

智能化金融科技创新监管工具：理念、平台框架和展望

柴洪峰¹, 王帅^{1,3}, 涂晓军¹, 孙权¹, 马小峰², 吴杰³, 才华¹, 郑晓龙⁴, 王飞跃⁴

(1. 中国银联股份有限公司, 上海 201201; 2. 同济大学电子与信息工程学院, 上海 200092;

3. 复旦大学计算机科学技术学院, 上海 200433; 4. 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)

摘要: 针对金融科技监管面临的复杂严峻挑战以及现有“监管沙箱”高度依赖人工操作的局面, 指出中国“金融科技创新监管工具”的重要特色和发展趋势在于“智能化”。提出一套系统的“智能化金融科技创新监管工具”平台框架, 即利用科技手段实现对金融科技创新应用的全生命周期监管。详细阐述了智能化金融科技创新监管工具的组成要素, 包括区块链底层、舆情监测平台、基于知识图谱的可解释性人工智能等, 并对其中涉及的关键技术进行说明。介绍了该创新监管工具工程开发时采用的新型迭代方法论——“螺旋形”开发模式和需求层次驱动的迭代设计。最后, 对智能化创新监管工具提出若干思考与展望, 指出该监管工具将创造一套监管科技基础设施, 服务于监管部门和广大金融机构。

关键词: 金融科技; 监管工具; 区块链; 智能合约; 舆情监测; 知识图谱

中图分类号: F832

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-6652.202024

Intelligent innovative regulatory tools on financial technology: concept, platform framework, and prospects

CHAI Hongfeng¹, WANG Shuai^{1,3}, TU Xiaojun¹, SUN Quan¹, MA Xiaofeng², WU Jie³,
CAI Hua¹, ZHENG Xiaolong⁴, WANG Fei-Yue⁴

1. China UnionPay Co., Ltd., Shanghai 201201, China

2. School of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China

3. School of Computer Science, Fudan University, Shanghai 200433, China

4. The State Key Laboratory for Management and Control of Complex Systems, Institute of Automation,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Abstract: In view of the complex and severe challenges faced by financial technology regulation and the lag behind situation of the existing regulatory sandbox which is highly dependent on manual operation, the important feature and development trend of the Chinese “innovative regulatory tools on financial technology” lie in “intelligence” were pointed out. A systematic platform framework of “intelligent innovative regulatory tools on financial technology” was proposed, that is, use modern means of science and technology to realize the full life cycle supervision of financial technology innovative applications. The elements of innovative regulatory tools were elaborated, including the underlying blockchain, public opinion monitoring platform, explainable artificial intelligence based on knowledge graphs, and presented the key technologies involved. The new iterative methodology used in the development of the innovative regulatory tools platform was introduced, i.e., the spiral development model and iterative design driven by the hierarchy of needs. Towards the end, some thoughts and prospects on the proposed innovative regulatory tools were put forward, and the regulatory tools are expected to create a set of regulatory technology infrastructure to serve regulatory authorities and financial in-

收稿日期: 2020-07-30; 修回日期: 2020-08-28

通信作者: 孙权, quansun@unionpay.com

基金项目: 上海市科学技术委员会优秀技术带头人项目 (No.19XD1433700); 中国工程院咨询研究项目 (No.2020-XY-30)

Foundation Items: Excellent Technology Leader Program of Science and Technology Commission of Shanghai (No.19XD1433700), Consulting Research Program of the Chinese Academy of Engineering (No.2020-XY-30)

stitutions were pointed out.

Key words: financial technology, regulatory tools, blockchain, smart contracts, public opinion monitoring, knowledge graph

1 引言

近年来，金融与科技的深度融合催生出众多金融科技新产品、新服务、新业态。例如，在传统银行信用中介之外出现了P2P信息中介；在交易所之外出现了股权众筹；在传统理财之外出现了互联网理财、智能投顾等^[1]。从积极层面来讲，金融科技改进了传统金融业务的流程，促进了金融产品的更新迭代，有助于增加金融服务供给，提升服务效率，降低服务成本（如基于互联网金融的股权众筹平台可以拓宽小微企业的融资渠道，降低融资成本）。同时，金融科技企业中有相当一部分是新创企业，这些企业具有创新活跃，注重服务效率和消费者体验等特点，有助于增强金融行业的整体竞争力和创新活力^[2]。

然而，金融科技的快速发展和跨界应用给金融市场带来了巨大的风险隐患。首先，金融科技使得跨界业务和交叉性创新产品不断涌现，不同业务之间彼此关联渗透，风险的传染性更强、传播速度更快、波及面更广，且一旦爆发可能引发系统性金融风险。其次，金融科技在优化资源配置效率的同时，模糊了传统金融业务的边界，带来一定的“外溢风险”。例如，一些非持牌金融科技公司在游走于监管灰色地带，实际上从事的是金融业务，却未受到相应监管^[3]。过去几年我国P2P网贷领域频频出现的跑路、倒闭事件充分说明，一味神化信息技术非但不能促使金融服务创新发展，反而会使金融市场鱼龙混杂、金融产品良莠不齐，甚至诱发“劣币驱逐良币”效应。最后，金融科技本身也存在技术风险。金融科技目前高度依赖生物特征识别、自然语言处理、深度神经网络等前沿人工智能技术，但这些技术本身处于早期发展阶段，模型的机理和可解释性仍有待探索。一旦技术使用不当，将引发信用欺诈、客户隐私泄露等问题。

金融科技纷繁复杂的局面给金融监管带来了极大挑战，具体表现在如下几个方面。第一，混业经营和新业态对现有分业监管体制的冲击。复合型金融科技产品使得单个监管部门无法掌握全部数据，数据更无法在多个监管部门之间共享流转。第二，风险监测和管控难度明显加大。金融脱媒

（disintermediation）使得许多未受严格监管、风控水平较低的科技企业进入金融行业。同时，许多交易活动脱离了中央清算机制，增大了交易各方的风险敞口，给监管部门的风险监测带来很大困难^[4]。第三，技术层面的冲击。与金融科技如火如荼的发展态势相比，现有监管手段仍依靠统计报表、现场检查等经验式、手工式模式，难以满足监管实时性要求，风险信息的获取渠道亦相对有限，无法应对新技术带来的冲击。

因此，如何在鼓励金融科技创新的同时有效防范金融风险，是各国金融监管机构面临的重要主题和共性难题。对此，各国纷纷从机制和技术层面对金融科技监管展开研究与探索，“监管沙箱”和“监管科技”便是其中的典型代表。

2 发展现状

2.1 监管沙箱

为平衡金融创新与风险防范，英国金融行为监管局（Financial Conduct Authority, FCA）于2015年率先提出“监管沙箱”理念。“沙箱（sandbox）”一词源自计算机领域，是指在受控的安全环境中，通过限制程序的访问权限，为一些来源不可信、具备破坏力或无法判定意图的计算机程序提供试验环境。沙箱中进行的测试大多是在真实数据环境中进行的，但因为预设的安全隔离措施，所以不会对真实系统产生破坏性影响。

