

“师 - 生 - 机”三元交互：AI赋能下的数值分析课程教学设计教学模式创新研究

张 健

北京建筑大学理学院，北京

收稿日期：2025年9月25日；录用日期：2025年11月4日；发布日期：2025年11月13日

摘 要

当前，教育技术正从辅助工具向重塑教学流程的赋能者演进。针对传统数值分析课程设计中存在的理论实践脱节、教学交互不足、评价维度单一等共性问题，研究超越“技术工具论”视角，构建了一种以生成式人工智能为核心驱动的“师 - 生 - 机”三元交互教学模式。该模式以建构主义理论、情境学习理论为基石，将AI技术从辅助工具提升为教学过程中的关键交互主体。研究中，AI深度赋能于跨学科真实任务场景的动态生成、学生编程实践过程的即时反馈与精准辅助，以及教学评价全环节的客观覆盖。初步实践表明，该模式在激发学生学习主动性、提升设计效率与成果质量方面展现出潜力。然而，其长期效果与普适性仍需更严谨的研究设计与数据支撑。研究为人工智能深度融入实践课程教学提供了一个初步的范式探索。

关键词

生成式人工智能，三元交互，AI赋能，数值分析，教学模式创新

“Teacher-Student-Machine” Triadic Interaction: Innovating Instructional Design in a Numerical Analysis Course through AI Empowerment

Jian Zhang

School of Science, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing

Received: September 25, 2025; accepted: November 4, 2025; published: November 13, 2025

Abstract

Currently, educational technology is evolving from an auxiliary tool to an enabler that reshapes

文章引用：张健. “师-生-机”三元交互：AI 赋能下的数值分析课程教学设计教学模式创新研究[J]. 创新教育研究, 2025, 13(11): 292-299. DOI: 10.12677/ces.2025.1311869

teaching processes. Aiming at the common problems in traditional numerical analysis curriculum design, such as the disconnection between theory and practice, insufficient teaching interaction, and a single evaluation dimension, this study transcends the perspective of “technology-as-tool” and constructs a “Teacher-Student-Machine” ternary interactive teaching model driven by generative artificial intelligence (AI) as the core. Grounded in constructivism and situated learning theory, the model elevates AI technology from an auxiliary tool to a key interactive subject in the teaching process. In the research, AI deeply empowers the dynamic generation of interdisciplinary real-task scenarios, the real-time feedback and precise assistance in students’ programming practice, and the comprehensive and objective coverage of all links in teaching evaluation. Preliminary practice shows that this model demonstrates potential in stimulating students’ learning initiative and improving design efficiency and outcome quality. However, its long-term effects and generalizability require further rigorous research design and data support. It provides a preliminary paradigm exploration for the deep integration of AI into practical curriculum teaching.

Keywords

Generative Artificial Intelligence, Ternary Interaction, AI Empowerment, Numerical Analysis, Teaching Model Innovation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

《数值分析》作为连接数学理论与工程应用的桥梁课程，其配套的《数值分析课程设计》是培养学生将算法理论转化为解决实际问题能力的关键实践环节。然而，传统教学模式往往面临挑战：1) 任务场景固化：设计题目多为理论算法的简单验证，缺乏与前沿技术、跨学科领域的真实连接，导致学生兴趣不高，学用脱节；2) 教学过程单向：多以“教师布置、学生实现、教师评判”的线性流程为主，学生处于被动接受状态，个性化指导不足，创新思维培养受限；3) 评价维度单一：侧重于最终代码和报告的规范性，对算法理解深度、解决过程、团队协作、创新性等综合能力评价不足。

近年来，人工智能技术，特别是大型语言模型与代码生成工具，为破解上述难题提供了新的契机[1]。但当前应用多局限于将 AI 作为信息检索或代码生成的工具，未能从根本上重塑教学结构与流程。本研究认为，AI 不应仅是工具，更应成为教学活动中具有能动性的“第三元”，与教师、学生共同构成一个动态、深度交互的生态系统。

