

文章编号: 1000-5641(2025)05-0125-15

开源创新的现状、热点及趋势分析 ——基于2005—2024年知网文献的计量研究

王 锐, 吕秋月, 廖 佳

(上海对外经贸大学 国际经贸学院, 上海 201620)

摘要: 基于中国知网 (CNKI) 2005—2024 年篇名包含“开源”的期刊文献, 构建了涵盖 732 篇有效文献的样本库, 采用文献计量方法, 从年度发文量、学科分布、关键词共现与聚类、突现词及时间区间演化等维度系统分析了我国开源创新研究的演进特征与热点主题. 结果表明, 我国开源创新研究经历了起步探索、稳步发展和快速增长 3 个阶段, 近 5 年的发文量显著攀升; 学科分布呈现多学科交叉格局, 以图书情报、计算机科学与工业技术为核心, 并延伸至教育、管理、法学等领域; 关键词聚类揭示出九大核心研究领域, 并对各领域代表性成果进行了述评; 时间区间演化分析显示, 未来的研究将主要聚焦于人工智能与开源生态的深度融合、开源社区协作与治理模式演进、开源软件安全与供应链风险识别, 以及开源法律与知识产权保护. 基于上述发现, 提出强化人工智能与开源生态协同治理, 完善供应链安全体系, 推进法律与许可制度创新, 构建面向产业与公共服务的数字开源基础设施等建议, 以推动我国开源创新的可持续发展.

关键词: 开源创新; 文献计量分析; CiteSpace; 开源治理; 研究热点

中图分类号: TP311 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1000-5641.2025.05.012

Analysis of the status, hotspots, and trends of open-source innovation: A bibliometric study based on CNKI literature from 2005 to 2024

WANG Rui, LYU Qiuyue, LIAO Jia

(School of International Trade and Economics, Shanghai University of International Business and Economics, Shanghai 201620, China)

Abstract: This study systematically analyzes the evolutionary characteristics and research hotspots of open-source innovation in China. A dataset comprising 732 valid journal articles, with “open-source” in the title, was retrieved from the China National Knowledge Infrastructure (CNKI) for the period 2005–2024. A bibliometric approach was employed to examine such dimensions as annual publication volume, disciplinary distribution, keyword co-occurrence and clustering, burst keywords, and timeline evolution. The results indicate that research in this field has progressed through three stages, initial exploration, steady development, and rapid growth, with a significant surge in publications over the past five years. Disciplinary distribution analysis reveals a multidisciplinary landscape centered on library and information science, computer science, and industrial technology, which extends to fields such as education, management, and law. Keyword clustering analysis identifies nine core research areas, accompanied by a review of the representative literature within each cluster. Timeline evolution analysis suggests that future research will likely focus on the deep integration of artificial intelligence (AI) and open-source ecosystems,

收稿日期: 2025-02-02

基金项目: 国家社会科学基金 (21BGJ039)

第一作者: 王 锐, 男, 博士, 副教授, 研究方向为数字经济、开源创新、数字贸易. E-mail: wangrui@sui-be.edu.cn

the evolution of collaboration and governance models in open-source communities, open-source software security and supply chain risk identification, and open-source law and intellectual property protection. On the basis of these findings, we propose several recommendations to foster the sustainable development of open-source innovation in China, including strengthening the synergistic governance of AI and open-source ecosystems, enhancing supply chain security systems, advancing innovations in legal and licensing frameworks, and constructing a digital open-source infrastructure oriented toward industrial and public services.

Keywords: open source innovation; bibliometric analysis; CiteSpace; open source governance; research hotspots

0 引言

在数字经济加速演进的时代背景下, 开源创新正日益成为推动全球科技进步与经济增长的重要引擎. 开源理念源于 20 世纪 90 年代的软件领域, 其核心精神是开放、协作与共享, 允许用户自由使用、修改和再分发源代码. 这一模式不仅深刻改变了传统软件产业的研发与商业逻辑, 还迅速扩展至硬件、数据、标准、教育等多个技术与非技术领域, 演变为驱动技术创新与社会变革的重要机制. 依托开放资源与集体智慧, 开源创新在降低研发成本、加快技术迭代、促进知识与技术扩散方面展现出独特优势, 已成为各国数字化转型战略的重要组成部分.

随着大数据、人工智能、区块链等前沿技术的快速发展, 开源技术的战略价值愈发凸显. 包括中国在内的多个国家和地区, 已将开源纳入国家战略层面加以部署. 例如, 《中华人民共和国国民经济和社会发展的第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》明确提出“发展开源社区, 培育壮大开源生态”. 以开源软件、开源硬件和开源数据为核心的创新模式, 不仅推动了全球技术协作与知识共享, 还为中小企业、初创企业和科研机构提供了低门槛的创新平台, 促进了新兴产业集群与应用生态的形成.

然而, 尽管开源创新在技术与产业层面发展迅速, 我国学术界对其研究仍呈现出主题分散、体系不够完善、热点演化特征有待系统揭示等问题. 在政策驱动和产业实践的双重推动下, 我国开源创新研究的发展轨迹、学科分布与主题热点等亟需进行系统梳理, 从而为学术研究提供理论依据, 也为政府制定开源政策, 产业界布局开源生态提供数据支持与决策参考.

基于此, 本文采用文献计量与知识图谱分析方法, 对 2005—2024 年我国开源创新研究进行系统分析, 揭示其演化路径、学科特征与热点主题, 并结合政策与产业环境研判未来发展趋势, 以期为学术界、产业界和政策制定部门提供有价值的参考与借鉴.

1 数据来源与分析方法

1.1 数据来源

本研究所使用的文献数据来自中国知网 (CNKI) 学术期刊数据库. 作为目前国内最为全面且权威的中文学术资源平台, CNKI 覆盖了理学、工学、农学、医学、经济学、管理学、法学、教育学等多个学科领域, 收录内容包括期刊论文、会议论文和学位论文等, 具有高度的学术代表性与权威性.

为系统呈现我国开源创新研究的发展历程与现状, 研究将时间跨度设定为 2005—2024 年, 涵盖了开源理念在我国兴起 (21 世纪初) 至当前数字经济与人工智能快速发展的全过程. 检索工作于 2025 年 7 月进行, 使用 CNKI 高级检索功能, 检索式设定为篇名 = “开源”. 并将来源限定为高质量期刊, 包括 SCI 来源期刊、EI 来源期刊、CSSCI 中文社会科学引文索引来源期刊、CSCD 中国科学引文数据库来源期刊、北京大学《中文核心期刊要目总览》(北大核心) 及 AMI 中国人文社会科学核心期

刊等权威收录体系,以确保样本质量与学术水平。

初步检索共获得 918 篇文献。研究团队对题录进行人工清洗与筛选,剔除与研究主题无关的文献(如涉及“开源节流”“开源疏浚”等非技术性用语的内容)、新闻报道(如“本刊讯”)、会议征文通知及产品广告等非学术性文献,同时删除重复记录。经过筛选与去重,最终获得 732 篇符合研究主题且具有学术研究属性的有效期刊文献题录,为后续的文献计量与知识图谱分析提供了准确、科学且可重复验证的数据基础。

1.2 分析方法

本研究以文献计量分析法为核心研究方法。文献计量分析法起源于情报学与科学计量学领域,通过对文献的数量特征、内容特征及引用关系进行定量处理与统计建模,可以从宏观层面揭示特定学术领域的研究热点、知识结构、合作网络及演化趋势。与传统的定性综述相比,该方法能够依托大规模样本数据提供客观、系统、可重复验证的结论,尤其适用于对开源创新这样跨学科、动态性强的研究领域进行全局性与趋势性分析。

