

# 人工智能推动教育具身何以可能

## ——论具身的人工智能与具身的教育实践

郑旭东 王美倩 周子荷

**【摘要】**文章从认知的具身观点出发,探讨了基于“表征—计算”的符号型人工智能向基于“模拟—复现”的具身型人工智能转变的逻辑必然。在此基础上,文章认为,具身人工智能实现了从身体延伸到技术赋能的跨越,为构建超生物肢体、超生物感官和超生物大脑整合的具身型智能教育技术系统,以具身认知基础科学与人工智能技术创新的耦合发展促进教育与经验的统一,推动教育实践具身水平持续提升,为解决长期以来存在的知行分离等离身教育难题开辟了新道路。

**【关键词】**人工智能;具身认知;教育实践;具身教育

**【作者简介】**郑旭东,博士,华中师范大学人工智能教育学部教授,研究方向为教育技术学基础理论, E-mail: xudong@mail.ccnu.edu.cn(湖北 武汉 430079);王美倩,湖北工业大学职业技术师范学院(湖北 武汉 430068);周子荷,华中师范大学人工智能教育学部(湖北 武汉 430079)。

**【原文出处】**《现代教育技术》(京),2023.6.5~14

**【基金项目】**本文为2022年全国教育科学规划课题一般项目“人工智能促进‘三个课堂’应用质量提升的模式与机制研究”(项目编号:BCA220218)的阶段性研究成果。

长期以来,受经典认知科学和技术理性的影响,教育实践陷入单向度离身发展的困境,导致知行分离、高分低能等一系列问题产生。人工智能作为新一代认知科学与教育技术一体化发展的结晶,在推进教育实践具身转变方面发挥了革命性作用。本研究从基础科学层面解读和分析人工智能的发展历程及其对教育的影响,揭示人工智能推动教育具身何以可能的内在逻辑,由此推进具身认知与智能技术在教育领域的融合创新,是增强教育系统变革之内生动力,促进教育实践由离身向具身、由封闭向开放发展的必由之路和必然选择。

### 一、从计算到模拟:具身视角下人工智能发展逻辑的新解读

过去,我们对人工智能的理解大多从技术层面来分析,鲜有研究从基础科学层面解读人工智能的发展逻辑。从认知科学的视角来看,人工智能的发展经历了符号型人工智能、具身型人工智能两个阶段:符号型人工智能以符号主义、计算主义等为代表的第一代认知科学为理论基石,坚持“表征—计算”的研究纲领,在模拟人的左脑思维方面表现出色;具身型人工智能则以具身认知(Embodied Cognition)、嵌入认知(Embedded Cognition)、生成认知(Enactive Cognition)、延展认知(Extended Cogni-

tion)等为代表的第二代认知科学为理论基石,主张“模拟—复现”的认知过程,在模拟人的右脑思维方面具有巨大优势。

#### 1. 基于“表征—计算”的符号型人工智能

从20世纪50年代中期到20世纪80年代后期,人工智能的研究和发展一直以符号型人工智能为主,它以表征和计算为核心理念,认为符号具备表征事物和组合表达的功能,在标识和解释事物意义上发挥了非常重要的作用,是智能体与外部世界互动的关键媒介。任何基于符号型人工智能的智能体都需要一个关于外部世界的表征模型,智能活动的本质就是执行内部表征的组织序列,即计划——智能体的等级进程,它可以控制运行序列的执行次序<sup>[1]</sup>。基于这一理念,符号型人工智能采用自上而下的“目—手段”式分析方法,提供了一种等级耦合:一个计划分解成若干子计划,子计划又分解成系列的更小计划,直至最小单元的计划。但是,做出计划再采取行动的前提是可以对任务涉及的所有要素及其属性进行明确的符号表征,并根据有限的逻辑推理(符号的“合法”操作规则)做出决策,而这正是符号型人工智能后期发展面临的最大困境。

符号型人工智能在解决复杂的数学问题、证明

极难的几何定理等方面表现出色。20世纪50年代,Newell和Simon<sup>[2]</sup>基于符号主义设计的“通用问题求解器”(General Problem Solver),通过将目标分解成几个子目标、再构建子目标实现路径的方法,在国际象棋、跳棋等推理游戏中取得巨大成功;其研发的“逻辑理论家”(Logic Theorist)程序,更是开创了人工智能证明数学定理的先河<sup>[3]</sup>。然而,符号型人工智能在知觉、交谈和行走等方面表现糟糕,因此遭受了来自哲学、认知科学、生物学学者的强烈批评。例如,Dreyfus<sup>[4]</sup>指出,人类智能不只依赖于符号表征和计算的方式,更多的是基于具身性主体及其与世界原初的、非对象性的关联关系实现的。符号型人工智能只是具有了形式化计算的智能,不具有具身性主体的智能。换句话说,它只是较为成功地模拟了人的左脑思维——线性的、分析的、逻辑的理性思维,而忽略了人的右脑思维——综合的、境脉的、创造的感性思维。

