

大模型重塑《计算机系统基础》课程实践教育范式*

余星星** 刘华敏 鲍忠将 朱伟杰 杨希望

安徽信息工程学院计算机与软件工程学院, 芜湖 241000

摘要 针对《计算机系统基础》课程传统实践教学中存在的学生思维惰化、学术诚信风险及传统应对策略的被动性等问题, 本文提出以“AIGC增强式学习”模型为核心的教育新范式, 推动大模型从“辅助工具”向“教学协作者”的角色转变。该模型构建了以“学生-AI-教师”为三元主体的协同框架, 依托“提问-验证-批判-重构”循环机制, 引导学生开展批判性验证与深度认知迭代。文中以实现“32位快速加法器”为例, 呈现了该模型在真实教学场景中的落地路径与实施效果。教学数据分析表明, 该模式有效提升了学生的成绩分布与知识掌握水平。

关键字 大模型, 计算机系统基础, 实践教育, AIGC增强式学习, 人机协同, 批判性思维

Large Models Reshape the Practical Education Paradigm of the “Fundamentals of Computer Systems” Course*

She-Xingxing Liu-Huamin Bao-Zhongjiang Zhu-Weijie Yang-Xinwang

Anhui Institute of Information Technology, Anhui 241000, China

Abstract—In response to the problems such as students' mental inertia, academic integrity risks, and the passivity of traditional coping strategies in the practical teaching of the “Fundamentals of Computer Systems” course, this paper proposes a new educational paradigm centered on the “AIGC Enhanced Learning” model, promoting the transformation of large models from “auxiliary tools” to “teaching collaborators”. This model constructs a tripartite collaborative framework of “student-AI-teacher”, relying on the “questioning-verification-criticism-reconstruction” cycle mechanism to guide students to carry out critical verification and deep cognitive iteration. Taking the implementation of a “32-bit fast adder” as an example, this paper presents the implementation path and effect of this model in real teaching scenarios. Teaching data analysis shows that this model effectively improves students' performance distribution and knowledge mastery level.

Keywords—Large models; Computer system fundamentals; Practical education; AIGC-enhanced learning; Human-machine collaboration; Critical thinking

1 引言

人工智能大模型 (LLM) 的迅猛发展, 正以前所未有的深度与广度冲击着传统教育模式^[1-2]。在《计算机系统基础》这一核心课程中, 其影响尤为显著: 大模型既能瞬间生成代码与解释, 也带来了学生思维惰化、学术诚信堪忧的严峻挑战。传统的应对策略多集中于被动防范, 未能从根本上化解其带来的范式冲击^[3-5]。而大模型不应被简单视为需严加管束的“作弊工具”或仅完成琐碎任务的“智能助手”, 而应被重新定位为启发思考、协同探索的“教学协作者”。本文提出一种“AIGC增强式学习”框架, 旨在将大模型深度融入计算机系统实践的教学全流程, 通过精心设计的

“提问-验证-批判-重构”循环, 引导学生穿透抽象概念、高效管理复杂度, 并培养其至关重要的批判性系统思维与人机协同能力, 从而重塑一种以“能力导向”和“深度理解”为特征的实践教育新范式。

2 研究背景与现状

2.1 研究背景

人工智能大模型 (LLM) 技术的突破性进展, 正驱动社会生产生活方式发生全域性变革。在此浪潮下, 高等教育, 特别是强调逻辑严密性、实践性与底层认知的计算机系统基础课程, 正面临前所未有的范式冲击^[6]。该课程旨在通过“在硬件之上、软件之下”的独特视角, 培养学生对计算机系统抽象层次、资源管理与程序执行机制的深刻理解, 其传统的实践教育范式依赖于学生亲手编码、反复调试与分析, 过程虽艰苦但对系统思维的形成至关重要。

* **基金资助:** 安徽省质量工程教学研究重点项目(2023jyxm0918); 安徽省高校优秀青年教师培育项目(YQYB2025081); 安徽省质量工程“四新”研究与改革实践项目(2024sx202); 安徽信息工程学院校级青年基金项目(24QNJKJ007)。

