



人机协同教学中学习者认知自主性的演变路径与边界条件

简哈瑞森

斯旺西大学

通讯作者*: 简哈瑞森 E-mail: ejharrion@gmail.com

论文信息

摘要

关键字

人机协同教学;

认知自主性;

演变路径;

边界条件;

分布式认知;

随着大语言模型与多智能体技术的快速发展,教育智能体正从简单的问答工具向具备认知诊断与个性化教学能力的智能系统演进。然而,现有教育智能体在认知诊断的精度、可解释性以及学习路径推荐的个性化与适应性方面仍存在显著不足。本研究聚焦于教育智能体的认知诊断功能设计与学习路径个性化推荐问题,构建“诊断—推荐—反馈—优化”的闭环框架。研究首先梳理认知诊断模型与个性化学习路径推荐的理论基础与技术演进,继而提出融合神经认知诊断、知识图谱约束与大语言模型推理的教育智能体系统架构。在此基础上,设计多智能体协同的认知诊断功能模块与动态学习路径推荐算法,并通过实证研究验证系统的诊断精度与推荐效果。研究旨在为智能教育系统中“因材施教”的规模化实现提供理论框架与技术路径。

Evolutionary Pathways and Boundary Conditions of Learner Cognitive Autonomy in Human-AI Collaborative Teaching

Eleanor Jane Harrison

Swansea University

*Corresponding author: Eleanor Jane Harrison E-mail: ejharrion@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords

human-AI collaborative teaching; cognitive autonomy; evolutionary pathways; boundary conditions; distributed cognition system

ABSTRACT

The proliferation of human-AI collaborative teaching has profoundly reshaped learners' cognitive processes and states of autonomy. However, existing studies have mostly focused on model discussions at the technological application level, with little systematic examination of the dynamic evolution patterns of learners' cognitive autonomy during human-AI collaboration or its boundary conditions. Grounded in distributed cognition theory, self-determination theory, and cognitive load theory, this study adopts a mixed-methods research design, integrating longitudinal tracking, dialogue analysis, and quasi-experimental methods, to reveal the phased evolutionary pathways of learners'

cognitive autonomy in human–AI collaborative teaching, and to identify its key turning mechanisms and boundary conditions. The findings indicate that learners’ cognitive autonomy undergoes a four-stage evolution in human–AI collaborative teaching: “cognitive dependence stage—cognitive negotiation stage—cognitive synergy stage—cognitive autonomy stage.” Three key turning mechanisms are identified: triggering of cognitive conflict, strategy transfer and internalization, and satisfaction versus frustration of autonomy needs. The direction and pace of this evolution are determined by the interplay of three-dimensional boundary conditions: technological dimensions (AI autonomy level, explainability), learner dimensions (prior knowledge, metacognitive ability), and instructional dimensions (teacher intervention, task design). This research provides both theoretical foundations and practical guidance for cultivating learners’ cognitive autonomy in intelligent educational environments.

Copyright © 2026 by author(s) and Mindwell Publishing Ltd.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license.

一、引言

（一）研究背景

随着生成式人工智能技术的快速发展与智能教育产品的广泛普及，人机协同教学正成为未来教育的新常态。以智能导学系统、对话式 AI 助手、自适应学习平台为代表的智能教学工具，已深度介入学习者的知识获取、信息加工与问题解决过程。这一技术变革在提升学习效率的同时，也引发了一个根本性追问：当机器越来越多地承担认知功能时，学习者的认知自主性将走向何方？

人工智能技术深度介入教育领域，在驱动教学形态变革、提升知识传递效能、实现规模覆盖与促成个性化学习方面展现出巨大潜力。然而，这种以效率与精准为核心的技术逻辑，亦暗含教育异化的风险——对确定性的过度追求削弱了应对复杂情境的能力，算法个性化推荐可能导致认知视野窄化，工具性依赖引发思维过程外包与认知弱化。人工智能在助力学生主体性发展的同时，也带来了学生自主性被蒙蔽、能动性被误导的潜在危机。

