

人工智能赋能： 学习者高阶思维培养何处去

胡小勇 孙 硕 杨文杰 陈孝然

【摘 要】人工智能热潮下,学习者高阶思维研究有了新发展。为厘清人工智能赋能高阶思维培养的研究路向,文章精选了相关领域 255 篇 SSCI 和 CSSCI 文章,通过内容分析和观点聚类梳理了十个重点研究方向:大数据技术支持的学习者思维特征建模、基于学习分析的高阶思维培养风险预测、扩展现实支持的沉浸式学习促进高阶思维发展、教育机器人辅助的高阶思维培养、基于自适应技术的个性化思维发展、脑机接口促进学习者与机器的人机思维交互、融合多模态生物特征识别的思维发展过程追踪、情感计算促进激发高阶思维的发展潜能、面向高阶思维培养的教育人工智能应用伦理安全问题以及智能时代的计算思维与设计思维培养。最后,文章提出人工智能赋能高阶思维培养的研究建议:研究者需要具备迈向跨学科、超学科深度融合的研究视角,促进“理论—技术—实践”同向而行的路径优化;未来研究应重点关注教育人工智能应用的升级与突破、多元高阶思维培养方式的融合与转变、思维评价体系建立的价值引领与风险规避等。

【关键词】人工智能;赋能;高阶思维;研究方向

【作者简介】胡小勇,华南师范大学教育人工智能研究院/教育信息技术学院教授,博士,博士生导师,常务副院长,研究方向为教育人工智能、教育信息化理论与政策、信息化教学教研创;孙硕,华南师范大学教育信息技术学院在读博士,研究方向为信息化教学教研、智能教育理论及应用;杨文杰(通讯作者)、陈孝然,华南师范大学教育信息技术学院在读硕士,研究方向为信息化教学创新、智能教育理论及应用(广东 广州 510631)。

【原文出处】摘自《中国电化教育》(京),2022.12.84~92

【基金项目】本文系教育部第二批虚拟教研室建设试点项目“教师智能教育素养研究教研室”(项目编号:150)研究成果。

一、引言

高阶思维(Higher-order Thinking)是发生在较高水平层次的认知活动,是学习者解决复杂问题的必要条件,是培养未来社会创新型人才的需要,受到全球教育界的广泛关注。2019年,世界经济合作与发展组织发布了《培养学生的创造力和批判性思维》研究报告,明确指出在新的时代背景下创造力、批判性思维等高阶思维具有重大潜在价值^[1]。2016年,《中国学生发展核心素养》将批判质疑、勤于反思、问题解决等纳入基本要点,凸显出高阶思维在学生核心素养中的重要性^[2]。同时,美国、新加坡等国家将高阶思维能力作为 21 世纪学习者学习和适应社会所必备的关键能力之一。^{[3][4]}可见,学习者高阶思维培养成为当代及未来教育发展的重要趋势,未来人才培养目标将不再局限于知识理解和技能掌握,而是聚焦到高阶思维能力和复杂问题解决能力。

近年来,人工智能技术发展浩荡如潮,不断加速世界各行业的数字化变革与创新。作为推动教

育数字化转型与发展变革的重要力量^[5],教育人工智能(Artificial Intelligence in Education, AIED)开始崛起,并结合人工智能与学习科学、脑科学等多学科成果,为培养学习者的高阶思维提供了巨大空间。然而,学习碎片化、浅层化等问题愈发显现,加之算法“黑箱”难以揭示深度学习和认知规律^[6]，“数据投喂”(Data Feeding)固化思维定势,学习者思维能力退化的风险也正在加剧。在人工智能等新技术助力教育数字化转型的背景下,如何正确对待教育人工智能为高阶思维培养带来的机遇与挑战,成为当前全球教育改革的重要研究关注点。本研究将通过梳理国内外相关研究,归纳总结人工智能支持下学习者高阶思维培养的研究重点,以把握人工智能赋能学习者高阶思维培养的重要方向,为人工智能赋能学习者高阶思维培养提供参考。

二、研究发现

为把握教育人工智能支持高阶思维培养的研究进展与未来趋势,本研究以 CNKI 中文学术期刊全文数据库和 Web of Science 数据库核心数据合集

为文献检索来源,对人工智能赋能学习者高阶思维培养的重点和方向进行梳理,截至2022年5月31日共检索得到中文CSSCI期刊文章185篇和英文SSCI期刊文章99篇。在剔除重复和无效文献后,研究对文章中与主题相关度较高的参考文献进行二次追溯和检索,最终共得到255篇源文献。通过内容分析与观点聚类,本文将教育人工智能赋能学习者高阶思维培养研究归纳为十个重点方向。

