

从交互到交往:人机协同认知的形态演进与未来审思

郝祥军¹, 顾小清²

(1.南京师范大学 青少年教育与智能支持实验室,江苏 南京 210097;

2.华东师范大学 教育信息技术学系,上海 200062)

[摘要]生成式人工智能正以其较强的自主性与社会能力为人类提供一种机器认知,人机协同成为人适应未来社会的基本认知方式。为更好利用人工智能促进人类认知方式的变革,研究首先讨论了人工智能参与人的认知活动的方式从知识驱动、数据驱动到对话生成的巨大转变。基于此,分析了人机协同认知从交互到交往的演进形态,具体展现为“基于人机交互的认知引导”“基于人机分工的认知拓展”“基于人机交往的认知互惠”。最后,基于人机逐渐建立的互惠关系,以大脑的隐喻进一步思考了未来人机如何走向共生,提出坚持统一整体、致力认知一致、实现共同进化的重要原则,以促成人机协同向人机共生演化。

[关键词]生成式人工智能; 人机协同认知; 人机交互; 人机交往; 人机共生

[中图分类号] G434 **[文献标志码]** A

[作者简介]郝祥军(1994—),男,安徽安庆人。讲师,博士,主要从事智能教育、学习科学与技术设计研究。E-mail: hxj@nnu.edu.cn。

一、引言

随着人工智能(Artificial Intelligence, AI)类人能力的涌现,以ChatGPT、DeepSeek等为代表的生成式人工智能正引发新一轮社会交往革命。AI凭借日益强大的学习能力、内容生成能力、人机交互能力,催生出可与人自然交流的智能助手、智能学伴,并逐渐获得类人乃至超人的独立地位,而成为对人类具有重要意义的“他者”。人的本质在其现实性上是一切社会关系的总和。当AI不再只是与人类交互的工具,而是可以与人类教师、学生平等交往的一种认知主体,通过与人建立社会关系的方式获得社会生命,其势必会成为一种新的同伴物种与人进行跨生命、跨物种交往,人与AI将无可避免地在身体与心智层面相互依存并持续互构^[1]。在数据科学的影响下,AI已实现从数据到信息、从信息到知识、从知识到决策的转化,为人类

社会贡献以数据为核心原料的机器认知^[2]。活跃在屏幕前的我们已不知不觉地与屏幕后塑造信息的AI相互作用,走向一种融合人类认知与机器认知的人机协同学习^[3]。人类正通过一种认知外包的方式来弥补自身认知能力的不足,迈向人机协同认知。余胜泉等指出,“ChatGPT等生成式人工智能对于人的赋能本质的机制是认知外包”^[4],人与外部智能设备的有效协同将是人适应未来复杂社会的基本认知方式。AI在重塑人的认知方式的同时,不仅以较强自主性实现了对自身工具属性的超越,也会重构人的思维与认知劳动,从而影响着人的主体性发展。我们不禁思考:AI如何参与人的认知活动?人机协同认知经历了怎样的形态演变?未来将走向何处?这些问题的解决将有助于认清人机协同认知的实践本质与发展方向,帮助人类更好地审视自身的认知主体性,从而更好地利用技术促进人类认知方式的变革。

二、人工智能以何参与人的认知

技术介入人的认知活动源于认知科学与人机交互领域的交叉,因为基于认知科学可以更好地设计和解释人机之间的交互方式与行为^[9]。人类通过设计人机交互技术来支持认知建构,借助技术实现的认知脚手架走向更加科学、深层的认知状态^[9]。随着 AI 技术从知识驱动的专家系统发展到数据驱动的机器学习,再发展到可以与人对话的生成式人工智能,AI 参与人的认知的方式可以归结为三种。

(一)以知识驱动的方式

自 1950 年 AI 诞生以来,人类一直在探索创造能够模拟人类智能的机器。最初的做法是为机器构造知识库,通过整合领域知识进行研究和模拟人类智能行为,期望机器像领域专家一样对不同的情况作出反应,模仿专家推理作出与人无异的预测。人工智能研究由此转向基于规则的系统 and 知识库,试图使用明确的规则和逻辑推理将专业知识编码到计算机程序中。知识驱动领域专家系统也标志着早期人工智能的重要进步。知识库是专家系统的核心组成部分,而知识库中的知识通常以规则形式存在,反映了专家在特定情况下的推理逻辑。所以,专家系统的知识驱动特征体现在其包含的领域知识和由知识获取方式确定的知识使用规则上^[7],是以预定义的规则来解决特定问题。专家系统早期在教育领域的应用集中于智能导师系统,其以知识问答允许学习者与系统交互,系统对学习者提出的问题进行解答。智能导师系统以知识驱动的方式参与人的认知过程,也得益于认知主义学习理论的发展。人们基于流行的认知主义学习理论从传统的计算机辅助教学转向关注学习者的内部认知过程,而建立起包含领域知识、学习者知识、教学策略知识的知识库,预先定义知识和推理规则,由系统自动安排教学内容、选择相应的教学策略。

