

GenAI 赋能的 STEAM 教育全流程研究——以“智能小灯”为例

A Research on GenAI-empowered Framework for STEAM Education

——A Case Study of “Intelligent Little Lamp”

钱俊¹, 陈真源², 杜洞之³, 于文静⁴, 吴永和^{5*}

¹²³⁴⁵ 华东师范大学教育信息技术学系

*yhwu@deit.ecnu.edu.cn

【摘要】 本文以“智能小灯”STEAM 课程为例，构建了生成式人工智能（GenAI）赋能的 STEAM 教育全流程框架。通过多智能体协作机制，覆盖教学设计、课堂实施和评估反馈三个阶段，展示了 GenAI 在教学支持、工程实践引导和情感关怀等方面的潜力。研究提出学情分析、教师助手、教学助手、工程助手等智能体，为学生提供知识、技能与情感支持，同时助力教师高效备课。从理论上展示了 GenAI 在提升教学效率、促进跨学科知识整合、支持学生个性化学习以及培养创新能力方面的价值。本文通过设计智能体协作机制和课程案例，为 GenAI 在 STEAM 教育中的应用提供了清晰的理论框架与实践方向。

【关键词】 生成式人工智能；多智能协作；STEAM；跨学科教学

Abstract: This study uses the “Intelligent Little Lamp” STEAM course as an example to construct a GenAI-empowered framework for STEAM education. Through a multi-agent collaboration mechanism, the framework spans teaching design, implementation, and evaluation, demonstrating GenAI’s potential in teaching support, engineering guidance, and emotional care. It introduces agents such as student profiling, teacher assistants, and engineering assistants, offering students knowledge, skills, and emotional support while aiding teachers in efficient preparation. The study highlights GenAI’s value in enhancing teaching efficiency, promoting interdisciplinary integration, supporting personalized learning, and fostering innovation. It provides a clear theoretical framework and practical direction for applying GenAI in STEAM education.

Keywords: Generative Artificial Intelligence, Multi-Agent Collaboration, STEAM, Interdisciplinary Teaching

1. 引言

近年来，生成式人工智能（Generative AI, GenAI）以文本与图像生成、复杂问题求解推动教育创新。作为教师、学习者和助教，GenAI 提供智能教学工具与支持环境（石琬若 & 韩锡斌，2024），助力解决教育关键挑战。STEAM 教育强调跨学科融合（朱立明 & 宋乃庆，2022），培养创新能力、工程思维与问题解决能力（Bybee，2013），但在推广中面临课程设计复杂、个性化教学难、学习动力不足及缺乏基于证据的形成性评价（程薇 等，2024）。为此，亟需构建涵盖教学设计、课堂实施、评估反馈的系统化方案，形成完整的教育闭环。

基于此，本研究关注以下核心问题：（1）如何构建 GenAI 赋能的 STEAM 教育全流程框架，实现多智能体协作以整合教学设计与评估反馈？（2）该框架如何提升教学效率、满足学生个性化需求，并支持基于证据的形成性评价？

为回答这些问题，本文提出了一种基于 GenAI 的 STEAM 教育全流程框架，涵盖教学设计与评估反馈环节，重点探索多智能体协作机制在课程设计中的具体应用，为 STEAM 教育的系统化发展提供理论支持与实践指导。

2. 生成式人工智能赋能 STEAM 教育的研究现状

自 2022 年以来,生成式人工智能技术迅速发展,大语言模型(如 GPT)和多模态模型(如 DALL-E、SORA)为教育提供了重要技术支持。研究表明,GenAI 可辅助教师备课(周立军等, 2024)、作为虚拟助教提供个性化学习支持(石琬若 & 韩锡斌, 2024),并在教学评估中助力作文评分与代码审查(吴军其等, 2024; 周立军等, 2024)。此外, GenAI 还可模拟学生角色,以检验 AI 教师的教学效果(Phung 等, 2024)。

尽管 GenAI 在 STEAM 教育中展现应用潜力,但现有研究多聚焦于单一功能,缺乏全流程整合,具体课程案例亦较有限。因此,探索 GenAI 赋能的 STEAM 教育框架并验证其在教学场景中的应用,具有重要的理论与实践价值。

3. 生成式人工智能赋能的 STEAM 教育

3.1. 生成式人工智能赋能的 STEAM 教育全流程框架

基于传统 STEAM 模式的教学痛点,本文提出了 GenAI 赋能的 STEAM 教育全流程的框架(见图 1)。该方案涵盖课前准备、教学实施和评估反馈三个环节,通过整合多种智能体角色,为教师和学生提供全面的支持,从而构建高效、创新、以学生为中心的教学模式。

课前准备阶段,学情助手智能体生成学情报告,基于学情报告教师助手智能体提供基于数据支持的教学资源和课程规划支持。教学实施阶段,教学助手智能体结合知识图谱与多模态能力,解答问题并培养高阶思维;情感支持智能体关注学生情绪,提供情感支持;工程助手智能体培养学生工程思维。评估反馈阶段,评价助手智能体采集教学反馈,学习分析智能体生成个性化评价报告,辅助教师分析总结,优化教学内容和方法,提升教学的整体效果。

