

• 综述 •

DOI: 10.3724/BNSFC-2025.04.20.0001

数智技术赋能金融发展的进展及研究前沿

陈卓¹ 孙鑫宇¹ 郑晓龙² 张兴伟² 田轩¹ 杨晓光^{3,4*}

1. 清华大学 五道口金融学院, 北京 100083
2. 中国科学院 自动化研究所, 北京 100190
3. 中国科学院 数学与系统科学研究院, 北京 100190
4. 中国石油大学(北京) 经济管理学院, 北京 102249

[摘要] 以大数据、人工智能、区块链和云计算为代表的数智技术正加速融入全球金融体系, 不仅显著提升了金融服务效率与个性化水平, 也重塑了金融机构的业务流程与运行逻辑, 并为实现风险可控、精准施策与穿透式监管提供了关键支撑。在加快建设金融强国的战略背景下, 如何充分发挥数智技术对金融高质量发展的赋能作用, 已引发政府部门、市场机构和学术界的广泛关注。本文围绕货币、中央银行、金融机构与市场、国际金融中心与金融监管五类核心金融要素, 系统性地梳理和总结数智技术支持相关领域的重要文献和前沿进展。基于此, 本文提出一个包含“数据驱动—算法赋能—生态重构”三种机制的分析框架, 根据技术部署过程中所面临的安全性、复杂性等问题与挑战, 凝练了数智技术促进金融发展的潜在研究方向和落实路径。本文还分析了大语言模型在金融场景应用、行业标准制定与智能体架构创新等方面的独特机遇与广阔前景。

[关键词] 数智技术; 金融发展; 大语言模型; 研究进展与前沿

近年来, 数智技术的迅猛发展正深刻地改变着人类社会的生活形态, 对金融行业产生了重大影响。根据麦肯锡发布的报告预测, 生成式人工智能技术在商业领域的广泛应用有望创造每年2.6~4.4万亿美元的经济效益; 其中, 该技术的实施预计能为全球银行业带来2.8%~4.7%的年度营收增长^①。金融机构正在积极拥抱数智技术, 易观千帆的数据显示(图1), 2019—2023年, 金融机构的科技投入规模从2 252.60亿元增长至3 558.15亿元, 年均复合增长率达14.48%, 呈现出持续强劲的增长态势^②。在行业实践方面, DeepSeek大语言模型已被多家券商、基金及保险公司部署应用; 招商银行更率先发行了国内首只“数智化转型”主题金融债券。在运营效能维度, 人工智能与区块链等技术不仅可替代重复性人工操作, 还能深度参与投资决策、信贷风控等复杂场

景, 实现运营成本的优化与效率的提升。在客户体验维度, 智能投顾、实时客服等个性化服务需求的增长, 进一步加速了数智技术对传统金融服务的渗透与重构。在业态革新维度, 数据资产化进程与开放金融生态的构建, 正推动金融机构通过持续的技术迭代来维持竞争优势。然而, 金融业态的数智化变革也带来了风险管理的新课题。在此背景下, 基于大数据建模的风险预警系统和人工智能驱动的监管科技解决方案, 正成为金融机构应对市场波动、监管机构实施动态监测的重要工具。这种技术创新与风险管控的协同演进, 充分体现了数智技术作为金融基础设施的战略地位。当前国家正在大力推动金融强国的建设, 数智技术是金融强国的技术底座。不论是提高金融服务效率, 拓展金融服务的空间, 还是防范金融风险, 实现“长牙带刺”的穿透式金融监

收稿日期: 2025-04-20; 修回日期: 2025-07-17

* 通信作者, Email: xgyang@iss.ac.cn

① 数据来源: McKinsey & Company, “The Economic Potential of Generative AI”。

② 数据来源: 易观千帆, 《2024年中国金融科技创新发展洞察报告》。

引用格式: 陈卓, 孙鑫宇, 郑晓龙, 等. 数智技术赋能金融发展的进展及研究前沿. 中国科学基金, 2025, 39(4): 615–634.

Chen Z, Sun XY, Zheng XL, et al. Digital-intelligent technologies and financial development: A review of progress and research directions. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2025, 39(4): 615–634. (in Chinese)

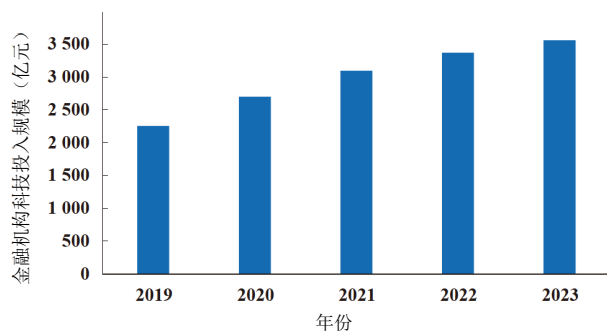


图1 2019—2023年中国金融机构科技投入规模(数据来源:易观千帆《2024年中国金融科技创新发展洞察报告》)

Fig.1 Scale of Technology Investment by Chinese Financial Institutions from 2019 to 2023(Data Source:“2024 China Financial Technology Innovation Development Insight Report”by Analysys Qianfan)

管,数智技术都在其中发挥着关键性作用。因此,梳理和总结数智技术推动金融发展的进展,展望数智技术赋能金融产业的前沿研究方向,有助于更好地促进数智技术在金融领域的应用和学术研究,从而引领数智技术赋能金融强国建设事业。

将数字化与智能化深度嵌入金融体系的各个环节,以实现金融高质量发展,已成为监管机构、学术界和市场从业者的共识^[1,2],以数据、算法和算力为代表的数智技术为重塑金融生态提供了广阔空间。通过数智技术的赋能,金融体系在货币发行流通、央行政策调控、机构经营管理与金融市场运行及创新、金融基础设施建设、风险预警及金融监管等方面有望实现质的飞跃。这主要体现为以下三个层次:

第一是数据驱动层次,将数据视为重要的生产要素和决策依据,在资源配置、市场定价和风险监测中发挥核心作用。一方面,大数据能够打破信息不对称,提高资金配置效率^[3];另一方面,基于数据的实时监测和分析可增强金融监管的穿透力和精准度^[4]。例如,央行数字货币的推行使交易数据更加完整透明,为货币政策调控和反洗钱、系统性风险监测提供了全新的数据支持;各大金融机构纷纷建立大数据风控平台,通过整合海量的信用数据和交易数据,实时识别潜在风险,提高了风险预警和处置能力。数据驱动意味着金融决策从经验导向转至数据导向,这将显著提升市场运行效率和资源配置的科学性和即时性^[5]。

第二是算法赋能层次,利用深度学习、强化学习、联邦学习、迁移学习、自然语言处理、图神经网络、多模态学习等前沿算法,既能显著提升金融服务的智能化水平和决策优化能力,也可以强化风险监测、评估与控制,全面保障金融体系的安全与稳定^[6]。具体而言,从业人员借助算法模型对海量金融数据进行训练和预测,从而在

信贷审批、资产定价、投资组合管理等方面做出更加快速准确的判断^[7]。例如,银行业运用多模态大语言模型来评估借款人信用、检测欺诈交易,大幅改善了信贷评分和风险监测的质量;在资本市场,机构丰富算法交易和量化投资的策略多样性以提高市场定价效率和流动性;在智能投顾领域,系统将运用算法根据投资者偏好和风险承受度自动制定投资组合,实现个性化的资产配置服务,降低传统人工投顾的门槛和成本。通过算法赋能,金融机构能够更为高效地处理复杂问题、发掘海量非结构化数据中的隐藏规律,在服务质量和经营决策等领域实现优化升级^[8]。

第三是生态重构层次,通过建立开放融合的数字生态来重新塑造金融业与科技创新、实体经济的协同关系。数智技术不仅突破了传统金融业务的固定边界,还使得金融服务可以无缝衔接到各类生活和生产场景中,形成更为开放的金融生态系统^[9]。以开放银行(Open Banking)模式为例,通过标准化的API接口将银行的金融功能与外部合作伙伴进行关联,以大型银行为主的不少金融机构已初步实现金融服务的跨行业生态共享,将支付、融资、理财、投资等金融功能对接到教育、医疗、交通等众多场景^[10]。一方面,这种生态重构意味着金融体系从封闭走向开放,与科技企业、互联网平台深度融合交互,催生出新的业务模式和服务形态;另一方面,开放生态有助于引入更多竞争,进而加快金融创新的迭代速度,并更好服务科创企业的差异化资金需求,推动产融结合和新质生产力发展。该模式下,金融中心不再单纯是地理空间的集聚,更体现在数字基础设施网络中的节点辐射能力。

综上,数据驱动、算法赋能和生态重构三大机制相辅相成,各自为整个金融体系提供了源源不断的基础资源、运行动力和创新空间,共同构成了数智技术赋能金融发展的基本路径,如图2所示。基于以上特征,本文将分别从货币、中央银行、金融机构及市场、国际金融中心和金融监管这五个方面的视角切入,梳理数智技术赋能金融发展的研究发现、主要进展和应用场景,并根据数据驱动、算法赋能和生态重构三个维度逐层递进,凝练出数智技术如何推动金融强国建设的未来展望与潜在研究方向。

1 数智技术赋能金融发展的主要进展

以大数据、人工智能为代表的数智技术快速兴起,由此产生的一系列金融领域新变化也逐渐受到研究者的重视。本节将分别围绕货币、中央银行、金融机构及市场、国际金融中心、金融监管五个业务领域,总结数智

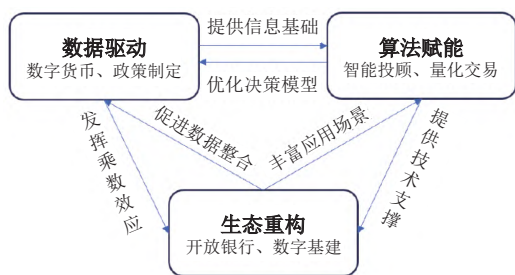


图2 数智技术赋能金融发展的系统架构

Fig.2 System Architecture of Digital and Intelligent Technology Empowering Financial Development

技术赋能金融发展的主要进展与研究现状。

1.1 数智技术赋能货币的主要进展和相关研究

在数智技术的推动下,数字货币已成为全球金融发展的重要趋势,研究主要集中于中央银行数字货币(Central Bank Digital Currencies, CBDC)和稳定币两个领域。CBDC由中央银行发行,作为法定货币的数字形式,由国家信用背书。稳定币通常由私营企业或去中心化协议发行,其价值通过抵押资产或算法机制维持稳定。尽管二者在多方面存在差异,但均具有可追溯性强、编程性高等特点,有助于扩大金融服务的覆盖范围,为金融与科技的融合提供新的应用场景。

近年来,央行数字货币作为一种新型数字支付工具,引发了各国的广泛关注。各国央行推进CBDC的主要目标包括提升法定货币的竞争力、促进普惠金融、提高支付效率、保护用户隐私、增强货币政策传导效果、开发新型财政政策工具以及打击洗钱等非法活动^[11]。不同发展阶段的国家在推动CBDC方面的战略重点各异,例如,中国、日本、欧盟和新加坡等国家和地区旨在提升本国在全球金融体系中的地位,而英国、瑞典和加拿大等国则为应对现金使用率下降而提前布局。在监管方面,CBDC的跨境支付需要平衡跨国监管合规、金融稳定与数据主权等问题,央行需协调各国政策差异,评估其对汇率波动、资本流动和国际储备的影响,并制定严格的数据保护政策^[12]。然而,目前各国在CBDC的监管立法方面进展缓慢,监管职责分工不明,尚无国际层面的统一规范^[13]。因此,在开发和测试CBDC的过程中,各国央行根据自身经济结构和监管需求,选择了不同的技术路径,并在功能上体现出各自的特点。

在此背景下,如何选择一条既能确保风险控制、运

营效率,又能保障系统安全的技术路径,就成为CBDC跨境支付设计中的关键问题^[14]。央行在设计数字货币时,主要从操作架构(直接模式、混合/中介模式、间接或合成模式)^①、技术基础设施(分布式账本技术与传统集中式数据库)和用户访问方式(基于账户或基于代币的方式)三个维度进行技术考量。首先,在操作架构方面,直接模式下,央行直接管理支付系统,确保系统的安全性和稳定性,但对其运营能力要求较高;混合或中介模式结合了央行的权威性和私人部门的灵活性,由央行与私人金融机构合作提供支付服务,既能利用私人部门的技术和创新能力,又能确保央行对支付系统的控制;间接或合成模式完全依赖私人金融机构发行和管理CBDC,央行仅提供最终结算支持,该模式在技术上较为灵活,但面临较高的金融风险^[15]。其次,在技术基础设施方面,分布式账本技术(Distributed Ledger Technology, DLT)通过去中心化的账本记录交易,提高了支付系统的透明度和安全性,有效降低单点故障风险,但目前面临技术复杂性高和性能不足等问题。传统集中式数据库在性能和成本控制方面具有优势,但可能存在单点故障和数据隐私问题^[16]。最后,用户访问方式也是CBDC设计的关键。基于账户的访问方式要求用户通过身份验证后才能交易,虽然能有效防范非法交易和洗钱活动,但限制了部分无银行账户用户的使用。基于代币的访问方式允许用户在不进行身份验证的情况下交易,虽然提高了支付的便捷性和匿名性,但存在较高的风险。

