

数智环境下科研软件规范引用 影响因素研究*

王婧菲 郭凤娇 藏月 高凤娇 靳庆雯
(山东理工大学信息管理学院, 淄博 255049)

摘要: 数智环境下, 科研软件在学术研究中占据重要地位, 其规范引用对提升科研诚信和学术规范具有重要意义。基于科研人员视角, 采用程序化扎根理论方法对21名科研人员的深度访谈资料进行三级编码分析, 提取出19个初始范畴和8个主范畴, 系统梳理各范畴间的作用关系, 构建科研软件规范引用影响因素模型。研究发现, 科研软件规范引用受制度约束、伦理认知、技术条件、个体特征等多维度因素共同影响, 并据此提出对策建议: 明规立范, 建立科研软件规范引用体系; 明权定责, 构建科研软件知识产权保护体系; 技术赋能, 完善技术支撑体系; 明教筑基, 提升科研人员技术素养。

关键词: 科研软件; 规范引用; 引用动机; 影响因素; 扎根理论

中图分类号: G353; G322 **DOI:** 10.3772/j.issn.1673-2286.2025.12.004

引文格式: 王婧菲, 郭凤娇, 藏月, 等. 数智环境下科研软件规范引用影响因素研究[J]. 数字图书馆论坛, 2025, 21(12): 28-37.

为深入贯彻落实《中共中央 国务院关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》^[1], 充分发挥数据要素价值, 我国正加速推进科研范式转型。数字化科研环境下, 科研人员的信息需求结构发生显著变化, 呈现出从传统文献资源向多元化非文献资源拓展的趋势^[2]。在数据来源日趋庞杂和数据化趋势日益明显的情况下, 以科研软件为载体的新技术为传统资料的分析处理提供了新的手段, 极大提高了科研人员的研究效率^[3]。然而, 与科研软件日益提升的学术价值形成鲜明对比的是, 其在学术引用体系中的制度性认可仍显不足。

科研软件规范引用是其获得学术认可的重要形式, 但当前科研软件引用存在三重困境: ①在技术规范层面, 表现为引用格式不统一^[4]、版本信息缺失^[2]等标准化问题; ②在学术评价层面, 反映为软件贡献的计量与认可机制缺位; ③在实践操作层面, 体现为科研人员

的引用动机模糊和规范意识薄弱^[5]。这种系统性失范不仅损害软件开发者的权益, 更危及科研成果的可复现性与科学知识的累积性发展。尽管学术界已展开积极应对, 但科研软件规范引用情况仍不理想。鉴于此, 本文从科研人员行为认知视角出发, 采用扎根理论方法系统探索影响科研软件规范引用的关键因素及其作用路径, 为建立科学合理的科研软件规范引用体系提供参考。

1 相关研究

随着信息技术的不断发展, 科研软件对于科学研究的重要程度日益增加。Hannay等^[6]对来自40个国家/地区的1 000多名科学家的调研显示, 超90%的受访者认为软件对其研究具有关键作用。潘雪莲等^[5]通过问卷调

收稿日期: 2025-09-23

*本研究得到国家社会科学基金青年项目“单篇学术论文创新性测度及影响因素研究”(编号: 19CTQ026)资助。

查发现, 超过85%的受访人员认为软件对其研究工作具有重要性, 且超过97%的受访人员有使用软件的经验。这种依赖性催生学术界对软件学术价值认知的范式转变。Chassanoff等^[7]提出将科研软件视为“第一类研究对象”, 主张其享有与传统学术成果同等的学术地位。丁敬达等^[8]认为科研软件既是保障科研结果可复现性的关键载体, 又在一定程度上提升科学研究的效率。

科研软件的学术贡献与其规范引用存在显著失衡现象。Schindler等^[9]通过试点研究发现, 科研软件引用实践尚未得到足够的重视和改进。Pan等^[10]研究发现, 尽管科研软件在不同学科领域的应用存在一定差异, 但各学科普遍存在软件引用不足现象。在后续研究^[11]中, 他们进一步指出, 虽然研究人员对科研软件的依赖性日益增强, 但大部分研究人员未能在出版物中正式引用软件。国内科研软件引用不规范现象同样存在, 魏瑞斌^[12]对20种图书情报学期刊的分析表明, 尽管科研软件的提及次数呈现快速增长, 但并未有效转化为规范引用。崔明^[13]通过中外文献对比研究指出, 我国图书情报学论文的软件平均引用率仅为0.16, 明显低于外文文献的0.44。规范引用是科研软件获得重用的重要前提, 但由于软件实体的复杂性和动态性, 软件引用标引困难。Li等^[14]研究发现R软件及其软件包的引用不一致, 部分源于软件引用标准的多样性, 部分源于作者没有遵循标准。Du等^[15]指出软件引用中存在大量非正式的提及方式, 研究人员在引用时并未遵循相关引用指南。Wang等^[4]通过对R语言程序包的纵向分析发现, 软件在升级、维护过程中并未及时更新引用信息, 导致引用格式滞后或不一致的问题。

