

人机协同学习中哪些因素影响高阶思维能力的发展？——基于模糊集质性比较分析发现

Which Factors Influence the Development of Higher-Order Thinking Skills in Human-AI Collaborative Learning?

— Findings from a Fuzzy-Set Qualitative Comparative Analysis

刘桓秀¹, 贺玮¹, 王怡凡¹, 冯悦¹

¹ 华南师范大学 教育信息技术学院

*hhewei@m.scnu.edu.cn

【摘要】 GenAI 快速发展使人机协同学习成为培育高阶思维的重要途径。研究基于社会认知理论构建了个人、行为及环境分析框架，运用 fsQCA 分析 45 名高中生的量表及对话数据，探究人机协同学习中影响其高阶思维能力的关键因素及组态效应。研究发现，单因素不构成高阶思维发展的必要条件；驱动高阶思维发展的路径为各因素协同驱动的“协同增效型”与以生-机交互补偿个人变量不足的“技术补偿型”；学习策略或生机交互缺失是抑制思维进阶的瓶颈。研究建议学习应由“单因素最优”转向“组态思维”，以生-机交互为主线差异化赋能，将核心变量转化为可操作的活动。

【关键词】 人机协同学习；高阶思维能力；智能体；质性比较分析

Abstract: The rapid development of GenAI has made human-ai collaborative learning an important pathway for cultivating higher-order thinking skills. This study, based on social cognitive theory, constructed an analytical framework encompassing the individual, behavior, and environment. Using the fsQCA, it analyzed the scales and dialogue data of 45 high school students to explore the key factors and configuration effects influencing their higher-order thinking abilities in human-computer collaborative learning. The study found that a single factor does not constitute a necessary condition for the development of higher-order thinking skills; paths driving the development of higher-order thinking are the "synergistic enhancement type" driven by the synergy of various factors and the "technology compensation type" that compensates for insufficient individual variables through human-computer interaction; the lack of learning strategies or human-ai interaction is a bottleneck inhibiting the advancement of thinking skills. The study suggests that learning should shift from "single-factor optimization" to "configuration thinking," using the interaction between organisms and machines as the main thread to differentiate and empower, and transforming core variables into actionable activities.

Keywords: human-ai collaborative learning, higher-order thinking skills, agent, qualitative comparative analysis

1. 引言

随着生成式人工智能（Generative Artificial Intelligence, GenAI）快速渗透教育领域，其强大的交互性、适应性、创造性使得人机协同学习焕发新活力。学生通过人机之间的共同感知、

分析和决策实现人机协同支持的个性化、自适应学习，两类学习主体以优势互补的方式促进学生智慧和机器智能的共同提升（王一岩等，2024）。GenAI 的突破，催生了具备感知、记忆、规划与行动能力的智能体，助力高阶思维培养。一方面，承接资料检索、信息提取及图表生成等低阶任务，释放学生的认知负荷，使其能够聚焦更高阶的认知活动；另一方面，提供多元观点与学生深度对话，通过逻辑质疑与引导反馈，诱发其认知冲突并拓展思维深度。

尽管智能体在技术上展现出显著赋能潜力，但高阶思维提升并非技术介入的自然结果，而是多重因素交织作用的产物。为揭示这一过程的内在机理，需识别在人机协同学习中，哪些关键性因素会影响高中生的高阶思维，以及影响因素之间的相互作用和组态效应。

2. 变量确定

2.1 分析框架

社会认知理论中三元交互理论认为个人、行为和环境是彼此交互作用的，为研究人机协同学习中影响学生高阶思维的因素提供了理论依据。其强调多重因素协同作用对学习结果的影响，与 fsQCA 所关注的“多条件组态致效”逻辑具有内在一致性。基于此，研究提出了图 1 的分析框架，将个人、行为和环境作为前因变量，高阶思维作为结果变量。