FCA将“沙箱”理念推广到金融监管领域，旨在为金融创新提供安全的测试环境。按照FCA的定义，“监管沙箱”是指监管部门在法律授权范围内，根据业务风险程度和影响面，按照适度简化的准入标准和流程，允许金融机构、金融科技公司等在有限牌照下，利用真实或虚拟的市场环境开展业务测试。通过测试后，金融机构、金融科技公司依照现行法律法规获得相关资质和牌照，并被纳入正常监管范围^[5-6]。

不同于传统的、依赖于金融机构报表的金融监管工具（如资本充足率、流动性覆盖率、杠杆率等），“监管沙箱”是一种金融产品创新测试机制，提供了一种真实但是受到限制的测试环境（即一个真实“缩小版”金融市场和适度“宽松版”监管环境）。

监管机构在该环境中实现对金融科技新产品、新服务、新商业模式的测试,在综合评估其风险和收益后,决定被测试项目能否被大面积推广应用。同时,“监管沙箱”还可帮助监管机构判断现行监管规则是否需要优化和调整,据此采取措施,以达到在风险可控的前提下,促进金融创新的目的^[7]。

“监管沙箱”的诞生是英国对未来金融顶层设计的反映之一,透射出英国应时而变的新监管理念,并辅之以监管体系和监管规制的变革。因此“监管沙箱”一经推出,便引发各国金融监管机构的密切关注和广泛跟进。目前,新加坡、澳大利亚、日本、中国香港等国家和地区已不同程度地采纳了“监管沙箱”理念,并相继推出了诸如“创新指导窗口”“创新加速器”“金融科技监管聊天室”等工具,意在增强监管机构与创新主体间的双向互动,提前介入并全流程掌控金融科技创新产品和服务的应用情况,对其施以政策和合规性辅导。

2.2 监管科技

“监管科技”概念同样由 FCA 提出,旨在将新技术(区块链、大数据、人工智能)应用到现有监管过程中,以达到更有效的风险识别、风险衡量、监管要求以及数据分析等目的。中国人民银行金融研究所原所长孙国峰提出,监管科技可以被定义为“科技和监管的有机结合”,即将科技运用于监管,帮助金融机构满足监管和合规性要求^[8]。德勤咨询公司(Deloitte Consulting)在其研究报告中指出,监管科技具有4个核心特点:一是敏捷,即对错综复杂的数据组进行快速解耦合组合;二是速度,即能及时、自动地生成监管报告与解决方案;三是集成,即共享多个监管数据结构,并针对多项规定中的有关要求形成统一的合规标准;四是分析,即使用智能化分析工具对大数据进行挖掘,释放其内在价值^[9]。

监管科技注重运用新技术改善监管流程、优化监管工具,从而更有效地助力金融监管。例如,利用大数据、云计算、人工智能等技术,感知金融风险演化态势,监测违规操作和高风险交易,提升风险识别的准确度和风险防控的有效性^[10];利用区块链的分布式记账、难篡改、容易溯源等特性,在提升监管数据准确性和实时性的同时,降低调阅检查成本;更进一步的,通过在区块链网络中嵌入监管规则智能合约,一旦发现违规行为则自动进行预警处置,可以实现监管政策的全覆盖和处理机制的硬控制^[3]。

监管科技对于监管部门和被监管机构均具有重要意义。对于监管部门而言,监管科技可以帮助其更好地观察金融机构和金融科技企业的合规情况,及时掌握可疑交易、市场操纵、欺诈风险等,从而提升监管效率和监管能力,缓解监管信息不对称、监管迟滞、监管空白等问题;对于被监管机构而言,监管科技有助于其从繁复、冗长的监管法规和流程中解脱出来,借助科技手段提升风险监测和识别效率,减少人工工作量,降低企业合规成本。

2.3 中国“金融科技创新监管工具”

为破解创新监管面临的“一管就死,一放就乱”困局,规范和引导金融科技健康有序发展,中国人民银行在借鉴国外主流的“监管沙箱”设计理念和运行模式,并结合我国国情的基础上,于2019年12月推出了“金融科技创新监管工具”。目的是针对我国百花齐放的金融科技创新形势,探索出一条既能守住安全底线又能包容合理创新,并且高度适配我国国情的金融科技监管之路,引导金融机构和金融科技公司守正创新、规范发展。

2019年12月,在中国人民银行的指导下,北京在国内率先开展了金融科技创新监管试点。2020年3月,经公示审核通过,中国工商银行的“基于物联网的物品溯源认证管理与供应链金融”、中国银联的“手机POS创新应用”、中国农业银行的“微捷贷产品”等6个创新应用正式进入北京首批创新监管试点,涵盖物联网、大数据、人工智能、区块链等前沿技术在金融领域的应用。2020年4月,中国人民银行发布公告称,将金融科技创新监管试点地区进一步扩大至上海、苏州、杭州、河北雄安新区等6个市(区),这标志着中国“金融科技创新监管工具”正在加速落地。

与英国等国家的“监管沙箱”相比,中国“金融科技创新监管工具”具有下述特点。一是主动摒弃“一刀切”模式,增强监管包容性。积极探索更具引导性、启发性和激励性的新型柔性监管方法,建立刚柔并济、富有弹性的创新试错容错机制,打造符合新生事物内在发展规律的监管模式,营造包容的金融科技创新环境。二是引入“多元联动”公众监督机制,提升监管有效性。在传统“政府监管+机构自治”的基础上,引入金融消费者、新闻媒体、第三方机构、行业组织等外部力量,构建协同共治的风险防控治理体系,提升创新监管效能。三是设置创新应用“刚性门槛”,强调监管审慎性。在金

融层面，坚持金融科技本质是金融，严格落实金融持牌经营原则；在科技层面，明确风险底线和安全标准，建立风险动态监测感知、高效处置的风控体系，保障真正有价值的科技新成果得到充分测试和迭代完善^[11]。

笔者认为，在金融科技和监管科技方兴未艾的时代背景下，“智能化”应是中国“金融科技创新监管工具”的一大显著特色和发展趋势。这是因为，当前全球范围内的“监管沙箱”仍停留在人工手动报送测试数据的阶段，已无法适应智能时代对金融科技监管的新要求。一是其显著增加了监管部门的工作量，带来监管迟滞、监管空白等问题；二是创新产品多采用前沿人工智能技术，且产品更新换代极快，对监管者的专业能力和监管手段提出了更高的要求；三是手动报送数据的方式增加了被监管机构的人力支出，提高了企业的合规成本。习近平总书记指出“要加快科技安全预警监测体系建设”，中国人民银行也提出要加强数字化监管能力建设，利用监管科技加快建立创新风险监控平台和规程^[11-12]。因此，构建数字化、智能化金融科技监管工具不仅十分必要，而且迫在眉睫。

考虑到“金融科技创新监管工具”的运转需要一套涵盖事前、事中、事后的工具体系，且迫切需要一套信息化、自动化、智能化平台来支撑，本文提出一套基于区块链和人工智能技术的智能化金融科技创新监管工具。该创新监管工具一方面运用科技手段提升监管水平，打造全流程、立体化、全方位的金融科技监管体系；另一方面充分发挥数据、技术等生产要素的重要作用，促进金融科技监管朝着智能化、精准化迈进。笔者认为，该创新监管工具有望成为一套监管科技基础设施，服务于监管部门和广大金融机构，助力我国经济结构转型和普惠金融发展。