** 通讯作者: 余星星 xxshe@iflytek.com。

然而，大模型强大的代码生成与自然语言推理能力，与传统实践教学模式形成了尖锐矛盾：一方面，它能够瞬间完成学生需耗费大量时间才能实现的系统编程任务，这无疑解构了传统作业与考核的衡量价值，引发了普遍的学术诚信危机与教育者的适应性焦虑；另一方面，它也暴露了传统模式在激发学生兴趣、管理复杂度与提供个性化指导方面的固有瓶颈。因此，教育界正站在一个关键的十字路口：是延续“围堵”策略以维护旧有范式，还是主动“疏导”，将大模型从潜在的“作弊助手”重塑为深化系统理解的“教学协作者”？这并非一个简单的技术应用问题，而是一场关乎计算机系统教育根本目标与范式重塑的深刻命题，对其进行前瞻性探索具有极强的必要性与紧迫性^[7-8]。

2.2 研究现状

面对大模型带来的挑战，国内外教育工作者与学者的应对策略可大致分为三类，但均存在显著局限性。

(1) 防御与检测策略：这是最初级的反应。多数

机构试图通过修订学术诚信条例、使用检测工具以及在考试中回归纸笔或隔离环境来抵御大模型的影响。这类方法本质上是被动且消极的，它未能正视技术发展的不可逆性，且无法解决学生在课外学习中使用大模型所产生的认知差异，将教育与技术对立起来^[9]。

(2) 工具化辅助策略：一些教育者尝试将大模型定位为高级“智能助手”，允许其用于代码补全、语法纠错或生成模板代码。然而，这种应用往往停留在浅层效率提升层面，未能系统性地将其融入课程设计的核心。学生仍倾向于将其视为完成任务的捷径，而非促进理解的工具，教育者则缺乏有效的教学框架来引导这种互动，存在滥用和误用的高风险^[10]。

(3) 初步融合探索：已有研究开始探索大模型在编程教育中的应用，但大多聚焦于高级语言教学。在计算机系统基础这一特定领域，相关研究极为匮乏。该领域涉及底层硬件交互、复杂调试、性能优化等独特挑战，通用策略往往水土不服。现有实践尚未能提出一个系统的教学框架，以同时实现提升效率、保障学习深度和培养批判性思维这三重目标^[11]。

