

学科交叉研究综述*

■ 许海云¹ 尹春晓^{1,2} 郭婷^{1,2} 谭晓³ 方曙¹

¹ 中国科学院成都文献情报中心 成都 610041 ² 中国科学院大学 北京 100049

³ 中国电子信息产业发展研究院 北京 100048

摘要: [目的/意义] 学科交叉研究意义重大,通过对学科交叉理论及实践的综述,分析讨论学科交叉研究存在的问题,并提出未来的研究内容和研究思路。[方法/过程] 通过对学科交叉理论及实践相关文献的系统调研、归纳和分析,结合对学科交叉类型和交叉动力学研究的综合分析,重点对当前已有的测度学科交叉程度的引文分析指标和学科交叉度计量的实践研究进行分析。[结果/结论] 当前的学科交叉研究分为宏观态势和微观内容两个层面,研究主体内容分为学科交叉类型研究、学科交叉动力学研究以及学科交叉性测度指标研究。学科交叉的测度属性分为学科多样性和学科聚合性,其测度指标分为 3 类:学科多样性测度指标、学科聚合性测度指标和综合性测度指标。学科交叉度计量的实践研究可以分为 3 类:基于交叉度的统计指标的计量、基于社会网络指标的计量以及利用多种指标的综合性计量。

关键词: 学科交叉 学科多样性 学科聚合性 交叉性 计量

分类号: G250

DOI: 10.13266/j.issn.0252-3116.2015.05.019

1 引言

近年来,对全人类共同面临的一系列重大问题,如环境恶化、能源危机等的解决方法和途径的研究已超出了原有的单一学科的范畴,跨学科领域研究越来越广泛。在这一过程中,学科间呈现出相互融合、彼此联系的现象,涌现出大量的交叉学科。不少科学行为早已超出单一学科的范围,科学家的任务已经转变为面向跨学科的问题,而不是面向单一学科^[1]。学科交叉研究意义重大,如何促进不同学科之间的交叉和融合,利用多学科、跨学科方法解决具体的复杂问题成为科技政策制定与科技管理的一个重要问题。

本文搜集 Web of Science 和中国知网(CNKI)收录的关于学科交叉理论及实践研究的主要论文并进行系统梳理。通过对重点文献的分析、归纳与总结,将当前的学科交叉研究分为宏观态势和微观内容两个层面,将研究主体内容分为学科交叉类型研究、学科交叉动力学研究以及学科交叉性测度指标研究。本文就学科交叉类型、交叉动力学和交叉测度分别展开综述,并探

讨分析三者之间的关系。在此基础上,本文重点对当前已有的学科交叉测度展开研究,总结存在的问题并提出未来的研究内容和研究思路。

2 学科交叉研究概况

2.1 学科交叉概念范畴

关于学科交叉的概念,学术界并没有形成统一的定义。R. S. Woodworth 最早于 1926 年公开使用 interdisciplinary(跨学科)一词,认为跨学科是超越一个已知学科的边界而进行的涉及两个或两个以上学科的研究领域^[2]。20 世纪 70-80 年代,学科交叉的研究有了较大发展,研究目的是突破学科间障碍,促进学科间交流合作。徐飞从科研活动的角度对各种跨领域科学联系和科学活动进行概括,认为学科交叉特指研究主体根据学科间的内在联系,创造开发跨学科知识产品的特殊科研活动^[3]。杨永福等则认为学科交叉的本质是一种科研行为,从“交叉”活动的方式、过程和结果来看,发生在学科之内或者学科之间,对象只涉及这一学科群的“交叉”活动,可称之为学科交叉,形成交叉学

* 本文系国家自然科学基金青年项目“学科交叉主题识别和预测方法研究”(项目编号:14CTQ033)研究成果之一。

作者简介:许海云(ORCID:0000-0002-7453-3331),副研究员,博士,E-mail:xuh@clas.ac.cn;尹春晓,硕士;郭婷,硕士研究生;谭晓,工程师,博士;方曙,研究员,博士,博士生导师。

收稿日期:2015-01-23 修回日期:2015-02-11 本文起止页码:119-127 本文责任编辑:王善军

科的狭义途径就是学科交叉^[4]。

与学科交叉相近的概念还有多个,如交叉学科、多学科、边缘学科、超学科以及跨学科等,尽管这些概念在广义上存在共同之处,但在狭义上分别涉及了学科发展过程中不同的发展和演变结果。F. Morillo 和 P. L. Rosenfield 等分别阐述了学科交叉、跨学科和多学科等概念的不同,对多学科、跨学科和超学科合作之间的区别进行了说明^[5-6]。中国科学院院士路甬祥也曾指出,科学交叉的方式多种多样,跨度日益增大,层次不断加深。学科交叉是众多学科之间的相互作用,而交叉形成的理论体系,构成交叉学科,众多交叉学科构成了交叉科学^[7]。百度百科对边缘学科的介绍如下:边缘科学(又称交叉科学)是在两个或两个以上不同学科的边缘交叉领域生成的新学科的统称;边缘学科的生成一般有两种情况,其中一种是某些重大的科研课题涉及到两个或两个以上学科领域,在研究过程中,便在这些相关领域的结合部产生了新兴学科^[8]。之所以称为边缘学科,是从传统主流学科分类角度出发的,这些交叉学科最初位于传统学科的边缘,即非传统学科的核心研究领域,因此从其处境上讲,学科交叉如果不能持续良好发展,一直处于“边缘”研究的境地,不能发展壮大成为新的重要研究领域,就会成为真正的边缘学科,以至于消亡。可认为上述 4 个概念之间的关系如下:学科交叉是多个传统学科跨越学科边界的学科间整合,学科交叉是跨学科研究,但学科交叉不一定形成交叉学科,有些学科交叉/跨学科研究慢慢发展壮大,成为一个新的研究领域:交叉学科,而有的学科交叉/跨学科并没有很好的研究前景。百度百科对边缘科学的介绍其实融合了这 4 个概念,笔者更倾向于认为学科交叉是一种动态融合过程,而交叉学科、边缘学科以及跨学科描述的是学科交叉发展的结果。

