

强人工智能赋能个性化教育研究

许苗, 杨又

(绍兴文理学院马克思主义学院, 浙江绍兴 312000)

摘要: 伴随着智能技术取得突破性进展, 人工智能的发展进入高阶发展阶段, 强人工智能与教育的深度融合推动个性化教育不断发展。同时, 强人工智能赋能个性化教育面临着诸如教育标准化的强化、人机协作中软协作和硬协作的冲突、工具理性的全面控制而导致的人文价值缺失、“技术利维坦”带来的知识偏见、“智能鸿沟”增强教育不公平等挑战。为此, 研究强人工智能赋能个性化教育的理论与实践, 全面提升师生数字素养、突出强调以创新研究为导向的教育理念、利用智能设备记录数据以制定个性化培育方案、推进“机器辅导—教师引导”的自主个性化学习模式并更加注重多元评价、优化情感价值算法以促进“人—机”个性化交互、不断推进跨学科教育并增强个性化实践教学等。

关键词: 强人工智能; 个性化教育; 智能技术; 人工智能

DOI: 10.11907/rjdk.231764

中图分类号: G434

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 1672-7800(2024)008-0220-09



Strong Artificial Intelligence Enabling Personalized Education

XU Miao, YANG You

(School of Marxism, Shaoxing University, Shaoxing 312000, China)

Abstract: With the breakthrough in intelligent technology, the development of artificial intelligence has entered a high-level development stage. The deep integration of strong artificial intelligence and education promotes the development of personalized education. At the same time, strong artificial intelligence enabling personalized education faces many challenges, such as the education standardization has been strengthened, the conflict between soft collaboration and hard collaboration in human-machine collaboration, the lack of humanistic value caused by comprehensive control of tool rationality, knowledge bias brought by technological Leviathan, and the "intelligent gap" enhancing educational inequality. Therefore, this paper researched the theory and practice of strong artificial intelligence enabling personalized education, to enhance the digital literacy of teachers and students, emphasize innovative research oriented educational concepts, use intelligent devices to record data, formulate personalized cultivation plans, promote the autonomous personalized learning mode of "machine tutored—teacher guided", pay more attention to multiple evaluations, optimize emotional value algorithms to promote personalized "human machine" interaction, continuously promote interdisciplinary education and enhance personalized practical teaching.

Key Words: strong artificial intelligence; personalized education; intellectual technology; artificial intelligence

0 引言

随着数字化的深入发展, 强人工智能赋能个性化教育成为教育革新的必然趋势。联合国教科文组织将人工智能定义为运用类似于智能行为的信息处理方式的技术系统^[1]。Searle^[2]根据人工智能和人类智能水平的关系将人工智能划分为弱人工智能、强人工智能和超人工智能3个阶段。ChatGPT的出现宣告着人工智能进入到能够“理解

故事”并“为问题创作答案”的高阶阶段, 即人类正由弱人工智能阶段向强人工智能阶段迈进。强人工智能是指依托一定的物质载体和算法进行自主认知、决策和行为, 能够像人类一样深度思考, 拥有所有精神力量的机器^[3]。当前, 有关人工智能的研究已逐渐丰富, 但以ChatGPT为代表的强人工智能赋能个性化教育领域的研究尚显薄弱。本文首先从理论基础层面论述强人工智能赋能个性化教育的科学性, 其次从现实层面描述当前强人工智能发展现状及其赋能教育的挑战, 最后从实践层面提出强人工智能

收稿日期: 2023-08-14

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(19ZDA038)

作者简介: 许苗(1996-), 女, 绍兴文理学院马克思主义学院硕士研究生, 研究方向为思想政治教育; 杨又(1988-), 男, 博士, 绍兴文理学院马克思主义学院讲师、硕士生导师, 研究方向为马克思主义教育学原理。本文通讯作者: 许苗。

赋能个性化教育的对策,以期为学界探索强人工智能赋能个性化教育提供有益启发,为教育智能化发展提供理论参考和实践指导。

1 强人工智能赋能个性化教育理论基础

1.1 个性化教育理论

个性化教育思想最早可追溯至古希腊苏格拉底的“产婆术”,即通过对学习者的启发式问答使其陷入自我矛盾的境地,从而承认自己的无知。几乎同时期的中国,孔子提出关于“因材施教”的个性化教育思想,即“中人以上,可以语上也;中人以下,不可以语上也”。儒学集大成者朱熹在《论语》集注中更是直接指出:“圣贤施教,各因其才,小以小成,大以大成,无人弃也;夫子教人,各因其材。”2008年,国际个性化教育协会(IPEA)将个性化教育定义为:“对学生开展全面综合性的考察,根据社会发展趋势和受教育对象个体的潜质特征,为其量身定制教育目标,并组织相关专业人员通过量身定制的教育培训方法整合有效的教育资源,使教育对象释放生命潜能,实现自我超越^[4]。”Todd和Cheryl指出,个性化教育本身并不是一个理论或是既定的教学法,相反,它是一种目前仍处于起步阶段并会发生许多变化的教学方法,同时指出以学习者为中心的交互式学习是个性化学习的核心^[5]。

近年来,关于个性化教育的研究主要集中在几个方面:在教学方法方面,大多数学者提出要根据学习者的不同需求采取差异化的教学方法。如Zheng^[6]指出,即使是同龄的学生,由于学习环境、兴趣、准备的不同,他们对于学习的要求也各有不同,教师应采取差异教学法以促进每位学生的有效学习;在教育模式方面,以罗杰斯提出的非指导教学为代表,通过挖掘学习者的自我指导能力以构建教学中双向交互式的和谐人际关系^[7];在教育保障方面,许多学者认为学校应当通过引导学习者制定个人学习计划、创设开放的教学环境、探索科学的教学模式以及完善差异化的教学评价体系等方式以保证个性化教育的落实。比如Fahmy^[8]认为,高等教育应该根据学习者各自的背景制定不同的个性化教学方案。个性化教育是一项具有相当困难的挑战性工作^[9],在教育实施中要求有足够多的基础信息,并能及时进行数据分析与智能决策计算,大数据、云计算等新兴智能技术使得个性化教育从理论构想到落地实践成为可能^[10]。

1.2 自适应学习理论

自适应学习最早于20世纪90年代由美国信息学家Brusilovsky^[11]提出,它是指学习者与自适应系统的双向互动学习过程。自适应学习系统获得学习者的初步信息,通过计算将个性化的内容推送至学习者终端处,使学习者获得适合自身发展的学习内容。自适应学习通常被定义为:在与学习者的互动中智能化地判断出学习者的需求,为学

