

基于调节学习的多智能体支持的协同论证设计研究

Research on multi-agent assisted collaborative argumentation design based on regulated learning

刘文平¹, 余承珂¹, 马志强¹

¹江南大学 江苏“互联网+教育”研究基地

* liuwenping0103@163.com

【摘要】论证是学生开展协作学习的有效途径,但学生在往往面临缺乏特定专业知识和论证知识,动机和投入度低等调节能力不足的问题。研究基于调节学习理论,设计了融入多智能体支持的协同论证活动,并检验了其对论证地图质量、论证话语模式的影响。研究发现,在论证地图方面,多智能体可以帮助学生搜寻多重证据支持立场,并为协同论证提供稳定的环境。在论证话语模式方面,多智能体可以帮助学生进行知识重组、优化协作流程,促进论证模式从个体论证转变为批判性共建。研究结论对教育多智能体的设计与开发及协作学习活动的开展均有一定参考价值。

【关键词】大语言模型;教育智能体;协同论证;调节学习;生成式人工智能

Abstract: Argumentation is an effective way for students to engage in collaborative learning, but students are often faced with a lack of regulating skills such as a lack of specific expertise and knowledge of argumentation, and low levels of motivation and engagement. Based on regulation learning theory, the study designed a collaborative argumentation activity incorporating the support of large language model agents and examined its effects on the quality of students' argumentation maps and argumentation discourse patterns. It was found that in terms of argumentation maps, large language model agents can help students search for multiple evidence to support claims and can provide a stable environment. In terms of argumentation discourse patterns, large language model agents can help students reorganize their knowledge, optimize the collaborative process, and facilitate the change of argumentation patterns from individual argumentation to critical co-construction. The findings are informative for the design and development of large language model agents in education and the development of collaborative learning activities.

Keywords: large language model, pedagogical agent, collaborative argumentation, regulated learning, generative AI

1.引言

协同论证作为一种社会建构主义学习范式,是指学习者通过观点交锋、证据整合与逻辑重构,最终达成共识的一种学习方法。通过学生之间及时性的反馈与批判性的思考,协同论证有助于学生建立主张与论据之间的联系,促进知识的有效建构。已有研究表明,协同论证可以有效提高个人的论证能力和对复杂学术内容的概念理解,从而促进其高阶思维的发展。

然而,学生在协作交互中面临认知和社会性交互方面的困难。在认知层面,论证知识不足,缺乏特定专业知识等问题,阻碍了学生提出更有说服力的论证观点(Liu等,2019)。此外,学生常因同时处理多维度任务而超出学生工作记忆容量,导致学生认知负荷过高。在社会性交互方面,协作过程中学生之间产生的认知冲突和情绪化困境亟待解决。为了减少与同伴发生冲突或降低社交压力,学习者通常避免对学习伙伴的论点产生反驳,倾向于快速达成共识。此外,学生在协作小组中经常会出现搭便车的行为,处于边缘的学习者难以

参与到论证活动中，群体参与度失衡问题显著。造成学生在任务目标设定、元认知监控与冲突协调等环节表现薄弱的原因之一是由于学生调节能力不足。如果学生调节能力不足，协作学习便很难达到知识建构，学生的论证能力和高阶思维能力也难以得到发展。因此，往往需要教师给予提示或使用其他支持工具来帮助学生监控协作过程，但在传统课堂中教师难以及时为每个学习者提供个性化指导，且费时费力。因此，有必要整合技术工具支持学生的调节学习。

随着生成式人工智能技术的突破，大模型（Large Language Model, LLM）正深度融入教育领域，重塑教学范式。当前，基于 LLM 的教育智能体在情绪与动机调节、实时学习干预及协作学习优化等方面展现出显著潜力(徐振国等, 2021)，为协同论证的智能化支持提供了新路径。然而，单智能体在协同论证场景下面临多重瓶颈，由于认知视角单一，角色固定等问题难以满足教育需求(Li 等, 2024)。首先，在技术层面，单智能体在处理复杂推理问题时经常表现出逻辑推理能力不足，导致论证链断裂等问题，且由于垂直领域知识缺失而易引发“幻觉”现象。其次，在社会交互层面，单智能体的静态反馈机制难以适配动态需求(T. Guo 等, 2024)，其薄弱的情感共情能力可能阻碍学生进行社会性调节，进一步可能导致学生论证深度受限，甚至误导学生，造成社会协作能力退化(翟雪松等, 2024)。

