

从人机融合走向深度学习：范式、方法与价值意蕴

胡 航 王家壹

(西南大学教师教育学院, 重庆 400715)

【摘要】 机器深度学习在与人类的碰撞和交互中不断突破自身功能界限,以人机融合的态势持续促进人类深度学习。本研究以人类深度学习为核心,基于人与机器在脑科学、认知心理学、计算教育学跨学科视域下的人机一致性,从内涵、实施、机制和测评四方面展现“学习者中心设计”的人机融合,提炼深度学习范式,由此聚焦人机融合走向深度学习的方法,用真实情境、跨学科、智能化、大概念、“个性化—合作”学习、思维与创新等关键词阐述其具体路径,构建人机融合的教育新生态,提高学习者“真问题解决”能力。

【关键词】 深度学习;跨学科;真问题解决;人机融合;教育新生态

【中图分类号】 G40-057 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1007-2179(2024)02-0069-11

深度学习拟架通脑科学、心理学、教育学与技术之间的桥梁,关注人的高阶思维和自主创新能力的培养与发展,回答“培养什么人、怎样培养人、为谁培养人”这一根本问题,可有效服务于“教育、科技、人才”三位一体融合发展。学习者面对的“真问题”,通过“个性化—合作”的动态学习,进行“生理、认知与情感”的“三角互证”(胡航,2022),最终解决“真问题”。“从人机融合走向深度学习”指以智能技术为表征的机器深度学习不断延伸到人类的认知、情感、行为等,在反复碰撞和交互过程中突破功能界限,以人机融合的态势持续推进人类深度学习。本研究拟探讨如下问题:人机融合为什么能走向深度学习?人机融合怎么走向深度学习?人机融合的深度学习的有什么现实价值和趋势?本研究基于跨学科深度学习视域下

人与机器的一致性,从理论与实践提炼深度学习范式,归纳人机融合的深度学习方法,阐述深度学习在人机融合教育新生态中的价值意蕴。

一、深度学习基础:人机一致性

(一)人机深度学习的跨学科理解

1. 深度学习

计算机和教育领域对深度学习的认识同源。前者关注机器的深度学习(deep learning),旨在探索和实现机器的智能化,其底层算法逻辑是对人类的认知过程、情感状态、信息加工方式等的模拟和计算,表征为模式识别、专家系统等能直接为人所用的智能技术;后者关注人类的深度学习(deeper learning),由马顿和萨尔乔(Marton & Saljo, 1976)首

【收稿日期】2023-11-09 **【修回日期】**2023-12-11 **【DOI编码】**10.13966/j.cnki.kfjyyj.2024.02.008

【基金项目】西南大学阐释党的二十大精神专项“中国式教育现代化的内涵、外延与建设路径”(SWU2209044)。

【作者简介】胡航,副教授,博士生导师,西南大学教师教育学院卓越教学中心主任,研究方向:深度学习与计算教育学、课程与教学、教师教育、信息学与科技教育(ethuhang@swu.edu.cn);王家壹,硕士研究生,西南大学教师教育学院,研究方向:深度学习与计算教育学

【引用信息】胡航,王家壹(2024).从人机融合走向深度学习:范式、方法与价值意蕴[J].开放教育研究,30(2):69-79.

次提出, 典型特征是追求对内容的理解和新知识与先前知识、经验的联系, 以提高问题解决和决策能力。何玲和黎加厚(2005)将深度学习引入国内, 强调知识整合、认知建构、情境迁移等。笔者团队从生理、认知和心理三个层面证明了智能技术在人类深度学习中的促进作用(Hu, 2022)。

2. 脑科学

脑科学(brain science)研究脑的结构和功能, 具有跨学科性质, 如教育神经学(educational neuroscience)将成果运用于解释人类教育现象(Chall & Mirsky, 1978), 综合了心理学、脑科学和教育学等不同学科、不同情境对课堂学习行为中脑与认知现象的研究(周加仙, 2013)。人类和机器深度学习的发生遵循大脑神经的运行机制: 一是信息联结。人类深度学习是大脑多重记忆通路的联结(Hardiman, 2003), 而机器深度学习形成了能将不同层次的信息进行联结的“类脑”。二是信息处理。长时间的学习会使神经元之间联系的修改更具持久性(张俊列等, 2020), 对应着机器深度学习从信息输入到输出的最长加工路径。

3. 认知心理学

认知反映了人对客观世界的认识和感知。认知心理学从信息加工、自我决定、情境认知等角度解释深度学习机制。不少学者指出, 深度学习的认识还局限在信息加工理论(吴永军, 2019), 忽视了学习者本身和所处情境的差异, 没有突破符号加工模式的局限(Osbeck, 2009)。因此, 具身认知强调认知和心智不能离开身体而存在(叶浩生, 2010), 将生理、心理和环境视为动态统一体。人类与机器的深度学习起源于真实情境, 注重自身和情境之间多层次的信息交互与加工、拓展和迁移, 形成问题的最优解决方案, 其研究重点关注真实情境和学习者本身。

4. 计算教育学

计算教育学以教育主体计算、教育情境计算等为核心, 实现对教育主体的理解、教育情境的感知及教育服务的定制, 揭示了教育系统的复杂机制与运行规律(刘三女牙等, 2020), 是推动人机融合的关键学科。随着人工智能时代的到来, 教育大数据暴发式增长, 硬件的发展带来算力的大幅度提升(郑永和等, 2020), 以及知识追踪、情感识别、数据

挖掘、因果模型等应用技术的不断完善, 机器对人的刻画更为全面和深入, 人与机器越呈现融合态势。本研究重点关注以智能技术为表征的机器深度学习对人类深度学习的促进作用。

(二) 人机深度学习的理论基础

深度学习在跨学科视域下的人机一致性以人为核心。相关学科从真实情境、经验迁移、问题解决、高阶思维四个维度奠定了人类深度学习的理论基础(见图1), 理论之间各有侧重又相互映照, 支持人机深度学习实践的顺利开展。

