

人机共创的教学特征：认知发展与角色交互研究

季瑜 杨雅 詹泽慧

(华南师范大学教育信息技术学院, 广东广州 510631)

[摘要] 本研究构建了面向人机协同的创造性问题解决“HMC-PISC”模型,并开展为期8周的教学实验,通过认知网络分析和社会网络分析挖掘人机交互数据,揭示人机共创的教学特征与规律。研究表明,在认知发展方面,学生的认知网络呈“房子”形的网状稳定结构,高水平组问答式交互以知识型问题为主,认知发展轨迹呈“ \cap ”形,认知网络结构紧密且均衡,连接强度较强,低水平组更关注非知识型问题,认知发展轨迹呈“ \cup ”形,认知网络结构松散,连接强度弱;在角色交互方面,高水平组作为平衡群体,充分发挥着ChatGPT的“供给者”作用,实现了“人—机—人”之间观点的流通和汇聚,低水平组分别为分散群体和权利斗争群体,ChatGPT成为“边缘者”,以“人—人”交互为主。未来的教学实践可通过“可为”“有为”“能为”等路径明确人机共创由低到高的转换方法,培养面向人机协同的创新型人才。

[关键词] ChatGPT; 人机协同; 创造性问题解决; 认知网络分析; 社会网络分析

[中图分类号] G641

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-2179(2024)06-0088-14

一、引言

当知识网络化后,房间里最聪明的已然不是人类,而是房子本身,是容纳房中所有的人与思想,并把他们与外界相连的“网”(戴维·温伯格,2014)。ChatGPT的发布标志着人类构造“房间”取得了里程碑式的进步。它可以从多种来源和模式中学习知识,并利用这些知识生成新数据并解决问题(Haleem et al., 2022);通过接入应用程序编程接口(Application Program Interface, API),以“类主体”的形式在学习社群中与人类交互,实现知识“涌现”(詹泽慧等,2023b)。因此,以用户问题和应用程序回答为中心的协作、互动和对话,构成交互式学习

的基本样态。然而,若学习者在人机交互过程中过度依赖数据投喂,就易在庞大算力面前丧失创造性与反思性。在此背景下,以创造性问题解决能力为代表的高阶认知技能愈发重要,已成为个人在复杂世界中取得成功以及推动社会进步的关键因素。

已有研究多从量化视角探究ChatGPT对学习成绩(Zhang & Tur, 2024)、学习动机(Yildiz, 2023)、批判性思维(Li et al., 2024)、学习态度(Cai et al., 2023)等的影响,但有关ChatGPT支持学习者创造性问题解决的微观证据仍缺失(Noy & Zhang, 2023)。当ChatGPT以“类主体”形式嵌入学习社群,其如何影响学习者的问答式交互和问题解决,群体内部的认知交互水平又呈现何种变化等问题

[收稿日期] 2024-09-17

[修回日期] 2024-10-25

[DOI编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2024.06.011

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目“基于事理图谱的计算思维智能导训模型及可解释性研究”(62277018);华南师范大学研究生科研创新计划项目“AIGC支持创造性问题解决的模式构建与实证研究”(2024KYLX009)。

[作者简介] 季瑜,博士研究生,华南师范大学教育信息技术学院,研究方向:STEM教育、人工智能教育应用、学习科学(1538117109@qq.com);杨雅,本科生,华南师范大学教育信息技术学院,研究方向:人工智能教育应用、学习分析;詹泽慧,博士,教授,博士生导师,青年珠江学者,华南师范大学教育信息技术学院,研究方向:STEAM教育、学习分析、智慧教育、创新创业教育。

[引用信息] 季瑜,杨雅,詹泽慧(2024). 人机共创的教学特征:认知发展与角色交互研究[J]. 开放教育研究,30(6): 88-101.

有待探究。人类和机器需要借助语言表达各自观点, 而观点的统一可促进问题解决。鉴于此, 本研究尝试利用认知网络分析和社会网络分析挖掘人机共创的教学特征和规律, 探寻制约人机共创的影响因素, 为寻求适宜的教学策略“由低到高”提升学生创造性问题解决能力提供支撑。

二、文献综述

(一) 面向人机协同的创造性问题解决

斯宾诺莎认为: “知识是人作为‘在他物内’的样态状态过渡到作为‘在自身内’的实体状态的唯一手段。”(洪汉鼎, 2013) 问题一旦产生, 对问题的探索、解答必须建立在知识的基础上。而知识在大多情况下可以转化为问题, 且可以被拆分为疑问(question)和难题(problem)。疑问通常有固定答案, 而难题解决指通过创造性解答过程达成目标(Brophy, 2006)。重视发散思维和收敛思维的交替运用是创造性问题解决区别于一般问题解决的关键所在(袁维新, 2010)。学界已创建多种创造性问题解决模型, 譬如三阶段模型(Basadur et al., 1982)、四阶段模型(Basadur et al., 2014)、八阶段模型(Hsieh, 2018), 这些模型为人们思考从何处着手提高创造性表现提供了帮助。目前, 创造性问题解决已由个体层面过渡到群体层面(Sun et al., 2020), 且协作对象从人与人转向人与机器(翟雪松等, 2024; Urban et al., 2024)。

ChatGPT 在问题解决方面的表现赋予人类解决问题的无限可能(Orrù et al., 2023)。鉴于创造性问题解决的“知识—思维”双螺旋结构是技术干预的“切入点”之一(詹泽慧等, 2023a), 本研究从这两个维度展开讨论: 1) 知识维度。创造性问题解决多以复杂、定义不明确、高认知要求的任务为主。有多学科知识基础的学习者在创造性解决问题上更有优势(Dwivedi et al., 2023)。ChatGPT 基于已有数据集输出知识, 只有生成足够多的概念时, 它才能帮助学生超越对“新”问题的理解, 提高解决方案的新颖性(Filippi, 2023)。2) 思维维度。ChatGPT 通过丰富的信息源和多元观点帮助学习者实现思维的发散与串联(Organisciak et al., 2023)。面对复杂信息时, ChatGPT 可以比对并筛选不同观点, 引导学习者从多种可能中选出最优解(Seth et al.,

2023)。

(二) 认知网络和社会网络分析在创造性问题解决中的应用

传统的创造性问题解决测量方法包括问卷调查、自我/同伴评估、情境判断测试等(Gao et al., 2022), 但这些方法不足以表现人机共创的复杂性和动态性。因此, 一些研究采用更微观的方法探究人机共创的特征和规律。

一是认知网络分析。该方法用于识别编码数据集中的动态时间连接, 能可视化学生为解决复杂问题而建立的语义关联。有研究使用认知网络分析探索防空战斗中不同角色玩家的认知结构, 构建有效的协作问题解决模型(Swiecki et al., 2020)。还有研究通过认知网络分析探究师范生的问题解决过程, 发现绩优组成员之间沟通积极, 有更强的社会认知和责任感(Zhang et al., 2022)。安等(An et al., 2024)从不同层面描述了多任务协作学习的认知网络, 表明异质性群体的讨论焦点和轨迹变化呈分散性, 问题解决方案更新颖。在计算机支持的协作学习领域, 认知网络分析常被用于分析人机交互过程中的态度变化(Tu & Hwang, 2023)、动机差异(Septiyanti et al., 2024)和协作质量(Ouyang et al., 2023)等, 少有研究应用认知网络分析探究人机共创过程中思维认知的发展。