稳定币作为一种与特定资产(如法定货币、商品或一篮子资产)价值挂钩、旨在保持价格稳定的加密数字货币,其设计初衷是解决比特币等加密资产价格剧烈波动的问题,使其更适合作为支付手段和价值储存媒介^[17]。根据抵押支撑方式和稳定机制,稳定币主要分为法币抵押型、加密资产抵押型和算法稳定币^②。其优势在于通过点对点的即时结算提高支付清算效率、降低交易成本、避免剧烈价格波动以及提高金融包容性。自2019年以来,Libra的发行计划使各国政府开始关注稳定币可能带来的系统安全性和发行赎回透明度等问题,并纷纷探索相应的监管框架^[18]。例如,日本于2022年修订法律,允许受监管的银行和信托公司发行稳定币并实施严格的资产管理;欧盟则在2024年推出加密资产市场监管框架MiCA(Markets in Crypto-Assets);而美国迄今

① 直接模式(Direct CBDC)指由中央银行直接运营的支付系统,向公众提供零售支付服务。在这种模式下,CBDC代表了持有者对中央银行的直接债权,中央银行负责维护所有交易的总账并直接执行零售支付。间接或合成模式(Indirect CBDC)指零售支付系统主要由金融中介机构运营,消费者的资金存放在这些中介机构中。混合/中介模式(Hybrid/Intermediated CBDC)指CBDC仍然构成持有者对中央银行的直接债权,但实际的零售支付业务由私人中介机构执行。

② 法币抵押型稳定币由法定货币等储备资产1:1支撑,发行方承诺持有等值法币资产作为储备。加密资产抵押型稳定币以加密资产作为抵押品发行,通常超额抵押以吸收价格波动风险。算法稳定币通过算法和链上协议调节代币供给来维持锚定价格,不持有传统抵押资产。

尚未在联邦层面为稳定币立法。

随着全球监管框架的逐步完善,稳定币在合规化进程中对底层技术架构提出了更高要求。为了实现稳定性、可扩展性与监管可接受性的统一,其技术路径的选择需在多个维度间进行权衡^[19,20]。首先,从底层架构上看,稳定币系统可分为链上去中心化运行和链下托管支撑两种模式。链下架构指稳定币的价值支撑依赖于链下的资产托管和中心化机构管理,例如USDT、USDC等由公司持有国债和银行存款等资产作为储备,在区块链上发行等值代币。这种模式下,稳定币的信任基础在于发行人的信誉和链下资产的透明度,区块链仅作为记账和转移工具。链上架构则指稳定币的发行和价值支撑完全通过链上智能合约来实现,依托去中心化机制确保稳定,如DAI稳定币通过链上抵押仓库锁定加密资产并自动执行清算规则,无需中央托管。其次,从智能合约设计上看,稳定币背后的稳定机制主要由其智能合约和协议规则来实现。对于法币抵押型稳定币而言,智能合约相对简单,通常包含铸造和销毁函数,即当托管账户收到法币时相应铸造等值稳定币,当法币赎回时销毁相应代币,以保证代币流通量和储备资产匹配。而对于加密抵押型和算法稳定币而言,合约设计则相对复杂^[21]。一方面,以DAI为代表的加密抵押型稳定币采用超额抵押和自动清算机制。当用户存入价值超过一定比例的加密资产,智能合约生成等值的稳定币。如果抵押物价值下跌触及清算线,智能合约将自动拍卖抵押物以回购、销毁相应的稳定币。另一方面,算法稳定币依靠智能合约根据预先设定的规则调节供应。例如,Terra UST允许用户以1美元等值的LUNA代币兑换1 UST或反向兑换,并通过合约自动执行该预设规则以拉回价格锚定,但其算法机制需要精确地设计参数,并假定二级代币有足够的市场需求支撑其价值。最后,从跨链互操作性上看,稳定币当前主要存在以下两种跨链路径。一是多链发行,即一些主流稳定币选择在多个公链上原生发行,以方便用户在不同生态中使用。例如,USDT最初在比特币的Omni层发行,后来在以太坊、波场、索拉纳等链上均发行了对应的USDT,使其成为跨链通用的价值载体。二是跨链桥接,即利用跨链桥协议实现稳定币在不同链之间的转移。例如,如果一种稳定币未在目标链上原生发行,可通过锁定源链上的稳定币,由桥合约在目标链上铸造包装形式的稳定币代表,用户赎回时,桥合约释放源链资产并销毁包装代币,从而增加了使用的灵活性^[22]。

1.2 数智技术赋能中央银行的主要进展和相关研究

随着数智技术的深入应用,中央银行在货币政策制

定与金融风险监测等核心职能方面实现了显著升级。人工智能、知识图谱、大数据分析等技术以其高频、高维和多模态的计算处理能力,突破了传统模型的局限,推动政策举措更具实时性、精准性与前瞻性。在货币政策领域,央行利用机器学习和自然语言处理等工具畅通政策传导渠道和优化市场沟通策略;在风险监测方面,大数据驱动的方法论和金融网络的图谱建模有助于提前识别系统性风险节点,提升监管的穿透力与响应速度。这两类发展趋势不仅完善了央行的信息处理框架,也为加快现代中央银行制度建设提供了重要的技术支撑。

近年来,全球主要经济体的中央银行加速将数智技术嵌入货币政策的制定与实施流程,逐步实现从“数据支持”向“数据驱动”政策框架的转型。广义而言,货币政策涵盖利率调整、流动性投放、资产购买等政策工具的创设和变更,以及经济预测与分析、政策传导路径识别、市场沟通与预期管理等环节^[23]。数智技术在上述各环节的应用,为中央银行带来了多方面的优势:一是通过高频异构数据的实时整合,提升了经济运行监测与周期拐点识别的时效性与灵敏度^[24];二是借助机器学习与大语言模型的非线性建模能力,增强了宏观预测与政策模拟的精确度与稳健性^[25];三是通过对文本、语音等非结构化信息的挖掘分析,改善了政策沟通与市场预期管理的针对性与传导效率^[26,27]。在此背景下,以美联储、欧洲央行和日本央行为代表的发达经济体已在数据采集、实时预测、政策响应分析与沟通优化等关键领域广泛部署前沿技术工具。此外,印度储备银行等新兴市场央行亦积极探索相关技术的本地化应用,以提升政策操作的前瞻性和适应性^[28]。

从技术路径上看,数智技术在货币政策中的应用主要涵盖以下六个维度:数据采集与整合、实时经济预测、政策响应模拟与传导分析、央行沟通文本与语调分析、行为与情绪感知、辅助政策评估与公众预期管理。首先,在数据采集方面,中央银行逐渐突破传统统计口径,系统性引入多源另类数据,包括网络商品价格、信用卡支出、交通出行流向、社交媒体文本、新闻图像及卫星遥感数据等^[29]。例如,日本央行开展了基于手机定位和网络文本的高频指标实验^[30],欧洲央行整合文本挖掘、图像识别和情绪计算技术,构建跨模态数据平台,以弥补官方宏观数据发布的时滞问题^[31]。其次,在实时预测方面,机器学习模型在“现期预测”领域表现突出,能够利用高频数据对GDP、通胀、就业等宏观变量进行提前预估。例如,美联储通过将谷歌搜索数据与消费者支出行为联动分析,提升了对消费周期的把握能力^[32];欧洲央行的研究表明,将报刊情绪指数纳入模型可显著提

高季度GDP预测精度,尤其是在统计数据尚未完全发布的早期阶段^[33];印度储备银行也已将神经网络等算法用于国内CPI预测,并在疫情期间展现出超过已有计量模型的预测水平^[34]。再次,在政策传导和响应分析方面,人工智能模型可通过深度学习、梯度提升树等方法,模拟利率调整或资产购买等政策对信贷市场、资产价格及总需求的非线性响应,揭示传统结构模型难以捕捉的复杂交互关系,并用于政策情景模拟和压力测试。此外,央行沟通作为现代货币政策的重要途径,也成为数智技术的应用场景。学者使用自然语言处理方法,分析美联储、欧洲央行等机构的货币政策声明、会议纪要与主席讲话等内容,量化其措辞倾向、情绪转变及市场反馈^[35,36]。同时,有学者开始关注语音语调与面部表情等多模态信号,发现美联储主席的语调积极与否会显著影响市场波动与资产价格,反映出这类非结构化信号在传递政策预期中的潜在作用^[37]。此外,央行借助大模型提取社交媒体、新闻评论和搜索数据中隐含的公众情绪与行为模式,可作为监测通胀预期、市场过热等风险信号的重要补充^[38]。例如,研究发现,网络新闻中的乐观情绪指数可提前反映消费信心上升和产出改善趋势^[39]。最后,人工智能技术还被应用于政策效果评估与公众反馈的度量,以辅助政策制定者识别政策传播路径中的盲区,并据此调整策略^[40]。

除了货币政策的制定与实施,中央银行还承担着健全宏观审慎框架与维护金融稳定的职责。近年来,随着金融体系复杂性的上升,如何借助先进的数智技术对金融机构间的关联关系进行动态监测与刻画,逐渐成为研究和实践中的关键议题^[41]。在此背景下,大数据技术与知识图谱作为具有代表性的前沿工具,开始在中央银行及监管机构中获得广泛关注。大数据技术通常被定义为一整套用于处理和分析超大规模、多样化、高速增长数据集的工具与方法,涵盖数据挖掘、数据存储、数据共享与可视化等多项能力^[42]。知识图谱则作为结构化的语义知识系统,通过图结构呈现实体及其关系,能够有效揭示金融系统中的隐含关联,已被应用于语义搜索、风险识别等多个场景^[43]。目前,欧洲央行开发了NAVI网络分析工具,实现银行股权结构网络的自动生成和可视化,辅助监管者识别机构间的所有权关系与相互依赖性。同时,该央行还建立了统一的云端数据湖,汇集和分析海量监管数据。美联储则聚焦于知识图谱在金融监管中的数据范式研究,提出利用其整合的异构金融数据,以识别市场参与者、交易所与金融工具之间的交互关系。中国

人民银行亦较早关注相关技术路径,自2021年起推动建设针对大数据方向的国家金融基础数据库,以增强对多种风险的动态感知和穿透式分析能力。

中央银行运用大数据技术和知识图谱进行风险监测,大致遵循以下五个技术环节,主要包括数据采集与融合、知识图谱构建、风险节点识别、图嵌入以及关系可视化。首先,数据采集与融合作为知识图谱构建的基础环节,主要涉及从多源异构数据中提取风险相关信息。当前,监管机构普遍采用网络爬虫、API接口等技术手段进行实时数据抓取,并通过文本挖掘与多模态信息处理将非结构化数据转化为结构化信息。在此基础上,进一步对不同数据源中的实体进行对齐与融合,逐步形成统一的金融数据湖^[44]。其次,基于融合后的数据,知识图谱构建流程围绕金融领域特有的语义关系展开。图谱中的节点可包括银行、证券公司、基金公司等金融机构,亦可延伸至其发行的金融工具、关联的企业法人及宏观经济变量等。边关系则表示实体间的关联关系,如股权投资、供应链往来、高管联系等。构建过程不仅要借助专家知识定义重要的风险关系类型,还要应用机器学习和自然语言处理技术从数据中自动提取关系,从而直观呈现出金融体系的知识图谱^[45]。再次,在获得知识图谱后,需运用图算法和网络分析方法,从复杂网络中提取出风险指示信号。一类方法是关键节点识别,通过计算网络中心度指标(如度中心性、介数中心性、PageRank等)评估节点在网络中的重要性;另一类方法是通过设定阈值监测异常子图,便于监管者在图谱中及时发现异常模式,如提示异常交易或风险集中^[46]。随后,当前研究会引入图嵌入技术来实现风险预测和分类任务。该类技术通过算法将每个节点映射为低维向量,以尽可能保留原图网络的结构与属性信息^[47]。最后,知识图谱的最终输出之一是风险关系可视化。监管者借助交互式仪表板和网络图界面,可实时查看金融体系的网络拓扑结构,有助于发现传统报告中较难观察到的关联簇与中心节点,从而更全面地把握金融风险的演化和潜在分布。

1.3 数智技术赋能金融机构及市场的主要进展和相关研究

在科技创新与产业变革深度融合的背景下,云计算与人工智能在全球金融行业的应用呈现快速发展态势,已成为金融机构数字化转型的重要推动力量。统计数据显示,截至2023年,全球银行和保险机构“上云”的比例由2020年的37%上升至91%^①;与此同时,人工智能的

① <https://www.capgemini.com/insights/research-library/world-cloud-report-2023-financial-services/#:~:text=The%20banking%20and%20insurance%20industries,services%20firms%20in%20the%20region.>

应用覆盖面同样广泛。2023年末的一项调研显示,99%受访的金融业高管表示其机构已在某种程度上部署人工智能,且全部受访者均已使用或计划使用生成式大模型^①。就技术定义而言,云计算通常指通过互联网按需提供计算资源与服务,包括服务器、存储、数据库、网络及应用等模块,使用户按需获取计算资源,实现灵活调配^[48]。人工智能则是指模拟人类智能行为的技术体系,能够在语言理解、模式识别、决策支持等方面执行发挥人类认知功能的任务^[49]。两者的结合为金融服务带来显著的效率提升和创新机遇。在运营效率上,云计算架构的弹性支持机构优化算力分配,降低了传统IT基础设施的冗余成本。在风险管理上,人工智能大幅提升金融机构的风控水平,而云计算提供的算力进一步拓展了大数据环境下模型的训练能力,从而做出更精准的风险预测和防范。在产品创新上,云服务的即时可用性将缩短新产品的开发周期,机构能基于生成式人工智能催生出更多个性化服务^[50]。

