

## 【理论探讨】

# 学科引证网络知识扩散特征研究

岳增慧 许海云

**【摘 要】**在知识经济时代,学科知识的传播扩散促进了学科的协同、交叉、融合、发展与创新。本文选取文献引证作为学科知识传播路径载体,对学科知识扩散特征进行系统研究,探索学科知识流动的规律与模式,以期为学科知识的融合、转化与创新提供理论与实证依据。采用8项计量指标,对学科知识扩散数量特征进行定量测度;选取描述性统计量,从集中趋势、离散程度和分布形态三方面对学科知识扩散分布特征进行刻画;利用社会网络分析方法,对学科知识扩散中介性特征以及中间人角色特征进行剖析;最后,以社会网络领域为例,进行实证研究。结果表明,社会网络领域学科间的知识交流活动频繁,多学科科学、社会学、图书情报学等是其较为活跃的学科,具有较强的信息优势和控制优势;学科知识扩散数量特征指数波动范围较大,离散程度较高,分布多呈现长尾偏右的尖顶曲线;图书情报学主要扮演联络人角色,是各学科门类之间进行知识交流的重要媒介。

**【关键词】**文献引证;学科知识扩散;测度指标;数据分布;中介中心性;中间人

**【作者简介】**岳增慧(1985-),女,博士,副教授,济宁医学院医学信息工程学院,主要研究方向为情报计量, E-mail: yzh66123@126.com(日照 276826);许海云,女,博士,副研究员,中国科学院成都文献情报中心,主要研究方向为情报计量学的理论与实践(成都 610041)。

**【原文出处】**《情报学报》(京),2019.1.1~12

**【基金项目】**国家自然科学基金青年科学基金项目“学科知识扩散规律及动力学机制研究”(71704063);山东省自然科学基金联合专项“基于引文网络的学科知识扩散研究”(ZR2015GL015);中国科学院青年创新促进会项目(2016159)。

## 1 引言

在知识经济时代,知识资源已逐步成为社会发展的首要资源和核心竞争力,知识创新日益成为经济发展和科技进步的主要驱动力<sup>[1-2]</sup>。知识的力量不仅取决于其本身的价值大小,更取决于它是否被传播以及被传播的深度和广度<sup>[3]</sup>。知识扩散是知识通过不同媒介的交流与传播,是知识从生产行为过渡为消费行为,从创造主体转移至学习主体的活动,是知识生产转化为知识应用的中间环节与中介性过程,是知识传递、流通的运动。知识扩散的最终目的是知识的利用与创新。

随着科学技术的快速发展,不同学科之间知识的流动与交换越来越频繁、边界划分越来越模糊。没有任何一种学科知识主体能够长期单独生存,与其知

识集合的内部环境和外部环境通过知识信息的交流融合,构成一个相互作用、相互依赖以及共同发展的知识整体<sup>[4]</sup>。学科知识的传播扩散促进了学科的协同、交叉、融合、发展与创新<sup>[5]</sup>。国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)中提出要加强与鼓励跨学科研究以及学科之间的交叉融合<sup>[6]</sup>。学科知识的有效传播与管理,已经成为各界共同关注的重要课题。

Van Leeuwen等<sup>[7]</sup>基于ISI的学科分类,对ISI数据库中2314个期刊的引文进行分析,发现69%的引用都是跨学科的。跨学科引用是跨学科研究的必然产物。在此背景下,跨学科知识扩散越来越普遍。对学科知识扩散特征的研究,是揭示学科知识流动的规律与模式、助力学科知识管理及决策制定的有效途径。

## 2 相关研究回顾

卡耐基金会的 Learned<sup>[8]</sup>在《美国公共图书馆与知识扩散》一书中首次对知识扩散进行了研究。目前,国内外学者在学科知识扩散特征分析方面,大都采用数理统计、社会网络分析、知识图谱分析等方法对知识扩散网络(多以引证网络表征)进行测度和剖析,从而探索学科知识扩散的模式和机制,并对其未来演化态势进行预测。引文可以在论文/专利<sup>[9-10]</sup>、作者<sup>[11]</sup>、期刊<sup>[12-13]</sup>、机构<sup>[14]</sup>、国家<sup>[15]</sup>、学科<sup>[16]</sup>等层级进行聚合。Garfield<sup>[17]</sup>利用SCI引文数据绘制了自然科学结构图,最早对学科间的知识扩散问题进行了研究,发现物理学、化学、生物医学是自然科学的三大基础领域。Liu等<sup>[18]</sup>通过引文关系构建了中国跨学科知识网络,研究学科间的知识交换结构及其演化过程。结果显示该网络具有高度连通性、同质的连接结构以及异质的权重分布,其网络演化过程对跨学科知识流动产生重要的影响。赵星等<sup>[19]</sup>构建了我国82个文科领域的引文网络,定量刻画了该领域的知识扩散情况。邱均平等<sup>[20]</sup>在构建国内知识图谱研究论文的引文网络的基础上,挖掘网络中每篇文献的期刊、机构、作者、关键词信息,从上述4个层面来整合、细化引文网络,并引入时间维度进行分析,研究表明引文网络挖掘和时序分析可有效揭示知识的扩散与演进过程。Tsay<sup>[21]</sup>通过文献计量和引文分析方法,研究了1998—2010年引证重要情报学期刊的文献的学科和主题分布,并对该学科知识流入和溢出特征进行了系统分析。Darvish等<sup>[22]</sup>使用社会网络分析和科学计量方法评估了土耳其科学界中纳米技术知识的扩散情况。Ma等<sup>[23]</sup>基于作者引文网络,构建平均知识流和平均最短距离两个度量指标,揭示了学科专业知识交流模式与特征。Yan<sup>[24]</sup>利用引文数据,考察了学科知识生产与扩散的动态模式。Ding等<sup>[25]</sup>使用专利-论文引证数据,探索了促进从科学到技术的知识流动的文献特征。

综合上述已有研究,在取得成绩的同时,也存在一些不足之处:①从研究范围上看,对知识扩散问题的探索大多局限于某一个或某几个学科领域内部(讨论作者、期刊、机构等实体间的知识转移现象),而以学科层级数据为样本,直接针对不同学科之间的

