

基于设计思维的智能教学代理对中学生 AI 学习成就和批判性思维的影响

The Impact of Design Thinking -Based Intelligent Pedagogical Agents on Middle School

Students' AI Learning Achievement and Critical Thinking

郭晓戈¹, 张屹¹, 涂芸芳^{2*}, 陈邓康¹, 卢逸杰¹

¹ 华中师范大学人工智能与教育新形态实验室

华中师范大学人工智能教育学部

² 东吴大学 资料科学系

*sandy0692@gmail.com

【摘要】 AI 项目学习活动具有跨学科整合的特点, 已成为学习人工智能的有效途径。然而, 学生在 AI 项目学习活动中往往关注作品制作, 限制了批判性思维的发展。基于此, 本研究开发了具有学习指导与反思鼓励功能的智能教学代理(IPA), 探讨其作为学习辅助工具对学生 AI 学习成就和批判性思维的影响。参与者为 45 名高一年级学生。实验组使用基于设计思维的智能教学代理 (IPA-DT), 控制组采用传统的设计思维 (C-DT) 方法。结果显示, 与 C-DT 相比, IPA-DT 能有效促进学生的批判性思维, 但 AI 学习成就没有提升。此外, 实验组活动后报告了对 IPA-DT 的积极看法。该研究为教学设计者提供了参考。

【关键词】 智能教学代理; 设计思维; 批判性思维; AI 教育

Abstract: AI project-based learning activities feature interdisciplinary integration. They have become an effective means of learning about artificial intelligence. However, students often focus on completing work, limiting their critical thinking development. Based on this, this study developed an Intelligent Pedagogical Agent (IPA) with guidance and reflection functions. It explores the IPA's impact as a support tool on students' AI learning achievement and critical thinking. Participants included 45 first-year high school students. The experimental group used the IPA-based design thinking (IPA-DT) approach. The control group used the traditional design thinking (C-DT) approach. Results show the IPA-DT approach promotes students' critical thinking more than the C-DT approach. However, it does not significantly enhance AI learning achievement. Additionally, the experimental group reported positive perceptions of the IPA-DT approach following the activities. The findings provide valuable insights for instructional designers.

Keywords: Intelligent pedagogical agent, design thinking, critical thinking, AI education

1. 研究目的

本研究旨在探讨智能教学代理 (Intelligent Pedagogical Agent, IPA) 如何优化基于设计思维的 AI 项目学习, 以促进批判性思维的发展。当前, 学生在 AI 项目活动中常过度关注技术工具与作品产出, 而缺乏对问题本质、解决方案及学习过程的深度反思, 限制了高阶思维能力的培养。同时, 传统课堂中教师难以提供持续、个性化的指导以支持这一深度过程。为应对这些挑战, 本研究开发基于设计思维的智能教学代理, 旨在通过 IPA 提供实时、支架化的引导与反思支持。通过一项准实验研究, 本研究具体比较了“IPA-DT 方法”与“C-DT 方法”对学生 AI 学习成就与批判性思维的影响, 并调查了学生对 IPA 干预的感知。预期成果将为理论上阐释 IPA 在促进元认知与批判性思维中的作用机制提供实证依据, 并为实践上设计有效的、支持思维发展的 AI 项目学习环境提供具体参考。

2. 研究背景

人工智能 (AI) 已融入人们的生活,在教育、医疗和金融等领域发挥关键作用(Kalimatov et al., 2025)。因此,培养适应智能时代的人才已成为教育领域的重要议题 (Fang et al., 2025)。一些研究者指出,融入设计思维的 AI 学习,引导学生参与原型开发、测试、解决方案优化和作品实现的系统过程,帮助他们有效地学习和应用 AI 知识和技能 (Aranda et al., 2020; Azizan & Abu Shamsi, 2022; Wu et al., 2022)。这种方法强调持续反思和改进,提升了学生的学习表现和批判性思维 (Tang, 2020)。例如, Ng et al. (2024)招募了 35 名中学生制作人工智能驱动的回收箱,研究结果显示该项目对学生的学习动机和学习成效具有积极影响。Kuo et al. (2019) 的研究发现基于设计的项目式学习,不仅深化了学生对知识的理解 and 应用,还提升了学业成绩和批判性思维。

