

基于 GAI 的思维导图在跨学科学习中对学生学习成就和高阶思维的影响

The Impact of GAI-based Mind Maps on Student Achievement and Higher-order Thinking in Interdisciplinary Learning

徐婉蓉¹, 田婉萌², 张帝^{3*}

^{1 2 3} 浙江师范大学教育学院

*zhangdi0909@126.com

【摘要】 跨学科学习对学生能力培养至关重要, 但传统思维导图 (C-MP) 虽具知识可视化功能, 却存在跨学科整合困难。本研究结合生成式人工智能 (GAI) 的即时反馈与思维发散优势, 提出 GAI 增强型思维导图方法 (G-MP), 为验证效果, 选取两班级开展准实验, 随机分为 G-MP 实验组与 C-MP 对照组。通过知识前、后测、及思维导图内容分析发现, G-MP 组的学习成效提升方面显著优于对照组, 尤其在后设认知能力维度表现突出。结果表明, 结构化人机协同能有效突破传统导图的认知局限。

【关键词】 跨学科学习; 生成式人工智能; 思维导图

Abstract: Interdisciplinary learning is critical for student competency development, yet traditional mind mapping (C-MP), while effective for knowledge visualization, struggles with cross-disciplinary integration. This study proposes a Generative AI-enhanced mind mapping method (G-MP) that leverages GAI's real-time feedback and divergent thinking stimulation. A quasi-experimental design was implemented, randomly assigning two classes to either the G-MP experimental group (human-AI collaborative refinement) or the C-MP control group (traditional manual mapping). Pre- and post-tests, alongside mind map content analysis, revealed that the G-MP group significantly outperformed the control group in learning outcomes, particularly in meta-cognitive skill development. The findings demonstrate that structured human-AI collaboration effectively overcomes the cognitive limitations of traditional methods, enhancing interdisciplinary knowledge integration and higher-order thinking capabilities.

Keywords: Interdisciplinary learning, Generative Artificial Intelligence, Mind Map

1. 前言

跨学科学习是一种系统性的知识获取方式, 强调将不同学科的知识 and 视角融合起来, 以构建更为全面和综合的知识体系、结构和概念 (Zhhexembinova et al., 2024)。然而, 由于个体难以全面建立知识关联, 需借助智能技术工具对跨领域知识节点进行系统梳理与整合。此外, 这些领域之间的联系往往不够直观, 可以使用思维导图来可视化不同知识点之间的联系。

思维导图是教学中常用的可视化工具, 能帮助学习者生成想法、整理笔记和系统化思维 (Shi et al., 2023)。Semilarski et al. (2022) 指出, 利用思维导图支持跨学科学习可以提高学生的自我效能感。但是传统画思维导图的方式对学生的组织能力和知识归纳能力提出了更高的要求。生成式人工智能技术能够扩展学生思维, 提供定制化的解决方案以增强学习者归纳能力。

生成式人工智能 (GAI) 可以通过分析文本、图像、视频等数字内容生成新的人工创作内容 (Bahroun et al., 2023), 可以根据学生的需求解决学习者的疑问 (Rahman & Watanobe, 2023)。并且, Iku-silan et al. (2023) 认为人工智能可以帮助学生建立不同学科之间的联系。目前, 已经出现自动绘制思维导图的工具, 用户可以根据自己的需求直接生成思维导图并修改。然而, 使用 GAI 生成思维导图辅助学生跨学科学习的方法比较少被人关注。

因此, 本研究提出一种基于 GAI 生成思维导图的方法以支持学生跨学科学习, 并设计了准实验来了解该方法对学生学习的有效性。其中实验组使用基于 GAI 的思维导图方式 (G-MP) 进行学习, 控制组使用传统的思维导图绘制方法 (C-MP) 进行学习。研究问题如下:

- (1) 与 C-MP 方法相比,用 G-MP 方法进行跨学科学习的学生是否具有更高的学习成就?
 (2) 与 C-MP 方法相比,用 G-MP 方法进行学习的学生是否有更高的高阶思维能力?