习者提供适当的学习资源,使学习者在学习过程中能够获取满足自身所需的学习养分的系统^[12]。自适应学习是相对机械学习和示教学习而言的。

当前,关于自适应学习的研究主要集中在以下几个方面。在学习路径方面,Ahmad等^[13]认为自适应学习路径是根据学习者现状提供与之相匹配的资源,以满足学习者个性化学习需求。在学习模式方面,相较于传统的班级授课制关注大多数整体,自适应学习更关注学习者个体发展,因此不少学者提出了全新的自适应学习模式。宋丹等^[14]通过将知识图谱引入智慧教学,构建起知识图谱与教育大数据协同驱动的自适应学习模式。Bayounes等^[15]基于学习者的学习动机构建意向模型以促进自适应学习的进行。在作用呈现方面,相关研究主要集中在凸显学习者主体地位和助力课堂分层教学这两点上。前者是由于自适应学习强调契合学习者实际需求,教学要做到“以学定教”;后者则是以自主学习为渠道实现。人工智能技术的发展支持教育得以向个性化转变,自适应技术为个性化教育提供了强有力的技术支持。例如,KLSAS是基于学习者认知水平的自适应学习系统^[16],它通过实时检测学习者的学习偏好、测试结果等学习动态定期更新学习建议,以增强学习者对学习的适应性。当教育契合学习者需求时,每位学习者都能够扬长避短,充分发挥其优势^[17]。

1.3 建构主义学习理论

建构主义的提出者最早可追溯至让·皮亚杰(Jean Piaget),他认为儿童对外部世界的认识是通过自身与外界环境的相互作用构建而成。这种相互作用涉及同化和顺应两个基本过程,前者是指将外部环境的信息吸收并整合至儿童已有的认知结构中,后者则是指儿童的认知结构因外界信息的刺激而重组和改造。Sternberg等^[18]在此基础上提出创造力理论,更加关注学习者个体的主动性与高阶思维培养。20世纪90年代后,互联网的普及推动着建构主义与智能教学的结合。学者基于不同的视角对信息时代下建构主义理论的应用主要持两种观点。一是建构主义仍能指导信息时代的教学实践。曹恩国等^[19]以学生为中心,从情境、协作、会话以及意义建构在线设计教育的交互模型,通过完善情境创设、增强协作交流、优化在线氛围等方法,实现基于建构主义的“互联网+教育”交互。二是应对建构主义进行批判吸收和创新发展。何克抗^[20]通过对建构主义的教育思想、教学观念、认识的主客观性以及是否应继续坚持该理论4个方面的阐述得出结论,主张建立具有批判性的新型建构主义。建构主义认为创设情境、小组合作、会话互动和意义建构是学习过程中的关键环节,而智能技术支持下的智慧教学使得以上环节更易实现,学习者在智能化环境中能更高效地实现知识经验的意义建构。同时,建构主义有利于培养学习者的创造能力、逻辑能力、批判能力等,而这些高阶思维能力正好是个性化教育的重点,也是信息时代下学习者必备的数字素养。

2 强人工智能赋能教育个性化基本现状

强人工智能的快速发展为教育个性化实践创设了良好的条件和前所未有的便利,它能帮助学习者获取更契合自身实际的学习资料、帮助教师选择更精准的教学内容、为社会培养出更具创造能力和批判能力的社会主义现代化建设高素质人才。目前,国内国际在强人工智能赋能教育个性化方面的基本现状主要体现在3个层面。

2.1 基于强人工智能的教育个性化基础设施正不断搭建

随着人工智能赋能各个领域,教育行业也尝试着“拥抱”人工智能,基础教育开始注重智能基础设施建设。例如,2023年1月,浙江省发布《浙江省普通中小学智慧校园建设指南(试行)》,旨在推进数字校园建设,实现教育信息化。其中提到要建有智慧教室,建设高质量网络环境,配有交互式多媒体系统和录播系统,支撑教学行为数据采集和分析,支持教室信息化设备和环境的集中管理和自动控制^[21]。智慧教室是指在物理空间精心构建数字工具和资源,以实时增强面对面的互动,并记录整个班级的数据^[22]。

智慧教室是教育教学与智能技术融合的重要物理形态之一,其搭建主要集中在3个层面。一是教学空间的灵活布局,其中包括桌椅板凳、黑板讲台、灯光照明、空调通风等系统。例如,上海交通大学打造的智慧教室在座位布局上呈现秧苗式、会议式、圆桌式、小组式、马蹄式等多种形式,灵活的座位布局可满足不同的教学场景^[23]。如圆桌式和马蹄式适用于活动型课堂,而小组式则更适合以议题式教学法授课的课堂。二是智能设施的完善建设。随着强人工智能赋能教育个性化,教学由浅层学习走向高阶学习。智慧教室中的监控设备和云录播体系是记录教学数据的必要硬件,因此科学的分析、精准化的策略才得以产生。例如,Fakhar等^[24]开发了一种自动面部表情识别系统,该系统通过检测面部特征进行自动情绪识别,而所检测的面部信息就是由搭建在教室中的摄像头捕获而来。三是物理环境的智能控制。智慧教室的物理环境智能控制旨在实现设备控制自动化、环境调节智能化、教室运行情况透明化和教师服务及时化。例如,四川大学的智慧教室智能控制系统可实现跨校区远程集中控制,还可以根据课表实现教室设备的自动运行与关闭等^[25]。

2.2 强人工智能取得突破性进展并开始赋能个性化教育

目前,强人工智能获得重大突破,以ChatGPT、学科知识图谱和扩展现实(XR)为代表的高阶人工智能激发的生态型变革将深刻影响教育行业,有望大幅推进教育个性化的实现。

ChatGPT是由OpenAI公司开发的人工智能工具,不同于以往基于规则的人工智能,ChatGPT是生成式人工智能的典型代表,它能更准确地理解自然语言所表达的需求,并在此基础上迅速生成针对性的答案。凭着空前的先进

性和强大的交互性,ChatGPT在上线两个月内便拥有上亿位活跃用户。该技术被公认为是将带来继互联网与智能手机之后的第三次革命的产品。互联网以冲破空间限制为优势带来“空间革命”,智能手机由于其特有的高效性和便捷性而带来“时间革命”,ChatGPT有望凭借强大的算力和精准的算法带来“思维革命”,它应用于教育领域,将极大地为教育赋能^[26]。目前,ChatGPT对个性化教育的赋能作用主要集中在以下3个方面:①资源获取,即学习者可通过ChatGPT快速获取自身所需资源;②自主学习,即学习者在与ChatGPT的对话交互中巩固学习主体地位,提高学习体验感与投入度;③陪伴学习,即ChatGPT突破时空限制,随时能给予学习者个人所需信息与反馈。