该框架以数据驱动为核心,通过实时反馈与情感关怀,促进学生知识学习、工程思维发展与高阶思维培养,构建了一个闭环且可持续优化的教学模式,为未来智能化教学提供参考。

3.2. 智启 STEAM 之光: 智能小灯点亮跨学科探索之旅

“智启 STEAM 之光”课程面向高中生,围绕智能小灯的设计与实现开展项目式学习(见图 2),培养系统思维、设计思维与计算思维,提升跨学科整合能力、创新意识与团队协作精神。学生将综合运用物理、编程、建模等跨学科的知识,探索智能小灯的功能实现,理解照明技术的演进,并在自我表达和反思中,形成对社会责任的认知。本课程依托 GenAI 赋能的 STEAM 教育全流程框架(见 3.1),在课前准备、教学实施和评估反馈各环节均充分发挥智能体的支持作用,实现数据驱动、个性化学习与高效评估,构建闭环式教学模式。

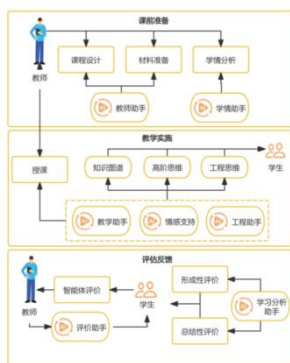


图 1 GENAI 赋能 STEAM 教育全流程框架

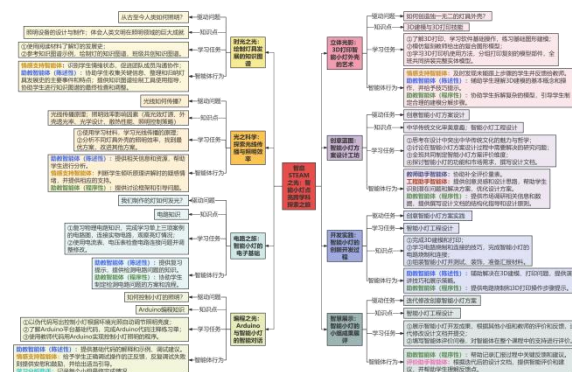


图 2 “智启 STEAM 之光”教学活动

3.2.1. 教师助手智能体 教师助手智能体旨在帮助教师高效规划教学内容。其工作流程涵盖知识与技能梳理、课程安排制定、资源整合与课堂活动优化,提供激发学生创造力与高阶思维的教学建议。遵循内容准确性、学生适配度、教师友好性原则,确保内容精准、难度适宜、交互便捷。

3.2.2. 学情分析智能体 学情分析智能体旨在通过数据驱动的方式帮助教师全面了解学生的知识基础、技能掌握情况和学习需求,为教学设计提供科学依据。其工作流程(见图 3)依托对话流实现。引入阶段通过引导语激发学生的学习兴趣并减轻压力。测试阶段支持多种题

型（选择题、判断题、简答题），即时校验答案并提供个性化反馈，帮助学生加深理解同时积累数据供后续分析。

3.2.3. 教学助手与情感支持智能体的协作设计 本研究认为，情感支持智能体并非独立存在，而是与教学助手智能体深度融合共同嵌入教学活动，提供知识支持、任务指导与情感关怀。教学助手智能体结合检索增强技术精准地回应学生提出的问题，解决 GenAI 幻觉问题；情感支持智能体则负责情感分析和话语润色，实时检测学生的情绪状态，根据情绪反馈对解答内容进行优化调整，采用更恰当的语言表达。这种协作机制不仅学术难题，还能缓解学生的学习焦虑，增强学习体验与积极性（见图 4）。

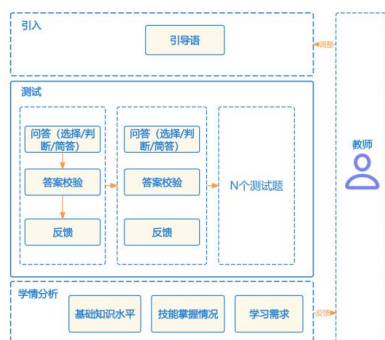


图 3 教学助手实现效果



图 4 教学助手实现效果

3.2.4. 工程助手智能体 工程助手智能体以 STEAM 教育中的工程设计流程为核心，指导学生完成问题确定、调查研究、方案设计、原型制作、测试优化、成果展示与反思八大步骤（见图 5）。其提供任务分解、方案建议与实时优化指导等，协助学生完成智能小灯方案的设计修改与实施，通过实际问题解决，促进工程思维的培养。

3.2.5. 评价助手智能体 评价助手智能体通过对话流实现，通过问卷调查收集学生对各智能体的功能性、交互体验、响应效率和满意度反馈，涵盖知识支持、工程实践指导与情感支持维度。结合量化评分与质性评价进行分析，为后续智能体迭代优化提供方向。