基于此，本文提出并实践了“师-生-机”三元交互教学模式。本研究旨在：1) 系统阐述该模式的理论内涵与核心要素；2) 详细描述 AI 技术在任务设计、过程实施、教学评价全流程中的赋能路径与具体实践；3) 通过初步教学实践与反思，分析该模式在教学成效、学生能力培养等方面的潜在效果与面临挑战；4) 反思模式的优势与挑战，为同类课程改革提供参考。

2. 理论演进与赋能逻辑：模式构建的学理基础

本研究所构建的“师-生-机”三元交互教学模式，其合理性植根于学习理论与教育技术发展的内在逻辑。数字时代，智能技术并非只是外在于理论的工具，而是推动理论内涵深化与实践形态革新的关键力量[2]。以下三个理论视角共同构成了本模式的学理基础，阐明了技术赋能教学的内在机制。

2.1. 建构主义的技术深化：从社会互动到人机协同建构

建构主义认为知识是学习者在社会互动中主动建构的。在教育技术视域下，AI 的介入极大地拓展了“社会互动”的边界[3]。本模式中，AI 不再是静态的资源库，而是能动态生成跨学科真实任务场景的“情境创设主体”，并作为智能体与学生进行持续对话。这使得学习者的知识建构过程，从传统的人际协作，深化为在与智能工具的协同探索中完成，技术直接参与了意义的建构[4]。

2.2. 情境学习理论的场景重构：AI 赋能下的“实践共同体”拓展

情境学习理论强调“实践共同体”对学习的关键作用。AI 技术使得创建高度逼真、多样化的专业实践情境(如工程计算、金融建模)的成本极大降低。学生通过与 AI 工具的交互，仿佛置身于一个由算法、数据和领域问题构成的“增强型实践共同体”中。他们不再是模拟练习，而是解决由 AI 生成的、逼近真实的复杂问题，从而更有效地习得专家思维与实践能力[5]。

2.3. 联通主义理念的现实映照：与非人物理节点的认知交互

联通主义指出，数字时代的知识分布于网络与人脑之外的各类节点中。生成式 AI 正是当前最具代表性的外部认知节点。本模式的核心目标之一，便是培养学生与这一高效能节点进行有效“联通”与协作的能力。学会向 AI 清晰表述问题、批判性评估其输出，并整合人机智慧解决问题，这本身就是联通主义所倡导的数字时代核心素养的直接体现。

3. “师 - 生 - 机”三元交互教学模式的框架构建

本模式的核心创新在于对教学系统的基本结构单元——教师、学生与 AI 智能体(“机”)——进行角色定位与互动逻辑的重构，旨在将传统的单向主导模式转变为三者间双向互动、功能互补的协同生态(如图 1 所示)。

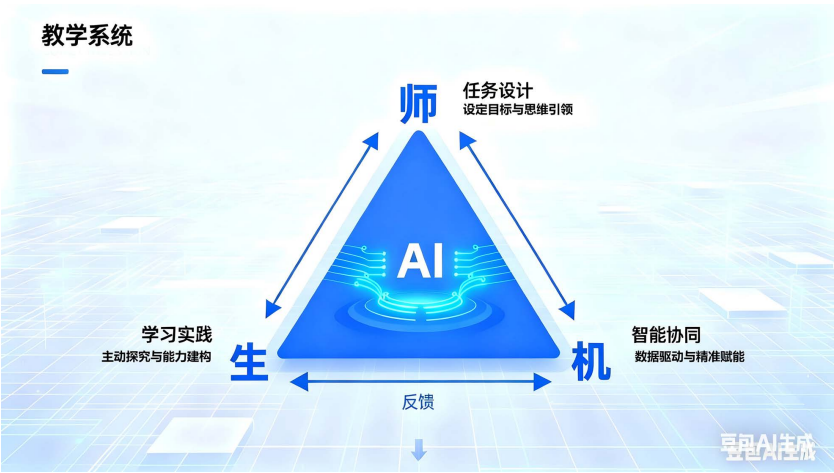


Figure 1. Schematic diagram of “Teacher-Student-Machine” triadic synergy
图 1. “师 - 生 - 机”三元协同示意图

