

# 区块链技术: 从数据智能到知识自动化

袁勇<sup>1,2</sup> 周涛<sup>3</sup> 周傲英<sup>4</sup> 段永朝<sup>5</sup> 王飞跃<sup>1,6,7</sup>

技术创新是社会与经济发展的核心驱动力。继以大数据、云计算、物联网和移动互联网为代表的信息技术时代之后,新兴的区块链技术和知识自动化有望成为正在到来的智能技术时代的新动能和新引擎,并在金融、经济、科技和政务等诸多领域产生颠覆性变革。

## 1 区块链: 理想与现实的博弈

近两年来,区块链技术的发展和普及呈现出爆发式增长态势,其速度之快超出许多专家学者的预期。2015年,区块链的关注者仍局限于少数比特币爱好者;2016年7月,区块链技术已经快速攀升到Gartner技术成熟度曲线的顶端,即过高期望峰值期(Peak of inflated expectations);基于区块链技术的智能合约(Smart contract)和智能资产(Smart asset)技术也处于该曲线中的快速上升期。2016年末,国务院印发《“十三五”国家信息化规划》,明确指出要加强区块链等技术的基础研发和前沿布局,正式从国家科技战略层面肯定了区块链的技术与社

会价值;各国中央银行也高度重视区块链技术,通过借鉴研究或直接应用区块链来设计各自的法定数字货币。市场层面上,以区块链为底层技术的加密货币价格持续上涨,总市值已经突破1000亿美元,最具代表性的比特币单价已超过3000美元。币价上涨的背后,反映出市场对区块链技术日益高涨的热情和对其发展前景的持续看好。

作为一种全新的去中心化基础架构与分布式计算范式,区块链技术能够为自动化和智能化相关产业的发展奠定坚实的数据安全和信任基础,助力打造去中心化、安全可信和可灵捷编程的智能产业新生态<sup>[1]</sup>。更为重要的是,区块链代表着新兴智能技术对于传统社会组织和运作方式的一种颠覆性变革和挑战,是迈向具有“平等自由、共识共治、公开透明”鲜明特色的新产业形态的一次极有意义的尝试。这些特色主要体现在区块链的三个本质性技术特征:

首先,区块链采用去中心化的组织方式,系统中不存在自上而下的中心化或层级结构的管理与控制,而是通过自下而上的、网络节点之间的微观交互和竞争博弈来实现宏观系统的自适应组织和高层涌现。这种组织方式代表着系统结构和计算模式在其分合循环与演变过程中,由完全中心化模式向完全去中心化模式的演进,因而体现出“平等和自由”的技术特色。

其次,区块链技术采用基于共识的数据更新机制。新生成的数据必须获得全部或大多数节点验证通过后,才能写入由全体区块链节点共同维护的共享账本,因而极难篡改和伪造。这也是区块链技术形成去中心化信任的重要基础。区块链采用共识竞争的方式确定节点记账权限、按照概率或算力/权益比例来选择记账节点,一定程度上避免了中心节点对共享账本的控制,因而体现出“共识和共治”的技术特色。

第三,区块链系统采取建立在隐私保护基础上的公开数据读取方式。区块链系统数据受密码学技术保护,且带有不同程度匿名性,但数据在写入区块前需全体节点验证,写入后也可以零成本方式向全体节点公开查询,从而有助于消除信息优势、降低系统节点的信任成本,因而体现出“公开和透明”的技术特色。

收稿日期 2017-07-07

Manuscript received July 7, 2017

国家自然科学基金(71472174, 61533019, 71232006, 61233001)资助

Supported by National Natural Science Foundation of China (71472174, 61533019, 71232006, 61233001)

引用格式: 袁勇, 周涛, 周傲英, 段永朝, 王飞跃. 区块链技术: 从数据智能到知识自动化. 自动化学报, 2017, 43(9): 1485-1490

Citation: Yuan Yong, Zhou Tao, Zhou Ao-Ying, Duan Yong-Chao, Wang Fei-Yue. Blockchain technology: from data intelligence to knowledge automation. *Acta Automatica Sinica*, 2017, 43(9): 1485-1490