二是社会网络分析。它被用来分析实体属性、实体之间的关系以及这些关系对实体行为和网络结构的影响(Ouyang, 2021)。已有研究多集中在人类的单模式网络分析(如生—生交互), 忽视协作学习过程中实体(技术、工具、资源)的多样性角色(Dado & Bodemer, 2017)。有研究探讨了实体的潜伏者、追随者、创新者等五种角色发现, 角色的构成与组合会对创造性问题解决产生影响(Tang et al., 2024)。问题解决的创造性依赖于群体成员间的有效互动(Sun et al., 2022)。社交技能丰富和社会责任感强的学习者, 更倾向于多样化行动并向高频的行动过渡, 积极探索多种问题解决途径(Li et al., 2022)。当 ChatGPT 以多种身份嵌入学习社群, 其角色的适应性变化必然提高问题解决过程与结果的创造性。

概括而言, 创造性问题解决研究以个体层面的创造力提升实证研究为主, 较少关注群体层面的认

知发展与角色交互。随着生成式人工智能的普及和应用,改进创造性问题解决模型以保持其活力和有效性尤为重要。针对人机共创过程中的不确定性和模糊性,本研究拟从“认知—角色”的视角出发,通过认知网络分析和社会网络分析挖掘人机交互数据,旨在捕获人机共创的微观证据,主要研究问题包括:1)如何构建面向人机协同的创造性问题解决模型?2)人机共创过程中学习者的认知发展具有何种特征和规律?3)学习者的角色交互如何影响人机共创的过程和结果?

三、研究设计

(一)研究被试

36名大二学生参与了本次实验,其中21人被分到4个接入ChatGPT的小组,其余15人所在小组未接入ChatGPT,故不纳入分析。80.55%的学生每周使用人工智能工具0-2次,94.44%的学生从未参加过编程、机器人和人工智能等竞赛活动或知识学习,仅14.3%的学生使用过AIGC。这表明,大多数学生具有使用人工智能工具的经验,但缺乏生成式人工智能相关的知识和使用技能。

(二)学习任务和活动设计

本研究在“设计思维与STEM教育”课程开展为期8周的教学实验(每周3小时)。第一周学生选择相应的STEM主题,使用ChatGPT辅助设计与制作STEM教具(见图1),用以支持教师讲解重难点知识;学生在破冰游戏后根据个人能力和特征组建小组,并选出组长。

系统要素之间通过非线性交互作用发生协同,促使系统从无序状态逐步走向有序状态(吴庆余,2006)。因此,当认知负载分布在人和机器之间时,人类就可以专注于更高层次的思维和决策。鉴于创造性问题解决的生成性、动态性和创造性,本研究基于双钻模型(Wang et al., 2023)和5P模型(詹泽慧等,2023a),提出面向人机协同的创造性问题解决“HMC-PISC”模型,用以加强和完善个体的创造力(见图2)。在“人机共创”的四个阶段,人类智能与机器智能不断汇聚,共同促进思维的发散和聚合,促进问题解决。

1. 问题识别与确定

学生在主题遴选、学情分析、原型制作中会遇到各类问题,与ChatGPT交互有助于他们发散思维,



图1 面向人机协同的创造性问题解决过程实效

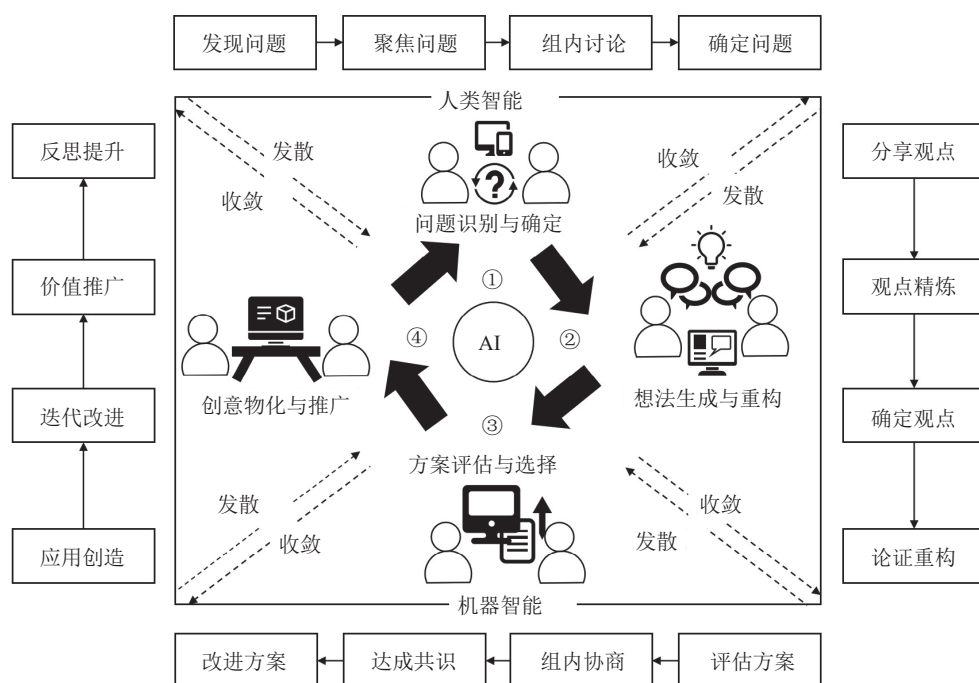


图2 面向人机协同的创造性问题解决“HMC-PISC”模型

识别问题,并经“人—机”观点整合和小组的多轮协商加工“新”问题,最终得到适切的问题。

2. 想法生成与重构

学生多渠道收集问题资料,根据问题的性质和优先级分析论断,形成初步的问题解决方案,并提交给 ChatGPT 检验方案的可行性,使“人—机—人”之间的创意、想法相互激荡,然后人机协同对协作内容进行集中性建构和观点审查,提出可行的问题解决方案。

3. 方案评估与选择

个体运用逻辑推理、风险评估和多角度权衡等策略,全面审查方案的潜在优势和不足;机器作为外部反馈机制,提供基于算法的“反思”功能。人机协同筛选方案,可降低人为偏见的影响。组员基于共享信息开展多轮对话,有助于学习者识别思维盲点和潜在偏差。最后,小组确定最优方案,并将问题化为具体任务。

4. 创意物化

小组使用 3D 建模与打印、激光切割、开源硬件等开发“最简可行产品”。针对创意物化过程中的问题,人机交互有助于师生获取资源及理解问题,而后借助计算机模拟、区块链、智能合约等技

术完成教具有效性、价值性和安全性检验,并基于检验结果迭代完善产品,确保教具可用和适用。

(三) 编码框架与编码过程

创造性问题解决是一种可以灵活处理不同类型问题的方法(斯科特·艾萨克森, 2017)。人机问答式交互本质上是“以问求知”和“以知促解”。布鲁姆教育目标分类理论将知识分为事实性知识、概念性知识、程序性知识和元认知知识,但知识可以转化为问题。姜宛彤等(2018)基于这一观点将“知识型问题”分为事实性问题、概念性问题、程序性问题与元认知问题。知识型问题指学习者设计与制作 STEM 教具时理解相关的学科概念、文化概念、技术概念等存在的问题。按照协作问题解决的特性,“非知识型问题”可以分为推进性问题(郭倩等, 2024)、调控性问题(陈向东等, 2020)和无意义问题(张天艺, 2022)。非知识型问题可帮助组员通过问答式交互推进任务完成、维系关系与调节方向。基于此,本研究构建面向人机协同的创造性问题解决编码框架(见表 1)。