知识扩散流动研究相对较少。②学科知识扩散数量特征度量指标设计尚不够全面,学科间的知识扩散特征差异有待明确。③侧重于利用社会网络分析等方法对学科知识扩散整体特征进行描述刻画,对学科在知识扩散进程中的地位与角色(尤其是桥梁中介作用)的把握不够清晰。

鉴于此,本文以学科文献引证关系为基础,采用多种指标与方法对学科知识扩散数量特征、分布特征以及中介特征进行系统研究,进而探索学科知识流动的规律与模式,以期对学科知识的融合、转化与创新提供理论与实证依据。

## 3 研究设计

Pierce<sup>[26]</sup>将学科之间的知识转移归纳为3种类型,即来自不同学科的参考文献,来自不同学科学者的合著以及在跨学科出版物上发表文章。在科学研究中引证是一种普遍的现象,一般来说被引文献是引证文献的研究基础,也就是说被引文献的研究成果(包括观点、数据或者方法等),对于引证文献的研究具有重要的启发或者指导作用,对引证文献产生了实际的影响或贡献<sup>[27]</sup>,即被引文献向引证文献发生了知识的流动与转移<sup>[7,10]</sup>。在一定程度上,可以将基于引证的知识流动过程视为一种显性的、外在的知识扩散过程。从学科层级来看,学科引证网络结构映射了学科之间的知识扩散状况。因此,对学科文献引证网络的分析,可以较为客观地反映学科知识扩散的态势、揭示学科知识流的特征。

学科知识扩散特征可分为两类:计量特征和关系特征。其中,计量特征研究是指利用计量测度指标对学科的知识扩散特点进行量化提取;学科引证知识扩散网络是一种典型的关系网络,关系特征挖掘可利用网络分析方法对其结构功能属性进行讨论。在以文献引证为载体的学科知识交互关系中,许多学科掌控着不同学科个体甚至多个学科群体之间的知识流向,发挥着桥梁作用,承担促进信息沟通和知识交流的中介角色,对学科中介关系属性的研究尤为必要。

如何构建学科引证知识扩散网络?哪些计量指标可以用于学科知识扩散影响及模式的度量?学科间的知识扩散计量特征有何差异?各学科在知识交流过程中发挥了怎样的中介作用?基于这些研究问

题,本文选取文献引证作为学科知识传播路径载体,对学科知识扩散计量特征(数量特征、分布特征)以及中介关系特征进行多维探测,研究路线如图1所示。

该过程划分为三个阶段:学科知识扩散数量特

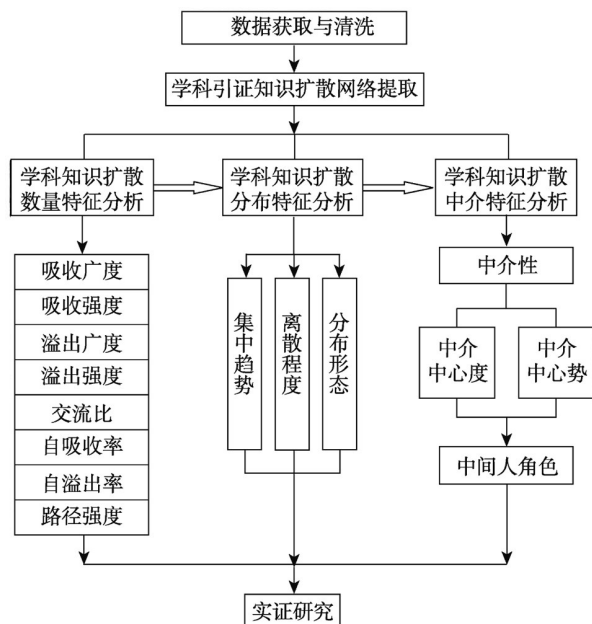


图1 基于文献引证的学科知识扩散特征研究路线图

征分析、学科知识扩散分布特征分析以及学科知识扩散中介特征分析。学科知识层级数据的抽取与聚

合(“文献引用→学科引用”),是进行学科知识扩散研究的基础。首先,选定某学科领域,收集文献数据,将期刊向上聚合到学科层面(形成期刊到学科的映射),在期刊引文数据的基础上,抽取学科引证网络,即基于文献引证的学科知识扩散网络。然后,从知识吸收广度、吸收强度、溢出广度、溢出强度、交流比、自吸收率、自溢出率、路径强度等方面,对学科知识扩散数量特征进行定量测度;根据统计学基本原理,选取均值、中位数、极差、标准差、偏度、峰度等描述性统计量,从集中趋势、离散程度和分布形态三方面对学科知识扩散分布特征进行刻画;利用社会网络分析方法,对学科知识扩散中介性特征以及中间人角色特征进行剖析。最后,以发端于社会学并广布于各学科的社会网络理论为例,进行实证研究,系统、深入揭示学科之间的知识扩散演化特性。