(二)以数据驱动的方式

在大数据与算力的双重推动下,AI 进入机器学习阶段。以机器学习为内核的 AI 是一种数据驱动的智能,在认知活动中可以帮助人类探索认知能力之外的“自然”,以区别于人类的创造性认知劳动,提升知识生产效率、提取和传递知识以及产生某种机器知识^[8]。例如:曾经 IBM 推出的 Watson 系统,可以从医疗文献中自动提取知识,增强了其在医疗诊断领域的应用能力;2024 年诺贝尔化学奖青睐的 AlphaFold 系统,可以预测蛋白质结构,展示了 AI 处理复杂生物信息的潜力。当 AI 能以数据为原料产生独立的机器认

知并应用于社会实践,人和机器认知系统正式在学习、意义构建和决策等复杂认知过程中交叉协同、相互作用,如图 1 所示。人类认知是一种与信息交互所涉及的感觉过程、一般操作和复杂的综合活动,包括推理、判断、决策、解决问题、意义构建;机器认知是将数据转化为信息和知识的过程,人在机器作为重要“他者”的认知支持下进行预测、调整和决策。如在涉及学习者认知与元认知能力的自我调节学习中,AI 已经可以捕获并分析学习者的多模态数据,以确定学习者的当前状态来预测未来学习趋势,并提供实时和自适应的学习脚手架和反馈(如问题提示),形成人与 AI 混合调控认知过程的人机协同学习模式^[10]。所以,数据驱动的人工智能是凭借其强大的数据处理能力参与人的认知过程,促进学习者对自身学习过程的深入理解和调控,并以个性化反馈的方式为学习者提供适应性支持。

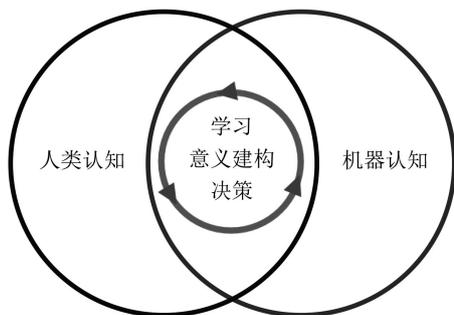


图 1 人类认知与机器认知的交叉协同^[10]

(三)以对话生成的方式

生成式 AI 技术催生了以 ChatGPT 为代表的大语言模型,并初步表现出通用人工智能的特征。虽然生成式 AI 依旧是依赖大规模的数据(语料库)实现对人类自然语言的模仿或生成,但相对以往数据驱动的方式,其形成了良好的上下文学习机制,可以广泛适应用户的问题,生成契合的内容,并引入了基于人类反馈的强化学习,增强人对机器输出结果的调节,以保证生成的内容符合人类的常识、认知、需求和价值观^[11]。在大模型的支持下,AI 成为可以与人平等交流与合作的一种类人主体,人机在互动过程中开始从“工具交互”跨越到“主体交往”^[11]。并且,人机在交往中的内容与意义并不是预设和确定的,而是在人与机的持续尝试、反馈、调整中不断被确认的。人机这种具有学习意义的交往能够拓展人类认知边界,是两者不断交换物质、能量与信息,实现协同的认知发生与知识创造的过程。比如,教师可以基于生成式 AI 打造属于自己的智能助教,帮助拓展教学设计思路,生成和创建独具自身课堂或学科特色的教学资源等;学生可以利用

生成式 AI 激发创生符合自身认知能力、快速理解的学习资源,以及辅助自己进行艺术创作、论文写作、创意设计等,促进理解和建构知识。所以,生成式 AI 的潜力并不仅仅在于生成文本、图片和视频,真正的价值在于成为人类解决问题、促进认知发展的“数字伙伴”。