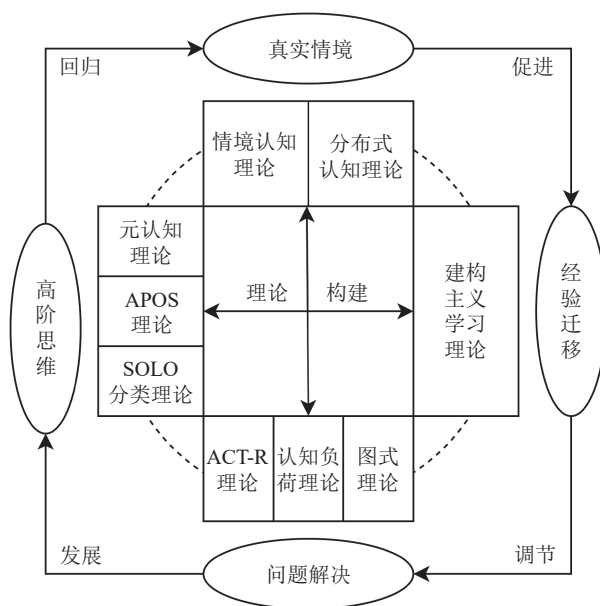


图1 人机深度学习基础理论关系

1) 从真实情境出发。情境认知理论强调身体与真实情境交互对认知加工的重要性(Walter, 2014), 这与杜威关注的“经验”和“情境”, 鼓励“做中学”的教育方式(Hildebrand, 2016), 以及维果茨基的社会文化理论强调的人际互动(Alkhudiry, 2022)联系密切。分布式认知理论提供了探索技术增强的学习环境的独特方法, 强调认知发生在大脑中, 是人与情境之间相互作用的结果(Shutkin, 2019)。上述理论支持了学习者与机器在真实情境中持续交互, 学习者利用机器快速整合情境蕴含的知识, 完成有意义的认知建构; 机器同时形成不同情境的知识图谱, 推动自身的更迭优化。二者融合构建分布式的“真问题”解决方案, 提高智能决策效率, 促进知识经验迁移。

2)从知识经验迁移的角度出发。建构主义学习理论强调学习者对新知识的主动意义建构,这需要基于先前的知识经验为学习者提供进入学习主题的路径(Srivastava, 2021)。学习者与机器基于“真问题”的具体需求和已有的知识建构,将人的认知能力和机器的计算能力相结合,自动调整学习策略,高效完成新知识体系的重构,提高人机融合的自适应能力,从而有效调节问题解决过程。

3)从真实问题解决的角度出发。安德森 ACT-R (adaptive control of thought-rational)理论包含的陈述性与程序性知识是深度学习问题解决的基础(Anderson & Schunn, 2000)。认知负荷理论提倡教学设计要基于人类学习、思考和解决问题的知识(Tindall-Ford et al., 2019),并促进特定领域图式的习得(Kalyuga & Singh, 2016)。图式理论强调学习者在问题解决过程中对已有认知结构的充分搜索和运用。人机深度学习将学习者认知结构和机器知识图谱融合,能对陈述性和程序性知识进行提取、重组并整合到新情境中,促进学习者和机器的迁移学习(transfer learning),最终有效解决“真问题”,发展学习者的高阶思维。

4)从高阶思维培养的角度出发。人的思维过程由元认知控制(Helendra et al., 2018)。元认知理论强调学习者通过不断思考进而有效控制自己的思维和认知,提高学习和解决问题能力(Yadav et al., 2022)。杜宾斯基(Dubinsky) APOS (action, process, object, schema)理论探讨了学生学习的心理活动、过程、对象,形成图式结构的四阶段心理建构,展现了学习者高阶思维的发展过程。SOLO (structure of the observed learning outcome)分类理论认为随着学习的深入,学生参与越高层次的思考和越有助于其思维技能发展(Nunaki et al., 2019)。上述理论奠定了人机深度学习的思维培养之基。机器的监督或半监督学习过程与学习者元认知的调节过程类似,且学习者的深入思考加以机器的深层数据分析与智能决策,有助于学习者高阶思维的形成,回归到真实情境中解决问题。

(三)人机深度学习的实践审视

基于人机深度学习理论关系,本研究总结了国内外跨学科视域下人机深度学习的三个特征:

1)以课堂为实践主阵地。人机深度学习将教

师、学习者、情境和技术充分融合,构建人机和谐共生的智慧课堂。武法提等(2022)提出基于深度学习的智慧课堂设计框架,将教师资源、软硬件设备、数据与模型等结构要素进行了精细分工。深度学习的课堂实践以学习者为核心,利用机器突破物理空间与数字空间的界限,促使人机在沉浸式、交互式的智慧情境里融合发展。

2)跨学科研究成果大量应用于深度学习理论与实践,以“真问题解决”为目标。晋欣泉等(2021)从认知偏差、团队冲突与知识建构的关系揭示学习者认知的内在机制。也有研究者从脑科学角度出发,提出教师应适当给予学生有难度和挑战性的学习任务,刺激学生对短暂储存的知识信息进行反复的多层编码和深度加工,形成更复杂的记忆结构(Luria et al., 2021),达成深度理解(Fielding-Wells et al., 2017),使知识信息储存在长时记忆系统中。学生面对新情境的新问题时,便可以从长时记忆系统中提取所需要的知识信息,实现知识体系重构和创造性应用。还有研究者运用智能化工具如智能导学系统(Graesser, 2016)、严肃游戏(Forsyth et al., 2020)等完成深度学习实验。

3)数据类型和分析方法的多模态趋势。深度学习实证研究主要以量表和访谈构建数据集,如修订版两因素学习过程量表(Biggs et al., 2001)、学习动机与策略量表(Pintrich et al., 1993)、学习方法问卷(Entwistle & McCune, 2004)等,测量学生心理。运用视频、观察、仪器等采集方法将心理测量与数字空间、物理空间和生理体征数据相结合,基于多模态数据分析获得更全面的结论,更有利于解释教育现象,挖掘教育本质。

综上,跨学科视域下的人机一致性解释了从人机融合能走向深度学习的原因:一是跨学科理解层。人类和机器在多个领域具有共通处,深度学习在智能技术支持下探索学习者生理、心理与情境的相互作用。二是理论构建层。真实情境、经验迁移、问题解决和高阶思维的闭环关系强调深度学习本质是人的活动,实现人类深度学习是人机融合发展的方向和目标。三是实践聚焦层。人机深度学习充分运用跨学科研究成果揭示教育本质,让教育真正服务于人的需求和未来发展。

二、深度学习范式: “学习者中心设计”的人机融合

(一)深度学习内涵: 个体、情境与技术的系统构建

国内外研究者多从学习者的理解程度、学习方式、能力培养等方面阐述深度学习内涵。随着智能技术在学习科学的渗透,深度学习应是智能技术支持下学习者个体与其所处情境的系统构建。