## 2. 基于“模拟—复现”的具身型人工智能

20世纪末,符号型人工智能因无法解决一些常识问题逐渐走向衰落。而在联通主义理论(Connectionist Theory)、知觉生态学等具身思想的影响下,以模拟和复现为核心特征的具身人工智能开始崛起,研究者的兴趣也逐渐从逻辑推理向知觉动作转变。Brooks<sup>[5][6]</sup>是具身型人工智能较早的推动者之一,他指出:我们应该忘记那些所谓的内部表征和世界模型,并聚焦于复杂环境下的行为控制问题;我们的研究也不应该侧重于那些烦琐的逻辑推理与数学运算,而应该着眼于与真实世界的交互。智能源自感知和行动,而不是表征和计算,因此符号型人工智能之“感知—建模—计划—行动”的“建模—计划”是没有必要的,智能体通过“感知—行动”就足以完成与外部环境的互动,且智能的本质就是“在不可预测的环境中做出恰当行为的能力”。具身型人工智能认为,智能是在智能体与外部环境的交互作用过程中生成的,具有自组织、自适应的特点。

在具身思想的推动下,人工智能对人之右脑思维的模拟成为可能。具身型人工智能主张“模拟—复现”的认知过程,具身性主体将其在外部世界感知到的事物以身体格式而非符号格式存入记忆,并通过知觉整合组成模拟器,使认知系统在事物不在场时仍能模拟其最初状态,复现原有情境,从而实现具身理解。构建能够对环境作出恰当行为的智能体,最重要的是要模拟大脑支配身体运动的功能,这也是具身型人工智能面临的最大挑战。在具

身型人工智能发展早期,许多研究者将运动和定向作为研究课题,致力于制造能够模仿特定生物有机体行为的机器人,如能够模仿沙漠蚂蚁导航行为的Sahabots系列机器人<sup>[7]</sup>、像昆虫一样飞翔的飞行机器人<sup>[8]</sup>、有激素传感器的蚕蛾机器人<sup>[9]</sup>等。20世纪90年代中期,具身型人工智能的研究开始从运动向认知转变。凭借仿生机器人的制造经验,研究者进一步向发育机器人发起挑战,其主要目标是使机器人能够像婴儿一样实现自主心智发育,最典型的案例莫过于各种拟人机器人的创造,如具有交互能力的认知机器人同伴BIRON<sup>[10]</sup>、拥有自我意识的人形机器人iCub<sup>[11]</sup>等,乃至当前受万众瞩目的Chat-GPT,它们通过模仿人类来学习,并在与世界的互动中实现自我发展。

## 二、从延伸到赋能:具身型人工智能对教育具身转向的基础支撑

虽然具身型人工智能的发展历史不长,但它已通过穿戴式智能设备、教育机器人等在教育领域开启了系列创新应用,实现了从身体延伸到技术赋能的跨越。这为教育具身转向提供了基础支撑,不仅推动了教育的身体回归,还为人的主体性弘扬创造了条件。

### 1. 知觉的延伸和教育的身体回归

自1964年McLuhan提出“媒介即人的延伸”论断以来,人与技术的关系就成为理解和反思技术时代教育变革的新焦点。从历史来看,技术对人的延伸构造了不同层次的“超生物”,主要分为:①技术对人之身体的延伸,主要指人借助机械技术实现身体在空间上的延伸,如笔、筷子、鼠标等操作工具是手的延伸,车、船、飞机等交通工具是腿的延伸,构造的是“超生物肢体”;②技术对人之中枢神经系统的延伸,主要指人借助电子技术实现心理延伸,如广播、电视、计算机、网络等对人类思想力量的延伸,构造的是“超生物大脑”;③技术对人之知觉的延伸,主要指人借助智能技术实现知觉系统的模拟和延伸,如虚拟现实、增强现实等对人之触觉、嗅觉等的延伸,构造的是“超生物感官”。最先出现的是“超生物肢体”,其后出现的是“超生物大脑”,最后出现的才是“超生物感官”。现在,“超生物大脑”和“超生物感官”的融合日益明显,但问题在于:“超生物大脑”和“超生物肢体”仍然是分离的——这与根深蒂固的身心二元论有莫大关系。“超生物感官”是否可以作为融通“超生物大脑”和“超生物肢体”的中介和桥梁,突破超生物意义上的身心二分之困境、重构人与技术之间的关系,都有赖于新知识资

