

人工智能时代的教育转型与重塑

赵建华

(南方科技大学 未来教育研究中心, 广东 深圳 518055)

[摘要] 人工智能(Artificial Intelligence, AI)对传统的教育思想、理念、目的、方法、评价等带来颠覆性影响。它在为教育带来挑战的同时,也为教育创新发展带来机遇。因工业革命而构建的传统教育体系迎来最严峻的挑战,并将引发教育系统的转型和重塑,这是当前教育理论和实践中迫切需要面对和解决的问题。研究基于对 AI 发展的系统分析和教育发展的内在逻辑,解释了 AI 时代教育转型的内在因素,以及教育重塑所面对的主要问题。

[关键词] 人工智能; 未来教育; 教育转型; 教育重塑; 智能科技时代

[中图分类号] G434

[文献标志码] A

[作者简介] 赵建华(1966—),男,山东莒县人。教授,博士,主要从事 AI 教育、学习科学与技术、教师专业发展、教育信息化研究。E-mail:zhaojh@sustech.edu.cn。

一、引言

20世纪90年代开始以互联网和多媒体迅猛发展为代表的信息知识爆炸,对教育和学习产生了巨大影响,并导致发生了一场学习的革命,正如人类历史上文字、印刷术和蒸汽机的发明一样^[1]。2022年11月30日,作为人造物的 AI 第一次正式进入人类的智慧领域,与工业时代人类利用机器极大地提高了人们的物理劳动生产率一样,AI 极大地提高了人类智慧劳动的效率。这是人类文明发展史上继工业革命之后的又一次重大的事件,预示着人类的文明发展史自此将由人类和 AI 共同创造^[2]。

在人们适应由信息科技带来的数字便利之后,已然形成了对它们的显著依赖效应,如电子商务、数字化管理、电子货币等。当前在全球范围内,基于数字化基础的信息化应用已经普及千行百业,包括交通、能源、商业、农业、工业和军事等领域,与人类生活各个方面密切相关的数字生态已经基本形成。同传统教育相比,适应信息时代的教育也已经发生了天翻地覆的变化^[3]。在学校课堂中除所应用的技术不断迭代升

级外,其他要素未发生显著变化,如2000年左右学校普遍使用的教学设施是投影仪、电视或电子白板。随着时间的推移,这些设施和设备逐渐被教学平台、互动一体机和 AI 所替代。这些变化对教学的影响则主要表现为加大了所传授信息的容量、内容呈现形式多模态化、师生之间的互动更加便捷等,教师在使用恰当的教学组织形式、教学模式和教学方法、教学评价时将更加多元和灵活^[4]。

生成式 AI 不仅在文本写作方面表现卓越,在文生图、文生视频、文生音频、文生动画等多方面的表现也令人惊艳。在大模型支持下,AI 赋能千行百业的场景化应用已经打造了成熟的生态,极大地提升了各行各业的效率和竞争力。在教育领域,AI 在精准教学、课件制作、资源搜索与分析、学生画像、智能辅导、学情评价等方面得到了深度应用,极大地提高了学习者的学习效率。当前人们正在经历从信息化到智能化的演变。从本质上讲,这是一轮以 AI 为代表的使能工具迭代为以信息科技为代表的普通工具的过程^[5],是自工业时代以来又一次深刻的革命,对人类社会的各个方面产生重大影响。

二、追本溯源:AI 的由来

自 20 世纪 50 年代 AI 诞生之日起,迄今经历了近四分之三个世纪。进入 21 世纪之后,AI 发展进入快车道。剖析 AI 发展历程中的五个标志性事件,有利于我们深入认识 AI 发展的内在规律。