然而,一些研究表明,在基于设计思维的 AI 项目学习活动中,学生往往更注重应用工具制作作品,缺乏对问题本质的深度探究、对解决方案的批判性评估以及对自身学习过程的反思,导致批判性思维未能得到有效培养(Choi et al., 2026)。此外,在课堂活动中,教师难以实时关注所有学生的进展并提供及时、个性化的指导。部分学生因在关键环节遭遇困难时未能获得有效支持,导致学习兴趣衰减、参与度降低,甚至产生挫败感 (Lesseig et al., 2016)。这种反馈的缺失阻碍了学习的深度和持续性。

随着大语言模型(Large language models, LLMs)的出现,智能教学代理能够为学习者提供信息和指导,在学习者遭遇困难时提供及时的个性化帮助。它不仅帮助学习者克服学习障碍,还支持学习者进行深入反思,从而促进批判性思维的发展(Baha et al., 2023; Daradounis & Arguedas, 2020; Kim & Baylor, 2016)。例如, Alharbi (2017) 探索使用会话代理 Botocrates 让用户参与反思和论证,通过结构化对话增强了他们的批判性思维能力。Chin et al. (2014) 指出智能教学代理能作为虚拟同伴或虚拟导师,能提供个性化即时的反馈和支持学生的多元观点与认知发展,以提升学习兴趣和发 展高阶思维。Fang 等人 (2025) 发现,在 STEAM 课程中使用人工智能教学代理的学生,其学习行为序列表现出更频繁的寻求协助—自主探索—问题解决模式,而非仅仅聚焦于任务监控与成果评估。这表明 IPA 能有效将学生的注意力从表层执行引导至深度探究与反思,从而在行为层面上为批判性思维的发展创造有利条件。

智能教学代理因其智能和具身的特点,在促进学生学习成效和批判性思维方面显现出巨大的潜力(Leavy et al., 2023; Hostetter et al., 2023)。因此,本研究以人机交互(Human Computer Interaction) 理论为依据,开发了一种能够进行学习指导和鼓励反思的智能教学代理。这个智能教学代理旨在支持设计思维核心环节的实施,具体包括需求定义 (define)、创意发想 (ideate)、原型制作 (prototype) 和实际测试 (test)。本研究将该智能教学代理(IPA)应用于高中人工智能课程,探讨基于设计思维的智能教学代理 (IPA-DT) 方法和传统的设计思维 (C-DT) 方法对高中生的 AI 学习成效和批判性思维的影响。以下是本研究的研究问题:

- (1) 相较于 C-DT 方法, IPA-DT 方法能提高高中生的 AI 学习成效吗?
- (2) 相较于 C-DT 方法, IPA-DT 方法能增强高中生的批判性思维吗?
- (3) IPA-DT 组和 C-DT 组学生的学习经验和感受是什么?

3. 基于智能教学代理的设计思维方法

本研究借鉴了 Li and Zhan (2022) 的建议,提出了一个基于设计思维的学习框架,并根据具体教学内容进行了适当调整与优化。每个设计项目都遵循需求定义(define)、创意动脑(ideate)、制作原型(prototype)以及实际测试(test)四个关键步骤,本研究据此提出了 IPA-DT 方法(见图 1),旨在系统性地引导学生学习和应用人工智能技术解决现实中的问题。老师向与 IPA

合作的实验组学生介绍了它的用法。这包括如何使用 IPA，该工具的局限性，以及它在学习中的应用。为了确保实验的完整性，同一位老师会指导控制组的学生，讨论有效协作的策略、资料查询的方法。