基于此，大模型驱动的教育多智能体系统 (Multi-Agent System, MAS)应运而生，为解决上述问题提供了思路。教育多智能体是由多个智能体组成的协同系统，其核心在于通过多个智能体的协作的分布式协作突破单一智能体的限制，以此解决复杂问题。与单一智能体不同，多智能体系统强调智能体间的交互、协同与任务管理，具有多角色协调、分布式决策、动态适应性等特性(刘石奇等, 2025)，其核心优势可以总结为以下几点：首先，模块化架构允许按需动态调整智能体的组合方式和互动策略。其次，基于强化学习的协作机制可提升对复杂问题的响应与推理，网状的工作流更好满足处理复杂问题的多重需求，具有较强适应性。第三，多个智能体互动对话模拟了真实社交情景，有助于学生提交社交感知力。已有研究证明了多智能体系统在促进协作学习场景中的应用(翟雪松等, 2024; S. Guo 等, 2024)。

然而，当前鲜有研究提出如何设计多智能体的角色和介入环节来支持学生在协同论证中的调节学习，探讨多智能体在协同论证中的作用和机制。因此，本研究结合生成式 AI 支持学习与认知发展的指导框架(Tseng & Warschauer, 2023)和知识整合框架(Linn & Eylon, 2011)，提出多智能体支持的协同论证框架。此外，研究基于调节学习的认知性和社会性调节两个维度设计多智能体系统，并探讨该多智能体系统对协同论证的影响。研究问题如下：

相较于传统生成式 AI 支持的协同论证，融入认知性和社会性调节策略的多智能体对学生论证结果的质量有何影响？

相较于传统生成式 AI 支持的协同论证，融入认知性和社会性调节策略的多智能体对学生的论证话语模式有何影响？

2. 研究方法

2.1. 研究对象

本研究选取华东地区某高校的研究生一年级学生作为研究对象，在研究生必修课《信息化教育理论与实践》中进行，共有 49 名学生参与。该课程由一名在信息教育研究领域有超过 10 年教学经验的教授教授。在学习活动中，学生被随机分为 11 组（每组 4-5 人），

22 名学生为对照组, 27 名学生为认知性+社会性调节的多智能体组。在实验前两组学生都填写了有关科学论证性的调查问卷, 并对两组的论证倾向进行正态性检验 (Shapiro-Wilk, $p > 0.05$) 和方差齐性检验 ($p = 0.075 > 0.05$)。接着, 独立样本 t 检验结果显示两组前测得分无显著差异 ($t = 1.148, p = 0.258 > 0.05$)。

2.2. 研究设计

本研究基于 Coze 平台开发了协同论证辅助工具, 从认知调节层次和社会调节层次构建了六个基本智能体。Coze 平台 (<https://www.coze.cn/>) 可以通过低代码、可视化搭建智能体, 技术门槛较低, 便于研究者开发多角色的多智能体。如表 1 为六种智能体的作用及反馈示例。