2.跨学科学习中的 G-MP 方法

2.1. 系统结构

本研究利用基于思维导图系统提出了 G-MP 方法,该方法旨在通过多次互动反馈加深学生对知识的理解与记忆。学生可以根据自己的需要在 Git mind 平台中输入提示词,该平台接收后,给予一个大纲反馈,学生能够审视大纲、修改大纲。学习者再与之交互生成一个思维导图,其中包含对内容的扩展并在电脑屏幕上呈现,学生亦可对所呈现的思维导图进行修改。

2.2. G-MP 方法

G-MP 方法的流程包括四个阶段:确定主题;与 G-MP 交互;反思与修改;记忆并检验。

在“确定主题”阶段,选择一个合适的主题作为思维导图的中心主题。在“与 G-MP 交互”阶段,输入文字提示,包括主题和大致框架,在平台上生成思维导图,与平台提供的“小思助理”互动。在“反思与修改”阶段,根据自己的理解,修改思维导图的内容与结构,使其结构更符合自己的需求。在“记忆并检验”阶段,记忆思维导图中的内容,并完成随堂测试以加强记忆。

3.研究设计

3.1. 参与者

共有 75 名学生参加这项研究。在课程前参与者已知晓本研究的具体内容,并掌握思维导图的基本绘制方法。参与者被分成两组:实验组有 37 名学生,对照组有 38 名学生,分别使用 G-MP 方法和 C-MP 方法绘制思维导图。参与者均自愿参与实验,并接受同一位教师指导。

3.2. 实验流程

图 1 为本研究的实验流程,实验时间为 180 分钟,在正式上课前,学生电脑上安装完成录屏软件,并告知参与者本课程需要进行的学习活动。本研究的实验过程可以分成三个阶段。



图 1 实验流程

在第一阶段中,对学生进行知识水平前测,记录两组在相同课堂内容下的学习过程。在第二阶段中,两组在 Git Mind 软件中采用不同方法构建思维导图。对照组基于课堂笔记自由编辑节点与内容;实验组需依据笔记提炼出提示词,生成初始大纲,经修订后形成终版导图,全程录屏记录。在第三阶段中,两组学生完成后测,评估学生的学习成效和高阶思维的变化。

3.3. 测量工具

3.3.1. 学习成效测验

为了评估学生的学习成效,在学习前后分别设置了由一位具有丰富教学经验的教师出的测试题目,并保证知识测试的难度相等,测试有 10 道选择题和两道简答题组成,满分 100 分。通过前测和后测的分数计算标准化学习增益以评估学生的学习情况。

3.3.2. 批判性思维量表

研究通过问卷测试学生的批判性思维能力，编制参考 Lin, Hwang and Hsu (2019)的量表题项，用李克特五分量表从“非常不同意”到“非常同意”评估学习者的同意程度，得分高即批判性思维能力强。重测信度的 Cronbach' s alpha 为 0.801，说明量表具有较高的内部一致性。

3.3.3. 后设认知量表

研究通过问卷来测试学生批判性思维能力，编制参考了 Lai,Hwang (2014)的量表题项，使用李克特五分量表从“非常不同意”到“非常同意”来评估学习者的同意程度，得分越高即后设认知能力越强。重测信度的 Cronbach' s alpha 为 0.847，说明量表具有较高的内部一致性。

4.结果

4.1. 学习成效分析

为了比较 GAI 思维导图对学生标准化增益的影响，本研究进行了独立样本 T 检定。两组学生在学习前对知识的掌握无显著差异 ($t=-0.01, p=0.98>0.05$)。如表 1，在使用不同的方法之后，标准化学习增益的独立样本 T 检验的结果有显著的差异 ($t=-2.07, p=0.04<0.05$)。

表 1 标准化增益独立样本 T 检验结果

组别	N	M	SD	<i>t</i>	<i>p</i>
控制组	36	0.09	0.28	-2.07	0.04*
实验组	34	0.23	0.26		

4.2. 批判性思维分析

对两组学生批判性思维前、后测分别进行独立样本 T 检验。两组学生在学习前的批判性思维能力无显著差异 ($t=0.004, p=0.99>0.05$)，在课程结束后的批判性思维均无显著差异 ($t=-1.23, p=0.22>0.05$)。表明 G-MP 方法不会比 C-MP 方法更能促进学生的批判性思维。

表 2 批判性思维后测独立样本 T 检验结果

组别	N	M	SD	<i>t</i>	<i>p</i>
控制组	36	4.10	0.40	-1.23	0.22
实验组	34	4.23	0.46		

4.3. 后设认知分析

对两组学生后设认知能力的前测、后测分别进行独立样本 T 检验。两组学生在学习前的后设认知能力无显著差异 ($t=-1.50, p=0.13>0.05$)。如表 3，两组学生在课程结束之后的后设认知有显著差异 ($t=-2.16, p=0.03<0.05$)。即 GAI 思维导图方法可以提高学生的后设认知能力。

