

基于 GenAI 的群体元认知支架促进初中生协作问题解决的实验研究

An Experimental Study on GenAI-Based Group Metacognitive Scaffolding to Promote Collaborative Problem Solving Among Junior High School Students

董卓达^{1*}, 白然², 李玉顺¹

¹ 北京师范大学教育学部

² 河北师范大学教育学院

* 202521010209@mail.bnu.edu.cn

【摘要】 协作问题解决是学习者适应社会发展的关键技能。生成式人工智能作为嵌入式认知支架，有望促进协作问题解决学习更深层次的群体元认知调节与意义建构。本文依循共享调节理论与人工智能混合调节理论开展基于 GenAI 的群体元认知支架模型设计、工具开发与教学实践。通过对 40 名初中生的实验研究证明：与传统 GMS 相比，GenAI-GMS 有效触发群体元认知行为转化，提升群体学习绩效、社会临场感和协作问题解决能力，但未显著增加认知负荷、增进积极情绪体验。据此，研究结合人机协同的话语逻辑回应 GenAI 应用于基础教育“何以有效”与“何以向善”的双重命题。

【关键词】 群体元认知支架；生成式人工智能；协作问题解决学习；初中生

Abstract: Collaborative problem-solving is a critical skill for learners to adapt to societal development. Acting as embedded cognitive scaffolding, Generative AI (GenAI) facilitates deeper group metacognitive regulation and meaning construction in collaborative problem-solving learning. Grounded in shared and hybrid human-AI regulation theories, this study develops a GenAI-based Group Metacognitive Scaffolding (GenAI-GMS). Experiments with 40 junior high students demonstrate that compared to traditional GMS, GenAI-GMS effectively triggers metacognitive behavioral transformation and enhances learning performance, social presence, and collaborative problem-solving abilities, without significantly increasing cognitive load or positive emotions. Consequently, design suggestions based on human-AI synergy are proposed to address the effectiveness and ethics of AI integration in K-12.

Keywords: metacognitive scaffolding, generative artificial intelligence, collaborative problem solving learning, middle school students

1. 前言

协作问题解决是 21 世纪学习者适应未来社会发展所需的关键技能，成为各国基础教育课堂教学设计和组织模式的重要取向。学习者在真实问题情景中依托于复杂的社会关联，产生有意义、有价值的交互活动，生成问题解决策略，推动群体认知走向更高的水平。然而，协作问题解决学习并非高效且有益，由于缺乏支持全过程的干预调节策略，协作群体容易出现注意涣散、参与不均、临场感缺失等不利的交互模式，致使认知倾向浅表化，阻滞群体共进。如何为群体认知调节提供有效的外部支持是实现高质量协作问题解决学习的关键。

融合生成式人工智能（Generative Artificial Intelligence, GenAI）的新一代技术变革性发展进一步推动知识联通普适化、社会链接泛在化，作为一种嵌入式认知支架有效促进学习者认

知监控和调节,进而有效提升协作问题解决学习效果。以往研究大多关注个体层面支架设计与效果评估,有关群体层面元认知支架研究以及同智能技术整合的实践相对较少。针对当前通用的结构化学习支架难以适应协作问题解决学习场景的不足,本研究开展基于 GenAI 的群体元认知支架 (GenAI-based Group Metacognitive Scaffolding, GenAI-GMS) 模型设计、工具开发以及教学实践,进一步探析教育数字化转型背景下智能技术赋能教学以提升群体学习绩效、行为表现和情感体验的优化路径,形成人机协同问题解决的支持策略和应用参考。

2. 理论基础

2.1. 共享调节理论

协作问题解决学习是个体为达到预期目标参与两个或更多代理解决问题的动态过程,通常涉及群体层面的社会交互、意义协商和认知协同,个体层面的问题表征、转化操作和概念建构(梁云真等人,2017)。共享调节理论突破传统认知调节的个体视角,将协作学习中的调节行为扩展到群体范畴,系统阐释社会性要素对群体调节行为的形塑作用。共享调节活动由外部挑战和内部困顿引发,呈现“任务理解、计划制定、进程监控与反思适应”序列特征,监控处于调节的核心。共享调节关乎认知、元认知、情感和动机,其中元认知调节通过优化群体认知监控机制与策略调整路径,提升学习主动性和协作有效性(陈向东等人,2021)。这种密集且有效的群体调节通常不会自然发生,需要借助外部支架予以触发,构建支持群智协同的群体元认知支架是促成富有成效的社会互动与问题解决的应然选择。