- 1) 教师：从知识传授者转变为学习生态的架构师与引领者
- 教师的核心职责跃迁为学习情境的设计与学生高阶思维的培养。他们利用 AI 工具构建真实、前沿的任务场景，并超越基础知识的讲授，在学生与 AI 的协作探究中，重点引导批判性思维、创新意识与价值判断，实现知识、能力与素养的融合培养。

2) 学生：从被动接收者转变为知识的主动建构者与 AI 的驾驭者

学生成为学习过程的中心，转变为主动的问题解决者。他们通过与 AI 智能体进行深度、有目的交互，自主完成从问题建模、算法实现到结果分析的全流程，在此过程中不仅内化专业知识，更关键的是培养与智能工具协同解决复杂问题的核心能力。

3) AI 智能体：从工具升级为贯穿教学流程的认知协作者与能力赋能者

AI 被重新定义为深度融入教学全过程的赋能主体。它承担三重角色：① 资源共创者，辅助教师高效生成与迭代个性化教学资源；② 个性化学伴，为学生提供实时、自适应的脚手架式支持(如代码调试、概念解惑)；③ 过程分析器，对学习过程与可量化成果进行诊断分析，为教师实施精准干预提供数据支持。

协同机制：三者形成了一个动态平衡的增强回路。教师通过任务设计与高阶引导调控“生-机”互动的深度与方向；学生在此互动中建构知识、生成反馈，驱动教师优化教学策略；AI 则作为关键赋能变量，提升教与学双方的效率与深度，共同推动教学目标的高质量实现。

4. AI 赋能下“三元交互”教学模式的实践路径

4.1. AI 驱动：跨学科真实任务场景的构建

传统课程设计题目如“龙格-库塔法求解常微分方程”较为抽象。本模式利用 AI (如 ChatGPT、文心一言等)的数据生成与情境模拟能力，将其转化为：

案例 1 (工程与爱国情怀)：“基于插值算法的高精度国土面积测算”。AI 生成模拟的国界线离散点数据，学生需选择并实现合适的插值算法计算面积。教师在此引导讨论精准测量对国家主权与资源管理的重要意义。

案例 2 (金融科技)：“基于矩阵特征值分解的社交网络影响力分析”。AI 模拟生成小型社交网络邻接矩阵，学生通过计算特征向量中心性等指标，识别关键节点。

案例 3 (人工智能)：“基于数值积分与图像处理的艺术画作数字化分析”。AI 提供画作图像，学生需编程实现图像灰度化、数值积分计算色彩分布等。

这些任务由“师-机”协作设计，紧密联系实际，激发了学生的探索欲望，实现了知识学习与价值引领的统一。

4.2. “生-机”交互：沉浸式与个性化学习过程的实现

在教学实施过程中，学生通过与 AI 编程辅助工具(如 GitHub Copilot 等智能代码助手)进行持续而深入的交互，实现沉浸式与个性化相结合的学习体验，具体体现在以下三个方面：

1) 代码生成与算法理解。学生通过自然语言向 AI 描述算法任务(例如“使用 Python 实现牛顿插值法”)，AI 据此生成初步代码框架。学生需对生成代码进行阅读理解、逻辑验证与功能调试，而非直接复制使用。该过程不仅强化了其对算法本质的理解，也有助于培养批判性思维与代码审查能力。以下是一段典型的交互片段(见图 2)：

- 学生提问：“用 Python 实现牛顿插值，给定节点列表 x 和 y，求指定点 t 处的插值”。
- AI 生成代码框架(含函数定义、差商计算循环等)。
- 学生审查代码后追问：“在求解 $N(t)$ 时， $\text{range}(n-2, -1, -1)$ 为什么从 $n-2$ 开始，逆序到 -1 ？”
- AI 解释计算牛顿插值多项式使用“秦九韶/霍纳(Horner)形式”。
- 学生查看解释后继续追问：“秦九韶/霍纳(Horner)形式在计算多项式中的优势有哪些？”
- AI 归纳“秦九韶/霍纳(Horner)形式”在多项式计算中的四点优势，并给出适用领域。

