

具身认知视角下 AI 机器人编程课程的创新设计与课堂实践

Innovative Design and Classroom Practice of AI Robot Programming Curriculum under

Embodied Cognition Perspective

张翼菲^{1*}, 陈菱琦², 赵嘉华³

福建师范大学教育学院, 福建福州 350000

*2297796905@qq.com

【摘要】 在人工智能时代, 编程教育成为培养信息素养关键, 但传统编程教学方式对低年级学生适配性不足。研究基于具身认知理论, 采用准实验法对比机器人辅助与纸笔工具教学效果。结果显示, 机器人支持的高具身教学显著提升学生学习成绩与批判反思能力, 问题解决能力虽未达统计显著但呈积极趋势。研究表明, 机器人具身化操作与即时反馈帮助学生直观理解编程逻辑, 形成“动作-思维”深度联结。机器人作为具身认知实践载体, 不仅降低认知负荷, 更拓展理论在编程教育应用, 为课程设计提供实证依据, 建议未来延长实验周期深化验证。

【关键词】 人工智能; 机器人; 具身认知理论; 编程课程

Abstract: In the era of artificial intelligence, programming education plays a critical role in fostering digital literacy, yet traditional methods often lack suitability for younger students. Grounded in embodied cognition theory, this quasi-experimental study compares the effects of robot-assisted versus paper-based instruction. Findings reveal that high-embodiment teaching supported by robots significantly enhances students' academic performance and critical reflection skills, with problem-solving showing a positive trend. Robot interaction and real-time feedback promote intuitive understanding of programming logic through deep action-thought integration. Serving as a vehicle for embodied cognition, robots reduce cognitive load and broaden the application of theory in programming education. The study offers empirical evidence for curriculum design and calls for extended experimental durations for further validation.

Keywords: Artificial Intelligence, Robotics, Embodied Cognition Theory, Programming Courses

1. 绪论

1.1 研究背景

随着人工智能技术的迅猛发展, 其在各个领域的广泛应用正深刻地改变着我们的生活和工作方式。教育领域也不例外, 人工智能教育应运而生, 成为全球基础教育改革的重要议题 (Cheng & Wang, 2023)。自 2017 年我国《新一代人工智能发展规划》颁布以来, 中小学编程教育逐步纳入课程体系, 旨在通过编程学习培养学生的计算思维与创新能力, 为未来的人工智能时代打下坚实基础 (康建朝, 2021)。然而, 传统编程教学多聚焦于屏幕端的代码编写与语法规则训练 (孙立会, 2019), 对低年级学生的认知适配性存在显著局限。研究表明, 处于具体运算阶段的小学生仍以直观思维为主导, 其抽象逻辑能力尚未完善 (李水明, 2014), 面对传统编程教学中复杂的符号系统与离屏式学习模式, 易产生理解障碍 (王靖等, 2022)。

这种“从文字到文字”的教学范式，不仅割裂了知识的情境关联，更因过度依赖机械记忆导致学生思维僵化，难以实现编程思维的內化。

具身认知理论为破解这一困境提供了新思路。该理论强调认知是身体与环境动态交互的产物，主张通过身体动作、感知体验与物理操作促进抽象概念的理解(姜美玲, 2003)。这一理论与编程教育的融合，能够将抽象的算法逻辑转化为具象的物理行为，如通过肢体动作模拟程序流程或操控实体对象完成指令序列。在此背景下，“非计算机化”编程教育模式逐渐兴起，其通过有形技术(Tangible Technology)降低认知负荷，使学生在无屏环境中通过卡片、积木等工具建构编程思维。机器人作为具身认知的实践载体，进一步凸显了其介入的必要性。机器人通过可触控的硬件交互与即时反馈机制，能够将编程任务具象化为“动作-响应”的闭环系统。例如，学生通过指挥机器人完成迷宫导航任务(Gross & Veitch, 2013)，可直观观察指令序列与运动轨迹的因果关系，从而深化对循环、条件判断等逻辑的理解。研究证实，机器人辅助的编程活动不仅能提升学生的课堂参与度，还可通过跨学科项目实践促进计算思维与协作能力的协同发展(周明, 2017)。