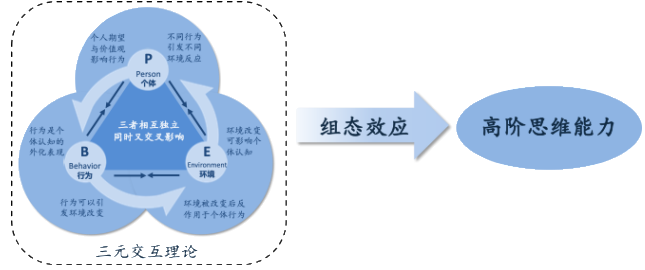


图 2 影响因素分析框架

2.2 前因变量的确定

遵循三元交互理论，研究将前因变量划分为三个维度：个人变量、行为变量、环境变量。

2.2.1 个人变量

个人变量是指学生自身所具备的、相对稳定的内在特质与认知基础，它是人机协同学习的起点，直接影响学生与教育智能体交互的深度与模式。参考陆凯莉（2021）的研究，研究将个人变量分为学习动机和学习策略。

学习动机（Learning Motivation, LM）旨在鼓励个体行动，在学习中实现目标、需要或期望等（Gopalan, et al., 2017）。Liu 等（2024）发现，智能课堂中的学习动机直接影响高阶思维。研究中的学习动机指学生在人机协同学习中为实现目标、需求或期望而行动的驱动力。

学习策略（Learning Strategy, LS）指一系列能够促进信息获取、存储、使用的过程和步骤（Dansereau, 1985），包括浅层策略、深加工策略和元认知策略。Gong 等（2020）研究发现学习策略直接影响创造力、批判性思维和解决问题的能力。研究中的学习策略是学生与教育智能体为共同优化学习过程、提升学习成效而采取的协同性、动态化、可迭代行动方案。

2.2.2 行为变量

同伴互动（Peer Interaction, PI）提高了学生间的互动价值，是高阶思维的重要影响因素。人机协同学习中，同伴可以是类人的教育智能体。因此，研究的行为变量指学生与同伴协同学习中所表现出的、可观测的交互行为。

2.2.3 环境变量

研究中学生所处的直接学习环境是教育智能体，因而环境变量特指教育智能体。技术接受度模型中的感知有用性和感知易用性是显著影响个人在利用技术时的行为意图的关键因素

(Davis, 1989)。Huang 等 (2021) 探讨了高中生对智能体的接受度, 验证了感知有用性和感知易用性都对学生使用智能体的行为意图有积极影响。因此, 研究采用这两个核心维度来衡量学生对于教育智能体这一关键环境因素的接受度, 以此表征环境变量对学习过程的影响。

2.3 结果变量的确定

研究的结果变量是高阶思维。考虑到布鲁姆教育目标分类对教学和评价实践的影响力, 研究参考汪茂华 (2018) 和杨翊 (2018) 的研究, 采用布鲁姆教育目标分类的能力来确立高阶思维的要素, 包括理解、应用、分析、评价和创造。

3. 数据赋值与变量校准

3.1 数据赋值

实验在 X 市一所高中信息科技课堂开展, 每台学生终端配备了对话型智能体以支持“生-机”对话。时间为 2024 年 11-12 月, 对象为高一 48 名学生, 年龄 15 岁左右, 已具备基本技术应用能力与自主学习经验, 被随机分为 12 个学习小组, 每组 4 人, 前测学业水平大致均衡。

研究围绕“人工智能教育应用”主题开展持续四周的人机协同对话, 每周 1 课时。在第四周录制全部“生-生”和“生-机”对话数据, 各获得有效对话记录 45 份; 在第五周发放“人机协同环境下高阶思维影响因素调查问卷”, 包括学习动机、学习测量、智能体接受度、高阶思维四个量表, 共收集有效问卷 45 份。使用 SPSS 26.0 软件对问卷进行信度检验, Cronbach’s Alpha 系数结果显示: 总量表为 0.87, 学习动机分量表为 0.86、学习策略分量表为 0.82、智能体接受度分量表为 0.88、高阶思维分量表为 0.85, 问卷内部一致性信度良好, 见表 1。