### 3.1 学科知识扩散数量特征分析

为全方位、多角度地揭示学科知识扩散的特征,在前人研究<sup>[28]</sup>的基础上,将学科知识扩散数量特征测度指标定义如表1所示。

邱均平根据期刊自引率和自被引率的不同,将期刊划分为四种类型<sup>[29]</sup>。基于该理论,笔者认为,对于具有不同知识自吸收率和自溢出率的学科来说,

表1

学科知识扩散数量特征指标

名称	含义	意义
吸收广度	学科互引网络中,被学科 <i>i</i> 引证的学科数量。	反映了学科 <i>i</i> 吸收各学科知识的范围。该值越大,说明其吸收范围越广泛,反之亦然。
吸收强度	学科互引网络中,被学科 <i>i</i> 引证的文献数量。	反映了学科 <i>i</i> 吸收各学科知识的深度。该值越大,说明其吸收越深入、吸纳合力越强,反之亦然。
溢出广度	学科互引网络中,引证学科 <i>i</i> 的学科数量。	反映了学科 <i>i</i> 向各学科溢出知识的范围。该值越大,说明其溢出辐射范围越广泛,反之亦然。
溢出强度	学科互引网络中,引证学科 <i>i</i> 的文献数量。	反映了学科 <i>i</i> 向各学科溢出知识的深度。该值越大,说明其溢出越深入、渗透力越强,反之亦然。
交流比	学科互引网络中,引证学科 <i>i</i> 的文献数量与被学科 <i>i</i> 引证的文献数量之比。	反映了学科 <i>i</i> 在知识扩散交流过程中的流向类型。该值大于1时,表示学科 <i>i</i> 的知识溢出量大于吸收量,属于输出型学科;该值等于1时,表示学科 <i>i</i> 的知识溢出量等于吸收量,属于中立型学科;该值小于1时,表示学科 <i>i</i> 的知识溢出量小于吸收量,属于输入型学科。
自吸收率	学科互引网络中,学科 <i>i</i> 自引的文献数量与被学科 <i>i</i> 引证的文献数量之比。	反映了学科 <i>i</i> 吸收的知识中来自本学科的比例大小,即知识吸收过程中自我融合力高低。该值越大,说明其越倾向于自身知识内部利用与重构,反之亦然。
自溢出率	学科互引网络中,学科 <i>i</i> 自引的文献数量与引证学科 <i>i</i> 的文献数量之比。	反映了学科 <i>i</i> 向本学科溢出知识比例大小,即知识溢出过程中自我渗透力的高低。该值越小,说明其向其他学科进行知识转移与渗透的能力越强,反之亦然。
路径强度	学科互引网络中,学科 <i>i</i> 被学科 <i>j</i> 引证的文献数量。	反映了两学科间知识扩散的方向和强度。该值越大,说明学科 <i>i</i> 向学科 <i>j</i> 进行知识溢出(即学科 <i>i</i> 吸收学科 <i>j</i> 知识)的强度越大,反之亦然。



其属性也会存在一定的差异,具体如下:学科知识自吸收率、自溢出率均较高时,表明该学科与其他学科知识交流较少,学科环境较封闭,是一个独立性较强的学科;学科知识自吸收率较高、自溢出率较低时,表明该学科的知识自我继承性较强,倾向于自身知识内部利用与重构,同时,拥有较高的向其他学科进行知识转移与渗透的能力,对外交流充分,是一个知识基础深厚、应用面广泛的学科;学科知识自吸收率较低、自溢出率较高时,表明该学科吸收其他学科知识的能力较强,其发展主要依托于多学科知识的交叉融合,但是对其他学科的知识反哺作用相对较弱,是一个知识杂糅性较强、对外辐射渗透能力尚未形成的新兴交叉学科;学科知识自吸收率、自溢出率均较低时,表明该学科与其他学科知识交流广泛、交互频繁,是一个开放性较强的学科。

### 3.2 学科知识扩散分布特征分析

为进一步掌握学科知识扩散数量分布特征及其变化规律,本文利用统计学基本原理和方法<sup>[30]</sup>,选取下述描述性统计量,从集中趋势、离散程度和分布形态三方面对学科知识扩散分布特征进行刻画分析,具体如表2所示。

### 3.3 学科知识扩散中介特征分析

学科知识扩散中介特征包括以下两个方面:基

于整体网视角的学科知识扩散中介中心性特征以及基于个体网视角的学科知识扩散中间人角色特征。

#### 3.3.1 学科知识扩散中介中心性分析

学科知识扩散中介中心性由学科的知识扩散中介中心度和学科知识扩散网络的中介中心势两部分构成。中介中心度衡量一个学科在知识扩散过程中作为媒介者(中间人)的能力,如果一个学科位于许多其他学科知识扩散捷径(最短途径)上,则该学科具有较高的中介中心度<sup>[31]</sup>,说明其在学科知识扩散中起到较好的桥梁作用,控制学科间知识扩散的能力较大<sup>[32]</sup>。中介中心势测量学科知识扩散网络整体的中介性,该值越高表示知识在学科间传播扩散的过程中被少数学科控制的可能性越高<sup>[33]</sup>,反之亦然。

该学科的作用,是将本学科的知识信息输出,还是将其他学科的观点、技术、方法引入,需要进一步考虑该学科的中间人角色<sup>[32]</sup>。

#### 3.3.2 学科知识扩散中间人角色分析

1992年,Burt<sup>[34]</sup>提出了“中间人”的概念,将其界定为向一个位置发送资源,却从另外一个位置得到资源的行动者。在一个学科知识扩散群体中可能存在一些中间人,在不同群体之间也可能存在中间人,中间人往往掌握着群体内部以及群体之间更多的信息,沟通、联系着不同的群体成员甚至不同的群体,

表2 学科知识扩散分布特征

特征	描述性统计量	含义	意义
集中趋势	均值	某项学科知识扩散数量特征集中,全部数据的算术平均值。	反映了数据向其中心靠拢或聚集的程度(位置)。
	中位数	将某项学科知识扩散数量特征集中的各个数值按照大小顺序排列,居于中间位置的那个数值。	
离散程度	极大值	某项学科知识扩散数量特征集中,最大的那个数值。	反映了数据远离中心的趋势(分散程度)。其中,极差揭示了数据波动范围,该值越大,波动范围越大,反之亦然。标准差反映了数据的离散程度,标准差越大,则其离散态势越明显,反之亦然。
	极小值	某项学科知识扩散数量特征集中,最小的那个数值。	
	极差	某项学科知识扩散数量特征集中,极大值与极小值之差。	
	标准差	某项学科知识扩散数量特征集中,离均差平方的算术平均数的平方根。	
分布形态	偏度	某项学科知识扩散数量特征集中,均值与中位数之差对标准差之比率。	反映了数据分布的不对称程度或偏斜程度。0为正态分布;大于0为正偏或右偏,长尾在右边;小于0为负偏或左偏,长尾在左边。
	峰度	某项学科知识扩散数量特征集中,四阶中心矩与标准差的四次方之比率。	反映了数据的集中程度和分布曲线的陡峭(或平坦)程度。0为正态曲线;大于0为尖顶曲线,表示数据比正态分布更集中在均值附近,该值越大,则分布曲线之顶端越尖峭;小于0为平顶曲线,表示数据比正态分布更分散,该值越小,则分布曲线之顶端越平坦。

