

生成式 AI 驱动数字产业集群高质量发展: 机理与路径

王曰影¹,刘奕²

(1. 齐鲁师范学院经济与管理学院;2. 中国社会科学院财经战略研究院)

摘要:随着新一代信息技术的快速演进,生成式 AI 已成为数字产业集群形成和发展的关键力量。生成式 AI 强化了算力、电力资源与数据要素的重要性,催生了虚拟集聚新模式,改变了数字产业集群的形成机制;同时,生成式 AI 扩大了创新主体范围、提高了知识的流动效率、促进了技术创新和应用层场景创新的动态耦合,进而提升了数字产业集群的内生创新活力;此外,生成式 AI 加快了以大模型为核心的价值链重构、推动了组织边界重塑、构建了开放式集群协作网络,共同驱动了数字产业集群的系统性变革。目前,生成式 AI 在面临市场扩张、政策红利、技术突破发展以及全球合作窗口期等关键发展机遇的同时,也面对核心技术瓶颈、产业生态协同困境、治理规范相对滞后以及人力资本适配挑战。为此,提出了加强相关领域的核心技术研发、构建多层次产业生态协同机制、强化围绕数据要素与算法安全的治理规范与伦理建设、建立复合型人才培养机制等政策建议,为推动生成式 AI 赋能数字产业集群高质量发展提供了实践指导。

关键词:生成式 AI;数字产业集群;形成机制;创新机制

当前,我国数字产业加快从集聚向集群发展,基本形成以长江三角洲、粤港澳大湾区、京津冀、成渝等地区为代表的数字企业集聚发展格局^[1]。数字产业集群作为数字经济与实体产业集群融合演进的新型经济形态,是实现我国经济高质量发展的必然途径。党中央高度重视数字产业集群的发展,党的二十大报告明确指出:“加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合,打造具有国际竞争力的数字产业集群。”^[2]习近平总书记进一步强调:“大力发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合,打造具有国际竞争力的数字产业集群。”^[3]《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》明确提出,全面

实施“人工智能+”行动,以人工智能引领科研范式变革,加强人工智能同产业发展、文化建设、民生保障、社会治理相结合,抢占人工智能产业应用制高点,全方位赋能千行百业^[4]。当前,新一轮科技革命和产业变革加速演进,以 ChatGPT 为代表的生成式人工智能(Generative Artificial Intelligence,以下简称生成式 AI)不断迭代升级,并迅速渗透到教育、制造和医疗保健等关键领域。2025 年初,深度求索(DeepSeek)发布开源模型 R1,标志着我国 AI 大模型技术取得突破性进展。截至 2025 年 8 月底,累计有 538 款生成式人工智能服务完成备案,263 款生成式 AI 应用或功能完成登记。截至 9 月底,人工智能企业数量超 5 300 家,全球占比达 15%,

引用本文:王曰影,刘奕.生成式 AI 驱动数字产业集群高质量发展:机理与路径[J].河海大学学报(哲学社会科学版),2025,27(5):55-64.

基金项目:国家社会科学基金重大项目(24&ZD074)

作者简介:王曰影(1988—),女,讲师,博士,主要从事数字经济与服务经济研究。E-mail:wangyueying0811@gmail.com

形成覆盖基础底座、模型框架、行业应用的完整产业体系^[5]。生成式 AI 通过推动数据要素与传统生产要素融合、助力产业转型升级、促进多元主体形成数字经济生态系统^[6],成为服务“打造具有国际竞争力的数字产业集群”国家战略的重要工具,研究其作用机制是顺应国家战略、推动产业升级的必然选择。

一、相关研究现状与进展

1. 数字产业集群相关研究

在数字经济与实体经济融合背景下,数字产业集群受到学界广泛关注,现有文献围绕数字产业集群的内涵与特征、类型与演化、形成机制、创新机制展开了深入探讨。

第一,内涵与特征。数字产业集群可以是基于地理区位的空间集聚,也可以是基于数字技术的虚拟空间集聚。邬爱其等将数字产业集群定义为由相互依赖和互补的企业和机构在物理或网络空间集聚而成,以数据为战略性资源,大量依托数字平台智能协同,具有生态边界开放特征的产业组织形态^[7]。从空间逻辑、主体构成、互动机制三方面阐释,数字产业集群是在数实融合的推动下,基于现实和数字空间的深度交互,依靠平台治理模式实现具有互补性关联的企业和相关机构高效匹配的产业集聚现象^[8]。第二,类型与演化。数字产业集群分为产业数字化集群和数字产业化集群两类,两类集群在核心企业与主导逻辑、平台镜像映现方式、创新网络结构特征等方面存在差异,产业数字化集群的演化呈现渐进式特征,经历基础数字化、多元创新和生态系统构建阶段,而数字产业化集群表现出更强的动态性和非线性,这一分类框架为理解集群多样性提供了基础^[9]。第三,形成机制。数字产业集群既遵循一般产业集群的发展规律,又有创新性、协同性、融合性和生态化等自身特征,科技创新引领、数据要素赋能、数字平台协作共同推动数字产业集群形成^[11]。“数实融合”是数字产业集群形成的重要条件,数字产业集群也通过协同效应与网络效应促进数字经济与实体经济进一步融合^[10]。地理集聚与虚拟集聚的融合机制,实现了要素跨时空聚合共享并促进了数字合作交易