综上，传统编程教育在低龄段的适配性不足与具身认知理论的应用潜力，共同指向机器人介入编程课程的必要性。本研究以具身认知理论为框架，探索机器人辅助的编程教学模式如何通过身体参与情境化任务设计，破解小学生编程学习中的抽象认知壁垒，为其思维进阶与素养发展提供实践路径。通过这一研究，我们期望为人工智能教育在低年级阶段的实施提供理论支持和实践指导，推动人工智能教育的普及与发展。基于此，本文提出三个研究问题：

- (1) 在编程课程中进行机器人支持下的具身认知教学对小学生的学习成绩有何影响？
- (2) 在编程课程中进行机器人支持下的具身认知教学对小学生问题解决能力有何影响？
- (3) 在编程课程中进行机器人支持下的具身认知教学对小学生批判反思能力有何影响？

1.2 研究目的与意义

本研究创新性地提出“具身认知理论指导下的机器人辅助编程课程”方案，基于具身认知理论，设计并实施机器人辅助教学，通过准实验方法对比机器人辅助学习（高具身认知组）与纸笔工具学习（低具身认知组）两种方式，检验其对学生学习效果的影响。研究将学习效果划分为学习成绩、问题解决能力与批判反思能力三个维度，通过实证研究具体呈现课程成效，并为优化小学编程教学提供依据。

本研究融合具身认知理论与机器人教育实践，构建“理论指导—实践应用—效果评估”模型，帮助学生突破编程学习中的抽象认知障碍。在理论层面，研究拓展了具身认知理论在编程教育中的应用边界，丰富相关理论成果，揭示具身认知与编程教学融合的内在机制，为后续研究提供理论支持。在实践层面，研究为编程教师提供新思路与方法，提升教学效率与质量，激发学生学习兴趣，培养创新精神与实践能力，增强信息素养，为其后续学习发展奠定基础。

2.概念界定及理论基础

2.1 概念界定

2.1.1 编程教育

编程教育是通过学习编程语言和技术，培养学生的计算思维、逻辑推理能力以及问题解决能力的一种教育形式(孙丹 & 李艳, 2019)。编程教育不仅仅是学习编程语言本身，而是通过编程活动训练儿童的思维方式，在提升理论思维水平的同时，构建出可迁移至日常生活的哲学方法论体系(孙立会, 2019)。这种从“技术工具”到“思维载体”的认知转变，恰与当下

教育理念革新形成共振。随着教育理念的深化,编程教育逐渐从单纯的技术教学向综合素质培养转变,强调通过编程学习提升学生的思维能力和解决实际问题的能力(姜美玲,2003)。

2.1.2 批判反思能力

批判反思能力是指个体对自己或他人的观点、行为、决策等进行批判性思考和分析的能力(黄飞莺 & 周志毅,2003)。在编程教育中,批判反思能力的培养尤为重要。批判反思能力体现为学生能够对自己编写的程序进行反思和评价,发现程序中的不足之处,并提出改进方案;同时,也能够对他人的编程思路和代码进行分析和借鉴,不断优化自己的编程方法和技能。通过编程教育,学生可以学会如何分析问题、设计解决方案、调试程序以及优化算法,这些过程都需要批判性思维的支持(周明,2017)。

2.1.3 问题解决能力

问题解决能力是指个体运用认知过程和技能,通过一系列的思维活动,面对和解决实际问题情境中的问题的能力(赖小琴,2009)。它强调的是在面对复杂情境时,能够综合运用多种知识和技能来解决问题的能力(袁维新,2011)。在编程学习中,问题解决能力表现为学生能够理解编程任务的要求,运用编程知识和算法设计合理的程序逻辑,解决程序运行过程中出现的错误和问题,实现编程目标。

