

人机协同的复合脑启发:群体认知失调情境下 学习者生理—心理—行为耦合的新模式

韩中美, 张 歆

(浙江师范大学 浙江全省智能教育技术与应用重点实验室, 浙江 金华 321004)

[摘 要] 教育元宇宙、生成式人工智能等新一代人工智能是群体认知联结与跃升的驱动力,其(外脑)协同人类智慧(内脑)解析群体生理—心理—行为作用过程,为缓解群体认知失调提供人机复合脑启发的新思路。群体认知失调因个体与群体观点分歧、新旧经验悖离等触发,其协调是人类学习与心智发展的基础。然而,当前研究多聚焦个体认知,鲜有涉及群体认知失调的生理、心理等多维要素,尤其在人机复合脑下,其耦合机制仍不清晰。因此,文章厘清群体认知失调内涵及其在学习者生理、心理和行为层面的全过程耦合特征,明确人机协同复合脑对群体认知失调的调节作用,阐明复合脑在生理(感知脑)、心理(认知脑)和行为(执行脑)层面的启发机制,并解析“生理—心理”“心理—行为”和“生理—行为”三个耦合调节过程,提出人在旁路(辅助)、人在回路(共生)和人在领路(主导)三种耦合新模式,凸显人机复合脑助力学习者适应失调的潜力。

[关键词] 人机协同; 复合脑; 群体认知失调; 生理—心理—行为耦合

[中图分类号] G434

[文献标志码] A

[作者简介] 韩中美(1990—),女,江苏宿迁人。副教授,博士,主要从事人工智能教育以及学习者认知与情感研究。

E-mail:zm.han@zjnu.edu.cn。

一、引 言

群体认知失调是由于个体与群体之间观点分歧或理解差异,以及个体行为与群体期望之间不匹配而触发的旧经验和新知识悖离、认知的外显活动/结果与内隐活动/状态不一等心理状态,其有效协调是人类学习与心智发展的基础。2023年,教育部印发的《学习型社会建设重点任务》明确强调,形成覆盖各年龄段和职业群体的学习网络^[1]。2024年,习近平总书记在全国教育大会上擘画教育强国建设必须培养全面发展的人^[2]。由此,全面学习型社会以及教育强国的建设离不开群体认知的全面进阶。群体认知作为对自我和外部群体进行感知、理解、判断和决策等心智活

动的最基本心理过程与结果,其失调是推动群体智慧生成和实现共同进步的重要动力^[3],也极易导致认知困扰、心理不适、决策困难等问题^[4]。因此,群体认知失调具有“双向性”,既是促进机体协同进步的重要契机,也是制约知识整合与合作效能的潜在障碍,其高效理解和调节对个体心智全面发展与群体提质起着至关重要的作用。

教育元宇宙与生成式人工智能等新兴技术的快速演进,促使人机协同成为缓解群体认知失调的重要支点,开启了人(内脑)机(外脑)高度协同(复合脑)的认知学习数智时代。群体智能作为AI发展的关键方向,已被写入2023年中共中央、国务院印发的《数字中国建设整体布局规划》,该规划强调提升群体智能

基金项目:2025年国家自然科学基金面上项目“协作学习中基于混合超图神经网络的多层级认知失调发现与协调机制研究”(项目编号:62407749);2022年浙江省自然科学基金青年项目“多模态协同交互中学习者具身情感不确定性因果推理研究”(项目编号:LQ22F020023)

以支撑高质量教育与智慧社会建设。然而,单纯依赖学习者个体内脑,已无法胜任群体失调情境下认知学习需求,将智能技术构成的智能体作为“外脑”,正逐步具备感知、推理与决策等能力;当其与人类“内脑”协同作用,形成复合脑思维^[9],能够在复杂群体环境中解析认知动态、支持信息过滤与推理机制,从而缓解认知失调所导致的集体行为扭曲。作为群体情境中联动学习者身心的复杂认知,认知失调涉及学习者在生理、心理和行为层面的相互作用和协调,因此,学习者生理—心理—行为耦合是帮助学习者在与智能体协同中主动判断、决策与调整,持续建构面向认知失调的心智结构。

耦合效应是群体情境中两个或以上的学习者个体通过生理、心理和行为等相互作用而彼此影响,从而联合起来产生认知增力的现象^[6]。面向群体认知失调的复杂耦合效应强调智能体作为外脑解析学习者行为、生理和心理联动的全过程,要解决的是智能技术载体(外脑)“正确地做事”,促进学习者(内脑)面向群体认知失调自适应判断“做正确的事(杂)”,最终实现复合脑思维下基于生理—心理—行为一体化的群体认知失调的缓解。然而,已有研究缺乏在群体认知失调的情况下有效建立耦合机制的方法,同时对于如何在复合脑系统中缓解因群体认知失调引发的决策偏差问题仍存在空白^[7]。因此,本文将探讨复合脑赋能下群体认知失调全过程的生理—心理—行为耦合特征及其耦合下的调节过程与模式,以支持复合脑结构中信息的高效传递与多主体间的协同。

二、群体认知失调:学习者生理—心理—行为的耦合特征

生成式人工智能、教育元宇宙等智能技术使得协作学习者置身于人机协同环境中,当认知个体或群体

在生理、心理、行为等要素间出现“非配合性”关系时,易引发认知失调。为破解这一难题,应厘清其内涵及三要素耦合机制,联动内脑与外脑构建适应数智时代的人机协同复合脑,提升认知一致性,促进个体与群体的全面发展。

(一)群体认知失调的内涵

认知失调是指个体在信息处理过程中,由于信息不完整、不一致或不准确而引发的认知与态度间的矛盾。具体而言,它是由观念、信仰、价值观等因素引发的知觉不兼容状态,表现为行为冲突,或与未来事件的期望产生矛盾。学习群体是认知失调的主要来源^[8],特别是在数智时代,个体与群体之间的观点与行为差异成为典型的失调情境。因此,厘清群体认知失调的内涵对于促进群体智慧的有效涌现至关重要。