泛在化^[11]。目前,我国数字产业集群发展水平呈逐年增长趋势,但区域发展差异明显,集群发展具有稳定性和俱乐部趋同特征^[12]。第四,创新机制。数字产业集群创新网络的形成机制包括政策环境激励、集群内行为主体对数字资源禀赋的高度依赖与共享,组织内自我驱动式创新、多元主体与头雁企业的互动,以及组织内部的非平衡性与内在随机性动力^[13]。在复杂适应系统理论框架下,数字产业集群创新系统的生成一般经历主体集聚、多维互动、目标趋同和探索构建等过程,其演化通常经历幼稚期、成长期、成熟期 3 个阶段^[14]。政策评估显示,数字产业集群试点通过协同专业化创新路径、数字技术扩散路径以及数字创新要素配置效率提升三大路径促进数字关键核心技术突破式创新,而且,经济活跃度与数字经济发展活跃度较高的地区以及数字基础设施相对完善的地区,数字产业集群政策效果更为显著^[15]。

2. 生成式 AI 的影响研究

生成式 AI 正以多层次、全链条的方式重塑产业发展格局,现有文献可归纳为微观、中观、宏观 3 个层面。一是微观层面。研究主要围绕生成式 AI 如何提升企业创新能力和生产效率。有研究以“认知算法经济”为分析框架,指出生成式 AI 与物联网、区块链技术整合时产生叠加效应,从根本上增强了企业的创新动力^[16]。2023 年生成式 AI 的相关文献爆发式增长,ChatGPT 等工具开始广泛应用于各行业^[17]。生成式 AI 与企业内部系统的深度结合,不断推动企业生产流程优化与创新能力的提升^[18]。二是中观层面。有研究开始关注生成式 AI 如何推动企业数字化转型。生成式 AI 结合检索增强生成(RAG)技术,将生成模型连接到外部数据库,通过 API 访问和流程编排实现生成式 AI 与企业系统的高效协同。通过对生成式 AI 的微调与任务适应,实现业务流程的自动化与优化、加强数据分析与决策支持、加快产品与服务创新,从而推动企业的数字化转型^[19]。生成式 AI 与工业互联网、区块链、数字孪生以及元宇宙技术深度整合,推动了企业的智能化转型^[20]。制度理论视角下,外部机构压力促进企业在数字平台中采用生成式 AI^[21]。三是宏观

层面。有研究指出生成式 AI 通过为创新者创造公平竞争环境、融合事实知识和创造性思维、扩展现有产品和服务、加速白领工作角色转变、重新定义员工技能组合以及集成企业数据基础设施对企业产生影响,并在价值创造创新、新产品创新和价值获取创新等领域对各行业的商业模式产生重大影响^[22]。

综上,已有研究针对数字产业集群的内涵与特征、类型与演化、形成机制、创新机制进行了深入探讨,并从微观、中观、宏观三个层面分析了生成式 AI 的影响,为理解生成式 AI 赋能数字产业集群发展提供了一定理论基础,但仍存在以下局限:一是研究视角单一,主要集中在生成式 AI 的技术变革或数字产业集群的空间演化和创新机制,没有建立统一的分析框架;二是实践路径研究不足,没有提出技术变革背景下数字产业集群发展的有效策略。因此,本研究围绕打造具有国际竞争力的数字产业集群这一战略目标,系统考察了生成式 AI 驱动数字产业集群高质量发展的影响机理与实践路径,具有重要的理论价值与现实意义。理论上,从形成机制、创新路径和系统性变革 3 个层面构建了生成式 AI 赋能数字产业集群发展的分析框架,有助于丰富和发展数字经济理论体系;实践上,系统分析了生成式 AI 为数字产业集群发展带来的机遇和挑战,并提出了针对性的政策建议,为数字产业集群高质量发展提供了决策参考。

二、生成式 AI 对数字产业集群的影响机理

本研究构建了生成式 AI 驱动数字产业集

群高质量发展的理论框架,如图 1 所示,生成式 AI 从形成机制重构、创新路径重塑和系统性变革三大维度对数字产业集群产生影响。

1. 算力导向、数据驱动与虚拟集聚:数字产业集群形成机制的重构

传统产业集群的区位选择主要受资源禀赋、产业基础和运输便利性等因素的影响,而数字产业集群更加依赖数据、算法、算力等无形要素的集聚和流动。生成式 AI,特别是大型语言模型(LLM),在训练与运行中更加依赖算力资源,面临存储器容量、带宽限制和功率效率等多重挑战,需要在多个设计参数之间权衡^[23]。DeepSeek 大模型在一定程度上降低了模型的训练成本,但仍然消耗着庞大的算力资源,北京、上海、深圳、杭州等城市拥有大规模算力中心,数字产业集群快速发展,形成了多个细分产业的集群。同时,大型语言模型训练伴随着大量电力的消耗,由此,内蒙古自治区、贵州省等凭借低廉的电费优势,吸引了大批 AI 计算中心落地。为优化计算资源配置和促进东西部对接,国家推进“东数西算”工程,数字产业集群的空间布局呈现新的趋势。