学科知识图谱是根据学科知识结构,通过细粒度划分知识点,并在知识点之间建立起丰富关联,从而为学习者提供个性化服务的图数据结构。学科知识图谱可以为个性化教育的实践和发展提供扎实的理论基础和有力的技术支撑^[27]。目前,学科知识图谱中的资源已具备多模态属性,即包含文本、图片、视频、音频等多种形式,满足不同认知能力的学习者。亚利桑那州立大学通过使用在线教育平台Knewton大幅提高学习者的数学水平,2000名学习者在两学期后毕业率升高11%^[28]。Knewton平台系统将不同学科、不同学段的知识点连接在一起,形成一张丰富的知识网络。以这样的知识图谱为基础,平台分析出每位学习者的认知能力和知识薄弱环节,并将个性化的学习方式与学习资源推送至学习者的终端设备。

扩展现实(Extended Reality,ER)是指将物理环境和虚拟环境融合,包括增强现实(Augmented Reality,AR)和虚拟现实(Virtual Reality,VR)。增强现实通过虚拟内容覆盖物理对象和地点,而虚拟现实通常是一种沉浸式体验,即在完全虚拟的环境中操作以及与虚拟对象进行交互^[29]。Salvetti团队^[30]于2017年建设完成了e-REAL(增强现实实验室)。这是一项基于虚拟现实技术,将现实世界中的事物集成到一个多感官场景中的强大工具,学习者可以完全沉浸在全息场景中,不受穿戴设备限制地通过自然手势和内容进行交互。扩展现实的运用能改变传统教育“填鸭式”教学的死板以及教学与实践相分离的现状,因为扩展现实可以根据学习者个体的学习需求创设虚拟场景,使学习者置身于具体场景中,增强学习体验,加深对知识的理解程度。例如,2021年Fisk University为医学生创设了无人尸体实验室,该实验室通过扩展现实技术创设虚拟情境来代替真实尸体^[31]。学习者与教师在面对面学习理论知识的同时能够立即将所学用于实践,运用扩展现实技术进行尸体解剖练习。基于扩展现实技术的个性化学习真正地实现了境、身、意三者的相互融合。

2.3 基于数字基础设施的“人+强人工智能”个性化教育模式在逐步推进

智能技术支撑下的教育模式较之于传统模式在教学

环节、师生交互和评价反馈等方面都显示出明显的个性化。2010 年,美国新泽西州的 RajE.Valli 推出了一个名为 Tabtor Math 的中小学数学个性化学习智能导师平台,这是一个服务于师生互动的学习平台。

在使用前,学习者会收到一份学情诊断测试,随后系统会将结果分析报告和相关学习资源推送至学习者终端设备。同时,每位学习者将会分配一位导师,师生通过交流确定学习计划和合适的教学方法,随后导师将学习计

划表推送给学习者。在学习过程中,学习者可在平台上随时联系导师,也可以即时反馈学习内容,导师提供相应的指导并根据学习者的强弱项设计学习方案,增强个性化教学。运用 Tabtor,教师省去了批改作业、整理数据等耗时的的工作,以便将更多精力花在具有创造性的环节上,如分析学习者的学习情况、为学习者制定独特的学习计划以及设计适合学习者的教学方案等。Tabtor Math 工作过程如表 1 所示。

Table 1 Working procedure of “Tabtor Math”
表 1 Tabtor Math 工作过程

	课前	课中	课后
教师	通过设备与学生交流以确定学习计划和教学方法	根据学生反馈及时调整教学方法与内容	分析学习者学习情况
	发送学习计划		为学习者制定独特的学习计划
学生	通过设备与教师交流以确定学习计划和学习方法	通过平台随时联系导师	设计适合学习者的教学方案
	收发学情诊断测试		接受个性化学习方案
Tabtor Math 平台	分析结果并生成报告 推送适合的学习资源	生成即时反馈	批改作业、整理数据

在 Tabtor 的协助下,教师的平均工作效率提高了近 80%,学生的学习成绩在两个多月内平均提升了 90%^[32]。

疫情期间,为做到“停课不停学”,清华大学和学堂在线共同研发了一款基于微信公众号和 Microsoft Office Power Point 的智慧教学平台——雨课堂^[33]。该平台旨在连接师生双边的终端设备,实现线上线下混合式教学。

课前,教师在 PPT 的雨课堂菜单栏中制作课件并上传,学生关注公众号进行预习,预习过程的疑问和想法可

以即时在平台上反馈,随后教师通过智能后台查看学生预习情况并及时调整教学设计;课中,教师在平台上课后会生成二维码,学生用微信扫描二维码即可进入课堂,课堂的开展不再受到时空限制,同时教师可通过发布学习任务、提问、交流等方式增强课中的师生互动性,并根据反馈及时调整课程重点与进度;课后,教师根据上课情况和随堂测试进行总结,运用多元评价方式进行评价。

“雨课堂”工作过程如表 2 所示。

Table 2 Working procedure of Rain Classroom
表 2 “雨课堂”工作过程

	课前	课中	课后
教师	在平台上制作并上传课件	生成课堂二维码	总结
		发布学习任务、提问、交流	多元评价
学生	关注公众号预习并及时反馈想法	扫描二维码听课	复习课件、提问讨论
		提问、发言、讨论互动	
雨课堂	学习资料共享、在线交流	师生、生生互动	在线交流、评价显示

3 强人工智能赋能教育个性化的挑战

3.1 强人工智能可能强化教育的标准化与规范化

强人工智能是叠加了精确算法和严密程序的现代工业技术,而现代工业技术是以标准化程序为基础的。随着技术的发展,人与技术的绑缚越来越紧密。强人工智能作为高阶科学技术将强化传统教育现已存在的标准化和规范化。一方面,智能算法生成的高同质化教学内容如同知识“罐头”,无论学习者是何种“口味”需求,都只是在食用标准化加工的“罐头”。人工智能仿佛“普罗克拉斯提斯铁床”一般,将生而不同的人一视同仁地加工成同等标准^[34],学习者的异质思想长期得不到关注与激发,造成思维的封闭僵化。另一方面,标准化存在对教师“复数性、多元性”

教学抹杀的风险。智能设备辅导教学使得教师工作缺乏个体性和去专业化,专业性的工作由于标准的流程设计被分解为零散的任务,教师的主体价值在追求数据的标准化中被消蚀^[35]。此外,强人工智能在数据分析上着眼于“大数据”忽视“小数据”:就群体范围而言,只着眼于个体间的共性特征,数据类似的个体接收到的学习资料同质化严重;就个体自身而言,强人工智能片面地着眼于个别典型数据,孤立地分析数据,忽视了数据间的内在逻辑。