三、人机协同认知的形态演进:从交互到交往

分布式认知认为,认知是通过个体内部表征(如大脑的信息记忆)与外部环境表征(如计算机表征的信息)之间的传播和转移而发生的^[12]。AI 参与人的认知展现出了三种人机协同方式^[13]:一是以工具和程序引导人的认知过程;二是通过挖掘数据信息拓展人的认知;三是作为生成器与人协同创生认知内容。这三种方式既是 AI 参与人类认知活动的作用升级,也象征着认知科学与人机交互的融合发展,即从知识驱动的认知工具、到数据驱动的机器认知,再到基于对话生成的认知交往的演变,呈现出不同的人机协同认知形态。

(一)基于人机交互的认知引导

人工智能最初以知识驱动的方式模拟人类智能。人类为机器编写程序指令,通过重复模拟、训练,使其能够理解规则并根据规则完成任务。机器扮演“领域专家”根据规则检索自身知识库,输出相应知识。比如,早期的智能导师系统利用人工智能技术提供适应个别学生需求的互动教学,最典型的就是支持学生的问题解决练习,通常为学生选择特定解决路径和解题步骤的分步反馈和提示^[14]。最初,智能导师系统、自适应学习测试等常常宣称能诊断学习者知识状态、规划学习路径,也多是以知识问答、问题提示的方式引导学习者强化对知识的理解与记忆。即人机以知识练习为载体进行交互,学习者答对进入下一个知识点的练习,答错则会适当提供学习提示或启动该知识点的新一轮作答,机器在此过程中会不断根据学习者的作答情况来动态调整题目内容和练习的路径。此时,人机协同认知的形态呈现为基于人机交互的认知引导,是以知识为主线、以规则为牵引,通过反复练习、刺激和反馈,强化学习者对知识的理解,本质上是按照预设规则的知识路径引导学习者的认知过程。如 VanLehn 曾利用智能导师系统对学习者解决多步骤物理问题时所做的每一步进行分析,并提供即时反馈和引导^[15]。处在该时期的研究也较多关注认知科学对人机交互方式设计的指导,如 Mayer 提出的多媒体学习理论,旨在了解如何设计促进有意义学习的多媒体学习环境,并基

于大量的实验对技术作为认知辅助工具促进学习提出了多种原则^[16]。时至当下,以知识练习为主的自适应导学仍然是 AI 影响学习的基本方式,并通过贝叶斯知识追踪(Bayesian Knowledge Tracing)、基于深度学习的深度知识追踪(Deep Knowledge Tracing)等人机交互领域的建模方法,利用学习者的历史作答行为数据预测下次给定题目的作答结果,实现对知识状态的动态追踪^[17]。因此,早期以智能导师系统为代表的的人工智能更多是一种认知工具,是在人机交互的过程中不断引导和支持学习者产生有效的学习行为。

(二)基于人机分工的认知拓展

数据驱动的机器学习则试图摆脱行为主义技术的束缚而采用分布式认知方式实现人机协同的智能增强。因为在大数据的驱动下,AI 拓展了人类能力和意识范围之外的高度复杂计算,可通过算法挖掘出隐藏在数据中的有用信息。随着计算机数据采集、存储和分析能力的提高,数据驱动的方式大大提高了机器的认知能力,已成为一种流行且高效的认知决策范式,能通过实现“数据转化为信息、信息转化为知识、知识转化为决策”以支持人类复杂认知与决策^[2]。从信息加工过程来看,在信息输入上,人机协同之下不仅有人自身对外界环境与信息的感知,还有来自机器对外界环境中客观数据的采集与分析,信息输入由此混合了人的感知和机器的感知;在信息处理上,机器更是以其强大的数据挖掘能力协助人类从海量数据中发现事物的本质与规律,以此与人类的认知相结合,实现人脑中的内部认知网络与机器的外部认知网络的连接;在认知决策上,人虽然是主导者,但更多是基于机器的数据分析结果进行价值决策而采取行动,机器成为提高人类信息收集和 Information 处理能力的辅助者。例如,数据驱动的精准教学则是利用 AI 技术实现对教学数据的收集和分析,进而诊断教与学的表现,支持教师实施个性化学习指导。在此过程中,机器主要负责记录学生学习相关且容易量化的行为数据,并将分析结果可视化给教师,辅以决策;教师主要负责观察学生难以量化的情感、动机等表现,并结合机器的学习分析进行智慧决策^[18]。又如,AI 支持的自我调节学习是利用实时互动、埋点循证、学习分析等方式对学习过程进行实时监测、预警,以及实现对学习者能力的画像等,并通过学习仪表盘支持学习者观察和理解自己的学习行为,以此提升自我调节学习能力^[19]。因此,数据驱动的人工智能对人类认知活动的参与,可描述为基于人机分工的认知拓展,即通过人类认知能力和 AI 计算能力的结合,以拓展人对自身与世界的认知。