3 智能化金融科技创新监管工具平台框架

本文提出的智能化金融科技创新监管工具（以下简称：创新监管工具）旨在利用区块链、舆情大数据、知识图谱（knowledge graph）等技术打造一套监管科技通用的基础设施。在风险可控的前提下，提供涵盖创新概念的测试前信息存证、测试中风险监控，以及测试后成果评价的全流程金融科技监管解决方案，为创新应用测试运行和成果推广保驾护航。对于监管部门而言，该创新监管工具可以对创新产品进行实时、动态、穿透式监管，缓解监

管信息不对称、监管迟滞等问题；对于被监管机构而言，该创新监管工具有助于提升其风险监测和识别效率，减少人工报送数据的工作量，降低合规成本。具体而言，创新监管工具由区块链底层、金融科技产品舆情全景监测平台、基于知识图谱的可解释性人工智能等部分组成。其中，区块链为金融科技创新应用提供了涵盖全生命周期的信息存证、高效溯源功能，智能合约根据链上可信数据进行测试风险预警，舆情平台对金融科技创新产品实施舆情全景式监测与可视化，知识图谱则为创新监管工具所做判断和决策提供可解释性依据。下面分别对各部分予以介绍。

3.1 区块链底层

本文提出的创新监管工具的底层将基于拥有自主知识产权、安全可控、符合《金融分布式账本技术安全规范》的国产区块链平台进行定制开发。该区块链平台的技术架构如图1所示，由自主链底层平台和对外应用服务模块组成。其中，自主链底层平台包括网络服务、数据存储、权限管理、安全机制、共识机制、智能合约等部分；对外应用服务模块可针对不同应用场景进行系统化定制并提供开发API。该区块链平台支持基于私有云和公有云的部署和扩展；支持节点可控授权接入；支持多种国产加密算法和共识算法；支持高性能自主智能合约引擎；提供对区块链系统的治理和运维支持，可对整个网络的运行状态进行实时监控。

如第2.3节所述，金融科技监管在实际操作中存在诸多问题，如过度依赖人工报送、数据流通不畅、监管迟滞等。区块链的分布式记账、可信流转、难篡改、易追溯、可审计等技术特征^[13-14]为上述问题提供了适宜的解决方案。这主要体现在4个方面。一是信任强化。区块链时间戳、非对称加密、数字签名等机制确保了上链数据的安全性和可信度，杜绝了监管数据被篡改和伪造的风险。二是数据共享新模式。区块链“多方记账，多方一致，多方共享”的特性有助于监管数据跨机构流转，有效打破了“数据孤岛”。三是跨机构合作。金融科技监管往往涉及多个监管主体，区块链（特别是联盟链）多主体协同自治的优势有助于打破部门间的藩篱和壁垒，使跨机构、跨部门监管合作成为可能。四是业务流程重塑。区块链可将信任过程嵌入具体业务流程中，有助于监管业务流程的优化与再造。

基于区块链的创新监管工具整体技术方案架构如图2所示，包含基于区块链的创新产品信息链

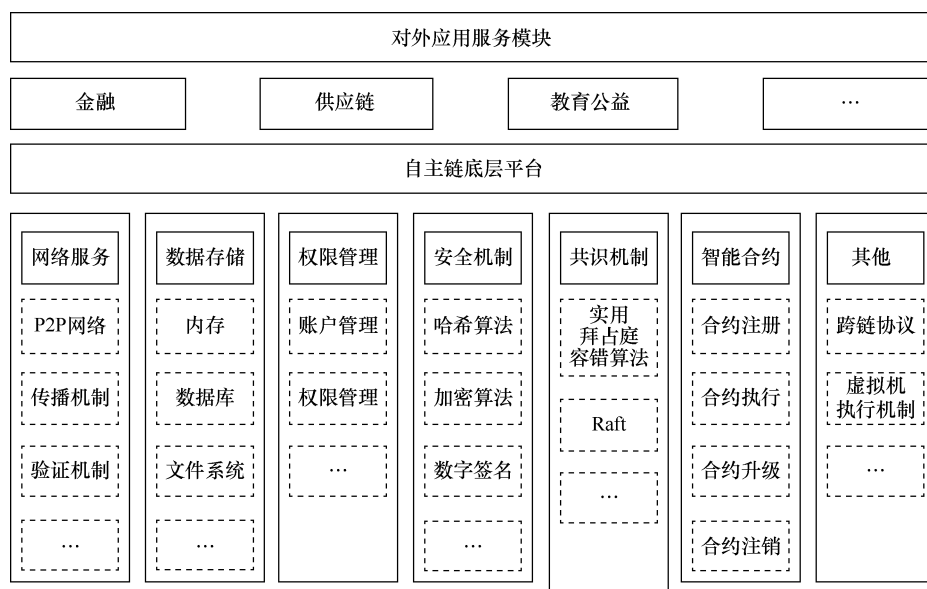


图1 创新监管工具底层区块链平台技术架构

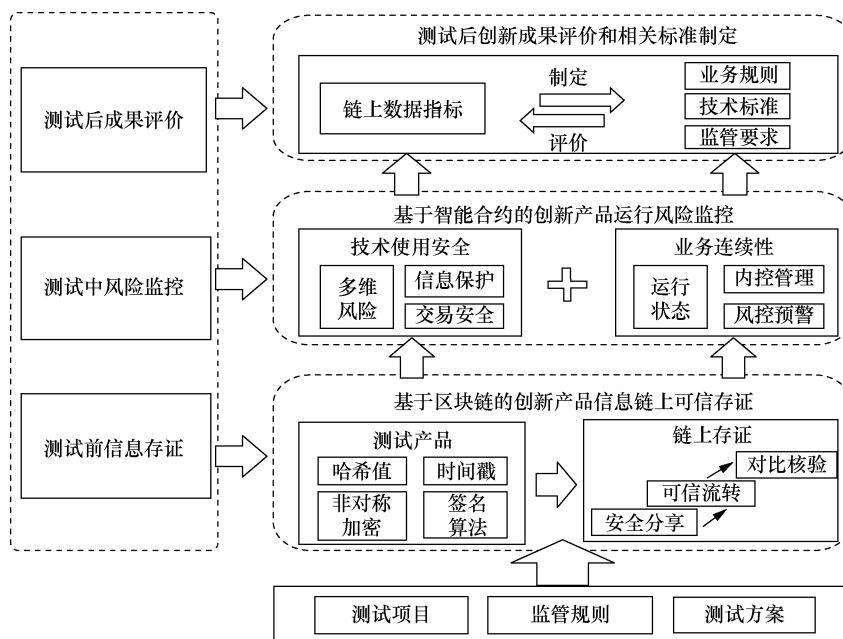


图2 基于区块链的创新监管工具整体技术方案架构

上可信存证、基于智能合约的创新产品运行风险监控、测试后创新成果评价和相关标准制定等部分。

(1) 创新产品信息可信链上存证

金融科技创新应用全生命周期中拥有大量待存证信息，包括测试开始前的《应用声明书》《服务协议书》，测试过程中的测试数据和业务、性能指标，以及测试完结后的测试报告、反馈投诉等。本文提出的创新监管工具将综合运用“链式结构+时间戳+非对称加密+数字签名”技术，实现创新产品全生命周期链上可信存证和高效溯源。

