

基于知识图谱的区块链物联网领域研究分析

李嘉明 赵阔 屈挺 刘晓翔

暨南大学智能科学与工程学院/人工智能产业学院 广东 珠海 519000

(lijiaming@stu2018.jnu.edu.cn)

摘要 区块链物联网技术快速发展,吸引了学术界和产业界的广泛关注。系统地了解区块链物联网领域的研究现状和进展,对研究人员、产业部门开展相关工作具有较大的参考价值。文中以2015—2019年Web of Science中区块链物联网领域的970篇文献为研究对象,基于文献计量学理论,利用CiteSpace信息可视化软件对其进行了可视化处理与分析。首先对区块链物联网领域影响较大的国家进行了研究探讨;其次对近年来区块链物联网领域的热点关键词进行了总结归纳;然后结合CiteSpace对该领域的知识基础进行总结,列举了具有显著影响力的6篇论文,并且利用Timezone展示方式,研究了区块链物联网领域近五年的发展趋向;最后总结了目前区块链物联网领域的现状,并对未来发展提出了展望。

关键词: 区块链;物联网;知识图谱;文献计量学;CiteSpace

中图分类号 TP393

Research and Analysis of Blockchain Internet of Things Based on Knowledge Graph

LI Jia-ming, ZHAO Kuo, QU Ting and LIU Xiao-xiang

School of Intelligent Systems Science and Engineering/JNU-Industry School of Artificial Intelligence, Jinan University, Zhuhai,

Guangdong 519000, China

Abstract The rapid development of blockchain IoT(Internet of Things) has greatly attracted attention from academia and industry. A systematic understanding of the research status and progress in the field of blockchain IoT is of great reference value for researchers and industry departments to carry out related work. This paper takes 970 articles in the field of blockchain IoT in Web of Science from 2015 to 2019 as research object. Based on bibliometrics theory, it is visualized and analyzed using the information visualization software CiteSpace. This paper firstly researches and discusses the countries with greater influence in the field of blockchain IoT. Secondly, it summarizes the hot keywords in the field of blockchain IoT in recent years. Thirdly, it summarizes the knowledge base of this field in conjunction with CiteSpace, lists six papers with significant influence, and uses the Timezone as the display method to study the development trend of the blockchain IoT field in the past five years. Finally, it summarizes the current status of the blockchain IoT field and propose future development outlook.

Keywords Blockchain, Internet of things, Knowledge graph, Bibliometrics, CiteSpace

1 引言

区块链是比特币的基础支撑技术,初次出现在2009年,中本聪(Satoshi Nakamoto)发表的《比特币:一种点对点的电子现金系统》^[1]描述了如何建立一套全新的、去中心化的、不依靠信任基础的点对点交易体系的方法。至2015年,区块链技术发展突飞猛进,并受到了工业界、政府、学术界的高度关注^[2]。物联网概念是在2005年信息社会峰会(WSSIS)发布的《ITU互联网报告2005:物联网》中引入的,物联网(Internet of Things)指将各种信息传感设备,例如射频识别(RFID)装置、全球定位系统、红外感应器、激光扫描器等装置与互

网结合起来而形成的一个巨大网络^[3-5]。区块链物联网领域近年来成为了科研人员关注的焦点,充分了解近年来区块链物联网领域的研究热点及演进趋势对该领域的研究人员有一定参考价值。因此,本文采用文献计量学的方法,结合CiteSpace软件,对2015—2019年Web of Science中区块链物联网领域的相关文献进行整理分析,以期对区块链物联网领域的理论研究与实践应用提供参考及借鉴。

2 研究方法和研究数据

2.1 研究方法

CiteSpace(中文名:引证空间)由美国Drexel大学陈超美

基金项目:广东省重点领域研发计划项目网络信息安全专项(2019B010137006);国家自然科学基金项目(51875251);广东特支计划本土创新创业团队项目(2019BT02S593);广州市创新领军团队项目(201909010006);国家教育部“蓝火计划”(惠州)产学研联合创新基金(CXZJHZ201722);中央高校基本科研业务费专项资金(11618401)

This work was supported by the Science and Technology Planning Project of Guangdong Province(2019B010137006), National Natural Science Foundation of China(51875251), Guangdong Special Support Talent Program-Innovation and Entrepreneurship Leading Team(2019BT02S593), Guangzhou Leading Innovation Team Program(China)(201909010006), Blue Fire Project(Huizhou) Industry-University-Research Joint Innovation Fund of the Ministry of Education(China)(CXZJHZ201722) and Fundamental Research Funds for the Central Universities(11618401).