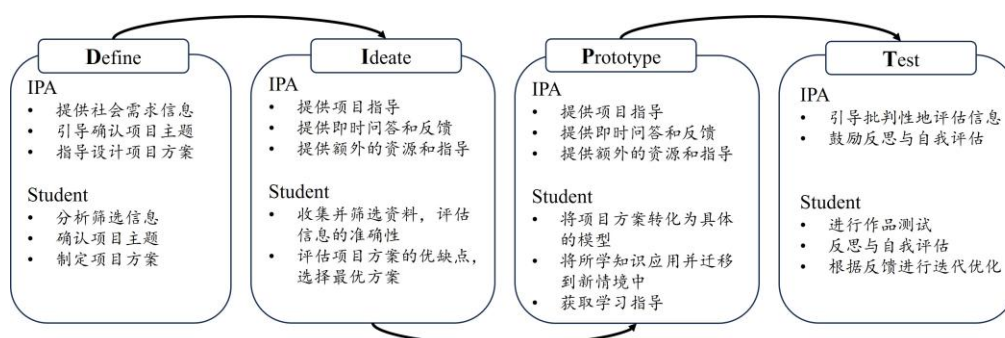


图 1 IPA-DT 方法

在需求定义 (Define)阶段，活动重点在于激发学生的设计兴趣，帮助他们理解用户需求并明确设计主题。教师展示故事、视频和图片引导学生选择项目主题，并确保设计聚焦于实际问题。实验组的学生在 IPA 的辅助下，探索并分析社会议题的核心内容，并批判性地评估议题的重要性(如图 2)。



图 2 IPA 交互界面

在创意动脑 (Ideate)阶段，小组进行头脑风暴，制定 AI 舌诊器项目方案。实验组学生在此阶段可利用 IPA 提供的项目方案参考，IPA 不仅帮助学生反思制作项目方案中遇到的问题，还鼓励他们思考解决策略。

在制作原型 (Prototype)阶段，学生将设计方案具体化为 AI 舌诊器作品，并根据设计要求实现各项功能。学生收集相关素材构建数据集，并在 IPA 的指导下完成模型的训练、推理、转换与部署。在此过程中，IPA 不仅向学生提供知识解释，还通过任务引导帮助他们完成项目的各个步骤。

在实际测试 (Test)阶段，学生测试 AI 舌诊器的性能和用户体验。根据测试结果，学生识别出改进空间（如功能优化、界面改进等），并基于反馈进行迭代优化，IPAs 根据存储在记忆库中学生互动记录对作品进行评价与反馈。

4. 研究阶段

如图 3 所示为本研究的具体流程。干预开始前，两组学生均接受前测，以评估其 AI 学习成效与批判性思维水平。干预阶段共持续 8 周，每周进行 2 次、每次 80 分钟的教学。在前 4

周, 实验组与对照组学生在同一位教师的指导下, 共同参与“情绪识别助手”AI 项目活动, 两组的学习内容与活动安排完全一致。期间, 我们为学生提供了与智能对话代理 (IPA/大语言模型) 进行有效沟通的询问技巧与示范, 以降低认知负担并提供初步支持。在掌握基本方法后, 实验组采用 IPA-DT 教学法, 对照组则采用 C-DT 方法, 两组学生分别开展为期 4 周的自主 AI 项目设计与制作。干预结束后, 两组学生均完成 AI 学习成效与批判性思维的后测。为深入了解学生对两种教学法的看法, 本研究随后从实验组与对照组中各随机抽取 9 名学生进行访谈, 每次访谈约为 20 分钟。

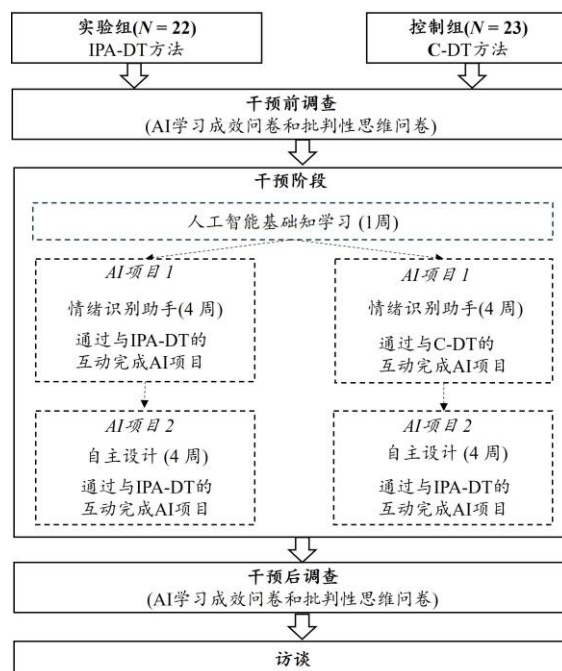


图 3 实验流程

本研究采用的测量工具包括人工智能作品评价量规, 批判性思维问卷和半结构化访谈大纲。

人工智能作品评估量规是根据 Fang et al. (2025) 的评估量规修改而来的, 如表 1 所示。该评估量规作为评价学生人工智能作品成绩的评分依据, 共五个评价维度(功能、外观、品质、创新、元素), 各维度打分范围为 0-20 分。两位教学经验丰富的专业教师进行了评分, 两位评分者之间的一致程度非常高, 达到 0.89 (Cohen, 1960)。