伴随新技术的迭代,各国监管机构亦相应制定了合规框架,试图在鼓励创新和预防风险之间取得平衡。欧盟于2022年通过《数字运营弹性法案》(Digital Operational Resilience Act, DORA),明确将云服务等相关第三方ICT供应商纳入监管范畴,赋予监管机构对其进行评估与检查的权限,以控制外包集中度风险^[51]。美国采取较为技术中立的监管模式,强调通过指导性和执法措施实现风险治理。美联储等机构将云服务商视作第三方服务商,要求银行遵循指引对云服务进行尽职调查和持续监控。中国的监管思路则体现出引导与规范并重的特征。一方面,将云服务纳入外包风险管理的现有框架^②,允许持牌金融机构在符合法规前提下使用相关服务;另一方面,多部门联合出台针对新兴人工智能技术的专项规则,通过设定底线约束的方式鼓励金融机构探索应用创新^③。

从技术应用进展的角度来看,云计算与人工智能在金融行业中的部署路径呈现出若干共性趋势。第一,混合多云架构逐渐成为主流模式。为了在合规与灵活性之间实现平衡,越来越多的大型机构选择将私有云与公有云相结合。例如,部分机构为确保控制关键数据,将非核心应用迁移至公有云,而在私有云上保留核心账务系统^[52]。第二,由数据驱动决策在行业内加速推广。金融机构普遍在云端构建数据湖与人工智能平台,用于

集成来自客户交易、市场行情、运营活动等多源数据,并运用深度学习模型驱动业务决策^[53]。具体的赋能场景主要包括反洗钱行为监测、信用风险评估、产品个性化定价以及交易执行策略等,覆盖了金融服务价值链的上中下游。在上述共性趋势的基础上,不同类型的金融机构根据其业务定位与功能特征,形成了各具侧重的技术落地路径。以下分别介绍银行、证券公司、基金公司和保险公司以及互联网金融、ICO业务在云计算与人工智能应用上的代表性做法和差异化实践。

第一,银行业在应用数智技术时,重点围绕信贷风控效率的提升、客户服务的优化以及运营管理的精细化发展。一方面,人工智能已显著增强银行的信贷审批与风险控制能力^[54]。传统信贷流程依赖人工对财务报表与征信报告等信息的逐项审核,审批周期长且运营成本高。现阶段,银行逐渐将信贷流程迁移至云端并引入大模型,实现自动化决策机制^[55]。相关研究表明,基于云计算的风控模型不仅有效压缩了审批时间,还能显著降低违约率,从而有利于促进普惠金融的可持续扩展^[56]。另一方面,银行利用云端算力与人工智能算法绘制客户画像,以开展精准营销和产品个性化推荐^[57]。例如,银行通过在云端整合客户的交易记录、投资偏好与社交行为等数据,训练深度学习模型来对客户生命周期进行分类和管理^[58]。此外,银行业还积极部署由自然语言处理驱动的智能客服系统和运营机器人,提供7×24小时在线响应服务,用于处理账户查询、交易咨询等高频问题。例如,美国银行推出的虚拟助手Erica已实现日均百万级别的客户交互,有效缓解了人工坐席压力^[59]。整体而言,银行业以云计算为基础设施支撑、以人工智能为算法引擎,正在推动从信贷风控、用户管理到服务交互的业务流程全面升级^[60]。这也反映出银行业高度重视风险可控性与服务覆盖广度,在结合数智技术时将兼顾风险管理与客户体验优化两种导向。

第二,证券行业对云计算和人工智能的应用主要集中于量化交易、投资研究与合规监控三个领域。在量化交易领域,证券公司借助云端的数据存储和计算能力,训练多种高频交易与量化投资模型,以从市场微观结构、新闻舆情中提取交易信号^[61]。例如,作为券商推动人工智能交易的里程碑应用,摩根大通开发的LOXM算法通过模仿经验丰富的交易员决策和学习海量历史交易信息,能以最小市场冲击来执行大额订单^[62]。在投

① https://www.ey.com/en_us/newsroom/2023/12/ey-survey-ai-adoption-among-financial-services#:~:text=Ernst%20%26%20Young%20LLP%20,specifically%20within%20their%20organization.

② https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-01/25/content_5670294.htm.

③ https://www.cac.gov.cn/2023-07/13/c_1690898327029107.htm.

资研究领域,研究人员借助自然语言处理工具对上市公司财报、新闻资讯及社交媒体内容进行结构化解析,从中总结潜在的投资线索与推荐观点^[63]。截至2024年,已有多达24家券商布局大模型应用以生成研究报告,提升了研究覆盖范围与内容生产效率^①。在合规监控领域,随着监管环境趋严,证券公司加快引入人工智能辅助防范风险的进度。交易层面上,证券公司通过大模型实时监测高频数据,识别异常交易行为或可疑模式。例如,对比传统基于规则的监控系统,人工智能在扫描交易流水的过程中容易发现潜在的内幕交易或市场操纵迹象,具有更高的识别精度和更低的误报率^[64]。市场风险管理上,证券公司利用云平台开展高频压力测试,结合人工智能算法模拟多种极端市场场景,估算对应情况下的损失分布,从而提升风控的全局性和系统性^[65]。此外,在客户的适当性管理上,证券公司采用文本分析工具对客户交易目的、账户资料等信息进行语义审查,判断其行为与风险偏好的一致性。总体而言,由于证券公司的业务与资本市场深度融合,因此其技术路径呈现出高频交易效率提升与合规监控智能化建设的双重特征。

第三,基金公司应用云计算与人工智能技术主要聚焦于强化投资决策支持、加强风险管理以及推动业务模式创新。作为各项技术实践的基础,云计算首先提供了统一的数据与分析平台,存储和处理全球市场行情和基金投资组合信息。例如,贝莱德开发的著名投资管理系统Aladdin正在向云端迁移。贝莱德通过将其托管在微软Azure云平台,能加快功能迭代速度、运行复杂风险模型,并提供给更多机构客户使用^[66]。在投资决策层面,越来越多的基金公司借助人工智能辅助投资。一方面,量化基金依托机器学习方法,挖掘多元另类数据以获取超额收益,如根据卫星影像估算商店客流量来预测销售额,或用社交媒体情绪评分择时配置股票^[67,68]。另一方面,主动管理型基金亦借助人工智能工具提升研究深度。例如,基于大模型批量分析央行会议纪要或上市公司公告,计算针对宏观经济形势的情绪分数,有助于基金经理调整资产配置策略^[69]。在风险管理层面,基金公司管理成千上万只投资组合,需要监测整体风险敞口的动态。云计算提供的集中式数据架构使得风险监控系統能够横向覆盖全部投资组合,支持在险价值(Value at Risk, VaR)计算、压力测试等^[70],改善风险响应的时效性。在业务模式创新层面,智能投顾(Robo-Advisors)成为基金公司推动服务普惠化的重要方向^[71,72]。例如,先锋领航

等公司推出的智能投顾平台通过在线问卷收集客户偏好,令算法自动产生定制化投资组合并持续再平衡。这类服务普遍部署于公有云平台,以应对大规模互联网用户的接入需求,并利用云端大模型实时调整投资方案^[73]。总体而言,基金公司的技术实践侧重于利用云计算打造统一的投研平台,并为平台部署多样化人工智能投资分析工具。与证券公司强调短线交易速度不同,基金公司相对注重投研流程的智能化升级,以及资产管理服务的大规模个性化实现。

第四,保险公司由于业务多有涉及风险定价和理赔流程,因此对数智技术的应用主要体现在强化精算分析能力和提升服务效率两方面^[74,75]。在精算定价和风险评估上,保险公司利用云计算平台运行复杂的精算模型,结合人工智能方法提升风险因子的识别精度。例如,大型保险集团已探索将大模型部署于云端,用以评估投保人健康风险,并结合可穿戴设备动态调整保费水平,为具备健康行为的客户提供差异化的定价激励^[76]。在理赔流程上,保险公司的传统流程以人工审核环节为主,耗时长、成本高,已成为制约服务满意度的关键瓶颈。通过建设云上理赔平台,保险公司引入图像识别等人工智能技术,实现事故识别与损失评估的自动化处理。例如,车险领域的智能理赔系统可在客户提交事故照片后迅速完成初步审核,既提升了理赔处理速度,也展现出对可疑案例的定位能力,有效打击虚假理赔行为。在精准营销上,人工智能可根据客户行为预测其潜在保险需求,并推荐相应产品和附加服务。例如,英国保诚集团使用机器学习模型预测客户的寿险保障缺口,以提前向其推荐合适的增额寿险产品^②。整体来看,保险业因其业务链条长、数据密集型的主要特征,上云后具有广阔的人工智能应用空间。与银行业侧重风控的技术路径相比,保险业在实践中更强调提升精算模型的动态性与理赔环节的自动化水平,进而在严控赔付风险的同时优化客户服务体验。

第五,以移动通讯、云计算、区块链、大语言模型为代表的数智技术迅猛发展,对传统金融模式造成了颠覆性冲击,催生出互联网金融、移动支付等一系列新型金融业务形态。在互联网金融领域,云计算技术发挥着举足轻重的作用。一方面,它将数据储存与计算任务从移动通信终端迁移至云端服务器,极大减轻了移动设备的信息处理压力,显著提升了设备的运行效率与响应速度。另一方面,云计算技术能够借助社交网络,实现资金供需双方信息的快速传播,形成时间连续、动态变化

① <https://www.cls.cn/detail/1900626>.

② <https://emerj.com/artificial-intelligence-at-prudential/>.

的信息流。这一特性有助于金融机构更加精准地识别资金需求者的风险状况,实现科学合理的风险定价,并对其动态违约概率进行有效预测^[77]。与此同时,人工智能技术在互联网金融领域同样大显身手。人工智能不仅可以高效处理海量的用户信息与交易数据,为用户提供在线智能理财顾问服务,基于资产配置理论以及用户的个人投资偏好,量身定制最佳投资方案,有效降低用户的投资风险;还能通过对互联网金融资产价格波动信息的深度挖掘与分析,构建科学有效的风险预警体系,提前做好系统性金融风险 and 互联网金融专项风险的预警工作,为金融市场的稳健运行提供有力保障^[78]。

第六,在区块链技术浪潮的推动下,首次代币发行(Initial Coin Offering, ICO)成为初创公司开展融资活动的创新路径。以以太坊为代表的区块链平台,借助智能合约,将代币发行过程自动化。这种模式极大简化了融资流程,使ICO项目在全球范围内实现便捷融资,打破了传统融资的地域与时间限制。ICO所发行的代币依托区块链强大的记账服务和广泛的价值共识,能轻松突破地域界限,在全球范围内发行与流通,为项目开辟更为广阔的融资渠道。区块链去中心化和不可篡改的特性,为ICO项目营造了透明的信息环境。项目的每一笔交易记录和资金流向,都被永久且不可篡改地记录在区块链上,投资者只需通过特定工具,就能实时查看项目进展和资金使用情况,有效防止数据被篡改或窃取,极大增强投资者对项目的信任。随着区块链技术的持续迭代,ICO项目在业务模式和应用场景上不断推陈出新。大量ICO项目基于区块链技术,涉足去中心化金融(Decentralized Finance, DeFi)、非同质化代币(Non-Fungible Token, NFT)等新兴领域,不仅为投资者提供多样化的投资选择,也推动区块链技术在不同行业落地生根,加速其在全球的普及与应用^[79]。

1.4 数智技术赋能国际金融中心的主要进展和相关研究

作为资本集聚、资源配置与金融创新的重要枢纽,国际金融中心在全球经济体系中承担着关键角色。其不仅为全球投资者和企业提供多元化金融服务,还通过高效的市场机制与稳健的法治体系促进跨境贸易与资本流动^[80,81]。随着数智技术的迅猛发展,以数字支付系统、数字身份认证、数据共享平台、开放应用程序接口(Application Programming Interface, API)以及云计算服务为代表的数字基础设施,正在成为国际金融中心巩固功能地位与展现区位优势的核心支撑^[82]。具体而言,

数字支付系统由实时支付清算网络和电子支付平台所构成,确保资金在金融机构间快速安全地转移;数字身份体系是指通过数字方式验证个人或机构身份的系统,可靠的数字身份是数字金融服务的核心基础;数据共享平台则指金融数据的共享交换机制,通常经由开放API接口来实现。在获得用户授权的前提下,不同机构间可安全共享客户数据,从而催生创新服务。而云服务提供弹性计算和存储能力,支持金融机构和跨国公司快速部署新应用,在中心网络内形成良性竞合关系。

数字基础设施的完备程度直接影响着国际金融中心的服务效率、进入壁垒与创新空间^[83]。首先,在提升服务效率方面,数字身份和实时支付系统显著简化了业务流程^[84]。以数字身份为例,新加坡自2016年起推广个人数据平台MyInfo,并广泛应用于金融领域的电子KYC(Know Your Customer)流程^①。该平台令银行开户和贷款申请的身份验证从数天缩短到几分钟完成,银行可直接获取政府验证的信息而无需反复收集材料;而香港在2020年推出的数字身份平台“智方便”(iAM Smart),可帮助客户线上完成远程开户、数字签署等身份核验方式,降低实体临柜办理的门槛。实时支付系统则令资金清算从“T+1”加速到秒级,大幅提高企业资金的周转效率。例如,新加坡在2014年推出即时跨行转账系统FAST,2017年推出基于手机号和身份证号的实时转账服务PayNow,实现7×24秒级转账;英国在2008年投入运行Faster Payments实时支付系统,开创了即时小额支付先河,使得伦敦在支付效率上长期保持领先。其次,在增强外资吸引力方面,一流的支付清算和数据服务将减少跨国金融机构在当地开展业务的制度摩擦成本,打造更加便利高效的营商环境,增强投资者长期扎根国际金融中心的内在动力。例如,开放银行框架的推行使得伦敦成为众多金融科技创业者和投资者的聚集地,利用开放API开发新服务,推动资本流入到英国本土金融行业。同样,新加坡通过政府与业界协作构建全国性KYC公用平台,被誉为金融科技友好型管辖区。众多跨国银行将其作为区域性总部,就是看重其数字基础设施带来的合规和效率优势^[85]。可以说,高效、安全和互联的数字基础设施充分降低了国际金融中心的进入壁垒,提高了管辖区内的金融活动吸纳能力。最后,在支持创新业务方面,数字基础设施将为新兴金融科技的率先应用提供试验田和加速器。对于公共部门而言,其提供的基础设施如数字身份和支付平台降低了创新产品的开发成本。比如,香港金管局在“金融科技2025”战略