通过此类对话，学生被迫理解代码背后的算法逻辑，而非简单复制，有效促进了算法知识的深度建构。

生问：用Python实现牛顿插值，给定节点列表x和y，求指定点t处的插值。 AI答：…… 方法二：紧凑实现（内存优化） <pre>def newton_interpolation_compact(x, y, t): """ 紧凑版的牛顿插值法 使用单个数组存储差商，节省内存 """ n = len(x) if len(x) != len(y): raise ValueError("x和y的长度必须相同") if n == 0: raise ValueError("节点列表不能为空") # 复制y值作为初始差商（零阶差商） coef = y.copy() # 计算各阶差商（原地更新） for j in range(1, n): for i in range(n-1, j-1, -1): coef[i] = (coef[i] - coef[i-1]) / (x[i] - x[i-j]) # 使用秦九韶算法计算插值结果 result = coef[-1] for i in range(n-2, -1, -1): result = result * (t - x[i]) + coef[i] return result</pre>	生问：在计算插值结果时，为什么range(n-2, -1, -1)从n-2开始逆序到-1？ AI答：秦九韶算法的应用方法 …… 数学原理 牛顿插值多项式的一般形式为： $P(t) = c_0 + c_1(t-x_0) + c_2(t-x_0)(t-x_1) + \dots + c_{n-1}(t-x_0)(t-x_1)\dots(t-x_{n-2})$ 其中 c_i 是各阶差商。 使用秦九韶算法，我们可以将其重写为： $P(t) = c_0 + (t-x_0)[c_1 + (t-x_1)[c_2 + \dots + (t-x_{n-2})[c_{n-1}]\dots]]$ 代码解释 # 计算插值结果 <pre>result = coef[-1] # 从最高阶系数开始 (c_{n-1}) for i in range(n-2, -1, -1): result = result * (t - x[i]) + coef[i]</pre> [i] 为什么从 n-2 开始？ - 索引对应关系： - coef[0] 对应零阶差商 $f[x_0]$... - coef[n-1] 对应 n-1 阶差商 $f[x_0, x_1, \dots, x_{n-1}]$ - 循环过程： - 初始：result = coef[n-1] （最高阶系数） - 第一次迭代 (i = n-2)：result = coef[n-1] * (t - x[n-2]) + coef[n-2] ... - 最后一次迭代 (i = 0)：result = [之前所有结果] * (t - x[0]) + coef[0]	生问：秦九韶算法在计算多项式时的优势有哪些？ AI答：秦九韶算法（Horner's method）在计算多项式时具有多项显著优势，使其成为数值计算中广泛使用的高效算法： 计算效率优势 乘法次数大幅减少 传统方法：计算n次多项式需要 $n(n+1)/2$ 次乘法 秦九韶算法：只需要 n 次 乘法 示例：计算 5 次多项式 $P(x) = a_5x^5 + a_4x^4 + a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0$ 传统方法：5+4+3+2+1 = 15 次乘法 秦九韶算法：5 次乘法 # 传统方法 (15 次乘法) result = a5*x*x*x*x*x + a4*x*x*x*x + a3*x*x*x + a2*x*x + a1*x + a0 # 秦九韶算法 (5 次乘法) result = a5 result = result*x + a4 # 1 次乘法 result = result*x + a3 # 2 次乘法 result = result*x + a2 # 3 次乘法 result = result*x + a1 # 4 次乘法 result = result*x + a0 # 5 次乘法 - 数值稳定性优势（略） - 内存和存储优势（略） - 算法简洁性优势（略） - 功能扩展优势（略） - 实际性能对比（略） - 应用场景优势（略） 总结：正是这些优势使得秦九韶算法成为多项式计算的事实标准，在科学计算、工程应用和计算机图形学等领域得到广泛应用。
---	--	---

Figure 2. Example of “Student-Machine” interaction

图 2. “生 - 机”交互片段示例

2) 实时调试与错误诊断。在程序运行出现错误或结果异常时，学生可将报错信息或异常行为反馈至 AI 系统，AI 能够识别潜在错误类型并提供修正建议。例如，学生在实现数值积分时遇到“维度不匹配”错误，将错误信息粘贴给 AI 后，AI 指出可能源于数组广播机制理解不清，并提示检查数组形状。此过程形成了即时的“实践 - 反馈 - 修正”闭环，显著提升调试效率与自主排错能力。

