚，本研究中对国际科学计量学研究主题演化和每条研究路径的分析与展开不够全面深入。本研究尚存不足，有待进一

步完善，未来的研究可以选取*Scientometric*、*Journal of Informetrics*和JASIS/JASIST等科学计量学代表性期刊作为数据源，从引文分析、作者合著、区域比较等更多角度详细地展开对国际科学计量学研究的分析。

参考文献

[1] 符志良. 科学计量学 [J]. 科学学与科学技术管理，1982（3）：21-23.

[2] HOOD W W，WILSON C S. The literature of bibliometrics，scientometrics，and informetrics [J]. Scientometrics，2001，52（2）：291-314.

[3] CHEN Y W，BORNER K，FANG S. Evolving collaboration networks in Scientometrics in 1978—2010：a micro-macro analysis [J]. Scientometrics，2013，95（3）：1051-1070.

[4] RAVIKUMAR S，AGRAHARI A，SINGH S N. Mapping the intellectual structure of scientometrics：a co-word analysis of the journal Scientometrics（2005—2010）[J]. Scientometrics，2015，102（1）：929-955.

[5] ZHAO Y H，ZHAO R. An evolutionary analysis of collaboration networks in scientometrics [J]. Scientometrics，2016，107（2）：759-772.

[6] 赵蓉英，郭凤娇，赵月华. 科学计量学主流研究领域与热点前沿研究 [J]. 图书情报工作，2015，59（2）：66-74.

[7] 魏瑞斌. 科学计量学领域科研机构合作网络演化分析 [J]. 情报杂志，2012，31（12）：40-45.

[8] 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，2009，30（1）：164-170.

[9] 王春秀，冉美丽. 学科主题演化定量分析的理论基础探析 [J]. 现代情报，2008，28（6）：48-50.

[10] 李干，谢欢，袁勤俭，等. 国际电子学习研究主题演化分析 [J]. 图书馆论坛，2015，35（2）：68-75.

[11] 赵红州，蒋国华. 科学计量学的历史和现状 [J]. 科学学研究，1984，2（4）：26-37.

[12] 祝娜，王芳. 基于主题关联的知识演化路径识别研究——以3D打印领域为例 [J]. 图书情报工作，2016，60（5）：101-109.

[13] 刘艳华，钱爱兵. 21世纪以来国际图书情报领域研究热点的演化路径探析 [J]. 西南民族大学学报，2018，39（5）：229-235.

[14] PRICE D D，GÜRSEY S. Studies in Scientometrics I：Transience and continuance in scientific authorship [J]. International Forum on Information and Documentation，1976，1（2）：17-24.

[15] SCHUBERT A，BRAUN T. Some scientometric measures of publishing performance for 85 hungarian research institutes [J]. Scientometrics，1981，3（5）：379-388.

[16] YANOVSKY V I. Citation analysis significance of scientific journals [J]. Scientometries，1981，3（3）：223-233.

[17] COBO M J，LÓPEZ-HERRERA A G，HERRERA-VIEDMA E，et al. An approach for detecting quantifying and visualizing the evolution of a research field：A practical application to the Fuzzy Sets Theory field [J]. Journal of Informetrics，2011，5（1）：146-166.

[18] CHOI S，YOON J，KIM K，et al. SAO network analysis of patents for technology trends identification：A case study of polymer electrolyte membrane technology in proton exchange membrane fuel cells [J]. Scientometrics，2011，88（3）：863-883.

[19] LEYDESDORFF L. Various methods for the mapping of science [J]. Scientometrics，1987，11（5/6）：295-324.

[20] CHEN C M，ZHANG J，VOGELEY M S. Making sense of the evolution of a scientific domain：A visual analytic study of the Sloan Digital Sky Survey research [J]. Scientometrics，2010，83：669-688.

作者简介

董雪季，女，1993年生，硕士研究生，研究方向：信息管理、竞争情报，E-mail：1845365581@qq.com。
王晓慧，女，1970年生，副教授，研究方向：竞争情报。

Analysis of Themes Dynamic Evolution of the International Scientometrics Research

DONG XueJi WANG XiaoHui
(School of Management, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

Abstract: From the perspective of strategic map and data flow, this paper analyzes the research themes and evolution states in different research period of international scientometrics, and traces the dynamic evolution path of research themes on time series. Select the relevant literature on the subject of scientometrics in the Web of Science database as a sample, using the SciMAT tool to construct the strategic map, overlapping map and evolution map. From the perspective of strategic map, the strategic distribution of the themes in each research period is analyzed; From the perspective of data flow, the dynamic evolution of the themes in the overlapping map and evolution map is analyzed. The research results show that theme of clustering in different research period changes greatly and some of the research theme is continuous. Besides, the research identify five dynamic evolution paths of international scientometrics research, including scientific output measurement, citation analysis, social network analysis, scientific evaluation research, and knowledge map research.

Keywords: Scientometrics; Theme Evolution; Strategic Diagram Analysis; Data Flow; SciMAT

（收稿日期：2018-10-01）