2.2. 人—人工智能混合调节理论

人—人工智能混合调节理论指出人类拥有元认知、情境决策和情感交互能力,AI 擅长数据分析、模式识别与动态反馈,二者相互耦合形成认知增强环流,而非单纯由技术替代人类思考。混合调节机理是根据学习者能力发展状况适应性调整人机权责分配:初期 AI 通过结构性对话外显调节逻辑,主导问题解构和进度监控,唤醒学习者元认知意识;随着能力进阶,调控权向学习者转移,AI 退居成为支持性角色,群体自主调控任务规划与协作反思。整体调节过程涉及人机认知“外化”与“内化”的双向互动,一方面学习者要进行元认知调节,通过信息筛选、概念重构、诊断调试使得生成性内容契合全局语境,另一方面对自身在群体协作中的调节效能开展反思性评价,赋能学习主体高阶意义加工和社会联结。

综上所述,本研究旨在设计基于 GenAI 的群体元认知支架,为了检验其有效性,在初中机器人课程中开展了一项实证研究,旨在回答以下研究问题:(1) GenAI-GMS 能否显著提升协作问题解决学习绩效?(2) GenAI-GMS 能否优化群体的元认知行为表现?(3) GenAI-GMS 能否提升学习者的协作问题解决能力?(4) GenAI-GMS 能否增强学习者协作问题解决学习的社会临场感?(5) GenAI-GMS 能否降低学习者协作问题解决学习的认知负荷?(6) GenAI-GMS 能否提升学习者协作问题解决学习的积极情绪?

3. 基于 GenAI 的群体元认知支架设计

本研究依循共享调节理论与人—人工智能混合调节理论,将 GenAI 作为驱动问题与协作线索演进的内生性因素,构建 GenAI-GMS 应用模型(见图 1),形成“环境支撑—行为调节—目标牵引”实践生态,并基于 Coze 平台构建智能教学代理,通过引导性提问支持个体分享洞见、澄清概念,借助启发性理答促成群体质疑循证、审辨反思。环境支撑层涵盖社交场景、物理空间以及任务情境等要素,构成群体交互的基础性认知单元,为同伴互助、师生对话和人机协同提供立体化资源支持;行为调节层以元认知调节的时序特征为本体逻辑,形成任务理解、计划制定、监控调节与评估反思的操作理路,个体探究生成的洞见在群体话语中整合

应用，集体协商产生元认知信息反哺各阶段动态调节，在个体与群体向度建立起跨层级的认知关联通道，衍生出计划支架、监控调节支架与评估反思支架提供双向支持以促成学习共同体的目标协同、过程协同以及结果协同。目标牵引层是学习主体基于自身认知、情感、行为等方面的发展需求形成学习共同体，个体认知差异与群体动机趋同形成协作问题解决的内驱力，共同推动群体元认知的演化发展。

具体实施流程如图 2 所示：（1）任务理解阶段，个体会辨识环境特征、评估初始状态并分析约束条件，形成基本的认知诊断图式。（2）计划制定阶段，GenAI-GMS 引导群体通过对话协商明确任务需求与团队目标、构建角色分配机制和预期成果标准。（3）任务执行阶段，GenAI-GMS 根据任务进程识别诊断群体认知偏差并修正认知轨迹，通过分布式认知资源共享促成学习共同体的高阶思维对话；（4）评价反思阶段，GenAI-GMS 结合最终产出结果评估偏差，生成自适应调节建议，启发群体审辨全过程的协作效能。

