

基于科学知识图谱的区块链研究述评*

梁睿昕 李姚矿 王雅琳 张欣成

(合肥工业大学管理学院,安徽 合肥 230009)



内容提要: 区块链是实现我国核心技术自主创新的重要突破口。本文以 Web of Science 核心合集数据库为数据来源,运用科学计量与知识图谱分析的方法,对区块链领域研究进行可视化分析。借助 CiteSpace 软件挖掘区块链领域研究的知识基础,探索其研究热点,梳理其演化路径,分析其研究趋势,以期展现现有研究成果与未来研究方向。文献计量结果表明:(1)区块链领域研究目前正处于蓬勃发展期,研究领域呈现交叉融合趋势。(2)区块链研究领域的学科知识结构由加密货币市场效率与监管、区块链技术创新、区块链应用场景拓展三个部分组成。(3)区块链研究热点主要包括加密货币动态、泡沫特性研究、区块链智能合约系统研究、区块链技术创新与组织管理。最后,本文从管理对象、管理思想和管理方法三个方面提出区块链的未来研究方向,以期为区块链研究提供参考。

关键词: 区块链 文献计量 科学知识图谱 研究热点

中图分类号:F124.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—5766(2021)07—0193—0016

一、引言

区块链(blockchain)作为一项新兴数字技术,最早在中本聪的比特币白皮书中提出。区块链具备去中心化、集体维护、可追溯等优势,通过构建共识机制和执行智能合约的方式,能实现点对点交易、协调与协作,弱化了经济交易中固有的信任障碍。区块链的迅速发展引起了多个国家各个领域的广泛关注。2019年10月24日,习近平总书记在中共中央政治局集体学习时强调,要把区块链作为核心技术自主创新的重要突破口,加快推动区块链技术和产业创新发展。区块链在当代技术革命中有十分重要的地位,有利于价值互联网和信用社会的建设,吸引了大量学者展开相关研究。

已有学者从多学科的视角对区块链功能和设计、应用场景、组织和管理、政策与监管等问题进行了总结与探索(Risius 和 Spohrer, 2017^[1]; 朱良杰等, 2017^[2]; 商琦和陈洪梅, 2019^[3]; 杨望等, 2020^[4]; 杨继和刘柯杰, 2020^[5])。总体上,有关区块链的研究正在如火如荼地进行,且不断深化。国内针对区块链文献进行梳理的研究多以定性分析和主观综述为主,如袁勇和王飞跃(2016)^[6]梳理了国内外区块链技术发展历程。以文献计量为主要手段的定量分析相对较少,如花敏和卢恒(2020)运用科学知识图谱对国内外2015—2019年刊发的1751篇区块链研究文献进行对比分析,认为区块链与物联网、人工智能以及分布式能源等方面的结合应用是未来的研究热点^[7]。总体来

收稿日期:2021-02-05

* 基金项目:国家社会科学基金项目“基于领投跟投制的天使投资众筹联合投资网络研究”(16BGL025)。

作者简介: 梁睿昕,女,博士研究生,研究领域是创业投资与金融科技,电子邮箱:liangruix@sina.cn;李姚矿,男,教授,博士生导师,研究领域是创业投资、天使投资和女性创业,电子邮箱:liyaokuang@hfut.edu.cn;王雅琳,女,博士研究生,研究领域是创业投资与金融科技,电子邮箱:aileen0565@163.com;张欣成,男,博士研究生,研究领域是创业投资与金融科技,电子邮箱:maplexf@vip.qq.com。通讯作者:李姚矿。

看,前者在文献梳理的系统性和客观性方面有所不足,后者则能相对全面地揭示区块链领域研究的概貌,但现有定量分析以关键词共现研究为主,对研究脉络演进和文献内容分析力度不够,且随着区块链落地应用场景的增多,相关文献爆发性增长,文献时空范围不断扩大,研究主题愈发丰富。截至2020年末,Web of Science 核心数据库已经收集了区块链领域4000余篇文章,远超此前计量类文献数量。

为厘清区块链领域的研究现状和未来发展趋势,更深入地推动区块链研究开展,有必要对现有区块链研究成果进行全面、系统地分析。鉴于此,本文旨在采取文献计量学的研究方法,对区块链领域研究文献进行系统、科学的梳理。科学知识图谱以社会网络分析和可视化为核心方法,是知识管理领域的重要方法,能揭示知识演化进程和机制(冯新翎等,2017^[8];李杰和陈超美,2017^[9]),能够更全面、客观地对研究文献进行系统性回顾和梳理,更科学地识别研究热点和发展趋势(谢卫红等,2020)^[10]。本文首先对区块链领域研究整体发文趋势、研究领域、高水平科研机构进行分析,展现该领域研究概况。其次,通过共被引网络分析及地标点、核心性以及突现性文献梳理,剖析区块链研究的知识结构及前沿。最后,通过关键词共现知识图谱和结构变异分析,呈现区块链领域在不同阶段的研究热点及发展趋势,进而展望未来可能的研究方向。

二、区块链领域研究文献统计分析

1. 文献来源与处理

具体而言,本文使用科技文本挖掘及可视化分析软件 CiteSpace,选取 Web of Science 核心合集数据库为数据来源。Web of Science 核心合集数据库包括 SCIE、SSCI 等重要引文库,收录了社会科学、自然科学等领域最具影响力的外文核心期刊。为尽可能覆盖与区块链相关的研究主题,本文选取 TS = (“blockchain” OR “distributed ledger” OR “smart contract” OR “bitcoin” OR “Ethereum” OR “hyperledger fabric”) 为关键词进行检索,文献类型选择“Article”,剔除重复的、实际内容与区块链不相关的检索信息,截至2020年12月27日,最终得到3860篇文献,文献刊发时间最早始于2013年。

2. 文献增长趋势分析

论文的发文数量反映了科学知识量的变化情况,可视作衡量学科发展水平和科技产出的一项重要指标(胡东滨等,2021)^[11]。通过绘制区块链研究年度发表论文数量和引文总数(如图1所示),可以观察出区块链在不同时期获得的关注度。

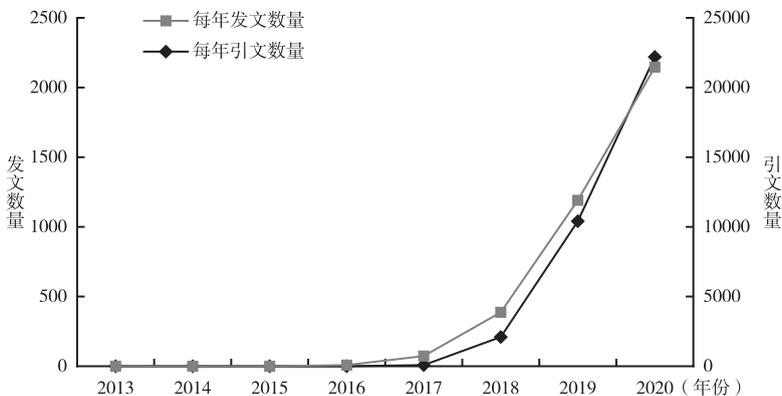


图1 2013—2020年区块链研究领域发文趋势

资料来源:根据 Web of Science 核心合集数据库中区块链文献信息绘制

文献数量变化体现出学者们对于区块链领域关注的变化。从年度论文发表数量来看,2013—2020 年,区块链领域研究总体呈上升趋势,其中,2017 年是一个关键转折点。具体来说,2017 年以前,尽管区块链实际应用方面成果丰硕,但学术界对区块链关注相对较少。就行业发展来看,自 2009 年 1 月比特币网络上线,区块链逐渐获得国内外实业界的广泛关注,并在 2015 年登上《经济学人》封面文章后迎来了井喷式的发展。封面文章认为,区块链技术能具体化为制造信任的机器,通过智能合约大大优化社会资源的流转效率,有望改变人们和企业合作的方式。2017 年,随着比特币用户不断增加,以太坊智能合约功能也逐渐完善,区块链技术已经开始在多领域落地应用,学界对区块链的关注度持续攀升,发文数量也进入新的阶段。区块链领域研究从初创期过渡到高速发展期。2017 年《Business & Information Systems Engineering》推出一期区块链特刊,讨论了区块链对现代组织,特别是金融服务行业的影响。