数据作为生产要素,在数字经济时代的重要性急剧上升^[24]。生成式 AI 的快速发展,强化了数据作为生产要素的范围经济特征。生成式 AI 可以生成多种形式的内容,服务于完全不同的领域,一旦模型训练完成,应用于新场景的边际成本极低,展现出极强的范围经济特征^[25]。产业集群以往多以专业化分工为特征,而在生成式 AI 的推动下,企业协同更加紧密:通过共享数据、模型和平台,企业能够更有效地

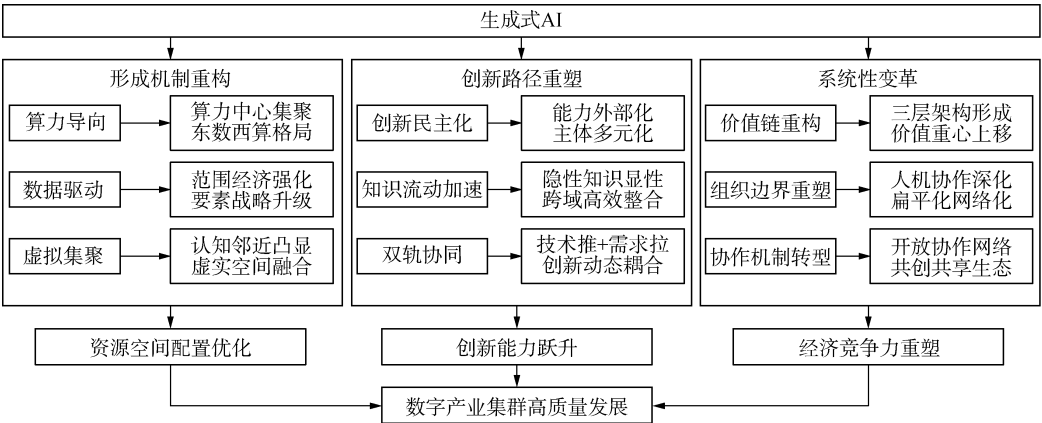


图 1 生成式 AI 对数字产业集群的影响机理

配置资源,降低重复建设成本,助力数字产业集群向多元化发展。在此过程中,数据从辅助性资源升级为关键性战略资源^[7],数据要素市场化改革程度较高的地区,数字产业集群更具创新动力和竞争优势。目前,全国多地设立数据交易所,通过完善数字基础设施、促进数字金融发展、推动数字产业集聚,赋能城市数字经济的高质量发展^[26]。

马歇尔的产业集聚外部性理论指出,地理邻近性在知识溢出、劳动力池和产业关联效应形成中发挥关键作用^[27]。随着数字技术的发展,集聚外部性不再绝对依赖物理空间的邻近。数字产业集群同时存在于物理空间和数字空间,表现出鲜明的虚拟化、网络化、数字化特征,形成了突破物理距离、在线协同的虚拟集聚模式^[8]。王如玉等提出“虚拟集聚”概念,总结了新一代信息技术下的3种产业集聚类型:地理集聚通过信息化升级形成的“产业集聚+互联网”、纯粹的虚拟集聚即“互联网+产业集聚”、地理与虚拟空间同步集聚^[28]。认知邻近指不同主体在知识基础、技能和专业背景上的相似程度^[29],生成式AI借助多模态交互能力,显著降低了信息不对称程度,减少了沟通障碍,弱化了物理邻近在集群互动中的主导作用,强化了认知邻近的重要性,促进了企业和机构在网络空间的协同集聚。

2. 创新民主化、知识流动加速与双轨协同:数字产业集群创新路径的重塑

创新民主化理论揭示了创新活动从少数专业机构向更广泛用户群体扩散的过程^[30],生成式AI通过自然语言交互模式和自动化内容生成(文本、图像、代码等)功能,为非专业人士提供了实现创意的工具,使用户无需掌握编程或设计技能,即可完成以往需要专业背景的创新活动,实现了创新能力的外部化和创新活动的去专业化、普惠化、工具化。系统的即时响应帮助用户在“感知、调整、学习”的快速迭代升级中持续优化方案,降低了试错成本、缩短了创新周期,这些过程共同减轻了创新活动的认知负担,扩大了集群内的创新主体范围。大量创新主体直接进入内容创作、教育、医疗等领域,加速了创新成果的多样化进程,推动社会创新活

力持续释放。

在传统产业集群中,隐性知识的显性转化面临着多重挑战,经验和技能等多依赖面对面交流,跨区域传播成本高。企业之间,尤其是供应链上下游企业之间存在信息不对称和利益冲突,共享意愿较低。隐性知识受专业门槛限制,难以标准化,导致知识流动缓慢,创新协作效率低。生成式AI借助自然语言处理和多模态理解功能,将分散在个人经验、事例数据库、非结构化数据中的隐性知识转换为可再利用的显性知识,同时打破了知识流动的物理距离限制,缩短了不同知识主体间的认知距离,从而提升了数字产业集群的知识流动效率。生成式AI促进了数字产业集群中企业间动态知识网络的形成,有效整合市场反馈、用户数据、研发成果,增强跨领域协同和持续创新能力。

