

超智融合驱动的大规模科学计算人才培养模式重构

——基于科技演进与教育生态的实践

衡 益¹, 黄明鸣², 罗 玖³, 吴维刚¹, 黄勇平⁴

(1. 中山大学 计算机学院, 广东 广州 510006; 2. 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海), 广东 珠海 519082;
3. 苏州大学 未来科学与工程学院, 江苏 苏州 215222; 4. 中山大学 药学院, 广东 广州 510006)

摘 要: 超智融合正推动科学计算领域的人才培养迈向“智能内生”新阶段, 促进科研范式的革新。在教育供给侧改革的驱动下, 人工智能持续为科学与工程领域的发展注入新动力。基于“科技—教育—应用”协同框架进行探讨, 以中山大学计算机学院实施的“超算筑基—AI赋能—人才反哺”人才培养模式为例, 旨在拓展“超智融合”范式下高性能计算与人工智能协同育人的理论与实践, 揭示系统性培养大规模科学计算领域专业人才的成效, 强调在应对全球科技治理中的算力资源分布不均和高端人才短缺双重挑战时中国方案的独特价值。

关键词: 超智融合; 人才培养; 人工智能; 超级计算; 高性能计算

DOI: 10.11907/rjdk.251403

扫描二维码阅读全文:



中图分类号: G434

文献标识码: A

文章编号: 1672-7800(2026)006-0001-07

Hyper-Intelligence Convergence Driven Restructuring of Large-Scale Scientific Computing Talent Cultivation Mode

——Practices Based on Technological Evolution and Educational Ecology

HENG Yi¹, HUANG Mingming², LUO Jiu³, WU Weigang¹, HUANG Yongping⁴

(1. School of Computer Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China; 2. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Zhuhai), Zhuhai 519082, China; 3. School of Future Science and Engineering, Soochow University, Suzhou 215222, China; 4. School of Pharmaceutical Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The convergence of high-performance computing (HPC) and artificial intelligence (AI)—referred to as “HPC-AI convergence”—is advancing the talent cultivation in the field of scientific computing towards a new stage of “AI-native”, driving transformative shifts in research paradigms. Facilitated by the education supply-side reform, artificial intelligence continues to inject new impetus into the development of science and engineering disciplines. Based on the collaborative framework of “technology-education-application”, this study takes the “HPC Foundation-AI Empowerment-Talent Feedback” talent training model implemented by the School of Computer Science and Engineering at Sun Yat-sen University as an example. It aims to expand both the theoretical and practical dimensions of collaborative education in HPC and AI under the HPC-AI convergence paradigm. Furthermore, this study reveals the effectiveness of the systematic cultivation of specialized professionals in large-scale scientific computing, and emphasizes the unique value of China’s approach in addressing the dual challenges of the uneven distribution of computing resource and the shortage of high-end talents in global technology governance.

Key Words: HPC-AI convergence; talent cultivation; artificial intelligence; supercomputing; high-performance computing

收稿日期: 2025-06-16

基金项目: 广东省重点领域研发计划项目(2021B0101190003)

作者简介: 衡益(1979-), 男, 博士, CCF会员, 中山大学计算机学院教授、博士生导师, 研究方向为数学物理反问题及应用、多物理场仿真智能工业软件与智慧数字孪生、高端新材料智能设计等; 黄明鸣(1984-), 女, 博士, 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)助理研究员, 研究方向为计算数学; 罗玖(1992-), 男, 博士, 苏州大学未来科学与工程学院副教授、硕士生导师, 研究方向为深度学习与科学计算、复杂工业系统智能设计与数字孪生及其在绿色低碳水处理中的创新应用; 吴维刚(1976-), 男, 博士, CCF高级会员, 中山大学计算机学院教授、博士生导师, 研究方向为云计算与边缘计算、分布式深度学习、分布式共识与区块链; 黄勇平(1975-), 男, 硕士, 中山大学药学院讲师, 研究方向为学生思想政治。本文通讯作者: 吴维刚、黄勇平。

0 引言

在全球科技竞争的新格局下,中国已将人工智能(Artificial Intelligence, AI)发展定位为国家战略核心^[1,2]。《新一代人工智能发展规划》指出,要加快培养聚集人工智能高端人才,建设形成我国人工智能人才高地,鼓励高校在原有基础上拓宽人工智能专业教育内容,形成“人工智能+X”复合专业培养新模式,实现与世界先进水平同步,并最终成为世界主要人工智能创新中心^[3]。继“985”“211”之后,教育部“101计划”自2021年起以计算机牵头,陆续增加数学、物理、化学等九大基础学科,持续推进高等教育拔尖创新人才培养^[4]。《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》明确提出深化新工科建设,促进人工智能助力教育变革^[5]。