2.2 理论基础

2.2.1 具身认知理论

具身认知理论强调认知是身体与环境相互作用的结果(王靖等,2022),其核心特征在于:认知过程的实现方式和步骤由身体的物理属性决定,认知内容由身体提供,认知与身体、环境构成一体化系统(叶浩生,2010)。该理论认为认知不仅是对大脑抽象符号的加工,更是通过身体动作、感知与环境互动共同建构的(叶浩生,2014)。此外,具身认知还突出认知过程的动态性和情境性,强调认知活动对具体情境的依赖性和身体动态交互的不可或缺性(李志河等,2018)。基于这种身心交融的认知机制,学习者通过具身参与——身体的动作、体验和操作,能够更深刻地理解和掌握抽象知识(孙立会,2019)。

2.2.2 建构主义视角下的PBL教学模式

建构主义理论主张知识是个体在与环境互动中主动建构的产物,而非被动接受的信息(何克抗,1997)。该理论源于皮亚杰的认知发展观和维果茨基的社会文化理论,它认为学习是一个社会性、情境性的过程,强调学习者通过与他人的互动和合作来构建知识。此外,建构主义还注重学习者的先前经验和认知结构,认为新知识的建构需要在已有经验的基础上进行,通过认知冲突和问题解决来实现(马淑凤 & 杨向东,2022)。教学实践中,建构主义理论提倡以学生为中心的教学模式,强调学生的主动参与和探究活动。教师应设计富有挑战性的任务,创设情境,激发学生的学习兴趣 and 动机,同时提供必要的支持和引导(何克抗,1997)。

建构主义理论所强调的主动建构与情境认知特征,在问题式教学(PBL)模式中得到了具象化呈现,这种以问题驱动为核心的教学模式,本质上是建构主义理念在教学实践中的创新投射。问题式教学(Problem-Based Learning, PBL)是一种以问题为中心的教学模式,其核心在于通过真实、复杂的问题情境引导学生主动学习和建构知识(汤丰林 & 申继亮,2005)。在该模式下,学生围绕真实情境中的问题展开学习,通过自主探究、合作学习等方式,运用所学知识解决问题(姜美玲,2003)。PBL教学模式强调学生的主体地位,注重培养学生的问题解决能力、自主学习能力和团队合作精神(陈丽虹等,2013)。追溯理论根源,Barrows模型作为PBL原始框架,提出"提出问题-自学解疑-重点讲授-总结归纳"四步流程(张帅 & 魏晓

燕,2017)。后续研究进一步深化实践,将经典 PBL 细化为"问题提出、建立假设、资料收集、论证假设、总结反思"五阶段操作模型(车艳玲等,2012),为教学实践提供了更具操作性的实施路径。

3.研究现状

当前小学生编程教育研究首要挑战在于学生具象思维与抽象编程逻辑之间的认知鸿沟(李庆武,2022)。研究表明,小学生因受限于知识储备和思维发展阶段,难以直接理解编程语言及算法等抽象概念(辛跃武,2020),传统教学中理论灌输与实践操作的割裂进一步加剧了这一矛盾。具身认知理论的兴起为破解该困境提供新视角,该理论突破传统认知科学框架,强调身体与环境互动对知识建构的决定性作用(孟洁 & 孙晶华,2023)。教育研究者据此提出具身学习概念,通过生成式、情境式等学习范式实现认知与身体的深度耦合(杨子舟等,2017),但现有研究多滞留哲学阐释层面,缺乏实证支撑(叶浩生,2010;贾丽娜等,2016)。