作为区块链研究的转折点,2017 年以来,关于区块链研究的文献总体上呈现爆发式增长趋势,引文数量呈现出指数级增长趋势,说明区块链领域有较大的研究突破。其中 Christidis 和 Devetsikiotis(2016)^[12]、Xu 等(2018)^[13]、Tschorsch 和 Scheuermann(2016)^[14]、Zheng 等(2018)^[15]对区块链的技术架构、功能和应用领域进行了详细论述,成为区块链研究领域的重要基础,是目前引用次数最高的文献。

3. 主要发表期刊的统计分析

从发文期刊统计来看,区块链领域研究呈现多样化发展态势。由表 1 可知,发表区块链研究论文最多的前十种期刊占发文总数的 31.19%,其中 IEEE Access 近八年来发表区块链研究文献最多,共 505 篇,在区块链研究领域处于领先期刊;其次是 Sensors 和 IEEE Internet of Things Journal,分别以 115 篇和 105 篇发文数位列第二、第三。区块链现有研究主要集中在计算机科学领域和金融领域,其中计算机科学领域研究包括跨学科应用、人工智能理论与方法、信息系统控制论等。传统金融资产可以集成到区块链分类账中,从而形成区块链的数字资产,在区块链上存储、转移和交易。因此,跨境支付、证券交易、数字票据等金融领域研究也迅速发展。

来源期刊的影响因子大多数在 3 以上,影响因子为 9.936 的 IEEE Internet of Things Journal 也发表了 105 篇相关的文章,发文期刊的情况充分显示了近年来区块链研究在计算机科学领域出现大量高质量研究成果,而金融领域和管理领域的研究相对较少,Management Science、Organization Science、Journal of Marketing 等经济和管理类国际顶级期刊上发表的数量不足 10 篇,值得继续深入研究。

表 1 区块链领域研究发文期刊排名情况 (Top 10)

| 序号 | 期刊 | 影响因子 | 文献数量 | 文献占比 (%) |
|----|--|-------|------|----------|
| 1 | IEEE Access | 3.745 | 505 | 13.083 |
| 2 | Sensors | 3.275 | 115 | 2.979 |
| 3 | IEEE Internet of Things Journal | 9.936 | 105 | 2.720 |
| 4 | Future Generation Computer Systems The International Journal of Escience | 6.125 | 92 | 2.383 |
| 5 | Finance Research Letters | 3.527 | 87 | 2.254 |
| 6 | Sustainability | 2.576 | 71 | 1.839 |
| 7 | Physica a Statistical Mechanics and its Applications | 2.924 | 61 | 1.580 |

续表 1

| 序号 | 期刊 | 影响因子 | 文献数量 | 文献占比 (%) |
|----|---|-------|------|----------|
| 8 | IEEE Transactions on Industrial Informatics | 9.112 | 60 | 1.554 |
| 9 | Applied Sciences Basel | 2.474 | 57 | 1.477 |
| 10 | Electronics | 2.412 | 51 | 1.321 |

资料来源:根据 Web of Science 核心数据库中区块链刊发信息整理

4. 核心科研机构分析

本文按照发文数量对关注区块链的科研机构进行统计,如表 2 所示,可以看出中国科研机构在区块链研究领域中具有较高的学术影响力。其中,北京邮电大学以 98 篇发文量位居第一,中国科学院和西安电子科技大学紧随其后,分别位列第二、三。在前十个高产研究机构中,中国机构合计 5 个,美国共 3 个,英国和沙特阿拉伯各有 1 个,这说明我国在国际区块链研究领域参与度高,拥有较多高产的权威研究机构,高度重视区块链领域研究,并不断地推动国际上区块链领域研究的进步。

表 2 区块链领域研究发文机构排名情况 (Top 10)

| 序号 | 机构名称 | 文献数量 | 文献占比 (%) |
|----|--|------|----------|
| 1 | Beijing University of Posts Telecommunications | 98 | 2.55 |
| 2 | Chinese Academy of Sciences | 91 | 2.36 |
| 3 | Xidian University | 70 | 1.81 |
| 4 | University of California system | 66 | 1.71 |
| 5 | University of Electronic Science technology of China | 66 | 1.71 |
| 6 | University of Texas system | 61 | 1.58 |
| 7 | King Saud University | 55 | 1.42 |
| 8 | Beijing Institute of Technology | 54 | 1.40 |
| 9 | University of London | 53 | 1.37 |
| 10 | Pennsylvania Commonwealth System of Higher Education Psche | 48 | 1.24 |

资料来源:根据 Web of Science 核心数据库检索的区块链研究机构发文数量整理

三、区块链领域研究的知识基础和研究前沿

为厘清区块链研究的知识基础和研究前沿,本文使用 CiteSpace5.7R2 软件进行文献共被引网络聚类分析。文献共被引网络聚类分析是以共被引强度作为基本计量单位,通过对相似研究主题进行挖掘,进而对文献集合进行分类聚合的定量处理技术(李雪蓉等,2016)^[16]。通过聚类分析对主要研究内容进行总结归纳,在此基础上对地标点、高频共被引和强突发性文献等核心文献进行分析,进而对主要的研究观点进行凝练。

1. 共被引文献聚类分析

区块链领域研究文献共被引聚类网络如图 2 所示,图 2 中“#”表示聚类编号及名称,按照节点数量从多到少排序,每个聚类类别分别代表了一个研究领域的研究主题。图 2 中两个节点存在连线代表这两篇文章被共同引用过,节点大小显示了被引频次的高低。在图谱中,每个聚类代表了一个领域的研究主题,聚类的绘制质量可以用模块值(Q 值)和平均轮廓值(S 值)来衡量。其中, Q 取值在 $[0,1]$ 区间内,当 $Q > 0.3$ 时意味着聚类划分结构显著,当 S 值高达0.7时,代表聚类效率高(陈悦等,2015)^[17]。图 2 中模块值 Q 为 0.8747,平均轮廓值 S 为 0.9215,这表明共被引文献聚类清晰地

定义了区块链的各个子域(原图备索)。聚类的不同颜色表示聚类中发生共引的时间,其中颜色较暗的聚类时间出现较早,图 2 中可以看出各个聚类颜色较一致,区块链领域研究时间较为集中。

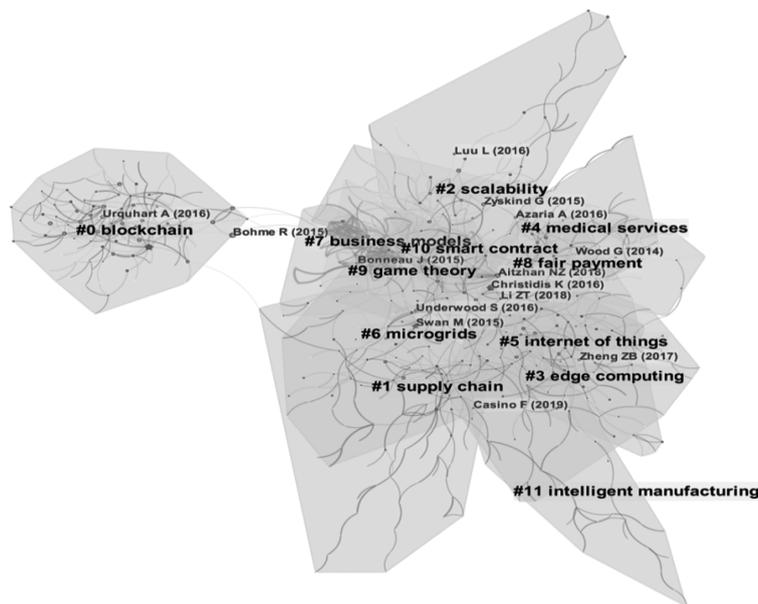


图 2 区块链领域文献共被引聚类

资料来源:使用 CiteSpace5. 7R2 文献共被引聚类网络图分析绘制

表 3

区块链研究领域引文网络聚类的基本情况

| 聚类编号 | 节点数量 | 聚类标签 LLR | 平均引用年份 | S 值 | 研究重点 |
|------|------|--------------------|--------|-------|-----------------|
| 0 | 102 | blockchain | 2017 | 0.916 | 比特币等加密货币的市场效率 |
| 1 | 78 | supply chain | 2017 | 0.952 | 区块链底层技术及供应链领域应用 |
| 2 | 70 | scalability | 2016 | 0.911 | 区块链可扩展性问题 |
| 3 | 59 | edge computing | 2018 | 0.922 | 区块链 + 边缘计算 |
| 4 | 58 | medical services | 2017 | 0.93 | 区块链在医疗保健领域的应用 |
| 5 | 55 | internet of things | 2017 | 0.84 | 区块链在物联网领域的应用 |
| 6 | 44 | microgrids | 2018 | 0.922 | 区块链在能源互联网领域的应用 |
| 7 | 40 | business models | 2014 | 0.952 | 区块链引起商业模式变革 |