1. 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室 北京 100190 2. 青岛智能产业技术研究院 青岛 266109 3. 电子科技大学 成都 611731 4. 华东师范大学数据科学与工程学院 上海 200062 5. 财讯传媒集团 北京 100020 6. 国防科学技术大学军事计算实验与并行系统技术中心 长沙 410073 7. 中国科学院大学中国经济与社会安全研究中心 北京 101408

1. The State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190 2. Qingdao Academy of Intelligent Industries, Qingdao 266109 3. University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731 4. School of Data Science and Engineering, East China Normal University, Shanghai 200062 5. SEEC Media Group Limited, Beijing 100020 6. Research Center of Military Computational Experiments and Parallel System, National University of Defense Technology, Changsha 410073 7. Center of China Economic and Social Security, The University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101408

由此可见,区块链的上述技术特征实际上更适用于“乌托邦”式的社会形态和应用场景,而这与现实社会的内在运行规律势必存在着根本性的矛盾和冲突,因而极有可能限制区块链技术的应用场景和范围,并在一定程度上阻碍区块链技术的发展.学术研究和产业实践相关人员已经开始思考甚至质疑“现实社会是否真正需要这三个特点的区块链技术?”这无疑是区块链技术引发的一次理想与现实的博弈,而此博弈目前的“均衡状态”则是激进的区块链新技术向传统技术的妥协与折中,并由此衍生出诸多针对现实应用场景的、融合传统技术的区块链解决方案.

例如,与中心化集权体制的计算模式相比,去中心化的区块链分权体制虽然有着更好的鲁棒性和安全性,但不可避免地会导致其共识控制的效率低下,因而这种“失控”状态的区块链系统目前尚难以全面应用于类似金融系统等关系国计民生的重要领域.为此,多中心化甚至完全中心化的联盟链和私有链相继出现,旨在通过削弱系统的去中心化程度来增强区块链“主权”的控制能力.目前,这些形态的区块链技术正在快速发展,并涌现出以超级账本(Hyperledger)等为代表的相对成熟的企业级应用解决方案.然而,这类针对特定应用需求改造后的区块链技术是否还是真正的“区块链”目前仍然尚存争论.

再如,区块链系统强调全体节点的共识并以此维护历史数据的不可(或极难)篡改性,这种基于集体智慧的民主共治思想和价值观通常会节点决策失误或历史数据存在问题时陷入窘境.2016年6月,基于区块链技术的以太坊众筹项目The DAO由于其智能合约存在重大缺陷而遭受攻击,以太坊社区在是否维护“区块链数据不可更改”这一本质特征的争论中未能达成共识,通过硬分叉方式形成两条独立运行的区块链.这次分叉无疑是区块链理想向现实妥协的例证.

最后,区块链技术公开和透明的特点使其特别适合精准扶贫、慈善捐款等政务领域.然而,对于强调隐私保护和通过构筑信息优势获利的商业领域来说,区块链可能并非最佳解决方案.

综上所述,区块链被产业界视为引发第四次产业革命的核心要素之一,其技术特色、发展前景乃至对现实社会带来的深刻影响都已经获得广泛认可.然而迄今为止,区块链的“杀手级应用”仍然是比特币和以太坊等局限于纯虚拟经济体系的加密货币,现实社会中解决实际需求的区块链系统虽为数众多、百花齐放,但均是小规模探索和尝试,成功者寥寥无几.毫无疑问,区块链与生俱来的革命性技术特色所引发的理想与现实的博弈正在成为限制其从

虚拟走进现实的鸿沟.如何充分利用区块链的新技术特色,发掘适合区块链技术的现实场景,并从区块链底层的数据结构、密码学技术、通信网络、共识博弈、经济激励和可编程合约等方面取得突破和创新,促使区块链技术真正落地,是目前学术界和产业界共同的任务.