机器人编程教育的实践探索则架起理论与应用之间的桥梁,Resnick 等人开发的 Scratch 编程语言与乐高机器人结合,通过可视化编程控制机器人动作,有效降低了编程门槛,提升学生的逻辑思维与动手能力(孙立会 & 周丹华,2019)。Bers 等人提出“编程即游戏”理念,利用 Kibo 机器人引导低龄儿童通过物理模块拼接完成编程任务,研究表明,具身化的机器人操作显著增强学生对抽象编程概念的理解(沈慧敏 & 程秀兰,2023)。深圳部分小学引入 Dash & Dot 机器人开展编程教学,学生通过编程指令操控机器人完成迷宫挑战,结果显示学生的算法设计能力显著提升(孙秀芝,2019)。值得注意的是,尽管机器人编程教育已展现独特优势,但现有研究仍存在三大局限:具身认知机制与编程学习的关联模型尚未建立(周冠男 & 张栋科,2023;丁继红等,2024),教学效果的跨学科评估体系缺失(钟伯昌,2016),以及低龄段长期干预研究近乎空白(沈慧敏 & 程秀兰,2023;朱月姣 & 杨力,2022;王学男等,2019)。本研究拟基于贝芽机器人编程课程,构建“具身操作-认知发展”的动态映射模型,为深化该领域研究提供实证依据。

4.基于编程的人机交互场景下的教学模式

4.1 研究设计

本研究聚焦机器人在小学一年级编程课程中的应用效果,采用准实验法探究其对学生学习成绩、问题解决能力与批判反思能力的影响。结合当前小学编程教学困境,依据具身认知理论,设计高具身认知组(机器人辅助教学)与低具身认知组(纸笔工具教学)进行对比实验。实验以是否使用机器人作为自变量,学习成绩、问题解决与批判反思能力为因变量。实验选取一年级两个班,共 40 人,分别实施一课时机器人辅助《初识编程》课程与传统教学模式,具体研究设计思路如图 1 所示。通过前测与后测的问卷调查(评估问题解决与批判反思倾向)及编程测试(考察知识掌握程度),运用统计软件分析两组差异。研究旨在验证机器人支持的具身认知对提升小学生编程学习效果的假设,为优化编程教学提供实证依据。

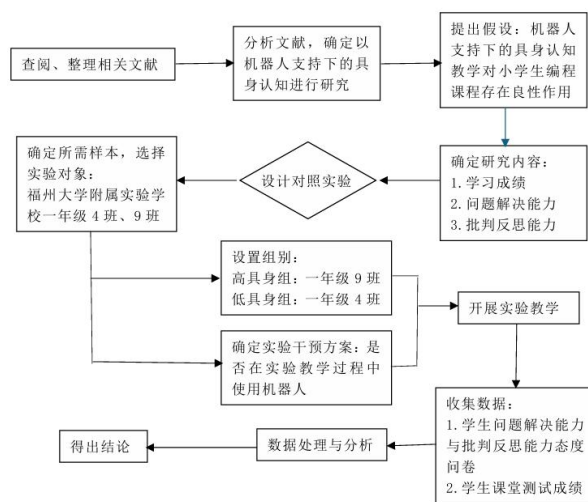


图 1 研究设计线路图

4.2 研究方法

本研究采用文献研究法、问卷调查及准实验法。首先，通过查阅国内外权威文献，梳理具身认知理论与编程教育的研究现状，构建理论基础。其次，设计问卷调查工具，包括学习成效测试及问题解决(Lai & Hwang, 2014)、批判反思倾向问卷(Chai et al., 2015; Lin et al., 2019)，均采用李克特五点量表，信度分别为 0.78、0.71。实验前后分别对实验组与对照组进行测试与问卷发放，当场回收确保数据有效性。准实验法方面，以是否使用机器人辅助教学为干预变量，开展教学实验，收集测试成绩、问卷数据及课堂表现记录，通过量化分析探究机器人支持的具身认知对小学生编程学习的影响。

4.3 教学设计

为课程设计框架。教学过程分为五个阶段：首先通过动画故事创设“小贝”赴城堡舞会的任务情境，高具身组结合机器人与实物棋盘地图形成直观认知，低具身组则借助多媒体与PPT地图进行想象；随后分组分析路径与编程需求，高具身组扫描指令卡片观察机器人动作映射，低具身组通过讲解建立抽象认知；在实践探究中，高具身组使用实物拼图规划路径并调试机器人，体验即时反馈，低具身组在图纸上标注指令进行模拟；成果展示时，高具身组以机器人演示路线，低具身组用PPT讲解设计；最后教师从准确性、效率等维度评价，引导学生互评反思，高具身组强化具身转化，低具身组巩固抽象认知，具体流程如表 1 所示。