通信作者:刘晓翔(tlxx@jnu.edu.cn)

教授开发,是一款结合文献计量学、统计学、信息科学等学科的数据可视化分析软件^[6]。通过利用空间形态的可视化方式,形象地展现学科领域的研究热点、知识结构、发展历程及分布情况,将这种方式称为“科学知识图谱^[7]”。本文采用定性分析与定量分析相结合的研究方法。定性分析指通过对文献(特别是经典文献)的内容进行梳理,分析其促进学科发展的重要意义及影响。定量分析指采用文献计量学的方法对区块链物联网领域的高频词汇及频次进行统计分析,结合可视化软件 CiteSpace 进行研究,绘制出当前区块链物联网领域相关研究的国家、知识基础、关键词发展趋势等的知识图谱,通过节点大小、出现频次、网络连接、连接强度、聚类分析等要素,开展文献数量、作者特征、地域影响力、知识基础和研究热点演化分析,归纳与总结近五年区块链物联网领域的研究进展和发展态势。

2.2 数据来源

本文的研究对象是国际区块链物联网领域的相关文献,数据来源为 Web of Science 中的 Web of Science 核心合集数据库,检索时间为 2020 年 5 月 5 日。为了使得出的结论更具有典型性和尽可能全面的覆盖性,均选择主题检索方式,在检索条件中输入关键词并选择“Web of Science TM Core Collection”数据库进行主题检索,收集数据时为了得到最新的文献发表数据量,首先初步设定时间跨度为 1986—2019 年,发现区块链物联网领域相关文献于 2015 年才首次出现,因此设定时间跨度为 2015—2019 年,其中,对此期间所有的文献量进行了统计,探究近五年来区块链物联网领域的相关研究的进展情况。而后通过阅读所刊载文献摘要进行人工辨别,剔除不相关文献、刊物声明、会议新闻、征稿通知等无效记录,并将这些文献的全纪录与引用的参考文献全部导出到纯文本文件,并将其导入 CiteSpace 进行去重处理,得到 970 篇无重复的文章(article),本文后续即以此最终的文献数据进行可视化分析。具体数据筛选如表 1 所列。

表 1 数据来源

Table 1 Data sources

数据库	Web of Science 核心合集
检索方式	主题检索
检索词汇	BlockChain Internet of things、BlockChain IoT
时间范围	2015—2019 年
文献类别	article
记录内容	全纪录与引用的参考文献
检索结果	970 篇

2.3 分析方法及内容

本文利用 Excel 软件对 2015—2019 年每年度的文献数量进行统计分析,以呈现区块链物联网领域相关研究文献的发表数量随时间的变化趋势。然后使用 CiteSpace 软件将文献进行可视化处理,对研究文献的热点国家、关键词、知识基础以及演进趋势等进行分析。

将去重后的数据导入 CiteSpace,时间划分(TimeSlicing)总时段设置为 2015—2019 年,时间切片(YearsPerSlice)设置为 1 年,术语来源(TermSource)选择为标题(Title)、摘要(Abstract)、词类型(TermType)、著者(DE)、节点类型(NodeTypes)、关键字(Keywords)、可视化视图(Visualization)、阈值调谐(Thresholding)、算法分析(Pruning)、连线(Links)等按照所需分析的国家、时间、机构、学科、被引文献、关键词等角度进行相应的选择,即可生成区块链物联网文献的可视

化知识图谱,从而利用图谱对区块链物联网领域的研究现状及前沿进行分析。

3 数据统计分析

3.1 文献数量年代分布

文献数量是研究对象发展现状的重要表现内容,从文献数量的分布中可以看出该研究对象何时兴起、何时达到研究高峰、何时达到成熟^[8]。近些年,科研人员积极探索和研究区块链物联网领域,并在应用上取得了一定进展,因此本文以最近五年的 Web of Science 核心合集数据库为统计对象,对其进行文献计量及年度文献数量变化分析,得到区块链物联网领域研究文献的年度分布,如图 1 所示。

