

哪一种学习支架更有效？学习支架对不同元认知水平学生学习成绩和计算思维的影响研究

Which Scaffolding is More Effective? A Study of the Effect of Scaffolding on the Learning Achievement and Computational Thinking of Students with Different Levels of Metacognition

朱玉蝶¹, 李伟^{1*}, 林家苗², 刘城焯³, 黄佶艺⁴, 李雯¹, 荣健康¹,

¹温州大学教育学院

²海宁市盐仓小学

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】 本研究旨在探讨学习支架类型和元认知水平对学生学习成绩和计算思维的影响。温州市某小学四年级 83 名学生参与了为期六周的实验，被分配至实验 1 班 (n=41) 和实验 2 班 (n=42)。实验 1 班的学生采用反思型学习支架进行干预，实验 2 班的学生则采用支持型学习支架进行干预。实验结果表明，在计算思维倾向方面，学习支架类型与元认知水平具有交互作用。对于低元认知水平学生而言，支持型学习支架比反思型学习支架更有利于提升他们的计算思维倾向。然而，学习支架类型和个体元认知水平之间的交互对学习成绩没有显著影响。

【关键词】 计算思维；学习支架；元认知

Abstract: The purpose of this study was to investigate the effects of scaffolding types and metacognitive level on students' learning achievement and computational thinking. Eighty-three fourth-grade students in an elementary school in Wenzhou City participated in a six-week experiment and were assigned to Experimental 1 (n = 41) and Experimental 2 (n = 42) classes. Students in Experiment 1 class were intervened with the reflective scaffolding, while students in Experiment 2 class were intervened with the supportive scaffolding. The results of the experiment showed that the type of scaffolding interacted with the level of metacognition in terms of computational thinking and metacognitive tendencies. For students with low metacognitive levels, supportive scaffolding were more beneficial than reflective scaffolding in enhancing their computational thinking tendencies and metacognitive tendencies. However, the interaction between type of scaffolding and individual metacognitive level did not have a significant effect on learning achievement.

Keywords: Computational Thinking, Scaffolding, Metacognition

1. 前言

随着数字化时代的到来，计算思维被认为是 21 世纪青少年的一项重要思维技能(Bocconi & K., 2022)。计算思维指的是利用计算机科学的基本概念来解决问题、设计系统和理解人类行为的一系列思维活动(Wing, 2006)。研究者认为，计算思维是学生理解计算机入门课程的

先决条件(F Joseph Agbo, 2021)。作为成功解决问题的关键技能之一, 计算思维与个人在日常生活中使用技术的能力有着密切关系(Kale et al., 2018)。

计算思维强调通过对任务的抽象和分解, 将复杂的任务逐步自动化。然而, 在实际执行任务时, 学生往往难以选择合适的方式来描述问题, 无法抽象问题, 无法将一个不知道如何将一个大而复杂的问题分解成小而简单的步骤, 这导致学生无法成功解决问题 (Rijke et al., 2018)。研究表明, 如果没有适当的指导, 学生在发展计算思维技能方面面临着重大挑战 (Denner et al., 2012)。因此, 研究者认为可以给学习者提供学习支架, 帮助学习者将高难度任务分解, 从而消除能力障碍的问题(Zhou et al., 2023)。研究者开发了一个学习者建模和自适应学习支架, 结果证明, 相较于未接受学习支架的学生而言, 接受学习支架的学生能构建更准确的模型, 对科学和计算思维概念表现出更好的理解(Basu et al., 2017)。此外, 研究发现, 在编程游戏中使用学习支架不仅可以提高学生的学习兴趣 and 动力, 还可以帮助他们更好地掌握和应用计算思维(Tikva & Tambouris, 2022)。

早期的研究多关注学习支架的影响, 但近期有更多的研究比较了不同支架类型的优势 (Kim et al., 2021)。研究证明, 不同类型的学习支架对学生的影响是不相同的 (Atman Uslu et al., 2022)。例如, 支持型支架可以通过提示的方法和机制来实现, 即通过提供关于解决方案的可能路径的提示来帮助学生达成解决方案 (Acovelli & Gamble, 1997)。反思型支架则可以帮助学习者回答“我做了什么?” 或者“我下一步该怎么办?”, 引导学生对自己的行为进行反思 (Chen et al., 2023)。总之, 研究显示, 学习支架能显著促进学生计算思维的发展, 并对学习成果产生正面效应。本研究中重点关注支持型学习支架和反思型学习支架, 因为这两者分别与学生的领域知识和元认知思维密切相关 (Kim & Lim, 2019)。