基于上述现状, 不同学者从多个角度提出解决方案。Kandonga等^[16]提出, 可通过设计引文标准、促进科研软件自由开放许可、实施严格同行评审等措施提高科研软件引用的可持续性。于晓彤等^[17]强调, 应借鉴国外现有的软件引用规范来完善软件引用标准, 推动科研软件的传播与共享。在标准建设层面, FORCE11 (Future of Research Communications and e-Scholarship) 工作组提出的6项原则(重要性、贡献署名、唯一标识、持久性、可访问性和特定性)已成为国际共识框架^[18]。此外, 鉴于软件的特殊属性, Chue Hong等^[19]将FAIR原则扩展为FAIR4RS原则, 以改善软件的共享和重用。在技术支撑层面, Garijo等^[20]介绍了科研软件注册库与存储库在提升科研软件的可发现性与研究透明度方面发挥着关键作用。在政策实践层面, Katz等^[21]主张应在论文

中正式引用软件, 并整理出软件引用指南, 以供科研人员、学术期刊、学术社区等参考。翟军等^[22]认为FAIR原则的适用范围已从“数据”扩展到“软件”, 且已落实到政策制定、基础设施建设和人员培训等领域。在相关政策的推动下, Elsevier、PLoS、Wiley等主流出版商已逐步将软件规范引用纳入投稿指南^[23]。

综上所述, 现有研究主要以科研软件为分析单元, 尚缺乏微观层面的主体行为研究。基于此, 本文从科研人员主体视角出发, 构建科研软件规范引用影响因素模型, 进而揭示各因素间的作用机制。

2 研究设计

2.1 研究方法

扎根理论是一种基于现有理论与研究者经验, 通过对原始数据进行编码分析以构建理论模型的质性研究方法^[24], 已形成经典、程序化和建构型扎根理论三大流派。其中, 程序化扎根理论以精准界定概念指向为核心要点, 操作流程规范, 能清晰展现范畴聚合概念的过程^[25]。本文采用程序化扎根理论, 以科研人员的软件引用实践为对象, 通过半结构化访谈获取一手数据, 深入探讨科研软件规范引用背后的复杂动因。

2.2 数据来源

科研软件是指为满足科研目的而开发的工具, 涵盖软件系统、脚本、算法、工作流或可执行程序等, 功能涉及数据采集与处理、模型构建与仿真、统计分析、可视化等, 相较于通用软件, 具有显著研究导向性、知识生成性、可复用性和可追溯性等特征^[26-27]。以文献计量软件为例, 该类软件通过对学术文献的系统分析, 识别研究热点、构建知识图谱、揭示学科演化规律, 具备知识生成性、方法跨学科适用性及过程可追溯性, 是典型的科研软件。

由于科研软件种类繁多, 且存在学科异质性, 为确保研究效度, 本文将访谈对象限定为具有文献计量软件使用经验的科研课题负责人及参与人员(包括在读研究生、博士后及青年研究人员)。访谈对象筛选标准如下: ①具备科研写作经验, 至少独立撰写过一篇规范化学术论文; ②研究过程依赖科研软件, 有文献计量软件实操经验; ③能够清晰阐述软件使用体验及引用

决策过程，且自愿参与访谈。最终筛选出21位具备不同学术背景的受访者。

采用半结构化访谈，通过预访谈完善提纲，部分关键问题如表1所示。正式访谈于2025年2—5月完成，每次访谈约30分钟，采取线上线下结合方式，遇到信息不完整处即时追问，确保数据完整准确。访谈结束后，将访谈录音转录为文本，并由人工校对。最终获得21份有效文本资料，为验证理论饱和度，随机选取3份文档作为检验样本，对其余18份文档进行系统的三级编码分析。

2.3 数据分析

2.3.1 开放式编码

借助NVivo 15.0质性分析软件，对访谈文本进行逐句编码、标记和整理，最终提取了92个初始概念。基于概念间的内在关联性和语义相似性，将其进一步归纳整合为19个初始范畴。限于篇幅，开放式编码结果（见表2）仅展示19个初始范畴中的1个原始语句及对应初始概念作为示例。

2.3.2 主轴式编码

在主轴式编码阶段，基于持续比较分析法对开放

表1 访谈提纲（部分）

编号	访谈问题
1	您在研究中使用过哪些科研软件，使用频率如何
2	您最初通过什么途径（官方文档与教程、网上文档/视频教程、相关书籍或论文、在线课程与培训、社区论坛或问答网站等）学习掌握某文献计量软件（或其他科研软件）
3	在阅读文献时，您是否会关注作者使用或引用的科研软件；会因此去查找或学习该软件吗
4	您在撰写涉及文献计量软件（或其他科研软件）的论文时，是否有意识提及或规范引用该软件
5	您如何看待科研软件在学术研究中所起到的作用；您认为软件开发者的贡献应该如何衡量
6	当某科研软件对您的研究结果至关重要时，您是否会以不同于常规工具的方式彰显其重要性
7	您认为有哪些因素会对科研人员规范引用软件产生影响

式编码结果进行归纳整合。通过不断地迭代与聚合，最终凝练出规制机制、学术环境、权属规范、软件属性、基础设施、理性决策、心理动因和引用动机8个主范畴（见表3）。

2.3.3 选择性编码

深入分析8个主范畴之间的关系，发现7个主范畴均通过不同路径直接或间接影响引用动机这一主范畴。为构建更具解释力的理论模型，将主范畴整合为4个关键层面：制度（规制机制）、伦理（学术环境、权属规范）、