源的引入和发展。

无论技术在多大程度上延伸人的身体,在人与技术的关系中,人是主体、是目的、是第一位的,而技术是客体、是手段、是第二位的。具身型人工智能改变了人与技术的关系,使技术不再只是人体的延伸,更成为身体的真实组成部分,为教育实践的身体回归奠定了技术基础。在数字化生存时代,信息技术越来越广泛且深入地渗透到人们的生活、学习和工作中,人的身体已不只是纯生物意义上的肉身,还是社会意义上的文化身体,以及以肉身身体和文化身体为基础、通过具身性而形成的技术身体<sup>[12]</sup>。人以信息化的方式存在于技术搭建的生活世界,人的身体与技术的关系变得越来越透明和契合,技术仿佛是人身体的一部分,以具身的方式构建着人的身体体验和精神体验。技术一方面通过延伸学习者的身体,拓展学习者的知觉范围和水平,由此带来更深刻、真切的学习体验;另一方面又通过解放学习者的身体,赋予学习者更大程度的活动自由和空间,由此带来更丰富、独特的学习机遇——两者共同推动教育实践的身体回归。以基于眼控技术的智能眼镜为例,它不仅拓展了学习者眼睛的功能,使其具备了“说话”“绘图”和“计算”等能力;还解放了学习者的双手,使其能够更好地从事实验、创造等学习活动。

## 2. 技术的赋能和人的主体性弘扬

Negroponte 指出:“数字化生存天然具有赋权的本质,这一特质将引发积极的社会变迁。”<sup>[13]</sup>具身型人工智能对人身体的延伸,归根结底是技术对人身体的赋能,它有效推动了人主体性的发挥。人工智能的教育应用,能从根本上促进教育变革与创新,其核心机制就是“赋能”。无论是智能眼镜对人眼睛的延伸,还是类脑仿生芯片和类脑机器人等新一代技术产品对人体其他器官的延伸,彰显的都是人的本质力量。用马克思的话来说:“工业的历史和工业的已经生成的对象性存在,是一本打开了的关于人的本质力量的书。”<sup>[14]</sup>以智能技术为代表的新一轮科技革命及其推动的第四次工业革命正通过脑机结合、生物传感、大数据处理等技术,创新性地推进物理世界、数字世界和生物世界的融合与交互<sup>[15]</sup>,人类的主体性将通过技术的赋能在更高层次上得以确立和释放。具体来说,人工智能将有效促进人与技术具身关系的构建,推动人类超生物肢体的发展,使人类在具身技术支持的社会实践中不断形成和改造自身的超生物经验,进而确证和弘扬人的主体性。

技术对人的赋能,不是简单地赋予主体某种能力,更不是取代主体,而是通过激发主体自身的潜能来实现某种目标。在教育领域,它体现为人类通过发明和创造不同的教学工具来延伸自己的超生物肢体,并通过教学实践传递自己的超生物经验。人工智能对教育和学习主体的赋能,一方面是通过利用智能化、自动化的技术工具替代重复、低效的劳动,给予主体更多样、更宽广的行为自由和精神自由,从而从事更多创造性的教学工作和学习活动。从这一意义上来说,技术的引入,不是取代教师,而是解放教师。另一方面是通过利用可视化、交互式的情境反馈替代抽象、空洞的概念,赋予主体更真实、更强烈的互动体验,从而提高学习者的参与度和积极性,这就意味着技术的引入,让学习者失去的是各种教育的“锁链”,而获得的则是一个全新的学习世界。在具身型人工智能的赋能下,教育实践呈现出新的发展样态与特征。例如,以智能助教、智能学伴等为代表的教育机器人催生了人机共教、共学、共进的智能教育新生态。它们或作为问题诊断和学情反馈的分析师,或作为学业生涯和未来发展的规划师、心理疏导和危机干预的辅导员等,共同推进教育实践的创新发展。

## 三、人工智能推动实现教育具身的内在逻辑与实践路向

教育实践的具身转向不仅需要科学理论指导,还需要新兴技术支撑。基础科学(如脑科学、认知神经科学等)与技术创新(如脑机接口技术、生物特征识别技术等)的交互作用这一内在逻辑,为人工智能推动实现教育具身开辟了新的实践路向,即从只注重技术应用的单向度发展走向强调技术与教育相互作用的双向赋能。