(一)“AI”概念的提出

1950 年,英国数学家和逻辑学家阿兰·图灵(Allan Turing)在《计算机和智能》(*Computing Machinery and Intelligence*)一文中,针对机器能否思考的问题提出图灵测试^[6],研究者们对机器是否具有智能的问题开始了不懈的探求。1958 年 6 月,在美国 Hanover 小镇的 Dartmouth 学院开展了一项针对 AI 为期两个月的夏季研究项目,斯坦福大学的麦肯锡(McCarthy)、贝尔实验室的香农(Shannon)、麻省理工学院的明斯基(Minsky)、卡内基梅隆大学计算机科学家西蒙特(Simont)和挪威(Nowell)、经济学诺奖得主西蒙(Simon)和 IBM 公司的瑞彻斯特(Rochester)等齐聚一堂,共同探讨利用机器模仿人类的思考和学习,即利用计算机模拟人的智能,首次提出并使用了 AI 概念^[7]。AI 是让机器以一种如果人类这么做,会被认为具有智能的方式开展行动^[8],也就是让机器去做那些如果由人类来做就需要智能的事情的一门科学^[9],让人类的感知、推理和行动成为可能计算的研究^[10],是对智能行为的自动化^[11]。此外,AI 还可以被看成是计算机或计算机控制的机器人执行与人类智能过程类似任务的能力,如思考、判断和逻辑推理能力^[12]。

(二)IBM 深蓝智能计算机打败人类国际象棋冠军

Deep Blue(深蓝)是美国 IBM 公司在 20 世纪 90 年代初研发的计算机国际象棋系统,它的目标是从国际象棋类计算机程序失败的方面吸取经验,并取得成功。1997 年 5 月,Deep Blue 在六场马拉松式的比赛中,以 4:2 的成绩战胜了世界国际象棋卫冕冠军噶瑞·凯帕如(Garry Kasparov)^[13]。Deep Blue 的胜利标志着计算的一个转折点,预示着超级计算机和 AI 对人类思维模拟的可能性。它使用 32 个处理器并行处理高速计算,每秒对 2 亿个国际象棋位置进行评估,实现每秒 113.8 亿浮点运算或翻牌的处理速度。国际象棋比赛是计算机能否与人类大脑功能相媲美的理想测试,它是一种高度复杂的游戏,带来了巨大计算量的挑战——大约有 1040 种可能的行动^[14]。Deep Blue 是一种混合体,拥有通用的超级计算机处理器和国际象棋加速器芯片。深蓝的胜利,在当时计算机软硬件水平相对受限的条件下,增强了人们对追

求更高性能 AI 的信心和希望。

(三)谷歌公司的 AlphaGO 打败人类围棋世界冠军李世石

2016 年,由谷歌公司旗下的 DeepMind 公司开发的 AlphaGo,在与人类围棋世界冠军博弈中,以 3:1 的成绩打败了韩国围棋八段高手李世石,取得了决定性胜利。AlphaGo 的完胜,证明了 AI 系统可以学习如何在高度复杂的领域中解决最具挑战性的问题。围棋程序被认为是对 AI 的一大挑战,因为它比国际象棋复杂得多,拥有 2.08×10^{170} 种可能的棋盘配置,远超已知宇宙中的原子数量(10^{80})。AlphaGo 将深度神经网络与高级搜索算法结合在一起,构建了一种全新的 AI 系统,它包括两个神经网络,其中一个神经网络(策略网络)能够选择下一步行动,另一个神经网络(价值网络)能够预测游戏的赢家。为了不断提高 AlphaGo 的博弈水平和经验,开发者让 AlphaGo 与多种业余围棋游戏对弈,以学习人类围棋博弈的方法、策略和技巧。此外,AlphaGo 还与自己的不同版本进行对抗,并从错误中学习。经过系统训练和强化学习,AlphaGo 的实战能力和水平得到了显著提高,并为最终胜利奠定了基础^[15]。

(四)ChatGPT 横空出世

2022 年 11 月 30 日,美国 OpenAI 公司发布了 ChatGPT 3.5,它所具有的强大的文本生成、代码编写和修复能力让人们耳目一新。ChatGPT 是生成式预训练变形器(GPT)系列语言模型中的最新版本,是一种可以预测单词序列概率的统计模型^[16]。作为大型语言模型的 ChatGPT,主要利用互联网的数据和已经出版的书籍进行训练,首次发布的基本模型使用具有 4990 亿词汇的语料库进行训练^[17]。ChatGPT 发布后出现大规模传播和使用的结果表明,AI 可以迅速改变人们的学习、工作和沟通方式。对教育而言,大部分教育工作者对 ChatGPT 支持学习的潜力充满期待,也对它可能产生的巨大影响充满了兴奋和担心,担心可能导致学生规避学习机会或助长错误信息^[18]。研究发现,ChatGPT 能够增加人们生成想法的创造力和对解决问题任务的创造力,从而提高创造性解决问题的能力^[19],还具有促进学生个性化和适应性学习的潜力^[20],更有效地组织评估和评价过程^[21]。使用 ChatGPT 的语音转文本或自动生成书面文本技术,能够帮助存在视觉障碍或阅读障碍的学生参与学习,有助于达成包容教育的目标,具有弥补教育劣势的潜力^[22]。在教学过程中,ChatGPT 可以成为学生的学习伙伴或教学助理,并及时为学生提供具有针对性的反馈^[23]。