## 2 知识自动化:从UDC到AFC

与区块链技术类似,知识自动化也是近年来随着智能技术的快速发展而诞生的热点研究领域.一般而言,区块链是知识自动化的重要基础和关键技术之一,能够在底层数据层面保障知识自动处理流程的安全性、去信任性与不可(或极难)篡改性;知识自动化则在此基础上为基于数据的知识产生、传播、获取、分析和影响方式带来重要而深刻的变革,促使我们从物理世界的工业自动化,走向面向数据和CyberSpace的知识自动化<sup>[2]</sup>.为此,本专刊同时面向区块链和知识自动化两个研究领域征文,以期促进相关领域理论、方法、技术与应用研究的深入开展.

近年来,现实世界与虚拟社会融合发展的态势日趋明显,使得现代社会在物理、心理和虚拟空间(Cyberspace)均呈现出深度耦合与强力反馈的态势,形成各种具有不确定性、多样性和复杂性特征的信息-物理-社会系统(Cyber-physical-social systems, CPSS);新形势下,海量数据处理与深度知识解析成为新常态,传统的专家系统等高度依赖专家智慧的知识处理方式已经难以为继,自动化和智能化的知识处理成为必由之路.CPSS环境下,社会与人的因素的引入,更使得社会复杂系统由可全面观察、可精确预测和可主动控制的“牛顿系统”,演进为“人在环路中”、兼具高度社会复杂性与工程复杂性的“默顿系统”<sup>[3]</sup>.正如工业时代中物理空间需要“实”的工业自动化一样,目前的知识时代或者“智业”时代自然需要虚拟网络和社会空间中“虚”的知识自动化.

在此背景下,本文作者王飞跃教授最早撰文提出知识自动化这一崭新的领域<sup>[4]</sup>,指出实现知识自动化的主要途径之一是研究数据驱动的描述智能(Descriptive intelligence)、实验驱动的预测智能(Predictive intelligence)以及互动反馈的引导智能(Prescriptive intelligence),通过“描述-预测-引导”三位一体形成的平行智能,实现从具有不确定性(Uncertainty)、多样性(Diversity)和复杂性(Complexity)特征的CPSS系统向敏捷(Agile)、聚焦(Focus)和收敛(Convergent)的智能系统的转化,即从UDC迈向AFC.

知识自动化是处理面向CPSS的复杂系统的新

研究框架, 其研究范畴涵盖知识处理流程中的获取、验证、建模、解析、实验、实施、反馈和影响力评估等诸多环节, 是新 IT 技术的集合. 实际上, 目前人工智能领域新兴的热点方法生成对抗网络 (Generative adversary networks, GAN) 就是知识自动化研究体系的关键技术之一, 是没有引导功能的平行智能的一种实施方式<sup>[5]</sup>.

特别地, 区块链驱动的智能合约也是实现知识自动化的技术之一. 智能合约本质上并不局限于区块链保障实施的现实世界的合同条文, 而可以是更为灵活的预定义的“IF-THEN”类型的条件响应规则, 可由区块链节点确认后自动实施. 该特点对于研究和约简 CPSS 系统复杂性具有十分重要的意义. 从博弈角度讲, “人在环路中”的社会复杂性很大程度上源自于人在协调与协作过程中普遍存在着空头威胁、相机行动甚至事后抵赖等不确定因素; 传统博弈论研究基于理性人假设, 通过博弈剪枝来消除不可置信的威胁等人为因素, 这在有限理性甚至非理性的现实世界中可能并不适用. 不可更改和自动执行的智能合约技术则可以在技术层面上最大程度地降低甚至消除这些由人导致的社会复杂性, 将不可置信的空头威胁转变为可置信的、自动执行的承诺, 从而有助于将不确定的动态博弈规约为可预测的静态博弈、将默顿系统规约为牛顿系统, 最终提高社会协调与协作的效率.