1. 内在逻辑:以基础科学与技术创新的耦合发展推动教育实践具身水平持续提升

根据 Stokes<sup>[16]</sup>对科学研究的分类,人工智能是一门由应用激发的基础研究,属于“巴斯德象限”的科学研究新类型,其背后反映的是当代基础科学与技术创新之间的耦合发展规律。在基础科学维度上,人工智能的研究以对人类学习机制、心智模式等的理解和认识为基础;在技术创新维度上,人工智能的研究以对不同技术工具在社会各领域的系统集成和融合应用为核心。站在教育立场看,人工智能既是学习的科学,又是教育的技术,两者相互作用、彼此促进<sup>[17]</sup>。一方面,有关人类认知、学习和决策的理论为智能系统的搭建提供了科学、精细的指南;另一方面,智能系统中脚本实现的方式、特征

和效率也为学习理论的检验、完善和发展提供了基础。Luckin<sup>[18]</sup>指出,对学习机制的科学探索为智能时代教育技术的设计提供了基础支撑,而智能技术在教育场景的应用过程与结果又为深化人们对学习的科学认识提供了无限灵感。人工智能正在基础科学与技术创新的良性互动中实现耦合发展,并在这一过程中实现人与技术具身关系的生成与进化,进而推动教育实践具身水平的持续提升。

人与技术的具身关系指人与技术融为一体,共同作用于外部世界。这种关系的形式化表达为“(人—技术)→世界”。人与技术具身关系的构建受三个因素影响:①构成性(Composition),指人的身体结构与技术结构耦合,人以一种特殊方式将技术融入自身身体经验,借助技术实现对外部世界的感知和认识;②透明性(Transparency),即技术具备的知觉透明性能力,这是指技术经过人短时间的适应后会“抽身而去”,不知不觉地成为人之日常经验的一部分;③沉降度(Sedimentation),指人使用某种技术时在习惯上的强度,习惯性越强,技术行为的自动化程度越高,人与技术的具身关系也就越强<sup>[19]</sup>。人与人工智能在教育实践中具身关系的建立可以从工程与科学两个层面分析:从工程视角来看,具身的人工智能和物理上的具身系统密切相联,如机器人,这意味着具身的人工智能通过机器人对人类认知和智能的建模和模拟实现物理上的具身;从科学视角来看,具身的人工智能是对自然状态下的认知和智能进行建模和模拟,即人工智能的具身展现的是机器人在建模和模拟中蕴含的人类智能和认知<sup>[20]</sup>。而人与人工智能具身关系的建立,不仅可以增强学习者的在场感,丰富他们的学习体验,还可以通过以人工智能技术为中介的人与世界的具身交互增强学习者的参与感,实现知识经验的意义建构。

2. 实践路向:以具身认知科学与人工智能技术的双向赋能促进教育与经验的统一

人工智能变革教育,必须基于基础科学与技术创新耦合发展的过程和作用机制,把教育技术的原始创新转化为教育发展的基本动力,实现教育的整体性变革,其核心是要促进学习科学与教育技术的相互赋能,推动教育主体与教育环境的双向构建。具身认知和人工智能作为学习科学和教育技术发展的前沿,将通过增强教育环境的沉浸体验和感知、促进教育主体的身心融合与统一,推动教育实践的具身转变,并在这一过程中实现协同发展。以具身认知科学与人工智能技术双向赋能促进教育

实践的具身转变,需以具身认知科学为基础,构建智能的教育技术系统并开展工程化应用。首先,以具身认知为基础,意味着要通过身体卷入和场景卷入的方式推动教育系统形成自组织、自适应、自进化的良性循环。这一方面要创建虚拟与现实无缝连接、人与技术协同工作的学习环境,支持学习者体验式、个性化、适应性的自主学习;另一方面要充分激发人的身体潜能,促进学习者“大脑嵌入身体、身体嵌入情境”的具身学习。其次,构建智能的教育技术系统并开展工程化应用,意味着要充分利用人工智能自动感知、即时响应和快速反馈等优势,以促进学习者认知之物理、生理和心理过程的耦合循环为中心,在教育和学习真实场景与实践积极构建人与技术的具身关系,以支持学习者身体、心灵和环境的交互作用,实现人与世界的双向建构和共同进化。