在工具选择上,本文采用 CiteSpace 作为主要的可视化分析软件。CiteSpace 是由陈超美教授开发的一款面向科学知识图谱构建的分析平台,具有时间切片、共现网络构建、聚类分析、突现词检测、路径分析等核心功能,能够系统呈现研究领域的结构特征与演化脉络。其突现检测算法可以捕捉在短期内显著增长的关键词或文献节点,从而揭示潜在的研究前沿与学术趋势;聚类功能可将共现关键词或共被引文献按照相似性分组,形成具有语义标签的知识聚类,有助于识别主题领域的内部结构。

结合研究目标与数据特征,本文的分析流程包括以下 4 个环节。

1) 年度发文趋势分析:统计 2005—2024 年各年度的发文量,识别研究热度变化曲线与关键增长节点,并结合国家政策与重大产业事件分析成因。

2) 学科分布与跨领域特征分析:基于文献来源期刊的学科分类,评估我国开源创新研究的学科集中度与跨学科交叉特征。

3) 关键词共现与聚类分析:提取标题、摘要及作者关键词中的高频词,构建关键词共现网络并进行聚类分析,识别核心研究主题、热点领域及其相互关联。

4) 研究前沿与趋势分析:利用 CiteSpace 突现词检测与时间区间视图,识别在特定时期内频率显著上升的关键词,揭示研究前沿的动态变化与热点迁移路径。

通过上述多维度、系统化的分析方法,本文能够从宏观趋势、学科分布、研究主题到前沿动态等方面,全面刻画我国开源创新研究的整体格局,并为研判未来的发展方向提供数据支撑与方法保障。

2 开源创新研究的现状分析

2.1 发文量趋势

发文量是文献计量研究中的核心指标之一,可直观反映特定领域的学术活跃度与研究关注度变化。本文基于 2005—2024 年有效期刊文献数据,对年度发文量进行了统计与可视化(图 1),在此基础上结合政策背景与产业事件进行阶段性研判。结果显示,近 20 年来我国开源创新研究经历了由缓慢起步、稳步发展到快速增长的阶段性演进,其变化趋势与数字经济战略推进及开源生态建设进程高度契合。总体上,发文量从 2005 年的 5 篇增长至 2024 年的 72 篇,尤其是近 5 年来呈现显著跃升态势。结合数据特征与政策脉络,可将其发展过程划分为 3 个阶段。

1) 起步期(2005—2010 年):发文量基数较低,该时间段年均不足 31 篇,且波动明显(最低 5 篇,最高 52 篇)。研究多集中在开源软件引入与技术应用实践,理论框架构建与本土化案例研究较少。政策层面,国家尚未将开源纳入科技或产业发展战略,学术研究更多受到国际开源运动影响,研究对象

以 Linux 基金会、Apache 基金会等国际组织的协作模式与标准化机制为主。

2) 发展期 (2011—2018 年): 年度发文量稳定在 23 ~ 44 篇, 年均约 35 篇, 研究主题逐渐扩展至开源治理、社区运营、商业模式等领域. 2015 年《“互联网 + ”行动指导意见》的发布成为重要转折点, 推动开源技术在云计算、大数据、人工智能等领域加速落地, 研究焦点从单纯的技术适配转向技术与产业、政策的互动机制分析。

3) 快速增长期 (2019—2024 年): 2019 年起发文量显著提升, 2020 年后连续 3 年保持在 40 篇以上, 2024 年达到峰值 72 篇. 增长动力主要来自 3 个方面: 其一, 国家层面首次在政策文件中明确提出建设开源生态 (如 2021 年《“十四五”规划》相关部署); 其二, 人工智能、物联网、区块链等前沿技术推动开源在产业中的战略地位提升; 其三, OpenEuler、鸿蒙等国内重大开源项目的示范效应显著提升了学界关注度. 本阶段研究主题高度多元化, 既涵盖了开源技术的工程实现, 也拓展至法律治理、产业协同创新、数字经济安全等新兴领域。

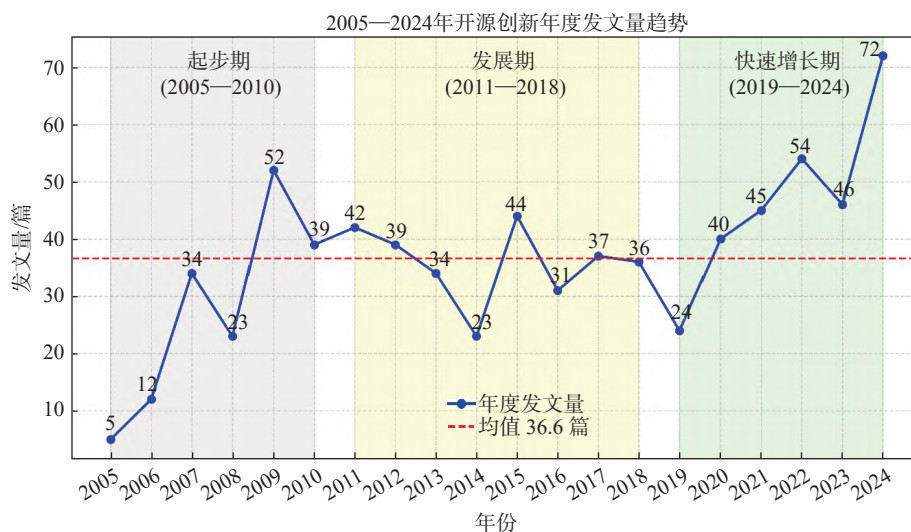


图 1 2005—2024 年我国开源研究发文量统计

Fig. 1 Number of open-source research publications in China (2005—2024)

我国开源创新研究的发文量变化与国家数字经济政策演进高度契合, 政策出台往往对应研究热度的阶段性提升. 这表明, 在政策持续引导、产业需求增长和全球开源生态深度融合的背景下, 国内开源创新研究在技术、治理和商业模式等维度有望进一步深化, 并形成更加系统化的理论与实践成果。

2.2 学科分布

为揭示我国开源创新研究在不同学科领域的分布特征, 本文基于 732 篇有效期刊文献的刊名信息, 并结合中国知网的期刊学科对照表进行归类与统计分析. 结果显示, 开源创新研究具有显著的多学科交叉特征, 但分布呈现一定集中度, 主要集中在计算机科学、图书情报、工业技术及教育等领域。

由图 2 可知, 从分布结构看, 图书情报学科占比最高 (194 篇, 占 26.5%), 形成了以文献管理、信息组织、知识共享与开放获取为核心的研究体系, 体现了该领域对开源理念与资源开放的高度关注与制度化探索. 计算机科学领域位居第二 (148 篇, 占 20.2%), 研究多聚焦于开源软件开发、系统架构优化、社区协作机制, 以及人工智能、大数据等前沿技术中的开源应用, 凸显了开源技术在计算机科学核心议题中的重要地位. 工业技术学科紧随其后 (141 篇, 占 19.3%), 涉及开源硬件、开源制造平台、智能制造系统及工业自动化中的开源应用, 反映出开源理念正由软件领域向硬件和制造业深度渗透. 教育学领域 (55 篇, 占 7.5%) 主要探讨开源教育资源建设与教学模式创新; 管理科学 (38 篇, 占 5.2%)

聚焦开源社区治理、项目管理与协作模式;科学学研究(31篇,占4.2%)则多从创新模式、科研合作网络与技术扩散规律等角度切入,分析开源的创新机制与知识流动特征。

除此之外,经济(18篇,占2.5%)、社会科学(16篇,占2.2%)、系统科学(10篇,占1.4%)、法学(10篇,占1.4%)、农业科学(10篇,占1.4%)等学科也有所涉猎,体现了开源理念在经济运行机制、法律制度建设及农业科技创新等领域的外溢与融合。化学、环境科学、医学、数学、新闻传播学等学科占比不足1%,多以开源技术在本领域的应用探索或跨学科合作为主。

