

人工智能赋能并行计算课程线上线下混合教学建设与探索研究^{*}

汤善江^{**} 于策 毕重科 肖健 孙超 杨斌

天津大学智能与计算学部, 天津 300350

摘 要 随着人工智能技术的快速发展,以及并行计算技术在各领域的应用日益广泛,对并行计算课程的教学提出了更高的要求。针对传统并行计算课程存在的教学内容抽象、实践环节薄弱、教学方法单一、个性化教学不足、学习效果评价片面等问题,结合人工智能技术的优势,通过校企产教融合方式,探索构建“人工智能赋能+线上线下混合”的教学模式,包括课程内容重构、课程资源建设、教学模式改革、过程式评价体系等方面探索。教学实践表明,该模式显著提升了学生的学习兴趣、自主学习能力及并行计算知识的掌握水平,为同类课程的教学改革提供了有益的借鉴。

关键字 人工智能赋能,并行计算教学,混合式教学模式,产教融合,教学改革

AI-Empowered Online-Offline Hybrid Teaching in Parallel Computing: Construction and Exploration

Shanjiang Tang Ce Yu Chongke Bi Jian Xiao Chao Sun Bin Yang

College of Intelligence and Computing

Tianjin University

Tianjin 300350, China

Abstract—With the rapid advancement of artificial intelligence (AI) technology and the increasingly widespread application of parallel computing in various fields, higher expectations are being placed on the teaching of parallel computing courses. To address the shortcomings of traditional parallel computing courses, such as overly abstract content, weak practical components, monotonous teaching methods, insufficient personalized instruction, and one-dimensional learning evaluation, we harness AI capabilities and industry-university collaboration to design an “AI-empowered, blended online-offline” teaching model. This model involves reconstructing course content, developing enriched resources, reforming teaching strategies, and instituting a process-oriented evaluation system. Practical applications demonstrates that this model effectively enhances students' learning interest, self-directed learning abilities, and mastery of parallel computing knowledge, providing valuable insights for the pedagogical reform of similar courses.

Keywords—AI empowerment, Parallel computing education, Blended teaching model, Industry-university collaboration, Educational reform

1 引 言

随着科技的飞速发展,并行计算在众多领域发挥着重要作用,对相关专业人才的需求也日益增长。传统“PPT+板书”的纯线下一的教学模式在传授并行计算知识和技能、课程实践和评价方法等方面存在一定的局限性和不足^[1]。而以大模型为代表的人工智能技术的兴起为教学改革注入了新的动力/契机。将人工智能^[2-3]与线上线下混合教学模式^[4]相结合,能够为并行计算课程的教学改革提供有力支持,提升教学效果和质量。

本研究依托智慧树平台^[5],通过校企产教融合的

方式,构建了人工智能赋能的线上线下融合的并行计算课程。在课程内容方面进行了课程内容重构,融入人工智能案例和国产高性能计算技术。在课程实践方面,充分采用国产高性能计算平台作为课程实践平台,同企业合作,以课程实验题目为赛题,举办校内赛的方式激发学生对于高性能计算的热情。在教学资源方面,充分借助智慧树平台的大模型和知识图谱技术,构造并行计算课程的人工智能小助手和课程图谱,为学生的智能化线上学习提供支撑和丰富的学习素材。在教学模式方面,采用线上线下融合的教学模式,体现个性化的学习,满足不同水平同学的学习诉求。在评价方式上,提出了一个理论与实践并重的过程式评价方法,同时通过线上平台提供的学情监控数据进行教学过程智能诊断与评估,及时方便老师调整教学策略。教学实践反馈结果表明,人工智能赋能并行计算

^{*} **基金资助:** 本文得到天津市高等学校本科教学质量与教学改革研究计划项目(项目编号: A231005611)

^{**} **通讯作者:** 汤善江 tashj@tju.edu.cn

课程线上线下混合教学方法具有显著的有效性。

2 传统并行计算课程教学现状及痛点分析

2.1 教学内容抽象

并行计算涉及复杂的理论知识和算法模型，其教学内容较为抽象^[9]。这种抽象性主要表现在知识结构的层次嵌套性、理论模型的数学严谨性以及技术实现的跨域复合性三个维度。在知识体系层面，学生需要同时掌握并行架构（多核、集群、GPU等）、并行编程模型（OpenMP、MPI、CUDA等）、并行算法设计（分治、流水线、MapReduce等）以及性能优化技术（负载均衡、通信优化、缓存利用等）四个层级的复合知识。这种多层次知识体系要求学生建立跨抽象层级的认知框架，这对初学者的思维转换能力提出了较高要求。