(五)OpenAI 具备强大推理能力的 o1 问世

2024年9月17日,OpenAI推出了o1-preview和o1-mini,这是OpenAI在研的系列AI模型,它们具有复杂任务推理能力,能解决比以前更难的科学、编码和数学模型问题。根据OpenAI对o1等新模型的定位,它们在完成物理、化学和生物学等领域具有挑战性基准任务时的表现与博士生相似。在国际数学奥林匹克(IMO)资格考试中,GPT-4o只能正确地解决13%的问题,而o1等推理模型得分为83%。o1的编码能力在Codeforces比赛中达到了第89百分位数^[24]。o1利用基于强化学习技术的训练模型提升自我解决问题能力,通过奖励和惩罚提高系统的适配性,利用“思想链”处理查询功能,擅长解决AP数学测试,采用类似人类处理问题的方式解决问题。o1所具备的推理能力是有效的,它是迈向人类智能水平的重要一步^[25]。o1所具备的复杂文件比较能力是在分析协议、档案或法律文件的基础上,实现文本中细微差异辨析的理想选择。o1具有遵循指令和 workflow 管理,她特别擅长简要处理上下文的工作流程^[26]。o1在做出回应之前,可以先在内部“思考”。这反映了人类说话前的思维方式,并允许AI更具凝聚力。o1改变了AI处理复杂任务的方式,对医疗保健、教育、企业工作和研究等行业产生深远影响^[27]。

三、文明跃升:从工业革命到智能科技革命

在人类文明发展进程中,如果以生产力发展水平作为标志,人类文明发展经历了石器时代、农业时代、工业时代和信息时代。按照对影响工业社会的技术要素划分,迄今为止人类经历了四次工业革命,分别是以使用水和蒸汽动力的机械化为代表的第一次工业革命(1IR),它让人类实现了从手工经济到使用机械的经济转变的革命。第二次工业革命(2IR)又称技术革命时代,它是使用电力驱动机器的工业过程,让大规模生产成为可能,所需要的劳动力更少,机器取代了工人,电力和石油成为主要动力来源,是人类有史以来实现大规模生产的革命,其主要特征是电器化。第三次工业革命(3IR)又称“数字革命”,二进制电子计算机的发明奠定了现代机器工业的基础。人们使用简单的计算机和可编程逻辑控制器(或内存可编程控制)实现技术自动化过程,数字技术将模拟世界转变为数字世界,开创了人类的数字时代。计算机和自动化成为第三次工业革命的里程碑。第四次工业革命(4IR)是以互联网、物联网、AI、多媒体等技术为引领,在生产设施和存储系统中广泛使用智能机器的时代,

它们可以在没有任何人工干预的情况下触发行动、控制其他设备和自主交换信息,通过IIoT(工业物联网)实现信息分配^[28]。第五次工业革命强调了技术融合的重要性,包括AI、机器人和物联网等通过融合创造新的生态系统。AI是第五次工业革命的核心驱动力,机器人会越来越多地应用于制造业、医疗保健、农业等领域。

阿瑟(Arthur)在《技术的本质》(*The Nature of Technology*)一书中认为,技术是实现人类目的的一种手段,并总是为完成人的目的而存在^[29]。为适应工业社会对专业人员的需要而建立了公立教育体系,在学校中完成社会所需人才的培养。为了工业社会的可持续发展,需要进一步提高生产效率和产品质量,拓展新的产品类型以适应人类对物质文化生活的需求,各种科研机构、高等院校不断建立起来,通过人才培养和科研创新带动产业升级。工业时代的智能技术,主要表现为以计算机为核心的智能设备,包括在此基础上发展起来的AI,如广泛用于智能制造领域的机器人等,但它们仍处于供人类使用的被动阶段,而非主动介入人类智慧劳动过程的使能技术^[5]。