(三) 基于人机交往的认知互惠

“交往”是人类生存的基本方式,生成式 AI 促进人机之间更加自然、流畅的沉浸式对话,“人”不仅是“与人对话的人”,也成为“与 AI 对话中的人”,催生出人机交往的新形态^[20]。人与人的交往是在社会关系中进行的双向信息共享活动,需要传受双方拥有共通的意义空间,即双方会达成认知与价值的一致性;同理,人机交往也需要人与机器的共同参与和意义共创,双方互惠共享,实现人机在“认知”层面的一致性。这或许是生成式 AI 引入基于人类反馈的强化学习、微调等技术的重要原因,开始从关注数据生成信息的模式中转向重视意义生成过程的认识实践。随着生成式 AI 的广泛应用,在人机对话式的认知活动中,我们始终追求“机器理解人”与“人理解机器”的双重境界,希望以互惠学习的方式让人和机器有共同的认知,即人和机器应洞察和理解彼此的知识^[3]。提示语工程则是人机寻求相互理解的体现之一,人类用户以机器可以理解的提示语向其持续发问与求解,直到输出符合自身理解和需求的内容,同时人的反复提问和机器输出的内容又将促进模型优化并启发人产生新的求知,于是基于人机交往的认知互惠关系显现。有研究强调,人机交往所需的提示语将是构建数智时代的认识论的新话语,能够促进学习者的认知发展与学习发生,在人机对话、认知互促的过程中实现高意识学习^[21]。正如 Nixdorf 等所言,人机互惠学习是利用人类和机器的互补性和互惠性来实现互惠互利,是一个涉及人类和机器在协作中执行共享任务的相互交换、依赖、行动或影响双向的过程,这会促使学习者创造新的意义或概念、丰富现有的含义或概念,以及提高学习能力^[22]。所以,生成式 AI 正在形塑一种基于交往的对话式人机协同学习,推动人机持续从对方的话语中深化理解,一方面,促进机器根据人类的反馈自我修正,提高生成内容的质量;另一方面,促进人类在对话中发挥主体性,在审辨中深化认知和内化知识,人机由此形成双向建构关系而达成意义共生与共创。

四、人机协同认知的未来审思:如何走向共生

人类塑造了技术,技术也塑造了人,技术实际上可视为人和机器在塑造彼此的过程中共同进化的结果。Osieurak 等提出,人类的进化始于物理技术的使用(如石器、铁刀),随后转向使用更先进和复杂的技术(如计算机、智能手机、汽车),最后会走向一种共生技术将我们的大脑活动直接与机器联系起来(如强人工智能、脑机接口)^[23]。在进化的过程中,新的技术会导

致旧的技术使用比例下降,人机之间呈现出从过去的共存、现在的协同,迈向未来的共生的进化路线(如图 2 所示)。所以,随着人机从交互迈向交往,在对话中共享着彼此的认知,AI 或许正从一种物理性存在变成人类发展的重要社会性存在,通过与人建立社会关系获得数字生命,以一种跨越生命限制的社会交往与人类互构共生^[1]。