表 1 多智能体角色及反馈示例

定制策略类型	智能体角色	示例
认知层次	论证辅助智能体: 引导学生依据论证主题逐步思考。	“在开始讨论之前, 我想先了解一下你的观点或主张是关于什么的呢?”
	思维发散智能体: 针对学生的论证主张, 引导学生多角度思考。	“我们先来探讨你的论点, 并逐步分析。现在, 让我们来考虑一些可能的思路……”
	观点整合智能体: 依托论证模型辅助学习者优化论证要素。	“很好, 你已经成功地将论证的各个部分区分开来。现在, 让我们进一步完善”
社会层次	规划智能体: 引导学生规划协同论证目标和任务	“开展有效的小组论证, 需要大家共同合作, 下面我会引导你如何进行……”
	情绪调节智能体: 通过鼓励性引导激发学生论证动机	“每个人都可以用‘我同意/补充/好奇……’的句式表达意见, 别担心不完美, 论证本就是共同完善的过程!”
	冲突调节智能体: 弱化在论证过程中学习者由于认知冲突而惧怕提出反驳。	“应对小组论证中的反对意见是一个重要的环节, 有助于深化讨论和提高论证。下面是一些应对反对意见的策略……”

本研究设计为期 6 周的准实验研究, 以评估基于调节学习的多智能体对学习者的协同论证质量、论证话语模式的影响。研究主要进行两轮论证, 每轮论证均设计一个与教育学相关的社会性议题, 第一轮论证话题为“你认为人类智慧和人工智能是竞争还是合作关系?”, 第二轮为“你认为生成式人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 更应用于促进高效短知识技能学习还是批判性与创造性思考?” 研究将协同论证活动分为如下四个阶段, 如图 1。

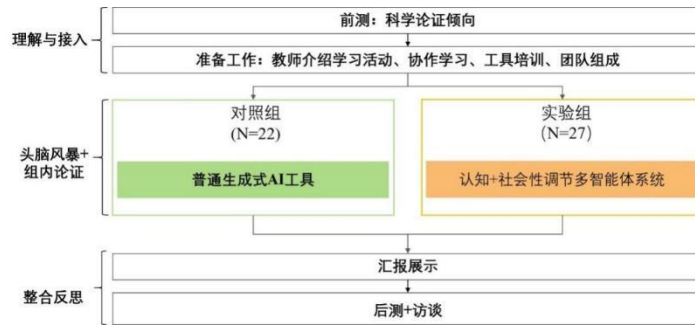


图 1 实验流程图

- (1) 理解与接入：在活动启动前，教师介绍协同论证的活动流程和在线协作平台（奇点协作通）的使用方法并对学习者进行论证和多智能体工具使用的培训。
- (2) 头脑风暴：教师阐述论证主题并指导学生进行学习活动。实验组使用认知与社会叠加的智能体，控制组不对生成式 AI 进行定制。小组成员需要各自查找与论证主题相关的数据与资料，并发布到小组的微信群中，为后续的论证活动提供证据支持。
- (3) 组内论证：小组成员根据所收集的资料，结合自己的现有知识发散思维、阐述观点，并对同伴和多智能体的观点进行评估、追问和解释。学生在该过程中被要求应该谨慎判断多智能体响应内容的来源与质量，通过比较多个数据源来验证内容的准确性。
- (4) 整合与反思阶段：小组成员使用在线协作白板工具，以论证地图的形式将协同论证活动的结果进行可视化展示。在下次课上，每组进行汇报展示，随后小组成员对活动过程进行反思，进一步理解多智能体在支持协同论证方面的优势与缺陷。

2.3. 研究工具

为评价学习者绘制的论证地图质量，本研究采用了 Cho K-L 等研究提出的论证地图评价指标评分，以此统计论证地图的数量和复杂度(Cho & Jonassen, 2002)。该评价指标基于图尔敏论证模式编制，从主张、数据和资料、理由、支持、反驳五个维度进行评分，每个维度被划分为 0 分、2 分、4 分、6 分四个层次。两位研究者认真学习论证地图评分工具的评分规则之后，随机抽取 30% 的数据进行独立编码，编码的 Kappa 系数为 0.652，接着研究者针对编码中存在的异议进行了协商，并在协商统一后完成了剩余的编码。