(四) 数据采集与分析

学习者观点碰撞的主要场所是微信群。本研究以对话类型、对话发出者为分类依据,共获得

表 1 面向人机协同的创造性问题解决编码框架

问题类型	问题子类型	编码	概念界定	举例
知识型问题	事实性问题	Fa	学习者回忆或识别具体事实、数据或信息而提出的问题。	@智者 GPT: 初中生击打玩具鼓的分贝值范围是多少?
	概念性问题	Co	学习者寻求理解和应用概念、原则或关系解释以及通过推理而提出的问题。	@智者 GPT: 什么是概念群和问题链?
	程序性问题	Pr	学习者获取特定程序、方法或技巧的应用而提出的问题。	@智者 GPT: 假设你是教具设计专家, 若把一个木质圆盘固定在万花筒底部, 且留点缝隙, 请问你会使用什么工具、材料和方法?
	元认知问题	Me	学习者反思和评估自己认知过程而提出的问题。	@智者 GPT: 我认为你说的第一点和第三点是我们想要发展的方向, 可以详细展开说说吗?
非知识型问题	推进性问题	Ad	学习者促进组内主动探索、积极交流和深入分析而提出的问题。	@全体成员: 大家各自的任务完成得怎么样啦?
	调控性问题	Rc	学习者有意识、有目的地调整和控制学习活动而提出的问题。	@全体成员: 今晚十点后有时间开个会吗? 把项目存在的问题讨论一下呢?
	无意义问题	In	逻辑不合理、内容空洞或无法提供有价值信息的问题。	@智者 GPT: 你在吗? @智者 GPT: 什么是专递课堂?

3146 条对话、168827 个字数的人机交互数据, 整理并保存至 Execl 表格。两名编码人员就编码框架进行协商以确保两者的理解一致, 并随机抽取 50% 的文本同时编码, 编码一致性为 0.876, 一致性较高。本研究还采用同感评估技术对 STEM 教具的创造力(包括新颖性、原创性和流畅性)评分(蒋纪平等, 2023)。独立样本 T 检验显示, 一、二组和四、六组之间的 P 值 < 0.05 , 故研究者将一、二组和四、六组分别分为高、低水平组。基于此, 本研究先将编码数据导入 ENA-web(让人机共创过程中认知元素间的依赖关系和时间关联可视化), 分析高、低水平组和四个阶段的认知特点和差异。研究者使用 Ucinet 6.0 软件分析数据, 通过入—出度考察“人—机—人”之间的角色交互水平, 分析其对人机共创的影响。

四、研究结果与分析

(一) 认知网络分析结果

1. 建立问题维度表征的平面参考系

本研究叠加所有学生的认知网络, 构建“面向人机协同的创造性问题解决”维度表征的平面参考系(见图 3)。其中, x 轴(SVD1, 20.2%)的 Pearson 系数和 Spearman 系数均为 0.97, y 轴(SVD2, 28.2%)的两个系数分别为 0.96 和 0.97, 表明二者有较高的拟合优度。节点对应七个问题元素, 其大小反映元

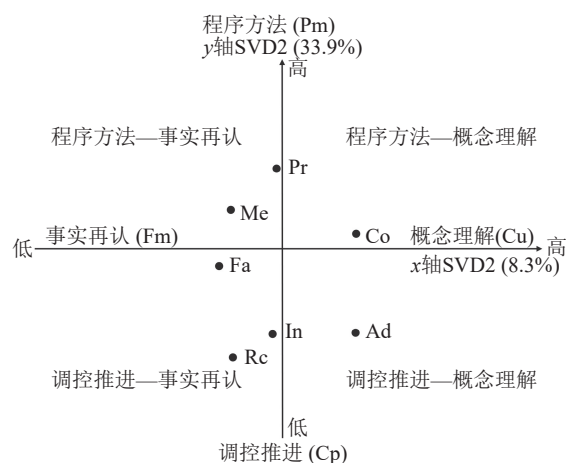


图 3 “问题维度”表征的平面参考系

素出现的相对频次, 位置表示人机共创的认知网络关联结构。

根据图 3 的问题分布可知, 偏向 X 轴的问题有 Co、Fa 和 Me, 偏向 Y 轴的问题有 Pr、In、Rc 和 Ad。本研究将 X 轴定义为“事实再认(Fm)—概念理解(Cu)”, Y 轴为“程序方法(Pm)—调控推进(Cp)”。问题各维度间对立统一、相互联系、动态发展, 共同反映学生的思维认知水平。根据连续统思维理论(钟志贤, 2005), X 轴从左至右形成“事实再认”与“概念理解”的连续统, 表示学生对事实性知识的确认、对认知过程的反思与评估和对概念性知识理解之间的联系与发展; Y 轴从上到下

形成“程序方法”与“调控推进”的连续统,表示学生寻找多种方法解决问题和持续推进任务之间的联系与发展;横纵连续统共同作用,构筑人机共创的认知网络结构。结合对 X 轴和 Y 轴的定义,本研究将第一、二、三、四象限分别界定为“程序方法—概念理解”维度、“程序方法—事实再认”维度、“调控推进—事实再认”维度和“调控推进—概念理解”维度。

2. 全体学生整体认知网络

为探究全体学生经历 8 周创造性问题解决后的总体状态以及在“人机共创”四个阶段的问题类型与关联变化,本研究构建了人机共创认知网络结构模型,包含 Fa、Co、Pr、Me、Ad、Rc、In 等七个要素。相应结果见图 4 和表 2。

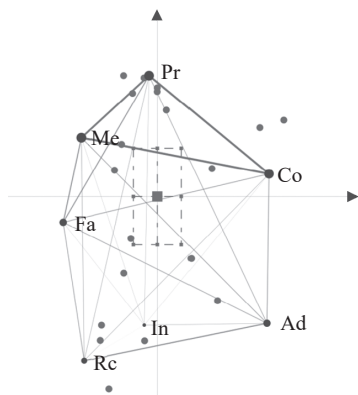


图 4 全体学生认知网络结构

由图 4 可知,全体学生的认知网络呈“房子”形结构,各要素间均有连线且连接紧密。结构模型整体偏重于知识型问题的连接,Co、Pr 和 Me 三个要素间的线条较粗,颜色较深,其他要素间均有连线,但颜色较浅。此外,知识型问题绝大部分以“人—机”交互为主,非知识型问题以“人—人”

对话为主。有趣的是,连线在“房顶”最强、节点从“房子”底部向顶部的认知思维层级呈递增趋势。这说明,人机共创以知识获取为基础,ChatGPT 充当专家、教学设计师、教具研发师、程序员等多种身份解答问题。同时,思维的发散和收敛也建立在小组已有知识经验和通过问答式交互共同建构新知识的基础上。