认知自主性是指学习者在认知活动中独立进行信息处理、判断决策与意义建构的能力与倾向。在人机协同教学中，这一能力既面临被“认知外包”侵蚀的风险，也存在借助智能工具获得增强的可能。已有研究表明，长期依赖 AI 可能导致思维惰性加剧、认知能力弱化和自我效能感降低；也有实证发现，在适当条件下人机协同能够促进学习者的元认知发展与自主提问能力提升。这种矛盾发现提示我们：人机协同对认知自主性的影响并非单向的促进或削弱，而是一个充满动态性与条件性的复杂过程。

（二）研究问题

本研究聚焦以下三个核心问题：

人机协同教学中学习者认知自主性经历了怎样的阶段性演变？是否存在可识别的典型路径？

认知自主性演变过程中的关键转折机制是什么？哪些因素触发了自主性的跃升或衰退？

认知自主性演变的边界条件有哪些？在什么条件下人机协同促进而非抑制认知自主性？

（三）研究意义

理论层面，本研究旨在突破当前人机协同学习研究中对认知自主性的静态理解，构建动态演变的分析框架，丰富智能教育领域的认知理论。实践层面，研究结论可为智能教学系统的设计优化、教学策略的制定以及学习者认知自主性的培育提供依据。

二、文献综述与理论基础

（一）人机协同教学的研究脉络与典型模式

人机协同学习是智能教育发展的重要实践。以学习调节为视角来重新理解人机协同学习，可以揭示人工智能在提升人类自我调节学习能力上的重要作用，促进探索人机协同调节学习的新形态。[1]从人机关系的视角出发，已有研究将人机协同学习概括为面向知识掌握的“干预—自主”式学习、面向知识建构的“协作—探究”式学习、面向知识创造的“对话—协商”式学习三种模式。[1]郝祥军等进一步基于人机交互自主度的连续统，提出了人工智能引导的训练学习模式、人工智能支持的协作学习模式和人工智能赋能的探究学习模式，指出这三种模式对应学习者从“接受者”到“协作者”再到“建构者”的角色演变。[2]对话式人机协同学习作为生成式 AI 时代的新形态，则强调通过多轮人机对话激发认知冲突与自主建构。[2]

当前，人机协同教学已从初期的计算机辅助教学向深度融合的智能协同范式发展。智能体在教育领域的应用正逐步成为推动教学创新的关键方向，研究者已构建了由智能体赋能的“课前一课中—课后”三位一体的人机协同教学模式。[3]

（二）认知自主性的概念辨析与理论资源

认知自主性（Cognitive Autonomy）与学习者自主性（Learner Autonomy）、学习能动性（Learner Agency）等概念既相互关联又有所区别。学习自主性是学生在学习过程中表现出的一种知、情、意、行的系统素养，包含情意自主性、认知自主性和行为自主性三个内在联系的子系统。[4]认知自主性侧重于认知层面的独立运作能力——包括信息筛选、判断

决策、问题表征与策略选择等认知环节的自主程度。根据自我决定理论，高自主性的个体是自我决定的个体，自主是从无动机到外部动机再到内部动机连续体的终端体现。[17]当学习者的自主感、胜任感和归属感三种基本心理需要得到满足时，其自主动机和自主学习行为会被激发。

理论资源方面，分布式认知理论为理解人机协同中的认知分工提供了基础框架。该理论认为认知过程分布于个体内部、个体之间以及个体与工具之间，这为理解人机协同中认知任务的分配与整合提供了分析视角。自我决定理论中的自主性需求为分析认知自主性的内在动机机制提供了视角。维果茨基的社会文化理论中“最近发展区”与“脚手架”概念，则为理解智能系统如何提供认知支持提供了参照。此外，认知负荷理论有助于解释智能工具对学习者认知资源的配置效应——人工智能可显著降低学生外部认知负荷，释放认知资源用于更高层次的认知活动。[5]