注:“平均引用年份”(Mean year)代表聚类中文献的平均年份,能够用来判断聚类中引用文献的时间远近

资料来源:CiteSpace5. 7R2 文献共被引聚类结果导出后整理

表 3 进一步对节点数量充足的各个聚类的基本情况进行分析,结果如表 3 所示。网络中最大的聚类是编号 0 的聚类“#0 区块链”,包含 102 个节点。通过 CiteSpace 提取的标签只显示每个聚类中概率最高的第一个文献关键词,可读性较差,因此本文根据聚类的标签,在文献阅读的基础上深入分析各聚类类别所对应的研究重点,分析结果显示聚类对应的研究重点分布在加密货币、区块链平台等技术和实践领域。从时间顺序看,早期研究集中在加密货币和区块链情境下商业模式变革领域,随着大数据、物联网等技术的兴起,区块链技术体系优化创新和应用场景拓展成为学界关注的焦点。

聚类 0 是最大的聚类,该数据群包括 102 篇高被引论文,平均引用年份是 2017 年。研究主题是以比特币为代表的加密货币,比特币作为区块链应用最早、最成熟的领域,其长期运行的公开交易数据集为学界研究提供了数据来源。聚类 0 中实证分析文章较多,发表时间较为集中。代表性文献 Urquhart(2016)^[18]、Dyrhberg(2016)^[19]、Cheah 和 Fry(2015)^[20] 主要探讨了比特币的市场效

率、特征与监管、比特币交易溯源等问题,分析了比特币的交换媒介优势和价值存储优势,对加密货币市场波动研究影响深刻。其中,Urquhart(2016)^[18]基于有效市场假说,以2010年8月1日—2016年7月31日比特币美元收盘价为样本,对其市场效率进行检验。实证结果显示比特币回报是显著低效的,但随着比特币投资和交易增多,比特币将变得更加高效。该文章首次对比特币市场效率进行检验,填补了以往研究的空白。

聚类1、聚类2和聚类3平均被引时间比较接近,实现了研究领域从比特币到区块链技术的转变。加密货币领域长期以来存在两个亟待解决的重要问题,即双重支付和拜占庭将军问题,区块链技术通过分布式节点的验证、数字加密技术和共识机制解决这两个问题,实现信息传递和价值转移(袁勇和王飞跃,2016)^[6]。随着加密货币市场的不断扩大,区块链基础理论和技术问题的研究也越来越丰富。

聚类1和聚类3中文献主要是从以下两个方面展开研究:一方面对区块链的底层技术特征、技术潜力以及现实应用中的局限性进行探讨,代表性文献如:聚类1中的两篇文献(Swan,2015^[21];Lansiti和Lakhani,2017^[22])和聚类3中的两篇文献(Khana和Salah,2018^[23];Zheng等,2017^[24]);另一方面对区块链平台建设展开分析,代表性文献如:聚类1中的两篇文献(Kshetri,2018^[25];Saberier等,2019^[26])和聚类3中的一篇文献(Kang等,2017)^[27]。Swan(2015)^[21]将区块链发展划分为区块链1.0、区块链2.0、区块链3.0三个阶段,分别以比特币、智能合约、智能场景应用为代表。以上三个阶段并非依次实现,而是平行、非演进式发展,这一划分标准被学界广泛运用。Lansiti和Lakhani(2017)^[22]指出区块链技术作为一种分布式的数字账本技术,具有透明性、可追溯性和安全性,区块链应用构建在数字数据、通信和计算基础设施之上,有良好的技术兼容性,代表了信息和资产交换的新范式,为经济体系数字化转型奠定基础,而且会对社会行为影响。然而,区块链技术和平台在实际运用过程中还存在组织间、组织内、技术和外部四类障碍,如交易延迟、规模和带宽、安全问题、资源消耗、适用性、分链管理等(Saberier等,2019)^[26]。

聚类2聚焦于去中心化信任和数据确权(Zyskind等,2015)^[28]、隐私保护和系统透明度(Tschorsch和Scheuermann,2016^[14];Androulaki等,2018^[29])等功能性问题研究。随着智能合约的发展,区块链技术构建去中心化信任的过程中产生了安全、访问控制等问题。Tschorsch和Scheuermann(2016)^[14]提出区块链系统更新时,需要所有验证节点同意和接受后才能生效,如果在此过程中,节点并未同意更新,则可能导致链条分裂而产生硬分叉。Kosba等(2016)^[30]认为,尽管区块链和智能合约具有强大的表达能力和功能,但这些技术目前的形式缺乏交易隐私。智能合约中执行的整个操作序列通过网络传播并记录在区块链上,尽管各方可以创建新的匿名公钥以增加其匿名性,实际上交易过程是公开可见的。如何在保证用户隐私的同时维护区块链系统的安全性和稳定性是一个研究热点。

聚类4、聚类5和聚类6描述区块链、大数据以及物联网技术之间的融合应用场景,物联网和大数据能充当区块链的输入和输出端,能实现多主体分布式协同,解决需求响应、交易效率等问题。这三个聚类的文献一方面研究了区块链去中心化的技术特征对产品功能与设计的影响;另一方面深入分析区块链在特定行业中的运行效能(Azaria等,2016^[31];Christidis和Devetsikiotis,2016^[12];Li等,2018^[32])。特别是Christidis和Devetsikiotis(2016)^[12]分析了物联网环境中部署区块链时如何实现交易隐私并确定数字化资产的预期价值,详细论述区块链与物联网的组合在多个行业中的应用前景,该文为后续区块链商业模式研究和分布式应用研究奠定基础。

聚类7研究平均引用年份最早,围绕商业模式变革等相关主题展开讨论。Underwood(2016)^[33]与Claudia等(2018)^[34]的研究是该聚类的代表文献。Underwood(2016)^[33]认为区块链重新定义了信任,有望革新工业和商业,推动全球经济变革。Claudia等(2018)^[34]在以太坊中实现

了智能电网需求响应程序的分散解决方案,通过区块链协调基础设施和激励机制,实现利益相关者多方协作,确保了完全分散的能源需求和生产匹配。区块链以加密算法、分布式数据存储维护为核心技术,通过共识机制构建和智能合约自动执行,弱化经济交易中固有的信任障碍,减少交易和执行成本以及处理时间。通过区块链协调基础设施和激励机制,能实现利益相关者多方协作,带动了经济和商业模式变革(郑戈,2018^[35];Philipp 等,2019^[36])。

综上所述,区块链领域研究的知识结构显示,目前的研究主要围绕什么是区块链、区块链技术的功能以及区块链如何应用展开,与区块链实践发展进程高度相关。学界在对区块链基础理论和技术进行研究的同时,区块链应用领域研究也成为探索的重点,其中,区块链的基础研究为区块链的应用研究提供了技术支撑,而应用研究则为技术研究领域提出新的问题。具体而言,聚类结果分析显示区块链领域的研究有三个侧重:(1)聚类0反映了以比特币为代表的加密货币是区块链领域研究的早期热点,主要以 GARCH 模型检验其收益并对风险进行预测。(2)聚类1~聚类3探讨了区块链技术体系优化创新研究,主要围绕隐私和安全性、智能合约设计与优化等问题展开研究。(3)聚类4~聚类7研究了区块链应用场景拓展问题,其中包括金融应用和智能场景,区块链金融应用范围已经延伸到金融交易、股票结算等商业领域,智能场景应用则包括物联网、供应链、生物医学和社会治理等新领域。