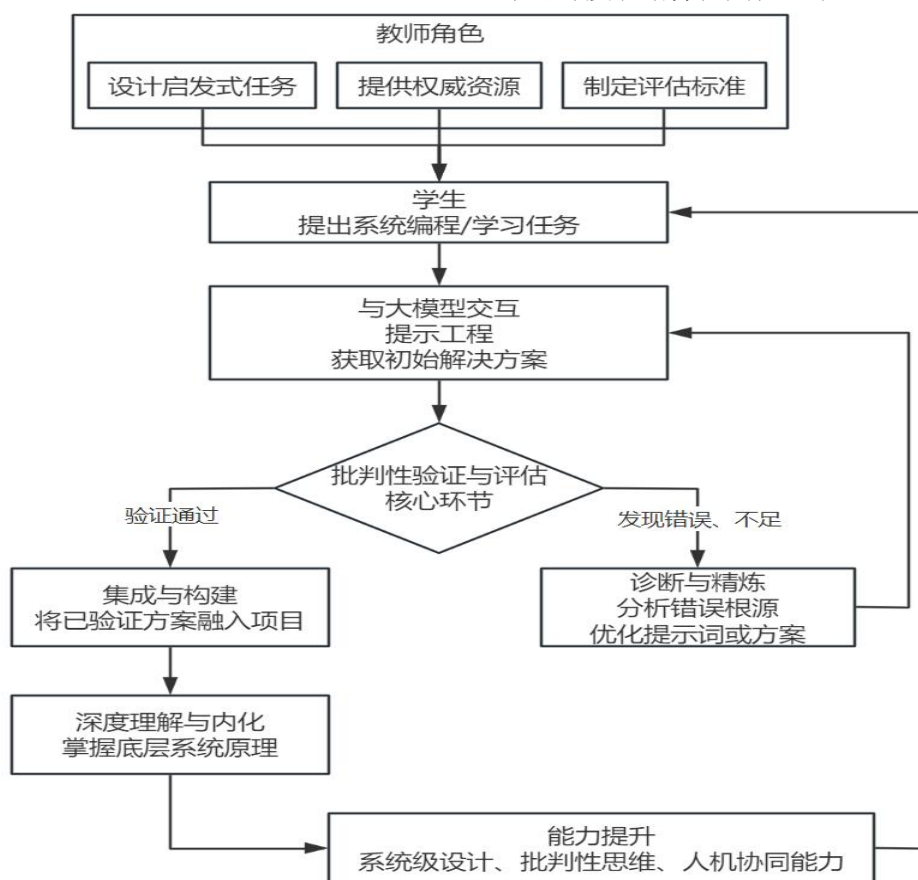


图1 AIGC 增强式学习模型框架图

3 AIGC 增强式学习模型的理论构建与设计

尽管大模型为计算机系统实践教学带来了范式冲击与转型机遇已成为共识，但如何将其从概念层面的“可能性”转化为教学实践中的“可行性”，仍需一

套系统性的理论框架与可操作的设计原则作为支撑。现有研究多停留在局部工具性应用或现象讨论, 缺乏一个以“人机协同”为核心、贯穿教学全流程的整体性模型。因此, 本文提出“AIGC增强式学习模型”, 其框架如图1所示。

该框架包含三个核心主体和两个关键流程:

核心主体一是学生, 学生是学习的中心主体和主要参与者, 提出任务、与大模型交互、执行批判性验证、集成方案、最终实现知识内化和能力提升。核心主体二是教师, 教师是学习过程的设计者和高阶思维的引导者, 其功能是设计出需要利用AI协作才能高效完成的复杂、开放性问题, 为学生提供教科书、官方手册等, 作为验证大模型输出的“黄金标准”, 同时建立基于过程(如何验证AI)而非仅基于结果(代码能否运行)的评估标准。核心主体三是大模型, 大模型充当协作者或智能工具, 而非权威答案源, 其功能是根据学生的提示, 提供代码、解释、调试建议和设计思路。它是“原材料”的生成器。

关键流程一是“批判性验证与评估”, 也是整个框架的核心枢纽, 是学生发生深度学习的环节。学生必须运用系统知识对LLM的输出进行以下几个步骤, 首先是正确性检查, 比如代码能否编译? 逻辑是否正确? 是否符合系统规范? 然后是效率分析, 比如算法复杂度、内存访问模式、缓存友好性如何? 然后是安全性审视, 比如是否存在缓冲区溢出、悬空指针等漏洞? 最后是可读性评价, 比如代码是否清晰、可维护? 如果验证失败, 流程进入“诊断与精炼”环节。关键流程二是“诊断与精炼”, 学生首先需要分析错误根源, 这就是一个极佳的学习过程。然后他们可以通过优化提示词, 提供更精确的上下文和约束, 再次向LLM提问。也可以手动修复, 直接动手修改代码, 加深理解。这个循环迭代过程直至问题解决。

4 教学实践案例: AI 辅助实现 32 位快速加法器

根据上图1所示的框架, 以AI辅助设计一个32位快速加法器为例, 可以分为以下几个步骤。

4.1 任务背景与设计(教师角色)