由表 2 可知,在阶段 1, Co、Pr 和 Me 的连线较强,表明学生在确定 STEM 主题和教具时,对事物的认知是模糊的,会频繁询问 ChatGPT 获取更多的知识和信息,以消解认知冲突和表征问题。在阶段 2,学生的认知结构相较于阶段 1 更均衡,各节点较大,连线较均匀。组员与 ChatGPT 开展多轮对话,相互启发,探索和分析问题,生成初步方案。在阶段 3, Fa、Pr 和 Me 间呈紧密关联的三角结构,表明学生专注于评估分析方案是否符合实践,程序是否正确,并反思认知过程以优化方案。在阶段 4, Ad 分别与 Rc 和 Fa 存在强连接,表明非知识型问题占主导地位,学生通过分配任务、调节团队进度和合作氛围等实现创意物化。

3. 高、低水平组问题类型对比

本研究将高、低水平组对话数据分别导入 ENA-web,探究两组的问题类型对认知水平影响的差异。T 检验显示,高、低水平组的认知结构存在显著性差异($p < 0.05$)。图 5 和图 6 显示了高、低水平组的认知网络结构。

从节点大小和连线的强弱看,高水平组的 Pr、Me 和 Co 节点最大且存在强连接三角。高水平组学生与 ChatGPT 交互实现问题的理解和表征。Co 帮助学生储备多学科知识和提高认知水平;Pr 帮助学生理解教具的制作流程、方法和技巧;Me 帮助学生反思和评估教具设计和制作的过程。从节

表 2 全体学生四阶段的认知变化

阶段	阶段 1	阶段 2	阶段 3	阶段 4
认知网络结构				

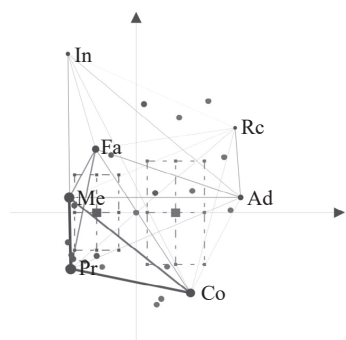


图5 高水平组认知网络

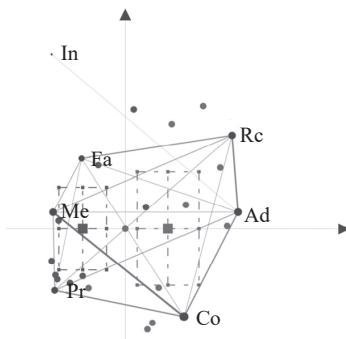


图6 低水平组认知网络

点连线看, 高水平组学生能敏锐地发掘问题间的联系。从问题类型看, 高水平组学生注重知识型问题, 表明多学科知识是人机共创的关键和基础。低水平组的非知识型问题节点较大, 连线强度相当, 表明学生更关注任务调控和协作进展, 但对 Pr 和 Me 关注不够, 导致教具的完成度和实用性不足。此外, 本研究对高、低水平组的认知建构过程模型进行叠减(见图 7), 探究两组间的认知差异, 促进低水平组向高水平组转变。

由图 7 可知, 高水平组连线在 Y 轴左侧更强,

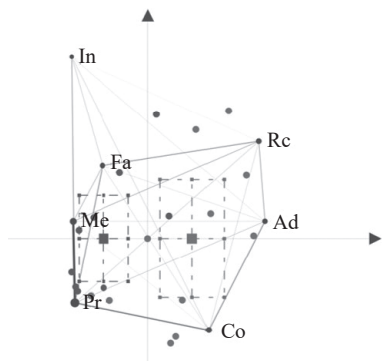


图7 高、低水平组的认知叠减

低水平组在 Y 轴右侧较强。高水平组提问以 Pr 和 Me 等知识型问题为主, 寻求教具设计与制作的方法和技巧以及不断反思群体内部的认知与协作过程。相比之下, 低水平组更关注 Rc、Ad 和 Co, 以非知识型问题为主, 强调任务完成的进程而非认知的提升。原因在于低水平组更倾向于输出、应用已有知识和经验解决问题。此外, 从叠减图的连线和类型看, 高水平组的认知网络更复杂, 共现种类更丰富, 问题间的强连接所代表的认知层次偏向于高认知理解水平, 而低水平组之间的连接以低层次认知为主。认知深度 $Fa < Co < Pr < Me$, 表明学生对知识型问题的关注能弥补其知识差距和部分认知缺陷, 促进“人一机”智慧的涌现。

4. 高、低水平组的质心发展轨迹

本研究以“人机共创”的四个阶段为分析单元, 分别绘制高、低水平组的认知网络质心, 动态呈现发展轨迹。结果表明, 学生在四个阶段使用的问题类型元素各有偏重。高水平组具有高认知思维特点, 质心分别落在四、二、三、二象限, 呈“ \cap ”形发展轨迹(见图 8); 低水平组具有低认知思维特点, 质心分别落在四、二、三、三象限, 呈现“ $<$ ”形发展轨迹(见图 9)。

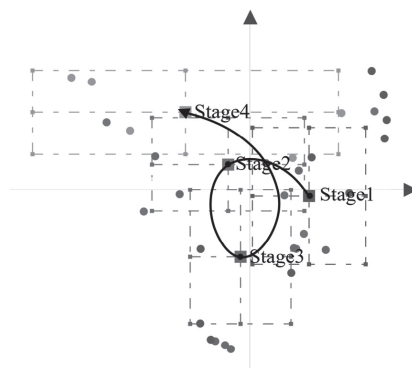


图8 高水平组质心发展轨迹

在阶段 1, 高、低水平组的质心位于“调控推进—概念理解”象限, 表明在活动开始时学生对问题较模糊, 通过人机对话有助于他们实现对 Co 的理解, 并构建相应的合作关系。在阶段 2, 高、低水平组的质心从第四象限移向“程序方法—事实再认”象限, 但高水平组质心贴近 X 轴, 低水平组质心偏向 Y 轴, 说明高水平组能积极反思和评估认知过程, 而低水平组倾向于获取方法和技巧。在阶

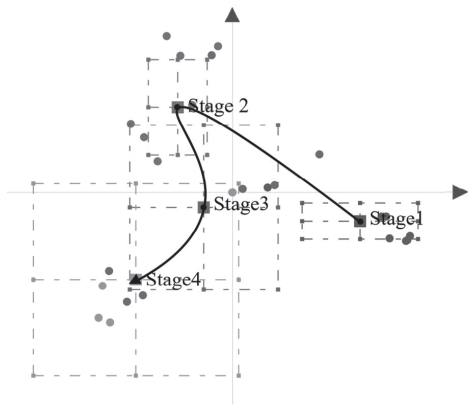


图9 低水平组质心发展轨迹

段3, 质心停留在“调控推进—事实再认”象限, 高水平组质心偏向Y轴下半轴, 表明他们倾向于任务的调控和推进等非知识型问题, 而低水平组质心贴近X轴, 表明他们的事实性问题和元认知问题较多, 学生还停留在问题确定和选择方法上, 任务推进进度较慢。

有趣的是, 在阶段4, 高水平组学生的质心拐到了“程序方法—事实再认”象限, 表明学生更注重行动, 通过问答式对话实现对“是什么”“怎么做”“做到什么程度”的理解。群体成员在设计