综合以上分析,笔者认为学科交叉是伴随社会和学科自身发展需求而出现的一种综合性科学活动,是形成交叉学科的途径和过程;交叉学科则是学科交叉的结果,它是一种学科形态,表现为两门或两门以上学科间研究内容、方法间横向有机联系而形成的具有独立性质的一门学科或一个学科群体,以及据此而建立起来的组织体系和结构。本文所关注的是学科交叉这一动态过程,将学科交叉研究划分为宏观层次的学科交叉研究和微观层次的学科交叉主题研究两个层次,虽然两个层次具体面向的目标对象不同,但都涉及对学科交叉现象和本质的分析,且在研究的理论方法上较为相似。学科交叉研究的主要内容和各内容基本关

系构成了本文的分析框架(见图 1)。

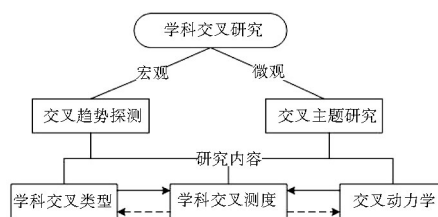


图 1 学科交叉研究内容和相关关系

如图 1 所示,学科交叉类型和交叉动力学研究是深入开展学科交叉测度研究的基础(实线箭头),学科交叉测度方法需参照并可促进学科交叉类型和交叉动力学的研究(虚线箭头)。

2.2 学科交叉类型研究

当前并没有关于学科交叉分类的固定形式,不同学者根据自身对学科交叉特征的认识给出了多种描述性分类方法。李春景、刘仲林将学科交叉的方式在理论上分为研究对象交叉、科学主体交叉以及学科范式交叉 3 种类型。研究对象交叉包括研究域的交叠和属性相似特征,科学认识主体交叉主要体现在知识背景交叉和团体合作交叉方面,学科范式交叉则是指语言移植再生、方法借鉴渗透以及理论一体化^[9]。

金薇吟从科学学、哲学方法论的视角,将学科交叉方式概括为观同察异、话语移植、互补共融、连锁辐射、辐集聚焦、横断综析、形上升华等 7 种类型。所谓观同察异是指以比较研究法为主,以两个或两个以上学科作为研究对象进行深入探究,发现其相似性及差异性,从而确立学科交叉的生长点;话语移植是指将一门或多门成熟学科的基本话语或话语系统转移向另一门学科,并由此构建新的体系;互补共融是指一门学科与另一门学科或者多门学科的话语或话语系统双向互补互动的转移交融方式;连锁辐射是指一门学科的理论或核心概念被许多学科移植,或通过多次交叉,相互启发,接连跟进,构成一条“学科有机链”或“科学辐射圈”;辐集聚焦是指多门学科围绕一个重大的主题、中心,多角度、多侧面、多途径、全方位地协同攻关;横断综析是指不拘于具体有限学科,而是从诸多学科中选取不同的新的认识侧面进行横向断析从而产生交叉学科;形上升华是指哲学对各部门学科的交叉、发展有形或无形地起着支配、提升、引领、推动等作用^[10]。周文娟通过对“机制”进行概念辨析,结合诺贝尔自然科学奖学科交叉获奖成果案例分析,根据学科交叉的具体方式,在金薇吟分类方式的基础上,将学科交叉凝练为移植嫁接、互补共融、连锁辐射和辐集聚焦 4 种类型^[11]。

潘教峰、张晓林、韩涛^[12]等人,基于重叠关系模型和重叠度角度,对学科研究领域的演变模式进行分析,该方法基于“科学结构地图 2009”和“科学结构地图 2012”两次聚类结果公共时间窗内的重叠关系判断研究领域的演化关系:若在公共时间窗口,“科学结构地图 2009”中的研究领域 P 有核心论文 N_p ,“科学结构地图 2012”中的研究领域 Q 有核心论文 N_q ,两个研究领域有共同的核心论文 N_{pq} ,则定义两个研究领域的重叠度 N_{co} 为:

$$N_{co} = \frac{N_{pq}}{\sqrt{N_p N_q}}$$

重叠度反映了研究领域重叠关系的强弱,重叠度越大,表明研究领域之间的继承关系越强,可据此分析研究领域新增、消失、分化、合并、延续的演变特征。其中,新增和消失并不是研究领域绝对的新生和灭亡,而更多地体现了高于聚类阈值的研究热点的转移。在知识的演化过程中,分化和融合具有相互转化、相互渗透的辩证统一关系,融合往往意味着另一种形式的分化,分化也总是伴随着不同学科知识的交叉和融合,由此形成一种演变模式综合交错的演化路径。潘教峰、张晓林、韩涛等人基于重叠关系模型和重叠度角度对学科研究领域演变模式进行分析,虽未直接提出学科交叉分类标准,但其学科交叉演化路径理论则与周文娟的学科交叉类型理论不谋而合。