### 3 未来发展趋势: 平行区块链

近两年来, 区块链和知识自动化技术已经引起高度重视与广泛关注, 大量行业联盟、咨询机构和创业公司如雨后春笋般涌现出来, 学术组织也密集探讨其发展趋势.

2017年4月, 第一届区块链与知识自动化国际研讨会 (The 1st International Symposium on Blockchain and Knowledge Automation, ISBKA) 在美国丹佛大学成功召开, 旨在探讨区块链与知识自动化领域的热点问题和前沿技术进展. 会上, 本文作者王飞跃教授作了“Parallel Blockchain: Concept, Techniques and Applications”主旨报告, 首次提出并解读了“平行区块链”的概念、技术及其在交通、健康和农业等领域的应用实践<sup>[6]</sup>. 报告指出, 以比特币区块链为典型代表的区块链和分布式账本技术本质上是一种新型的数据结构和系统架构, 能够实现去中心化、去信任、安全可靠的描述智能; 而未来以“人机结合、虚实一体”为典型特征的智能社会系统, 更多地是需要基于预测智能和引导智能的实验、分析与决策<sup>[7]</sup>. 平行区块链技术即是平行管理与控制理论与区块链技术的有机结合, 致力于通过实际系统与人工系统的“链上”平行互动与协

同演化, 为目前的“描述性”区块链技术增加计算实验与平行决策功能, 从而更好地服务于未来的智能社会系统. 由此可见, 通过区块链与知识自动化技术的深度融合, 实现从目前的源自比特币的区块链、智能合约和深度学习技术, 演进到未来基于 ACP 方法的平行区块链、平行动态规划<sup>[8]</sup>、“描述-预测-引导”平行智能<sup>[9-10]</sup>, 是区块链技术驱动的智能产业的必然发展趋势.

### 4 专刊论文概览

为促进国内区块链和知识自动化技术的研究, 我们特组织本专刊, 针对区块链技术的数据安全与加密机制、信任产生机理、分布式协调与博弈机制, 以及大数据和知识的自动化与智能化实时采集、深度分析与灵捷交互等具有重要研究价值和实践意义的基础问题, 面向国内研究者征文. 本次专刊共收到 26 篇稿件. 应该说, 在被称为“区块链元年”、国内学术研究尚处于萌芽状态的 2016 年, 能够收到这么多稿件是出乎专刊客座编辑的意料之外的. 经同行评议, 我们共收录了其中的 11 篇稿件, 研究内容涉及到比特币、共识博弈、智能合约等基础研究; 区块链在能源、医疗等领域的应用研究; 以及知识自动化领域的自动问答、深度/增强学习、专家知识系统和协同过滤等理论方法研究.

目前, 区块链和比特币领域的研究尚处于起步阶段, 特别是相关主题的知识结构定量化研究尤为缺乏. 为此, 由华南理工大学李牧南等撰写的《区块链和比特币相关主题的知识结构分析: 共被引和耦合聚类分析视角》致力于对区块链和比特币的知识结构进行深入分析, 发现其知识基础和潜在的研究前沿, 为后续相关研究提供有价值的参考. 该文基于 Web of Science 数据库, 用主流文献计量方法和 CiteSpace 工具组合, 对相关文献进行了描述性统计分析、共被引聚类分析、文献耦合聚类分析和主题词共现分析, 从多种维度探讨了区块链和比特币相关主题的知识结构; 不仅从定量的角度反映出区块链和比特币领域研究的近况, 同时结合定量分析结果进行了概括的定性描述, 从一定程度上对本领域的知识基础和前沿进行了刻画. 本文旨在促进新兴科学主题的交叉和知识扩散, 对未来区块链和比特币的相关研究具有一定的参考价值.