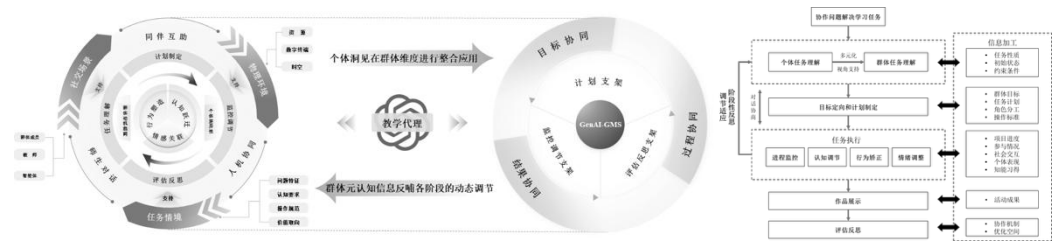


图 1 GenAI-GMS 应用模型

图 2 GenAI-GMS 实施流程

支架类型	条件	形式	内容
计划支架	协作群体设定目标	问题提示	1. 请思考任务的要求 2. 请设定一个具体的目标，可以和同伴一起讨论 3. 请考虑这个目标是否可以实现
	协作群体分析问题	问题	若要实现小组目标，当前存在哪些困难？
	协作群体制定计划	问题提示	1. 如何制定计划？如何分配时间？如何分解任务？如何分工？ 2. 在制定计划时，请先考虑小组目标 3. 请将任务分解为子任务，并安排各子任务的完成时间和团队分工 4. 请考虑这个计划是否可行
监控调节支架	协作群体追踪进度	问题提示	1. 任务完成进展如何？距离目标还有多远？ 2. 请与同伴分享各自的进度和贡献 3. 请考虑这个计划是否可行
	问题诊断与解决	问题提示	1. 请清楚地描述问题 2. 请与同伴、智能助教或者老师共同探讨解决方法 3. 请考虑小组是否达成一致理解和意见 4. 请对比改进效果
	情绪调控	反馈	协作群体的文本内容含有消极情绪表达 1. 智能教学代理提供情感支持
评估与反思支架	绩效评价	提示	1. 评估小组作品的质量、精细度和创新性 2. 倘若小组未取得预期成果，请继续尝试 3. 修改计划或策略，以达到预期结果 4. 变更团队合作方式，提高任务完成的效率
	协作过程反思	问题	1. 小组策略如何？ 2. 是否实现预期目标？ 3. 小组成员参与度如何？ 4. 作品质量如何？ 5. 合作过程中的主要问题是什么？如何解决？ 6. 是否会改进小组的合作过程？应该如何改进？

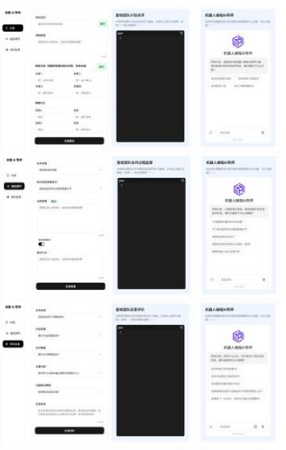


图 3 GenAI-GMS 设计原理

3.1. 计划支架

计划支架综合学科知识逻辑，兼顾情境化的问题，帮助学习群体精准定位核心目标，解构任务路径并规范操作流程，从共识构建、计划制定和协作统筹等维度设计涵盖任务特征与群体特质的结构化问题和权责分工表以此来优化资源配置，建立协作认知场域。

3.2. 监控调节支架

监控支架规划项目时序，把团队最终目标转化成可操作的阶段目标，根据团队计划校准进度偏差以此确保团队协作有序推进。调节支架通过过程性督导触发群体内生性认知发展，辅助学习者及时诊断、纠正问题并重构互动模式。

3.3. 评估反思支架

评估反思支架提供过程导向和成果导向的双向支持，在过程维度上设置回溯问题，引导群体分析问题解决过程中的协作交互模式，系统梳理群体认知冲突及其产生的具体原因，识别交互行为当中的效能增长点；在结果维度，依托评价量规评估产出成果以洞悉目标达成情况和群体整体表现，并提供具有针对性的改进建议。

4.实验设计

4.1. 研究对象

本研究以河北省 S 市 Y 校初一年级学生为研究对象，从常规教学班中随机选取 40 人划分为实验班和对照班，并根据课程任务按 2~3 人方式结组，7 组（11 名男生，9 名女生）接受 GenAI-GMS，7 组（7 名男生，13 名女生）接受传统 GMS。

4.2. 实验设计流程

为探究 GenAI-GMS 对初中学生协作问题解决的影响，本研究设计对比实验并签署了知情同意书。教学实验持续两周：第一阶段主要了解被试的基本信息并进行前测，经同质性检验，两班学生关于机器人编程的先验知识($t=0.523, p>0.05$)与协作问题解决能力($t=0.467, p>0.05$)不存在显著差异，从而控制组间干扰因素；第二阶段开展教学实践活动，组织两班学生分别使用 GenAI-GMS 和传统 GMS 围绕“慧眼识途：智能避障机器人的设计与制作”主题活动开展 4 课时的协作问题解决学习，活动结束后各组提交任务清单并演示避障机器人的运行效果；第三个阶段所有参与者完成关于协作问题解决能力、社会临场感、认知负荷和积极情绪后测，并从实验班中抽取两组学生以及课程教师进行面对面的半结构化访谈。