元认知作为一种深层次的认知活动, 在人们的认知活动中起着监控、指导和调节的作用, 它的发展水平直接制约着人的智力和思维的发展水平 (秦利民 & Zhang, 2022)。研究表明, 由于学生元认知水平不同, 学生的解决问题的能力有所差异, 从而会影响到学习成就的高低 (Huang & Zheng, 2021)。元认知水平高的学生解决问题的能力会更高, 而元认知水平低的学生在问题解决活动中可能更需要帮助。因此, 针对不同元认知水平的学生应该提供不同的学习支架 (Kim & Lim, 2019)。综上所述, 本研究旨在探讨学习支架类型对不同元认知水平的学生的影响差异。研究问题如下:

- (1) 学习支架类型对不同元认知水平学生的学习成绩是否有影响?
- (2) 学习支架类型对不同元认知水平学生的计算思维倾向是否有影响?

2. 实验设计

2.1. 研究对象

温州市某小学四年级 83 名学生参与了为期六周的实验, 他们的平均年龄为 11-12 岁, 被分配至两个班。其中一个班为实验 1 班 (n=41), 另一个班为实验 2 班 (n=42)。学生信息均做匿名处理。

在实验班级内部, 通过收集实验对象元认知倾向问卷数据进行处理, 将实验对象根据元认知水平的高和低各分为两组。两个班由同一位老师授课, 学习与课程内容相同。

2.2. 学习材料

本实验选取了浙江省义务教育教科书四年级信息技术教材中的部分内容作为主要的学习内容。在实验过程中, 依据 Acovelli 和 Gamble (1997) 的研究, 支持型学习支架以提示和视觉材料的形式呈现, 提供课堂知识内容和学习者需要接受的指导。反思型学习支架由探索性

问题、暗示、总结等部分组成，为学习者提供了元认知问题，帮助他们回顾学习内容和反思学习过程(Chen et al., 2023)。两种类型支架的差异如表 1 所示。在为期四周的学习过程中，指导者没有提供额外的支持来控制实验。每次完成支架的设计后，都交由具有 4 年教学经验的实验学校的教师进行检阅和修改。

表 1 支持型和反思型支架的差异比较

支架类型	关键特征	呈现方式	主要内容概括
支持型支架	提示	视觉资料	抽象理论解释
	指导	微视频	操作性知识步骤提示 软件使用指导
反思型支架	问题	纸质资料	教学过程性反思
	反思	任务单	课堂总结性反思 自我课堂评价反馈

根据支持型支架与反思型支架的差异，并结合学习内容，支架设计的具体内容如表 2 所示。

表 2 支持型和反思型支架的具体内容比较

课时	反思型支架	支持型支架
1 图文并茂美文章	在插入图片的过程中，你遇到了什么问题？ 在插入艺术字的过程中，你遇到了什么问题？ 本节课你学到了什么知识？ 请为你在本节课的表现做出评价。	提供插入图片的过程和方法的提示。 进行图片大小、位置调整的演示。 分享插入艺术字的方法视频。
2 巧用表格来排版	在插入表格的过程中，你遇到了什么问题？ 在美化表格的过程中，你遇到了什么问题？ 本节课你学到了什么知识？ 请为你在本节课的表现做出评价。	提示插入表格的过程。 分享调整表格大小、位置和颜色的视频。 演示添加文本框的步骤。 展示组合图形的要点与技巧。
3 采集生活点滴	在插入表格的过程中，你遇到了什么问题？ 在美化表格的过程中，你遇到了什么问题？ 本节课你学到了什么知识？ 请为你在本节课的表现做出评价。	展示耳麦的连接方法视频。 分享资料的分类技巧与方法。 提示录音的步骤与过程。
4 精彩的图片剪辑	在插入表格的过程中，你遇到了什么问题？ 在美化表格的过程中，你遇到了什么问题？ 本节课你学到了什么知识？ 请为你在本节课的表现做出评价。	提示保存图片的步骤与要点。 分享裁剪图片的过程、步骤和方法。