群体认知失调是认知失调在群体情境中的延伸,指个体在群体互动中因观点、态度或行为差异产生的心理冲突^[9]。在此情境下,个体通常调整认知以维持群体协调。譬如“群体思维”理论指出,群体中高一致性要求会使个体压抑独立判断,避免冲突而违背自我意愿。在外界影响较弱时,个体更易保持独立思维^[10]。当“群体一致性压力”与“个体认知偏好”冲突时,便形成群体认知失调^[11]。因此,本文将群体认知失调定义为因任务交互中群体成员间内外部认知不一致或矛盾引发的心理冲突状态,并从“个体内部失调”与“个体与群体间失调”两个维度构建了群体认知失调类型框架(见表1)。

表1阐述了群体认知失调的类型和内涵,及其对群体学习与协作的影响。本文将群体认知失调划分为个体内部的认知失调及群体与个体间的认知失调。个体内部的认知失调侧重个体内在心理状态的失衡而非群体的直接影响,表现为信念冲突和预期与行为后

表 1 群体认知失调类型及其内涵

类别		定义	典型表现
个体内部	接触新信息造成的失调	个体在接触到与现有认知相矛盾的新信息时产生的失调	质疑或否认新信息
	信念不一致失调	个体在持有相互矛盾的信念时产生的失调	信念辩护或忽视
	期望不一致失调	个体在期望与现实不一致时产生的失调	期望辩护或现实否认
	行为后果失调	个体在行为产生负面后果时产生的失调	行为辩护或后果否认
	决策后失调	个体在做出决策后,面对与决策相矛盾的信息或反馈时产生的失调	为决策辩护,忽视负面反馈
个体与群体间	目标冲突失调	个体在追求不同目标时产生的不一致或矛盾,常与群体目标相关	优先考虑某些目标而忽视其他目标
	角色冲突失调	个体在不同社会角色间的行为或信念不一致时产生的失调	行为上的矛盾或混淆
	社会支持失调	个体发现自己的态度或行为与所属群体的规范不一致时产生的失调	改变立场以适应群体
	价值观冲突失调	个体的核心价值观与群体的新信息或行为不一致时产生的失调	价值观辩护或攻击
	强制服从失调	个体在外部压力下做出与自己态度不一致的行为时产生的失调	行为服从但内心抵触

果的脱节,最终导致辩护行为,反映个体心理状态由外向内的影响过程^[12];群体与个体间的认知失调关注个体与群体的关系,强调在群体压力下,个体对态度与行为的调整,表现为目标冲突、角色期望冲突和群体规范冲突,最终演变为强制服从的心理应对过程,体现个体与群体关系的递进变化^[13]。

(二)群体认知失调全过程的生理—心理—行为耦合特征

群体认知失调的产生与演化并非单一维度下的心理现象,而是涵盖生理反应、心理变化与行为调节的动态耦合过程。生理、心理与行为三个层面在群体情境中相互交织与反馈,形成复杂的联动系统。三个层面间的耦合关系共同构成群体认知失调的生理—心理—行为特征,为理解群体失调机制提供了关键视角。

生理—心理耦合特征表现为生理与心理状态的紧密关联。生理紧张加剧心理压力,群体动力下降进一步强化生理反应,形成自我强化的反馈循环。从神经生物学角度来看,脑电活动模式(如 Delta-beta 耦合)与情绪调节能力相关,可作为评估焦虑等失调现象的非侵入性指标^[14]。在共同压力下,群体成员的生理同步性增强,皮肤电活动与心理努力呈正相关^[15],群体认知压力因此受生理与群体互动氛围的双重影响。为缓解失调,群体通过外部信息或讨论达成共识,减少不确定性^[16]。

心理—行为耦合特征强调群体心理状态对行为的驱动作用。个体通过模仿群体行为或自我说服调整行为,恢复认知平衡。个体在个人信念与群体压力间挣扎,最终顺应群体期望以减少认知不适^[17]。研究表明,个体的情绪状态会影响其在联合任务中的角色适应与行为效率^[18],这表明行为受到内在动机与群体情绪氛围的双重调节作用,且规律性的行为有助于调节情绪反应与压力感知^[19],进一步体现心理—行为的自我修复机制。由此可知,群体内部一致性的形成,部分地建立在心理推动下的行为趋同过程之上。

生理—行为耦合特征聚焦行为变化与生理状态的反馈调节。生理与行为的同步性^[20]能够预测个体的选择行为,尤其体现在群体学习与决策中。学习者的生理反应有助于理解个体间的认知共享与群体行为,生理状态影响信息交换与群体决策。当个体改变行为以顺应群体规范时,通常会感到更加放松,减轻生理紧张,形成正向反馈并巩固新行为模式^[21]。群体内部的支持与积极互动有效降低认知失调水平,生理数据共享促进成员连接^[22],增强群体认知一致性与行为协调。

三、人机协同复合脑启发:促进群体认知失调全过程调节

群体认知失调导致的认知冲突需要个体与群体在生理、心理、行为层面的全面调节。由于个体难以及时识别认知偏差,且群体认知变化迅速,传统依赖经验和自我调节的方法难以应对复杂场景中的一致性与适应性要求。因此,如何通过技术增强认知调节能力,优化认知过程,成为解决群体认知失调的关键。从人机协同复合脑视角来看,人工智能的进展使“外脑”(硅基生命)与“内脑”(碳基生命)深度融合,形成了“协同判断—协同调整—协同决策”的认知生态^[23]。通过深度协同,学习者借助外脑的海量数据处理与计算能力,释放认知资源用于深度思考和知识建构,从被动接收者转变为主动创造者^[24]。群体学习环境中,个体通过群体协作汇聚了多元主体(学习者、智能体等)的认知、思维等内脑智慧,协同算力、算法等外脑智能,为生理—心理—行为一体化调节提供了支撑。本文构建了面向群体认知失调全过程缓解的人机协同复合脑,以此逐步实现认知失调的感知整合、认知结构重构及决策中的共同创造与智慧共生。