① KYC是金融行业的一项标准和操作规则,可确保相关机构能够验证客户的身份并了解客户的投资知识和财务状况。

下推出商业数据通(Commercial Data Interchange, CDI)平台试行,旨在促成企业与金融机构间安全的数据交易。这令从事供应链金融、信用风控的公司能获取所需数据来训练模型和研发新产品,达成商业模式上的迭代升级;对于创业公司而言,数据共享和开放API为其提供了介入金融服务的机遇。例如,在开放银行政策的推动下,伦敦创业者借助既有的银行系统进一步开发增值应用,能显著改善消费者选择、促进市场竞争,从而繁荣当地的金融生态。因此,数字基础设施通过提供技术和环境,有力地支持了金融行业的产品创新和业务变革。

在推进数字基础设施过程中,新加坡、香港与伦敦等国际金融中心都建立了相应的监管框架和跨机构协作机制。其中,新加坡是由本国金融管理局(Monetary Authority of Singapore, MAS)负责牵头并与政府科技机构密切合作,共同促成MyInfo等数字身份平台在金融业的应用。在法律层面,新加坡颁布了《支付服务法案(2019)》为数字支付和电子货币提供统一的监管框架,为支付基础设施创新提供了制度保障。此外, MAS早在2016年就启动金融科技监管沙盒^①,使银行和科技公司能在受控环境下开展基于API、云技术的服务测试,这种审慎而灵活的监管环境也有助于新加坡数字基础设施的快速扩张。香港则采取政府主导、多机构协同的策略来推动金融数字化。香港金融管理局(Hong Kong Monetary Authority, HKMA)在2017年发布了“智慧银行”路线图,提出开放API、快速支付和虚拟银行等多项规划,随后与政府资讯科技部门合作推出了iAM Smart数码身份证平台,将其纳入金融服务流程。监管上, HKMA等多个机构发布指南鼓励银行采用远程开户、电子认证等技术,并通过监管沙盒测试新技术的合规应用。金融科技领域的多机构协同监管,例如就开放API统一监管原则等,从制度上激励了香港快速补建配套的数字基础设施。而伦敦的监管框架主要以促进竞争和创新为导向,由英国多个政府机构实行对开放银行的联合监管,从而确保开放API标准的落实和后续演进^②。另外,金融行为监管局(Financial Conduct Authority, FCA)的Project Innovate及沙盒为行业创新提供了明确的监管支持通道,英国央行也通过设立创新中心关注新技术对金融稳定和基础设施的影响。当地监管机构相对更注重与业界沟通,如FCA与业界协会共同制定云服务使用指南、网络安全标准等,确保银行在采用新技术时符合监管要求。而开放银行所取得的阶段性进展,有助于伦

敦将其经验推广到更深入的金融数据方向,通过制度创新巩固其作为国际金融中心的优势。

从技术架构的视角,上述三地国际金融中心构建数字基础设施的路径有所差异,分别体现在集中式与分布式、公共与私营协作模式以及跨境互联机制三个领域。一是集中式与分布式架构的区别。新加坡倾向于集中式的顶层架构设计,由政府建立统一平台供行业使用。例如,无论是数字身份系统(SingPass)或金融数据交换平台(SGFinDex)皆由公共部门开发运营,用作集中数据枢纽,而各类金融机构借助标准接口接入。这种模式保证了数据标准一致、管控严格,同时意味着政府在基础设施中发挥着强中心作用^[86]。与此相比,伦敦采取更为分布式的架构,开放银行由各家银行分别开发API接口,但遵循统一标准和安全协议。数据在银行和第三方之间点对点传输,开放银行实施组织(Open Banking Implementation Entity, OBIE)仅负责制定标准和认证参与者,而非构建一个中央数据库,从而保持市场的去中心化创新^[87]。而香港的架构介于两者之间。其在特定领域采用集中式平台,例如iAM Smart由政府专门运营、CDI由金管局搭建等;而在开放API方面,香港采取与伦敦类似的模式,各银行依照监管框架自行开放接口。整体而言,香港是用集中平台解决数字身份等公共需求,用分布式手段推动银行数据开放。二是公共部门与私营机构合作深度的区别。新加坡由政府部门提供数字基础设施底座,并通过协会吸纳行业意见,共同制定标准,但运营权多由公共部门掌握。例如, SGFinDex平台由MAS开发,且与银行协会等合作完成,令公共部门的数字产品与商业银行系统实现对接。香港则更多由监管机构牵头推动行业联盟来建设。例如,贸易融资区块链平台(eTradeConnect)最初由HKMA联合多家银行开发,其中大型银行负责贡献技术资源,监管方协调标准^[88];开放API也是HKMA发布框架后由各银行具体实现。这种模式下,监管起到催化和协调的功能,而私营机构投入建设并进行后续运营。伦敦的开放银行创新则属于监管推动下的行业自律合作,即英国竞争与市场管理局(Competition and Markets Authority, CMA)指令银行共建OBIE这一行业机构来制定规则,银行出资并配合实施^[89]。可见,新加坡和香港更强调公共部门自上而下调动资源并参与运营,而伦敦更注重通过监管要求激发市场主体合作、自下而上形成数字基础设施。三是跨境互联机制的区别。新加坡采用双边互联和多边

① 监管沙盒指的是作为一个受监督的安全测试区,通过设立限制性条件和制定风险管理措施,允许企业在真实的市场环境中,以真实的个人用户与企业用户为对象测试创新产品、服务和商业模式。

② 在执行过程中,英国财政部、金融行为监管局、支付系统监管局等组成联合监管监督委员会,共同监管开放银行的实施。

合作并行的策略,一方面,其在2021年率先与泰国实现了实时支付系统的直接互联,开创全球首例跨国即时支付网络。通过该机制,新、泰两国用户可直接登录各自国内支付App向对方国家汇款,不仅极大缩短到账时间,手续费也大幅降低。此举为其随后与印度、马来西亚等国建立类似链接奠定了基础。另一方面,新加坡还参与多边平台,例如积极投入到国际清算银行(Bank for International Settlements, BIS)创新枢纽的跨境项目,以保持跨境金融基础设施标准制定中的发言权。香港则着重于区域互联,利用其内地与国际间桥梁的独特地位,深度参与内地金融开放进程,如在粤港澳大湾区试行“跨境理财通”、探索与人民银行数字人民币(e-CNY)系统对接等。此外, HKMA也与泰国中央银行、中国人民银行数字货币研究所等合作开展mBridge项目,测试多个央行数字货币在跨境支付中的应用。一系列实践意在强化香港在人民币国际化和区域支付网络中的关键节点作用。伦敦由于脱欧后不再受欧盟框架的直接约束,近年来仍在寻求全球标准对接的新角色。一方面,英国的开放银行标准影响了欧盟第二版支付服务指令(The Revised Payment Services Directive, PSD2)和其他国家的开放金融政策,已被多国视作模板^[90]。监管机构还通过参与诸如全球金融创新网络(Global Financial Innovation Network, GFIN)等国际组织来推广互通标准。另一方面,伦敦作为国际金融中心,本身汇聚众多跨国银行,这些机构内部的全球系统也将伦敦的数字基础设施与其他重要中心联结。虽然英国在零售银行业务上更多服务国内和欧洲市场,但在批发银行业务的基础设施合作中仍发挥着国际主导作用^[91]。综上所述,新加坡强调通过直接的技术对接实现跨境一体化,香港紧扣以中国内地为主的区域合作机遇,而伦敦更多凭借输出标准和参与全球协定的方式融入数字基础设施的跨境建设。

1.5 数智技术赋能金融监管的主要进展和相关研究

健全金融监管体系不仅是推进国家治理体系和治理能力现代化的题中之义,更是防范系统性金融风险、维护金融市场稳定的关键支撑和制度保障。当前,数字货币蓬勃发展、金融科技平台快速崛起,推动金融产品加速迭代、金融业态深度重构,同时也带来了多维度的风险挑战:首先,金融市场跨界融合导致监管边界模糊,在数字资产等新兴领域易出现监管真空;其次,金融科技的去中心化特征加剧监管分化,叠加长尾效应扩大消费者覆盖范围,使金融消费者保护问题日益凸显,如P2P平台频繁“暴雷”引发的连锁反应以及资金池违规搭建导致的系统性风险;最后,人工智能深度参与金融资源

配置,在提升效率的同时也衍生出算法模型风险、数据安全隐患等新型挑战^[92,93]。融合人工智能、区块链、云计算以及API服务等前沿数智技术的监管科技(RegTech),不仅能有效识别和防范由金融科技衍生的洗钱、市场操纵等金融犯罪所引发的系统性风险,还能助力监管机构实现政策动态优化与精准调控,实现金融创新激励与风险防控的动态平衡^[94,95]。

机器学习、自然语言处理等人工智能技术与大数据分析方法的融合应用,正在为合规数据智能化处理、法律法规动态追踪、金融犯罪智能检测等领域的金融监管带来颠覆性变革^[96]。在合规数据智能化处理领域,人工智能技术能够自动解析大量公开与非公开数据,便于各类金融机构验证其业务操作是否满足反洗钱等法规监管标准。例如,加拿大金融交易与报告分析中心(Financial Transactions and Reports Analysis Centre of Canada, FINTRAC)与MAS等国际领先监管机构已率先采用自然语言处理(Natural Language Processing, NLP)与机器学习技术,实现对金融机构提交的可疑交易报告(Suspicious Activity Reports, SARs)的自动化分析与智能研判。在法律法规智能追踪领域,有学者通过融合深度学习方法与自然语言处理技术,对美国1950—2010年的金融市场监管法规文本进行了创新性分析,通过法律文本自动分类、特征集优先级排序以及句子结构最优表示等方法,不仅能量化评估美国国会授予行政机构的自由裁量权范围,更揭示出对金融市场的实际影响,有效克服传统人工编码存在的测量误差,解决高维数据整合的技术难题^[97]。在金融犯罪检测领域,包括神经网络和随机森林在内的先进算法已被广泛应用于识别洗钱和市场操纵等金融犯罪行为^[98]。墨西哥国家银行与证券监管委员会(Comisión Nacional Bancaria y de Valores, CNBV)运用监督式机器学习算法构建可疑交易识别模型,有效甄别金融机构未按规定上报的异常交易行为。在客户身份智能核验领域,监管科技通过融合各类数据建立多维风险评估体系。系统可利用自然语言处理技术,从非结构化文本中精准提取资金流向、交易意图等风险特征,大幅提升风险评估的准确性与时效性^[99]。

区块链技术作为一种新兴技术,其去中心化、不可篡改和可追溯的特性为防范系统性金融风险提供了新的思路和方法^[100,101]。在银行业务领域,首先,基于区块链的不可篡改性和分布式账本技术,所有交易数据都能保持真实、完整且全程可追溯,使商业银行能够实时验证底层资产的真实性和完整性,有效降低企业违约风险。其次,智能合约的自动化执行和去中心化协作机制,大幅减少传统金融交易中的中间环节,不仅提高了资金流转

速度,更显著缓解企业的流动性压力,为实体经济注入了新的活力^[102]。此外,区块链技术的实时数据同步能力和智能合约规则嵌入功能帮助银行快速识别虚假交易、精准把控风险,从而有效降低不良贷款率。在证券业务领域,区块链技术通过智能合约实现的自动化清算机制和分布式账本的实时数据同步功能,能够有效监测异常交易行为,压缩内幕交易和市场操纵的操作空间^[103]。在保险业的应用中,区块链通过连接医疗机构网络实现理赔条件的自动化核验与赔付触发,降低虚假理赔风险;同时基于分布式账本记录的投保人历史行为数据,保险公司可实现保费的动态精准定价,从而有效约束投保人的高风险行为^[104]。此外,区块链技术的点对点网络架构结合智能合约机制,能够确保实时汇率数据及时上链,规避传统汇率延迟带来的交易损失。在跨境支付场景下,区块链技术提供的7×24小时不间断流动性支持,可有效解决因传统支付渠道时间限制导致的流动性问题。

API服务的应用不仅实现了金融机构与监管机构之间数据共享上的安全性与实时性,更促进了双方在技术层面的深度协作,为金融创新实践等方面的监管工作提供有力支撑。在数据共享方面,API作为不同软件应用间的沟通桥梁,能实现金融系统和服务的无缝连接。凭借这一优势,金融科技公司能够快速迭代新功能,如整合欺诈检测API增强交易安全性;集成金融数据API为监管机构提供金融风险识别和监测预警服务^[105]。此外,金融监管机构通过构建API管理平台,以标准化的方式整合金融市场参与者的数据资源,实现数据的智能化分析处理,不仅使得监管机构能够实时监控API接口性能指标,动态追踪金融市场数据流,还为监管政策的制定提供了可靠的数据依据。例如,墨西哥银行监管机构CNBV开发的Suptech解决方案,借助API技术搭建了受监管机构交易数据库与监管引擎间的自动化数据通道,摒弃传统人工填报电子表格、非安全邮件传输和物理介质提交等低效率的方式,进而实现原始交易数据与可疑交易信息的实时直连传输。在确保符合API监管要求的基础上,金融机构通过API整合服务不仅能够为用户提供更安全、高效的金融服务,还能同步实现促进金融产品创新与提升监管效能的双重价值^[106]。在开放银行模式下,通过客户授权机制,银行能够通过API以标准化数据格式将客户信息共享给非银金融科技公司、同业机构及监管主体,这一机制不仅加速了金融创新生态的协同发展,还使监管机构能够通过API接口实现对金融市场的实时全景式监管^[107]。