由于并行计算课程内容高度抽象且涉及复杂的计算机体系结构知识，传统单向灌输式教学方法难以将处理器架构、编程模型、并行算法策略等核心内容直观呈现给学生，导致教学效果长期难以提升。现有教学实践中，教师往往依赖公式推导和静态PPT进行理论讲解，既无法动态展示并行任务调度过程，也难以通过可视化手段呈现分布式内存访问模式，导致学生在学习这些知识点时，难以建立直观的时空效率认知。

2.2 实践环节薄弱

实践环节薄弱也是并行计算课程教学中存在的突出问题^[10]。在课程体系设置上，实践教学的比重相对较低，实验内容通常较为简单，缺乏综合性、创新性实验项目，难以培养学生的实践能力和创新思维。学生在完成这些简单实验时，对并行计算的原理和应用理解不够深入，无法将所学知识灵活运用到实际问题的解决中。实践教学的指导和资源支持也不足，实验室设备陈旧、数量有限，无法满足学生的实践需求，教师在教学实践中对学生的指导不够细致和及时，导致学生在实践过程中遇到问题时难以得到有效的帮助和解决，影响了实践教学的效果。

2.3 教学方法单一，个性化教学不足

传统的并行计算课程面临着教学方法陈旧僵化、教学模式单向灌输的突出问题。教师在教学过程中，主要依赖幻灯片和板书的静态讲授方式，依据统一的教学大纲和教材，按照既定的教学计划进行授课，忽视了学生的个体差异。在课堂上，教师通常以讲授知识为主，学生被动接受，缺乏与教师的互动和交流，无法根据自己的学习进度和理解程度进行有针对性的学习。此外，传统的并行计算课程在实践环节也缺乏个性化指导。