根据技术创新扩散理论,适合快速扩散的创新有五个特点:相对优势、兼容性、低复杂性、可试验性、可观察性^[31],生成式AI可以提高创新与生产效率、兼容性高、操作简便、测试成本低且效果直观,具有较强的技术扩散动力。生成式AI的创新扩散呈现技术推动和需求拉动的双轨协同特征:一方面,以算力层和模型层为核心的技术创新持续推动性能提升,向应用创新扩展;另一方面,应用层的场景创新通过用户需求的反馈,推动技术优化,技术推动与需求牵引的动态结合促使创新效率极大提升。通过平台化架构,双轨协同特征将显著放大,技术的突破和优化迅速惠及应用层,需求侧的反馈反过来促进技术的发展。集群内的人才、资金、算力等资源也实现动态配置:在技术创新阶段,资源流向算力层和模型层,更加侧重模型开发;在应用爆发期,更多的资源会流向场景创新,形成创新扩散效应。

3. 价值链重构、组织边界重塑与协作机制转型:数字产业集群的系统性变革

生成式AI驱动产业智能化升级的过程,必然伴随着价值链重构,掌控核心基础层和关键技术的企业将占据价值链顶端位置,并拥有强大的议价权和规则制定权。传统产业的价值链多是线性结构,价值自上游向下游单向传递,价值主要集中在靠近终端的应用环节,竞争优势

主要来自制造成本、产业规模、区域政策。生成式 AI 表现出“算力层—模型层—应用层”的三层架构,核心竞争力转向算法能力、数据资产,价值重心上移至模型层,算力层也从传统的成本中心转变为战略性资源。在产业链和创新链中居于主导地位的核心企业或平台型企业成为集群中的链主,并成为价值链的关键环节,外围企业可通过 API、云平台等方式接入,实现跨空间的协同生产^[32]。价值链从线性结构向智能化、网络化、协同化的转变,对数字产业集群产生了系统性影响。

生成式 AI 促使企业组织结构转型,人机协作成为核心组织范式,企业边界越来越模糊。一是促进企业内部组织结构的扁平化、网络化。生成式 AI 的多功能性、创造性、双向性特点,减少了大量重复劳动和中间审批环节,从而推动企业精简管理层级。二是促进“人机协作”范式升级。生成式 AI 可在重复性工作中替代人类,释放劳动力从事创新活动,在知识密集领域展现创造力,与人类形成互补,打破了传统的岗位界限和 workflows,从根本上改变企业内部的任务分配和协作方式。三是改变企业决策机制。生成式 AI 通过理解整合非结构化数据、模拟测试预测市场变化、处理多模态数据支持跨部门实时协作等功能,深刻改变了企业的决策机制,增强了集群内企业对复杂环境变化的适应能力。

生成式 AI 的应用,变革了数字产业集群内的协作模式,构建了开放的集群协作网络。第一,传统的协作依赖结构化的技术协议、标准化的接口和专用的集成方案,生成式 AI 降低了企业间交互成本,提高了集群内多个主体间的互动效率,实现了不同技术背景的企业间的能力协同。第二,生成式 AI 与企业资源规划(ERP)系统的集成实现了无缝数据处理,增强了上游和下游合作伙伴之间的协作,使整个供应链的运营更加同步,资源分配更为合理,并通过需求预测和库存优化功能,进一步促进供应链合作伙伴之间的整合和协作。生成式 AI 的开放性与可扩展性,使传统线性协作结构向动态化、分布式的开放网络转变,进一步提高了集群内外部的竞争力。第三,生成式 AI 推动形成共享共

创文化氛围。在开源大模型社区中,企业通过贡献数据、优化算法、开发插件等方式共同提升平台能力,企业间的关系呈现竞合并存、角色流动、价值共创的多元特征。

三、生成式 AI 驱动数字产业集群发展的机遇与挑战

生成式 AI 正推动数字产业集群发展进入新阶段,只有正确认识当前挑战,抓住机遇并化解风险,才能制定有效措施以推动数字产业集群的高质量发展。

1. 发展机遇

(1) 全球生成式 AI 产业扩张激发市场新需求
国际数据公司(IDC)最新报告显示,2024 年全球人工智能(AI)IT 总投资规模为 3 159 亿美元,预计到 2029 年将增至 12 619 亿美元,5 年复合增长率达 31.9%。其中,生成式 AI 市场增速更为显著,全球生成式 AI 市场 5 年复合增长率有望达 56.3%,2029 年市场规模将达 6 071 亿美元,占 AI 市场投资总规模的 48.1%。我国在这一浪潮中表现尤为突出,生成式 AI 占 AI 市场投资总规模的 18.2%,预计 2029 年生成式 AI 投资占比将达 41.1%,投资规模超 450 亿美元,5 年复合增长率为 48.0%^[33]。近年来,国内生成式 AI 产品爆发式增长。以百度文心、阿里通义、Kimi 为代表的创新企业竞相发布大模型产品,由于激烈的市场竞争和技术的成熟,模型调用价格在 2024 年大幅下降,降低了生成式 AI 技术在其他行业的应用成本。2024 年,我国生成式 AI 领域融资事件达 111 件,融资总额逾 300 亿元,约占全年 AI 领域投资总额的 30%,为数字产业集群发展注入了强劲动力^[34]。

