

# 国际科学计量学及其姊妹学科的计量与图谱

刘则渊<sup>1,2</sup>, 朱晓宇<sup>1,2</sup>

1. 大连理工大学 21 世纪发展研究中心暨 WISE 实验室, 辽宁大连 116085
2. (中)大连理工大学-(美)德雷塞尔大学知识可视化与科学发现联合研究所, 辽宁大连 116085

**摘要** 科学计量学(Scientometrics)及其姊妹学科——信息计量学(Informetrics)、文献计量学(Bibliometrics)和网络计量学(Webometrics/Cybermetrics)(简称 SIBW 学科),自诞生以来获得长足的进步。本文按照 SIBW 学科的起源草创时期(1917—1939)、奠基形成时期(1939—1969)、命名繁荣时期(1969—2011),分 3 个阶段回顾了科学计量学及其姊妹学科产生与形成的历程,进而统计分析了 SIBW 学科文献数量在 1975—2009 年间的年度分布。从不同视角考察分析了 SIBW 学科之间的结构关系和数据关系。在此基础上,采用科学计量学和知识图谱的方法分析了 SIBW 学科的新近成长、研究前沿与热点领域,并通过对支撑 SIBW 学科的 2 个权威期刊的计量研究,进一步印证了 SIBW 学科的前沿态势。最后,展望了深入探索计量学多学科的内在联系、共性规律和统一理论的广阔前景。

**关键词** 科学计量学;信息计量学;文献计量学;网络计量学/赛博计量学;SIBW 学科;知识图谱;科学学

**中图分类号** N32

**文献标识码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.07.011

## Measuring and Mapping of International Scientometrics and Its Sister Disciplines

LIU Zeyuan<sup>1,2</sup>, ZHU Xiaoyu<sup>1,2</sup>

1. Center for Development Studies on the 21st Century, WISE Lab, Dalian University of Technology, Dalian 116085, Liaoning Province, China
2. Joint-Institute for the Study of Knowledge Visualization and Science Discovery, Dalian University of Technology (China) - Drexel University (USA), Dalian 116085, Liaoning Province, China

**Abstract** At the very inception of the Scientometrics with its sister disciplines - Informetrics, Bibliometrics, and Webometrics/Cybermetrics (referred to as simply SIBW disciplines), they have been made a great progress. Firstly, the history of SIBW disciplines is reviewed as the following three stages, that is, origin and pioneering period (1917—1939), foundation and formation period (1939—1969), and named and booming period (1969—2011). And then the annual distribution of the number of SIBW disciplines literatures during the 1975—2009 is statistically analyzed; the structural and data relationships within the SIBW disciplines are examined from all angles. Furthermore, the recent expansion of SIBW disciplines, their research frontiers, and hotspot area are also discussed by scientometrics and knowledge mapping, the forefront trend of the SIBW disciplines is confirmed through the measurement for two authoritative journals in the field. Finally, the internal relations, common laws, and unified theory of the metrics multi-disciplines are prospected.

**Keywords** scientometrics; informetrics; bibliometrics; webometrics/cybermetrics; SIBW disciplines; knowledge mapping; science of science

### 0 引言

目前,国际科学计量学界流行若干姊妹学科——信息计

量学、文献计量学和网络计量学等,其来龙去脉与相互关系颇值得研究。本文将科学计量学(Scientometrics)、信息计量学

收稿日期:2012-01-28;修回日期:2012-02-21

基金项目:教育部高等学校博士学科点专项科研基金项目(20090041110001)

作者简介:刘则渊(中国科协所属全国学会个人会员登记号:1100000012M),教授,研究方向为科学学理论与科学计量学,电子信箱:liuzy@vip.163.com

(Informetrics)、文献计量学 (Bibliometrics) 和网络计量学 (Webometrics/Cybermetrics) 4 个学科名称按上述顺序 (参照 ISSI 学会 2 个学科顺序) 将这些学科缩写为 SIBW, 将科学计量学及其姊妹学科简称为 SIBW 学科 (SIBW-disciplinary) 或 SIBW 计量学 (SIBW-metrics)。同时, 考虑到科学计量学等学科还在向技术计量学 (Technometrics) 和专利计量学 (Patentometrics) 等领域拓展, 也不妨使用计量学多学科 (Metrics Multidisciplinary) 的术语。

科学计量学及其姊妹学科研究的先驱者将数学和计量手段不断引入以往难以量化的知识领域, 彰显出人类的聪明才智; 而且这些计量学科不断向人类知识领域的深度和广度进军, 也日益体现出对发掘知识财富的巨大价值。因此, 这项研究无疑具有重要的意义与价值。

本文在考察 SIBW 学科产生和形成的基础上, 运用知识计量和知识图谱方法, 特别是大连理工大学长江学者讲座教授陈超美研发的多视角共引分析 CiteSpace 可视化技术, 分析 SIBW 学科的相互关系、前沿领域和未来走向。

## 1 SIBW 学科的形成过程

2007 年, 在第 11 届 ISSI 大会上, 加菲尔德 (Dr. E. Garfield) 所作的主旨报告《从科学学到科学计量学》<sup>[1]</sup> 阐述了科学计量学的起源与历程, 历数了一些先驱者和奠基人的名字: 从科尔 (F. J. Cole, 1917)、洛特卡 (A. J. Lotka, 1926)、格罗斯兄弟 (P. L. K. Gross & E. M. Gross, 1927)、布拉德福 (Samuel C. Bradford, 1934) 和贝尔纳 (J. D. Bernal, 1939), 到 1945 年出现的《诚如所思》的作者范仑瓦尔·布什 (Vannervar Bush), 再到 1955 年的赫伯特·西蒙 (Herbert Alexander Simon) 以及 1951—1963 年间写有一系列论著的普赖斯 (D. J. D. Price)。依据加菲尔德的上述论述, 可以将 SIBW 学科的形成与发展历程分为如下 3 个阶段。

### 1.1 SIBW 学科的起源与草创时期 (1917—1939)

SIBW 学科起源于科学计量学和文献计量学。1917 年, 英国动物学家科尔 (F. J. Cole, 1872—1959) 和博物馆馆长伊尔斯 (N. B. Eales) 发表了题为《比较解剖学的历史——对文献的统计分析》的论文, 首先采用定量的方法研究了 1543—1860 年所发表的比较解剖学文献, 对有关图书和期刊文章进行统计, 并按国别加以分类<sup>[2]</sup>。

1926 年, 美国统计学家洛特卡 (A. J. Lotka, 1880—1949) 发表了《科学生产率的频率分布》一文<sup>[3]</sup>。他统计了《化学文摘》(1907—1916) 索引和《物理学史一览表》(1919) 中的科学家人数及其论文数, 发现了作者数与其论文数的“平方反比”数量关系:  $f(n)=1/n^2$ , 即发表  $n$  篇论文的作者数为发表 1 篇论文作者数的  $1/n^2$ , 后来称之为洛特卡定律。

1927 年, 美国化学家格罗斯兄弟 (P. L. K. Gross & E. M. Gross) 发表《高校图书馆与化学教育》一文<sup>[4]</sup>, 对化学教育杂志的引文进行分析, 并根据该学科期刊的被引次数多少列出了

化学教育核心期刊表。这是文献学史上第一次引文分析, 为引文分析奠定了基础。

美国语言学家齐普夫 (George Kingsley Zipf, 1902—1950) 在研究英文单词的出现频率时, 发现了词频分布定律:  $P(r)=C/r^a$ , 其中,  $C$  和  $a$  为参数, 定律表示每个单词出现的频率  $P(r)$  与其由高到低的排名  $r$  存在简单反比关系<sup>[5-6]</sup>。这一著名的齐普夫定律已广泛应用于文献计量学之中。

1934 年, 英国文献学家布拉德福 (Samuel C. Bradford, 1878—1948) 在“特定课题的信息来源”一文中, 对期刊文献进行统计分析, 提出了定量描述科学论文在相关期刊中集中—分散状况的 1 个经验规律, 称为文献分散定律即布拉德福定律<sup>[7]</sup>。后来经过许多学者的修正和完善, 发展成为文献计量学中著名的文献分布理论。

以上这些先驱者早期的定量研究成为文献计量和科学计量研究的起源, 但都是分散、不系统的, 直到 20 世纪 30 年代末, 对科学及其文献的系统研究演化为科学学 (Science of Science)。

