

第一轮修改

审稿人一:

本文系统梳理了近五年有关人工智能在自我调节学习(SRL)中作用的实证研究,揭示了 AI 在 SRL 各阶段的作用机制,并基于现有证据指出了 AI 赋能 SRL 过程中面临的挑战与潜在风险。研究选题具有一定的创新价值,但以下几方面问题仍有待进一步厘清与完善:

回应:

感谢您提出来的所有宝贵的意见和建议!您的意见和建议为我们修改文稿提供了很好的思路!在本修改稿中,我们根据您的意见逐一进行了回应与修改,具体如下:

审稿人一, 意见 1,

第一部分: 引言

文章对人工智能、生成式人工智能、自适应学习系统、个性化学习系统及智能辅导系统等关键概念未作清晰界定,也未充分阐明其区别与联系。此外,在学习过程中,将 AI 作为辅助工具嵌入学习系统以支持学生的自我调节学习,与直接通过与 AI 互动进行学习,是两种不同的学习路径,但作者未对二者进行有效区分。

回应 1:

感谢您提出的宝贵意见!在本修改稿中,我们根据您的建议对关键概念作了更加清晰的界定,并以表格形式呈现(见附表 S1);同时,在正文中将 AI 作为辅助工具嵌入学习系统与直接通过与 AI 互动进行学习这两种路径进行了区分,具体如下:

“在教育中, AI 主要通过两条路径实现辅助学习。一是将 AI 作为辅助工具嵌入学习系统,如自适应学习系统和智能辅导系统,通过持续采集学习数据,定制学习路径并动态调节学习过程(Cavalcanti et al., 2021; Jin et al., 2023)。二是以生成式 AI(Generative Artificial Intelligence, GenAI)为代表的交互型 AI(朱俊华 等, 2025; Darvishi et al., 2024; Yilmaz & Yilmaz, 2023),借助机器学习、自然语言处理等技术生成内容,通过对话与学习者直接互动,提供即时反馈和策略建议(Chiu, 2024; Essel et al., 2024)。研究表明,两条路径均有助于促进学业表现和 SRL 技能的发展(Lee et al., 2022; Lan & Zhou, 2025)。然而, AI 介入 SRL 的过程本质上是一个人机交互的过程。与传统 SRL 理论强调学习者独立完成调节不同, AI 环境下 SRL 表现为学习者与 AI 之间的协同调节(Molenaar, 2022)。这种协同关系中,一个核心问题是如何在发挥 AI 技术优势的同时,确保学习者始终保持学习的主体性(Agency)。”(详见第 2 页,引言部分第二段, 2-9 行蓝色字体部分; 附表 S1)

感谢您提出来的建议!

附表 S1 教育中常见的 AI 系统功能特征

AI 技术类型	核心界定	典型功能	联系与区别
生成式人工智能(GenAI)	基于 LLM 能自动生成文本、图像等内容的通用模型技术	根据提示生成答案、解释、题目、反馈、学习资源等	是一种底层通用技术，可以嵌入智能辅导系统、学习仪表盘、聊天机器人等教育应用中。
教育聊天机器人	通过自然语言对话提供回答、解释、练习或支持的系统	对话理解与生成、对话管理、任务引导、解释/举例、情感性回应	可以基于规则或基于 GenAI 与用户对话。GenAI 是技术，聊天机器人更多的是产品和应用。
智能辅导系统(ITS)	模拟教师，为学生者提供诊断和自适应教学的系统	学习者建模、知识结构建模、步骤级反馈、错误诊断、自适应练习路径	传统 ITS 多依赖规则/贝叶斯网络；新 ITS 会嵌入 LLM 进行对话、生成题目等；可向学习仪表盘输出学习过程数据。
学习仪表盘	将学习过程和结果数据可视化，用于监测、反思和决策支持	可视化图表、进度条、预警信号、对比分析；基于学习分析/教育数据挖掘	常作为 ITS 的前端可视化模块；可利用 GenAI 自动生成解读性文字、预警说明或个性化建议，但侧重于显示或解释数据。
自适应学习系统	根据能力、偏好、实时表现自动调整内容与难度的系统	动态推荐、路径规划、难度调整、掌握度估计	可以是 ITS 的一个子类型，但更强调自动调节机制，根据实时数据自动调整教学。
个性化学习系统	根据学习者目标、兴趣、偏好等提供差异化路径与支持的系统	目标设定、兴趣匹配、学习路径定制、多种资源形态	容易与学习分析、GenAI 等其他 AI 技术整合；支持“人-机协同”式 SRL。与自适应相比更强调全方位因人而异(不只难度调整)。

审稿人一，意见 2，

第二部分：SRL 理论与核心要素

本部分主要聚焦传统情境下的自我调节学习理论，缺乏对 AI 环境下 SRL 理论的探讨，未能体现智能技术对自我调节学习过程的影响与拓展。

回应 2：

感谢您提出的重要意见！初稿中本部分主要基于传统情境下的自我调节学习理论，对 AI 环境下 SRL 理论的发展及智能技术对 SRL 过程的影响论述不足。在本修改稿中，我们补充了对 AI 环境下 SRL 理论的梳理，在第二部分补充了一节：2.2 AI 环境下的 SRL 理论拓展，具体如下：

“随着 AI 技术深度参与学习过程，“调节”不再是个体或群体内部的自发过程，而逐渐演化为人机协同建构的结果。Molenaar(2022)提出混合人机调节(Hybrid Human-AI Regulation,

HHAIR)概念,将学习调节视为人类与 AI 系统之间的分布式过程,将人机调节定位为从完全人类主导到完全 AI 主导的连续过程,强调 AI 应采用增强而非替代视角主动培养学习者接管调节责任的能力。Järvelä 等(2023)将 SSRL 框架扩展至人机协作情境,提出人机共享调节学习模型(Hybrid Human-AI Shared Regulation in Learning, HASRL),将 AI 定位为积极的调节代理,能够实时检测学习中的触发事件,通过多模态数据分析进行诊断,并在适当时机推荐调节策略,从而作为调节伙伴参与学习过程。国内学者从“复合脑”视角出发,主张学习者的生物脑(内脑)和以 AI 为代表的“外脑”共同构成复合脑,学习与思考不再仅是个体大脑的封闭加工过程,而通过持续人机交互形成复合认知系统。基于内外脑自主度的动态变化,提出共同调节、共享调节和复合调节三个阶段,认为人机协同的目标就是培养学习者脱离外脑支持后仍能独立调节的能力。总体来看,现有理论已经从单一学习者内部的自我调节逐步扩展为人机协同调节视角,开始把 AI 视为参与监控、反馈与决策的调节者。调节机制拓展为分布式协同,调节目标从任务完成转向能力发展。这些理论为理解 AI 环境下的 SRL 提供了新的分析视角,也为本文提出以主体性视角下的人机协同框架,奠定了理论基础。”(详见第 3 页,第二部分第 2 节,蓝色字体部分)

感谢您提出的专业建议!

审稿人一, 意见 3,

第三部分: AI 赋能 SRL 的研究现状

在总结相关研究时,作者将研究对象统一表述为“学生”,未区分不同学段(如小学生、中学生或大学生)。由于不同阶段学生的自我调节学习能力存在差异,明确研究对象所属学段将有助于增强研究结论的说服力。

回应 3:

感谢您的细致审阅和重要建议!我们非常认同关于您提出的“不同阶段学生的自我调节学习能力存在差异,明确研究对象所属学段将有助于增强研究结论的说服力”的观点。我们将研究对象明确限定为高等教育阶段学生,并在第一部分引言和第三部分研究现状中补充了有关研究对象的表述,使全文中“学习者”,“学生”等用语均指向大学生群体。具体如下:

“通过梳理近五年高等教育中 AI 作用于 SRL 的实证研究,分析其在三种模式中的作用机制及其对 SRL 成分的影响,并进一步探讨当前的挑战与未来发展方向”。(详见第 2 页,引言部分第三段,8-9 行,蓝色字体部分)

“考虑到不同学段学生的 SRL 能力存在显著差异，而大学生在学习自主性、技术使用频率及 AI 接触程度等方面具有独特性，因而成为 AI 赋能 SRL 情境中最具代表性、也是当前研究重点关注的群体。”(详见第 6 页，第三部分研究现状, 6-8 行，蓝色字体部分)