一是学习者具有主动性、批判性、创新性等特征,他们通过知识建构和信息整合实现情境迁移、问题解决和反思评价,并在深度学习过程中获得情感体验。埃利奥特等(Elliott et al., 1999)发现学习者“掌握目标”会导向深度学习,而“趋近目标”和“回避目标”则导向浅层学习;同时,学习者拥有深层动机和采用深度学习策略可能有更高的自我效能感(Lin & Tsai, 2013),学习兴趣与学习动机、深度认知参与等相关(Taasobshirazi et al., 2016),积极的情感状态能激发学习动机并加深对内容的理解(Yang et al., 2013)。

二是学习者与人际交往、师生沟通、家庭关系、人机协同等不同情境中的个体、场景、文化等保持和谐交互。马姆伯格等(Malmberg et al., 2013)发现学习情境便利的学习者都采用相似的策略,而在挑战性情境中,成绩好的学生才使用深层策略;郭华(2016)指出深度学习是学生的学习,要有教师的引导和帮助;苏丹尼(Soltani, 2020)认为对科学态度积极并在某种程度上参与科学的家庭的孩子更可能采用更深入的方法学习科学。

三是智能技术与深度学习密不可分。智能技术为刻画学习过程、构建学习场景、挖掘学习规律等提供有效工具,保障深度学习的真正发生,体现了“技术即学习者的生存方式”。例如,计算机信息加工系统可以阐释学习者复杂的心理活动(温雪, 2017);学习者的情感状态与大脑密切相关,多模态情感识别(Poria et al., 2016)、脑成像技术为深度学习的脑机制探索提供了条件;多媒体学习环境的教学代理可满足学习者的个性化需求(Wiedbusch et al., 2023)。

深度学习将个体、情境与技术深度融合,最终表现为学习者全身心的认知参与、自然而然的社会文化适应和基于智能技术的深度互动。

(二)深度学习实施: 真实情境的学与教

智能技术贯穿整个深度学习过程,包括内容重构策略、资源开发模式、教学实施模式等,最终指向真实情境的学与教。

1)深度学习内容作为学与教活动开展载体和生成良好学习氛围等人文环境的重要内容,是深度学习有效推进的核心要素之一。然而,深度学习的教学多以基础知识作为学习内容,同时,针对学习内容的研究较少且尚未形成统一的重构策略。胡航等(2017b)基于生态课程观和“实践与折中”课程开发模式,提出由学科知识(subject knowledge)、策略知识(strategies to knowledge)、社会技能(social skills)和认知结构(cognitive structure)构成的“4S”学习内容和“悟—议—行”课程内容重构策略,指出深度学习应是教师和学习者对内容的意义进行理解、构建和生成的过程。

2)深度学习资源是融合了多种智能技术,并能有效实现学与教的内容、对象、活动与交互等教学要素相互適切与重构的载体,而非技术工具的简单表达。促进深层学习的网络学习资源建设包括个性化选取、互动协作、评价平台等(陈琳等, 2011)。胡航等(2017c)提出S-DIP(schema-demonstration, interaction and problems)深度学习资源表征态,总结了与表征态映射的数字化学习资源表征形式,形成内容—表征—反馈(content, representation, feedback, CRF)的深度学习资源开发模式。

3)深度学习教学模式在课堂中实施、验证和创新,充分利用深度学习内容和资源实现真实情境的迁移和问题解决,详细解释了教师“怎么教”和学习者“怎么学”。胡航(2017a)在四类课堂中开展的单变量验证性实验,证明“个性化—合作”学习能促进学习者深度学习;沈和常(Shen & Chang, 2023)通过开展翻转课堂与传统课堂对照实验发现,翻转课堂中学生表现出更高水平的深入学习能力。此外,自我调节学习(Stegers-Jager et al., 2012)、游戏化学习(Chan et al., 2017)、多媒体学习(Ponce et al., 2018)等均采用智能技术解决真实情境中的复杂问题。

深度学习内容重构策略、资源开发模式和教学实施模式是真实情境的实践精炼,并逐渐形成理论体系,再回到学与教的实践,体现着“具体—抽

象—具体”的高通路迁移过程。

(三)深度学习机制:发生、维持、促进与支持

经典学习理论和学习思想已不能完全揭示智能时代深度学习的复杂机制,智能化时代深度学习机制可分为发生、维持、促进与支持四个维度(李松林等, 2020)。

1)以真实情境问题驱动的发生机制:学习者具有解决问题的深层动机并积极进行认知建构。胡航等(2020b)综合认知联通理论,将发生机制概括为“点—联结—结构—变换”,将知识整体与社会情境建立联系;马云飞等(2022)模拟计算机信息处理方式提出“信息输入—深度加工—学习生成”的深度学习三阶段。

2)朝向学习共同体发展的维持机制:学习者与情境中的不同个体、场景等相互作用并逐渐融洽。在深度学习机理模型中,学习者在与同伴、教师及共同体文化圈的交往中形成认知,在文化和技术支持下与共同体、学习内容呈现螺旋上升的走势(胡航等, 2020a)。

3)重在实践应用与反思的促进机制:学习者切身体验真实情境的学与教并形成反思评价。深度学习教学模式,如“个性化—合作”学习,注重学习者在真实情境的实践参与和情感体验;批判性反思行为则能促进深度学习的发生,提升深度学习的绩效(刘哲雨等, 2019)。

4)与智能技术深度交互的支持机制:教师和学习者充分利用数字化资源完成深度学习任务。知识追踪技术能判断学习者的学习状态并预测未来的学习表现(Khajajh et al., 2014),可实现深度学习的全程监控,有利于教师为不同状态的学习者提供合适的学习资源和高效的学习路径;使用信息和通信技术将科学概念置于真实情境中能有效支持学习者的深度学习(Kim, 2015)。

上述机制表明,深度学习是解决真实情境的复杂问题并进行多角度深层表征的过程,学习者在切身体验和技术协同中实现认知建构的立体化、思维成长的可视化和自我发展的多样化。

(四)深度学习测评:指向基于多模态数据的深层挖掘

深度学习测评大多局限在对量表、访谈等单模态数据的分析,解释力不足。脑成像、人工智能、

多模态学习分析等技术的广泛应用,以及数据搜集方法的多样化,推动了教育多模态数据的累积和数据分析方法的优化创新,有助于研究者揭示学习过程更深层次的数据关系,提高测评准确度。