3.2 人机协作面临软协作和硬协作冲突

人机协作是指机器人与人为完成任务而进行的直接合作行为,机器人从事精确度高、重复性强的工作,人在机器人的辅助下做更有创造性的工作^[36]。人机协作本质上是一种硬协作,即以大数据为基础、以算法为依据的机械交互。与之相反,师生交互则是承载着人文主义价值观的

软协作^[37]。强人工智能与师生教学的硬协作主要会产生三大主要问题。首先,难以满足学生的情感需求。传统的“师—生”教学模式中,学生能直观地感受到教师“有温度的教育”;智能化教学构建了“师—机—生”的教学模式,学生面对的是毫无情感的设备,学习过程中缺失情感关怀^[38]。其次,人师—机师在教学过程中存在冲突。在传统教学中,教师具有清晰的教学目标和详实的备课基础,而加入智能系统后,由于算法的不透明性和机械性,人师与机师的教学决策可能存在矛盾。比如,智能系统为了解学情生成大量习题让学生作答,教师则对这些习题的必要性和准确性产生质疑,在此过程中教师的教学主导性受到挑战^[39]。最后,大数据的低密性易误导学习者。强人工智能通过对人类实践全区域、全频段地监测以生成大数据,并以此为基础进行分析、判断与决策。这带来了一个严峻的挑战:需要连接、匹配、清理和转换不同来源的数据^[40]。如果数据“提纯”不理想,强人工智能便会产生错误分析,生成不恰当的学习策略误导学习者。

3.3 工具理性的全面控制可能导致人文价值缺失

工具理性与价值理性由德国社会学家马克斯·韦伯于20世纪初首次提出。工具理性驱使着人们更关注行动的投入产出比,而较少考虑到行动的内在意义。价值理性则显得更为自主,它是人内在的、无条件的固有价值纯粹信仰^[41]。强人工智能唯算法和技术的选择极易遮蔽教育的人文价值,侵蚀人之为人的“生命属性”。首先,强人工智通过精确的算法为学习者呈现了一个功能化的客观世界,但学习者的生活不仅是功能性的,还是经验性的^[42]。唯算法的智能设备只重视功能意义上的交互,忽视了文化意义和社会意义的交互。学习者不易通过算法和技术感受人文精神的温情,难以在品德、人格、价值、情感等方面得到健全成长。其次,强人工智能的唯工具理性使得美育教学的机械化。我国著名美学家朱光潜先生认为,美包括物体形式、快感、感性形式和生活。而强人工智能没有审美体验,尽管强人工智能能够创作出美的作品,给学习者以美的体验,但其本身并不具备美的素养,它生成的艺术本质就是复制^[43]。最后,智能测评易导致教育评价机械化。算法实际上是一套提前设置好的流程,只有预设性而不具备生成性。而在教育领域,预设性恰恰是对学生的束缚,学生人文情感的萌发正是预设型智能技术难以及时捕捉的动态细节。

3.4 “技术利维坦”易带来知识偏见

技术束缚容易增强人对技术的依赖而磨灭人的高阶思维能力。“智能手机+算法+人”的互嵌技术已将人牢牢束缚在技术的“笼子”中,而强人工智能以强算法为本质,人更容易被算法所吞噬,成为其“傀儡”,这种“技术利维坦”将导致3个问题。其一,学习者易陷入知识偏见的“回音室”。无论是学习者的“愿者上钩”抑或是智能技术的“守株待兔”,学习者一旦将强智能技术运用到学习中,算法便

会通过过滤与学习者偏好不符的输入以提供个性化需求,随着“回音室”效应的增强,学习者的知识结构在无意识中被片面化^[44]。其二,学习者的“去主体化”趋势被强化。智能教学系统的一大优势是能根据学习者的学习数据推算出其学习需求和偏好,并自动推送为学习者量身定做资源^[45]。这种推送方式会使学习者在自主选择信息方面产生惰性,对智能技术的依赖性增强,信息检索能力、批判性思维等高阶思维衰退,由此导致学习者主体性的消弭。其三,算法意识形态的渗透。强人工智能可能在思想层面对学习者产生冲击,以ChatGPT为例,其类人类文本生成能力来源于研发团队的技术设定和用户使用时反复训练,而ChatGPT本身不具备主体意识,它的数据训练语料库主要是建立在西方价值体系和意识形态之上的语料库,因此容易生成带有西方意识形态偏见的文本^[46]。学习者与这种具有思想导向性的智能教学设备交互时容易受其错误引导。

3.5 “智能鸿沟”可能加剧教育不公平

数字鸿沟不仅是指接收差异,更是指使用信息技术的自主性差异和使用动机的不同,Dimaggio等^[47]将这种差异定义为第二道数字鸿沟。强人工智能的发展将带来更深层次的“智能鸿沟”,即各地区、各主体间智能素养、智能理念、智能设备普及程度等智能化发展程度的不同,导致不同地区的学生在学习过程中的智能化水平各不相同,这将引发新的教育不公平,这种“智能鸿沟”主要体现在两个方面。一是智能基础设施建设方面的差异。发达国家在智能基础设施建设上的重视程度较高,美国联邦政府为加快中小学数字化学习进程进行了大量投资,实现全美绝大部分中小学的无线网络全覆盖,同时提出智能设备1:1配比计划,根据学生的个性化学习需求选取适合的学习资源与管理模式^[48]。反之,亚非拉国家的整体智能基础设施较弱,非洲于2018年底才计划在加纳的阿克拉开设非洲大陆的第一个人工智能实验室^[49]。二是智能教学理念方面的差异。美国较早地树立了智能教学理念,拜登政府提出要加强后疫情时代的教育信息化进程^[50]。中国在人工智能及人工智能与教育领域是“先行、先试、先管”国家的典范^[51],而大多数第三世界国家由于经济基础薄弱,政府治理理念保守^[52],在人工智能发展浪潮中处于边缘化地位,智能化教育滞后。

4 强人工智能赋能教育个性化的实践路径

4.1 全面提升师生的数字素养

数字素养包含认知素养、创新素养、信息素养、分支素养和“社会—情感”素养^[53]。数字素养是智能时代发展的核心,提升师生数字素养是落实智慧教学、实现个性化教育的关键。一是要分学段制定数字素养培养目标。基础教育阶段引导学习者形成数字意识,培养数字化兴趣;中

等教育阶段引导学习者探索多样态学习方式,在智能化学习实践中提升数字素养;高等教育阶段开设人工智能、编程与数据分析等相关课程,深入开展数字教育,进行数字创新,推动个性化学习。例如,亚太经合组织中大多数成员国将信息与通信技术列为学校课程,82%的成员国为13-18岁孩子的ICT学习提供了政策保障;75%的成员国承诺中学阶段的每所学校至少配备一个信息技术实验室^[54]。二是要提升培育教师的数字素养。要充分利用在线教育平台的优质资源构建学习共同体,鼓励教师线上线下融合教学,在实践中提升数字素养。哈佛大学立足于实践,发起数据智慧改进教学过程(The Data Wise Improvement Process),该过程通过组织协调、参与培训、数据概览、挖掘数据、检查教学、形成行动计划、制订评估行动进展计划和行动与评估8个环节促进教师数字素养提升^[55]。