谢谢您的建议！

审稿人一，意见 4，

第四部分：核心挑战

该部分整体论述有待加强。首先，所提出的三个核心挑战(如依赖、元认知惰性、学习自主性受限)之间存在内容重叠，本质上属于同一维度的问题。其次，有关人机互动过程的挑战提出较为突兀，缺乏充分阐述。此外，部分挑战与实证研究结果存在矛盾，例如作者指出 AI 辅助学习有助于提升成绩，但引用的研究(Xu 等, 2025)却表明在 AI 环境下元认知支持虽能提升 SRL 能力，却未显著提高学业成绩。

回应 4:

非常感谢您细致的审阅和提出的专业性修改意见。根据您的建议，在本修改稿中，我们对第四部分核心挑战重新进行了梳理，将您提到的存在内容重叠的三个核心挑战进行了整合和梳理，统一归入 4.1 支架引导调节下的主体性弱化和能力发展困境，具体如下：

“过度依赖是主体性削弱的主要表现。嵌入式 AI 往往在目标设定、策略选择和过程监控等关键环节占据主导地位，学习者更多处于被动执行的角色。长期处于这类环境的个体容易形成对 AI 的过度依赖，将本应由自己承担的认知和元认知过程外包给 AI，虽能在一定程度上提高任务绩效并降低认知负荷，但缺乏对目标的自主规划、策略的主动选择以及过程的元认知监控，可能破坏内部调节过程，从而削弱在 SRL 各阶段中的自主性(Fan et al., 2025; Zhang & Xu, 2025)。当学习路径由算法生成、错误由系统即时纠正时，学习者倾向于将认知任务外包给外部工具降低认知努力，减少认知的主动参与，而这一过程在 SRL 中至关重要(Risko & Gilbert, 2016)。相比于使用需要认知能力方法的学生，过度依赖 AI 的学生论证和推理能力都有所下降(Stadler et al., 2024)。同时，AI 的即时反馈可能使学习者从主动参与转向被动接受，削弱了深度思考、自我评估与反思的能力，从而增加了元认知懒惰的风险(Xu et al., 2025; Warschauer et al., 2023)。学习者面对 ChatGPT 回应时会下意识遵循其建议，缺乏独立的分析和判断，导致学习主体性进一步下降(Chan & Lee, 2023)。具体到各阶段中：计划阶段，会削弱学习者对学习路径和目标的自主规划能力(Xu, 2025; Zhai et al., 2024)。执行阶段，实时反馈和个性化指导可能替代了自我觉察，降低自我监控能力和策略调节的自主性(Katona & Gyonyoru, 2025)。反思阶段，外部反馈可能会削弱学习者独立反思的主动性，抑制

批判性思维和元认知发展。若 AI 的外部反馈与学习者的内部反思不一致,还可能导致认知冲突和归因偏差,损害自我评估能力、降低自我效能感并影响后续学习策略(Lan & Zhou, 2025)。”(详见 11-12 页,第四部分第 1 节,1-28 行,蓝色字体部分)。

此外,关于您提到的存在矛盾结果的部分,我们已重新审阅并修改相关段落,并对全文进行了仔细的审查,避免出现类似的问题。感谢您细致的审阅和重要的建议!

审稿人一, 意见 5,

第五部分: 展望部分

展望中的第一点和第二点内容均围绕人机互动过程展开,本质上属于同一方面,建议予以整合以增强逻辑连贯性。

回应 5:

感谢您提出来的这一宝贵建议!在本修改稿中,我们对展望部分的内容的逻辑重新进行了梳理,从主体性视角将其细化为三个层次:首先是理论与主体性层面,其次是机制与过程层面,最后是发展与长期影响层面,以增强整体的逻辑连贯性,具体如下:

“首先,从理论与主体性层面深化对**人机协同中 AI 角色**的探讨。虽然现有研究在传统理论的基础上为 SRL 阶段提供适配和支持,但更多的是通过分析学习者的数据来提供相应的支持。然而,这可能会产生一个混淆,即 AI 作为主体来主导学习者的 SRL 周期,而非作为工具辅助 SRL 过程。未来应深入研究 AI 与学习者主体性的关系和合理应用方式,构建适配 AI 的 SRL 创新理论框架,突破传统理论对**人机交互的适配限制**,探索 AI 与学习者在行为、情感、动机、认知等维度的协同机制及其在 SRL 阶段中的角色定位,提供科学的指导。本文提出的三种协同模式为此提供了初步框架,未来研究可进一步验证和完善这一框架,探索不同模式的适用条件和转换机制。可以通过设计实验比较各模式对 SRL 能力发展、学业成绩和主体性感知的**影响**;开发学习者主体性的测量工具;通过操纵 AI 决策边界(如直接设定目标 vs.提供目标建议),考察对学习者的 SRL 能力和主体性的影响。

其次,可以结合多模态数据和脑影像技术深入揭示**人机交互背后的认知和神经机制**。行为层面,可以结合学习日志、眼动追踪、交互记录等多模态数据,分析学生在 SRL 中的学习行为、注意分配和策略调节,例如,利用眼动数据考察学习者是仔细阅读还是快速略过 AI 反馈。神经层面,可结合近红外光谱成像(fNIRS)、功能性磁共振成像(fMRI)等脑功能成像技术,解析不同 AI 使用模式下 SRL 相关脑网络的活动特征,如在自然学习情境中用 fNIRS 实时监测前额叶皮层,比较有无 AI 辅助条件下元认知加工的差异。此外,通过整合这两方面的数据,还有助于识别学习者的过度依赖和问题性 AI 使用,检验其对 SRL 核心能力的潜在影响。

例如，当学习者过度依赖 AI 时，前额叶皮层与自我监控相关的活动可能减弱，可作为过度依赖的神经预警信号。”(详见 14 页，总结与展望部分，第 2 到 4 段，蓝色字体部分)。感谢您的宝贵建议！

审稿人二：

随着近几年人工智能(AI)、尤其是生成式 AI 技术的飞速发展，教育领域对 AI 的应用及研究也呈现井喷式增长。本论文重点关注近五年的 AI 与自我调节学习(SRL)主题研究，以 Zimmerman 的 SRL 三阶段模型为主要线索，梳理了 AI 在不同自我调节阶段的作用机制及实证证据。论文的选题和参考文献具有很强的前沿性和新颖性。然而，无论是对作用机制的探讨，还是对挑战和风险的总结，覆盖的内容过于广泛，没有形成本文特有的核心观点。

回应：

非常感谢您对本论文选题和文献前沿性的肯定，也感谢您指出目前在作用机制以及挑战与风险部分存在“覆盖内容过于广泛、尚未形成本文核心观点”的问题。尤其特别感谢您提出的“主体性作为联结各个 SRL 阶段机制的切入点”这一视角，为本次修改提出了中心思想。根据您的建议，在本修改稿中，我们主要围绕主体性这个核心对全文进行了修改，重新对文章的内容进行了梳理，努力形成本文特有的核心观点。具体如下：

审稿人二，意见 1，

从文章结构上看，作为综述核心的第三部分(AI 赋能 SRL 的研究现状)只是以计划、执行、反思三个阶段作为线索来介绍相应的研究，看似搭建了理论框架，但未能进一步提炼 AI 对自我调节学习的核心价值，也没有探讨 AI 与其他技术(例如计算机辅助学习)相比是否存在质的差异。而第四部分(核心挑战)的“核心”性也体现不够，更倾向于罗列了五个有较多文献关注的应用问题，与第五部分的展望也没有建立很明确的对应关系。从目前的内容来看，我个人觉得展望的第一点，即“AI 与学习者主体性的关系”是比较有趣和有心理学理论意义的研究方向。一方面，自我调节学习理论的发展本身较多收到社会认知理论、建构主义等理论视角的影响，而主体性(agency)在这些理论中均有涉及，或许可以作为联结各个 SRL 阶段机制的切入点。另一方面，文章所梳理的挑战也与主体性存在较多关联，如过度依赖和元认知懒惰与学习者的主体性直接冲突；人机交互的过程也存在主体性的问题。建议本文或许可以考虑突出自我调节学习过程中，AI 与学习者主体性的关系，以对研究现状、挑战与展望进行凝练。