云计算服务凭借其海量存储、高安全性和弹性扩展

等核心优势,同样能助力金融机构创新并应对竞争与监管变化。首先,云服务能够高效处理金融机构产生的海量数据,从简单的银行账单数字化存储,到利用先进的图像处理技术对全球范围内的法律文件、数字授权及照片进行身份识别和验证,极大地提高了数据处理的效率和准确性。其次,云服务具备无处不在、方便快捷以及按需使用的特点,为金融机构提供了强大的网络接入支持。金融机构将运营迁移到云端后,可以根据自身需求灵活购买服务并调整使用规模。这种模式不仅降低了金融机构的运营成本,还使监管机构获取数据的过程更加便捷,从而显著提升监管报告的生成效率和准确性^[108]。第三,在支付、数据和网络安全等领域法规不断完善的大背景下,云服务为监管机构提供了有力的技术支持,帮助其更好地监督金融机构遵守法规要求,促进金融市场的健康稳定发展。例如,在数据保护法规的执行方面,云服务能够助力监管机构确保金融机构对客户数据的存储和使用符合相关规定。此外,监管机构借助云服务可获取更多有价值的信息,以提升对金融风险的洞察能力。例如,西班牙公司Gradiant利用云服务开发的防止文件欺诈和生物识别验证技术提高客户身份验证的安全性,帮助监管机构及时发现和防范潜在风险,进一步保障金融市场的稳定运行^[109]。

2 数智技术赋能金融发展的未来研究方向

如何借助数智技术赋能金融发展,成为我国经济发展和国家治理体系现代化进程中的关键议题。在智能化时代,数据、算法与生态已成为新一轮金融创新的重要支撑,正重塑金融服务模式、监管体系及市场格局。本节将重点阐述数智技术如何通过数据驱动、算法赋能、生态重构这三大机制发挥作用,关于货币、中央银行、金融机构及市场、国际金融中心 and 金融监管这五类对象的研究趋势,并介绍大模型作为前沿数智技术在金融业的现状与机遇,从而为推动我国金融体系向智能化、高效化、国际化方向发展,为加快金融强国建设提供参考和借鉴。

2.1 数据驱动:构建智能、高效且安全的金融数据生态

随着大数据技术的深入应用,金融机构在数据驱动下的业务能力显著增强,具体体现在市场预测、信用评估与风险管理等方面,为金融资源的优化配置与服务的可及性提升提供了技术支持。同时,数据的实时性与多维度分析能力推动金融监管从传统的事后干预向事前预警转型,显著增强金融体系的稳定性与安全性。此外,数据不仅是金融系统算法设计的重要驱动力,也是金融生态构建的关键基石,其有效性与准确性直接决定

了算法的决策能力与金融生态的稳健性。鉴于金融数据具有高私密性、高噪声及强实时性等特征,未来金融数据体系的建设可围绕以下三个重点方向深入探索:跨境数据共享与隐私保护、智能数据治理与高质量数据构建以及实时数据分析与市场预测预警。

(1)跨境数据共享与隐私保护。当前,跨境数据共享已成为推动金融开放与合作的重要基础,但同时也伴随数据主权、隐私保护和网络安全等多重挑战。对于主要的跨境数据处理技术而言,研究需结合各自的独特优势挖掘应用场景。其中,隐私计算技术通过安全多方计算、可信执行环境等技术架构,使金融机构能在不暴露原始数据的前提下实现联合风控分析。未来,隐私计算技术在跨境金融合作中有望助力跨境反洗钱系统实现跨国金融机构之间的风险数据协作,实现隐私保护与合规监管的双重目标。区块链凭借其分布式账本特性,不仅确保跨境交易数据的不可篡改性,其智能合约机制更可编程化数据共享规则,可以为数字身份跨境验证提供可信基础设施。同态加密技术允许对加密数据直接进行计算,在数据流通过程中保护数据隐私。因此,金融机构在跨境合作中可利用该技术对加密后的用户信用评分数据进行计算与分析,降低隐私泄露风险,提高数据利用率。联邦学习构建的分布式机器学习框架,使全球银行能在不交换原始数据的条件下共建风控模型,有助于解决数据主权争议。全球银行在未来可协作构建共同的信用风险评估模型,实现数据共享的同时避免敏感信息的跨境流转,增强跨境数据处理和模型训练的灵活性与安全性。差分隐私技术通过在数据分析过程中加入随机噪声,可有效防止外部攻击者通过数据查询推断训练数据中的个体信息,有望在统计分析和数据挖掘过程中,确保个体用户的数据隐私不被泄露,为金融机构提供一种保护用户隐私的有效手段。未来研究应聚焦于如何借助区块链、隐私计算、同态加密、联邦学习、差分隐私等前沿技术,在全球数据共享与隐私保护之间找到最佳平衡,为货币国际化和跨境支付提供坚实的数据支撑。

(2)智能数据治理与高质量数据建设。智能化金融监管与数字化风控日益成为金融治理的核心议题,如何构建科学、高效的数据治理体系成为学界与业界共同关注的重点。在数据处理环节,自动化数据清洗借助机器学习算法构建智能检测机制,能够高效识别并修正数据中的异常情况。商业银行等金融机构可以充分利用这一技术,在反欺诈和信用评估等关键业务场景中,有效提升数据质量,增强风控模型的精准程度,大幅降低误判发生概率。在数据集成方面,智能数据集成利用人工智能技术,能够自动完成多源异构数据的匹配与整合工

作,有望达成全面的数据集成效果。在此基础上,信用风控、投资分析、反欺诈检测等各类系统均可实时获取并同步分析市场动态信息,为决策提供有力支持。知识图谱技术具备强大的实体关系处理能力,可将企业、个人、金融产品以及市场指标等众多要素的关系进行结构化与语义化处理。这一特性将有助于金融机构在风险管理、市场分析、合规监管以及客户服务等重要领域提升综合能力。数据标注环节,强化学习优化数据标注技术可显著扩大标注化数据的规模,精准定位异常数据,从而有效提高反洗钱交易识别等分类任务的准确性与可靠性。数据存储与管理环节,数据湖与数据治理平台技术展现出了出色的存储和管理效能。它能够帮助金融机构打造统一的数据标准,构建完善的数据管理体系,充分保障数据的透明性与可监管性。着眼于未来,相关研究工作应当聚焦于构建智能化数据治理框架,集中力量突破跨模态数据融合分析与动态风险预测等关键技术难题,以此推动金融机构在全景式风险监测与精准调控能力上实现质的飞跃。

(3)实时数据分析与市场预测预警。在全球金融市场波动加剧、跨境支付业务复杂性增强的背景下,构建实时高效的预警系统,正成为提升金融系统弹性与响应能力的关键方向。流式数据处理凭借低延迟的数据处理架构能够确保数据及时反映市场价格波动、交易活动、宏观经济指标以及社交媒体情绪等异常情况,精准输出风险信号,从而显著增强市场监测与决策的实时性。自然语言处理技术从海量非结构化文本数据中提取市场情绪、政策信号和行业趋势等关键信息,辅助金融机构精准识别市场变化的潜在驱动因素。高频交易数据分析技术则依托超低延迟计算能力和先进的算法交易模型,能够在毫秒级别内处理海量交易数据,有助于识别市场操纵行为、异常交易及潜在系统性风险,并助力金融机构在高频交易环境下优化交易策略,增强市场稳定性。未来研究应聚焦于探索如何深度融合流式数据处理、自然语言处理以及高频交易数据分析等技术构建智能化的实时预警系统,实现市场风险监测、突发事件预警以及智能决策支持等功能。

2.2 算法赋能:打造智能化、精准化的金融决策及服务体系

随着人工智能技术的快速发展,算法已逐步成为推动金融智能化转型的核心引擎。机器学习、深度学习等技术的应用,显著提升了金融机构在数据处理、风险定价和投资决策等方面的能力。在金融实践领域,人工智能技术已广泛应用于市场预测、信用评估和风险管理等核心环节。通过构建智能风控模型和个性化投顾系统,

金融机构能够更精准地识别用户需求,优化资产配置策略。同时,监管科技的发展使得金融监管逐步从事后干预转向实时监测和事前预警,有效提升了金融体系的稳健性。然而,算法的“黑箱”特性、数据隐私保护等问题也对技术应用提出了新的挑战。未来研究应重点关注以下方向:一是探索算法在普惠金融中的应用,通过智能信用评估扩大金融服务覆盖面;二是开发智能化监管工具,提升金融风险预警能力;三是优化量化交易策略,提高市场定价效率。

(1)算法在普惠金融中的应用。智能投顾、动态信用评估、实时反馈与优化机制以及自动化资产配置技术等,凭借其在机器学习算法和大数据分析技术的深度应用,于服务精准度提升方面展现出三大核心优势:客户画像维度,通过融合多源行为数据与深度学习技术,实现对客户信用状况、风险偏好等特征的立体化评估。借助非传统数据的特征挖掘,算法能够为科创企业构建专属的信用评估体系,同时帮助低信用群体建立可量化的金融身份,有效破解了服务覆盖不足的难题。动态服务维度,运用强化学习建立实时反馈机制,使产品推荐能够随着客户生命周期阶段的演进而自动调整,从而实现服务的动态适配。资产配置维度,结合宏观预测模型与组合优化算法,在控制风险敞口的同时捕捉跨周期投资机会。未来,智能金融服务的发展应着力于三个关键方向:一是构建“评估—推荐—调整”的闭环决策系统,以提升服务的连贯性和精准性;二是开发适应长尾客户的风险定价模型,拓展金融服务的覆盖面;三是建立算法可解释性保障机制,增强用户对金融服务的信任度。

(2)智能化货币政策与监管工具的开发。借助深度学习、神经网络和强化学习等前沿算法,中央银行能够对海量经济数据进行深度挖掘与智能分析,从而增强政策制定的科学性、前瞻性和适应性。首先,在数据监测与趋势预测方面,数智技术可实时跟踪关键经济变量(如通胀率、失业率、信贷增速等),精准识别市场波动规律,为货币政策调整提供数据驱动的决策依据。其次,在风险预警与市场稳定维护方面,智能算法能够快速检测异常交易行为、流动性风险及系统性金融隐患,辅助监管机构及时采取干预措施,防范风险扩散。此外,强化学习可构建经济政策仿真环境,模拟不同货币政策(如利率调整、量化宽松等)的实施效果,帮助中央银行优化政策组合,提升调控的精准性和适应性。随着CBDC的推广和大数据风控技术的深化应用,未来研究应进一步探索深度学习、强化学习等算法在货币政策仿真、实时风险监测及动态调控中的创新应用。这一方向的发展不仅能提升金融监管的智能化水平,还能增强宏观经济政策的灵活性和

稳定性,最终实现更高效、更精准的金融治理。

(3)量化金融与算法交易的优化升级。通过融合可解释性机器学习技术与传统金融分析方法,不仅能够提升模型决策的透明度,还能有效优化交易策略的适应性和风险控制的精准度。首先,在策略构建层面,可解释性技术展现出多重优势:其一,SHAP、LIME等模型可解释方法能清晰揭示输入特征对预测结果的影响权重,帮助机构识别资产配置的核心因子;其二,因果推断技术可穿透相关性迷雾,识别市场变量间的真实因果关系,而强化学习与可解释模型的结合则能创建动态调参的自适应交易系统。其次,在风险管理维度,可解释模型通过实时监测交易量异常、价格波动等市场微观结构特征,显著提升了对系统性风险的早期识别能力,使风险评估策略能够随市场环境动态演进。展望未来,机器学习与模型可解释性的深度融合将开创智能金融新范式。这一变革既能通过策略自适应优化提升交易效率,又能借助风险预警机制防范市场异常波动,使决策者得以追溯预测逻辑链条,在保障合规透明的前提下,建立起“算法洞察—人为决策—监管审查”的良性循环机制,实现技术可信度与金融稳定性的双重提升。

2.3 生态重构:促进金融各主体深度融合和开放协同

随着金融科技的快速演进与数字化转型的持续深化,开放银行与去中心化金融正成为推动金融行业创新发展的两大关键领域。开放银行通过API技术重构金融服务生态,去中心化金融在合规框架下探索新型金融范式。这两个方向相辅相成,共同构成了现代金融体系转型升级的核心驱动力。当前,如何构建开放协同的金融生态,实现技术创新与风险管控之间的平衡,已成为学界和业界共同关注的重要议题。

(1)开放银行与金融科技深度融合。首先,开放API平台通过标准化数据接口打破金融服务边界,有助于实现三大突破:其一,促进金融机构、金融科技公司等主体间的数据无缝对接;其二,显著降低技术整合成本,加速创新金融产品落地;其三,推动跨行业协同合作,助力开放银行体系构建。其次,金融生态智能协同技术展现出多重价值。基于人工智能和大数据分析的市场预测能力,不仅可以优化信贷风控模型,还能提升金融机构的风险管理能力;通过智能合约实现的个性化服务,显著提升用户体验,满足不同客户的多样化需求;为中小微企业量身定制的智能融资解决方案,有力地促进了普惠金融的发展。另外,在跨境金融领域,这些技术通过构建“一带一路”数字金融网络,有望实现三大核心功能:一是提供高效跨境结算服务,支持多币种支付清算,满足全球贸易和投资的多样化需求;二是利用区块链技术