(一)大数据技术支持的学习者思维特征建模

学习者思维特征建模依据行为、心理、生理等与思维过程相关的学习数据,以学习者知识技能、认知水平、情感体验等发展变化为关注点,实现对高阶思维发展的抽象表示与刻画。一方面,大数据技术(Big Data)有利于扩大数据采集范围,保证数据分析多样性,使学习者思维特征模型在认知过程诊断、深度关联分析等方面更加科学精准^[7]。美国教育部在《通过教育数据挖掘和学习分析促进教与学》报告中提到,学习者建模可以通过获取和挖掘学习反馈、技能练习、学习表现等多种数据,综合分析高阶思维技能的掌握情况^[8]。另一方面,科学合理的思维特征建模,能有效识别和干预学习者高阶思维和认知的发展,有助于智能系统的大规模应用。例如,Hussain基于英国开放大学在线学习系统建立了学习者特征模型,利用大数据支持的机器学习算法,从参与讨论、小组协作、浏览网页等学习活动数据中识别学习投入度和思维活跃度较低的学生,以帮助教师在大规模远程学习课程中提供必要的干预措施^[9]。学习者思维特征建模的科学性、全面性与精准性,关键在于思维特征数据获取手段的实时性、伴随式、跨媒体特征,以及算法算力的效率、准确率等,因此需要大数据、云计算、知识追踪、跨模态深度学习等技术的发展与支持,融合多源多维的思维特征数据,使基于学习者外在表现的高阶思维挖掘与表征成为可能。

(二)基于学习分析的高阶思维培养风险预测

在利用人工智能促进学习者高阶思维发展过程中,基于机器学习算法和预测模型的学习分析(Learning Analytics)不仅能发现学习者的深层次认知规律,还提供了寻找共同错误模式、预测失败风险的研究手段,有助于学习者改进思维和认知方式,促进高阶思维的健康发展。

一方面,学习者高阶思维培养风险预测目标有两类。一是监测识别思维发展中可能存在的缺口,帮助学习者获得及时的教学指导^[10]。二是利用学习行为数据分析学习者投入度和学习困难,剖析诊断其中蕴含的思维发展问题,为教育者提供学困生预测支持^[11]。另一方面,预测分析对象分为结构化数

据和非结构化数据,学习成绩、学习时长、网页浏览等结构化数据,固然能在一定程度上预测学习者思维状态与能力水平^[12],而随着学习分析技术的发展,利用文本、对话等非结构化数据挖掘学习背后的思维指向和认知功能,日益得到研究者关注。如Vajjala^[13]和Kaoropthai等人^[14]基于预测模型和智能诊断框架对学习者的写作文本进行分析,分别预测和诊断出他们的写作思维能力和学术阅读水平。对高阶思维培养进行风险预测,是为了及时发现学习者发展思维的潜在困难与风险,通过精准干预来保证高阶思维的有效提升,未来相关研究既要关注学习者数据的价值性与多样性,也应结合具体思维教学场景增强学习分析技术的应用效果。

(三)扩展现实支持的沉浸式学习促进高阶思维发展

培养高阶思维,往往需要基于特定的学习情境。利用虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等扩展现实(XR)技术来创设智能仿真学习环境,可以使学习者沉浸在“拟真”世界中解决“真实”的问题,达到提升高阶思维水平的目的。首先,基于扩展现实的学习环境突破了物理空间限制,拓展了学习环境的边界。如卢迪等人指出:充满探究意义的沉浸式虚拟学习场域,可以帮助学习者基于自身兴趣采取合适的学习策略,提升批判性思维和创新性思维能力^[15]。其次,在扩展现实支持的学习情境中,丰富多样的智能感知与交互设计手段,对学习者实现深层次的沉浸式学习、锻炼基于问题解决的高阶思维技能具有积极促进作用。如朱珂等人认为,融合XR技术的互动教育游戏可以通过全新的个性化自主体验,激发学习者的创造力和灵感,促进创新性思维的发展^[16]。由于扩展现实技术对学习者的知识与能力转化的感知与认知能力仍存局限,未来利用扩展现实技术促进高阶思维发展的相关研究应更加关注深层次知识的传递与再造,并进一步优化学习者发展思维沉浸式体验。

(四)教育机器人辅助的高阶思维培养

教育机器人(Educational Robotics),是机器人应用领域的发展,其教学场景适用性、及时反馈性、开放可扩展性和友好交互性等特点,有效支撑学习者创造力等高阶思维培养。首先,教学中融入教育机器人,引导学习者进行深层次认知,如机器人鼓励学习者提出问题,通过问答触发深度思考,实现批判性反思^[17]。Socratous等人在小组协作学习的实证研究中,利用机器人引导学习者进行问答、反思和改进等高阶思维活动,发现机器人辅助能促进学习者的深度协同知识建构^[18]。其次,是跨学科教学中机器人的应用。机器人本身综合了仿生技术、

