

跨学科论文的创新质量研究

李晶* 杨雪

(中山大学信息管理学院, 广东 广州 510006)

摘要: [目的/意义] 探究论文跨学科性与创新质量的相关关系, 揭示高跨学科性论文创新质量的来源特征。[方法/过程] 从参考文献学科多样性视角构建论文跨学科性测度指标, 从知识生产阶段视角对论文创新质量进行解构, 设计包含知识吸收、知识产出、知识扩散三阶段的创新质量结构与量化体系, 围绕创新知识生产三阶段, 对论文跨学科性与创新质量的关系及跨学科论文的创新来源特征问题进行探讨。[结果/结论] 论文跨学科性与创新质量及其在知识吸收、产出与扩散阶段的创新得分同频增长, 依据区间分组的相关性分析结果, 跨学科性与创新质量存在极强正相关关系, 相关系数为0.8; 跨学科性与知识吸收、产出与扩散阶段创新得分的相关系数分别为0.76, 0.67和0.57; 高跨学科性论文的创新质量受知识吸收、产出与扩散阶段创新性的共同影响, 在创新来源方面具有全过程性特征; 跨学科性排名位于前5%的论文其来源期刊位于Q1区的比例比排名位于后5%的论文高30.545%。

关键词: 科技评价; 论文创新质量; 论文跨学科性; 科研管理; 创新来源特征

DOI: 10.3969/j.issn.1008-0821.2025.10.008

[中图分类号] G301 [文献标识码] A [文章编号] 1008-0821 (2025) 10-0089-11

Research on Innovation Quality of Interdisciplinary Papers

Li Jing* Yang Xue

(School of Information Management, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: [Purpose/Significance] This study aims to investigate the correlation between the interdisciplinarity of papers and their innovation quality, and to uncover the source characteristics of the innovation quality of papers with high interdisciplinarity. [Method/Process] From the perspective of interdisciplinary diversity of references, this paper constructed an index of interdisciplinarity and deconstructed the innovation quality of papers from the perspective of knowledge production stage, designed a structure and quantitative system of innovation quality including three stages of knowledge absorption, knowledge output and knowledge diffusion, and discussed the relationship between interdisciplinarity and innovation quality and the problem of innovation source characteristics of interdisciplinary papers based on the three stages of innovation knowledge production. [Result/Conclusion] The interdisciplinarity of papers increases with the quality of innovation and the innovation scores in the stages of knowledge absorption, output and diffusion. According to the correlation analysis result of interval grouping, there is a strong positive correlation between the interdisciplinarity and innovation quality, and the correlation coefficient is 0.8; the correlation coefficients of interdisciplinarity with the innovation score of knowledge absorption, knowledge output and knowledge diffusion stages are 0.76, 0.67 and 0.57, respectively; the innovation quality of highly interdisciplinary papers is influenced by the innovation of knowledge absorption, output and diffusion stage, and has the characteristics of the whole process in terms of innovation sources; papers in the top 5% of the interdisciplinary ranking has a 30.545% higher proportion of their source journals in Q1 than papers in the bottom 5%.

Key words: scientific evaluation; paper innovation quality; paper interdisciplinarity; scientific research management; characteristics of innovation source

收稿日期: 2024-10-20

基金项目: 国家社会科学基金项目“科技论文创新质量的微观测度及应用研究”(项目编号: 22BTQ097)。

作者简介: 杨雪 (1999-), 女, 博士研究生, 研究方向: 科学计量与科教评价。

通信作者: 李晶 (1985-), 女, 教授, 博士, 博士生导师, 研究方向: 科学计量与科教评价、信息用户与信息治理。

新的时代背景下, 科学研究正经历从高度分化向交叉融合的转变, 回顾科学与社会发展历史可见, 科学上的重大突破往往源于不同学科知识的相互交叉和渗透^[1], 复杂的社会问题通常需要借助多学科知识融合形成的创新方案予以解决^[2]。跨学科研究在推动科技创新, 促进产业升级以及推动人类社会发展方面发挥的作用已得到普遍认可。与此同时, 在我国大力发展新质生产力的背景下, 如何协调和最优化科学生产系统中各要素的作用, 提高科技创新质量, 已经成为我国高质量发展过程中需持续关注的关键议题。

跨学科论文作为跨学科研究成果的重要产出形式, 其创新质量高低事关科技创新进程的推进以及新质生产力的发展, 现已引发学界的广泛讨论^[3]。通常认为跨学科论文整合多学科知识, 能够为科学研究提供更为广泛的创新思想, 因此, 相较于非跨学科性论文而言, 其在产出高质量创新成果方面可能更有优势^[4-5]。然而, 现有研究对这一问题的探讨多停留在理论层面, 缺乏系统的定量分析, 且对跨学科论文创新质量来源特征的揭示不够深入。因此, 聚焦跨学科论文的创新质量问题, 本文构建论文跨学科性测度指标, 从创新知识生产过程视角出发, 以学术创新的内在逻辑顺序为基础, 从知识吸收、知识产出、知识扩散三阶段对创新质量进行解构与量化^[6], 深入分析论文跨学科性在创新质量产出各阶段所呈现的创新性特征, 揭示各阶段创新性与论文创新质量及跨学科性之间的相关性, 系统回答跨学科性论文是否具有更高创新质量及其创新质量的来源特征问题, 以期为深入理解科技创新, 丰富与完善科技评价体系, 制定引导科技创新发展的管理政策提供实证参考。

1 概念界定与相关研究

1.1 跨学科性及其测度

跨学科论文指跨越学科边界, 融合两个及以上学科理论知识、数据等而研究形成的论文^[7-8]。目前, 常用的论文跨学科性测度方法包括引文分析法、合著分析法和文本分析法3类。引文分析法通过论文参考文献或施引文献的学科分布情况对跨学科性进行衡量, 合著分析法使用论文作者或其发文的学科交叉情况替代衡量跨学科性^[9], 文本分析法通过论文题目、摘要等文本信息呈现的论

文多学科知识集成情况对论文跨学科性进行衡量^[10]。上述方法中, 合著分析法和文本分析法分别受匹配著者及文本内容所属学科复杂性的限制, 皆尚未得到广泛应用^[11]。跨学科的本质是多学科知识集成, 参考文献能够反映论文的多学科知识融合情况, 从逻辑上说, 是测度论文跨学科性的理想工具^[5]。目前, 构建基于参考文献的跨学科性测度指标已成为学界开展论文跨学科性测度研究的主要思路^[12]。

1.2 创新质量及相关研究

论文创新质量指学术论文在多大程度上提供了现有研究未能提供且能够对后续科学研究产生启发作用的新知识^[13], 包含新颖性和有用性两个基本维度。新颖性和有用性来源于创新知识生产的吸收、产出与扩散阶段, 三阶段不仅反映论文新颖性和有用性, 且共同作用于论文创新质量, 是创新质量概念体系架构的核心部分^[14]。