因而具有一定的知识控制优势,起到知识扩散的中介作用<sup>[35]</sup>。在一个学科知识扩散三方关系ABC中,如果学科A有一个指向学科B的关系(学科A有知识扩散至学科B),学科B有一个指向学科C的关系(学科B有知识扩散至学科C),但是学科A没有指向学科C的关系(学科A没有知识扩散至学科C),那么学科B就是中间人。根据Gould和Fenandez的中间人分类理论<sup>[36]</sup>,按照学科A、B、C所属群体的不同,中间人可分为五类具体角色<sup>[31]</sup>,具体如图2所示。

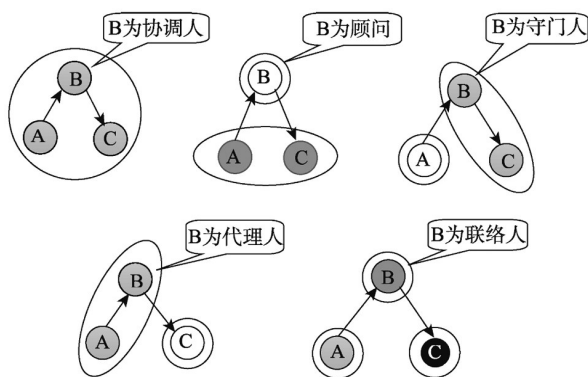


图2 五类中间人

(1)协调人。如果学科A、B、C处于同一个群体中,则中间人B就承担协调人的角色,其是群体内部知识交流的重要媒介。

(2)顾问。如果学科A、C处于同一群体之中,而学科B处于另外一个群体,则称中间人B为顾问,其是学科A、C所在群体内部知识渗透的外援顾问。

(3)守门人。如果学科B、C处于同一群体之中,而学科A处于另外一个群体,则称中间人B为守门人,其是外界与学科B所在群体的重要联系渠道,操控了该群体的知识输入门槛。

(4)代理人。如果学科A、B处于同一群体之中,而学科C处于另外一个群体,则称中间人B为代理人,其是学科B所在群体的对外代理,控制了对外知识传播的要塞。

(5)联络人。如果学科A、B、C分别属于不同的群体,则中间人B所扮演的角色就是联络人,其是不同群体间知识转移的桥梁。

#### 4 研究对象的选择与数据获取

社会网络理论发端于20世纪30年代,成熟于20世纪70年代,是一种新的社会学研究范式<sup>[37]</sup>。社会

网络的概念在心理学、社会计量学、社会学、人类学、数学、统计学、概率论等不同学科领域不断深化,形成了一套系统的理论、方法和技术,该领域知识的传递与扩散现象十分活跃<sup>[5]</sup>。鉴于此,本文以社会网络领域为例,对学科间的知识传播扩散特征进行探讨。

在美国科学情报研究所(Institute for Scientific Information, ISI)出版的国际权威引文数据库Web of Science中,以“TS=social network\*”为检索策略,收集1955—2016年SCI-Expanded、SSCI数据库中,类型为“articles”的文献共30145篇,经去重、清洗后的文献数量为24377篇。

根据期刊引证报告(JCR)的期刊所属学科类别对照表,使用Thomson Data Analyzer(TDA)对文献信息进行文本处理,在期刊引文数据的基础上,抽取学科引证知识扩散网络(其中,被引证学科226个,引证学科209个)。考虑到网络数据库的数据更新,为了保持数据的一致性,笔者在2017年10月30日集中采集了数据。

#### 5 数据处理与结果分析

##### 5.1 学科知识扩散数量特征分析

社会网络领域学科知识扩散吸收量、溢出量与交流比如下页表3所示。

由表3可知,多学科科学(指在科学中具有非常广泛或共性资源的一类学科,涵盖了诸如物理、化学、数学、生物学等主要科学学科的范围)<sup>[38]</sup>的知识吸收广度和知识溢出广度都最大,在社会网络领域中吸收了212个学科的知识,同时向193个学科实现了知识输出,说明其知识吸收范围以及溢出辐射范围都最为广泛,综合性最强;该学科的知识交流比为0.99,接近于1,表明其知识溢出量与吸收量近乎相等,属于知识中立型学科。公共、环境与职业卫生的知识吸收强度最高,以文献引证的形式吸收各学科知识达32266次,说明其知识吸收深入,具备很强的知识吸纳融合力;该学科的知识交流比为0.50,表明其知识溢出量小于吸收量,属于知识输入型学科。社会学的知识溢出强度最高,被各学科引证知识达25323次,说明其知识溢出深入,知识渗透力强;该学科的知识交流比为1.11,表明其知识溢出量大于吸收量,属于知识输出型学科。石油工程等学科只参

与知识溢出进程,但并不吸收任何学科的知识,即仅存在单向知识扩散行为。

图书情报学在社会网络领域中共吸收了199个学科的知识,作为知识源向171个学科输出了知识,引证各学科知识18883次,被各学科引证知识10936次,是学科知识扩散活动中较为活跃且重要的成员;该学科的知识交流比为0.58,表明其属于知识输入

型学科。

社会网络领域学科知识扩散自吸收率与自溢出率如图3所示。

由图3可知,计算机信息系统、教育与教育研究等学科的知识自吸收率、自溢出率均较高,表明这些学科与其他学科知识交流较少,学科环境较封闭,是独立性较强的学科。社会学、人类学以及社会心理