### 1.2 SIBW 学科的科学学基础与奠基时期 (1939—1969)

加菲尔德认为, 在用科学学对科学及其文献的系统研究, 以 1939 年科学学奠基人贝尔纳 (J. D. Bernal, 1901—1971) 代表作《科学的社会功能》的出版为关键转折点<sup>[8]</sup>。这部经典著作作为后来科学计量学的产生和发展奠定了扎实的科学学基础。此后是短暂的沉寂。

二战之后, 1945 年范仑瓦尔·布什 (Vannervar Bush, 1890—1974) 在“诚如所思”中提出, 将人类知识的庞大记录组织起来以供科学再使用<sup>[9]</sup>。他构想出 1 种“memex” (memory extender, 即记忆扩展) 的情报工作站, 是能够存储、浏览和记录情报的 1 个人图书馆。这被认为是情报学的开端, 亦是科学计量学的情报学基础。这也是“information”含义从情报到信息的转折, 但当时中国尚无这种认识。

1955 年, 赫伯特·西蒙 (Herbert Alexander Simon, 1916—2001) 发表“论偏态分布函数的一种类型”一文<sup>[10]</sup>, 通过对“优先连接” (preferential attachment) 的深入研究来阐释社会学、生物学和经济学发生幂律分布 (power law distributions) 现象的原因, 并列出了可用优先连接理论解释的 5 种幂律分布: 文献中词频的分布、科学家发表的科学文献数量的分布、城市人口的分布、收入的分布和每类生物中物种数的分布。前 2 种实际上把洛特卡定律、齐普夫定律提升到一种普遍的幂律分布函数的根源上来认识, 并为文献计量和科学计量提供了一种数学工具, 亦成为 SIBW 学科的数学基础之一。

早在 1951 年, 普赖斯 (D. J. D. Price, 1922—1983) 就发表了第 1 篇关于科学定量分析的论文<sup>[11]</sup>, 但这篇文献的影响不大。1956 年, 普赖斯的“科学的指数增长”提出了著名的科学增长指数定律<sup>[12]</sup>。直到普赖斯的《巴比伦以来的科学》和《小科学, 大科学》分别在 1961 和 1963 年出版的时候, 科学计量学这个领域才重新开始复苏<sup>[13-14]</sup>, 而其另一篇代表作“科学论文

的网络”(1965)<sup>[15]</sup>将科学计量学推进到引文网络分析的新高度。由于当时还没有科学计量学的术语,因此普赖斯的研究都在科学学的旗帜下。《小科学,大科学》扉页上写着:科学学的序幕。更明确地说,科学学是科学计量学的基础,乃至是整个SIBW学科的普遍基础。

1955年,加菲尔德发表了“引文索引用于科学”这一经典文献<sup>[16]</sup>。1964年,他据此出版的“科学引文索引”(SCI)<sup>[17]</sup>使科学计量和文献计量转向引文分析的主流方向上<sup>[18-19]</sup>。

可见,文献计量学与科学计量学同根同源,贝尔纳、普赖斯和加菲尔德都被称为文献计量学的奠基人。科学学奠基人贝尔纳之所以被列入其中,不仅在于他倡导了科学文献的量化分析,还在于他率先提出作为衡量文献老化状况指标的文献半衰期的概念。普赖斯同时还被称为科学计量学之父,这是因为他对科学进行了系统的计量研究,并对科学政策产生很大影响,因此他当之无愧。加菲尔德也被公认为科学计量学的奠基人之一。

### 1.3 SIBW 学科的各学科定名与繁荣时期(1969—2011)

文献计量学和科学计量学这2个姊妹学科不仅同根同源,而且其正式名称术语还在1969年同一年出现。

1969年,英国情报学家阿伦·普里查德(Alan Pritchard)发表“文献统计学还是文献计量学?”一文<sup>[20]</sup>,首次使用文献计量学(Bibliometrics)这一术语,取代了“文献统计学”(Statistical Bibliography),并定义“文献计量学是把数学和统计学应用于图书和其他交流媒介的一门学科”。这就将研究对象从期刊扩展到所有的书刊文献,使有关文献的定量研究统一在文献计量学学科之下。

1969年,苏联学者纳利莫夫(Nalimov)和穆里钦科(Mulechenko)发表了著作《科学计量学》,提出了“Наукометрия”这一俄文学科名称,Scientometrics一词即由此翻译而来<sup>[21]</sup>。他们认为,科学计量学是对科学自身进行定量研究的学科,是科学学的延伸和发展。1978年,匈牙利学者布劳温(Tibor Blaun)创办了英文国际期刊《科学计量学》(Scientometrics),使“Scientometrics”一词广为传播并得到公认。

在科学计量学发展史上,虽然加菲尔德是引文分析的开创者,但将引文分析推进到主流阶段的转折点却是斯莫尔(Henry Small)在1973年提出的“共引”概念和科学文献共被引分析<sup>[22]</sup>。

1979年,德国学者布莱克特(L. Blackert)、西格尔(K. Siegel)<sup>[23]</sup>以及奥托·纳克(Otto Nacke)<sup>[24]</sup>分别提出了informetrie德文术语,由此产生了英文informetrics一词。信息计量学,也译为情报计量学。但此时信息概念已突破情报含义。纳克认为,应将信息计量学置于信息科学之内。比利时著名学者埃格赫(Leo Egghe)和鲁索(Ronald Rousseau)为信息计量学的发展作出了重大贡献<sup>[25]</sup>。

随着20世纪90年代互联网的蓬勃发展,网络的定量研究开始兴起。1997年,同时出现网络计量学的2个英文术语:

cybermetrics 和 webometrics。

1997年,西班牙科学信息与文献中心(CIDC)创办和出版了电子期刊*Cybermetrics:International Journal of Scientometrics, Informetrics and Bibliometrics*(《赛博计量学:科学计量学、信息计量学和文献计量学国际期刊》,以下简称《赛博计量学》)<sup>[26]</sup>,由此创造了Cybermetrics(亦可译为网络计量学)一词。该刊的第1篇文章就是比利时学者鲁索的“网络引文”(Sitations)<sup>[27]</sup>。该文指出,“Sitations”一词是麦凯恩(Gerry McKiernan)于1996年首先提出的,他用“Cited Sites=Sitations”等式来表达sitation这一新术语的含义,与科学计量学中引文分析的citation一词相当,以此阐明网页链接关系就是网页之间的引用关系,将文献引文分析引入网络计量领域。鲁索在“网络引文”(Sitation)一文中通过调查发现,域名的分布和网站之间链接的分布充分符合洛特卡函数,与文献计量学中的洛特卡定律相一致。

同年,丹麦学者阿尔曼德(T. C. Almind)和英格沃森(P. Ingwersen)首先提出了webometrics的术语<sup>[28]</sup>。他们在“万维网的信息计量分析:‘网络计量学’的方法论途径”一文中将信息计量学方法应用于万维网(www)的分析,也就是应用到网络计量学中。该文通过丹麦万维网的案例研究,提出了一种适合于万维网通用的信息计量分析方法,而这种方法也是对ISI引文数据库进行文献计量分析中比较常见的。

这样,同年出现了网络计量学的2个名称。为区分同时出现的2个术语,将webometrics译为网络计量学,而将cybermetrics译为赛博计量学。二者创立之初并无根本差别,只是后者包含赛博空间(cyberspace)适时而不记录、聊天式的在线学术交流与合作。

英国学者迈克·塞沃尔(Mike Thelwall)是网络计量学的领军人物,其著作《链接分析:情报学的应用》(2004)<sup>[29]</sup>围绕网络计量学中的“链接分析”这一核心问题,从情报学视角系统阐述了网络链接分析的原理、方法与应用。他的新著《网络计量学导论:用于社会科学的网络定量研究》(2009)<sup>[30]</sup>阐明网络计量学是对网站、网页、网页上各部分及字词、超文本链接、搜索引擎结果等各个方面进行计量分析的一门学科,主要为社会科学提供网站及网页定量研究的原理与方法。

应当说,1999年陈超美的专著《信息可视化与虚拟环境》<sup>[31]</sup>的问世(该书修订版《信息可视化:超越地平线》<sup>[32]</sup>于2004年出版)标志着以科学计量学为代表的SIBW学科进入到知识图谱和可视化方法的新阶段。

SIBW学科的形成是一个充满生机和活力的过程,SIBW学科是一个国际化的产物,是世界各国学者共同创造、相互交流的结果。电子期刊《赛博计量学:科学计量学、信息计量学和文献计量学国际期刊》的名称意涵深长地暗示了国际同行对这些计量学科的国际性、整体化愿景。