与制作教具过程中, 复杂认知水平呈上升趋势。反观低水平组, 质心依旧停留在第三象限且离原点较远, 与X轴和Y轴的距离相等。这表明, 低水平组的复杂认知水平呈先上升后停滞的态势, 知识型问题间的连线占比小, 学生需不断推进和调控任务, 群体成员的学习较被动。

5. 高、低水平组在不同阶段的认知网络特征

本研究通过认知网络分析高、低水平组在“人机共创”四个阶段的认知网络特征和差异, 寻求低水平组向高水平组的转化方法(见表3)。

在阶段1, 两组学生都通过与ChatGPT互动理解问题。高水平组在破冰环节积极参与和表达, 团队在初期形成良好的合作氛围, 问题以Co、Pr和Me为主, 呈“1”字形。其他问题也存在连接, 说明学生对事物产生直观认识时, 彼此间也在相互了解和试探, 以形成稳定的运作机制和规则。低水平组以Co和Me为主, 节点大且两点间连线粗, 其他节点间没有明显连接, 表明小组内部没有形成有效的互动和合作机制。叠减图显示, 高水平组连线更紧密和均衡, 表明认知更全面; 低水平组更关注“是什么”和“怎么做”, 对话也多由一人发起一人结束。

表3 高、低水平组学生在不同阶段的认知网络

阶段	阶段 1	阶段 1	阶段 3	阶段 4
高水平组				
低水平组				
认知网络叠减图				

在阶段 2, 学生围绕阶段 1 确定的问题, 提出问题解决想法, 而后在多轮对话中收敛思维形成初步方案。高水平组以 Co、Pr 和 Ad 为主, 七个元素中每三个元素之间都有三角形连接, 表明学生愿意提出复合型问题获取知识和推进任务, 实现个体创造力的汇聚和迸发。低水平组以 Rc 为主(其节点最大), 且以辐射状连接 Pr、Co 和 Ad 等, 说明 ChatGPT 较少被用于激发发散思维, 小组更注重任务推进, 这与此阶段的目标有偏差。结合叠减图来看, 高水平组以知识型问题为主, 强调多学科知识的获取和积累, 低水平组以非知识型问题为主, 注重项目推进。

在阶段 3, 群体成员借助人机交互评估和诊断问题解决方案, 基于反馈迭代得到最优方案。高水平组的 Fa、Co 和 Me 间三角形连接较强, 表明注重概念的讨论以及对多个方案的比较。低水平组的 Rc、Ad、Co 和 Pr 间的四边形连接较强, 表明群体成员推进和调控任务时依旧会协商讨论相关问题的概念和事实。与阶段 2 相比, 低水平组的 Co 明显多于高水平组, 表明学生尚未完成知识的获取和积累, 这制约了“人—机—人”间的有效协同。结合叠减图来看, 高水平组的三角形连接明显强于低水平组, 以评估和改进方案为重点; 低水平组的问题较分散, 偏重非知识型问题。

在阶段 4, 高水平组的网络连接呈相似三角形形状, 左侧三角形以 Ad、Rc 和 Fa 等非知识型问题为主, 表明在任务推进过程中反复确定事实; 右侧

三角形以 Co 和 Pr 等知识型问题为主, 表明在获取技巧、方法等。两类问题互有交叉, 形成较稳定的认知结构。低水平组以 Rc 和 Ad 为主(连线最粗, 节点最大), 表明较少涉及知识型问题, “人—人”交互实现创意物化和推广。结合叠减图来看, 高水平组知识型问题数量多、连线粗, 低水平组在非知识型问题上表现突出。

整体而言, 在四个阶段中, 高水平组的学生能提出复合型问题, 敏锐地察觉到不同知识要素、概念或问题之间的内在联系, 并建立连接关系, 形成强大的认知网络。低水平组认知网络结构较松散, ChatGPT 的供给性作用没有得到充分发挥, 无法有效调用两类问题促进问题解决。

(二) 社会网络分析结果

角色是理解人类社会认知行为的基本结构, 为协调任务分配和人机交互提供了框架 (Strijbos & De Laat, 2010)。本研究借鉴唐等 (Tang et al., 2024) 的研究, 基于角色的人—出度关系, 将其分为边缘者、追随者、创新者、驾驶者、供给者等五种 (见表 4), 并通过 Ucinet 6 探究高、低水平组在人机共创过程中的角色交互特征, 旨在为认知网络分析结果提供深层次阐释 (见表 5)。

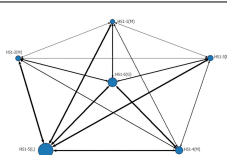
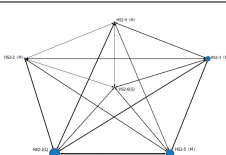
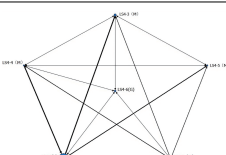
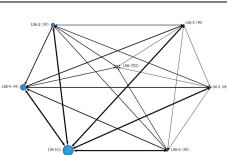
1. 高水平组社会网络

由表 5 可知, 第一、二组为高水平组。第一组的社会网络呈现以组长为重点、ChatGPT 为次重点的“五边形内嵌五角星”形状。第二组以组长为

表 4 人机共创角色划分

角色身份	解释
边缘者	代表非参与者或最小参与者, 所有人—出度均低于平均水平。
追随者	对同伴的总体反应能力较强, 但其出度值低于平均水平, 主要与其他群体成员保持同步。
核心者	代表非驾驶者, 入—出度得分都高于平均水平, 积极参与学习活动, 有较强的社会责任感和社交能力。
驾驶者	入—出度得分显著高于平均水平, 有很强的领导能力、协作能力和社会调节技能。
供给者	在出度等方面得分高于平均水平, 但入度得分低于平均水平。

表 5 高、低水平组人机共创社会网络结构

组别	高水平组		低水平组	
	第一组	第二组	第四组	第六组
社会网络				

注: “L”代表组长, “M”代表组员, “G”代表 ChatGPT。

重点, 两个组员为次重点的五边形内嵌五角星形状。组长 HS1-5(L) 和 HS2-1(L) 的入一出度值分别为 78.000-113.000 和 254.000-436.000, 承担驾驶者角色, 他们不仅积极接受来自组员和 ChatGPT 的信息, 还提出大量话题、用高强度的对话输出保持问题解决的持续性。ChatGPT HS1-6(G) 和 HS2-6(G) 的入一出度值为 78.000-78.000 和 102.000-102.000, 承担供给者角色, 通过庞大的知识库辅助学生理解概念、识别错误和获取反馈等。从表 5 中图片的连接线看, 绝大多数学生的入一出度处在较高水平, 身份为核心者或驾驶者, 他们保持较高频率的输出, 建立大量话题和互动。

结合群体的角色构成和互动水平, 一、二组可称为“平衡群体”, 小组成员有共同的任务目标, 积极参与人机共创过程, 彼此间的观点不断碰撞、汇聚, 相互启发, 最终实现问题的表征和解决。