总体来看,我国开源创新研究呈现出“信息科学与技术为核心、图书情报为特色、多学科交叉融合”的格局。这一学科结构既反映了开源创新的技术驱动属性,也体现了其在知识管理与资源共享领域的制度优势。随着数字经济与智能化转型的深入,预计未来将出现更多的跨学科融合成果,特别是在教育、法律、经济管理与社会治理等与数字经济密切相关的领域中,开源创新的制度化与应用化价值将进一步凸显。

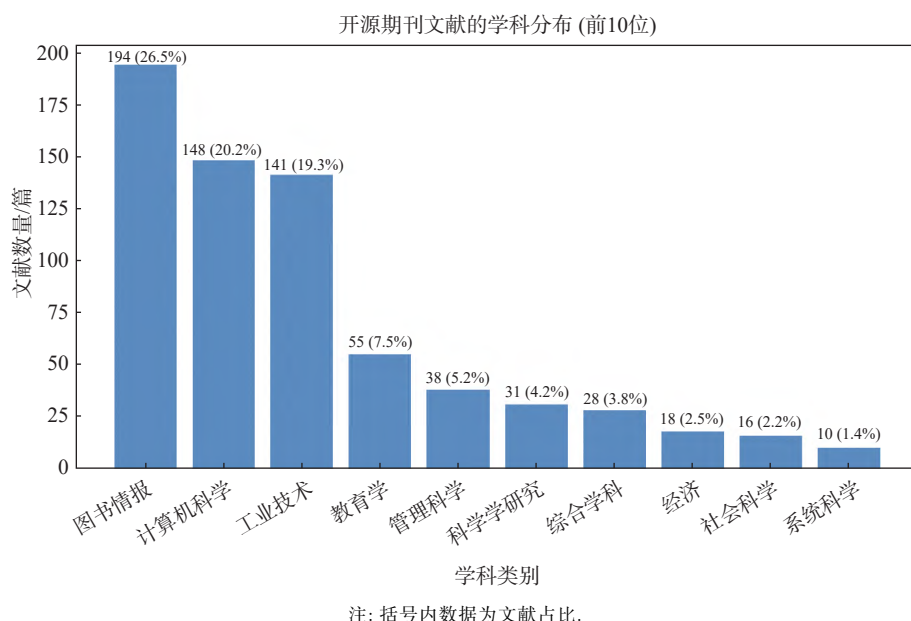


图2 2005—2024年我国开源研究学科分布统计

Fig. 2 Disciplinary distribution of open-source research in China (2005–2024)

3 开源创新研究热点分析

CiteSpace的关键词聚类功能,可以有效探析特定研究领域中的热门研究主题,并揭示其内部结构特征与关联模式。本研究对2005—2024年国内开源相关研究的题录数据进行转换与导入后,基于对数似然比(Log-Likelihood Ratio, LLR)算法生成了8个主要聚类区域(图3)。聚类规模由聚类内包含的关键词数量表征,规模越大,表明该主题下的相关研究越多、学术关注度越高。每个聚类区域由CiteSpace自动生成标签(#编号+关键词),这些标签是通过突现检测算法识别出的在特定时间段内呈现明显新趋势或快速变化的关键词,能够反映该研究主题的核心内涵与演化特征。聚类结果显示,网络的模块度 Q 值为0.7993,轮廓值 S 为0.9805,表明聚类结构具有较高的显著性与内部一致性,研究主题划分较为清晰。8个聚类的空间分布差异明显,聚类之间既存在相对独立的主题聚合,也表现出一定的交叉关联。例如,“#0 开源软件”是规模最大、连接度最高的核心聚类,呈辐射状结构,覆盖了从技术体系构建、法律治理到安全防护的广泛议题;“#1 开源”位于网络左侧,与“#3 开源社区”、“#2 开源情报”形成多点交叉,体现出其在社区协作、情报分析、平台建设等方面的基础支撑作用;

“#7 人工智能”则与“#6 开源框架”及“#2 开源情报”形成紧密联系,说明智能化技术与开源研究的融合趋势明显.整体上,国内开源研究已形成“核心技术—社区生态—情报安全—智能融合”的多维格局,各主题间保持较高的关联性及一定的独立性.

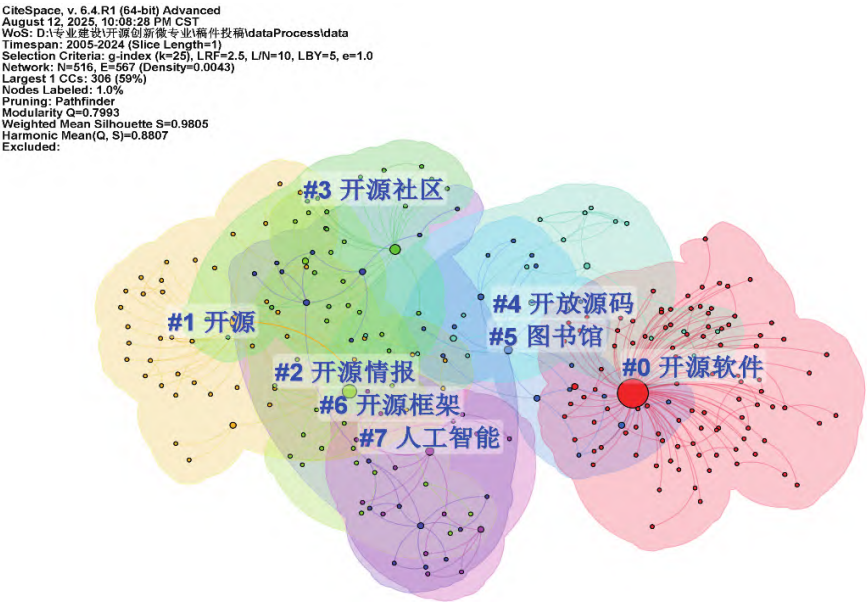


图 3 2005—2024 国内开源研究关键词聚类主题分析图
Fig. 3 Thematic map of keyword clusters for open-source research in China (2005–2024)

在此基础上,结合聚类内的其他高频关键词,并参考相关文献内容,笔者对各聚类主题进行了人工归纳与命名,从而更准确地刻画出国内开源研究的主要领域与热点方向(表 1).

表 1 2005—2024 年国内开源研究热点关键词统计
Tab. 1 Statistics on high-frequency keywords in open-source research in China (2005–2024)

聚类主题	规模/篇	主要关键词
开源软件与系统应用	105	开源软件; 知识共享; 跨平台; 开源系统; 信息化; 开发成本; 信息安全; 软件管理; 软件包; 企业应用; 信息平台; 体系结构; 扩展开发; 教学应用; 政府采购; 本地化; 供应链; 数字化
开源项目与云计算	45	云计算; 开源项目; 容器; 公有云; 平台; 可用性; 兼容性; 对比分析; 事务处理; 软件复用; 插件; 控件; 全文检索/全文索引; 业务平台; 仿真实验
开源情报与数据利用	29	开源情报; 开源数据; 情报感知; 情报融合; 信息抽取; 数据感知; 数据分析; 事件侦测; 文本挖掘; 图像情报; 信号情报; 5W理论; 内容分析; 前沿识别; 信息权益; 国际智库; 信息环境; 反恐预警; 俄乌冲突
开源社区与协同创新	20	开源社区; 开放创新; 大众生产; 多样性; 个体行为; 人力资源; 任务实现; 任务关联; 代码评审; 代码更改; 价值评估; 分类预测; 同构; 合作网络; 可持续性; 个体用户; 兴趣迁移; 决策者; 创新效应
开源设计与互联网应用	20	开源设计; 开放源码; 互联网; 云服务; 数据挖掘; 内容管理; 众包; 众筹; 互联网+; 档案服务; 档案网站; 可信证据; 数据仓库; 模糊规则; 共生模型; 许可证; DM模型
知识产权与开源模式	18	知识产权; 开源理念; 源代码; 开发模式; 协同创新; 社区/开放社区; 知识管理; 创新; 应用价值; 高校; 国防科技; 虚拟咨询; 反向代理; 开放社区
开源生态与信息系统	18	开源生态; 信息系统; 信息服务; 用户体验; 个性化; 人才培养; 法律治理; 开源协作; 开源框架; 应用模式; 框架整合; 持久化; 图分析; 客户端; 事件机制; 局域网络; 借阅系统; 地震台站
人工智能与开源硬件	17	人工智能; 机器学习; 开源硬件; 物联网; 传感器; 创客/创客教育; 众包开发; 代码贡献; 代码修订; 信息溯源; 后门水印; 图像分类; 国家安全
大数据与开源安全	14	大数据; 安全; 态势感知; 威胁预警; 可视化; 基准测试; 关系抽取; 实体抽取; 开源工具; 应用案例; 工业标准; 信息公开; 域名系统; 代码习语