四、教育转型:AI时代的迫切要求

教育转型是现行教育模式的系统性变化,其本质是教育系统为适应教育目的、环境和影响要素的变化而作出的系统性改变^[30]。教育转型虽然具有不同的愿景和表现形式,但其首要目的是促进教育更加公平和均衡,让联合国提出的第四个可持续发展目标(SDG4)得以更好地实现。中国目前正在推动教育数字化转型^[31],为了实现这一目标,需要建立以学习者为中心的教育体系,让所有学习者都能茁壮成长,帮助他们深度融入自己的社区、国家和全球环境,并为他们的未来发展做好准备。

(一)工业革命与教育转型

在人类发展史上,系统的教育转型是随着不同时代的重大需求而发生的,它是社会发展演化的结果,不会因个人的意志而发生改变。第一次工业革命之后,由于大量新型工厂的建立需要大量的工人,并且要求他们具有一定的专业知识。工业革命促使人类发展史上第一次比较系统的、大规模的教育转型得以发生^[32],又称教育1.0。第二次工业革命是制造业、技术和工业生产方法取得突破性进步的时期^[33]。随着广播、收音机、录音机、幻灯、投影、电影等电气化产品的问世,视听教学设施进入学校,为学校早期开展技术支持的教学奠定了物质条件。其中,戴尔提出了媒体

教学的经验之塔理论,为开展视听教学提供了理论基础^[34]。这个阶段的教育又称教育 2.0。

1969年,先进研究计划局网络(ARPANET)的研发触发了第三次工业革命,又称信息技术革命,其动力来自自动化技术、信息科技、生物工程和能源工程的发展。信息技术促进了工作、学习、生活等在更大程度上实现信息化、自动化和数字化,从而改变了社会对劳动力的依赖,可以将其看成是数字制造和个人制造的结合^[35]。第三次工业革命的教育又称为教育 3.0,由于将在线工具、虚拟实验室和多媒体等纳入了教学过程,教师和学生不再需要同时参加课程学习。教师成为合作者,鼓励学生更多地参与知识构建。在中小学通过开设“信息技术”课程,为信息技术在课堂教学、评价、资源提供和教育管理中的广泛使用提供了基础,同时也为教育带来了诸多新的变化,如师生信息素养提升、教育信息管理系统应用和高质量教育资源供给等^[36]。

以 AI、物联网(IoT)和机器人技术等新兴技术主导的第四次工业革命与物理、数字和生物世界融合,并在这个过程中彻底改变了经济、工业和社会^[37]。技术和教育是第四次工业革命数字化转型的驱动力,可以通过虚拟现实(VR)和增强现实(AR)来提供增强的学习体验^[38]。第四次工业革命孕育了教育 4.0,它所提供的教育服务更加高效和灵活,新的知识生产和信息传递工具也催生了新教学方法,如基于合作和协作活动实现以学生为中心的教学原则、策略和程序。由于技术、策略和活动的变化,学生可以更加方便地实现个性化学习,形成了新的面对面、远程和混合学习方式^[39]。

(二) 智能科技革命与教育转型

第四次工业革命和智能科技革命的最大不同,在于 AI 在其中所扮演角色的不同。智能科技时代的 AI 属于新一代 AI,如大语言模型、o1 等,不仅具有内容自动生成(AIGC)的功能,更具备思维和逻辑推理能力。因此,新一代 AI 拓展了人类的思维,在人类的智慧劳动领域扮演着合作者、启发者、探索者和助力者的角色。从这意义上说,新一代 AI 是一种使能技术^[5],它与第四次工业革命中的 AI 有着本质的不同。随着智能科技时代的到来,65%的教育工作者希望通过部署新一代 AI 提高学习者的学业成绩。当前教学中 20%至 40%的任务可以利用 AI 完成。教师使用 AI 后,每周可以空出 13 个小时的自由支配时间。48%的教育工作者表示,AI 对学生的体验产生了积极影响;42%的教师和学生表示,AI 创造了一个更公平的系统;73%的学生表示,AI 帮助他们更快地学习;