为评价学习者的论证话语模式，研究使用论证话语编码方面框架来分析论证对话的认知属性与社会属性，编码框架改编自(Y.-C. Chen 等, 2016; Su 等, 2021)。其中认知属性包含主张、证据、推理、反驳四个维度，每个维度下包含低与高两个层级。社会性维度包含提出论点、解释论点、支持他人观点等 8 个维度，编码框架如表所示。编码者在结构性认知属性的 Kappa 系数为 0.709，社会性交互属性的 Kappa 系数为 0.727，一致性较强。

表 2 论证话语编码方面框架

论证维度	要素	层级	编码	描述	论证维度	要素	编码	描述
认知维度	主张 (C)	提取	CE	复述其他论证主体的主张，或简单主张	社会性维度	提出	P	提出自己的论点
		界定	CD	深入分析理由去支持自己的主张		解释	E	解释、拓展自己的论点
	证据 (E)	描述	ED	对证据进行大概的描述且缺乏引用来源		支持	SP	支持他人的论点

理由 (R)	拓展	EE	对所引用的证据进行 细致描述	挑战	C	指出他人论点的 不足	
	证实	RI	简单识别证据与主张 之间的联系	证实	CK	检查证据的有效 性与可信度	
	拓展	RE	有力地证据推论到 结论	辩护	D	说服他人接受自 己的论点	
	反论点 (CA)	反驳	CA R	直接提出反面论点	整合	I	将不同的论点整 合为新的论点
		拓展	CAE	运用支持反面论点的 证据进行详细论证			

2.4. 数据搜集与分析

在论证地图的数据收集与分析方面，研究期间共收集了 22 份论证地图。接着，研究者对每轮论证地图的两个条件组的论证要素数量和质量进行打分，并在两轮活动结束后，计算每个条件组每类要素数量和质量平均值，最后得出每个条件组论证地图数量和质量的两轮平均值。编码完成后，利用 Shapiro-Wilk 检验对每个条件组的论证要素的数量与质量进行正态分布检验，结果显示所有组数据的 p 值均大于 0.05，符合正态分布假设。接着，进一步采用独立样本 t 检验比较两组论证要素数量和复杂度的差异。

在论证话语模式方面，研究搜集了学生在微信中的论证记录，共计 947 条话语，每个对话框中元素相互关联，且每条对话较为复杂，包含多个论证要素，体现了学生对论点的完整论证，对话之间的时序性明显，因此每个对话框被视为一个独立的编码单元。在确定上述内容后，由两位研究者进行独立编码，并在消除异议完成了后续数据的编码。最后，研究者用 ONA 分析工具 (<https://app.epistemicnetwork.org/>) 进行了有序网络分析。在 ONA 图谱中，每个编码元素以节点形式呈现，节点间连线代表编码要素间的关系。节点大小和饱和反映要素的自连接频率，节点的外半径反映了与其他要素的连接频率，节点间连线箭头所指的方向代表了节点的响应方向。ONA 可以通过编码要素共现的比例生成网络图谱，进一步揭示编码元素之间的关系。

3. 实验结果

3.1. 论证地图要素数量和质量

在论证地图要素的数量方面，独立样本 t 检验分析结果显示，在数据和资料 ($t=5.344, p=0.03 < 0.05$) 上有显著差异，其他论证要素的均值实验组均大于对照组，但无显著差异。在论证地图要素的质量方面，独立样本 t 检验结果显示，在数据和资料 ($t=8.247, p=0.000 < 0.01$) 和总要素质量 ($t=3.057, p=0.028 < 0.05$) 上有显著差异，其他论证要素质量方面实验组均大于对照组，但无显著差异。

表 3 论证要素数量的独立样本 t 检验分析结果

分析项	项	样本量	平均值	标准差	t	p
论点数量	实验组	6	3.58	2.92	1.244	0.245
	对照组	5	1.9	0.74		
论点质量	实验组	6	5.92	0.2	0.576	0.579
	对照组	5	5.8	0.45		
数据和资料数量	实验组	6	18.92	10.06	2.841	0.030*