(2) 安全设计与监管支持

对于网络安全，监管工具将采用P2P网络组网，并基于公钥基础设施（public key infrastructure, PKI）体系构建分布式、可信任的共识网络；对于数据安全，在传统链式存储结构之上，采用非对称与对称加密算法相结合，以及平行链、主子链等方式保障用户数据的安全与隐私；对于资产安全，将利用基于SM国产密码算法的单签或多重签名机制、可扩展密钥技术、秘密共享算法^[15]等技术来保障用户资产安全。

监管支持方面，创新监管工具采用“监管-双密钥对证书”方案，既能防范密钥丢失导致数据无法恢复的风险，也便于监管部门实施监管。为了确保重要数据仅授权方可见，创新监管工具采用对称加密和公钥加密相结合的方式，只有授权用户可以用自己的私钥解密受保护的数据，如图3所示。

为了保护创新产品研发企业的商业隐私，创新监管工具将利用零知识证明（一种难解密但易验证的加

密算法）、不经意传输、环签名等技术，使得监管部门和审计机构可以在不解密交易数据、不获取具体内容明文的情况下，验证被审计方提供的交易记录是否与链上记录的数据一致。目的是既满足监管审计要求，又保证被审计方的数据隐匿性，实现可控匿名。

（3）基于智能合约的风控预警

如图4所示，智能合约是运行在分布式账本上预置规则、具有状态和条件响应的，可封装、验证、执

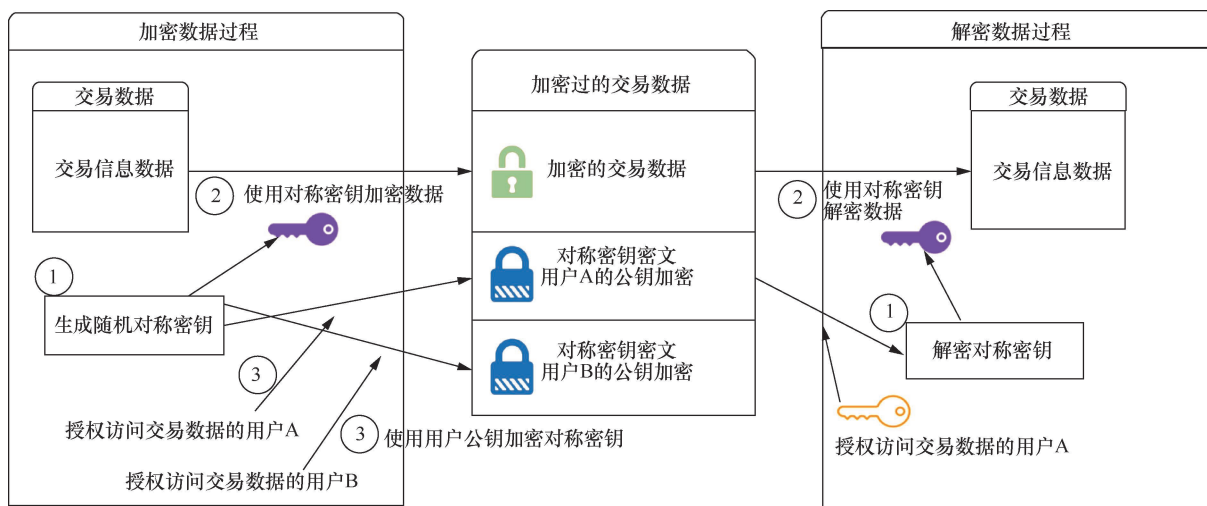


图3 对称加密和公钥加密相结合的方式

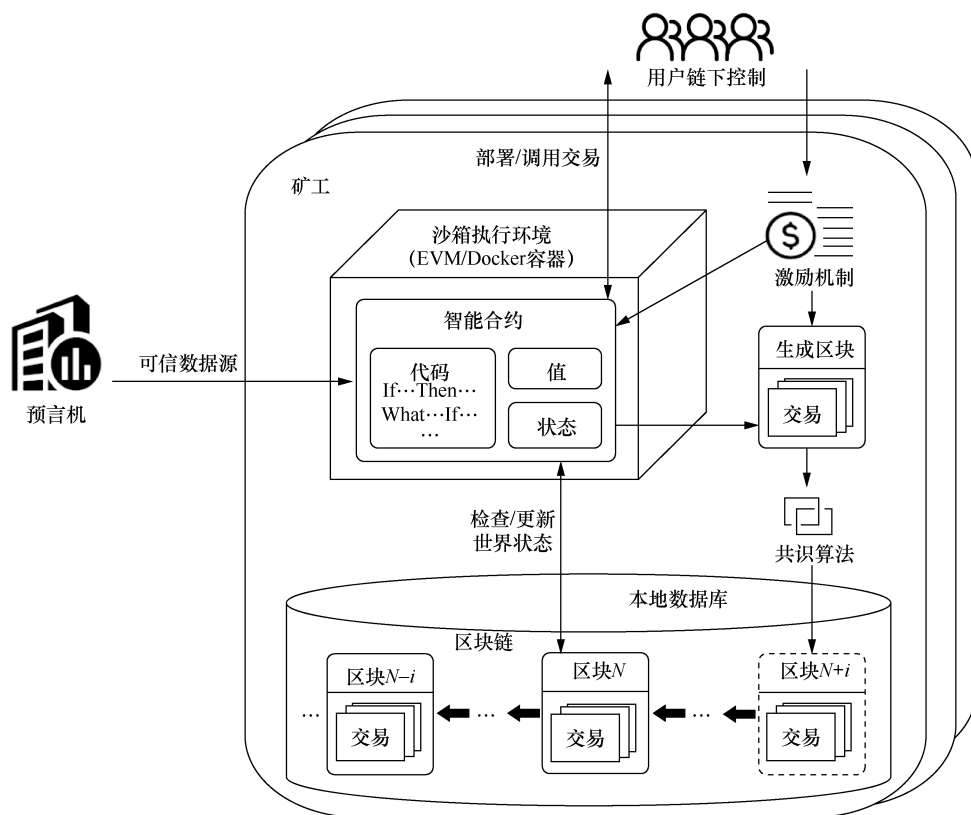


图4 智能合约运行机制

行分布式节点的复杂行为,完成信息交换、价值转移和资产管理的计算机程序。智能合约作为一种部署在区块链上的程序代码,其中的条款一旦被触发,代码即可自动强制执行,因此其具有透明可信、自动执行、强制履约、可编程、难篡改等特性^[16-17]。本文提出的创新监管工具拟利用智能合约的上述技术特性,实现创新产品测试运行过程中的风控预警与审计支持。