具体而言, 在创新质量概念体系中, 创新是产生并实施新想法, 最终创造价值的活动^[15], 质量是客体固有特性满足要求的程度^[16], 新想法指向论文新颖性, 价值创造与需求满足指向论文有用性。新颖性是界定创新质量的首要标准, 有用性是判断创新质量的最终依据^[17], 二者共同反映论文创新质量的高低^[18]。从创新知识生产视角, 新颖性和有用性源于创新知识生产的吸收、产出及扩散过程^[6, 19]。创新知识生产三阶段在知识生产链条上具有逻辑上的连贯性, 知识吸收阶段吸收知识的创新性影响知识产出成果的创新性, 二者共同作用于后续知识传播过程, 与此同时, 创新性知识成果在知识传播过程中又影响新一轮的知识生产, 三阶段相辅相成, 共同作用于论文创新质量。其中, 知识吸收与产出阶段的创新性反映创新质量的新颖性维度, 知识扩散阶段的创新性反映创新质量的有用性维度。创新质量与新颖性、有用性及知识生产三阶段的关系如图1所示。

目前, 学界从新颖性或有有用性维度及知识生产阶段角度构建指标对论文创新质量的测度问题进行了探索^[20-25], 然而, 其着力点偏向于“结果”导向, 侧重关注论文在知识生产某一单一阶段的创新性, 忽略了学术创新过程中知识积累、产出和扩散的系统过程^[26], 同时也多关注创新质量的新

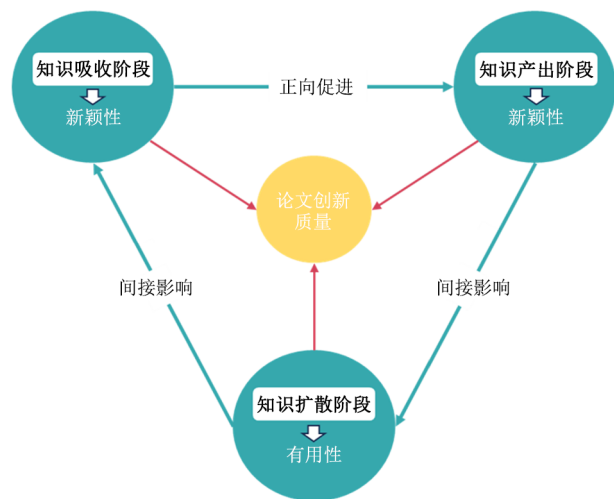


图1 创新质量概念解析

Fig. 1 Concept Analysis of Innovation Quality

颖性或有用性维度，对创新质量的刻画不够系统与全面。本文认为，探讨论文创新质量问题，需综合考虑构成创新质量的阶段要素，以此更为清楚地厘清论文创新质量的来源特征、实际水平及与其他关联要素的关系^[27]。

2 测度指标设计

2.1 论文跨学科性测度指标

如前文所述，参考文献能够反映论文多学科知识融合情况，是衡量论文跨学科性的重要指标。多样性强调系统要素间的异质性，与跨学科性具有相同的价值体现，是衡量论文跨学科性的理想工具。因此，本文通过论文参考文献来源学科多样性，对论文跨学科性进行测度，具体以参考文献来源期刊所属学科作为参考文献来源学科的判断依据。跨学科性测度的前提是选取合适的学科分类体系，当前常用的分类体系有 WoS 学科分类体系、ECOOM 学科分类体系、ESI 学科分类体系、SCOPUS 分类体系等^[9,28]。其中，WoS 学科分类体系在学界认可度较高，且学科分类粒度适用于本文对跨学科性的测度，因此本文以 WoS 学科分类体系作为学科分类标准。

多样性测度指标方面，目前学界已开发信息熵、布里渊指数、辛普森多样性指数等多种测度指标，但上述指标大多从 1 个或两个维度对多样性进行测度且计算复杂^[29]，对多样性的反映程度有限。现有研究中，Stirling A 构建的涵盖丰富度、均衡度、差异度的多样性测度指标能够充分反映系

统要素分布的多样性特征，在多样性衡量方面表现出优于其他指标的综合性优势^[30]，现已在国内外交叉学科研究中获得广泛认可与应用^[31]，因此，本文使用该指标对论文跨学科性进行测度。依据该指标，本文构建的论文跨学科性测度指标包含 3 个基本维度，如图 2 所示。

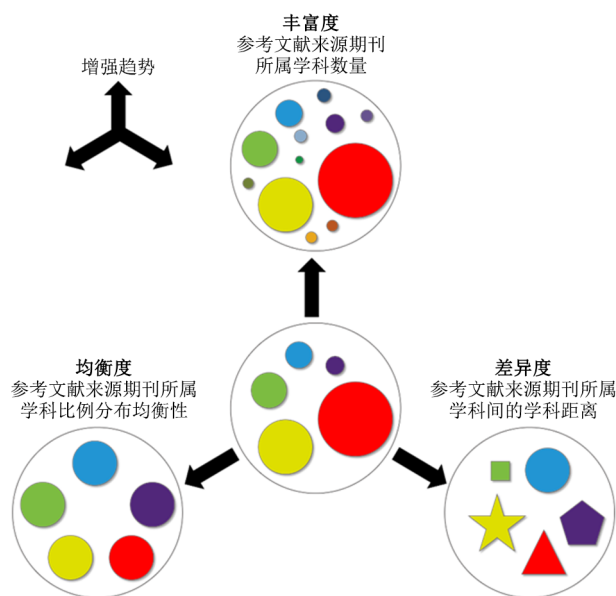


图2 论文跨学科性指标维度

Fig. 2 The Dimension of Paper Interdisciplinarity

其中，丰富度指论文参考文献来源学科数量；均衡度指参考文献来源学科的比例分布情况，以论文参考文献来源学科在总体学科中所占的比例表示；差异度指参考文献来源学科间的差异性，即学科距离。论文参考文献来源学科数量越多、分布越均衡、学科间的差异越大，则认为论文知识融合范围越广，跨学科性越强^[32]。参考已有研究^[33]，本文设计如下规则计算学科差异性，如式（1）所示。

$$D_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{不同学科大类} \\ 0.66 & \text{同一大类不同学科} \\ 0 & \text{同一学科} \end{cases} \quad (1)$$

D_{ij} 指学科差异性，若参考文献来源于不同学科大类，如 SCI 和 SSCI，则认为其学科差异最大， D_{ij} 赋值为 1；若来源于同一学科大类下的不同学科，学科差异赋值为 0.66；若来源于同一学科，则学科差异赋值为 0。若期刊被标注为多学科刊物，则以多学科类目中的第一学科作为期刊所属学科。论文跨学科性综合测度指标如式（2）所示。

$$PDI = \sum_{ij(i \neq j)} V_i \cdot B_j \cdot D_{ij} \quad (2)$$

其中, i 和 j 表示单篇论文参考文献的不同来源学科, 论文多样性指数(Paper Diversity Index, PDI), 表示论文跨学科性, V_i 为参考文献来源学科数量, B_j 为参考文献来源学科分布的均衡性, D_{ij} 为参考文献来源学科间的差异性。