1)多模态数据测评框架可发挥多模态数据信息互补的优势。胡航等(2022a)从多模态数据采集、分析和决策层面提出深度学习评价策略;郑等(Zheng et al., 2023)使用认知负荷量表、先验知识问卷等采集学生心理数据,结合脑电、眼动等生理数据,以及文本线索和反思、视觉线索和预测提示等探讨学习者内在动机、学习参与度、学习成果和认知负荷的影响。黄等(Hwang et al., 2014)采用基于同伴评估的游戏开发方法收集人机互动数据,发现该方法能有效增强学生的深度学习。

2)数据分析方法不断优化与创新,机器学习和因果分析的优越性逐渐体现。一方面,机器学习克服了经典统计方法处理高维异构数据效率和准确度低的缺点。胡航等(2021a)采用深度神经网络、决策树等方法分析了大量运动日志和课堂视频,构建并验证了学习绩效预测模型,为深度学习测评和教育管理提供了依据。高柏等(Goldberg et al., 2021)运用计算机视觉,并基于凝视、头部姿势和面部表情估计人工评分,有效反映了学生的课堂参与度。另一方面,经典统计方法往往只能得出描述性和相关性结论,测评结果缺乏因果解释力。虽然有学者使用结构方程模型探索高阶思维子能力之间的内部因果机制(王靖等, 2018)以及学习科学概念、学习科学自我调节和学习科学策略的因果结构(Li et al., 2018),因果分析与机器学习的结合在深度学习测评中大有可为,但目前还未得到有效应用,笔者团队正努力探索因果机器学习教育应用的创新路径。

3)智能化测评工具在更深层次上推动数据挖掘、人工智能等赋能教育。胡航等(2021b)开发了学习思维可视化系统,测评学习者的深度学习品质,并通过大量数据分析证明了系统的有效性;生成式人工智能提供了新兴的教育测评工具,如基于自然语言处理技术的ChatGPT(Shen et al., 2023),改变了知识获取和传递的过程,推动深度学习测评向知识水平、实践能力、综合素养等多维融合的方向转变,其引发的教育伦理问题对研究者的道德准则提

出了新的考验(Graf & Bernardi, 2023)。

深度学习测评立足于多个数据维度, 采取主观与客观、定性与定量、理论与实践相结合的多元分析方法, 生动刻画了深度学习各要素的结构网络, 描绘了学习者深度学习的过程与结果, 可为教育智能化管理与决策提供依据。

三、深度学习方法: 人机融合的关键词

基于上述范式可知, 人类利用机器的高效能向“全人”发展, 而机器也在模仿人类问题解决过程不断自我革新, 人机融合走向以人为核心的深度学习。其基本路径为学习者在跨学科理念和智能技术的支持下逐渐形成“学习共同体”, 利用大概念构建复杂的认知结构, 解决真实情境中的问题。人机融合关键词正是对上述路径的具体阐述, 为深度学习真正走向课堂提供有现实意义的方法。

(一) 问题解决: 真实情境

深度学习的问题一定是发生在真实情境中的重要问题, 而不是“假设”或“可忽略不计”的问题。学习者对真实情境的具身参与能有效促进知识的理解、迁移和实践运用。一方面, 建构源于生活“一体化”的教学真实情境, 能实现学习者对知识的深度迁移。“一体化”强调情境的选择要能够反映知识、社会和生活一体化的真实需求(Li & Fu, 2022), 有效跨越从学科知识向深度学习实践过渡的鸿沟, 实现从“人”走向“学习共同体”过程中知识的创造和生成。格吕宁格等(Grüniger et al., 2014)研究博物馆参观者的深度学习方法; 苏丹尼等(Soltani, 2020)将同伴、家庭等情境纳入学习者深度学习方法的研究。另一方面, 设计技术支持下的具身学习环境, 其需要虚实结合的物理环境、形式多元的学习支架和社会建构的认知交互场域(钟柏昌等, 2022)。塔尔基等(Tarchi & Mason, 2022)在多模态情境中探究学生深度学习的表现; 还有研究者利用智能技术创设具体情境研究学习者的学习过程, 如智慧教室(Di et al., 2019)、带有教学代理的多媒体学习环境(Wiedbusch et al., 2023)等。人机融合的真实情境拓宽了深度学习的研究范围, 其目的是有效解决具体问题, 促进人的全面发展。

(二) 教育属性: 跨学科

人机融合的真实情境注定了深度学习的跨学科教育属性, 跨学科和真问题联系密切。跨学科是真问题的属性, 真问题的解决也是跨学科的实践。聚焦深度学习“4S”内容的核心要素(胡航等, 2017b), 要注意以下三方面:

1)从学科知识的角度出发, 人机深度学习要以跨学科的优秀知识成果为输入, 以理论和实践的批判创新为输出, 在人与机器的交互与知识生产中生成新的节点和联结。2)从策略知识的角度出发, 人机深度学习要自适应地选择合适的学习策略, 充分遵循学习者的认知序列, 提高学习者的问题解决能力; 还要充分利用数字资源, 精准实施教学干预, 及时反馈学习策略的效果。3)从认知结构出发, 通过思维可视化工具, 学习者可以根据不同学科的本质特征和跨学科的融合特性, 进行知识的提取、归纳和整理, 将不同的概念和新知进行联结, 实现意义建构和经验迁移。教育者可运用思维可视化技术开展教学互动, 提升课堂的互动性和生成性, 培养成长型和创新型思维人才(胡航等, 2022b)。

(三) 技术工具: 智能化

深度学习是个体、情境与技术动态统一的学习过程。“学习共同体”的形成、学习数据的采集与分析、学习情境的营造与感知等关键点的内在要求和发展趋势是人机走向融合, 形成人机融合的教育新生态(Coeckelbergh, 2017), 在人、机器和环境的交互作用中实现思维、计算和行为融合的新型智能形式(阙玉叶, 2022)。陶等(Tao et al., 2022)在计算机支持的协作学习写作背景下, 通过分析数字空间的测验成绩, 探讨社会知识建构、情感互动与深度学习表现的关系; 翟等(Di et al., 2019)探讨智能课堂环境下学习者因素对高阶思维的影响; 恩卡迪蒙等(Nkadimeng et al., 2022)将电子游戏作为科学课堂的教学工具, 采用基于游戏的教学促进学生主动深度学习抽象概念。可见, 人机融合的深度学习的深度学习有助于提高教学效率、优化教学策略、改善学习效果, 形成适应学习者的新教学模式。