语言理解、视觉计算等多学科领域的技术攻关,是学习者开展跨学科学习、发展高阶思维能力的重要载体。如 Burack 等人在国家级课外机器人项目追踪研究中,发现高中生完成 STEM 机器人的设计组装,有助于发展批判性思维、问题解决能力^[19]。再者,教育机器人应用于课外教学,可以强化儿童的计算思维、设计思维和创新性思维。Bers 等人将计算机编程与机器人技术融入 4 岁儿童的游戏化学习中,促进了儿童计算思维、问题解决能力的发展^[20]。教育机器人作为学习对象、教学手段、认知工具,在学习者高阶思维培养方面具有巨大的潜力,由于当前机器人对学习者的思维发展情况的认知水平较低,简单的对话交流在促进学习者深度认知和思考方面难以发挥巨大优势,未来相关研究需要增强机器人教育教学功能的设计,通过情境创设、活动支架、诊断评估、资源推送等为高阶思维培养提供更有针对性、更高质量的服务支持。

(五) 基于自适应技术的个性化思维发展

自适应技术 (Adaptive Technology), 是实现个性化学习、打造个性化思维发展路径的有效方式。一方面, 自适应学习系统进行高阶思维能力测评时, 会根据学习者动态表现及时调整测试题难度。例如, 语言技能的发展需要学习者高阶思维活动的参与^[21], 李俊杰等人设计的基于自适应题库的语言个性化学习平台, 能根据良构和劣构测试题的答题情况, 判断语言学习者的语言发展水平和高阶思维能力, 并动态选推与之适配的题目^[22]。

另一方面, 系统通过智能算法实时收集学习表现数据, 依据学习者思维发展水平和规律, 智能匹配合适的资源及干预措施, 并适应性调整内容推送顺序。如方海光等人提出了自适应学习 MOOC 系统模型, 通过学习行为分析判断学习者是否达到预期的认知思维层次, 并进行个性化干预和促进自主调节^[23]。学习者高阶思维的个性化发展需要人工智能提供精准的评测与适配的资源推送等服务, 未来相关研究须关注学习者学习的知识图谱与知识追踪技术的结合, 基于外显的学习表现分析和预测内隐的思维能力发展程度, 结合具体教学场景动态、自适应地实施或转变高阶思维培养方式。

(六) 脑机接口促进学习者与机器的人机思维交互

脑机接口 (Brain-Computer Interface) 借助生理信息 (如脑电波、心率等) 反映学习者的学习状态, 并通过学习与思维的状态关联来判断高阶思维的发生与持续。在脑机接口支持下, 学习者利用思维意识向机器发布指令, 并通过机器反馈来调控学习行为, 实现人与机器的深度思维交互。

首先, 脑机接口可以结合脑电波分布情况对学习者的思维层次进行判断评估, 当脑电波为 α 波时, 学习状态最佳, 此时创造性思维最为活跃^[24]。Yang 等人在虚拟现实环境中利用脑机接口记录和评估学习者创造性思维过程, 对比分析了脑电信号的不同反馈形式对创造性水平的影响效果, 发现脑电图的提醒反馈形式更有助于学习者创造性思维发展^[25]。其次, 脑机接口能够实现学习者思维活动与外界环境的直接通信。有研究者利用非侵入式脑机接口设备, 探测学习者睡眠时的肌肉放松程度, 通过调整机器与大脑之间的交互促进联想思维发展, 激发创造力^[26]。最后, 脑机接口产生的学习和思维数据可以用于学习模型与学习系统完善。如陈海建等人通过脑电实验, 对学习者的思维认知过程和兴趣点变化进行跟踪、记录, 完善并验证了促进个性化教学的学习者画像^[27]。尽管脑机接口具有记录、影响和反馈高阶思维的独特优势, 然而由于技术成本较高以及学习者接受程度较低, 目前相关教育应用仍然有待深入探索, 须在保证技术设备安全性、稳定性的同时, 依据科学、全面的高阶思维特征指标, 增强脑机接口在思维教学中的适用性与接受度。

