

# 人工智能时代人力资本新需求 与教育变革的关系研究<sup>\*</sup>

荆思凤<sup>1,2</sup> 刘希未<sup>1,2</sup> 官晓燕<sup>1,2</sup> 赵红霞<sup>1</sup>

(1. 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室, 北京 100190;  
2. 青岛智能产业技术研究院智慧教育研究所, 青岛 266044)

**摘要:** 人工智能时代的人才需求发生了变化。首先, 人们工作生活的空间扩展到以人机协作与融合、人类智能与人工智能互补为特征的信息物理社会系统中, 这要求人们需具有人工智能时代特征的新型基本素养; 其次, 科技发展迅速, 各国竞争加剧, 由人工智能深度广泛渗透到各个行业而形成的智能产业生态蓬勃发展, 具备跨界跨领域多学科融合背景的复合型人才炙手可热; 再者, 迅速普及的人工智能技术因伦理治理、安全可信等方面的问题给人们带来诸多困惑和焦虑, 社会人文科学发展尤为为重要。总之, 人工智能新时代人才需求对现有教育系统带来教学模式、课程体系、师资力量、评价体系等诸多挑战, 实施教育变革势在必行, 科技与教育双向赋能是推动教育变革的必由之路。

**关键词:** 人工智能时代; 人力资本新需求; 教育变革; 复合型人才

人工智能是研究开发能够模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学(谭铁牛, 2019), 其主要是利用“人工”的办法实现自然的“智能”, 利用机器来产生或模仿人及更一般的生物智能(叶佩军, 王飞跃, 2020, 第1页)。当前, 人工智能技术已经在语音、图像、视频和自然语言处理等领域取得了长足的进展(腾讯研究院, 2022), 并在一些特定的任务上超越了人的能力, 尤其是一些突破性的成果, 诸如 AlphaFold2 破解困扰生物学界 50 多年的蛋白质结构预测难题(Jumper J., Evans R., et al. 2021), 并引发新一轮的科技革命与产业变革。

人工智能技术作为新一轮科技革命与产业变革的核心驱动力, 已成为各国角逐的焦点和发展经济的新引擎。这加剧了国与国之间的竞争, 自主创新发展成为各国重要战略, 复合型人才成为驱动社会发展的重要力量。然而, 现有的人才培养体系还不能满足复合型人才的培养的诉求, 人工智能时代所需的复合型人才不足与从事常规性、程序性工作人员失业成为人工智能时代人力资本的新挑战。作为社会生产系统中心的人如何在教育这个人力资本发动机的推动下最大限度地发挥人类的创新创造能力(顾小清, 2021), 推动人工智能技术更好地服务创新驱动的经济发展, 造福人类, 是当前亟需解决的社会问题, 教育变革势在必行。

## 一、人工智能时代人力资本新需求及给教育带来的挑战

历经 60 余年沉浮, 2017 年, 人工智能技术从研究、实验进入商业化、产品化应用阶段, 引起国际社会高度关注, 这一年被称为人工智能应用元年。自此, 人工智能技术深度介入人类社会, 融入到金融、交通、医疗、制造、教育、农业、家居等各个领域, 推动产业升级, 重构人们生产生活方式, 推动人类社

<sup>\*</sup> 基金项目: 2019 年度国家社会科学基金重大项目“人工智能促进未来教育发展研究”(19ZDA364)。

会步入人工智能时代。这个时代主要展现出 4 方面的主要特征,并对人力资本提出了新的要求。

首先,信息系统成为人们以往生活的物理系统和社会系统外的又一必备系统,并将人们生活的物理系统和社会系统融为一体。以 5G 网络、物联网、超级计算、脑科学等为代表的技术推动人们的研究范围从物理-信息系统 CPS(Cyber-Physical-Systems)扩展到社会-物理-信息系统 CPSS(Cyber-Physical-Social-Systems)(Wang, 2010)。在这个环境下,一方面,社会资源呈现网络化、数字化、智能化特征,数据、知识、关键领域创新成为经济发展的关键因素,加快企业创新的速度成为企业智能化转型的核心议题(领英, 2020);另一方面,学习资源呈现泛在化,就业方式呈现多元化的特征,人类的发展突破物质、资源、时空的限制,随时随处可学习,企业能够根据需要将工作外包给全球各地的劳动者。这使得具有多元专业、自主学习、人际沟通与协调、抗压与情绪管理、团队合作、解决复杂问题能力、创新创造等技能的复合型、创新型人才成为社会发展新宠(德勤, 2019)。