人工智能赋能科学(AI for Science, AI4S)作为一种新兴科研范式,强调利用AI技术赋能科学研究^[6,7]。该范式随着AI在材料研发、工业设计、核反应堆模拟等工程领域的深度渗透,及科学探索与工程应用形成动态互构关系,催生出人工智能赋能科学和工程这一更广泛的技术融合体系,其成功实施依赖于复合型人才培养体系的构建。然而,传统教育体系在跨学科知识整合、战略资源协同配置及前沿技术应用能力培养等层面存在一定的缺陷,导致人才培养和科技创新间存在一定的脱节。此外,AI4S范式的突破不仅依赖于AI算法创新,还需以高性能计算(High-Performance Computing, HPC(注:超级计算(Supercomputing))通常作为科学与学术计算的典型代表,其性能指标通常以浮点运算(FLOPS)为衡量标准。与此同时,HPC的目标则更倾向于传统应用领域,涉及高带宽内存、快速处理器间通信及每秒进行大量浮点运算的能力。然而,随着AI科技的飞速发展,超级计算与HPC通常互换使用,两者在技术与应用层面的融合趋势日益显著,例如超级计算机所提供的高性能计算能力为人工智能模型的训练与推理过程提供了坚实的技术支撑,而HPC的传统应用场景亦在人工智能的驱动下,不断实现拓展与创新^[8]。为了便于讨论,本文不对超级计算或HPC进行严格区分))作为底层支撑。例如,AlphaFold蛋白质结构预测需依托超算集群的运算能力。将AI与HPC深度融合并嵌入教育体系,已成为培养学生掌握两者协同应用能力的关键所在。为此,作为新工科建设的核心议题,AI4S亟须通过教育供给侧改革,以应对科研范式变革带来的复合型人才培养挑战^[9,10]。

目前,参考教育供给侧改革的相关研究,围绕AI与HPC协同的教育供给侧改革,可聚焦以下三大抓手:①重构课程体系,确保跨学科知识、AI与HPC技术能有机融入基础教学,促进学科交叉;②加强实践环节,通过“超算筑基—AI赋能”模式,让学生在多学科研究场景中应用所学

知识,深化知识理解;③推动产教融合,构建科研、教育与产业的协同生态,促进知识转化及技术的成熟与升级^[11,12]。

在此背景下,本文与以往文献聚焦AI赋能的不同之处在于:将“超智融合”作为核心范式,强调HPC与AI协同作用下本学科与跨学科知识的深度融合与叠加效应^[13-15]。该范式既包含AI4S理论的深化,又涵盖了对工程和产业界实际需求的响应。本研究在教育生态系统层面实现了全链条贯通,构建了一个大规模科学计算人才的理论与实践一体化框架。本文以中山大学计算机学院作为代表性案例,通过“超算筑基—AI赋能—人才反哺”的人才培养模式形成三大优势:①面向国家战略需求;②构建系统性人才培养体系;③实证展现其应有的国际影响力。此外,该框架针对全球科技治理中算力资源分布不均与复合型人才短缺的双重挑战,提出符合国情的系统解决方案,创新性地教育供给侧改革、人工智能赋能科学与工程深度融合,形成了路径明晰和模式可复制的协同育人模式。

本文首先回顾HPC和AI在计算机科学与技术领域的发展历程,分析两者对推动科技进步的重要性,结合当前计算机科技的快速发展背景,探讨如何通过重构教育生态,促进HPC与AI的深度融合,从而培养出更多具备跨学科知识和实践能力的复合型人才;其次,以中山大学计算机学院为例,详细介绍该学院在超智融合赋能大规模科学计算人才培养方面的顶层设计、实施路径及其实践效果。通过深入剖析该学院在课程体系、产学研协同机制及评价体系等方面的创新实践,揭示其如何高效进行超智融合,进而培育出具有国际视野和竞争力的复合型人才;最后,深入讨论和总结前述内容,分析当前超智融合教育中存在的问题和挑战,并提出针对性的解决方案,还对未来发展提出一些思考和展望,以期为相关领域的教育者和研究者提供参考和借鉴。

1 计算机科学发展史重要事件与AI、HPC演进

1.1 计算机科学发展史

计算机科学发展史的重要事件不仅标志着技术上的重大突破,还映射了计算机科学相关领域内思想的演变和社会需求的变化。本文罗列了各关键时期的里程碑事件,这些事件不仅展示了计算机科学发展进程中AI与HPC的演进路径,还揭示了它们如何相互影响并共同促进科技革新和社会进步,如表1所示。

1.1.1 计算机科学基础奠基期(1930—1950年代)

计算理论突破与早期AI理论萌芽同时出现。前者的里程碑包括:作为计算机科学奠定理论基础的“图灵机模型”(1936年)的提出,确立存储程序计算机设计原则的冯·诺依曼结构(1945年)的问世,以及世界首台通用电子计算机ENIAC(1946年)的诞生;后者以McCulloch-Pitts神经元

Table 1 Technological evolution logic and historical insights regarding HPC and AI development
表 1 围绕 HPC 与 AI 发展的科技演进逻辑和历史启示