3) 算法比较与性能探索。学生可引导 AI 对同一问题生成不同算法解决方案(如分别使用高斯消元法与雅可比迭代法求解线性方程组)，并在此基础上对比分析算法在收敛性、稳定性、时间复杂度等方面的差异，从而加深对算法适用条件与性能特征的理解。

“生 - 机”交互机制有效践行了“做中学”理念，AI 作为可随时响应的智能学伴，为不同认知水平的学生提供个性化支持，使教师能够从基础性、重复性的答疑工作中解放出来，更专注于组织高阶讨论、引导深度思考与促进知识整合。

4.3. “机 - 师”协同：全过程、多维度教学评价体系的重构

本模式构建了 AI 辅助下的多元评价体系(见图 3)，覆盖项目成果(30%)、项目报告(30%)、演示答辩(20%)、团队协作(20%)四个维度。

1) AI 赋能客观评价：利用代码静态分析工具、查重系统等，AI 可自动评估代码的规范性、鲁棒性及报告重复率，为功能实现(20 分)、代码质量(10 分)等客观指标提供初步评分建议，保证评价的公正性与效率。

2) 教师聚焦质性评价：教师基于 AI 提供的客观数据，结合项目报告的逻辑性、创新性，答辩过程中的表达能力、问题深度，以及团队协作中的贡献度等进行综合评价。特别是关注学生在报告中是否反思了 AI 工具的使用界限、伦理问题，以及项目的社会价值。