67%的学生表示,AI 帮助他们更有效地开展学习^[40]。新一代 AI 能够帮助学生提高学习成效,实现常规课堂教学任务自动化,提供可操作的观点以促进课程改进,并为学生提供更具个性化的学习体验。在教育实践中已经开发出多种教与学方式,如生成式 AI (GenAI)可以创建教学内容并完成学习任务,为学习者提供更具个性化的内容,具有实时反馈、智能辅导和技能发展的能力^[41]。

五、教育重塑:AI 时代的未来教育

支撑人类社会不断延续发展的重要因素,是对年轻一代的培养,包括培养他们适应未来的生活、具备未来社会所需要的技能等,这一任务是在当前的教育系统中完成的。因此,在 AI 时代来临之际,我们需要认真思考,未来需要什么样的人才,他们需要学习哪些知识,应该采用什么手段对他们进行培养,如何评价当前的教育系统是否胜任未来人才培养等。对这些内容开展深入思考,能够更好地重塑人类的未来教育。

(一) 教育哲学、教育理念和教育思想的转变

从教育哲学层面上讲,人类是认识自然和改造自然的主体,教育对于提升人类认识、改造自然的能力和水平发挥积极而重要的作用。新一代 AI 介入人类智慧世界,由于 AI 所具有的内容自动生成能力、推理归纳能力、精准计算能力、巨大存储容量等,能够极大地提升人类认识和改造自然的能力。AI 对“谁是主体,谁是客体”的哲学假定进行了“拆卸”,使得教育主体(人)“降格”成了客体,教育客体(物)“升格”成了主体^[42]。AI 对教与学的影响是深刻的,表现在由 AI 引发的对教育实践变革的理论回应、教育学基本问题变化的理论重构和学科标准变化的学科体系重建等方面^[43]。在 AI 时代,学校教育中教与学关系所发生的变化,必将导致人们重新思考教师教什么、为什么教和如何教等问题。对学生而言,则面对学习什么内容、学习如何发生、采用什么方式学习、如何评价学习成效等问题。与传统教育不同,教师不用一个人承担全部教育任务和过程,他们可以与 AI 开展合作,共同处理教学过程中的所有问题,包括教学内容、教学资源、教学媒体、教学评价、教学过程组织与管理、作业批改、学生辅导等。传统的重复性、机械性工作将全部由 AI 承担,教师所从事的是发现性、探索性和创新性工作。对学生而言,他们的学习过程可以真正实现个性化。既可以将 AI 作为学习伙伴,也可以将 AI 作为帮助者、启发者、促进者和监测者。数字孪生技术让 AI

教育中的学生模型在大数据的支持下得以更好地实现。而学生画像技术能够非常精准地呈现学生的个性特征,包括精准发现学习过程所存在的缺陷。智能决策模型能够根据学生模型的具体情况,提供具有补救性的学习材料和辅导,帮助学生快速成长^[44]。

(二)重视拔尖创新人才培养

习近平总书记在党的二十大报告中提出,要全面提高人才自主培养质量,着力造就拔尖创新人才^[45]。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,拔尖创新人才是推动科技创新、引领产业革新的核心要素,是人才资源中最关键、最稀缺的部分^[46]。在 AI 对教育底层逻辑的冲击下,学生的知识学习观发生了颠覆性变化,迫切需要重塑人才培养范式,建设以数智技术为支撑的高质量教育体系。在教学过程中重视项目式学习、知识建构式学习,培养和激发学生的创新思维 and 实践能力,完善拔尖创新人才培养的方法和途径。马克思曾指出:“一个时代所提出的问题,包括任何在内容上是正当而合理的问题,它们具有着共同的特点,即主要的困难不是答案,而是问题。因此,真正的批判要分析的不是答案,而是问题。”^[47]

(三)主动学习策略能够有效促进学生发展

杜威曾指出,“给学生一些事情去做,而不是给他们一些东西去学。做事时需要利用思维或者有意识地注意事物之间的联系,结果他们自然地学到了东西”^[48]。在当下的 AI 时代,杜威的做中学理念仍然发挥着积极而重要的作用。基于杜威的教育理念形成了一种促进学习者积极主动地参与学习过程的策略,又称主动学习策略,它是当前高校和基础教育领域重点关注的一种学习方式:专注于学生的学习过程,而不仅仅是学习的结果。主动学习的方法能够确保学生积极参与学习过程,并激发他们进行更复杂的思考,在主题互动中加强学生对知识、概念和技能的掌握,有利于培养学生的批判性思维、协作沟通能力和问题解决能力^[49]。