2. 低水平组社会网络

由表 5 可知, 第四、六组为低水平组。两组的社会网络呈以组长为重点的“多边形内嵌不规则五角星”形状。组长 LS4-1(L) 和 LS6-1(L) 的入一出度值分别为 338.000(最高)—729.000(最高) 和 28.000(最低)—157.000(最高)。LS4-1(L) 作为驾驶者, 能积极发布话题和输出观点, 回应其他组员的信息, 促进话题的深入交流。而 LS6-1(L) 作为供给者, 很少关注组员的想法并回应话题, 践行组长应承担的推进任务、协调合作等责任不够。有趣的是, 两位组长都极少甚至从不与 ChatGPT 交互。ChatGPT LS4-6(G) 和 LS6-7(G) 的入一出度值分别为 40.000—39.000 和 28.000—26.000, 均低于平均值, 以边缘者身份参与问题解决, 较少接收其他同学的提问。此外, 四、六组近半入一出度值呈“高一低”或“低—高”态势, 以核心者和追随者身份参与问题解决。

结合文本聊天内容、角色构成和交互频次, 第四组可称为“分散群体”, 第六组可称为“权力斗争群体”。第四组组员角色分散, 倾向于通过“人—人”交互实现问题解决, 群体内部虽然稳固, 但忽略 ChatGPT 的“供给性”作用。第六组的组员 LS6-5(M) 的入一出度值为 52.000—76.000, 入度值显著高于组长, 他在前期主动发起话题, 响应组员的问题, 与组长 LS6-1(L) 间存在权利竞争, 群体内

部的稳定性不高。

五、研究结论与建议

(一) 研究结论

1. 知识型问题与非知识型问题协同调用促进人机共创

ChatGPT 通过知识创生和问答交互将人的创造力诱导出来实现群智涌现(刘丙利, 2024)。知识型问题有助于学习者“以问求知”“以知促解”。ChatGPT 以结构化的方式分解 Fa、Co、Pr 和 Me, 向学习者提供个性化解释。事实性、概念性和程序性知识是深度学习问题解决的基础(胡航等, 2024), 这表明四类知识型问题可以弥合不同需求间的差异, 削弱认知焦虑, 促进概念网络的连接和生成。非知识型问题包括 Ad、Rc 和 In, 前两类问题有助于学习者调整问题解决方向与推进任务完成, 并帮助学习者减少 ChatGPT 新颖效应衰弱的影响(和文斌等, 2024)。由图 4 可知, 全体学生的认知网络呈“房子”形网状稳定结构, 各要素间有连线且连接紧密。这表明知识型问题和非知识型问题有强大的“桥接”关系, 前者是问题解决的“燃料”, 后者是“方向盘”, 两者相互依赖, 缺一不可。然而, 问答式交互不应是知识告知, 而应是唤醒大脑对知识的觉察和深度加工, 促进不同水平知识在学习社群中持续流转。在本研究中, 对话的质量不仅受学习者的提问方式、追问强度、情感联系等影响(李海峰等, 2024), 还受 ChatGPT 回答的垂直性、相关性和新颖性等的影响(徐升等, 2024)。因此, 消弭上述“人因”和“机因”有助于释放人脑的反思力和创造力, 实现两类问题的协同调用。

2. ChatGPT 在人机共创不同阶段的作用

“HMC-PISC”模型分为问题识别与确定、想法生成与重构、方案评估与选择、创意物化与推广四个递进式阶段。1) 问题识别与确定。面对“新”问题, 学习者的知识是分散的, 他们借助 ChatGPT 理解 Co、Pr 和 Me, 用获得的信息、观点和概念等表征外部世界, 探索多种问题的潜在方向和可能性。2) 想法生成与重构。基于 ChatGPT 对问题的回应, 学习者形成从“个体→一般→个体”的推理和论断, 得出多个问题解决方案(杨南昌等, 2024)。在此阶段, 提出复合型问题有助于群体智慧的涌现。

3) 方案评估与选择。ChatGPT 评估和诊断初步方案, 群体内部共享信息并确定最终方案。同时, 对元认知问题的高度关注有助于方案的迭代和改进。

4) 创意物化与推广。群体内部问答式交互以非知识型问题为主, 知识型问题为辅。ChatGPT 作为供给者, 辅助学习者灵活处理不同问题, 加速思维的发散和收敛。在前两个阶段, 人机对话刺激学生调用“惰性知识”, 并对机器供给的知识和观点进行反复多层编码和加工, 生成具有“延展态”的概念网络; 在后两个阶段, 知识型问题逐渐进入沉默期, 群体内部更加聚焦问题解决, 侧重于非知识型问题的调用。

3. 不同群体在人机共创过程中表现各异

边缘者、追随者、核心者、驾驶者和供给者构成了小组的基本角色。在高水平组, 组长以驾驶者角色出现, ChatGPT 以供给者出现, 其他成员多以追随者(充当中介人)和核心者为主。研究表明, 当小组内部具有多个追随者或核心者时, 学生更能基于协作内容开展集中性交互反馈(姚佳佳等, 2024)。他们可能会承担高水平的认知和社会责任, 既要在持续对话中建构观点, 还要“向上”建构关系和身份, 促进共同体文化的形成(蒋慧芳等, 2024)。高水平组一般为平衡群体, 尽管每个人角色不一, 但都与 ChatGPT 积极交互, ChatGPT 的作用被放大。而在低水平组, ChatGPT 一度沦为边缘者, 组长极少与 ChatGPT 交互。这与类似的研究结论一致, 即漠视同伴信息或觉察不足, 导致组员不能有效参与群体协作交互(张屹等, 2024), 造成角色的“向下”转向。其中, 第四组为分散群体, 团队角色单一, ChatGPT 边缘化, 小组以分工合作的形式拼接“教具”。第六组为权力斗争群体, 组员和组长的权力竞争关系使群体内部的稳定性减弱, 命令式的任务分配以及忽略组员想法造成组内观点消亡或持续竞争, 教具完成度不高。可见, 多重身份的 ChatGPT 在学习社群中促进了多样化观点的流通, 组员间的角色交互削减了技术成瘾带来的情感淡漠, 但这要求建立共同体文化。

(二) 研究建议

1. 何以“可为”: 合理引入生成式人工智能, 推动人机共创

人机协同创造性问题解决成为强人工智能时

代培养创新型人才的范式之一。在 STEM 教育领域乃至学科教育方向, 合理引入生成式人工智能必要且紧迫。首先, 对生成式人工智能的感知有用性和易用性会影响学习者创造性效能感, 进而影响问题解决方案的实用性、质量、精细度和原创性(Urban et al., 2024)。因此, 系统演示和培训生成式人工智能工具, 可以避免学生因不当使用而降低使用意愿。其次, 在技术层面过滤掉不适宜的虚假信息, 可以防范算法歧视、虚假信息、观念侵入等潜在风险。再次, 多智能体的训练和接入将成为未来研究的新方向(翟雪松等, 2024), 一是可以支持及时迭代、动态优化以适应专属场景复杂问题的解决, 二是能发挥多人多机的异质协同能力, 增强问题解决的效率、创新性和针对性。