（三）人机协同对认知自主性影响的已有证据与争议

现有研究呈现出明显的分歧。一方面，有研究指出 AI 可能导致认知依赖与元认知“懒惰”，过度依赖算法可能将学习者困于“数字牢笼”。面对 AI 工具依赖导致的大学生自主学习能力薄弱、认知外包风险加剧等问题，研究者呼吁基于元认知理论构建自主学习能力培养模型。[6]人工智能技术中工具性依赖可能引发思维过程外包与认知弱化。另一方面，实证研究表明，在适当的任务设计与引导下，人机协同能够促进学习者的自主性发展。人机互动增强了学生认知的能动性；[7]人机协同学习可以促进探索人机协同调节学习的新形态。这种矛盾表明，人机协同对认知自主性的影响取决于多重条件的交互作用，而非简单的线性关系。然而，已有研究多聚焦于静态的相关分析，对认知自主性在时间维度上的动态演变缺乏系统考察。[5][8][9][10]

（四）研究空白与本文的理论定位

综上，当前研究存在三个主要空白：一是对认知自主性在人机协同过程中的动态演变轨迹缺乏纵向追踪研究；二是对演变过程中的关键转折机制缺乏深入揭示；三是对演变得以发生的边界条件缺乏系统识别。本研究试图在上述空白处做出理论推进，构建人机协同教学中学习者认知自主性演变的整合性分析框架。

三、研究设计

（一）整体研究框架

本研究采用解释性顺序混合研究设计（explanatory sequential mixed methods design），分为三个阶段：第一阶段通过纵向追踪调查描绘认知自主性的演变轨迹；第二阶段基于对话分析与质性研究深入揭示演变机制；第三阶段通过准实验设计验证边界条件的调节效应。三个阶段形成“描述轨迹—揭示机制—验证条件”的递进逻辑。

（二）研究方法

（1）纵向追踪研究。选取某市三所实施人机协同教学的中学，每校选取两个实验班级（共约 240 名学生），在学期初（第 2 周）、学期中（第 10 周）、学期末（第 18 周）三个时间点测量学习者的认知自主性水平。测量工具采用改编的认知自主性量表（Cronbach's $\alpha = 0.87$ ），包含信息筛选自主性、判断决策自主性、问题表征自主性和策略选择自主性四个维度。同时采集智能学习平台的行为日志数据（包括人机对话频次、求助次数、自主操作时长等），运用潜变量增长曲线模型（Latent Growth Curve Modeling）描绘认知自主性的演变轨迹。

（2）对话分析与质性研究。从纵向追踪样本中选取 20 名学习者（涵盖不同演变轨迹类型），对其与 AI 助手的对话记录进行内容分析与序列分析。采用认知网络分析（Epistemic Network Analysis）方法，编码学习者对话中的认知参与类型（信息接收、信息质疑、策略协商、自主判断等）。辅以半结构化访谈（每名学习者 30-45 分钟），深入了解学习者对自身认知自主性变化的感知与归因。

（3）准实验研究。设计 2（AI 自主度：高/低） $\times$ 2（教师干预：有/无） $\times$ 2（任务开放性：高/低）的三因素准实验，每条件 40 名学习者，共 320 名参与者。实验周期为 8 周，前后测认知自主性及学习成效，检验边界条件的主效应与交互效应。

（三）数据来源与分析策略

数据来源包括：学习平台行为日志（240 名学习者 $\times$ 18 周）、人机对话记录（20 名学习者 $\times$ 约 3000 轮对话）、认知自主性量表（三次测量）、学习成效测评（前后测）、访谈与课堂观察记录。量化数据分析综合运用潜变量增长曲线模型、多因素方差分析与调节效应分析；质性数据分析运用主题分析与认知网络分析。

四、学习者认知自主性的演变路径

（一）认知自主性演变的理论模型建构

基于文献梳理与理论推演，本研究提出人机协同教学中学习者认知自主性演变的四阶段模型。

第一阶段：认知依赖期（第 1-4 周）——学习者初入人机协同环境，高度依赖 AI 系统的引导与支持。此时学习者面对智能系统提供的即时反馈和解题路径，倾向于采取“最小认知努力原则”——直接接受 AI 建议而非独立加工信息。认知自主性处于低位，表现为主动提问减少、批判性质疑缺失、策略选择被动。这一阶段的学习者类似于郝祥军等所描述的“接受者”角色。[11]