其次,人机协同成为社会主流的生产和服务方式,成为人们生产生活的新常态。智能科技作为人类智能的直接延伸而出现(王飞跃, 2021a)。智能化引发了颠覆性的产业变革和职业重塑(吕建强, 许艳丽, 2021; 田思路, 刘兆光, 2019; 余铃铮等, 2021),机器人取代了大部分“可编码的”重复性劳动力,旧有职业不断消弭,新职业相继出现,人有人用,机有机用(王飞跃, 2021b),人机协同成为人们生产生活的新常态。贯通人工智能理论、方法、技术、产品与应用等的纵向复合型人才、掌握“人工智能+”经济、社会、管理、标准、法律等的横向复合型人才成为人工智能时代必需人才。

再者,人工智能技术不断突破,知识呈指数型增长,终身自主学习成为常态。人工智能核心技术呈现单点突破到系统创新的新趋势,知识的产生和传播速度超过以往任何时代。深度学习走向多模态融合,人机交互越来越人性化,助教机器人逐步实现了学生学习情况的主客观判断;沉浸式媒体向纵深化发展,应用场景和商业空间将被全面激活;脑机接口有望在康复领域先行突破,有望实现辅助残障人士获得部分肢体功能,帮助脑疾病患者进行主动康复;“人车路网云”体系加速形成,推动无人驾驶逐步成熟并实现产业化。同时,在人工智能技术的推动下,知识分布于网络的各个节点,各类智慧课堂云集世界名师,知识的产生和传播速度越来越快。这对未来人才适应新环境和新技术的速度和能力提出了更高的要求。信息的获取甄别及终身自主学习能力成为未来人才的必备技能。

最后,人工智能时代是一个更需要社会情感的时代。人工智能技术发展迅速,机器以高精度和高效率逐步替代人类执行各行各业程序化、重复性的工作,人机交互时间超过人与人交流的时间,这会导致人们的抑郁、焦虑及其他心理问题。为此,生活中人们更需要人文关怀。另一方面,机器可以发展出超过人类的数倍智能,然而,面对一些需要使用意识和情感感受来解决的问题,机器永远无法替代人类,同理心、道德心、审美能力、人际沟通能力、自控力、决策力等能力更体现出人类的生存价值。所以,当前和未来,人的同理心、道德心、审美能力、人际沟通能力、自控力、决策力等软技能对于人的创新能力的培养有着等同甚至超过数学、计算机等多元学科专业认知技能的重要作用。

整体来看,人工智能时代不但对的人工智能理论、技术及跨界应用等专业认知技能提出了很高的要求,而且对人的自主学习、信息获取及甄别、同理心、道德心、审美能力、人际沟通能力、自控力、决策力、创新能力等认知性技能提出了更高要求。复合型人才成为人工智能时代的必需人才。然而,现有教育体系仍然具有浓重的工业时代教育特征,即教育环境以学校、班级、黑板为主,难以支持学习者个性化学习;教学模式以教师的教为主,以学生的学为辅;教学内容以自然科学分科固定教材为主,缺少人工智能技术相关课程体系;评价体系以考试成绩、升学率为评价标准;其主要注重对人进行专业化的知识训练,忽略了人的创新思维能力、信息处理能力、人机沟通能力的培养。由此,现有教育体系难以满足人工智能时代所需复合型人才的培养诉求,这给现有教育体系带来了挑战。