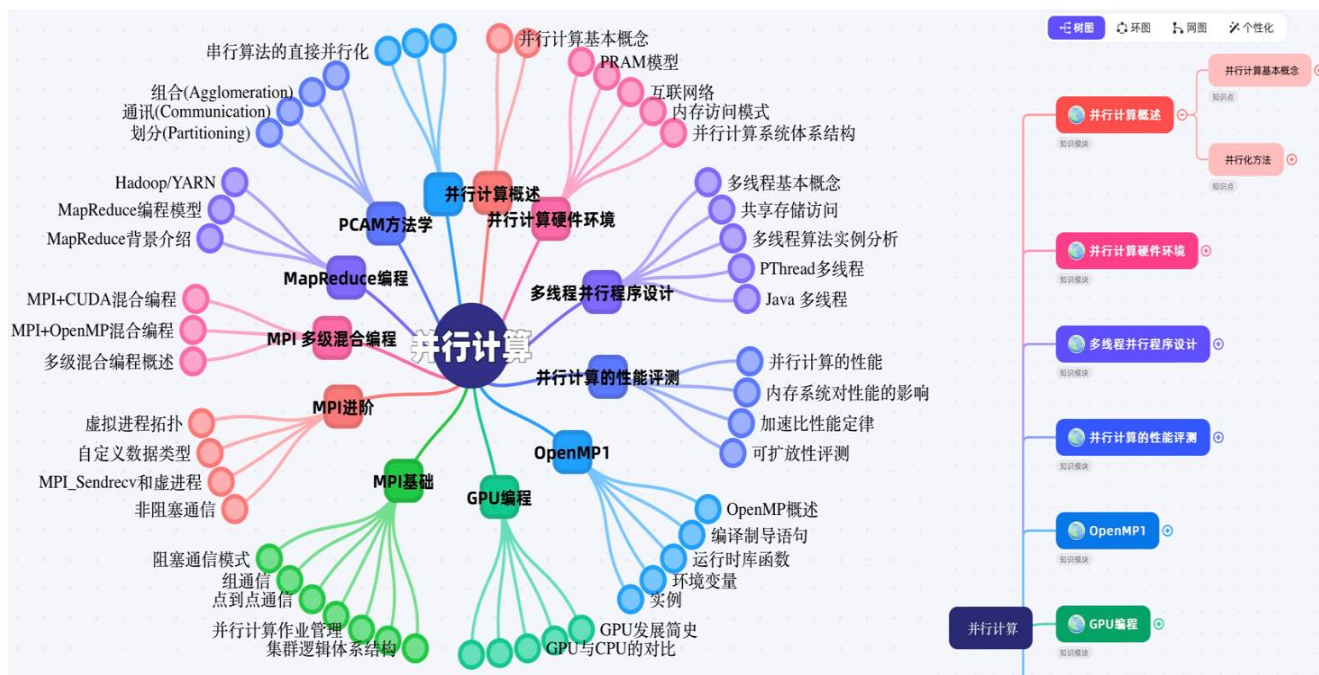


图1 并行计算课程图谱

2.4 学习效果评价片面

传统并行计算课程的评价机制存在着较为明显的局限性。其主要以考试成绩作为衡量标准，这种单一的评价模式在很大程度上忽视了对学习过程的深入考

量。学生在课堂上的积极参与、对知识点的逐步理解与掌握过程，以及日常作业完成情况等未能得到充分的关注与有效评估。

同时，实践能力作为学生真正掌握并行计算知识

的关键要素，也未在传统评价体系中得到应有的重视。仅仅依靠理论考试，难以准确判断学生是否能够将所学知识灵活运用到实际操作中，是否具备解决复杂并行计算问题的动手能力。

此外，创新思维的培养与评价更是缺少考虑。在快速发展的并行计算领域，创新能力至关重要，然而传统课程评价却未设置合理的维度去激发和衡量学生的创新意识，限制了学生在该领域的深入探索与突破，导致整体评价结果难以全面、客观、真实地衡量学生

在传统并行计算课程中的综合素养与学习成效。

3 人工智能赋能并行计算课程线上线下混合教学模式的构建

笔者通过基于智慧树平台，通过校企产教融合合作方式，从课程内容重构、教学资源建设、教学模式创新和评价机制改革四个维度，系统性地进行人工智能赋能并行计算课程线上线下混合课程改革，为学生在自主式理论学习和课程实践方面提供支撑。



图 2 并行计算课程总体印象、考核方式、实验安排合理性调查结果

3.1 课程内容重构：融入 AI 元素，与高性能计算企业进行产教融合合作

为提升并行计算课程的教学效果，使其更贴合时代需求，我们针对人工智能赋能并行计算课程进行了深入的课程内容重构。一方面，积极融入 AI 元素，将人工智能领域的前沿技术、算法和应用案例等有机融入到并行计算的理论与实践内容中，拓宽学生的知识面，让学生接触到并行计算与 AI 融合的先进技术与理念，培养其解决复杂问题的综合能力。例如，在介绍并行计算应用案例的时候，我们保持与时俱进，将 AlphaGo、生成式大模型等人工智能应用作为案例，阐述其对于高算力的需求。在介绍并行计算硬件的时候，我们侧重 AI 处理器，详细介绍完全硬件实现的神经网络处理器 NPU。

另一方面，我们长期坚持产教融合^[6-8]思想，与华为、国家超级计算天津中心、中科曙光等高性能计算领军企业展开深度合作，借助其在高性能计算领域的技术优势、丰富的行业资源以及先进的实验平台等，

为课程提供强大的实践支撑和前沿技术指导。通过引入实际产业项目案例、开展实践教学等方式，让学生在真实的企业级环境中锻炼实践能力，进一步提升课程内容的实用性和先进性，培养出适应产业发展需求的高性能计算人才。例如，本并行计算课程在华为“智能基座”的支持下，在课程内容方面积极融入鲲鹏和昇腾先进的高性能计算技术及案例。通过保持同国家级超级计算天津中心的人才培养合作，由其为本课程提供天河新一代超级计算机作为实验平台，让学生们及时掌握超算的使用。同时，与中科曙光开展先导杯校内赛合作，以课程实验题目作为比赛基础题目，鼓励并行计算课程的小伙伴们积极参与比赛。

3.2 教学资源建设：打造 AI 赋能的立体化资源库

本课程通过与智慧树平台合作，融合其前沿的知识图谱、大模型等人工智能技术，全面开启打造人工智能赋能的并行计算立体化资源库，为教学提供持续支持。

表 1 并行计算课程过程性评价方式

科目	分值	内容	评分标准
大作业	30	完成实验综合报告，提交文档、PPT 与讲解视频。 1. 对第 2/3/4 次实验的横向分析对比； 2. 实验内容与理论课知识点的对应总结。	24-30: 文档与PPT有深度，视频讲解条理清楚，知识点分析不少于12项； 18-24: 文档与PPT完整，视频讲解基本到位，知识点分析不少于8项； 18分以下: 内容缺失或错误。 迟交: 一周内减 3 分，再迟计 0 分。
实验报告	40	4 次上机实验 1. 实验环境构建 (10%) 2. 多线程 (30%) 3. MPI (30%) 4. 异构并行实验 (30%)	每次实验满分按 100 分计，累加折算。 90-100: 分析总结详尽，代码完善； 80-89: 代码完整，分析总结全面； 60-79: 代码可运行，有分析总结； 60 以下: 代码或报告不合格。 迟交: 一周内减 10 分，再迟计 0 分。
平时作业	20	12 次理论课的随堂作业，作业内容为针对每次课程内容知识点与重难点的理解与分析。	每次满分按 10 分计，累加折算。 9-10: 自己总结且写作认真； 7-8: 查阅网络材料，但直接摘抄； 5-6: 仅简单拷贝 PPT 内容。 迟交减 1 分，不交不得分。
平时成绩	10	出勤情况与互动情况	基准分为 7 分，旷课一次减 1 分； 互动频次和质量综合考虑加 1-3 分。