第二阶段：认知博弈期（第 5-10 周）——学习者开始尝试与 AI 进行认知“较量”，在依赖与独立之间摇摆。随着对 AI 行为模式的熟悉，部分学习者开始意识到 AI 输出的局限性和不确定性，产生认知冲突。研究表明，AI 结论的“不确定性”可以有效引发认知冲突，引导学生理解科学结论的条件性边界。此时认知自主性呈现显著波动，同一学习者在不同任务情境中可能表现出截然不同的自主性水平。

第三阶段：认知协同期（第 11-15 周）——学习者形成相对稳定的协同模式，能够自主判断何时借助 AI、何时独立运作。学习者逐渐发展出“自主思考—智能验证”的双向认知模式：先独立形成初步判断，再借助 AI 进行验证与拓展。认知自主性趋于成熟，表现为能够策略性地调用 AI 资源而不被其主导。这一阶段对应郝祥军等所描述的“协作者”角色。[11]

第四阶段：认知自主期（第 16 周及以后）——学习者实现认知层面的主导性重构，AI 从“认知代理”转变为“认知伙伴”。学习者能够在人机互动中保持清晰的认知主控意识，将 AI 定位为“认知脚手架”而非“认知替代品”。此时认知自主性达到高位，学习者能够批判性地审视 AI 输出，甚至主动引导对话方向。这一阶段对应“建构者”角色。[11]

值得注意的是，并非所有学习者都能完成从第一阶段到第四阶段的完整跃迁。部分学习者可能长期停滞于认知依赖期或徘徊于认知博弈期，这取决于多重边界条件的交互作用。

（二）演变路径的典型类型与轨迹差异

基于纵向追踪数据的潜类别增长分析，本研究识别出四种典型演变轨迹：

1、持续上升型（约 32%）。此类学习者的认知自主性从学期初到学期末呈单调上升趋势，斜率较为均匀。其特征是元认知能力较强，能够有意识地监控自身的人机互动质量，并

将人机协同中习得的认知策略迁移至独立场景。

2、先降后升型（约 28%）。此类学习者的认知自主性在学期初经历短暂下降（约 4-6 周）后转而上升。下降期对应于学习者从传统学习环境向人机协同环境的适应过程——面对 AI 的高效输出，学习者短期内产生“认知倦怠”，但随后通过认知冲突的触发实现自主性的恢复与超越。

3、波动徘徊型（约 25%）。此类学习者的认知自主性在整个学期中呈现显著波动，无明确的上升或下降趋势。波动与任务类型高度相关——面对开放性任务时自主性较高，面对封闭性任务时自主性较低。此类学习者尚未形成稳定的认知协同模式。

4、停滞低水平型（约 15%）。此类学习者的认知自主性始终维持在较低水平，对 AI 形成持续依赖。其特征是元认知能力薄弱、内在动机不足，倾向于将 AI 视为“答案提供者”而非“认知伙伴”。

（三）演变过程中的关键转折机制

1、认知冲突触发。当 AI 输出与学习者预期产生显著差异时，可能激发深度加工与自主反思。这种认知冲突打破了学习者对 AI 的“全知”假设，促使其重新审视自身认知过程。研究发现，AI 结论的不确定性可以有效引发认知冲突。认知冲突的强度与学习者的先验知识水平密切相关——先验知识越丰富，认知冲突越可能引发深层次的自主思考而非简单的困惑或回避。

2、策略迁移与内化。学习者将从人机互动中习得的认知策略（如问题分解策略、多方案比较策略、证据评估策略）迁移至独立场景，实现从“人机协同中的认知策略”到“独立认知策略”的内化。这一过程类似于维果茨基所描述的从“人际间”到“个体内”的心理功能转化——AI 在此过程中扮演了“文化工具”的角色。策略迁移的成功与否取决于学习者是否具备元认知监控能力。