表 1 教学过程内容设计表

教学过程	高具身组	低具身组
1.创设情境，提出问题	使用机器人“小贝”播放动画+6×6 实物棋盘地图，建立直观联系	多媒体播放动画+PPT 呈现地图，依赖画面想象
2.组成小组，分析问题	观察实物地图+动作指令卡片扫码录入演示（动作指令模块与机器人动作映射）	观察纸质地图+教师讲解动作指令含义（抽象认知动作指令）
3.实践探究，解决问题	(1) 实物拼图规划路线	(1) 图纸画路线

	(2) 编程记录板记录指令	(2) 编程记录板记录指令
	(3) 指令录入与即时调试	(3) 路线标注指令与反复验证
4.展示成果，分享经验	(1) 机器人运行演示+指令同步讲解	(1) PPT 画笔功能展示路线设计+指令同步讲解
	(2) 问题解决经验分享	(2) 问题解决经验分享
5.评价反馈，深化总结	(1) 教师统一评价路线设计与指令程序	
	(2) 学生自评、互评反思设计，提升编程认知	

5.实验结果

5.1 学习成绩

在学习成绩方面，以编程知识前测为协变量，组别为自变量，后测成绩为因变量进行协方差分析（ANCOVA）。实验前两组学生的编程知识水平无显著差异（ $F(1,38)=2.339$, $p=0.135>0.05$ ），表明分组均衡。回归斜率同质性检验显示组别与前测交互作用不显著（ $F=2.127$, $p=0.153>0.05$ ），满足协方差分析前提。分析结果显示，组别对后测成绩具有显著影响（ $F(1,36)=9.57$, $p=0.004<0.05$ ），修正模型整体效应显著（ $F(3,36)=5.415$, $p=0.004$ ）。高具身组后测平均成绩显著高于低具身组。单变量对比进一步验证组间差异的统计学意义（ $F=9.57$, $p=0.004$ ），表明机器人支持的具身认知教学对提升学习成绩具有显著促进作用。

表 2 学习成绩协方差分析结果

组别	人数	平均值	标准误差	F	结果比较
高具身	20	84.84a	1.24	9.57**	(1)>(2)
低具身	20	79.41a	1.24		

* $p<0.01$

5.2 问题解决能力

在问题解决能力方面，以前测得分为协变量，组别为自变量，后测为因变量进行协方差分析（ANCOVA）。两组前测得分无显著差异（ $F(1,38)=2.955$, $p=0.094>0.05$ ），表明基础相当，满足实验要求。回归斜率同质性检验结果显示组别与前测交互作用不显著（ $F=0.078$, $p=0.781>0.05$ ），满足协方差分析前提。组别对后测影响未达到显著水平（ $F(1,36)=0.006$, $p=0.936>0.05$ ），修正模型整体效应亦不显著（ $F(3,36)=1.518$, $p=0.227>0.05$ ）。但单变量对比显示边缘显著趋势（ $F(1,37)=3.857$, $p=0.057$ ），高具身组后测均值高于低具身组。结果表明，机器人支持的具身认知教学在问题解决能力提升方面未显著，但存在微弱正向趋势。