2. 地标点和高频共被引文献分析

地标点是指引文网络中节点半径较大的点,其引用频率较高,该类文献对学科的发展起到了奠基作用。在 CiteSpace 软件中是以节点中心度(centrality)的值大于 0.1 来衡量(李杰和陈超美,2017)^[9]。共被引频次高的文献是核心文献,反映了该领域的理论基础。表 4 统计了区块链领域研究共被引网络中的地标点和高频共被引文献的基本信息。

表 4 地标点和高频共被引文献

| 被引频次 | 文章标题 | 作者 | 聚类编号 | 研究重点 |
|---------|---|----------------------------------|------|-----------------------|
| 地标点 | | | | |
| 170 | Speculative Bubbles in Bitcoin Markets? An Empirical Investigation into the Fundamental Value of Bitcoin | Cheah 和 Fry(2015) | 0 | 比特币数字挖掘过程分析和金融泡沫存在性研究 |
| 51 | Blockchain Adoption Challenges in Supply Chain: An Empirical Investigation of the Main Drivers in India and the USA | Queiroza 和 Wambab(2019) | 1 | 个人层面上关于区块链采纳行为的案例研究 |
| 43 | Majority is not Enough: Bitcoin Mining is Vulnerable | Eyal 和 Sirer (2014) | 7 | 自私采矿行为对比特币系统的影响 |
| 高频共被引文献 | | | | |
| 401 | Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things | Christidis 和 Devetsikiotis(2016) | 5 | 区块链和智能合约在物联网领域的应用 |
| 268 | Blockchain: Blueprint for a New Economy | Swan(2015) | 1 | 区块链技术现存不足 |
| 210 | The Inefficiency of Bitcoin | Urquhart(2016) | 0 | 比特币市场效率 |
| 208 | Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data | Zyskind 等(2015) | 2 | 区块链技术在个人隐私保护中的应用 |
| 205 | An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends | Zheng 等(2017) | 3 | 区块链中典型的共识算法 |

续表 4

| 被引频次 | 文章标题 | 作者 | 聚类编号 | 研究重点 |
|------|--|-------------------------------|------|-----------------------------|
| 194 | Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey | Zheng 等(2018) | 3 | 区块链的应用领域及技术优势 |
| 188 | Bitcoin and Beyond: A Technical Survey on Decentralized Digital Currencies | Tschorsch 和 Scheuermann(2016) | 2 | 区块链系统透明度和隐私保护功能测量 |
| 176 | Bitcoin, Gold and the Dollar——A GARCH Volatility Analysis | Dyhrberg(2016) | 0 | 利用 GARCH 模型探讨了比特币在风险管理方面的作用 |
| 173 | Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System for Permissioned Blockchains | Androulaki 等(2018) | 2 | Fabric 系统体系结构和设计决策 |
| 170 | Speculative Bubbles in Bitcoin markets? An Empirical Investigation into the Fundamental Value of Bitcoin | Cheah 和 Fry(2015) | 0 | 比特币数字挖掘过程分析和金融泡沫存在性研究 |

资料来源:根据 CiteSpace5. 7R2 文献共被引分析结果整理归纳

聚类 0 的地标点探讨了比特币的数字挖掘过程,描绘认为比特币以其便利性、可兑换性和低交易成本兼具货币的要素,实证结果表明比特币价格容易出现投机性泡沫,且基本价值为零(Cheah 和 Fry,2015)^[20]。该文献为聚类 0 研究考虑加密货币价格波动奠定了理论基础,也是高共被引文献,随着加密货币市场的不断发展,不少文献引用该文进一步研究加密货币的衍生产品设计。

聚类 1 的地标点以 PLS-SEM 模型对印度和美国在物流和供应链领域的区块链应用的驱动因素进行对比研究,研究发现印度由于面临着信息技术基础设施和互联网速度不足等缺点,“便利条件”这一影响因素在其区块链应用中起着消极作用(Queiroza 和 Wambab,2019)^[37]。该文献丰富了区块链应用的个体层面研究,对后续个体层面区块链价值研究和区块链应用落地研究具有一定启示。

聚类 7 的地标点考察了自私挖矿策略对比特币激励兼容协议的影响,证明现有比特币协议并非激励相容,在此基础上对比特币协议进行简单的向后兼容渐进修改(Eyal 和 Sirer,2014)^[38],后期学者们在此基础上丰富了区块链情境下激励机制设计研究。

进一步,根据文献内容之间的相关性,被引用频次排名前十的区块链文献可以初步归纳为以下三大研究主题:(1)比特币的对冲价值与风险;(2)区块链中共识机制和隐私保护等功能研究;(3)区块链在物联网和隐私保护领域的应用。

3. 突发文献分析

突发文献是指在某些时段被引用频次大幅度增加的文献(李杰和陈超美,2017)^[9]。通过对区块链研究领域突发文献进行分析,能描述该研究领域动态的本质,进而对其区块链领域研究前沿进行探索。引文突发有两个属性,即突发的强度和突发状态持续时间。表 5 中窄线条代表论文发表时间段,宽线条代表此文献成为该领域研究热点所持续的时间段,其中“起始时间”和“结束时间”分别表示该文献成为研究热点的起始年份和结束年份。

表 5 展示了区块链领域突发文献信息,并按其突现性进行了排名。其中大部分突发集中在 2016 年,突发文献中的发表时间较早的论文主要从比特币的价格和性能角度进行了研究,(Eyal 和 Sirer,2014^[38];Kristoufek,2013^[39];Sasson 等,2014^[40])。其中 Eyal 和 Sirer(2014)^[38]关注了比特币系统中激励机制设计问题。Kristoufek(2013)^[39]首次对比特币价格形成机制进行探讨,认为加密

货币市场由短期投资者、趋势追逐者、噪音交易者和投机者主导。货币价格完全是由投资者对永久增长的信心驱动,投资者的情绪成为影响价格重要的变量。Garcia 等(2014)^[41]研究了比特币经济中社会信号与价格之间的相互依赖关系,加密货币痕迹可以用来衡量社会经济信号,为社会互动相关研究提供了重要支撑。该文的突发持续时间较长,从 2014 年持续至 2020 年。结合聚类分析和突发文献分析,可以发现加密货币的发展演化及加密货币的匿名性和监管等主题依然是当前研究前沿。加密货币从诞生起已经发展了很长时间,种类不断丰富,由于加密货币监管问题、底层技术存在网络安全隐患、币值不稳定以及发行过程能源消耗过大等限制,加密货币仍然是一种特殊的风险资产,无法像传统法定货币一样作为交易的媒介被人们广泛使用。

表 5 区块链领域突发文献分析 (Top 10)

| 序号 | 作者 | 发表时间 | 强度 | 起始时间 | 结束时间 | 2013—2020 |
|----|--------------|------|-------|------|------|---------------------|
| 1 | Wood | 2014 | 20.74 | 2018 | 2020 | — — — — — — — — — — |
| 2 | Sasson 等 | 2014 | 14.85 | 2017 | 2020 | — — — — — — — — — — |
| 3 | Ron | 2013 | 14.55 | 2016 | 2018 | — — — — — — — — — — |
| 4 | Kristoufek | 2013 | 13.3 | 2015 | 2018 | — — — — — — — — — — |
| 5 | Antonopoulos | 2014 | 13.2 | 2016 | 2020 | — — — — — — — — — — |
| 6 | Eyal 和 Sirer | 2014 | 12.61 | 2016 | 2020 | — — — — — — — — — — |
| 7 | Meiklejohn 等 | 2013 | 12.13 | 2016 | 2018 | — — — — — — — — — — |
| 8 | Garcia 等 | 2014 | 11.32 | 2014 | 2020 | — — — — — — — — — — |
| 9 | Kristoufek 和 | 2015 | 10.25 | 2015 | 2018 | — — — — — — — — — — |
| 10 | Ciaian 等 | 2016 | 10.09 | 2017 | 2018 | — — — — — — — — — — |