3.1 开源软件与系统应用研究

“开源软件与系统应用”领域的研究系统展现了我国开源技术从单点引入到生态构建,再到战略

融合的完整演进路径. 2005—2009 年的研究重点主要在于利用开源组件替代商业软件, 快速构建功能性应用系统, 具有鲜明的实践导向. 例如, 俞东进等^[1]探讨了基于开源组件的 OLAP 系统构建, 钟霖甘等^[2]研究了商业与开源邮件系统的组合应用. 2007 年前后, 研究开始延伸至平台级软件的管理与维护, 关注开源软件部署与运维的系统化问题^[3]. 这一时期的成果总体上聚焦于技术可行性与成本优势的验证.

2010—2016 年, 开源应用逐步向政务、电信、教育等关键行业拓展, 研究视角引入了组织环境、技术条件与政策环境等多维分析框架, 探索开源软件采纳的影响因素^[4]. 与此同时, 云计算的兴起推动了 Eucalyptus、OpenStack 等开源平台在私有云建设中的应用^[5], 研究对象由单一系统扩展到信息基础设施层面. 部分学者开始从生态系统视角审视开源软件在行业中的角色与价值^[6], 标志着研究已从具体技术实践过渡到宏观体系探讨.

2017 年至今, 开源软件与系统应用研究进入生态成熟与战略融合期. 研究议题拓展至商业参与模式^[7]、软件可靠性保障方法以及与国家政策相结合的战略分析^[8]. 开源软件被提升到数字经济发展、技术自主可控与国家战略高度, 研究对象覆盖从开发、使用到运营的全链条, 重点探讨生态治理、安全保障、合规体系建设等系统性议题.

总体而言, 本领域研究已从早期以成本节约与功能替代为核心目标的系统建设, 演进为以创新驱动与产业赋能为核心价值取向的战略性研究. 议题范围也从单一技术实现延伸至安全、治理与政策协同, 使开源软件从一种可选技术方案, 发展成为支撑数字经济与产业体系的关键基础设施.

3.2 开源项目与云计算

本领域的研究系统刻画了开源模式与云计算技术从初步结合到深度共生的演进过程. 2009—2011 年学界重点关注利用开源工具验证云平台与云服务的可行性, 探索其在虚拟化与分布式计算中的应用潜力. 赵华茗^[9]将 Xen 与 Liferay 整合构建兼具基础设施与应用的云平台, 并基于 Hadoop 搭建可伸缩的数据挖掘平台, 展示了开源技术在云服务构建中的可行性与灵活性. 这一时期的研究以技术验证和原型设计为主, 强调功能实现与低成本部署.

2012—2015 年, Eucalyptus、CloudStack、OpenStack 等 IaaS 平台逐渐成熟, 研究重心转向平台体系化比较与性能优化. 林利等^[10]从 IaaS (Infrastructure as a Service)、PaaS (Platform as a Service)、SaaS (Software as a Service) 三层结构系统剖析主流开源云计算软件的架构与功能, 建立了云平台选型与设计的参考体系. 李春艳等^[11]则通过 HPC 基准测试, 对 Nimbus、OpenNebula、OpenStack 等平台的计算、网络和负载性能进行量化评估, 指出 OpenStack 在计算密集型任务中的优势. 这一时期标志着研究目标从“可用”向“好用”转变, 推动了开源云平台建设的精细化与标准化.

2017 年至今, 研究聚焦开源云平台在特定行业和复杂应用场景中的架构重构与运维优化. 陆钢等^[12]针对电信业务平台, 引入 Docker 等云原生技术进行架构改造, 解决了传统平台在灵活性与可扩展性方面的瓶颈. 王军阵等^[13]则在远洋测量船带宽受限的特殊环境中, 利用 OpenStack 构建离线开源软件仓库, 实现了开源软件的高效管理与分发, 体现了开源与云技术在极端条件下的适应与协同能力.

该领域研究经历了从功能验证、平台优化到行业融合的演进路径, 技术核心由早期的虚拟化与分布式计算, 逐步转向专业化 IaaS 平台与云原生体系^[14]. 开源与云计算已由最初的工具性结合, 发展为相互依存的基础设施共生格局: 开源技术为云平台构建提供灵活、可扩展的底层支撑, 云计算环境则为开源生态的扩展与繁荣提供广阔的应用与验证场景, 形成了技术演进与生态发展的良性循环.

3.3 开源情报与数据利用

开源情报 (Open Source Intelligence, OSINT) 是以公开可获取的数据源为基础, 依托先进的信息

处理与分析技术,为国家安全、科技竞争、社会治理等多领域提供决策支持的重要资源与方法体系.其核心价值在于整合分散、异构且动态变化的开放数据,通过数据驱动的分析流程实现从信息采集到情报生产的高效转化.

随着信息技术的迭代升级,情报来源已从传统媒体扩展至社交网络、物联网、卫星遥感等多元渠道.梅建明等^[15]指出,技术进步不仅极大拓宽了数据获取范围,还推动情报分析从以人工研判为主转向数据驱动与智能化处理.白云等^[16]提出将事件知识图谱与社会网络分析相结合,从海量异构数据中自动抽取实体与关系,构建关系网络以识别核心人物、组织及其关联模式.王玥等^[17]通过对美国开源情报战略演变的分析,揭示了其角色定位已由战术层面的辅助工具上升为国家战略支撑的重要资源.刘传平等^[18]以俄乌冲突为案例,指出特定民间组织依托地理信息定位、卫星影像比对等技术,在战况分析与事实核查中发挥了独特作用,反映了非传统情报主体在现代冲突中的影响力.曾文等^[19]则推动开源情报向工程化与系统化发展,提出构建集数据采集、处理、分析与可视化于一体的“科技前沿探测系统”,以满足科技战略决策的持续性与精准化需求.

当前,该领域的发展展现出显著的多维演进趋势:一是在研究范式上,由早期的概念界定与理论探讨,逐步深化为以技术创新为核心的应用研究,形成了涵盖采集、融合、分析与呈现的多层次方法体系;二是在参与主体上,由传统情报机构扩展至企业、科研机构、媒体及公众等多元力量,推动了情报获取与利用呈现开放化、协同化和社会化特征;三是在应用边界上,开源情报已从安全防务领域外溢至科技监测、公共卫生、环境治理等多个方向,影响力与战略价值持续提升.在全球数据资源加速流动与技术竞争加剧的背景下,开源情报的工程化、自动化与跨领域融合将成为未来研究与实践的重要方向,不仅关系到情报体系的技术能力建设,也直接影响国家竞争力与安全格局.

3.4 开源社区与协同创新

该领域研究聚焦于揭示开源知识生产、技术迭代与价值共创的内在机制,强调在开放共享环境中,不同主体如何通过协作实现持续创新与生态繁荣.