中国地质大学刘庆生教授根据学科交叉程度的高低,依次从初级到高级将学科交叉分为捆绑式学科交叉、渗透式学科交叉、整合式学科交叉 3 种类型^[13]。

上述代表性学科交叉类型分析中,李春景、刘仲林的分类方法在宏观上从学科交叉的研究对象(研究对象交叉)、研究主体(科学主体交叉)和研究方法(学科范式)3 个不同的角度对学科交叉进行分类,但对学科交叉的具体方式涉及较少。其他分类方法都是从研究对象和研究方法的微观角度对学科交叉做了分类研究。

2.3 学科交叉动力学研究

学科交叉动力是学科交叉中值得探讨的问题,可基本分为内部动力和外部动力。在此基础上,不同学者对两种动力的具体内容各有认识,并提出其他衍生的交叉动力,主要的代表性研究包括:

李喜先认为学科交叉的形成机制在于现代社会和文化环境产生的外在影响和科学系统自身发展产生的内在动力^[14]。王晶华等认为内部动力是学科交叉现象的形成机制,是学科交叉现象作为一个整体的系统,内部各要素之间自主协调构成发展的动力;外部动力

是由于社会需要多学科研究共同解决复杂的综合性问题而构成的学科交叉发展的动力^[15]。Qin Jian 等研究发现学科之间的合作本身就与学科交叉密切相关^[16]。

刘仲林认为交叉学科的形成机制包括 3 个方面:一是社会环境,包括科学一体化、社会各因素和科学社会化活动对学科交叉的作用力;二是文化背景,包括哲学作为高层次信仰整合科学,社会心理通过心理方式影响科学等;三是内在动力,主要指“供体”和“受体”间的移植^[17]。马跃等人提出了三动力说,认为认识主体的好奇心、社会发展的要求、学科协同效应的作用是推动学科的动力,也是交叉学科研究的原始动力,原始动力与跨学科的背景因素结合,形成交叉学科研究的动力源。好奇心动力来自认识主体的本能,属于主动动力,用个体标准衡量;社会发展要求的动力来自认识主体所处的社会系统,属于被动动力,用社会标准衡量;学科协同效应动力来自认识主体的实践活动,介于主动与被动之间,用认识主体的经验水平衡量,在此基础上他们对 3 种动力的能量关系、动态性变化关系、持久性关系、作用位置进行研究,并据此提出了交叉学科研究动力学模型^[18]。金薇吟认为学术界关于学科交叉的“内外动力”说,由于普适于科学、教育、文艺等领域而缺乏个性,对理论研究和实际操作帮助不大,因此她认为学科交叉除了离不开他律性机制,其自律性机制更起着决定性作用,是学科交叉的核心和生命所系,并且这种贯穿于学科交叉深层根源、内在规律和全过程的自律性机制决不只是一个,而是有机的一群,具体可以解构为多元机制、融生机制、话语机制、互补机制、同源机制、开放机制、流动机制、合力机制、增殖机制^[19]。

上述代表性学科交叉动力学分析中,尽管研究人员对学科交叉的内外动力及其机制在描述上并不一致,但都将学科间自组织机制视为推动学科交叉的内在动力,并且学科交叉动力来自于研究主体和客体的相互影响。学科交叉过程中,内在动力还是外在动力为主,主动动力为主还是被动动力为主,需结合情境分析,如果是面向问题的学科交叉,研究人员会积极主动寻求跨学科合作或者研究领域的转移,那么社会需求的外在动力和研究主体的主动动力可能成为学科交叉的主要动力。

学科交叉动力与学科交叉类型密切相关,不同的学科动力来源促进了不同的学科交叉类型产生,通过对不同交叉类型的认识又可以更深入地了解各种交叉动力,且已有学者针对二者关系做了相关研究。周文

娟在 4 种学科交叉类型的基础上认为外部动力主要是指社会的需要,主要促进了学科间的“辐集聚焦”式交叉;学科交叉内部动力是指学科自身发展的需要,主要涉及理论难题的解决、前沿问题的突破、学科“转型期”的过渡三方面,其中理论难题的解决,通常容易引发“互补共融”和“辐集聚焦”型的学科交叉,而前沿问题的突破与“移植嫁接”、“互补共融”和“连锁辐射”型学科交叉类型密切相关,学科“转型期”的过渡容易引发“移植嫁接”、“互补共融”和“连锁辐射”形式的学科交叉^[11]。

3 学科交叉测度研究

3.1 学科交叉测度的计量指标

交叉测度是指对学科交叉程度的计量,A. Stirling 较为详细地阐述了跨学科的普遍存在,指出多样性测度的 3 个属性:丰富性(variety)、平衡性(balance)和差异性(disparity),并基于 10 个定量化标准,构建了多样

性测度的一般框架,同时给出了非参数计量公式^[20]。I. Rafols 和 M. Meyer 在 A. Stirling 计量思路和公式的基础上提出使用多样性(diversity) 指标和凝聚性(coherence) 指标测度学科交叉性,而多样性指标又包括 3 个维度:种类度(variety)、均衡度(balance) 和相似度(similarity)^[21]。