时期	计算机科技部分代表性突破 (HPC 与 AI 视角)	互动关系	历史启示
1930-1950 年代 计算机科学基础奠基期	HPC 基础理论奠基:图灵机模型(1936)确立可计算性理论框架;冯·诺依曼结构(1945)为算力与算法提供物理载体 AI 理论萌芽:McCulloch-Pitts 神经元模型(1943)为神经网络奠定数学基础;图灵测试(1950)定义机器智能标准	计算机理论框架与 AI 哲学问题 共生	理论先导性:理论突破是技术创新的基石,理论与实践相结合是实现技术应用的核心路径
1950-1970 年代 计算机工程化与 AI 学科诞生	HPC 硬件突破:CDC 6000(1964)首台商用超级计算机、Cray-1(1976)首台实现矢量处理器设计的超级计算机诞生 AI 路径分化:达特茅斯会议(1956)标志人工智能领域正式诞生,符号主义和连接主义两条路径正式确立;感知器模型(1958)奠定神经网络基础	硬件瓶颈制约符号主义 AI 发展; 专用 AI 硬件因成本过高导致 首次 AI 寒冬	硬件天花板效应:AI 技术路径选择需与算力匹配,符号主义与连接主义的早期分歧因硬件限制被放大,但两者的对立与互补为后续深度学习的跨范式突破埋下伏笔
1980-1990 年代 计算机技术多元化与 AI 复苏	HPC 分布式革新:SETI@home(1999)验证分布式计算潜力;首款 GPU(1999)上市 AI 硬件转型:个人计算机(1990s)算力大幅提升,标志通用计算平台对 AI 专用硬件的颠覆 AI 技术转型:反向传播算法(1985)突破神经网络训练瓶颈;HMM 模型(1989)推动统计学习实用化	GPU 为释放神经网络潜力提供 硬件基础;分布式计算为 AI 数据 并行训练提供方法论基础	算力-算法协同:HPC 技术与 AI 算法协同迭代,推动人工智能从理论到实践的快速发展,为后续深度学习和现代 AI 技术的崛起奠定坚实基础
2000 年至今 指数级跃迁期	HPC 与 AI 融合突破:天河/神威超算(2010s-2020s)等世界排名前列超算集群持续突破算力极限;美国 Frontier 超算(2022)标志实现 E 级超级计算机的突破;量子-HPC 混合架构(2010s-2020s)进入实验阶段 AI 代际跃迁:AlexNet(2012)开启深度学习革命;Transformer(2017)支撑千亿参数大模型;生成式 AI(2022)开启多模态智能时代	HPC 算力支撑 AI 模型规模指数 增长;AI 需求反哺 HPC 硬件优化	HPC 与 AI 共生演进:HPC 与 AI 形成“算力供给-算法需求-数据驱动”融合发展合力,呈现动态反馈循环:算力提升→更大模型训练→处理更多数据→反哺硬件设计优化

模型(1943 年)和图灵测试(1950 年)的提出为标志性事件。

1.1.2 计算机工程化与 AI 学科诞生(1950-1970 年代)

该时期历经硬件革命驱动算力跃升、AI 关键进展与第一次 AI 寒冬,代表性事件分别包括:首台商用电子计算机 UNIVAC I(1951 年)、首次实现软硬件分离的 IBM System/360(1964 年)和首台商用超级计算机 CDC 6000(1964 年)问世;达特茅斯会议首次提出“人工智能”(1956 年)、首个证明数学定理的 AI 程序“逻辑理论家”程序诞生(1956 年)和感知器模型提出并奠定了神经网络基础(1958 年);莱特希尔报告导致英国终止 AI 资助并引发全球连锁效应(1973 年)和首台实现矢量处理器设计的超级计算机 Cray-1(160 MFLOPS)诞生(1976 年)。

1.1.3 计算机技术多元化与 AI 复苏(1980-1990 年代)

该时期相继发生了第二次 AI 寒冬、科技复苏及神经网络复兴与算力革命,重要事件分别包括:LISP 机市场崩盘标志着其在 AI 硬件领域彻底退出(1987 年)、美国国防高级研究计划局调整撤出了对机器智能研究的资金支持(1987 年)及原计划通过逻辑编程等技术实现人工智能化的日本第五代计算机计划宣告失败(1991 年);隐马尔可夫模型的突破进展(1989 年)和互联网数据积累大量数据资源(1990 年)驱动向统计学习转型、首款奔腾处理器的问世

推动了计算机的普及和应用领域的多样化(1993 年)及首个大规模志愿分布式计算项目 SETI@home 奠定了云计算和并行训练的方法论基础(1999 年);反向传播算法(1985 年)和 TD-Gammon 强化学习(1994 年)的出现标志着多层神经网络训练和动态决策的重大算法突破,首次突破 TeraFLOPS 的超级计算机英特尔 ASCI Red(1996 年)诞生、IBM“深蓝”超级计算机(每秒评估 2 亿个棋局位置)击败了国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫(1997 年)、首款 GPU 英伟达 GeForce 256 发布(1999 年)则又是一个算力里程碑。

1.1.4 计算机科技与 AI 的指数级跃迁(2000 年至今)