(1) 确定项目目标

解全加器串联(行波进位加法器)的性能瓶颈, 并通过实现超前进位加法器(CLA)来掌握如何用空间换时间, 优化关键路径。

(2) 讲授核心知识点

教师课堂讲授全加器(Full Adder)、生成(Generate)信号、传播(Propagate)信号、超前进

位(Carry-Lookahead)逻辑、模块化设计、硬件描述语言(Verilog)等知识点, 为项目做准备。

(3) 布置项目任务

编写一个Verilog模块cla_32bit, 其功能与行为等同于 $\text{assign sum} = a + b$, 但必须使用超前进位结构实现。需要提供测试激励文件进行验证。指定教科书(如《数字设计与计算机体系结构》)的相关章节和Verilog官方标准作为黄金参考。并要求学生撰写一份完整的项目报告。课后在FPGA开发板上综合并比较CLA与直接使用+运算符的时序性能差异。

4.2 学生 Walk Through 学习流程

(1) 提出任务

学生理解任务目标: 不是简单地写出 $\text{assign sum} = a + b$, 而是要用基本门电路搭建一个更高效的加法器结构。他意识到关键在于如何避免行波进位带来的长延迟, 但对超前进位的具体层级结构感到困惑。

(2) 与大模型交互

学生向大模型(如ChatGPT)提问, 旨在获取CLA的概念解释和初步代码结构。

比如, 学生可以输入以下提示词: “请解释32位超前进位加法器(CLA)相比行波进位加法器的优势。并用Verilog展示一个4位CLA模块的代码结构, 包括如何计算生成(G)和传播(P)信号, 以及第一级超前进位单元(如计算C1, C2, C3, C4的逻辑)。”

大模型响应如图2。

(3) 批判性验证与评估

学生启动批判性验证流程, 对照权威资料进行检查:

① 概念正确性: 教科书上对传播信号P的定义是 $P = a \oplus b$, 为什么这里用的是 $a \text{ OR } b$? 学生查阅教材, 确认标准的CLA使用 $G = A \cdot B$ 和 $P = A \oplus B$ 。模型提供了一个非主流定义, 这是一个关键错误!

“超前进位逻辑的表达式看起来正确, 但最后一句注释‘Connect carries c1, c2, c3 to the cin...’是什么意思? 在CLA中, c1, c2, c3就是直接用于计算本级和的进位, 不需要再连回全加器。”由此发现逻辑混淆。

② 代码结构与功能: “这个代码只是计算了进位, 但没有用这些进位(c1, c2, c3)来计算最终的和(sum[1], sum[2], sum[3])。”由此发现功能不全。全加器实例化时, 它们的cin应该分别接cin, c1, c2, c3。

（4）诊断与精炼

学生诊断出模型在核心概念（P信号定义）和代码完整性上存在重大问题。于是决定优化提示词，要求更准确的代码。

学生提示词（Prompt 2 - 优化后）：“你之前的

Verilog代码中对传播信号P的定义($a|b$)与教材($a \wedge b$)不符。请根据标准的生成信号 $G_i = A_i \cdot B_i$ 和传播信号 $P_i = A_i \oplus B_i$ 的定义，重新生成一个正确的4位CLA代码。请确保代码是完整且可综合的，包括用计算出的进位 c_1, c_2, c_3 作为对应全加器的输入。”

```
verilog
// 4-bit CLA Example (Conceptual)
module full_adder(input a, b, cin, output sum, output g, p);
    assign g = a & b; // Generate
    assign p = a | b; // Propagate (Some definitions use a ^ b)
    assign sum = a ^ b ^ cin;
endmodule

module cla_4bit(input [3:0] a, b, input cin, output [3:0] sum, output cout);
    wire [3:0] g, p;
    wire c1, c2, c3, c4;

    // Instantiate 4 Full Adders to get g and p
    full_adder fa0(a[0], b[0], cin, sum[0], g[0], p[0]);
    // ... fa1, fa2, fa3

    // Carry Lookahead Logic
    assign c1 = g[0] | (p[0] & cin);
    assign c2 = g[1] | (p[1] & g[0]) | (p[1] & p[0] & cin);
    assign c3 = g[2] | (p[2] & g[1]) | (p[2] & p[1] & g[0]) | (p[2] & p[1] & p[0] & cin);
    assign c4 = g[3] | (p[3] & g[2]) | (p[3] & p[2] & g[1]) | (p[3] & p[2] & p[1] & g[0]) | (p[3]
    & p[2] & p[1] & p[0] & cin);

    assign cout = c4;
    // Connect carries c1, c2, c3 to the cin of the next full adders? (wait, this is confusing)
endmodule
```