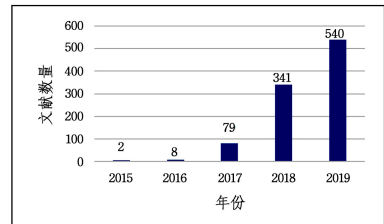


图 1 区块链物联网领域研究文献的年度分布

Fig. 1 Annual distribution of research literature in the field of blockchain IoT

通过分析图 1 所示的区块链物联网领域研究文献的年度分布情况,可知:

1)在 Web of Science 核心合集数据库中检索文献最早是从 1986 年开始的,但关于区块链物联网的研究文献是在 2015 年之后才开始出现的。

2)在 2015 年、2016 年有关区块链物联网领域的研究文献非常少,每年的研究文献发表量都在 10 篇以下,在 2017 年才初次突破 70 篇,但数量仍然不多。

3)在 2016 年之前,总体文献量都较少,文献发表情况变化不大,直到 2017 年区块链物联网领域的研究文献开始逐年以较大幅度增多,呈现上升趋势。

4)随着区块链技术和物联网技术的进步和飞跃,有关区块链物联网的研究文献发表量开始呈现一种激增态势,说明近年来区块链物联网的研究已经成为研究热点。

3.2 国家分布分析

不同国家对于同一科学领域的研究水平是不同的,选择 CiteSpace 中的“country”为节点类型进行分析,可以清楚反映出某一科学领域中不同国家在该研究领域的影响力大小,根据 CiteSpace 分析得到的知识图谱如图 2 所示。

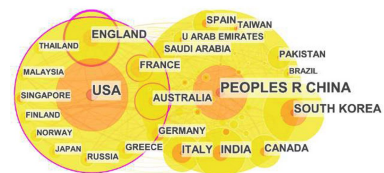


图 2 区块链物联网领域文献研究国家分布知识图谱

Fig. 2 Knowledge map of national distribution in the field of literature research in the field of blockchain IoT

从图 2 中可看出,2015—2019 年,在区块链物联网领域发文量最多的国家是中国(PEOPLES R CHINA),共有 213 篇,占到总数的 21.959%,其次是美国(USA)、韩国(SOUTH KOREA)、英国(ENGLAND)、印度(INDIA)、意大利(ITALY)、澳大利亚(AUSTRALIA)、加拿大(CANADA)、西班牙

(SPAIN)、法国(FRANCE)等。

在 CiteSpace 生成的知识图谱中,一个节点的中心性指的是在网络中经过该节点的所有最短路径的数量,是节点在整体网络中连接作用大小的度量。一个节点的中心性越高,说明它在整体网络中最短路径上出现的次数越多,其影响力和重要程度越大^[9]。本文由 CiteSpace 软件分析得到 10 个发文次数和中心度都较高的国家,如表 2 所列。中国和美国不但在区块链物联网研究领域的发文量遥遥领先其他国家,并且与其他国家的合作关系也较为突出。我国在该领域虽然发文量排名第一,但是中心度不高,只有 0.07,表明我国的研究在该领域的影响力不高,研究水平有待进一步提高。而英国虽然发文量只有 71 篇,但其中中心度高达 0.28,说明英国在区块链物联网领域的影响力较大。

表 2 区块链物联网领域影响力排名前 10 的国家

Table 2 The top ten countries with influence in the field of blockchain IoT

序号	国家	发文量	中心度
1	中国(PEOPLES R CHINA)	213	0.07
2	美国(USA)	198	0.15
3	韩国(SOUTH KOREA)	80	0.02
4	英国(ENGLAND)	71	0.28
5	印度(INDIA)	67	0.04
6	意大利(ITALY)	51	0.09
7	澳大利亚(AUSTRALIA)	47	0.11
8	加拿大(CANANA)	44	0.08
9	西班牙(SPAIN)	35	0.03
10	法国(FRANCE)	34	0.16

3.3 关键词分析

文献的关键词是对文章主题的高度浓缩概括,能够较好地反映文章的中心思想,因此通过分析文献中的关键词可以在一定程度上反映出该学科研究领域的研究热点^[10]。勾选 CiteSpace 软件中的“Keyword”作为图谱分析节点,绘制出国际上文献关键词知识图谱,并在此基础上进行分析。在知识图谱中,每个节点代表一个关键词,节点越大,关键词出现的频次就越大;节点较大处的关键词即为高频词,说明了区块链物联网领域的研究热点;节点间的连线表明两个关键词之间有共现关系。本文利用 CiteSpace 绘制出区块链物联网研究领域关键词的知识图谱,如图 3 所示。

