

GAI 辅助教学中问题支架对学生编程学习表现的影响研究

A Study of the Effect of Problem Scaffolding in GAI-Assisted Instruction on Students' Performance in Programming Learning

肖茹萍¹, 李雯¹, 李伟¹, 曾秋蓉², 刘城烨³, 黄信艺⁴, 孙悦¹

¹温州大学 STEM 教育研究中心

²中华大学资讯工程学系

³香港中文大学课程与教学系

⁴温州市瓯海区瞿溪第一小学

*liweiwzu@wzu.edu.cn

【摘要】 本研究探讨生成式人工智能(GAI)在编程教育中的应用效果。GAI 能理解问题并生成答案, 提高学生学习效率, 但学生常因提问不当而获知有限。为此, 本研究引入问题支架, 引导学生与 GAI 互动以探究编程学习内容。通过准实验研究, 选取两个五年级班级, 随机分为实验组 (35 人) 和对照组 (34 人)。实验组采用 GAI 辅助编程教学并引入问题支架, 对照组仅用 GAI 辅助编程教学。结果显示, 实验组在计算思维和批判性思维上显著优于对照组, 表明问题支架在 GAI 辅助编程教学中能有效促进学生计算思维和批判性思维的发展。

【关键词】 编程学习; 生成式人工智能; 问题支架; 计算思维; 批判性思维

Abstract: This study investigates the effectiveness of generative artificial intelligence (GAI) in programming education. GAI can understand questions and generate answers to improve student learning, but students often have limited knowledge due to inappropriate questioning. Therefore, this study introduces a question scaffold to guide students to interact with GAI to explore programming learning. Through a quasi-experimental study, two fifth grade classes were selected and randomly divided into an experimental group (35 students) and a control group (34 students). The experimental group was taught with GAI-assisted programming and introduced problem scaffolding, while the control group was taught with GAI-assisted programming only. The results showed that the experimental group was significantly better than the control group in computational thinking and critical thinking, indicating that problem scaffolding can effectively promote the development of students' computational thinking and critical thinking in GAI-assisted programming instruction.

Keywords: programming learning, generative AI, question scaffolding, computational thinking, critical thinking

1. 引言

随着人工智能、大数据和物联网等技术的迅速发展, 编程成为了 21 世纪的核心技能之一, 编程教育的普及也成为全球教育改革的重要趋势。学生在学习编程的过程中不仅可以适应数字化社会的需求, 还为其解决复杂问题和开发创新能力提供了重要平台。

以往的研究发现, 编程教育能够显著提升学生的计算思维, 这种思维方式可以帮助学生以结构化的方式分析和解决问题。然而, 编程的抽象性和复杂性使其成为 K-12 学生的主要学习挑战, 阻碍了计算思维的发展(韩玉, 2023)。因此, 有必要寻找一种合适 的教学方法辅助学生学习编程, 帮助他们解决实际问题, 从而增强他们的实践能力和问题解决能力(解元, 2023)。

先前的研究发现，使用与生成式人工智能（Generative Artificial Intelligence, 简称 GAI）进行提问互动的方式可以帮助学生更好地理解编程知识并提高学习效率(孙丹等人, 2024)。

GAI 利用深度语言模型，能够根据多样化的提示（如语言、指令、问题）生成相关内容（如图像、文字），为计算机辅助教学提供了强大的智能支持，增强了师生互动并激发了学生的学习动力（于刚和贾志娟, 2023）。然而，尽管 GAI 在编程教育中具有显著优势，学生在实际应用中仍面临挑战。例如，由于缺乏提问经验和技巧，许多学生难以向 GAI 提出有效且具体的问题（Rospigliosi, 2023）。为此，问题支架被认为是一种有效的引导方法，能够帮助学生更好地学习。问题支架是在不同阶段引导学生思考问题并完成知识建构的一种工具，有研究者发现，通过提供问题支架来帮助学生解决学习问题可以提升学生的计算思维技能和问题解决能力(Cho & Kim, 2020)。