归纳已有相关研究,本文将学科交叉性测度属性分为两种:学科多样性(diversity) 和学科聚合性(cohesion)。学科多样性描述了交叉领域所涉及学科的数量统计特征,具体包括学科数量多少(丰富度)、分布特征(平衡性) 和个体间差异(差异度)。学科聚合性则表征了研究领域所涉及各个学科所构成的整体网络的联系紧密程度和各学科在网络中地位的差异程度,包括核心-边缘度、网络分派度、网络密度和网络中心势。各属性及其多个子属性的具体含义如表 1 所示:

表 1 学科交叉测度指标属性

属性	子属性	属性含义
学科多样性(diversity)	学科丰富度(variety)	涵盖学科数量的多少
	平衡性(balance)	学科占比的均衡性
	差异性(disparity)	学科间的差异性
学科聚合性(cohesion)	核心-边缘度(coreness)	各学科在网络中的核心地位
	网络分派度	学科间凝聚程度或分派程度
	网络密度(network density)	学科间联络的紧密程度
	网络中心势(between centrality)	学科间关系网络的集中分布趋势

当前已有的学科交叉多样性测度指标,最简单的是学科类别总计(NS) 和由 A. L. Porter 提出的跨领域引用指数(citations outside category, COC)^[22]。稍微复杂的有加权跨领域引用指数(weighted citations outside category, WCOC) 和 Brillouin index(BI) 以及 A. L. Porter 等提出的 specialization(S) (专业化) 和 reach(R) (区分度) 指数^[23]。

学科平衡性测度指标主要有信息熵(Shannon entropy, SE)^[24-25] 和基尼系数(Gini coefficients, GC)^[26]。学科聚合性测度指标有网络中间中心性(between centrality, BC)、网络密度(ND)、网络平均路径长度(network path length, NPL) 和网络分裂指数(external-inter-nal index, E-I)^[27-28],各指标计算方式及参数描述详见表 2-表 4。

以上的学科交叉性指标都在一定程度上存在某些问题,或者仅考虑了学科多样性或多样性的某些要素属性,或者仅考虑了学科聚合性,都未能较全面地将

构成学科交叉性的各种属性进行有效整合。因此,近年来有学者力图探索较为全面的测度学科交叉度的方法,并提出了综合性测度指标,主要有 A. L. Porter 提出的 intergration(整合度) 指标,A. Stirling 等提出的 Rao-Stirling 指标和陈赛君等提出的 Φ 指标。

3.1.1 Intergration 指标 A. L. Porter 等提出的 Intergration 指标^[23]不但采用学科分布频次度量了学科分布特点,同时也度量了学科间相似度。其计量方式见公式(1)。

$$I = 1 - \frac{\sum (f_i^* f_j^* \cos(SC_i - SC_j))}{\sum (f_i^* f_j)} \quad (1)$$

其中 i 为矩阵的行 j 为矩阵的列 f 为主题类别共现频率, $\cos(SC_i - SC_j)$ 为两个主题类别之间关联的余弦测度。

3.1.2 Rao-Stirling 指标 该指标由 A. Stirling 提出^[20],也被称为二次熵(quadratic entropy),已有不少研究者将其用于学科交叉的研究,包括基于期刊和基

表2 常用领域多样性指标概述

指标	公式	参数含义	特点与不足
NS	$\sum_{i \in S} S_i$	S _i : 研究领域所涉及的学科类别	指标简单但粗糙,仅考虑了学科的丰富度
COC	$\frac{\sum_{i \in O} C_i}{\sum_{i \in I \cup O} C_i}$	I: 对象领域集合 O: 对象领域以外的领域集合 C _i : 在 i 领域的引用文献数	仅考虑了领域平衡性,没有反映领域丰富度、差异性和聚合性
WCOC	$\frac{ O }{ I \cup O } \frac{\sum_{i \in O} C_i}{\sum_{i \in I \cup O} C_i}$	I、O、C _i 涵义同上 S : 领域集合 S 中的领域数量	仅考虑了领域丰富性和平衡性,没有反映领域差异性和聚合性
Brillouin index	$\frac{\log C! - \sum_i \log C_i!}{C}$	C: 引用文献、作者等观测数据总数 C _i : 属于 i 领域观测数据数	考虑了领域丰富性和平衡性,但没有反映领域差异性和聚合性
specialization(S)	$S = \frac{\sum (P_{SC1}^2 + P_{SC2}^2 + \dots + P_{SCn}^2)}{\sum (P_{SC1} + P_{SC1} + \dots + P_{SCn})^2}$	P _{scn} : 归属到类别 SC _n 上的目标文献数	指标简单但粗糙,仅考虑了学科的丰富度
reach(R)	$R = 1 - \sum (f_i^* \cos(SC_i - SC_p))$	SC _i : 参考文献的主题类别 SC _p : 目标文献主题类别 f _i : 频次	区分度指标表明了目标文献和它的参考文献在所属类别上的差别程度

表3 常用领域平衡性指标概述

指标	公式	参数含义	特点与不足
SE	$H = - \sum_i p_i \cdot \log(p_i)$	P _i 表示不同学科的概率分布	信息熵关注的是随机变量的概率分布而不是随机变量本身,不能测度学科的多样性
GC	$G = \frac{\sum_{i=1}^n (2i - n - 1) x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i}$	n 代表学科数量 x _i 代表学科 i 被引用的次数	仅测度了学科平衡性,不能测度学科的多样性