以具身认知科学与人工智能技术的双向赋能促进教育实践的具身转向,需深刻理解教育与经验的统一性,并推动两者走向统一。杜威认为:“教育就是经验的改造或改组,这种改造或改组既能增加经验的意义,又能提高指导后来经验进程的能力。”<sup>[21]</sup>教育与经验在实践中是统一的。教育作为一种有目的的培养人的社会活动,说到底就是通过生活实践促进学生经验发展。它既是经验的过程,也是经验的结果。从主动性讲,经验是积极地尝试、具身地探索和创新地实践;从连续性讲,经验是持续不断地自我改造,是循序渐进地动态生成和可选择地适应性发展;从交互性讲,经验是学习者与学习环境的相互作用,是基于行动的反思性实践。以具身认知科学与人工智能技术双向赋能支撑的教育实践之具身转向,必须注重身体体验和情境互动在教学过程中的作用,以增进经验的主动性、连续性和交互性。比如,通过具身认知和人工智能的整合应用,智能导学系统在模拟人的身体动作、激发人的共情能力以及调动人的互动欲望等方面不断取得突破,有效扭转了学生学习的被动局面,推动了教育教学的具身转变。相关研究证明,在智能导学系统中增加自然语言会话、导师手势、体态以及面部表情等,能极大地提高学习者的学习兴趣和效果<sup>[22]</sup>。

#### 四、人工智能推动教育具身的现实挑战与应对之道

进入21世纪以来,教育领域涌现了大量智能技术创新成果,如智能助教、智能学伴等,但这些技术创新很少建立在学习科学的基石之上<sup>[23]</sup>。融合

具身认知与人工智能的教育技术系统尚未建立,是人工智能推动实现教育具身面临的现实挑战,本研究认为,其应对之道在于:基于人工智能与具身认知的融合创新,建立具身、智能的教育技术系统并开展工程化应用。

### 1. 现实挑战:融合具身认知与人工智能的教育技术系统尚未建立

历史上,人工智能与认知科学有着非常密切的亲缘关系。这两个领域是相互交织在一起的,并在长期的研究进程中,形成了一种稳定的双向互惠关系。当前,伴随着新一代人工智能和新一代认知科学的崛起,这种双向互惠的关系正处于新一轮的重构之中。这必然会影响教育领域内以认知科学为主题的基础科学与以人工智能为主题的技术创新的耦合进程,进而使新一代人工智能在教育领域的应用只能处于初级阶段,以具身认知科学为基础、以新一代人工智能为支撑的新型教育技术系统无法真正建立起来。截至目前,教育领域基础科学与技术创新的耦合发展大体经历了教学机器与程序教学、计算机辅助教学和智能导学系统三个阶段。在教学机器与程序教学阶段,典型代表为基于机械技术构建的、支持程序教学的教学机器。早在20世纪20年代,美国教育心理学家 Pressey 就创造了世界上第一台教学机器<sup>[24]</sup>,实现了近百年来教育领域的第一个技术原始创新。然而,由于该阶段教学机器使用的是机械技术,其适用性有限,且在信息呈现、交互支持及对过程数据的记录、存储和分析等方面均存在很多局限,导致它对教学实践的影响远不及预期,未能在教育实践得到广泛应用<sup>[25]</sup>。另外,Pressey 的教学机器缺乏有关学习之原创型科学理论的支撑,其发展主要依赖于经验而不是理论,只能通过反复试错不断修正和完善,以此取得进步,这也是当时教学机器“生不逢时”、最终归于沉寂的一个重要原因。

随着 Skinner“操作性条件反射理论”的提出,教学机器的发展有了科学的理论支撑,程序教学成为“基于科学的技术”,有关学习研究的基础科学取得的重大突破,开始为面向教学的技术创新注入强大动力。正如当时斯金纳所言:“日益进步的有关学习的科学有这样一种令人鼓舞的景象,再由此回过头来看一看与学习过程直接有关的学术分支——教育,就会感到巨大的震惊……教室的机械化水平连家庭的厨房都不如!”<sup>[26]</sup>而教学机器的发明,在 Skinner 看来,正是“由关于学习的实验研究得来了能为自我教学创造最优条件的机器”<sup>[27]</sup>。