保障交易的透明性和可追溯性,增强跨境金融交易的信任度和安全性;三是通过智能合规审查系统,显著提升贸易效率,降低跨境金融活动的合规成本。这些技术的融合与创新,为跨境金融的可持续发展开辟了新的路径。未来的研究应重点探讨如何构建一个开放、互联的API金融生态系统,以促进金融机构、科技企业及其他主体之间的高效协作。

(2)去中心化金融(DeFi)与合规监管并行发展。未来研究应重点围绕合规型智能合约设计、经济共识机制优化以及风险监测与防范三大方向展开系统性探索,为构建安全、高效、合规的去中心化金融生态提供理论支撑。首先,在合规型智能合约研究方面,作为DeFi生态的核心基础设施,其合规性直接影响整个金融体系的稳定性。研究重点应包括:其一,开发具有嵌入式监管功能的智能合约架构,集成身份验证、反洗钱(Anti-money Laundering, AML)等合规要素;其二,构建自动化合规检测系统,通过形式化验证等技术提升合约对不同监管框架的适应能力;其三,建立交易溯源机制,确保去中心化交易的合法性与可审计性。其次,经济共识机制的优化创新是保障系统安全运行的关键支撑。针对现有机制在“不可能三角”(去中心化、安全性、可扩展性)方面的局限性,未来研究应着力于:其一,设计兼顾效率与安全的混合共识算法;其二,开发基于博弈论的动态激励机制;其三,建立节点行为评价体系,通过算法约束促进网络参与者共同维护系统稳定。最后,在风险监测与防范领域,需突破传统金融风控模式的局限。研究重点应聚焦:其一,运用复杂网络分析和大数据技术构建实时风险预警系统;其二,开发智能合约漏洞的自动化检测工具;其三,设计去中心化的风险对冲机制,通过算法稳定币等创新产品提升系统抗风险韧性。特别需要关注市场操纵、流动性枯竭等DeFi特有风险的防范策略。

2.4 赋能金融发展:五类对象的研究方向与展望

从功能视角看,当前的技术变革路径不仅关注系统效率的提升与风险控制能力的增强,也正在引导金融制度的边界拓展与治理模式的结构调整。展望未来,数智技术的深度应用将在货币、中央银行、金融机构及市场、国际金融中心 and 金融监管这五类对象中分别产生深远的影响,具体内容包括:新型支付机制与货币体系构建、货币政策传导与金融稳定维护、金融机构组织逻辑的智能化重构、基于数字基础设施的新型竞争格局,以及金融监管范式的迭代升级。

(1)新型支付机制与货币体系构建。一方面,CBDC及其底层分布式账本技术在促进跨境支付效率、提升贸易便利化水平等方面具有重要潜力。当前,以多边央行

数字货币桥(mBridge)为代表的多边CBDC平台正推动技术标准、身份互信与交易规则的多边协调,成为人民币国际化进程中的战略支点之一。另一方面,稳定币作为连接传统金融与加密资产的重要中介,在提升支付实时性、降低交易成本与实现可编程支付等方面展现出广阔前景。未来研究可进一步聚焦如何通过数智技术增强其稳定机制弹性、提升跨链互通效率与合规审查智能化程度,进而在全球支付体系中发挥基础性角色。人工智能、数字身份认证与隐私计算等技术的融合应用,有望为稳定币构建安全、透明及可监管的运行框架,推动其从创新工具向基础设施转型。

(2)货币政策传导与金融稳定维护。数智技术边界的不断拓展,带动着中央银行积极提升自身在货币政策执行、市场预期管理与金融风险防范等领域的应对能力。在政策沟通方向,多模态大语言模型将为政策表述分析与市场情绪预测提供新的工具。通过对图像、语音与文本等多源信息的联合分析,模型可精准捕捉政策制定者行为变化的微观信号,从而辅助市场主体对政策意图的理解。而在金融稳定方向,图神经网络与预训练基座大模型将被广泛用于金融知识图谱构建与动态风险评估。相关研究表明,AI驱动的图谱学习与语义抽取技术有助于构建更精细化的风险认知系统,使央行具备更强的系统性风险识别与动态调控能力。未来,由算法嵌入的政策仿真系统可能进一步改善政策传导的前瞻性、适应性与反馈机制,为货币政策的定向实施提供技术支撑。

(3)金融机构及市场组织逻辑的智能化重构。首先,大模型的广泛应用为金融机构的知识管理、产品推荐与风险定价提供了统一的智能基础。通过构建垂直化行业模型,机构能够在防控信息泄露与输出偏差的前提下,实现交易策略与资产配置建议的自动生成,提升决策的专业化水平。其次,在金融科技融合场景中,区块链与人工智能技术共同支撑贸易金融等领域的创新模式。通过链上记录与实时分析相结合,供应链金融流程得以实现“数据即资产”的闭环转化,为中小企业融资提供高效通道。最后,在算力协作与风险管理上,随着模型参数规模的不断膨胀,机构间算力共享、分布式训练、边缘计算与多云架构正成为降低集中度风险的重要实践路径,也对未来的IT治理提出了新要求。

(4)基于数字基础设施的新型竞争格局。数字基础设施的完备程度正在成为国际金融中心竞争力的核心变量。近年来,新加坡、香港与伦敦分别围绕数字身份认证、开放API标准、支付结算体系与数据平台建设形成各具特色的发展路径,形成了以制度保障为底层支撑、以数据互通为核心纽带的开放金融生态。这一趋势已

为内地金融中心的发展提供重要参考。未来应从以下三方面着力推进:一是整合现有试点资源,加快在数字身份、支付清算、监管科技等领域形成制度性合力,建设具备全球影响力的数字金融枢纽;二是完善数据要素市场,推动数据在机构间的可信共享,提升金融产品和服务的多样性与精细化水平;三是构建跨境数字金融网络,借助区块链和数字人民币试点项目推动数据和价值的双向流动,强化对应的中心城市在全球金融格局中的制度话语权与联接能力。

(5)金融监管范式的迭代升级。在数智技术的驱动下,金融监管正经历由事后被动响应向事前主动治理的根本性转变。一方面,深度学习与图模型将推动风险监测的前瞻化革新,使监管者可对金融网络中的潜在脆弱环节达成实时穿透。另一方面,分布式账本与标准化API接口技术正在重塑跨境监管的信息协同模式,为建立区域性乃至全球性的监管科技联盟提供了制度基础。此外,监管科技的发展也引发了对技术伦理与数据治理机制的持续关注。可解释性算法、消费者知情权保障机制与隐私计算标准的建立,将成为未来监管科技制度化建设的重点方向。

2.5 数智技术前沿:大语言模型在金融业的应用与机遇

随着数智技术的不断迭代与扩展,大语言模型(Large Language Model, LLM)凭借其出色的自然语言处理与跨模态理解能力,为风险管理、投资决策、合规审查、客户服务等金融业务流程各环节注入了转型升级的创新动能。结合已有研究与实践进展,以下将分别归纳大模型在金融行业的核心应用场景、技术机制与未来发展方向。

(1)赋能金融业务的典型场景。第一是风险管理环节。大模型正在日益成为金融风险管理中的关键力量。研究表明,在信用风险、市场风险、操作风险等多个维度上,大模型主要通过两种方式增强风险识别与控制能力:一方面,直接借助GPT类模型进行文本生成与分类,用于撰写信用报告、估计客户违约概率等任务;另一方面,利用细分专业领域微调后的大模型来提取非结构化文本中的风险信号,从而实现更精准的预测与监控^[110]。例如,在P2P借贷领域,从业人员通过BERT或GPT模型分析借款申请人撰写的贷款用途描述、还款意图等预料内容,构建具有增量信息的风险指标,作为传统信用评分模型的补充。还有研究发现,利用微调大模型并结合美联储公开数据进行情感分析,可增强模型对宏观经济变化的敏感性,提高对金融市场系统性风险的预判能力。此外,大模型还可辅助生成假设情景(What-if Scenarios),协助机构构建压力测试框架,评估极端市场情况下的损失敞

口,并通过自然语言输出生成应对策略。第二是投资研究与策略执行环节。大语言模型在投资研究领域的渗透逐渐深入,主要体现在信息提取、事件驱动分析和交易策略生成等步骤。研究指出,大模型通过对企业财报、政策声明、新闻标题等文本进行全面高效的事件分类、情绪评估与实体识别,能为投资组合构建与调仓提供支持^[111]。例如,使用FinGPT、FinTral等微调大模型来解读财报,可以快速提取关键信息点,自动生成公司财务摘要、盈利预警等指定内容,进而减轻分析师工作负担。而结合时间序列建模与多模态数据的Transformer结构,也使得模型可根据历史数据预测未来金融市场走势,辅助构建阿尔法因子与交易信号。在策略执行层面,包括FinAgent、FinRobot等多智能体架构模型,已开始具备多轮对话、知识推理与动态反馈能力,能够根据投资目标、风险偏好及实时市场量价信息自主制定或调整交易计划,实现真正的智能投顾以及自动化资产管理。第三是合规审查与监管科技环节。生成式人工智能在合规管理中具有广阔的发展空间,主要借助大模型来解析法规文本、识别合规风险点、辅助报告撰写等传统流程,大大提高了监管的执行效率^[112]。例如,基于巴塞尔协议III的条款构建的测试集可用于验证大模型对信贷风险标准的理解程度;而大模型也可用于对客户交易进行语义审查,检测潜在的洗钱、欺诈或操纵行为。此外,生成式人工智能还会以交互式手段辅助合规人员掌握最新法规变化,自动更新模型逻辑,并生成针对性的应对方案,提升其适应复杂金融监管环境的能力。

(2)技术机制与系统架构创新。首先是多智能体协同与模块化设计的创新。为了满足复杂金融任务的需求,已有研究提出了以大模型为核心的多智能体架构。在此架构中,各个子模型(Agent)分别对应金融机构中的职能部门,如数据分析、风险控制、投资研究等智能体,彼此协同完成从数据采集、洞察生成到决策执行的全流程任务^[113]。该设计体现为以下两个特征,一方面,通过模块化部署,来支持不同模型针对任务子领域的独立优化;另一方面,通过协同策略与共享知识库,以解决跨部门的数据割裂问题,提高系统一致性与可解释性。可以说,协同式多智能体系统,预示着人工智能大模型未来将在金融业内部呈现的岗位化部署趋势。其次是领域微调与检索增强技术的创新。面对金融领域高度专业化的名词术语与制度规则,通用大模型经常出现事实性错误或逻辑推理不足等现象。因此,近年来的研究重心已向领域专用模型与检索增强架构两方面转移^[114]。例如,BloombergGPT、FinGPT、FinLLaMA等领先模型就是基于海量的金融语料进行深度预训练与微

调,从而提升了其文本理解的准确性与内容生成能力。而检索增强结构则通过嵌入金融文档库,先进行语义检索,再结合提示词的响应生成,显著改善了模型的可控性与文档依赖性,适用于报告撰写、法规问答等相对严谨的场景。最后是低成本部署与轻量化实现的创新。为了推动生成式人工智能的实用化落地,部分研究深入探索轻量部署与原型验证框架^[115]。例如,采用Flask与GPT API服务构建前后端联动的模型应用,便于在本地环境中测试金融工作流。另外,结合HuggingFace等开源平台的模型微调,可以在中小机构实现专属模型的快速迭代与在线更新。这些探索均能降低开发人工智能的技术门槛,推动其在各类金融机构中的普及。

(3)大模型在金融业的未来发展机遇。综上所述,生成式人工智能与大语言模型正在深刻地变革着金融行业的运行机制、监管框架、业务模式和基础设施。基于该类先进数智技术的未来趋势可总结为以下四点:第一,人机共治式的风险调控机制。应着手构建以人类为主导、模型为助手的双重验证机制,提升大模型参与信贷、交易、合规等高风险任务的安全性 with 信任度。第二,场景化小模型的部署策略。针对如理财问答、企业评级、监管报表生成等特定的业务场景来训练轻量模型,利用嵌入式平台进行部署,实现边缘人工智能化。第三,知识增强与推理能力的优化。结合图神经网络、结构化知识库、因果推理链,提升大模型在金融决策中的逻辑一致性与知识完整性。第四,跨行业标准与评价体系的构建。通过推动构建业界公认的大模型金融能力评估框架,包括鲁棒性、安全性、效率与合规性等多个维度,为监管机构与行业机构制定统一的参考基准。

3 结语

数智技术正在重构全球金融体系的底层逻辑,成为赋能金融发展的核心引擎。本文通过解析数据驱动、算法赋能、生态重构三大机制,以货币、中央银行、金融机构及市场、国际金融中心、金融监管为五类研究对象,揭示了数智技术对提升金融监管、优化资源配置、深化普惠金融的关键价值。面向未来,金融行业应着力构建以下三大体系:一是智能数据生态,运用隐私计算优化跨境数据治理,强化知识图谱提升风控前瞻性;二是算法决策体系,通过深度学习优化政策调节机制,增强量化交易透明度;三是开放协同生态,发展合规型数字普惠金融,促进产融数据互通。数智金融创新的机遇与风险并存,唯有统筹安全与发展,效率与公平,在技术创新与制度适配间建立动态平衡机制,方能实现从金融大国向强国的历史性跨越。