表4 常用领域聚合性指标概述

指标	公式	参数含义	特点与不足
BC	$\sum_{ij} (g_{ikj}/g_{ij})$	g _{ijk} 表示网络结点 i 和 j 之间的最短路径 g _{ij} 为结点 i 与结点 j 之间的关系数量	不能反映领域多样性,并且对非连通网络与加权网络不适用
ND	$\frac{2l}{(N^2 - N)}$	l: 网络中的连线数 N: 网络中的节点数	不能反映领域多样性,仅考虑了领域节点间的直接联系
NPL	$\frac{2 \sum_{ij} dist(i, j)}{N^2 - N}$	dist(i, j): 节点 i, j 间的最短距离 N: 网络中的节点数	不能反映领域多样性,并且对非连通网络不适用
E - I	$E - I = \frac{EL - IL}{EL + IL}$	EL: 子群之间的关系数 IL: 子群内部的关系数	分析整体网络中子群的凝聚程度或整体网络的分派程度

于论文的学科交叉研究^[21-29]。Rao-Stirling 指标同时度量学科的分布和学科间的距离,学科间的距离是学科间差异的度量方式,可以利用学科变量的不相关性表征学科间的距离。因此,Rao-Stirling 指标可以表征学科交叉中各学科的差异,Stirling 值越高,表示各学科的差异性也越大,交叉性越强。其计量方式见公式(2):

$$D = \sum_{i(j \neq i)} (p_i \cdot p_j)^\alpha \cdot d_{ij}^\beta \quad (2)$$

其中,p_i与p_j是不同学科的概率分布,d_{ij}是学科网络中不同学科间的距离,α与β为计量参数。

3.1.3 Φ 指标 陈赛君等对 A. Stirling 的多样性指标

公式进行扩展,将其与聚合性指标适当整合,得到如下定量刻画学科交叉性及其要素属性的 Φ 指标公式^[30]:

$$\Phi = \sum_{i(j \neq i)} dij^\alpha \cdot (p_i \cdot p_j)^\beta \cdot (1 - \frac{d(i, j)}{N})^\gamma \quad (3)$$

其中,N为领域数量,p_i为领域i的比重,表示领域i与领域j之间的差异,d(i, j)为领域i与领域j在领域交叉关系网络中的最短加权距离,指数α、β和γ可分别取值0或1,它们的不同取值组合使得Φ有多种变体,可用以衡量各种领域特征。

尽管学科交叉测度的计量指标已经丰富多样,但单一性测度指标居多,综合性研究指标较少。目前缺

少多种指标的对比分析,各个计量指标的差异性和有效性缺少有说服力的证明。

3.2 学科交叉研究的计量类型

国内外的学科交叉研究都已蓬勃展开且取得不少收获,但当前学科交叉量化研究更多地是面向学科交叉态势分析,针对一个或多个学科、期刊或者研究人员的交叉特征(跨学科)进行分析,且大多是以科研论文及其参考文献为分析对象^[31-32]。也有学者从另一个角度出发,认为出版物之间的跨学科性可以通过来自不同学科的作者的合作来分析^[33]。尽管目前通过多种属性研究学科交叉,但是学科交叉本质上是不同学科领域知识的相互吸收与融汇互通,从知识产出内容的角度计量相比团队合作、机构合作等更能表征知识间的相互渗透^[34],共词分析、引文分析和作者分析等是最常用的学科交叉研究方法^[35-36]。本文通过对相关文献的调研,将现有学科交叉度计量的实践研究分为3类:基于交叉度统计指标的计量、基于复杂网络指标的计量以及利用多类型指标的综合性计量。

3.2.1 基于交叉度统计指标的计量 该类型的计量是最早的学科交叉研究类型,由于学科交叉度并没有统一的定义,不同的研究人员根据自身对学科交叉的理解,构建计量指标或指标体系^[37-39]。该类计量指标侧重学科多样性,研究人员多通过对指标的统计、聚类分析,并结合相应的实证分析发现学科交叉的态势,同时论证指标的有效性^[40-44]。

3.2.2 复杂网络指标的计量 近年来,复杂网络的研究逐渐成为人们研究的热点,随着复杂网络研究近年来持续不断的突破以及应用平台和工具的开发,如 Gephi、Pajek、SCI2 和 Ucinet 等,借助复杂网络工具对学科交叉进行研究者也越来越多^[45]。现实中,复杂网络的节点具有聚集化的特性,呈现出模块结构。模块结构大多存在重叠,即存在一些归属于不同模块的重叠节点。该类型的学科交叉度计量更突出学科聚合性,研究人员尝试通过学科网络的模块结构和重叠社区的发现,识别学科交叉趋势和主题^[46-47]。

3.2.3 多类型指标综合性计量 随着学科交叉计量指标的增多,该类型的计量往往结合多种可视化手段,通过对多种指标的综合对比运用来进行。L. Leydesdorff 与 I. Rafols 采用基尼系数、信息熵和 Rao-Stirling 指标测度期刊的学科交叉特征^[48]。L. Leydesdorff 等利用 Web of Science 数据库,采用 VOSviewer 软件并结合 Blondel 快速社区识别算法得到全球期刊的科学叠加图(科学覆盖图),使用 Rao-Stirling 指数,包括 citing 和

cited 引文矩阵测度学科交叉并做了可视化展示^[49]。许海云等对5种已经用于学科交叉度或者具备交叉度测度性能的指标做变量特征及实证分析,认为情报学研究所涉足的领域在10年间容纳的学科越来越多,关系也越来越紧密,但学科间的差异度却呈减弱趋势,情报学的核心地位也有所减弱,并采用科学叠加图(科学覆盖图)做了情报学学科交叉的可视化分析^[50]。