表2 开放式编码结果（部分）

初始范畴	原始语句	初始概念
A1 政策规定	首先参考的是国家标准格式，但我记得这里面好像没有对这方面（软件引用）的明确格式规定	引用标准
A2 期刊要求	我觉得（软件）引用标准应该看期刊投稿指南，按照要投的期刊要求修改文献格式，但我投的一些期刊好像没有对软件引用方面的要求	投稿指南
A3 评价体系	如果软件纳入学术评价体系，就多了个标准去衡量软件的适用度或者在论文中的重视程度，我觉得是个很好的思路	评价指标
A4 奖励制度	如果基金强调软件引用，那我们就会注意了	基金资助
A5 学术诚信	我怕被说引用太多跟论文研究主题不相关的内容，就会刻意不去提到某软件，更别说引用了	逃避引用
A6 同行示范	我身边的人都不引用（软件），我觉得我也没必要引用（软件），从众心理影响较大	从众心理
A7 版权意识	当前我们使用的软件工具，我觉得还是属于如果他有收费版，你就会去找破解版这种状态	盗版依赖
A8 成果归属	目前好像没有对软件成果保护这方面的硬性要求，所以说在使用过程中不会关注开发者的贡献	贡献认知弱化
A9 软件可用性	他这个工具比较容易操作，做出来的效果很不错，对研究很有用，你会不自觉地想要去把它凸显出来	功能特征
A10 软件可见性	还有就是软件的知名程度，有些软件用的人少，甚至很少人听说过，你可能连教程都不好找，更别说去引用了	软件知名度
A11 版本可溯性	有些软件到目前为止已经更新了很多版本，我用的可能只是其中一个版本，我到底是引用他的最新版，还是引用我用的版本	版本使用差异
A12 技术平台	很多时候我会去知网上面，或者谷歌学术和百度学术，他们会有已经生成好的引用格式，但软件这种引用格式我好像没怎么见过	规范获取路径依赖
A13 管理工具	大部分时候我会直接使用文献管理软件，特别方便而且格式也很正确	工具化引用实践

续表

初始范畴	原始语句	初始概念
A14 技术素养	我知道这个软件挺有用, 但其实我不太清楚它要怎么引用, 也不知道是不是必须要写在论文中, 反正我平时没太在意这些	学术规范模糊
A15 学术需求	我们在设计监控故障诊断的系统时, 在编程过程中会使用到一些可视化的软件, 如果你脱离了这些可视化软件, 你就无法对这个程序进行可视化操作	工具依赖性
A16 引用成本	我当时发论文的时候, 只报了一部分版面费, 有一部分是我自己承担的, 对于学生而言已经是个不小的数目了, 如果再为了引用软件多占用篇幅, 确实会犹豫, 可能就省略了	篇幅成本
A17 价值认知	我一直觉得软件就是一类工具, 在你给我发过来这份访谈之前, 我真没意识到软件和参考文献一样, 是需要被规范标引的, 完全没有往这个方向想过	工具属性认知固化
A18 情感反应	因为使用这个软件, 阅读效率提升了, 论文写作效率也提升了, 这才正式发表论文, 挺感谢, 所以才特意提到这个(软件)	学术成果归因
A19 引用动机	因为有相关的要求或者大多数人的习惯, 我才会考虑引用问题	被动引用动机

表3 主轴式编码结果

主范畴	初始范畴	范畴内涵
B1 规制机制	A1 政策规定	政府或学术机构制定的政策法规、学术规范或机构章程等, 通过外部监管手段保障科研活动中软件引用的合规性
	A2 期刊要求	学术出版物通过明确的技术格式要求和引用标准规定, 直接影响软件引用实践
	A3 评价体系	科研考核制度对软件贡献的认可机制, 通过价值导向影响科研人员的引用动机
	A4 奖励制度	通过制度化的认可方式和奖励措施对科研人员的学术贡献给予价值认定和绩效回报
B2 学术环境	A5 学术诚信	学术环境中的基础价值观, 贯穿整个学术环境的核心要求
	A6 同行示范	学术共同体中的示范性引用行为对科研人员群体产生的示范效应, 通过社群压力推动规范扩散
B3 权属规范	A7 版权意识	科研人员对软件知识产权边界的认知
	A8 成果归属	外部机构明确软件研究贡献分配的规范化要求
B4 软件属性	A9 软件可用性	科研软件的易用性与功能适配性
	A10 软件可见性	科研软件在学术界的知名度、认可度与可获取性
	A11 版本可溯性	识别、获取及引用科研软件某一具体版本的可行性
B5 基础设施	A12 技术平台	自动化引用生成工具平台
	A13 管理工具	用于生成标准化引用元数据的辅助工具
B6 理性决策	A14 技术素养	科研人员对科研软件、方法、引用规范的掌握水平
	A15 学术需求	科研人员受研究目标驱动的软件规范引用行为
	A16 引用成本	科研人员软件规范引用行为所需的时间、费用、精力等
B7 心理动因	A17 价值认知	科研人员对科研软件学术价值及引用必要性的主观判断
	A18 情感反应	科研人员长期使用某科研软件后对其形成的情感连接, 愿意出于情感表达或忠诚倾向进行引用
B8 引用动机	A19 引用动机	科研人员引用软件的内在或外在动因