(四)通过协作学习与共同体学习培养学生的协作精神

21 世纪是一个协作的时代,而学校教育对培养学生具有良好的协作意识和能力至关重要^[50]。我国自 2000 年开始的课程改革,对在教育过程中应用协作学习和合作学习就提出了明确要求。在 21 世纪技能框架中包含了协作能力^[51]。OECD(经济合作与发展组织)推动的 PISA 测验,既有对学生应具备合作能力的诠释,也在测验中设计了基于问题情境的测试方法^[52]。学生

合作能力培养一般采用小组学习或者基于共同体的学习方式。小组学习是培养学生合作能力的基本组织形式,学生在小组中可以借助群体认知提高个体认知能力,维果斯基的 ZPD(邻近发展区)理论和斯陶(Stalh)提出的群体认知对这一结果给出了理论诠释。

(五)评价方式的转变

适应工业革命的教育评价,主要以知识评价为主,其目的是评价学生掌握知识的数量、广度、深度和牢固度等。随着 AI 时代的到来,教育目标、理念、方式、方法等发生了巨大变化。在重塑教育系统的过程中,教育评价必然会发生根本变化,主要表现在评价内容聚焦学生能力发展,如问题解决、批判性思维、协作、创新、沟通、数字和 AI 素养等,从而与工业革命时代的评价有了质的不同。OECD 的 PISA 测验是衡量 15 岁年轻人利用阅读、数学、科学知识和技能来应对现实生活挑战的能力^[53],TIMISS 和 PIRLS 属于国际评估,用于监测学生在数学、科学和阅读方面的成绩趋势。这三种类型的评价均是针对学生能力发展的评价,提供了对教育评价转型的重要思考。

六、结束语

AI 时代的到来对教育转型提出了迫切要求,适应工业革命时代而构建的教育体系亟须围绕 AI 对人才培养的需求进行重塑。对当前的教育系统而言,这既是一种挑战,更是一种机遇。由于传统教育体系依然存在,人们受到根深蒂固的传统思想影响,大部分人并不想作出改变,因此,改革的阻力非常大。但我们必须抓住这次教育转型的契机,加快推进教育改革与转变,重塑未来教育新体系。

AI 时代的教育转型与重塑,应以培养学生核心素养为契机,重视学生创造力和拔尖创新人才培养,从而为未来一代适应 AI 时代的需要提供强有力的支持。AI 能够促进解决教育中的一些重大挑战,如创新教学实践和加快实现 SDG4 进展等问题^[54]。在减轻教师教学工作量、为学生提供情境化学习、彻底改变评价方法、利用 ITS(智能导师系统)实现学生个性化学习等方面,AI 可以发挥积极而有效的作用^[55]。算法和教育机器人将成为未来教育的组成部分,为广泛的教学活动提供支持^[56]。

国际组织和世界各国对 AI 教育伦理和安全高度重视,在中小学开设 AI 教育课程,培养学生 AI 素养的同时,将 AI 伦理和安全纳入其内容体系,并作为其中重要的组成部分。

[参考文献]