这极大地改变了教育领域内基础研究和技术创新的基本格局,并有力推动了20世纪60年代后计算机辅助教学的发展,进而影响了现代信息技术支持的学习,包括网络学习、多媒体学习等。在经典认知科学与信息技术的交相影响下,教育实践日益走向科学化和技术化。然而,迄今为止仍没有明确的证据可以证明教育科学化和技术化取得了真正的成功,甚至有学者还认为它给教育带来了灾难<sup>[28]</sup>。因为一味强调教育的可操作性、可复制性和学习活动的可测量性、可检验性,是违背教育和学习之本质的,容易出现“唯技术论”“唯工具论”的趋向<sup>[29]</sup>,进而让教育陷入机械化的离身困境。教学机器与程序教学的成功和失败,均源于此。

Pressey 和 Skinner 在教学机器和程序教学上的探索,充分展现了学习的基础科学研究与教育的技术创新之间的密切关系,即没有基础科学作为基石,教育领域的技术创新是注定走不远的;同样,没有创新技术作为支撑,先进前卫的教学理念也是难以实现的。以具身认知为代表的新一代认知科学和以具身型人工智能为代表的新一代人工智能的发展,正推动着教育领域基础科学与技术创新的耦合发展步入新境界,即科学与技术双向互动的新阶段。智能导学系统的出现就是新一代认知科学与人工智能双向互动的结果,因为它内在地包含了学习的科学和教育的技术,并在实践应用中实现了两者的一体化发展。然而,这种二元耦合发展的模式目前仍停留在个别案例上,寥若浩瀚天空中的晨星。数十年来,基础科学与技术创新的双向互动已经成为当代科学技术进步的基本模式,由此催生了基础科学与技术创新耦合发展的“巴斯德象限”,但这尚未成为教育领域内基础科学与技术创新的主流。对教育信息化领域“有变化无改革”“有变化而无改良”的批评仍不绝于耳。所谓“有变化而无改革”和“有变化而无改良”,是指虽然技术环境变化很大,但教育教学实质改进不多,既没有突破性的制度创新,也没有显著的质量提升<sup>[30]</sup>。究其根源,正在于我们缺乏一种基于学习科学与教育技术的内在统一,即融合了具身认知与人工智能的新型教育技术系统。因此,继续推进具身认知与智能技术的双向交互,建立智能、具身的新型教育技术系统,并在工程化应用中提升教育系统自身变革的内在动力,是当前人工智能推动教育具身面临的一大挑战。

### 2. 应对之道:构建超生物肢体、超生物感官和超生物大脑整合的具身型智能教育技术系统

具身认知科学和人工智能技术的融合创新,为

具身型教育技术系统的构建与工程化应用提供了基础支撑。近年来,随着元宇宙、智能终端等前瞻性产业的发展,人机交互界面日趋透明甚至消失,媒介对人体延伸的自由度不断向外(现实世界)开拓扩展和向内(人体自身)重组再造<sup>[31]</sup>,教育技术系统将在新理论与新技术的耦合作用下进一步升级,形成具身型智能教育技术系统。在该系统中,学习者身体与各类智能设备建立起高强度、高密度的连接,多元、沉浸的媒体交互将触发学习者更多的感官体验、操作体验和心理体验,进而产生具身效应,实现多通道状态信息(知觉的、动作的、内省的)与高层次认知加工(推断、分类、记忆等)的双向互动。具身型智能教育技术系统就像一个具备自组织、自适应能力的超生物系统,包含了超生物肢体、超生物感官和超生物大脑且实现了三者的整合,因此不仅能根据自下而上的知觉信息生成相应的行动方案,还能根据自上而下的预测信息快速调整行动方案——上行感知和下行预测的结合,构成、检验和维系着学习者对外部世界的理解和把握。

一个完整的具身型智能教育技术系统包括超生物肢体、超生物感官和超生物大脑三大子系统。其中,超生物肢体子系统是人类肢体的延伸,包括支持手、脚等肢体操作的各种技术工具,它在突破教学交互的时空限制、调动学习者参与学习的能动性上发挥着重要作用;超生物感官子系统是人类感官系统的延伸,包括模拟眼睛、鼻子、耳朵及皮肤中感受器的各类传感器及其配套的模拟信号处理单元、类脑运算芯片等,多感官融合的超生物感官系统有助于实现人类感知与世界的对接,促进学习者知觉与行动的合一;超生物大脑子系统是人脑的延伸,它不仅能够将信息转换为记忆,还能够根据输入信息和先验知识做出事件处理决策并调配相关资源。超生物肢体、感官和大脑突破了原有身体为遗传所决定的生物局限性,其频繁使用构建和形成了人的“超生物经验”,这也是具身型智能教育技术系统的目的之一,即激发学习者的“超生物行为”,帮助其掌握和积累越来越多的“超生物经验”。具身型智能教育技术系统中人与超生物肢体、感官和大脑的互嵌、互构,将重塑人的操作、感官和心理体验,增强人的在场感、参与感与沉浸感,进而促进学习由离身向具身转变。