## 二、科技与教育双向赋能推动人工智能时代教育变革

科技与教育密不可分,教育是科技进步的基础,科学技术发展是推动教育变革的根本动力。科技

与教育的共同目的是服务于经济社会发展和人的全面发展。科技与教育双向赋能是应对教育变革的必由之路(顾建军, 2018; 黄荣怀等, 2021)。面对第一次工业革命对劳动力市场的冲击, 一直以来的“精英教育”理念以及为教会服务的办学宗旨发生改变, 义务教育在西方国家得到普及。第二次工业革命将工业发展纳入课程改革中, 推动工业强国职业教育的兴起, 培育了工业制造与发展所需人力资本, 又进一步推动了工业生产和经济发展。第三次工业革命发达国家凭借资本、技术、高技能人才等要素成为价值链中高增值部分的主导者, 推动了全球高等教育大众化。

面对人工智能时代的人力资本新需求及给教育带来的挑战, 在战略层面, 世界各国都把发展人工智能、促进人工智能与教育深度融合、培养创新型人才作为国家重要战略(Gil, Selman, 2019; UK Government Office for Science, 2016; 中共中央国务院, 2017; Pedró, Francesc, 2019)。在具体执行上, 我国鼓励高等院校升级传统学科, 建设人工智能专业(中华人民共和国教育部, 2018b); 加强完善职业教育高层次培养体系(中共中央国务院, 2019); 推动落实基础教育立德树人的根本任务(中共中央国务院, 2021), 推动教育评价改革, 破除“五唯”教学评价(中共中央国务院, 2020)一系列教育政策出台, 推动教育变革, 助力人工智能时代所需人才培养。

在政策和技术的驱动下, 人工智能与教育深度融合, 从学习方式、教学模式、教育管理、教育评价、未来教育新思维等方面呈现出新的教育生态, 助力教育变革。5G、物联网、虚拟现实(Virtual Reality, 简称VR)、增强现实(Augmented Reality, 简称AR)及大数据挖掘技术逐步与教育融合, 催生了智慧学习环境(陈金华等, 2019; 罗宁, 2020; 杨天啸, 雷静, 2020)。在这个环境下, 一方面, 学习者实现了沉浸式、体验式学习; 另一方面, 学习者的学习数据被收集, 学习特征被挖掘获取, 在学习过程中, 系统为学习者提供个性化资源推荐、个性化学习路径引导服务, 助力学习者开展个性化学习(陈文雄, 2019), 从技术上为学习者提供量身定制学习服务(U.S. Department of Education, Office of Education Technology, 2015)。在教学模式方面, 文字识别、语义分析与语音识别技术相结合可以实现大范围自动作业批改和口语测评; 人脸识别、眼动跟踪、生物传感技术结合大数据分析可以实现对学生包括情绪、偏好、认知、元认知在内的多元特征诊断并为学生提供个性化学习推荐和自适应学习引导(刘颖, 韦妙, 2021), 人类教师就可以有更多的时间关注学生情感、态度、价值观的养成及创新思维能力、人际交往能力及问题解决能力的培养, 这推动教师“育人”为主、人机协同教学新范式的形成。在教学管理方面, 人工智能推动传统的校园环境向智慧校园(数字校园)迈进, 优化校园安全管理、业务办理、教学管理、教育决策过程的质量和效率(荣荣, 杨现民等, 2014), 推动实时、高效的校园管理新范式形成。在教育评价方面, 计算机视觉、自然语言处理技术与深度学习相结合推动的基于学习记录平台开展全程全息评价、多元评价、自主评价以及发展性评价取得显著效果。教育数据挖掘技术、学习分析技术为解析学习者学习过程的知识建构模式、认知发展规律、情感发生机制、学习者知识技能水平等学习者特征提供了技术保障, 这推动教育评价向着科学性、专业性、客观性、综合性方向发展。

