

# 人机协同学习：实践模式与发展路向

郝祥军 顾小清 张天琦 王欣璐

(华东师范大学教育学部教育信息技术学系, 上海 200062)

**[摘要]** 人工智能等技术与社会各领域的加速融合,使得人机协同成为智能时代的重要特征和发展趋势。人机协同的教与学已初具实践形态,为理解和建构未来教育世界提供了新的方式。本研究聚焦智能时代的人机协同学习,首先明确了其重要内涵,并综合现有文献系统剖析了人机协同学习的现状。其次,本研究基于人机交互的自主度变化将人机协同学习的实践模式解构为三类,即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,并以此分析了学习者的角色。最后,为推动人机协同学习的实践发展,本研究围绕人机关系建立、价值取向和伦理安全提出了具体建议,以此明确智能时代的人机协同学习发展路向。

**[关键词]** 人工智能; 人机协同学习; 学习本质; 学习形式; 实践模式; 学习者角色

**[中图分类号]** G434

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1007-2179(2022)04-0031-11

## 一、引言

随着人工智能、大数据、物联网等新一代信息技术的发展,人类社会迈入智能时代。我国《新一代人工智能发展规划》指出,人工智能加速发展,呈现深度学习、跨界融合、人机协同等新特征,大数据驱动知识学习、人机协同增强智能等更是成为人工智能发展的重点,要求探索人机智能共生的行为增强与脑机协同,发展“人在回路”的混合增强智能基础理论研究。当前人工智能还处在对人类智慧的模拟和补充发展阶段,虽然它在社会情感与价值观等方面还不能和人一样,但能胜任很多人类难以触及的任务,使得偏向理性的机器智能与人类智慧形成互补优势,“人机协同为未来人类智慧

与机器智能的互构性发展提供了新的发展土壤”(罗生全, 2021)。教育作为智能时代的重要发展领域,事关人才培养,《新一代人工智能发展规划》强调,“利用智能技术加快推动人才培养模式、教学方法改革,构建包含智能学习、交互式学习的新教育体系”。人机协同教学、人机协同学习成为智能教育实践的重要方式,也是国际公认的教育人工智能发展方向(Pedro et al., 2019)。随着智能技术深度介入教育以及教育设备的高可获得性,人机协同学习已经走进现实,彰显着自适应、智能化、个性化等特征,改变了学习者的角色。当技术成为世界的根本现象,且介入教育的过程越发自然,人机协同的教与学将成为未来教育无法回避的实践形态。恰如毛刚等(2021)所言,人机协同是理解和

**[收稿日期]** 2022-05-24

**[修回日期]** 2022-06-29

**[DOI 编码]** 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2022.04.004

**[基金项目]** 国家社会科学基金 2019 年度重大项目“人工智能促进未来教育发展研究”(19ZDA364)。

**[作者简介]** 郝祥军, 博士研究生, 华东师范大学教育信息技术学系, 研究方向: 智能教育、学习科学与技术设计(xiangjunhao001@qq.com); 顾小清(通讯作者), 博士, 教授, 博士生导师, 华东师范大学教育信息技术学系, 研究方向: 学习科学与技术、技术支持的教学创新(xqgu@ses.ecnu.edu.cn); 张天琦、王欣璐, 硕士研究生, 华东师范大学教育信息技术学系, 研究方向: 信息化教学设计。

**[引用信息]** 郝祥军, 顾小清, 张天琦, 王欣璐(2022). 人机协同学习: 实践模式与发展路向[J]. 开放教育研究, 28(4): 31-41.

建构未来教育世界的方式,而“人机协同下的智能教育世界是由学习者与智能技术在交互过程中形成的社会生态”。目前大部分研究从教师视角探讨人机协同教学,涉及教师角色(秦丹等,2020)、实践形态(周琴等,2020)、协作路径(余胜泉等,2019)等,鲜有研究从学习者视角探索人机协同学习的实践模式、分析学习者的角色。随着智能教育应用进入人们的日常生活乃至学校课堂,各类智能终端设备成为新时代人群(数字公民)的标配,泛在智能化的处处能学、时时可学的学习型社会初具形态,人机协同视域下的智能学习越来越普遍(艾兴等,2020)。因此,深入探讨智能时代的人机协同学习的内涵、现状以及可能的实践模式,将有助于推动人机协同教育理论的发展。

## 二、概念内涵

随着脑机接口、智能代理技术、自然语言处理、机器学习、学习分析等智能技术的发展,人工智能技术通过改变学习环境,能够让学习者采用多种方式与客观世界互动。智能技术通过强大的数据算力分担人类的认知劳动,从以往的工具性和中介性角色向主体性发展。这使得学习的发生不仅是与外界环境的信息交互,也是人机分工协作,共同改变学习发生的过程与机制(郭炯等,2019)。智能技术支持的人机协同学习内涵如下:

一是在学习本质上,人机协同学习是人借助技术与世界交互、认识世界。学习科学关注的是学习如何发生以及怎样发生,而知识是人对客观世界的动态认识,是基于客观世界的主观构建。学习者只有从自身经验出发与外界交互并积极建构意义,才能形成认知上的深层理解(任英杰等,2012)。因此,学习过程是学习主体通过一系列心理动作将外部世界的信息进行内在认知加工的过程。学习是学习者与环境互动的结果,其本质是在互动中认识世界和理解自我。智能技术与社会的深度融合,使其逐渐成为人与世界互动并认识世界的重要工具,扮演着中介者角色。其一,智能技术改变了人与外界信息互动的方式,因为技术改变了人类学习发生的情境,逐步延伸到虚实融合的空间。在技术构造的沉浸式学习空间中,复杂的知识能以结构化、情境化和交互式的方式呈现,人通过技术延展自己的