(一)原理阐述:群体认知失调情境下的复合脑启发层次

智能技术作为外脑,与学习者内脑互动形成高效复合脑系统,该系统包括感知脑、认知脑和执行脑。感知脑捕捉学习状态与认知压力,提供反馈以识别群体目标;认知脑深化知识理解,优化基模结构,突破认知阈限,促进思维发展;执行脑将主观经验转化为数据驱动决策,通过意图推理和后果模拟优化决策方案,如图1所示。

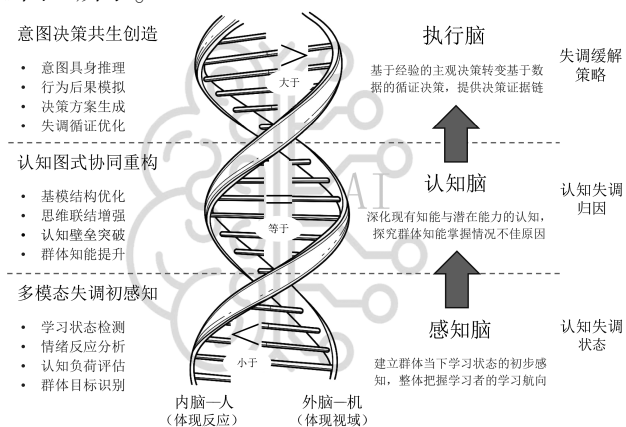


图1 群体认知失调情境下的复合脑启发三层次

1. 生理支撑的感知脑:认知失调下的多模态失调初感知

在传统教育中,学习者主要依赖内脑进行信息感

知和记忆,但面对复杂任务和信息过载时,内脑因资源有限往往无法全面把握任务,导致自我认知偏差。智能技术的介入能够融合内脑主观感知与外脑多模态数据处理能力,突破单一内脑的感知瓶颈,形成多维度、高感知的复合脑——“感知脑”。

在复杂任务和多情境下,个体对学习状态的自我感知往往滞后,传统测评难以实时捕捉状态变化。为应对这一问题,结合多模态数据(如语音、面部表情、皮肤电、心率等),外脑可持续监测群体学习状态^[25],实时识别低参与或高负荷成员并提供反馈,协助内脑调整学习策略。同时,群体任务负荷具有时变性和结构异质性,借助非侵入式传感技术(如脑电、行为捕捉)可建立认知负荷时序模型,预测高负荷点并优化任务分工^[26]。长期数据积累形成个性化学习档案,支持进展追踪与目标调整^[27]。智能外脑突破内脑感知限制,基于多模态分析动态识别个体与群体目标偏移,提供任务重定向建议,将整体目标分解为阶段性子目标,从而优化资源配置与任务策略,推动个体由被动执行者向主动协同者转变。

2. 心理关联的认知脑:认知失调下的认知图式协同重构

智能技术,特别是类脑神经网络的应用,使外部系统能够模拟人类认知过程、识别偏差并辅助知识结构重构。通过多维数据处理与语义建模,智能外脑能模拟人类的感知、记忆与推理过程,在认知过程中提供反馈调节,帮助学习者协同重构认知图式,促进信息整合与新旧知识联结,形成具有自我学习和动态适应能力的智能复合体——“认知脑”。

认知脑支持人机协同下基模结构优化与思维联结增强。在信息碎片化和结构松散的环境中,学习者基模是指学习者认知结构化知识框架,易因缺乏有效组织而出现稳定性不足,导致理解断层或知识迁移障碍。外脑通过行为数据分析追踪学习路径与信息处理模式,识别薄弱环节并输出优化建议,内脑据此调整认知图式,增强信息整合与认知稳定性。外脑借助知识图谱构建概念联结网络,揭示跨学科知识的潜在关联,通过进化计算(模拟生物进化机制的算法)动态优化图谱结构——删除冗余联结、挖掘深层关联、赋予知识路径权重,从而提升知识迁移的精准性(快速定位适配知识)与深度(跨领域应用拓展)^[28]。最终内脑结合外脑反馈,逐步构建适应性认知结构。

认知脑聚合人机群智以突破认知壁垒,提升群体知能。认知壁垒是个体在复杂知识体系中遇到的障碍,外脑通过大数据分析识别认知瓶颈并提升群体知

能。其一,外脑识别学习瓶颈并基于数据生成认知调节路径,内脑动态调整策略促进认知跃迁;其二,外脑汇总群体数据,优化任务分配与策略协同,推动知识共享与认知耦合。例如,Wei等人结合LinUCB算法、学生能力与注意力指标,进行个性化学习资源推荐,提升认知匹配度^[29]。

3. 行为赋能的执行脑:认知失调下的意图决策共生创造

在数据驱动的学习环境中,行为数据分析成为提升个体与群体决策质量的关键,揭示学习因素间的潜在关联,并为认知失调情境中的个体提供循证支持。随着生成式人工智能(AIGC)的发展,智能系统从响应型工具演变为决策辅助系统,催生出专注于意图识别、行为预测与策略优化的高阶认知调节新型高级复合脑——“执行脑”。

第一,内脑生成初步认知意图,但在信息超载或情境不确定性下,感知能力受限,需要外脑的高效数据处理进行决策补偿。外脑基于学习行为和群体互动数据推理意图、预测行为,为学习者提供个性化资源与建议,帮助个体将直觉判断转化为理性决策,从而提升决策质量与任务效率。例如,黄石华等人通过“场景”视角量化学习行为大数据,构建可量化、可解释的学习行为分析框架,揭示隐藏在行为大数据背后的学习行为规律^[30]。

第二,外脑通过多维度解析个体及群体学习行为,揭示潜在关联,并模拟不同学习路径的行为后果,帮助学习者预见决策风险。内脑基于外脑反馈进行深层次推理与归因,最终做出独立判断与决策。此过程中,外脑仅作为证据提供者(如错误数据统计、路径模拟结果),内脑始终保持决策主导权——学习者通过数据支撑增强判断精准度,而非由外脑直接决定行动方案。

第三,内外脑通过持续协同优化,建立精确的决策模式。内脑提出需求与目标,外脑基于算法提供多路径建议,双方通过反馈形成动态优化决策。该过程中,内脑保留主观判断权,外脑提供计算辅助与情境预测,最终实现决策共建与方案智慧共创。例如,Schoonderwoerd等人提出共学习(Co-learning)框架,表明群体与AI伙伴共同学习可提升问题解决与创造力的循证决策^[31]。