由此, 人工智能技术推动下的教、学、管、评、测新范式已初步形成, 并将催生去围墙、去制度、去考评及教师“育人”为主的未来学校, 在未来学校人们可以实现按需自主学习、按需选择教育服务、得到更多人文关怀及能力认证(曹培杰, 2016)。这样, 学习者不再受到以往各种学习制度的约束, 而是选择适合自己的教育服务, 人们也不再把知识测评作为唯一依据来选拔人才和改进教学质量, 而是以人所具有的解决问题的能力来选用人才和改进教育(Kmetz, D, 2018), 而且能力认证持续多次进行, 评测标准动态变化, 科学地为社会选拔所需人才。在新的教育范式下, 学习者的个性特征得以保护, 解决问题的能力得到培养和锻炼。

### 三、教育系统性变革的现实挑战与困境

为探索人工智能时代教育变革路径, 推动教育变革实施, 根据科技与教育双向赋能的关系, 本文对人工智能技术推动下的教育变革路径进行梳理并形成人工智能时代教育系统变革线路图(图1)。整体



来看,人工智能技术推动下的教育系统性变革是一个社会系统、技术系统、教育系统动态循环的复杂系统过程,是一个在社会系统顶层规划设计、终身学习型社会建设,立德树人核心教育本质大背景下,依托人工智能技术系统为教育系统变革提供的技术保障和伦理支持,最终完成教育系统自身的新教育观念形成、教育目标重新定位、教育评价改革、教师队伍培育、新型课程设计,进而实现教育系统结构性变革和培育人工智能时代复合型人才培养目标,并推动社会系统和技术系统整体发展的动态循环过程。然而,教育变革在具体实施的过程中还存在种种挑战与困境,在此一一梳理,为寻求解决策略提供参考。

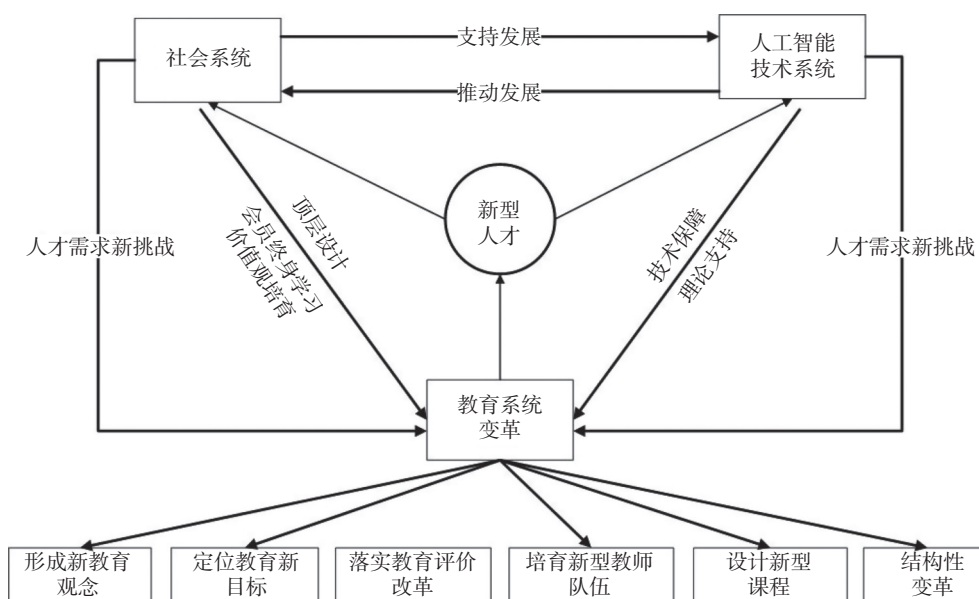


图1 人工智能时代教育系统变革线路图

### （一）功利化应试教育的思想仍然普遍存在,是教育创新的阻碍

分数导向导致教育短视化、功利化严重,恶性竞争弊端浮现,资本和炒作助推焦虑升级,家长“教育焦虑”现象严重,青少年出现极端现象越来越多。在义务教育领域,“双减”政策出台后,很多家长的焦虑仍然不减,存在着很多教育机构变相投放广告、“明补变暗补”等行为。同时,我国大部分人把职业教育看作低层次教育,难以接受子女走中等职业教育或高等职业教育成才之路,对人才的多元成长机制理解不深,对职业教育与普通教育具有同等重要地位认识不到位(熊丙奇,2021)。这背后的原因复杂,既有社会文化层面因素也涉及经济发展结构和社会分配体系等深层原因,难以单纯依靠技术赋能和教育评价改革彻底改变。