具体而言,构建一条联盟链,将监管部门、创新产品研发企业、自律组织、审计机构等作为节点加入该联盟链网络。然后将监管规则、合规性要求等编译为智能合约(可参考可扩展商业报告语言(extensible business reporting language)),并部署在分布式的区块链网络中,以获得全网认可。基于智能合约的风控预警与审计支持如图5所示,在实际应用时,被监管机构按照监管部门的要求,定期或实时地将创新产品的测试运行数据上传至联盟链。监管部门和审计机构的节点同步该数据后,智能合约被触发,自动对洗钱、恐怖主义融资、网络欺诈等行为进行监测^[18]。一旦发现异常,即时定位可疑交易,并将预警信息报送至监管部门。

综上,本文提出的基于区块链的创新监管工具平台将具备四大功能:一是溯源存证,实现金融科技创新产品全生命周期链上可信溯源存证,以及监管数据安全分享、可信流转、高效核验;二是风控预警,通过基于智能合约的风控预警与审计支持,实现金融科技创新产品运行和测试风险的“早识别、早预警、早处置”;三是舆情监测与存证,实现对创新产品媒体焦点与网民观点的舆情监测与链上存证;四是创新成果评价,依据链上记录的创新产品测试运行情况、舆情反馈等对产品做出智能评分或评级,辅助监管机构进行创新成果评价和相

关标准制定。

3.2 金融科技产品舆情全景监测平台

“沙箱”测试机制的一大功用是通过收集金融消费者和新闻媒体的意见,帮助监管机构和创新企业及时掌握测试产品的运行风险情况,从而不断对创新产品进行优化和改进。因此,针对金融科技产品的舆情监测也是创新监管工具的一项重要功能。金融科技产品舆情全景监测平台如图6所示,监管工具为监管机构配置了各类舆情监测渠道(含新闻、微博、博客、微信公众号、贴吧、论坛等),监管部门可一键查看相关渠道中涉及创新产品的舆情信息,包括舆情摘要、用户体验评论分析、客户情感极性分析、话题热点检测和演化分析等。此外,平台还能以热力图、仪表盘、雷达图等形式展示测试项目的媒体焦点与网民观点。

其中涉及的关键技术包括如下几种。

(1) 多源异构海量金融数据的统一建模

① 基于认知计算的海量金融数据统一建模。为了对金融科技创新产品的海量数据进行统一建模,舆情监测平台拟模拟人脑记忆激活机制,研究融合数据内容和网络结构关系的联合建模策略,将内容语义与网络结构相关联。然后构建基于认知计算的新型数据建模和知识表示框架,并在此基础上构建金融创新产品话题数据的存储、查询、计算、推演新模式^[19]。

② 基于扩散激活的网络结构统一建模。针对金融场景网络结构跨平台、跨通道、非结构化特点,拟基于思维自适应控制(adaptive control of thought, ACT)扩散激活理论,研究新型网络表示学习方法。该方法将在节点更新时通过扩散激活模式,实现网络整体无偏差输入和扩散式节点向量更新,以解决

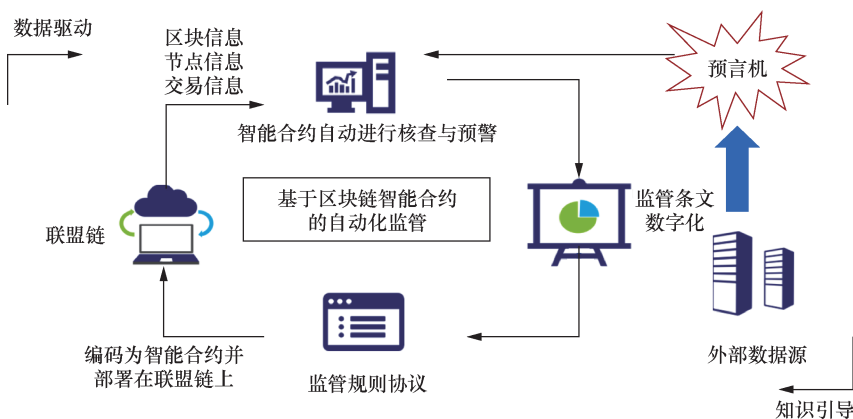


图5 基于智能合约的风控预警与审计支持

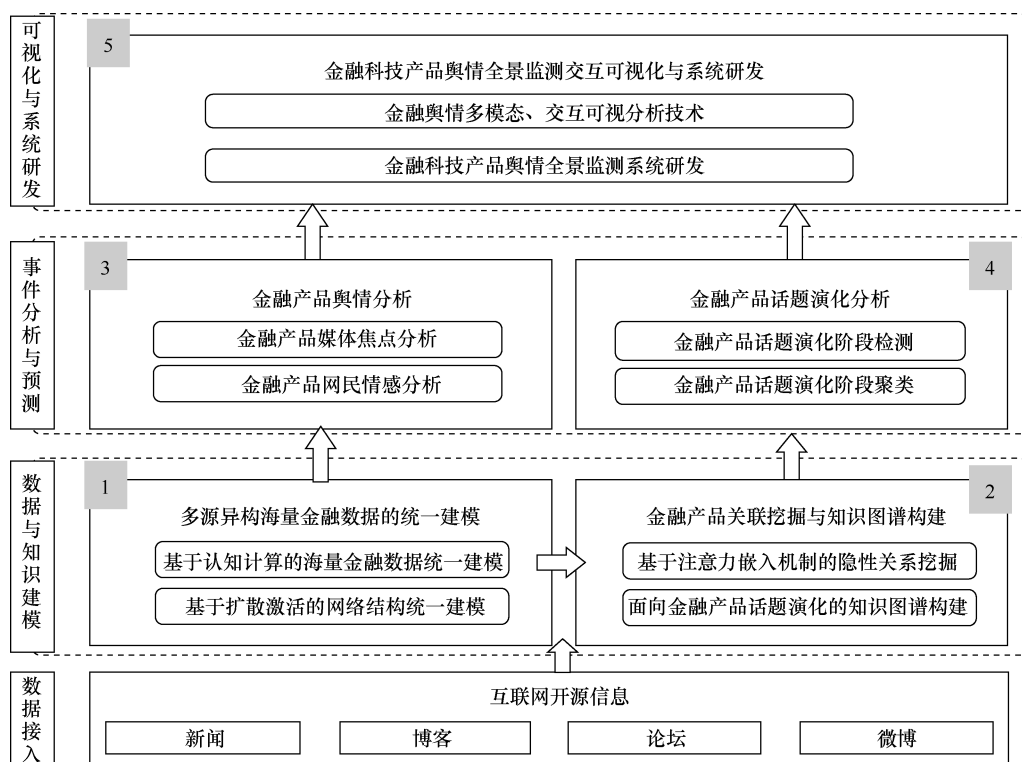


图6 金融科技产品舆情全景监测平台

传统方法中局部输入导致的输入偏差问题，通过少量迭代学习获得高质量的网络节点向量表示。

（2）金融产品关联挖掘与知识图谱构建

① 基于注意力嵌入机制的隐性关系挖掘。金融知识图谱构建的重要挑战是金融产品实体间隐性关系的挖掘。这些信息对于基于知识图谱的舆情分析和话题演化分析起着重要作用。为解决这一问题，平台将设计图卷积网络上的多种注意力机制，以精准刻画金融产品的邻居信息，之后通过构建邻居节点的辅助关系，来推断图谱中缺失的隐性关系。