技术(软件属性、基础设施)、个体(理性决策、心理动因)。选择性编码结果如表4所示。

这种经制度伦理塑造、技术触发并由个体判断调

节的复杂作用机制, 构成了科研软件规范引用动机的完整形成路径。基于此, 构建科研软件规范引用影响因素模型(见图1)。

表4 选择性编码结果

作用路径	路径关系	作用内涵
制度层面→引用动机	外部驱动关系	规制机制通过“约束-引导-激励”的作用机制, 提升科研人员对软件引用的重视程度和规范意识, 进而成为激发引用动机的重要外部驱动力
伦理层面→引用动机	隐性驱动关系	学术环境和权属规范通过“示范-约束-认同”的作用路径, 既从外部营造规范的学术氛围, 又从内部培养科研人员的责任意识, 共同构成了影响引用动机的关键情境因素
技术层面→引用动机	外部驱动关系	软件属性和基础设施通过“便利-激励-保障”的协同作用路径, 既从技术层面降低引用行为的实施难度, 又从系统层面提升引用实践的质量标准, 进而提高科研人员的引用依从性和规范性
个体层面→引用动机	内在驱动关系	理性决策和心理动因通过“认知-判断-选择-反馈”的交互作用, 影响科研人员对软件引用的价值判断和行为选择, 更能通过自我调节功能促进规范引用的持续改进与优化, 成为软件引用实践的核心内生动力

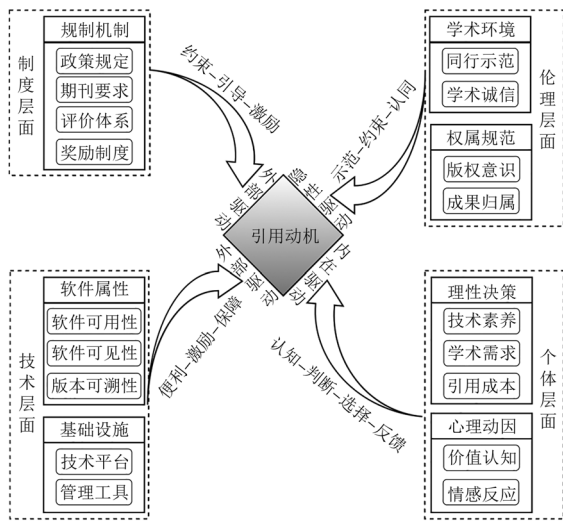


图1 科研软件规范引用影响因素理论模型

2.3.4 理论饱和度检验

理论饱和度检验中,当质性研究资料分析过程不再涌现新的概念范畴及关联关系时,理论建构达到饱和状态。对随机选取的3份访谈文档进行理论饱和度检验,结果表明未形成新的概念范畴,也未发现既有范畴间需建立新的逻辑关联。因此,可判断所构建的模型达到理论饱和。

3 模型阐释与研究发现

引用动机作为科研软件规范引用的直接驱动力,推动科研人员的关注点从“是否引用”转向“如何引用”。本文构建的理论模型表明,引用动机作为多因素交互形成的中介变量,其作用一方面来源于制度、伦理和技术所激发的外在驱动因素,另一方面则来自科研人员个体的内在驱动因素。

3.1 制度层面的外部约束作用

制度层面对引用动机的影响主要体现为规制机制(B1)形成的外部约束,具体包含政策规定(A1)、期刊要求(A2)、评价体系(A3)与奖励制度(A4)4个因素。

政策规定作为权威性制度,明确界定科研软件在科研活动中的地位及使用规范:一方面,通过划分责任、义务来明确软件使用的学术合规性,促使科研人员在使用科研软件时考虑其引用问题;另一方面,强制性

提升科研人员对规范引用的重视程度,强化对科研软件作为学术成果引用的必要性认知。

期刊要求体现为实践层面的约束机制,直接影响科研人员的引用动机。期刊对科研软件引用格式进行具体规定,科研人员在撰写论文时为避免由格式问题导致的退稿风险,被动遵循相关要求。当前,已有知名国际期刊陆续更新软件引用格式,如美国天文学会(AAS)出台了描述软件的论文或软件DOI两种引用标准^[28]。长期来看,强制性规范通过科研人员反复实践逐渐内化为引用习惯,从而塑造稳定的引用动机。

评价体系借助绩效考核、职称评定以及课题申报等机制,以间接方式对引用动机产生影响。数智环境下,科研人员开始重视科研软件学术影响力的量化评估工作,并且尝试把它纳入学术评价体系^[29]。科研人员出于获取学术认同以及绩效收益的考量,会主动对科研软件引用行为作出调整。