资料来源:根据 CiteSpace5.7 R2 文献突现分析结果整理得出

四、区块链领域研究的热点和趋势

1. 关键词共词分析

文献中的高频关键词通常是该领域研究热点的集中体现,共词分析能呈现词与词之间的亲疏关系(李杰和陈超美,2017)^[9]。本文对上述 3860 篇区块链领域研究文献的关键词进行共词分析,通过时区图探寻区块链研究的时间演变趋势和热点主题的变化过程。

在图 3 中,各个节点代表不同关键词,其中节点越大代表着相应关键词出现频次越多。图 3 中,从左下角到右上角分别显示了 2013—2020 年的高频关键词,从图 3 中可以看出,关键词之间的连接密度较高,说明区块链领域研究具有较强的相关性和继承性。随着时间推移,区块链研究热点不断深化,并且延续了文献共被引聚类所形成的研究主题。为便于后续更加精准地对区块链领域研究热点演变进行分析,结合文献发表的年度变化趋势、区块链实践发展以及上述分析结果,本文将区块链的研究划分为两个阶段,对研究的热点演化情况做进一步分析。

(1) 第一阶段(2013—2016 年):这一阶段区块链文献较少且增长缓慢,关键词相对聚焦,使用频次最多的关键词包括比特币、市场、价格泡沫、能源消耗、安全、隐私、物联网、共识等。从高频关键词中可以看出该阶段主要将区块链视作金融工具,研究热点相对聚焦,集中在加密货币及其交易平台、挖矿机制、信用问题等现象涌现和内涵界定的定性研究,加密货币价格及相关影响因素的定量研究、区块链智能合约等功能研究方面(Bohme 等,2015^[42];Ciaian 等,2016^[43])。

1) 加密货币动态、泡沫特性研究。这一时期,如 Kristoufek(2013)^[39]从投资者情绪的角度研究了比特币价格与谷歌趋势、维基百科上的搜索查询的关系,研究发现投机和趋势追逐主导了比特币

的价格动态,查询频次和比特币价格之间存在双向影响关系。该文成为加密货币的统计特性、动态和泡沫破裂行为的研究起点。Dyhrberg (2016)^[19] 利用 GARCH 模型探讨了比特币的金融资产能力,研究发现比特币对冲能力和作为交换媒介的优势,将其纳入投资组合中可以起到介于黄金和美元之间的避险作用。随着加密货币市场迅速发展,对比特币底层技术区块链关注的深入,区块链技术的安全性和私密性开始受到关注。

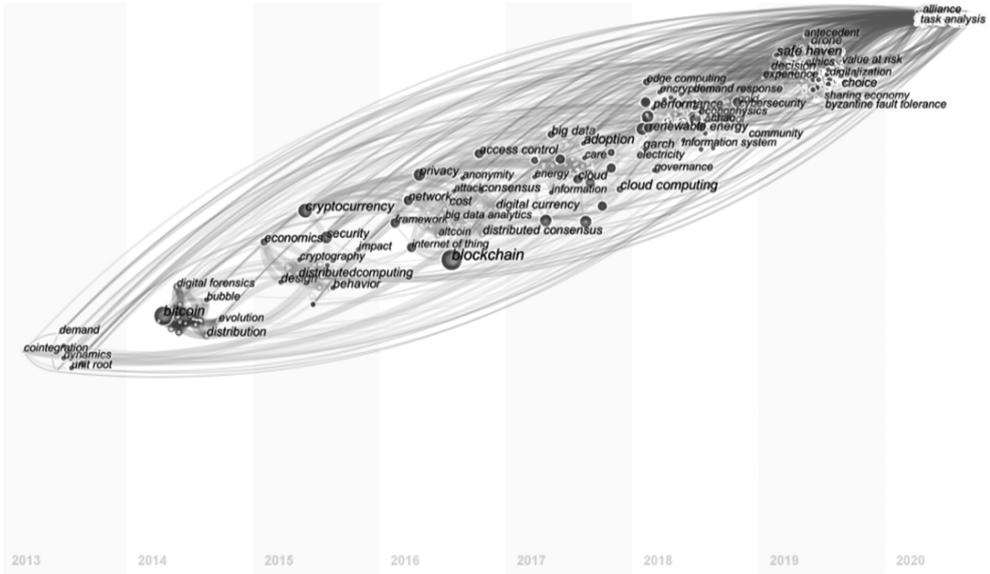


图3 区块链领域研究热点演化路径

资料来源:使用 CiteSpace5.7R2 关键词共现时区图绘制

2) 区块链智能合约系统相关研究。智能合约以数字化的形式写入区块链后,结合区块链技术的透明、可追溯、不篡改等特点,减少了交易和执行成本,实现了从去中心化支付手段到去中心化市场的转变。Zyskind 等(2015)^[28] 设计了基于区块链的分布式个人数据管理系统,通过将区块链转变为不需要第三方信任的自动访问控制管理器,确保用户拥有和控制个人数据。区块链还可以通过服务和资源的共享和使用密码验证实现部分工作流程自动化来优化物联网行业,然而在物联网环境中部署区块链网络还应考虑交易隐私和数字化资产的价值预期两个问题(Christidis 和 Devetsikiotis, 2016)^[12]。Ouaddah 等(2016)^[44] 构建了基于区块链技术的新的分布式访问控制框架 FairAccess, 满足物联网安全和隐私方面的需求。该文开创了区块链的一个新的应用领域,即访问控制。

(2) 第二阶段(2017—2020年):这一时期发文数量急剧增加,涌现出大量新主题词,如大数据、云计算、边缘计算、治理、共享经济等。这一阶段,区块链研究热点逐渐从技术、加密货币特性等方面转移到与具体场景结合的应用实践和科学探索,但是与具体领域结合的相关研究以理论探讨和仿真模拟为主,尚处于起步阶段。如 Li 等(2018)^[32] 利用联盟链构建了新型能源交易系统,用以克服传统能源交易系统中的信任和透明度问题,并引入基于信用的支付方案来解决区块链交易确认延迟而造成的交易限制问题。区块链分布式存储记录的数据具有防伪造性、真实性以及可追溯性等特征,同时还属于结构化数据,从大数据的角度来说,该类数据具有很高的价值密度。区块链技术通过与大数据、云计算、边缘计算、人工智能等技术结合,能不断拓宽区块链的应用领域,对实体经济进行赋能。例如区块链和边缘计算技术的结合有望解决区块链应用中隐私悖论的问题(Liu 等, 2018^[45]; Casinova 等, 2019^[46])。

在此阶段,组织层面的区块链研究成为热点领域。特别是商业模式创新、组织变革区块链的组

织管理问题,引起了信息系统、组织、法律等领域研究者的关注。区块链的商业应用有潜力产生新的组织形态和改变价值创造模式,为解决信息不对称和信任障碍问题提供了新的思路(Nowinski 和 Kozma,2017^[47])。Yermack(2017)^[48]评估了区块链对管理者、机构投资者、小股东、审计师和其他参与公司治理的各方的潜在影响。研究发现,区块链以低成本、高流动性、高所有权的透明度等优势,极大地改善股东参与系统,显著影响股东、经理和董事会之间的权力动态。Angelis 和 Silva(2019)^[49]将区块链技术按照用途划分为交易、智能合约、去中心化应用程序和人工智能-区块链四个阶段,构建了区块链价值驱动框架来分析不同技术阶段价值创造的驱动力。研究认为区块链进一步强化顾客在价值创造中的地位,带来市场组织形式变革。Kimani 等(2020)^[50]从银行和资本市场、公司治理、国际贸易和税收四个方面探索区块链的运用,区块链能降低组织运营、交易和代理成本,然而在实际应用过程中还存在技术人员不足和监管等问题。

梳理区块链的发展趋势,可以看出区块链在金融领域的应用一直是研究的焦点,研究方法也愈加丰富。随着区块链技术逐渐成熟,区块链与实体经济融合程度不断加深,区块链的丰富应用场景优势逐渐引起关注,学界对众多区块链去中心化应用场景进行研究,区块链技术带来的组织模式变革也成为关注的重点。2018 年以后,对区块链功能层面的研究才有了热度,近期的研究以区块链与其他数字技术的结合为主,如 2018 年高频关键词“边缘计算”、2019 年高频关键词“机器学习”和“人工智能”。由此可见,区块链的应用过程中还存在一些未克服的技术缺陷和技术风险,如物理性能不高、智能合约难以处理不完全契约、资源消耗问题等。区块链技术本身仍然是研究热点,且呈现与计算机科学深度融合等特点。