4.2 突出强调以创新研究为导向的教育理念

以创新研究为导向的教育理念鼓励学习者拓宽思维、学会批判,实行开放式教学模式,培养学习者综合能力,借助智能设备更好地进行个性化教育,实现人的多样化发展。例如,佐治亚理工学院主动迎接智能时代的教育革新,利用智能技术驱动教学创新,以“刻意创新”的教育理念为引领,推动教育质量和效益提升。“刻意创新”教育理念源于哈佛大学Kegan等^[56]提出的“刻意发展组织”理论,主张将每个人的文化作为组织战略,高度强调个性化。创新研究型教育理念首先要求学习主体善用智能设备。智能技术帮助学习者从事务性工作中解放出来,学习者将更多的精力用于高阶能力培养。将来,精通技术只是2022

年工作技能的一部分,批判能力、创新能力、分析并解决复杂问题能力等“人”的技能才是更为重要的技能^[57]。同时,还强调学习者创新精神培养。现代教育应给予学习者自主学习的权利,学习者运用智能技术有机会摆脱以“学”为主的传统教学模式的束缚,以自身的能力优势与情感偏向为依据确定个性化培养方案^[58]。

4.3 利用智能设备记录数据,制定个性化培育方案

要充分利用智能技术记录、整合与分析学习者学习数据,挖掘个性特征,构建三阶段三层次的学习者“个性数据库”,为个性化教学提供强有力的数据支撑,如图1所示^[59]。三阶段是指基础信息数据、学习互动数据和考试测评数据——基础信息数据是指学习者的个人信息、家庭背景、兴趣偏好等直接记录的信息;学习互动数据是指学习时间、学习效率以及点赞、评论、提问、讨论等学习动态等信息;考试测评数据是指模拟练习次数与结果、考试次数、正确率、易错点等信息。三层次分为底层数据、中层数据和顶层数据——底层数据是记录学习者使用系统时所发生的学习行为数据,中层数据是对零散的底层数据进行归纳提炼形成数据库,顶层数据是对中层数据库进行分析形成个性数据库。该个性数据库凭借所记录的学习者特征形成独特的教学方法、考试内容与评价反馈,为学习者的个性发展提供强有力的支持与指引。美国俄亥俄州立大学利用大数据系统收集分析各方数据,并在此基础上开发出针对教师教学即时反馈的学习功能,由此推动教师教学方法的调整,使教法与学生达到更高的适配度。

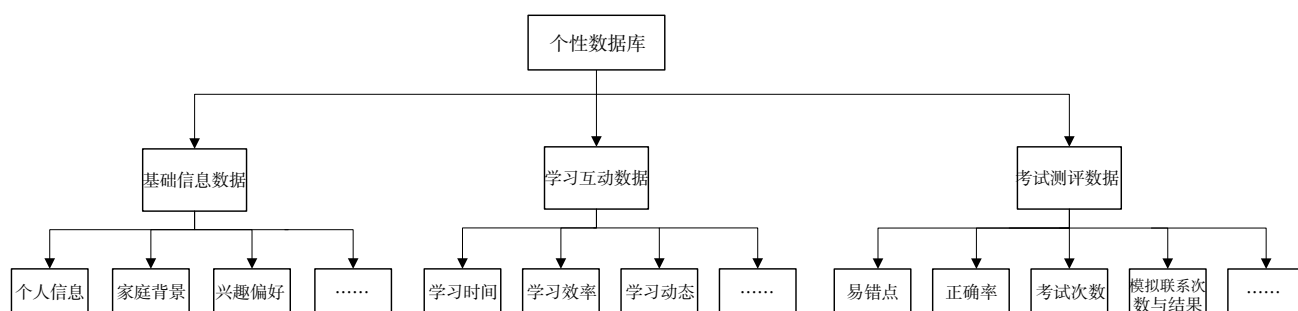


Fig. 1 Personality database

图1 个性数据库

4.4 推进“机器辅导—教师引导”的自主个性化学习模式,更加注重多元评价

“机器辅导—教师引导”的协同育人是实现智能时代个性化学习的主要模式,机器与教师各司其职,“机器辅导”提供“数据之脑”,智能设备的算力与分析力是人类教师无法比拟的^[60];“教师引导”则提供“育人之脑”,负责创新教学设计、对学生价值观念引领等工作。Lesh等^[61]认为,未来的机器将不再依赖预先设定的程序,它们能像人类一样思考,在互动中合作,机器可作为人类教师的教学补充。此外,“机器辅导—教师引导”的个性化学习模式有利于多元评价的实施。智能评价系统支持全时段地采集

和处理教与学数据,一方面智能评价系统能全过程记录学生的学习轨迹,助力教师、家长、学生全面地了解学习情况;另一方面智能评价系统支持将各教学环节自动转码为教学数据,为全面科学地评价教师教学提供可参考的“仪表盘”。新西兰的学前教育质量评价体系十分重视内外评价的结合,提出学校应将自我评价与外部评价相结合^[62]。内部评价是教育质量的基础,外部评价是内部评价的指导,内外相辅相成构建较完善的评价体系,以期对学习主体作出客观评价,凸显差异性。

4.5 优化情感价值算法促进“人—机”个性化交互

优化情感价值算法即为机器“铸魂”,“铸魂”既要完善

情感分析,又要促进情感表达。情感分析也称为观点挖掘,分析范围仅限于规定的文本范围而非全篇。传统的情感分析以关键词为靶点进行片面化解读,新情感分析通过形式概念分析(FCA)创建自定义词典,增强了判断的准确性^[63]。但其实质仅是算法精度的不同,而涉及学习者情感价值的问题往往复杂多样。因此要创新自然语言处理技术,在人机交互中增加人文价值元素。同时,要推进强人工智能情感表达的广度和深度,机器不仅能够通过面部图像技术表达愉悦、悲伤、疑惑等情感,还能利用语音合成技术产生高昂、低沉等多种语调。麻省理工学院综合运用表情、语言以及肢体语音合成技术,研制名为 Kismet 的情感机器人。Kismet 能够通过眼睛、耳朵和嘴部动作表达悲喜,甚至能通过微表情表达同情和委屈^[64]。情感能力是人类智能的重要标志,没有情感的机器根本无所谓“智能”,因此,优化机器的情感价值算法是人机交互和谐的重要组成部分,为个性化教学提供条件支持。