(四) 学什么: 大概念

深度学习强调学习者专家思维的形成与应用, 而这一目标需要大概念(big idea)才能实现。大概念依托真实情境, 在“具体—抽象—具体”循环的

高通路迁移过程中生成(刘徽, 2020);其内容不再局限于书本知识,而是学科知识、学习策略、认知结构和社会技能的统合,并与数字化资源的开发和应用相结合(胡航等, 2017c)。大概念利于复杂认知结构的生成,能够在深度学习中起到关键节点作用(胡航等, 2023)。学习者要理解生成式人工智能的响应并从中获取新知,就需要设计能产生预期输出的教育提示语(赵晓伟等, 2024);学习者采用基于大概念的思维架构,能快速地整合跨学科知识体系并提取关键点,形成逻辑严密的指令合集,顺利地取得预期成果并优化机器的知识图谱。深度学习以大概念为学习内容,不仅是自身跨学科属性的充分体现,更是解决真实问题的必备条件。

(五)怎么学:“个性化—合作”学习

“个性化—合作”学习是一种融合个性化和合作学习的学习模式。深度学习正是基于个性的社会化过程,可采用大模型增强的通用人工智能教师为学生提供定制的学习体验并进行自动评估和反馈(余胜泉等, 2024),从而科学组织与构建学习者积极互赖的学习结构,开展跨学科的个性化课堂活动,让学习者在小组协作的过程中组建“学习共同体”(胡航等, 2017a),实现人机融合的深度深度学习。

(六)目标与价值:思维与创新

深度学习的目标与价值体现在促进人机共同发展,聚焦拔尖人才创新培养。在科技赋能教育的过程中,学习者不断地进行思维建构与创新,教师履行导与引的职责;通用式人工智能系统的记忆网络结构在人类教学原则的作用下发生显著变化(刘凯等, 2022),证明了人机的一致性和可迁移性。因此,人机融合的深度深度学习能从因材施教、知行合一、教学相长、融会贯通、不悱不发等先贤思想中挖掘出人机普适的教育规律。

四、深度学习价值与趋势:人机融合的教育新生态

人类深度学习在跨学科实践中逐步积累了多源异构的教育大数据,为机器深度学习在算法和算力上的创新优化打下了基础。将智能技术有效应用于学习资源建设、教学活动设计、教育测量与评价等,有助于构建人机融合的教育新生态,服务教育数字化转型、教育科技人才“三位一体”融合

发展、新型教材编写和拔尖创新人才培养。

(一)深度学习如何支持教育数字化转型

教育数字化转型分技术、业务和人本三个层次(余胜泉, 2023),以数据为驱动力,注重学习体验和知识共享,构建教育新生态系统。深度学习基于大量跨学科实践,从内容与资源、教学模式及管理评价等方面支持教育数字化的转型。1)技术层次:逐渐采用人工智能、机器学习、机器人、区块链等数字技术开展课堂观测、学习结果预测、学习诊断等(OECD, 2021),实现对教学过程的实时监控,在因果层面建立多模态数据的测量与分析模型,为教学管理与评价提供准确的数据支持,建立有效决策的教育治理机制。2)业务层次:遵循学习者大脑的信息加工机制和“觉知—调和—归纳—迁移”的认知过程(胡航等, 2020a),重构传统教育内容,在此基础上逐步实现智能技术支持的个性化学习资源库,为教学效率提高、教育信息检索、教学方式创新等创造条件。3)人本层次:以课堂为教学主阵地,形成以学习者为中心的教学模式,强调学习者的动机、情感和社会性,促使学习者从被动接受学习走向主动探究学习。总之,深度学习以智能技术辅助教学,突破传统教学结构,增强学习者和教师的生命体验。

(二)深度学习如何服务教育、科技、人才“三位一体”融合发展

党的二十大报告强调“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑”,新时代我国应以目标、问题和结果为导向,持续深化教育优先发展、科技自立自强、人才引领驱动的“三位一体”良性循环的运行机制(朱杰, 2023)。深度学习在其中的驱动作用体现为:

1)提高人才培养水平。深度学习是“学习者为中心”的有效教育范式,它将教育场域的个体、情境和技术作为整体,为重构内容资源、优化教学策略、完善管理评价等人才培养模式的创新提供了理论与实践指导,促进学习者实现全面发展和提高综合素质。2)推动科技赋能教育发展。深度学习积极利用智能技术为真实情境的学与教提供高效便捷的实施手段,促进学习者形成迁移性的问题解决思路并产生复杂多样的学习数据,为科技充分有效赋能教育提供了基础。3)营造人才科技创新

氛围。深度学习能充分发挥科技与人才的协同效应, 培养具有成长型思维、大数据思维、批判性思维的高素质人才, 同时, 深度学习利用科技创新为人才培养提供了自由、健康、和谐的智能环境。总之, 深度学习以培养创新型人才为目标, 试图解决真实情境中的复杂问题, 推进科技创新和社会共同进步, 从而更好地服务教育、科技、人才“三位一体”融合发展。

(三) 深度学习如何指导新型教材编写

教材是知识的主要载体和教学的关键要素, 纸质教材有一定的缺陷, 难以满足智能化教育的需求。新型教材以教育数字化转型为驱动力, 经过电子教材、数字教材的快速发展, 具有以下特点: 基于知识图谱技术、多模态的表达形式、动态更新的素材资源和全过程全要素测评(吴永和等, 2023)。深度学习围绕“人是如何学习”, 指导新型教材编写并将其作为重要的实施工具, 体现在以下方面:

1) 设计方式。深度学习的发生机制从学习者认知建构的角度重述了知识图谱的构建过程——学习者将零散、独立的知识点在活动中不断交互和转化, 以“点一点”的持续联结为基础, 形成系统的知识体系, 最后在真实情境中优化结构并实现问题解决。2) 内容组织。深度学习不仅为新型教材的学科知识、学习方法、社会技能等提供了内容重构策略, 还实现了学习内容与数字化资源的高度适配, 推动新型教材知识结构的动态更新, 让课本内容“活过来”“动起来”。3) 学习过程。深度学习在学习者认知的不同阶段提供了不同的措施, 最大限度地发挥了学习内容和资源的作用, 为新型教材的具体使用提供了思路。4) 结果评价。深度学习重视学习过程和结果的多维测量, 为新型教材的学习者画像(Zhang, 2022)提供了更具价值的多模态信息, 使教师能适时调整教学内容和策略, 提高师生个性化反馈的准确性, 有利于新型教材的修正、优化与拓展。