2. 结构变异分析

文献共被引分析相关指标依赖于文献长期引用,因此无法对新发表文献潜力进行准确预测,结构变异分析通过关注新发表的文章在多大程度上影响研究领域的结构对其进行补充。结构变异理论(Theory of Structural Variation)的基本思路是在文献共被引网络的基础上,探索新发表的文章在多大程度上影响研究领域网络整体结构,进而探测文献在创新性方面潜在的影响力(Chen, 2012)^[51]。影响力测量不涉及数据的使用,而是采用基于引文轨迹分析的模块化变化率(Modularity change rate, MCR)、聚类间连接变化(Cluster Linkage, CL)和中心性分化(Δ Centrality)三个结构变异指标来衡量文献对既有知识概念结构的影响。根据科学发现理论,许多重要的发现和创新的来自于交叉思想,因此,转换性连接(Transformative links, TL)可以综合反映 CiteSpace 生成的三个结构变异指标。

表 6 区块链领域文献结构变异分析(Top 10)

| Δ M | Δ C-CL | Δ Cen | TL | 年份 | 作者 | 篇名 |
|------------|---------------|--------------|----|------|------------------|--|
| 58.83 | 0.08 | 2.87 | 42 | 2019 | Panagiotidis 等 | The Effects of Markets, Uncertainty and Search Intensity on Bitcoin Returns |
| 57.97 | 0.04 | 2.66 | 42 | 2019 | Flori A | News and Subjective Beliefs: A Bayesian Approach to Bitcoin Investments |
| 58.83 | 0.1 | 2.87 | 42 | 2019 | Wang 等 | Trading Volume and Return Volatility of Bitcoin Market: Evidence for the Sequential Information Arrival Hypothesis |
| 48.81 | 0.1 | 0.81 | 30 | 2019 | Urquhart 和 Zhang | Is Bitcoin a Hedge or Safe Haven for Currencies? An Intraday Analysis |
| 48.82 | 0.09 | 0.46 | 30 | 2019 | Qarni 等 | Inter-markets Volatility Spillover in U. S. Bitcoin and Financial Markets |

续表 6

| ΔM | $\Delta C-CL$ | ΔCen | TL | 年份 | 作者 | 篇名 |
|------------|---------------|--------------|----|------|---------------|---|
| 48.78 | 0.08 | 1.86 | 30 | 2019 | Li 等 | Exponentially Decayed Double Power-law Distribution of Bitcoin Trade Sizes |
| 46.28 | 0.05 | 0.51 | 29 | 2019 | Katsiampa | An Empirical Investigation of Volatility Dynamics in the Cryptocurrency Market |
| 45.86 | 0.05 | 0.67 | 27 | 2019 | Bouri 等 | Modelling Long Memory Volatility in the Bitcoin Market: Evidence of Persistence and Structural Breaks |
| 45.68 | 0.05 | 0.71 | 26 | 2019 | Eross 等 | The Intraday Dynamics of Bitcoin |
| 44.85 | 0.05 | 0.55 | 26 | 2019 | Antonakakis 等 | Cryptocurrency Market Contagion: Market Uncertainty, Market Complexity, and Dynamic Portfolios |

资料来源:根据 CiteSpace5.7R2 结构变异分析结果整理

表 6 列出了文献中转换性连接值最高的 10 项研究。通过文献阅读发现,这些排名较高的文章代表了两种可用于预测前沿的研究类型,即比特币等加密货币的可靠性研究与比特币等加密货币应用相关的研究,前者对以比特币为代表的加密货币本身开展研究(Panagiotidis 等,2019^[52];Wang 等,2019^[53];Li 等,2019^[54]),而后者则超越了加密货币,研究其应用场景的相关问题(Flori,2019^[55];Urquhart 和 Zhang,2019^[56];Antonakakis 等,2019^[57])。其中,Flori(2019)^[55]对加密货币在金融应用场景下的投资特征进行了全面的实证研究,通过贝叶斯框架将比特币市场中性信息与投资者主观信念结合起来,展示如何利用比特币等加密货币构建多元化投资策略。Antonakakis 等(2019)^[57]采用了 TVP-FAVAR 连通性方法来研究加密货币市场中的传输机制,以市值综合排名前九名的加密货币为样本,捕捉加密货币市场的共同走势。

通过两种前沿探测的结果可以看出,加密货币的创新与现实应用很可能成为区块链领域研究新趋势。加密货币通过将网络信息技术与密码学结合,改变人们对货币流通方式的传统认知。早期加密货币以比特币为代表,比特币发行基于 PoW 机制,存在确认时间长、流动性不足等问题。2014 年诞生的以太坊具备平台属性,加密货币可以作为平台的代币使用,以太坊使用了 PoS 机制,数据处理速度较比特币有明显提高,然而还存在币值不稳定、应用场景受限等问题。在此背景下,币值相对稳定的加密货币应运而生,稳定币通过算法保障或通过将货币价值与某些稳定资产挂钩,实现币值相对稳定。稳定币在金融领域应用频率较高,但是仍然面临市场操控风险、发行人违约等问题。2019 年 6 月 18 日,Libra 项目白皮书正式面世,随后我国也加速推进央行数字货币,多个国家纷纷加速央行数字货币布局,加密货币隐私、安全、金融攻击、监管等技术发展和大规模应用成为亟待解决的问题。

五、结论与展望

1. 研究结论

本研究采用文献计量和科学知识图谱可视化的方法,选择 Web of Science 核心合集数据库中关于区块链领域期刊论文进行被引文献知识图谱分析和关键词共现的知识图谱分析,厘清了区块链领域的相关知识结构和热点研究主题。主要得出以下结论:第一,区块链领域研究成果逐渐增多,发文数量和引文数量均呈现指数增长趋势。第二,从学科和期刊分布上看,区块链领域的研究呈现交叉融合趋势,与计算机科学和金融学这两个特定学科融合较深。第三,从研究机构来看,中国和美国是区块链领域研究的主力国家,我国高度重视区块链领域研究,推动了该领域学术发展。第

四,从文献共被引聚类分析可以看出,目前区块链的研究主学科知识结构由加密货币市场效率与监管、区块链技术体系创新、区块链应用场景拓展三个部分组成。第五,区块链研究热点主要包括加密货币动态、泡沫特性研究、区块链智能合约系统研究、区块链技术创新与组织管理。早期研究领域的关注热点在加密货币和技术迭代上,而在与具体应用领域结合的实践和理论探索上仍处于起步阶段,具有巨大发展潜力。第六,结构变异分析显示,区块链研究应更加关注加密货币的实证研究和应用、区块链技术如何改进加密货币应用的特定局限性,以及加密网络的价值。

2. 研究展望

区块链为代表的新兴数字技术赋能传统产业优化升级,催生新产业新业态新模式,也推动着管理新范式的涌现。通过前文对区块链领域研究科学、系统、全面地可视化回溯分析,可以发现,目前区块链领域的研究仍处于高速成长阶段,已取得了丰富的研究成果,但由于区块链具有自生长性和可供性等特性,传统管理理论在解释区块链实践中面临挑战。鉴于此,本文认为可以从管理对象、管理思想和管理方法等方面推进区块链研究。

(1)在管理对象方面,加强加密货币属性分类和治理研究。近年来,世界经济体都加强了对产业数字化的重视,包括中国在内的部分国家中央银行正在或已经推进了数字货币的试点。加密货币在资产标记、合约验证、交易追溯、跨境支付等方面有巨大优势,也影响区块链平台服务的发展质量。加密货币的种类多样,不同技术路线和共识机制使加密货币有不同的性质和应用情境,目前学界对加密货币的资产属性和分类尚未达成共识。未来需要结合加密货币的技术特性对其属性、应用、治理进行研究。同时,加密货币具有分散化、匿名等特性,加密货币的风险防范和国际合作监管也值得进一步研究。