在理论构建方面,陈光沛等^[20]提出以“组织维-个体维”为核心的二维分析框架,为剖析开源协作的复杂关系网络提供了基础模型.魏江等^[21]借助制度理论中的“同构”概念,指出企业要深度融入开源社区,需在内部治理、商业模式及价值观上主动适配社区的开放共享规范,从而获得“认知合法性”,实现跨组织边界的深度协同.李兰花等^[22]以鸿蒙开源项目为案例发现,大型复杂任务中的协作模式与任务关联度密切相关,灵活匹配协作形式是驱动创新成果的重要机制.喻玲等^[23]通过对36个主流社区的协议分析,总结了多样化知识产权归属与许可模式在平衡知识共享与权益保护中的关键作用,凸显了知识产权治理在维系信任与稳定创新生态中的核心地位.

结合现有研究成果,总结该领域呈现出以下三大特征:其一,研究议题不断下沉.从早期聚焦整体生态构建与宏观理论框架,逐步深入到核心企业的参与模式、社区协作机制的运行逻辑、贡献者行为的量化评价,以及制度与治理保障等更为细化的层面;其二,研究视角日趋多元.不仅关注开源社区内部的开发者互动与协作机制,还将企业战略与商业生态联动关系纳入分析框架,揭示技术、市场与社会因素的交织影响,形成跨领域的综合分析视野;其三,研究方法由定性向定量演进.从早期以理论探讨和案例分析为主,逐渐过渡到基于大样本数据的实证研究与量化测度,在提升研究结论科学性与可验证性的同时,也为政策制定与管理实践提供了更具实证支撑的参考.

3.5 开源设计与互联网应用

“开源设计”是指将开放、协作、共享与透明等开源理念系统化为设计方法,并将其贯穿于互联网产品、服务及基础设施的构建全过程.这一理念不仅是技术实现的路径选择,更是一种面向复杂系统构建的创新范式.许世虎等^[24]指出,开源设计区别于传统封闭式设计,其核心在于以开放的知识生产

和协作机制推动设计优化与创新扩散. 李英姿等^[25]在综合多类设计案例的基础上,总结了影响开源设计可持续性的关键因素,包括参与者动机、模块化程度、治理结构与知识共享机制,并构建了分析设计项目从诞生到衰退的全生命周期框架. 冷烁等^[26]以城市GIS平台为例,展示了开源设计在大型互联网系统中的工程方法论价值,强调其在平台架构规划、模块协作与迭代优化中的指导作用. 蒋竞等^[27]从众包任务管理的角度出发,提出基于任务与开发者匹配优化的算法,以提升大规模分布式协作的效率与成果质量. 檀秋文^[28]则将开源设计理念引入数字人文领域基础设施建设,探索了面向特定学科的可共享、可扩展知识生产平台的构建路径,为跨领域知识协作提供了新思路.

当前,该领域研究呈现出两大鲜明特征:一方面,方法论体系日益完善,研究始终围绕“设计方法论”主线展开,从概念界定、设计过程系统分析,到平台架构构建、运行机制优化及支撑性基础设施设计,逐步形成了理论与实践相结合的系统化方法框架;另一方面,应用场景持续拓展,开源设计的实践范围已从最初的软件系统设计,延伸至地理信息系统(GIS)、众包协作平台,乃至学科级知识基础设施建设与共享.这种跨领域、跨行业的应用,不仅展现了开源设计的广泛适用性和持久生命力,也进一步印证了其在推动协同创新与知识共创中的核心价值.

3.6 知识产权与开源模式

“知识产权与开源模式”是开源创新研究中最具张力、同时又至关重要的议题之一,其核心在于探讨以独占性与排他性为特征的传统知识产权体系,如何与强调开放、共享与协作的开源模式实现互动、调和与融合.该领域不仅关乎法律制度与技术实践的衔接,更直接影响开源生态的健康运行与可持续发展.

辜凌云^[29]指出,开源许可证兼具社群自治规范与法律契约的双重属性,是界定权利边界、规范使用行为、维护共享秩序的制度基石.喻玲等^[23]基于对全球36个主流开源社区协议的系统研究,总结了3种主要的权利归属模式(个人所有、个人+社区所有、共同共有)及3类主要使用规则(开源许可证、贡献者许可协议、知识共享许可),并揭示了开源治理从契约式向章程式演进的趋势.徐美玲^[30]则从司法实践切入,对“开源抗辩”在著作权侵权诉讼中的适用进行了深入剖析,阐明了开源协议作为抗辩依据的法律构成及其现实边界.岳宗全等^[31]将研究视野延伸至“专利开源”,分析了企业开放专利在构建技术生态、促进行业协同中的优势与潜在风险,突破了以往研究对著作权的集中关注.包云岗等^[32]则针对公共科研机构参与开源时的知识产权管理,提出了包括许可证选择、开源项目捐赠、开源专利池构建在内的制度化操作建议,旨在实现开源模式与国有科研资产管理制度的有效对接.

该领域研究在内涵层面,既关注开源许可证在界定权利边界、促进资源共享、维系生态信任中的基础性作用,也延伸至社区治理规则与制度创新,揭示了制度安排与技术生态之间的双向塑造关系;在外延层面,则探讨了开源模式在司法适用中的争议与判例分析,以及与专利权、著作权、商标权等多元知识产权类型之间的动态互动,并结合不同行业与机构的实践经验提出可操作的政策与管理策略.这一领域的成果呈现出理论探讨、数据实证与案例分析相互支撑的研究范式,不仅揭示了开源模式在知识产权框架下的深层法理逻辑,也切实回应了其在跨境法律环境、产业实践与政策制定中的复杂性多样性,为优化制度设计、促进模式落地提供了系统的学术支撑与政策参考.

3.7 开源生态与信息系统

“开源生态”研究将技术、组织、市场、政策与人才视为相互作用的动态要素,系统探讨其运行机理、治理逻辑及可持续发展路径.该领域强调,开源生态不仅是技术平台与社区的集合,更是由多元主体、协作机制与制度环境共同构成的复杂系统,其健康与否直接关系到技术创新效率与产业竞争力.

李晓华等^[33]指出,开源生态的核心创新驱动力来源于自由信息交换与民主协作,不仅在微观层面

加速了技术迭代,也在宏观层面实现了全球资源的高效吸纳与跨国协作网络的构建.黄庆桥等^[34]则从我国数字技术开源生态现状出发,揭示了关键核心技术受制于人、创新主体之间无序竞争以及法律与政策支持不足等结构性短板,这些问题严重制约了生态的稳固与扩展.陈丽等^[35]将人才培养视为开源生态可持续发展的根本动力,强调在国际技术封锁与闭源风险日益加剧的背景下,亟须加快开源教育体系建设与能力评价机制改革.

该研究主题紧扣我国自主开源生态建设的现实挑战,立足国家技术安全与产业自主发展的战略需求,展现出鲜明的问题导向与高度的战略价值.在分析全球开源格局与国内生态现状的基础上,相关研究不仅识别了制约我国开源生态健康发展的关键瓶颈,还提出了针对性的优化路径与制度建议.其中,人才被普遍视为支撑开源生态活力与韧性的核心驱动力,高水平人才储备与梯队建设被认为是推动技术创新、促进社区建设、完善制度体系的不可替代的基础性条件.这一视角凸显出,在全球科技竞争加剧和数字经济深度演化的背景下,唯有培养兼具技术能力与开源精神的人才队伍,才能为我国开源事业的长期繁荣与战略自主提供坚实保障,从而在未来国际开源生态竞争中占据主动地位.

3.8 人工智能与开源硬件

在人工智能快速迭代与全球技术竞争加剧的背景下,“人工智能与开源硬件”已成为融合技术创新、产业布局与国家战略的交叉前沿领域.该领域的研究呈现出从宏观生态构建到核心技术突破、再到应用落地的完整链条,既关乎技术体系的完善,也直接影响产业主导权与技术安全.