- [1] World Economic Forum. Future of Jobs Report 2023[EB/OL]. [2024-10-01]. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf.
- [2] OECD. Artificial intelligence in society[M]. Paris: OECD Publishing, 2019.
- [3] 珍妮特·沃斯, 戈登·德赖登. 学习的革命: 通向 21 世纪的个人护照[M]. 顾瑞荣, 陈标, 许静, 译. 上海: 上海三联书店, 1998.
- [4] CRYER A B. Information age explained [EB/OL]. [2024-10-18]. https://everything.explained.today/Information_Age/.
- [5] LV Y G. Artificial intelligence: enabling technology to empower society[J]. Engineering, 2020, 6(3): 205-206.
- [6] TURING A. Computing machinery and intelligence [J]. Mind, 1950, 49(236): 433-460.
- [7] 潘云鹤. 人工智能迈向 2.0 [J]. Engineering, 2016, 2(4): 209-413.
- [8] MCCARTHY J, MINSKY M L, ROCHESTER N, et al. A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence[J]. AI magazine, 2006, 27(4): 12-14.
- [9] MINSKY M L. Semantic information processing [M]. Cambridge: MIT Press, 1968.
- [10] WINSTON P H. Artificial intelligence[M]. 3rd ed. NY: Addison Wesley Longman Publishing Co, 1992.
- [11] LUGER G F. Artificial intelligence: structures and strategies for complex problem solving[M]. Array Boston: Pearson Addison-Wesley, 2009.
- [12] Britanica. Artificial intelligence [EB/OL]. [2024-10-04]. <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>.
- [13] KRAUSMAN P. Managing artificial intelligence[EB/OL]. [2024-10-02]. <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>.
- [14] Britanica. Audio-visual education[EB/OL]. [2024-10-03]. <https://www.britannica.com/topic/distance-learning>.
- [15] IBM. Deep blue [EB/OL]. [2024-10-02]. <https://www.ibm.com/history/deep-blue>.
- [16] Google DeepMind. AlphaGo [EB/OL]. [2024-10-01]. <https://deepmind.google/research/breakthroughs/alphago/>.
- [17] OpenAI. Introducing ChatGPT [EB/OL]. [2024-10-12]. <https://openai.com/index/chatgpt/>.
- [18] BROWN T B, MANN B, RYDER N, et al. Language models are few-shot learners [EB/OL]. [2024-10-02]. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2005.14165>.
- [19] FÜTTERER T, FISCHER C, ALEKSEEVA A, et al. ChatGPT in education: global reactions to AI innovations[J]. Scientific reports, 2023, 13(1): 15310.
- [20] LEE B C, CHUNG J J. An empirical investigation of the impact of ChatGPT on creativity[J]. Nature human behaviour, 2024, 8(10): 1906-1914.
- [21] BAIDOO-ANU D, OWUSU ANSAH L. Education in the era of generative artificial intelligence (AI): understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning[J]. SSRN electronic journal, 2023, 7(1): 52-62.
- [22] RUDOLPH J, TAN S. ChatGPT: bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education [J]. Journal of applied learning & teaching, 2023, 6(1): 342-362.
- [23] KASNECI E, SESSLER K, KÜCHEMANN S, et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education[J]. Learning and individual differences, 2023, 103: 102274.
- [24] ANDERS B A. Why ChatGPT is such a big deal for education. C2C Digital Mag [EB/OL]. [2024-09-29]. https://scholarspace.jccc.edu/c2c_online/vol1/iss18/4.
- [25] OpenAI. Introducing OpenAI o1-preview [EB/OL]. [2024-10-01]. <https://openai.com/index/introducing-openai-o1-preview/>.
- [26] ROBINSON K. OpenAI releases o1, its first model with 'reasoning' abilities [EB/OL]. [2024-10-01]. <https://www.theverge.com/2024/9/12/24242439/openai-o1-model-reasoning-strawberry-chat-gpt>.
- [27] Azure. Introducing o1: OpenAI's new reasoning model series for developers and enterprises on Azure[EB/OL]. [2024-10-01]. <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/introducing-o1-openais-new-reasoning-model-series-for-developers-and-enterprises-on-azure/>.
- [28] Dey. Why OpenAI's 'strawberry' reasoning model is a big deal [EB/OL]. [2024-10-03]. <https://observer.com/2024/09/openai-gpt-strawberry-human-level-reasoning/>.
- [29] ARTHUR B. The nature of technology: what it is and how it evolves[M]. UK: Allen Lane, 2009.
- [30] MENÉNDEZ P. Strategic elements to implement profound changes in learning [C]// Teaching and Learning Practices that Promote Sustainable Development and Active Citizenship. NY: IGI Global, 2021.
- [31] 怀进鹏. 教育部部长怀进鹏在 2024 世界数字教育大会上的主旨演讲: 携手推动数字教育应用、共享与创新[EB/OL]. (2024-02-