2.2 基于阶段视角的创新质量结构及测度

从知识生产阶段视角来看, 知识吸收、知识产出、知识扩散是创新质量结构体系的重要组成部分, 上述阶段所含创新要素共同影响并反映论文创新质量高低, 本文分别构建测度指标对上述阶段的创新性进行量化。

1) 知识吸收阶段。知识吸收是创新过程起点, 论文吸收创新知识多少直接影响论文创新质量。知识生产具有关联性和累积性, 几乎所有知识都是在已建构的知识基础上进行的延伸^[34-35]。通常而言, 吸收有价值、有代表性的经典理论观点、方法等, 更容易激发创新性的知识生长点^[36]。已建构的知识基础在科学研究中多指参考文献, 参考文献能够充分体现研究者前期工作深度及研究的创新起点^[37-39]。因此, 本文通过参考文献创新性衡量论文知识吸收阶段所含创新要素的多少^[40-41]。

知识吸收阶段的创新得分通过论文引用所有参考文献的创新性均值表示, 对于单篇参考文献创新性, 本文使用 Wu L F 等^[42]提出的 D 指数进行衡量, 相关论文于 2019 年发表于 *Nature* 期刊, 论文自发表以来便在学界产生了广泛影响, D 指数在测度论文创新性方面的作用得到了学界认可。该指数主要依据施引文献引用被测论文及其参考文献的比例对创新性进行测度, 当后续研究既引用了被测论文又引用其大部分参考文献时, 则认为被测论文巩固了已有研究; 若后续论文只引用被测论文而未引用其参考文献, 说明被测论文提供了以往研究未能提供的新的知识内容, 则被测论文在其研究领域实现了原始创新。具体计算方法如式 (3) 所示。

$$D = p_i - p_j = \frac{n_i - n_j}{n_i + n_j + n_k} \quad (3)$$

其中, n_i 表示只引用被测论文的施引文献数, n_j 表示既引用被测论文又引用其参考文献的施引文献数, n_k 表示仅引用被测论文参考文献的施引文献数。D 表示创新性, 取值范围为 $[-1, 1]$, $D=1$ 说明论文实现了原始性创新, $D=-1$ 说明论文是对已有

研究的巩固, 未实现创新^[42]。为便于进行结果比较, 本文将论文创新性分数进行有量纲的归一化处理, 使其落在区间 $[0, 1]$ 中, 计算方法如式 (4) 所示。

$$x_{new} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (4)$$

其中, x 为论文创新性原始分数, x_{new} 为归一化处理后的论文创新性分数, x_{min} 和 x_{max} 分别为论文创新性原始分数中的最小值和最大值。

2) 知识产出阶段。知识产出是指知识生产者通过知识吸收, 结合自身知识积累和对知识的深入理解实现对现有知识的整合和创造性转化, 产出不同程度创新性成果的过程^[6]。论文经出版发行后, 其创新程度均通过知识产出成果即论文本身体现^[27]。知识产出阶段产出的知识成果是创新知识生产体系的核心, 不仅体现论文前期吸收知识的创新程度, 且进一步影响论文后续知识扩散过程。论文是否解决新问题, 提出新方法等皆通过知识产出体现, 知识产出作为论文知识生产的结果和创新质量的直接反映形式^[43], 对论文创新质量的衡量起关键作用。

在知识产出创新性的测度上, 如前文所述, 知识产出指向论文实际产出内容的创新性, 其具有多维性, 因而现有围绕论文文本内容、主题等某一单一维度设计的测度指标不适用于对论文知识产出原始创新性的衡量。由于 Wu L F 等^[42]提出的 D 指数建立在后续研究者对论文创新性的价值判断的基础上, 对论文产出内容原始创新性的反映更为深入。因此, 本文使用 D 指数对论文知识产出阶段的创新性进行衡量, 计算方法同式 (3) 和式 (4)。

3) 知识扩散阶段。知识扩散指知识成果通过论文等媒介为主的知识传播渠道为后续研究提供传播过程, 能够体现论文创新质量。一方面, 有用性是创新质量的关键概念维度之一, 知识扩散阶段论文的被使用情况本质上能够呈现论文产出知识内容的创新价值, 即论文有用性; 另一方面, 知识扩散对进一步的知识生产有重要影响^[44], 从知识生产过程来看, 当具有创新价值的知识成果进入传播体系时, 后续知识生产者能够吸收其中包含的创新知识开展进一步的知识生产活动。因

此,知识扩散在论文生产与传播链条上发挥承接性作用,既反映前期知识创新成效,同时又对后续知识生产过程产生影响,因而在创新质量结构体系中发挥着关键作用,能够反映并影响论文创新质量。

论文在知识扩散阶段呈现的创新价值通常通过以被引频次为代表的学术影响力表征^[45],该指标是学界目前应用范围最广的论文影响力与价值评价方法,因此,本文使用该指标量化论文在知识扩散阶段的创新价值,具体使用两年被引频次进行衡量。为避免极端值对结果的影响,同时便于进行结果比较,本文对论文被引频次进行归一化处理,使论文被引频次的值落在区间[0,1]中,以归一化处理后的分数作为论文在知识扩散阶段的实际创新得分。计算方法如式(5)所示,其中, C_{new} 为经归一化处理后的被引频次得分, c 为论文原始被引频次, c_{max} 和 c_{min} 分别为论文被引频次原始数值中的最大值和最小值。

$$C_{new} = \frac{c - c_{min}}{c_{max} - c_{min}} \quad (5)$$

基于知识生产阶段视角,考虑论文知识吸收、生产与扩散全过程的创新质量得分的计算方法如式(6)所示。

$$NQ = r * d * c \quad (6)$$

式(6)中, r 指知识吸收阶段创新得分, d 指知识产出阶段创新得分, c 指知识扩散阶段创新得分。

3 实证研究

3.1 数据收集与处理

本文所用数据来源于Web of Science(WoS)数据库中计算机科学与人工智能(Computer Science, Artificial Intelligence),工程学与生物医学(Engineering, Biomedical)以及遗传学与遗传(Genetics & Heredity)领域。选择上述领域的原因在于上述领域共同处于科学创新与突破的最前沿,其在学术研究和技术创新以及解决现实问题中皆发挥重要作用,且上述领域交叉性强,具有多学科知识、理论、方法融合的特性,易产出跨学科与突破性创新研究成果^[46],选择上述领域开展研究能够更好地理解论文跨学科性与创新质量间的关系。此外,自然科学相较于人文社会科学而言更加强调多学科知识的整合,也更加能够促进创新性研究的发