该时期见证了算法突破、算力革命与超算集群的跨越式发展,对应重要事件分别包括:AlexNet 以显著优势胜出 ImageNet 挑战赛(2012 年)、AlphaGo 击败围棋世界冠军李世石(2016 年)、Transformer 模型架构的创建奠定了 GPT/BERT 等大模型基础(2017 年)、AlphaFold1/2 显著提升了蛋白质结构预测精度并推动 AI4S 成为主流范式(2018/2020 年);英伟达推出将 GPU 从图形渲染转向通用计算的 CUDA 架构(2006 年)、亚马逊 Amazon Web Service 推出标志着云计算萌芽的弹性计算云服务(2006 年)、谷歌发布能效相较于 CPU 提升了 30 倍的张量处理单元 TPU(2016 年)、英伟达发布基于 Volta 架构的 Tesla V100(120 TFLOPS)(2017 年)和谷歌发布专为矩阵运算优化的 TPU v4(2021 年);中

国天河系列超级计算机实现全球超算榜“六连冠”(54.9 PetaFLOPS),并以 ExaFLOPS 原型机验证了全自主技术路线(2010–2020 年代)、中国“神威·太湖之光”级计算机(125 PetaFLOPS)峰值算力登顶全球超算榜首(2016 年)、谷歌“悬铃木”(Sycamore)量子计算机(一个量子线路取样一百万次需 200 s)实现全球首次量子优越性(2019 年)、“九章”量子计算机(计算玻色采样问题时处理 5 000 万个样本需 200 s)实现中国首次和全球第二量子优越性(2020 年)、全球首台 E 级超级计算机 Frontier(1.102 EFLOPS)问世(2022 年)、欧洲首台 E 级超算 JUPITER 诞生并实现全球首次退火量子计算与百亿亿次超算的协同(2024 年)。

在上述基础上,数据—算法—算力三角得到了协同突破,譬如 21 世纪以来全球数据爆炸式增长,国际数据公司(International Data Corporation)发布研究显示全球数据总量从 2000 年 2 EB 到 2024 年 159 ZB,预计到 2028 年将增至 385 ZB; ImageNet(1 400 万标注图像)、Common Crawl(PB 级网页文本)等开放数据集成为了算法迭代燃料。

一系列突破性成果进一步推动技术的跃迁与研究范式的转变:2022 年生成式 AI 迎来爆发式发展,以 Stable Diffusion、DALL·E 2 实现文生图创作、ChatGPT 用户破亿为代表,标志 AI 从传统感知任务走向生成任务的重大发展。2020 年以来,大模型参数规模呈现指数增长,GPT-3 模型拥有 1 750 亿参数(2020 年),GPT-4 模型的参数规模达到 1.8 万亿(2023 年),采用了万亿级参数的混合专家模型;中国通义千问(Qwen)和深度求索(DeepSeek)等模型的发展显示出中美在科技领域的差距正在缩小。

1.1.5 从超算支撑到超智融合(2000–2020 年代)

AI 的发展历程与计算机算力的进步始终紧密交织,两者互为基石、相互赋能。该时期从超算主导阶段的超算单点支撑,到 AI 加速发展阶段的 AI 反哺创新,再到如今超智融合阶段重构技术边界,这一历程不仅是算力与智能的协同跃迁,更是人类认知范式的颠覆性变革。值得关注的是,高等教育在这一进程中发挥了不可或缺的关键作用。随着计算机科学的飞速发展,高等教育体系正持续革新,以应对超算与 AI 等前沿科技革命所带来的挑战,并把握其中的机遇。本文将逐步探讨以下 3 个发展阶段的特征,系统解析 3 个阶段的技术特征与教育影响:

(1)超算主导阶段(2000–2010 年代)。超算作为智能底座,为 AI 的前期探索提供了坚实支撑。尽管当时 AI 技术尚显稚嫩,但这些初期尝试无疑为后续的技术飞跃指明了方向。

在技术突破方面:全球超算集群的算力显著提升,中国“天河一号”“天河二号”系列超算在大规模并行计算技术方面实现了重大突破,为核聚变模拟、航天器设计等关键工程提供了强大的计算支撑。与此同时,美国的“泰坦”、日本的“京”、德国于利希研究中心的 JUQUEEN 等尖端超算集群在气候模拟、材料计算和核能研究等领域也取

得显著成果。在此期间,AI 研究开始深入探索深度学习等前沿技术,例如 2012 年 AlexNet 在 ImageNet 竞赛中的突破性表现,标志着深度学习革命拉开序幕,采用的 ReLU 激活函数、数据增强和 Dropout 等技术,不仅验证了深度学习在复杂模式识别中的巨大潜力,更为后续的科技创新奠定了坚实基础。