一方面，如图 1 所示，基于智慧树平台的知识图谱技术构建并行计算课程知识图谱。通过深度剖析并行计算知识体系，全面梳理出各个知识点间的内在逻辑关系，使课程内容不再零散孤立，而是形成一个有机整体。它从基础概念着手，拆解并行计算的基本定义、原理等，逐步过渡到复杂算法，如 MPI 并行算法、Pthread 多线程算法等的详细分析，包括算法流程、优缺点等，最终延伸到实际应用场景，像在天气预报、工业设计等领域的并行计算应用。通过这种层层递进的方式，清晰地构建起全方位且细致入微的课程知识网络，无论是教师还是学生，都能在这个知识图谱中找到完整的知识脉络，为教学和学习提供了极大的便利。

另一方面，基于智慧树平台的大模型技术构建的面向并行计算课程 AI 小助手，正成为助力学生突破学习瓶颈的得力助手。当学生在学习并行计算过程中遭遇诸如理解复杂算法逻辑、掌握并行编程模型等困难时，AI 小助手能即刻响应，依据学生个体的学习进度、知识掌握程度，给予精准且有针对性的解答。例如，面对 MPI 并行通信机制的疑问，它能用通俗易懂的语

言，结合示例代码，详细阐释消息传递流程，剖析易错点，让学生茅塞顿开。

不仅如此，大模型技术为教学资源的拓展提供了坚实的后盾。它能够生成涵盖不同难度层次、多种题型的习题，无论是基础的概念题，还是复杂的编程题，都能轻松应对，极大丰富了教学资源的储备，为学生提供了全面且深入的学习素材，有助于提升学生的学习效果，推动并行计算课程教学质量迈向新高度。

3.3 教学模式创新：线上线下深度融合，强化个性化学习

为了适应不同同学的学习能力，满足不同学生的学习需求，实现个性化学习目标，笔者所负责的并行计算课程基于智慧树平台实现线上线下深度融合的教学模式。

在线上线下深度融合方面，我们充分利用智慧树线上教学资源丰富、学习时间灵活的优势，进行了基于智慧树的 AI 赋能并行计算在线课程资源建设，为学生提供了大量的教学视频，电子教材和电子 PPT 等资源，以及课程知识图谱和 AI 小助手，让学生可以通过

线上平台自主学习基础知识,完成学习和复习。线下课堂则注重知识的深入讲解、案例分析和实践操作。通过线上平台提供学生学情数据分析以及学生长问问题,我们梳理出学生线上学习中普遍存在的疑惑点、难点和知识薄弱点,有针对性进行重点讲解和指导。

在个性化学习方面,通过智慧树平台的AI小助手,依据学生提问,学习时长,及时了解每一个学生的在线知识点学习情况,平台为学生推荐相关的学习资料。同时,可根据平台AI资源发现功能,通过关键词输入方式,为用户推荐感兴趣的在线网络课程资源。此外,AI小助手可以与学生保持互动,实时解答学生提出的各种学习问题。

3.4 评价体系改革:理论与实践并重的过程性评价与智能诊断结合

并行计算课程是一门理论与实践并重的课程。传统的课程评价主要以期末考试成绩为主,难以全面反映学生的学习过程和实践能力。为了体现对学生学习过程性和实践能力的评价,我们在并行计算课程评价

方式上进行了改革,提出了理论与实践并重的过程性考核方式。如表1所示,整个过程性课程考核由大作业、实验报告、平时作业、平时成绩四部分组成,贯穿整个课程自始至终。理论评价部分,体系在每次课程结束后的平时作业。实践能力部分,体现在实验编程部分。结课大作业是一个理论与实践能力的综合考核,既有对三次实验(同样题目不同实现方式)横向对比分析,也要有实验内容与理论课知识点的对应总结,同时包含课程视频PPT汇报,充分体现学生动手能力强弱、以及对于知识点掌握和理解情况的综合评价。