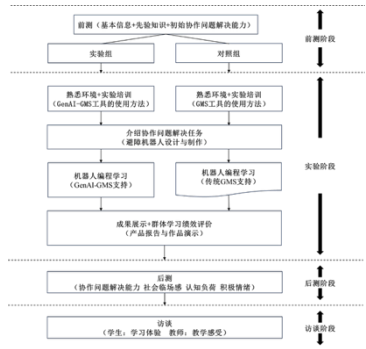


图 4 实验流程

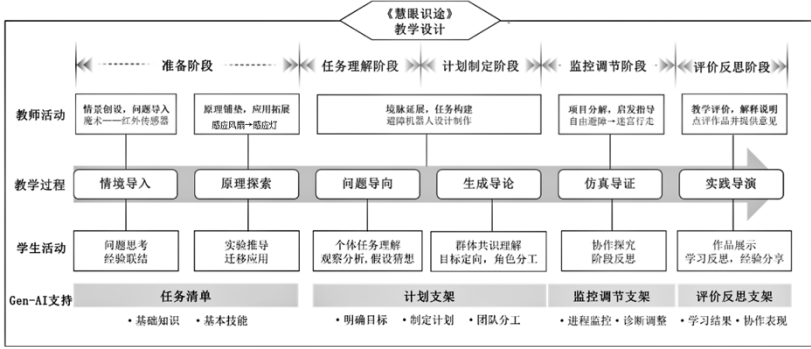


图 5 教学设计

4.3. 实验变量与测量工具

本研究的实验自变量为协作问题解决学习中基于 GenAI 的群体元认知支架策略的使用。因变量以协作问题解决学习群体元认知行为模式直观反映群体元认知表现，以协作群体学习绩效、认知负荷、社会临场感以及积极情绪作为关联指标侧面分析策略应用的有效性。

(1) 协作问题解决能力的测量：参考 PISA 协作问题解决能力框架，形成了 12 项交叉技能，每项交叉技能设置两个题项，均采用李克特五点计分法，Cronbach's α 系数为 0.882。

(2) 协作问题解决学习绩效的测量：以 Todd 等开发的问题解决基准评分量规为框架，聚焦质量、精细度和原创性，由两位课程教师根据作品的主题内容、仿真设计、构造审美、展示交流和分工协作的表现情况进行评分，ICC 系数为 0.890 ($p<0.001$)，一致性良好。

(3) 元认知行为编码框架：采用郑兰琴等开发的编码框架，用于分析 GenAI-GMS 支持的协作问题解决学习的对话数据，Kappa 值为 0.777，说明编码具有良好的一致性。

(4) 认知负荷的测量：采用黄国栋等开发的认知负荷问卷量表，包含“心理负荷”与“心理努力”，采取李克特 5 点计分法，两个维度的 Cronbach's α 系数分别为 0.776 和 0.623。

(5) 社会临场感的测量：采用孙烨超等人修订的社会临场感量表，由相互尊重性、情感联结性、交流开放性、共同体意识四个维度 14 个题项构成，使用李克特 5 点计分法，Cronbach's α 系数为 0.772。

(6) 积极情绪的测量：采用 Watson, Clark 和 Tellegen 编制的情感量表，为李克特 5 点计分，总分高低代表被试积极情感体验倾向高低，Cronbach's α 系数为 0.837。

5.研究结果

5.1. 学习绩效

本研究将机器人编程先验知识作为协变量，群体成果作为因变量，进行协方差分析来检验两班学生在学习绩效上的差异。分析结果如表 1 所示，两班学生在团队作品表现上存在显著差异（ $F=4.890$ ， $p<0.05$ ， $\eta^2=0.627$ ）。结果表明，基于 GenAI 的群体元认知支架可以显著提升初中生的协作问题解决学习绩效。

表 1 实验班和对照班协作问题解决学习绩效协方差分析结果

组别	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Adjusted mean</i>	<i>SE</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
对照班	20	79.375	9.74393	79.324	1.884	1	4.890	0.033	0.117
实验组	20	85.175	6.60398	85.226	1.884				

