

GAI 辅助编程学习对不同性别学生学习成绩及计算思维的影响研究

Effect of GAI-supported programming learning on the academic performance and computational thinking of students of different genders

孙悦¹, 刘海英¹, 李伟^{1*}, 李雯¹, 刘城烨², 曾秋蓉³, 黄佳艺⁴, 肖茹萍¹

¹温州大学教育学院

²香港中文大学课程与教学系

³中华大学资讯与工程学系

⁴温州市瓯海区瞿溪第一小学

* liweiwzu@wzu.edu.cn

【摘要】本研究聚焦于生成式人工智能 (GAI) 支持的编程学习对不同性别学生的编程学习成绩及计算思维的影响。以温州市某小学五年级两个班级的学生为研究对象, 按照班级随机分为实验组 (34 人) 和对照组 (31 人), 实验组采用 GAI 辅助编程学习, 对照组采用常规的搜索引擎 (SE) 辅助编程学习。结果表明: 在学习成绩方面, 性别与学习方法存在显著的交互作用, 实验组女生的学习成绩显著高于对照组女生, 两组男生的学习成绩并不存在显著差异; 在计算思维方面, 性别与学习方法不存在显著的交互作用, 实验组学生的计算思维显著高于对照组学生。

【关键词】生成式人工智能; 编程学习; 计算思维

Abstract: This study focuses on the effects of generative artificial intelligence (GAI)-supported programming learning on the programming learning performance and computational thinking of students of different genders. Students in two fifth grade classes of a primary school in Wenzhou City were used as research target and were randomly divided into an experimental group (34 students) and a control group (31 students) according to their classes, with the experimental group using GAI-supported programming learning, and the control group using conventional search engine (SE)-supported programming learning. The results showed that there was a significant interaction between gender and learning method in terms of academic performance, with girls in the experimental group having significantly higher academic performance than girls in the control group, and there was no significant difference in the academic performance of boys in the two groups; there was no significant interaction between gender and learning method in terms of computational thinking, with the experimental group having significantly higher computational thinking than students in the control group.

Keywords: Generative Artificial Intelligence; Programming Learning; Computational Thinking

1. 引言

随着现代化技术的应用范围不断扩大, 以及日益复杂的信息化环境, 计算思维作为信息时代的重要产物, 逐渐成为个体在数字化世界需掌握的一项基本能力(孙发勤 & 冯锐, 2020)。计算机编程被认为是培养计算思维的理想学科之一(Hsu et al., 2018; Li et al., 2023)。教育工作者已经采用了一系列策略来促进学生计算思维的发展(Fang et al., 2022)。

然而由于编程的固有性质, 学生在学习编程时存在一些挑战(Hongwarittorn & Krairit, 2010)。例如, 在编写程序的过程中, 学生难以调试所编写程序中的错误, 他们往往需要一定的支持和指导(孙立会和胡琳琳, 2021)。此外, 传统的编程课程由于受到上课时间和人数的限制, 学生很难与教师进行一对一的互动, 当学生对编程产生疑问时, 教师可能无法提供及时和有效的反馈(Liu et al., 2024)。这可能会导致学习者无法及时解决在学习编程时遇到的困难, 教师需要提供有效的反馈帮助学习者理解并纠正错误, 从而提高学习者的编程能力(Kleij et al., 2015)。

生成式人工智能 (Generative Artificial Intelligence, 简称 GAI) 通过应用深度学习模型, 对大量文本数据进行训练来学习语言的语法、语义和上下文理解能力, 实现了对文本的自动生成, 能够为用户提供相关且有意义的内容, 以响应他们的请求(Cooper, 2023; Liu et al., 2023)。学生向 GAI 提出问题, 能够得到即时的反馈(Yilmaz & Yilmaz, 2023), 这意味着使用 GAI 辅助编程学习可能可以缓解在课堂上教师无法为每位学生提供及时反馈的压力。研究人员

将 GAI 工具应用于编程学习中，发现使用 GAI 的学生的计算思维、编程自我效能感和学习动机要比未使用 GAI 的学生表现的更好(Yilmaz & Yilmaz, 2023)。以往的研究也指出，相比于其他编程工具，GAI 能够提供便捷访问、提供快速响应、促进个性化学习、提供清晰的解释和编程示例、增强学生的计算思维、编程自我效能感等(孙丹等人, 2024)。