图 2 大模型响应示意图

大模型响应后生成了修正后的代码，使用了正确的P和G定义，并正确地将 c_1, c_2, c_3 连接到 fa_1, fa_2, fa_3 的cin上。

学生意识到32位CLA不能直接展开64个项的表达式，需要分层分组。他继续与AI交互：输入以下提示词：“如何将4位CLA模块作为基础单元，分层组合成一个16位或32位的CLA？请解释组生成（Group Generate）和组传播（Group Propagate）的概念并给出Verilog代码结构。”模型响应了分层CLA的概念和代码框架。学生再次验证这个结构是否合理，延迟是否真的降低了。

（5）集成与构建

学生将AI生成的、并经过自己验证和修改后的各个模块（如正确的4位CLA模块、第二级CLA逻辑）集成起来，构建出完整的cla_32bit模块。他编写Testbench，

用多种边界值（如全0、全1、最大数相加产生溢出）进行测试，确保功能与 $a + b$ 完全一致。

（6）深度理解与内化

通过这个迭代过程，学生不仅得到了一个能工作的CLA代码，更重要的是深刻地理解了G和P信号的物理意义及其在提前预测进位中的关键作用；分层（Hierarchical）和模块化（Modular）设计如何解决大规模问题；为什么CLA的延迟是 $O(\log n)$ 而RCA是 $O(n)$ 。他真正理解了“以空间换时间”的trade-off；并学会了如何让AI生成基础模块和解释概念，而自己专注于最关键的系统集成和验证工作。

（7）能力提升

掌握了对于复杂数字系统进行性能分析和优化的方法；强化了对AI输出进行“事实核查”的意识与能力，尤

其是在概念定义层面;建立了使用 AI 作为辅助进行硬件系统开发的新工作流程。

4.3 学生提交成果:过程化、多维度的能力证明

在AIGC增强式学习模型的指导下,学生的最终成果已从传统单一、孤立的代码文件,转变为一个融合了工程实践、批判性思维与元认知反思的“过程化成果包”。该成果包全面体现了人机协同范式下的学习效能,具体包含以下三个维度的内容。

(1) 工程实践维度:可验证的系统实现

包括采用分层超前进位结构的顶层模块、基础功能子模块。提供覆盖常规 case、边界 case的测试激励与自验证脚本,确保功能与 `assign sum = a + b` 行为完全一致。提供由专业EDA工具生成的综合报告截图,并包含关键数据表格,对比CLA设计与直接使用“+”运算符的综合结果 和查找表占用率,用客观数据量化“以空间换时间”的设计收益,深化对系统性能 trade-off 的理解。

(2) 过程认知维度:可视化的协同与批判日志

精选记录与大模型的关键对话序列,并高亮标注出模型中提供的有价值信息、存在的概念性错误或逻辑缺陷,并辅以简要说明。详细阐述针对模型输出进行验证的具体过程。例如,如何通过查阅教材权威资料发现并修正初始代码中的错误;如何通过仿真测试验证分层架构的正确性;如何评估不同设计选择的利弊。展示从初始错误代码到最终正确设计的迭代路径,包括每次优化的原因、策略(是优化提示词还是手动修改)和结果。

(3) 元认知反思维度:概念内化与自我评估

用自己的语言而非照搬课本或AI的解释,重新阐述超前进位加法器的工作原理、关键路径优化方法及分层设计思想,证明其已穿透抽象概念。分析在整个项目过程中,大模型在哪些环节提供了有效辅助,自身又在哪些环节发挥了不可替代的主导作用,并总结与AI协同工作的有效策略与注意事项。