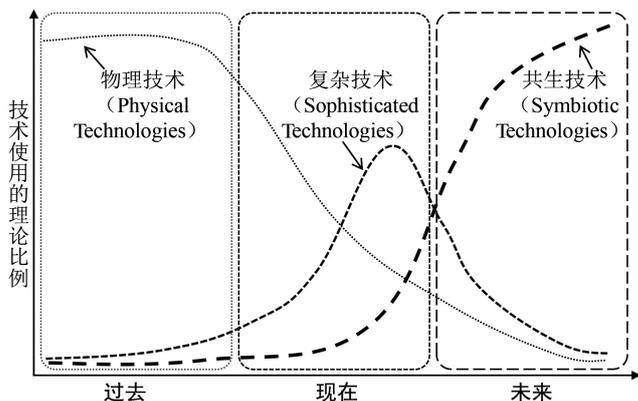


图 2 技术的进化路线

(一) 大脑的认知隐喻

1960年,Licklider 首次提出人机共生,认为人与机器形成的协同关系能够在决策和控制复杂情况方面比单独的人类更有效地执行认知操作^[24]。可见,人机共生是人机协同的更高级阶段,源于人与机器的紧密耦合。人们常常用大脑来隐喻人机共生关系,即把大脑的一个半球看作人,另一个半球看作机器,人机共生就恰似大脑的两个半球协同工作。一方面,大脑的不同区域负责的任务不同,两个半球的功能也不同,既独立工作又共同工作,形成一体;另一方面,大脑的可塑性意味着大脑有能力在结构和功能方面改变自己^[25]。未来学家库兹韦尔也曾认为,人机联合将是下一个技术奇点的特征,大约在 2030 年可利用纳米技术实现机器与人体结合,纳米机器人从毛细血管以无害方式进入人脑,实现人脑皮层与计算机相连,提升人脑的运算能力^[26]。但由于人与机器尚未在物理形态上融为一体,人们还采用了复合脑的隐喻形容生成式 AI 带来的人机共生机制^[27]。复合脑既包括个体的内脑,也包括与个体的内脑相联系的 AI 计算外脑,内脑决定了个体的智慧生命属性,外脑既可以在形式上独立于个体,也可以依赖脑机接口与内脑连接,但外脑对个体的价值始终取决于内脑,外脑支撑和拓展了个体对自我与世界的感知、理解与建构。复合脑的隐喻也明确强调了人机互惠共生的关系。未来实现真正智能化的突破口也在于人机形成真正意义上的双向信息交换和控制,通过“人脑”与“机器脑”的相互连

接与适应达到人机融合智能。日益发生的人机协同认知则可为未来人类智慧与机器智能的互构性发展提供肥沃的土壤。

(二)向人机共生迈进

从大脑的隐喻可知,人机共生不仅强调各自独立,又需形成一体,故既要尊重人、机器各自独立工作的系统价值,也要从人机融合为一体中寻求发挥1+1>2的聚合效应。这就指出了通向人机共生时应坚持三个重要原则,即统一整体、认知一致、共同进化^[25]。

1. 坚持统一整体

人与机器之间的差异为共生关系的建立提供了现实基础和多样可能。以统一整体为原则既承认人和机器是各自独立的,以各自独特的方式工作,也承认两者的统一是一个完整的整体,能在共生关系中作出不同的贡献。从大脑的隐喻看,Kahneman曾指出大脑中有两个系统在起作用,一个快思考的系统,是以自动、直观且主要是无意识的方式工作,以作出快速而本能的决定;一个慢思考的系统,负责作出深思熟虑、有意识的努力和分析决策^[28]。两个系统的特征似乎与人的思维和机器计算有着一定对应关系,人的思维通常是缓慢的、有目的的和意义深远的,而机器计算通常是快速的、基于逻辑的和面向任务的。这揭示出人机共生在物理状态上可以是两个系统,分工各异,但它们之间相互支持、紧密合作、相辅相成。所以,我们不应仅关注通过机器与人脑建立直接通信以实现共生,更应寻求通过人机之间的高度协同来通向共生,即促进人脑与机脑的双向信息感知和深刻理解,形成人机融合智能系统^[29],从而摒弃以往以人为中心或以机器为中心的对立思维,转向人机共生的系统思维。实践中的许多决策问题往往具有高度复杂性、不确定性和开放性,单独依靠人或机来完成复杂决策任务是很困难的,将人的认知引入机器认知过程中可以提高对人工智能系统的信任水平,将机器认知引入人的认知过程也可增强人的认知能力。如此,坚持统一整体就可以巧妙地将人类认知能力和机器认知能力结合,形成双向信息交换和控制的人机闭环,实现 Licklider 所描述的人机共生图景——两种不同的生物体密切合作共存,形成紧密的整体。

2. 致力认知一致

人机形成真正的统一整体面临的首要困难是认知不一致的问题^[30]。一方面,机器的认知具有特定的时空范围,没有可塑性,而人的认知是主观的和任意的,在认知思维上有一个可以延伸的空间;另一方面,机器对时空的认知是形式化和具体的,而人具有主观