### 1.4 SIBW 学科的各学科主题文献统计分析(1975—2011)

以科学计量学(Scientometrics)与文献计量学(Bibliome-

trics)、信息计量学(Infometrics)、网络计量学(Webometrics)这4门计量学科为检索词,在Web of Science数据库(SCI-EXPANDED、SSCI、A & HCI以及CPCI-S、CPCI-SSH)中进行主题检索(1975—2011),得到文献计量学3147篇,科学计量学947篇,信息计量学323篇,网络计量学174篇,合并后共计4149篇文献,28610篇引文。有必要说明的是,上述按4个学科主题词检索得到的各学科主题文献未必等同于只研究该计量学科的文章,它只表明该文献较多地使用某一计量学术语。目前科学计量学和信息计量学的研究依然是以科学

文献数据的计量分析为基础,却未必使用本学科名称作为主题和关键词。

图1为SIBW的4大学科主题文献在1975—2009年的年度分布,展现出35年间的若干转折点:《科学计量学》和《信息计量学学报》的首尾问世、信息计量学和网络计量学概念的前后提出,以及ISSI组织成立及其系列会议举办,推进了SIBW学科的形成和发展。特别是1997年网络计量学概念的产生、1999年《信息可视化》首部专著的出版、2005年评价新指标H指数的提出<sup>[3]</sup>、2007年《信息计量学学报》的创刊使

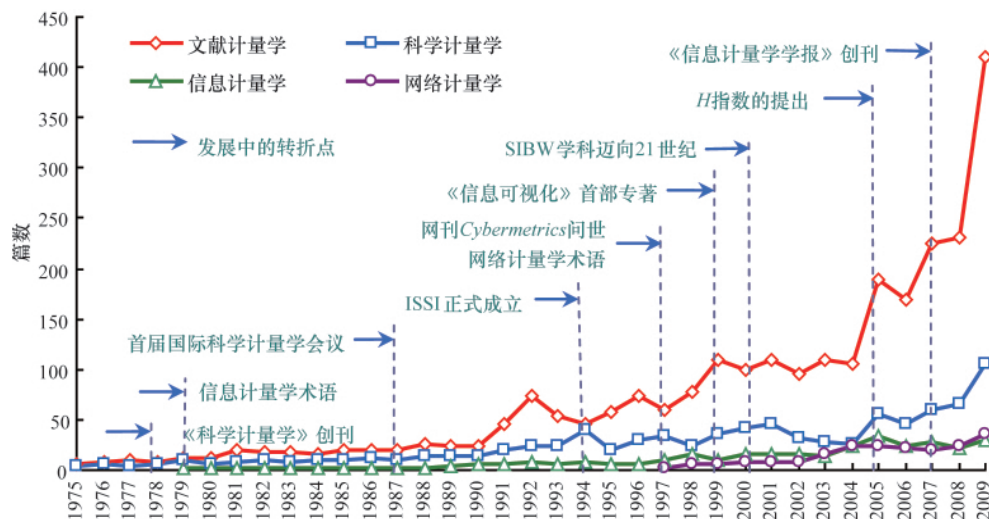


图1 科学计量学及其姊妹学科主题文献的年度分布与重要事件

Fig. 1 Annual distributions of topics literature and important events of the scientometrics and its sister disciplines

SIBW学科在21世纪初叶形成迅速增长的态势。

## 2 SIBW 学科的相互关系

在科学计量学及其相关计量学科的历史上,曾出现过多个术语的“巴比伦混乱”,发生过激烈的争论<sup>[34]</sup>,后因ISSI的成立而达成共识。网络计量学产生后,又出现了SIBW计量学科相互关系的讨论。

### 2.1 网络计量学视野下的SIBW学科相互关系

在一门新学科的概念与术语提出前,从事这门学科研究的学者一般都会追溯该学科的历史渊源和产生的必然性,廓清该学科与相近原有学科的区别与联系,以明确其合理的学科地位。

网络计量学作为网络相关现象的定量研究,旨在将科学期刊文章引文模式的文献计量分析方法成功应用于由相关商业搜索引擎提供原始数据的网络测度上。这就自然涉及到这门新学科与其相关来源学科的关系。该学科3位学者塞沃尔(M. Thelwall)、沃恩(L. Vaughan)和比约尼布恩(L. Björneborn)的长篇综述“网络计量学”<sup>[35]</sup>一文在概述了网络计量学和赛博计量学的概念来源与形成之后,引用了其作者之一比约尼布恩即将发表的另一篇文章中一幅“信息-文献-科学-赛博-网络计量学”关系示意图(图2<sup>[35]</sup>),从网络计量学的

视野阐发了它与信息计量学、文献计量学、科学计量学及赛博计量学之间的关系。信息计量学环抱相互部分重叠的文献计量学和科学计量学,这是因为信息计量学是有关任何形式、任何社会团体的信息方面的定量研究,而不只是记录、文献和科学家方面的信息,所以范围最广。文献计量学定义为有记录的信息生产、传播和使用方面的定量研究;科学计量学是对作为一门学科或一种经济活动的科学领域的定量研究。有关科学计量学的政治经济方面,为图2中科学计量学椭圆形伸出文献计量学以外的部分所覆盖。

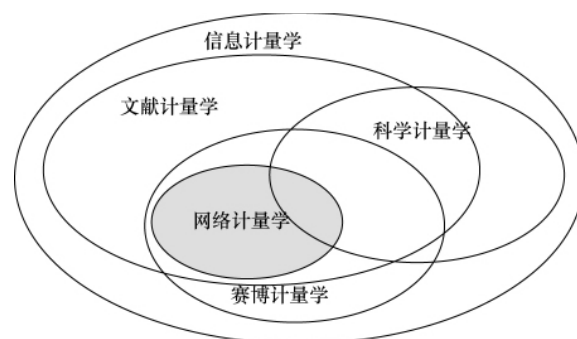


图2 网络计量学视野下各计量学科的相互关系

Fig. 2 Relationship between each SIBW disciplines in the view of webometrics

塞沃尔等强调:(1) 网络计量学完全被文献计量学涵盖,这是因为对网络文件,无论是文字还是多媒体,所有记录的信息都存储在网络服务器上;(2) 网络计量学的一部分为科学计量学所覆盖,这是因为现今许多科学活动是以网络为基础的;(3) 网络计量学被视为在赛博计量学领域之内,而赛博计量学又超出文献计量学的界限,这是因为赛博空间的一些活动(如在线交流聊天)一般都不会记录。因此,对此类活动的赛博计量学研究还适合于信息计量学的一般领域,对“任何形式”和“任何社会团体”的信息进行定量研究。该文指出,正是根置于文献计量学、科学计量学和信息计量学的想法促成了网络计量学的兴起,而来自网络计量学的创见可能会有助于这些更加成熟领域的发展。

之后,南非学者雅各布(D. Jacobs)在“文献计量学、科学计量学、信息计量学和网络计量学的去神秘化”<sup>[6]</sup>一文中,从文献计量学及其分支学科的角度支持和重申了塞沃尔等的观点。

## 2.2 广义信息计量学视角的 SIBW 学科相互关系

《信息计量学学报》2008 年第 1 期发表了一篇长篇综述《21 世纪初期的信息计量学》<sup>[7]</sup>,为 4 个计量学科共现的 4 篇文献之一,也是其中被引最高达 28 次的论文(在 Google 学术搜索中被引 69 次),其作者署名为以色列巴伊兰大学信息科学系的朱迪特·巴伊兰(Judit Bar-Ilan)。该文导言申明这篇综述是按照埃格赫使用的信息计量学概念来进行论述的。2005 年埃格赫(L. Egghe)发表《信息计量学领域的拓展:起源与后果》<sup>[8]</sup>一文,认为信息计量学是关于全部信息科学领域的测度研究,包括文献计量学(书目文献学、图书馆学等),科学计量学(科研政策、引文分析、科研评价等),网络计量学(网络测度,含互联网或其他社会网络,如引文网络或合作网络等)。显然,这是一个基于信息范畴、超越二次学科、涵盖经典 SIBW 计量学的广义信息计量学理论构想。