为构建具身型智能教育技术系统,必须加快推进具身认知与人工智能在教育领域的耦合,充分利用基础科学与技术创新的互动成果,促进教育技术

系统的集成创新与工程实践。教育技术系统的集成创新将以对学习者的肢体、感官及大脑的全面延伸为进路,不断推进具身认知的理论落地、人工智能的具身实现和具身型智能教学系统的开发。在具身认知的理论落地上,应重视人工智能在支持具身交互和激发沉浸体验上的作用,探索构建融合智能技术的具身学习环境,充分调动学习者肢体、感官和大脑参与学习的积极性;开发基于场景感知、内容分发和路径规划的具身课程资源,促进课程叙事框架与学生学习轨迹的融合<sup>[32]</sup>;设计即时性行动与结构化反思相结合的具身教学活动,使学生通过“对行动的反思”和“在行动中反思”构建身心合一的个体实践性知识<sup>[33]</sup>。在人工智能的具身实现上,需继续推进智能技术与生物体的结合,推动人工智能从物理具身(Physical Embodiment)到类有机体具身(Organismoid Embodiment)再到有机体具身(Organismic Embodiment)的渐次实现<sup>[34]</sup>,增强学习者对外部世界的感知、连接与认知能力;推进智能体与真实世界的互动,实现人工智能从弱人工智能(Artificial Narrow Intelligence)到强人工智能(Artificial General Intelligence)再到超人工智能(Artificial Super Intelligence)的进化,促进教育领域人工智能从关注智能技术应用转向人机协同系统发展。在具身型智能教学系统的开发上,需聚焦认知科学与机器智能领域的多模态感知和学习问题,探索设计更直接、自然的人机互动方式;聚焦学习过程与行为的具身模拟和预测问题,推进人机协同、人机融合学习;聚焦肉身在场与虚拟在场的交织融合问题,搭建参与感强、互动性高的沉浸式体验空间,促进学习者超生物经验的形成与发展。

## 五、结语

未来一定是人机共存的时代,人工智能在教育实践中的应用将成为常态。人工智能给教育带来的变革已经超越了技术工具论的逻辑,并逐渐上升为对教育理念、教育价值及教育生态的全面冲击。尤其是随着具身型人工智能的发展,技术在教育教学中的角色定位越来越复杂多元,要求我们必须科学认识人工智能的发展范式及其对教育的深刻影响。新一代人工智能将通过增强主体性在场、促进具身性交互和提升沉浸性体验等,推动教育技术系统的集成创新与工程实践,有效支持具身的教学与学习,进而实现教育实践的具身转变<sup>[35]</sup>。唯有如此,才能充分发挥人工智能变革教育的革命性力量,加快推进具身认知与人工智能在教育领域的耦

合发展,以教育技术的原始创新全面推动教育理念更新、模式变革、体系重构。

#### 参考文献:

- [1] Miller G, Galanter E, Pribram K. Plans and the structure of behavior[M]. New York: Henry Holt and Company, 1960:16.
- [2] Newell A, Simon H A. GPS, a program that simulates human thought[A]. Computers and thought[C]. New York: McGraw Hill, 1963:279-293.
- [3] Newell A, Simon H A. Human problem solving[M]. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1972:105-140.
- [4] Dreyfus H L. How representational cognitivism failed and is being replaced by body/world coupling[A]. After cognitivism[C]. New York: Springer Science & Business Media, 2009:39-73.
- [5] Brooks R A. Intelligence without reason[A]. Proceedings of the international joint conference on artificial intelligence[C]. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1991:569-595.
- [6] Brooks R A. Intelligence without representation[J]. Artificial Intelligence, 1991, (1-3):139-159.
- [7] Lambrinos D, Möller R, Labhart T, et al. A mobile robot employing insect strategies for navigation[J]. Robotics and Autonomous Systems, 2000, (1-2):39-64.
- [8] Miki N, Shimoyama I. Study on micro-flying robots[J]. Advanced Robotics, 1999, (3):245-246.
- [9] Kuwana Y, Nagasawa S, Shimoyama I, et al. Synthesis of the pheromone-oriented behaviour of silkworm moths by amobile robot with moth antennae as pheromone sensors[J]. Biosensors and Bioelectronics, 1999, (2):195-202.
- [10] Haasch A, Hohenner S, Hüwel S, et al. Biron - the bielefeld robot companion[A]. Workshop on advances in service robotics[C]. Stuttgart, Germany: Fraunhofer IRB Verlag, 2004:27-32.
- [11] Tsagarakis N G, Metta G, Sandini G, et al. ICub: The design and realization of an open humanoid platform for cognitive and neuroscience research[J]. Advanced Robotics, 2007, (10):1151-1175.
- [12] Ihde D. Bodies in technology[M]. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press, 2002:XI.
- [13] (美)尼古拉斯·尼葛洛庞帝著. 胡泳, 范海燕译. 数字化生存[M]. 海口:海南出版社, 1997:269.
- [14] (德)卡尔·马克思著. 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局译. 1844年经济学哲学手稿[M]. 北京:人民出版社, 2014:85.
- [15] (德)克劳斯·施瓦布著. 李蕾译. 第四次工业革命:转型的力量[M]. 杭州:中信出版集团, 2016:2.
- [16] (美)唐纳德·司托克斯著. 周春彦, 谷春立译. 基础科学与技术创新:巴斯德象限[M]. 北京:科学出版社, 1999:49-76.
- [17] Schank R C, Slade S B. The future of artificial intelligence: Learning from experience[J]. Applied Artificial Intelligence