表 1. 人工智能作品评价量规

Item	4	3	2	1
功能	连续识别 5 次, 全部正确识别	连续识别 5 次, 正确识别 4 次	连续识别 5 次, 正确识别 3 次	连续识别 5 次, 仅正确识别 1-2 次
外观	在 3 个或以上的位 置有图案或装饰	有 2 个图案或装饰	有 1 个装饰或图 案	没有装饰
品质	没有结构不牢固的地方	有 1 处结构不牢固	有 2 处结构不牢 固	有 3 处或更多地方结构不牢固

Item	4	3	2	1
创新	具备 3 处或以上的创新 (项目概念新颖, 与老师教授的项目不同, 且能解决实际问题)	有 2 处创新 (项目概念新颖, 与老师教授的项目不同)	有 1 处创新 (例如, 与老师教授的项目相似, 但数据集不同等)	无创新 (类似于老师教授的项目)
元素	添加了 2 个或更多新元素 (如摄像机、传感器等)	添加了 1 个新元素 (如摄像机、传感器等)	基本元素完成 (如仅完成基础框架)	几乎没有完成的元素

批判性思维量表基于 Chai et al. (2015)开发的批判性思维问卷修改而来。它由 6 道问题组成, 采用李克特 5 点量表(1 代表非常不同意, 5 代表非常同意)。其 Cronbach' s alpha 值是 0.90。

访谈大纲是根据 Hwang et al. (2009)的访谈提纲改编而来的。根据研究的具体情况, 这些问题略有改动。

5. 研究结果

5.1. AI 学习成效

本研究验证了 AI 学习成效的正态性, 前测数据(Shapiro-Wilk = 0.79, $p < .001$)和后测数据(Shapiro-Wilk = 0.82, $p < .001$)的数据不具正态性。因此, 本研究采用了 Mann-Whitney U Test 方法。如表 2 所示, 实验组的 Mean = 17.64, SD = 2.36, 控制组的 Mean = 17.22, SD = 2.24。Pairwise Mann-Whitney U Test ($U = 227.5$, $Z = -0.66$, $p = 0.51 > 0.05$)的结果显示, 两组学生 AI 学习成效前测不存在显著差异。

表 2. AI 学习成效前测之 Mann-Whitney U 检定结果

变量	组别	N	均值	标准差	中位数	U	p	r
AI 学习成效前测	实验组	22	17.64	2.36	16	227.5	0.51	0.10
	控制组	23	17.22	2.24	16			

如表 3 所示, 实验组的 Mean = 18, SD = 2.39, 控制组的 Mean = 17.39, SD = 2.86。Pairwise Mann-Whitney U Tests ($U = 227$, $Z = -0.66$, $p = 0.51 > 0.05$)的结果显示, 实验组和控制组在 AI 学习成效后测不存在显著差异。

表 3. AI 学习成效后测之 Mann-Whitney U 检定结果

	组别	N	均值	标准差	中位数	U	p	r
AI 学习成效后测	实验组	22	18	2.39	20	227	0.51	0.10
	控制组	23	17.39	2.86	16			

5.2. 批判性思维

本研究验证了批判性思维的 ANCOVA 分析的前提条件。结果显示, 实验组数据(Shapiro-Wilk = 0.961, $p = 0.134 > 0.05$) 和控制组数据 (Shapiro-Wilk = 0.950, $p = 0.051 > 0.05$) 满足正态和独立性; Leven's test 的结果($F(1,43) = 0.388$, $p = 0.537 > 0.05$) 显示实验组和控制组

符合方差同质性假设；线性结果($F(1,41)=0.27, p=0.606>0.05$)显示实验组和控制组符合组内回归系数同质性假设。如表 4 所示。实验组的批判性思维平均分数为 4.29, 调整后平均为 4.29, 控制组的平均分数为 3.85, 调整后平均为 3.84。排除前测的影响之后, 实验组显著优于控制组 ($F(1,42)=9.184, p=0.004<0.01$)。