2. 何以“有为”: 提高个人 AI 素养, 擅用生成式人工智能

技术参与学习成为生成式人工智能时代学习的主要特征。然而, 学生需具备 AI 素养才能认识、理解、判断人工智能的技术限度与价值, 支持高效优质的学习: 一是要充分认识 ChatGPT 的局限, 掌握使用生成式人工智能的正确方法, 学会利用 Prompt 指令提出“好问题”, 促进个体高阶思维的发展; 二是坚持人类主导的人机协作关系, ChatGPT 较难处理复杂问题或特殊领域问题, 学习者可通过多轮对话引导其辅助自己进行有意义的创新, 而不是技术至上; 三是坚守伦理道德, 明确生成式人工智能的应用需在人的“规训”和“约束”下, 遵循国家、教育部门和学校的规范。

3. 何以“能为”: 构建促进两类问题协同调用的策略

教师应引导学生通过问答式交互有目的地调用两类问题: 第一, 人机共创四个阶段提出的问题各有侧重, 教师应把握不同阶段的认知特征和规律, 通过任务和问题引导学生观察、分析、类比、归纳, 增强人机交互的有效性。第二, 教师要注意各小组是否把 ChatGPT 置于供给者位置, 并应用群体感知工具检测学生的认知、行为、情感等, 若学生偏离活动预期, 可由机器干预引导学习者正确使用 ChatGPT。第三, 尽管有研究鼓励团队成员自发形成角色分工, 以突出创造性问题解决的复杂性、交互性、自发性和活力(Rosen et al., 2020), 但这种方

法可能导致角色“隐匿”。因此,教师可通过同质性或异质性分组等,明确组内角色轮换机制、行为准则、团队目标,提升团队内部的凝聚力。

[参考文献]

- [1] An, S., & Zhang, S.(2024). Effects of ability grouping on students' collaborative problem solving patterns: Evidence from lag sequence analysis and epistemic network analysis[J]. *Thinking Skills and Creativity*, 51: 101453.
- [2] Basadur, M., Gelade, G., & Basadur, T.(2014). Creative problem-solving process styles, cognitive work demands, and organizational adaptability[J]. *The journal of applied behavioral science*, 50(1): 80-115.
- [3] Basadur, M., Graen, G. B., & Green, S. G.(1982). Training in creative problem solving: Effects on ideation and problem finding and solving in an industrial research organization[J]. *Organizational Behavior and human performance*, 30(1): 41-70.
- [4] Brophy, D. R.(2006). A comparison of individual and group efforts to creatively solve contrasting types of problems[J]. *Creativity Research Journal*, 18(3): 293-315.
- [5] Cai, Q., Lin, Y., & Yu, Z. (2023). Factors influencing learner attitudes towards ChatGPT-assisted language learning in higher education[J]. *International Journal of Human-Computer Interaction*: 1-15.
- [6] 陈向东, 张蕾, 陈佳雯(2020). 基于社会网络分析(SNA)的共享调节学习评价: 概念框架与解释案例 [J]. *远程教育杂志*, 38(2): 56-68.
- [7] Dado, M., & Bodemer, D.(2017). A review of methodological applications of social network analysis in computer-supported collaborative learning[J]. *Educational Research Review*, 22: 159-180.
- [8] 戴维·温伯格(2014). 知识的边界 [M]. 胡泳, 高美, 译. 太原: 山西人民出版社: 72.
- [9] Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., . . . & Wright, R. (2023). Opinion Paper: “So what if ChatGPT wrote it?” Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy[J]. *International Journal of Information Management*, 71: 102642.
- [10] Filippi, S.(2023). Measuring the impact of ChatGPT on fostering concept generation in innovative product design[J]. *Electronics*, 12(16): 3535.
- [11] Gao, Q., Zhang, S., Cai, Z., Liu, K., Hui, N., & Tong, M.(2022). Understanding student teachers' collaborative problem solving competency: Insights from process data and multidimensional item response theory[J]. *Thinking Skills and Creativity*, 45: 101097.
- [12] 郭倩, 赵蔚, 姜强, 陶金洪, 李佳徽(2024). 基于话语分析的协作问题解决过程挖掘研究 [J]. *现代远距离教育*, (1): 79-88.
- [13] Haleem, A., Javaid, M., & Singh, R. P. (2022). An era of ChatGPT as a significant futuristic support tool: A study on features, abilities, and challenges[J]. *BenchCouncil transactions on benchmarks, standards and evaluations*, 2(4): 100089.
- [14] 和文斌, 赵帅, 阿不来提·瓦依提, 塔卫刚, 徐思伟(2024). 基于生成式人工智能的人机协同学习更能提升学习成效?——基于20项实验和准实验的元分析 [J]. *开放教育研究*, 30(5): 101-111.
- [15] 洪汉鼎(2013). 斯宾诺莎哲学研究 [M]. 北京: 中国人民大学出版社: 159.
- [16] 胡航, 王家壹(2024). 从人机融合走向深度学习: 范式、方法与价值意蕴 [J]. *开放教育研究*, 30(2): 69-79.
- [17] Hsieh, C. Y.(2018). Developing design through a creative problem-solving process: A group community art project[J]. *International Journal of Art & Design Education*, 37(3): 541-553.
- [18] 蒋慧芳, 曾文婕, 朱琦(2024). 指向深度学习的对话式反馈: 特征、方式与策略 [J]. *开放教育研究*, 30(2): 80-88.
- [19] 蒋纪平, 胡金艳, 张义兵, 高婕(2023). 学习科学视角下团队创造力培养的实证研究 [J]. *中国电化教育*, (4): 72-81.
- [20] 姜宛彤, 万超, 钱松岭(2018). 以问题解决为导向的微课程设计研究 [J]. *现代远距离教育*, (1): 35-43.
- [21] 李海峰, 王炜, 李广鑫, 王媛(2024). 智能助产术教学法——以“智能苏格拉底会话机器人”教学实践为例 [J]. *开放教育研究*, (2): 89-99.
- [22] Li, S., Pöysä-Tarhonen, J., & Häkkinen, P.(2022). Patterns of action transitions in online collaborative problem solving: A network analysis approach[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 17(2): 191-223.
- [23] Li, T., Ji, Y., & Zhan, Z.(2024). Expert or machine? Comparing the effect of pairing student teacher with in-service teacher and ChatGPT on their critical thinking, learning performance, and cognitive load in an integrated-STEM course[J]. *Asia Pacific Journal of Education*, 44(1): 45-60.
- [24] 刘丙利(2024). ChatGPT 对话教育: 意涵价值、风险挑战与实践进路 [J]. *开放教育研究*, (4): 53-61.
- [25] Noy, S., & Zhang, W.(2023). Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence[J]. *Science*, 381(6654): 187-192.
- [26] Organisciak, P., Acar, S., Dumas, D., & Berthiaume, K.(2023). Beyond semantic distance: Automated scoring of divergent thinking greatly improves with large language models[J]. *Thinking Skills and Creativity*, 49: 101356.
- [27] Orrù, G., Piarulli, A., Conversano, C., & Gemignani, A.(2023). Human-like problem-solving abilities in large language models using ChatGPT[J]. *Frontiers in artificial intelligence*, 6: 1199350.
- [28] Ouyang, F.(2021). Using three social network analysis approaches to understand computer-supported collaborative learning[J]. *Journal of Educational Computing Research*, 59(7): 1401-1424.
- [29] Ouyang, F., Xu, W., & Cukurova, M.(2023). An artificial intelligence-driven learning analytics method to examine the collaborative

problem-solving process from the complex adaptive systems perspective[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 18(1): 39-66.