(七) 融合多模态生物特征识别的思维发展过程追踪

高阶思维的复杂性, 对思维过程追踪的技术实现提出了巨大挑战。目前, 多模态生物特征识别技术 (Multimodal Biometric Identification Technology), 对学习者的思维发展过程中生理、心理、行为及其他特征数据的融合识别认证, 不仅降低了单模态数据分析导致的错误率, 还可以利用多通道、多维度数据来提高思维特征识别的精确度。如 Zhang 等人对比发现, 利用面部表情与鼠标交互相结合的双模态数据检测学习投入度的准确性, 要高于图像单模态数据检测^[28]。而在以高阶思维和创新实践能力提升为目的的 STEM 场景中, Friesel 等人^[29] 和 Healion 等人^[30] 依托 PELARS (Practice-based Experimental Learning Analytics Research and Support) 学习分析系统: 采用计算机视觉、可穿戴传感器和问卷调查, 对学习者的面部表情、手部动作、身体运动以及基本信息等多模态数据进行了采集、识别和可视化, 既验证了系统的可用性, 也为学习者创新性思维培养提供了适应性证据。多模态数据识别与分析技术可以实现思维发展过程的准确识别与动态实时追踪, 不仅对多来源、多模态信息特征融合与映射的准确性和鲁棒性有较高要求, 同时在理论与实践中还需进一步加强数据与学习者思维特征的有意义关联以及隐私保护等。

(八)情感计算促进激发高阶思维的发展潜能

愉快、专注等积极情感,能提高学习者知识建构的积极主动性,激发问题解决和创新潜能,因此,利用情感计算(Affective Computing)对学习者的情感状态进行表征、分析和反馈,有助于揭示深层次的情感发生机制,对学习者的反思学习状态、优化学习行为、激发思维潜能等具有重要意义。在已有研究中,情感计算以学习过程中产生的文本、语音、视频、生理信息等数据为主要分析对象,对学习情感进行精准识别和有效反馈。如Wu等人结合眼动、心率和脑电数据,在数字化游戏和静态数字教材支持的两种学习环境中,分别测量了学习者解决问题时的注意力、情感体验和认知负荷,发现数字化游戏能够显著提升情感体验和学习注意力水平,并建议延长测量高阶思维能力发展变化的研究周期^[31]。总体来看,高阶思维发展是整合认知、情感和行为的复杂过程,不少研究虽然在分析多样化学习数据、情感识别的基础上对反思、解决问题等学习行为进行了挖掘,但在关于“情感—行为—认知”的深层次演化规律和具体作用机制等问题上,仍存在短板。

(九)面向高阶思维培养的教育人工智能应用伦理安全问题

人工智能应用是一把双刃剑,Kissinger曾警告称“人工智能的技术革命后果,我们没有完全考虑,其高潮可能是一个依赖数据和算法驱动、不受伦理或哲学规范支配的机器的世界”^[32]。随着机器智能化和教育大数据的应用,数据安全与隐私保护、数据投喂与信息偏食,已经成为教育人工智能应用无法回避的重要议题。一方面,教育数据需要合理存储、管理和保护。如多模态生物特征识别与分析技术借助多种智能设备来多方位采集、分析、反馈学习数据,在改善教学的同时,也可能使学习者的隐私“透明化”,个人信息遭到泄露^[33]。另一方面,人工智能技术的不当教育应用也有引发学习者思维退化的风险。如联合国教科文组织发布的《教育中的人工智能:可持续发展的挑战和机遇》指出,人工智能可以像人类一样思考、决策、解决问题,在机器认知、思维能力不断提升的同时,学习者可能持续囿于浅层思考、碎片化学习和信息茧房之中,视野受到局限,问题解决存在阻碍,高阶思维能力也将难以得到有效发展^[34]。目前,教育人工智能应用于培养学习者高阶思维的伦理规范不甚完善,亟须通过相关政策法规加强伦理道德意识,规范运用智能技术,科学构建面向高阶思维培养的智能环境,保障学习者的数据安全、个人隐私、主体意识不受侵犯。

(十)智能时代的计算思维与设计思维培养

国内外许多研究者就智能技术环境中的计算思维、设计思维展开了持续探讨^[35-37]。其中,计算思维作为一种通过计算机或人机协同进行问题求解的高阶思维过程,是多种思维技能的交互与综合。如陈国良等人认为,随着人工智能的发展,计算机科学、生物学、物理学等STEM相关技术类学科领域中的计算模型得到了创新,计算思维的内涵因此不断丰富和更新^[38]。同时,非技术类学科课程中的计算思维培养,同样引起了研究者的新思考。如Bernstein等人选取体育课和艺术课进行案例研究,发现任课教师分别根据具体的教学目标,利用教育机器人辅助教学过程,可以帮助学生培养计算思维能力^[39]。