奖励制度作为一种直接激励手段,其效果更具即时性与针对性。当前针对科研软件的学术奖励制度还不够完善,大多数科研软件开发者无法得到与其贡献匹配的学术认可。不平衡的奖励制度会降低科研人员参与科研软件开发与共享的积极性,最终对科研软件的可持续开发与应用造成影响。正向强化机制把规范引用与实际利益直接联系起来,可提高科研人员的引用意愿,同时也能提高其引用动机的持续性与稳定性。

制度层面的“约束-引导-激励”协同作用机制对科研人员引用动机形成系统性外部驱动。这个过程包含宏观政策规制、期刊规范约束、学术评价导向以及奖励机制激励等多个方面,为科研人员引用行为确定界限,并借助利益调节机制激发规范意识,构成引用动机形成的关键外部驱动因素。

3.2 伦理层面的引导示范作用

伦理层面对科研人员引用动机的形成起到引导示范作用,具体涵盖学术环境(B2)与权属规范(B3)两个因素。

学术环境通过塑造集体认同感影响引用动机,在此过程中学术诚信(A5)和同行示范(A6)起到关键作用。学术诚信在科研软件引用中体现为对他人学术贡献的认可以及学术责任的自觉承担,其产生的内在道德约束构成了引用动机的关键基础。在缺乏明确要求的情况下,科研人员受到同行示范效应影响,会参考所在领

域权威学者、主流期刊的引用实践, 逐渐形成规范引用的习惯。这种群体性示范效应使得引用行为从学者个人选择转变为学术共同体的共识, 强化了科研软件规范引用的价值认知。

权属规范通过明确知识产权边界构建科研人员责任伦理, 为学术成果的合理分配提供制度保障, 涵盖版权意识(A7)和成果归属(A8)两个维度。版权意识是指科研人员引用科研软件时, 对软件开发者以及相关知识产权所给予的尊重与保护。随着开源运动的发展, 科研人员逐渐认识到规范引用科研软件与学术道德相关, 是合法使用的基本要求。成果归属是指科研人员对科研软件开发者贡献的合理认定, 规范引用行为体现出科研人员对知识产权的尊重, 也反映出其对知识创造的价值认同。借助清晰的贡献认定机制, 权属规范可明确界定科研软件在科研活动中的具体贡献度, 为引用行为提供可操作的规范标准。

伦理层面的“示范-约束-认同”机制成为科研软件规范引用的隐性驱动力。伦理层面的作用机制通过构建学术共同体的价值共识和认知框架, 在潜移默化中重塑科研人员的行为意向, 促使其自发形成引用动机。

3.3 技术层面的前提保障作用

在技术层面, 功能的实现以及操作便捷程度对科研人员引用动机的形成极为关键, 技术层面具体涵盖软件属性(B4)与基础设施(B5)两个方面。

软件属性主要指科研软件自身的特性给科研人员引用行为带来的影响, 涉及软件可用性(A9)、软件可见性(A10)以及版本可溯性(A11)。软件可用性是引用行为发生的基础条件。只有当科研软件切实可支撑研究流程时, 科研人员才会考虑规范引用软件, 而科研软件在功能完善性、用户友好性以及适配性等方面的表现对其使用频率以及引用概率产生直接影响。软件可见性借助降低认知成本的方式推动引用行为, 知名度较高的科研软件更容易被检索且受信任。引用被广泛认可的科研软件有助于科研人员获得学术共同体的认同, 形成一种良性循环。版本可溯性关乎引用操作的可行性, 版本更新致使的引用格式混乱是科研软件引用缺失或错误的主要原因^[30]。因此, 提供标准化引用模板的科研软件更易被规范引用。

基础设施包括技术平台(A12)和管理工具(A13)两个核心维度, 主要起到系统性支持以及工具辅助作

用。技术平台为科研软件引用提供保障, 现代科研数据存储平台借助持久化存储以及标准化元数据接口, 不仅可以保证科研软件的可获取性, 还可以为规范引用提供技术支持, 为后续科研人员的验证和复现提供可能^[31]。管理工具凭借技术手段降低科研软件引用操作的成本, 文献管理工具可通过开发专用插件、扩展程序以及与软件开发者协同合作, 实现科研软件引用数据的自动提取以及格式生成, 降低科研软件使用者的认知负担, 激发科研人员主动引用意愿。

技术层面的“便利-激励-保障”路径为引用动机形成提供外部驱动, 构成规范引用行为的前提保障。技术层面依靠功能实现与工具支持, 借助降低操作门槛、给予正向反馈以保证科研软件规范引用, 在实践层面引导科研人员形成稳定的引用行为模式。

3.4 个体层面的内在驱动作用

个体层面为科研软件规范引用动机的形成提供内在动力, 包括理性决策(B6)与心理动因(B7)两个因素。

理性决策是科研人员在科研软件引用过程中基于知识储备、目标导向与成本权衡所形成的行为选择机制, 通过技术素养(A14)、学术需求(A15)和引用成本(A16)作用于引用动机的生成。技术素养是用于判断科研人员是否拥有引用能力和是否引用的前置条件, 具体包含对软件功能、引用规范以及技术流程的掌握程度等方面。就学术需求而言, 引用决策实际上是一种目标导向的行为选择过程, 当特定软件被科研人员认定为达成科研目标的关键工具时, 其引用行为大多呈现必然特性。在引用成本方面, 行为决策过程表现为典型的可行性评估。科研人员会全面考量时间投入、操作复杂度以及经济成本等要素, 以此衡量引用行为的可操作性。