因此,“21 世纪初期的信息计量学”是一篇从广义信息计量学的视角涵盖全部 SIBW 学科的综述,除了导言与结尾的概要外,分 14 个部分展开,列有参考文献 610 多篇,全文占了该刊 52 页篇幅。该文在搜集信息科学领域期刊、相关著作与电子出版物等大量数据资料的基础上,回顾了 2000—2006 年间信息计量学的发展;同时对 21 世纪初有关新兴的网络计量学、知识图谱和可视化、开放式存取、2 个新的引文数据库 Scopus 和 Google Scholar、新的 H 指数引起的成果指标兴趣,给予了特别的关注;对科学合作,科研政策,专利分析进行了详尽的阐述;对涉及传统的引文分析、科学计量学、信息计量学、文献计量学的理论、方法与应用等各方面进展,几乎无所不包地进行了概括。

## 2.3 科学计量学为主导的 SIBW 学科相互关系

考察科学计量学及其姊妹学科的相互关系,重要的是分析 SIBW 各学科的基础与地位。就现实而言,科学计量学、信息计量学、文献计量学和网络计量学/赛博计量学分别以科学

学、情报学、文献学和网络分析为基础;前 3 者均为二次学科,且彼此交叉、界限模糊,而网络计量学/赛博计量学及其网络分析基础的情况复杂,不完全是二次学科,其测度对象包括赛博空间中链接分析的网络文件和整个虚拟现实,以及参与者社会行为不可分割的网络环境下的真实现实。这里将网络计量学视为狭义上的二次学科,而将赛博计量学超越二次学科的范围问题放在第 2.5 节讨论。

图 3 借鉴和吸收了埃格赫和塞沃尔等的见解,认为科学计量学、文献计量学和网络计量学相互交叉重叠、平行发展,又都在广义信息计量学的潜在范围内;同时,强调科学计量学的主导地位,因为信息、文献、网络都是科学与知识的载体,且大量信息、文献承载的内容大都是科学与知识,网络记录和传播的数据内容也都是科学与知识。科学计量学的研究对象是各种载体上的科学及知识内容,而不是信息、文献、网络等各种形式的载体本身。后者不同形式的载体分别是信息计量学、文献计量学、网络计量学的研究对象;它们一旦深入到对信息、文献、网络这些载体上的科学及知识内容分析,就在事实上成为科学计量学的手段及组成部分。

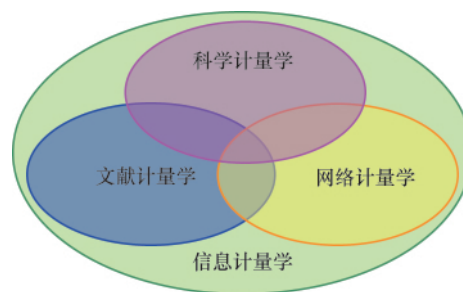


图 3 科学计量学与姊妹学科在研究对象上的关系

Fig. 3 Relationship between SIBW disciplines on subjects

据此,可以把 SIBW 学科分为 2 类:信息计量学、文献计量学和网络计量学/赛博计量学为“知识载体支撑性计量学科”,而科学计量学为“知识内容主导性计量学科”。它们各自研究的对象与范围虽有差异,但对象中存在共性部分,即以信息、文献、网络为载体的知识与科学领域及其源泉的研究活动,共同的方法都是数学和计算机工具,从而形成开放性、整体性的计量学大交叉学科。

## 2.4 SIBW 学科主题文献的数据关系

从 Web of Science 数据库检索获得的 SIBW 学科主题文献中,文献计量学发文共计 3147 篇;科学计量学发文 947 篇;信息计量学发文 323 篇;网络计量学发文 174 篇。这种主题文献数量的学科分布呈迭次递减状况,与这些学科起步和定名的顺序相一致。

另外,3 个学科共现文献数:文献计量学、科学计量学、信息计量学 3 者共现文献 29 篇;文献计量学、科学计量学、网络计量学 3 者共现文献 7 篇;文献计量学、信息计量学、网络计量学 3 者共现文献 7 篇;科学计量学、信息计量学、网络计量学 3 者共现文献 7 篇。

学3者共现文献5篇。4个计量学科共现文献4篇(其中1篇被引28次,1篇被引6次,2篇未被引)。

图4是依据上述统计情况所绘制的SIBW学科主题文献数据关系示意图。SIBW各学科自身文献数大都多于学科之间文献共现数,但从文献的具体内容看,它们之间实际上存在着互补、支撑、交叉、渗透的复杂关系。文献计量学数量最多,是因为目前SIBW学科大多数仍然是以各类文献为数据来源,以文献计量为分析基础。与信息计量学内涵宽泛的理论界说相比,其主题文献总量与增长均少得令人尴尬。这表明,当前信息计量学的现实依然是以有纪录的文献信息为基础的二次学科。

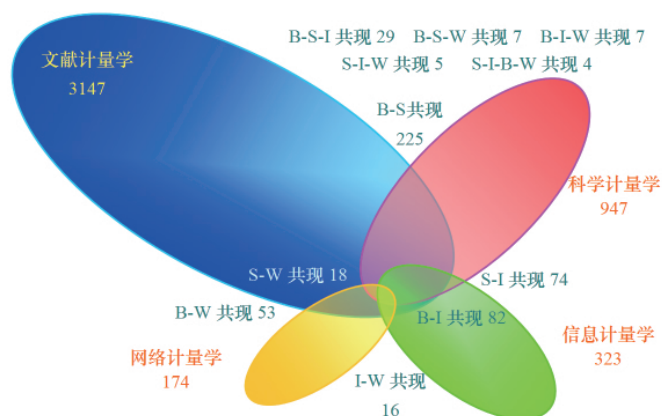


图4 科学计量学与姊妹学科在WOS数据库中的数据关系  
Fig. 4 Data relationship between the SIBW disciplines in WOS database

利用WOS数据库中组配检索式的功能,得到2个学科共现文献数:文献计量学和科学计量学的共现文献255篇;文献计量学与信息计量学共现文献82篇;文献计量学与网络计量学共现53篇;科学计量学与信息计量学共现74篇;科学计量学与网络计量学共现18篇;信息计量学与网络计量学共现文献16篇。

换言之,上述SIBW学科统计分析的数据关系反映了现实中不是信息计量学,而是文献计量学覆盖整个SIBW学科的相互关系。

### 2.5 网刊 Cybermetrics 促进 SIBW 学科相互交流

网刊 Cybermetrics (《赛博计量学:科学计量学、信息计量学和文献计量学国际期刊》)的创办,为科学计量学及其姊妹学科通过互联网开展学术交流、直接对话和学科交叉提供了一个开放的赛博空间和学术平台。《赛博计量学》的办刊宗旨宣示:《赛博计量学》既是一个独立电子期刊,又是一个通过互联网对学术定量分析进行专门研究和科学交流的虚拟论坛。它开放给世界各地的研究人员发表和讨论他们的发现,又借助互联网提供新增的功能,将他们的成果散发给更多的观众。

自1997年创刊以来,编辑们组织了系列研讨会,每年举办1次,传播来自互联网的定量分析结果(Cybermetrics‘XX)。

这些学术活动力图为作者展示初步的成果和新的方法,并与大型国际会议同步进行。《赛博计量学》还保存了一系列电子资源及来源目录,包括有趣的PDF格式的网络文件档案。其目的是为那些研究人员提供一个参考工具,使他们参与在作为学术交流工具的互联网的定量描述和分析。此外,《赛博计量学》还打算添加可供大规模研究的来源或参考的原始数据,特别是包括有关万维网中R&D内容分布和演变的数据。

从网刊《赛博计量学》保存的电子资源、网络文件以及组织的系列会议看,它涵盖了SIBW学科各个领域,促进了SIBW学科之间的相互交流。它更广泛、更深远的学术意义在于它所开创的赛博计量学面对的是日益拓展的赛博空间,把虚拟现实和互联网环境下的社会现实相链接,使赛博计量学已超越二次学科的范畴,既不是图2中仅超出狭义网络计量学、文献计量学的界限,也不是图3中与狭义网络计量学等同重合,而是局限于甚至可能超出常规信息计量学的范围,形成面向赛博空间、包含SIBW多学科的崭新计量学科(图5)。

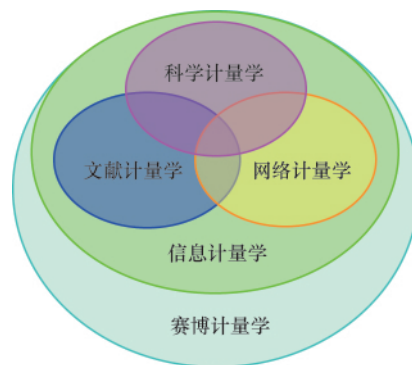


图5 赛博计量学涵盖SIBW学科的相互关系  
Fig. 5 Relationship between SIBW disciplines covered by cybermetrics