面对教育领域的挑战与解决办法:高等教育体系面临传统计算机课程与超算技术衔接不畅的难题,需构建以超级计算为核心的人才培养新体系,以期后续科技发展储备一批关键的算力工程技术人才。为此,中国高校依托计算机科学相关学院、平台或中心,开设了 MPI 编程、数值仿真等课程,形成了理论、编程、工程多层次联合培养模式。例如,中国科学院计算机网络信息中心建设面向包括高等院校在内的高性能计算培训体系,包含 MPI 并行编程、GPU 并行计算及 CUDA 编程等一系列精品课程^[16]。在国际层面,麻省理工学院等知名欧美高校,不仅注重 HPC 理论知识的传授,还鼓励学生通过实践项目来加深对 HPC 技术的理解与应用能力;德国于利希超级计算中心等世界领先的超算中心提供覆盖欧盟范围的 HPC 培训计划,涵盖并行编程、性能优化及 GPU 加速计算等内容,旨在提升研究人员和工程师在高性能计算领域的能力。

(2)AI 加速发展阶段(2010–2020 年代)。随着科技持续进步,AI 逐渐由理论探索阶段迈入实践应用领域,这一转变推动了产业生态的多元化重构,促使超算在后期的主导地位逐渐转变为与 AI 的融合发展。

在技术突破方面:AlphaGo(2016 年)与 AlphaFold(2018 年)的突破性成就显示了人工智能对超算越来越强的依赖性,催生了混合精度计算、分布式训练等一系列新技能需求。此外,HPC 持续支撑世界各领域科技创新,例如,中国“神威·太湖之光”在国际上首次实现大规模下的高分辨率、高频率的非线性可塑性地震模拟(2017 年),美国 Summit 超算加速癌症群体分析建模及药物研发,HPC 不仅提升了建模效率,还显著增强了不同学科场景模型的性能。

面对教育领域的挑战与解决办法:高校传统课程面临 AI 与超算逐渐走向融合的跨学科需求挑战,亟需从传统的单一知识传授模式转变为培养解决问题能力的教育模式。我国《高等学校人工智能创新行动计划》等政策持续引导高校瞄准世界科技前沿,完善人工智能领域人才培养体系,各大高校积极响应并探索“人工智能+X”的人才培养模式。例如,浙江大学发布智海新一代科教平台,构建了一个较大规模的科教开放创新平台及生态社区。在国际方面,一些顶尖学府推出 AI 与超算融合的跨学科前沿课程,以进一步提升学生创新思维与跨学科研究能力。例如,美国斯坦福大学成立人工智能研究所(2019 年),由该校计算科学系等 7 个领先院系及多个主要研究中心、实验室等共同参与,专注跨学科教育,本科生课程体系涵盖了

数字技术的伦理与政策、人类影响、人类能力增强、智能、综合需求及多样化选修课等六大板块,共计261门课程。

(3)超智融合阶段(2010年代中后期至今)。AI作为推动计算机科学及其他众多学科高质量发展的核心驱动力之一,重要性日益凸显,正逐步引领整个领域及其相关交叉学科实现全面、系统的创新。目前,超算与AI相互赋能,随着AI与HPC技术的不断进步,二者正迈向更深层次的超智融合,为科技进步和人才培养带来了全新机遇与挑战。

在技术突破方面:华为作为行业龙头,昇腾AI云服务依托贵安、乌兰察布、芜湖三大算力中心,支持高达万亿参数的大模型训练,华为的盘古大模型也在企业智能化升级方面发挥着重要作用。由中国智能计算产业联盟、国家高性能计算机工程技术研究中心、国家超级计算成都中心等单位联合发布的《2024中国算力发展研究报告之超智融合技术路线与趋势》指出,算力赋能人工智能的关键在于超算、智算基础设施融合演进。以欧洲JUPITER为代表的先进超算集群推进量子—经典混合架构,预期不仅能提升任务调度效率,还能促进AI与量子计算结合,以开发更高效的算法。

面对教育领域的挑战与解决办法:随着超智融合的快速进步,跨学科人才的需求正在迅速增加,当前亟需培养一批具备广博知识结构和多元技能组合的复合型人才。例如,中国教育部公布首批18个“人工智能+高等教育”应用场景区典型案例(2024年),其中,清华大学人工智能赋能教学试点利用自主研发的千亿参数大模型为基座,与多学科教学场景深度融合,打造出各具特色的课程垂直模型。在国际上通过跨学科、跨区域的多方面合作解决教育挑战被鼓励。其中,欧盟成立欧洲HPC联合体以积极协调欧盟及其参与国资源,设立包括由欧洲各所大学、研究或超级计算中心和工业合作伙伴共同参与的“EUMaster4HPC”高等教育项目(2022–2025年),以培养兼具HPC、AI等尖端知识与技能的HPC架构师、数据科学家、应用开发人员和专家用户等。

1.2 超智融合对教育生态重构的意义

从超算支撑到超智融合的三个阶段,契合了钱德沛院士提出的超智融合三阶段演进路径:For AI→By AI→Being AI,即从“超算支撑AI训练”到“AI优化超算效率”再到“智能内生为计算核心属性”^[17]。

HPC作为计算机科学的重要分支,自1960年以来,在气象预测、物理模拟及药物研发等诸多领域展现出了不可或缺的重要作用。随着摩尔定律效应的减弱,单纯依靠硬件的迭代升级,已逐渐难以满足大规模科学计算需求的快速增长。与此同时,AI技术的快速发展,特别是深度学习等算法的突破,为科学计算提供了新的解决路径。AI训练算力需求呈现指数型增长趋势,从侧面反映了AI对社会发展的影响越来越大。AI技术凭借对历史数据的学习及