表 1 数据来源和赋值

变量类型	变量类型	变量名称	数据来源	变量名称
前因变量	个人变量	学习动机 (LM)	问卷数据	参考王超和顾小清 (2022) 量表, 共 5 个题项, 取均值作为学习动机分数。
		学习策略 (LS)		参考蒋京川 (2004) 量表, 包括浅层策略、深加工策略、元认知策略三个维度, 共 13 个题项, 取均值作为学习动机分数。
	行为变量	“生-机”交互 (SAI)	对话数据	参考孙妍妍等 (2025) 框架编码, 对各交互行为赋值, 有为 1, 否则为 0, 取赋值总分作为交互分数。
		“生-生”交互 (SSI)		
结果变量	环境变量	教育智能体接受度 (AA)	问卷数据	参考 Huang 等 (2021) 研究, 包括感知有用性、感知易用性两维度, 共 6 个题项, 取均值作为智能体接受度分数。
	结果变量	高阶思维 (HOTS)	问卷数据	参考汪茂华 (2018) 问卷, 包括理解、应用、分析、评价、创造五维度, 共 20 个题项, 取均值作为高阶思维分数。

3.1.1 前因变量数据赋值

3.1.1.1 个人变量数据赋值

个人变量数据通过问卷进行收集，学习动机和学习策略取值均为该维度下所有题项得分的算术平均值。王超和顾小清（2022）基于龙成志和刘智梅（2016）的学习动机量表增加“在线学习”相关题项。因此，研究在此量表增加“人机协同学习”相关题项。学习策略部分参考蒋京川（2004）针对中学生开发的学习策略量表，并增加“人机协同学习”相关题项。

3.1.1.2 行为变量数据赋值

行为变量数据通过录音软件和问卷收集，对对话数据进行内容分析赋值。首先，利用录音软件收集第四节课的“生-生”对话数据。其次，参考孙妍妍等（2025）关于 GenAI 支持下小组互动行为分析框架。将交互行为分为“生-机”交互（Student-Agent Interaction, SAI）和“生-生”交互（Student-Student Interaction, SSI）。“生-机”交互指学生与教育智能体间的信息交换与协同，包括探索式提问、优化提问和信息综合等行为。“生-生”交互指学生间的协作与交流，包括任务理解、整合交流、发起讨论等行为。然后，由两位研究者按照表 2 的框架编码。最后，将每个维度的赋值相加，总分越高则表明互动具有更高的质量。

3.1.1.3 环境变量数据赋值

环境变量数据采用问卷获取。研究将教育智能体接受度作为环境变量，反映学生在真实人机协同学习中对教育智能体的整体态度与使用意愿。研究参考 Huang 等（2021）关于基于智能体的智能导师接受度测量量表，结合教育智能体形态与课堂应用情境进行适配性改编。

表 2 行为变量数据编码框架

一级交互行为	二级交互行为	属性	编码	描述
“生-机”交互	探索式提问	是/否	1/0	学生通过初步尝试和逻辑推理，利用智能体探索问题。
	优化提问	是/否	1/0	学生对已有问题进行改进、迭代或预设目标，以获取更精准的回答。
	信息综合	是/否	1/0	学生对智能体的反馈进行评价、整合与调整，形成更系统的理解。
“生-生”交互	任务理解	是/否	1/0	学生对任务目标进行分析与解读。
	整合交流	是/否	1/0	学生围绕任务主题进行交流与观点整合。
	发起讨论	是/否	1/0	学生主动向其他学生进行讨论。