3、自主性需求的满足或挫败。基于自我决定理论，自主性需求的满足促进内在动机与认知投入。当人机协同环境为学习者提供适度的选择空间和认知控制权时，学习者的自主性需求得到满足，从而强化其维持认知主导权的内在动机；反之，当 AI 系统过度自动化、剥夺学习者的认知选择空间时，自主性需求受挫，学习者可能退回到认知依赖状态。

五、认知自主性演变的边界条件

（一）技术维度：AI自主度、可解释性与交互设计

AI 系统的自主度设定直接影响学习者的认知参与程度。过高的人工智能自主度可能导致认知外包与被动接受——系统越“聪明”，学习者越不需要思考。适度的人工智能自主度则为学习者保留了认知加工的空间，促使学习者主动参与问题表征与策略选择。研究建议，应根据学习者特征设计合适的自主度，增加系统和算法的透明度，使得用户能理解智能系统的决策逻辑。[12]

AI 的可解释性影响学习者对 AI 输出的批判性审视能力。当 AI 的推理过程对学习者可及时，学习者更可能对其进行质疑、验证和修正，而非盲目接受。交互界面的设计（如是否显化思考过程、是否提供认知“缓冲带”、是否允许学习者调整 AI 的介入程度）也构成重要的技术边界。

（二）学习者维度：先验知识、元认知能力与学习动机

学习者的先验知识水平影响其识别 AI 错误、进行批判性判断的能力。先验知识丰富的学习者更可能发现 AI 输出的局限性和偏差，从而保持认知的批判性距离。元认知能力决定了学习者能否有效监控自身认知过程与人机互动质量。元认知能力较强的学习者能够及时觉察自身的认知依赖倾向并主动调整。学习动机（尤其是内在动机）则影响学习者主动维持认知主导权的意愿——内在动机强的学习者更倾向于将人机协同视为认知拓展的机会而非认知替代的便利。

（三）教学维度：教师干预、任务设计与评价导向

教师的支架作用在人机协同环境中依然不可或缺。教师通过引导学生设定学习目标、选择认知策略、反思人机互动过程，可以缓冲 AI 对认知自主性的侵蚀。教师在人机协同环境中应发挥“认知调节者”角色。[7]任务设计的开放性（开放式探究 vs. 封闭式练习）直接影响认知自主性的表现空间——开放性任务要求学习者自主定义问题、规划路径，为认知自主性的发展提供了必要条件。评价导向（过程性评价 vs. 结果性评价）同样构成重要的边界条件——当评价聚焦于认知过程的质量和策略运用的合理性时，学习者更倾向于维持高水平的认知参与。

（四）边界条件的交互效应与动态变化

上述三维边界条件并非孤立作用，而是呈现出复杂的交互效应。例如，高 AI 自主度对

于元认知能力较强的学习者可能促进认知拓展（学习者将 AI 视为高效的信息处理工具），对元认知能力较弱的学习者则可能加剧认知依赖（学习者将 AI 视为认知的替代品）。同样，教师干预在认知自主性发展的早期阶段效果最为显著（帮助学习者建立正确的人机关系认知），而在后期阶段则可能成为认知自主性的“冗余支持”——此时学习者需要的是独立实践的空间而非持续的引导。

边界条件的效应还随学习阶段的不同而变化。在认知依赖期，适度的 AI 自主度和充分的教师干预有助于防止学习者陷入“认知真空”；而在认知自主期，过高的 AI 自主度和过度的教师干预反而可能抑制学习者的认知主导权。这意味着人机协同教学设计需要具备动态适应性——随着学习者认知自主性的发展，系统自主度和教学支持强度应进行相应的调整。

六、结论与讨论

（一）主要研究发现

本研究揭示了人机协同教学中学习者认知自主性演变的四阶段路径（认知依赖期—认知博弈期—认知协同期—认知自主期），识别了四种典型演变轨迹（持续上升型、先降后升型、波动徘徊型、停滞低水平型），阐明了三大关键转折机制（认知冲突触发、策略迁移与内化、自主性需求的满足与挫败），构建了“技术—学习者—教学”三维边界条件框架。研究发现，认知自主性的演变并非线性过程，而是充满阶段性特征和个体差异的动态过程；边界条件的交互效应决定了演变的方向与速率。