5.2. 元认知行为模式

本研究采用 GSEQ 对实验组与对照组的群体元认知行为编码进行滞后序列分析。通过判断标准化残差检验结果 *Z-score*（高于 1.96 显著）来绘制潜在的行为转换序列图谱。结果显示实验班有 8 个显著的行为序列：OG→OG、OG→MP、MP→MP、ES→MC、MC→ES、MC→ER、ER→AM、AM→MC；而对照班仅有 5 个显著行为序列：OG→OG、MP→MP、MC→ES、ES→MC、ER→AM。相较而言，实验班比对照班表现出更丰富的群体元认知行为转变。OG→MP、MC→ER、ER→AM、AM→MC 四个显著性行为序列仅在实验组出现，说明目标定向（OG）、计划制定（MP）、监控调节（ES）、评价与反思（ER）、元认知调整（AM）耦合交替是实验班比对照班更好的协作问题解决学习表现的关键。

表 2 实验班群体元认知行为序列分析

初始行为	滞后行为					
	OG	MP	ES	MC	ER	AM
目标定向（OG）	5.52*	5.55*	-1.84	-1.96	-1.53	-1.45
计划制定（MP）	1.32	4.24*	1.35	-1.68	-1.54	-2.05
策略推进（ES）	-0.91	-0.86	-0.93	3.93*	0.2	-2.61
监控调节（MC）	-1.88	-1.72	3.69*	-2.33	4.21*	-3.43
评价与反思（ER）	0.32	-2.16	-2.89	-1.93	-2.17	9.39*
元认知调整（AM）	-1.35	-1.36	-0.34	2.81*	-0.91	-0.17

表 3 对照班群体元认知行为序列分析

初始行为	滞后行为				
	OG	MP	ES	MC	ER
目标定向（OG）	4.54*	0.52	-1.58	0.05	-1.2
计划制定（MP）	-1.34	4.77*	-0.5	-1.94	-0.31
策略推进（ES）	-0.69	-1.25	-0.52	3.2*	0.62
监控调节（MC）	-0.02	-2.13	3.59*	-0.57	-0.36
评价与反思（ER）	-1.2	-1.16	-1.46	-1.61	-0.81
元认知调整（AM）	-0.06	-0.28	-0.64	0.59	1.85

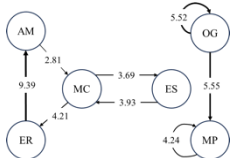


图 6 实验班群体元认知行为转换图

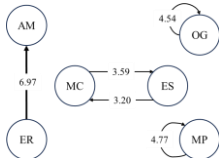


图 7 对照班群体元认知行为转换图

5.3. 协作问题解决能力

本研究将学习者协作问题解决能力前测作为协变量，后测作为因变量，采用协方差分析检验两班学生在协作问题解决能力上的差异。统计结果如表 4 所示，实验班和对照班之间的协作问题解决能力存在显著差异（ $F=4.499$ ， $p<0.05$ ， $\eta^2=0.627$ ）。结果表明，基于 GenAI 的群体元认知支架可以显著提升初中生的协作问题解决能力。

表 4 实验班和对照班协作问题解决能力后测结果

组别	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Adjusted mean</i>	<i>SE</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
对照班	20	4.156	0.556	4.129	0.065	1	4.499	0.041	0.627
实验组	20	4.296	0.353	4.323	0.065				

5.4. 认知负荷

通过对实验班与对照班学生的认知负荷数据进行独立样本 *t* 检验分析，结果如表 5 所示，二者在认知负荷上无显著差异（ $t=0.082$ ， $p>0.05$ ）。

表 5 实验班和对照班认知负荷差异统计结果

变量	对照班 (N=20)		实验班 (N=20)		<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
认知负荷	1.650	0.534	1.638	0.419	0.082	0.935

5.5. 社会临场感

通过对两班学生的社会临场感数据进行独立样本 *t* 检验分析, 结果如表 6 所示, 对照班 ($M=3.989$, $SD=0.333$) 和实验班 ($M=4.239$, $SD=0.346$) 在社会临场感方面具有显著性差异 ($t=-2.330$, $p<0.05$), 实验组的社会临场感显著高于控制组。