展和研究成果转化。考虑到相关领域在驱动创新和推动复杂问题解决方面的作用,本文分别选取理科与工科中的关键分支学科以及跨学科领域中的代表性学科进行研究。本文所选领域中,计算机与人工智能学科作为工科领域的分支,专注于技术的创新开发和应用,领域知识更新速度快,在创新方面具有典型性。遗传学与遗传作为理科中生物学领域的重要分支,不仅在学界内部活跃性强,其研究成果也具有广泛的社会影响力,是当前备受关注的热点领域。工程学与生物医学是跨学科领域的重要分支,其注重新兴技术的整合,在促进人类健康发展方面具有深远影响,是当前研究的热门与前沿。因此,本文选择上述3个领域开展实证研究。

数据获取与处理的基本流程如图3所示。由于论文创新性的计算依赖施引文献的引用结构,而论文引用通常在两年后能够达到较为稳定的状态,本文中论文创新性的计算时间为2022年^[47],为保证测度结果的稳定性^[48],本文选取2019年上述领域的论文作为实证样本。具体而言,在WoS核心合集中按照学科领域进行检索,将文献类型限定为Article,共获取论文157 831篇,提取的数据项包括Article Title、Authors、Source Title、Affiliations、Cited References、Times Cited等。

对于初步获取的原始论文数据,本文首先提取论文DOI号,在Lin Z H等^[47]构建的大型开放出版物数据集中匹配其创新性分数,在此过程中删除原始论文中无DOI号与创新性分数、参考文献与施引文献数量为0的论文,经初步清洗,剩余论文110 295篇。其次,对参考文献数据进行清洗与处理,提取单篇论文所有参考文献的DOI号及其来源期刊,构建“论文—参考文献DOI号”数据集、“论文—参考文献来源期刊”数据集,利用参考文献DOI号在上述数据集中匹配参考文献创新性分数,并计算单篇论文所有参考文献创新性分数的均值作为论文知识吸收阶段的创新得分。最后,利用ESI及JCR期刊列表提供的期刊信息构建参考文献来源期刊缩写与全称及期刊所属学科间的映射关系^[49]。借鉴已有研究^[33],对于学科标识为“Multiple”的期刊,本文以其所属多种学科中的第一学科作为其

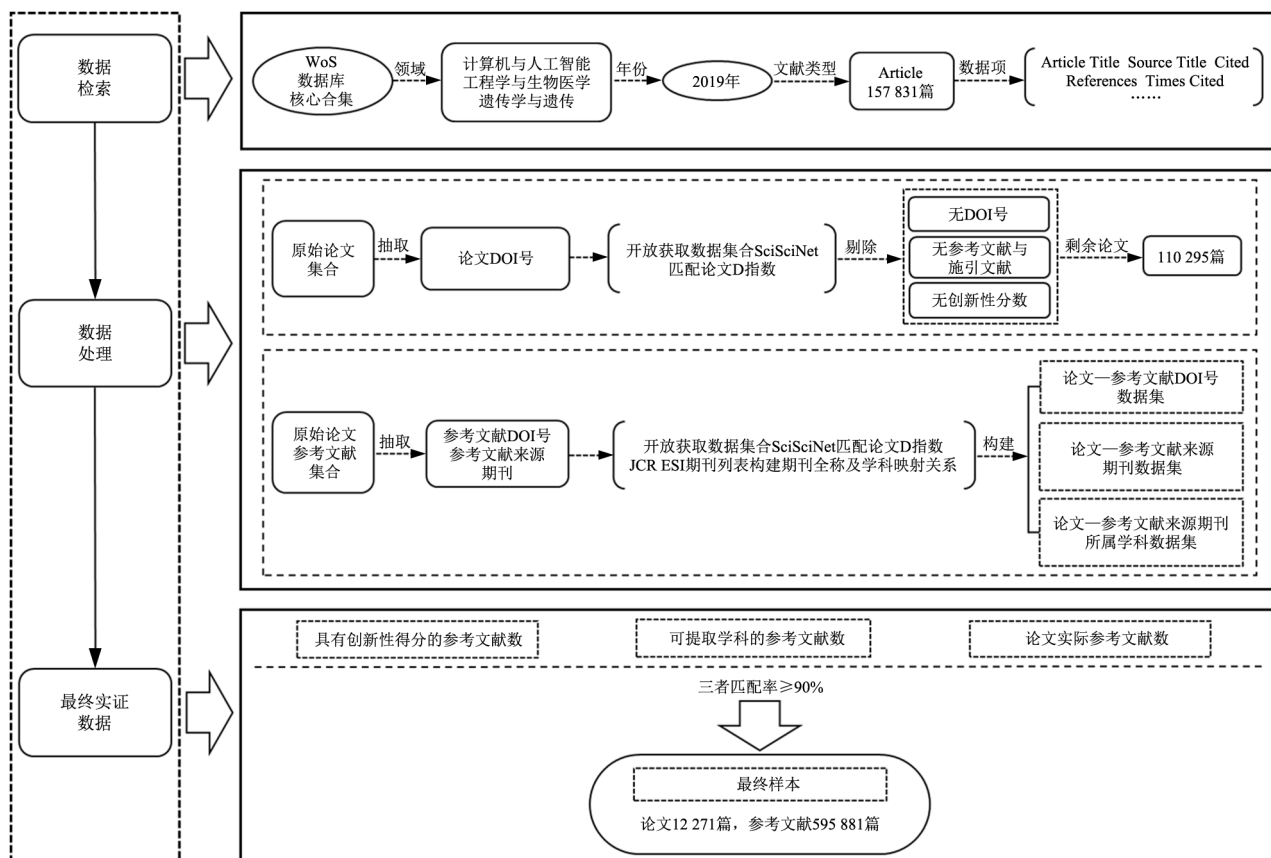


图3 数据处理流程图

Fig. 3 Data Processing Flow Chart

所属学科，最终构建“论文—参考文献所属学科”数据集。由于参考文献存在“No title captured”等数据缺失情况，为保证研究结果的可靠性，本文计算了具有创新性分数以及可提取学科的参考文献数与论文实际参考文献数之间的匹配率，以三者匹配率同时达到90%及以上的12 271篇论文作为最终样本，其中包含参考文献595 881篇。

3.2 论文跨学科性总体得分情况

论文跨学科性基本得分及区间得分分布情况如图4所示，统计表中为跨学科性均值、中位数等基本得分，直方图为跨学科性得分的区间分布，图中横坐标为得分区间，纵坐标为分布于对应区间中的论文数量，红色标注线为跨学科性得分均值线。论文跨学科性均值为0.396，总体得分集中分布于区间(0.35,0.4]和(0.4,0.45]中，共有6 373篇论文分布于区间(0.4,0.45]中，占总体样本的51.936%，分布于区间(0.45,0.5]中的论文跨学科性最强，该区间共有论文1 114篇，占总体样本的9.078%。样本论文中有7 843篇论文的跨学科性得分高于均值，该部分论文占样本论文的63.915%。