认知和价值期望,会适应环境。认知一致性意味着人与机器对决策问题都有相同的认知机制或价值判断。如何做到人机认知一致?刘伟指出,人与机器的智能都是从数据输入开始^[31]。数据对人而言是各种刺激,对机器而言就是传感器采集到的各种数据。数据是相对客观的,而从中提炼出有价值的信息或知识却是相对主观的。所以,人机在处理数据的过程中,对非结构化信息的融合处理都有一些结构化的梯度,如图3所示^[25]。数据本质上是关于事物属性的一组离散、客观的符号,数据向智慧跃升的过程既是数据的关系组织与知识的原理派生过程,也是一个价值提炼的过程,可以通过人与机器两方面的理解力来实现。据此,人与机器的认知一致性或在从数据到信息、信息到知识、知识到智慧的跃迁过程中达成。在纵向上,人和机器就同一个决策需共同关注不同层次的不同问题,机器以其计算优势主要负责数据到知识的转化,人则将更多精力投入意义建构、价值提炼与智慧生成。在横向上,随着机器认知能力的增强,其将触及更多高级别的认知任务,让人有时间专注于更重要、更有意义的任务,通过人的价值引导与机器的认知支持,形成一种人的智慧与机器的认知协同互促的智慧机制,最终在人机共生中进行沟通、协作和共同创造。当前,人们一方面正在致力提升机器智能的透明度与可解释性,认知一致的先决条件是机器智能可以被理解,如果人不能理解智能系统的工作原理和决策机制,会直接影响人机协同共生的基础^[32];另一方面,在人的认知机制启发下为机器构建可计算的认知模型,以及如同人类思维的智能决策算法。认知科学认为,人类思维中存在一种基于概念的推理系统,可以理解复杂的决策问题并作出价值判断^[33]。未来随着技术发展,人机将会不断走向相互理解、认知一致的关系之中。

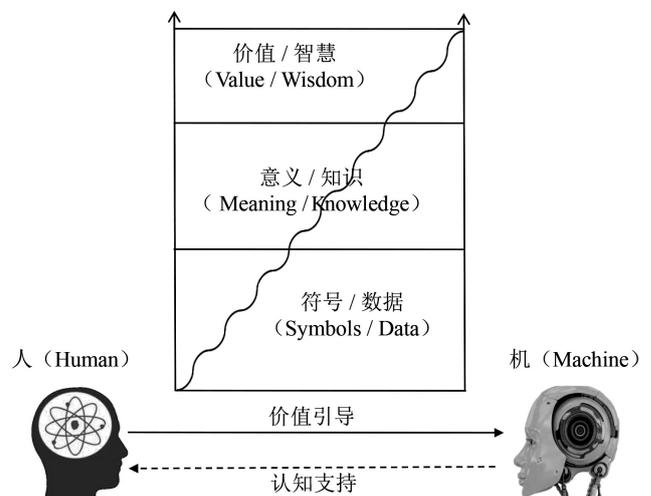


图3 人与机的数据处理与互促过程

3. 实现共同进化

当人类不断寻求突破人机认知的一致性,人机也正在以协同的方式共同进化。大脑左右半球的协同工作产生了人类智能,人机的协同工作也产生了超越人类或机器的人机协同智能^[32]。生成式 AI 当下所展现出的自主性与社会能力,已使其成为可与人类平等交流与协同的一种类人主体,人机在以数据为纽带的连接中实现了从身体到精神的多重交往。有研究发出拷问:数字技术是否应该被视为一种新的生命形式,与我们共享生态系统并与我们共同进化?^[34]并提倡将技术视为一种数字生物,是人机协同进化的结果。因为随着技术的进化,人类越来越依赖于数字生物。比如,机器本身可以利用机器之间的相互配合和机器提供的反馈机制进行“感知”,并通过博弈强化机器的智能,从而实现机器智能的自我进化,同时随着机器智能的提高,人也可以从机器的反馈中得到启发,从而丰富自己的经验和知识,提高自己的感知和认知。祝智庭等指出,人类已经进入数字达尔文时代,正在伴随技术的发展影响实现人为进化,“人工智能发展催生的‘人工进化’已取代优胜劣汰的‘自然进化’”^[35]。从大脑的隐喻看,大脑的可塑性意味着大脑可以改变自己,如随着年龄增长,人的一个半球会变得不那么

有效,另一个半球会进行补偿。人和机器所形成的复合脑也是以类似的方式,形成互惠互利关系而共同适应、相互补偿。并且,人和机器还可以通过相互学习来提升自己,实现情感、价值观、道德、意识、认知的互通一致;人更是通过学习机器的思维方式获得了计算思维、数据思维等新技能、新素养。人机共同进化的图景已然在社会生活中以我们难以察觉的方式徐徐展开,未来随着人类进入数据定义万物、数据量化万物、数据连接万物的智能时代,人会更加理解机器,机器也更加理解人,不断迈进统一整体、认知一致的人机共生。

五、结束语

当 AI 以人类无法想象的速度进化,拥有类人乃至超人的智能,我们已然进入一个人机协同的社会。机器不再只是以工具的形态与人交互,而能以生命的形态与人交往,在屏幕前与屏幕后以一种隐形的力量,塑造着人的认知、精神乃至文化。正如 Abdi 所指出的,“我们生活在一个生存取决于我们周围所有其他物种生存的世界,通过共生和协同进化生存可能是建立未来人机关系和培养人机协同智能的有效策略”^[36]。我们或许是时候思考:如何与 AI 协同与共生,人类又该如何实现自身的进化?