② 面向金融产品话题演化的知识图谱构建。在隐性关系抽取的基础上，分析网络空间中的产品话题演化过程，对于话题演化机理分析和热点话题预测具有重要的指导作用。舆情平台将基于金融科技产品相关数据，研究产品话题演化知识图谱的构建策略，以及产品话题的抽象表达形式。

（3）金融产品舆情分析

① 金融产品媒体焦点分析。金融产品媒体焦点分析本质上是一个话题识别与追踪任务。为此，舆情全景监测平台将设计基于文化基因的热点话题自动检测技术。首先，基于短语独立性和语义完整度，抽取出独立短语；其次，通过压缩相似搜索空间，对短语变体进行快速聚类。

② 金融产品网民情感分析。考虑到情感分析的领域相关性，将基于标准分数（Z-Score）测度识别数据中的正向情感指示词和负向情感指示词，并将其动态地加入情感词库。此外，为保证分类器在海量数据上的分类鲁棒性，舆情全景监测平台还将引入自学习机制以扩充训练集合。

（4）金融产品话题演化分析

① 金融产品话题演化阶段检测。综合考虑舆情事件发展演化过程中动态因素的作用差异，平台设计了一种高效的事件演化阶段的检测算法。该算法综合了事件信息量、信息转发链路、参与人数以及社交网络等因素，并构建了相应的数据集，以训练阶段分类器。

② 金融产品话题演化阶段聚类。舆情全景监测平台结合高效聚类策略，通过不同聚类中心将不同事件的发展演化过程进行分组。对于每一组事件序列，通过对相邻阶段进行类型归并，实现重大事件演化阶段的自动聚类。

（5）金融科技创新产品舆情全景监测交互可视化与系统研发

① 金融舆情多模态、交互可视分析技术。舆情平台集成了基于像素矩阵阵列的动态网络演变可视分析技术，并基于 BarcodeTree 可视化方法进

新监管工具自动给出决策产生的规则、理论和模型依据，以此提高人工智能的可靠性、透明度，令监管部门和社会公众相信由监管工具做出的推理判断是可信任、可解释的。更进一步的，结合自然语言处理、图神经网络等技术，实现监管规则的形式化、数字化和程序化，建立数字化监管规则库和数字监管报告（digital regulation report, DRR）平台，以此增强金融科技风险态势感知、分析评估和预警处置能力。

4 新型迭代方法论

金融科技创新应用涉及的新技术、新功能层出不穷，为了对其实施有效监管，创新监管工具本身也需要不断迭代完善。为此，在进行创新监管工具工程开发时，笔者采取了“螺旋形”开发模式和需求层次驱动的迭代设计。作为一种新型系统工程方法论，上述模式在太空探索技术公司（SpaceX）猎鹰9号重型火箭、龙飞船等复杂巨系统的快速落地中发挥了重要指导作用。

“螺旋形”开发模式是相对于传统“瀑布形”开发模式而言的。如图8所示，“瀑布形”开发模式指分层开发，逐层对需求和设计进行细化。其缺点是项目往往在前期设计上耗费了大量时间和精力（即陷入“过度设计”），会影响后续的开发进度。“螺旋形”开发模式的核心则是通过不断地设计迭代，持续继承和发展已有设计成果，快速完成原型系统的搭建，实现最小可用产品（minimum viable product, MVP）的研发，然后在MVP基础上，根据测试验证结果和实际需求进行迭代升级。

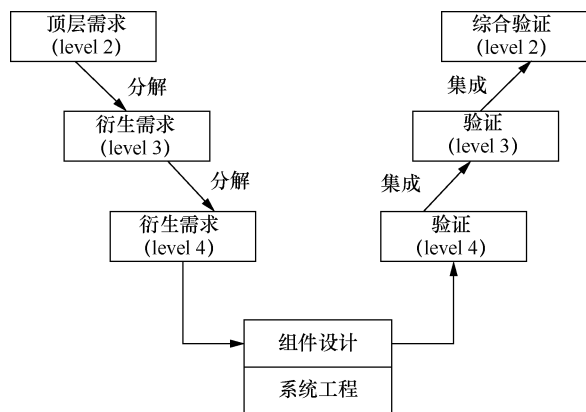


图8 传统“瀑布形”开发模式

对于需求层次驱动的迭代设计来说，SpaceX认为迭代的核心目的在于获取经验。根据人类认知规

律，需求纵深的挖掘应该在迭代过程中进行，而非在一次迭代中挖掘出全部需求。具体的，在工程开发领域，初始时开发人员应当关注上层关键需求，对于下层需求，可以暂时先不关注（或采用既有方案或者成本较低的方案实现）。待上层关键需求全部满足后，再对下层需求的实现进行迭代。需求层次驱动的迭代设计如图9所示，在SpaceX的开发模型中，第一轮迭代时并没有出现低层次需求（level 3和level 4层次的需求），但是十分强调关键设计参数（key design parameters, KDP），待关键需求被满足和验证通过之后，再考虑低层次需求^[23]。

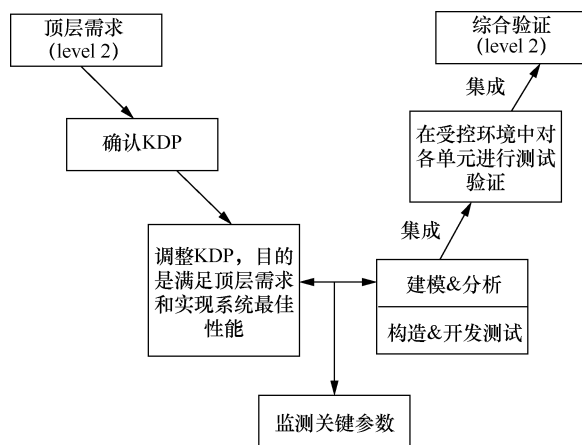


图9 需求层次驱动的迭代设计

类似的迭代思维和敏捷开发理念同样贯穿了智能化金融科技创新监管工具的设计研发过程^[24]。初始时，针对关键要素和主要环节进行框架体系与方案设计，以满足顶层需求；接下来，通过分析和建模，快速搭建原型系统并进行测试，对关键参数进行调整；之后，在真实的金融应用场景中对创新监管工具进行实际验证和评测，同时根据测试环境生成的反馈反复优化迭代；最终打磨出一套既能满足监管机构的监管需求，又能及时跟上金融科技产品创新步伐的新型监管工具。

5 关于智能化金融科技创新监管工具的若干思考

本文提出的智能化金融科技创新监管工具是一种新型信息技术组合集成下的监管工具。其中，区块链技术实现了多主体（创新主体、监管主体、服务主体、被服务主体）之间信息的高效协同共享；舆情大数据、自然语言处理、深度神经网络等技术实现了对金融科技风险的态势感知与分析评估；知