表 4. 批判性思维之 ANCOVA 分析结果

变量	组别	N	均值	SD	调整后均值	SE	F	η^2
批判性思维	实验组	22	4.29	0.54	4.29	0.11	9.184**	0.179
	控制组	23	3.85	0.43	3.84	0.10		

** $p<.01$

5.3. 访谈结果

本研究参考 Chen and Lee (2021) 的框架对访谈内容进行编码, 共获得 112 条有效回复 (实验组 71 条, 控制组 41 条)。表 5 展示了编码主题及频次。

在实践与反思方面, 学生普遍展现出质疑、验证与改进的反思意识。实验组学生更倾向于主动判断 IPA 提供的信息是否合理, 并交叉比对多方资源, 例如 E01 提到: “我会先判断是否真的符合我的需要。”控制组则更多通过小组讨论和事后复盘进行分析与优化。关于技能提升的原因, 实验组学生普遍认为 IPA 在即时答疑、原理讲解、资料提供与思路拓展方面给予重要支持。例如 E05 表示, IPA 帮助其“理解知识点”, E06 认为它“拓宽了我的思路”。相比之下, 仅使用大语言模型的控制组学生虽能获取丰富信息, 但也面临信息筛选与可信度判断的负担。在使用体验上, 实验组学生肯定 IPA 操作简便、反馈及时, 且具有一定的情感理解力 (E08: “它似乎懂我的感受”), 能有效减轻认知负荷。但部分学生指出其回答有时不够精准或深入。控制组学生则反映自主搜索信息效率较低, 容易陷入信息过载。

表 5. 访谈结果的主题、编码项目及提及次数

主题	编码项目	次数	
		实验组	控制组
实践与反思	独立思考	8	5
	多重验证	7	6
	选择性接受	8	8
	批判性分析	8	5
	持续学习与改进	6	6
技能提升的原因	提供及时反馈	7	0
	提供个性化指导	5	0
	提供学习材料	4	0
	拓展思维	4	2
使用 IPA 工具的经验	易用性	7	5
	可用性	4	4
	人性化程度	3	0

6. 讨论与结论

针对研究问题 1, IPA-DT 与 C-DT 在 AI 学习成效上无显著差异, 与 Fang et al. (2025) 一致。实验组更多参与问题分析、反思等高阶认知活动, 控制组侧重任务执行, 符合 IPA 引导

深度思考的功能。但 IPA 的多轮对话在初期可能增加认知负荷, 影响后续效率; 同时有用性与易用性问题(Sikström et al., 2024)及智能水平不也可能形成阻碍, 访谈中亦有反映。

针对研究问题 2, IPA-DT 较 C-DT 更能强化批判性思维, 与既往研究一致(Alharbi, 2017)。IPA 通过建议引导深度思考, 避免确认偏差; 作为具身伙伴, 其提供的解释与元认知线索可促使学习者反思思维过程。依据人机交互理论, 教学代理的社会线索能激发深层认知加工(Sikström et al., 2024)。在 AI 项目制作中, IPA 的资源与指导促进了反思与自我评估。

研究问题 3, IPA-DT 较 C-DT 更能促进积极认知反应, 与既往研究一致(Hostetter et al., 2023)。实验组在理解、分析、评价维度上显著更优, 得益于 IPA 的即时反馈、批判性引导与资源支持, 促进了深度加工与反思; 控制组在创造维度上略高, 可能源于其自主性与对外部资源的依赖。