(二)脉络剖析:人机协同复合脑启发下学习者认知失调的耦合调节过程

随着AIGC技术的应用深化与智能算法的创新迭代,外脑在模拟人类认知、内容生成与自我学习等

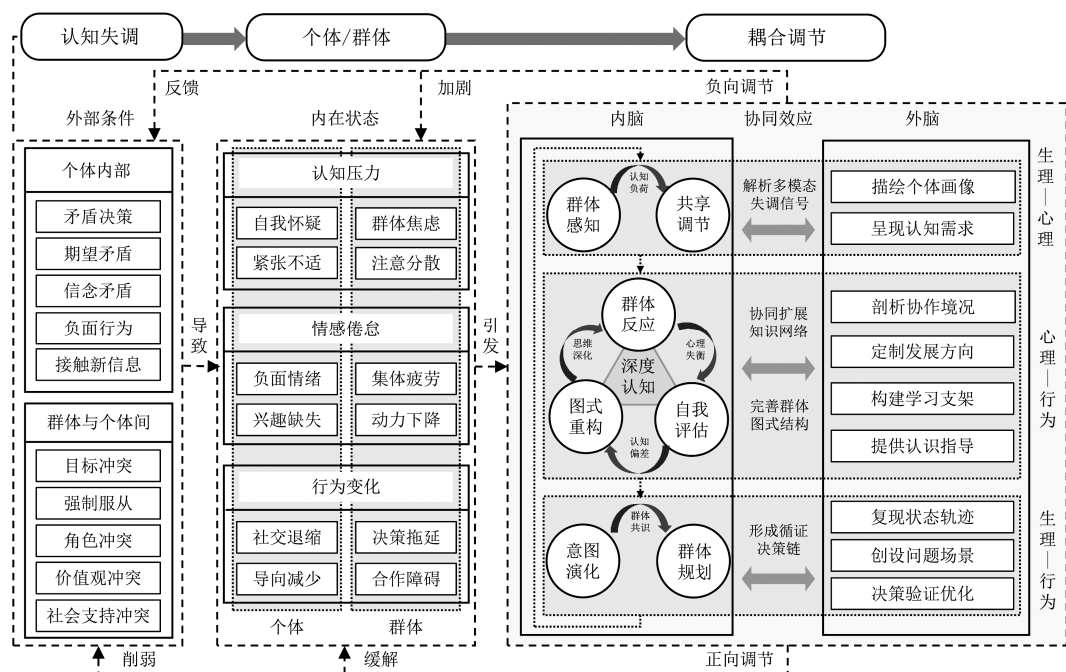


图2 人机协同复合脑启发下学习者认知失调的耦合调节机制

方面取得显著进展。凭借强大的计算与自适应能力,外脑在分担内脑认知负荷的同时,通过人机协同的方式推动认知失调的耦合调节机制探索。在此复合脑模型下,外脑实时解析个体的生理、心理与行为数据,辅助识别失调因素;内脑基于外脑的解析结果,同步调整神经认知加工模式与行为响应策略。二者通过生理—心理—行为的多维度数据耦合,协同协调情绪唤醒与行为表现的一致性,进而实现对个体认知冲突的精准疏导及群体学习生态的动态优化,如图2所示。

1. 生理—心理耦合:生理数据引导的心理状态同步调节

人机协同复合脑视角下的生理—心理耦合是指通过内外脑协同感知,基于生理数据精准识别学习者心理变化与调节需求,进而干预和缓解认知失调。通过动态监测与智能反馈,外脑为个体与群体提供基于生理指标的情绪调节支持,增强认知过程中的自我感知与群体协调能力。

其一,群体感知与个体画像的构建。应对群体认知失调的关键在于精准识别个体与群体的情绪状态。外脑通过监测心率、皮肤电等生理数据,识别情绪波动并反馈给内脑,帮助个体觉察集体情绪。结合内脑反应特征,外脑构建个体画像,生成动态心理状态信息并提供个性化调节建议,如深呼吸或短暂休息,以缓解认知压力。其二,心理状态的共享调节与动态反馈。群体认知失调通常源于个体间情绪与认知状态的不协调。外脑在感知个体状态的基础上,整合分析群体的心理与生理信号,识别情绪趋势并反馈给各成员

内脑,帮助个体理解集体情绪氛围与自身反应的合理性。当个体感到孤立或压力时,外脑会推送鼓励其参与团队互动的建议,增强归属感并改善认知协调,从而提升学习积极性与效率。

2. 心理—行为耦合:认知图式与行为表现的一致性强化

人机协同复合脑视角下的心理—行为耦合机制旨在通过内外脑的协同,促进学习者认知图式与行为表现的一致性。外脑基于实时监测的数据(如参与度、反馈速度、情绪波动等),识别学习过程中的认知障碍与情境压力,向内脑提供定制化反馈,支持学习者对行为策略进行调整,缓解因群体认知失调带来的行为偏差。

其一,群体反应与自我评估的互动机制。个体通过群体反馈调整认知与行为,外脑监测群体情绪与行为,识别关键情境因素并反馈至内脑,帮助理解群体情绪背景,明确角色与优化策略。群体出现负面情绪时,外脑提供引导建议,如启动辅导对话,增强个体对群体互动的信任感,缓解认知压力^[32]。其二,外脑的情境分析与学习路径优化。外脑基于行为数据(反馈速度、错误率等)精准定位认知失调的成因,提供情绪疏导、知识补充或任务重构等调节支持。研究表明,智能分析工具可通过可视化认知与社交信号引导学习者识别并化解潜在冲突,构建共享知识结构^[33]。其三,知识网络扩展与图式结构完善。外脑整合群体知识资源,协助内脑识别知识间深层联系,构建系统化认知网络,动态追踪学习进展,识别薄弱图式,提出定向建