[30] Rosen, Y., Wolf, I., & Stoefer, K.(2020). Fostering collaborative problem solving skills in science: The Animalia project[J]. *Computers in Human Behavior*, 104: 105922.

[31] Septiyanti, N. D., Luthfi, M. I., & Darmawansah, D.(2024). Effect of chatbot-assisted learning on students' learning motivation and its pedagogical approaches[J]. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 10(1): 69-77.

[32] Seth, I., Kenney, P. S., Bulloch, G., Hunter-Smith, D. J., Thomsen, J. B., & Rozen, W. M.(2023). Artificial or augmented authorship? A conversation with a chatbot on base of thumb arthritis[J]. *Plastic and Reconstructive Surgery-Global Open*, 11(5): e4999.

[33] 斯科特·艾萨克森(2017). 创造性问题解决之道 [M]. 孙汉银, 译. 北京: 北京师范大学出版社: 8.

[34] Strijbos, J. W., & De Laat, M. F.(2010). Developing the role concept for computer-supported collaborative learning: An explorative synthesis[J]. *Computers in Human Behavior*, 26(4): 495-505.

[35] Sun, C., Shute, V. J., Stewart, A. E., Beck-White, Q., Reinhardt, C. R., Zhou, G., . . . & D'Mello, S. K. (2022). The relationship between collaborative problem solving behaviors and solution outcomes in a game-based learning environment[J]. *Computers in Human Behavior*, 128: 107120.

[36] Sun, C., Shute, V. J., Stewart, A. E., Yonehiro, J., Duran, N., & D'Mello, S.(2020). Towards a generalized competency model of collaborative problem solving[J]. *Computers & Education*, 143: 103672.

[37] Swiecki, Z., Ruis, A. R., Farrell, C., & Shaffer, D. W.(2020). Assessing individual contributions to collaborative problem solving: a network analysis approach[J]. *Computers in Human Behavior*, 104: 105876.

[38] Tang, Y., Du, X., Hung, J. L., Li, H., Tang, H., & Xie, Y. (2024). Exploring the effects of roles and group compositions on social and cognitive interaction structures in online collaborative problem-solving[J]. *Education and Information Technologies*: 1-32.

[39] Tu, Y. F., & Hwang, G. J. (2023). University students' conceptions of ChatGPT-supported learning: a drawing and epistemic network analysis[J]. *Interactive Learning Environments*: 1-25.

[40] Urban, M., Děchtěrenko, F., Lukavský, J., Hrabalová, V., Svacha, F., Brom, C., & Urban, K.(2024). ChatGPT improves creative problem-solving performance in university students: An experimental

study[J]. *Computers & Education*, 215: 105031.

[41] Wang, X., Huang, Z., Xu, T., Li, Y., & Qin, X.(2023). Exploring the future design approach to ageing based on the double diamond model[J]. *Systems*, 11(8): 404.

[42] 吴庆余(2006). 基础生命科学 [M]. 北京: 高等教育出版社: 374.

[43] 徐升, 佟佳睿, 胡祥恩(2024). 下一代个性化学习: 生成式人工智能增强智能辅导系统 [J]. *开放教育研究*, (2): 13-22.

[44] 杨南昌, 覃稔, 梁慧芳, 刘晓艳(2024). 深度学习促发素养生成的过程机制与实现路径 [J]. *开放教育研究*, 30(5): 36-46.

[45] 姚佳佳, 李艳, 刘明月, 马志强(2024). 可视化实时协作场景中群体深度学习发生的多维特征挖掘研究——基于三组不同协作习惯的个案分析 [J]. *电化教育研究*, (10): 92-100.

[46] Yıldız, T. A.(2023). The impact of ChatGPT on Language Learners' Motivation[J]. *Journal of Teacher Education and Lifelong Learning*, 5(2): 582-597.

[47] 袁维新(2010). 国外创造性问题解决模型研究 [J]. *外国教育研究*, 37(7): 6-11.

[48] 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 [J]. *开放教育研究*, 30(3): 63-73.

[49] 詹泽慧, 季瑜, 梅虎, 李通德, 李圆敏(2023a). 打开创新人才培养的“黑箱”: 创新性问题解决的过程模型与技术赋能 [J]. *现代远程教育研究*, 35(5): 75-85+103.

[50] 詹泽慧, 季瑜, 牛世婧, 吕思源, 钟焯妍(2023b). ChatGPT 嵌入教育生态的内在机理、表征形态及风险化解 [J]. *现代远程教育*, (4): 3-13.

[51] Zhang, P., & Tur, G.(2024). A systematic review of ChatGPT use in K-12 education[J]. *European Journal of Education*, 59(2): e12599.

[52] Zhang, S., Gao, Q., Sun, M., Cai, Z., Li, H., Tang, Y., & Liu, Q.(2022). Understanding student teachers' collaborative problem solving: Insights from an epistemic network analysis (ENA) [J]. *Computers & Education*, 183: 104485.

[53] 张天艺(2022). 《逻辑哲学论》中的无意义界定问题——传统解读与决然解读之争 [J]. *世界哲学*, (6): 137-147.

[54] 张屹, 林裕如, 周平红, 陈邓康, 高晗蕊(2024). 基于社会认知网络分析的学习者协作问题解决能力发展研究 [J]. *现代远程教育*, (2): 42-52.

[55] 钟志贤(2005). 论教学设计中的连续统思维 [J]. *电化教育研究*, (4): 53-57+62.

(编辑: 李学书)

The Teaching Characteristics of Human-Machine Co-Creation: A Study on Cognitive Development and Role Interaction

JI Yu, YANG Ya & ZHAN Zehui

(School of Educational Information Technology, South China Normal University,
Guangzhou 510631, China)

Abstract: *This research constructed a creative problem-solving model for human-machine collaboration (HMC-PISC) and conducted an 8-week teaching experiment to test it. Using Event Network Analysis (ENA) and Social Network Analysis (SNA) to explore Human-Machine interaction data, the research revealed the characteristics and rules of Human-Machine co-creation in teaching. The results showed that all students' cognitive networks exhibited a stable “house-shaped” structure in cognitive development. The question-and-answer dialogues of the students in the high-level group were dominated by “knowledge problems,” with cognitive development trajectories resembling an “∩” shape. Their cognitive network structure was tight and balanced, with a strong connection strength. In contrast, the low-level group focused more on non-knowledge-based problems, showing “∪” shaped with cognitive development trajectories and a looser network structure with weaker connections. In role interactions, the high-level group, as a balanced community, fully utilized ChatGPT's role as a “provider,” facilitating the flow and convergence of ideas between “Human-Machine-Human” interactions. The low-level group, composed of dispersed and power-struggle communities, marginalized ChatGPT, relying mainly on “Human-Human” interactions. In the future, to promote the transition from low to high-level Human-Machine, co-creation can be facilitated through three pathways: “Can-Do,” “Will-Do,” and “Competent-Do,” fostering innovative talents equipped for Human-Machine collaboration.*

Key words: *ChatGPT; human-machine collaboration; creative problem solving; cognitive network analysis; social network analysis*