(2)在管理思想方面,加强对基于区块链的价值共创机理研究。互联网经济下,大量在线价值创造活动难以确权,区块链的发展与应用为解决数据确权和价值创造及分配问题提供了新的思路。区块链通过重新整合价值创造参与主体的关系,将组织成员重塑为协同模式下的价值共创关系,实现价值互联、信息共享、系统共建、生态共治(陈冬梅等,2020^[58],Oh和Shong,2017^[59])。区块链情境下,传统基于“分层、分权、分工”的管理实践逐渐过渡到基于“共创、共治和共享”的管理实践,与此同时也引发了管理思想发生转变。区块链的创新应用形成了新的组织形态,以分布式自治组织(distributed autonomous organization,DAO)为代表,作为一种颠覆式的组织形态,DAO在国外实践中已经落地,如Polkadot、Aragon DAO、DAOstack、Colony等,在国内则刚刚起步,正面临着难得的历史发展机遇。目前对分布式自治组织这种新型组织形态的运作模式的相关研究极为有限,有关区块链情境下价值共创机理的揭示尚未展开,是未来值得研究的方向。

(3)在管理方法方面,拓展区块链应用效果测量方法。区块链的发展和应用塑造了新的管理实践。随着管理对象和管理思想发生变化,传统的管理方法也不再适用于区块链情境下的管理实践。过往管理学历史发展表明,新型管理方法的出现能够给管理学研究提供新的素材,从数据获取和数据分析两方面改变管理学研究的范式。区块链的发展与应用产生了大量结构化数据,从大数据的角度来说,该类型数据具有很高的价值密度,丰富了管理学研究数据。因此,有必要对区块链情境下数据驱动的管理方法保持密切的关注,并将其与管理研究紧密结合。现阶段区块链研究方法多以理论推演、仿真模拟等为主,例如区块链技术体系创新领域,许多研究虽然从概念上研究了区块链技术局限性的解决方案,但未能提供具体的实证评估,未来的研究可以采用案例研究、大数据分析技术验证区块链带来的经济现象及企业行为变革,以检验区块链的应用效果。

参考文献

[1]Risius, M., and K. Spohrer. A Blockchain Research Framework[J]. Business & Information Systems Engineering, 2017, 59, (6): 385 - 409.

- [2] 朱良杰,何佳讯,黄海洋. 数字世界的价值共创:构念、主题与研究展望[J]. 北京:经济管理,2017,(39):195-208.
- [3] 商琦,陈洪梅. 区块链技术创新态势专利情报实证[J]. 西安:情报杂志,2019,(4):23-28,59.
- [4] 杨望,彭珮,徐慧琳. 区块链研究框架的新思考——来自国内外研究的文献综述[J]. 大连:东北财经大学学报,2020,(3):78-89.
- [5] 杨继,刘柯杰. 区块链下互联网经济价值分配优化研究——基于马克思主义政治经济学视角的分析[J]. 长春:当代经济研究,2020,(7):82-90,113.
- [6] 袁勇,王飞跃. 区块链技术发展现状与展望[J]. 北京:自动化学报,2016,(4):481-494.
- [7] 花敏,卢恒. 基于科学知识图谱的国内外区块链研究热点分析[J]. 长春:情报科学,2020,(11):70-79.
- [8] 冯新翎,何胜,熊太纯,武群辉,柳益君. 科学知识图谱与 Google 知识图谱比较分析[J]. 西安:情报杂志,2017,(1):149-153.
- [9] 李杰,陈超美. CiteSpace:科技文本挖掘及可视化(第二版)[M]. 北京:首都经济贸易大学出版社,2017.
- [10] 谢卫红,李忠顺,李秀敏,马风华. 数字化创新研究的知识结构与拓展方向[J]. 北京:经济管理,2020,(12):184-202.
- [11] 胡东滨,杨志,陈晓红. “区块链+”商业模式的文献计量分析[J]. 北京:系统工程理论与实践,2021,(1):247-264.
- [12] Christidis, K., and M. Devetsikiotis. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things[J]. IEEE Access,2016,(4):2292-2303.
- [13] Xu, L. D., E. L. Xu, and L. Li. Industry 4.0: State of the Art and Future Trends[J]. International Journal of Production Research, 2018,56,(8):2941-2962.
- [14] Tschorsch, F., and B. Scheuermann. Bitcoin and Beyond: A Technical Survey on Decentralized Digital Currencies[J]. IEEE Communications Surveys and Tutorials,2016,18,(3):2084-2123.
- [15] Zheng, Z. B., S. A. Xie, and H. N. Dai. Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey[J]. International Journal of Web and Grid Services,2018,14,(4):352-375.
- [16] 李雪蓉,张晓旭,李政阳,柏林,张奇,张建新,乔晗,汪寿阳. 商业模式的文献计量分析[J]. 北京:系统工程理论与实践,2016,(2):273-287.
- [17] 陈悦,陈超美,刘则渊,胡志刚,王贤文. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 北京:科学学研究,2015,(2):242-253.
- [18] Urquhart, A. The Inefficiency of Bitcoin[J]. Economics Letters,2016,(148):80-82.
- [19] Dyhrberg, A. H. Bitcoin, Gold and the Dollar——A GARCH Volatility Analysis[J]. Finance Research Letters,2016,(16):85-92.
- [20] Cheah, E. T., and J. Fry. Speculative Bubbles in Bitcoin Markets? An Empirical Investigation into the Fundamental Value of Bitcoin[J]. Economics Letters,2015,(130):32-36.
- [21] Swan, M. Blockchain: Blueprint for A New Economy [EB/OL]. <http://w2.blockchain-tec.net/blockchain/blockchain-by-melanie-swan.pdf>,2017.
- [22] Lansiti, M., and K. R. Lakhani. The Truth About Blockchain[J]. Harvard Business Review,2017,95,(1):118-127.
- [23] Khana, M. A., and K. Salah. IoT Security: Review, Blockchain Solutions, and Open Challenges[J]. Future Generation Computer Systems,2018,(82):395-411.
- [24] Zheng, Z., S. Xie, H. Dai, et al. An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends[C]. In 2017 IEEE International Congress on Big Data (Big Data Congress),2017.
- [25] Kshetri, N. Blockchain's Roles in Meeting Key Supply Chain Management Objectives[J]. International Journal of Information Management,2018,(39):80-89.
- [26] Saberi, S., M. Kouhizadeh, J. Sarkis, et al. Blockchain Technology and its Relationships to Sustainable Supply Chain Management [J]. International journal of Production Research,2019,57,(7):2117-2135.
- [27] Kang, J., R. Yu, X. Huang, et al. Enabling Localized Peer-to-Peer Electricity Trading Among Plug-in Hybrid Electric Vehicles Using Consortium Blockchains[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics,2017,13,(6):3154-3164.
- [28] Zyskind, G., O. Nathan, and A. Pentland. Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data [C]. In 2015 IEEE Security and Privacy Workshops,2015.
- [29] Androulaki, E., Y. Manevich, S. Muralidharan, et al. Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System for Permissioned Blockchains [C]. In the Thirteenth EuroSys Conference,2018,(30):1-15.
- [30] Kosba, K., A. Miller, E. Shi, et al. Hawk: The Blockchain Model of Cryptography and Privacy-Preserving Smart Contracts[C]. In 2016 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP),2016.
- [31] Azaria, A., A. Ekblaw, T. Vieira, et al. MedRec: Using Blockchain for Medical Data Access and Permission Management[C]. In 2016 2nd International Conference on Open and Big Data (OBD),2016.
- [32] Li, Z., J. Kang, R. Yu, et al. Consortium Blockchain for Secure Energy Trading in Industrial Internet of Things [J]. IEEE

Transactions on Industrial Informatics,2018,14,(8):3690-3700.

[33] Underwood, S. Blockchain Beyond Bitcoin[J]. Communication of the ACM,2016,59,(11):15-17.

[34] Claudia, P., C. Tudor, A. Marcel, et al. Blockchain Based Decentralized Management of Demand Response Programs in Smart Energy Grids[J]. Sensors,2018,18,(1):162-182.

[35] 郑戈. 区块链与未来法治[J]. 上海: 东方法学,2018,(3):75-86.