表 6 实验班和对照班社会临场感差异统计结果

变量	对照班 (N=20)		实验班 (N=20)		<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
社会临场感	3.989	0.333	4.239	0.346	-2.330	0.025

Mann-Whitney *U* 检验结果显示, 在社会临场感的四个维度中, 对照班和实验班在情感联结性方面存在显著性差异 ($U=120$, $Z=-2.179$, $p<0.05$), 且实验班显著优于对照班, 而在共同体意识、交流开放性、相互尊重性维度上尚未形成显著差异 ($p>0.05$)。

表 7 实验班和对照班社会临场感各维度差异统计结果

变量	对照班 (N=20)	实验班 (N=20)	U	z	p
	中位数 <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)	中位数 <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)			
情感联结性	3.60(3.25,4.20)	4.20(3.85,4.55)	120	-2.179	0.029
共同体意识	4.33(4.08,4.67)	4.50(4.00,5.00)	191	-0.249	0.803
交流开放性	4.00(3.42,4.00)	4.00(3.75,4.33)	144	-1.582	0.114
相互尊重性	4.00(4.00,4.33)	4.33(4.00,4.58)	171.5	-0.801	0.423

因此, 基于 GenAI 的群体元认知支架对于提升协作问题解决学习的社会临场感具有显著影响, 并在情感联结性维度有着显著的促进作用。

5.6. 积极情绪

研究采用 Mann-Whitney *U* 检验对学习者的积极情绪数据进行分析。结果如表 8 所示, 对照班和实验班在积极情绪方面不存在显著性差异 ($U=189.5$, $Z=-0.286$, $p>0.05$), 这意味着基于 GenAI 的群体元认知支架对于协作问题解决学习的积极情绪调节没有显著影响。

表 8 实验班和对照班积极情绪差异统计结果

变量	对照班 (N=20)	实验班 (N=20)	U	z	p
	中位数 $M(P_{25}, P_{75})$	中位数 $M(P_{25}, P_{75})$			
积极情绪	39.5(34.25, 44.75)	39.0(36.25, 41.0)	189.5	-0.286	0.775

5.7. 访谈结果

为进一步了解 GenAI-GMS 应用体验和感受, 本研究对授课教师以及实验班中表现优异与欠佳的两组学生进行半结构化访谈: 受访教师从工具理性出发审视 GenAI-GMS 解构复杂问题空间与发展教育智慧的价值, 又基于人为关怀视角洞察素养培育滞后、技术适应不足和师机协同缺位等因素制约 GenAI-GMS 触及教育人文关怀内核的隐忧; 受访学生普遍认为 GenAI-GMS 能够为群体元认知协同提供支持, 有助于提升协作学习效能。

表 9 教师学生访谈结果

学生访谈			教师访谈		
维度	语料	维度	语料	维度	语料
群体元认知行为	过去小组合作在毫无头绪的情况下开始讨论, 思路混乱, 但是 AI 告诉我们从哪些方面去思考, 很快就有了方向感。	认知结构发展状态	当前学生处于不上不下的状态, ……如果过于关注某个知能点的学习而忽视系统性思维框架塑造, 势必造成能力基础与计算思维等高阶素养之间的割裂。		
协作问题解决效能	AI 加入后, 以前不知道的原理、任务进度以及知识掌握情况现在都能知道, 相较过去合作所花费的时间要更短。				
社会临场感	在合作过程中 AI 问我们问题的情况比较多, 能给出一些抛砖引玉的问题让我们进行讨论, 讨论氛围变得更好。	技术逻辑体系场景适应	GenAI-GMS 整体功能丰富, 给学生提供了一个有特色的专家, 但是终究由统一的工作流程和系统提示词构建, 不符合各组学生的学习风格值得商榷, 真正给学生带来效益还需要长期的适应和积淀。		
认知负荷	AI 能给我们更全面的指导和方案, 但是回答太过于刻板, 不能完全像老师一样根据情况用不同的方式去解答问题。				
技术接受	课堂不能依靠 AI, 还是需要同伴和老师的支持, 因为他们都各有所长, 不如将各自优势相结合	教学技术介入时机	面对基础性的问题, 没必要去使用 GenAI-GMS, GenAI-GMS 介入的关键点利用所学设计产品		