因此，本研究尝试在 GAI 辅助编程学习中运用问题支架引导学生与 GAI 互动，旨在回答以下几个问题：

- (1) GAI 辅助的编程教学中问题支架对学生学习成绩的影响如何？
- (2) GAI 辅助的编程教学中问题支架对学生计算思维的发展影响如何？
- (3) GAI 辅助的编程教学中问题支架对学生批判性思维的发展影响如何？

2.研究设计

2.1.研究对象

本研究选取温州市某小学五年级两个班级的学生作为实验对象，并将两个班级随机分为实验班 ($n=35$) 和对照班 ($n=34$)。实验班采用 GAI 辅助学习并引入问题支架的方式，对照班采用无问题支架引入的 GAI 辅助教学方式。两组均由同一位经验丰富的老师进行教学。

2.2.研究工具

本研究的研究工具主要包括前测和后测试卷、计算思维测试题和批判性思维问卷。前测和后测的试题由 5 个填空题和 5 个简答题组成，共包含 10 道单项选择题。计算思维测试题是根据《国际计算思维挑战赛试题集锦》2019 年版五年级试题内容编写。批判性思维问卷采用的是 Lin 等人(2019)的问卷。

2.3.实验流程

本研究采用准实验设计，探究在 GAI 辅助学习过程中问题支架对学生编程学习表现的影响。实验组和对照组的教学由同一位教师负责，所学习的内容一致，教学时间持续 11 周，每周为一节课，实验流程如图 1 所示。

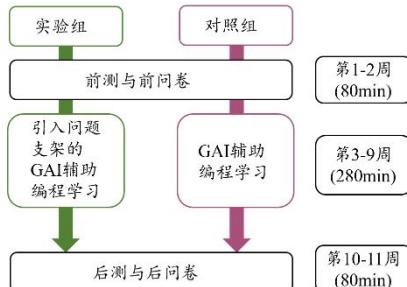


图 1 实验流程图

第一周，两组学生进行前测及前问卷。随后进行为期七周的课堂教学，每节课先由教师讲解知识点，然后布置开放性任务（如算法设计、问题分解等）。学生在任务中可与 GAI 互动获取帮助。实验组学生使用问题支架与 GAI 互动，使提问更具针对性和逻辑性；对照组则无

问题支架辅助。实验教学任务完成后，对照班和实验班的学生参与了后测试卷与后问卷的作答。

2.4. 支架设计与应用

为了让学生在使用 GAI (本研究采用讯飞星火) 时提出更有针对性的问题，本研究基于苏格拉底式提问分类法(Elder & Paul, 2007)，设计了问题支架的提问模板。该分类法围绕“清晰性、精确性、准确性、相关性、深度、广度”六项标准，将苏格拉底式问题分为六种类型。问题支架中的这些问题旨在引导学生对每节课内容知识深入的分析和思考，探索其中的相关知识点的明确性和准确性、逻辑关系、拓展深度与广度。该模板仅提供给实验班。

3. 研究结果

3.1. 学习成绩

本研究利用 SPSS 数据分析工具，对两个班学生成绩的结果进行单因素协方差分析，研究结果显示，实验组与对照组的学习成绩并无显著性差异($F = 3.20, p = 0.08 > 0.05$)。这一结果表明，在借助 GAI 辅助进行编程学习的过程中，问题支架的介入并未对学生的编程学习成绩产生显著的提升效果。

3.2. 计算思维

本研究对两个班级学生进行计算思维能力水平后测，通过使用 SPSS 工具来对两个班级的成绩数据进行单因素协方差分析，得到了相关数据结果，如表 1 所示：

表 1 计算思维的单因素协方差分析结果

组别	人数	平均值	标准偏差	调整平均数	标准误差	F	η^2
实验班	35	81.71	10.98	81.42	1.64	6.24*	0.09
对照班	34	75.29	13.76	75.60	1.66		

* $p < 0.05$

数据结果显示，实验班与对照班在计算思维方面的调整平均成绩分别为 81.42 和 75.60，二者之间的差距在统计学上具有显著性差异($F = 6.24, p = 0.02 < 0.05$)，效应量为 0.09，这表明在 GAI 辅助编程学习中问题支架对提升学生计算思维能力具有中等程度的影响。