参考文献

- [1] Treleaven P, Gendal Brown R, Yang D. Blockchain technology in finance. *Computer*, 2017, 50(9): 14—17.
- [2] Zaremba A, Demir E. ChatGPT: Unlocking the future of NLP in finance. *Modern Finance*, 2023, 1(1): 93—98.
- [3] Yan JQ, Yu W, Zhao JL. How signaling and search costs affect information asymmetry in P2P lending: The economics of big data. *Financial Innovation*, 2015, 1(1): 19.
- [4] McNulty D, Miglionico A, Milne A. Data access technologies and the 'new governance' techniques of financial Regulation Open access. *Journal of Financial Regulation*, 2023, 9(2): 225—248.
- [5] Zong ZJ, Guan Y. AI-driven intelligent data analytics and predictive analysis in industry 4.0: Transforming knowledge, innovation, and efficiency. *Journal of the Knowledge Economy*, 2025, 16(1): 864—903.
- [6] Ilori O, Nwosu NT, Naiho HNN. Advanced data analytics in internal audits: A conceptual framework for comprehensive risk assessment and fraud detection. *Finance & Accounting Research Journal*, 2024, 6(6): 931—952.
- [7] Christensen J. AI in financial services//Demystifying AI for the Enterprise. New York: Productivity Press, 2021: 149—192.
- [8] Nguyen DK, Sermpinis G, Stasinakis C. Big data, artificial intelligence and machine learning: A transformative symbiosis in favour of financial technology. *European Financial Management*, 2023, 29(2): 517—548.
- [9] Fasnacht D. Open Innovation Ecosystems: Creating New Value Constellations in the Financial Services. Cham: Springer International Publishing, 2018.
- [10] Nicholls CC. Open banking and the rise of FinTech: Innovative finance and functional regulation. *Banking & Finance Law Review*, 2019, 35(1): 121—151.
- [11] 周科杰, 寇宗来, 刘凌琛. 全球央行数字货币发展态势及数字人民币的战略意义. *经济学家*, 2025(2): 65—75.
Zhou KJ, Kou ZL, Liu LC. The development trend of global central bank digital currencies and the strategic significance of E-CNY. *Economist*, 2025(2): 65—75. (in Chinese)
- [12] Bech M, Boar C, Eidan D, et al. Using central bank digital currencies across borders: Lessons from practical experiments. *Journal of Payments Strategy & Systems*, 2023, 17(1): 46—57.
- [13] 杨松. 央行数字货币制度演进的国际法关照. *政法论丛*, 2023(1): 51—64.
Yang S. Central bank digital currency legal system evolution from international law perspective. *Journal of Political Science and Law*, 2023(1): 51—64. (in Chinese)
- [14] Auer R, Frost J, Gambacorta L, et al. Central bank digital currencies: Motives, economic implications, and the research frontier. *Annual Review of Economics*, 2022, 14: 697—721.
- [15] Auer R, Cornelli G, Frost J. Rise of the central bank digital currencies: Drivers, approaches and technologies. (2020-08-01)/[2025-07-17]. <https://www.bis.org/publ/work880.pdf>.
- [16] Auer R, Monnet C, Shin HS. Distributed ledgers and the governance of money. *Journal of Financial Economics*, 2025, 167: 104026.
- [17] 沈建光, 朱太辉. 稳定币发展十年: 趋势、应用与前景. *国际金融*, 2024(12): 68—73.

- Shen JG,Zhu TH. Ten years of stablecoin development:Trends, applications,and prospects. *International Finance*,2024(12):68—73. (in Chinese)
- [18] Lipton A,Sardon A,Schär F,et al. From tether to libra:Stablecoins, digital currency and the future of money. (2020-05-26)/[2025-07-17]. <https://arxiv.org/abs/2005.12949>.
- [19] Catalini C,de Gortari A,Shah N. Some simple economics of stable coins. *Annual Review of Financial Economics*,2022,14:117—135.
- [20] 陈雨露. 当前全球中央银行研究的若干重点问题. *金融研究*,2020(2):1—14.
- Chen YL. Issues in current central bank researches. *Journal of Financial Research*,2020(2):1—14. (in Chinese)
- [21] Schär F. Decentralized finance:On blockchain- and smart contract-based financial markets. *Review*,2021,103(2):153—174.
- [22] Harris CG. Cross-Chain Technologies:Challenges and Opportunities for Blockchain Interoperability2023 IEEE International Conference on Omni-layer Intelligent Systems (COINS). Berlin,Germany. IEEE, 2023:1—6.
- [23] Senn PR. Monetary policy and the definition of money. *Journal of Economic Studies*,1999,26(4/5):338—382.
- [24] Orphanides A. Monetary policy rules based on real-time data. *American Economic Review*,2001,91(4):964—985.
- [25] Gambacorta L,Kwon B,Park T,et al. CB-LMs:Language models for central banking. (2024-10-01)/[2025-07-17]. <https://www.bis.org/publ/work1215.htm>.
- [26] Gorodnichenko Y,Pham T,Talavera O. The voice of monetary policy. *American Economic Review*,2023,113(2):548—584.
- [27] 姜富伟,李梦如,孟令超. 调预期、防风险:央行金融稳定沟通效果研究——基于文本分析的视角. *经济学(季刊)*,2024,24(6):2025—2040.
- Jiang FW,Li MR,Meng LC. Guiding expectations and reducing risks:The effects of financial stability communication in China—evidence from textual analysis. *China Economic Quarterly*,2024,24(6):2025—2040. (in Chinese)
- [28] Wibisono O,Ari HD,Widjanarti A,et al. The use of big data analytics and artificial intelligence in central banking. (2019-12-31)/[2025-07-17]. https://www.bis.org/ifc/publ/ifcb50_01.pdf.
- [29] Bernanke BS,Boivin J. Monetary policy in a data-rich environment. *Journal of Monetary Economics*,2003,50(3):525—546.
- [30] Kameda S. Use of alternative data in the bank of Japan's research activities. (2022-01-01)/[2025-07-17]. <https://ideas.repec.org/p/boj/bojrev/22e01.html>.
- [31] Hirschbühl D,Onorante L,Saiz L. Using machine learning and big data to analyse the business cycle. *Economic Bulletin Articles*,2021,5:90—108.
- [32] Aaronson D,Brave SA,Fogarty M,et al. Tracking U.S. consumers in real time with a new weekly index of retail trade. (2021-11-05)/[2025-07-17]. <https://ideas.repec.org/p/fip/fedhwp/92147.html>.
- [33] Ashwin J,Kalamara E,Saiz L. Nowcasting Euro area GDP with news sentiment:A tale of two crises. *Journal of Applied Econometrics*,2024,39(5):887—905.
- [34] Singh N,Bhoi BB. Inflation forecasting in India:Are machine learning techniques useful? *Reserve Bank of India Occasional Papers*,2022,43(2):46.
- [35] Ahrens M,Erdemlioglu D,McMahon M,et al. Mind your language: Market responses to central bank speeches. *Journal of Econometrics*, 2025,249:105921.
- [36] Aruoba SB,Drechsel T. Identifying monetary policy shocks:A natural language approach. (2025-07-17)/[2025-07-17].<https://www.aea-web.org/articles?id=10.1257/mac.20240184>.
- [37] Curti F,Kazinnik S. Let's face it:Quantifying the impact of nonverbal communication in FOMC press conferences. *Journal of Monetary Economics*,2023,139:110—126.
- [38] 姜富伟,刘雨旻,孟令超. 大语言模型、文本情绪与金融市场. *管理世界*,2024,40(8):42—64.
- Jiang FW,Liu YM,Meng LC. Large language model and textual sentiment analysis in Chinese stock markets. *Journal of Management World*,2024,40(8):42—64. (in Chinese)
- [39] Heikkinen J,Heimonen K. Media tone:The role of news and social media on heterogeneous inflation expectations. *Journal of Forecasting*,2025,44(3):881—921.
- [40] Kearns J. AI's Reverberations across Finance. (2023-12-01)/[2025-07-17]. <https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2023/12/AI-reverberations-across-finance-Kearns>.
- [41] 李研妮,陶黎. AI对经济金融的影响及中央银行面临的挑战及对策. *清华金融评论*,2024(11):69—73.
- Li YN,Tao L. The impact of AI on the economy and finance,as well as the challenges and countermeasures faced by central banks. *Tsinghua Financial Review*,2024(11):69—73. (in Chinese)
- [42] Oussous A,Benjelloun FZ,Ait Lahcen A,et al. Big data technologies:A survey. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*,2018,30(4):431—448.
- [43] Chen Z,Wang YH,Zhao B,et al. Knowledge graph completion:A review. *IEEE Access*,2020,8:192435—192456.
- [44] Kothandapani HP. Optimizing financial data governance for improved risk management and regulatory reporting in data lakes. *International Journal of Applied Machine Learning and Computational Intelligence*,2022,12(4):41—63.
- [45] Lyu RY,Chen RR,Chung SL,et al. Systemic risk and bank networks: A use of knowledge graph with ChatGPT. *FinTech*,2024,3(2):274—301.
- [46] da Costa K. Anomaly detection in global financial markets with graph neural networks and nonextensive entropy. (2023-08-09)/[2025-07-17]. <https://arxiv.org/pdf/2308.02914>.
- [47] Minakawa N,Izumi K,Sakaji H,et al. Graph representation learning of banking transaction network with edge weight-enhanced attention and textual information companion proceedings of the web conference 2022. Virtual Event,Lyon France. ACM,2022:630—637.
- [48] Qian L,Luo ZG,Du YJ,et al. Cloud computing:An overview. *Cloud Computing*. Berlin,Heidelberg:Springer Berlin Heidelberg,2009:626—631.
- [49] Oke SA. A literature review on artificial intelligence. *International Journal of Information and Management Sciences*,2008,19(4):535—570.
- [50] Chen BY,Wu ZX,Zhao RR. From fiction to fact:The growing role of generative AI in business and finance. *Journal of Chinese Economic and Business Studies*,2023,21(4):471—496.
- [51] Scott HS. The EU' digital operational resilience act:Cloud services &

- financial companies. (2024-05-15)/[2025-07-17]. <https://implementconsultinggroup.com/topic/dora>.
- [52] Islam A. Hybrid cloud databases for big data analytics: A review of architecture, performance, and cost efficiency. *International Journal of Management Information Systems and Data Science*, 2024, 1(4): 96—114.
- [53] Katari A, Kalla D. Cost optimization in cloud-based financial data lakes: Techniques and case studies. *ESP Journal of Engineering & Technology Advancements (ESP-JETA)*, 2021, 1(1): 150—157.
- [54] 李逸飞, 李茂林, 李静. 银行金融科技、信贷配置与企业短债长用. *中国工业经济*, 2022(10): 137—154.
- Li YF, Li ML, Li J. Bank-fintech, credit allocation and enterprises' short-term debt for long-term use. *China Industrial Economics*, 2022(10): 137—154. (in Chinese)
- [55] Sarkar T, Rakhra M, Sharma V, et al. An Empirical Comparison of Machine Learning Techniques for Bank Loan Approval Prediction 2024 International Conference on Communication, Computer Sciences and Engineering (IC3SE). Gautam Buddha Nagar, India. IEEE, 2024: 137—143.
- [56] Bharadwaj P, Suri T. Improving financial inclusion through digital savings and credit. *AEA Papers and Proceedings*, 2020, 110: 584—588.
- [57] Huan C. Design and Application Research of Bank Customer Portrait System Based on Big Data Technology 2023 IEEE 3rd International Conference on Power, Electronics and Computer Applications (ICPECA). Shenyang, China. IEEE, 2023: 1323—1327.
- [58] Dwivedi DN, Batra S, Pathak YK. Enhancing customer experience: Exploring deep learning models for banking customer journey analysis// Sharma H, Chakravorty A, Hussain S, et al, eds. *Artificial Intelligence: Theory and Applications*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2024: 477—486.
- [59] Polireddi NSA. Artificial intelligence in banking and financial services// Verma A, Verma P, eds. *Research Advances in Intelligent Computing*. Boca Raton: CRC Press, 2024: 139—152.
- [60] 郭晔, 未钟琴, 方颖. 金融科技布局、银行信贷风险与经营绩效——来自商业银行与科技企业战略合作的证据. *金融研究*, 2022(10): 20—38.
- Guo Y, Wei ZQ, Fang Y. Fintech deployment, bank credit risk, and performance: Evidence from strategic cooperation between banks and tech companies. *Journal of Financial Research*, 2022(10): 20—38. (in Chinese)
- [61] Seddon JJM, Currie WL. A model for unpacking big data analytics in high-frequency trading. *Journal of Business Research*, 2017, 70: 300—307.
- [62] Sabharwal N, Mahajan J. Significance of machine learning use in financial services. Utilizing AI and Machine Learning in Financial Analysis. Hershey: IGI Global, 2024: 101—116.
- [63] de Kok T. ChatGPT for textual analysis? How to use generative LLMs in accounting research. (2025-07-17)/[2025-07-17]. <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.2023.03253>.
- [64] Lokanan M. The determinants of investment fraud: A machine learning and artificial intelligence approach. *Frontiers in Big Data*, 2022, 5: 961039.
- [65] Ullersma C, van Lelyveld I. Granular data offer new opportunities for stress testing// Farmer JD, Kleinnijenhuis AM, Schuermann T, et al, eds. *Handbook of Financial Stress Testing*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022: 185—207.
- [66] Lehalle CA, Raboun A. *Financial Markets in Practice: From Post-Crisis Intermediation to FinTechs*. Singapore: World Scientific, 2022: 287—329.
- [67] Jha V. Implementing alternative data in an investment process// Guida T, eds. *Big Data and Machine Learning in Quantitative Investment*. New York: John Wiley & Sons, 2019: 51—74.
- [68] 李星毅, 李仲飞, 李其谦, 等. 基于机器学习的资产收益率预测研究综述. *中国管理科学*, 2025, 33(1): 311—322.
- Li XY, Li ZF, Li QQ, et al. A review of research on asset return prediction based on machine learning. *Chinese Journal of Management Science*, 2025, 33(1): 311—322. (in Chinese)
- [69] Anuar AA, Mohamad MT, Sulaiman AA. Robo-advisors and AI-driven funds: Catalysts in the dynamic evolution of asset management. *International Journal of Banking and Finance*, 2025, 20(2): 60—90.
- [70] Dasgupta A, Ravuri NJ, Nallakaruppan MK, et al. Mutual Funds Investment Risk Analysis Using Machine Learning 2024 International Conference on Trends in Quantum Computing and Emerging Business Technologies. Pune, India. IEEE, 2024: 1—5.
- [71] Phoon K, Koh F. Robo-advisors and wealth management. *The Journal of Alternative Investments*, 2017, 20(3): 79—94.
- [72] 路晓蒙, 王一冰, 吴卫星. 传统投资顾问和智能投资顾问: 替代还是互补? *管理世界*, 2023, 39(10): 74—98.
- Lu XM, Wang YB, Wu WX. Traditional human advisors and robo-advisors: Substitutes or complements? *Journal of Management World*, 2023, 39(10): 74—98. (in Chinese)
- [73] Fisch JE, Labouré M, Turner JA. The emergence of the robo-advisor// Fisch JE, Labouré M, Turner JA, et al, eds. *The Disruptive Impact of FinTech on Retirement Systems*. Oxford: Oxford University Press, 2019: 13—37.
- [74] 孟生旺, 王海涛. 基于机器学习算法的个体索赔准备金评估模型. *保险研究*, 2019(9): 88—101.
- Meng SW, Wang HT. Individual claims reserving based on machine learning algorithms. *Insurance Studies*, 2019(9): 88—101. (in Chinese)
- [75] 李秀芳, 黄志国, 陈孝伟. Bagging集成方法在保险欺诈识别中的应用研究. *保险研究*, 2019(4): 66—84.
- Li XF, Huang ZG, Chen XW. Insurance fraud detection based on bagging ensemble learning. *Insurance Studies*, 2019(4): 66—84. (in Chinese)
- [76] Sundari D, Melinasari S, Suryani E, et al. Implementation of artificial intelligence at the insurance company. *Proceeding of the International Conference on Multidisciplinary Research for Sustainable Innovation*, 2024, 1: 249—255.
- [77] 谢平, 邹传伟. 互联网金融模式研究. *金融研究*, 2012(12): 11—22.
- Xie P, Zou CW. Research on Internet finance model. *Journal of Financial Research*, 2012(12): 11—22. (in Chinese)
- [78] 张品一, 薛京京. 多分形互联网金融市场的风险预警模型研究. *数量经济技术经济研究*, 2022, 39(8): 162—180.
- Zhang PY, Xue JJ. Research on risk early warning model of multifractal Internet financial market. *Journal of Quantitative & Technological Economics*, 2022, 39(8): 162—180. (in Chinese)
- [79] Fahlenbrach R, Frattaroli M. ICO investors. *Financial Markets and*