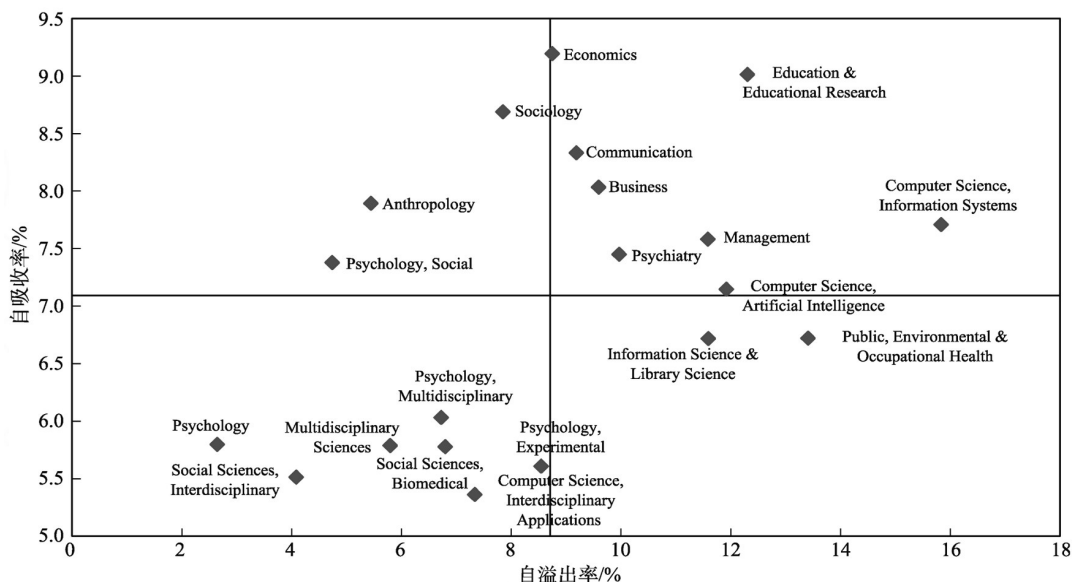


图3 社会网络领域学科知识扩散自吸收率与自溢出率(部分)

表3

社会网络领域学科知识扩散吸收量、溢出量与交流比(部分)

学科	吸收量		溢出量		交流比
	吸收广度(秩序)	吸收强度(秩序)	溢出广度(秩序)	溢出强度(秩序)	
Sociology	203(3)	22897(3)	186(2)	25323(1)	1.11
Public, Environmental & Occupational Health	197(6)	32266(1)	179(3)	16160(3)	0.50
Multidisciplinary Sciences	212(1)	15883(7)	193(1)	15841(4)	0.99
Psychology, Multidisciplinary	187(9)	20962(5)	175(6)	18783(2)	0.90
Computer Science, Information Systems	204(2)	27002(2)	170(10)	13137(9)	0.49
Information Science & Library Science	199(5)	18883(6)	171(7)	10936(14)	0.58
Management	191(7)	21821(4)	164(18)	14277(6)	0.65
Anthropology	191(7)	9340(20)	178(4)	13533(7)	1.45
Economics	172(19)	11486(12)	171(7)	12063(11)	1.05
Computer Science, Interdisciplinary Applications	201(4)	10613(13)	171(7)	7754(26)	0.73
Business	179(15)	14952(8)	162(20)	12511(10)	0.84
Social Sciences, Interdisciplinary	186(10)	8744(23)	169(13)	11791(12)	1.35
Communication	171(21)	11488(11)	165(16)	10409(16)	0.91
Psychology, Social	150(42)	10032(16)	170(10)	15597(5)	1.55
Social Sciences, Biomedical	172(19)	10303(15)	152(29)	8747(19)	0.85
Psychiatry	159(36)	13197(9)	157(24)	9859(17)	0.75
Psychology	162(32)	6091(36)	168(14)	13327(8)	2.19
Psychology, Experimental	171(21)	10524(14)	157(24)	6899(33)	0.66
Computer Science, Artificial Intelligence	180(13)	12777(10)	140(45)	7656(27)	0.60
Education&Educational Research	170(23)	9444(19)	157(24)	6914(32)	0.73
.....	.....	.....	.....	.....	.....
Engineering, Petroleum	—	—	5(226)	5(226)	—

学的知识自吸收率较高、自溢出率较低,表明这些学科的知识自我继承性较强,倾向于自身知识内部利用与重构,同时,拥有较高的向其他学科进行知识转移与渗透的能力,对外交流充分,是知识基础雄厚、应用面广泛的学科。公共、环境与职业卫生以及图书情报学的知识自吸收率较低、自溢出率较高,表明这些学科吸收其他学科知识的能力较强,其发展主要依托于多学科知识的交叉融合,但是对其他学科的知识反哺作用相对较弱,是知识杂糅性较强、对外辐射渗透能力尚未形成的新兴交叉学科。跨学科社会科学、多学科科学等学科的知识自吸收率、自溢出率均较低,表明该学科与其他学科知识交流广泛、交互频繁,是开放性较强的学科。总体来说,社会网络领域知识扩散网络以独立性学科以及开放性学科为主。

社会网络领域学科知识扩散路径强度如表4所示。

由表4可知,从学科知识扩散微观视角来看,公共、环境与职业卫生、计算机信息系统、社会学、管理学、图书情报学等学科内部的自我知识循环流动强度居于前列。由内科学扩散至公共、环境与职业卫

生、商学扩散至管理学、计算机软件工程扩散至计算机信息系统等学科的知识强度亦较大,说明其在社会网络领域学科知识扩散进程中作用鲜明。

## 5.2 学科知识扩散分布特征分析

社会网络领域学科知识扩散分布特征如表5所示。

由表5可知,各学科的知识吸收广度、溢出广度、交流比、自吸收率、自溢出率的均值与中位数较为接近,且标准差相对较小,说明其向中心聚拢的程度较高、离散程度较低;吸收强度、溢出强度、路径强度的均值与中位数存在显著差异,标准差亦较大,说明其向中心聚拢的程度较低、两极化离散程度较高。上述8项指标中,各学科的极大值与极小值的差距都较为明显,说明学科知识扩散特征指标波动范围较大。从分布形态上看,学科知识吸收广度和溢出广度的偏度、峰度均为负值且绝对值较小,说明其分布呈现长尾略偏左的平顶曲线;其他指标的偏度、峰度均为正值,说明其分布都呈现长尾偏右的尖顶曲线,但是交流比、自吸收率,尤其是路径强度的值较大,说明其分布曲线更为陡峭。

表4 社会网络领域学科知识扩散路径强度(部分)

序号	扩散源学科	扩散宿学科	路径强度
1	Public, Environmental & Occupational Health	Public, Environmental & Occupational Health	2168
2	Computer Science, Information Systems	Computer Science, Information Systems	2081
3	Sociology	Sociology	1989
4	Management	Management	1654
5	Medicine, General & Internal	Public, Environmental & Occupational Health	1643
6	Business	Management	1594
7	Computer Science, Software Engineering	Computer Science, Information Systems	1472
8	Social Sciences, Biomedical	Public, Environmental & Occupational Health	1459
9	Sociology	Management	1378
10	Computer Science, Artificial Intelligence	Computer Science, Information Systems	1343
11	Psychology, Multidisciplinary	Public, Environmental & Occupational Health	1329
12	Information Science & Library Science	Information Science & Library Science	1268