回应 1：

再次感谢您专业而又关键的意见！在本修改稿中，我们根据您的建议突出了 SRL 过程中 AI 与学习者主体性的关系，在引言修改了相应的问题提出，理论部分提出了主体性分析框架，并对研究现状、挑战和展望做了较大幅度的结构调整与理论凝练。具体如下：

在引言部分，我们围绕主体性对问题提出进行了修改，从主体性角度凝练出本研究的研究问题。(详见第 2 页，引言部分第三段, 1-9 行，蓝色字体部分)

在第 2 部分理论和要素中，我们新增加了“2.4 主体性视角下的三种人机调节模式”，在梳理 SRL 经典模型和 HHAIR、HASRL 等新理论的基础上，引入 Bandura 的主体性理论作为分析基础，提出“支架引导调节—共同决策调节—工具辅助调节”三种人机协同模式，并将“主体性”界定为学习者在目标设定、策略选择、过程监控和反思评价中保有决策权与能动性的能力。由此，在理论层面上明确提出以学习者主体性为核心的人机协同框架，为后文的现状梳理与挑战分析提供了统一的分析起点。(详见 4-5 页, 2.4 主体性视角下的三种人机调节模式, 蓝色字体部分; 图 1)

在研究现状部分中，将原本的三阶段理论框架重构为“协同模式×SRL 阶段”的分析框架，并凸显了 AI 的核心价值及其与计算机辅助学习的差异，指出传统计算机辅助学习多依赖固定脚本与静态提示，而 AI 能基于过程数据进行实时预测与自适应调节，在调节功能的自主性与主动性上呈现质性差异，并据此提出理想人机协同的若干特征。在此基础上，我们不再简单按阶段罗列文献，而是以“支架引导调节(3.1)—共同决策调节(3.2)—工具辅助调节(3.3)”为主线，增加批判性分析，评估不同研究在维持学习者主体性方面的表现，并在 3.4 小结中通过“主体性分配 × SRL 阶段”的矩阵，对不同模式中 AI 与学习者在各阶段的角色分工、决策边界与主体性保持策略进行了提炼，进而将 AI 赋能 SRL 的核心价值概括为：通过恰当的人机协同模式增强而非替代学习者的内部认知与元认知活动。(详见 6 到 11 页，第三部分研究现状，蓝色字体; 表 2)

在核心挑战部分，以主体性为核心进行了凝练，并与前文三种模式形成呼应。针对您指出的“第四部分更像挑战清单”的问题，我们将原先相对并列的五个问题整合到“4 人机协同下 AI 赋能 SRL 的困境与挑战”之中，并以主体性为核心重新组织内容。例如, 4.1 小节聚焦于支架引导调节情境下的“主体性弱化与能力发展困境”，从过度依赖、认知与元认知外包等方面分析其如何侵蚀学习者的能动性；后续小节则分别从共同决策调节中的责任边界、工具辅助调节中能力鸿沟与不平等角度展开，讨论不同协同模式下可能遇到的困境与挑战。最后在该部分结尾，我们明确提出：人机协同下 SRL 的关键挑战，并非单一的“依赖”或“懒惰”问题，而是如何在不同能力水平的学习者之间设计合理的模式转换路径，使 AI 主

导一人机协同—工具辅助形成发展性序列,从而在发挥技术优势的同时守住学习者的主体性。(详见 11-13 页,第四部分困境与挑战,蓝色字体)

在总结与展望部分,我们将 AI 与主体性的关系提升为全文的核心结论与理论贡献,明确提出三种人机协同模式构成本文的基础分析框架,并在此基础上提出未来研究可从不同协同模式及其转换路径下学习者 SRL 能力与主体性长期发展的角度展开。(详见 13-14 页,总结与展望部分,第 1-3 段,蓝色字体部分)

总的来说,我们在修改稿中尝试按照您的建议,以“AI 与学习者主体性的关系”为核心,将第三部分的研究现状、第四部分的人机协同困境与第五部分的未来展望有机联结起来,希望能在回应实践问题的同时,凸显 AI 赋能 SRL 的心理学理论意义。非常感谢您为我们指出这一重要视角,也期待本次修改能更好地体现您所期待的理论凝练与结构统一。

审稿人三:

本文聚焦“人工智能赋能自我调节学习”这一前沿主题,系统梳理了近几年相关实证研究,探讨了 AI 在 SRL 各阶段的作用机制、面临的挑战及未来研究方向,尤其是讨论其核心挑战(如过度依赖、元认知懒惰等),是本文的一大亮点。选题具有较强的理论意义与现实价值,尤其契合当前教育智能化发展的趋势。文章结构清晰,逻辑连贯,文献综述较为全面,英文摘要撰写较规范。具体修改意见和要求

回应,

感谢您认真细致的审阅和对本研究的肯定,也感谢您提出来的所有宝贵意见和建议!在本轮修改中,我们根据您的具体意见进一步进行了回应与修改,具体如下。

审稿人三,意见 1,

对核心理论框架的整合与创新性论证有待加强。文章提出了一个基于 SRL 三阶段(计划、执行、反思)的分析框架来组织文献,这本身是一个有效的分类工具。然而,这一框架更像是对现有研究的事后归纳,而非一个能主动指导未来模型构建的“生成性框架”。建议在“总结与展望”或“引言”部分,明确阐述本文提出的“三阶段分析框架”的理论贡献。例如,它可以如何指导研究者系统性地设计 AI 教育工具?它对于理解“人机协同”中的人类认知过程有何独特的解释力?可以尝试提炼出更高层次的整合性模型。例如,基于对现有研究的梳理,能否提出一个“人机协同的 SRL 模型”,初步界定 AI 和学习者在各阶段中的理想角色、交互方式与功能边界?这将极大提升文章的理论深度。

回应 1:

非常感谢您对本文核心理论框架提出的深入而中肯的建议。我们认同您提到的如果仅停留在将既有研究按 SRL 三阶段进行事后归类, 的确难以充分体现框架的“生成性”与理论创新性。根据您的建议, 本修改稿从 AI 与学习者主体性关系出发, 在 SRL 三阶段模型基础上构建人机协同框架。我们在整体结构和表述上都做了较大调整, 以更清晰地凸显本文提出的“主体性视角下的人机协同 SRL 模型”的理论贡献和生成性。具体如下:

首先, 在引言最后一段中, 增加了明确表述, 指出本文提出了一个以学习者主体性为核心、整合“SRL 阶段×人机主体性分配”的人机协同 SRL 模型, 用于解释和规范 AI 与学习者在不同阶段的角色分配与协同机制。(详见第 2 页, 引言部分第三段, 1-9 行, 蓝色字体部分)

第二, 我们在第 2.4 节中将学习者主体性作为关键维度, 引入支架引导调节、共同决策调节和工具辅助调节三种人机协同模式, 并将其系统嵌入 SRL 三阶段之中, 构建“主体性分配×SRL 阶段”的二维矩阵, 进一步将三种人机协同模式上升为以学习者主体性为核心的人机协同 SRL 模型, 用以解释不同协同模式下学习者与 AI 在计划、执行与反思环节中的责任分配与调节路径。具体而言, 我们从学习者 SRL 能力与 AI 介入程度两个维度界定上述三种模式, 并在表 1 中对其在目标设定、策略选择、过程监控与反思评价中的理想角色与交互方式进行了系统对比。该部分可概括为三方面理论创新: (1)在经典 SRL 循环模型基础上, 将调节主体由单一学习者扩展为学习者-AI 复合系统; (2)引入主体性分配这一规范性维度, 以支架引导到共同决策再到工具辅助的演进路径描述理想的人机协同发展轨迹; (3)通过“阶段×模式”的二维矩阵, 提出一套可操作的、可检验的假设空间, 为未来实证研究和模型建构提供生成性框架。同时, 图 1 中呈现“AI 主导权弱化—学习者主体性增强”的三阶段演进路径, 强调有效的人机协同应以 AI 主导—人机共决—学习者主导的动态过渡为目标, 从而为未来构建可演化的协同模型提供理论原型。(详见 4-5 页, 2.4 主体性视角下的三种人机调节模式, 蓝色字体部分; 图 1、表 1)。