4 思考与展望

4.1 存在的主要问题

通过对学科交叉研究现状进行分析,可知人们对解决跨学科问题的迫切需要以及学科间内在机制的调节,促进了学科交叉研究方法自身的快速发展。研究涉及学科交叉概念内涵、交叉类型、交叉的动力学特征以及测度指标等多个方面,并有诸多实证分析。但现有方法还远不能应对跨学科研究对学科交叉方法的需求,尤其是学科交叉主题识别方法还处于经验总结阶段,尚未针对学科交叉自身特征,形成一套专门的学科交叉主题挖掘理论和方法。目前学科交叉研究最突出的问题主要有以下3个:

首先,按照研究方式的不同,学科交叉研究所采用的方法可归为描述性研究和定量研究。描述性研究包括学科交叉特征及其发展演化规律的研究,定量研究主要包括学科交叉主题文本分析中的指标构建、聚类算法改进等。学科交叉类型和交叉动力学的研究多为描述性研究,交叉测度指标研究多从定量研究展开。而当前描述性研究与定量研究相对独立,学科交叉主题特征选择方法尚未将学科交叉的描述性研究成果有效融入到定量研究中。较为常用的学科交叉性指标往往只考虑到学科交叉测度的某一个方面,而未能较全面地将构成学科交叉性的各种属性进行有效整合,综合性研究指标欠缺。

其次,学科交叉更多地关注于宏观层次的学科交叉态势研究,而微观层次的学科交叉主题研究还较少。当前多通过获取文本特征词形成学科热点主题网络,进而对网络进行主题社区识别,位于社区外围的主题被认为是交叉主题。这种间接探测交叉主题的方式可能遗漏重要的交叉主题。再者,预测方法尚未很好的结合交叉主题的发展特征及规律,采用突发词预测等方式也可能会带来误差。

再次,当前学科交叉类型和交叉动力分析尚未深入到微观层次,还主要是根据研究人员对学科交叉的经验认识进行总结,对于交叉类型和动力的具体影响

机制尚没有形成深入认识。而交叉主题发展趋势的预测只有深入了解交叉学科的发展规律,多指标多角度地综合测度,掌握交叉主题的来龙去脉和发展变化规律,方能使预测更客观、准确。因此,需要通过对学科交叉动力和学科交叉类型的深入认识,达到有效发现并预测学科交叉主题的目的。

4.2 未来研究展望

4.2.1 定性方法与定量方法在微观层面的结合 鉴于当前学科交叉研究方法存在的主要问题,未来的学科交叉测度指标需要在深入分析学科交叉类型和交叉动力学的基础上,将学科交叉主题特征选择方法的描述性研究成果有效融入到定量研究中,同时构建能体现学科交叉多个特征的统计变量。这需要根据学科交叉类型、交叉动力学和交叉测度三者之间的关系,深入分析学科交叉类型特征和学科交叉动力学特征,构造更好的综合性学科交叉性测度指标。量化的测度指标能辅助我们更容易、更深刻地理解学科交叉的发展趋势,同时从微观层面定量研究学科交叉类型和动力学特征,从而找到促进学科交叉发展的更科学的办法。

4.2.2 学科交叉主题预测研究 探寻有效的知识挖掘算法,从海量科技文献中识别学科交叉主题可以高效探测科技研究前沿、热点以及学科新的生长点,发掘未来的研究发展动向和机会。采用文本分析从科技文献中发掘学科交叉主题的关键在于对学科交叉主题特征的深入解析,因此,需要在深入理解学科交叉类型和学科交叉动力学的基础上,构建可体现这些特征的选择算法。

4.2.3 数据挖掘方法的改进 鉴于大数据科学正如火如荼地开展,加之学科交叉在大数据分析中的地位日益重要,未来的学科交叉研究需要通过对多学科甚至是全部学科进行大数据挖掘。这一过程更加需要对数据弱关联具有识别能力,因此,以往经典的数据统计处理方法,如对异常值的丢弃等,都需要有新的处理方法。

4.2.4 数据分析来源的选择 客观全面的跨学科交叉态势及主题获取不能仅仅局限于对科技论文的分析,也需要考虑其他形式的产出,如专利、软件、科技报告以及工艺改进中的学科交叉现象^[23]。

参考文献:

[1] Klein J T. A conceptual vocabulary of interdisciplinary science [M]. Toronto: University of Toronto, 2000: 3-4.
 [2] 刘仲林. 交叉科学时代的交叉研究[J]. 科学学研究, 1993, (2): 11-18.