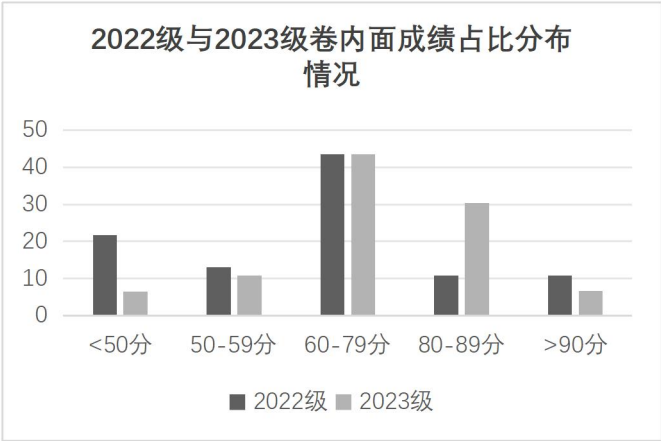


图 3 2022 级与 2023 级卷面成绩对比图

5 教学效果分析

5.1 卷面成绩对比分析

为科学评估“AIGC增强式学习”模型的教学成效,本研究从量化成绩分析与质性能力观察两个维度,对2023级软件工程专业参与试点的班级(实验组)与2022级采用传统教学模式的班级(对照组)进行了对比分析如下图3所示。

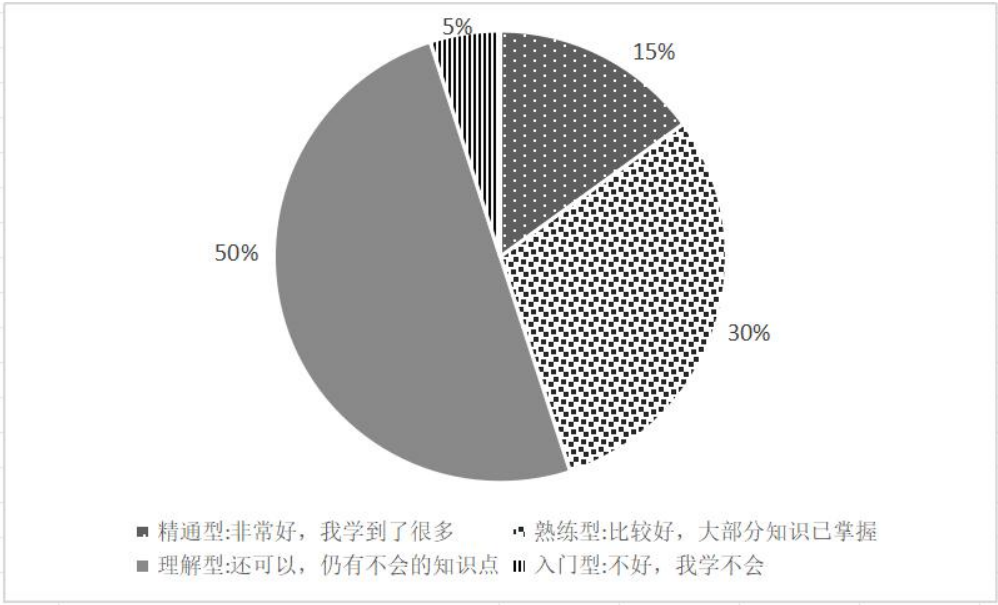


图 4 学生对课程的掌握程度分析图

(1) 低分段人数显著减少: 卷面成绩低于60分的学生比例从对照组的34.78% 下降至17.39%。这表明AIGC增强式学习模型通过个性化的人机协同交互, 为基础薄弱的学生提供了更有效的学习支架, 降低了学习挫折感, 显著减少了“掉队”现象。

(2) 高分段群体持续扩大: 卷面成绩在80分以上的学生比例从21.74% 大幅提升至36.95%。这反映出该模式有效助力中等及以上学生突破了认知瓶颈, 对系统核心原理(如层次化设计、性能权衡)的理解深度和实现能力得到了实质性增强。