参考文献

- Alharbi, A. H. F. (2017). *Modelling a conversational agent (Botocrates) for promoting critical thinking and argumentation skills* (Doctoral dissertation, University of Leeds).
- Aranda, M. L., Lie, R., & Selcen Guzey, S. (2020). Productive thinking in middle school science students' design conversations in a design-based engineering challenge. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(1), 67-81. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09498-5>
- Azizan, S. A., & Abu Shamsi, N. (2022, May). Design-based learning as a pedagogical approach in an online learning environment for science undergraduate students. In *Frontiers in Education* (Vol. 7, p. 860097). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.860097>
- Chai, C. S., Deng, F., Tsai, P. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2015). Assessing multidimensional students' perceptions of twenty-first-century learning practices. *Asia Pacific Education Review*, 16, 389-398. <https://doi.org/10.1007/s12564-015-9379-4>
- Chin, K. Y., Hong, Z. W., & Chen, Y. L. (2014). Impact of using an educational robot-based learning system on students' motivation in elementary education. *IEEE Transactions on learning technologies*, 7(4), 333-345. <https://doi.org/10.1109/TLT.2014.2346756>
- Choi, S., Jeong, S., Park, S., Kim, Y., & Han, I. (2026). Analyzing teacher-AI interaction patterns across teacher experience and AI proficiency in student-centered lesson design. *Teaching and Teacher Education*, 169, 105266. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.105266>
- Daradoumis, T., & Arguedas, M. (2020). Cultivating students' reflective learning in metacognitive activities through an affective pedagogical agent. *Educational Technology & Society*, 23(2), 19-31. <https://www.jstor.org/stable/26921131>
- Fang, J. W., Guo, X. G., Meng, X. P., Hwang, G. J., & Tu, Y. F. (2025). Realization of parasocial interaction theory in STEAM education with an AI pedagogical agent: insights from learning performance, collaboration tendency, and problem-solving tendency. *Interactive Learning Environments*, 1-24. <https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2508326>
- Fang, J. W., He, L. Y., Hwang, G. J., Zhu, X. W., Bian, C. N., & Fu, Q. K. (2022). A concept mapping-based self-regulated learning approach to promoting students' learning achievement and self-regulation in STEM activities. *Interactive Learning Environments*, 31(10), 7159-7181. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2061013>
- Hostetter, J. W., Conati, C., Yang, X., Abdelshiheed, M., Barnes, T., & Chi, M. (2023, September). XAI to increase the effectiveness of an Intelligent Pedagogical Agent. In *Proceedings of the*

23rd ACM International Conference on Intelligent Virtual Agents (pp. 1-9).
<https://doi.org/10.1145/3570945.3607301>

- Hwang, G. J., Yang, T. C., Tsai, C. C., & Yang, S. J. (2009). A context-aware ubiquitous learning environment for conducting complex science experiments. *Computers & Education*, 53(2), 402-413. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.02.016>
- Kalmatov, R., Karimovna, K. G., Zhamin, S., & Rahim, F. (2025). Artificial intelligence. In *The Palgrave Encyclopedia of Disability* (pp. 1-15). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Kim, Y., & Baylor, A. L. (2016). based design of pedagogical agent roles: A review, progress, and recommendations. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26, 160-169. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0055-y>
- Leavy, A., Dick, L., Meletiou-Mavrotheris, M., Paparistodemou, E., & Stylianou, E. (2023). The prevalence and use of emerging technologies in STEAM education: A systematic review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(4), 1061-1082. <https://doi.org/10.1111/jcal.12806>
- Lesseig, K., Nelson, T. H., Slavitt, D., & Seidel, R. A. (2016). Supporting middle school teachers' implementation of STEM design challenges. *School Science and Mathematics*, 116(4), 177-188.
- Li, T., & Zhan, Z. (2022). A systematic review on design thinking Integrated Learning in K-12 education. *Applied Sciences*, 12(16), 8077. <https://doi.org/10.3390/app12168077>
- Ng, D. T. K., Su, J., & Chu, S. K. W. (2024). Fostering secondary school students' AI literacy through making AI-driven recycling bins. *Education and Information Technologies*, 29(8), 9715-9746.
- Tang, T., Vezzani, V., & Eriksson, V. (2020). Developing critical thinking, collective creativity skills and problem solving through playful design jams. *Thinking Skills and Creativity*, 37,
- Wu, Q., Lu, J., Yu, M., Lin, Z., & Zhan, Z. (2022, January). Teaching design thinking in a C-STEAM project: A case study of developing the wooden arch bridges' intelligent monitoring system. In *Proceedings of the 2022 13th International Conference on E-Education, E-Business, E-Management, and E-Learning* (pp. 280-285). <https://doi.org/10.1145/3514262.3514313>
- Sikström, P., Valentini, C., Sivunen, A., & Kärkkäinen, T. (2024). Pedagogical agents communicating and scaffolding students' learning: High school teachers' and students' perspectives. *Computers & Education*, 222, 105140.