2.3. 研究工具

本研究的测量工具包括学习成绩前测试题、学习成绩后测试题、计算思维倾向问卷以及元认知倾向问卷。其中，学习成绩的前测、后测试题由经验丰富的教师结合学生所学知识自主出题，试卷完成后由该领域专家共同检阅通过，难度适合四年级学生的水平。前后测试题都包含 10 道选择题。每套题目中都含有两个反向思维题，每题十分，共计 100 分。前后测试题的组成结构大致相同，且难度相差不大。

计算思维倾向问卷改编自 Hwang and Li (2020) 所开发的量表。它由 6 个题目组成，采用 5 点李克特量表评分方案（即：非常同意、同意、一般、不同意、非常不同意）。问卷的 Cronbach's alpha 值为 0.763。

元认知倾向问卷改编自 Lai and Hwang (2014) 所开发的量表，包含 5 个条目，其 Cronbach's alpha 值为 0.757。问卷采用 5 点李克特量表进行评分，分值从 1 至 5，依次代表“完全不同意”、“不同意”、“中立”、“同意”和“完全同意”。

2.4. 实验流程

本实验共持续六周，每周一课时，每次课程 45 分钟。在第一周，学生需要完成前测和前问卷。在第二周至第五周，教师对学生们进行授课，其中，实验 1 班的学生采用反思型学习支架进行干预，实验 2 班的学生则采用支持型学习支架进行干预。在第六周，学生完成后测知识测验，并填写后测问卷。

2.5. 数据分析方法

在本次实验研究中，为了区分不同元认知水平的学生，根据元认知倾向前问卷评分，将学生分为高元认知组和低元认知组。实验 1 班得分高于中位数（3.8）为元认知水平高，低于的为元认知水平低；实验 2 班得分高于中位数（4.0）为元认知水平高，低于的为元认知水平低。

在剔除了异常情况的数据之后，收集到了实验 1 班高元认知水平组 16 个样本量，低元认知组 14 个样本量，1 组总计样本量为 30 个；实验 2 班高元认知水平组 15 个样本量，低元认知组 15 个样本量，2 组总计样本量为 30 个。两组共计样本量为 60 个。实验对象情况如表 3 所示。

表 3 实验对象情况调查表

支架班级	元认知分组	个案数
实验 1 班	低元认知	14
	高元认知	16
	总计	30
实验 2	低元认知	15
	高元认知	15
	总计	30
总计	低元认知	29
	高元认知	31
	总计	60

3. 实验结果

3.1. 学习成绩

为了了解学习支架类型和元认知水平对学生学习成绩的影响，本研究采用双因素协方差的数据分析方法。将学生的前测成绩作为协变量，消除学习者在学习活动前原有知识水平的差异。自变量为学习支架类型和元认知水平，因变量为学生的学习成绩。

表 4 学生学习成绩的双因素协方差分析结果

变量	平方和	自由度	均方	<i>F</i>	<i>P</i>	η^2
前测知识总分	1023.897	1	1023.897	2.911	.094	.050
元认知分组	21.311	1	21.311	.061	.806	.001
班级	443.659	1	443.659	1.261	.266	.022
元认知分组 * 班级	314.317	1	314.317	.894	.349	.016
Error	19345.627	55	351.739			

双因素协方差分析结果如表 4 所示，在学习成绩方面，学习支架类型和元认知水平之间不存在显著交互作用($F = .894, p > 0.05$)，说明学习支架类型和元认知水平不会共同对学生学习成绩产生显著影响。此外，学习支架类型($F = 1.261, p > 0.05$)和元认知水平($F = 0.061, p > 0.05$)对学生的学习成绩也没有显著影响。

3.2. 计算思维倾向

为了了解学习支架类型和元认知水平对学生计算思维倾向发展的影响，本研究采用了双因素协方差分析方法。双因素协方差结果分析如表 5 所示，在计算思维倾向方面，支架类型和元认知水平之间存在显著的交互作用($F = 5.973, p < 0.05$)，两者之间的交互效应量为 0.098。