3.3 跨学科性与创新质量相关维度得分的区间差异分析

本文对论文跨学科性得分进行降序排序，并以样本论文的5%为基本单位，将论文划分至20个组中，对位于不同分组中的论文跨学科性、创新质量及其各阶段创新得分的变化情况进行对比分析。具体而言，样本论文共计12 271篇，首先以论文跨学科性得分降序排名为参照对论文创新质量及其各阶段创新得分进行再次排序，在此基础上，以总体样本的5%为分组依据，将样本论文分为20个组，其中分组1至19皆包含论文614篇，分组20包含论文605篇，分析结果见表1。

由表1可见，跨学科性排名位于区间[0,5%]中的论文在知识吸收、产出、扩散阶段的创新得分(0.261,0.611,0.042)以及整体创新质量(0.007)皆高于位于排名区间(95%,100%]中的论文(0.226,0.583,0.017和0.002)。整体上看，创新质量及其各阶段创新分数与跨学科性得分区间排名同频递减。此外，从各排名分组区间中论文来源期刊平均所属学科数、期刊影响因子分区位于Q1区中的论文比例

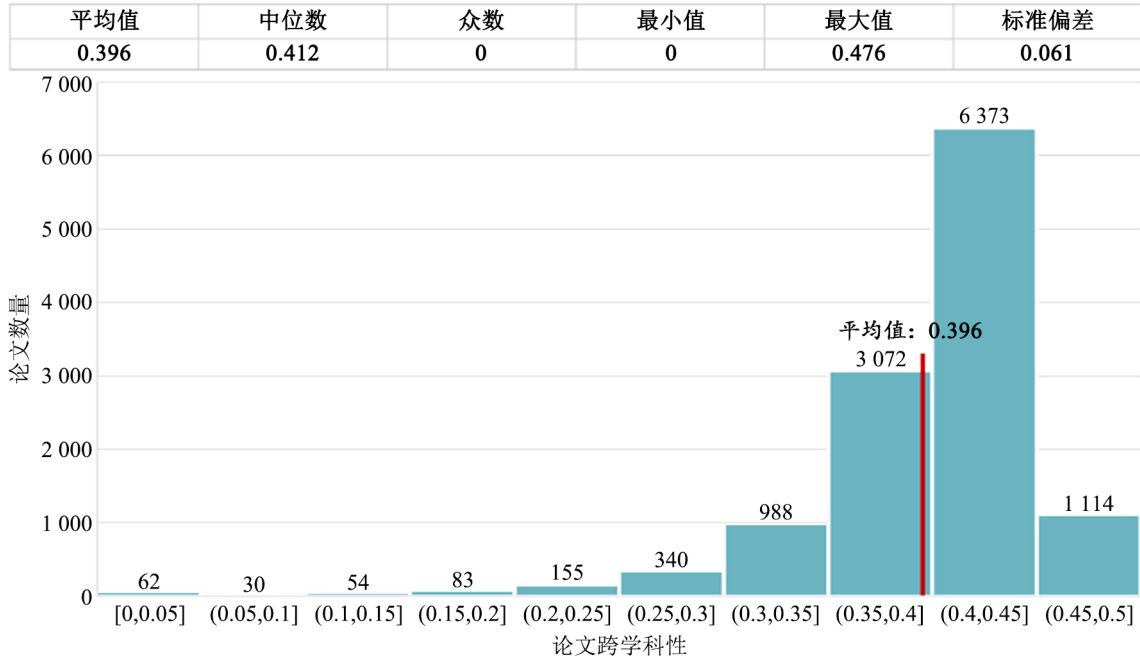


图 4 论文跨学科性得分分布
Fig. 4 The Distribution of Paper Interdisciplinary Score

表 1 跨学科性与创新质量及各阶段得分的区间差异

Tab. 1 Interdisciplinarity, Innovation Quality and the Interval Difference of Scores at Each Stage							
PI	PDI	NQ-RN	NQ-PN	NQ-PC	NQ	CN	PQ1 (%)
[0,5%]	0.461	0.261	0.611	0.042	0.007	2.210	46.743
(5%,10%]	0.452	0.258	0.601	0.037	0.006	2.134	45.277
(10%,15%]	0.446	0.254	0.591	0.028	0.004	2.075	46.743
(15%,20%]	0.441	0.255	0.589	0.032	0.005	2.020	40.065
(20%,25%]	0.436	0.249	0.583	0.029	0.004	2.054	45.114
(25%,30%]	0.432	0.245	0.582	0.030	0.005	2.002	43.811
(30%,35%]	0.427	0.245	0.582	0.028	0.004	2.072	46.906
(35%,40%]	0.422	0.248	0.575	0.030	0.004	1.976	42.997
(40%,45%]	0.418	0.244	0.571	0.024	0.003	1.972	47.068
(45%,50%]	0.414	0.241	0.573	0.026	0.003	1.946	43.811
(50%,55%]	0.409	0.242	0.572	0.022	0.003	1.935	41.205
(55%,60%]	0.404	0.242	0.572	0.024	0.003	1.987	44.951
(60%,65%]	0.398	0.239	0.568	0.023	0.003	1.893	43.811
(65%,70%]	0.391	0.237	0.563	0.027	0.003	1.865	40.879
(70%,75%]	0.384	0.232	0.556	0.031	0.003	1.989	43.974
(75%,80%]	0.374	0.239	0.570	0.022	0.002	1.917	35.993
(80%,85%]	0.361	0.237	0.567	0.021	0.002	1.855	35.179
(85%,90%]	0.344	0.237	0.563	0.024	0.003	1.818	30.945
(90%,95%]	0.312	0.236	0.561	0.022	0.003	1.801	30.456
(95%,100%]	0.198	0.226	0.583	0.017	0.002	1.694	16.198
ALL	0.396	0.244	0.577	0.027	0.004	1.961	40.624

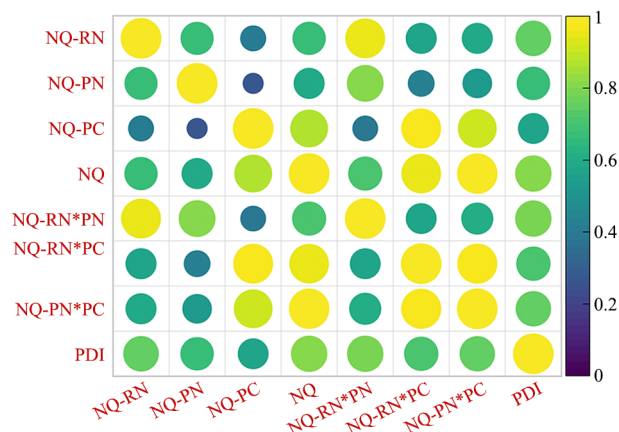
注：PI为论文跨学科性排名分组区间，PDI为论文跨学科性，NQ-RN为创新质量-知识吸收阶段创新得分，NQ-PN为创新质量-知识产出阶段创新得分，NQ-PC为创新质量-知识扩散阶段创新得分，NQ为综合创新质量，CN为论文来源期刊所属学科数量，PQ1为论文来源期刊位于Q1区中的比例，ALL表示全样本论文。