表 3 问题解决能力协方差分析结果

组别	人数	平均值	标准差	F	结果比较
高具身	20	4.09	0.15	3.857	(1)>(2)
低具身	20	3.64	0.15		

* $p<0.05$

5.3 批判反思能力

在批判反思能力方面，以前测为协变量，组别为自变量，后测为因变量进行协方差分析（ANCOVA）。两组前测得分无显著差异（ $F(1,38)=0.687, p=0.413>0.05$ ），表明实验前基础相当，满足实验要求。回归斜率同质性检验显示组别与前测交互作用不显著（ $F=2.283, p=0.140>0.05$ ），满足协方差分析前提。组别对后测影响接近显著（ $F(1,36)=3.530, p=0.068$ ），修正模型整体效应达边缘显著（ $F(3,36)=2.659, p=0.063$ ）。单变量对比显示，高具身组后测均值显著高于低具身组，差异达到统计学意义（ $F(1,37)=4.635, p=0.038<0.05$ ）。结果表明，机器人支持下的具身认知教学对小学生批判反思能力提升具有显著促进作用。

表 4 批判反思能力协方差分析结果

组别	人数	平均值	标准差	F	结果比较
高具身	20	4.19	0.13	4.635*	(1)>(2)
低具身	20	3.79	0.13		

* $p<0.05$

6. 研究结论

本研究通过准实验设计，验证了机器人支持的具身认知教学对小学生编程学习的促进作用。结果显示，高具身组在学习成绩（ $p=0.004$ ）和批判反思能力（ $p=0.038$ ）上表现出显著优势，契合具身认知理论强调的“动作-思维”认知路径。机器人将抽象概念具象化、提供即时反馈以及促进多模态参与，帮助学生建立“动作-指令-结果”的强关联，提升理解与记忆。高具身组在 PBL 框架下的协作编程与具身化展示，如路径演示，进一步强化了批判反思能力，形成“操作-感知-反思”的闭环。

尽管问题解决能力未达统计显著（ $p=0.936$ ），高具身组后测均值略高，且边缘显著趋势（ $p=0.057$ ）暗示具身教学对高阶思维的潜在促进。该结果或与实验局限有关：单课时干预难以充分培养复杂思维，问卷侧重主观态度，低具身组图纸标注亦具有一定训练效应。研究拓展具身认知理论在编程教育中的应用，并为教学实践提供操作范式：建议结合机器人工具与情境任务，运用 PBL 强化探究与反思。未来研究可延长干预周期、扩大样本，融合跨学科项目，深化对核心素养成效的验证。

参考文献

- 康建朝.(2021).芬兰中小学编程教育的缘起、实践路径与特征.电化教育研究,42(08),101-107+115.doi:10.13811/j.cnki.eer.2021.08.014.
- 孙立会.(2019).聚焦思维素养的儿童编程教育:概念、理路与目标.中国电化教育,(07),22-30.
- 李水明.(2014).把握学生认知规律,提高数学课堂有效性.新课程导学,(14),86.
- 孙丹 & 李艳.(2019).国内外青少年编程教育的发展现状、研究热点及启示——兼论智能时代我国编程教育的实施策略.远程教育杂志,37(03),47-60.doi:10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2019.03.005.
- 姜美玲.(2003).基于问题的学习:一种可资借鉴的教学模式.全球教育展望,32(03),62-66.
- 黄飞莺,周志毅.(2003).师范生批判性反思能力的培养:意义·方法.浙江师范大学学报,(04),111-114.