心理动因则以情感认同为基础, 提供持续的内在支持, 有效强化引用动机, 包括价值认知(A17)和情感反应(A18)两个因素。价值认知是科研人员对科研软件引用行为的内在认同, 通过双重路径影响引用动机: 一是对科研软件学术贡献的价值判断, 二是对引用行为可能带来的收益或风险的主观预期。情感反应是引用动机中较为稳定的内在动力, 科研人员在长期使用某科研软件后, 会与其建立情感认同。这种情感认同会自行转化为内在引用动机, 推动科研软件规范引用的形成。

个体层面的“认知-判断-选择-反馈”机制对引用动机形成内在驱动作用，科研人员通过不断积累经验、调节自身行为，对科研软件引用的价值和方式展开持续评估，形成稳定的引用行为模式。当规范引用获得个体价值认同并形成行为习惯时，引用行为将不再依赖外部强制因素，而是转变为主动、持续且稳定的学术实践。

科研软件规范引用动机的形成与发展是一个多维度、多层次的动态演化过程。从驱动机制来看，制度层面的刚性约束、伦理层面的柔性引导、技术层面的基础保障以及个体层面的内生动力共同构成引用动机的四维驱动模型，各维度相互渗透、协同作用，推动科研软件规范引用从被动合规向主动认同转变。这一演化过程体现出科研软件从研究工具到学术成果的认知跃迁，也反映了数智环境下学术评价体系的深层变革。

4 对策建议

为系统化治理科研软件引用不规范问题，本文面向科技主管部门、科研机构、学术期刊、技术平台以及科研人员等多方主体，提出以下对策建议，旨在构建制度完善、权责清晰、技术赋能、意识普及的协同治理体系。

4.1 明规立范，建立科研软件规范引用体系

(1) 推动政策标准体系建设。由国家科技主管部门牵头，联合高校科研管理部门、学术出版机构和专业学会等机构，制定《科研软件引用规范》等指导性文件。同时，修订《信息与文献 参考文献著录规则》，增设科研软件引用专门章节，明确软件名称、版本号、开发者等核心元数据字段，制定分学科、分类型的实施细则。在此过程中，充分借鉴国际共识性框架，如FORCE11组织提出的软件引用原则^[18]。通过建立层次分明、操作性强的标准体系，为科研人员提供明确的引用指导。

(2) 完善评价与激励机制。在职称评审、项目申报等环节，将科研软件规范引用纳入科研诚信评价体系。同时，承认新形式的学术奖励制度^[32]，对规范引用行为给予绩效加分；支持学术组织建立科研软件引用计量指标，开展优秀引用案例评选。通过构建评价、激励、示范的闭环机制，引导科研人员主动遵守科研软件引用规范。

(3) 强化学术期刊引导作用。鼓励学术期刊在投稿系统中设置科研软件引用审核模块，将科研软件引用合规性纳入审稿标准；编制学科专用引用指南，提供标准模板和格式校验工具；定期发布优秀引用案例，发挥示范引领作用。通过学术期刊把关，将规范引用要求延伸至成果发布端，切实提升规范引用的执行效果。

4.2 明权定责，构建科研软件知识产权保护体系

(1) 完善法律保障体系。政策制定者、科研机构等应通过立法与制度化措施，明确科研软件的版权归属、许可方式与使用合规性，以构建长期可维护的科研软件生态体系^[33]。修订《著作权法》实施细则，明确科研软件的知识产权边界。对科研活动中使用盗版科研软件的行为实施分级处罚，建立涵盖举报受理、调查处理、责任追究的全流程监管机制。推动建立科研软件正版认证制度，将软件合规性使用纳入科研诚信档案管理，形成有效的法律威慑。

(2) 落实科研机构管理责任。科研机构应建立科研软件使用全流程管理制度，包括项目立项时的科研软件使用备案、研究过程中的定期合规审查、成果产出时的授权核查。设立科研软件合规使用专项考核指标，对违规行为一票否决，对合规使用予以激励，形成约束与激励并重的管理机制。

4.3 技术赋能，完善技术支撑体系

(1) 打造互联互通的引用技术生态系统。推动主流文献发布平台与文献管理工具建立标准化接口，实现软件元数据与文献引用格式的智能转换。鼓励科研软件发布平台设立“软件引用”功能模块，自动生成标准引用文本；建立科研软件动态更新机制，确保科研软件版本迭代时引用信息的实时同步。该生态系统可显著降低引用操作复杂度，从技术源头提升引用行为的可行性和规范性。

(2) 建设权威元数据知识库。建设科研软件元数据知识库，对软件名称、版本号、开发者等核心元数据实施统一编码。知识库的搭建可借鉴现有研究成果^[34-35]，并在此基础上推进标准化管理，完善科研软件保存体系和保障制度^[36]。知识库采用开发者申报与机构审核的数据更新模式，同时提供标准化查询与引用生成服务。该