包云岗等^[36]从战略高度剖析了以 RISC-V 为代表的开源芯片在构建全球共享处理器生态、推动技术普惠与实现自主可控方面的潜力,指出其意义不仅限于技术创新,更在于掌握产业主导权与保障国家技术安全.王凯帆等^[37]通过“香山”开源高性能处理器的案例,展示了开源协作模式在硬件设计迭代中的高效性与生命力,验证了开源硬件完全能够支撑前沿人工智能模型运行所需的算力需求.董向前等^[38]将开源硬件引入智能农业与创客教育场景,基于 Arduino 等普及型平台实现人工智能与物联网的深度融合,体现了开源硬件在低成本、高灵活性条件下促进跨学科人才培养与行业创新的独特优势.郭滕达等^[39]进一步将研究提升至国家战略层面,强调在人工智能时代,软件算法与硬件算力必须协同发展,中国应坚持“融入全球”与“自主开源”并行,系统补齐软硬件生态短板.

总体来看,该领域的研究聚焦三大核心主题:一是软硬件协同已成为释放人工智能潜能与构建完整产业生态的关键议题;二是研究路径呈现“从宏观到微观再到宏观”的闭环逻辑,兼顾战略高度与技术细节;三是开源模式被视为降低技术门槛、汇聚全球智慧并实现自主可控的重要途径.未来研究可在人工智能赋能开源硬件设计、安全与可信性保障,以及面向特定 AI 应用场景的领域专用开源硬件(Domain-Specific Architecture, DSA)方向持续深化,推动形成“AI 赋能硬件、硬件反哺 AI”的良性循环,为我国在全球新一轮科技竞争中赢得主动权提供坚实支撑.

3.9 大数据与开源安全

“大数据与开源安全”的研究聚焦于运用大数据技术应对开源软件所面临的安全威胁,逐步形成了以数据驱动为核心的主动防御范式.早期研究侧重于安全风险的系统化分析与趋势研判.在开源软件供应链安全综述中,纪守领等^[40]基于近 10 年的典型攻击事件,厘清了供应链的关键环节,归纳了威胁模型与安全趋势,并从风险识别和防御加固两个方面总结了研究现状与技术路径.这一成果不仅为供应链安全态势感知提供了数据框架,也揭示了复杂网络化供应模式下风险传导的特征.郑海山^[41]利用 Hadoop、Spark 等开源大数据工具对海量 DNS 日志进行实时处理与可视化监控,实现了异常行为的快速识别与攻击预警,展示了“取之于开源、用之于开源”的技术闭环效应.

随着威胁类型的不断演化,研究重心由单点漏洞分析扩展至软件供应链的系统性风险管理.王江

等^[42]提出了面向全生命周期的风险分析体系,将成千上万个开源组件及其依赖关系抽象为复杂网络进行建模,以应对跨系统、跨依赖链条的供应链攻击威胁。在此基础上,研究还开始反向关注支撑安全分析的大数据平台自身的防护问题。王文杰等^[43]系统梳理了 Apache Ranger、Kerberos 等开源安全框架,强调权限控制、安全审计与身份认证等机制在保障数据基础设施安全中的基础性作用。

总体来看,该领域的发展路径较为清晰:从供应链安全的规范化分析方法出发,逐步向大数据驱动的实际应用场景拓展,再上升至系统性风险防控与平台治理层面,贯穿始终的是开源技术的双重身份,既是安全分析的核心工具,也是防护对象本身。

未来研究可进一步在3个方向深化,一是结合人工智能开展智能化威胁狩猎,将机器学习与大数据分析相结合,实现对未知威胁的预测与识别,提升安全防御的前瞻性;二是软件物料清单(SBOM)自动化与风险评估,构建开源组件清单的自动生成与动态更新机制,配合实时安全评估框架,实现供应链风险的可视化与可追溯;三是安全知识图谱构建,融合漏洞库、代码库、社区讨论与攻击事件,利用图计算技术挖掘深层威胁情报,打通从数据获取、威胁识别到防御部署的全链路安全能力。

4 开源创新研究趋势探析

借助 CiteSpace 的 Timezone (时间区间) 功能,可以对不同时期出现的高频关键词进行纵向分析,从而直观呈现研究主题的演进轨迹,并利用近年高活跃度关键词来推断未来研究趋势。该方法能够将时间信息与知识结构有机结合,不仅揭示研究热点的形成与更替过程,还可以辅助识别潜在的前沿议题。本文选取 2020—2024 年开源创新领域核心文献为分析样本,构建时间区间可视化图谱(图 4),并结合高频关键词提取与代表性文献分析,总结了近 5 年来该领域研究热点的主要演化特征:一方面,研究主题呈现出由技术工具与平台应用向治理模式、生态构建及跨领域融合的多元化发展趋势;另一方面,人工智能、开源硬件、供应链安全、知识产权治理等新兴议题在近两年显著升温,显示出较强的持续发展潜力。在此基础上,本文进一步结合政策导向、产业实践与国际技术环境,推测未来开源创新研究可能沿以下 4 个方向深化。

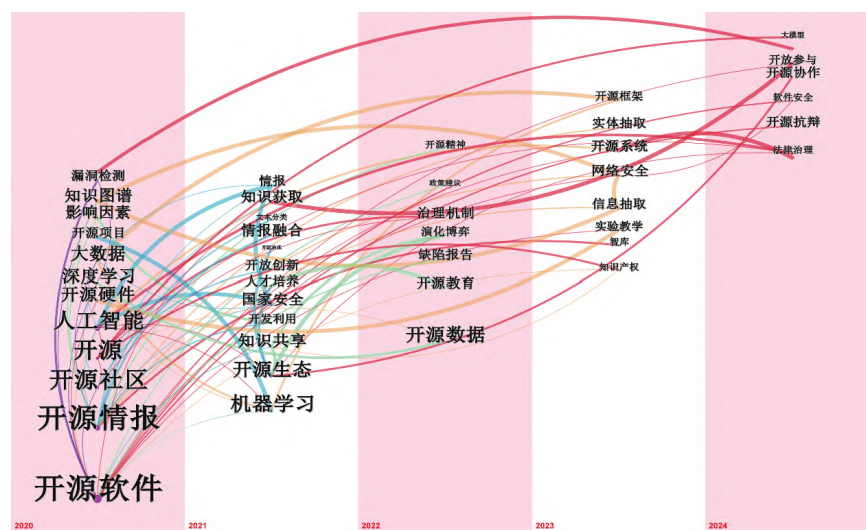


图 4 国内开源研究高频关键词近 5 年时间区间分析图

Fig. 4 Five-year temporal trend analysis of high-frequency keywords in China's open-source research

4.1 人工智能与开源生态的深度融合

进入大模型时代,人工智能技术与开源创新的结合日益紧密。早期研究主要关注机器学习、知识

图谱等 AI 方法在开源情报分析与数据挖掘中的应用. 近年来, 开源社区逐渐成为 AI 技术扩散的重要平台, 一批具有国际影响力的开源大模型 (如 LLaMA、DeepSeek 等) 相继发布, 推动了 AI 技术的民主化与普及. 然而, 大模型开源具有典型的“双刃剑”效应: 一方面, 开放共享能够降低创新门槛、激发生态活力; 另一方面, 技术的快速扩散可能带来安全与伦理风险. 有研究建议, 通过适度的闭源策略调节扩散速度, 并结合对齐技术 (alignment) 提升模型遵循人类价值与社会规则的能力, 从而保障安全可控.