另外,21世纪人才培养对创造力的重视,推动了设计思维在理论建构和课程实施等方面的尝试。首先,智能技术推动学习者设计思维的转化,使创意不再局限于思维层面。如杨绪辉针对信息技术在设计思维培养中发挥的作用,指出智能化技术可以帮助学习者降低感知难度,便于设计思维外显化^[40]。其次,智能技术支持的设计思维培养强调跨学科融合、跨媒介交互。如在STEM教育和创客教育中,学习者可以借助扩展现实眼镜实现泛在交互,通过数字孪生^[41]和3D打印^[42]实现快速原型设计及创造。作为高阶思维发展的新趋向,计算思维和设计思维的培养离不开智能技术手段支撑和教学方法指导。未来可以重点关注智能环境搭建、智能支架帮扶、智能资源推送等的理论探讨与实践应用。

三、研究启示

(一)教育人工智能关键技术与高阶思维培养

教育人工智能是人工智能在教育中的应用^[43],以多样性数据、机器学习与深度学习算法模型、数据运算能力为基础要素,从基础、感知、认知、应用四个层面对学习者高阶思维培养产生重要影响。

面向学习者思维培养的教育人工智能应用可以划分为三个层级。(1)浅层次应用,即“计算智能+高阶思维培养”,突出技术针对思维数据的运算速度与存储能力。例如,协同过滤推荐算法根据学习者思维发展相关的历史数据,为各种思维发展水平的学习者推荐学习资源。(2)中层次应用,即“感知智能+高阶思维培养”,突出技术感知学习者高阶思维外显特征信息的能力。例如,通过语音识别、文本转录、生理信号感知等技术对学习者思维培养进行效果评价。(3)较深层次应用,即“特定领域认知智能+高阶思维培养”,突出智能技术在特定领域或场景中的认知推理能力。即教育人工智能与特定领域的知识体系相结合,根据需要建构模型或开

发新算法,如通过构建学科知识图谱和学习者画像,评估和预测学习者高阶思维发展水平,实现个性化的学习资源推送等。未来,随着技术不断进步,人工智能将由当前简单智力延展的弱 AI 走向高阶智力创变的强 AI,乃至充满幻想色彩的超 AI^[44],适用于更多学习者高阶思维培养场景的教育人工智能应用将迎来更大发展,并产生更深层次的作用。

(二)总结与反思

1. 总结分析:多角度梳理研究进展及发展趋势

人工智能为新时期人才培养和教育变革赋予了新动能,更加强调学习者创造力、批判性思维等关键能力的提升^[45]。结合前述综述,本文从所涉及的技术手段、关键要点和待深入研究空间梳理了人工智能赋能学习者高阶思维的十类研究方向,以体现未来相关研究的重要发展趋势。人工智能支持学习者高阶思维培养的研究关键涉及技术发展、理论支撑、应用拓展等多个方面,既应关注数据、算法对高阶思维特征的解释与提升,也应关注教育人工智能关键技术在实际应用中须面临的具体问题。人工智能赋能高阶思维培养,绝非仅靠单一技术手段支持、单一学科理论支撑、单一场景应用,需要发挥教育人工智能在交叉学科领域中的突出优势,在赋能高阶思维培养中实现理论创新、技术升级与实践深化并重。

2. 研究视角:迈向跨学科、超学科的深度融合

人工智能时代是众多学科交叉汇聚的大科学时代。教育人工智能的发展得益于计算机科学、教育学、心理学、神经科学等多学科、多领域的相融合,科学有效的前沿研究更加需要跨越甚至超越学科边界。研究者要具备跨界思维,加强国际交流和合作共享的意识,构建人工智能与教育学科协同创新的跨学科发展平台,有效整合多学科的优质资源,形成具有独特性和稳定性的学术研究共同体。在人工智能赋能高阶思维培养研究中模糊学科边界,打破领域之间的壁垒,有利于拓宽思路,探索发现新的研究领域。这既要求研究者参考吸收人工智能领域的技术手段和研究范式,又需要结合思维教学法和教育研究的独特规律,充分挖掘各学科优势潜能,在多学科的交融渗透中审视、借鉴、融合,实现研究理论、方法、技术上的交叉创新。

3. 研究途径:促进“理论—技术—实践”同向而行

人工智能的赋能,并不等于技术的简单应用,而是要把科学研究作为智能技术升级、教学理论创新、实践应用推广的内生变量,推动研究范式转变、科研成果转化和高阶思维框架重构。首先,目前社

会科学研究正逐渐向数据循证的范式转变,多数研究正倾向于采用混合研究工具与方法;同时也要审视盲目追求数据规模的技术野心,而强调数据的真实有效性和多样性。其次,尽管研究者一直致力于高阶思维培养与应用新技术的个案研究,而前沿研究的成果转化与实践推广同样需要得到重视。理论研究者应加强与教学实践者、技术开发者的互补合作,促进成果转化和规模化推广。最后,人工智能技术将对构建教育新生态产生深远影响,研究者应在原有理论基础上,重构高阶思维框架,促进教学实践模式创新,丰富和推动教育教学理论的发展。