(2) 政策红利驱动区域集群创新发展

国家战略和地方政策的不断推进,为生成式 AI 提供了稳定的发展环境。国家先后出台《生成式人工智能服务管理暂行办法》《国家人工智能产业综合标准化体系建设指南(2024 版)》《人工智能安全治理框架》等一系列政策文件,为 AI 技术发展奠定了坚实的制度基础,推动了相关领域的快速发展。此外,多地进一步加大对生成式 AI 的政策扶持力度,如北京发

布《北京市推动“人工智能+”行动计划(2024—2025年)》、上海发布《关于支持上海市生成式人工智能创新生态先导区的若干措施》、广州设立100亿元新一代人工智能产业基金,形成了新一轮创新发展高潮。截至2024年,工信部公布了80个国家先进制造业集群,覆盖数字经济核心产业大部分领域,其中上海集成电路集群、深圳新一代信息通信集群、无锡物联网集群、南京软件和信息服务集群等一批代表性数字产业集群已取得重大技术创新成果^[1,35]。

(3) 技术突破引领产业链升级与价值链跃升

生成式AI技术的发展和算力支撑能力的提升,为数字产业集群实现技术升级和价值链跃升创造了机会。我国算力基础设施达到世界领先水平,10个国家数据中心集群算力总规模超过146万标准机架^[36]。我国和美国模型之间的差距在缩小,到2023年底,对于MLLM、MMU、MATH和HumanEval等基准测试的表现差距分别为17.5%、13.5%、24.3%、31.6%,到2024年底,这些差距已大幅缩小至0.3%、8.1%、1.6%、3.7%^[37]。DeepSeek在模型层面的突破,深刻改变了我国人工智能产业的发展格局。技术进步正推动数字产业集群沿着“算力层—模型层—应用层”的三层架构全面升级,构建起从基础设施到应用服务的完整产业链。大模型的经济循环体系的完善,使我国数字产业集群从过去的中低端应用逐步向核心技术研发和高端应用服务延伸,在全球AI产业分工中占据更为有利的位置。

(4) 全球技术合作与标准制定的战略窗口期

生成式AI的全球化浪潮,为我国数字产业集群在国际技术合作和标准制定中赢得更多话语权提供了战略窗口。相较于传统AI领域,生成式AI,尤其是大模型技术正处于快速发展时期,全球技术路线和标准体系尚未完全固化,这为我国参与国际规则制定创造了机遇。在技术合作层面,我国科技企业已深度参与国际标准制定。2024年,中国联通研究院牵头国际电信联盟(ITU-T SG17)的生成式AI安全国际标准项目,提出了包括开发工具、应用部署及服务风

险的全链条安全框架,是全球首个生成式AI安全领域的框架性标准;科大讯飞联合OpenAI、谷歌、微软等共同编制《生成式人工智能应用安全测试标准》《大语言模型安全测试方法》,为大模型安全评估提供了统一标准。2024年,我国发布《生成式人工智能服务安全基本要求》《全球人工智能治理倡议》等政策,推进国内治理与国际标准接轨;CSA大中华区联合全球机构发布AI安全标准。国内实践与国际输出的双向互动,强化了我国在全球AI治理中的话语权。

2. 发展挑战

(1) 核心技术瓶颈制约

我国生成式AI的核心技术领域仍面临挑战。一方面,算力芯片领域存在“卡脖子”问题。高端图形处理器(GPU)仍然依赖进口,国产替代品在计算密度、能效比和软件生态上仍存在差距,且核心知识产权(IP)组件受制于人,多数芯片建立在外国公司的IP授权或架构授权基础上,限制了国产AI芯片的自主创新。另一方面,原创性理论突破与算法创新不足。国内主流生成式AI模型(DeepSeek、文心一言、通义千问等)仍主要沿用Transformer架构及其衍生变体,研发起步相对较晚,在稀疏化、量化等关键技术上仍存在差距,大模型质量和服务稳定性有待提升。以上技术瓶颈限制了生成式AI的性能提升,也制约了国内数字产业集群的技术路线选择,不利于产业集群的差异化竞争与可持续发展。

(2) 产业生态协同困境

在生成式AI时代,数字产业集群正面临生态协同的新挑战,生成式AI扩散呈现有组织的无序状态,大量部署与社会吸纳能力之间不匹配^[5],具体表现为:一是技术供给与实际需求错配。尽管生成式AI展现出巨大潜力,许多企业仍缺乏对业务场景的深入理解,盲目追求生成式AI应用,导致应用效果有限。二是算力资源配置失衡。高端AI芯片与大规模计算集群成本高、技术门槛高,中小企业获取算力存在困难。即便云计算平台逐步降低门槛,对于需要大规模模型训练的创新项目,算力成本仍是重要的考量因素,一定程度上阻碍了创新生态的多元化发