差异的分析可见,排名位于区间 $[0\%,35\%]$ 中的高跨学科性论文的来源期刊平均所属学科数皆大于2,而排名位于该分组区间之后的论文其来源期刊平均所属学科数则小于2,也就是说,论文来源期刊所属学科数整体也随着跨学科性得分排名的降低而降低。同时,论文来源于Q1区期刊的比例变化趋势整体与跨学科性得分变化趋势一致,跨学科性排名位于区间 $[0,5\%]$ 中的论文来源于Q1区期刊的比例为46.743%,跨学科性排名位于区间 $(95\%,100\%]$ 中的论文来源于Q1区期刊的比例为16.198%,论文跨学科性排名越靠前,分组区间中的论文来源于Q1区期刊的比例越高。

3.4 跨学科性与创新质量各维度指标的关系分析

为进一步揭示论文跨学科性与创新质量间的关系,剖析跨学科论文的创新来源特征,本文采取分组均值计算的方式对论文跨学科性与创新质量及其各阶段创新得分之间的关系进行了分析。首先,对论文跨学科性得分进行升序排序,并以该排名为参照对知识吸收、产出与扩散阶段的创新得分以及创新质量得分进行排序,随后,以100篇论文为单位对排序后的样本论文进行分组,以每个分组区间中上述指标得分的均值作为相关性分析的基础数据。聚焦知识生产三阶段,围绕跨学科论文是否更具创新质量优势及其创新来源特征的问题,本文对论文跨学科性与创新质量及其所含各阶段创新得分间的关系进行分析。此外,为深入揭示跨学科论文的创新来源特征,本文分别去除创新知识生产三阶段中任一阶段的创新得分,计算包含二阶段创新得分的创新质量分数,并将其与三阶创新质量得分和跨学科性之间的相关性进行比较,指标间的相关性分析结果见图5。在图5中,横纵坐标为各维度指标,矩阵中圆圈大小和颜色深度表示Spearman相关关系强度。

在创新质量各阶段指标关系上,NQ-RN与NQ-PN的相关性为0.66,与NQ-PC之间的相关性为0.41,NQ-PN与NQ-PC之间的相关性为0.27。表明创新知识吸收与产出阶段创新得分强相关,相关系数介于0.6和0.8之间;与知识扩散阶段创新得分中等相关,相关系数介于0.4和0.6之间;创新知识产出与扩散阶段创新得分弱相关,相关系数介于0.2和0.4之间。在创新知识生产三阶段中,



注: NQ-RN为创新质量-知识吸收阶段, NQ-PN为创新质量-知识产出阶段, NQ-PC为创新质量-知识扩散阶段, NQ为创新质量, NQ-RN*PN为考虑知识吸收和知识产出二阶段的创新质量, NQ-RN*PC为考虑知识吸收和知识扩散二阶段的创新质量, NQ-PN*PC为考虑知识产出和知识扩散二阶段的创新质量, PDI为论文跨学科性。

图5 变量相关矩阵

Fig. 5 Variable Correlation Matrix

知识吸收与产出阶段创新得分相关性最强。

在创新知识生产各阶段创新得分与综合创新质量的关系上, NQ-RN、NQ-PN和NQ-PC与NQ之间的相关性分别为0.67, 0.59和0.86。表明知识吸收阶段创新得分与创新质量呈强相关关系, 知识产出阶段创新得分与创新质量呈中等相关关系, 知识扩散阶段创新得分与创新质量呈极强相关关系, 相关系数介于0.8和1之间。

在跨学科性与创新知识生产三阶段创新得分间的关系上, PDI与NQ-RN、NQ-PN及NQ-PC之间的相关性分别为0.76, 0.67和0.57, 表明跨学科性与知识吸收及产出阶段创新得分强相关, 与知识扩散阶段创新得分中度相关。在跨学科性与创新知识生产二阶段创新质量得分间的关系上, PDI与NQ-RN*PN、NQ-RN*PC及NQ-PN*PC之间的相关性分别为0.79, 0.71和0.76, 表明考虑知识生产二阶段的创新性能反映创新质量, 与跨学科性皆呈强相关关系, 但考虑知识吸收、知识产出和知识扩散全阶段的创新质量与跨学科性之间呈极强相关关系, 相关系数高达0.8, 高于与上述二阶段融合的创新质量得分间的相关性。

4 研究结果讨论

本文构建跨学科性测度指标, 基于知识生产过程, 从知识吸收、知识产出和知识扩散三阶段对创新质量概念进行解构, 并对跨学科论文的创新质量及其创新来源特征问题进行了探讨。围绕

上述核心问题,以及创新质量、创新质量三阶段及其与跨学科性之间的关系,本文主要得到以下几方面研究结论。

1) 创新知识生产阶段指标的关系。在创新知识生产各阶段指标关系上,本文发现,知识吸收与产出阶段创新得分强相关,与知识扩散阶段创新得分中度相关,知识产出与知识扩散阶段创新得分弱相关。上述研究结果表明,创新知识生产的各个环节相互依存,存在正向影响关系,但影响程度有所差异。知识吸收阶段,吸收知识的创新性正向影响知识产出创新性,同时与知识产出共同作用于后续知识扩散过程。知识吸收与知识产出阶段创新得分强相关,表明对于产出高质量创新性研究成果而言,研究者前期积累的创新性知识内容至关重要。知识产出与知识扩散阶段创新得分呈弱相关关系,表明除成果自身创新性外,存在其他重要因素影响创新知识扩散过程。由于知识扩散阶段的创新得分与创新质量存在极强相关关系,而知识吸收、产出阶段与知识扩散阶段创新得分的相关性相对较弱,表明知识吸收与产出和知识扩散反映的是创新质量的不同方面,知识吸收与产出侧重反映研究成果自身是否新颖,而知识扩散则侧重反映研究成果的创新价值。也就是说知识吸收、产出和扩散阶段共同构成了体系化的知识创新过程,共同作用于创新质量,是创新质量框架体系的核心构成部分,综合考虑创新知识生产三阶段能够更为客观、全面地反映创新质量。

2) 创新知识生产阶段指标与创新质量的关系。在创新知识生产各阶段指标与创新质量的关系上,知识扩散阶段创新得分与创新质量的相关性最强,表明论文被使用情况是判断论文创新质量的重要标准,在两年引用时间窗口内,关注论文被引频次是发掘早期创新成果的关键。知识吸收和产出阶段创新得分与创新质量分别呈现强相关与中度相关关系,考虑论文知识吸收与产出阶段的创新,有利于在论文发表初期及时发现潜在创新成果。此外,知识吸收阶段创新得分与创新质量之间的相关性高于知识产出阶段创新得分与创新质量的相关性,表明做好前期创新性知识的吸收工作不仅有利于促进创新知识产出,而且对于提高研究的整体创新质量也具有积极作用。