对算法参数的优化,显著提升了计算效率,而超算集群的技术创新和硬件升级则进一步助推了整体效率跃升,持续打破了发展瓶颈^[18]。

当前,HPC与AI融合不仅推动了科研范式的变革,为科技进步注入了新的活力,而且对教育体系提出了新要求。一方面,HPC与AI的深度融合能提升科学计算的精度和效率,加速科研进程;另一方面,还能促进新技术的应用和转化,推动产业升级。因此,构建一个能适应HPC与AI融合发展需求的教育体系,旨在培养出既具备跨学科知识又拥有实践能力的复合型人才,对推动科技进步和社会发展具有深远意义。传统的计算机科学教育体系往往局限于单一领域的知识传授,未能充分实现跨学科的有效整合。然而,在超智融合的新时代,学生不仅需要打下坚实的数学基础、掌握深厚的编程技能,还需透彻理解HPC与AI技术的核心要义并付诸实践。这一变革趋势迫切要求教育体系实施深度革新,重新构建课程体系,强化实践教学内容,大力推进产教融合,以满足科研范式转变的迫切需求。

接下来,将围绕天河系列超级计算机“国家超级计算广州中心”的建设发展背景,以中山大学计算机学院为例,剖析其在教育体系革新中如何灵活应对HPC与AI融合的浪潮,以及所采取的创新实践举措。

2 中山大学案例:超智融合驱动的大规模科学计算人才培养模式探索

2.1 超算筑基:学科交叉与课程体系的系统性重构

2.1.1 历史传承:学科积淀与平台建设

中山大学计算机学院,自1979年计算机科学系创立以来,便成为全国首批设立硕士点和第二批博士点的学科单位,拥有本—硕—博完整的人才培养体系,并荣膺首批国家级一流本科专业建设点。学院的计算机科学与技术专业,作为该校工科领域唯一入选“基础学科拔尖学生培养基地计划”的专业,为跨学科新工科人才培养奠定了坚实的学术基础。该院具有国家超级计算广州中心、国家数字家庭工程技术研究中心、2011高性能计算协同创新中心、教育部超算工程软件研究中心、教育部机器智能与先进计算重点实验室等7个国家级平台,以及其他8个省部级平台,为人才培养提供平台支持。其中,国家超级计算广州中心作为国家重大科技创新平台和基础设施,拥有世界领先的“天河二号”“星逸”超级计算机,是全球应用领域最广、利用率最高的超算中心之一。

2.1.2 课程创新:数学根基、算法能力与超算思维的融合

中山大学计算机学院在与国家超级计算广州中心、计算科学交叉研究中心的协同架构下,构建了数学基础、计算机科技与超算思维相融合的课程体系。在数学能力培养层面,开设了数值分析、微分方程及数值解、数学物理方程等核心课程,旨在强化学生的数值建模能力;在计算机

算法能力培养层面,开设了数据结构与算法、并行算法等课程,以提升学生的算法设计与优化能力;在超算思维培育层面,创新性地设立本科一年级的前置课程——高性能计算导论,衔接了并行计算机体系结构、并行程序设计等系列课程,以尽早系统性学习获得并行计算思维。学院借助国家超算广州中心的优势,所设置的实践课程比例增至27%,具体包括:超算云服务平台实践、计算力学及仿真、计算电磁学及仿真以及面向领域的数值计算方法等课程。并在此基础上,深入开展关键领域工业模拟与仿真软件的学习、研究及开发实训。此外,针对国家亟需的“卡脖子”关键技术人才培养,设立强化计算机系统结构和超算工程软件方向人才培养的“冯·诺依曼”实验班,为其配备优质的教师资源。

2.2 AI赋能:科教融汇与产教协同的敏捷培养

2.2.1 技术融合:智能教育工具与科研反哺机制

为了推进AI驱动的智能教育技术创新,学院在提供智能化学习体验方面大力推进“智算习堂”建设,包括智能超算教学实践平台、智能教学操作系统和智能编译教学平台。其中,YatCC-AI智能编译教学平台基于国产超算与DeepSeek大模型进行开发,提供了一键式云端开发环境,支持基于Clang/LLVM的知识增强、编译优化方案探索等功能,学生可通过AI辅助代码开发与实时问答系统,快速掌握编译技术核心能力。同时,依托学院和国家超算广州中心等多平台,引导学生参与真实科研项目,内容涉及并行文件系统、大规模并行应用开发、高性能计算工程软件等,在培养学生解决实际问题能力的同时,转化形成教学案例库,实现科研成果向教学资源的高效转化。