感官去感知抽象的概念或者无法接触的物质,甚至实现人机对话交流,通过人机交互建构知识。同时,新时代的数字公民浸润在技术世界里,能够通过各类智能终端获取信息,与远在千里之外的人或物交互。技术为此搭建了信息桥梁(人机交互、技术支持的人人交互),支持学习者的意义建构,并将交互生成的信息作为新的学习资源。其二,人的认知活动依赖基于技术的脚手架。维果斯基提出的支架式教学理论强调脚手架对学习引导的重要性,“基于软件实现的脚手架”(software-realized scaffolding)能够为学习者学习提供恰当的内容提示和认知支架(Quintana et al., 2004)。当前各类智能导师系统可以通过学习者模型、教学模型和知识跟踪算法实现对学习者的学习辅导和知识训练,自适应学习系统可实现个性化学习诊断、分析和资源智能推荐,为学习者规划学习路径,引导学习过程等。在智能技术的支持下,学习者可以准确识别自己的学习困境、挖掘行为特征,借助技术提供的支架,朝最近发展区深入学习。因此,人机协同学习使学习者能借助技术的中介效应与外部的人、物、信息等实现交互,推动学习者与技术建立协同的认知伙伴关系,更好地认识世界和自我。

人机协同学习阐释的学习过程,揭示了人机协同学习的重要原则,即以人的价值为根本遵循,借助技术的智能实现人的自我发展。因此,人机协同学习可被定义为利用人工智能技术作用于学习者身心,使其获得智慧、健全人格和操作技能等品质的一种学习方式(艾兴等,2020)。这体现了人机协同学习的人本价值取向,毕竟人的最优发展是所有计划的标准(Fromm, 1968)。与一般的技术应用原则不同,人机协同学习遵循独特的教育规律,重视学习者主体的学习发展需求,让学习者有权掌控自己的数据信息、利用技术决定自己的学习,享受技术加持带来的赋能感,实现高质量学习。

二是在学习形式上,人机协同学习是人与技术建立协作关系、协同发展的过程。智能系统逐渐逼近人类思维,在强大的数据算法支持下分担人类的认知活动。人或将不再是唯一的主体,开始与“机器”协同认知。这就必须考虑人机关系的建立,两者分工配合,共同完成学习任务。人机协同系统由计算机与人类共同组成,包含人、机器、人

机协同三个要素,但对“协同”要素的理解需要根据技术的智能程度进行不同层次的界定(蔡连玉等, 2021)。对于智能时代的人机协同学习,“人”就是学习者;“机”就是支持学习的智能技术系统或应用,包括支持学习的智能教育软件以及具有一定推理思维、行动和互动能力的智能机器人。二者协同形成“1+1>2”的增强型智能。机器的优势在于有强大的计算能力,能依据规则分析收集到的大量数据并做出决策,迅速完成重复性操作。人是生命体,具有情感、思维与精神性,其优势在于生命属性与社会属性,能够结合真实情境对事物作出价值判断与理性推测。例如,在人机协同教学中,重复性、单调性和常规性工作通常由机器完成,创造性、情感性和启发性的工作由教师负责(祝智庭等, 2018)。人机协同学习包含“学习者+工具”“学习者+助教”“学习者+伙伴”三种形式(王良辉等, 2021)。机器不仅可以充当工具为学习者推送个性化学习资源,监测学习过程,完成评价、反馈等工作,还可以扮演助教参与学习者的认知活动,引导与点拨学习者,促进学习目标的达成;机器甚至可以作为学习伙伴,促进学习者反思学习过程,培养批判性思维等高阶能力。因此,人机协同学习也指学习者与智能系统建立协作关系,两者分工合作,共同完成学习任务。

人机角色分工道出了人机协同学习的第二条重要原则,即明确人与机器的角色,以实现双方价值最大化。人机协同带来的学习形态变化源自数据智慧协同机制,即通过融合人的认知特征(“亲而知”“觉而知”“构而知”“审而知”)以及机器的“学习”特征(“感而知”“描而知”“掘而知”“学而知”),构建协同发展的智慧环境(彭红超等, 2018)。人借助智能技术系统强化对外部世界的感知和认识,实现自我发展;智能系统通过使用人在活动中不断生成的数据训练内部算法和模型,实现优化升级。两者基于彼此的“营养”供给建立互惠共赢的协同关系,通过人的智慧与机器的智能协作融合,达到人机协同的目标。

### 三、研究现状

在人工智能技术与学习科学领域相关理论日益结合的趋势下,人机协同学习逐渐常态化,智能

导学系统、自动化测评系统、自适应学习系统等已经成为创设智能学习环境的典型工具。在人工智能与教育融合发展中,开发智能学习系统以支持学习活动,并利用这些系统探索和理解学习的本质是人工智能促进教育改革创新的目标之一(Roll et al., 2016)。因此,人机协同学习的实现主要有赖于创设智能学习环境以及揭示学习发生的原理与机制,为学习者提供有利的学习支持(Boulay, 2019)。

#### (一)理论研究

人工智能虽然逐渐被应用于教育实践,但仍然缺乏对智能技术与学习科学理论、教育理论深度融合的深入研究(Chen et al., 2020)。目前,人机协同学习理论研究主要聚焦于以下两方面:

其一,探索学习发生机制与学习方式的变革。智能技术不仅通过提供丰富的学习环境促使从知识学习向知识应用场景的学习转变,更借助人机协同的智能结构延展学习者的认知边界,改变学习的发生机制(郭炯等, 2019)。学习发生机制的研究源自学习科学的发展,人们开始关注人如何主动进行意义加工和知识建构。学习科学领域的具身认知(Embodied cognition)、嵌入认知(Embedded cognition)、生成认知(Enactive cognition)、延展认知(Extended cognition)以及情境认知(Situated cognition)等都强调“人的认知发生”离不开与环境的交互(张婧婧等, 2021)。技术改变了交互过程,使学习方式与形式、学习环境与支持发生明显变化,技术促使学习走向“从设计中学”,让人基于技术提供的脚手架理解知识(任英杰等, 2012)。研究者也由此开始关注智能技术支持下的学习变化。例如,艾兴等(2020)提出人机协同视域下的智能学习,强调关注学习目标的整合性、学习过程的动态性、学习主体的互通性、学习内容的生成性和学习评价的可视性。何文涛等(2021)阐述了人机协同的信息技术教育应用新理路,论述了人机协同技术观、人机协同教育系统、教育中的人机角色,提出遵循教育本位、人机互信、人控规则和人机分评四条基本原则,认为人机协同学习应是智能技术支持的个性化学习,人机结合为学习共同体,协同完成学习任务。