### （二）现有教学模式仍然没有改变以往单纯接受式学习方式,新型课程体系还不完善

形成以学生为主体、以教师为主导、师机生协同赋能的教学模式和构建完善人工智能教育新型课程体系是推动人工智能时代教育变革的两大核心要素。目前大部分课堂仍然是学生单纯接受式教学模式,同时存在着人工智能教育新型课程体系尚不完善的情况。在国家政策引导和人工智能技术的推动下,当前教学环境从O2O(Online TO Offline)逐步向OMO(Online Merge Offline)发展,直播、录播、翻转课堂、微课、基于VR/AR的体验式课程,基于人工智能软硬件项目式课程等多种形式教学模式逐步进入课堂,推动教学模式改革。然而,受网络接入条件限制,在线教学存在着互动效果不好的问题;受技术水平限制,基于VR/AR的体验式教学存在着体验感差、开发成本高的问题;现有技术难以保障智能批改在教育领域的大规模应用(刘三女牙等,2021),教师仍然面临着繁重的作业批改等任务,部分教师教育变革意识和信息素养不足,导致现有大部分课堂仍然是以单纯灌输式教学方式为主。同时,虽

然很多高等院校升级了传统学科,设立人工智能专业,但仍然存在着新型课程资源不足及教育资源不均衡的问题;中小学教学内容仍然是传统学科式教学内容,中小学人工智能教育还存在着课程定位不清晰,在具体的开展过程中出现与创客教育、STEAM教育、机器人教育相混淆,课程内容与学生认知能力不匹配及缺乏整体系统的课程体系的问题(卢宇等,2021)。

### (三) 大规模个性化学习难以实现

个性化学习作为培养创新型人才的一种重要方式,其主要通过对学习者多维评价、学习路径生成,个性化资源推荐和个性化学习引导来实现。目前,在对学习者评价方面,尚且存在着学生各类学习行为数据缺乏、认知机理规律不明确(万昆,郑旭东,任友群,2020)、算法待提升的问题,导致对学生认知水平诊断仍不精确;在个性化资源推荐方面,尚缺乏完备的教育知识图谱,缺乏体系完备的教育资源等问题;在学习引导方面,目前智能导学系统还不能实现像人类教师那样对学生进行学习规划和策略性的引导和暗示(朱莎,余丽芹,石映辉,2017)。同时,如果将基于教育大数据和人工智能技术所获的学生学习情况、能力、风格作为评判学生的唯一依据,并以此来给出学生学习引导和暗示往往出现由于评判不全面导致学生学习自我效能感下降的现象(于海波,2020)。为此,当前实现大规模的以学习者为中心的个性化、自适应学习还面临巨大挑战。

### (四) 缺少系统化的教育评价体系和评价方法

教育评价是教育改革的指挥棒,直接决定了人才培养的方向与质量。相比于“统测统考”“题海战术”,在国家政策和人工智能技术的推动下,教育评估从“平面”走向“立体”。然而,目前仍然缺乏一套从教育评价情景化命题设定、五育融合评价体系构建、教育评价结果表达到教育评价分析解释系统。这亟需解决两类问题:如何设计命题才能考察学生独立思考能力、分析问题、解决问题能力及高阶思维认知能力;如何拓展评价内容、完善评价方式,才能保证结果评价的客观性、增值评价的合理性、综合评价的公平性及评价结果的可信性。