4.6 不断推进跨学科教育以促进人的全面发展

跨学科教育是指为获得更全面的认知水平而整合两个及以上学科领域知识的能力^[65]。其突出作用一方面体现在知识融合上,跨学科教育帮助学习者构建起广博精深的知识体系,形成多维视野与高远格局,避免学习者在单一的强人工智能算法推荐下陷入“回音室”与“信息茧房”;另一方面表现为能力融合,由于学习内容的综合化和学习者背景的多样化,跨学科教育多使用小组合作式教学,这有利于培养学习者的团队合作能力与协调沟通能力。2018年,我国提出要打破传统学科间的壁垒,促进基础学科、应用学科交叉融合,在前沿和交叉学科领域培植新的学科生长点^[66]。实现跨学科所需的协同教学方式打破了传统的分科教学,美国里士满大学开设了由十位教师联合教学的STEM入门课,这十位教师分别拥有数学、物理、生物、化学和计算机学科背景^[67]。多学科教师的协作促进课程资源的整合,在此基础上学习者可自主选择感兴趣的领域,扬长避短,促进个性化发展。

4.7 增强基于强人工智能的学生个性化实践教学

实践在学习生活中占有举足轻重的位置,进入数智时代,虚拟实践赋能教育,支持随时随地开展实践教学,为个性化学习创设专业情境。如航空专业学生运用虚拟现实训练飞机实操技术、思政专业学生通过参观虚拟现实投射的“红色基地”感受革命精神。虚拟实践教学并不会完全取代传统教学,而是对传统教学的深化与拓展。虚拟实践教学的显著优势是虚实结合与实时交互,好的教材内容需要有趣的形式表达,多样化的形式需要扎实的内容充实。两者融合达到理论联系实际的良性效果,同时结合自身特点转化为学习内驱力,促进个性化发展。扩展现实与传统学习结合使用将带来显著的积极影响,Richard等^[68]研究表明,同时使用虚拟现实和教科书授课要比只使用教科书的学生在写作复杂度方面的提升更为显著。扩展现实技

术赋能教育不仅丰富了教学内容,也为特殊学生拓展了学习方式。美国内华达大学里诺分校(the University of Nevada Reno)运用扩展现实帮助一位脑瘫学生体验了用自己的双脚走路的感觉,满足学生极具个性化的需求^[69]。

5 结语

未来,强人工智能与教育的融合将愈来愈深,通过不断提升师生的数字素养、突出强调以创新研究为导向的教育理念、利用智能设备记录数据以制定个性化培育方案、推进“机器辅导—教师引导”的自主个性化学习模式构建多元评价、优化情感价值算法促进“人—机”个性化交互、不断推进跨学科教育以及增强个性化实践教学等路径,有效规避传统教学弊端、破解智能教学困境。随着新兴科技赋能教学,个性化教育进一步落地,学生将成为具有创新能力、问题求解能力和批判性思维能力的健全公民。

参考文献:

- [1] WU D, LI H, WEI X R. Digital transformation of education: international perspective, development needs and implementation strategy [J]. Chinese Journal of Distance Education, 2022(7): 21-27, 58, 79.
吴砥,李环,尉小荣.教育数字化转型:国际背景、发展需求与推进路径[J].中国远程教育,2022(7):21-27,58,79.
- [2] SEARLE J R. Minds, brains, and programs [J]. Behavioral and Brain Sciences, 1980, 3(3): 417-457.
- [3] HOFFMANN C H. A philosophical view on singularity and strong AI [J]. AI & Society, 2022, 38(4): 1-18.
- [4] LIU X J. Personalized education in curriculum teaching [J]. China Higher Education Research, 2020(11): 49-53.
刘献君.课程教学中的个性化教育[J].中国高教研究,2020(11):49-53.
- [5] KETTLER T, TALIAFERRO C. Personalized learning in gifted education: differentiated instruction that maximizes students' potential [M]. New York: Routledge, 2022.
- [6] ZHENG F X. Personalized education based on hybrid intelligent recommendation system [J]. Journal of Mathematics, 2022, 2022: 1-9.
- [7] AMONASHVILI S. Non-directive teaching and the humanization of the educational process [J]. Prospects, 1989, 19(4): 581-590.
- [8] FAHMY M F. Thinking about technology effects on higher education [J]. The Journal of Technology Studies, 2004, 30(1/2): 53-58.
- [9] JOHNSON L. The 2015 horizon report (basic education edition): technology driving change in education [J]. People's Education, 2015(17): 71-74.
L·约翰逊.2015年地平线报告(基础教育版):技术驱动教育变革[J].人民教育,2015(17):71-74.
- [10] STANSBURY M. Three reasons why AI is education's future [EB/OL]. <https://www.eschoolnews.com/district-management/2016/08/17/3-reasons-ai-educations-future/>.
- [11] BRUSILOVSKY P. Methods and techniques of adaptive hypermedia [J]. User Modeling and User-Adapted Interaction, 1996, 6(2-3): 87-129.
- [12] ZHOU J. Current situation analysis of adaptive learning research and practice in China [J]. Software Guide (Journal of educational technology), 2017, 16(4): 14-16.
周洁.国内自适应学习研究与实践的现状分析[J].软件导刊(教育技术),2017,16(4):14-16.