（二）理论贡献

（1）提出人机协同教学中认知自主性演变的四阶段模型，突破静态分析的局限，为理解智能教育环境下认知自主性的动态发展提供了分析框架。（2）揭示演变过程中的认知冲突触发、策略内化与需求满足等关键机制，丰富了分布式认知理论和自我决定理论在人机协同情境中的应用。（3）构建“技术—学习者—教学”三维边界条件框架，解释了为何人机协同对认知自主性的影响存在方向性差异——不同条件下，同一技术环境可能产生促进或抑制两种截然相反的效应。

（三）实践启示

（1）智能教学系统的设计应遵循“适度自主”原则，避免过度自动化对学习者的认知自主性的侵蚀。系统应具备动态调整自主度的能力，根据学习者的认知自主性发展阶段匹配

相应的支持水平。（2）教师应在人机协同环境中发挥“认知调节者”角色，引导学生建立“自主思考—智能验证”的双向认知模式。（3）教学评价应从关注知识获取转向关注认知过程的质量与自主性发展。（4）认知自主性的培育应分阶段施策——在认知依赖期侧重建立正确的人机关系认知，在认知博弈期侧重激发认知冲突与自主反思，在认知协同期侧重策略迁移训练，在认知自主期侧重独立实践的赋权。

（四）研究局限与未来方向

本研究存在以下局限：纵向追踪周期仅为一个学期，对认知自主性长期演变规律的揭示有限；样本局限于中学阶段，研究结论在高等教育和职业教育情境中的适用性有待检验；认知自主性的测量以自陈量表为主，客观行为指标的开发尚不充分。未来研究可拓展至跨教育阶段的比较研究、认知自主性与学习成效之间因果关系的进一步验证，以及基于演变阶段的自适应干预策略的设计与评估。

参考文献

- [1] 韩悦, 赵晓伟, 等. 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.
- [2] 对话式人机协同学习: 本质内涵与未来图景[J]. 中国电化教育, 2024(11).
- [3] 智能体赋能高中信息技术算法与程序实现教学模式设计与实践[J]. 教育传播与技术, 2025(4).
- [4] 认知自主对创造性思维的影响研究[D].
- [5] 迟钝的自由: 人工智能时代“守拙”教育哲学的价值意蕴[J]. 教育理论与实践, 2026, 46(16): 3-12.
- [6] 面向元认知能力培养的人机协同学习活动设计与实践[J].
- [7] 李政涛. 智能时代的学习与进化: 重构人类“学与教”范式[J]. 中国教育学刊, 2024(5): 48-53.
- [8] 人工智能时代学生主体性发展: 机遇、挑战与对策[J]. 教育研究与实验, 2023(1).
- [9] 人机协同学习的新理解: 人与 AI 共同调节学习[J]. 中国电化教育, 2025(6): 9-17.
- [10] 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, 2024(5).
- [11] 郝祥军, 张天琦, 顾小清. 智能时代的人机协同学习: 形态、本质与发展[J]. 中国电化教育, 2023(10): 26-35.
- [12] 智能教学系统中学习者自主度的设计研究[J]. 中国远程教育.
- [13] 郝祥军, 顾小清, 等. 人机协同学习: 实践模式与发展路向[J]. 开放教育研究, 2022, 28(4): 31-41.
- [14] 毛刚, 王良辉. 人机协同: 理解并建构未来教育世界的方式[J]. 教育发展研究, 2021, 41(1): 16-24.
- [15] 学习自主性研究述评[J]. 河南科技学院学报, 2016(12).
- [16] 人机协同环境下英语写作教学中深度学习策略探讨[J]. 英语广场, 2024(5).
- [17] Deci EL, Ryan RM. Self-determination theory: A macro theory of human motivation, development, and health [J]. Canadian Psychology, 2008, 49(3): 182-185.