(3) 总体通过率与平均分提升: 课程考试的总体通过率得以提升, 班级平均分亦有明显提高。这表明该教学模式在群体层面产生了广泛的积极影响。

5.2 学生对课程的掌握程度

基于课程多元化评价数据, 我们绘制了学生知识掌握程度的分布饼图, 旨在为教学优化提供直观依据如下图4。分析表明, 学生群体可划分为四个典型类别: 精通型(15%)、熟练型(30%)、理解型(50%)和入门型(5%)。这一分布态势为后续教学干预提供了清晰路径: 首先, 对“精通型”学生, 应提供开放性的挑战项目, 激发其创新潜能; 其次, 针对占比最大的“理解型”学生, 需通过综合项目训练强化其知识融会贯通的能力; 最后, 对于“入门型”学生, 则应回归基础实验与可视化工具, 帮助其构建直观认知。该饼图分析超越了单纯的结果展示, 转而成为推动教学实现“因材施教”、动态调整教学策略与资源分配的精准导航图。

6 结束语

本文提出了“AIGC增强式学习”模型, 系统论证了将大模型从辅助工具重塑为教学协作者、以人机协同范式重构计算机系统实践教育的可行路径。通过构

建“批判性验证与评估”核心循环与三元角色框架, 本研究不仅为化解当前教育危机提供了具身方案, 更实证了该范式在激发深度学习、培养系统思维与批判能力方面的显著效能。展望未来, 工作将集中于三方面: 一是开发垂直领域的高可靠教学代理, 根治模型“幻觉”问题; 二是构建智能学伴系统, 实现对个体认知状态的实时感知与自适应引导; 三是推动教育评价体系从知识重述向人机协同解决复杂系统问题的能力迁移, 最终迈向泛在化、个性化与能力化的教育新形态。

参考文献

- [1] 徐悦, 黄子文, 宋雨轩, 皮德常. 从 AI 大模型看高校计算机教育面临的机遇与挑战[J]. 计算机技术与教育学报, 2024, 12(3): 99-106.
- [2] 董帅, 庄宇, 李悦乔. 大模型赋能的人工智能导论实践教学改革[J]. 计算机技术与教育学报, 2025: 315-320.
- [3] 万露, 梁旗军, 符祥. 依托虚拟仿真平台的“计算机系统基础”课程实验教学模式改革探索[J]. 科技风, 2025, (06): 120-122.
- [4] 韦良芬, 王洪海, 房丙午. 智能时代应用型本科学生计算机系统能力培养模式[J]. 西昌学院学报(自然科学版), 2024, 38(04): 88-94.
- [5] 王雪. 基于 PBL 的“计算机系统基础”课程教学改革策略[J]. 信息系统工程, 2023, (09): 165-168.
- [6] 秦渝超, 刘革平. 生成式人工智能赋能教育元宇宙的空间逻辑[J/OL]. 现代远程教育研究, 1-10[2025-09-16].
- [7] 黎远波, 王鑫淼. 大模型浪潮下坚定文化自信的现实逻辑、内在机理与实践理路[J/OL]. 南华大学学报(社会科学版), 1-8[2025-09-16].
- [8] 梁忻健, 姚迪, 文永明, 等. 基于大模型的时态数据分析算法综述[J]. 集成技术, 2025, 14(05): 1-19.
- [9] 周丽, 李雨洁. AIGC 视域下地方高校传媒类课程的转型、融合与实践——以四川文理学院为例[J]. 四川文理学院学报, 2025, 35(05): 74-81.
- [10] 李娟. 基于 AIGC 技术的非遗数字化创新与传播策略[J]. 佳木斯大学社会科学学报, 2025, 43(09): 136-138+143.
- [11] 赵贝妮. “AIGC+”在中职《图形创意》课程教学中的实践研究[D]. 吉林外国语大学, 2025.