[3] 徐飞. 科学交叉论[M]. 合肥: 安徽教育出版社, 1991.
 [4] 杨永福, 洪咸友. 科学发展中的学科交叉研究史例探析[J]. 自然辩证法研究, 1999, 15(4): 59-63.
 [5] Morillo F, Bordons M, Gómez I. An approach to interdisciplinarity through bibliometric indicators[J]. Scientometrics, 2001, 51(1): 203-222.
 [6] Rosenfield P L. The potential of transdisciplinary research for sustaining and extending linkages between the health and social sciences[J]. Social Science & Medicine, 1992, 35(11): 1343-1357.
 [7] 路甬祥. 学科交叉与交叉科学的意义[J]. 中国科学院院刊, 2005, 20(1): 58-60.
 [8] 边缘学科[EB/OL]. [2014-09-03]. <http://baike.baidu.com/view/139450.htm?fr=aladdin>.
 [9] 李春景, 刘仲林. 现代科学发展学科交叉模式探析——一种学科交叉模式的分析框架[J]. 科学学研究, 2004(3): 244-248.
 [10] 金薇吟. 学科交叉方法探析[J]. 科学学研究, 2006(5): 667-671.
 [11] 周文娟. 基于诺贝尔自然科学奖的学科交叉研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2010.
 [12] 潘教峰, 张晓林, 韩涛, 等. 科学结构地图 2012[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
 [13] 刘庆生. 浅谈多学科交叉综合研究[EB/OL]. [2014-09-10]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-673617-741400.html>.
 [14] 李喜先. 论交叉科学[J]. 科学学研究, 2001(1): 22-27.
 [15] 王晶华, 施红玉. 从系统科学角度看学科交叉现象[J]. 科学与科学技术管理, 2002(12): 5-8.
 [16] Qin Jian, Lancaster F W, Allen B. Types and levels of collaboration in interdisciplinary research in the sciences[J]. Journal of the American Society for Information Science, 1997, 48(10): 893-916.
 [17] 刘仲林. 现代交叉科学[M]. 杭州: 浙江教育出版社, 1998.
 [18] 马跃, 蔡兵, 于小娟. 交叉学科研究的成长环境与动力机制分析[J]. 研究与发展管理, 2007(5): 105-110.
 [19] 金薇吟. 学科交叉理论与高校交叉学科建设研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2005.
 [20] Stirling A. A general framework for analysing diversity in science, technology and society[J]. Journal of the Royal Society Interface, 2007, 4(15): 707-719.
 [21] Rafols I, Meyer M. Diversity and network coherence as indicators of interdisciplinarity: Case studies in bionanoscience[J]. Scientometrics, 2010, 82(2): 263-287.
 [22] Porter A L, Chubin D E. An indicator of cross-disciplinary research[J]. Scientometrics, 1985, 8(3): 161-176.
 [23] Porter A L, Cohen A S, Roessner J D, et al. Measuring researcher interdisciplinarity[J]. Scientometrics, 2007, 72(1): 117-147.
 [24] 沈世镒, 吴忠华. 信息论基础与应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.

- [25] Shannon C E. A mathematical theory of communication [J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2001 5(1): 3-55.
- [26] Lerman R I, Yitzhaki S. A note on the calculation and interpretation of the Gini index [J]. Economics Letters, 1984, 15(3): 363-368.
- [27] D Krackhardt, R Stern. Informal networks and organizational crises: An experimental simulation [J]. Social Psychology Quarterly, 1988, 51(5): 123-140.
- [28] 刘军. 整体网分析讲义 - UCINET 软件应用 (第二届社会网与关系管理研讨会资料) [C]//哈尔滨: 哈尔滨工程大学社会学系, 2007, 111.
- [29] 张金柱, 韩涛, 王小梅. 利用参考文献的学科分类分析图书情报领域的学科交叉性 [J]. 图书情报工作, 2013, 57(1): 108-111.
- [30] 陈赛君. 领域交叉性分析指标与方法新探及其实证研究 [J]. 情报学报, 2013, 32(11): 1184-1195.
- [31] Porter A L, Roessner D J, Heberger A E. How interdisciplinary is a given body of research? [J]. Research Evaluation, 2008, 17(4): 273-282.
- [32] Schummer J. Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and patterns of research collaboration in nanoscience and nanotechnology [J]. Scientometrics, 2004, 59(3): 425-465.
- [33] Qiu Liwen. A study of interdisciplinary research collaboration [J]. Research Evaluation, 1992, 2(3): 169-175.
- [34] Rafols I, Meyer M. How cross-disciplinary is bionanotechnology? Explorations in the specialty of molecular motors [J]. Scientometrics, 2007, 70(3): 633-650.
- [35] 杨建林, 孙明军. 利用引文索引数据挖掘学科交叉信息 [J]. 情报学报, 2004, 23(6): 672-676.
- [36] 魏海燕, 尹怀琼, 刘莉. 基于引文分析的情报学与相关学科的研究 [J]. 情报杂志, 2010(2): 38-43.
- [37] 杨良斌, 金碧辉. 跨学科测度指标体系的构建研究 [J]. 情报杂志, 2009, 28(7): 65-69.
- [38] 杨良斌, 周秋菊, 金碧辉. 基于文献计量的跨学科测度及实证研究 [J]. 图书情报工作, 2009, 53(10): 87-90.
- [39] Porter A L, Rafols I. Is science becoming more interdisciplinary? Measuring and mapping six research fields over time [J]. Scientometrics, 2009, 81(3): 719-745.
- [40] Small H. Maps of science as interdisciplinary discourse: Co-citation contexts and the role of analogy [J]. Scientometrics, 2010, 83(3): 835-849.
- [41] Hammarfelt B. Interdisciplinarity and the intellectual base of literature studies: Citation analysis of highly cited monographs [J]. Scientometrics, 2011, 86(3): 705-725.
- [42] Chang Yu-Wei, Huang Mu-Hsuan. A study of the evolution of interdisciplinarity in library and information science: Using three bibliometric methods [J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2012, 63(1): 22-33.
- [43] Hurd J M. Interdisciplinary research in the sciences: Implications for library organization [J]. College & Research Libraries, 1992, 53(4): 283-297.
- [44] Tang Rong. Evolution of the interdisciplinary characteristics of information and library science [J]. Proceedings of the American Society for Information Science and Technology, 2004, 41(1): 54-63.
- [45] 张洪磊, 魏建香, 杜振东, 等. 基于社会复杂网络的学科交叉研究 [J]. 情报杂志, 2011, 30(10): 25-29.
- [46] 季长玲, 刘非凡, 郭凤娇. 运用重叠社群可视化软件 CFinder 分析学科交叉研究主题——以情报学和计算机科学为例 [J]. 图书情报工作, 2013, 57(7): 75-80.
- [47] 于洋, 张睿军, 杨亚楠. 以情报学为视角的学科交叉研究 [J]. 情报杂志, 2013, 32(2): 1-5.
- [48] Leydesdorff L, Rafols I. Indicators of the interdisciplinarity of journals: Diversity, centrality, and citations [J]. Journal of Informetrics, 2011, 5(1): 87-100.
- [49] Leydesdorff L, Rafols I, Chen Chaomei. Interactive overlays of journals and the measurement of interdisciplinarity on the basis of aggregated journal-journal citations [J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2013, 64(12): 2573-2586.
- [50] 许海云, 刘春江, 雷炳旭, 等. 学科交叉的测度、可视化研究及应用——一个情报学文献计量研究案例 [J]. 图书情报工作, 2013, 57(12): 95-101.