此外，性别差异也常被认为是导致编程学习成绩差异的一个重要因素(Derakhshan et al., 2024; Wei-Ying & Tzu-Chuen, 2024)。研究发现，女生在创新性、创造力等方面具有独特的优势，但往往在编程学习中缺乏信心或在技术操作上存在障碍。与此相对，男生通常表现出较强的逻辑思维和技术操作能力，但也可能面临过度依赖传统解决方法的问题(Garcia-Valcarcel Munoz-Repiso & Caballero-Gonzalez, 2019)。这种性别差异不仅体现在能力上的差异，还反映在学习策略的不同，这可能会对学生的学习表现产生一定的影响(Kim & Alghamdi, 2023)。因此，探索 GAI 在性别差异背景下对编程学习的影响，能够帮助教育者发现如何利用 GAI 促进不同性别学生的学习成果，尤其是帮助女性学生克服编程中的困难，从而提高她们的参与感和学习成效。

尽管目前有许多针对编程和计算思维的研究，但较少有研究专注于基于 GAI 的编程学习、计算思维与性别差异之间的关系。因此，本研究旨在探索 GAI 辅助编程学习对不同性别学生学习成绩和计算思维的影响，重点考察性别差异在此过程中所起的作用。具体而言，本研究将回答以下两个研究问题：

- (1) GAI 辅助编程学习如何影响不同性别学生的编程学习成绩？
- (2) GAI 辅助编程学习如何影响不同性别学生的计算思维？

2.研究设计

2.1.研究对象

参与本研究的实验对象来自温州市瓯海区某小学的 65 名五年级学生，他们按照班级被随机分为实验组(N = 34)和对照组(N = 31)，两组学生由同一专业教师授课。本实验选取的研究对象均满足以下条件：(1)实验对象所在学校的水平接近温州市的平均水平；(2)实验对象均有两年的计算机学习基础。

2.2.学习内容

根据小学信息科技课程的教学要求，本研究的课程选自浙教版五年级上册信息科技教材中的第二单元《算法的控制结构》及第三单元《用算法解决问题》，针对每一节课涉及到的重难点知识点确定教学活动以实现教学目标。具体课题名称、以及主要学习内容如表 1 所示。

表 1 课题名称与主要学习内容

课题名称	主要学习内容
顺序结构	1.顺序结构的概念，顺序结构的特点。 2.用流程图正确表示顺序结构。 3.掌握计算算法的执行步骤，能够根据具体问题分析算法执行过程。
分支结构	1.分支结构的基本概念和特点，能够区分分支结构和顺序结构。 2.用流程图表示分支结构，并能够根据实际问题设计出正确的流程图。 3.掌握验证分支结构的方法，能够通过调试和运行程序来验证分支结构的正确性。
双分支结构	1.双分支结构的基本概念和作用，了解其与单分支结构的区别。 2.使用流程图正确表示双分支结构，并能够根据实际问题进行简单的应用。 3.通过实践验证双分支结构的正确性，并能够解决一些实际问

	题。
体验算法控制	1.用自然语言、流程图等方式来描述简单的算法过程。 2.用关键信息分析问题。 3.综合应用算法控制结构解决生活问题。
问题的分解	1.问题的定义和分解,识别和定义问题,并对其进行分解。 2.确定关键问题,分析问题的重要性和优先级,把握问题的核心。 3.掌握解决问题的步骤和方法,根据问题的具体情况,运用适当的算法和工具,解决问题。
问题的抽象	1.抽象的含义,抽象的过程。 2.运用抽象思维分析问题,将问题抽象为数学模型。 3.培养抽象思维能力,将复杂问题转化为简单问题,提高解决问题的能力。
模型的建立	1.理解模型的概念和意义,知道模型是对现实世界事物、现象或过程的简化表示。 2.经历从问题提出到模型建立再到模型应用的全过程,学会建立简单的信息模型。

2.3. 研究工具

本研究所用的测量工具为编程知识前测试题、编程知识后测试题、计算思维问卷。

编程知识前后测试题均为 10 题,分为 9 道单选题和 1 道主观题,每道题分值为 10 分,总分为 100 分。前测试题旨在测试学生的先前知识水平,后测试题旨在评估学生的知识掌握情况。编程知识前测试题和编程知识后测试题均编程学习成绩的测试题由经验丰富的初中信息技术教师编制,经编程教育领域的专家共同审阅和修订。