其二,探讨人机共生或人机协同视域下人机关系的建立。人机共生源自生物学的共生理论,可用于描绘智能时代人与机器形成的互利关系。为了

实现人机共生, 人机协同是重要方式, 二者往往内涵相似。张学军等(2020)认为人机共生是智能时代的应然选择, 智能时代的学习者需要学会人机共生的思维方式, 掌握包括人机协作在内的符合时代要求的有效学习方法, 适应从人机协同到超越机器的学习文化。李海峰等(2020)阐述了人机共生的学习形态, 即人机学习共生体通过共同化、表出化、联结化和内在化等实现隐性知识与显性知识的转化, 促进知识的共同创造。其实, 人机协同走向智能化旨在通过人与智能机器建立协作, 促进人的成长发展。目前许多大规模应用的智能教学系统的智能程度不高, 我们应该关注如何通过人机协同增强学习者的智能, 而非执着于放大机器的智能(Baker, 2016)。安萨里等(Ansari et al., 2018)讨论了高度数字化与智能化的工业 4.0 场景的新人机协同学习模式, 指出应根据具体任务合理考虑人机的功能优势, 赋予学习者角色。王竹立(2019)认为网络和智能时代的知识生产已逐渐由人类主体向人机共同主体转变, 人机合作式学习将成为主流, 技术在人类学习中扮演的角色将由单纯的工具, 向环境、伙伴角色转变, 并最终与人类形成共同体。

总而言之, 不少研究者已意识到智能技术改变了学习发生的过程, 初步探讨了智能学习环境中学习的本质与机制, 也开始尝试建立人机协同关系重塑学习形态与技术角色, 然而少有研究对人机协同学习的实践模式及学习者角色开展深入的理论探讨。

## (二) 实践研究

从斯金纳的程序教学机器, 到智能导师系统, 再到人工智能教育应用, 能展现人机协同学习实践形态的案例不胜枚举。本研究从智能系统支持的学习形式出发, 总结人机协同学习的实践现状。

目前, 常见的人机协同学习是以确定学习路径为指导的适应性自主学习。认知导师(cognitive tutors, CT)或许是最典型的。它依据广泛的实证调查确定需要学习的知识概念和知识点, 呈现一系列问题供学生解答与练习, 并根据学习者的进度进行调整(Koedinger et al., 2007)。例如, 范莱恩等(VanLehn et al., 2005)利用智能导师系统分析学习者解决多步骤物理问题的具体行为和过程, 提供即时反馈和学习提示。基于约束的建模(constraint based modeling, CBM)是另一种应用广泛的智能学

习支持(Mitrovic, 2012), 它也可划定学习者的学习路径。两者的区别在于基于约束的建模是将陈述性知识表示为学生行动结果的约束(如角 A 是底角)。当表示动作的谓语与学生回答相匹配时, 技能即被视为已掌握。认知导师是将程序性知识转变为规则(如已知角 A 求角 B), 规则与学生的表现动作相匹配, 就表明学生掌握了这项技能(Desmarais et al., 2012)。目前, 各类以习题测试为主的自适应学习系统是这类实践的典型代表。因此, 以认知学习为主的智能系统按照规划的学习路径呈现问题陈述, 分析学习者的学习情况确定后续的学习内容, 并在学习者遇到困难时提供过程性提示或解决方案。

受自然语言处理、语义分析、情绪识别、感知计算等技术的推动, 智能系统支持的学习开始向协作互动学习发展, 包括智能系统参与的人机互动学习与智能系统支持的人际互动学习。在智能系统参与的人机互动学习中, 具备对话智能的系统通常就某个主题的知识向学习者提问, 然后分析和回应学习者的回答, 让学习者在互动中学习相应主题的概念(Nye et al., 2014)。有些系统甚至设计多个观点冲突的智能虚拟教师与学生互动, 让学生分辨对错, 提升学生的认知能力(Lehman et al., 2013)。有的智能系统能同时扮演指导者、计划者、监控者、策略制订者等角色, 指导学生掌握自我调节学习(Trevors et al., 2014)。基于协商的自适应学习系统采用学习者与智能系统协商机制, 帮助学生开展自我调节学习, 明确哪些情况下寻求帮助的行为是受鼓励的(Chou et al., 2018)。不仅如此, 智能系统还可以作为被教学的对象, 即学习者通过教授智能系统来学习。例如, 学习者指导智能系统构建生态循环概念图, 判断答案是否正确并给出反馈, 以“教中学”的方式学习生态循环的概念与知识(Biswas et al., 2016)。其次, 智能系统支持的人际互动学习由智能系统分析学习者的学习状况, 并据此推荐合适的真人学伴协作学习。例如, 同伴个性化学习推荐系统(Recommendation in Personalised Peer Learning Environments, RiPPLE)可根据学习者的知识状态为学习者推荐学习同伴(Potts et al., 2018)。杨等(Yang et al., 2014)基于自适应特征矩阵分解框架开发的快速助手(Quick Helper)智能学习系统, 能为慕课学习者匹配合适的论坛话题和学伴; 沃克等

(Walker et al., 2009)设计的协作智能学习辅导系统,旨在构建同伴辅导环境,为学习者提供同伴辅导服务,强化同伴之间的互动对话。

从规划好路径指导自主学习到支持人机互动协作学习,学习者的自由度逐渐提高,逐步摆脱系统的控制而获得学习主导权。为了向学习者提供科学、合适、个性化支持,探索和理解学习本质日益重要和迫切。为此,许多智能学习系统利用贝叶斯网络、自然语言处理、机器学习、深度学习等智能技术与算法对学习者的建模,为学习者提供智能和个性化的学习服务,促进学习者的能力释放与生命成长,提升学习者在人机协同学习的获得感(范建丽等, 2022)。此时,智能系统的角色不再是为学习者提前规划好学习路径,而是实时分析学习者的行为和表现,推荐合适的资源与服务,由学习者灵活选择,通过以人为本的教育人工智能实现学习的自适应与个性化(Yang et al., 2021)。因此,构建智能自适应学习环境、揭示学习发生原理与机制为导向的教育人工智能(郝祥军等, 2019),可助力人机协同学习。