第三, 在 3.4 小结和第五部分总结与展望中, 我们增加并明确了该框架对 AI 教育工具设计的具体启示, 避免仅停留在事后归纳层面。在第 3.4 节中, 通过表格比较三种协同模式在不同阶段的主体性分配, 提炼出“反馈的描述性而非指令性、支架渐退性而非持续性、互动双向性而非单向性、支持按需性而非强制性”等理想人机协同特征, 为设计既减负又保留主体性的 AI 支持策略提供了可操作的设计原则。在第 5 部分我们进一步将上述分析上升为三条面向实践的设计原则: 自适应模式切换(根据学习者 SRL 能力动态切换三种协同模式)、渐退机制内置(预设支架减退条件与路径)、以及透明性与可控性(保证学习者理解 AI 的决策逻辑)。

辑并保有拒绝或调整建议的权限),进一步与本文提出的人机协同 SRL 模型逐一对应。明确提出设计 AI 教育工具时,应首先基于学习者 SRL 能力与主体性,选择合适的协同模式,而不是简单追求自动化程度越高越好。(详见 10-11 页,3.4 小结,蓝色字体;13 页,总结部分第一段,4-13 行,蓝色字体部分;表 2)

通过上述整合,我们尝试对 AI 与学习者在不同 SRL 阶段中的理想角色、交互方式与功能边界给出初步界定(详见表 3)。同时,在引言、理论部分及总结与展望中均对三阶段分析框架的理论贡献、整合高度与生成性进行了强化。从简单的文献分类,提升为能够指导 AI 教育工具设计、界定人机角色与功能边界的人机协同 SRL 模型。再次感谢您提出的宝贵意见,帮助我们显著提升了文章的理论深度与前瞻性。

审稿人三,意见 2,

对“AI 赋能”机制的深层辨析不足。文中频繁使用“赋能”、“支持”、“促进”等词语,但这些概念的内涵较为模糊。AI 究竟是通过何种心理机制来影响 SRL 的?是替代了部分认知功能,是提供了更有效的信息(反馈优化),还是重塑了学习者的动机与信念?文章触及了这些现象,但对其背后的认知与元认知机制挖掘不够。建议引入更具体的认知心理学概念来深化对挑战的分析,使论述从“描述现象”上升到“解释机制”。

回应 2:

感谢您指出我们在“AI 赋能”机制分析上存在的不足。在本修改稿中,我们对稿件中有关“AI 通过何种心理机制影响 SRL”的论述重新进行了梳理和补充,具体如下:

在修改稿的第二部分,我们将 SRL 核心要素修改为 SRL 核心要素及其在 AI 环境下的拓展,指出 AI 通过外包元认知监控与认知策略,从而形成外部调节的来源。(详见第 4 页,2.3 节,第二段蓝色字体部分)

在第 3 部分 AI 赋能 SRL 的研究现状中,我们不再只是按阶段罗列 AI 的作用,而是结合三种人机协同模式,从心理机制角度重新梳理了这部分内容,具体如下:在 3.1 AI 主导下的支架引导调节中,嵌入式 AI 系统在计划阶段大量接管任务分析与目标设定替代了前瞻性元认知加工,在执行阶段主导过程监控和策略调整在一定程度上实现了认知卸载并降低了即时认知负荷,在反思阶段生成总结与建议,实质上是对学习者部分认知与元认知功能的替代,学习者主要承担执行层面的认知操作。在 3.2 共同决策调节中,突出交互式 AI 与学习者通过“提问—回应—再决策”的循环共同参与自我监控与自我评估,将原本隐性的元认知活动显性化,使 AI 更多扮演“与学习者协商决策”的角色,而不是单向给出答案。在 3.3 工具辅助调节中,强调学习者主动调用 AI、选择性采纳反馈的重要性:学生首先基于自身元认

知知识和价值判断整合 AI 给出的信息，在此过程中锻炼自我评估、策略选择与前瞻性计划，并通过自主选择反馈维护自我效能感与自主感。(详见第 6-10 页，第三部分研究现状，蓝色字体部分)

在第 4 节人机协同下 AI 赋能 SRL 的困境与挑战中，我们补充了认知卸载、分布式认知等概念，重新组织对既有研究的讨论，使分析从对现象的描述上升为对机制的解释。原本偏现象性描述的内容上升为机制解释，从而加深深层机制的挖掘问题：如在 4.1 支架引导调节下的主体性弱化和能力发展困境中，将过度依赖界定为调节责任外移所导致的主体性削弱：关键调节环节长期由 AI 主导，会让学习者把成功更多归因于系统，出现自我监控弱化、归因偏差和自我效能感下降，从而在长期阻碍 SRL 能力发展。(详见 11-13 页，第四部分困境与挑战，蓝色字体部分)

再次感谢您的细致指正，帮助我们显著提升了文章在机制层面的理论深度。

审稿人三，意见 3，

文献梳理的“批判性整合”有待提升。当前文章对文献的呈现方式以“列举”和“描述”为主，缺乏对研究之间异同、矛盾与发展脉络的深入比较和整合。例如，不同研究中的 AI 工具(如聊天机器人与自适应学习系统)对 SRL 的影响是否存在差异？哪些因素(如学习者特征、学科领域、AI 介入方式)会导致结果的不一致？建议在每一阶段的结尾，增加一个小结段落，不是简单总结，而是进行批判性整合。可以考虑增加一个表格，对比不同类型 AI 技术(GenAI、智能辅导系统、学习仪表盘)在 SRL 各阶段中的作用、优势、局限及代表性研究。

回应 3：

感谢您的宝贵建议。在本修改稿中，我们从结构与内容两方面系统加强了批判性整合，具体如下：第 3 部分实证研究由原先按阶段简单罗列研究，调整为以“支架引导调节—共同决策调节—工具辅助调节”三种人机协同模式为主线，并在每一模式内部依次讨论其在计划、执行、反思三个阶段中的作用，从而使不同研究可以在同一模式和阶段下直接比较，有利于呈现不同 AI 介入方式对学习者的主体性和 SRL 能力的差异。在每一个小节的结尾，我们新增了简短的总结，从主体性和心理机制的角度综合不同研究间的矛盾发现。另外，我们增加了 3.4 小结，从整体上对三种调节模式进行比较与批判性整合。(详见第 6-10 页，第三部分研究现状，蓝色字体部分)

另外，我们按照您的建议增加了一个表格，用以对比不同类型 AI 技术在 SRL 各阶段中的作用、优势、局限及代表性研究，但鉴于篇幅限制，我们将技术维度的对比整理为在附录中。(详见附表 S2 不同 AI 技术在 SRL 各阶段中的作用对比)

谢谢您的建设性意见！

附表 S2 不同 AI 技术在 SRL 各阶段中的作用对比

AI 技术 类型	在 SRL 各阶段中的典型作用	主要优势	主要局限	代表性研究
GenAI	计划：帮助任务解析、生成初步学习计划； 执行：概念讲解、示例生成、答案/思路诊断； 反思：总结要点、生成自我反思问题。	自然语言交互，门槛低；可低成本提供“类导师”即时反馈；高度生成性，能快速提供多样例子与表征；	内容幻觉与偏差；易被当代写工具；与行为数据联结弱；SRL 支持效果依赖提示与 AI 素养。	Ng et al., 2024
	计划：协助澄清目标和任务要求； 执行：过程答疑、策略提示、自我解释引导； 反思：提问或反馈促进学习日志与反思。	交互形式接近自我对话，有利于情绪调节与动机维持；对话流程可嵌入结构化 SRL 提示	多集中在执行阶段；对目标设定与深度反思支持有限；对复杂开放任务理解有限。	Lee et al., 2025
智能辅导系统	计划：通过前测与任务分析辅助设定目标/路径； 执行：自适应题目、分步指导、显性 SRL 策略支架 反思：学习轨迹与表现可视化，促使自评与调整。	行为数据粒度高，可精细建模 SRL 过程；有较成熟的理论支撑与十年以上实证积累。在结构化领域(如数学)可较稳定提升成就并促进 SRL 技能。	成本高，领域依赖强；对开放性任务 SRL 支持较有限；脚本多为预设，个性化支架仍有限；部分学习者将其视为解题机器，削弱自主规划。	Azevedo et al., 2011
学习分析仪表盘	计划：通过进度、出勤、同伴比较帮助调整学习目标与计划； 执行：行为/成绩实时可视化，支持时间管理与策略调整； 反思：趋势与历史数据促使学习成效	基于真实学习行为大数据；可同时支持学生与教师；易与 SRL 阶段模型对齐进行仪表盘设计；开发成本低	设计不当时，信息过多且难以解读，增加认知负荷；过度社会比较可能削弱动机；	Afzaal et al., 2024
自适应学习系统	计划：根据前测自动分配起始水平与路径，部分替代计划制定； 执行：依据表现和信心实时调整难度、题量与反馈； 反思：知识掌握图、进度条指示薄弱点。	大规模条件下提供个别化教学；持续收集选择/放弃等 SRL 行为数据；对基础知识与技能学习效果较稳定。	高自动化可能削弱显性计划/监控练习；对动机、情绪调节支持有限；算法透明度与公平性问题。	Yan et al.,2024
个性化学习系统	计划：基于兴趣与先验表现推荐课程/资源，帮助确定学习优先级； 执行：持续推送与水平和偏好匹配的资源/活动； 反思：利用学习记录与推荐反馈提示薄弱领域。	在 MOOC 等平台提供高程度个体化体验；可与学习分析、GenAI 结合；支持系统建议何学生决策的人机协同 SRL。	推荐逻辑多不透明；若优化目标非学习质量，可能削弱高质量 SRL；易让学习者停留在熟悉领域。	Yang et al., 2025