3.3. 批判性思维

在评价学生批判性思维方面，使用 SPSS 软件对两个不同班级的学生的数据进行分析，并进行单因素协方差分析，结果如表 2 所示：

表 2 批判性思维的单因素协方差分析结果

组别	人数	平均值	标准偏差	调整平均数	标准误差	F	η^2
实验班	35	4.12	0.41	4.12	0.086	13.24**	0.17
对照班	34	3.67	0.59	3.67	0.087		

** $p < 0.01$

数据结果显示，实验班与对照班在批判性思维的调整平均成绩分别为 4.12 和 3.67，二者之间的差距在统计学上具有显著性差异($F = 13.24, p = 0.0005$)，效应量为 0.17，这表明在 GAI 辅助编程学习中问题支架对提升学生批判性思维具有较大程度的影响。

4. 讨论与结论

本研究以小学信息科技编程课程为背景,深入探究了 GAI 辅助学习中问题支架对学生编程学习表现的影响。研究分析结果显示,在 GAI 辅助编程学习中引入问题支架,能够提高学生计算思维和批判性思维。

在 GAI 辅助编程学习中引入问题支架并没有显著提高学生的学习成绩。这可能是因为问题支架的设计更多的侧重在问题分析、问题分解以及算法设计等方面,较少涉及基础知识。在 GAI 辅助编程学习中引入问题支架能显著提升学生的计算思维,是因为问题支架通过提供结构化框架,引导学生逐步分析和解决问题(Tucker, 2020),从而培养学生的问题分解能力,推动计算思维发展(Ubaidullah et al., 2021)。此外,问题支架还能有效提升学生的批判性思维。通过提供结构化思维路径(Fusco, 2012),学生在编程任务中经历算法设计、优化和验证等过程,深入探索算法原理,而非仅停留在简单应用层面,这有助于培养更深层次的分析和评估能力,促进学生批判性思维发展。

本研究在 GAI 辅助编程教学中引入问题支架,结果显示该策略有效提升了学生的计算思维和批判性思维。然而,研究仍存在局限性,如内容局限于编程控制结构,且以小学生为研究对象,可能限制实验结果的推广。

参考文献

- 于刚, 贾志娟.(2023). 关于 ChatGPT 用于计算机辅助教学的探讨. 互联网周刊(18), 58-60.
- 孙丹, 朱城聪, 许作栋, & 徐光涛.(2024). 基于生成式人工智能的大学生编程学习行为分析研究. 电化教育研究, 45(03), 113-120. <https://doi.org/10.13811/j.cnki.eer.2024.03.016>
- 韩玉.(2023). 小学信息技术编程教学中计算思维的培养. 亚太教育(16), 49-51.
- 解元.(2023). 基于计算思维培养的小学编程信息化教学. 中小学电教(教学)(05), 28-30.
- Cho, M. K., & Kim, M. K. (2020). Investigating elementary students' problem solving and teacher scaffolding in solving an Ill-structured problem. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 8(4), 274-289.
<https://doi.org/https://10.46328/IJEMST.V8I4.1148>
- Elder, L., & Paul, R. (2007). Critical thinking: The art of Socratic questioning, part II. Journal of Developmental Education, 31(2), 32.
- Fusco, E. (2012). Effective questioning strategies in the classroom: A step-by-step approach to engaged thinking and learning, K-8. Teachers College Press.
- Lin, H.-C., Hwang, G.-J., & Hsu, Y.-D. (2019). Effects of ASQ-based flipped learning on nurse practitioner learners' nursing skills, learning achievement and learning perceptions [Article]. Computers & Education, 139, 207-221. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.05.014>
- Rospigliosi, P. a. (2023). Artificial intelligence in teaching and learning: what questions should we ask of ChatGPT? Interactive Learning Environments, 31(1), 1-3.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2180191>
- Tucker, M. T. (2020). The Impact of Scaffolding Prompts on the Collaborative Problem Solving of Ill-Structured Tasks by Undergraduate Engineering Student Groups.
<https://doi.org/10.18260/1-2--35333>
- Ubaidullah, N. H., Mohamed, Z., Hamid, J., Sulaiman, S., & Yussof, R. L. (2021). Improving novice students' computational thinking skills by problem-solving and metacognitive techniques. International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, 20(6), 88-108. <https://doi.org/10.26803/IJLTER.20.6.5>