#### 四、实践模式

随着人工智能技术的发展,人机协同的方式日益便捷化、智能化。爱泼斯坦(Epstein, 2015)由此提出“协作智能”(collaborative intelligence),即在人与智能机器之间建立协作以实现人类目标。建立人机协作关系能实现人和机器双方智能的互惠强化,将各自擅长的能力优势互补,创造新的价值。现有研究主要聚焦人机协同的学习发生以及技术支持学习的具体方式,缺乏对协同学习实践模式的归纳和凝练。本研究认为有必要解构人机协同的实践模式,并以此辨析学习者角色。

##### (一)人机协同学习实践模式解构

人工智能期望模拟人类思维实现与人的对话和协作。人工智能与人类协作经历了人机共生、人机交互到人机协作三个阶段(李忆等, 2020)。智能机器最初是将知识打包植入专家系统,即表征人类专家知识、模拟人的推理思维解决专门领域问题。计算智能的发展推进了人机关系,它通过将人与计算机之间的协作可视化,增强人类智能(Kordon, 2010)。智能代理是计算智能的一种应用,是具有

多种智能特征的人工实体,能自主响应环境变化,以及通过与其他代理交互来保持其灵活性和社交性。它可模仿人类的交互特征,与人谈判、协商和合作。随着人机交互的增强,人类似乎失去对智能技术应用过程的控制,人机正进行着一场“主导地位”的较量,人类稍有不慎就会陷入被机器“牵着鼻子走”的窘境。

智能教学系统作为智能代理的教育应用,通过模仿人类教师搭建学习者与计算机之间的协作交互关系,推动学习者与媒体的交互渐渐转向学习者与智能体的交互。人机交互关系中,“自主度”是关键概念,指团队成员拥有的自由度、独立性和决定权(Kim et al., 2006)。学习者既希望智能教学系统支持有效学习,也希望它能灵活调节自己的学习,即人机协同学习应彰显学习者的自主度。例如,“在学习者与智能教学系统交互过程中,担任教练角色的系统比担任同伴角色的系统享有更大的自主度,学习者相应地在教练系统中的自主度就更小”(乐惠骁等, 2021),此时学习者的行为就会受制于扮演教练角色的智能教学系统。但机器过多干预人的行为会降低人对协作过程的满意度与持续协作的动机和意愿。因此,人机有效协作在于如何控制人与机之间自主度的平衡。根据自主度的高低,人与智能系统的协作模式包括人工智能主导、分工合作和人类主导三种(李忆等, 2020)。人工智能主导模式说明计算机的自主度高于人;人类主导的模式是人占据的自主度高,能实现协作活动的控制;两者分工协作是自主度相对均衡,建立了平等协作关系,达成目标或意见的一致。据此,本研究从学习者视角将人机协同学习解构为三种实践模式(见图1),即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,并以此分析学习者角色。

1.人工智能引导的训练学习模式。从斯金纳提出程序教学开始,机器引导学习就已出现在日常教学实践中,教学机器通过程序性学习内容指导学习者学习过程,给予即时的学习反馈(Skinner, 1958)。很多智能系统继承了这一思想,尤其是以作业和习题训练为主的导学系统,把学科知识按逻辑呈现,获取学习者的行为与反应,并立即提供正确的知识引导,如正误判断、相关解答和问题提示。

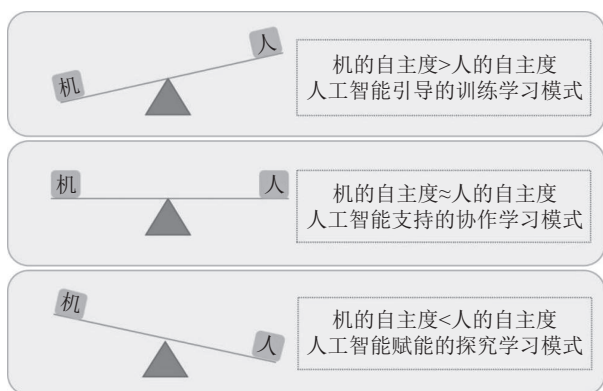


图1 人机协同学习实践模式

这种模式的智能系统的自主度较高,它通过预先指定的知识序列和事件逻辑为学习者提供学习支持;学习者的灵活度相对较低,只能按照智能系统给定的学习内容和规划路径学习。一些智能系统虽然宣称它能采集学习者的信息与特征进行个性化学习诊断,但终究是遵从规定的学习内容、程序和目标开展的(Boulay, 2000)。因此,人工智能引导的训练学习模式中,机器实现对学习过程的控制,学习者与机器协同时只能执行系统设定的学习活动,自主度较弱。不可否认的是,人工智能引导的学习训练模式能帮助学习者解决学习困境,促进学习者的知识学习和认知加工,使其在合理的学习路径中快速掌握学习内容。

2.人工智能支持的协作学习模式。智能系统目前已从学习的知识整合和路径规划,逐渐转向关注学习者的互动协作,构建系统与学习者共同控制学习过程的模式(Corbalan et al., 2009),即“机”的自主度等于人的自主度。与人工智能引导的训练学习模式相比,学习者与智能系统的互动协作与共同控制,强调学习者自我调节的重要作用。例如,周等(Chou et al., 2018)设计的基于协商的自适应学习系统意在实现系统控制与用户控制的结合,使学习者与系统在对话协商中达成学习意见的统一。基于对话协商的智能系统或智能技术构建的学习环境,实现了系统和学习者之间的交互:一方面,人工智能系统通过收集和分析学习者的多模态数据,准确理解学习者的学习状态,精确地表示系统中的知识和技能;另一方面,学习者可以与系统沟通,了解系统的决策过程,做出更好的选择(Ouyang et al., 2021)。研究表明,智能系统在协作学习模式中可

以扮演助学者、导学者、督学者和伴学者等角色,与学习者灵活配合(王一岩等, 2021)。因此,随着人的体力或脑力劳动被人工智能所分担,人机分工的协作形态也将更具象化。