浙江师范大学唐长兵撰写的《PoW 共识算法中的博弈困境分析及优化》探讨了区块链系统的共识算法这一核心问题, 主要从策略博弈角度来研究如何在区块链系统中高效地达成共识, 即矿工们在开放矿池中应如何选择合作或攻击行为. 该文针对工作量证明 (Proof of work, PoW) 类共识算法中存在的“囚徒困境”问题, 基于博弈均衡理论分析

了 PoW 共识过程中矿工策略选择的纯策略及混合策略纳什均衡存在条件. 文章采用了近年来新兴的零行列式 (Zero determinant, ZD) 策略方法来优化“囚徒困境”中的矿工策略, 使得系统收益达到最大化, 并通过数值仿真对算法的有效性进行了验证. 本文从理论研究角度对共识算法的设计提供了新的思路和方法, 并从实践应用角度对区块链系统的资源优化提供了积极的参考和支持.

智能合约随着区块链技术的强势崛起而获得突破性进展并应用于众多领域, 使得链上合约代码信息与日俱增. 庞大的智能合约数量使得用户从中选择自己需要的服务变得十分困难, 如何管理与组织海量智能合约代码的需求尤为迫切. 构建智能合约的自动分类系统无疑是解决该问题的有效方案. 然而, 传统的文本分类算法一般基于人工定制的特征来实现分类, 存在难以跨领域分类和特征稀疏等问题. 浙江大学黄步添等撰写的《基于语义嵌入模型与交易信息的智能合约自动分类系统》认为, 以词嵌入模型为代表的神经网络算法可以有效解决上述问题, 并以以太坊平台的智能合约为例, 提出了一种基于语义嵌入模型与交易信息的智能合约自动分类系统; 通过用词嵌入模型对智能合约代码的语义信息建模, 并且用智能合约的交易信息来更深入地理解智能合约的逻辑行为, 最后用神经网络来组合两方面的信息输出最终的类标签概率分布. 本文实现了一个智能合约的浏览器与智能合约的检索系统, 实验结果显示该系统取得了超出基准算法的分类效果, 具有良好的应用前景.

应用研究方面, 大规模分布式智能电力能源系统是区块链的热点应用领域之一. 美国丹佛大学张俊等撰写的《运行于区块链上的智能分布式电力能源系统: 需求、概念、方法以及展望》致力于运用区块链技术构建分布式智能能源系统, 以解决传统智能能源系统的中心化运营导致的一系列管理问题. 鉴于电力能源系统的社会和技术双重属性, 运用区块链实现运营的过程中需要构建不同的区块链来描述和建模不同的属性, 由此本文提出了一个“区块链群”的实现方式以及依存于其上的各类运行机制. 不同层次和功能的区块链群基于区块链技术、分布式文件服务技术、分布式电力系统分析与管理技术等自我组织、相互协助, 最终构建一个分布式自主的电力能源运行系统, 通过频繁而深度的计算与交互衍生出系统智能, 并期望其能带来稳定、可靠、有效的电力能源生产、传输与消费. 本文所提出的区块链群的概念是对未来的平行区块链管控技术的有益探索.

医疗健康是区块链技术的另一热点应用领域. 在当前医疗健康数据共享机制下, 病人、医生以及

研究人员在访问和共享医疗数据时受到严格的限制, 这一过程需要花费大量的资源和时间用于权限审查和数据校验, 却不能杜绝数据篡改、数据传输不安全等问题, 从而严重阻碍了智慧医疗和医疗大数据的发展; 医疗数据的校验、保存和同步成为亟待解决的一大难题. 北京邮电大学薛腾飞等撰写的《基于区块链的医疗数据共享模型研究》提出了一个基于区块链的医疗数据共享模型, 利用区块链技术帮助病人、医生以及研究人员实现快速安全的认证权限、安全便捷的数据访问和分享. 该模型基于改进的授权股份证明 (Delegated proof of stake, DPOS) 共识机制, 建立有效、去中心化、灵活的共享机制; 同时利用代理重加密机制来实现对医疗数据的访问控制和共享, 可望为目前在隐私与安全、医疗数据滥用和诈骗、用户参与度、互操作性、可访问性、数据完整性等方面存在的问题提供有效的解决方案.