3.1.2 结果变量数据赋值

结果变量数据通过问卷收集。研究参考汪茂华（2018）的高阶思维问卷维度和测量题项，并增加“人机协同学习”这一背景。

3.2 变量校准

结合研究数据特征与操作可复核性要求，采用直接校准法对 5 个前因变量以及 1 个结果变量进行校准。将各变量的完全隶属点、交叉点、完全不隶属点的锚点分别设定为 95%、50% 和 5%，将 6 个变量输入 fsQCA 4.0 软件，通过函数 Calibrate(x,n1,n2,n3)完成校准转换，其中 x 为原始变量名，n1 为完全隶属值，n2 为中间点，n3 为完全不隶属值。校准后的变量依次命名为：LM_f、LS_f、SSI_f、SAI_f、AA_f、HOTS_f。各变量的校准锚点和公式如表 3。

表 3 变量校准锚点和公式

变量类型	变量	校准			校准公式
		完全隶属	交叉点 0.5	完全不隶属	

		0.95		0.05	
前因变量	学习动机	3.60	3.00	2.20	calibrate(LM_f,3.6,3,2.2)
	学习策略	3.28	2.73	2.02	calibrate(LS_f,3.28,2.73,2.02)
	“生-机”交互	3	2	0	calibrate(SAI_f,3,2,0)
	“生-生”交互	3	2	1	calibrate(SSi_f,3,2,1)
	智能体接受度	4.33	3.75	2.89	calibrate(AA_f,4.33,3.75,2.89)
结果变量	高阶思维	3.68	3.20	2.81	calibrate(HOTS_f,3.68,3.2,2.81)

4. 结果分析

4.1 单变量必要性分析

fsQCA 的必要性条件判断包含一致性与覆盖率：一致性衡量“结果集合是否被条件集合所包含”的程度，即在多大程度上满足“所有出现结果的案例都同时具备该条件”；覆盖率衡量该必要条件对结果的经验解释范围，反映该条件对结果的相关性与代表性，避免出现“虽然一致性很高但覆盖很低”的琐碎必要条件。当覆盖率达 0.7 以上时，条件变量的一致性超过 0.9，为必要条件。同时，研究不仅检验各前因条件本身，也同步检验其逻辑非（以“~”表示），避免“缺失某条件”成为结果的必要前提而被遗漏。表 4 显示一致性全部小于 0.9，表明前因变量不单独作为结果变量的必要条件，后续需要对所有前因变量进行充分性检验。

表 4 单变量必要性分析结果

前因变量	结果变量			
	HOTS		~HOTS	
	一致性	覆盖度	一致性	覆盖度
LM	0.619	0.612	0.617	0.665
~LM	0.660	0.612	0.639	0.647
LS	0.592	0.574	0.649	0.687
~LS	0.677	0.638	0.598	0.615
SAI	0.791	0.611	0.788	0.663
~SAI	0.564	0.709	0.538	0.738
SSI	0.653	0.642	0.604	0.649
~SSI	0.643	0.598	0.667	0.677
AA	0.697	0.657	0.556	0.573
~AA	0.547	0.531	0.667	0.706

4.2 多变量组态分析

4.2.1 真值表构建

在正式进行条件组态的充分性分析前，需构建真值表，即将样本案例根据存在的条件变量的特定组合进行分类汇总。按照定性比较分析原理，如果存在 n 个条件变量，那么理论上能够形成 2ⁿ 种不一样的条件组态。研究有 5 个前因变量，理论上可能形成 2⁵=32 种条件组态。

4.2.2 组态分析

分析真值表会得到复杂解、中间解与简单解。尽管复杂解涵括了可能促成结果的所有条件组态，但解释极为复杂，可能导致一些组态在实际中难以验证或缺乏代表性。因此，研究中常以中间解为主，辅以简单解。条件的“存在/缺失”用符号标注：核心条件是同时出现在简

单解和中间解的条件变量 (●)；边缘条件是只在中间解出现的条件变量 (◐)；核心条件缺失 (⊗)；边缘条件缺失 (⊗)；若某条件变量出现与否并不对结果产生影响，用空白表示。