(三)启示和展望

1. 教育人工智能应用图景:升级与突破

第四次工业革命的到来,推动着技术对教育的赋能、创新与重塑^[46],学习者对复杂问题的思考也将以全新的方式得到诠释和改变^[47]。一方面,人工智能从弱 AI、强 AI 到超 AI 的技术升级。势必对人才培养规模的需求产生巨大影响。贯穿工业化理念的思维模式及教育体系正面临消解重构,培养学习者设计思维、创新思维、创造性思维等高阶思维将受到更多关注。另一方面,现有智能技术发展水平的限制、算法“黑箱”属性对深层次特征分析的缺失等问题,导致实际应用还难以对高阶思维进行深层解析和有效干预。因此,研究者需要着力突破智能技术的认知瓶颈,在减少技术对学习者的思维发展产生负面影响的同时,加快提升人工智能在教育应用中的感知能力与计算水平,深入推动人工智能实现学习者高阶思维培养方式的创新与变革。

此外,研究者还应打破技术应用边界,通过构建人机协同的生态系统,拓展学习者高阶思维培养的数据来源及应用场景,促进人工智能与学习者高阶思维培养的深度融合。科技部、教育部等六部门在《关于加快场景创新以人工智能高水平应用促进经济高质量发展的指导意见》中提出要在教育领域“持续挖掘人工智能应用场景机会”^[48],为教育人工智能的高水平、深层次应用提供了重要指向。高阶思维培养是教育人工智能场景创新和应用突破的重要内容,未来研究应在课堂教学、教师教研、资源建设、智慧校园等重要应用场景中积极探索促进学习者思维发展的技术支持形态,提升场景创新的算力支撑,持续深入挖掘人工智能在学习者高阶思维培养中的新潜能。

2. 高阶思维培养范式转变:融合与多元

目前,人工智能技术更迭迅速。学习者既要摆脱“机器化”“工业化”的学习方式,又要避免技术“失速”发展造成的思维禁锢与失衡。因此,研究者

应关注科学理性下的人文反思,关注学习者与机器之间的协同关系,创新高阶思维培养方式,以智能技术与智慧教学法共同助力思维发展。第一,应重视学习者思维培养过程中科技与人文要素的平衡与融通,关注批判性思维、创造性思维、人文性思维的综合。第二,处理好学习者与智能机器之间的关系。随着人机协同向纵深发展,应引导学习者使用、理解、适应人工智能技术并与其共同进化,以人工智能强化人类智能。第三,突破传统高阶思维的培养途径,利用人工智能整合优质资源,发挥学习者的能动性。如借助智能化学习工具和认知帮扶支架,帮助学习者在学习中有效地组织观点、综合分析、逻辑推理、批判创新。

智能时代新兴技术推动教学变革,教学变革呼唤培养范式的革新,基于人工智能的学习者高阶思维培养范式的转变绝不仅仅体现于学习者单一主体角色的发展变化,还需考虑教师、技术等关键要素的作用和影响。首先,作为学习者学习和发展的指导者,教师培养学习者高阶思维须以自身所具备的高阶思维能力和素养为前提,并能够利用人工智能技术和相关教学教法为学习者的思维发展提供支持。其次,多种智能技术的融合应用,能够为教师培养学习者高阶思维提供更多的探索与实践空间,促进高阶思维培养和发展模式的优化创新。可见,除探讨技术与学习者本身协同关系之外,相关研究还应关注智能时代促进学习者高阶思维培养的教师角色定位、教学教法以及“教师—学生—机器”三者的协同作用关系等问题。

3. 思维评价体系建立:价值引领与风险规避

小胜在智,大胜在德。习近平同志指出:“人无德不立,育人的根本在于立德”^[49]。智能时代的学习者高阶思维培养,要从立德树人的根本任务出发,推动思维评价体系的重构与完善。目前,针对学习者高阶思维的评价仍然存在着顶层设计不足、评价指标与培养途径“两张皮”、数据割裂等问题。因此,首先要加强顶层设计,明确思维培养在人才培养目标中的关键定位,关注学习者高阶思维发展特点及其在个人成长中体现的价值,全学段、立体化构建相应的思维评价指标体系。其次,合理利用学习者建模、多模态数据分析、知识追踪等手段高效汇聚思维发展数据,透过学习者外在行为表现深度挖掘内隐的能力、技能、情感等特征,实现对高阶思维培养目标的精准定位和个性化预测。最后,摆脱实践应用中对数据算法的过度依赖,通过建立健全测评技术使用的伦理规范和保障机制,既向学习者提供数据安全和个人隐私合法性的保护,也为应对未来人工智能偏离学习者思维培养预期、思维评价