2.2.2 协同育人:校企双元培养与能力认证体系

为了推动“科技—教育—应用”框架下产业与教育紧密结合的教育模式,培养符合社会需求的高素质AI人才,学院建立了“学业—科研—职业”三维导师制。具体为:邀请全球知名企业中的核心技术专家或高级管理人员担任兼职教师,共同参与教学活动;邀请企业资深工程师担任教学指导委员会委员,参与制定课程教学目标和毕业要求;构建校企协同创新的育人平台,共同建立面向国家战略和地方需求的校企联合研发中心及人才实训基地;与企业共同开发高性能计算、AI、科学计算技术与方法相关的优质课程资源、特色教材和教学工具;鼓励学生在企业导师指导下实习实践,结合AI领域产业需求,高质量完成毕业论文。

2.3 人才反哺:技术辐射与生态闭环构建

2.3.1 人才输送:技术创新与行业服务

目前,在校人才培养取得丰硕成果。2020年起,学生获得学术竞赛获奖国际级1200多项、国家级和省级900多项,包括世界大学生超级计算三大竞赛SC/ISC全球总冠军、教育部最高级别之一的中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛3项金奖、4项银奖及创新创业英才奖等。学

生参与的超智融合研发服务了多个行业。例如,学生参与研发的材料设计平台Matgen,结合大模型可提升材料筛选与探索效率;“星光超算应用平台”可在智慧教育、智慧科研、智慧政务等领域提供深度赋能;国产多物理场耦合仿真软件FIND获得广东省工业软件科学技术发明一等奖等。所培养的毕业生积极投身于超算、AI领域,得到了社会各界高度认可,近年来入职华为、浪潮、并行科技、中广核等企业超算相关岗位的学生多达100余人,相关成果显示了学生在该领域的自主创新能力和科技实力,形成了“科技—教育—应用”协同发展的生态。

2.3.2 范式输出:教育标准创新与全球影响力

本文所提人才培养模式获得“教育部战略性新兴产业‘十四五’高等教育教材体系建设团队”称号、高等教育国家级教学成果奖二等奖、广东省教学成果奖一等奖等荣誉奖励。同步建设的全球规模最大的高性能计算在线教育实践平台——“超算习堂”,已集成100余门MOOC课程、53项实训案例,为中山大学计算机学院“智算习堂”提供了牢靠的建设基础之余,访问量超过1600万人次,用户遍布全国29个省份和自治区的900余所单位、超1.3万人,支持多所大学40余门高性能计算课程的实践教学,面向粤港澳大湾区开展了500余场高性能计算师资培训和科普活动,年均提供2000万核时免费算力。总之,平台部署在国家高性能计算环境中,提供多层次、多样化的HPC与AI融合教育实践服务,实现了国内高校的高性能计算教育资源共享,为超智融合人才培养提供了新媒介和资源,也为我国超算领域的可持续发展提供了有力保障。

3 结语

超智融合代表了科技革命的前沿趋势,是教育范式变革的关键驱动力。中山大学校长高松院士指出,目前以DeepSeek为代表的大语言模型已突破了模型训练和推理的成本制约,但要真正实现对复杂现实三维物理世界的深入理解和有效操控,人工智能技术还需进一步突破大语言模型在能力上的瓶颈^[19]。

当下,新工科人才培养体系正经历着深刻的科技与教育共振变革,在超智融合的大背景下,新型人才的培养具有深远的战略意义。这些人才不仅承担着解决关键核心技术“卡脖子”问题的历史使命,还将助力于三维物理世界的“感传模算控”(感知、传输、模拟、计算与控制)的发展,是推动新质生产力发展的核心力量。

本文重点介绍了中山大学计算机学院构建的“超算筑基—AI赋能—人才反哺”模式,通过可迁移的学科交叉与课程体系的系统性重构、科教融汇与产教协同的敏捷培养及技术辐射与生态闭环构建,正系统性地支撑大规模科学计算领域人才的培养,形成了一个兼具理论深度与实践指向的协同育人路径。

基于现有实践,该模式有效打通了AI与HPC协同教育的可行路径,也为全球高校和科研机构提供了可参考的实践样本。后续,将建立实验班的纵向与横向比较等动态评估机制,推进教改数据的多维度分析。

参考文献:

- [1] JIA X L, LIU X P. Comparative analysis of the current state of competition of artificial intelligence in China and the United States and inspiration [J]. World Sci-tech R & D, 2022, 44(4): 531-542.
贾夏利,刘小平.中美人工智能竞争现状对比分析及启示[J].世界科技研究与发展,2022,44(4):531-542.
- [2] Editorial Department of Higher Education. Major issues in China's higher education and annual hot research frontiers report 2024[EB/OL]. https://faculty.ecnu.edu.cn/_upload/article/files/43/46/51acc7c34550ba53d63a7f1c60c7/c8c63e41-9fe5-4fec-ad7c-2c40ba061c03.pdf.
《中国高等教育》编辑部.2024年中国高等教育重大议题与年度热点研究前沿报告[EB/OL].https://faculty.ecnu.edu.cn/_upload/article/files/43/46/51acc7c34550ba53d63a7f1c60c7/c8c63e41-9fe5-4fec-ad7c-2c40ba061c03.pdf.
- [3] The State Council. Circular of the State Council on issuing the next-generation artificial intelligence development plan[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2017-07/20/content_5211996.htm.
国务院.国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知(国发[2017]35号)[EB/OL].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2017-07/20/content_5211996.htm.
- [4] Ministry of Education. The advancement meeting of the "101 Plan" for fundamental disciplines and achievements exchange conference on computer science "101 Plan" was convened successfully[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/jyb_zzjg/huodong/202404/t20240419_1126372.html.
教育部.基础学科系列“101计划”工作推进会暨计算机“101计划”成果交流会召开[EB/OL].http://www.moe.gov.cn/jyb_zzjg/huodong/202404/t20240419_1126372.html.
- [5] People's Daily. CPC Central Committee and State Council issue the Outline for Building China into a Leading Country in Education (2024 - 2035) [N]. 2025-01-20(6).
人民日报.中共中央、国务院印发《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》[N].2025-01-20(6).
- [6] WANG F Y, MIAO Q H. Novel paradigm of AI-driven scientific research: from AI4S to intelligent science[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(4): 536-540.
王飞跃,缪青海.人工智能驱动的科学新范式:从AI4S到智能科学[J].中国科学院院刊,2023,38(4):536-540.
- [7] ZHAO W. A panel discussion on AI for science: the opportunities, challenges and reflections[J]. National Science Review, 2024, 11(8): 119.
- [8] MUTSCHLER A. Lines blurring between supercomputing and HPC[EB/OL]. <https://semiengineering.com/lines-blurring-between-supercomputing-and-hpc/>.
- [9] WU C X, WANG S. Building a research ecosystem for the AI era[N]. Study Times, 2024-11-06(A6).
武晨箫,王硕.构建面向人工智能时代的科研生态[N].学习时报,2024-11-06(A6).
- [10] SHEN Y, NING Y C. On the emerging engineering construction from the perspective of supply-side structural reform of specialty building[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2018(3): 71-74.
沈毅,宁永臣.从专业建设供给侧结构性改革看新工科建设[J].高等工程教育研究,2018(3):71-74.
- [11] LIU K, CHEN T. On paths and mechanism of supply-side structural reform in emerging engineering education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2020(3): 55-59,73.
刘坤,陈通.新工科专业供给侧结构性改革的路径和机制[J].高等工程教育研究,2020(3):55-59,73.
- [12] ZHANG L Q. Artificial intelligence empowering the Chinese paradigm of higher education teaching reform [J]. China Higher Education, 2024 (24): 9-13.
张立群.人工智能赋能高等教育教学改革的中国范式构建[J].中国高等教育,2024(24):9-13.
- [13] XUE Q K, CHEN M W, ZHAO J H, et al. Artificial intelligence empowers the innovative development of higher education: an analysis of the "sample" at Southern University of Science and Technology [J]. China Higher Education, 2024, 60(24): 19-24.
薛其坤,陈明伟,赵建华,等.人工智能赋能高等教育创新发展的南科大“样本”分析[J].中国高等教育,2024,60(24):19-24.
- [14] WANG M, YAN H C, LYU Y K. Research and exploration on new engineering education reform of artificial intelligence-driven —— taking the School of Information Science and Engineering at East China University of Science and Technology as an example[J]. Higher Education in Chemical Engineering, 2024, 41(6): 13-19,101.
王孟,严怀成,吕云凯.人工智能驱动新工科教育改革的研究和探索——以华东理工大学信息科学与工程学院为例[J].化工高等教育,2024,41(6):13-19,101.
- [15] ZHANG H F, CHEN Z X, XU S J. Artificial intelligence enables new reform of higher education pattern [J]. Software Guide, 2022, 21(11): 166-171.
张慧峰,陈竹湘,徐水晶.人工智能赋能高等教育模式新变革[J].软件导刊,2022,21(11):166-171.
- [16] Computer Network Information Center at Chinese Academy of Sciences. Handbook of informatization solutions, services and products [EB/OL]. <http://www.digital.cas.cn/yjgdt/201802/P020180205624045496425.pdf>.
中国科学院计算机网络信息中心.信息化解决方案、服务与产品手册 [EB/OL].<http://www.digital.cas.cn/yjgdt/201802/P020180205624045496425.pdf>.
- [17] ZHAO G L. Large models face "computing power shortage", "HPC-AI convergence" provides solutions [N]. China Science Daily, 2024-08-07(3).
赵广立.大模型遇“算力荒”“超智融合”来帮忙[N].中国科学报,2024-08-07(3).
- [18] WANG Y, ZHOU C H, CHENG D N, et al. Next-generation artificial intelligence infrastructure white paper[EB/OL]. <https://www.sensecore.cn/whitepaper.pdf>.
王月,周彩红,程大宁,等.新一代人工智能基础设施白皮书[EB/OL].<https://www.sensecore.cn/whitepaper.pdf>.
- [19] WU Y. Interview with SYSU's president Gao Song on addressing the contradiction between rapid technological iterations and educational delays [N]. The Paper, 2025-03-11.
吴怡.专访中大校长高松:需重视技术迭代与教育滞后的矛盾[N].澎湃新闻,2025-03-11.

(责任编辑:刘嘉文)