这种“机-师协同”的评价模式，实现了定量与定性、过程与结果、个体与团队的结合，评价更为全面、精准。

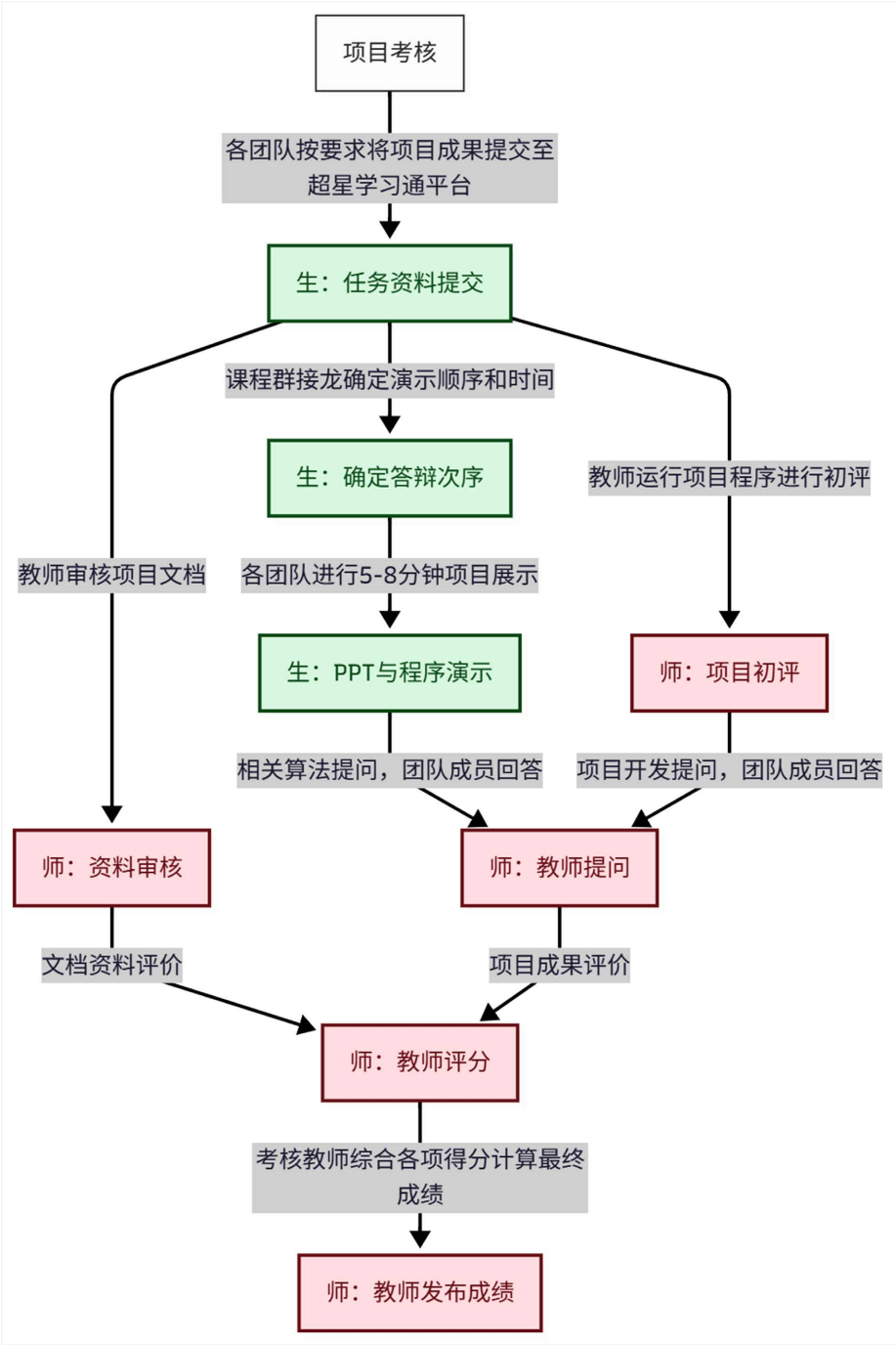


Figure 3. Assessment process and requirements for numerical analysis course design
图 3. 数值分析课程设计考核流程及要求

5. 教学成效、挑战与反思

5.1. 研究设计与初步成效

本研究基于我校理学院信息与计算科学专业《数值分析课程设计》课程，随机抽取 2021 级(传统)与 2022 级(AI-Enhanced)各 10 份成果，构建“代码 - 文档 - 测试 - 可视化”四维量化指标，由 AI 大模型自动完成静态分析与评分。改革组全程嵌入生成式 AI，采用“项目驱动 + Web 可视化 + 即时反馈”模式，覆盖需求、架构、编码、测试及文档完整生命周期，对比详情见表 1。

对比显示，AI 融入后代码复用率、文档完备度、测试覆盖率等均有大幅提升，加权评分增加 21.4 (见表 2)。AI 辅助不仅缩短了语法调试与接口联调时间，还促使学生将更多认知资源投入算法理解、误差分析与模型抽象等高阶环节，形成“AI 处理规范 - 学生专注创新”的分工格局。

Table 1. Comparative analysis of teaching reform effectiveness through AI infusion in the “Numerical Analysis Course Design”
表 1. AI 赋能《数值分析课程设计》教学改革成效对照分析详表

维度	信 21	信 22
代码结构	多数采用“函数 - 脚本”式，主函数/菜单函数过长 (200+行)，嵌套回调多，圈复杂度高。	普遍使用“类 + 模块”拆分，如 SplinePlotter、VolumeCalculator，单一职责清晰。
命名规范	变量名拼音与英文混杂(如 h_a、gui_Singleton)。	基本符合 PEP8，动词 - 名词式函数(calculate_curve_length、adaptive_simpson)，常量全大写。
注释	注释率 < 10%。	注释率 25%~40%，含参数类型、返回说明。
可扩展性	新增算法需改动主函数回调链，违反 OCP；MATLAB 版硬编码路径，跨平台困难。	插件式扩展：新增算法只需在 algorithm/目录新增类，继承 BaseSolver 即可注册到 UI。
架构图/模块图	少数给出“流程图”，绝大多数无模块划分；无接口定义。	每份报告均提供 3 层架构图(UI→业务→算法)，并附核心类 UML；接口/继承关系清楚。
测试章节	仅有“运行截图”堆砌，无输入/期望输出对照；误差分析一句话带过。	单列“测试案例及分析”小节，给出误差阶、收敛阶表格，并与理论值对比。
反思深度	个人总结停留在“学会了 Python/MatlabGUI”、“体会到团队合作”，无量化指标。	给出“代码行数 - 耗时 - 误差”三维雷达图；反思“为何 RK4 比 RK2 耗时仅增加 20%但误差降低 90%”。
可视化	MATLAB GUI 元素对齐粗糙；图像放大案例无原始 - 结果对比图。	统一采用 matplotlib/seaborn 风格，分辨率高；交互式窗口提供参数滑条，实时重绘。