6. 讨论

本研究探析 GenAI-GMS 与传统 GMS 支持下初中生协作问题解决学习表现差异。“避障机器人的设计与制作”是具有情境复杂性和领域特殊性的学习任务，要求参与者对机器人的功能进行三轮迭代，并确保实现基础功能的同时于解决方案和程序设计上体现创新性。

在协作问题解决表现方面，GenAI-GMS 支持下协作群体的方案质量和展示效果表现更佳，且参与者的协作问题解决能力较对照条件有显著提升。值得关注的是，这与 Rasul、Bastani 等人研究存在分歧，前者指出 GenAI 使学习者被动机械地接受既定答案，阻滞对问题的多元考量和创造性思维发展（Rasul et al., 2023），后者认为 GenAI 虽能短期提升学业表现但对长期学习能力发展具有负面影响（Bastani et al., 2024）。GenAI-GMS 的设计初衷并非替代协作过程，而是为群体发展和目标达成提供支持性策略，人机对话能够激活学习者的认知参与（Jeon et al., 2024），使协作群体在支架作用下从被动接收信息转为积极构建群体知识（Kuhail et al., 2023）。这种“生成—评估—重构”的人机协同学习范式催生复杂问题表征、认知图式构建以及创造性方案生成，为学习群体能力发展和学习成效进步提供逻辑生长点。

在元认知行为方面，GenAI-GMS 支持的协作群体表现出更密集的社会调节行为，在策略迭代优化、过程监督调控、阶段评价反思等关键行为有更多转变。其中，计划制定是监控评估的基础，对协作进程进行监控调节是问题解决的关键，而评价反思验证了调节策略有效性及其跨情境迁移适用性。GenAI-GMS 通过概念澄清、问题启发和动态反馈，促使群体元认知从被动响应向主动调控转变，进而推动学习群体在与智能代理多轮协商对话中识别任务阻滞点并制定目标靶向性方案，最终实现群体元认知行为的整体优化。

在认知负荷方面，GenAI-GMS 并没有显著降低实验班学生在协作问题解决过程中的认知负荷。生成式信息会使学生注意力分散进而在整合信息过程产生额外认知负荷（吴丹等人，2024），而 GenAI-GMS 反馈侧重元认知问题引导而非直接给出答案，通过细化学习任务，简化信息处理难度，减轻外在认知负荷，并反映于心理负荷与努力心向。

在社会临场感方面，GenAI-GMS 介入多重角色智能教学代理消弭协作群体之间的心理距离，促进了社会情感的深层联结，但并未有效发展社会线索。根源在于在场的协作学习本身就能够提升学习者的社会临场感（胡勇，2013），弱化不同教学策略在社会临场感各维度上的差异效应：社会存在本质上是主体在感官通道达成的在场互证，随交互行为演化成对潜在协作主体的价值认同与尊重，这种共感需要社会线索持续不断累积，短暂实验周期和有限交互形式难以支持群体深层尊重关系的建立；社会临场感强调在技术中介作用下主体对自我意识的表征，受制于技术信息衰减特性和结构化的设计取向，GenAI-GMS 与传统 GMS 在促进深度协商对话方面表现趋同；社会临场感指向群体意向的协同演进以及更高层次的价值观协同，GenAI-GMS 尚乏值观层面的引导。

在积极情绪方面，GenAI-GMS。一方面，缺乏 GenAI 先验经验的学习者在初次协同构建问题解决方案时遭遇操作瓶颈，表征问题的提示指令往往存在语义泛化倾向，难以有效引导对话并建立起清晰的任务框架，这种“挫败感”会让学习者质疑 GenAI-GMS 有用性，触发负向情绪，过早放弃与 GenAI-GMS 的对话。另一方面，干预初期 GenAI-GMS 带来的新异体验能唤醒学习者的学习兴趣，但随着互动频次增多、交互信息过载，其新颖效应会逐渐消减从而引发认知倦怠与情绪耗竭。

7. 结论

群体调节视角下人—人工智能混合智能的核心特质在于将群体智慧与 GenAI 优势相融合，从而能够实现个体或单一系统难以达成的复杂目标，并且在相互学习的过程中实现能力跃升。在理想化的学习场域中，协作群体与 GenAI 发挥各自专长，达成最佳的协同效果。本研究将