3.人工智能赋能的探究学习模式。当学习者占据主导位置时,智能系统主要通过提高透明度、准确性和有效性帮助学习者增强智能,指向的是以人为本的人工智能(Human-centered Artificial Intelligence, HAI)(Yang et al., 2021)。以人为本的人工智能强调人类对智能系统的控制。人类控制和人工智能自动化之间协作,能以高水平的可靠性、安全性和信任性增强人类生产力(Shneiderman, 2020)。对教育而言,学习者需要学会利用人工智能增强自身的认知和能力,实现智能系统与人类智能之间的协同交互,实现自适应、个性化学习。尤其在创造性解决问题上,人类主导的人机协作伙伴关系更具优势(Mccaffrey et al., 2018)。这类增强学习者智能的学习模式是人工智能赋能的探究学习模式,即通过智能系统为学习者提供学习支持,搭建认知支架,助力学习者对世界与自我的认知探索,降低学习者的认知负荷,促进学习者的探究性学习。探究性学习强调自主性和控制性,要求将学习控制权交给学习者,即学习者能够借助外部指导和支持独立开展知识探究和建构(杨刚等, 2019)。例如,智能学习分析利用大数据和人工智能识别有风险的学习者,帮助学习者以个性化和自定进度的方式学习技能和知识,包括为学习者提供精准的信息,明确如何推进学习以及为了实现学习目标学习者必须做什么(Yang et al., 2021)。总之,人工智能赋能的探究学习模式通过智能诊断、预测、干预和预防等分析和讨论学习者的学习行为、学习环境和学习策略,帮助学习者灵活选择人工智能系统提供的分析结果,自主建构和设计学习过程,探索符合自己特征和需求的有效学习方式。

#### (二)人机协同学习的学习者角色

对人机协同学习实践模式的解构可以看出,学习者会根据“机”的自主性强弱,调整自己的行为角色,以适应“机”在协作关系中的作用。

1.学习者作为接受者。在人工智能引导的训练学习模式中,智能系统的作用是为学习者提供预先设定的学习目标与路径,引导学习者按既定路线

进行知识学习和认知加工。这种模式适用于缺乏专业知识背景和方法引导的“新手”学习者,因为他们不知道什么对学习最好,智能学习系统能为他们提供指导。学习者在“机”的引导下逐步习得知识点,在既定路径中接受知识传递,提高学习效率(Corbalan et al., 2009)。学习者在该模式下是被动的知识接受者。当前的智能导学系统已成为人工智能教育的前沿应用,在支架式写作指导、学习指导与监控、差异化学习和个性化学习提示等学习实践中成效显著(郭炯等, 2020)。智能导学系统是人工智能引导的训练学习模式的典型应用,主要包括两个循环:内循环旨在为学习者提供智能导学,外循环旨在为学习者推荐个性化学习资源和规划学习路径(Murray et al., 2003)。智能导学系统对整个学习过程提供指导和适应性反馈,学习者接受系统的服务进行认知加工、解决问题,实现学习目标。需注意的是,学习者作为知识接受者,需要对智能系统提供的内容做出真实反应,只有充分而准确地展示学习行为信息才能获得系统的适应性反馈。从某种程度上说,学习者向系统“输入”个人学习特征信息时也在制衡着“机”的自主度,使他们不至于一直被系统牵制而产生倦怠。

2.学习者作为协作者。人机协同学习倡导人的价值实现,学习者应善于发挥自己与机器的各自优势,借助技术实现自我发展。为了避免智能系统对学习过程的过度控制,人机交互协商的机制意在提升学习者的自我调节能力,实现对自我学习的决策与控制。人工智能支持的互动协商适合于有社会情感需求以及喜欢同伴合作学习的学习者。人工智能支持的协作学习模式可以从两方面支持学习者扮演好协作者角色:一是智能系统作为学习者的协作伙伴。它通过自然语言处理、语义分析等技术实现人机对话协作。比如,周等(Chou et al., 2015)提出基于协商的自适应学习序列调节学习,即学习者的自我评估与系统评估出现冲突时两者会互动协商,达成一致的学习选择。学堂在线智能学习助手“小木”是典型的教学答疑助手(清华控股, 2019),它能主动与学习者进行窗口交互,还可以为学习者制定学习计划,给予阶段性的学习提示与反馈,对进度落后的学习者给予善意提醒。二是智能系统作为协作中介促进学习者之间的联结。

针对目前自适应学习系统聚焦于学习内容推荐与路径规划、对社会性兼顾不足问题,郝祥军等(2021)构建了基于人机协商的自适应学伴推荐系统,以学习者向系统请求匹配协作学习伙伴的方式,促进人机共同调节学习,支持学习者通过系统组建学习共同体,实现学习者之间的协作互助。由此可见,在人工智能支持的互动协商中,学习者不仅是另一端的同伴协作者,也是智能系统的协作者。

3.学习者作为建构者。以学习者为主导的人机协同学习模式凸显发展人本人工智能的重要性,它通过增强人类智能实现学习者对自我学习范式的创新探索。这是因为只有学习者知道自己的问题和需求是什么,系统过多控制学习决策会降低学习动机。人工智能赋能的探究学习模式适合学习能力强、寻求学习控制感的学习者(如成人学习者),这些学习者可拥有充分的自主度,灵活运用智能化学习服务,根据系统提供的反馈自主规划学习过程、自我调节学习策略,同时结合系统数据分析结果做好自组织学习设计。例如,姜强等(2019)设计的自适应混合慕课模式,依据对学习者的学习数据的分析和可视化呈现,帮助学习者准确认识学习结果,明确当前应学习的内容并反思下一步学习计划。在人工智能赋能下,学习者将一改只能作为知识接受者的被动状态,转向自我建构的主动状态,以自我导向、自组织设计、自主调控的方式开展探究性学习,获得学习活动的决定权,并通过智能学习分析发现自身学习问题或学习特征,调整学习节奏与进度。总体而言,智能时代的人机协同学习已具备自我设计、自我监控、自我调节、自我评价的特征(陈凯泉等, 2022)。在人工智能赋能的协同创新中,人机协同学习将走向学习者自我建构的学习形态,推动人类学习走向新的阶段。