知识自动化研究领域, 自动问答技术随着人工智能、大数据、移动互联网和个人携带智能设备的快速发展而获得广泛关注. 中国科学院自动化研究所曾帅等撰写的《面向知识自动化的自动问答研究进展》认为, 新智能技术时代中, 自动问答的技术形态和应用场景正在经历深刻变化, 使得用户的行为与需求模式也发生了极大的变化. 在自动问答系统发展的前两个阶段 (即, 数据库自然语言接口、以信息检索为中心的阶段), 其本质是对已有信息的检索, 因此回答问题的能力受限于信息的完备性; 而将信息升华为知识, 实现知识自动化才可以赋予自动问答系统像人类一样的思考能力, 对虚拟空间的大数据进行深度的开发和智力挖掘. 该文回顾了自动问答领域的发展历史, 按照知识表示方法的不同, 对近年来的自动问答系统进行分析和总结, 并介绍了典型英文和中文系统应用、以及自动问答系统的主要评估方法. 可以看出, 虽然当前还没有自动问答系统可以达到用户理想的状态, 它已经在朝着智能化、个性化的知识机器人发展.

深度学习是知识自动化的代表性技术之一. 2016 年, 基于深度学习技术的 AlphaGo 以 4 : 1 的比分战胜韩国棋手李世石, 随后在网络围棋平台上以 60 连胜的优势战胜众多人类棋手, 预示着以自我博弈、深度强化学习和虚实互动等为典型特征的知识自动化将成为新常态, 这与复杂系统与人工智能研究中的平行管理思想不谋而合. 中国科学院自动化研究所秦蕊等撰写的《基于深度强化学习的平行企业资源计划》将深度强化学习应用于企业管理 (Enterprise resource planning, ERP), 提出了基于深度强化学习的平行 ERP 3.0 研究框架, 来解决知识自动化时代复杂企业 ERP 所面临的不确定性、多样性和复杂性困难, 实现了企业 ERP 中大数据、知

识与人三者之间的动态闭环反馈及实时交互。ERP 3.0 概念的提出为企业 ERP 的发展提供了新的建设思路, 开启了平行企业 ERP 时代。

国家数字交换系统工程与技术研究中心刘畅等撰写的《使用增强学习训练多焦点聚焦模型》研究了“聚焦模型”这一类新兴的深度神经网络模型。聚焦模型在图像、视频处理中取得了良好的应用, 然而在目标种类较多、识别目标较大时, 它需要多次迭代才能完成识别, 因而效率较低。针对这类问题, 该文提出了一种多焦点聚焦模型, 采用多个独立并行的焦点模块, 各焦点按照自己收到的坐标并发地提取图像信息, 所有焦点提取的信息合并后由循环神经网络 (Recurrent neural network, RNN) 层统一处理, 迭代更新各焦点下一步的提取坐标。在每次采样分析后, 对所有焦点的整体采样效果进行评分, 通过端对端的增强学习方法对模型进行训练, 从而自动学习出提取输入图像中最有效的信息。作者基于 MNIST 数据集及其变种进行多项实验, 结果表明, 相比单焦点聚焦模型, 该模型的训练速度、识别正确率都得到了优化。该方法对于大规模图像数据集的处理, 具有一定的优势。

专家系统是知识自动化的早期形态。专家系统中, 推理机是重要的组成部分, 它和知识库一起构成专家系统。为了解决专家系统在推理过程中存在的规则保存、推理速度等问题, 研究者提出了 Rete 算法; 然而, 这种高效的模式匹配算法在 Rete 网的构建和推理过程中仍存在空间和性能方面的问题。北京理工大学严西敏等撰写的《一种基于共享度模型的改进 Rete 算法》的主要贡献致力于通过算法改进来缓解该问题。本文采取有穷自动机理论的思想, 根据节点共享度模型和模式共享度模型, 将规则中条件以共享度为权重进行排序, 提出改进的 Rete 网络构建和推理算法, 以降低 Rete 网络的复杂度并提升推理速度。文章利用实际数据集进行了实验, 结果支持改进的 Rete 算法在降低网络复杂度和加快推理速度方面有明显提升。