知识库将作为科研软件的数字身份证系统, 确保引用信息的准确性、完整性和可持续性, 为科研软件溯源提供基础支撑。

4.4 明教筑基, 提升科研人员技术素养

(1) 加强科研软件规范引用教育。高校可在研究生培养方案中增设“科研软件规范引用”必修模块, 与科研伦理、学术写作等课程相结合, 推动科研软件规范引用教育渗透到科研人员培养全过程。在课程设计中, 应融入国际前沿理念, 如FAIR4RS原则^[26], 通过理论与实践相结合的培养模式, 使科研人员从学术生涯初期就掌握科研软件规范引用方法。

(2) 搭建常态化培训支持平台。高校图书馆可定期举办专题讲座, 邀请文献管理工具领域的专家解读最新规范, 并开展案例教学, 分析典型引用实例。培训对象应覆盖全校师生, 确保规范引用意识的全面普及。通过系统化、常态化的培训机制, 有效提升科研人员的规范引用意识和技术素养。

5 结语

本研究以探究科研软件规范引用影响因素为目的, 通过半结构化访谈和扎根理论方法, 构建科研软件规范引用影响因素模型。在理论层面, 从科研人员视角出发, 创新性地整合制度因素、伦理因素、技术因素以及个体因素, 构建出较为完整的理论模型, 为后续相关量化研究提供理论依据。在实践层面, 研究结果揭示出科研人员在软件规范引用过程中的行为逻辑和实际需求, 为制定针对性的规范引用对策提供科学依据。

本研究仍具有一定局限性: ①主要聚焦科研软件的核心使用群体, 未能充分整合软件开发者在软件学术价值、规范引用等方面的深层次认知, 从而难以全面揭示“开发者-使用者”这一核心互动关系的全貌; ②作为一项质性探索研究, 虽然构建出初步的理论框架, 但尚未通过量化方法进行验证。后续研究可拓展多主体视角, 采用混合研究方法, 检验并完善现有理论模型, 进一步提升研究的适用性。

参考文献

[1] 中共中央 国务院关于构建数据基础制度更好发挥数据要素

作用的意见[EB/OL]. [2025-08-25]. http://www.gov.cn/zhengce/2022-12/19/content_5732695.htm.

- [2] HOWISON J, BULLARD J. Software in the scientific literature: problems with seeing, finding, and using software mentioned in the biology literature[J]. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 2016, 67 (9): 2137-2155.
- [3] 马费成, 张瑞, 李志元. 大数据对情报学研究的影响[J]. *图书情报知识*, 2018, 35 (5): 4-9.
- [4] WANG Y Z, LI K. How do official software citation formats evolve over time? A longitudinal analysis of R programming language packages[J]. *Scientometrics*, 2024, 129 (7): 3997-4019.
- [5] 潘雪莲, 孙梦佳, 于晓彤, 等. 中国科研人员的科学软件使用和引用行为研究[J]. *现代情报*, 2021, 41 (8): 76-86.
- [6] HANNAY J E, MACLEOD C, SINGER J, et al. How do scientists develop and use scientific software? [C]//2009 ICSE Workshop on Software Engineering for Computational Science and Engineering. New York: IEEE Press, 2009: 1-8.
- [7] CHASSANOFF A, ALTMAN M. Curation as “interoperability with the future”: preserving scholarly research software in academic libraries[J]. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 2020, 71 (3): 325-337.
- [8] 丁敬达, 郑巧, 刘超. 软件引用及其规范的理论探索和实践进展[J]. *图书情报工作*, 2021, 65 (11): 143-152.
- [9] SCHINDLER D, BENSMANN F, DIETZE S, et al. The role of software in science: a knowledge graph-based analysis of software mentions in PubMed Central[J]. *PeerJ Computer Science*, 2022, 8: e835.
- [10] PAN X L, YAN E J, HUA W N. Disciplinary differences of software use and impact in scientific literature[J]. *Scientometrics*, 2016, 109 (3): 1593-1610.
- [11] PAN X L, YAN E J, CUI M, et al. How important is software to library and information science research? A content analysis of full-text publications[J]. *Journal of Informetrics*, 2019, 13 (1): 397-406.
- [12] 魏瑞斌. 基于论文提及的科学软件在国内图书情报学领域的应用现状分析[J]. *情报杂志*, 2021, 40 (5): 165-170.
- [13] 崔明. 国内外图书情报学领域软件使用与引用调查研究[D]. 南京: 南京大学, 2019.
- [14] LI K, YAN E J, FENG Y Y. How is R cited in research outputs? Structure, impacts, and citation standard[J]. *Journal of Informetrics*, 2017, 11 (4): 989-1002.