### (五) 人工智能技术在教育领域的应用还面临着技术与伦理的双重挑战

当前,人工智能主要还是利用经验统计数据数据进行模式识别与量化计算,其在教育领域的应用还局限在识别学习行为等浅层次感知智能阶段,人工智能技术在教育领域的应用面临着技术与伦理的双重挑战。从技术角度讲,人工智能技术还无法突破对学习情景、意图或状态的深度理解;受知识推理技术的限制,目前教育领域仍然没有完备的教育知识图谱,还无法实现对大规模知识进行表示与解析,这些因素阻碍了以智能导学为代表的个性化学习系统在教育领域的大规模应用。同时,虚拟现实技术尚未成熟,基于AR/VR/MR(Mixed Reality)体验式课程开发成本高,限制了体验式课程的设计;受语义理解技术限制,智能批改还难以实现在教育领域的大规模应用。从伦理角度看,机器不具有情感,不具有灵活性,这使得机器与学生交互的过程中,人权、情感、道德、教育公平、教育责任得不到关注(李伦,孙保学,2018);同时教育数据采集的过程中存在着泄露用户隐私数据的风险;教育数据的来源、质量及算法的合理性决定着系统对学习者个性特征预测的准确性,而错误的数据会将偏见、错误价值观引入教育场景,将会给教育带来负面影响(赵旺来等,2020)。

## 四、应对人工智能时代教育变革挑战与困境的策略

整体来看,人工智能时代教育系统性变革过程中还存在着人们对育人为重的教育理念认识不全面,人工智能技术推动教学模式及学习方式改革过程中还存在着技术伦理挑战、高水平师资力量不足、人工智能新型课程体系及教育评价体系不完善等种种问题,针对教育变革中面临的这些现实挑战与困境,本节给出改进方向与策略。

### (一) 国家加强舆论引导和科普宣传,在全社会形成育人为重的教育共识

利用科普活动和科学体验活动引导公众认识教育的本质是培养人,认识在人工智能等新一代信息

技术推动下,社会发展呈现出深度学习、跨界融合、人机协同、群智开放、自主操控等新特征(高文,黄铁军,2020),人的自主学习、信息获取及甄别、逻辑常识、同理心、道德心、审美能力、人际沟通能力、自控力、决策力等认知性技能和人的跨界专业认知技能对于人的全面发展和推动社会进步具有决定性作用,培育社会全员育人为重的教育共识。

## (二) 激励引导教师全方位发展

教师是教育教学活动中最核心的要素,是知识的传授者和学生道德情感的培育者。人工智能技术创生以教师“育人”为主、人机协同的教学新范式,这使得教师从繁重的教学工作中解脱出来,将主要精力放在育人方面。在这个背景下,教师的重要性更加凸显出来,因为智能时代获取知识变得异常方便和容易,判断知识的价值和关注人的情感成为影响智能时代教育成功的关键变量(李海峰,缪文升,2020)。机器不具灵活性,教师势必成为学生学习知识的决策者、课程的设计者和学生情感的辅导者(赵鑫,吕寒雪,2021)。这对教师职业素养提出了新的挑战,信息素养、多学科专业技能、课程研发与设计能力、学习规划能力、家校协调能力、人机协同能力成为教师必备技能。这需要社会和学校通力合作激励引导教师全方位发展,从社会地位、职业发展、薪酬待遇、教研教学培训等多方面保障教师群体的发展。

## (三) 构建完善的人工智能新型课程体系

构建各级各类学校完善的人工智能新型课程体系是推动教育变革的重要一环。针对高等院校新型课程资源不足及校校间教育资源不均衡的问题,鼓励社会办学机构、高等院校间加强多元合作,推动新型课程研发并建立人工智能专业人才平台,实现教育资源的优势互补,推动人工智能人才交流,助力人工智能创新人才的培养;针对中小学人工智能教育还存在着课程定位不清晰、课程内容与学生认知能力不匹配及缺乏整体系统的课程体系的问题,制定政策激发学校自主办学活力,动员全社会有能力的机构开展新型课程服务;鼓励中小学教师与人工智能技术研发相关高校及科研单位相互协作,一方面将人工智能的核心思想在课程中体现,诸如“人工智能技术能解决哪些问题”,“人工智能技术是如何解决生产生活中的具体问题的”,“人工智能技术能代替人类吗”及“人工智能技术的优劣”在课程中有所体现;另一方面,将人工智能的核心“智能体”的感知、推理、学习、决策、交互、道德等概念引入课程,并在课程内容选择时坚持将成熟的人工智能技术引入中小学课程,坚持课程体系连贯性原则,坚持课程实施过程中小学重在感知、初级中学重在建构及高级中学重在实践的分级分类原则,完善中小学人工智能课程体系,增强不同学段学生对课程的兴趣与理解能力。