东北大学袁杰等撰写的《基于 D-S 融合的混合专家知识系统故障诊断方法》主要面向流程工业过程的专家系统。过程故障诊断是流程工业面临的重要难题, 基于定性知识故障诊断的专家系统方法是解决这个问题最为常用的方法。然而, 由于复杂流程工业过程具有数据与知识类型多样、不确定性高、运行数据不准确等特点, 必须同时采用多种不同的专家知识系统, 组成混合专家知识系统来进行诊断才能得到可靠的结论。为处理多个专家系统之间的知识与证据冲突, 本文基于 D-S 证据理论, 结合专家知识系统和生产中的数据, 提出一种基于 D-S 融合的混合知识系统故障诊断方法; 这种方法可以根

据不同的信息类型建立不同的专家知识系统, 并进行不确定性推理, 有助于实现流程工业过程的智能故障诊断, 从而能够极大地提高故障诊断的准确性和有效性。

最后, 国家数字交换系统工程与技术研究中心潘涛涛等撰写的《基于矩阵填充和物品可预测性的协同过滤算法》主要探讨知识自动推荐算法。在如今的大数据时代, 如何快速高效地挖掘数据的价值已经成为企业面临的重要挑战。推荐系统是解决大数据时代信息过载问题的重要途径和关键技术, 而协同过滤则是当前最为主流的推荐算法。一般来说, 数据稀疏性是影响基于协同过滤的推荐系统性能的重要因素, 传统的矩阵填充方法虽然可以在一定程度上缓解数据的稀疏性, 但是却忽略了预测评分与真实评分之间的可信度差异。针对这些问题, 本文引入置信系数来表示评分值之间的可信度, 并基于矩阵填充和物品可预测性提出了一种综合考虑物品预测评分与物品可预测性的改进协同过滤算法; 这种算法能够有效地解决数据稀疏问题, 并极大提高推荐的性能。

本专刊的顺利完成, 离不开作者、审稿人和《自动化学报》编辑们的大力支持与协助。在此, 我们表示深深的感谢, 并希望本专刊对国内区块链和知识自动化领域的研究起到积极的促进作用。

## References

- 1 Yuan Yong, Wang Fei-Yue. Blockchain: the state of the art and future trends. *Acta Automatica Sinica*, 2016, **42**(4): 481–494  
(袁勇, 王飞跃. 区块链技术发展现状与展望. *自动化学报*, 2016, **42**(4): 481–494)
- 2 Wang Fei-Yue. Software-defined systems and knowledge automation: a parallel paradigm shift from Newton to Merton. *Acta Automatica Sinica*, 2015, **41**(1): 1–8  
(王飞跃. 软件定义的系统与知识自动化: 从牛顿到默顿的平行升华. *自动化学报*, 2015, **41**(1): 1–8)
- 3 Wang Fei-Yue, Wang Xiao, Yuan Yong, Wang Tao, Lin Yi-Lun. Social computing and computational societies: the foundation and consequence of smart societies. *Chinese Science Bulletin*, 2015, **60**(5–6): 460–469  
(王飞跃, 王晓, 袁勇, 王涛, 林懿伦. 社会计算与计算社会: 智慧社会的基础与必然. *科学通报*, 2015, **60**(5–6): 460–469)
- 4 Wang Fei-Yue. The destiny: towards knowledge automation — preface of the special issue for the 50th anniversary of *Acta Automatica Sinica*. *Acta Automatica Sinica*, 2013, **39**(11): 1741–1743  
(王飞跃. 天命唯新: 迈向知识自动化 — 《自动化学报》创刊 50 周年专刊序. *自动化学报*, 2013, **39**(11): 1741–1743)
- 5 Wang K F, Gou C, Duan Y J, Lin Y L, Zheng X H, Wang F Y. Generative adversary networks: introduction and outlook. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 2017, **4**(3): 389–399