识图谱、人机协同混合增强智能^[25]则破解了传统人工智能算法的“黑盒”问题，大幅提高了监管工具所做推理判断的可靠性、透明度和可解释性。而且，上述各种技术是彼此互补、交叉融合的：区块链为知识图谱和神经网络提供源源不断的可信数据，神经网络基于海量高质量数据样本进行模型训练，知识图谱则不停地从数据中抽取出监管规则和领域知识^[26]，保障算法在运行安全上的可靠性以及应用实践上的可解释性。该过程交替往复、循环推进，使得创新监管工具本身也在持续进行迭代进化。

正如“新生儿保温箱”一样，创新监管工具为金融科技创新应用提供了覆盖全生命周期的、受控的真实测试环境。在该环境中，创新产品可以就成熟度、适配性、安全性、稳定性开展全面测试和迭代完善^[27]。其目的是使创新应用的风险敞口充分暴露，并采用监管探针、接口采集、自动探测、信息共享等方式，实时或定期地采集分析创新产品的运行风险状况（包括信息保护、交易安全、网络安全、业务连续性、公开舆情等）^[28]。一旦发现异常，监管工具将及时通知监管部门和创新产品研发企业，以便他们采取诸如产品升级、测试终止等措施，阻断风险进一步传播，充分保障金融消费者的权益和金融市场的稳定。

在迭代测试过程中，关键之处在于监管部门将逐渐掌握某项金融科技新产品、新服务的业务边界。该边界一旦确定，以后再遇到类似业务时，监管部门就有了可以参照的监管业务准则和执法尺度标准。在经过一定周期的迭代测试后，若创新应用的安全性、稳定性、成熟度均已满足监管要求，且市场反馈和消费者体验良好，那么便具备了推向真实市场的条件，可以离开监管工具并推向市场。测试完结后，监管工具还可根据区块链上记录的测试数据和指标，结合舆情状况等对创新产品做出智能评价，以此形成与金融科技领域相关的业务规则、技术规范 and 行业标准。可以说，本文提出的创新监管工具实现了对金融科技新产品、新服务的全生命周期监管，工具自身也具备横向和纵向可扩展性以及自学习能力，且处于持续优化、不断发展之中。

需要指出的是，智能化金融科技创新监管工具虽有助于提升监管效率、降低合规成本，但无法替代监管部门的基本职能，也未改变金融科技风险的隐蔽性、传染性和突发性^[29-30]。这是因为金融科技本身存在“3个不变”：金融的本质功能不变、风险

的本质特征不变、监管的本质要求不变。因此，无论金融机构还是科技企业，都应在法律法规框架下，自觉接受相应的市场准入和持续监管。在此过程中，创新监管工具可以辅助监管部门实施高效、精准、立体化的监管。

6 结束语

随着信息技术更新换代速度持续加快，科技与金融业务相互融合、螺旋迭代，新产品新业态层出不穷、技术交叉应用日趋复杂，相关风险隐患愈加难以辨识。为了在鼓励创新的同时维护金融安全，中国人民银行在借鉴国外“监管沙箱”理念并结合我国国情的基础上，推出了“金融科技创新监管工具”，旨在为金融科技创新应用划定刚性法规底线，设置柔性管理边界，预留充足的发展空间，既全面符合监管规则的要求，又充分释放金融创新发展的活力，有效破解创新监管“一管就死、一放就乱”的困局。

本文提出的智能化金融科技创新监管工具可及时定位、跟踪、预防风险隐患，确保金融科技创新应用风险的可知、可析、可控。未来，该创新监管工具将综合运用知识图谱、自然语言处理等手段实现监管规则的形式化、数字化和程序化，研究建立数字化监管规则库和数字监管报告平台，从根本上赋予监管工具可解释性，使其做出的推理和判断更可信、更可靠、更易被公众理解和接受。此外，将进一步完善监管探针，使得监管工具可以直连金融机构后台系统或各类金融要素市场，并利用机器人流程自动化（robotic process automation, RPA）技术，构造面向不同场景的“监管机器人”，使其不间断地在“云”上对金融科技创新应用实施有效监管。

总之，智能化金融科技创新监管工具的愿景是创造一套监管科技底层基础设施，提升监管穿透性与专业性，助力营造守正、安全、普惠、开放的金融科技创新发展环境，使我国在金融科技智能化监管方面走在世界学术和工程前沿。

参考文献：

- [1] 杨东. 监管科技：金融科技的监管挑战与维度建构[J]. 中国社会科学, 2018(5): 69-91, 205-206.
YANG D. Supervising and regulating science and technology: supervisory challenges and dimensional construction of financial technology.