随着全球网络化、数字化的发展和赛博空间的扩展,不断发展的赛博计量学将可能引发计量方式和科研方式的变革,产生一种类似e-科学、赛博支持的发现-创新体系(CDI)那样的全新科研方式<sup>[39]</sup>。

## 3 SIBW 学科的研究前沿

前面所述“21世纪初期的信息计量学”一文,实际上从信息计量学涵盖SIBW学科角度考察和揭示了21世纪初SIBW学科的研究前沿领域。这里试图用科学知识图谱的方法<sup>[40-41]</sup>,从SIBW学科主题文献、支撑SIBW学科的2份权威期刊文献方面进一步分析SIBW学科的研究前沿。

### 3.1 SIBW 学科主题文献知识图谱展现的研究前沿

从WOS数据库获取的4149篇全部SIBW学科主题文献中,查询到高被引作者及其高被引著作,并用知识可视化软件CiteSpace<sup>[42-43]</sup>绘制SIBW学科主题文献关键词共现分析的

知识图谱,从而判别出 SIBW 学科主题文献所显示的研究前沿及其知识基础。

表 1 和表 2 分别是 SIBW 学科主题文献中前 20 名高被引作者和前 10 篇高被引著作,其中不少都是本文第 1 节提到的在科学计量学及其姊妹学科形成与发展进程中的代表人物与代表作,仍是当代 SIBW 学科研究前沿与热点的知识

基础。美国加州大学圣迭哥分校的物理学家赫希在 2005 年发表的论文“一种量化个人科学研究产出的指数”<sup>[3]</sup>,被引 224 次,居首位,该文提出的  $H$  指数反响强烈,引发和衍生了一系列类  $H$  指数,把成果指标问题再次推向研究前沿。排第 2 位的就是关于洛特卡定律的文章,它虽然是近似的统计规律,但影响深远,引起后来对幂律分布函数在不同学科的普

表 1 SIBW 学科的高被引作者:研究前沿的知识基础

Table 1 High-cited authors of SIBW disciplines: knowledge base of research forefront

排序	被引频次	高被引作者	排序	被引频次	高被引作者
1	2070	加菲尔德(E. Garfield)	11	552	普赖斯(D. J. D. Price)
2	945	埃格赫(L. Egghe)	12	548	斯莫尔(H. Small)
3	837	格兰采尔(W. Glanzel)	13	539	舒伯特(A. Schubert)
4	779	梅德(H. F. Moed)	14	482	克罗宁(B. Cronin)
5	704	塞沃尔(M. Thelwall)	15	477	怀特(H. D. White)
6	647	克斯多福(R. N. Kostoff)	16	470	鲁索(R. Rousseau)
7	638	雷德斯多夫(L. Leydesdorff)	17	350	塞格伦(P. O. Seglen)
8	634	范·劳恩(A. F. J. van Raan)	18	321	巴伊兰(J. Bar-ilan)
9	632	布劳温(T. Braun)	19	317	温克勒(P. Vinkler)
10	628	纳林(F. Narin)	20	314	伯勒尔(Q. L. Burrell)

表 2 SIBW 学科的高被引著作:研究前沿的知识基础

Table 2 High-cited works of SIBW disciplines: knowledge base of research forefront

频次	作者	年份	著作题名
224	J. E. Hirsch	2005	An index to quantify an individual's scientific research output
196	A. J. Lotka	1926	The frequency distribution of scientific production
148	E. Garfield	1972	Citation analysis as a tool in journal evaluation
130	E. Garfield	1979	Citation indexing: Its theory and application in science, technology, and humanities
122	S. C. Bradford	1934	Sources of information on scientific subjects
121	H. Small	1973	Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents
114	P. O. Seglen	1997	Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research
112	D. J. D. Price	1965	Networks of scientific papers
108	E. Garfield	1955	Citation indexes for science. A new dimension in documentation through association of ideas
102	A. Pritchard	1969	Statistical bibliography or bibliometrics

适性研究。其后是加菲尔德、布拉德福、斯莫尔、普赖斯和普里查德等早期开创性人物及其代表作,只有塞格伦的《为什么期刊影响因子不应该用于评价研究》一文发表于 1997 年。

利用基于知识单元的知识可视化软件 CiteSpace,采用关键词共现的方法,绘制出 1998—2009 年间 SIBW 学科领域的共词聚类时间线知识图谱(图 6),展现了 SIBW 学科的研究前沿领域及变化。图 6 中,圆形年轮大小表示关键词的词频数,词频增长由颜色变化表示,与图谱上部色带从冷色到暖色所示年份时间相一致;年轮外层紫红色表示词频突现度;各年轮节点之间链接线条及颜色表示关键词共现关系及时间,其颜色变化亦与色带时间一致;年轮节点左右位置表示关键词首次出现的时间及关键词共现的时间跨度,由色带下方的紫红色数字表示;图谱纵向为各个共词聚类,由右侧 7

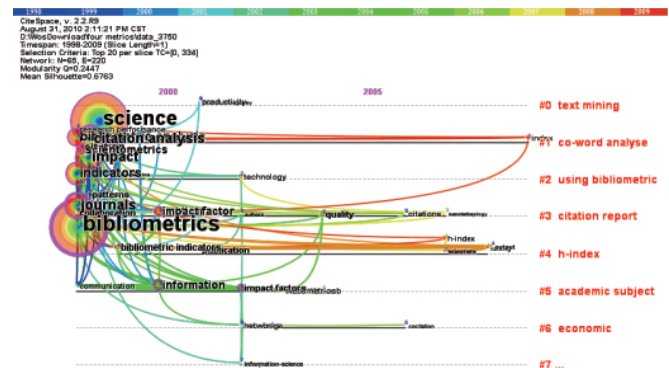


图 6 SIBW 学科的研究前沿:关键词共现的时间线图  
Fig. 6 Research forefront of SIBW disciplines: time-line mapping of keyword co-occurrence

个知识单元所标识。

对图 6 所示的 SIBW 学科关键词共现聚类的时间线图谱, 其共词聚类实质上是关键词作为知识单元的游离和重组, 7 个聚类就是重组后的 7 个知识群, 由右侧红字按特定算法给出的知识单元所标识, 反映了学科研究前沿。由此可以清晰地看到, 最近 10 年来 SIBW 学科的研究前沿主要集中在 7 个知识领域: #0 文本挖掘 (text mining)、#1 共词分析 (co-

word analyse)、#2 使用文献计量指标 (using bibliometric)、#3 引文报告 (citation report)、#4 *H* 指数 (*H*-index)、#5 学术议题 (academic subject)、#6 经济 (economic)。从连线色调由冷色到暖色的变化, 可以看出研究前沿的演进, 目前最新的研究前沿是图谱上右侧暖色的“共词分析”、“*H* 指数”知识群。

表 3 是 SIBW 学科主题文献中包含 4 个计量学术语在内的前 20 个高频关键词, 在某种程度上体现了目前 SIBW 学

表 3 SIBW 学科的高频关键词: 研究热点  
Table 3 High-frequency keywords of SIBW disciplines: research hotspots

排序	频次	关键词	释义	排序	频次	关键词	释义
1	515	bibliometrics	文献计量学	11	33	Spain	西班牙 CIDC
2	143	citation analysis	引文分析	12	31	research evaluation	研究评价
3	122	scientometrics	科学计量学	13	27	journals	期刊
4	112	bibliometric analysis	文献计量分析	14	25	text mining	文本挖掘
5	100	impact factor	影响因子	15	23	Information science	信息科学
6	60	citations	引文	16	22	nanotechnology	纳米技术
7	59	<i>H</i> -Index	<i>H</i> 指数	17	21	periodicals	周期
8	46	webometrics	网络计量学	18	21	scientific production	科学生产力
9	41	bibliometric indicators	文献计量指标	19	20	informetrics	信息计量学
10	38	publications	出版物	20	19	social network analysis	社会网络分析