表5 社会网络领域学科知识扩散分布特征

指标	集中趋势		离散程度				分布形态	
	均值	中位数	极大值	极小值	极差	标准差	偏度	峰度
吸收广度	100.36	101	212	3	209	52.97	-0.01	-0.94
吸收强度	2895.44	681	32266	3	32263	4957.07	2.94	0.55
溢出广度	92.81	96	193	5	188	48.43	-0.04	-1.01
溢出强度	2677.65	798	25323	5	25318	4049.87	2.29	6.14
交流比	1.96	1.26	17.72	0.36	17.36	2.15	3.651	8.08
自吸收率	6.39%	6.32%	28.57%	0	28.57%	0.03	2.381	6.27
自溢出率	5.12%	4.66%	21.65%	0	21.65%	0.04	0.87	0.81
路径强度	12.81	0	2168	0	2168	61.86	12.2	226.89



### 5.3 学科知识扩散中介特征分析

#### 5.3.1 学科知识扩散中介中心性分析

社会网络领域学科知识扩散中介中心度如表6所示。

由表6可知,多学科科学的中介中心度最大,明显高于其他学科,说明其在知识扩散的过程中占据的位置非常重要,可以在很大程度上控制其他学科之间的知识传播行为;其次为人类学,再次为社会学。图书情报学居于第六位,亦高于社会网络领域学科知识扩散网络中的绝大多数成员,说明其在学科知识扩散过程中起到了较好的桥梁作用,具有较强的信息优势和控制优势。

经测算,社会网络领域学科知识扩散网络中介中心势仅为2.16%,说明从整体上看,各学科间的知识互联互通水平较高,知识在学科间传播扩散的过程中被少数学科控制的可能性较低。

#### 5.3.2 学科知识扩散中间人角色分析

本文根据《中华人民共和国学科分类与代码国家标准(GB/T 13745-2009)》<sup>[39]</sup>将上述学科聚合映射为五个学科门类:自然科学、农业科学、医药科学、工程与技术科学和人文与社会科学。每个学科门类代表不同的学科群体,利用Ucinet软件对社会网络领域学科知识扩散网络中学科的中间人角色进行分析。

社会网络领域学科知识扩散中间人指数如表7所示。

由表7可知,总体来看,数学物理学在五个学科门类中扮演中间人角色的次数最多(高达904次),其次为生物技术与应用微生物学、统计学与概率论、交

叉物理学、科学史与科学哲学等学科。具体来看,统计学与概率论、实验心理学等学科作为协调人推动了自然科学领域内部学科之间的知识交流与发展;教育与教育研究、经济学等学科作为顾问,是除人文与社会科学外的其他学科门类内部实现知识互通的外援参谋;生物技术与应用微生物学、应用数学等学科作为守门人,是外界与自然科学领域各学科进行联系的关键渠道,占据着知识输入门槛;环境工程、营养学与饮食营养学等学科作为代理人,控制着本学科门类知识向外传播扩散的要塞;教育与教育研究、交叉物理学等学科作为联络人在其他学科门类之间起到了重要的知识沟通桥梁作用。

1991年,图书情报学(隶属于人文与社会科学门类)首次作为被引证学科出现于社会网络领域学科知识扩散网络(即该学科第一次参与了社会网络领域学科知识扩散进程),为了进一步明晰图书情报学在社会网络领域学科知识扩散网络中的中间人角色演变历程,笔者分别对1991—2000年、2001—2010年以及2011—2016年图书情报学的中间人角色变迁情况进行了探讨。社会网络领域图书情报学知识扩散中间人指数如图4所示。

由图4可知,图书情报学在社会网络领域学科知识扩散网络中主要扮演联络人角色,是其他四个学科门类之间进行知识交流的重要媒介。1991—2000年,图书情报学在其扮演的所有中间人角色中,承担守门人达61次,仅次于联络人(69次),顾问最少(仅19次);而在2001—2010年、2011—2016年,其守门人功能逐渐弱化(221次、16次),重心逐步转换为顾问

表6 社会网络领域学科知识扩散中介中心度(部分)

序号	学科	中介中心度	标准化中介中心度
1	Multidisciplinary Sciences	1202.507	2.386
2	Anthropology	844.907	1.676
3	Sociology	827.526	1.642
4	Computer Science, Information Systems	704.922	1.399
5	Public, Environmental & Occupational Health	684.952	1.359
6	Information Science & Library Science	641.973	1.274
7	Management	626.304	1.243
8	Computer Science, Interdisciplinary Applications	611.948	1.214
9	Environmental Sciences	561.367	1.114
10	Psychology, Multidisciplinary	493.498	0.979
11	Social Sciences, Interdisciplinary	456.151	0.905
12	Environmental Studies	418.107	0.830



表7 社会网络领域学科知识扩散中间人指数(部分)

中间人角色	序号	学科	学科门类	频次
协调人	1	Statistics & Probability	自然科学	110
	2	Psychology, Experimental	自然科学	99
	3	Geosciences, Multidisciplinary	自然科学	95
	4	Physics, Mathematical	自然科学	87
	5	Biotechnology & Applied Microbiology	自然科学	84
顾问	1	Education & Educational Research	人文与社会科学	148
	2	Economics	人文与社会科学	140
	3	Planning & Development	人文与社会科学	136
	4	History & Philosophy of Science	人文与社会科学	124
	5	Social Sciences, Interdisciplinary	人文与社会科学	121
守门人	1	Biotechnology & Applied Microbiology	自然科学	360
	2	Mathematics, Applied	自然科学	268
	3	Medicine, Research & Experimental	医药科学	243
	4	Physics, Condensed Matter	自然科学	238
	5	Geosciences, Multidisciplinary	自然科学	219
	6	Physics, Mathematical	自然科学	219
代理人	1	Engineering, Environmental	工程与技术科学	230
	2	Nutrition & Dietetics	医药科学	213
	3	Physics, Mathematical	自然科学	208
	4	Genetics & Neredity	医药科学	202
	5	Statistics & Probability	自然科学	201
联络人	1	Education & Educational Research	人文与社会科学	495
	2	Physics, Multidisciplinary	自然科学	434
	3	Telecommunications	工程与技术科学	427
	4	Planning & Development	人文与社会科学	425
	5	Agriculture, Multidisciplinary	农业科学	405
总计	1	Physics, Mathematical	自然科学	904
	2	Biotechnology & Applied Microbiology	自然科学	887
	3	Statistics & Probability	自然科学	851
	4	Physics, Multidisciplinary	自然科学	835
	5	History & Philosophy of Science	人文与社会科学	787