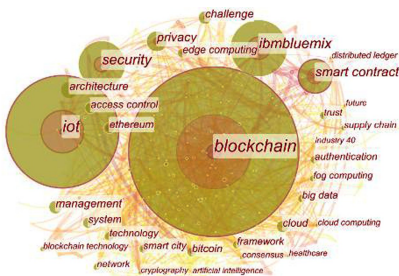


图 3 区块链物联网领域研究关键词的知识图谱

Fig.3 Knowledge graph of research keywords in the field of blockchain IoT

为了清楚地了解区块链物联网研究领域关键词的知识图谱,首先筛选并合并词义相同或词义相近的关键词,将 internet 和 thing、internet of things(iot)合并到 iot 中,然后剔除针对性较弱的词汇。最终按照关键词出现的频次和中心度的大小选取前 20 个词汇,如表 3 所列。表 3 中,中心度大小表示某个词汇与中心节点之间相关程度的高低。

表 3 区块链物联网领域热点词表

Table 3 Hot words in the field of blockchain IoT

序号	频次	中心度	关键词
1	699	0.11	blockchain
2	464	0.22	internet of things(iot)
3	238	0.06	ibmbluemix
4	192	0.05	security
5	147	0.10	smart contract
6	92	0.05	privacy
7	70	0.01	architecture
8	59	0.08	management
9	57	0.01	challenge
10	51	0.04	ethereum
11	51	0.03	access control
12	49	0.04	cloud
13	46	0.08	bitcoin
14	45	0.02	edge computing
15	45	0.06	system
16	42	0.02	authentication
17	41	0.10	big data
18	38	0.05	technology
19	36	0.04	framework
20	36	0.04	smart city

从图 3 和表 3 可以看出,“区块链(blockchain)”“物联网(internet of things)”“IBM 公有云平台(ibmbluemix)”“安全(security)”“智能合约(smart contract)”是区块链物联网领域最关键的 5 个节点。当关键词中心度的值大于或等于 0.1 时,说明这个关键词具有很强的中心性,在合作网络中有着枢纽性的作用,在表 3 中,中心度较高的词有“区块链(blockchain)”“智能合约(smart contract)”“大数据(big data)”。下面对图 3 和表 3 中的部分关键词进行具体介绍。

1)智能合约(smart contract)。智能合约是以数字形式定义的一连串承诺,帮助合约参与方完成这些承诺的执行的协议^[11]。区块链具有分布式记账、全流程记录、不可篡改性的特点,为智能合约提供了安全可靠的执行环境,而智能合约可扩展区块链的应用范围^[12]。随着对区块链技术中智能合约的研究,会使智能合约技术不断进步,为区块链技术提供重要支撑。

2)以太坊(ethereum)。智能合约的概念是由程序员 VitalikButerin 提出的。智能合约是在区块链上部署的、不依赖中心机构、自动化地代表各签署方执行合约的可执行代码。其因具有强制执行性、防篡改性和可验证性等特点,可以应用到很多场景中^[13]。

3)访问控制(access control)。访问控制技术起源于 20 世纪 70 年代,主流访问控制技术有自主访问控制、强制访问控制、基于角色访问控制等。为了提高效益和增强竞争力,许多现代企业采用了此技术来保障其信息管理系统的安全^[14]。

4)边缘计算(edge computing)。边缘计算的基本理念是将计算任务在接近数据源的计算资源上运行,其中的“边缘”是个相对的概念,指从数据源到云计算中心数据路径之间的任意计算资源和网络资源^[15]。

5)智慧城市(smart city)。智慧城市指通过利用以云计算、物联网等为核心的新一代信息技术来改变政府、企业和人们交往的方式,对于民生、城市服务、环保、公共安全、工商业活动等各种需求做出智能、快速的响应,提高城市运行效率,为居民创造更美好的城市生活^[16]。

6)工业 4.0(industry 4.0)。“工业 4.0”是以智能制造为主导的第四次工业革命。世界主要发达国家都有自己的“工业 4.0”战略计划,其中德国作为全世界制造业竞争力最强的国家之一,其“工业 4.0”受到世人瞩目,被全球关注^[17]。