3.2.6. 学习分析助手智能体 学习分析助手智能体基于学生的初始学情分析，动态收集任务完成情况、问题解答频率、团队协作表现等数据，评估知识理解、技能掌握和跨学科整合能力。生成形成性评价与总结性评价，并整合为综合评价报告，为学生优化学习策略，教师调整教学设计提供数据支持。

3.3. 智能体优化飞轮：以“人在回路”为核心

“人在回路”强调将人的判断与决策融入人工智能系统的流程，形成闭环运行。基于这一理念，本研究提出了一种以“人在回路”为核心的智能体优化飞轮（见图 6），旨在通过人机协作实现智能体的持续优化和动态适配。

设计阶段，教师与系统设计者明确智能体功能与教学目标；数据手机阶段，系统自动记录智能体与学生的交互数据与反馈；迭代阶段，基于数据分析，用多种方式调整智能体，如提示词优化、检索增强、监督微调、基于人类反馈的强化学习等。

这一优化过程以教师的专业知识及数据为驱动，通过多轮反馈循环，构建高效、可持续发展的智能教育系统。

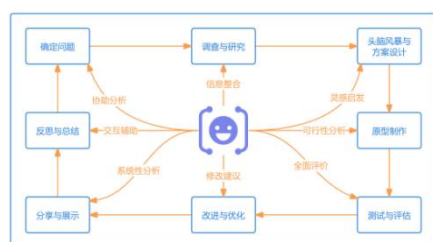


图 5 工程助手智能体设计

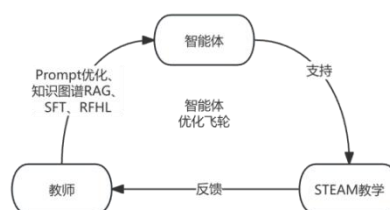


图 6 智能体优化飞轮

4. 总结与展望

本文以“智能小灯”STEAM课程为案例，提出 GenAI 赋能的 STEAM 教育全流程框架，通过多智能体协作提升教学设计效率、个性化支持与情感关怀，实现教学、实践与评估的高效整合。研究表明，GenAI 在教学支持、工程实践引导和情感关怀方面具有应用潜力，为 STEAM 教育的跨学科整合与创新实践提供理论支撑。

然而，该框架尚未在真实教学环境中应用，其实际效果仍需实证研究验证。此外，GenAI 赋能的 STEAM 教育仍面临多重挑战，包括技术适配与基础设施需求、教师培训与适应、伦理与公平性问题等。未来研究应在真实课堂环境中测试该框架，并开展长期追踪研究，评估其对学生核心素养与职业发展的影响。同时，应推动教师培训体系建设，提升教师对 AI 辅助教学的理解与应用能力，并优化技术基础设施及数字化环境建设以支持智能化教学。

总之，GenAI 赋能的 STEAM 教育框架为跨学科教学提供了创新路径，随着技术进步与研究深化，该模式有望成为未来教育的重要实践方式，助力培养创新能力、批判性思维与社会责任感兼备的未来人才。

参考文献

- 石琬若 & 韩锡斌 (2024)。生成式人工智能对学习分析研究的影响：现状与前瞻——2024 年学习分析与知识国际会议 (LAK24) 述评. *电化教育研究* (12), 113-120.
doi:10.13811/j.cnki.eer.2024.12.015.
- 程薇, 杨淑婷, 汤倩雯, 张妍 & 殷子涵. (2024). 何以开展跨学科主题学习？来自整合 STEM 教育的研究启示. *现代教育技术* (12), 56-64.
- 朱立明 & 宋乃庆. (2022). STEAM 教育理念下深度学习测评指标体系构建研究. *四川师范大学学报(社会科学版)* (04), 125-133. doi:10.13734/j.cnki.1000-5315.2022.04.015.
- 刘安琪 & 李丽华. (2024). 以 STEAM 教育理念为导向的高校学前教育专业教学模式探究. *大学* (32), 83-86.
- 吴军其, 刘萌, 王嘉桐, 雷爽 & 吴飞燕. (2024). AIGC 辅助教师作文评价的效果研究——以九年级语文作文为例. *现代教育技术* (10), 53-64.
- 周立军, 吕海燕, 张杰, 赵媛 & 王丽娜. (2024). AIGC 赋能“计算机程序设计”课程教学创新与实践. *军事高等教育研究* (04), 90-95.
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. *National Science Teachers Association*.
- Phung, T., Pădurean, V. A., Singh, A., Brooks, C., Cambronero, J., Gulwani, S., ... & Soares, G. (2024, March). Automating human tutor-style programming feedback: Leveraging gpt-4 tutor model for hint generation and gpt-3.5 student model for hint validation. *In Proceedings of the 14th Learning Analytics and Knowledge Conference (pp. 12-23)*.