展。三是产业链上下游协同不足。算力层、模型层与应用层之间的协作机制尚未健全,各环节衔接不畅,影响了数字产业集群的整体效能。

(3) 治理规范相对滞后

虽然生成式 AI 技术快速迭代升级,但治理规范仍相对滞后。一是数据安全和隐私保护机制有待完善。生成式 AI 模型的训练需要大量数据,在技术创新和隐私保护的平衡中,对于模型训练等间接使用场景中的数据权利定义,尚未确立明确的指导方针。同时,大模型可能会存储训练数据中的机密信息,在特定指示时产生隐私泄漏风险。二是算法的安全性和治理体系不够完善。生成式 AI 模型的“黑箱”特性使得决策过程的公开监控变得困难,增大了算法歧视和信息共谋的风险。三是知识产权保护制度亟待创新。生成式 AI 所生成内容的知识产权归属问题复杂,需进一步明确生成内容的权利主体、保护期限、侵权认定等核心问题。四是可能引发社会伦理纠纷。生成式 AI 具有独立的创作能力,不仅能生成逼真的虚构内容,还能潜移默化地传递价值观,甚至可能从根本上改变人机关系。这些特点直接触及人类社会的核心价值 and 伦理边界,从而引发社会伦理纠纷。

(4) 人力资本适配挑战

随着生成式 AI 的快速发展,对相关领域专业人才的需求量大幅增长,而人力资本适配面临挑战。在供给端,高端人才供给不足。AI 技术在推动经济和社会发展中发挥着关键作用,全球人才竞争正在加剧,而生成式 AI 领域技术门槛高,技术突破高度依赖算法设计、模型架构等方面的人才,高端人才十分紧缺且面临人才流失风险。在结构上,复合型人才培养体系尚不健全。相关岗位要求掌握大模型训练、微调与部署技术,具备分布式计算、模型优化等专业能力,同时理解具体行业的业务需求。由于技术的快速迭代升级,专业人员也需要持续的技能提升培训,当下尚未形成有效的培养机制。在需求端,劳动力市场结构转型慢。市场需求的快速变化致使传统岗位技能发生革新,很多新型岗位快速涌现,如 AI 大模型架构师、AIGC 方向的视觉算法专家等,当前劳动力市场适应这一变革的速度明显滞后。

四、生成式 AI 驱动数字产业集群高质量发展的路径探索

在技术范式变迁与产业组织模式深度演进的背景下,生成式 AI 已成为驱动数字产业集群高质量发展的关键力量,亟须构建系统化、前瞻性的政策指导。

1. 加强核心技术研发与突破

一是推进关键芯片突破计划。针对生成式 AI 对高性能计算的特殊需求,设立国家级生成式 AI 重大科技项目,加大财政投入,建立多元化投融资体系,引导社会资本参与核心技术研究;积极鼓励企业与高校、科研机构深度合作,建立联合实验室和研发中心,开展计算芯片的自主研发;重点突破 GPU、NPU 等关键芯片设计制造技术,持续提升算力效率和能效比;加强基础软件和工具链的自主研发,降低对外部技术的依赖。

二是打造模型架构创新生态。搭建开源协同创新平台,鼓励在 Transformer 架构的基础上,重点强化稀疏化、模型量化等关键技术研究;设立前沿算法重大突破奖励计划,支持企业、研究机构开展前沿算法研究;在注意力机制、预训练策略、多模态融合等领域发力,提升模型的泛化能力和推理效率,积极构建具有自主知识产权的技术体系。

三是构建基础理论支撑体系。重点支持基础理论研究、关键技术攻关、重大平台建设等领域,形成全链条创新支撑体系。创新科研管理机制,建立容错纠错机制,鼓励大胆探索和原创性突破。支持高校、科研机构牵头建立生成式 AI 基础研究中心,推动产出一批原创性强、前瞻性高的重大基础研究成果。

2. 构建多层次产业生态协同机制

一是完善供需对接机制。引导企业提出明确的应用需求,精准识别人工智能应用场景;深度融入各类实体场景,满足产业集群实际需求,加速技术落地;建立行业专家库和技术解决方案库,为企业提供专业的技术咨询和解决方案,明确具体场景的技术标准和性能要求,解决技术供给与实际需求不匹配的问题。

二是打造算力共享网络。建设算力共享平

台,推动算力服务标准化,推动计算资源服务标准化,降低使用成本;设立中小企业算力扶持基金,为符合条件的中小企业提供算力补贴和技术支持;鼓励大型企业开放闲置算力资源,建立算力共享激励机制;完善算力基础设施建设,优化全国算力资源布局。

三是建设一体化协调体系。建立由政府主导,覆盖算力层、模型层、应用层的全程协调机制,在产业链关键节点建立企业合作联盟,推动核心技术、基础设施、应用场景深度融合;搭建产业链供需对接平台,加强产业链上下游企业的交流合作;制定产业链协同发展指导目录,明确各阶段的发展重点和合作方向,打破技术孤岛和行业壁垒;建立产业链风险预警和应急响应机制,增强产业链的稳定性和韧性。

3. 加强治理规范与伦理建设

一是构建数据合规保障框架。依据《生成式人工智能服务管理暂行办法》,进一步完善相关法规,明确数据采集、使用、共享的法律边界;推动建立数据来源审核制度和模型训练合规指南,制定数据标注、清洗、匿名化等技术标准;加强数据全生命周期管理,完善对违法违规行为的惩戒机制,提高违法成本,切实保障数据安全和用户隐私。

二是提高算法的透明度和可解释性。我国已建立算法备案与审查机制,但仍需进一步扩大备案范围,相关部门需配备技术团队加强实质审核;强化第三方机构评估能力,建立独立公正的算法评估体系;建立算法问责机制,明确算法开发者、部署和用户责任范围,实现模型行为的可追溯性和责任归属的明确化。