表 3 后设认知后测独立样本 T 检验结果

组别	N	M	SD	<i>t</i>	<i>p</i>
控制组	36	3.76	0.55	-2.16	0.03*
实验组	34	4.05	0.57		

5.讨论

5.1. GAI 思维导图促进跨学科学习成效

研究结果显示，采用 G-MP 的方法有助于提高学习者的学习成效。G-MP 是一种由生成式人工智能驱动的认知增强框架，能够帮助学习者梳理不同领域知识之间的联系，促进跨学科学习。此外，G-MP 方法借助 Git Mind 平台为学习者提供互动学习环境，能够帮助学习者高效地整合知识，提升思维能力。通过互动学习方式，学生可以在平台上进行知识共享、协作编辑和思维训练，进一步增强跨学科学习的效果。这与 Shi(2024)的研究结果相一致，即生成式人工智能支持的互动学习可以改善学生的认知，提高学习效果。

5.2. 与 C-MP 相比，G-MP 方法对学生批判性思维没有显著差异

从实验结果中，可以发现两组学生在批判性思维方面没有显著的差异性。。Facione(1990)

认为批判性思维本质上是认知主体通过自我调节实现的知识重构过程，其核心在于认知代理的充分激活。本研究，实验组学生获得的解释虽在数量上占优，但实质是生成式人工智能系统代理完成的认知劳动，这导致知识表征停留在表层语义网络，缺乏深层次的概念性理解。其次，GAI 的自动关联功能实质上剥夺了学习者建构隐性相关的认知训练机会，导致思维停留在联结识别阶段，无法进阶至联结重构层次。故而，两组的批判性思维没有显著的差异性。

5.3. GAI 思维导图提高后设认知

研究结果表明实验组的学生在学习后有更高的后设认知能力。后设认知是对自己思维过程进行审视、控制和调节。Lin et al.(2022)指出在科学探究学习当中，适当的反思可以提高学生的认知能力。相较于控制组中的学生，实验组学习者要求同时审视文本大纲、概念节点与图形结构，形成视觉-语义-空间的三重表征校验，激活元认知监控功能。因此，实验组中的学生后设认知能力的提升会优于控制组中的学生。

6. 结论、局限性与未来的研究

本研究的主要贡献是提出了一种基于 GAI 的思维导图绘制方法以促进跨学科学习，为生成式人工智能融入跨学科教育，以及思维导图促进跨学科学习提供了参考。研究结果表明，使用 G-MP 方法可以提高学生的学习成就、后设认知能力。

虽然本研究设计的 G-MP 方法取得了一定的积极效果，但还存在一定局限性。在样本选取方面，由于采样范围的限制，结论推论性不足。未来的研究可以探究不同学段学生使用 G-MP 方法的效果。在实验设计方面，研究的实验时长较短，需要延长实验周期来进一步验证方法的有效性。在技术工具方面，基于 GAI 的思维导图建构工具生成精度不足，需通过多轮人机协同校准实现知识节点精准匹配。未来研究亟待打造动态认知建模框架。此外，希望未来的研究能够考虑将 GAI 与其他技术（如虚拟现实技术）融合，为学习者提供沉浸式的学习体验。

参考文献

- Bahrour, Z., Anane, C., Ahmed, V., & Zacca, A. (2023). Transforming education: A comprehensive review of generative artificial intelligence in educational settings through bibliometric and content analysis. *Sustainability*, 15(17), 12983.
- Facione, P. (1990). Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction (The Delphi Report).
- Iku-Silan, A., Hwang, G. J., & Chen, C. H. (2023). Decision-guided chatbots and cognitive styles in interdisciplinary learning. *Computers & Education*, 201, 104812.
- Lai, C. L., & Hwang, G. J. (2014). Effects of mobile learning time on students' conception of collaboration, communication, complex problem-solving, meta-cognitive awareness and creativity. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 8(3), 276-291.
- 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. *Computers & Education*, 139, 207-221.
- Rahman, M. M., & Watanobe, Y. (2023). ChatGPT for education and research: Opportunities, threats, and strategies. *Applied Sciences*, 13(9), 5783.
- Semilarski, H., Soobard, R., Holbrook, J., & Rannikmäe, M. (2022). Expanding disciplinary and interdisciplinary core idea maps by students to promote perceived self-efficacy in learning science. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 57.
- Shi, S. J., Li, J. W., & Zhang, R. (2024). A study on the impact of Generative Artificial Intelligence supported Situational Interactive Teaching on students' 'flow' experience and learning effectiveness—a case study of legal education in China. *Asia Pacific Journal of Education*, 44(1), 112-138.
- Shi, Y., Yang, H., Dou, Y., & Zeng, Y. (2023). Effects of mind mapping-based instruction on student cognitive learning outcomes: a meta-analysis. *Asia Pacific Education Review*, 24(3),

303-317.

Zhexembinova, A., Kokazhayeva, A., Babaev, D., Shiyapov, K., & Sekenova, A. (2024). Actualization of interdisciplinary integration at mathematics lessons. *European Journal of Education*, 59(1), e12582.