[参考文献]

- [1] 宋美杰. 走出人类世:作为同伴物种的人工智能与跨物种交往[J]. 新闻界, 2024(7): 14-25.
- [2] 郝祥军,顾小清. AI 重塑知识观:数据科学影响下的知识创造与教育发展[J]. 中国远程教育, 2023(5): 13-23.
- [3] 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.
- [4] 余胜泉,汪凡淙. 人工智能教育应用的认知外包陷阱及其跨越[J]. 电化教育研究, 2023, 44(12): 5-13.
- [5] BORING R L. Human-computer interaction as cognitive science [C]. Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting. Los Angeles: SAGE Publications, 2002, 46(21): 1767-1771.
- [6] 任英杰,徐晓东. 学习科学:研究的重要问题及其方法论[J]. 远程教育杂志, 2012, 30(1): 26-36.
- [7] 顾小清,郝祥军. 从人工智能重塑的知识观看未来教育[J]. 教育研究, 2022, 43(9): 138-149.
- [8] 白惠仁,崔政. 机器学习与创造性认知劳动[J]. 浙江社会科学, 2021(3): 100-106, 159-160.
- [9] SIEMENS G, MARMOLEJO-RAMOS F, GABRIEL F, et al. Human and artificial cognition[J]. Computers and education: artificial intelligence, 2022, 3: 100107.
- [10] JÄRVELÄ S, NGUYEN A, HADWIN A. Human and artificial intelligence collaboration for socially shared regulation in learning[J]. British journal of educational technology, 2023, 54(5): 1057-1076.
- [11] 顾小清,胡艺龄,郝祥军. AGI 临近了吗:ChatGPT 热潮之下再看人工智能与未来教育发展[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023, 41(7): 117-130.
- [12] ZHANG J J, PATEL V L. Distributed cognition, representation, and affordance[J]. Pragmatics and cognition, 2006, 14(2): 333-341.
- [13] MAHER M L, BRADY K, FISHER D H. Computational models of surprise in evaluating creative design [C]//Proceedings of the fourth international conference on computational creativity. Sydney: University of Sydney, 2013: 147-151.
- [14] KOEDINGER K R, ALEVEN V. Exploring the assistance dilemma in experiments with cognitive tutors[J]. Educational psychology review, 2007, 19(3): 239-264.

- [15] VANLEHN K, LYNCH C, SCHULTZ K, et al. The Andes physics tutoring system: lessons learned [J]. *International journal of artificial intelligence in education*, 2005, 15(3):147-204.
- [16] MAYER R E. *Multimedia learning*[M]. 2nd ed. New York:Cambridge University Press, 2009:168.
- [17] 戴静,顾小清,江波. 殊途同归:认知诊断与知识追踪——两种主流学习者知识状态建模方法的比较[J]. *现代教育技术*,2022,32(4):88-98.
- [18] 王良辉,夏亮亮,何文涛. 回归教育学的精准教学——走向人机协同[J]. *电化教育研究*,2021,42(12):108-114.
- [19] TREVORS G, DUFFY M, AZEVEDO R. Note-taking within MetaTutor: interactions between an intelligent tutoring system and prior knowledge on note-taking and learning[J]. *Educational technology research and development*,2014,62(5):507-528.
- [20] 肖峰. 大模型时代的数字交往:“对话中的人”及其新形态[J]. *人民论坛·学术前沿*,2024(19):64-72.
- [21] 赵晓伟,祝智庭,沈书生. 教育提示语工程:构建数智时代的认识论新话语[J]. *中国远程教育*,2023(11):22-31.
- [22] NIXDORF S, ANSARI F, SCHLUND S. Reciprocal learning in human-machine collaboration: a multi-agent system framework in industry 5.0[M]// PLAPPER P, MANGERS J. *Digitization of the work environment for sustainable production*. Berlin: GITO Verlag, 2022:207-225.
- [23] OSIURAK F, NAVARRO J, REYNAUD E. How our cognition shapes and is shaped by technology:a common framework for understanding human tool-use interactions in the past, present, and future[J]. *Frontiers in psychology*,2018,9:293.
- [24] LICKLIDER J C R. Man-computer symbiosis[J]. *IRE transactions on human factors in electronics*,1960(1):4-11.
- [25] YAO Y Y. Human-machine co-intelligence through symbiosis in the SMV space[J]. *Applied intelligence*,2023,53(3):2777-2797.
- [26] 库兹韦尔. 奇点临近[M]. 董振华,李庆诚,译. 北京:机械工业出版社,2011:116.
- [27] 沈书生,祝智庭. ChatGPT类产品:内在机制及其对学习评价的影响[J]. *中国远程教育*,2023(4):8-15.
- [28] KAHNEMAN D. *Thinking, fast and slow*[M]. New York: Farrar, Straus and Giroux,2011.
- [29] LIU Z H, ZENG X. Hybrid intelligence in big data environment: concepts, architectures, and applications of intelligent service[J]. *Data and information management*,2021,5(2):262-276.
- [30] LIU W. Rethinking man-machine integrated intelligence[J]. *Artificial intelligence*,2019(4):112-120.
- [31] 刘伟. 人机智能融合:人工智能发展的未来方向[J]. *人民论坛·学术前沿*,2017(20):32-38.
- [32] REN M L, CHEN N Y, QIU H. Human-machine collaborative decision-making: an evolutionary roadmap based on cognitive intelligence[J]. *International journal of social robotics*,2023,15(7):1101-1114.
- [33] LAIRD J E, LEBIERE C, ROSENBLUM P S. A standard model of the mind: toward a common computational framework across artificial intelligence, cognitive science, neuroscience, and robotics[J]. *AI magazine*,2017,38(4):13-26.
- [34] LEE E A. *The coevolution: the entwined futures of humans and machines*[M]. Cambridge:MIT Press,2020.
- [35] 祝智庭,李宁宇,王佑镁. 数字达尔文时代的职教数字化转型:发展机遇与行动建议[J]. *电化教育研究*,2022,43(11):5-14.
- [36] ABDI S W. Survival through symbiosis: investigate these interactions[J]. *The science teacher*, 1992,59(1):22-27.