计算思维问卷用于测量学生在实验前后的计算思维变化,从而判断 GAI 辅助学习对学生计算思维的影响。计算思维问卷改编自 Tsai et al.(2022),问卷的 Cronbach's alpha 值为 0.78。问卷均采用五点李克特量表进行计分,其中 1 - 5 依次代表非常不同意、不同意、一般、同意和非常同意。

2.4. 实验流程

本研究采用实验研究法,针对 GAI 对学生编程成绩和计算思维产生怎样的影响而开展研究。本实验将两个班级随机分为实验组和对照组,实验组采用 GAI 辅助编程学习,对照组采用传统检索方式辅助编程学习。

本实验课程持续 9 周,每周每组安排一次 40 分钟的课程。在第一周,所有参与的学生完成编程知识前测和计算思维前问卷。根据随机分组情况,向对照组学生介绍本次课程内容,解释任务单的完成要求,并演示使用百度这一搜索引擎完成任务的方法及注意事项,对学生的疑问进行解答;向实验组学生介绍本次课程内容,解释任务单的完成要求,简单介绍 GAI 中的大语言模型,演示并让学生熟练讯飞星火这一大语言模型的使用方法。第 2-8 周,教师向学生进行授课,实验组采用 GAI 辅助编程学习,对照组则采用搜索引擎(SE)辅助编程学习。教师会在在第 9 周,所有学生都要完成编程知识后测试以及计算思维的后问卷,以检验学生的学习效果。

图 1 为本实验的流程图。在教学阶段(第 2-8 周),每次课程的开展均围绕情境导入、探索新知、任务驱动、总结讨论四个环节,在总结讨论环节中,不同组别的研究对象需完成相同的任务,其中对照组使用 SE(百度)辅助完成任务,实验组使用 GAI(讯飞星火)辅助完成任务。

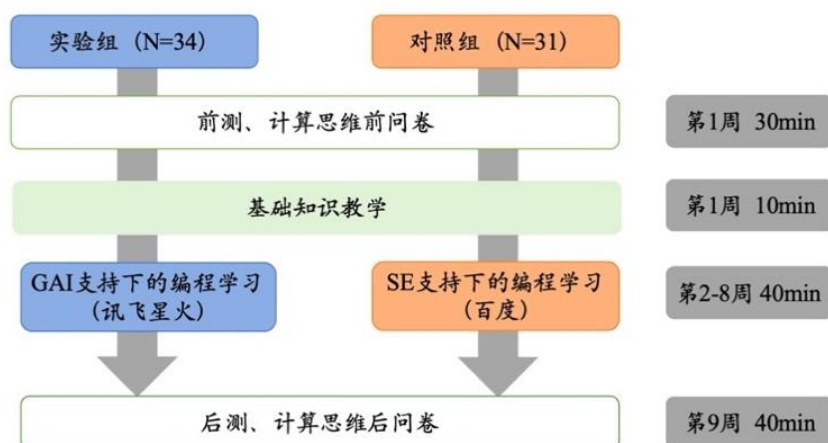


图 1 实验流程图

3. 结果

3.1. 学习成绩

为了了解不同学习方法对不同性别学生学习成绩的影响,本研究采用了双因素协方差分析方法。结果如表 2 所示,表明性别与学习方法之间的交互作用对学生的学习成绩产生影响($F = 6.93$, $p = 0.01 < 0.05$)。性别与学习方法的交互效应量为 0.08,为中等效应量(Cohen, 2013)。

表 2 学习成绩双因素协方差分析结果

变量	平方和	自由度	均方	F	η^2
学习成绩前测	628.17	1	628.17	6.15	0.11
性别	7.52	1	7.52	0.07	0.02
学习方法	128.32	1	128.32	1.26	0.03
性别*学习方法	702.38	1	702.38	6.75*	0.09
误差	5926.03	58	102.17		