- [13] AHMAD K, MARYAM B I, MOLOOD A E, et al. ACO-Map: a novel adaptive learning path method[C]//2013 Fourth International Conference on E-Learning and E-Teaching, 2013: 20-25.
- [14] SONG D, FENG X, HE H, et al. Research on self-adaptive learning mode driven by the collaboration of knowledge graph and education big data[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2022(1): 163-168.
宋丹, 丰霞, 何宏, 等. 知识图谱与教育大数据协同驱动的自适应学习模式研究[J]. 高等工程教育研究, 2022(1): 163-168.
- [15] BAYOUNES W, SAÂDI I B, KINSHUK. Correction: adaptive learning: toward an intentional model for learning process guidance based on learner's motivation[J]. Smart Learning Environments, 2022, 9(1): 33.
- [16] DHAKSHINAMOORTHY A, DHAKSHINAMOORTHY K, et al. KLSAS —an adaptive dynamic learning environment based on knowledge level and learning style[J]. Computer Applications in Engineering Education, 2019, 27(2): 319-331.
- [17] CORNO L. On teaching adaptively[J]. Educational Psychologist, 2008, 43(3): 161-173.
- [18] STERNBERG R J, LEBUDA I. Creativity tempered by wisdom: interview with Robert J. Sternberg[J]. Creativity. Theories-Research -Applications, 2019, 6(2): 274-280.
- [19] CAO E G, CHEN H Q, HUANG S R, et al. Interaction method of online design education based on constructivism learning theory[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(24): 67-74, 166.
曹恩国, 陈华强, 黄姝然, 等. 建构主义学习理论下在线设计教育的交互方法研究[J]. 包装工程, 2022, 43(24): 67-74, 166.
- [20] HE K K. The new constructivism theory: Chinese scholars' critical inheritance and innovative development on western constructivism[J]. Education Sciences in China (In Chinese and English), 2021, 4(1): 14-29.
何克抗. 新型建构主义理论——中国学者对西方建构主义的批判吸收与创新[J]. 中国教育科学(中英文), 2021, 4(1): 14-29.
- [21] Office of the Leading Group for Network Security and Informatization Work in the Education System of Zhejiang Province. Notice of the Office of the Leading Group for Network Security and Informatization Work in the Education System of Zhejiang Province on issuing the "guidelines for the construction of smart campuses in ordinary primary and secondary schools in Zhejiang province (trial)"[EB/OL]. https://www.zjedu.org/art/2023/1/5/art_275_50286.html.
浙教网信办. 浙江省教育系统网络安全和信息化工作领导小组办公室关于印发《浙江省普通中小学智慧校园建设指南(试行)》的通知[EB/OL]. https://www.zjedu.org/art/2023/1/5/art_275_50286.html.
- [22] LUI M, SLOTTA J D. Immersive simulations for smart classrooms: exploring evolutionary concepts in secondary science[J]. Technology, Pedagogy and Education, 2014, 23(1): 57-80.
- [23] HU P R, WANG Y Z. Research on the design, structure and administration of smart learning environment—taking Shanghai Jiao Tong University "smart classroom" as an example[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2018, 37(7): 286-290.
胡沛然, 王宜之. 智慧学习环境的设计、构建和管理研究——以上海交通大学“智慧教室”为例[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(7): 286-290.
- [24] FAKHAR S, BABER J, BAZAI S U, et al. Smart classroom monitoring using novel real-time facial expression recognition system[J]. Applied Sciences, 2022, 12(23): 12134.
- [25] CUI Y Q, GAN Q H, WANG C Y. Thoughts on the construction and operation mechanism of smart teaching environment in colleges and universities —taking Sichuan University as an example[J]. Modern Educational Technology, 2020, 30(3): 95-100.
崔亚强, 甘启宏, 王春艳. 高校智慧教学环境的建设和运行机制思考——以四川大学为例[J]. 现代教育技术, 2020, 30(3): 95-100.
- [26] ZHU G H, WANG X W. ChatGPT operation mode key technology and future prospects[J]. Journal of Xinjiang Normal University (Edition of Philosophy and Social Sciences), 2023, 44(4): 113-122.
朱光辉, 王喜文. ChatGPT的运行模式、关键技术及未来图景[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2023, 44(4): 113-122.
- [27] MALAISE Y, SIGNER B. Personalised learning environments based on knowledge graphs and the zone of proximal development[C]//Proceedings of International Conference on Computer Supported Education, 2022: 199-206.
- [28] YANG K Z. Big data: the next frontier for education reform and innovation[J]. Big Data Time, 2017(5): 6-9.
杨宗凯. 大数据驱动教育变革与创新[J]. 大数据时代, 2017(5): 6-9.
- [29] CHEN X Y, LI Y. Interpretation of 2020 EDUCAUSE Horizon Report™ (teaching and learning edition) and its enlightenments: challenges and transformation of higher education under the epidemic situation[J]. Journal of Distance Education, 2020, 38(2): 3-16.
陈新亚, 李艳. 《2020地平线报告: 教与学版》的解读及思考——疫情之下高等教育面临的挑战与变革[J]. 远程教育杂志, 2020, 38(2): 3-16.
- [30] SALVETTI F, BERTAGNI B. Reimagining STEM Education and training with e-REAL. 3D and holographic visualization, immersive and interactive learning for an effective flipped classroom[J]. International Journal of Advanced Corporate Learning, 2017, 10(2): 63.
- [31] Fisk University, VIVEHTC, T-Mobile and VictoryXR launch 5G-powered VR human cadaver lab[EB/OL]. <https://www.fisk.edu/featured/fisk-university-htc-vive-t-mobile-and-victoryxr-launch-5g-powered-vr-human-cadaver-lab/>.
- [32] Tabor Math continues worldwide success with Canadian launch and product enhancements[Z]. PR Newswire Association LLC, 2015.
- [33] YIN H, CAO Y. The design and application of mixed teaching mode to Rain Class of physical education in school[J]. Theory and Practice of Education, 2021, 41(36): 61-64.
尹海, 曹英. 学校体育雨课堂混合式教学模式的设计与应用[J]. 教育理论与实践, 2021, 41(36): 61-64.
- [34] GAO D S. On the harm of standardization to educational equity[J]. Educational Science Research, 2019(2): 5-12.
高德胜. 论标准化对教育公平的伤害[J]. 教育科学研究, 2019(2): 5-12.
- [35] MAJHANOVICH S. Conflicting visions, competing expectations: control and de-skilling of education—a perspective from ontario[J]. McGill journal of education, 2002, 37(2): 159-176.
- [36] HENTOUT A, AOUACHE M, MAOUDJ A, et al. Human-robot interaction in industrial collaborative robotics: a literature review of the decade 2008-2017[J]. Advanced Robotics: The International Journal of the Robotics Society of Japan, 2019, 33(15/16): 764-799.
- [37] LI Z T. The declaration of humanistic education in the era of artificial intelligence—interpreting rethinking education: towards a global common good[J]. Journal of Distance Education, 2017(5): 3-11.
李政涛. 人工智能时代的人文主义教育宣言——解读《反思教育: 向“全球共同利益”的理念转变》[J]. 现代远程教育研究, 2017(5): 3-11.
- [38] HAO K. Multimedia English teaching analysis based on deep learning speech enhancement algorithm and robust expression positioning[J]. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2020, 39(2): 1779-1791.
- [39] MARIE U M, TALLVID M, LUNDIN J, et al. Intelligent tutoring systems: why teachers abandoned a technology aimed at automating teaching processes[C]// The 54th Hawaii International Conference on System Sci-