Table 2. Evaluation rubric scores for the AI-enhanced “Numerical Analysis Course Design” before and after teaching reform
表 2. AI 赋能《数值分析课程设计》教学改革前后成果评分表

组别	代码质量 40%	设计文档 30%	测试反思 20%	可视化 10%	加权总分 100%
信 21	68	55	52	60	60.1
信 22	78	85	80	88	81.5

5.2. 面临的挑战与反思

尽管初步成效积极，但 AI 赋能暴露“生 - 机”协同新风险：

其一，部分学生出现认知依赖，直接复现 AI 代码，缺乏深度思考和独立验证，致初期实验失效；

其二，生成式代码高度相似，传统查重与人工审查难以精准识别原创性，本研究虽通过代码审查、口头答辩和报告反思环节进行检测，但如何有效甄别和评估 AI 辅助下的原创性工作，仍是未来评价体系需要完善的重点。

其三，教师需兼具学科深度与 AI 工具认知，方能设计高阶“生-机”对话任务，现行师资培训尚缺系统方案。这对部分教师构成了挑战，需要配套的教师发展支持。

其四，单中心、小样本准实验设计限制了结论外推，后续需多校、大样本随机对照，并构建“交互-成效”细粒度指标，以验证 AI-Enhanced 范式的可持续性与普适性。

6. 结论与展望

本研究构建并实践了“师-生-机”三元交互教学模式，系统地将人工智能技术融入《数值分析课程设计》的教学全过程。初步实践表明，该模式在激发学生学习主动性、提升设计效率、培养学生综合能力方面具有积极效果。然而，本研究也认识到该模式潜藏的风险(如认知惰性、AI 可靠性、学术诚信)以及对教师能力提出的新挑战。

同时本模式的适用性存在一定边界，它更适用于强调实践能力、问题解决和与信息技术结合紧密的课程，且需要相应的技术环境与师资准备作为支撑。本研究受限于样本来源和研究设计，其结论的推广需保持审慎。

展望未来，本研究可在以下方面进一步深化：1) 探索基于人工智能的个性化学习路径动态生成与推荐机制；2) 建立更为科学的“生-机”交互行为评价指标体系(如分析提问质量、交互频率与深度等)，以量化评估交互质量与学习成效的关系；3) 开展跨院校、多学科的对比实验研究，推动该模式在不同学科背景和课程类型中的适应性拓展与体系化应用；4) 深入研究并制定 AI 赋能教学环境下的学术诚信保障策略。随着智能技术的持续发展，“师-生-机”三元交互教学模式有望为新时代高层次、复合型人才培养提供持续有效的教学支持与实践范式，但其发展路径需伴随持续的批判性反思与实证研究。

基金项目

本文为北京市教育科学规划一般课题“数字技术赋能高等学校教学质量提升路径研究”(项目编号：CDDDB24247)的阶段性研究成果。

参考文献

- [1] 祝智庭, 胡姣. 技术赋能教育: 内涵基础、运行机制与实践路径[J]. 电化教育研究, 2022, 43(1): 5-14.
- [2] 焦建利, 周晓清. 生成式人工智能如何重塑未来教学: 模式、挑战与路径[J]. 现代教育技术, 2023, 33(3): 12-20.
- [3] 龚朝花, 黄荣怀. 人工智能教育应用的人本主义发展向路[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2021, 39(11): 78-90.
- [4] Luckin, R. (2018) Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education for the 21st Century. UCL Institute of Education Press.
- [5] Shum, S.J.B. and Luckin, R. (2019) Learning Analytics and AI: A New Infrastructure for Monitoring the Planet's Intellectual Health. *Learning: Research and Practice*, 5, 1-14.