通过对文献的梳理,结合图 3 和表 3 进行整体分析可以看出,在区块链物联网研究领域,通过运用云计算(cloud computing)、大数据(big data)、访问控制(access control)、安全(security)、隐私(privacy)等核心技术,将比特币(bitcoin)、智能合约(smart contract)、以太坊(ethereum)等区块链技术与物联网领域结合,以探求区块链物联网领域的不断发展。此外,雾计算(fog computing)、边缘计算(edge computing)、智慧城市(smart city)、工业 4.0(industry 4.0)、供应链(supply chain)出现的频次不高,但与其他节点关联较为密切,可能会成为区块链物联网领域未来的发展方向。

3.4 知识基础分析

知识基础是某领域研究前沿在科学文献中的引文和共引轨迹^[18]。勾选“cited reference”作为网络节点,寻找出区块链物联网领域中最权威的经典文献,然后对知识基础进行分析,进而深入了解其发展脉络及知识研究基础。

利用 CiteSpace 软件生成的区块链物联网领域的知识基础图谱如图 4 所示,对 CiteSpace 中的“Generate narrative”进行操作,得到经典文献的列表信息。但是采用不同的方法会得到不同的关键文献,通常以文献爆发性、中心度以及引用频次来进行权衡。经过反复的筛选查找,最终选出中心度和引用频次都较高的 6 篇文章,如表 4 所列。

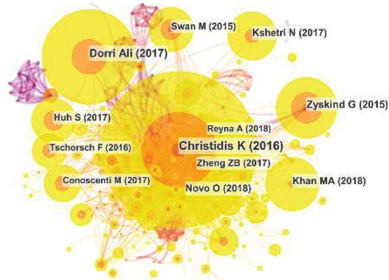


图 4 区块链物联网研究领域的知识基础图谱

Fig. 4 Knowledge base map of the blockchain IoT research field

表 4 区块链物联网领域的知识基础经典文献

Table 4 Classic literature of knowledge base in the field of blockchain IoT

序号	文献题名	第一作者	出版 年号	被引 频次
1	Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things	Christidis K	2016	241
2	BlockChain: A Distributed Solution to Automotive Security and Privacy	Dorri Ali	2017	115
3	Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data	Zyskind G	2015	96
4	IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges	Khan MA	2018	84
5	Blockchain Meets IoT: An Architecture for Scalable Access Management in IoT	Novo O	2018	79
6	Can Blockchain Strengthen the Internet of Things?	Kshetri N	2017	76

本文对区块链物联网研究领域的知识基础知识图谱及 6 篇经典文献进行了深入探究,分析了各专家学者在区块链物联网领域的突出贡献。Christidis^[19]将区块链技术应用于物联网领域,并得出区块链物联网结合前景广阔,可以在多个行业引起重大变革,从而为新的业务模式和分布式应用程序铺平了道路。Dorri^[20]为智能家居、智能汽车等多个物联网领域提出解决方案,致力于研究区块链技术应用于物联网

领域的安全性和隐私性。Zyskind 等^[21]致力于解决数据安全问题,建立去中心化存储个人数据、确保用户拥有并控制其数据的管理系统,为可信计算问题提供了一个解决方案。Khan^[22]概述了物联网的安全要求以及现有的攻击、威胁和最新解决方案,讨论了区块链如何成为解决物联网安全问题的关键推动力。Oscar^[23]提出了一种基于区块链技术的物联网全分布式访问控制系统,并在现实的 IoT 场景中进行了评估,得出区块链技术可以用作物联网访问管理技术的结论。Kshetri^[24]对比了当前的物联网生态系统,从区块链物联网安全相关的底层机制、去中心化的恶意参与者操纵和伪造的挑战等多个角度,评估了区块链在加强物联网安全性中的作用。

3.5 演进趋势探析

演进趋势可通过 CiteSpace 软件中的突现探测(Burst Detection)方式,从关键词中得到出现频次在短时间内突然增加或使用频率明显提高的研究领域或主题^[25]。根据图谱中不同时间段突现词的显示,可以较为清晰地分析区块链物联网领域的演进发展趋势。将“keyword”作为节点,绘制出区块链物联网领域的高频突现关键词时序图,如图 5 所示。