[36] Philipp, R., G. Prause, and L. Gerlitz. Blockchain and Smart Contracts for Entrepreneurial Collaboration in Maritime Supply Chains [J]. Transport and Telecommunication Journal,2019,20,(4):365-378.

[37] Queiroza, M. M., and S. F. Wambab. Blockchain Adoption Challenges in Supply Chain: An Empirical Investigation of the Main Drivers in India and the USA[J]. International Journal of Information Management,2019,(46):70-82.

[38] Eyal, I., and E. G. Siner. Majority is Not Enough: Bitcoin Mining is Vulnerable[C]. In 18th International Conference,2014.

[39] Kristoufek, L. BitCoin Meets Google Trends and Wikipedia: Quantifying the Relationship Between Phenomena of the Internet Era [J]. Scientific Reports,2013,3,(1):3415-3421.

[40] Sasson, E. B., A. Chiesa, C. Garman, et al. Zerocash: Decentralized Anonymous Payments from Bitcoin [C]. In 2014 IEEE Symposium on Security and Privacy,2014.

[41] Garcia, D., C. J. Tessone, P. Mavrodiev, et al. The Digital Traces of Bubbles: Feedback Cycles Between Socioeconomic Signals in the Bitcoin Economy[J]. Journal of the Royal Society Interface,2014,(11):623-630.

[42] Bohme, R., N. Christin, B. Edelman, et al. Bitcoin: Economics, Technology, and Governance [J]. Journal of Economic Perspectives,2015,29,(2):213-238.

[43] Ciaian, P., M. Rajcaniova, and D. Kancs. The Economics of BitCoin Price Formation[J]. Applied Economics,2016,48,(19):1799-1815.

[44] Ouaddah, A., A. Elkalam, and A. A. Ouahman. FairAccess: A New Blockchain-based Access Control Framework for the Internet of Things[J]. Security and Communication Networks,2016,9,(18):5943-5964.

[45] Liu, H., Y. Zhang, and T. Yang. Blockchain-Enabled Security in Electric Vehicles Cloud and Edge Computing [J]. IEEE Network,2018,32,(3):78-83.

[46] Casinova, F., T. K. Dasaklis, and C. Patsakis. A Systematic Literature Review of Blockchain-based Applications: Current Status, Classification and Open Issues[J]. Telematics and Informatics,2019,(36):55-81.

[47] Nowinski, W., and M. Kozma. How Can Blockchain Technology Disrupt Existing Business Models? [J]. Entrepreneurial Business and Economics Review,2017,5,(3):173-188.

[48] Yermack, D. Corporate Governance and Blockchains[J]. Review of Finance,2017,21,(1):7-31.

[49] Angelis, J., and E. R. D. Silva. Blockchain Adoption: A Value Driver Perspective[J]. Business Horizons,2019,62,(3):307-314.

[50] Kimania, D., K. Adamsb, R. Attah-Boakyec, et al. Blockchain, Business and the Fourth Industrial Revolution: Whence, Whither, Wherefore and How? [J]. Technological Forecasting and Social Change,2020,(161):254-269.

[51] Chen, C. M. Predictive Effects of Structural Variation on Citation Counts[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology,2012,63,(3):431-449.

[52] Panagiotidis, T., T. Stengos, and O. Vravosinos. The Effects of Markets, Uncertainty and Search Intensity on Bitcoin Returns[J]. International Review of Financial Analysis,2019,(63):220-242.

[53] Wang, P., W. Zhang, X. Li, et al. Trading Volume and Return Volatility of Bitcoin Market: Evidence for the Sequential Information Arrival Hypothesis[J]. Journal of Economic Interaction and Coordination,2019,14,(2):377-418.

[54] Li, M. Y., Q. Cai, G. F. Gu, et al. Exponentially Decayed Double Power-law Distribution of Bitcoin Trade Sizes[J]. Physica A, 2019,(535):380-385.

[55] Flori, A. News and Subjective Beliefs: A Bayesian Approach to Bitcoin Investments[J]. Research in International Business and Finance,2019,(50):336-356.

[56] Urquhart, A., and H. Zhang. Is Bitcoin a Hedge or Safe Haven for Currencies? An Intraday Analysis[J]. International Review of Financial Analysis,2019,(63):49-57.

[57] Antonakakis, N., I. Chatziantoniou, and D. Gabauer. Cryptocurrency Market Contagion: Market Uncertainty, Market Complexity, and Dynamic Portfolios[J]. Journal of International Financial Markets, Institutions & Money,2019,(61):37-51.

[58] 陈冬梅, 王俐珍, 陈安霓. 数字化与战略管理理论——回顾、挑战与展望[J]. 北京: 管理世界,2020,(5):220-236,20.

[59] Oh, J. S., and I. Shong. A Case Study on Business Model Innovations Using Blockchain: Focusing on Financial Institutions[J]. Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship,2017,11,(3):335-344.

Review of Blockchain Research Based on Mapping Knowledge Domains

LIANG Rui-xin, LI Yao-kuang, WANG Ya-lin, ZHANG Xin-cheng

(School of Management, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui, 230009, China)

Abstract: Blockchain is an important breakthrough in China's independent innovation of core technology. The development and application of blockchain technology plays an important role in new technological innovations and industrial changes. The progress and application of the emerging digital technology represented by blockchain technology provides new ideas to solve the problems of trust and value creation and distribution, and is expected to completely reshape the form of human social activities like the Internet and realize the transformation from the Internet of information to the Internet of value. Along with China's blockchain embarking on policy windfall, the state has continuously encouraged the development of blockchain technology compliance, and significant progress has been made in the underlying infrastructure, industry standard specification, policy and regulation construction, and industrial ecological development, etc.

This paper uses the Web of Science database as the data source and applies the methods of scientometrics and mapping knowledge domains to visualize the blockchain research. With the help of Citespace, we mine the knowledge base of blockchain research, explore its research hotspots, sort out its evolutionary path, analyze its research trends, and build a systematic integration framework on this basis in order to show the existing research results and future research directions. This study provides a useful references for scholars in the field of blockchain research, and is conducive to promote relevant progress in China

This paper finds the following characteristics in the field of blockchain research: First, the research results show that the research in the field of blockchain is in a booming period, and the number of publications and citations show an exponential growth trend; from the distribution of disciplines and journals, the research in the field of blockchain shows a cross-fertilization trend, and is deeply integrated with two specific disciplines, computer science and finance; from the viewpoint of research institutions, China and the United States are the main countries in the research in the field of block, and China attaches great importance to the research in the field of blockchain, which It has promoted the academic development of this field.

Secondly, the high co-cited literature shows that the frontier of blockchain research includes the function and design of blockchain, application value and governance, among which cryptocurrency innovation and characteristics remain the current research frontier, the high-frequency keyword analysis shows that the evolution of blockchain research has gone through three stages: the underlying blockchain technology, application scenarios, and the integration of blockchain technology with advanced technologies such as big data and artificial intelligence. Providing a new type of trust mechanism, blockchain technology has a strong catalytic effect and may impact disruptively for a variety of social services, it can be seen from the literature clustering analysis that the current blockchain research mainly focuses on three aspects of privacy and security, underlying technical architecture, and application scenarios, and pays attention to the technical characteristics of blockchain itself as well as the scalability of the technology and its compatibility with future development.

Thirdly, the knowledge structure of blockchain follows the research line of underlying technology-application scenarios-technology integration, and the current blockchain research The blockchain technology itself still has technical problems and technical risks, and the internal operation rules and governance rules of the code-based blockchain have not formed a stable operation and governance logic, reconstructing blockchain technology based on application scenarios is an important direction in the field of blockchain research and practice.

Fourth, the field of blockchain has become a focus of academic attention. The research in the field of blockchain is still in the development stage, the future blockchain research is more concerned with the empirical research and application of cryptocurrencies, how blockchain technology can improve the specific limitations, and the value of crypto networks, blockchain-based organizational governance and value creation.

Key Words: blockchain; bibliometrics; mapping knowledge domains; research hotspots

JEL Classification: D83, O32

DOI: 10.19616/j.cnki.bmj.2021.07.012

(责任编辑:刘建丽)