## 五、发展路向

人工智能等新兴技术的发展为教育变革带来了机遇,使得人机协同学习初具实践形态,但教育实践的复杂性与育人价值的独特性要求我们以审慎的态度看待技术的教育应用,避免误入歧途。

(一)关系路向:协调学习者与技术的自主度实现互惠共赢

人机协同学习提倡以人的价值为根本导向并

借助技术智能实现人的自我发展。显然, 将学习的选择权完全让渡给技术是不可取的(Baker, 2016), 因为一旦将学习诊断与学习决策交给机器负责, 学习者就只能认同并跟随机器被动学习, 被困于算法控制下的牢笼。诚然, 人机协同学习需要关注并赋予学习者自主度, 但并非学习者的自主度越高, 效果就越好。如果学习者的自我调节学习能力弱, 他们反而会因过多选择而无所适从。因此, 人机协同学习需要协调学习者与技术的自主度。学习者尤其要适应智能技术带来的便利, 提升数字素养与自我调节学习能力, 根据自身的学习情况进行权衡, 选择合适的实践模式开展主动学习、有效学习, 达到深度学习的目的。

此外, 机器智能越来越趋近人类智能, 某些方面甚至超越人类智能。人工智能拥有的计算和认知智能可以实现机器学习和知识图谱的构建, 为学习者推荐个性化学习资源和规划适配性学习路径; 人工智能拥有的感知和社会智能可以识别学习者的生物和心理特征, 刻画学习者立体画像, 与学习者进行过程性的情感互动, 促进对学习者的多维度动态评价。但是, 机器智能的更新升级同样需要“学习”, 需要源源不断的数据“营养”供给, 训练算法模型。人机共学就是学习者和机器之间的互动交流、相互学习。机器通过“学习”获得更加强大的社会智能, 与学习者进行更深层和更接近高阶思维的交流(范建丽等, 2022)。因此, 机器和人类在协同关系中分别承担着不同的角色, 未来的人机协同学习实践还需要探讨和回答“人应该做什么? 技术机器应该做什么? 以及人机如何协同?”三个关键问题(陈凯泉等, 2022)。只有明确了两者的角色分工, 人机才能实现最佳的搭档效果, 达到自主度的平衡, 最终促进人的发展。

(二)价值路向: 人机协同学习需要朝向人的生命成长迈进

智能技术为未来教育带来了无限可能, 但其中也充斥着技术异化教育的现象。人工智能进入教育领域是因为人工智能在记忆、识别、推理等方面表现出强大的学习能力而使人类形成技术依赖心理。面对智能时代, 人类在技术面前丧失自信心的态势, 学习者必须从“人本价值”出发, 恢复在技术和机器面前的自我价值感, 利用技术按需学习。

人类亟需警惕用技术的逻辑替代人的生命成长逻辑, 因为技术的逻辑在于追求事物的成功与高效, 即“成事”与“成物”, 但教育的逻辑在于人的生命成长与全面发展, 即“成人”(李政涛, 2020)。

未来的人机协同学习应该也必然需要善于借助技术的优势探寻人本教育价值的回归, 即运用人机协同的数据智慧机制, 联结人(“亲而知”“觉而知”“构而知”“审而知”)与机器(“感而知”“描而知”“掘而知”“学而知”)的双向理解力, 实现数据向智慧跃升(彭红超等, 2018): 一是在人机协同学习活动中利用智能系统促进学习者对知识的体验、察觉、建构和理解, 促使学习者在人机协同过程中转识成智。例如, 智能系统可以借助虚拟现实或增强现实技术构建虚实融合的学习情境, 带动学习者开展场景式学习, 加深对事物的感知和理解, 以及培养学习者的社会情感能力; 二是利用智能系统开展学习情境的感知计算, 即通过全面采集学习者的行为数据, 刻画学习者的数字成长轨迹, 从而挖掘学习者的个性化认知规律和行为变化特征, 探索围绕学习过程的增值评价、综合评价等教育评价方式。

(三)伦理路向: 提升人机协同学习实践中的技术安全系数

人机协同学习的数据安全与技术本身的局限性值得关注。数据安全主要涉及教育数据的使用与管理, 数据管理是人机协同教育发展的核心能力, 能否安全高效地收集、筛选和管理数据在很大程度上决定了人机协同教育的最终效果(王晓莹, 2021)。技术的局限性可能导致数据隐私和算法偏见等问题, 使学习者被迫遭遇信息泄露、偏见歧视。因此, 我们应该重视数据安全, 明确数据收集、使用和传播规范, 出台教育价值引领下的数据规范标准; 尽量避免潜在的设计偏见、数据偏见和算法偏见, 不断优化迭代算法, 增强算法的可解释性, 打破“算法黑箱”的藩篱。同时, 我们还要防止学习者与技术之间的关系“异化”, 致力于实现真正的“协同”。学习者对智能技术的正确伦理认知是影响学习效果的决定因素。尽管智能技术在学校、家庭和社区教育中的应用日益普及, 但学校、家庭等对学生的教育人工智能伦理问题关注度并不高。最新颁布的《义务教育信息科技课程标准》明确要



求从低学段就应开始培养学生的信息安全意识和增加数字设备体验, 高学段应注重感知与理解数据编码和算法, 以及互联网、人工智能的正确应用与创新, 加强新时代青少年的数字素养与科学素质。作为教育实践引导者的教师应该率先树立教育人工智能技术的应用理念与原则, 知晓伦理与安全规范, 并有意识地引导学生正确看待自身与技术之间的协同关系, 鼓励学生充分发挥主观能动性, 树立人机协同学习过程中的风险意识, 提高技术辨别与判断能力, 合法合理使用智能技术。

人工智能对人类的影响越来越大, 智能机器人和人类之间的区别逐渐在缩小, 人机协同的默契度在不断提升。我们一方面为智能时代的技术福祉感到欣喜, 可以利用技术追求更加卓越的未来, 但另一方面也充满担忧, 担心教育逐渐陷入技术加速逻辑, 尽显伦理、安全风险。面对人机协同的发展趋势, 人类如何构建人机关系法则, 实现人机互惠共生? 如何保持自我意识和主体性? 这或许是未来很长一段时期人们需思考和解决的问题。