- 01)[2024-10-20]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/moe_176/202402/t20240201_1113761.html.
- [32] KATZ M B. *Reconstructing American education*[M]. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1987.
- [33] LONGLEY R. Overview of the second industrial revolution [EB/OL]. [2024-10-02]. <http://thoughtco.com/second-industrial-revolution-overview-5180514>.
- [34] AN Y. A history of instructional media, instructional design, and theories [J]. *International journal of technology in education(IJTE)*. 2021,4(1):1-21.
- [35] ROBERT B H. The third industrial revolution: implications for planning cities and regions [EB/OL]. [2024-10-20]. https://www.researchgate.net/publication/278671121_.
- [36] KHAN R N. *The third industrial revolution: an economic overview* [C]//*The Third Industrial Revolution*. Paris: UNESCO, Taylor & Francis, 1986.
- [37] Interaction Design Foundation-IxDF. What is the fourth industrial revolution?[EB/OL]. [2024-10-02]. <https://www.interactiondesign.org/literature/topics/the-fourth-industrial-revolution>.
- [38] STEFAN I, BARKOCZI N, TODOROV T, et al. Technology and education as drivers of the fourth industrial revolution through the lens of the new science of learning [M]//ZAPHIRIS P, IOANNOU A. *Lecture notes in computer science*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023; 133-148.
- [39] GUANA J, BALLESTEROS-CASCO T. The new educational models based on information and communication technology and education 4.0 [C]//MESQUITA A, ABREU A. *Perspectives and Trends in Education and Technology(ICITED 2023): Smart Innovation, Systems and Technologies*. Singapore: Springer, 2023.
- [40] HolonIQ. AI in higher education: impact & opportunity [EB/OL]. [2024-10-06]. <https://www.holoniq.com/notes/artificial-intelligence-in-education-2023-survey-insights>.
- [41] Intel. Artificial intelligence in education [EB/OL]. [2024-10-04]. <https://www.intel.com/content/www/us/en/learn/ai-in-education.html>.
- [42] 张刚要, 梁青青. 人工智能的教育哲学思考[J]. *中国电化教育*, 2020(6):1-6, 64.
- [43] 伍红林. 技术时代的教育学发展——兼议人工智能背景下教育学的两种可能 [J]. *华东师范大学学报(教育科学版)*, 2019, 37(5):26-37.
- [44] 赵建华. 智能教学概述 [J]. *中国电化教育*, 2007(7):5-12.
- [45] 教育部. 牢记习近平总书记嘱托, 教育系统聚力提高人才自主培养质量——瞄准国家战略需求 造就拔尖创新人才 [EB/OL]. [2024-10-10]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5147/202403/t20240304_1118158.html.
- [46] 贾振博. 培养拔尖创新人才的五个着力点 [N]. *光明日报*, 2023-11-07(15).
- [47] 马克思. 集权问题本身以及有关 [N/OL]. *莱茵报*, 1842-05-17[2024-10-10]. <https://www.marxists.org/chinese/marx-engels/40/009.htm>.
- [48] 约翰·杜威. *民主主义与教育*[M]. 王承绪, 译. 北京: 人民教育出版社, 2001.
- [49] STEELE A. What is active learning and are the benefits?[EB/OL]. (2019-06-05)[2024-10-11]. <https://www.cambridge.org/us/education/blog/2019/06/25/what-active-learning-and-what-are-benefits/>.
- [50] 21st Century Literacy Summit. 21st century literacy in a convergent media world (White Paper). Berlin, Germany [EB/OL]. [2024-10-13]. <http://www.21stcenturyliteracy.org/white/WhitePaperEnglish.pdf>.
- [51] BURKHARDT G, MONSOUR M. et al. enGauge® 21st century skills: literacy in the digital age 2003[EB/OL]. [2024-10-14]. <https://www.ncrel.org/engage>.
- [52] OECD. The future of education and skills: education 2030 [EB/OL]. [2024-10-12]. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/54ac7020-en.pdf?expires=1731330008&id=id&accname=guest&checksum=5889BAE756BC8A8D51366FD6CE726455>.
- [53] OECD. Programme for international student assessment (PISA) [EB/OL]. [2024-10-12]. <https://www.oecd.org/en/about/programmes/pisa.html#test>.
- [54] UNESCO. Artificial intelligence in education [EB/OL]. [2024-10-13]. <https://www.unesco.org/en/digital-education/artificial-intelligence>.
- [55] CHAUDHRY M A, KAZIM E. Artificial intelligence in education (AIED): a high-level academic and industry note 2021[J]. *AI and ethics*, 2022, 2: 157-165.