- ences, 2021: 1538-1547.
- [40] GANDOMI A, HAIDER M. Beyond the hype: big data concepts, methods, and analytics[J]. *International Journal of Information Management*, 2015, 35(2): 137-144.
- [41] RINDOVA V P, MARTINS L L. From values to value: value rationality and the creation of great strategies[J]. *Strategy Science*, 2018, 3(1): 323-334.
- [42] ZHANG W N, JIA B X, ZENG Q, et al. "proxy" or "substitution"—is artificial intelligence really possible replacing human teachers[J]. *Teacher Education Research*, 2021, 33(1): 14-21.
张务农, 贾保先, 曾强, 等. “代具”还是“代替”? 人工智能究竟能否取代人类教师的哲学省思[J]. *教师教育研究*, 2021, 33(1): 14-21.
- [43] WANG Y T. Lin fengmian's art series and aesthetic education research for artificial intelligence aesthetics[J]. *Frontiers in Art Research*, 2022, 4(4): 73-79.
- [44] MEDAGLIA R, ZHU D. Public deliberation on government-managed social media: a study on Weibo users in China[J]. *Government Information Quarterly*, 2017, 34(3): 533-544.
- [45] WANG X M, LIU C J. Ethical reflections on AI-enabled education[J]. *Jiangsu Social Sciences*, 2023(2): 68-77.
王晓敏, 刘婵娟. 人工智能赋能教育的伦理省思[J]. *江苏社会科学*, 2023(2): 68-77.
- [46] LAN J. Generative artificial intelligence and the historical mission of humanities and social sciences: starting from ChatGPT intelligence revolution[J]. *Ideological & Theoretical Education*, 2023(4): 12-18.
蓝江. 生成式人工智能与人文社会科学的历史使命——从 ChatGPT 智能革命谈起[J]. *思想理论教育*, 2023(4): 12-18.
- [47] DIMAGGIO P, HARGITTAI E, CELESTE C, et al. From unequal access to differentiated use: a literature review and agenda for research on digital inequality[R]. *Social Inequality*, 2001: 355-400.
- [48] CHEN L, WANG S L, XIE X H. Strategies and enlightenment for promoting teachers' information technology ability development in the United States[J]. *Journal of Distance Education*, 2020(10): 17-22.
陈莉, 王妹莉, 谢晓辉. 美国推进教师信息技术能力发展策略及启示[J]. *中国远程教育*, 2020(10): 17-22.
- [49] MOUSTAPHA C. Look to Africa to advance artificial intelligence[J]. *Nature*, 2018, 562(7728): 461.
- [50] Learning Policy Institute. An unparalleled investment in U. S. public education: analysis of the American rescue plan act of 2021 [EB/OL]. <https://learningpolicyinstitute.org/blog/covid-analysis-american-rescue-plan-act-2021>.
- [51] MIAO F C. Inspect on artificial intelligence and education towards digital humanism from the International Conference on AI and Education[J]. *Modern Educational Technology*, 2022, 32(2): 5-23.
苗逢春. 从“国际人工智能与教育会议”审视面向数字人文主义的人工智能与教育[J]. *现代教育技术*, 2022, 32(2): 5-23.
- [52] ZHOU Q, PU S Y. The development dilemmas of the third world countries under the wave of artificial intelligence and corresponding countermeasures[J]. *Journal of Xiangtan University (Philosophy and Social Sciences)*, 2021, 45(3): 160-168, 180.
周琦, 蒲松杨. 人工智能浪潮下的第三世界国家发展困境与对策[J]. *湘潭大学学报(哲学社会科学版)*, 2021, 45(3): 160-168, 180.
- [53] ESHET-ALKALAI Y. Digital literacy: a conceptual framework for survival skills in the digital era[J]. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 2004, 13(1): 93-106.
- [54] ZHOU X L, WANG F Z. Digital citizenship education: policy and practice in Asia-Pacific region[J]. *International and Comparative Education*, 2019, 41(8): 3-10.
- 周小李, 王方舟. 数字公民教育: 亚太地区的政策与实践[J]. *比较教育研究*, 2019, 41(8): 3-10.
- [55] REEVES T D. Pre-service teachers' data use opportunities during student teaching[J]. *Teaching and Teacher Education*, 2017, 63: 263-273.
- [56] KEGAN R, LAHEY L L. An everyone culture: becoming a deliberately developmental organization [M]. Brighton: Harvard Business Review Press, 2016.
- [57] The World Economic Forum. The future of jobs 2018 [EB/OL]. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>.
- [58] WANG Y Y, ZHENG Y H. Human-computer collaborative learning in intelligent era: value connotation, representation form and practical approach[J]. *China Educational Technology*, 2022(9): 90-97.
王一岩, 郑永和. 智能时代的人机协同学习: 价值内涵、表征形态与实践进路[J]. *中国电化教育*, 2022(9): 90-97.
- [59] YU S Y, QU Y J, LIU X M. Analysis of learners' individual characteristics with the support of the "interactive classroom" system[J]. *Journal of Dalian Education University*, 2022, 38(4): 60-62.
于胜玥, 曲永娟, 刘晓萌. “互动课堂”系统支持下学习者个性化特征分析[J]. *大连教育学院学报*, 2022, 38(4): 60-62.
- [60] LI Z T. Teacher and teacher-student relationship in the AI era[J]. *Contemporary Teacher Education*, 2021, 14(1): 1-4, 29.
李政涛. 智能时代是“双师”协同育人的新时代[J]. *当代教师教育*, 2021, 14(1): 1-4, 29.
- [61] LESH N, MARKS J, RICH C, et al. "Man-Computer Symbiosis" revisited: achieving natural communication and collaboration with computers[J]. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 2004, 87-D(6): 1290-1298.
- [62] SAKURA F. School monitoring and quality assurance in the New Zealand school system[J]. *Educational Research for Policy and Practice*, 2007, 6(3): 229-234.
- [63] OJEDA-HERNÁNDEZ M, LÓPEZ-RODRÍGUEZ D, MORA Á. Lexicon-based sentiment analysis in texts using formal concept analysis[J]. *International Journal of Approximate Reasoning*, 2023, 155: 104-112.
- [64] SHAW-GARLOCK G. Looking forward to sociable robots[J]. *International Journal of Social Robotics*, 2009, 1(3): 249-260.
- [65] SPELT H J E, BIEMANS A J H, TOBI H, et al. Teaching and learning in interdisciplinary higher education: a systematic review[J]. *Educational Psychology Review*, 2009, 21(4): 365-378.
- [66] Ministry of Education. Guiding opinions on accelerating the construction of "double first class" in higher education institutions [EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe_843/201808/t20180823_345987.html.
教育部. 关于高等学校加快“双一流”建设的指导意见[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe_843/201808/t20180823_345987.html.
- [67] GENTILE L, CAUDILL L, FETEA M, et al. Challenging disciplinary boundaries in the first year: a new introductory integrated science course for STEM majors[J]. *Journal of College Science Teaching*, 2012, 41(5): 44-50.
- [68] RICHARD L L, ELISABETH E, BRIAN H, et al. Virtual reality simulation: effects on academic performance within two domains of writing in science[J]. *Journal of Science Education and Technology*, 2019, 28(4): 371-381.
- [69] STOCKTON J. Opening up a new world for individuals with disabilities through virtual reality[EB/OL]. <https://www.unr.edu/nevada-today/stories/walking-with-reality>.