* $p < 0.05$

为了探讨不同性别对采用不同学习方法学习的学生学习成绩的影响,本研究进一步采用了简单主效应分析法。结果如表 3 所示,实验组中不同性别学生的学习成绩存在显著差异($F = 7.181$, $p = 0.01 < 0.05$)。对照组中不同性别学生学习成绩之间没有显著的统计学差异($F = 3.13$, $p = 0.09 > 0.05$)。这表明,采用基于 GAI 辅助的编程学习方法进行学习时,不同性别学生的编程学习成绩存在显著差异。

表 3 性别对学生学习成绩的简单主效应分析结果

变量	个数	平均值	标准差	调整后 平均值	F	p	η^2
实验组	男生	20	68.65	11.40	7.18*	0.01	0.08
	女生	14	75.14	9.12			
	共计	34	71.32	10.89			
对照组	男生	14	72.71	9.32	3.13	0.09	
	女生	17	62.41	11.63			
	共计	31	67.06	11.70			

* $p < 0.05$

表 4 为学习方法对不同性别学生学习成绩影响的简单主效应分析结果。结果表明,男生在不同学习方法下的编程学习成绩不具有显著差异($F = 1.21$, $p = 0.28 > 0.05$)。女生在不同学习方法下的编程学习成绩具有显著差异($F = 11.13$, $p = 0.00 < 0.05$)。这表明,采用基于 GAI 辅助的编程学习方法进行学习时,女生比男生更能提高编程学习成绩。

表 4 学习方法对学生学习成绩的简单主效应分析结果

变量	个数	平均值	标准差	调整后 平均值	F	p	η^2
男生	实验组	20	68.65	11.40	1.21	0.28	
	对照组	14	72.71	9.32			
	共计	34	70.32	10.64			
女生	实验班	14	75.14	9.12	11.13**	0.00	0.12
	对照组	17	62.41	11.63			
	共计	31	68.16	12.23			

** $p < 0.01$

图 2 为不同学习方法和不同性别与学生编程学习成绩之间的交互作用图。结果表明,采用基于 GAI 辅助的编程学习方法进行学习的女生,编程学习成绩显著优于在常规的搜索引擎编程学习方法下的女生。而男生使用两种方法下,编程学习成绩没有显著差异。这就意味着基于 GAI 辅助的编程学习方法在提高女生的编程学习成绩方面更有效。

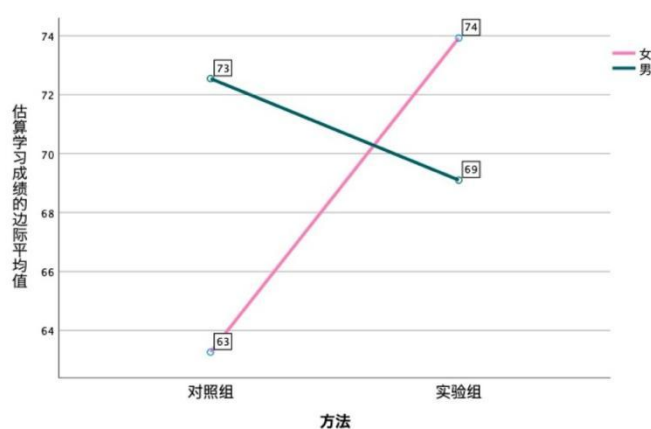


图 2 学习方法与性别对学习成绩的交互作用

3.2. 计算思维

为了了解不同方法对不同性别学生计算思维的影响,本研究采用了双因素协方差分析方法。结果如表 5 所示,性别与学习方法之间并不存在显著的交互作用 ($F = 0.14$, $p = 0.71 > 0.05$)。

表 5 学习成绩双因素协方差分析结果

变量	平方和	自由度	均方	F	η^2
学习成绩前测	5.17	1	5.17	87.08	0.55
性别	0.01	1	0.01	0.21	
学习方法	0.59	1	0.59	9.86	0.06
性别*学习方法	0.09	1	0.09	0.14	
误差	3.57	60	0.06		

为了探讨不同性别对采用不同学习方法学习的学生计算思维的影响,本研究进一步采用了主效应分析法。结果如表 5 所示,学习方法对学生的计算思维有显著影响($F = 9.86$, $p = 0.003 < 0.05$)。但性别对学生的计算思维没有显著影响($F = 0.21$, $p = 0.65 > 0.05$)。结果表明,采用基于 GAI 辅助的编程学习方法学习的学生,计算思维显著高于采用基于常规的搜索引擎编程学习方法的学生。