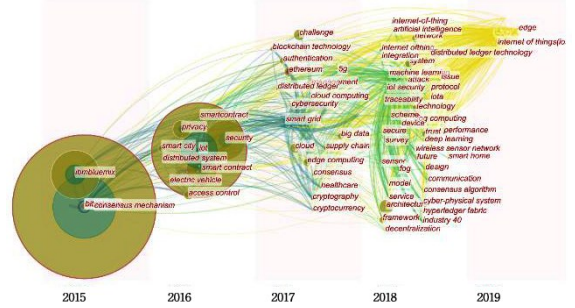


图 5 区块链物联网领域突现词时序图

Fig. 5 Timing diagram of emergent words in the field of blockchain IoT

从图 5 中可以看出,2015—2019 年间区块链物联网领域的演进趋势。2015 年国际突变强度较高的关键词为“ibm-bluemix”“bitcoin”“consensus mechanism”等,说明在此期间国际上的研究主要集中在以 ibmbluemix 为代表的云端服务器上部署实现与比特币相关的区块链技术。2016 年突变强度较高的关键词有“iot”“smart contract”“security”“smart city”等,说明 2016 年期间国际上主要在物联网各个应用场景对区块链进行评估,并尝试针对不同场景提出一个可行的解决方案。2017—2019 年间,出现了非常多的突变关键词,“big data”“5g”“industry 4.0”“deep learning”“machine learning”“edge computing”“fog computing”等,表明诸多学者尝试结合大数据、深度学习、5G 等新技术,在区块链物联网领域探索不同的新分支,为该领域提供了广阔的思路,此外,说明了当下的研究热点和趋势在于将多种新技术融合并应用于区块链物联网领域。

结束语 本文以 Web of Science 核心合集数据库中的文献为数据来源,对 2015—2019 年之间区块链物联网领域研究和进行了可视化的知识图谱绘制,并分别对研究热点关键词、基础知识和演进趋势进行了详细的分析探讨。综合上述研究,可得到如下结论:

1)在国家影响方面,中国(PEOPLES R CHINA)、美国(USA)、韩国(SOUTH KOREA)、英国(ENGLAND)、印度(INDIA)、意大利(ITALY)、澳大利亚(AUSTRALIA)、加拿大(CANANA)、西班牙(SPAIN)、法国(FRANCE)在区块链

物联网研究领域中发表的文献数量名列前茅,其中中国虽然发文量排名第一,但是中心度不高,只有 0.07,说明研究水平还有待进一步提高,而英国中心度很高,说明与其他国家研究关系密切。对整体进行分析,这 10 个国家在区块链物联网领域研究的投入力度最大,掌握了最顶尖的技术,影响力最大。

2)在研究热点方面,区块链物联网领域的关键词有很多,例如“区块链(blockchain)”“物联网(internet of things)”“IBM公有云平台(ibmbluemix)”“安全(security)”“智能合约(smart contract)”等,依靠这些关键词可以分析得出,目前区块链物联网领域的热点方法在于通过公有云平台研究区块链在物联网场景的应用,并尝试解决现有物联网的安全、控制等问题。

3)在知识基础方面,区块链物联网领域在 2015—2019 年这一阶段研究的主要方向是通过区块链技术对物联网领域当前问题进行改进和完善。主要的知识基础则是区块链物联网安全研究,例如物联网数据存储、物联网系统控制、区块链数据隐私等方面。

4)在演进趋势方面,区块链物联网领域在 2015 年的研究主要集中在以 ibmbulemix 为代表的云端服务器上部署实现与比特币相关的区块链技术,2016 年主要研究区块链在物联网各个应用场景进行评估,并尝试针对不同场景提出一个可行的解决方案。2017—2019 年间,诸多学者尝试结合大数据、深度学习、5G 等新技术,将多种新技术融合并应用于区块链物联网领域,在区块链物联网领域探索不同的新分支,为该领域提供了广阔的思路。

综合以上结论,结合当下区块链技术和物联网技术快速发展并不断完善的时代背景,区块链物联网受到了越来越多人的关注。虽然目前现有的区块链物联网技术仍存在不足,但是在智能化快速发展和诸多学者研究下,相信区块链物联网领域的技术将能飞速发展。