	对照组	5	6.7	2.86		
数据和资料质量	实验组	6	5.54	0.24	8.247	0.000**
	对照组	5	4.29	0.26		
理由数量	实验组	6	19.5	14.39	2.179	0.074
	对照组	5	6.2	3.68		
理由质量	实验组	6	5.53	0.4	2.115	0.064
	对照组	5	4.53	1.08		
支持数量	实验组	6	15.83	8.08	1.938	0.085
	对照组	5	7.8	4.87		
支持质量	实验组	6	5.31	0.44	2.068	0.069
	对照组	5	4.73	0.48		
反驳数量	实验组	6	7.08	4.79	0.72	0.49
	对照组	5	5.3	2.99		
反驳质量	实验组	6	4.32	1.22	0.737	0.48
	对照组	5	3.77	1.21		
总要素数量	实验组	6	64.92	38.15	2.221	0.065
	对照组	5	27.9	13.29		
总要素质量	实验组	6	26.61	0.94	3.057	0.028*
	对照组	5	23.12	2.4		

* p<0.05 ** p<0.01

3.2. 有序网络分析

如图 2 为两组论证对话中的结构性认知特征网络图及两组网络图的叠减图。在对照组中，CD、CAR、ED 节点较大，形成了 CD→ED→CAR 的连接。在实验组中，CD、ED、RE、EE 节点较大，响应更多，形成了 CD→ED→RE→EE 的循环，表示小组成员提出主张后，能进行由浅入深的推理并且能进一步给出高阶的论据。在叠减图中可以看到，对照组从低水平主张到低水平推理再到高水平主张的联系更强（CE→CD→CAR），这说明对照组在提出主张后，进一步引起组员对其主张的深入阐释，接着组员之间倾向于直接提出反驳。实验组在证据、理由、反驳之间都有更多的联系（ED→RE→CAR，CAE→RE）。这表明，与对照组相比，实验组更擅长在给出论据并说明理由之后使用论据从反面进行论证。



图 2 对照组（左）和实验组（中）结构性认知特征网络图及两组网络图的叠减图（右）

如图 3 为两组论证对话中的社会性交互特征网络图及两组网络图的叠减图。对照组以 P→E 模式为主，说明小组成员倾向于在指出观点后进行进一步的阐释。实验组在 P→C→E 的连接较强，说明实验组小组在提出论点后，其他成员倾向于先提出反驳再进一步使用

论据证实论点。叠减图显示，对照组在 $P \rightarrow E \rightarrow D$ 连接更强，说明对照组倾向于提出主张，使用论据说明主张，并说服其他成员接受主张。实验组在 $C \rightarrow E \rightarrow P$ 表现更强，说明实验组成员善于指出他人论点的不足，并进一步使用证据佐证，最后提出自己的观点。此外，从这些模式中可以看出，基于调节学习的多智能体在协同论证活动中改变了论证的互动模式。控制组倾向于个体论证，而实验组的互动模式表明，小组成员的批判性思维更强，更加善于利用反驳，倾向于批判性集体论证。