## (四) 构建完备的教育评价体系和评价方法

教育评价改革是决定教育变革成功与否的重要力量,构建完备的教育评价体系和评价方法是其重要一环。然而,教育评价涉及的评价主体较多,评价标准各异,是一个需要多方联动,综合考虑的大工程(程天君等,2021)。针对教育体系还没有一套完备的教育评价体系和评价方法,需根据《深化新时代教育改革总体评价方案》指导思想,宣传并落实立德树人体制机制,制定各级各类评价标准,加强人工智能技术与心理学、教育学结合,完善评价体系;充分利用表情识别、眼动跟踪、生物特征识别、脑机交互等人工智能技术挖掘学生认知规律内核特征,形成融合学生学习行为、知识技能等外在特征和学生认知规律的综合评价方法,提升评价结果的可解释性和可信性,推动教育评价改革向着多元化、客观性,合理公平的方向发展落地(Azevedo, Gasevic, 2019; 牟智佳, 2020)。

## (五) 鼓励多学科交叉,加快人工智能共性关键技术突破,推动教学模式改革

人工智能涉及计算机科学、数学、神经科学、心理学、控制科学、语言学、经济学和哲学等多个领域,学科跨度大且覆盖范围广。针对人工智能技术与教育融合应用中的技术瓶颈,一方面,加强多学科交叉研究,加快认知智能基础理论与算法等人工智能共性关键技术突破,实现认知推理和逻辑表达,赋予机器更强的推理和决策能力,推动多元多模学习分析技术发展,提升所获取学习者认知、情感、社



交、生理等个性特征的准确性(兰国帅等, 2019; 吴永和等, 2017; 张钹等, 2020); 推动基于认知智能的知识图谱技术发展, 实现多学科知识表示、多源碎片化知识融合、多粒度知识推理、助力人机理解与交互水平(Zheng et al., 2021); 综合运用自然科学与社会科学相结合的研究方法加强深度学习可解释技术的研发, 推动人工智能技术与教育规律的融合, 推动人工智能技术在教育领域落地实施(张俊等, 2019)。

#### (六) 完善人工智能教育伦理规范

人工智能技术赋能教育发展和推动教育变革的过程中不可避免地带来学习者数据采集过程中数据泄露、数据使用风险及利用人工智能技术开展教育教学过程中存在着技术歧视、忽略情感、机器依赖等人机伦理问题。面对人工智能技术在教育领域应用过程中的数据采集与使用风险, 需制定相应法律法规明确数据使用权限与责任、规范数据使用流程; 面对人工智能技术在教育领域应用过程中所产生的人机伦理, 需要设立专门的课题, 探索人工智能的教育应用与伦理风险, 探索伦理风险监督、评估与应对策略, 制定人工智能教育伦理规范体系; 最后探索人机协同的社会规律及法律制度, 并研发相关课程, 在学生中开展人工智能伦理教育, 规避人工智能伦理风险(于海防, 2019)。