- 6 Yuan Y, Wang F Y. Towards blockchain-based intelligent transportation systems. In: Proceedings of the 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC2016). Rio de Janeiro, Brazil: IEEE, 2016.
- 7 Wang F Y, Zhang J J, Zheng X H, Wang X, Yuan Y, Dai X X, Zhang J, Yang L Q. Where does AlphaGo go: from Church-Turing Thesis to AlphaGo Thesis and beyond. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 2016, **3**(2): 113–120
- 8 Wang F Y, Zhang J, Wei Q L, Zheng X H, Li L. PDP: parallel dynamic programming. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 2017, **4**(1): 1–5
- 9 Wang F Y, Wang X, Li L X, Li L. Step towards parallel intelligence. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 2016, **3**(4): 345–348
- 10 Wang X, Li L X, Yuan Y, Ye P J, Wang F Y. ACP-based social computing and parallel intelligence: societies 5.0 and beyond. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, 2016, **1**(4): 377–393

## 客座编委



**袁 勇** 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室副研究员, 青岛智能产业技术研究院副院长. 2008 年获得山东科技大学计算机理论与专业博士学位. 主要研究方向为社会计算, 计算广告学与区块链. 本文通信作者. E-mail: yong.yuan@ia.ac.cn  
(**YUAN Yong** Associate professor

at The State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences. He is also the vice president of Qingdao Academy of Intelligent Industries. He received his Ph.D. degree in computer software and theory from Shandong University of Science and Technology in 2008. His research interest covers social computing, computational advertising, and blockchain. Corresponding author of this paper.)



**周 涛** 电子科技大学教授, 互联网科学中心主任. 2010 年获瑞士弗里堡大学物理系哲学博士学位. 主要研究方向为复杂性科学, 网络科学, 信息物理, 人类动力学和群集动力学.  
E-mail: zhutouster@gmail.com

(**ZHOU Tao** Professor at the University of Electronic Science and Technology of China. He is also the director of the Research Center of Web Sciences, University of Electronic Science and Technology of China. He received his Ph.D. degree

from Department of Physics at University of Fribourg in 2010. His research interest covers complexity science, Web science, information physics, human dynamics, and crowd dynamics.)



**周傲英** 华东师范大学副校长, 数据科学与工程学院教授. 1993 年在复旦大学计算机系获得博士学位. 主要研究方向为 Web 数据管理, 数据密集型计算, 内存集群计算, 大数据基准测试和性能优化.

E-mail: ayzhou@sei.ecnu.edu.cn

(**ZHOU Ao-Ying** Vice president of the East China Normal University. He is also a professor at the School of Data Science and Engineering. He received his Ph.D. degree from Fudan University in 1993. His research interest covers Web data management, data-intensive computing, in-memory cluster computing, benchmark testing and performance optimization of big data.)



**段永朝** 财讯传媒集团首席战略官. 1991 年获北京化工大学工学硕士学位. 主要研究方向为互联网科学与战略.

E-mail: duanyongchao@seec.com.cn

(**DUAN Yong-Chao** Chief strategy officer at SEEC Media Group Limited. He received his Master degree from Beijing University of Chemical Technology in 1991. His research interest covers internet science and strategy.)



**王飞跃** 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室研究员, 国防科技大学军事计算实验与平行系统技术中心教授, 中国科学院大学中国经济与社会安全研究中心主任. 1990 年获美国伦塞利尔理工学院计算机与系统工程博士学位. 主要研究方向为智能系统和复杂系统的建模, 分析与控制.

E-mail: feiyue.wang@ia.ac.cn

(**WANG Fei-Yue** Professor at The State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences. He is also a professor at the Research Center of Military Computational Experiments and Parallel System, National University of Defense Technology; and also the director of the Center of China Economic and Social Security, The University of Chinese Academy of Sciences. He received his Ph.D. degree of computer and system engineering from Rensselaer Institute of Technology in 1990. His research interest covers modeling, analysis, and control of intelligent systems and complex systems.)