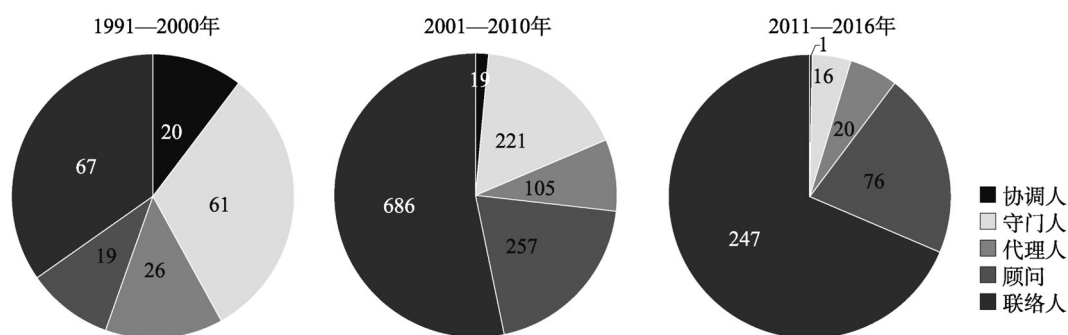


图4 社会网络领域图书情报学知识扩散中间人指数

(257次、76次),说明图书情报学在加入社会网络领域知识扩散进程的初期阶段,是其他学科门类向人文与社会科学门类传播知识的桥梁,但是随着时间的推移,其知识桥接受体逐步脱离本学科门类,向知识桥接主体学科转移,成为其他学科门类内部实现知识融合的关键。另外,图书情报学很少以协调人

身份出现,说明在社会网络主题领域中,人文与社会科学门类内部学科间的知识转移与流动并不太依赖于图书情报学,这些内部学科可能更多偏向于直接联系或者通过与其他学科的桥接作用产生知识关联。

图书情报学在五个学科门类间所扮演的知识扩散中间人角色指数(即社会网络领域图书情报学知

识扩散中间人矩阵)如表8所示。

由表8可知,1991—2000年,在图书情报学所扮演的193次知识扩散中间人角色中,其在医药科学向人文与社会科学传递知识的过程中起到的知识输入守门人作用最为显著(34次),自然科学流向人文与社会科学的知识守门人(24次)次之、再次为医药科学流向工程与技术科学的知识联络人(22次);值得注意的是,该阶段图书情报学并不作为中间人参与农业科学相关的任何知识扩散活动。2001—2010年,在图书情报学所扮演的1288次知识扩散中间人角色中,其在自然科学向医药科学传递知识的过程中担负的知识联络人功能最为突出(164次),自然科学流向工程与技术科学的知识联络人(126次)次之,再次为工程与技术科学流向医药科学的知识联络人(107次);该阶段各学科门类开始以图书情报学为中介,向农业科学传播知识,但是,农业科学仍不依托图书情报学进行知识的输出。2011—2016年,在图书情报学所扮演的360次知识扩散中间人角色中,其在工程与技术科学向自然科学传递知识的过程中呈现的知识联络人特性最为明显(41次),自然科学流向自身的顾问、自然科学流向医药科学以及工程与技术科学流向医药科学的知识联络人(36次)次之;该阶段图书情报学已全面参与到农业科学的知识扩散进程中。

## 6 结论

本文以社会网络领域为研究对象,以学科文献引证关系为基础,采用多种指标与方法对学科知识扩散数量特征、分布特征以及中介特征进行了系统研究与讨论,并得到以下主要结论:

(1)社会网络领域学科知识扩散网络中涉及的学科较为广泛,以独立性学科以及开放性学科为主。学科间的知识交流活动频繁,其中,多学科科学(知识中立型学科)、公共、环境与职业卫生(知识输入型学科)、社会学(知识输出型学科)、图书情报学(知识输入型学科)等学科是其较为活跃且重要的学科,具有较强的信息优势和控制优势。从学科知识扩散微观视角来看,部分学科内部的自我知识循环流动强劲。

(2)学科知识扩散数量特征指数波动范围较大,其中,知识吸收广度、溢出广度、交流比、自吸收率、自溢出率的中心聚拢程度较高;吸收强度、溢出强度、路径强度的两极化离散现象明显。学科知识吸收广度和溢出广度的分布呈现长尾略偏左的平顶曲线;其他指标的分布都呈现长尾偏右的尖顶曲线。

(3)不同学科在五大学科门类中充当的中间人角色及其比重存在一定差异。图书情报学在社会网络领域学科知识扩散网络中主要扮演联络人角色,是其他四个学科门类之间进行知识交流的重要媒介。人文与社会科学门类内部学科间的知识转移与流动并不太依赖于图书情报学。

本文仅以社会网络领域为例,对基于文献引证的学科知识扩散特征进行了多维探测,其结论的可推广性还需要进一步验证。因此,应扩展研究领域,对不同领域的学科知识扩散特征进行对比分析,或利用数据库全域数据,对整个科学界的学科知识扩散全景特征进行剖析,以提炼出具有普适意义的学科知识扩散规律机制,为学科知识扩散进程的调控及政策制定提供更有价值的信息。

表8 社会网络领域图书情报学知识扩散中间人矩阵

年份	学科门类	自然科学	农业科学	医药科学	工程与技术科学	人文与社会科学
1991—2000	自然科学	9	0	18	15	24
	农业科学	0	0	0	0	0
	医药科学	7	0	7	22	34
	工程与技术科学	2	0	3	3	3
	人文与社会科学	3	0	8	15	20
2001—2010	自然科学	92	25	164	126	95
	农业科学	0	0	0	0	0
	医药科学	63	20	82	98	63
	工程与技术科学	68	15	107	83	63
	人文与社会科学	27	6	32	40	19
2011—2016	自然科学	36	18	36	23	6
	农业科学	14	2	12	8	2
	医药科学	20	9	15	12	2
	工程与技术科学	41	18	36	23	6
	人文与社会科学	7	3	6	4	1