科的主要研究热点。

### 3.2 《科学计量学》期刊图谱展示的 SIBW 学科研究前沿

《科学计量学》(*Scientometrics*) 杂志是 1978 年 9 月由匈牙利科学计量学家布劳温等在匈牙利正式创办的, 布劳温担任主编。该刊在 JCR 中的影响因子为 2.167, *H* 指数高达 56。在 Web of Science 数据库中对 *Scientometrics* 的全部载文进行检索, 共得到从 1978 年创刊至今的 2955 篇文献, 24687 篇引文。从《科学计量学》刊文的内容看, 并非都是纯科学计量学论文, 而是反映了科学计量学主导下 SIBW 学科过去 30 多年的发展进程。因此, 《科学计量学》杂志体现的研究前沿也反映了 SIBW 学科的研究前沿。

对《科学计量学》期刊 2006—2011 年初的文献进行可视化分析, 得到该刊的文献共被引图谱 (图 7), 并显示出该刊引用的高影响力著作, 排名前 5 位的论著见表 4。这些关键节点文献依照节点连线颜色从蓝到红的时间序列, 可以粗略地划分为 4 个知识群。

一是经典文献的应用与发展: 仍受青睐的有关洛特卡定

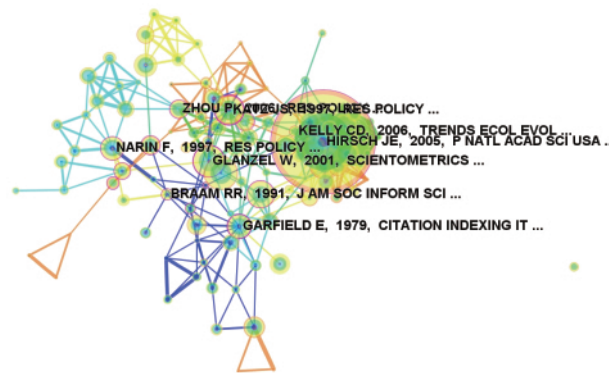


图 7 2006—2011 年《科学计量学》期刊的文献共被引图谱  
Fig. 7 Literature co-citation mapping of journal *Scientometrics* from the years of 2006 to 2011

律的文章 (1926)、加菲尔特的《引文索引的理论与应用》(1979) 和布雷姆 (R. R. Breem)、梅德 (H. F. Moed) 等的《科学图谱: 基于共引与共词分析相结合》(1991) 等。

表 4 《科学计量学》的高被引著作: 前沿的知识基础  
Table 4 High-cited works of *Scientometrics*: knowledge base of forefront

频次	作者	年份	著作题名
124	J. E. Hirsch	2005	An index to quantify an individual's scientific research output
51	D. A. King	2004	The scientific impact of nations
48	W. Glazel	2001	National characteristics in international scientific co-authorship relations
46	J. S. Katz	1997	What is research collaboration?
41	A. J. Lotka	1926	The frequency distribution of scientific production

二是科学合作及其著作权: 格兰采尔的《国际科学共同著作权关系中的民族特色》(2001), 以及之前卡兹(J. S. Katz)的《什么是研究合作?》(1997)等。

三是国家科学影响力定量评价: 英国学者大卫·金(D. A. King)在《自然》杂志上的《国家的科学影响力》(2004), 以及之前纳林的《美国技术与科学之间的联系日益增强》(1997)和之后中国学者周萍与雷德斯多夫的《中国作为科学领先国家的兴起》(2006)等。

四是 *H* 指数及其拓展与应用: 被引频次居首位的赫希关于 *H* 指数的文章, 以及凯利(C. D. Kelly)关于 *H* 指数用于职业评估的文章(2006)等。

正是这 4 个知识群的主要历史文献构成了《科学计量学》期刊论文研究前沿的知识基础。

图 8 为《科学计量学》1996—2011 年初刊载文章的共被引聚类时间线图, 图谱自动形成 14 个聚类知识群, 并由右侧的知识单元所标识, 展示出该刊最近 5 年多论文反映的研究前沿。

14 个研究前沿领域标识的内容含义如表 5 所示。其中特

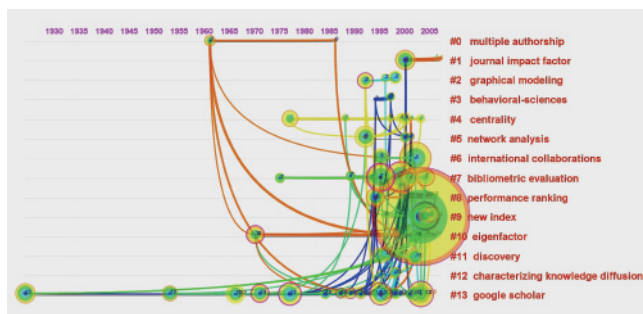


图 8 《科学计量学》期刊的文献共被引聚类时间线图

Fig. 8 Time-line mapping of literature co-citation clustering of journal *Scientometrics*

别值得关注的最新前沿主要包括国际科学合作及多重著作权、国家科学影响力的文献计量评价、期刊影响因子及特征因子、基于 *H* 指数的系列新指数、网络分析及中心性、Google scholar 新的引文数据库、基于文献的科学发现、知识传播等。虽然其中不乏科学计量学的经典领域, 但不少都属于科学计量学与其姊妹学科的交叉研究, 从而反映了科学计量学主导的 SIBW 学科研究前沿。

表 5 《科学计量学》文献共被引聚类标识: 研究前沿

Table 5 Identification of literature co-citation clustering of Journal *Scientometrics*: research forefront

聚类	聚类标识	简要说明
#0	multiple authorship	多重著作权
#1	journal impact factor	期刊影响因子
#2	graphical modeling	图形化建模
#3	behavioral-sciences	行为科学
#4	centrality	中心性
#5	network analysis	网络分析
#6	international collaborations	国际合作
#7	bibliometric evaluation	文献计量评价
#8	performance ranking	绩效排序
#9	new index	新指数
#10	eigenfactor	特征因子
#11	discovery	发现
#12	characterizing knowledge diffusion	知识传播特征
#13	Google scholar	Google 学术搜索

### 3.3 《信息计量学学报》图谱显示的 SIBW 学科前沿

《信息计量学学报》(*Journal of Informetrics*) 创刊于 2007 年, 为开放获取期刊, 由 Elsevier 公司出版, 现任主编是比利时著名信息计量学家埃格赫(Leo Egghe)。该刊致力于成为高质量的同行评议期刊, 注重实证研究, 要求论文具有数学模型和客观数据。创刊 5 年间, 该刊影响因子即达到 3.379, 目前在信息科学类期刊中排名为第 4 位, 是 SIBW 学科中迅速崛起的顶级期刊。《信息计量学学报》的办刊宗旨及内容也体现了主编埃格赫提出的关于涵盖整个 SIBW 学科的广义信息计量学范畴。

对《信息计量学学报》进行可视化分析, 得到该刊文献共被引知识图谱(图 9)。图 9 显示出该刊论文引用的高影响力著作, 其中被引频次居前 5 位的著作见表 6。其主要关键节点文献包括: 一是 *H* 指数及其拓展的 *G* 指数、期刊 *H* 指数、*R* 指数与 *AR* 指数等文章; 二是 2005 年后发表的文章甚多, 但仍有普赖斯、加菲尔德的早期经典, 以及 1976 年彭斯基(G. Pinski)和纳林关于期刊集的引文影响的文章; 三是引自《科学计量学》杂志上的文献, 有 4 篇居核心地位。另外, 埃格赫的新著《信息生产过程中的幂律: 洛特卡式信息计量学》是对幂律分布与洛特卡定律的理论拓展。

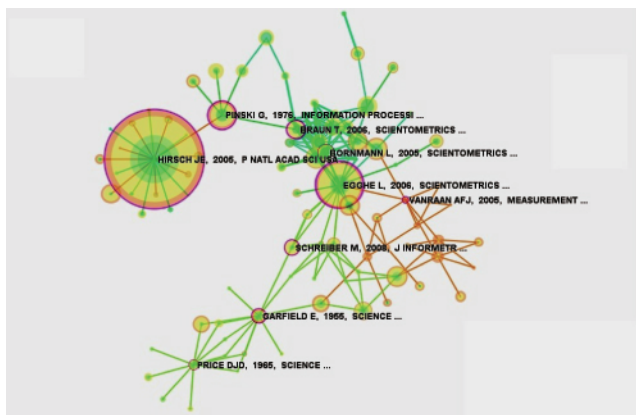


图9 《信息计量学学报》的文献共被引图谱  
Fig. 9 Literature co-citation mapping of *Journal of Informetrics*