3) 跨学科性与创新质量及其阶段指标间的关系。在论文跨学科性与创新质量及各阶段创新得分的关系上,论文跨学科性与创新质量存在极强正相关关系,论文跨学科性越强,其创新质量越高,表明跨学科性可反映论文创新质量,因此,可构建基于跨学科性的指标对论文创新质量进行测度。论文跨学科性与创新质量的知识吸收等各阶段创新得分同频增长,跨学科性与知识吸收阶段创新得分呈强相关关系,知识吸收阶段吸收知识的跨学科性越强,其能够为论文提供的知识基础越创新。因此,研究者应注重加强多学科合作,实现跨学科知识整合,为研究奠定创新基础。论文跨学科性与知识产出与扩散阶段创新得分分别呈强相关和中度相关关系,表明跨学科知识基础能够促进产生更具创新性的知识产出。因此,进一步围绕论文知识产出相关数据,如论文文本、语义内容、研究主题等设计跨学科性测度指标,能够实现对论文创新性的间接测度。论文跨学科性与知识扩散阶段创新得分的相关关系表明,高跨学科性论文相较于低跨学科性论文能够吸引更多学科的引用,提高论文可见度与影响力^[50]。此外,研究结果表明,去除创新质量三阶段中任意一阶段的创新指标都会导致创新质量与跨学科性的相关性变弱,表明跨学科具有促进产生高创新质量研究成果的综合效应,这种综合效应促进了创新知识的生产和传播。由于论文跨学科性与创新质量存在极强相关关系,高于跨学科性与二阶段创新质量得分之间的相关性,表明从知识吸收、产出与扩散三阶段出发构建的创新质量综合测度体系能够更为全面地反映论文创新质量。

此外,研究发现,高跨学科性论文来源期刊影响因子分区位于Q1区的比例以及期刊所属学科数皆高于低跨学科性论文,说明高跨学科性论文更有可能发表在影响力较高的期刊上,在一定程度上能够反映论文跨学科性与质量、创新性之间的关联性。同时,高跨学科性论文发表于高影响力期刊上也能够使其拥有更高的可见度,被引用的机会高于低跨学科性论文。高跨学科性论文来源期刊所属学科数量更多表明研究者可能倾向于将高跨学科性研究成果投稿至多学科期刊中,也更容易被多学科期刊录用。因此,在跨学科研究

成果投稿过程中,可选择更倾向于发表跨学科研究的期刊,以保证有创新价值的研究成果及时进入科学传播交流体系中,为进一步的知识生产提供知识参考。

综上,本文的研究结果表明,论文跨学科性与创新质量存在正相关关系,论文跨学科性越强,其创新质量越高,跨学科性对创新质量具有预测性。此外,本文从知识生产过程视角对跨学科论文创新质量的分析表明,跨学科论文的创新质量来源具有全过程性特征,高跨学科性论文在创新知识生产各阶段都具有创新优势。跨学科知识吸收提高了研究知识基础的创新性,创新性知识基础促进产出创新性知识成果,融合跨学科知识的创新产出进一步促进研究成果的多学科传播,提高成果影响力。上述三阶段在跨学科创新成果生产过程中相互依存与影响,共同作用于创新质量。

5 研究总结与展望

跨学科研究通常被认为融合了多学科的研究视角和方法,能够激发新的研究思路,具备为解决现实问题提供创新方案的功能,在应对社会性问题与全球性挑战方面具有关键作用。尽管跨学科性研究的创新潜力已被广泛认可,目前学界对上述问题的探讨仍停留在理论层面,对于跨学科研究成果是否具有更高创新质量及其创新来源特征的相关问题还没有形成系统性的量化研究成果。聚焦该问题,本文构建论文跨学科性测度指标,从创新知识生产的阶段视角对上述问题进行系统性的研究。研究结果表明,在计算机科学与人工智能等高度交叉的前沿领域中,跨学科性与创新质量存在高度正相关关系,表明跨学科性研究以创新为知识生产的主要方式,对提升创新质量具有积极作用,也证实了跨学科研究在突破学科界限,推动科学创新方面的有效性^[8]。对高跨学科性论文创新质量来源特征的分析结果表明,跨学科性论文的创新质量受知识吸收、知识产出以及知识扩散阶段创新性的共同影响,具有创新来源的全过程性特征。

本研究验证了论文跨学科性与创新质量之间的影响关系,也进一步揭示了跨学科论文创新质量的来源特征,为理解创新知识生产过程提供了

参考,为科技评价体系的完善提供了相关建议。研究的局限性在于仅从创新知识生产的三阶段对创新质量进行解构,在未来的研究中,将进一步扩充实证研究领域与样本量,考虑知识生产过程中的细粒度知识内容,如作者研究领域特征、研究质量等,实现对跨学科论文创新质量更深层次的揭示,并进一步丰富研究所用数据项,控制多维度变量对跨学科性与创新质量关系的影响,深化对论文跨学科性与创新质量间的关系以及跨学科论文创新质量生产机理的探讨,以期为科技创新动能的培育提供更多理论支持与实证参考。

参 考 文 献

- [1] 程仕平,徐慧,李丽琴.交叉学科:培养研究生创新性的摇篮[J].中国高等教育,2005(23):58-59.
- [2] Rhoten D, Parker A. Risks and Rewards of an Interdisciplinary Research Path [J]. Science, 2004, 306 (5704): 2046.
- [3] 张贝贝,尹西明,余江.知识密集型产业的多学科交叉创新机制研究[J].科学学研究,2024,42(2):415-426.
- [4] 王璐,马峙,潘云涛.基于论文产出的学科交叉测度方法[J].情报科学,2019,37(4):17-21.
- [5] 张琳,孙蓓蓓,黄颖.跨学科合作模式下的交叉科学测度研究——以ESI社会科学领域高被引学者为例[J].情报学报,2018,37(3):231-242.
- [6] 蒋伟伟,钱玲飞.基于创新过程的人文社会科学学术创新力测度研究[J].西南民族大学学报(人文社科版),2016,37(3):227-236.
- [7] Frank R. Interdisciplinary: The First Half Century [M] //Stanley E G, Hoad T F. Words: For Robert Burchfield's Sixty-Fifth Birthday. Cambridge: D. S. Brewer, 1988: 139-151.
- [8] 张琳,孙蓓蓓,黄颖.交叉科学研究:内涵、测度与影响[J].科研管理,2020,41(7):279-288.
- [9] 张雪,张志强.学科交叉研究系统综述[J].图书情报工作,2020,64(14):112-125.
- [10] 黄颖,高天舒,王志楠,等.基于Web of Science分类的跨学科测度研究[J].科研管理,2016,37(3):124-132.
- [11] 曹玲静,陈云伟.学科交叉评价研究进展综述[J].情报杂志,2020,39(7):173-180.
- [12] Porter A L, Roessner J D, Cohen A S, et al. Interdisciplinary Research: Meaning, Metrics and Nurture [J]. Research Evaluation, 2006, 15(3): 187-195.
- [13] 钱玲飞,贺婉莹,杨建林.论文学术创新力特征指标体系研究[J].情报科学,2021,39(1):56-64.
- [14] 谢珍,马建霞,胡文静.面向代表作评价的学术论文创新性测度方法[J].情报理论与实践,2022,45(7):81-88.