议以促进内脑认知结构微调,实现新旧知识整合与持续优化,减轻学习障碍。

3. 生理—行为耦合:生理反馈实现的行为决策协调优化

复合脑视角下的协同决定是指内外脑协同测评生理状态,指导行为决策。外脑分析生理数据,提供即时反馈,辅助学习者调整行为以适应特定情境。持续的监测和优化促进内外脑协同,提升学习者的行为适应性和协调性,形成决策链。

其一,生理—行为耦合的核心在于个体如何在外脑监测下调整行为意图与学习目标。外脑通过采集生理数据(如心率)识别高压状态,并向内脑推送优化建议(如降低任务强度、休息),帮助个体优化注意力与行动路径。群体层面,外脑整合成员状态,调整任务与资源分配,确保目标协同适应。研究表明,结合脑电特征、CSP与SVM模型可有效识别学习者隐式意图,提升交互精准度^[34]。其二,外脑基于历史数据复现个体状态轨迹,识别行为偏差与决策误区,提供低风险训练机会,帮助学习者反思经验、优化策略,预防认知失调带来的协作障碍。其三,外脑持续采集多模态数据,动态识别非最佳学习状态并提供个性化建议,促进内脑优化调节机制。通过长期反馈积累,学习者逐步形成循证决策链,能自主调节状态以应对复杂任务^[35]。

综上所述,个体与群体在学习中共受压力、焦虑和协作不畅等外部认知失调因素影响,导致认知—情感失衡,进而影响学习效果。在此过程中,内脑与外脑通过协同构建反馈机制调节心理状态。正向调节有助于缓解失调、恢复心理稳定并增强认知与行为一致性;负向调节则可能加剧焦虑和负面认知,削弱自我

调节能力,阻碍学习的顺利进行。因此,充分发挥人机协同复合脑中的个体调节作用,对于学习者应对负面反馈至关重要。

四、人机协同复合脑启发:群体认知失调的耦合新模式

人机协同学习的核心在于借助智能技术促进高质量学习与学习者自我发展,从而构建面向未来的复合脑。然而,在学习生态中,个体的主导性常被技术弱化,易产生“去技术无能化”与依赖问题^[36]。基于此,本文提出人机协同复合脑启发下学习者生理—心理—行为耦合模式(如图3所示),通过深度整合人类主体感知与机器智能,增强群体认知一致性与智慧协同。

该模式强调生理信号、心理状态与行为表现的三维耦合。生理信号如脑电活动和心率波动可作为认知失调的早期指标,反映个体的应激与负荷状态。通过外脑实时监测和反馈,可在失调加剧前提出干预建议,调整任务安排。心理层面,认知冲突伴随负面情绪,干扰群体认知协调。外脑借助情绪识别技术(如表情分析、语音情感识别等)调节个体情绪,减少认知偏差,促进认知趋同。行为层面,外显的生理—心理耦合表现帮助调整任务分配与协作策略,避免行为失调影响群体效率与一致性。

该模式融合“人在旁路”“人在回路”“人在领路”三种角色,构建动态协作机制,适应不同任务与认知需求。“人在旁路”侧重数据监测与辅助预警,及时识别潜在认知失调信号并提出干预建议;“人在回路”作为审核者与反馈者,验证并调整外脑方案,确保决策合理且适应群体需求;“人在领路”引导整体决策方向,借助情感计算与协同优化技术推进群体目标。在群体认知

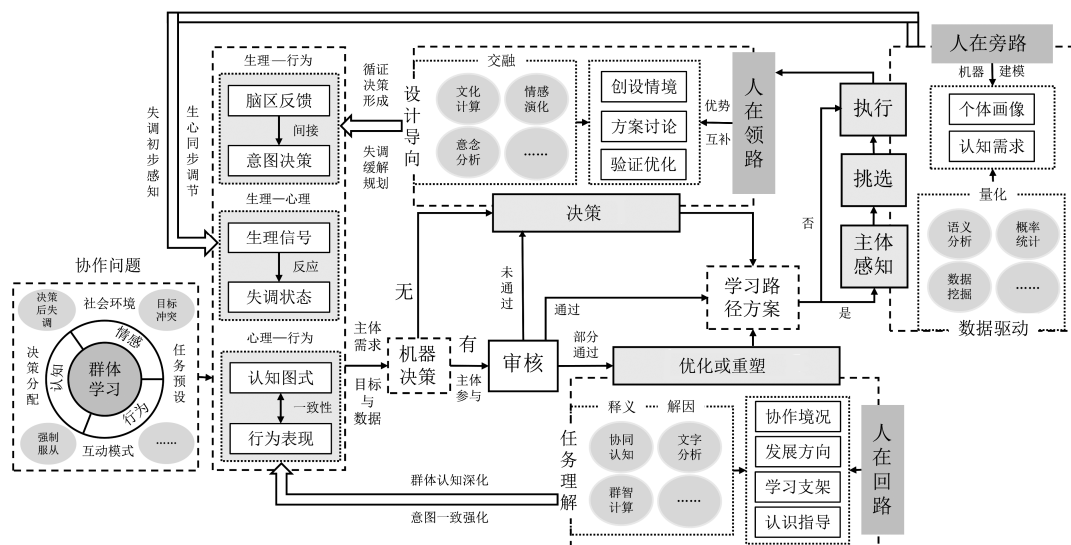


图3 人机协同复合脑启发下学习者生理—心理—行为耦合的新模式

失调初期,“人在领路”模式识别核心问题并主动干预,提出前瞻性解决方案,使群体学习效率最大化。

(一)人在旁路:辅助性复合脑启发模式

“人在旁路”依托外脑强大的处理能力,承担监控与反馈任务,为人机协作的高效运行提供支持。此模式下人类更多依赖外脑提供的信息完成决策,角色趋于被动,主要负责观察与辅助,保障系统执行的稳定性;外脑通过语义分析、情感计算与数据挖掘技术,深入分析个体生理、心理与行为数据,自动识别认知失调风险,动态调整任务策略,保障系统持续高效运作。