(四) 深度学习如何服务拔尖创新人才培养

拔尖创新人才培养是一项复杂的系统性工程, 其关键是基于个体差异提供适切的培养方案(朱德全等, 2023), 实现从单一个体的卓越发展到各类一流人才的涌现, 最终完成整个教育系统的创新建设。在此过程中, 深度学习是教育领域保持长期、持续

和有效投入的关键, 它从三个方面发挥作用: 一是提供坚实的理论基础。深度学习在实现“有教无类”的同时承认并尊重学习者的个体差异, 将整个群体置于真实情境中, 充分考虑社会文化的影响, 为不同学习者提供合适的发展路径, 最大限度地发挥每个学习者的天赋潜质。二是保障个性化教学的实施。深度学习为传统的教学内容、材料、目标等提供了重构策略并采用数字化资源进行表征, 符合学习者认知过程的共性特征, 使教学过程有充足的内容和资源。三是形成多维度的评价体系。深度学习摒弃了唯分数论, 基于学习过程形成综合评价, 不仅采用多模态数据和智能分析表征学习者的特征, 还将潜在优势和个体差异可视化, 为评价提供客观依据, 而且试图利用评价结果预测学习者创新潜能的发展并刻画其发展路径。

人机深度学习基于跨学科的教育属性, 旨在解决真实情境的具体问题, 不仅借助智能化的技术工具满足学习者知识和技能由浅入深的习得, 更依赖于生理、心理和环境相互作用, 促使学习者高阶思维的发展, 是“学习共同体”的动态生成过程。机器深度学习是一种算法思维, 人类深度学习更强调头脑的认知, 二者最大区别在于人脑具有反思力和创造力(刘哲雨等, 2019)。从机器深度学习的“技术整合”走向人类深度学习的“人机融合”应成为教育数字化转型的有效路径。机器的智能特性来源于对人类的模拟和计算, 人类能解决真实情境的复杂问题又得益于机器的有效支持, 体现了人机之间的双向赋能, 即通过机器深度学习促进人类深度学习, 最终走向以人为本的深度学习, 实现“真问题解决”的教育价值。

[参考文献]

- [1] Alkhdiry, R. (2022). The contribution of vygotsky's sociocultural theory in mediating L2 knowledge co-construction[J]. *Theory and Practice in Language Studies*, 12: 2117-2123.
- [2] Anderson, J. R., & Schunn, C. D. (2000). Implications of the ACT-R learning theory: No magic bullets[C/OL]. [2023-11-20]. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:15092720>.
- [3] Biggs, J. B., Kember, D., & Leung, D. Y. P. (2001). The revised two-factor study process questionnaire: R-SPQ-2F[J]. *The British Journal of Educational Psychology*, 71(1): 133-149.
- [4] Chall, J. S., & Mirsky, A. F. (1978). Education and the brain [C/OL]. [2023-11-20]. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:141549297>.

- [5] Chan, K. Y. G., Tan, S. L., Hew, K. F. T., Koh, B. G., Lim, L. S., & Yong, J. C. (2017). Knowledge for games, games for knowledge: Designing a digital roll-and-move board game for a law of torts class[J]. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1): 7.
- [6] 陈琳, 李凡, 王鑫等(2011). 促进深层学习的网络学习资源建设研究[J]. *电化教育研究*, (12): 69-75.
- [7] Coeckelbergh, M. (2017). New romantic cyborgs: Romanticism, information technology, and the end of the machine[C/OL]. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:193701273>.
- [8] Di, W., Danxia, X., & Chun, L. (2019). The effects of learner factors on higher-order thinking in the smart classroom environment[J]. *Journal of Computers in Education*, 6(4): 483-498.
- [9] Elliot, A. J., McGregor, H. A., & Gable, S. (1999). Achievement goals, study strategies, and exam performance: A mediational analysis[J/OL]. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.3.549>.
- [10] Entwistle, N. J., & McCune, V. (2004). The conceptual bases of study strategy inventories[J]. *Educational Psychology Review*, 16: 325-345.
- [11] Fielding-Wells, J., O'Brien, M., & Makar, K. (2017). Using expectancy-value theory to explore aspects of motivation and engagement in inquiry-based learning in primary mathematics[J]. *Mathematics Education Research Journal*, 29(2): 237-254.
- [12] Forsyth, C. M., Graesser, A., & Millis, K. (2020). Predicting learning in a multi-component serious game[J]. *Technology, Knowledge and Learning*, 25(2): 251-277.
- [13] Goldberg, P., Sürmer, Ö., Stürmer, K., Wagner, W., Göllner, R., Gerjets, P., Kasneci, E., & Trautwein, U. (2021). Attentive or not? Toward a machine learning approach to assessing students' visible engagement in classroom instruction[J]. *Educational Psychology Review*, 33(1): 27-49.
- [14] Graesser, A. C. (2016). Conversations with autoTutor help students learn[J]. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1): 124-132.
- [15] Graf, A., & Bernardi, R. E. (2023). ChatGPT in research: Balancing ethics, transparency and advancement[J]. *Neuroscience*, 515: 71-73.
- [16] Grüninger, R., Specht, I., Lewalter, D., & Schnotz, W. (2014). Fragile knowledge and conflicting evidence: What effects do contiguity and personal characteristics of museum visitors have on their processing depth?[J]. *European Journal of Psychology of Education*, 29(2): 215-238.
- [17] 郭华(2016). 深度学习及其意义[J]. *课程. 教材. 教法*, 36(11): 25-32.
- [18] Hardiman, M. M. (2003). Connecting brain research with effective teaching: The brain-targeted teaching model[C/OL]. [2023-11-20]. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:59967845>.
- [19] Helendra, H., Fadilah, M., & Arsih, F. (2018). The effect of using evolution textbook based on ICT and metacognitive on cognitive competence of biology students at state university of padang[J]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 335.
- [20] 何玲, 黎加厚(2005). 促进学生深度学习[J]. *现代教学*, (5): 29-30.
- [21] Hildebrand, D. L. (2016). The paramount importance of experience and situations in dewey's democracy and education[J]. *Educational Theory*, 66: 73-88.
- [22] Hu, H. (2022). Deeper learning: A voice from laboratory to classroom[M]. London: Routledge: 10-18.
- [23] 胡航(2022). 深度学习: 理论、实践与研究方法[M]. 重庆: 西南大学出版社.: 55-88.
- [24] 胡航, 董玉琦(2017a). 技术促进深度学习: “个性化-合作”学习的理论构建与实证研究[J]. *远程教育杂志*, 35(3): 48-61.
- [25] 胡航, 董玉琦(2017b). 深度学习内容的构成与重构策略[J]. *中国远程教育*, (10): 72-78+80.
- [26] 胡航, 董玉琦(2017c). 深度学习数字化资源表征方法与开发模式[J]. *中国远程教育*, (12): 5-11+20+79.
- [27] 胡航, 蒋琳慧, 杨文迪(2022b). 深度学习赋能家校社协同育人新生态[J]. *教育家*, (40): 32-33.
- [28] 胡航, 李雅馨(2021a). 学习绩效预测模型的应用: 运动与课堂行为关系研究[J]. *中国远程教育*, (10): 19-28+76.
- [29] 胡航, 李雅馨, 郎启娥等(2020a). 深度学习的发生过程、设计模型与机理阐释[J]. *中国远程教育*, (1): 54-61+77.
- [30] 胡航, 米雪, 李雅馨等(2021b). 深度学习品质刻画: 评测工具的开发与应用——基于四城市小学生数学学习的实证研究[J]. *华东师范大学学报(教育科学版)*, 39(11): 73-85.
- [31] 胡航, 王家壹(2023). 大概念教学促进学生深度学习的发生机制与实践模型[J]. *今日教育*, (2): 14-19.
- [32] 胡航, 杨咏(2020b). 深度学习: 从“点”走向“变换”[J]. *今日教育*, (6): 50-55.
- [33] 胡航, 杨咏(2022a). 多模态数据分析视阈下深度学习评价路径与策略[J]. *中国远程教育*, (2): 13-19+76.
- [34] Hwang, G. J., Hung, C. M., & Chen, N. S. (2014). Improving learning achievements, motivations and problem-solving skills through a peer assessment-based game development approach[J]. *Educational Technology Research and Development*, 62(2): 129-145.
- [35] 晋泉欣, 姜强, 梁芮铭等(2021). 深度学习视域下认知偏差对知识建构的影响机制研究[J]. *电化教育研究*, 42(7): 75-82.
- [36] Kalyuga, S., & Singh, A. M. (2016). Rethinking the boundaries of cognitive load theory in complex learning[J]. *Educational Psychology Review*, 28(4): 831-852.
- [37] Khajah, M. M., Wing, R., Lindsey, R. V., & Mozer, M. C. (2014). Integrating latent-factor and knowledge-tracing models to predict individual differences in learning[C/OL]. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:225023>. [2023-11-20].
- [38] Kim, M. S. (2015). Empowering prospective teachers to become active sense-makers: Multimodal modeling of the seasons[J]. *Journal of Science Education and Technology*, 24(5): 610-627.
- [39] Li, M., Zheng, C., Liang, J.-C., Zhang, Y., & Tsai, C.-C. (2018). Conceptions, self-regulation, and strategies of learning science among Chinese high school students[J]. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(1): 69-87.
- [40] Li, Q., & Fu, Y. (2022). School education from the perspective of educational phenomenology[J]. *Asia Pacific Journal of Education*, 43:

324-326.

[41] Lin, T.-J., & Tsai, C.-C.(2013). A multi-dimensional instrument for evaluating Taiwanese high school students' science learning self-efficacy in relation to their approaches to learning science[J]. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(6): 1275-1301.

[42] 刘凯, 贾敏, 黄英辉, 胡祥恩, 王培(2022). 像教育人一样教育机器——人类教学原则能用于通用人工智能系统吗? [J]. *开放教育研究*, 28(2): 11-21.

[43] 刘徽(2020). “大概念”视角下的单元整体教学构型——兼论素养导向的课堂变革 [J]. *教育研究*, 41(6): 64-77.

[44] 刘三女牙, 杨宗凯, 李卿(2020). 计算教育学: 内涵与进路 [J]. *教育研究*, 41(3): 152-159.

[45] 刘哲雨, 郝晓鑫, 曾菲等(2019). 反思影响深度学习的实证研究——兼论人类深度学习对机器深度学习的启示 [J]. *现代远程教育研究*, (1): 87-95.

[46] 李松林, 杨爽(2020). 国外深度学习研究评析 [J]. *比较教育研究*, 42(9): 83-89.

[47] Luria, E., Shalom, M., & Levy, D. A. (2021). Cognitive neuroscience perspectives on motivation and learning: Revisiting self-determination theory[J]. *Mind, Brain, and Education*, 15(1): 5-17.

[48] Malmberg, J., Järvenoja, H., & Järvelä, S.(2013). Patterns in elementary school students' strategic actions in varying learning situations[J]. *Instructional Science*, 41(5): 933-954.

[49] Marton, F., & Saljo, R.(1976). On qualitative differences in learning: I. Outcome and process[J]. *British Journal of Educational Psychology*, 46(1): 4-11.

[50] 马云飞, 郑旭东, 赵冉等(2022). 深度学习的发生机制与多模态数据测评研究 [J]. *远程教育杂志*, 40(1): 50-60.

[51] Nkadameng, M., & Ankiewicz, P.(2022). The affordances of minecraft education as a game-based learning tool for atomic structure in junior high school science education[J]. *Journal of Science Education and Technology*, 31(5): 605-620.

[52] Nunaki, J. H., Damopolii, I., Nusantari, E., & Kandowangko, N. Y.(2019). The contribution of metacognitive in the inquiry-based learning to students' thinking skill based on SOLO Taxonomy[J]. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321(3): 32-44.

[53] OECD. (2021). *OECD digital education outlook 2021: Pushing the frontiers with artificial intelligence, blockchain and robots*[M]. Paris: OECD publishing: 19-52.

[54] Osbeck, L.(2009). Transformations in cognitive science: Implications and issues posed[J]. *Journal of Theoretical and Philosophical Psychology*, 29: 16-33.

[55] Pintrich, P., Smith, D., Duncan, T., & McKeachie, W.(1993). Reliability and predictive validity of the motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ)[J]. *Educational and Psychological Measurement - EDUC PSYCHOL MEAS*, 53: 801-813.

[56] Ponce, H. R., Mayer, R. E., López, M. J., & Loyola, M. S.(2018). Adding interactive graphic organizers to a whole-class slideshow lesson[J]. *Instructional Science*, 46(6): 973-988.

[57] Poria, S., Chaturvedi, I., Cambria, E., & Hussain, A. (2016).

Convolutional MKL based multimodal emotion recognition and sentiment analysis[C]//2016 IEEE 16th International Conference on Data Mining (ICDM). Barcelona, Spain: IEEE: 439-448.