作者贡献说明:

许海云: 研究设计及论文撰写;

尹春晓: 文献调研;

郭婷: 文献调研;

谭晓: 研究思路修改讨论;

方曙: 研究设计及论文撰写指导。

Interdisciplinary Research Review

Xu Haiyun¹ Yin Chunxiao^{1,2} GuoTing^{1,2} Tan Xiao³ Fang Shu¹¹ Chengdu Branch of the National Science Library of Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041² University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049³ China Center for Information Industry Development, Beijing 100048**Abstract:** [Purpose/significance] Interdisciplinary research is of great significance. Through an review and analy-

sis to interdisciplinary research methods of measurement theory and practice , we try to probe the existing problems of current research on interdisciplinary and put forward the future research thoughts and contents. **[Method/process]** Through an analysis to the related literature of interdisciplinary , combining comprehensive analysis to the types and dynamics of interdisciplinarity , a selective analysis to the current interdisciplinarity measurement methods based on citation analysis was conducted. **[Result/conclusion]** The current interdisciplinary research can be put into macro and micro levels , and the main contents of the study including research on the types , the dynamics and the measurement indexes to interdisciplinarity. We put the measurement properties of interdisciplinarity into diversity and cohesion , and put the measurement indicators into three types: diversity measurement indicators , cohesion measurement indicators and comprehensive measurement indicators and proceed further comparative analysis on the three types indicators. The existing interdisciplinarity measurement practice can be put into three types: the statistical measurement , the indicators based on the social networks analysis and the comprehensive measurement by a variety of indicators.

Keywords: interdisciplinary disciplinary diversity discipline cohesion intersectionality measurement

(上接第 112 页)

Study on Correlation of Researcher Influence Indicators

Wang Yan¹ Guo Shu² Zhang Jianyong¹

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

² Institute of Information Engineering , Chinese Academy of Sciences , Beijing 100093

Abstract: **[Purpose/significance]** With the popularity of social network and the rise of open access movement under the environment of Web 2.0 , researcher influence can be expressed as two aspects: Academic influence and social influence. At present , the number of evaluation indicators which can reflect researchers' social influence have reached more than 20 , so there is an need for us to select the reasonable evaluation indicators , avoid the use of strong correlation ones and ultimately build an objective and fair evaluation index system of researcher influence. **[Method/process]** We collect the indicators and data provided by PlumX/Pitt tool , use the Spearman method and try to explore and analyze the correlation relationship between the indicators of researchers' academic influence and social influence , as well as correlation relationship between various indicators of social influence. **[Result/conclusion]** The results showed that in order to evaluate researcher influence comprehensively , social influence indicators should be added. And from the perspective of the data relevance , some indicators need to be adjusted.

Keywords: academic influence social influence correlation altmetrics

《图书情报工作》2015 年增刊(2) 征稿启事

为了给图书情报工作者提供更多的学术交流机会,使更多作者的优秀科研成果得以发表,《图书情报工作》杂志社定于 2015 年下半年出版《图书情报工作》增刊(2)。内容涉及基础理论研究、信息资源管理、信息服务、信息技术与人才培养等。

征文要求:

1. 主题明确,数据可靠,文字通顺,且一稿专投(即未在他刊上发表);
2. 请登录本刊网站 www.lis.ac.cn 在线投稿(投稿请注明“2015 年增刊(2)”字样),并留下详细联系方式;
3. 如稿件在 30 天内未收到录用通知,稿件即可自行处理;
4. 投稿前请按照本刊要求自行检查中文标题、作者姓名、单位及职称、中文摘要、关键词、分类号等要求项是否齐全,

并请按照本刊体例格式著录参考文献。

截止日期:2015 年 10 月 20 日 联系电话:010-82623933 010-82626611-6638

联系人:赵芳 E-mail: tsqbgz@vip.163.com