表 5 学生计算思维倾向的双因素协方差分析结果

变量	平方和	自由度	均方	<i>F</i>	<i>P</i>	η^2
班级	3.179	1	3.179	14.720**	.000	.211
元认知分组	.012	1	.012	.056	.814	.001
班级 * 元认知分组	1.290	1	1.290	5.973*	.018	.098
Error	11.878	55	.216			

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

进一步分析元认知水平对学生计算思维倾向的简单主效应，如表 6 所示。结果表明，实验 1 班($F = 3.658, p > 0.05$)和实验 2 班($F = 2.783, p > 0.05$)学生的元认知水平在计算思维倾向方面均没有显著性差异。

表 6 元认知水平对学生计算思维倾向的简单主效应分析结果

变量	平方和	自由度	均方	<i>F</i>	<i>P</i>	η^2	
实验 1 班 (反思型支架)	组间	.819	1	.819	3.658	.064	.061
	组内	6.042	27	.224			
	总计	437.417	30				
实验 2 班 (支持型支架)	组间	.588	1	.588	2.783	.129	.041
	组内	5.709	27	.211			
	总计	561.083	30				

表 7 学习支架类型对学生计算思维倾向的简单主效应分析结果

变量	平方和	自由度	均方	<i>F</i>	<i>P</i>	η^2	
低元认知水平	组间	4.247	1	4.247	18.527***	.000	.259

	组内	5.960	26	.229			
	总计	474.083	29				
高元认知水平	组间	.151	1	.151	.744	.314	.018
	组内	5.687	28	.203			
	总计	524.417	31				

*** $p < 0.001$

表 7 所示为学习支架类型对学生计算思维倾向的简单主效应分析结果。低元认知水平的学生在学习过程中使用不同的学习支架，计算思维倾向发展有显著性差异($F = 18.527, p < 0.001$)。高元认知水平的学生在学习过程中使用不同的学习支架，计算思维倾向发展没有显著性差异($F = 0.744, p > 0.05$)。结果表明，相比元认知水平高的学生，学习支架更有利于元认知水平低的学生。

图 1 为学习支架类型与元认知水平对学生计算思维倾向影响的交互作用图。结果表明，采用支持型学习支架的学生比使用反思型学习支架的学生具有更高的计算思维倾向。此外，当使用支持型学习支架时，低元认知水平的学生的计算思维倾向发展明显高于高元认知水平的学生。

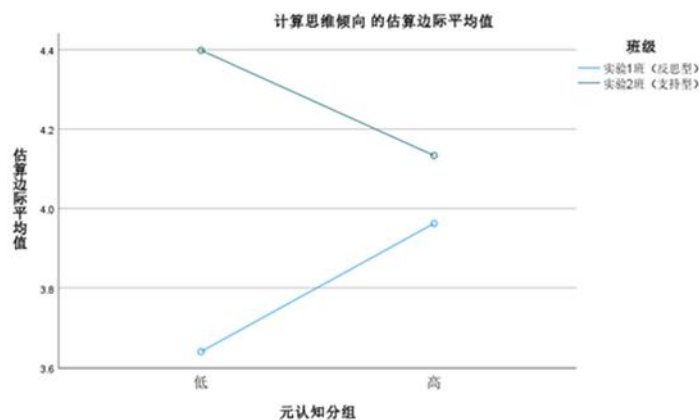


图 1 学习支架和元认知水平在计算思维倾向中的交互作用

4. 讨论与结论

本研究考察了学习支架类型对不同元认知水平学生的学习成绩、计算思维倾向和元认知倾向的影响。实验结果表明，在计算思维倾向和元认知倾向方面，学习支架类型与元认知水平具有交互作用。对于低元认知水平学生而言，支持型学习支架比反思型学习支架更有利于提升他们的计算思维倾向和元认知倾向。然而，学习支架类型和个体元认知水平之间的交互对学习成绩没有显著影响。

在学习成绩方面，根据研究结果，学习成绩并未受到支架类型、元认知水平以及这两者相互作用的影响。这种现象可能源于实验持续时间较短和教学课时不足，这限制了支架对学生学习干预的效果。