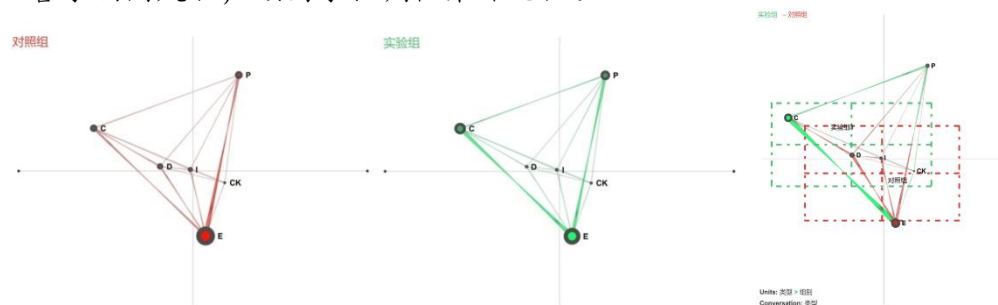


图3 对照组（左）和实验组（中）社会性交互特征网络图及两组网络图的叠减图（右）

4. 讨论及启示

4.1. 讨论

首先，在论证结果方面，融入协同调节策略的多智能体可以提升论证质量。具体来说，叠加认知和社会性调节策略的多智能体支持的小组所绘制的论证地图中，数据和资料要素的数量和质量以及总要素质量显著高于对照组。这说明，认知维度多智能体在论证时能够激发学生思考，帮助学生筛选出与主张相关的可靠资料并将其整合到论证地图 (Darmawansah 等, 2025)。这一发现与之前的研究一致，印证了智能体在提升学生论证深度的作用 (Lee 等, 2024; Su 等, 2023)。此外，社会维度多智能体为协同论证提供了稳定的协作环境，间接学习者在不同交互层次的认知调节 (吴林静等, 2024)，这使得实验组总要素质量显著大于对照组。

其次，在论证话语模式方面，基于调节学习的多智能体能够将论证模式由个体论证转向集体思辨论证。在结构性认知方面，多智能体能够激发学生阐释更多的论点，增加学生提出反驳的数量，提升批判性思维 (X. Chen 等, 2025)。具体来说，控制组在成员提出高阶主张后仅通过低阶证据简单支撑，随即触发直接反驳，说明控制组仅以个人论证为主，且陷入对抗式辩论的困境。实验组的模式强调在提出主张后，通过多级逻辑推演从高阶证据补充深化主张，更擅长在推理后使用反面论证。研究表明，反驳可以促进共识的形成，通过质疑与反驳对方的观点，小组可以探索不同的解决方案，最终达成一个更加辩证的结论 (Berland & Lee, 2012)。在社会性交互方面，控制组在提出主张后进行自我解释，并说服其他成员接受自己的主张，而实验组的 $C \rightarrow E \rightarrow P$ 模式则通过冲突促进小组成员使用论据进一步证实，强调以论据说服对方。这说明基于调节学习的智能体能够，推动学生从单向推理转向辩论性修正，形成更稳定的知识建构模式 (吴林静等, 2024)。

4.2. 研究启示

本研究的发现对于后续将多智能体介入到协作学习活动中具有重要意义。首先，本研究提出了基于调节学习理论的多智能体设计框架，并证实了在协作学习中融入多智能体支持学生调节的可行性。本研究在理论层面突破了单一维度调节的局限性，指出基于认知和社会性调节的多智能体可以支持学生论证，并让学生和教师从中获益，这极大地改善了

学生论证的质量并有效解决了教师提供支持不足的情况。第二,本研究证实了教师通过介入多智能体改善学生会话行为模式的可能性,多智能体可以引导学生从对竞争性说服向建构性对话转变,这有助于学生批判性思维、合作能力的提升,同时有助于协作知识的建构。第三,本研究发现多智能体的介入效果高度依赖提示语的有效性,未来的设计应结合提示语的设计提升多智能体反馈的质量。

4.1. 研究不足与展望

研究同样存在一定不足,首先,本研究人机互动仅基于文本对话数据,未能整合多模态信息,未来的研究可以通过设计多模态多智能体进一步探究人机协同的机制。第二,本研究实验周期较短,未能观测调节策略的长期效应,且实验对象均为教育学背景,实验对象范围较小,需要进一步验证扩展到其他学科的可能性。最后,未来研究需要引入多模态的数据进一步分析,同时学生与多智能体的对话也应纳入分析数据中,以此更为全面地评估多智能体对协作学习的影响,并探索人机互动模式。