4. 讨论与结论

本研究提出了基于 GAI 辅助的编程学习方法,用于帮助学生学习编程知识。实验组采用基于 GAI 辅助的编程学习方法,对照组采用常规的搜索引擎编程学习方法进行学习。实验结

果表明, 基于 GAI 辅助的编程学习方法显著提高了实验组女生的编程学习成绩, 并且显著提高了实验组所有学生的计算思维。

4.1. GAI 辅助编程学习对不同性别学生编程学习成绩的影响

在学习成绩方面, 实验结果表明, 性别与学习方法对学生的编程学习成绩产生了显著的交互影响。具体表现为, 实验组女生的编程学习成绩显著高于对照组女生的编程学习成绩; 而实验组和对照组的男生的编程学习成绩并不存在统计学上的显著差异。这一结果与 Ma et al. (2021) 的研究结果是一致的, 即提供支持性指导可以提高女生在编程环境中的参与度、信心和编程的自我效能感。GAI 在编码过程中能够帮助学生解决调试、排除障碍等, 使学生能够发展与编码相关的自我效能感(Yilmaz & Yilmaz, 2023)。以往的研究表明, 女生在编程活动中的动机水平相对较低(Tikva & Tambouris, 2021), 这可能是因为缺乏满足儿童需求和兴趣的创造性内容。有学者指出, 只要为女生提供适宜的教学环境, 她们同样能够表现良好(Angeli & Valanides, 2020)。

4.2. GAI 辅助编程学习对不同性别学生计算思维的影响

在计算思维方面, 实验结果表明, 性别与学习方法对学生的计算思维未产生交互影响。以往研究发现性别并不影响儿童在早期教育中计算思维和数字技能的表现(Papadakis et al., 2016)。主效应分析结果表明, 实验组学生的计算思维显著高于对照组学生的计算思维。人工智能驱动的工具和环境可以通过与学生互动并在他们学习编程时为他们提供个性化支持和反馈来提高学生的参与度和积极性(Yilmaz & Yilmaz, 2023)。生成式人工智能在回答问题时具有精准性、结构化、逻辑性等特点(刘勉 & 陈权, 2024), 学生通过深度理解 GAI 的回答, 了解如何将问题解决过程分解为一系列有序的步骤, 并将其泛化到其他问题和情境中。此外, 学生通过向 GAI 提出问题来获得他们想要的问题的答案, 可以将更多的时间投入到提出原创性问题、算法思维、解决问题和批判性思维上(Yilmaz & Yilmaz, 2023)。

本研究提出了基于 GAI 辅助的编程学习方法, 结果表明, 这一方法能够提高女生的编程学习成绩, 并且能够提高学生的计算思维。但本研究也存在一定的局限性。首先, 本研究关注了性别与基于 GAI 的编程学习对小学生编程学习成绩和计算思维的影响, 但受到参与者人数和年龄等因素的限制, 结论可能不够深入, 未来可以进行更加深入地分析。其次, GAI 在教育中的应用仍处于早期阶段, 未来研究可以关注 GAI 对编程学习过程的影响。

参考文献

- 刘勉, & 陈权. (2024). 生成式人工智能赋能教育教学模式创新——以培养中小学生学习思维为例. *中小学信息技术教育*(09), 5-7.
- 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*(03), 113-120. doi:10.13811/j.cnki.eer.2024.03.016.
- 孙发勤 & 冯锐. (2020). 编程教育中的智能导师系统: 架构、设计与应用. *远程教育杂志*(01), 61-68. doi:10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2020.01.006.
- 孙立会, & 胡琳琳. (2021). 编程真的能促进儿童的个体发展吗? ——基于28项实验和准实验研究的元分析. *华东师范大学学报(教育科学版)*, 39(11), 45-58. <https://doi.org/10.16382/j.cnki.1000-5560.2021.11.002>
- Angeli, C., & Valanides, N. (2020). Developing young children's computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy. *Computers in human behavior*, 105, 105954. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.018>
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. routledge. [https://doi.org/10.1016/0198-9715\(90\)90050-4](https://doi.org/10.1016/0198-9715(90)90050-4)
- Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32(3), 444-452. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10039-y>
- Derakhshan, A., Malmir, A., Pawlak, M., & Wang, Y. (2024). The use of interlanguage pragmatic learning strategies (IPLS) by L2 learners: the impact of age, gender, language