- Portfolio Management, 2021, 35(1): 1—59.
- [80] 陈志法. 加快推进上海国际金融中心建设. 中国金融, 2025(1): 15—17.
- Chen ZF. Accelerate the construction of Shanghai International Financial Center. China Finance, 2025(1): 15—17. (in Chinese)
- [81] 孙国茂, 范跃进. 金融中心的本质、功能与路径选择. 管理世界, 2013, 29(11): 1—13.
- Sun GM, Fan YJ. The essence, function, and path selection of a financial center. Journal of Management World, 2013, 29(11): 1—13. (in Chinese)
- [82] Zuckerman E. What is digital public infrastructure? (2020-11-17) [2025-07-17]. <https://www.journalismliberty.org/publications/what-is-digital-public-infrastructure>.
- [83] 袁佳, 付昊东. 对标国际高标准经贸规则, 推动建设强大的国际金融中心. 清华金融评论, 2024(12): 52—54.
- Yuan J, Fu HD. Benchmarking international high-standard economic and trade rules and promoting the construction of a powerful international financial center. Tsinghua Financial Review, 2024(12): 52—54. (in Chinese)
- [84] Arner DW, Zetsche DA, Buckley RP, et al. The identity challenge in finance: From analogue identity to digitized identification to digital KYC utilities. European Business Organization Law Review, 2019, 20(1): 55—80.
- [85] Menon R. Singapore FinTech: Innovation, inclusion, inspiration// Resilience, Dynamism, Trust. 50 Landmark Statements by MAS Leaders, 2021: 479—489.
- [86] Obiora Nweke L. National identification systems as enablers of online identity. Online Identity-An Essential Guide. London: IntechOpen, 2023.
- [87] Ziegler T. Implementation of open banking protocols around the world// Rau R, Wardrop R, Zingales L, eds. The Palgrave Handbook of Technological Finance. Cham: Springer International Publishing, 2021: 751—779.
- [88] Arner DW, Gibson E, Barberis J. FinTech and its regulation in Hong Kong// Research Handbook on Asian Financial Law. Edward Elgar Publishing, 2020: 431—453.
- [89] Brown I. The UK's midata and open banking programmes. Technology and Regulation, 2022: 113—123.
- [90] Frei C. Open banking: Opportunities and risks// Sundararajan S, eds. The Fintech Disruption. Cham: Springer International Publishing, 2023: 167—189.
- [91] King T, Lopes FSS, Srivastav A, et al. Disruptive Technology in Banking and Finance: An International Perspective on FinTech. London: Palgrave Macmillan, 2021.
- [92] Sasso L. Bank capital structure and financial innovation: Antagonists or two sides of the same coin? Journal of Financial Regulation, 2016, 2(2): 225—263.
- [93] 胡滨, 杨楷. 监管沙盒的应用与启示. 中国金融, 2017(2): 68—69.
- Hu B, Yang K. Application and enlightenment of regulatory sandbox. China Finance, 2017(2): 68—69. (in Chinese)
- [94] Anagnostopoulos I. Fintech and regtech: Impact on regulators and banks. Journal of Economics and Business, 2018, 100: 7—25.
- [95] 范小云, 王业东, 王道平. 基于新闻大数据与机器学习的中国银行业系统性风险研究. 世界经济, 2022, 45(4): 3—30.
- Fan XY, Wang YD, Wang DP. A study of the systemic risk measurement and early warning mechanism of the banking industry in China based on news and machine learning. The Journal of World Economy, 2022, 45(4): 3—30. (in Chinese)
- [96] 范云朋, 尹振涛. FinTech背景下的金融监管变革——基于监管科技的分析维度. 技术经济与管理研究, 2020(9): 63—69.
- Fan YP, Yin ZT. Financial regulatory changes in the background of FinTech—based on the perspective of regtech. Journal of Technical Economics & Management, 2020(9): 63—69. (in Chinese)
- [97] O'Halloran S, Maskey S, McAllister G, et al. Big Data and the Regulation of Financial Markets Proceedings of the 2015 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining 2015. Paris: ACM, 2015: 1118—1124.
- [98] Liu R, Qian XL, Mao S, et al. Research on anti-money laundering based on core decision tree algorithm// Chinese Control and Decision Conference (CCDC). Mianyang: IEEE, 2011: 4322—4325.
- [99] 刘传会, 汪小亚, 郭增辉. 机器学习在反洗钱领域的应用与发展. 清华金融评论, 2019(4): 95—99.
- Liu CH, Wang XY, Guo ZH. The application and development of machine learning in the field of anti-money laundering. Tsinghua Financial Review, 2019(4): 95—99. (in Chinese)
- [100] Auer RA. Embedded supervision: How to build regulation into blockchain finance. (2019-09-16)/[2025-07-17]. <https://doi.org/10.24149/gwp37>.
- [101] 赵平, 柯孔林. FinTech监管套利的“影子银行”策略及其系统性风险治理. 清华金融评论, 2022(4): 93—96.
- Zhao P, Ke KL. “Shadow Banking” strategy for FinTech regulatory arbitrage and its systemic risk governance. Tsinghua Financial Review, 2022(4): 93—96. (in Chinese)
- [102] 龚强, 班铭媛, 张一林. 区块链、企业数字化与供应链金融创新. 管理世界, 2021, 37(2): 22—34+3.
- Gong Q, Ban MY, Zhang YL. Blockchain, enterprise digitization, and supply chain finance innovation. Journal of Management World, 2021, 37(2): 22—34+3. (in Chinese)
- [103] 李政道, 任晓聪. 区块链对互联网金融的影响探析及未来展望. 技术经济与管理研究, 2016(10): 75—78.
- Li ZD, Ren XC. The impact of block chain on the Internet finance and its future prospects. Journal of Technical Economics & Management, 2016(10): 75—78. (in Chinese)
- [104] 许闲. 区块链与保险创新: 机制、前景与挑战. 保险研究, 2017(5): 43—52.
- Xu X. Blockchain and insurance innovation: Mechanisms, prospects and challenges. Insurance Studies, 2017(5): 43—52. (in Chinese)
- [105] Adeleke AG, Sanyaolu TO, Efunniyi CP, et al. API integration in FinTech: Challenges and best practices. Finance & Accounting Research Journal, 2024, 6(8): 1531—1554.
- [106] 周科. 开放银行理念的缘由、实施和挑战. 清华金融评论, 2018(6): 74—76.
- Zhou K. The origin, implementation, and challenges of the open banking concept. Tsinghua Financial Review, 2018(6): 74—76. (in Chinese)
- [107] Anagnostopoulos I. Fintech and regtech: Impact on regulators and banks. Journal of Economics and Business, 2018, 100: 7—25.
- [108] 杜青雨. 我国金融科技监管体系构建策略研究. 技术经济与管理研究, 2020(1): 84—88.

- Du QY. Research on construction strategy of financial science and technology supervision system in China. *Journal of Technical Economics & Management*, 2020(1):84—88. (in Chinese)
- [109] Vivek D, Rakesh S, Walimbe RS, et al. The role of CLOUD in FinTech and RegTech. *Annals of Dunarea de Jos University of Galati Fascicle I Economics and Applied Informatics*, 2020, 26(3):5—13.
- [110] Joshi S. Review of gen AI models for financial risk management. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 2025, 11(1):709—723.
- [111] Lee J, Stevens N, Han SC. Large language models in finance (finllms). *Neural Computing and Applications*, 2025:1—15.
- [112] Haidar A, Abbass A. Navigating the frontier of finance: A scoping review of generative AI applications and implications. *Generative Artificial Intelligence in Finance: Large Language Models, Interfaces, and Industry Use Cases to Transform Accounting and Finance Processes*, 2025:215—252.
- [113] Yu YY, Yao ZY, Li HH, et al. FinCon: A synthesized LLM multi-agent system with conceptual verbal reinforcement for enhanced financial decision making. (2024-07-09)/[2025-07-17]. <https://arxiv.org/abs/2407.06567>.
- [114] Li YH, Wang SF, Ding H, et al. Large Language Models in Finance: A Survey 4th ACM International Conference on AI in Finance. Brooklyn. ACM, 2023:374—382.
- [115] Liu XY, Wang G, Yang H, et al. FinGpt: Democratizing internet-scale data for financial large language models. (2023-07-19)/[2025-07-17]. <https://arxiv.org/abs/2307.10485>.

Digital-intelligent Technologies and Financial Development: A Review of Progress and Research Directions

Zhuo Chen¹ Xinyu Sun¹ Xiaolong Zheng² Xingwei Zhang² Xuan Tian¹ Xiaoguang Yang^{3, 4*}

1. PBC School of Finance, Tsinghua University, Beijing 100083, China

2. Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

3. Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

4. School of Economics and Management, China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, China

Abstract Driven by the rapid advancement of big data, artificial intelligence, blockchain, and cloud computing, digital-intelligent technologies are increasingly integrated into the global financial system. These technologies not only enhance the efficiency and personalization of financial services, but also reshape the operational logic and architecture of financial institutions, while providing essential support for risk control, targeted policy implementation, and penetrative regulation. Against the backdrop of China's strategic goal of building the nation with a strong financial sector, how to fully harness the enabling role of digital-intelligent technologies in promoting high-quality financial development, has garnered growing attention from policymakers, market participants, and academia. This paper systematically reviews the key literature and recent progress across five core financial domains: currency, central banking, financial institutions, international financial centers, and financial regulation. It further proposes an analytical framework comprising three interrelated mechanisms: data-driven processes, algorithmic empowerment, and ecosystem restructuring. Within this framework, the paper identifies key technical challenges such as security and complexity, and presents emerging research directions and potential implementing pathways for advancing digital-intelligent transformation in finance. The paper also explores the unique opportunities and broad prospects of large language models in promoting applied innovation in financial services, shaping industry-wide standards, and achieving architectural breakthroughs in intelligent financial agents.

Keywords digital-intelligent technologies; financial development; large language models; research progress and frontiers

陈 卓 清华大学副教授。主要研究领域为中国债券市场、地方政府债务与实证资产定价。主持国家自然科学基金项目2项,在*Journal of Finance*、*Journal of Financial Economics*、*Review of Financial Studies*、*Management Science*、*Review of Finance*、《经济研究》、《金融研究》、《经济学(季刊)》等国际国内期刊发表论文24篇。

杨晓光 中国科学院数学与系统科学研究院研究员,中国石油大学(北京)教授,中国系统工程学会理事长、欧亚系统科学研究会副理事长。研究方向:金融风险管理、博弈论、系统工程。

(责任编辑 贾祖冰 张 强)

* Corresponding Author, Email: xgyang@iss.ac.cn