GenAI 嵌入群体认知调节和社会交互的全过程,开展了基于 GenAI 的群体元认知支架的模型设计、工具开发以及教学实践。同预期情况相符,研究证实学习者能够从 GenAI-GMS 中受益,有效触发元认知行为的转化,提升社会临场感和问题解决表现,但并未降低学习过程中的认知负荷,也未唤醒更加积极的情绪体验。在基础教育场域中,GenAI-GMS 应用面临学生基本数字素养和高阶能力的错位、教师人工智能技术融合教学创新理念的缺位以及数智变革语境之于技术落地困境的越位。由此,以下教学实施建议值得考量:(1)从工具理性到协同共生视域重构“学习者—教师—AI”的交互范式,囿于“辅助型技术工具”定位,GenAI-GMS 无法有效干预复杂认知冲突,需要教师协同 AI 建立起智能反馈和群体学习决策之间的联结,基于学情诊断调整支架干预的时机,通过多轮次的观点碰撞和偏误矫正,推动群体知识从浅层关联向深度迁移转化;(2)从技术本位到情感联结视角拓展多模态具身交互体验,GenAI-GMS 需突破单一模态的交互壁垒,整合语音交互的即时性、虚拟形象的可视化以及表情符号的隐喻功能,构建情感联结与认知支持相结合的交互模式,通过情感状态可视化映射与激励性话语策略满足学习者的情感期待;(3)从同质化规约到生成性适配视野激活群体元认知的协同涌现,GenAI-GMS 应突破“一刀切”设计范式,对基础薄弱群体提供结构化支持降低任务复杂度,对高绩效群体弱化预设约束激发探究,在协作过程中逐步移交认知主动权引导学习者自主设计问题解决策略与反思路径。GenAI-GMS 要超越“信息呈现”的工具属性,实现流程优化、认知共创的内生性育人价值,以回应技术“何以有效”与“何以向善”的双重命题。

然而,本研究也存在一些不足。由于实验周期、样本规模以及教学情境的限制,研究仅根据短周期内学习者主观报告数据以及单一模态交互数据探讨 GenAI-GMS 对初中学生协作问题解决学习的影响,对于群体元认知投入在生理层面和心理层面的具体表征、个体认知偏好与群体互动模式之间的关系还需进一步研究。未来可从纵向追踪和横向拓展寻求突破,探析不同维度感知信息的交互效应,以更好发挥 GenAI 新质力量支持协作问题解决的潜力。

参考文献

- 梁云真,朱珂,& 赵呈领.(2017). 协作问题解决学习活动促进交互深度的实证研究. 电化教育研究,38(10), 87-92, 99. <https://doi.org/10.13811/j.cnki.eer.2017.10.014>
- 陈向东,胡优立,& 张蕾.(2021). 共享调节学习中的群体感知:作用与机制. 远程教育杂志,39(5), 34-44. <https://doi.org/10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2021.05.004>
- Rasul, T., Nair, S., Kalendra, D., Robin, M., de Oliveira Santini, F., Ladeira, W. J., Sun, M., Day, I., Rather, R. A., & Heathcote, L. (2023). The role of ChatGPT in higher education: Benefits, challenges, and future research directions. *Journal of Applied Learning and Teaching*, 6(1), 41-56.
- Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., Ge, H., Kabakçı, Ö., & Mariman, R. (2024). Generative AI Can Harm Learning. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4895486>
- Jeon, J., Lee, S., & Choi, S. (2024). A systematic review of research on speech-recognition chatbots for language learning: Implications for future directions in the era of large language models. *Interactive Learning Environments*, 32(8), 4613-4631. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2204343>
- Kuhail, M. A., Alturki, N., Alramlawi, S., & Alhejori, K. (2023). Interacting with educational chatbots: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 28(1), 973-1018. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11177-3>

- 吴丹 & 林蕙. (2024). 基于脑电频谱的公共数字文化多模态资源认知负荷研究——以国家公共文化云为例. *情报科学*, 42(7), 146-157. <https://doi.org/10.13833/j.issn.1007-7634.2024.07.016>
- 胡勇. (2013). 在线学习过程中的社会临场感与不同网络学习效果之间的关系初探. *电化教育研究*, 34(2), 47-51. <https://doi.org/10.13811/j.cnki.eer.2013.02.005>
- Xie, T., Liu, R., Chen, Y., & Liu, G. (2021). MOCA: A Motivational Online Conversational Agent for Improving Student Engagement in Collaborative Learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 14(5), 653-664. <https://doi.org/10.1109/TLT.2021.3129800>