审稿人三, 意见 4,

未来展望部分可以更具理论导向和可操作性。展望部分提出的方向(如研究主体性、结合多模态技术、开展纵向研究)是合理且重要的。但部分建议(如结合脑成像)虽然前沿,但与其要解决的具体科学问题之间的逻辑链条可以更紧密。例如, fNIRS 或 fMRI 具体能揭示“过度依赖”的何种神经关联? 这需要更具体的阐述。

回应 4:

感谢您对的宝贵意见。在本修改稿中,我们对该部分做了有针对性的修改,使展望中提到的方向与要解决的问题之间的逻辑更加紧密、具体,具体如下:

“可以结合多模态数据和脑影像技术深入揭示人机交互背后的认知和神经机制。行为层面,可以结合学习日志、眼动追踪、交互记录等多模态数据,分析学生在 SRL 中的学习行为、注意分配和策略调节,例如,利用眼动数据考察学习者是仔细阅读还是快速略过 AI 反馈。神经层面,可结合近红外光谱成像(fNIRS)、功能性磁共振成像(fMRI)等脑功能成像技术,解析不同 AI 使用模式下 SRL 相关脑网络的活动特征,如在自然学习情境中用 fNIRS 实时监测前额叶皮层,比较有无 AI 辅助条件下元认知加工的差异。此外,通过整合这两方面的数据,还有助于识别学习者的过度依赖和问题性 AI 使用,检验其对 SRL 核心能力的潜在影响。例如,当学习者过度依赖 AI 时,前额叶皮层与自我监控相关的活动可能减弱,可作为过度依赖的神经预警信号。”(详见第 14 页,总结与展望部分第三段,蓝色字体)

审稿人三, 意见 5,

细节问题。

(1)第 3 部分标题有两个 3.2。

(2)部分语句的学术严谨性,有些结论性表述略显绝对。例如,第 4 部分开头“尽管 AI 在 SRL 中展现出巨大潜力,但其潜在挑战同样不容忽视”,可改为“尽管 AI 在支持 SRL 方面展现出巨大潜力,但其应用也伴随着一系列潜在的挑战,需要研究者审慎对待。”

(3)统一术语使用:全文“自我调节学习”与“SRL”交替使用,建议首次出现时标注全称与缩写(“自我调节学习(Self-Regulated Learning, SRL)”),后续统一使用“SRL”;检查“LLM”等缩写的首次定义完整性。

(4)为增强条理性,提升阅读体验,建议为“4 人工智能赋能自我调节学习的核心挑战”添加小标题。

(5)参考文献格式：请再次仔细核对全文参考文献格式是否符合期刊的 APA 要求，确保所有作者、年份、期刊名、卷期号和页码的准确性和完整性。

回应 5：

感谢您细致的审阅！在本修改稿中，我们对您发现的细节问题一一进行了检查和修改，同时举一反三，对其他问题也进行了检查和修改。具体如下：

(1)第 3 部分标题有两个 3.2 的问题已改正。

(2)对全文的语句的学术严谨性和略显绝对的结论性表述进行了检查和修改。

(3) 针对您指出的术语使用问题，我们已对全文进行了仔细核查和修订，重点排查并纠正了术语交替使用及首次界定不够完整等情况，并在摘要和正文中术语首次出现处均给出了清晰、规范的定义。

(4)根据您的建议，当前修改稿中已对第四部分困境与挑战添加了小标题，以增强条理性并提升阅读体验。

(5)本修改稿中，除了我们自身之外还邀请了心理学硕士生和博士生一同对参考文献格式分别检查，仔细核对，以确保信息的准确性。

谢谢您的细致审阅！

编辑部：

请作者根据审稿人的意见认真修改文章，同时有以下两点修改意见：

感谢您的审阅！也感谢您提出来的所有宝贵意见和建议！

编辑部，意见 1，

目前文章侧重于现有研究成果的介绍和当前挑战的罗列，没有提炼明确的研究问题，没有形成自己的观点。请作者根据审稿人意见进一步思考如何提升本文的理论价值，并做相应修改。

回应 1：

感谢您的指导意见！在本修改稿中，以学习者与 AI 之间应该如何分工、如何保持学习者的主体性为视角，提出了明确的核心观点：AI 赋能 SRL 的关键在于维持学习者的主体性，有效的人机协同应增强而非替代学习者的认知和元认知活动。基于这一核心观点，我们构建了一个“协同模式×SRL 阶段”的分析框架，用于评估现有研究的协同效果，并为 AI 教育工具设计提供指导。这一理论贡献使全文形成了从问题提出到分析框架再到实践指导的完整逻辑链条。此外，为进一步呼应本文以学习者主体性与人机协同为主线的理论框架，我们对

原稿题目进行了优化：由“人工智能赋能自我调节学习：现状、挑战与展望”修改为“主体性视角下的人工智能赋能自我调节学习研究进展”，以在标题中直接呈现主体性视角，从而提高题目与全文核心立意的一致性。感谢您的宝贵建议！

编辑部，意见 2，

请作者仔细阅读并提升文字流畅度和规范性，并邀请中级职称以上同行进行挑剔性阅读。

回应 2：

在本轮修改中，我们认真检查了全文，对内容和文字进行了多轮润色与修改，力求进一步提升文字流畅度和规范性，并邀请了中级职称以上同行进行挑剔性阅读和反馈。

感谢三位审稿专家和编辑部对本研究提出的所有宝贵意见，您的意见帮助和促进了我们的重新整理与思考，对本研究的逻辑思路、文本表达以及图表可视化方面都起了至关重要的促进作用。谢谢你们！

作者们
2025 年 12 月

第二轮修改

审稿人一：

作者对上一轮审稿意见的回应非常认真、深入，文章质量有了较大提升。修改稿以“学习者主体性”为主线，重构全文，提出的三种人机协同模式及分析框架具有重要的理论创新性。全文逻辑连贯，论述深入。

回应：

非常感谢您给予的高度评价和肯定！您的认可对我们是极大的鼓励。我们很高兴看到修订后的理论框架和逻辑结构得到了您的认可。再次感谢您对提升本文质量所付出的心血，谢谢您！

审稿人二：

作者对第一轮审稿意见进行了认真的思考、修改和回复，尤其是围绕核心研究问题进行了深入的思考和凝练，提出的“协同模式×SRL 阶段”分析框架对当前 AI 与 SRL 结合的研究现状进行了合理的归纳和清晰的梳理，也为困境与挑战提供了明确的线索，文章质量得到了很大的提升。也感谢作者对审稿意见给出条理清晰、重点突出的回复。在仔细阅读修改稿及附录后，我还有一些修改意见和建议，供作者进一步参考。

回应：

非常感谢您对我们上一轮修改工作的肯定！特别是您对“协同模式×SRL 阶段”分析框架的认可，这是对我们极大的鼓励。同时，也感谢您细致审阅后提出的所有宝贵意见和建议。这些细致的意见对完善文章细节至关重要。我们已对您提出的每一条建议进行了回应与修改，具体如下。