#### [ 参考文献 ]

- [1] 艾兴, 赵瑞雪(2020). 人机协同视域下的智能学习: 逻辑起点与表征形态 [J]. 远程教育杂志, 38 (1): 69-75.
- [2] Ansari, F., Erol, S., & Sihni, W.(2018). Rethinking human-machine learning in industry 4.0: How does the paradigm shift treat the role of human learning?[J]. *Procedia Manufacturing*, 23: 117-122.
- [3] Baker, R. S.(2016). Stupid tutoring systems, intelligent humans[J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2): 600-614.
- [4] Biswas, G., Segedy, J. R., & Bunchongchit, K.(2016). From design to implementation to practice a learning by teaching system: Betty's brain[J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1): 350-364.
- [5] Boulay, B. D.(2000). Can we learn from ITSs[J]. *Lecture Notes in Computer Science*, 1839: 9-17.
- [6] Boulay, B. D.(2019). Escape from the Skinner Box: The case for contemporary intelligent learning environments[J]. *British Journal of Educational Technology*, 50(6): 2902-2919.
- [7] 蔡连玉, 刘家玲, 周跃良(2021). 人机协同化与学生发展核心素养: 基于社会智能三维模型的分析 [J]. 开放教育研究, 27 (1): 24-31.
- [8] 陈凯泉, 韩小利, 郑湛飞, 刘幸利, 胡晓松(2022). 人机协同视阈下智能教育的场景建构及应用模式分析: 国内外近十年人机协同教育研究综述 [J]. 远程教育杂志, 40 (2): 3-14.
- [9] Chou, C. Y., Lai, K. R., Chao, P. Y., Lan, C. H., & Chen, T. H.(2015). Negotiation based adaptive learning sequences: Combining adaptivity and adaptability[J]. *Computers & Education*, 88: 215-226.
- [10] Chou, C. Y., Lai, K. R., Chao, P. Y., Tseng, S. F., & Liao, T. Y.(2018). A negotiation-based adaptive learning system for regulating help-seeking behaviors[J]. *Computers & Education*, 126: 115-128.
- [11] Chen, X., Xie, H., Zou, D., & Hwang, G.(2020). Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education[J]. *Computers and Education*, 1: 100002.
- [12] Corbalan, G., Kester, L., & Merriënboer, J. J. G. V.(2009). Combining shared control with variability over surface features: Effects on transfer test performance and task involvement[J]. *Computers in Human Behavior*, 25(2): 290-298.
- [13] Desmarais, M. C., & Baker, R. S. J. d.(2012). A review of recent advances in learner and skill modeling in intelligent learning environments[J]. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 22(1-2): 9-38.
- [14] Epstein, S. L.(2015). Wanted: Collaborative intelligence[J]. *Artificial Intelligence*, 221(4): 36-45.
- [15] 范建丽, 张新平(2022). 人机协同视域下的学生获得感: 构成与实现 [J]. 苏州大学学报(教育科学版), 10 (1): 75-85.
- [16] Fromm, E. (1968). *The revolution of hope: Toward a humanized technology*[M]. New York: Harper & Row: 96.
- [17] 郭炯, 郝建江(2019). 人工智能环境下的学习发生机制 [J]. 现代远程教育研究, 31 (5): 32-38.
- [18] 郭炯, 荣乾, 郝建江(2020). 国外人工智能教学应用研究综述 [J]. 电化教育研究, 41 (2): 91-98+107.
- [19] 郝祥军, 王帆, 祁晨诗(2019). 教育人工智能的发展态势与未来发展机制 [J]. 现代教育技术, 29 (2): 12-18.
- [20] 郝祥军, 顾小清(2021). 基于协商的学伴推荐: 自适应学习的社会性发展路向 [J]. 中国远程教育, (8): 51-59.
- [21] 何文涛, 张梦丽, 路璐(2021). 人机协同的信息技术教育应用新理路 [J]. 教育发展研究, 41 (1): 25-34.
- [22] 姜强, 李月, 孙洁, 赵蔚, 刘红霞(2019). 自适应混合 MOOC 模式: MOOC 设计新范式 [J]. 中国电化教育, (9): 82-90.
- [23] Kim, T., & Hinds, P. J. (2006). Who should I blame? Effects of autonomy and transparency on attributions in human-robot interaction[C]. *The 15th IEEE International Symposium on Robot & Human Interactive Communication*. IEEE: 80-85.
- [24] Koedinger, K. R., & Aleven, V.(2007). Exploring the assistance dilemma in experiments with Cognitive Tutors[J]. *Educational Psychology Review*, 19(3): 239-264.
- [25] Kordon, A. K. (2010). *Applying Computational Intelligence* [M]. Berlin, Heidelberg: Springer: 3-30.
- [26] 乐惠晓, 贾积有(2021). 智能的边界: 智能教学系统中的用户自主度研究 [J]. 中国远程教育, (9): 49-58.