- [15] Popadiuk S, Choo C W. Innovation and Knowledge Creation: How Are These Concepts Related? [J]. International Journal of Information Management, 2006, 26 (4): 302-312.
- [16] Lovaglia M J. Predicting Citations to Journal Articles: the Ideal Number of References [J]. The American Sociologist, 1991, 22: 49-64.
- [17] Badawy M. How To Prevent Creativity Mismanagement [J]. Research Management, 1986, 29 (4): 28-35.
- [18] 李晶, 邱昕鹏. 基于大语言模型的论文创新质量测度研究 [J]. 情报理论与实践, 2025, 48 (3): 169-177.
- [19] 刘聪, 郭凤娇, 梁琪奇, 等. 基于阶段分析的单篇学术论文创新性测度研究述评 [J]. 现代情报, 2024, 44 (6): 145-156.
- [20] 沈志宏. 参考文献与编辑的学术鉴审 [J]. 编辑学报, 1989 (4): 199-201.
- [21] Uzzi B, Mukherjee S, Stringer M, et al. Atypical Combinations and Scientific Impact [J]. Science, 2013, 342 (6157): 468-472.
- [22] Luo Z, Lu W, He J, et al. Combination of Research Questions and Methods: A New Measurement of Scientific Novelty [J]. Journal of Informetrics, 2022, 16 (2): 1-16.
- [23] 曹树金, 曹茹烨. 情报学论文创新性评价研究——LDA和SVM融合方法的应用 [J]. 图书情报知识, 2022, 39 (4): 56-67.
- [24] Tsai F S, Zhang Y. D2S: Document-to-Sentence Framework for Novelty Detection [J]. Knowledge and Information Systems, 2011, 29 (2): 419-433.
- [25] Bornmann L, Tekles A. Disruptive Papers Published in Scientometrics [J]. Scientometrics, 2019, 120 (1): 331-336.
- [26] 蒋伟伟. 人文社会科学学术创新力测度研究 [D]. 南京: 南京大学, 2013.
- [27] 周正, 周静. 学术型研究生学术创新的过程要素及实现路径研究 [J]. 黑龙江高教研究, 2021, 39 (6): 95-100.
- [28] Glanzel W, Schubert A. A New Classification Scheme of Science Fields and Subfields Designed for Scientometric Evaluation Purposes [J]. Scientometrics, 2003, 56 (3): 357-367.
- [29] 张洋, 常赵鑫, 龙秋爽, 等. 学科布局多样性与学科竞争力的关系研究——以图书情报与档案管理学科为例 [J]. 情报理论与实践, 2023, 46 (1): 72-80.
- [30] 顾秀丽, 黄颖, 孙蓓蓓, 等. 图书情报领域中的交叉科学研究: 进展与展望 [J]. 情报学报, 2020, 39 (5): 478-491.
- [31] 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.
- [32] Adams J, Hopkins M, Rafols I, et al. The Value of Structural Diversity: Assessing Diversity for a Sustainable Research Base [R]. London: Digital Science, 2015.
- [33] Li J, Yang X, Lu X L, et al. Making Journals More International: Language Subject Differences and Impact Performance [J]. Learned Publishing, 2023, 36 (4): 596-618.
- [34] 李正风. 科学知识生产方式及其演变 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [35] 何传启, 张凤. 知识创新 [M]. 北京: 经济管理出版社, 2001.
- [36] 刘小慧, 朱曼曼. 科研论文颠覆性与参考文献年龄之间的关系研究 [J]. 情报理论与实践, 2023, 46 (7): 60-66.
- [37] 姜磊, 林德明. 参考文献对论文被引频次的影响研究 [J]. 科研管理, 2015, 36 (1): 121-126.
- [38] Bornmann L, Schier H, Marx W, et al. What Factors Determine Citation Counts of Publications in Chemistry Besides their Quality? [J]. Journal of Informetrics, 2012, 6 (1): 11-18.
- [39] 许花桃. 科技论文参考文献引用不当及文中标注不规范的问题分析 [J]. 编辑学报, 2011, 23 (4): 318-320.
- [40] Ardito L, Petruzzelli A M, Dezi L, et al. The Influence of Inbound Open Innovation on Ambidexterity Performance: Does it Pay to Source Knowledge from Supply Chain Stakeholders? [J]. Journal of Business Research, 2020, 119: 321-329.
- [41] Trantopoulos K, Krogh G, Wallin M W, et al. External Knowledge and Information Technology: Implications for Process Innovation Performance [J]. Mis Quarterly, 2017, 41 (1): 287-300.
- [42] Wu L F, Wang D S, Evans J A. Large Teams Develop and Small Teams Disrupt Science and Technology [J]. Nature, 2019, 566 (7744): 378-382.
- [43] 贺婉莹. 基于机器学习的论文学术创新力评价研究 [D]. 南京: 南京大学, 2019.
- [44] 宋歌. 学术创新的扩散过程研究 [J]. 中国图书馆学报, 2015, 41 (1): 62-75.
- [45] 刘嘉明, 孙建军. 参考文献跨学科性与论文学术影响力的关系研究 [J]. 情报学报, 2023, 42 (5): 525-536.
- [46] 刘仲林, 赵晓春. 跨学科研究: 科学原创性成果的动力之源——以百年诺贝尔生理学和医学奖获奖成果为例 [J]. 科学技术与辩证法, 2005 (6): 107-111.
- [47] Lin Z H, Yin Y, Liu L, et al. SciSciNet: A Large-scale Open Data Lake for the Science of Science Research [J]. Scientific Data, 2023, 10 (315): 1-22.
- [48] Bornmann L, Tekles A. Disruption Index Depends on Length of Citation Window [J]. EI Profesional De La Informacion, 2019, 28 (2): 1-2.
- [49] 张雪, 刘昊, 张志强. 不同合作模式下的学科交叉程度与文献学术影响力关系研究 [J]. 情报杂志, 2021, 40 (8): 164-172.
- [50] Li J, Ao W T, Lu X L, et al. Do Papers of High Interdisciplinarity Have an Advantage in Terms of Citations? A Case Study of the Top Five Economic Journals [J/OL]. Journal of Information Science [2024-07-25]. <https://doi.org/10.1177/01655515241263263>.

(责任编辑: 杨丰侨)