三是制定 AI 内容知识产权规则。加强模型训练数据版权保护,建立数据版权可追溯机制,惩处擅自使用行为;建立利益分配机制,当模型训练依赖第三方数据时,将收益分配给数据提供者;完善知识产权保护和纠纷解决机制,设立专门的知识产权法院或仲裁机构。

四是强化伦理审查制度与公众参与机制。建立伦理审查制度,对 AI 模型可能带来的伦理争议预判并提出调整建议;规范生成式 AI 内容的传播与应用,针对涉及虚假信息、深度伪造等可能引发社会问题的内容,建立监管和追责机

制,在明确平台责任的同时,要求社交媒体和内容发布平台加强对生成内容的审核;加强伦理教育和宣传,增进公众对 AI 技术的认知和理解,同时通过媒体传播和教育培训,增强企业开发人员的伦理意识。

4. 建立多层次复合人才培养机制

一是实施复合人才培养计划。完善课程体系,平衡基础理论教学与前沿技术、应用技能培养;优化人工智能、计算机科学、数据科学等学科设置,构建跨学科育人体系;加强师资队伍建设,引进产业经验丰富的专家学者,形成产学研协同的师资培养机制;把前沿技术与真实场景对接,推动培养路径与产业需求的有机结合;加强实践能力培养,建立产学研联合实验室和实习基地,使学生在实际项目中磨炼技能;建立国际化培养体系,与世界一流大学和研究机构合作,培养具有国际视野的高端人才。

二是建立技能转化支撑体系。建立与行业转型相适应的职业教育体系,发展产学研相结合的技能培训和认证,缓解产业转型中的技能不匹配问题;建立技能认证标准和体系,为不同层次的工作者提供职业能力证书;加强继续教育和技能提升,满足传统行业从业人员的技能转型需求;开展在线讲座、短期培训等灵活的培训模式,适应 AI 时代的业务要求;建立政府、企业、培训机构相结合的培训网络,提供多样化的培训资源和服务。

三是创新人才集聚机制。探索如何在重点区域打造战略性 AI 人才集聚高地,通过提高薪酬待遇、完善科研条件等方式吸引人才;建立“引才+引资”联动机制,为引进人才提供风险投资等资本支持,支持高端人才创新创业;完善人才评价和激励机制,建立以创新能力和贡献为导向的评价体系;加强人才服务保障,在住房、医疗、教育、签证等方面提供便利,增强吸引人才能力。

参考文献:

- [1] 欧阳日辉. 数字产业集群提升数字经济竞争力的逻辑与路径[J]. 广东社会科学, 2025(1): 66-79.
- [2] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——

- 在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告 [M]. 北京:人民出版社,2022:30.
- [3] 加快发展新质生产力 扎实推进高质量发展 [N]. 人民日报,2024-02-02(1).
- [4] 中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议 [M]. 北京:人民出版社,2025:13.
- [5] 生成式人工智能应用发展报告(2025) [EB/OL]. (2025-10-31) [2025-10-23]. <https://www.cnnic.cn/n4/2025/1021/c88-11391.html>.
- [6] 黄旭,洪美玲.生成式人工智能助力数字经济高质量发展的影响机制与提升路径[J]. 南方经济,2024(8):23-44.
- [7] 邬爱其,王节祥,吴汪波.数字产业集群:内涵特征与创新机制[J]. 新型工业化理论与实践,2024,1(4):47-59.
- [8] 李天健,李伟.数字产业集群发展:竞争优势重塑与政策范式重构[J]. 经济学家,2025(2):35-44.
- [9] 夏杰长,陶鸿.数字产业集群创新与演化研究[J]. 财经问题研究,2025(1):3-14.
- [10] 夏杰长.基于数实融合的数字产业集群创新发展研究[J]. 价格理论与实践,2024(7):18-22.
- [11] 赵放,张淼.数字产业地理集聚与虚拟集聚融合推进中国式现代化[J]. 山西大学学报(哲学社会科学版),2025,48(1):27-35.
- [12] 卢福财,钟诗韵.数字产业集群发展水平评价及其时空演变[J]. 经济地理,2024,44(6):113-123.
- [13] 夏杰长,刘睿仪.数字产业集群创新网络的形成机制与发展模式研究[J]. 区域经济评论,2024(5):58-68.
- [14] 张雅俊.数字产业集群创新行为与创新系统演化研究[J]. 江西社会科学,2024,44(10):194-204.
- [15] 师磊,阳镇,钱贵明.数字产业集群政策与关键核心技术突破式创新[J]. 中国工业经济,2025(1):100-117.
- [16] 杜传忠,曹效喜,刘书彤.人工智能与高新技术企业竞争力:机制与效应[J]. 商业经济与管理,2024(2):30-49.
- [17] AL NAQBI H, BAHROUN Z, AHMED V, Enhancing work productivity through generative artificial intelligence: a comprehensive literature review[J]. Sustainability,2024,16(3):1166.
- [18] 邓慧慧,刘宇佳,王强.人工智能发展如何提升供应链韧性?——基于上市公司的经验证据[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版),2024,54(6):5-23.
- [19] ZAVRAZHNYI K, KULYK A, DE ABREU O A. The innovative impact of generative artificial intelligence on digital business transformation [J]. Економіка розвитку систем, 2024, 6(2): 63-70.
- [20] LAZAROIU G, GEDEON T, ROGALSKA E, et al. Digital twin-based cyber-physical manufacturing systems, extended reality metaverse enterprise and production management algorithms, and internet of things financial and labor market technologies in generative artificial intelligence economics [J]. Oeconomia Copernicana,2024,15(3):837-870.
- [21] ZHANG L, SHAO Z, CHEN B, et al. Unraveling generative AI adoption in enterprise digital platforms: the moderating role of internal and external environments [J]. IEEE Transactions on Engineering Management,2024,72(9):335-348
- [22] KANBACH D K, HEIDUK L, BLUEHER G, et al. The GenAI is out of the bottle: generative artificial intelligence from a business model innovation perspective [J]. Review of Managerial Science, 2024,18(4):1189-1220.
- [23] 欧阳日辉.生成式人工智能与金融业深度整合:理论机理及发展路径[J]. 求索,2024(1):57-65.
- [24] 魏方,陈贵梅.数据价值化能力与全球价值链韧性:理论机制与实证检验[J]. 世界经济研究,2025(3):64-77.
- [25] 李沫阳,李晓华.生成经济的科技、产业影响与全球竞争格局[J]. 甘肃社会科学,2025(1):207-217.
- [26] 傅东平,王欢,郭杰丹.数据要素市场化配置如何提升企业新质生产力?——基于赋能城市数字经济发展的传导机制[J]. 西部论坛,2025,35(1):22-35.
- [27] 段巍,王兵,韩婕.数字经济重塑产业布局:理论机制与中国实践[J]. 南京社会科学,2025(3):46-57.
- [28] 王如玉,梁琦,李广乾.虚拟集聚:新一代信息技术与实体经济深度融合的空间组织新形态[J]. 管理世界,2018,34(2):13-21.
- [29] BOSCHMA R. Proximity and innovation: a critical assessment [J]. Regional studies, 2005, 39(1):61-74.
- [30] VON HIPPEL E. Democratizing innovation [M]. Cambridge,MA:MIT Press, 2006.
- [31] 罗杰斯.创新的扩散[M].5版.唐兴通等,译.北京:电子工业出版社,2014:229-280.
- [32] 王曰影,夏杰长.“十五五”时期数字产业集群高