## 参考文献:

- [1] Bell D. The coming of post-industrial society: A venture in social forecasting[M]. New York: Basic Books, 1973.
- [2] Drucker P F. Managing in turbulent times[M]. New York: HarperCollins, 1993.
- [3] Bacon F. The "Essays" of Francis Bacon[M]. Scott M A (Eds.). New York: Charles Scribner's Sons, 1908.
- [4] 徐晓艺. 科研合作视角下的学科知识流动分析法研究——以药物化科为例[J]. 图书情报工作, 2014, 58(19): 83-91.
- [5] 岳增慧, 许海云. 学科知识扩散过程探测研究——以社会网络领域为例[J]. 图书情报工作, 2016, 60(9): 106-115.
- [6] 中华人民共和国科学技术部. 国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)[EB/OL]. [2018-07-20]. <http://www.most.gov.cn/kjgh/kjghzqc/>.
- [7] Van Leeuwen T, Tijssen R. Interdisciplinary dynamics of modern science: analysis of cross-disciplinary citation flows[J]. Research Evaluation, 2000, 9(3): 183-187.
- [8] Learned W S. The American public library and the diffusion of knowledge[M]. New York: Harcourt Brace & Company, 1924.
- [9] Chen C, Zhang J, Vogeley M S. Visual analysis of scientific discoveries and knowledge diffusion[C]//Proceedings of the 12th International Conference on Scientometrics and Informetrics, Rio de Janeiro, Brazil, 2009: 874-885.
- [10] Jaffe A B, Trajtenberg M, Henderson A D. Geographical localization of knowledge spillovers by patent citations[J]. Quarterly Journal of Economics, 1993, 108(3): 577-599.
- [11] Zhuge H. Discovery of knowledge flow in science[J]. Communications of the ACM, 2006, 49(5): 101-107.
- [12] Alvarez P, Pulgarín A. The diffusion of scientific journals analyzed through citations[J]. Journal of the American Society for Information Science, 1997, 48(10): 953-958.
- [13] Frandsen T, Rousseau R, Rowlands I. Diffusion factors[J]. Journal of Documentation, 2006, 62(1): 58-72.
- [14] Börner K, Penumarthy S, Meiss M, et al. Mapping the diffusion of scholarly knowledge among major U.S. research institutions[J]. Scientometrics, 2006, 68(3): 415-426.
- [15] Guan J, Zhu W. How knowledge diffuses across countries: a case study in the field of management[J]. Scientometrics, 2014, 98(3): 2129-2144.
- [16] Yan E J. Finding knowledge paths among scientific disciplines[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2014, 65(11): 2331-2347.
- [17] Garfield E. Citation indexing: Its theory and application in science, technology, and humanities[M]. New York: Wiley, 1979.
- [18] Liu C, Shan W, Yu J. Shaping the interdisciplinary knowledge network of China: a network analysis based on citation data from 1981 to 2010[J]. Scientometrics, 2011, 89(1): 89-106.
- [19] 赵星, 谭旻, 余小萍, 等. 我国文科领域知识扩散之引文网络探析[J]. 中国图书馆学报, 2015, 38(5): 59-67.
- [20] 邱均平, 李小涛. 基于引文网络挖掘和时序分析的知识扩散研究[J]. 情报理论与实践, 2014, 37(7): 5-10.
- [21] Tsay M. Knowledge flow out of the domain of information science: a bibliometric and citation analysis study[J]. Scientometrics, 2015, 102(1): 487-502.
- [22] Darvish H, Tonta Y. Diffusion of nanotechnology knowledge in Turkey and its network structure[J]. Scientometrics, 2016, 107(2): 569-592.
- [23] Ma R M, Yan E J. Uncovering inter-specialty knowledge communication using author citation networks[J]. Scientometrics, 2016, 109(2): 1-16.
- [24] Yan E J. Disciplinary knowledge production and diffusion in science[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2016, 67(9): 2223-2245.
- [25] Ding C G, Hung W C, Lee M C, et al. Exploring paper characteristics that facilitate the knowledge flow from science to technology[J]. Journal of Informetrics, 2017, 11(1): 244-256.
- [26] Pierce S J. Boundary crossing in research literatures as a means of interdisciplinary information transfer[J]. Journal of the American Society for Information Science, 1999, 50(3): 271-279.
- [27] 赵蓉英, 温芳芳. 科研合作与知识交流[J]. 图书情报工作, 2011, 55(20): 6-10.
- [28] Zhu Y J, Yan E J. Dynamic subfield analysis of disciplines: an examination of the trading impact and knowledge diffusion patterns of computer science[J]. Scientometrics, 2015, 104(1): 335-259.
- [29] 邱均平. 信息计量学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2007.
- [30] 贾俊平. 统计学[M]. 第6版. 北京: 中国人民大学出版社, 2015.
- [31] 刘军. 整体网分析: UCINET软件实用指南[M]. 第2版. 上海: 上海人民出版社, 2014.
- [32] 李长玲, 支岭, 纪雪梅. 基于中心性分析的学科期刊地位评价——以情报学等3学科为例[J]. 情报理论与实践, 2012, 35(6): 49-53.
- [33] 罗家德. 社会网分析讲义[M]. 第2版. 北京: 社会科学文献出版社, 2010.
- [34] Burt R S. Structural holes: the social structure of competition[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1992.
- [35] 刘敏, 胡凡刚, 李兴保. 教师虚拟社区意见领袖的社会网络位置及角色分析[J]. 中国电化教育, 2014(2): 46-53.
- [36] Gould R V, Fernandez R M. Structures of mediation: A formal approach to brokerage in transaction networks[J]. Sociological Methodology, 1989, 19: 89-126.
- [37] 王夏洁, 刘红丽. 基于社会网络理论的知识链分析[J]. 情报杂志, 2007(2): 18-21.
- [38] Clarivate Analytics. Scope Notes—Science Citation Index Expanded[EB/OL]. [2018-07-22]. [http://mjl.clarivate.com/scope/scope\\_scie/](http://mjl.clarivate.com/scope/scope_scie/).
- [39] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 13745-2009 中华人民共和国学科分类与代码国家标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.