- [27] Lehman, B., DMello, S., Strain, A., Mills, C., Gross, M., Dobbins, A., Wallace, P., Millis, K., & Graesser, A. (2013). Inducing and tracking confusion with contradictions during complex learning[J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 22(1-2): 85-105.
- [28] 李海峰, 王炜(2020). 人机学习共生体: 论后人工智能教育时代基本学习形态之构建[J]. *远程教育杂志*, 38(2): 46-55.
- [29] 李忆, 喻靓茹, 邱东(2020). 人与人工智能协作模式综述[J]. *情报杂志*, 39(10): 137-143.
- [30] 李政涛(2020). 现代信息技术的“教育责任”[J]. *开放教育研究*, 26(2): 13-26.
- [31] 罗生全(2021). 智能技术时代的教学理论发展[J]. *教育研究与实验*, (2): 1-11.
- [32] 毛刚, 王良辉(2021). 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*, 41(1): 16-24.
- [33] Mccaffrey, T., & Spector, L. (2018). An approach to human-machine collaboration in innovation[J]. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 32(1): 1-15.
- [34] Mitrovic, A. (2012). Fifteen years of constraint-based tutors: What we have achieved and where we are going[J]. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 22(1-2): 39-72.
- [35] Murray, T., Blessing, S. B., Ainsworth, S. (2003). *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments*[M]. Dordrecht: Springer: 377-409.
- [36] Nye, B. D., Graesser, A. C., & Hu, X. (2014). AutoTutor and family: A review of 17 years of natural language tutoring[J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(4): 427-469.
- [37] Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms[J]. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2: 100020.
- [38] Pedro, F., Subosa, M., Rivas, A., & Valverde, P. (2019). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development[R]. Pairs: UNESCO.
- [39] 彭红超, 祝智庭(2018). 人机协同的数据智慧机制: 智慧教育的数据价值炼金术[J]. *开放教育研究*, 24(2): 41-50.
- [40] Potts, B. A., Khosravi, H., Reidsema, C., Bakharia, A., Belongoff, M., & Fleming, M. (2018). Reciprocal peer recommendation for learning purposes. learning analytics and knowledge[C]. The 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge: 226-235.
- [41] 秦丹, 张立新(2020). 人机协同教学中的教师角色重构[J]. *电化教育研究*, 41(11): 13-19.
- [42] 清华控股. 学堂在线智能学习助手“小木”、雨课堂光感应黑板亮相国际人工智能与教育大会[EB/OL]. [2022-05-17]. <https://www.thholding.com.cn/News/show/contentid/2776.html>.
- [43] Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., & Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry[J]. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3): 337-386.
- [44] 任英杰, 徐晓东(2012). 学习科学: 研究的重要问题及其方法论[J]. *远程教育杂志*, 30(1): 26-36.
- [45] Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education[J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2): 582-599.
- [46] Shneiderman, B. (2020). Human-centered artificial intelligence: Reliable, safe & trustworthy[J]. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36(6): 495-504.
- [47] Skinner, B. F. (1958). Teaching machines[J]. *IRE Transactions on Education*, 2(1): 14-22.
- [48] Trevors, G., Duffy, M., & Azevedo, R. (2014). Note-taking within MetaTutor: Interactions between an intelligent tutoring system and prior knowledge on note-taking and learning[J]. *Educational Technology Research and Development*, 62(5): 507-528.
- [49] VanLehn, K., Lynch, C., Schultz, K., Shapiro, J. A., & Shelby, R. (2005). The Andes physics tutoring system: Lessons learned[J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 15(3): 147-204.
- [50] Walker, E., Rummel, N., & Koedinger, K. R. (2009). Integrating collaboration and intelligent tutoring data in the evaluation of a reciprocal peer tutoring environment[J]. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 4(3): 221-251.
- [51] 王良辉, 夏亮亮, 何文涛(2021). 回归教育学的精准教学: 走向人机协同[J]. *电化教育研究*, 42(12): 108-114.
- [52] 王晓莹(2021). 大数据视野下人机协同教育发展的策略[J]. *武汉冶金管理干部学院学报*, 31(2): 46-48.
- [53] 王一岩, 郑永和(2021). 智能教育产品: 构筑基于AIoT的智慧教育新生态[J]. *开放教育研究*, 27(6): 15-23.
- [54] 王竹立(2019). 论智能时代的人—机合作式学习[J]. *电化教育研究*, 40(9): 18-25+33.
- [55] Yang, D., Piergallinin, M., Howley, I., & Rosé, C. P. (2014). Forum thread recommendation for massive open online courses[C]. The 7th International Conference on Educational Data Mining, London, UK: 257-260.
- [56] 杨刚, 徐晓东, 刘秋艳, 杨慧(2019). 学习本质研究的历史脉络、多元进展与未来展望[J]. *现代远程教育研究*, 31(3): 28-39.
- [57] Yang, S., Ogata, H., Matsui, T., & Chen, N. S. (2021). Human-centered artificial intelligence in education: Seeing the invisible through the visible[J]. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2: 100008.
- [58] 余胜泉, 王琦(2019). “AI+教师”的协作路径发展分析[J]. *电化教育研究*, 40(4): 14-22+29.
- [59] 张婧婧, 牛晓杰, 刘杨, 王辞晓(2021). 学习科学中“4E+S”认知理论模型的内涵与应用[J]. *现代教育技术*, 31(8): 23-31.
- [60] 张学军, 董晓辉(2020). 人机共生: 人工智能时代及其教育的

发展趋势 [J]. 电化教育研究, 41 (4): 35-41.

[62] 祝智庭, 彭红超, 雷云鹤(2018). 智能教育: 智慧教育的实践

[61] 周琴, 文欣月(2020). 智能化时代“AI+教师”协同教学的实

路径 [J]. 开放教育研究, 24 (4): 13-24+42.

践形态 [J]. 远程教育杂志, 38 (2): 37-45.

(编辑: 魏志慧)

## Human-machine Cooperation Learning: Practice Mode and Development Direction

HAO Xiangjun, GU Xiaoqing, ZHANG Tianqi & WANG Xinlu

(Department of Education Information Technology, Faculty of Education, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

**Abstract:** *The accelerated integration of artificial intelligence and other technologies with various fields of society makes human-machine cooperation an important feature and development trend of the intelligent era. The teaching and learning of human-machine cooperation have begun to take shape, which provides a new way to understand and construct the future education world. The study focuses on human-machine cooperation learning in the intelligent era. First, it clarifies its important connotations and systematically analyzes the current status of human-machine collaborative learning based on the literature. Second, through the deconstruction of the practical mode of human-machine cooperation learning based on the change of autonomy degree of human-computer interaction, three types of practice modes are found, namely AI-guided training learning mode, AI-supported collaborative learning mode and AI-empowered inquiry learning mode, which supports the analysis of the learner's role. Finally, in order to promote the practical development of human-machine cooperation learning, the study puts forward specific suggestions around the establishment of the human-machine relationship, value orientation, and ethical safety, so as to clarify the development direction of human-machine cooperation learning in the intelligent era.*

**Key words:** *artificial intelligence; human-machine cooperation learning; the nature of learning; learning forms; practice mode; learner's role*