未来, 如何在开放共享与安全可控之间实现动态平衡, 将成为该领域的核心议题. 学者普遍主张构建“大模型开源创新生态”, 其举措包括强化顶层设计与多方协同、建设共享研发基础设施、完善覆盖全产业链的开源支持体系与治理架构. 同时, 应正视人工智能开源所面临的新挑战, 建立科学严谨的治理制度框架, 确保 AI 开源活动健康、有序发展. 可以预期, 在未来数年, 人工智能与开源生态的融合将持续加深, 开源社区将在 AI 模型与工具的开放共享中发挥关键作用, 而学术界的关注重点将更加聚焦于开放 AI 的治理、安全与协作创新机制.

4.2 开源社区协作与治理模式演进

作为一种以自由信息共享、快速迭代和民主协作为原则的“集市式”生产模式, 开源创新在全球范围内催生了广泛的创新效应, 已逐渐成为重要的创新引擎. 这种组织结构松散、边界模糊的模式, 需要依托非正式制度与正式制度相结合的混合治理机制加以维系. 近年来, 国内外学者围绕开源社区的协作网络与治理模式开展了大量实证研究. 研究表明, 任务关联度过高会降低技术任务的完成效率; 而多样化的协作类型与合理的协作顺序有助于提高任务完成率, 尤其是核心开发者的适度参与对协作模式效能具有显著影响. 另一项基于大规模样本的实证分析发现, 开放参与的广度与项目绩效呈“倒 U 形”关系——参与者数量的无限扩张可能导致绩效下降; 而参与深度 (核心成员数量) 与绩效呈“U 形”关系——核心贡献者的增加在初期可能带来管理压力, 但在成熟阶段有助于提升整体绩效. 此外, 开源许可证的类型也会影响协作效果, 高限制性的许可证往往会放大“过度参与”所带来的负面影响.

上述发现揭示了开源社区治理的复杂性: 既需要鼓励广泛参与, 促进多样化协作, 又必须维护协作秩序, 激励新成员加入的同时, 保持核心团队的稳定性与高效性. 展望未来, 开源社区协作与治理模式将朝着更加成熟的方向发展. 在企业、政府等多方力量的深度参与下, 治理结构将由单一的自组织形态转向“社区、基金会和政策”相结合的多元模式; 通过明确贡献者角色、制定章程与行为准则, 实现开放协作与制度化治理的有机融合; 同时, 自动化任务分配、过程追踪和数据驱动决策等智能化协作工具的应用, 将有效提升大型开源项目的协同效率与决策透明度. 可以预期, 开源治理研究将在理论探索与实践创新中不断深化, 为社区的可持续发展提供更加系统的学理支撑与可操作的实施路径.

4.3 开源软件安全与供应链风险识别

开源软件已成为数字社会运行的关键基础设施, 但其伴随的安全与供应链风险问题近年来日益凸显. 开源软件通常由全球开发者协作开发, 依赖链条复杂多样, 这种“开放供应链”虽然带来快速创新, 却也引入了新的安全隐患. 2020 年前后, 研究已开始聚焦于漏洞检测与安全缺陷定位等技术问题; 此后, 若干高影响力的开源供应链攻击事件发生, 促使学界系统梳理开源供应链安全生态. 有研究指出, 现代软件开发模式已由传统线性供应链转变为复杂网络结构, 在高度交织的依赖关系中, 整体安全风险显著上升, 亟需识别关键节点并实施重点防护.

近 10 年对大量攻击事件的分析推动了开源供应链威胁模型与安全趋势的构建, 并促使学者从风险识别与防御加固两方面总结现有成果与未来挑战. 例如, 有研究从开发安全、使用安全、运行安全

3个维度提出风险分析框架,识别主要安全风险并构建供应链安全保障模型。

未来,开源安全与风险识别将继续处于研究前沿:在技术层面,利用自动化工具与人工智能进行漏洞检测、依赖项风险监控,以及建立软硬件供应链信任体系,将成为重要方向;在管理层面,各国政府和开源基金会预计将出台更完善的安全治理规范,如发布安全最佳实践指南、推广 SBOM 制度等,以提升供应链的透明度与可控性。

4.4 开源法律治理与知识产权保护

开源运动实质上是在既有法律框架内对软件著作权与使用许可进行的重新定义:源代码的对外开放是一种基于开源许可证条款的授权行为,需要对参与各方的权利与义务作出明确界定。围绕这一核心,学界主要聚焦于开源许可证合规、社区知识产权治理以及政策支持等议题。

在许可证合规方面,大量实践表明,忽视或违反开源许可证规定可能导致严重的法律风险,因此许可证选择与合规管理成为开源治理的重要环节。针对企业与开发者在多种许可证下开展协作的现实需求,研究者提出了自动化的许可证检测与兼容性判断方法。例如,有研究构建了结合大语言模型与集成学习的许可证识别方案,并利用规则匹配与有向图算法实现兼容性判断与推荐,不仅降低了人工维护成本,还显著提升了检测准确率与分析效率。

在知识产权治理方面,开源社区作为开放创新体系下的新型组织,其知识产权归属与使用规则正趋于制度化与规范化。研究发现,不同社区正在从以往松散的契约约定逐步转向以章程为核心的明确规范;在使用方式上,由开源许可证、贡献者许可协议(CLA)、知识共享协议等构成的许可体系,正向强调权利共享与合理保护的新范式演进。这一趋势体现了社区在平衡开源共享与知识产权保护之间持续探索的努力。与此同时,各国政府也将开源纳入政策与法律体系。欧美国家早已建立鼓励开源的软件政策与法律框架,我国亦在“数字经济”战略背景下逐步完善开源政策工具体系,包括:明确政府资助科研成果的开源开放要求、建立开源项目评价与激励机制、推动产学研协同的开源平台建设等。

可以预见,未来研究将进一步关注开源许可模式的演进路径、知识共享与商业利益之间的动态平衡,以及国际层面的开源法律互认与协同治理,从而为全球开源生态的健康发展提供坚实的法律与制度保障。

5 总 结

历经20年的持续积累与探索,我国开源创新研究已由最初的零散性尝试逐步发展为体系化、多元化的研究格局,整体演进轨迹呈现出起步探索、稳步推进到快速增长的阶段性特征。这一演变过程与国家政策导向、产业数字化转型的加速推进以及若干具有标志意义的开源事件密切契合,体现了学术研究与技术发展、产业实践的同频共振。

从学科结构来看,国内开源创新研究呈现出显著的多学科交叉特征:以计算机科学与技术为核心,向管理科学、图书情报、工业技术等领域不断延伸,逐步形成了跨领域融合的知识体系。这一体系既支撑了开源创新的理论深化,也为技术应用与产业落地提供了坚实的学理基础。

从研究热点的时序演变来看,早期阶段主要聚焦于开源软件与系统应用、云计算与项目管理等技术实践议题,强调工具引入、功能优化与应用模式的探索;中期阶段伴随开源社区的迅速壮大,研究重心转向协作机制、治理模式创新与开源情报利用,更多地探讨参与主体的互动逻辑、协同模式与知识共享机制等复杂问题;近年则出现人工智能与开源生态的深度融合、大数据驱动的开源安全与供应链风险识别,以及开源法律治理与知识产权保护等新兴前沿,显示出研究议题在技术融合、制度建设与产业安全等维度的拓展。

在全球开源生态与数字经济加速融合的背景下,未来开源创新研究将更加注重跨领域技术集成、

开源成果的商业化转化、安全与合规体系构建以及可持续治理机制优化.这不仅关乎技术与产业的协同发展,更涉及国家科技安全与国际竞争格局.

需要指出的是,本研究仍存在一定局限性.

1) 数据覆盖范围有限.数据来源主要依托 CNKI 学术期刊,虽具较高权威性与代表性,但未涵盖会议论文、学位论文、产业报告及国际数据库文献,可能导致部分前沿成果或非中文文献未被纳入,从而在一定程度上限制了研究结论的全面性与国际可比性.由此,结论在跨语种、跨区域比较研究中的适用性可能有所下降.