在计算思维倾向的发展上，分析结果显示，支架类型与元认知水平之间存在显著的相互作用。具体来说，接受支持型学习支架的学生展现出比使用反思型学习支架的学生更强烈的计算思维倾向。以往研究发现，在空间能力自我效能方面，支持性学习支架比反思性学习支架更有效，这与本研究的发现相呼应(Atman Uslu et al., 2022)。因此，可以推断支持型学习支架对于促进学生计算思维倾向的发展起到了更为关键的作用。

此外，本研究也存在一些局限性。首先，本研究的样本总量较小，可能导致实验结果代表性弱，推荐后续研究可以扩大样本量。其次，本实验的实验周期较短，对于习惯传统模式教学的学生来说，支架的干预作用并不明显，使某些方面的实验结果并不显著。建议未来的研究者考虑延长实验时间，以增强支架对学生学习过程的干预效果。

参考文献

- Acovelli, M., & Gamble, M. (1997). A Coaching Agent for Learners Using Multimedia Simulations. *Educational Technology*, 37, 44-48.
- Atman Uslu, N., Yildiz Durak, H., & Ay, G. M. (2022). Comparing reflective and supportive scaffolding in 3D computer - aided design course: Engineering students' metacognitive strategies, spatial ability self - efficacy, and spatial anxiety. *Computer Applications in Engineering Education*, 30(5), 1454-1469.
- Basu, S., Biswas, G., & Kinnebrew, J. S. (2017). Learner modeling for adaptive scaffolding in a Computational Thinking-based science learning environment. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 27(1), 5-53.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Kampylis, P., Dagienė, V., Wastiau, P., Engelhardt, , & K., E., J., Horvath, M.A., Jasutė, E., Malagoli, C., Masiulionytė-Dagienė, V. and Stupurienė, G. (2022). Reviewing Computational Thinking in Compulsory Education.
- Chen, C. H., Liu, T. K., & Huang, K. (2023). Scaffolding vocational high school students computational thinking with cognitive and metacognitive prompts in learning about programmable logic controllers. *Journal of Research on Technology in Education*, 55(3), 527-544.
- Denner, J., Werner, L., & Ortiz, E. (2012). Computer games created by middle school girls: Can they be used to measure understanding of computer science concepts? *Computers & Education*, 58(1), 240-249.
- F Joseph Agbo, S. S. O., J Suhonen, M Tukiainen. (2021). iThinkSmart: Immersive virtual reality mini games to facilitate students' computational thinking skills.
- Huang, Y., & Zheng, X. (2021). Effects of Scaffolding Types and Individual Metacognition Levels on Learning Achievement in Online Collaborative Argumentation.
- Hwang, G.-J., & Li, K.-C. (2020). Trends and strategies for conducting effective STEM research: Jen Hwang arch and applications: a mobile and ubiquitous learning perspective.
- Kale, U., Akcaoglu, M., Cullen, T., Goh, D., Devine, L., Calvert, N., & Grise, K. (2018). Computational What? Relating Computational Thinking to Teaching. *TechTrends*, 62(6), 574-584.
- Kim, J. Y., & Lim, K. Y. (2019). Promoting learning in online, ill-structured problem solving: The effects of scaffolding type and metacognition level. *Computers & Education*, 138, 116-129.
- Kim, N. J., Vicentini, C. R., & Belland, B. R. (2021). Influence of Scaffolding on Information Literacy and Argumentation Skills in Virtual Field Trips and Problem-Based Learning for Scientific Problem Solving. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(2), 215-236.
- 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.

- Rijke, W. J., Bollen, L., Eysink, T. H. S., & Tolboom, J. L. J. (2018). Computational Thinking in Primary School: An Examination of Abstraction and Decomposition in Different Age Groups [Article]. *Informatics in Education*, 17(1), 77-92.
- Tikva, C., & Tambouris, E. (2022). The effect of scaffolding programming games and attitudes towards programming on the development of Computational Thinking. *Education and Information Technologies*, 28(6), 6845-6867.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Zhou, Y., Chai, C. S., Li, X., Ma, C., Li, B., Yu, D., & Liang, J.-C. (2023). Application of Metacognitive Planning Scaffolding for the Cultivation of Computational Thinking. *Journal of Educational Computing Research*, 61(6), 1123-1142.
- 秦利民, & Zhang, L. J. (2022). 近 10 年(2011-2020)国际元认知研究动态:回顾与展望. *外语学刊* (3), 98-106.