- gy[J]. *Social Sciences in China*, 2018(5): 69-91, 205-206.
- [2] 蔡元庆, 黄海燕. 监管沙盒: 兼容金融科技与金融监管的长效机制[J]. *科技与法律*, 2017(1): 1-12.
- CAI Y Q, HUANG H Y. Regulatory sandbox: financial technology is compatible with financial regulation in the long-term mechanism[J]. *Journal of Science, Technology and Law*, 2017(1): 1-12.
- [3] 杨宇焰. 金融监管科技的实践探索、未来展望与政策建议[J]. *西南金融*, 2017(11): 22-29.
- YANG Y Y. Practical exploration, future prospects and policy recommendations of financial regulatory technology[J]. *Southwest Finance*, 2017(11): 22-29.
- [4] 李文红, 蒋则沈. 金融科技(FinTech)发展与监管: 一个监管者的视角[J]. *金融监管研究*, 2017(3): 1-13.
- LI W H, JIANG Z S. The development and supervision of FinTech: from the perspective of regulators[J]. *Financial Regulation Research*, 2017(3): 1-13.
- [5] Financial Conduct Authority. Regulatory sandbox[R]. 2015.
- [6] 胡滨, 杨涵. 英国金融科技“监管沙盒”制度借鉴与我国现实选择[J]. *经济纵横*, 2019(11): 103-114, 2.
- HU B, YANG H. The experience and enlightenment of regulatory sandbox for FinTech in Britain[J]. *Economic Review Journal*, 2019(11): 103-114, 2.
- [7] 许多奇. 金融科技的“破坏性创新”本质与监管科技新思路[J]. *东方法学*, 2018(2): 4-13.
- XU D Q. The “disruptive innovation” nature of financial technology and new thoughts for regulatory technology[J]. *Oriental Law*, 2018(2): 4-13.
- [8] 孙国峰. RegTech 是科技与监管的有机结合[R]. 2017.
- SUN G F. RegTech is an organic combination of technology and supervision[R]. 2017.
- [9] Deloitte Consulting. RegTech is the new FinTech: how agile regulatory technology is helping firms better understand and manage their risks[R]. 2017.
- [10] 柴洪峰. 金融大数据及银行卡产业大数据实践[J]. *上海金融*, 2013(10): 27-29, 116.
- CHAI H F. Big data in finance industry and the big data practice in bank card industry[J]. *Shanghai Finance*, 2013(10): 27-29, 116.
- [11] 范一飞. 我国金融科技创新监管工具探索与实践[J]. *中国金融*, 2020(8): 9-11.
- FAN Y F. Exploration and practice of regulatory tools with respect to FinTech innovation in China[J]. *China Finance*, 2020(8): 9-11.
- [12] 中国人民银行. 金融科技(FinTech)发展规划(2019—2021年)[R]. 2019.
- The People's Bank of China. Financial technology development plan[R]. 2019.
- [13] 袁勇, 王飞跃. 区块链技术发展现状与展望[J]. *自动化学报*, 2016, 42(4): 481-494.
- YUAN Y, WANG F Y. Blockchain: the state of the art and future trends[J]. *Acta Automatica Sinica*, 2016, 42(4): 481-494.
- [14] 欧阳丽炜, 袁勇, 郑心湖, 等. 基于区块链的传染病监测与预警技术[J]. *智能科学与技术学报*, 2020, 2(2): 135-143.
- OUYANG L W, YUAN Y, ZHENG X H, et al. A novel block-chain-based surveillance and early-warning technology for infectious diseases[J]. *Chinese Journal of Intelligent Science and Technology*, 2020, 2(2): 135-143.
- [15] 谭亦夫, 李子臣. 基于 Shamir 门限秘密分享的图像可视加密算法[J]. *网络与信息安全学报*, 2018, 4(7): 69-76.
- TAN Y F, LI Z C. Image visualization encryption algorithm based on Shamir threshold secret key sharing[J]. *Chinese Journal of Network and Information Security*, 2018, 4(7): 69-76.
- [16] WANG S, OUYANG L W, YUAN Y, et al. Blockchain-enabled smart contracts: architecture, applications and future trends[J]. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 2019, 49(11): 2266-2277.
- [17] 王飞跃, 袁勇, 王帅, 等. 军事区块链: 从不对称的战争到对称的和平[J]. *指挥与控制学报*, 2018, 4(3): 175-182.
- WANG F Y, YUAN Y, WANG S, et al. Military blockchain: from asymmetric warfare to symmetric peace[J]. *Journal of Command and Control*, 2018, 4(3): 175-182.
- [18] 柴洪峰, 李锐, 王兴建, 等. 基于数据挖掘的异常交易检测方法[J]. *计算机应用与软件*, 2013, 30(1): 165-170.
- CHAI H F, LI R, WANG X J, et al. A data mining-based method of transaction anomaly detection[J]. *Computer Applications and Software*, 2013, 30(1): 165-170.
- [19] CHEN H, ZHENG X, ZENG D D. Analyzing the co-movement and its spatial-temporal patterns in Chinese stock market[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2020, 555: 124655.
- [20] HE S, ZHENG X, ZENG D D. Modeling online user behaviors with competitive interactions[J]. *Information & Management*, 2019, 56(4): 463-475.
- [21] 张钊. 人工智能进入后深度学习时代[J]. *智能科学与技术学报*, 2019, 1(1): 4-6.
- ZHANG B. Artificial intelligence is entering the post deep-learning era[J]. *Chinese Journal of Intelligent Science and Technology*, 2019, 1(1): 4-6.
- [22] 杨玉基, 许斌, 胡家威, 等. 一种准确而高效的领域知识图谱构建方法[J]. *软件学报*, 2018, 29(10): 2931-2947.
- YANG Y J, XU B, HU J W, et al. Accurate and efficient method for constructing domain knowledge graph[J]. *Journal of Software*, 2018, 29(10): 2931-2947.
- [23] 周一鸣. 探究美国 SpaceX 公司的发展与成功[J]. *国际太空*, 2014(9): 27-29.
- ZHOU Y M. Explore the development and success of SpaceX[J]. *Space International*, 2014(9): 27-29.
- [24] 章政, 柴洪峰, 孙权. 基于复杂系统工程思想的智慧医疗模式研究[J]. *科技进步与对策*, 2018, 35(24): 36-40.
- ZHANG Z, CHAI H F, SUN Q. Research on smart medical model based on complex system engineering ideas[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2018, 35(24): 36-40.
- [25] 郑南宁. 人工智能新时代[J]. *智能科学与技术学报*, 2019, 1(1): 1-3.
- ZHENG N N. The new era of artificial intelligence[J]. *Chinese Journal of Intelligent Science and Technology*, 2019, 1(1): 1-3.
- [26] 金磐石, 万光明, 沈丽忠. 基于知识图谱的小微企业贷款申请反欺诈方案[J]. *大数据*, 2019, 5(4): 100-112.

JIN P S, WAN G M, SHEN L Z. Knowledge graph-based fraud detection for small and micro enterprise loans[J]. Big Data Research, 2019, 5(4): 100-112.

- [27] 李伟. 着力打造中国特色金融科技创新监管体系[J]. 清华金融评论, 2020(1): 85-87.

LI W. Efforts to build a financial technology innovation regulation system with Chinese characteristics[J]. Tsinghua Financial Review, 2020(1): 85-87.

- [28] 曹汉平, 张晓晶, 祝睿杰, 等. 数字金融时代机器学习模型在实时反欺诈中的应用与实践[J]. 智能科学与技术学报, 2019, 1(4): 342-351.

CAO H P, ZHANG X J, ZHU R J, et al. Application and practice of machine learning model in real-time anti-fraud in the era of digital finance[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2019, 1(4): 342-351.

- [29] 胡鹏飞. 金融科技在互联网金融行业性风险防范领域的应用[J]. 大数据, 2018, 4(1): 117-123.

HU P F. Application of FinTech in Internet financial industry risk prevention[J]. Big Data Research, 2018, 4(1): 117-123.

- [30] 王健宗, 黄章成, 肖京. 人工智能赋能金融科技[J]. 大数据, 2018, 4(3): 111-116.

WANG J Z, HUANG Z C, XIAO J. Artificial intelligence energize FinTech[J]. Big Data Research, 2018, 4(3): 111-116.

[作者简介]



柴洪峰 (1957-), 男, 中国工程院院士, 中国银联股份有限公司教授级高级工程师、董事, 电子商务与电子支付国家工程实验室理事长、主任, 主要研究方向为金融信息工程管理。



王帅 (1988-), 男, 博士, 中国银联股份有限公司及复旦大学联合培养博士后, 主要研究方向为区块链、智能合约、监管科技。



涂晓军 (1970-), 男, 中国银联股份有限公司高级工程师、执行副总裁, 主要研究方向为数据库、金融科技。



孙权 (1975-), 男, 中国银联股份有限公司电子支付研究院教授级高级工程师、助理院长, 主要研究方向为金融信息系统工程、金融支付技术。



马小峰 (1975-), 男, 博士, 同济大学电子与信息工程学院副教授, 苏州同济区块链研究院院长, 主要研究方向为区块链、金融科技。



吴杰 (1973-), 男, 博士, 复旦大学计算机科学技术学院研究员、副院长, 主要研究方向为计算机网络、分布式系统、网络多媒体。



才华 (1982-), 女, 中国银联股份有限公司电子支付研究院高级主管, 主要研究方向为金融科技、金融支付、金融监管。



郑晓龙 (1982-), 男, 博士, 中国科学院自动化研究所研究员, 复杂系统管理与控制国家重点实验室主任助理, 主要研究方向为社会计算、大数据、知识图谱和智能金融。



王飞跃 (1961-), 男, 博士, 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主任, 中国科学院大学中国经济与社会安全研究中心主任, 青岛智能产业技术研究院院长, 主要研究方向为平行系统的方法与应用、社会计算、平行智能以及知识自动化。