2) 方法深度不足.研究方法以文献计量与知识图谱分析为主,对深层机制和因果关系的解释力相对有限.这意味着结论更适合作为宏观趋势观察与热点识别的参考,而在直接指导政策制定时需辅以其他实证或质性研究验证.

3) 工具依赖性较强.热点识别与趋势分析主要依赖单一软件平台,受限于算法差异与参数设定,分析结果可能存在一定偏差.这可能使结论在不同技术环境或分析框架下的重现性降低,需在应用时结合多源验证.

未来研究可从以下方向优化:其一,在数据层面引入多源数据,涵盖开源社区、产业监测与政策文献,实现数据的融合分析与动态更新;其二,在方法层面结合计量分析、案例研究与实证建模,提升结论的解释力与预测性;其三,在工具层面采用多平台、多算法交叉验证,增强结果的稳健性与可重复性,从而为开源创新的理论建构、实践指导与政策制定提供更具前瞻性和应用价值的学术支撑.

[参 考 文 献]

- [1] 俞东进,卢杰骅.利用开源软件构建 OLAP 系统[J].计算机工程与设计,2005,26(5):1349-1351.
- [2] 钟霖甘,谢蓉,闫华.商业软件和开源软件组合实现多功能邮件系统[J].大连理工大学学报,2005,45(S1):265-268.
- [3] 顾昊,钱晓俊,梁洪亮.开源平台下软件管理技术的研究[J].计算机应用研究,2007,24(8):112-115.
- [4] 郭迅华,张楠,黄彦.开源软件的采纳与应用:政府组织环境中的案例实证[J].管理科学学报,2010,13(11):65-76.
- [5] 秦润峰,樊勇兵,唐宏,等.开源云计算管理平台技术在电信运营商私有云建设中的应用研究[J].电信科学,2011,27(10):24-29.
- [6] 金芝,周明辉,张宇霞.开源软件与开源软件生态:现状与趋势[J].科技导报,2016,34(14):42-48.
- [7] 张宇霞,周明辉,张伟,等.OpenStack 开源社区中商业组织的参与模式[J].软件学报,2017,28(6):1343-1356.
- [8] 陈晓红,周源.基于合作与竞争视角下的开源软件创新合作本质和理论演进研究[J].科学学与科学技术管理,2024,45(12):13-30.
- [9] 赵华茗.搭建基于云计算的开源海量数据挖掘平台[J].现代图书情报技术,2010(10):76-81.
- [10] 林利,石文昌.构建云计算平台的开源软件综述[J].计算机科学,2012,39(11):1-7.
- [11] 李春艳,张学杰.基于高性能计算的开源云平台性能评估[J].计算机应用,2013,33(12):3580-3585.
- [12] 陆钢,王哲,区洪辉,等.基于开源软件的电信业务平台重构设计和分析[J].电信科学,2017,33(5):99-105.
- [13] 王军阵,杨家辉,潘佳奇,等.基于 OpenStack 的开源软件仓库设计与实现[J].电子测量技术,2021,44(15):62-67.
- [14] 雷擎.开源 IaaS 云服务软件平台的分析与比较[J].计算机科学,2015,42(S2):421-424.
- [15] 梅建明,刘明辉.论开源情报的渊源、变革及其影响[J].情报杂志,2021,40(12):1-7.
- [16] 白云,李白杨,王施运.面向新型跨境网络有组织犯罪的开源情报获取与利用方法[J].信息资源管理学报,2022,12(2):65-75.
- [17] 王玥,项若雯.美国开源情报战略调整趋势分析及对我国的影响与应对[J].情报杂志,2023,42(10):40-47.
- [18] 刘传平,徐鹏.美西方民间开源情报实践及对官方情报部门的影响——以俄乌冲突为例[J].情报杂志,2024,43(4):23-30.
- [19] 曾文,王海燕,刘晓琳,等.基于开源情报的科技前沿探测系统构建研究[J].情报学报,2024,43(9):1070-1079.
- [20] 陈光沛,魏江,李拓宇.开源社区:研究脉络、知识框架和研究展望[J].外国经济与管理,2021,43(2):84-102.
- [21] 魏江,陈光沛.同构如何影响企业融入开源社区创新:认知合法性的中介作用[J].科学学研究,2021,39(10):1860-1869.
- [22] 李兰花,郭艳婷,钟宇琢.基于华为鸿蒙的开源社区多样化协作模式研究[J].科学学研究,2024,42(7):1461-1471.
- [23] 喻玲,邵滨.开源社区知识产权治理模式及变革——基于 36 个开源社区使用协议的考察[J].科学学研究,2024,42(9):1938-1945.
- [24] 许世虎,黄彦.开源设计方法探析[J].包装工程,2012,33(10):54-56.
- [25] 李英姿,张硕,张晓冬.面向开源设计演化过程的关键影响因素综述[J].科研管理,2020,41(8):13-22.
- [26] 冷炼,李孙伟,胡振中.基于开源技术的城市地理信息平台构建方法研究[J].图学学报,2020,41(6):1001-1011.
- [27] 蒋竞,平源,吴秋迪,等.开源社区众包任务的开发者推荐方法[J].计算机科学,2022,49(12):99-108.
- [28] 檀秋文.开源基础设施、“影人个体数据库”与数字人文知识生产——基于中国电影知识体系平台的考察[J].山东社会科学,2024(1):64-71.
- [29] 辜凌云.以许可证为核心的开源社区治理逻辑[J].知识产权,2024(6):49-61.
- [30] 徐美玲.软件著作权侵权“开源抗辩”解析[J].知识产权,2024(6):18-33.
- [31] 岳宗全,刘琳.专利开源策略和风险防范研究[J].知识产权,2023(2):91-111.

- [32] 包云岗, 李小娟. 关于公共科研机构应对开源中知识产权问题的思考 [J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(8): 1307-1312.
- [33] 李晓华, 宋孟起. 开源的创新驱动作用及其治理机制 [J]. 东北财经大学学报, 2024(6): 3-20.
- [34] 黄庆桥, 兰妙苗, 黄蕾宇. 中国数字技术开源开放生态面临的问题与对策研究 [J]. 科学技术哲学研究, 2024, 41(1): 95-102.
- [35] 陈丽, 赵斌, 倪超, 等. 开源模式下我国软件人才培养的挑战和对策 [J]. 高等工程教育研究, 2022(4): 102-109.
- [36] 包云岗, 孙凝晖. 开源芯片生态技术体系构建面临的机遇与挑战 [J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(1): 24-29.
- [37] 王凯帆, 徐易难, 余子濠, 等. 香山开源高性能 RISC-V 处理器设计与实现 [J]. 计算机研究与发展, 2023, 60(3): 476-493.
- [38] 董向前, 马荣华, 王继承. 基于开源硬件的智能农业装备工作机理实验教学平台设计 [J]. 实验技术与管理, 2023, 40(4): 162-167.
- [39] 郭滕达, 张明喜. 推动中国开源软硬件发展的经验与建议 [J]. 科技导报, 2024, 42(2): 14-19.
- [40] 纪守领, 王琴应, 陈安莹 等. 开源软件供应链安全研究综述 [J]. 软件学报, 2023, 34(3): 1330-1364.
- [41] 郑海山. 基于开源软件的 DNS 查询日志分析系统 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2017, 56(2): 252-258.
- [42] 王江, 姜伟, 张璨. 开源软件供应链安全风险分析研究 [J]. 信息安全研究, 2024, 10(9): 862-869.
- [43] 王文杰, 胡柏青, 刘驰. 开源大数据治理与安全软件综述 [J]. 信息网络安全, 2017(5): 28-36.

(责任编辑: 张 晶)