和人才培养导向异化风险等,做好相应的预案。

参考文献:

- [1] OECD. Fostering Students' Creativity and Critical Thinking: What It Means in School [EB/OL]. https://read.oecd-ilibrary.org/education/fostering-students-creativity-and-critical-thinking_62212c37-en#page3, 2019-10-24.
- [2] 核心素养研究课题组. 中国学生发展核心素养[J]. 中国教育学刊, 2016(10): 1-3.
- [3] P21. Framework for 21st Century Learning [EB/OL]. http://www.p21.org/documents/P21_Framework.pdf, 2019-02-15.
- [4] Ministry of Education. Framework for 21st Century Competencies and Student Outcomes [EB/OL]. <https://www.moe.gov.sg/education-in-sg/21st-century-competencies>, 2021-02-01.
- [5] 祝智庭, 胡蛟. 教育数字化转型的理论框架[J]. 中国教育学刊, 2022(4): 41-19.
- [6] 刘三牙女, 刘盛英杰等. 智能教育发展中的若干关键问题[J]. 中国远程教育, 2021(4): 1-7, 76.
- [7] 徐欢云, 胡小勇. 借鉴、融合与创新: 教育人工智能发展的多维路向——基于 AIED(2011-2018) 的启示[J]. 开放教育研究, 2019(6): 31-45.
- [8] U. S. Department of Education. Enhancing Teaching and Learning through Educational Data Mining and Learning Analytics: An Issue Brief [R]. Washington, D. C.: Office of Educational Technology, 2012.
- [9] Hussain M, Zhu W, et al. Student Engagement Predictions in an E-learning System and Their Impact on Student Course Assessment Scores[J]. Computational Intelligence and Neuroscience, 2018, (10): 1-21.
- [10] Song D, Hang H, et al. Applying Computational Analysis of Novice Learners' Computer Programming Patterns to Reveal Self-regulated Learning, Computational Thinking, and Learning Performance [EB/OL]. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106746>, 2021-02-15.
- [11] Zacharis N. Z. A Multivariate Approach to Predicting Student Outcomes in Web-enabled Blended Learning Courses[J]. The Internet and Higher Education, 2015, (27): 44-53.
- [12] Pliakos K, Joo S. H., et al. Integrating Machine Learning into Item Response Theory for Addressing the Cold Start Problem in Adaptive Learning Systems [J]. Computers & Education, 2019, (10): 91-103.
- [13] Vajjala S. Automated Assessment of Non-native Learner Essays: Investigating the Role of Linguistic Features[J]. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 2018, (1): 79-105.
- [14] Kaoropthai C., Natakutoong O., et al. An Intelligent Diagnostic Framework: A Scaffolding Tool to Resolve Academic Reading Problems of Thai First-year University Students[J]. Computers & Education, 2019, 128(1): 132-144.
- [15] 卢迪, 段世飞等. 人工智能教育的全球治理: 框架、挑战与变革[J]. 远程教育杂志, 2020(6): 3-12.
- [16] 朱珂, 王玮等. 跨媒体智能的发展现状及教育应用研究[J]. 远程教育杂志, 2018(5): 60-68.

[17] 卢宇, 薛天琪等. 智能教育机器人系统构建及关键技术——以“智慧学伴”机器人为例[J]. 开放教育研究, 2020(2): 83-91.

[18] Socratous C., Loannou A., et al. An Empirical Study of Educational Robotics as Tools for Group Metacognition and Collaborative Knowledge Construction[A]. In Lund K., Niccolai G. P., et al. A Wide Lens: Combining Embodied, Enactive, Extended, and Embedded Learning in Collaborative Settings, 13th International Conference on Computer Supported Collaborative Learning[C]. Lyon: International Society of the Learning Sciences, 2019: 192-199.

[19] Burack C., Melchior A., et al. Do After-School Robotics Programs Expand the Pipeline into STEM Majors in College? [J]. Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 2019, (2): 1-13.

[20] Bers M U, Flannery L, et al. Computational Thinking and Tinkering: Exploration of an Early Childhood Robotics Curriculum [J]. Computers & Education, 2014, (3): 145-157.

[21] Yang Y. T. C., Gamble J. H., et al. An Online Adaptive Learning Environment for Critical-thinking-infused English Literacy Instruction [J]. British Journal of Educational Technology, 2014, (4): 723-747.

[22] 李俊杰, 张建飞等. 基于自适应题库的智能个性化语言学习平台的设计与应用[J]. 现代教育技术, 2018(10): 5-11.

[23] 方海光, 罗金萍等. 基于教育大数据的量化自我MOOC自适应学习系统研究[J]. 电化教育研究, 2016(11): 38-42, 92.