审稿人二，意见 1，

修改稿多次将 SRL 定义为包含认知、元认知和动机成分的动态过程（如第 1 部分第一段，2.1 部分、2.3 部分等），与当前 SRL 的主流定义相比，这一界定完全忽略了情感(affective)成分的作用。例如作者引用的 Panadero (2017) 在摘要部分即定义 SRL 包括学习的认知、元认知、行为、动机和情绪/情感层面。《自我调节学习手册》第一、二版也均强调了情感在自我调节学习中的重要地位 (Schunk & Greene, 2017, p.1; Zimmerman & Schunk, 2011, p.1)。虽然当前研究现状可能侧重认知与元认知过程，所以修改稿的第 2、3 部分对现有研究的述评也集中于认知与元认知策略及过程。但一方面，建议作者修订引言和 2.1 部分的相应表述，以准备地呈现 SRL 的定义。另一方面，第 4、5 部分可以考虑适当增加关于 SRL 情感成分

的影响或展望。

回应 1:

非常感谢您的专业性意见和建议！您的建议帮助我们弥补了关键疏漏。我们完全同意您的观点，即情感成分是 SRL 不可或缺的重要组成部分。忽略这一维度确实与当前主流的 SRL 定义不符。我们已在文中涉及 SRL 定义的部分进行了修改，明确将情感与认知、元认知和动机并列纳入定义中，以完整准确地呈现定义。同时，我们已补充引用了《自我调节学习手册》（第一版及第二版）作为参考文献。具体如下：

“SRL 指学习者以系统化的方式激活并维持其认知、情感、动机及行为以实现学习目标的动态过程(Schunk & Greene, 2017; Zimmerman & Schunk, 2011), 包括主动设定学习目标、制定计划、有策略地监控与调整学习行为及情绪状态、并对结果进行评估和反思(Zimmerman, 2013)。” (请见第 1 页, 引言部分, 第一段, 5-8 行, 红色字体部分)

“虽然这些模型侧重不同, 但一致认为 SRL 是一个包含认知、元认知、动机与情感成分的动态过程(Panadero, 2017)。从调节主体的角度看, 它们实际上描绘的是一个由认知、元认知、动机与情感成分构成的内部调节系统。” (请见第 3 页, 2.1 部分, 第一段, 14-15 行, 红色字体部分)

另外, 我们完全认同在文章的挑战与展望部分补充情感维度的讨论对于提升文章的深度和完整性至关重要。这不仅呼应了我们在前文对 SRL 定义的修订, 也更全面地揭示了人机协同的复杂性。因此, 在本修改稿中, 我们已在第 4 部分和第 5 部分进行了针对性的修改和补充。在第四部分中, 指出高强度的人机交互可能导致学习者产生焦虑或挫败感, 从而阻碍动机的维持; 在第五部分中, 我们补充了关于 SRL 情感成分的研究展望, 具体如下:

“在这种高强度的即时交互中, 若 AI 无法识别学习者的情绪波动并给予适时的情感支持, 人机互动压力可能累积为情感负担, 进而不利于动机维持(Ortega-Ochoa et al., 2024)。” (请见第 13 页, 4.2 部分, 第一段, 10-12 行, 红色字体部分)

“特别是要深入探究认知与情感在调节过程中的交互机制, 例如消极情绪(如挫败感)如何触发元认知监控及适应性行为的调整, 从而明确 AI 应在何时介入以提供认知与情感的双重支持。” (请见第 14 页, 总结与展望部分, 第三段, 8-10 行, 红色字体部分)

“行为与生理层面, 可以结合学习日志、眼动追踪、交互记录、面部表情分析及生理信号(如皮肤电、心率)等多模态数据, 分析学生在 SRL 中的学习行为、注意分配、策略调节及实时情绪变化(如焦虑、挫败感)。例如, 利用眼动数据考察学习者是仔细阅读还是快速略过 AI 反馈, 同时结合皮肤电数据判断高难度任务下的情绪唤醒水平。” (请见第 15 页, 总结

与展望部分，第四段，1-5 行，红色字体部分)

“未来研究应考虑开发新的算法避免出现信息茧房，融入适应性的情感支架，为学习者提供更个性化的支持，最大限度地发挥 AI 的辅助作用。”(请见第 15 页，总结与展望部分，第五段，第 10 行，红色字体部分)

再次感谢您的宝贵建议！

审稿人二，意见 2，

关于三种人机协同模式，在阅读过程中有一个略为困惑的点。按照图 1 提示的发展方向以及正文的描述，这三种模式存在一定的优劣倾向，即工具辅助调节应成为最为理想的状态。然而，共同决策与工具辅助之间的界限相对更为模糊，例如使用 GPT 生成发言提纲，或是指示豆包按照特定主题作画，应该划分为何种协同模式？如果中间存在一定的过渡阶段，两种模式是否具有质的差异？是否对于不同的任务，或者不同的专业领域而言，共同决策模式可能更加适用？当然，作者在回复其他审稿人意见时提到，修改稿将研究对象明确限定为高等教育学生。如果是在专业学习的情境下，沿着图 1 的方向提升 SRL 能力是完全成立的。或许作者可以适当探讨划分三种模式可能存在的局限，以及强调指导意义（第 14 页）的适用范围。

回应 2:

感谢您提出的宝贵意见和这些深入且富有启发性的问题！针对您提出的各项问题与建议，我们在下文逐条进行详细说明，以期解答您的疑问并澄清相关表述。首先，关于您提到的共同决策与工具辅助之间的界限相对模糊，两种模式是否具有质的差异的问题，我们认为，区分这两种模式的关键不在于是否使用 AI 产出内容，而在于调节过程的主导权、决策权与策略发起的起点。我们在文中定义共同决策调节是通过对话、证据交换与策略协商共同完成调节；而工具辅助调节是学习者主导调节过程，在明确目标与策略的前提下主动调用。当任务目标或策略通过人机对话、证据交换与策略协商共同形成并共同推动调节闭环时，更符合共同决策；而当目标、评价标准与策略主要由学习者提出并主导，AI 用于信息拓展与验证而不替代决策时，更符合工具辅助。换句话说，当学习者目标模糊，需要依赖 AI 的启发来共同制定路径时，处于共同决策调节；当学习者目标清晰，仅将 AI 作为实现预设策略的手段时，则产生了质的飞跃，进入工具辅助调节。这种从协商到调用的转变，标志着学习者主体性的确立。结合您提到的“使用 GPT 生成发言提纲”生动案例来看，如果学生不仅让 GPT 生成提纲，并且在这个过程中与 AI 协商逻辑结构，通过 AI 的反馈修正自己原本模糊的思路，这属于共同决策调节。同时，如果学生已有明确的论点和结构，仅指令 GPT 将其调整格式、润色

或填充细节,此时 AI 仅起到拓展认知边界或验证判断的作用,决策权完全在学生,这属于工具辅助调节。

第二,关于您提到的对于不同任务或专业领域而言,共同决策模式可能更加适用的问题,我们完全同意您的看法。工具辅助是 SRL 主体性增强意义上的发展方向之一,但不同任务与领域可能更适配不同协同模式,且模式可随任务阶段动态切换。在 SRL 发展视角下,工具辅助调节是主体性更强、依赖更低的目标状态之一,但并不意味着对所有任务都最优。在专业领域(如艺术创作),人机协作的共同决策确实可能是产出高质量成果的最佳模式。但共同决策的有效性具有高度的情境依赖性。例如, Ben-Michael 等(2025)发现,在高风险决策任务中,人与 AI 的协同决策并未优于人类单独决策,且单纯依赖 AI 的决策效果往往更差。因此,就像您注意到的一样,本文关注的是高等教育学生 SRL 能力的提升,目标是让学习者从执行者进阶为主导者,而非以任务效率为导向。因此,在这一特定的教育目标下,学习者能够独立主导学习过程就被视为比共同决策更高的 SRL 能力体现。

第三,感谢您关于模式划分局限的建议。本修改稿在总结部分补充了划分三种模式可能存在的局限的讨论,主要从模型构建、模型适用性两方面展开讨论,具体如下:

“然而,本研究仍存在一定局限。首先,三种人机协同模式更接近理论上的理想类型,而在真实学习情境中,模式之间并非孤立的静止状态,而是随任务进程与认知负荷变化的连续体。同一任务可能在不同阶段呈现出混合的主导特征,单一归类可能掩盖协同机制的阶段动态性。其次,本研究构建的模式划分和演进路径主要服务于 SRL 能力的培养目标。工具辅助调节并非对所有任务都最优,它更多体现为学习者主体性提升上的发展方向。在这一特定的教育目标下,学习者能够独立主导学习过程就被视为比共同决策更高的 SRL 能力体现。因此,不宜简单推广至以效率为导向和其他背景下的人机协作场景。”(请见第 14 页,总结与展望部分,第二段,1-7 行,红色字体部分)

最后,关于您提到的指导意义的适用范围,在本修改稿中也进行了补充,具体如下:

“需要指出的是,这一框架的适用范围主要集中在高等教育阶段,目标是让学习者从执行者进阶为主导者,而非单纯追求当下的任务表现最大化。”(请见第 13 页,总结与展望部分,第一段,10-11 行,红色字体部分)

再次感谢您的宝贵建议!