From Interaction to Communication: Morphological Evolution and Future Reflections on Human-Machine Collaborative Cognition

HAO Xiangjun¹, GU Xiaoqing²

(1.Adolescent Education and Intelligence Support Lab, Nanjing Normal University, Nanjing Jiangsu 210097; 2.Department of Education Information Technology, East China Normal University, Shanghai 200062)

[Abstract] Generative artificial intelligence is providing a kind of machine cognition for human beings with its strong autonomy and social capabilities, and human-machine collaboration has become the basic cognitive way for human to adapt to the future society. In order to make better use of artificial intelligence in facilitating the transformation of human cognition, this study first discusses the significant transformation

in AI's participation in human cognitive activities—from knowledge-driven, data-driven approaches to dialogue generation. Based on this, the study analyzes the morphological evolution of human-machine collaborative cognition from interaction to communication, including "cognitive guidance based on human-machine interaction", "cognitive expansion based on human-machine division of labor" and "cognitive reciprocity based on human-machine communication". Finally, based on the gradually established reciprocal relationship between human and machine, the study further considers how human and machine will move towards symbiosis in the future with the metaphor of brain, and puts forward the important principles of adhering to unified oneness, striving for cognitive consistency and realizing co-evolution, so as to promote the evolution of human and machine collaboration to human and machine symbiosis.

[Keywords] Generative Artificial Intelligence; Human-Machine Collaborative Cognition; Human-Machine Interaction; Human-Machine Communication; Human-Machine Symbiosis

(上接第 18 页)

[Abstract] The digital transformation of education requires theoretical exploration that keeps pace with the times. According to the inter-constructive relationship among technology, society, and education, an inter-constructive relationship model of "technology-society-education" can be constructed, in which technology and society evolve synergistically, giving rise to new technological paradigms and social structures, society and education show isomorphic relationship, and technology and education have a mutually adaptive relationship. The mutual construction of digital technology and society forms the background and driving force of digital education. The developmental perspective of digital education is reflected in the purpose-oriented view emphasizing creativity, a process-oriented view focused on personalization, a spatiotemporal view involving whole-of-society participation, a technology view grounded in everyday practice, and a human-centered evaluation view. The research on digital education also needs to be elevated to a philosophical level for theoretical construction. Digital education has both a hybrid ontology in terms of generative meaning and a "teacher-technology-student" intersubjective epistemology. Therefore, digital education needs to return to the fundamental principle of "human being the purpose", establish the value concept of human-technology co-flourishing, and practice the methodology that combines science and humanities, and unifies macro-narrative and micro-narrative.

[Keywords] Digital Education; Digital Civilization; Digital Transformation of Education; Educational Philosophy