[24] Baravalle R, Guisande N, et al. Characterization of Visuomotor/Imaginary Movements in EEG: An Information Theory and Complex Network Approach [J]. Frontiers in Physics, 2019, (7): 1-17.

[25] Yang X, Lin L, et al. Which EEG Feedback Works Better for Creativity Performance in Immersive Virtual Reality: The Reminder or Encouraging Feedback? [J]. Computers in Human Behavior, 2019, (10): 345-351.

[26] Oberhaus D. MIT Researchers Have Developed a "System for Dream Control" [EB/OL]. <https://www.vice.com/en/article/ywxyvg/steel-ball-control-dreams-dormio-mit-hypnagogia>, 2018-04-23.

[27] 陈海建, 戴永辉等. 开放式教学下的学习者画像及个性化教学探讨[J]. 开放教育研究, 2017(3): 105-112.

[28] Zhang Z, Li Z, et al. Data-driven Online Learning Engagement Detection via Facial Expression and Mouse Behavior Recognition Technology [J]. Journal of Educational Computing Research, 2020, (1): 63-86.

[29] Friesel A, Spikol D, et al. Technologies Designed and Developed in PELARS Project: The Way to Enhance STEM Education [A]. Friesel A. 2017 27th EAAEIE Annual Conference [C]. Grenoble: EAAEIE, 2017: 1-5.

[30] Healon D, Russell S, et al. Tracing Physical Movement During Practice-based Learning through Multimodal Learning Analytics [A]. Alyssa Wise. Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference [C]. New York: ACM,

2017: 588-589.

[31] Wu C H, Tzeng Y L, et al. Measuring Performance in Learning Process of Digital Game-based Learning and Static E-learning [J]. Educational Technology Research and Development, 2020, (5): 2215-2237.

[32] Kissinger H. How the Enlightenment Ends [J]. The Atlantic, 2018, (5): 1-6.

[33] 沈苑, 汪琼. 人工智能在教育中应用的伦理考量——从教育视角解读欧盟《可信赖的人工智能伦理准则》[J]. 北京大学教育评论, 2019(4): 18-34, 184.

[34] UNESCO. Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development [EB/OL]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994>, 2019-03-07.

[35] Gadanidis G. Artificial Intelligence, Computational Thinking, and Mathematics Education [J]. The International Journal of Information and Learning Technology, 2017, (2): 133-139.

[36] Stone P, Jessup S A, et al. Design Thinking Framework for Integration of Transparency Measures in Time-Critical Decision Support [EB/OL]. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2068745>, 2022-05-03.

[37] 岳彦龙, 张学军等. 人工智能教学如何培养高中生的计算思维? ——基于人工智能案例驱动的 Python 编程教学的实证研究[J]. 基础教育, 2022(1): 74-84.

[38] 陈国良, 李廉等. 走向计算思维 2.0 [J]. 中国大学教学, 2020(4): 24-30.

[39] Bernstein D, Mutch-Jones K, et al. Teaching with Robotics: Creating and Implementing Integrated Units in Middle School Subjects [J]. Journal of Research on Technology in Education, 2020, (11): 1-16.

[40] 杨绪辉. 设计思维培养: 基础教育思维教学困境的出路[J]. 中国电化教育, 2019(7): 54-59.

[41] 褚乐阳, 陈卫东等. 重塑体验: 扩展现实(XR)技术及其教育应用展望——兼论“教育与新技术融合”的走向[J]. 远程教育杂志, 2019(1): 17-31.

[42] Leifer L J, Steinert M. Dancing with Ambiguity: Causality Behavior, Design Thinking, and Triple-loop-learning [J]. Information Knowledge Systems Management, 2011, (1-4): 151-173.

[43] Luckin R, Holmes W. Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education [R]. London: UCL Knowledge Lab, 2016.

[44] Rousi R. With Clear Intention: An Ethical Responsibility Model for Robot Governance [J]. Frontiers in Computer Science, 2022, 4(4): 1-13.

[45] 胡小勇, 孙硕等. 人工智能赋能教育高质量发展: 需求、愿景与路径[J]. 现代教育技术, 2022(1): 5-15.

[46] 曹培杰. 人工智能教育变革的三重境界[J]. 教育研究, 2020(2): 143-150.

[47] Musib M, Wang F, et al. Artificial Intelligence in Research [J]. Science, 2017, (6346): 28.

[48] 国科发规[2022]199号, 科技部等六部门关于印发《关于加快场景创新以人工智能高水平应用促进经济高质量发展的指导意见》[Z].

[49] 习近平. 在北京大学师生座谈会上的讲话 [EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/moe_176/201805/t20180503_334882.html, 2018-05-02.