为了更好地及时了解学生过程性学习情况,保证教学质量,通过并行计算课程的AI小助手可以对学生学习数据进行智能诊断和评估,为过程性评价提供更准确和客观的依据。通过分析学生的提问、平时作业、实验报告等数据,AI可以识别学生的知识薄弱点和学习难点,教师可及时调整教学策略,针对学生的问题进行重点讲解和辅导。同时,通过AI课堂助手拟定签到表和问卷调查表,可及时了解学生课堂出勤和课程学习情况,进行自我教学评估和诊断。

您认为知识图谱在课程中的哪些环节最有帮助(可多选):



您认为智慧树的大模型在并行计算课程中最突出的优势是(可多选):



图3 基于人工智能赋能的并行计算课程知识图谱和大模型对于学习帮助调查结果

4 实践成效反馈

笔者所负责的并行计算课程经过一个学期的线上线下融合教学实践,收集了学生的学习数据和反馈信息,包括线上平台数据、作业成绩、实验成绩、问卷调查结果等,整体实践成效总结如下:

首先,如图2所示,通过206名的学生问卷调查,学生对于课程总体的满意度达到了93%(其中,50%的学生认为非常满意,内容丰富且实用;43%的学生比较满意,能学到一些有用的知识)。对于课程的评价考核方式方面,95%的学生认为考核方式合理(其中,42%

的学生认为非常合理,能够全面、客观地评价学生的学习成果;53%的学生认为比较合理,考核内容涵盖了课程主要知识点和技能要求)。对于实验实践教学认可度方面,93%的学生认为实验设置合理(其中,49%的同学认为非常合理,实验内容丰富且富有挑战性,有助于知识巩固;44%的同学认为比较合理,能通过实验加深对知识点的理解)。其中,对于校企产教融合方面,将课程实验题目作为先导杯校内赛比赛题目,71%以上的学生认为有助于激发学习动力并巩固知识。

其次,在人工智能赋能的并行计算线上学习方面,学生表现积极,整个课程累计访问量超过12万人次,

互动次数超过 200 次。其中,如图 3 所示,对于知识图谱在并行计算课程中的作用认可度方面,88%的同学认为重要和有作用(其中,32%的同学非常重要,能清晰呈现知识点之间的关联;36%的同学认为比较重要,有助于理解课程结构;20%同学认为有一定作用),能够帮助其快速了解课程概貌,理顺知识点逻辑关系,有助于复习巩固,梳理学习脉络。其次,大模型小助手为同学们在并行计算课程在线学习方面带了多方面作用,主要体现在能够提供丰富的教学资源,智能化的教学辅助,知识点的深度解析和拓展,以及促进学生自主学习和探索。

5 结论与展望

人工智能赋能的并行计算课程线上线下混合教学改革取得了显著的成效,不仅提高了学生的学习效果和能 力,也促进了教师教学水平的提升和教学模式的创新。然而,在实施过程中仍面临一些挑战,需要进一步探索和完善。未来,随着人工智能技术的不断发展和创新,其在并行计算课程教学改革中的应用将更加深入和广泛,为培养更多适应社会需求的高质量并行计算人才提供有力支持。

参 考 文 献

- [1] 范培勤,韩梅.《并行计算》课程教学方法探讨[J].教育现代化,2019,6(62):236-237+251.DOI:10.16541/j.cnki.2095-8420.2019.62.079.
- [2] 赵璐,蔡惠,王烟濛,等.生成式人工智能赋能程序设计课程教学研究[J].大学教育,2025,(08):33-39.
- [3] 谭立湘,李斌.人工智能时代“并行计算”课程的改革与探索研究[J].工业和信息化教育,2023,(05):26-29+35.
- [4] 陈伟,马丽娜,卞玉洁,等.基于创新能力培养的线上线下融合教学模式[J].教育教学论 坛,2025,(01):117-120.DOI:10.20263/j.cnki.jyxl.2025.01.045.
- [5] 智慧树, <https://www.zhihuishu.com>. 2025.
- [6] 梁毅,楼佳明,方娟,等.产学研育人背景下的并行计算课程改革与实践[J].计算机教育,2023,(04):38-42.DOI:10.16512/j.cnki.jsjy.2023.04.037.
- [7] 姜宏旭,赵梅娟,李辉勇,等.产教融合背景下嵌入式人工智能课程建设的探索[J].计算机技术与教育,2024,12(06):1-7.
- [8] 修佳鹏,王莉,陈虹雨,等.产教融合的特色化示范性软件学院实践创新体系探索与实践[J].计算机技术与教育,2023,11(02):75-80.
- [9] 陈国良等.并行计算课程的教学方法[J].中国大学教学,2004(2).
- [10] 肖健,于策,孙超,孙济洲.并行计算实验课程建设的实践与探讨[J].实验室研究与探索,2018.