其一,数据感知与信息处理的支撑角色。在“人在旁路”模式下,数据感知和信息反馈主要由外脑主导,内脑依赖于外脑所提供的情境化信息来支持任务决策。外脑通过多模态数据的监测与分析,实时感知群体成员的生理与情感状态,并通过数据建模生成精准的反馈,从而辅助内脑在复杂环境中做出高效决策。当某成员的认知负荷增加时,外脑能够基于生理信号主动识别并进行信息优先级调整,从而缓解内脑的负担,保证决策流畅。例如,在多智能体系统中,外脑可以通过模拟前额叶皮层的活动模式来优化任务分配和执行策略,从而提高群体的整体效率和响应能力^[37]。此过程中,内脑主要依赖外脑的分析与反馈,以确保决策的科学性和准确性。

其二,异常监控与预警机制的构建者。“人在旁路”模式强调外脑的主导地位。外脑通过实时监测群体成员的生理信号(如脑电波、心率)和情绪波动,帮助个体内脑快速识别认知失衡或情绪冲突的早期迹象,并自动发出干预信号,以防止潜在风险扩散。当个别内脑在任务执行过程中出现负荷超载的情况,外脑

会自动调整任务优先级或提供干预建议,以确保群体的协同稳定性和效率,从而避免整个群体因个体问题引发整体认知失调。在这一过程中,人更多地作为系统的被动观察者,仅在必要时进行简单确认,核心任务和决策则依赖外脑强大的计算能力与大数据分析能力来保障整个系统的高效运作。

(二)人在回路:共生性复合脑启发模式

“人在回路”模式的核心是通过引入人类实时反馈并保留决策权,动态优化外脑决策过程,提升其自适应与智能水平(如图4所示)。该模式通过持续交互融合人类认知与调整,优化外脑的学习路径与任务执行能力。人类既是参与者,还充当冲突调解者与目标校正者。外脑依据反馈调整策略,内脑处理不确定信息,增强灵活性与适应性。图4中的“生成决策—调节权重—反馈信息”流程展示了人机协同如何应对群体认知失调等问题,优化外脑学习过程并提升群体决策效率与准确性。

其一,认知失调的调节与反馈机制增强。图4中“矛盾决策、目标冲突、角色冲突”等元素揭示了“人在回路”的首要职责,即通过人类的认知参与和反馈调节机器学习过程,缓解群体认知冲突。传统机器学习依赖预设规则和数据,难以处理复杂情感交互和认知差异,而智能外脑借助人类反馈,在认知引导下灵活适应复杂情境^[38]。在人类内脑干预外脑决策时,尤其在目标和角色冲突下,内脑通过情感计算与社会化认知经验优化外脑判断,使决策更符合情境与个体需求。内脑的反馈融入外脑决策循环,帮助外脑准确解析复杂情境。当认知失调发生时,内脑主动介入,调整学习路径,避免情感或认知偏差导致决策失误,从而

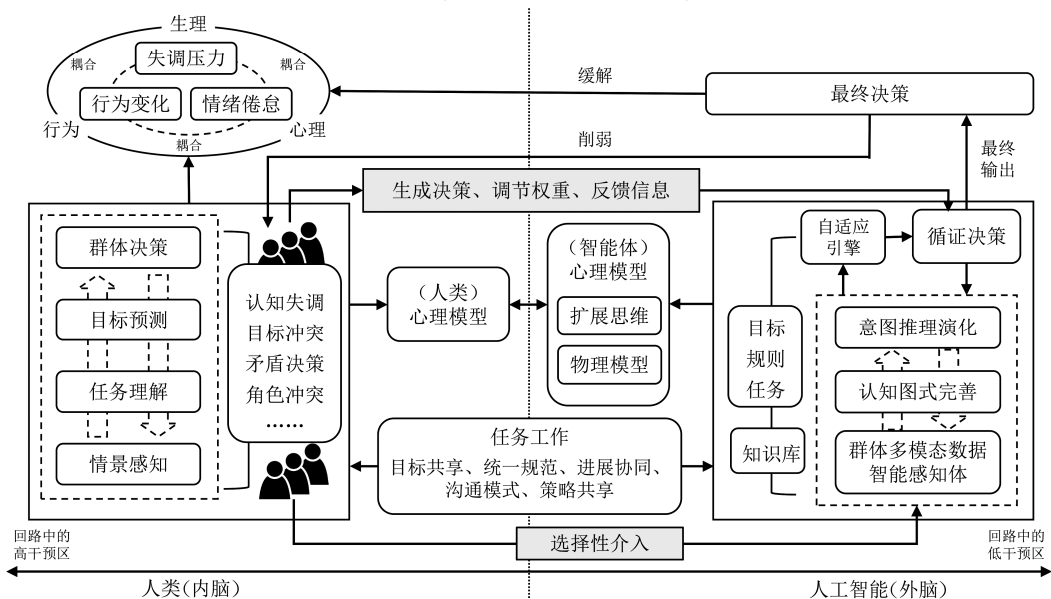


图4 人在回路共生性复合脑启发模式

实现人机协同下的精准决策。

其二,任务目标的协同定义与权重调节。“人在回路”模式的第二大职责在于任务目标的协同定义与权重动态调节。图4中的“生成决策、调节权重、反馈信息”闭环展示了内脑如何管理角色冲突和调整目标以优化机器决策。机器通常依赖预设规则和目标,但在动态环境中难以灵活调整,而人类的参与为这一过程引入了适应性。当目标冲突或策略失效时,内脑实时调整任务优先级和权重,确保人机双方目标导向的一致性。图4中的“情景感知”和“目标预测”显示任务目标在机器与人类协同下的更新。内脑根据任务进展修正优先级,避免因目标失调导致低效协作。尽管外脑依赖知识库进行判断,数据稳固但可能不全面,内脑可实时进行二次评估和修正任务,确保决策精准与执行合理。外脑通过反馈不断完善“知识库”与“决策库”,内脑提供调节支持,优化决策模式。