- [15] DU C F, COHOON J, LOPEZ P, et al. Understanding progress in software citation: a study of software citation in the CORD-19 corpus[J]. PeerJ Computer Science, 2022, 8: e1022.
- [16] KANDONGA G A, DING J D, YUAN Y Q. Moving toward sustainable software citation practices to improve the quality of scientific research[J]. Információs Társadalom, 2022, 22 (4) : 49.
- [17] 于晓彤, 潘雪莲, 华薇娜. 知识图谱研究中的软件引用和扩散分析[J]. 情报资料工作, 2019, 40 (2) : 19-29.
- [18] SMITH A M, KATZ D S, NIEMEYER K E. Software citation principles[J]. PeerJ Computer Science, 2016, 2: e86.
- [19] CHUE HONG N P, KATZ D S, BARKER M, et al. FAIR principles for research software (FAIR4RS principles) [EB/OL]. [2025-08-25]. <https://zenodo.org/records/6623556>.
- [20] GARIJO D, MÉNAGER H, HWANG L, et al. Nine best practices for research software registries and repositories[J]. PeerJ Computer Science, 2022, 8: e1023.
- [21] KATZ D S, HONG N P C, CLARK T, et al. Recognizing the value of software: a software citation guide[J]. F1000Research, 2020, 9: 1257.
- [22] 翟军, 程义婷, 王统左, 等. 科学软件共享的FAIR原则: 背景、内容与实践[J]. 情报资料工作, 2023, 44 (2) : 93-101.
- [23] FORCE11 Software Citation Implementation Working Group. Software citation policies index[EB/OL]. [2025-08-25]. <https://www.chorusaccess.org/resources/software-citation-policies-index>.
- [24] STRAUSS A L. Qualitative analysis for social scientists[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1987: 5.
- [25] 贾旭东, 衡量. 扎根理论的“丛林”、过往与进路[J]. 科研管理, 2020, 41 (5) : 151-163.
- [26] BARKER M, CHUE HONG N P, KATZ D S, et al. Introducing the FAIR principles for research software[J]. Scientific Data, 2022, 9: 622.
- [27] FELDERER M, GOEDICKE M, GRUNSKÉ L, et al. Investigating research software engineering: toward RSE research[J]. Communications of the ACM, 2025, 68 (2) : 20-23.
- [28] American Astronomical Society. Policy statement on software[EB/OL]. [2025-08-25]. <https://journals.aas.org/policy-statement-on-software>.
- [29] 陆彩女, 顾立平. 软件级别计量: 概念辨析与应用途径[J]. 中国图书馆学报, 2022, 48 (4) : 116-129.
- [30] SOCIAS S M, MORIN A, TIMONY M A, et al. AppCiter: a web application for increasing rates and accuracy of scientific software citation[J]. Structure, 2015, 23 (5) : 807-808.
- [31] GROTH P, COUSIJN H, CLARK T, et al. FAIR data reuse—the path through data citation[J]. Data Intelligence, 2020, 2 (1/2) : 78-86.
- [32] HWANG L J, PAULO R A, CARLEN J. Assessing the impact of outreach through software citation for community software in geodynamics[J]. Computing in Science & Engineering, 2020, 22 (1) : 16-25.
- [33] MCKIERNAN E C, BARBA L, BOURNE P E, et al. Policy recommendations to ensure that research software is openly accessible and reusable[J]. PLoS Biology, 2023, 21 (7) : e3002204.
- [34] MAO A, GARIJO D, FAKHRAEI S. SoMEF: a framework for capturing scientific software metadata from its documentation[C]//2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). New York: IEEE Press, 2020: 3032-3037.
- [35] KELLEY A, GARIJO D. A framework for creating knowledge graphs of scientific software metadata[J]. Quantitative Science Studies, 2021, 2 (4) : 1423-1446.
- [36] 姚伟欣, 顾立平. 科研软件的长期发展保障初探性研究[J]. 情报理论与实践, 2023, 46 (1) : 16-23.

作者简介

王婧菲, 女, 硕士研究生, 研究方向: 信息计量与科学评价。

郭凤娇, 女, 博士, 副研究馆员, 硕士生导师, 通信作者, 研究方向: 信息计量与科学评价, E-mail: happyguofj@126.com。

藏月, 女, 硕士研究生, 研究方向: 信息计量与科学评价。

高凤娇, 女, 硕士研究生, 研究方向: 信息计量与科学评价。

靳庆雯, 女, 硕士研究生, 研究方向: 信息计量与科学评价。

Influencing Factors of Normative Citation of Scientific Research Software in Digital and Intelligent Environment

WANG JingFei GUO FengJiao ZANG Yue GAO FengJiao JIN QingWen

(School of Information Management, Shandong University of Technology, Zibo 255049, P. R. China)

Abstract: In the digital and intelligent environment, scientific research software has become an essential component of scholarly research, and its normative citation is of great significance for enhancing research integrity and maintaining academic norms. From the perspective of researchers, this study adopts a procedural grounded theory approach to conduct three-stage coding of in-depth interview data from 21 researchers. A total of 19 initial categories and 8 main categories are identified. Based on a systematic analysis of the relationships among these categories, an influencing factor model of normative research software citation is constructed. The findings indicate that normative citation of scientific research software is jointly shaped by multiple dimensions, including institutional constraint, ethical cognition, technical condition, and individual characteristic. Accordingly, this study proposes several policy implications: clarifying rules and standards to establish a normative citation system for research software; defining rights and responsibilities to build a sound intellectual property protection framework; empowering citation practices through technological support; and strengthening education and training to enhance researchers' technical literacy.

Keywords: Scientific Research Software; Normative Citation; Citation Motivation; Influencing Factor; Grounded Theory

(责任编辑: 常春)