条件组态表里的总体一致性体现的是条件组态集合作为结果集合子集时的匹配程度，一般其数值要大于或等于 0.8。原始覆盖度指某一个条件组态在所有条件组态当中所占的比例，唯一覆盖度指仅仅能依靠某一条路径来解释的案例在所有案例里的占比，总体覆盖度表示所有条件组态所对应的案例在全部案例中的占比。结果如表 6，共识别出 2 条导致高阶思维 (HOTS) 的组态路径，总体一致性为 0.834，总体覆盖度为 0.483，能够解释 48.3% 的案例，具有良好的解释力；以及 2 条导致非高阶思维 (~HOTS，即低阶思维) 的组态路径，总体一致性为 0.855，总体覆盖度为 0.420，能够解释 42.0% 的案例，具有一定的解释力。

表 5 组态分析结果

前因变量	高阶思维 (HOTS)		低阶思维 (~HOTS)	
	组态一	组态二	组态三	组态四
	协同增效型	技术补偿型	策略缺失型	人机脱节型
学习动机 (LM)	●	⊗		●
学习策略 (LS)		⊗	⊗	●
“生-机”交互 (SAI)	●	●	●	
“生-生”交互 (SSI)	●	⊗	●	●
智能体接受度 (AA)	●	●	●	●
一致性	0.878	0.836	0.896	0.858
覆盖度	0.370	0.325	0.341	0.376
唯一覆盖度	0.157	0.112	0.042	0.077
总体覆盖度	0.483		0.420	
总体一致性	0.834		0.855	

4.3 稳健性分析

调整一致性阈值是 fsQCA 稳健性检验的常用策略，研究在保持校准方案与案例频数阈值不变的前提下，将组态分析的一致性阈值由 0.80 提高至 0.85，并重新进行真值表最小化与路径求解。复算结果显示，得到的组态路径与原始分析结果在核心结构上保持一致：主要路径仍被识别，关键条件未发生实质改变，仅在部分边缘条件或路径覆盖度等细节指标上出现轻微波动。因此可以认为研究关于高阶思维组态机制的结论具有较好的稳健性与可重复性。

5. 讨论与启示

研究样本源于单一情境，具有一定情境依赖性。尽管 N=45 符合 fsQCA 对中小样本分析的要求，但在统计推广上仍有局限。因此研究结论强调分析性概括而非统计性概括。且通过以下途径增强解释效力：一是研究对象为已具备基本信息技术素养与自主学习经验的高中生，具有数字化学习背景下的典型性；二是通过随机分组并均衡性别与前测学业水平，降低个体差异对人机协同互动的干扰；三是收集多源数据，以呈现相对稳定的认知表现与行为模式。

5.1 高阶思维的组态分析

5.1.1 组态一：协同增效型

“LM*SAI*SSI*AA”，即高学习动机*高“生-机”互动*高“生-生”互动*高智能体接受度。该组态表明，当学生具备较强的学习动机、积极的生-机交互和生-生交互，并且对教育智能体有高接受度时，能够有效促进高阶思维的发展。这一路径强调了个人动机、行为互动和环境

接受度的协同作用，符合社会认知理论的三元交互框架。学习策略未作为核心条件出现，说明在此路径中，学习策略可能被其他变量替代或不是必要条件。

5.1.2 组态二：技术补偿型

“~LM * ~LS * SAI * ~SSI * AA”，即低学习动机*低学习策略*高“生-机”互动*低“生-生”互动*高智能体接受度。该组态凸显了生-机交互和智能体接受度的核心作用。对于学习动机和学习策略短缺的学生，若愿意且能够与智能体深度互动便可获取高质量支持。这表明教育智能体作为环境变量，以即时反馈、个性化相应等优势，并提供结构化提示与示范作为认知支架，替代了部分原本需要学生自主运用的学习策略，补偿个人变量的不足。

5.2 低阶思维的组态分析

5.2.1 组态三：策略缺失型

“~LS * SAI * SSI * AA”，即低学习策略*高“生-机”互动*低“生-生”互动*高智能体接受度。该组态表明，即使生-机交互、生-生交互和智能体接受度较高，如果学生缺乏有效的学习策略，仍可能导致低阶思维。因此，学习策略匮乏是制约高阶思维发展的关键瓶颈。