其三,知识库与决策库的构建与动态更新。“人在回路”的核心职责是帮助机器构建、更新知识库和决策库,确保机器通过群体互动和任务执行不断学习,提升智能感知与认知推理能力。图4中的“意图推理演化”和“认知图式完善”反映智能外脑在更新知识库时的需求,即依靠人类反馈提升数据处理与认知图式能力。内脑提供实时反馈,注入灵活与创造性的认知模式,特别在模糊任务中提供决策建议,外脑将这些转化为知识库规则,增强认知推理能力。在群体认知失调情境下,内脑快速识别失调根源,帮助外脑更新知识图谱,逐步使外脑脱离固定规则,具备独立应对复杂任务的能力。

(三)人在领路:主导性复合脑启发模式

“人在领路”模式强调人类作为决策核心,引导协作方向并制定战略规划。内脑作为主导决策者,赋予了人类在应对复杂问题中的核心地位,尤其在面对群体认知失调情境时,设定任务目标、引导决策路径,并结合情感与创新驱动支持,确保协作系统朝预定目标推进。人类的创造性与适应力弥补了外脑在复杂、非结构化情境中的不足。

其一,战略指引与复杂情境中的决策主导者。“人在领路”的首要职责是为群体提供战略性指引,内脑在其中发挥主导作用。特定大脑区域通过编码目标接近度和方向信息引导任务进程。内脑结合外脑的数据分析与社会化认知经验制定协作战略,确保群体稳步向目标推进。尽管外脑擅长结构化任务,复杂情境下仍需依赖内脑的情感判断与社会理解。认知冲突发生时,内脑通过任务重构与情境分析提出解决方案,并利用情感引导技术促进群体认知一致性。内脑的认知控制能力使其在复杂情境中引导决策方向,外脑则通过结构化数据分析为决策提供实时反馈。

其二,情感领导与创新驱动的核心角色。群体协作中,“人在领路”模式提供战略指引的同时,还负责情感领导与创新驱动。情感因素在决策中的重要性尤为突出,尤其在认知失调或冲突情境下,情感失衡会抑制协作效率与决策质量。内脑通过情感计算与引导技术实时调节群体情绪,确保协作高效与和谐。当情绪波动时,内脑借助外脑数据调整策略,保持团队合作;同时,作为创新引领者,内脑推动群体突破思维惯性,完成创新任务。面对创新瓶颈时,内脑结合外脑的数据分析,提出创造性解决方案,确保决策具有独特性并适应环境变化。外脑通过更新知识库与决策库提升智能感知与预测能力,为内脑提供高精度支持,优化决策与创新任务执行。

五、结束语

人机协同复合脑模式为教育带来新机遇,突出学习者的主体性与自我调节能力。本文探讨了群体认知失调对学习的影响,并分析了复合脑在人机协同调节中的作用。在“人在旁路”模式中,外脑帮助学习者掌握自我调节策略;在“人在回路”模式中,学习者根据外部信息自主调整学习路径;在“人在领路”模式下,学习者完全掌控过程,实现个性化与创新。未来,复合脑模式将推动个性化、精准化学习支持体系的构建,教育者与研究者应优化人机协同结构,满足群体学习,助力全面发展。

[参考文献]

- [1] 中华人民共和国教育部. 教育部关于印发《学习型社会建设重点任务》的通知 [EB/OL]. (2023-08-30)[2025-01-19]. http://www.moe.gov.cn:8080/srcsite/A07/zcs_cxsh/202309/t20230914_1080240.html.
- [2] 中华人民共和国教育部. 2024年全国教育工作会议召开 [EB/OL]. (2024-09-10)[2025-01-19]. http://www.moe.gov.cn/jyb_zzjg/huodong/202401/t20240111_1099814.html.
- [3] 朱珂,吴雅欣,高清慧. 知识建构社区群体认知涌现的系统建模及仿真分析[J]. 电化教育研究, 2024, 45(10): 58-64.
- [4] HARMON-JONES E, HARMON-JONES C, LEVY N. An action-based model of cognitive-dissonance processes [J]. Current