这些各具特点的高影响力论著构成了广义信息计量学研究前沿的知识基础。

图10为《信息计量学学报》所刊文章共被引聚类的时间线知识图谱,展现了信息计量学覆盖SIBW学科的研究前沿。图谱上20个聚类知识群所反映的研究前沿标识含义见表7,它们都是《信息计量学学报》创刊以来刊载文章所探索的主要领域。

该刊呈现的前沿领域有如下几个特点。其一,在20个前沿领域中,共同著作权、H类指数、网络分析、学术合作、绩效评价等领域,与《科学计量学》展现的若干前沿领域高度相近或一致。其二,20个前沿领域明显比《科学计量学》显示的前沿领域要广泛,但正是引自《科学计量学》发表的重要文献成为这些前沿领域的重要基础。其三,耐人寻味的是,图谱上聚类#19“science of science”(科学学)的形成源远流长,其时间

表6 《信息计量学学报》的高被引著作:前沿的知识基础

Table 6 High-ited works of *Journal of Informetrics*: knowledge base of forefront

频次	作者	年份	著作题名
68	J. E. Hirsch	2005	An index to quantify an individual's scientific research output
32	L. Egghe	2006	Theory and practise of the G-index
19	G. Pinski	1976	Citation influence for journal aggregates of scientific publications: Theory, with application to the literature of physics
18	金碧辉 (B. H. Jin)	2007	The R- and AR-indices: Complementing the H-index
16	L. Egghe	2005	Power laws in the information production process: Lotkaian informetrics

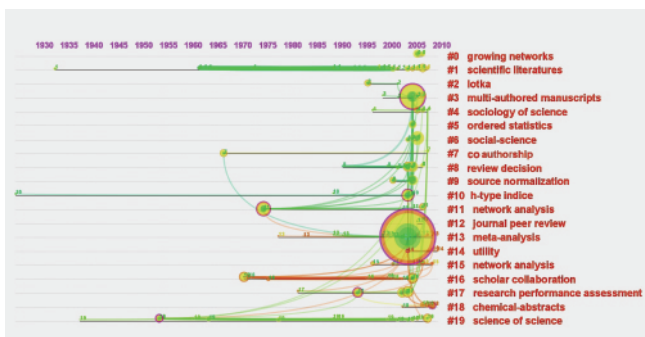


图10 《信息计量学学报》的文献共被引聚类时间线图  
Fig. 10 Time-line mapping of literature co-citation clustering of *Journal of Informetrics*

跨度为1939—2007年,显然是源于该刊于2007年登载的加菲尔德“从科学学到科学计量学”一文,引用了1939年贝尔纳《科学的社会功能》这一科学学奠基作。类似再度显示科学学作为前沿领域的,还有聚类#4“科学社会学”等科学学及科学计量学的姊妹学科。这些特点反映了该刊贯彻了主编埃格赫关于广义信息计量学的思想。

### 3.4 SIBW 学科研究前沿态势引出的前景展望

以上从SIBW学科主题文献和支撑SIBW学科的2大权威期刊文献3个方面展示的研究前沿领域,既有各自不同的独特性,又有彼此之间的相似性、互补性,以不同视角反映了SIBW学科的整体前沿态势与共同发展趋势。由此可以大致

展望科学计量学及其姊妹学科未来发展的前景。

(1) 在诸多计量学科中,赛博计量学最引人注目。其测度对象是赛博空间及其不断拓展到虚拟现实与真实社会网络之间的链接,使它超越二次学科的范畴,将形成一门面向赛博空间、包容SIBW多学科、有着伟大未来的计量学科。它可能引发计量方式和科研方式的变革,产生一种类似赛博支持的发现-创新体系那样的全新科研方式。对此,网刊《赛博计量学》的活动已初现端倪。

(2) 目前,科学计量学及其姊妹学科已向技术计量学、专利计量学延伸,可否进一步拓展到经济计量学领域,并找到它们彼此沟通的桥梁,颇值得深究。通过各学科对象文献之间的互引分析,如论文-专利互引、期刊论文-网络文献互引、专利-网络文献互引、经济文献-科学文献互引等来探寻彼此的内在联系,可望取得一定的成果。

(3) 追寻科学计量学及其姊妹学科的共性规律,探索计量学多学科(Metrics multidisciplinary)的大统一理论。从诸多现象的结构相似性入手,尝试研究诸学科可能共有的某些规律性,如特定计量指标的幂律分布<sup>[44-46]</sup>、标度行为及分形现象<sup>[47]</sup>、威布尔分布(Welbull distribution)<sup>[48]</sup>或基于核密度估计(Kernel density estimation)<sup>[49]</sup>的分布等,也许是构建大统一理论的途径与方法。

(4) 科学计量学及其姊妹学科本质上都是以“知识单元”分析为基础,测度知识的获取与存储、知识的生产与流动、知

表 7 《信息计量学学报》文献共被引聚类标识:研究前沿

Table 7 Identification of literature co-citation clustering of *Journal of Informetrics*: research forefront

聚类	聚类标识	释义	聚类	聚类标识	释义
#0	growing networks	增长的网络	#10	H-type indices	H 类指数
#1	scientific literature	科学文献	#11	network analysis	网络分析
#2	Lotka	洛特卡定律	#12	journal peer review	期刊同行评审
#3	multi-authored manuscripts	多作者文稿	#13	meta-analysis	元分析
#4	sociology of science	科学社会学	#14	utility	效用
#5	ordered statistics	有序统计	#15	network analysis	网络分析
#6	social-science	社会科学	#16	scholar collaboration	学术合作
#7	co authorship	共同著作权	#17	research performance assessment	科研绩效评价
#8	review decision	决策复议	#18	chemical-abstracts	化学摘要
#9	source normalization	源码归一化	#19	science of science	科学的科学

识的离散与重组, 目的在于丰富和发展客观化的知识世界。因此,从知识科学(knowledge science)的视野深入开展基于知识单元的知识计量学(knowmetrics)研究<sup>[50-51]</sup>,构建基于知识单元的计量学多学科大统一理论,或许是另一条路径。

#### 4 结论

从历史回顾和文献计量可以引出以下几点结论。

(1) 国际科学计量学及其姊妹学科(SIBW 学科)历经了从起始草创、奠基形成到定名繁荣的 3 个发展阶段,进入 21 世纪呈现迅速发展的态势;其起步和名称出现的顺序是文献计量学、科学计量学、信息计量学、网络计量学;这与它们在 WOS 数据库中主题文献数量的学科分布相一致,呈迭次递减状况。但 SIBW 学科主题文献数量并不完全等于各自研究规模。

(2) 科学计量学及其姊妹学科各自主题文献的共现数量虽然不多,但它们之间不是分割、对立、替代的关系,而是互补、兼容、交叉的关系,在不同视野下呈相互渗透、融合、开放的趋势。SIBW 学科可分为 2 类:科学计量学属于“知识内容主导性计量学科”,信息计量学、文献计量学、网络计量学属于“知识载体支撑性计量学科”。

(3) SIBW 学科主题文献及其 2 大支撑期刊文献 3 方面的知识图谱展示出的研究前沿既有各自的独特性,彼此之间又有相似性、互补性和趋同性。一些奠基性人物的代表作为诸学科发展与研究前沿的知识基础。综合 3 方面的前沿分析,最值得关注的前沿领域是提供知识单元游离与重组方法的引文网络及共词网络知识图谱;作为评价指标的 H 指数拓展、衍生和改进的类 H 指数;基于文献的科学发现模式与理论。

(4) 科学计量学及其姊妹学科的研究前沿态势显示出 SIBW 学科未来发展的广阔前景。其中,赛博计量学是一门有着伟大未来的前沿计量学科。进一步将 SIBW 学科向技术计量学、专利计量学、经济计量学延伸,深入探索这些计量学多学科的内在联系、共性规律和统一理论,可望取得具有突破