5.2.2 组态四：人机脱节型

“LM * LS * SSI * AA”，即高学习动机*高学习策略*高“生-生”互动*高智能体接受度。即个人层面（动机、策略）和部分环境、行为因素（技术接受、生-生交互）表现良好，但缺失人机交互。这表明即使其他条件具备，一旦与核心技术断连，也难以培养高阶思维。

5.3 组态分析启示

组态分析结果揭示了人机协同学习中高阶思维影响因素的复杂因果关系。总体来看，高阶思维的发展并非由某一单一因素线性驱动，而更多是多因素之间的并发作用、相互补偿。

5.3.1 启示一：以“组态思维”取代“单因素最优解”

组态分析显示，人机协同学习中，不存在单一普适的“最优解”变量，人机协同学习的设计与干预不宜停留于“提升某个变量就能带来更好结果”，而应转向识别“哪些条件在何种组合下更可能触发高阶思维”，从而更符合真实课堂中的复杂性与差异性。

第一，生-机交互是高阶思维最活跃的驱动因素，在所有 HOTS 组态中均存在，而在 ~HOTS 组态中缺失（组态四），证明与智能体交互是人机协同学习区别于传统教学的本质特征。第二，智能体接受度在 HOTS 和 ~HOTS 组态中均出现，说明它是基础环境变量，能影响学生是否愿意和持续使用，但并不足以决定 HOTS 是否发生，需与其他变量共同形成合力。第三，学习动机和生-生交互在部分路径中缺失（如组态二），表明它们并非绝对必要条件，教育智能体可能对学生的动机或协作不足有补偿效应，为“低基础学生也能进入高阶加工”提供解释。第四，学习策略在 HOTS 组态中非核心，但在 ~HOTS 组态中缺失时导致低阶思维，这提示它未必直接驱动高阶思维出现，却决定互动是否能由“信息交换”转化为“深度加工”。

5.3.2 启示二：以“生-机交互”为主线嵌入课堂关键环节

组态分析表明，生-机交互是人机协同学习中最活跃的驱动因素。因此可在核心环节嵌入明确的“生-机交互”任务。例如，在问题提出环节，要求学生与教育智能体进行“探索式提问”，生成问题假设与多视角解释；在探究推进环节，要求学生基于智能体反馈进行追问、澄清与修正，使问题从模糊走向可探究；在创造产出环节，引导学生对智能体生成的信息进行筛选、比较与综合，进而形成更高质量的方案、作品或论证文本。

进一步地，组态分析识别的两条有效路径为模式差异化设计提供指向：一是协同增效路径适用于个人动机较强、策略储备较好、同伴互动活跃的学生。强调个人、行为与环境协同增益，学生综合调动自身能力、同伴智慧与智能体支持，在多层互动中思维跃迁。二是技术

补偿路径为学习动机与策略不足的学生提供成功通道。凸显教育智能体“认知支架”的赋能,提供更结构化、低门槛的交互脚本,以高质量“生-机对话”助力分析评价,弥补个人短板。

5.3.3 启示三:将核心变量转化为可操作的活动模块

将组态发现转化为可实施的人机协同学习的关键在于把抽象的个人、行为与环境变量转化为可训练、可执行、可评价的教学模块,增强模式的可操作性、可推广性与可持续性。

首先,个人变量中的学习动机与学习策略应设计为可训练的过程。如创设真实问题情境,建立任务目标与个人发展之间的联系;提供“智能体提问技巧卡片”等,将学习策略转化为操作指南。其次,行为变量可通过结构化互动流程被制度化。如设计固定的N轮“探索-优化-综合”人机对话回合并纳入过程性评价。最后,环境变量层面需夯实智能体的基础条件,避免工具门槛削弱模式效应。帮助学生熟悉智能体界面与基本功能,降低使用焦虑,从而提升感知易用性;显性展示智能体如何帮助节省时间、扩展视角或优化思路,使学生“用得上、愿意用”,提升感知有用性。必要时可设置基本规范,减少认知外包对高阶思维的抑制效应。