an International Journal, 1991, (1):97-107.

- [18] Luckin R, Cukurova M. Designing educational technologies in the age of AI: A learning sciences-driven approach[J]. British Journal of Educational Technology, 2019, (6):2824-2838.
- [19] Rosenberger R. Embodied technology and the dangers of using the phone while driving[J]. Phenomenology and the Cognitive Sciences, 2012, (1):79-94.
- [20] Ziemke T. Embodied AI as science: Models of embodied cognition, embodied models of cognition, or both? [A]. Embodied Artificial Intelligence[C]. Berlin: Springer, 2004:27-36.
- [21] (美)约翰·杜威著. 王承绪译. 民主主义与教育[M]. 北京:人民教育出版社, 2001:87.
- [22] Graesser A C, Jackson G T. Body and symbol in AutoTutor: Conversations that are responsive to the learners' cognitive and emotional states[A]. Symbols and embodiment: Debates on meaning and cognition[C]. Oxford, UK: Oxford University Press, 2008:33-56.
- [23] Sawyer R K. The future of learning: Grounding educational innovation in the learning sciences[A]. The Cambridge handbook of the learning sciences[C]. New York: Cambridge University Press, 2014:726-746.
- [24] (美)普莱西, 斯金纳, 克劳德, 等著. 刘范, 曹传咏, 荆其诚, 等译. 程序教学和教学机器[M]. 北京:人民教育出版社, 1964:33.
- [25] 张志祯, 张玲玲, 罗琼菱子, 等. 人工智能教育应用的实然分析: 教学自动化的方法与限度[J]. 中国远程教育, 2019, (3):1-13, 92.
- [26] Skinner B F. The science of learning and the art of teaching[J]. Harvard Educational Review, 1954, 24:86-97.
- [27] Skinner B F. Teaching machines: From the experimental study of learning come devices which arrange optimal conditions for self-instruction[J]. Science, 1958, (3330):969-977.
- [28] Cole N S. Conceptions of educational achievement[J]. Educational Researcher, 1990, (3):2-7.
- [29] 李芒, 郑葳. 信息化学学习方式的历史审视[J]. 电化教育研究, 2006, (5):3-9.
- [30] 郑旭东, 周子荷, 贾洋洋. “三个课堂”常态化按需应用: 挑战与出路[J]. 中国电化教育, 2022, (2):8-14.
- [31] 喻国明. 未来媒介的进化逻辑: “人的连接”的迭代、重组与升维——从“场景时代”到“元宇宙”再到“心世界”的未来[J]. 新闻界, 2021, (10):54-60.
- [32] Wang M Q, Zheng X D. Embodied cognition and curriculum construction[J]. Educational Philosophy and Theory, 2018, (3):217-228.
- [33] 郑旭东, 王美倩, 饶景阳. 论具身学习及其设计: 基于具身认知的视角[J]. 电化教育研究, 2019, (1):25-32.
- [34] Ziemke T. Disentangling notions of embodiment[A]. Proceedings of the workshop on developmental embodied cognition[C]. Edinburgh, UK: The Cognitive Science Society, 2001:4-8.
- [35] 王美倩, 郑旭东. 后信息时代教育实践的具身转向——基于哲学、科学和技术视角的分析[J]. 开放教育研究, 2020, (6):69-76.