参考文献:

Ben-Michael, E., Greiner, D. J., Huang, M., Imai, K., Jiang, Z., & Shin, S. (2025). Does AI help humans make better decisions? A statistical evaluation framework for experimental and

observational studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 122(38), e2505106122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2505106122>

审稿人二，意见 3，

展望部分提出三条对 AI 教育工具设计的建议，与前后文的衔接不明显，行文也显得有些仓促，建议修改。对教育工具的设计提出建议不是《心理科学》读者关心的重要问题，或许可以整合到展望部分，或进行精简。

回应 3：

感谢您专业性的建议！在本修改稿中，我们将原来的教育工具的设计建议修改和精简为理论对实践的贡献，同时将原本的自适应切换、渐退、透明性在展望部分重新操作化为未来实证研究的操作变量，具体如下：

“在此基础上，本文也为将自适应模式切换、支架渐退及透明可控性融入 AI 支持下的 SRL 干预设计提供了理论依据。”（请见第 13 页，总结与展望部分，第一段，10-11 行，红色字体部分）

“干预研究还可进一步将自适应模式切换，支架渐退及透明可控性作为操作变量，用于检验在不同的人机协同配置下 SRL 与主体性的动态发展差异。”（请见第 14 页，总结与展望部分，第三段，18-20 行，红色字体部分）

谢谢您的宝贵建议！

审稿人二，意见 4，

当前 AI 在学习中的应用已经快速覆盖基础教育阶段和终身教育场景，且 SRL 能力的发展本来也具有较强的发展阶段特点。“协同模式×SRL 阶段”分析框架是否能扩展到其他发展阶段及教育场景，或许也可以在展望部分加以体现。

回应 4：

非常感谢您提出的建设性意见！我们完全认同您提到的关于 SRL 能力的发展具有显著的阶段性特征。这一建议帮助我们将研究视野从特定群体拓展至更广阔的教育场景，为我们提供了至关重要的启发，使得我们对框架的未来发展进行了更全面、更具操作性的思考。对此，我们深表感谢。据此，我们在展望部分补充了“协同模式×SRL 阶段”分析框架在不同发展阶段和教育场景中拓展的研究展望，具体修改如下：

“值得注意的是，该框架虽然基于大学生群体构建，但其依据学习者主体性水平动态调整 AI 介入程度的核心逻辑具有跨越不同教育发展阶段的应用潜力。未来研究可进一步验证和完善这一框架，探索不同模式的适用条件和转换机制，验证并拓展“协同模式×SRL 阶段”

框架在不同发展阶段和教育场景的迁移能力。例如，在基础教育阶段，考察支架引导调节如何帮助元认知尚未成熟的学习者发展监控与评估能力；而在终身教育场景下，验证工具辅助调节对支持高自主性学习者的有效性。”（请见第 14 页，总结与展望部分，第三段,10-16 行，红色字体部分）

再次感谢您的宝贵建议！

审稿人二，意见 5，

附表 S1 和 S2 列举了高等教育场景下的常见 AI 技术比较，这些技术的选择和排列还可以优化。一是目前几类技术的排列顺序，似乎没有清晰的规律？而且“AI 技术”（或 AI 系统）的标签不够准确。二是如作者所言，GenAI 是底层技术，可以整合应用到各类场景或者产品。将 GenAI 与其他系统或产品并列对比，其意义有限。

回应 5：

感谢您对附表 S1 和 S2 的重要建议！我们同意现有表格在“类别命名、排列规律”和技术选择和对比方面需要进一步优化。我们已据此做出如下修改：首先，我们将原先表格中的“AI 技术、AI 系统”表述统一调整为 AI 教育应用(系统)，以强调这些应用多数是面向教学与学习过程的系统。第二，对排列顺序首先根据引言部分提到的两种路径进行排列(先嵌入式 AI 后交互式 AI)并依据对学习过程的干预深度与自动化程度从低到高建立了明确的排序逻辑，并在表注中说明排序依据。第三，删除了作为底层技术的 GenAI，并补充“通用型生成式 AI 助手”作为交互式 AI 进行比对，这么做是因为在高等教育里，通用型生成式 AI 助手(例如 DeepSeek、通义千问、豆包等)已经成为学生和教师广泛使用的学习支持工具。（请见第 26、27 页，附录部分，附表 S1、S2，红色字体部分）

审稿人二，意见 6，

挑战与展望部分保留了信息茧房的内容，但并未对信息茧房给出较为充分的定义和说明，也未阐释信息茧房与“协同模式×SRL 阶段”分析框架的关联。如果信息茧房与数据安全是 AI 应用中较为普遍的问题，是否需要在第 4 部分与三种协同模式并列阐述？建议作者再从整体行文的角度进行修订或调整。

回应 6：

非常感谢您的宝贵建议！在本修改稿中，我们深入的思考了您提出的问题和建议，重新审视了行文结构，取消了原有的 4.4 小节，将信息茧房和数据安全融入特定协同模式下的困境与挑战，增加与分析框架的关联，避免逻辑割裂。首先，将“信息茧房”融入 4.1 部分，明确“信息茧房”的定义为算法偏好同质化内容推荐导致学习路径窄化。第二，将“数据安全”融入

4.2 部分, 数据安全从单纯的技术伦理问题, 转化为影响人机协同信任的关键因素。具体如下:

“此外, AI 驱动的个性化推荐虽提升了学习效率, 但也可能造成“信息茧房”: 算法偏好推荐同质化内容, 易导致学习路径窄化, 抑制跨领域思维和创造性问题解决能力的发展(Habib et al., 2024; Zhang & Xu, 2025)。”(请见第 11 页, 4.1 部分第一段, 9-11 行, 红色字体部分)

“最后, 有效的共同决策调节还依赖于学习者对 AI 系统的信任。AI 系统持续采集并分析学习行为数据可能引发隐私和数据安全的担忧, 影响学习者对 AI 的信任, 破坏人机协同的深度, 进而使共同决策流于表面, 无法真正深入到复杂的元认知调节层面(Schilke & Reimann, 2025; Visser et al., 2025)。”(请见第 13 页, 4.2 部分第一段, 12-15 行, 红色字体部分)

感谢您的专业建议!

审稿人二, 意见 7,

阅读过程中还有一些较为细节的修改建议, 简要列举如下。

回应 7:

感谢您对本文的细致审阅, 我们根据您的具体修改建议进一步进行了回应与修改, 具体如下。

(1) 中文摘要第二句话与本文的核心内容关联性不高。而且修改稿作了大幅修改, 摘要修改的幅度与之不匹配。或许可以补充三种人机模式的具体内容?

回应(1):

感谢您对本文摘要部分提出的关键建议! 我们非常认同您的观点, 原摘要中关于第二句的内容确实未能准确反映本文在 AI 时代探讨主体性发展的核心主题, 且摘要未能充分涵盖修改稿中新增的理论框架与核心观点。根据您的建议, 在本修改稿中, 我们对摘要进行了重构, 具体如下:

“自我调节学习(Self-Regulated Learning, SRL)对于学业成功和终身学习至关重要。然而, 如何避免人工智能(Artificial Intelligence, AI)对学习主体性的过度替代, 并在人机交互中实现 SRL 能力的培养, 成为当前研究的核心挑战。本文提出了以主体性为核心的三种人机协同模式, 系统梳理 AI 在 SRL 中的研究现状。分析发现, 支架引导调节虽显著提升效率, 但也可能因过度替代引发依赖与元认知懒惰; 共同决策调节能显化元认知过程, 却面临责任模糊和负荷加重风险, 工具辅助调节利于巩固自主感, 但可能放大能力鸿沟和技术不平等。未来的研究可考虑探讨 AI 与学习主体性的关系和合理运用方式, 结合多模态和脑影像技术揭示 AI 赋能 SRL 背后的心理过程并通过纵向设计探索 AI 支持下 SRL 能力的发展与变化。”

(请见第 1 页, 摘要部分, 1-9 行, 红色字体部分)

感谢您的建议!