- directions in psychological science, 2015,24(3):184-189.
- [5] 韩悦,赵晓伟,沈书生. 人机协同调节:复合脑视角下自我调节学习的新路径[J]. 电化教育研究,2024,45(5):20-26,34.
- [6] KOGAN B, GARCÍA-MARCO E, BIRBA A, et al. How words ripple through bilingual hands: Motor-language coupling during L1 and L2 writing[J]. Neuropsychologia, 2020,146:107563.
- [7] BARRAZA P, PEREZ A, RODRIGUEZ E. Brain-to-brain coupling in the gamma-band as a marker of shared intentionality[J]. Frontiers in human neuroscience, 2020,14:295.
- [8] FOULDS G A. A Theory of cognitive eissonance[J]. American journal of psychology, 1963,207(4):2112-2114.
- [9] FESTINGER L. The motivating effect of cognitive dissonance[J]. Assessment of human motives, 1958:65-86.
- [10] 崔诣晨,谈晨皓,刘青玉,等. 冲突视阈下类别信息与个体信息知觉负载的认知控制效应[J]. 心理学探新,2021,41(6):547-553.
- [11] SZANTO T. Collaborative irrationality, akrasia, and groupthink: social disruptions of emotion regulation[J]. Frontiers in psychology, 2017,7:2002.
- [12] KERNIS M H. Toward a conceptualization of optimal self-esteem[J]. Psychological inquiry, 2003,14(1):1-26.
- [13] SCHELENKER B R, WEIGOLD M. Interpersonal process involving impression management[J]. Annual review of psychology, 1992, 43:133-168.
- [14] ANAYA B, VALLORANI A M, PÉREZ-EDGAR K. Individual dynamics of delta-beta coupling: using a multilevel framework to examine inter-and intraindividual differences in relation to social anxiety and behavioral inhibition [J]. Journal of child psychology and psychiatry, 2021,62(6):771-779.
- [15] DINDAR M, JÄRVELÄ S, HAATAJA E. What does physiological synchrony reveal about metacognitive experiences and group performance?[J]. British journal of educational technology, 2020,51(5):1577-1596.
- [16] BARNARD W A, BAIRD C, GREENWARLT M, et al. Intragroup cohesiveness and reciprocal social influence in male and female discussion groups[J]. The journal of social psychology,1992,132(2):179-188.
- [17] 龚玲,张大均. 群际失调情境中自我复杂性态度改变的关系:失调感的中介作用[J]. 中国临床心理学杂志,2019,27(6):1098-1103.
- [18] 宋晓蕾,贾筱倩,赵媛,等. 情绪对联合行动中共同表征能力的影响机制[J]. 心理学报,2020,52(3):269-282.
- [19] 蒋长好,陈婷婷. 身体活动对情绪的影响及其脑机制[J]. 心理科学进展,2014,22(12):1889-1898.
- [20] GORDON I, GILBOA A, COHEN S, et al. Physiological and behavioral synchrony predict group cohesion and performance[J]. Scientific reports, 2020,10(1):8484.
- [21] CHANEL G, MUHL C. Connecting brains and bodies: applying physiological computing to support social interaction [J]. Interacting with computers, 2015,27(5):534-550.
- [22] 单俊豪,刘永贵. 生成式人工智能赋能学习设计研究[J]. 电化教育研究,2024,45(7):73-80.
- [23] 沈书生. 适应与变革:AIGC 产品如何改变教育过程——人工智能带来的机遇[J]. 教育研究与评论,2023(3):15-21.
- [24] D'MELLO S, OLNEY A, WILLIAMS C, et al. Gaze tutor: a gaze-reactive intelligent tutoring system [J]. International journal of human-computer studies, 2012,70(5):377-398.
- [25] NAVARRO-BALLESTER A. Artificial intelligence-driven radiological biomarkers: a narrative review of artificial intelligence in meningioma diagnosis[J]. NeuroMarkers, 2024:100033.
- [26] YOO G, KIM H, HONG S. Prediction of cognitive load from electroencephalography signals using long short-term memory network [J]. Bioengineering, 2023,10(3):361.
- [27] LIU B, YUAN D. Research on personalized teaching strategies based on learner profiles in a blended learning environment[J]. International journal of information and communication technology education (IJICTE), 2024,20(1):1-23.
- [28] 郑兰琴,范云超,牛佳玉. 基于在线协作学习交互文本的跨领域知识图谱构建技术[J]. 电化教育研究,2022,43(12):70-77.
- [29] WEI X, SUN S, WU D, et al. Personalized online learning resource recommendation based on artificial intelligence and educational psychology[J]. Frontiers in psychology, 2021,12:767837.
- [30] 黄石华,武法提. 场景化分析:一种数据驱动下的学习行为解释性框架[J]. 电化教育研究,2023,44(5):51-59.
- [31] SCHOONDERWOERD A J, VAN ZOELLEN E M, VAN DEN BOSCH K, et al. Design patterns for human-AI co-learning: a

- wizard-of-Oz evaluation in an urban-search-and-rescue task [J]. International journal of human-computer studies, 2022,164: 102831.
- [32] KRAUS M, BETANCOURT D, MINKER W. Does it affect you? Social and learning implications of using cognitive-affective state recognition for proactive human-robot tutoring [C]//2023 32nd IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN). Busan, Korea:IEEE,2023:928-935.
- [33] 马志强,吕子芸,张赛宇. 迈向人机协同的协作学习——CSCL 领域智能学习分析仪表盘研究热点与前沿趋势探究[J]. 现代远程教育,2022(5):3-11.
- [34] 苗秀,侯文军. 基于隐式意图脑电解码的人机交互多任务建模研究[J]. 计算机集成制造系统, 2024,30(5):1668-1682.
- [35] 胡钦太,伍文燕,冯广,等. 深度学习支持下多模态学习行为可解释性分析研究[J]. 电化教育研究,2021,42(11):77-83.
- [36] 杨彦军,张佳慧,童慧. 数字媒介技术依赖的多学科析因及整合性阐释[J]. 电化教育研究,2020,41(8):26-32.
- [37] DUFLO G, DANOY G, TALBI E G, et al. Learning to optimize a swarm of UAVs[J]. Applied sciences, 2022, 12(19): 9587.
- [38] 于爽,叶俊民,吴林静,等. 智能协作学习环境中学习者的提问能力对认知过程的影响研究[J]. 电化教育研究,2024,45(12):75-82.

Inspiration from Human-Machine Collaborative Composite Brains: A New Model of Physiological-Psychological-Behavioral Coupling for Learners in Contexts of Group Cognitive Dissonance

HAN Zhongmei, ZHANG Xin

(Zhejiang Key Laboratory of Intelligent Education Technology and Application,
Zhejiang Normal University, Jinhua Zhejiang 321004)

[Abstract] The new generation of artificial intelligence such as the educational metaverse and generative artificial intelligence serve as the driving force for the connection and leap of group cognition. As "external brains", they collaborate with human intelligence ("internal brain") to analyze the physiological-psychological-behavioral process of the group, and provide a new human-machine composite brain-inspired approach to alleviating group cognitive dissonance. Group cognitive dissonance is triggered by factors such as the difference between individual and group perspectives, or contradictions between old and new experiences, and its coordination is the foundation of human learning and mental development. However, current research mostly focuses on individual cognition, with limited exploration of the physiological and psychological factors involved in group cognitive dissonance, especially under the human-machine composite brain, where the coupling mechanism remains unclear. Therefore, this paper clarifies the connotation of group cognitive dissonance and its coupling characteristics in the whole process of learners' physiological, psychological and behavioral levels, and defines the regulatory role of the human-machine collaborative composite brain in group cognitive dissonance. Based on this, the inspired mechanism of the composite brain is elucidated at the levels of physiological (perceptual brain), psychological (cognitive brain) and behavioral (executive brain), and the "physiological-psychological", "psychological-behavioral" and "physiological-behavioral" coupling regulation processes are further analyzed. Finally, three new coupling models, namely human-in-the-bypass (auxiliary), human-in-the-loop (symbiotic) and human-in-the-lead (dominant) are put forward to highlight the potential of the human-machine composite brain to help learners adapt to cognitive dissonance.

[Keywords] Human-Machine Collaboration; Composite Brain; Group Cognitive Dissonance; Physiological-Psychological-Behavioral Coupling