参考文献

- 翟雪松,季爽,焦丽珍,朱强,&王丽英.(2024).基于多智能体的人机协同解决复杂学习问题实证研究.开放教育研究,30(3),63-73. <https://doi.org/10.13966/j.cnki.kfjyyj.2024.03.007>
- 刘石奇,刘智,段会敏,粟柱,&彭晔.(2025).大模型驱动的教育多智能体系统应用研究——技术架构、发展现状、实践路径与未来展望.远程教育杂志,43(1),33-45. <https://doi.org/10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2025.01.004>
- 吴林静,陈梦凡,高喻,徐静,&刘清堂.(2024).面向调节学习支持的智能教学代理设计与实证研究.电化教育研究,45(11),53-60. <https://doi.org/10.13811/j.cnki.eer.2024.11.008>
- 徐振国,刘志,党同桐,&孔玺.(2021).教育智能体的发展历程、应用现状与未来展望.电化教育研究,42(11),20-26,33. <https://doi.org/10.13811/j.cnki.eer.2021.11.003>
- Berland, L. K., & Lee, V. R. (2012). In Pursuit of Consensus: Disagreement and legitimization during small-group argumentation. *International Journal of Science Education*, 34(12), 1857-1882. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.645086>
- Chen, X., Jia, B., Peng, X., Zhao, H., Yao, J., Wang, Z., & Zhu, S. (2025). Effects of ChatGPT and argument map(AM)-supported online argumentation on college students' critical thinking skills and perceptions. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13471-2>
- Chen, Y.-C., Park, S., & Hand, B. (2016). Examining the Use of Talk and Writing for Students' Development of Scientific Conceptual Knowledge Through Constructing and Critiquing Arguments. *Cognition and Instruction*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07370008.2016.1145120>
- Cho, K.-L., & Jonassen, D. H. (2002). The effects of argumentation scaffolds on argumentation and problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 5-22. <https://doi.org/10.1007/BF02505022>
- Darmawansah, D., Rachman, D., Febiyani, F., & Hwang, G.-J. (2025). ChatGPT-supported collaborative argumentation: Integrating collaboration script and argument mapping to enhance EFL students' argumentation skills. *Education and Information Technologies*, 30(3), 3803-3827. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12986-4>
- Guo, S., Latif, E., Zhou, Y., Huang, X., & Zhai, X. (2024). *Using Generative AI and Multi-Agents to Provide Automatic Feedback* (No. arXiv:2411.07407; 版 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.07407>

- Guo, T., Chen, X., Wang, Y., Chang, R., Pei, S., Chawla, N. V., Wiest, O., & Zhang, X. (2024). *Large Language Model based Multi-Agents: A Survey of Progress and Challenges* (No. arXiv:2402.01680). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.01680>
- Lee, U., Jeong, Y., Koh, J., Byun, G., Lee, Y., Hwang, Y., Kim, H., & Lim, C. (2024). Can ChatGPT be a debate partner? Developing ChatGPT-based application “DEBO” for debate education, findings and limitations. *Educational Technology & Society*, 27(2), 321–346.
- Li, Z., Jiang, G., Xie, H., Song, L., Lian, D., & Wei, Y. (2024). *Understanding and Patching Compositional Reasoning in LLMs* (No. arXiv:2402.14328). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.14328>
- Linn, M. C., & Eylon, B.-S. (2011). *Science Learning and Instruction: Taking Advantage of Technology to Promote Knowledge Integration*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203806524>
- Liu, Q.-T., Liu, B.-W., & Lin, Y.-R. (2019). The influence of prior knowledge and collaborative online learning environment on students’ argumentation in descriptive and theoretical scientific concept. *International Journal of Science Education*, 41(2), 165–187. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1545100>
- Su, Y., Lin, Y., & Lai, C. (2023). Collaborating with ChatGPT in argumentative writing classrooms. *Assessing Writing*, 57, 100752. <https://doi.org/10.1016/j.asw.2023.100752>
- Su, Y., Liu, K., Lai, C., & Jin, T. (2021). The progression of collaborative argumentation among English learners: A qualitative study. *System*, 98, 102471. <https://doi.org/10.1016/j.system.2021.102471>
- Tseng, W., & Warschauer, M. (2023). AI-writing tools in education: If you can’t beat them, join them. *Journal of China Computer-Assisted Language Learning*, 3(2), 258–262. <https://doi.org/10.1515/jccall-2023-0008>