综上所述,在开展人机协同学习活动时,人机互动的质量对高阶思维有直接的显著影响,但其作用路径并非孤立存在,而是与学生的个人动机策略及课堂的社交情感环境紧密交织。组态思维为模式设计提供指导,生-机交互是模式的主线,而模块化设计是模式落地的关键。

参考文献

- 王一岩,刘淇,&郑永和.(2024).对话式人机协同学习:本质内涵与未来图景.中国电化教育,(11),21-27.<http://dx.chinadoi.cn/10.3969/j.issn.1006-9860.2024.11.004>.
- 王超&顾小清.(2022).OMO 教学的推进:以中小学生在在线学习参与意愿为切入点突破在线教学困境——基于技术接受模型的实证研究.现代教育技术,32(2),72-80. <http://dx.chinadoi.cn/10.3969/j.issn.1009-8097.2022.02.007>.
- 龙成志&刘志梅.(2016).学习动机对自主学习行为的影响:以学习能力为中介.应用心理学,22(3),203-210.<http://dx.chinadoi.cn/10.3969/j.issn.1006-6020.2016.03.002>.
- 孙妍妍,黄颖芬&温思凡.(2025).生成式人工智能支持下人机协同学习的互动模式分析.现代远程教育研究,37(03),102-112. <http://dx.chinadoi.cn/10.3969/j.issn.1009-5195.2025.03.012>.
- 汪茂华.(2018).高阶思维能力评价研究(博士学位论文,华东师范大学).博士 https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=D7za5G2w26wPwM_VDtn5YN3cKuJ-Z5h3o0JWqvlEapCjyzIdTulpfzXBcUOgDZY1awrU4abwYh4tBwyNTFUDg6nf-ZSco7WDmTY8rNdRQR9ncT8eMww682YSEUUADQbrA8tryID6tm0_ajXrzZQzRcaL2a3Zzh4Ea3CbVfyBb0wIgJHy6M8bPYP46_7NeEX&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
- 陆凯莉.(2021).基于智慧教室的探究式教学对大学生高阶思维的影响研究(博士学位论文,华中师范大学).博士 <https://doi.org/10.27159/d.cnki.ghzsu.2021.004252>.
- 杨翊&赵婷婷.(2018).中国大学生高阶思维能力测试蓝图的构建.清华大学教育研究,39(05),54-62.<https://doi.org/10.14138/j.1001-4519.2018.05.005409>.
- Dansereau, D. F. (1985). Learning Strategy Research. *Thinking and Learning Skills* (Vol. 1, pp. 209-239).
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 340-391.

- Gong, D., Yang, H. H., & Cai, J. (2020). Exploring the Key Influencing Factors on College Students' Computational Thinking Skills through Flipped-Classroom Instruction. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17, Article 19.
- Gopalan, V., Bakar, J. A. A., Zulkifli, A. N., et al. (2017). A Review of the Motivation Theories in Learning. *AIP Conference Proceedings*, 1891(1), 020043.
- Huang, H., Chen, Y., & Rau, P. P. (2021). Exploring Acceptance of Intelligent Tutoring System with Pedagogical Agent Among High School Students. *Universal Access in the Information Society*, 21(2), 381–392.
- Liu, J., Liu, Z., Wang, C., et al. (2023). Key Factors and Mechanisms Affecting Higher-Order Thinking Skills of Primary and Secondary School Students in the Smart Classroom Environment. *Current Psychology*, 43(11), 9651–9664.
- Schneider, C. Q., & Wagemann, C. (2012). Set-theoretic Methods for the Social Sciences: A guide to Qualitative Comparative Analysis. Cambridge University Press.