参 考 文 献

- [1] NAKAMOTO S. Bitcoin;a peer-to-peer electronic cash system [EB/OL]. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- [2] XU Z,ZOU CH W. What can and cannot be done with blockchain? [J]. *Financial Research*,2018(11):1-16.
- [3] International Telecommunication Union UIT. ITU Inter-net Reports2005:The Internet of Things [R]. 2005.
- [4] GUSTAVO R G,MARIO M O,CARLOS D K. Early infrastructure of an Internet of Things in Spaces for Learning [C]// Eighth IEEE International Conference onAdvanced Learning Technologies. 2008:381-383.
- [5] AMARDEO C,SARMA J G. Identities in the Future Internet of Things [J]. *Wireless Pers Commun*,2009,49:353-363.
- [6] ZHU J W,JIANG Y L,ZHAI L,et al. Comparison of domestic and foreign BIM research based on knowledge graph [J]. *Journal of Civil Engineering*,2018,51(2):113-120.
- [7] CHEN M,ZHU J W. Research hotspot and evolution trend of project management in my country based on knowledge graph [J]. *Journal of Engineering Management*,2016,30(3):105-109.
- [8] LU J X,XU L Y,ZHAO L B,et al. Analysis of the current status of RFID research based on literature metrology[J]. *Computer Integrated Manufacturing System*,2017,23(11):2518-2532.
- [9] FAN Y Y,XU J J. Graph analysis of graphene research literature based on CiteSpace bibliometrics[J]. *Modern Information*,2015,35(8):81-91.
- [10] MOTOHASHI K. Assessment of technological capability in science industry linkage in China by patent database [J]. *World Patent Information*,2007,30(3).
- [11] KIVIAT T I. Beyond bitcoin:Issues in regulating blockchain transactions[J]. *Duke Law Journal*,2015,65(3):569-608.
- [12] PETERS G W,PANAYI E,CHAPELLE A,et al. Trends in-crypto-currencies and blockchain technologies;a monetary theory and regulation perspective[J]. *Cryptography and Security*,2015,3(3):92-113.
- [13] MA C G,AN J,BI W,et al. Smart contracts in blockchain[J]. *Information Network Security*,2018(11):8-17.
- [14] LIU H Y,FAN J L,MA J F. Research progress of access control technology [J]. *Small Microcomputer System*,2004(1):56-59.
- [15] SHI W S,SUN H,CAO J,et al. Edge computing:a new computing model in the era of Internet of Everything [J]. *Computer Research and Development*,2017,54(5):907-924.
- [16] WU X B,YANG Z G. Smart city concept and future urban development [J]. *Urban Development Research*,2010,17(11):56-60.
- [17] HE Z C,PAN H Y. German “Industry 4. 0” and “Made in China 2025” [J]. *Journal of Changsha University of Science and Technology (Social Science Edition)*,2015,30(3):103-110.
- [18] ZHAO R Y,WANG J. Analysis of Library SCIENCE Knowledge Graph [J]. *Chinese Library Journal*,2011,37(2):40-50.
- [19] CHRISTIDIS K,DEVETSIKIOTIS M. Blockchains and smart contracts for the internet of things[J]. *IEEE Access*,2016,4:2292-2303.
- [20] DORRI A,STEGER M,KANHERE S S,et al. Blockchain:A distributed solution to automotive security and privacy[J]. *IEEE Communications Magazine*,2017,55(12):119-125.
- [21] ZYSKIND G,ZEKRIFA D M S,ALEX P,et al. Decentralizing Privacy:Using Blockchain to Protect Personal Data[C]// IEEE Security & Privacy Workshops. IEEE,2015.
- [22] KHAN M A,SALAH K. IoT security:Review blockchain solutions,and open challenges[J]. *Future Generation Computer Systems*,2018,82:395-411.
- [23] OSCAR N. Blockchain Meets IoT:An Architecture for Scalable Access Management in IoT [J]. *IEEE Internet of Things Journal*,2018,5(2):1184-1195.
- [24] KSHETRI N. Can blockchain strengthen the internet of things? [J]. *IT Professional*,2017,19(4):68-72.
- [25] HOU J H. Visual analysis of business management discipline evolution and frontier hotspots [D]. Dalian:Dalian University of Technology,2009.



LI Jia-ming, born in 2000, undergraduate. His main research interests include machine learning and data mining.



LIU Xiao-xiang, born in 1977, Ph.D., associate professor. His main research interests include artificial intelligence, internet of thing and computer vision.