[58] 阙玉叶(2022). 人工智能实现完全意向性何以可能?——人机融合智能: 未来人工智能发展方向 [J]. *自然辩证法研究*, 38(9): 55-61.

[59] Shen, D., & Chang, C.-S.(2023). Implementation of the flipped classroom approach for promoting college students' deeper learning[J]. *Educational technology research and development*, 71(3): 1323-1347.

[60] Shen, Y., Heacock, L., Elias, J., Hentel, K. D., Reig, B., Shih, G., & Moy, L. (2023). ChatGPT and other large language models are double-edged swords[J]. *Radiology*: 230163.

[61] Shutkin, D. S.(2019). Representationalism and power: The individual subject and distributed cognition in the field of educational technology[J]. *Studies in Philosophy and Education*, 38: 481-498.

[62] Soltani, A.(2020). Influence of motivating science class, family, and peer models on students' approaches to learning science: A structural equation modeling analysis[J]. *Research in Science Education*, 50(5): 1665-1687.

[63] Srivastava, K. N. (2021). Constructivist theory of learning[J]. *Technolearn An International Journal of Educational Technology*, 11(1).

[64] Stegers-Jager, K. M., Cohen-Schotanus, J., & Themmen, A. P. N.(2012). Motivation, learning strategies, participation and medical school performance: Motivation, learning strategies and participation[J]. *Medical Education*, 46(7): 678-688.

[65] Taasobshirazi, G., Heddy, B., Bailey, M., & Farley, J.(2016). A multivariate model of conceptual change[J]. *Instructional Science*, 44(2): 125-145.

[66] Tao, Y., Zhang, M., Su, Y., & Li, Y.(2022). Exploring college English language learners' social knowledge construction and socio-emotional interactions during computer-supported collaborative writing activities[J]. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 31(5): 613-622.

[67] Tarchi, C., & Mason, L.(2022). Learning across media in a second language[J]. *European Journal of Psychology of Education*, 38(4): 1593-1618.

[68] Tindall-Ford, S., Agostinho, S., & Sweller, J. (2019). Advances in cognitive load theory, rethinking teaching[M/OL]. [2023-11-20]. <https://app.dimensions.ai/details/publication/pub.1117571718>.

[69] Walter, S.(2014). Situated cognition: A field guide to some open conceptual and ontological issues[J]. *Review of Philosophy and Psychology*, 5(2): 241-263.

[70] 王靖, 崔鑫(2018). 深度学习动机、策略与高阶思维能力关系模型构建研究 [J]. *远程教育杂志*, 36(6): 41-52.

[71] 温雪(2017). 深度学习研究述评: 内涵、教学与评价 [J]. *全球教育展望*, 46(11): 39-54.

[72] Wiedbusch, M., Lester, J., & Azevedo, R.(2023). A multi-level growth modeling approach to measuring learner attention with metacognitive pedagogical agents[J]. *Metacognition and Learning*, 18(2): 465-494.

[73] 吴永和, 颜欢, 陈宇晴(2023). 教育数字化转型视域下的新型

教材建设及其标准研制[J]. 现代远程教育研究, 35(5): 3-11+21.

[74] 吴永军(2019). 关于深度学习的再认识[J]. 课程. 教材. 教法, 39(2): 51-58+36.

[75] 杨重阳, 武法提(2022). 基于深度学习的智慧课堂设计框架[J]. 开放教育研究, 28(6): 91-100.

[76] Yadav, A., Ocak, C., & Oliver, A.(2022). Computational thinking and metacognition[J]. TechTrends, 66(3): 405-411.

[77] Yang, H., Yang, S., & Isen, A. M.(2013). Positive affect improves working memory: Implications for controlled cognitive processing[J]. Cognition & Emotion, 27(3): 474-482.

[78] 叶浩生(2010). 具身认知: 认知心理学的新取向[J]. 心理学进展, 18(5): 705-710.

[79] 余胜泉, 熊莎莎(2024). 基于大模型增强的通用人工智能教师架构[J]. 开放教育研究, 30(1): 33-43.

[80] 余胜泉(2023). 教育数字化转型的层次[J]. 中国电化教育, (2): 55-59+66.

[81] Zhang, Z.(2022). Construction and empirical study of learner portrait in online general education course[J]. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2022: 1-9.

[82] 张俊列, 韦利仿(2020). 深度学习的脑科学基础与课堂教学

策略[J]. 教育理论与实践, 40(28): 59-64.

[83] 赵晓伟, 戴岭, 沈书生, 祝智庭(2024). 促进高意识学习的教育提示语设计[J]. 开放教育研究, 30(1): 44-54.

[84] Zheng, X., Ma, Y., Yue, T., & Yang, X.(2023). Effects of different types of cues and self-explanation prompts in instructional videos on deep learning: Evidence from multiple data analysis[J]. Educational Technology Research and Development, 71(3): 807-831.

[85] 郑永和, 严晓梅, 王晶莹等(2020). 计算教育学论纲: 立场、范式与体系[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 38(6): 1-19.

[86] 钟柏昌, 刘晓凡(2022). 论具身学习环境: 本质、构成与交互设计[J]. 开放教育研究, 28(5): 56-67.

[87] 周加仙(2013). 教育神经科学: 创建心智、脑与教育的联结[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 31(2): 42-48.

[88] 朱德全, 王小涛(2023). 差异教育: 撬动拔尖创新人才培养的“阿基米德点”[J/OL]. 重庆高教研究, 1-9[2023-12-11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1028.G4.20231012.1237.004.html>.

[89] 朱杰(2023). 推进教育、科技、人才“三位一体”融合发展[J]. 中国高等教育, (9): 10-13.

(编辑: 赵晓丽)

From Human-machine Integration to Deeper Learning: Paradigm, Methodology and Value Implications

HU Hang & WANG Jiayi

(College of Teacher Education, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Machine deep learning constantly breaks through its own functional boundaries in repeated collisions and interactions with humans, and continues to promote human deeper learning with human-machine integration. This research takes human deeper learning as the core, and based on human-machine consistency from the interdisciplinary perspective, demonstrates the human-machine integration of "learner-centered design" from four aspects of connotation, implementation, mechanism, and assessment to extract the deeper learning paradigm. Therefore, it focuses on the method of human-machine integration to deeper learning, and expounds its specific path with key words such as real situations, interdisciplinary, intelligentization, big idea, personalized - cooperative learning, thinking and innovation, so as to build a new education ecology of human-machine integration and improve learners' real-problem-solving ability.

Key words: deeper learning; interdisciplinary; real problem solving; man-machine integration; new ecology of education