性的研究成果。

**致谢** 第 3.4 节中有关展望的 (2)、(3)2 点是在与梁立明教授的交流讨论中,吸收她的宝贵意见形成的,在此谨致诚挚的谢意。

#### 参考文献 (References)

- [1] Garfield E. From the science of science to scientometrics: Visualizing the history of science with HistCite software[J]. *Journal of Informetrics*, 2009, 3(3): 173-179.
- [2] Cole F J, Eales N B. The history of comparative anatomy [M]. *Science Progress*, 1917(11): 578-596.
- [3] Lotka A J. The frequency distribution of scientific productivity[J]. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 1926, 16(12): 317-323.
- [4] Gross P L K, Gross E M. College libraries and chemical education[J]. *Science*, 1927, 66(1713): 383-406.
- [5] Zipf G K. Selected studies of the principle of relative frequencies of language[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1932.
- [6] Zipf G K. The psychobiology of language [M]. Boston: Houghton-Mifflin, 1935.
- [7] Bradford S C. Sources of information on specific subjects[J]. *Engineering*, 1934, 23(3): 85-88.
- [8] Bernal J D. The social function of science[M]. London: Routledge, 1939.
- [9] Bush V. As we may think it[J]. *Atlantic Monthly*, 1945, 176(7): 101.
- [10] Simon H A. On a class of skew distribution functions [J]. *Biometrika*, 1955, 42(3-4): 425-440.
- [11] Price D J D. Quantitative measures of the development of science[J]. *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 1951(14): 85-93.
- [12] Price D J D. The exponential curve of science [J]. *Discovery*, 1956, 17(1): 240-243.
- [13] Price D J D. Science since babylon [M]. New Haven: Yale University Press, 1961.
- [14] Price D J D. Little science, big science [M]. New York: Columbia University Press, 1963.
- [15] Price D J D. Networks of scientific papers[J]. *Science*, 1965, 149(3683): 510-515.
- [16] Garfield E. Citation indexes for science: A new dimension in documentation through association of ideas [J]. *Science*, 1955, 122(3159): 108-111.
- [17] Garfield E. Science citation index-A new dimension in indexing[J]. *Science*, 1964, 144(3619): 649-654.
- [18] Garfield E. Citation analysis as a tool in journal evaluation [J]. *Science*, 1972, 178(4060): 471-479.
- [19] Garfield E. Citation indexing-Its theory and application in science,

- technology, and humanities[M]. New York: John Wiley, 1979.
- [20] Alan Pritchard. Statistical bibliography or bibliometrics?[J]. *Journal of Documentation*, 1969, 25(4): 348-349.
- [21] Налимов В В, Мульченко З М. Наукометрия: Изучение развития науки как информационного процесса[M]. М.: Наука, 1969. Nalimov V V, Mulechenko Z M. Scientometrics: Study of science as an information process[M]. Moscow: Nauka, 1969.
- [22] Small H. Co-citation in scientific literature: A new measure of the relationship between publications [J]. *Journal of the American Society of Information Science*, 1973, 24(4): 265-269.
- [23] Blackert L, Siegel K. Ist in der Wissenschaftlich-technischen information Platz für die informetrie?[J]. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Ilmenau*, 1979, 25(6):187-199.
- [24] Nacke O. Informetrie: Ein neuer Name für eine neue Disziplin [J]. *Nachrichten für Dokumentation*, 1979, 30(6): 219-226.
- [25] Egghe L, Rousseau R. Introduction to informetrics: Quantitative methods in library, documentation and information science [M]. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1990.
- [26] Centro de Informacion y Documentacion Cientifica. Cybermetrics: International Journal of Scientometrics, Informetrics and Bibliometrics [EB/OL]. [1997-05-14/2011-04-24]. <http://www.cindoc.csic.es/cybermetrics/cybermetrics.html>.
- [27] Rousseau R. Sitations: An exploratory study [J/OL]. *Cybermetrics: International Journal of Scientometrics, Informetrics and Bibliometrics*, 1997, 1(1): 1-7. [1997-05-14/2011-04-24]. <http://www.cindoc.csic.es/cybermetrics/articles/v1i1p1.pdf>.
- [28] Almind T C, Ingwersen P. Informetric analyses on the world wide web: methodological approaches to "webometrics" [J]. *Journal of Documentation*, 1997, 53(4): 404-426.
- [29] Thelwall M. Link analysis: an information science approach[M]. Boston: Elsevier Academic Press, 2004.
- [30] Thelwall M. Introduction to webometrics: Quantitative web research for the social sciences [M]. San Rafael: Morgan & Claypool Publishers, 2009.
- [31] Chen C M. Information visualisation and virtual environments [M]. London: Springer-Verlag, 1999.
- [32] Chen C M. Information visualization: Beyond the horizon [M]. London: Springer-Verlag, 2004.
- [33] Hirsch J E. An index to quantify an individual's scientific research output [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005, 102(46): 16569-16572.
- [34] 蒋国华. 科学计量学和情报计量学: 今天和明天 [J]. 科学学与科学技术管理, 1997, 18(7): 26-27, 18(8): 32-36, 18(9): 31-35, 18(10): 36-39. Jiang Guohua. *Science of Science and Management of S&T*, 1997, 18(7): 26-27, 18(8): 32-36, 18(9): 31-35, 18(10): 36-39.
- [35] Thelwall M, Vaughan L, Björneborn L. Webometrics [C]// ASIS&S. Annual review of information science and technology. ASIS&S, 2005, 39: 81-135.
- [36] Jacobs D. Demystification of bibliometrics, scientometrics, informetrics and webometrics [C]// Proceedings of 11th DIS Annual Conference. Richardsbay: University of Zululand, South Africa, 2010: 1-19.
- [37] Bar-Ilan J. Informetrics at the beginning of the 21st century-A review [J]. *Journal of Informetrics*, 2008, 2(1): 1-52.
- [38] Egghe L. Expansion of the field of informetrics: Origins and consequences [J]. *Information Processing and Management*, 2005, 41(6): 1311-1316.
- [39] 刘则渊, 陈超美, 侯海燕, 等. 迈向科学学大变革的时代[J]. 科学学与科学技术管理, 2009, 30(7): 5-12. Liu Zeyuan, Chen Chaomei, Hou Haiyan, et al. *Science of Science and Management of S&T*, 2009, 30(7): 5-12.
- [40] Chen C M. Mapping scientific frontiers [M]. London: Springer-Verlag, 2002.
- [41] 刘则渊, 陈悦, 侯海燕, 等. 科学知识图谱: 方法与应用 [M]. 北京: 人民出版社, 2008. Liu Zeyuan, Chen Yue, Hou Haiyan, et al. Mapping knowledge domains: Methods and application [M]. Beijing: People's Publishing House, 2008.
- [42] Chen C M. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. *JASIST*, 2006, 57(3): 359-377.
- [43] Chen C M, Ibekwe-SanJuan F, Hou J H, et al. The structure and dynamics of co-citation clusters: A multiple-perspective co-citation analysis[J]. *JASIST*, 2010, 61(7): 1386-1409.
- [44] 胡海波, 王林. 幂律分布研究简史[J]. 物理, 2005, 34(1): 889-896. Hu Haibo, Wang Lin. *Physics*, 2005, 34(1): 889-896.
- [45] Egghe L. Power laws in the information production process: Lotkaian informetrics[M]. Amsterdam: Academic Press, 2005.
- [46] Lin D M, Chen C M, Liu Z Y. Statistical characteristics of an evolving co-citation network: The distribution of betweenness centrality [C]// Proceedings of 12th International Conference of ISSI. Rio de Janeiro, 2009: 552-560.
- [47] Egghe L. The power of power laws and an interpretation of Lotkaian informetric systems as self-similar fractals [J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2005, 56(7): 669-675.
- [48] Liang L M, Zhao H Z, Wang y, et al. Distribution of major scientific and technological achievements in terms of age group -Weibull distribution[J]. *Scientometrics*, 1996, 36(1): 3-18.
- [49] Chen Y, Mang X W, Lin D m, et al. A phenomenon of optimal scale of science cooperation[C]// Proceedings of 13th International Conference of ISSI. Durban, 2001: 949-951.
- [50] 刘则渊. 赵红州与中国科学计量学[J]. 科学学研究, 1999, 17(4): 104-109. Liu Zeyuan. *Studies in Science of Science*, 1999, 17(4): 104-109.
- [51] 侯海燕, 陈超美, 刘则渊, 等. 知识计量学的交叉学科属性研究[J]. 科学学研究, 2010, 28(3): 328-332, 350. Hou Haiyan, Chen Chaomei, Liu Zeyuan, et al. *Studies in Science of Science*, 2010, 28(3): 328-332, 350.

(责任编辑 孙秀云,代丽)

## 更正

《科技导报》2012年第4期第37—42页“无隔水管深水钻井作业管柱的力学分析”一文中,图1、图8中“进入管柱”应为“送入管柱”。特此更正。

《科技导报》编辑部