- learning experience, and L2 proficiency levels. *International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*, 62(4), 1985-2008. <https://doi.org/10.1515/iral-2022-0132>
- Fang, J.-W., Shao, D., Hwang, G.-J., & Chang, S.-C. (2022). From Critique to Computational Thinking: A Peer-Assessment-Supported Problem Identification, Flow Definition, Coding, and Testing Approach for Computer Programming Instruction. *Journal of Educational Computing Research*, 60(5), 1301-1324. <https://doi.org/10.1177/07356331211060470>
- Garcia-Valcarcel Munoz-Repiso, A., & Caballero-Gonzalez, Y.-A. (2019). Robotics to develop computational thinking in early Childhood Education. *Comunicar*, 27(59), 63-72. <https://doi.org/10.3916/c59-2019-06>
- Hongwarittorn, N., & Krairit, D. (2010). Effects of program visualization (jeliot3) on students' performance and attitudes towards java programming. *The spring 8th international conference on computing, communication and control technologies (Vol. 69)*.
- Hsu, T.-C., Chang, S.-C., & Hung, Y.-T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. *Computers & Education*, 126, 296-310. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004>
- Kim, S. Y., & Alghamdi, A. K. H. (2023). Secondary School Students' Perceptions of Science Learning Environment and Self-Efficacy in South Korea: Gender Differences. *Journal of Baltic Science Education*, 22(2), 269-281. <https://doi.org/10.33225/jbse/23.22.269>
- Kleij, F. M. V. d., Feskens, R. C. W., & Eggen, T. J. H. M. (2015). Effects of Feedback in a Computer-Based Learning Environment on Students' Learning Outcomes. *Review of Educational Research*, 85(4), 475-511. <https://doi.org/10.3102/0034654314564881>
- Li, W., Liu, C.-Y., & Tseng, J. C. R. (2023). Effects of the interaction between metacognition teaching and students' learning achievement on students' computational thinking, critical thinking, and metacognition in collaborative programming learning. *Education and Information Technologies*, 28(10), 12919-12943. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11671-2>
- Liu, I.-F., Hung, H.-C., & Liang, C.-T. (2024). A study of programming learning perceptions and effectiveness under a blended learning model with live streaming: comparisons between full-time and working students. *Interactive Learning Environments*, 32(8), 4396-4410. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2198586>
- Liu, P., Yuan, W., Fu, J., Jiang, Z., Hayashi, H., & Neubig, G. (2023). Pre-train, prompt, and predict: A systematic survey of prompting methods in natural language processing. *ACM Computing Surveys*, 55(9), 1-35. <https://doi.org/10.1145/3560815>
- Ma, H., Zhao, M., Wang, H., Wan, X., Cavanaugh, T. W., & Liu, J. (2021). Promoting pupils' computational thinking skills and self-efficacy: A problem-solving instructional approach. *Educational Technology Research and Development*, 69(3), 1599-1616. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10016-5>
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2016). Developing fundamental programming concepts and computational thinking with ScratchJr in preschool education: a case study. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 10(3), 187-202. <https://doi.org/10.1504/ijmlo.2016.077867>
- Tikva, C., & Tambouris, E. (2021). Mapping computational thinking through programming in K-12 education: A conceptual model based on a systematic literature Review. *Computers & Education*, 162, 104083. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104083>
- Tsai, M.-J., Liang, J.-C., Lee, S. W.-Y., & Hsu, C.-Y. (2022). Structural validation for the developmental model of computational thinking. *Journal of Educational Computing Research*, 60(1), 56-73. <https://doi.org/10.1177/07356331211017794>
- Wei-Ying, L., & Tzu-Chuen, L. (2024). Effect of an OwlSpace Programming Course on the Computational Thinking of Elementary School Students. *Informatics in Education*, 23(1), 145-178. <https://doi.org/10.15388/infedu.2024.07>

Yilmaz, R., & Yilmaz, F. G. K. (2023). The effect of generative artificial intelligence (AI)-based tool use on students' computational thinking skills, programming self-efficacy and motivation. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100147. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100147>