质量发展的战略定位与推进路径[J]. 经济问题, 2025(11):13-22.

[33] IDC's worldwide AI and generative AI spending guide taxonomy [EB/OL]. (2025-09-25) [2025-10-10]. <https://www.giiresearch.com/report/id1811717-idcs-worldwide-ai-generative-ai-spending-guide.html>.

[34] 2024 年中国人工智能行业投融资分析报告[EB/OL]. (2025-03-17) [2025-05-01]. <https://www.mofile.net/item/791d0b67b6be40bba8d28004d8394a06.html>.

[35] 曲永义.“十五五”时期中国工业发展展望[J]. 财贸经济,2025,46(9):5-21.

[36] 数实融合正向“制度集成创新”系统化推进[EB/OL]. (2025-03-25) [2025-05-27]. https://www.ndrc.gov.cn/wsdwhfz/202503/t20250325_1396788.html.

[37] 2025 年人工智能指数 (AI Index) 报告 (英文版) [EB/OL]. (2025-04-07) [2025-05-02]. <https://www.sgpjbg.com/bgdown/623221.html?dtype=96309>.

(责任编辑:余迪)

High-Quality Development of Digital Industry Clusters Driven by Generative AI: Mechanisms and Pathways / WANG Yueying¹, LIU Yi² (1. School of Economics and Management, Qilu Normal University; 2. National Academy of Economic Strategy, Chinese Academy of Social Sciences)

Abstract: As next-generation information technologies have quickly changed, generative AI has become a key player in the creation and growth of digital industrial clusters. Generative AI strengthens the importance of computing power, power resources and data elements, gives rise to a new mode of virtual agglomeration, and changes the formation mechanism of digital industrial clusters. At the same time, generative AI broadens the range of innovation actors, enhances the flow of knowledge, facilitates dynamic coupling between technological innovation and application-layer scenario innovation, thereby boosting the endogenous innovation vitality of digital industrial clusters. Generative AI also speeds up the restructuring of value chains based on big models, pushes the reorganization of organizational boundaries, and builds open cluster collaboration networks. These have jointly driven the systematic transformation of digital industrial clusters. Currently, while facing key development opportunities such as market growth, policy incentives, technological breakthroughs, and a chance for global cooperation. However, it also confronts challenges including core technological bottlenecks, industrial ecosystem coordination dilemmas, slow-moving governance regulations, and inadequate human capital fit. Thus, policy suggestions are made: strengthening research and development in important technologies, setting up multi-tiered coordination systems for the industrial ecosystem, improving governance standards and ethical frameworks for data elements and algorithmic security, and creating a system for developing a variety of skills. These offer pragmatic direction for enhancing generative AI's facilitation of superior development within digital industrial clusters.

Key words: generative AI; digital industrial cluster; formation mechanism; innovation mechanism