- 周明.(2017).基于计算思维培养的中小学编程教育校本课程开发与实践.中小学信息技术教育,(03),61-65.
- 赖小琴.(2009).PISA 中问题解决能力评价的特点及启示.教育测量与评价(理论版),(05),9-11+15.
.doi:10.16518/j.cnki.emae.2009.05.012.
- 袁维新.(2011).国外关于问题解决的研究及其教学意义.心理科学,34(03),636-641.doi:10.16719/j.cnki.1671-6981.2011.03.004.
- 王靖,马志强,刘亚琴 & 杜鸿羽.(2022).面向计算思维的可视化编程活动设计与应用.现代教育技术,32(09),55-63.
- 叶浩生.(2010).具身认知:认知心理学的新取向.心理科学进展,18(05),705-710.
- 叶浩生.(2014).“具身”涵义的理论辨析.心理学报,46(07),1032-1042.
- 李志河,李鹏媛,周娜娜 & 刘芷秀.(2018).具身认知学习环境设计:特征、要素、应用及发展趋势.远程教育杂志,36(05),81-90.doi:10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2018.05.011.
- 何克抗.(1997).建构主义的教学模式、教学方法与教学设计.北京师范大学学报(社会科学版),(05),74-81.
- 马淑凤 & 杨向东.(2022).什么才是高阶思维?——以“新旧知识关系建立”为核心的高阶思维概念框架.华东师范大学学报(教育科学版),40(11),58-68.doi:10.16382/j.cnki.1000-5560.2022.11.005.
- 汤丰林,申继亮.(2005).基于问题的学习与我国的教育现实.比较教育研究,(01),73-77.
- 陈丽虹,周莉,吴清泉,等.PBL 教学模式效果评价及思考[J].中国远程教育,2013,(01):70-73.DOI:10.13541/j.cnki.chinade.2013.01.008.
- 张帅 & 魏晓燕.(2017).基于问题学习法在神经生物学教学中应用.神经解剖学杂志,33(04),508-510.doi:10.16557/j.cnki.1000-7547.2017.04.025.
- 车艳玲,尹志伟 & 栾金红.(2012).基于 PBL 教学法在中医院校超声影像教学中的探讨.中国中西医结合影像学杂志,10(06),570-571.
- 李庆武.(2022).编程教育课程在小学信息技术教学中的应用.亚太教育,(12),13-15.
- 辛跃武.(2020).少儿编程在小学信息技术教学中的探索.新课程导学,(17),87.
- 孟洁 & 孙晶华.(2023).具身认知理论在教育中的应用研究综述.白城师范学院学报,37(01),101-109.
- 杨子舟,史雪琳 & 荀关玉.(2017).从无身走向有身:具身学习探析.教育理论与实践,37(05),3-6.
- 贾丽娜,田良臣,王靖,马志强 & 周倩.(2016).具身教学的设计研究——基于身体参与的多通道整合视角.远程教育杂志,34(01),82-89.doi:10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2016.01.010.
- 孙立会 & 周丹华.(2019).国际儿童编程教育研究现状与行动路径.开放教育研究,25(02),23-35.doi:10.13966/j.cnki.kfjyyj.2019.02.003.
- 沈慧敏 & 程秀兰.(2023).美国幼儿编程教育: Kibo 机器人课程介绍与借鉴.陕西学前师范学院学报,39(07),52-61.
- 孙秀芝.(2019).《机器人向导》教学案例.中国信息技术教育,(09),12-14.
- 周冠男 & 张栋科.(2023).基于深度学习的图形化编程教学活动模型构建与实证研究——以小学信息科技课程为例.中小学电教,(06),3-9.
- 丁继红,范志浩 & 刘华中.(2024).基于协作编程多模态数据的学习投入可视化及关联分析——理解行为、认知、社会、情感的交互关系及对学习的影响.远程教育杂志,42(04),40-49.doi:10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2024.04.005.

- 钟柏昌.(2016).中小学机器人教育的核心理论研究——机器人教学模式的新分类.电化教育研究,37(12),87-92.doi:10.13811/j.cnki.eer.2016.12.012.
- 朱月姣 & 杨力.(2022).可编程教育机器人:一种儿童早期计算思维培养的新工具.中国教育技术装备,(23),59-60+64.
- 王学男,林众 & 朱慧.(2019).基于科学素养的机器人教育与人才培养——访清华大学人工智能研究院院长张钹院士.中国电化教育,(06),1-5+36.
- 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.
- Cheng, E. C. K., & Wang, T. (2023). Leading digital transformation and eliminating barriers for teachers to incorporate artificial intelligence in basic education in Hong Kong. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100171.
- Gross, M. D., & Veitch, C. (2013). Beyond top down: Designing with cubelets. *Tecnologias, Sociedade e Conhecimento*, 1(1), 150-164.
- 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(3-4), 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.