(2) 引言的最后一句话(第 2 页)“AI 的快速发展为解决这些问题提供了可能性”, “这些问题”是指 SRL 能力发展, 还是指实时调节学习? 请明确。

回应(2):

感谢您的专业性建议! 文中“这些问题”原意是指前文提到的传统教师指导在“资源限制(难以满足个性化需求)”和“反馈滞后(难以支持实时调节)”这两方面的局限性。我们非常赞同您的观点, 原表述确实存在指代不明的情况。为了使表述更加明确, 本修改稿中将该句修改为: “AI 的快速发展为解决传统指导在促进 SRL 能力发展中的局限提供了可能性。”

(请见第 2 页, 引言部分第一段, 最后一行, 红色字体部分)

(3) 2.2 部分(第 3 页)提到“国内学者从‘复合脑’视角出发……”, 应补充参考文献。“生物脑(内脑)”和“以 AI 为代表的‘外脑’”的标点使用应保持一致。

回应(3):

非常感谢您指出的问题! 在本修改稿中对参考文献进行补充, 并对您提到的标点使用问题进行了修正, 具体如下:

“国内学者从“复合脑”视角出发, 主张学习者的“生物脑(内脑)”和以 AI 为代表的“外脑”共同构成复合脑, 学习与思考不再是个体大脑的封闭加工过程, 而通过持续人机交互形成复合认知系统(韩悦 等, 2024)。”(请见第 3 页, 2.2 部分第一段, 9-10 行, 红色字体部分)

(4) 表 1 最后一行, “过度”应为“过渡”。

回应(4):

感谢您的细致指正! 在本修改稿中已更改为“过渡”。(请见第 5 页, 表 1, 最后一行, 红色字体部分)

(5) 第 3 部分第一句话与引言第一句话重复, 而且第 2 部分已经大量讨论 AI 关联内容, 此处再出现这句话没有必要。建议再对第 3 部分的开篇进行润色。

回应(5):

感谢您的宝贵建议。我们完全同意您的观点, 原开篇句确实存在重复和冗余的问题。为此, 本稿中重新对该部分的开篇进行了润色。以“随着 AI 技术的迭代升级, SRL 的支持环境正经历深刻变革”作为切入点, 直接引出后文关于计算机辅助学习“静态脚本”与 AI 的“动态交互”的对比分析。修改后避免了与前文重复, 又为本部分针对 SRL 具体阶段的分析提供了背景铺垫。(请见第 6 页, 3 部分, 第一段 1 行, 红色字体部分)

(6) 第 8 页,“聊天机器人或大语言模型”这两个概念并列出现似乎暗示两者可以互换? 参考上下文, 此处统一使用“聊天机器人”似乎更加合适?

回应(6):

感谢您的建议! 我们同意原稿中将“聊天机器人”与“大语言模型”并列表述, 可能让读者误以为两者可互换。同时, 我们也承认此处犯了您在意见 5 中提到的问题, 将技术与应用并列呈现, 这是不合适的。因此, 在本修改稿中, 我们已将此处表述统一为“聊天机器人”, 并在需要指明技术基础时改写为“基于大语言模型(Large Language Model, LLM)的 GenAI 助手和教育聊天机器人”, 以避免概念混用。(请见第 8 页, 3.2 部分, 第一段 2 行、第三段 1 行, 红色字体部分)

(7) 3.2 部分总结段落 (第 8 页) 最后一句落脚在设计建议, 与第 3 部分的内容不太协调, 或许可以删除该句。

回应(7):

感谢您的建议。我们非常赞同您的观点, 第 3 部分旨在梳理和分析现有研究, 结尾出现设计建议确实显得突兀且与上下文语境不协调。因此, 本修改稿删除了该段落的最后一句话, 以确保段落逻辑聚焦于对现有研究发现的归纳与分析。(请见第 8 页, 3.2 部分, 第五段)

(8) 3.3 部分总结段落 (第 10 页), 前 2/3 总结了 AI 工具性的三个方面, 后 1/3 转而强调“心理基础”, 具体是指哪些心理基础? 又是怎样得出结论“学习者自身的调节能力与信念”是转型的前提?

回应(8):

非常感谢您的细致指正! 首先, 关于您提到的“心理基础”, 在本修改稿中明确了心理基础是指前文所述的元认知层面的监控与评估能力以及动机信念。第二, 关于您提到的怎样得出结论的问题, 我们完善了逻辑推导过程。补充了由缺乏心理基础导致调节模式退化的反面论证。具体如下:

“相应地, 上述元认知能力与动机信念构成了人机协同中至关重要的心理基础。若缺乏这些心理基础, AI 工具很容易被使用做支架引导调节甚至获取答案的手段。这进一步表明, AI 角色的转换很大程度上依赖于学习者的内在能力, 要实现从 AI 主导到学习者主导的转型, 前提是发展学习者自身的调节能力与学习信念。”(请见第 10 页, 3.3 部分第五段, 5-8 行, 红色字体部分)

谢谢您的专业建议!

(9) 3.4 的小结也提到了“信念”, 我理解“信念”对应 SRL 的动机层面, 可以呼应前文的 SRL

传统理论。如果确实如此，或许作者可以写得更明确一些，便于不太熟悉关联领域的读者也能够建立这一联系。

回应(9):

感谢您的宝贵建议！我们非常认同您的观点，“信念”在 SRL 理论架构中确实属于核心的动机维度。为了帮助读者更清晰地建立这一联系，避免概念混淆，我们根据您的建议，对相关段落进行了以下修改：首先，将表述修改为“动机层面上的自主感与能力信念”。第二，在描述该模式对学习者的要求时，我们将原本表述“信念”修改为“动机水平”，并与“SRL 能力”并列提及，以强调该模式不仅需要认知策略的支持，更需要高水平的动机信念作为支撑。具体如下：

“有利于巩固其动机层面上的自主感与能力信念，但对学习者既有的 SRL 能力与动机水平提出了更高要求。”（请见第 10 页, 3.4 部分第一段, 7-8 行, 红色字体部分）

(10) 4.2 部分的第二段（第 12 页）对“绩效”“成绩”两个词语的使用较为混乱。在学业情境下，建议将 performance 主要译为“成绩”（“即时绩效”可以译为“即时表现”），读起来更加自然。

回应(10):

感谢您对术语一致性的细致建议！在本修改稿中，我们修正了词语使用混乱的问题，并根据您的建议将 performance 译为“绩效”和“成绩”，统一修改为“成绩”以及将“即时绩效”改为“即时表现”。具体如下：

“需要注意的是，AI 辅助学习在短期提升学习成绩上效果显著，但成绩的提高并不等同于 SRL 能力的增强(Yan et al., 2025)。这种成绩提升多依靠外部工具，而非内在 SRL 能力的发展，所获得的知识可能缺乏长期保持和迁移能力，难以构成真正的深度学习。已有元分析表明 AI 能改善学业成绩，但可能仅反映即时的任务成功而非从中学习，一旦移除 AI 辅助，成绩的提高就会减少，表明成绩的提高可能并不反映学习的持续改善(Deng et al., 2024; Darvishi et al., 2024)。从三种协同模式看，部分 AI 系统在设计时仅关注任务完成度和即时表现，将学习者置于支架引导模式，未能根据学习者 SRL 能力动态调整协同模式，也未设计支架渐退机制，导致学习者长期处于 AI 主导状态，无法向共同决策模式和工具辅助模式过渡。因此，AI 辅助学习的关键在于回归学习者主体性：一方面通过元认知支持提升学生在 SRL 过程中的参与和思考(Xu et al., 2025)；另一方面，需要明确 AI 以学生为中心的工具定位，将其融入支持而非替代 SRL 的框架，提供指导而非答案(Sun & Zhou, 2024)。”（请见第 12 页, 4.1 部分第二段, 1-7 行, 红色字体部分）

谢谢您的专业建议！

再次感谢编辑部和审稿专家们对本文提出的建设性意见，这些建议显著提升了本文的理论深度和严谨性。谢谢你们！

作者们
2026 年 1 月