### 五、结论

在人工智能技术的推动下, 全球迎来了新一轮的科技革命与产业变革。一方面, 依托于移动互联网、物联网、大数据等新一代信息技术, 人工智能技术逐步与各产业深度融合, 推动各产业向着网络化、数字化、智能化方向发展, 人类的发展突破物质、资源、时空的限制, 数据成为重要的生产要素, 机器人取代了大部分“可编码的”重复性劳动力, 人机协同成为社会主流的生产和服务方式, 关键领域创新成为推动社会和经济发展的核心要素, 具备人工智能理论、技术及跨界应用等专业认知技能和具有自控力、决策力及人际沟通能力等社会认知性技能的复合型人才成为人工智能时代所需人才, 教育变革势在必行。另一方面, 在政策和人工智能技术的驱动下, 人工智能与教育深度融合, 推动教育变革, 形成学生个性化学习为主、教师“育人”为主、人机协同教学、实时高效教育管理及融合学生学习行为、知识技能等外在特征和学生认知规律的科学教育评价教育生态, 并将催生去围墙、去制度、去考评, 主要培养学生解决问题能力的未来学校。然而, 教育变革是一个社会系统、技术系统与教育系统动态循环, 科技与教育双向赋能推动社会发展的系统工程, 教育变革的过程中不可避免地存在着人们对教育的本质认识不到位, 教学模式、课程体系, 师资力量及教育评价与现实教育诉求不匹配, 人工智能技术与教育融合的过程中存在着技术难以支撑大规模教育应用需求及伦理挑战等问题。为此, 本文给出了包括在全社会培育“育人”为重的教育共识, 激励引导“育人”为主的教师队伍建设和发展, 借助高等院校、科研院所等社会力量构建完善人工智能课程体系, 依托人工智能技术构建完备的教育评价体系和方法, 借助于多学科交叉加快人工智能技术共性关键技术突破并推动教学模式改革, 完善人工智能伦理规范等6条建议与策略, 助力科技与教育双向赋能, 推动人工智能时代教育变革落地实施。

(刘希未为本文通信作者, 工作邮箱: xiwei.liu@ia.ac.cn)

#### 参考文献

- 曹培杰. (2016). 未来学校的变革路径——“互联网+教育”的定位与持续发展. *教育研究*, 37(10), 46—51.
- 陈金华, 陈奕彬, 彭倩, 李易俞, 谢雨芮, 邓媛, 周红梅. (2019). 面向智慧教育的物联网模型及其功能实现路径研究. *电化教育研究*, 40(12), 51—56+79.
- 陈文雄. (2019). 面向智慧教育的学习大数据: 运行机理与实践路径. *湖南师范大学教育科学学报*, 18(04), 88—93.
- 程天君, 张铭凯, 秦玉友, 睦依凡, 周海涛, 郑淑超. (2021). 深化新时代教育评价改革的思考与方向. *中国电化教育*, (07), 1—12+21.
- 德勤. (2019). 德勤咨询&第四范式, 企业智能化转型白皮书. 取自中文互联网数据资讯网-IT199(2019年9月4日): <http://www.199it.com/archives/932674.html>.
- 高文, 黄铁军. (2020). 从信息社会迈向智能社会. *中国报业*, (05), 46—47.

- 顾建军. (2018). 技术的现代维度与教育价值. *华东师范大学学报(教育科学版)*, 36(06), 1—18+154.
- 顾小清. (2021). 当现实逼近想象: 人工智能时代预见未来教育研究. *开放教育研究*, 27(01), 4—12.
- 黄荣怀, 王运武, 焦艳丽. (2021). 面向智能时代的教育变革——关于科技与教育双向赋能的命题. *中国电化教育*, (07), 22—29.
- 兰国帅, 郭倩, 魏家财, 杨喜玲, 于亚萌, 陈静静. (2019). 5G+智能技术: 构筑“智能+”时代的智能教育新生态系统. *远程教育杂志*, 37(03), 3—16.
- 李海峰, 缪文升. (2020). 挑战与应对: 人工智能时代高校应重视价值判断教育. *中国电化教育*, (02), 43—49.
- 李伦, 孙保学. (2018). 给人工智能一颗“良芯(良心)”——人工智能伦理研究的四个维度. *教学与研究*, (08), 72—79.
- 领英. (2020). 2020年新兴工作报告. 取自中文互联网数据研究资讯中心-199IT(2020年4月26日): <http://www.199it.com/archives/1000816.html>.
- 刘三女牙, 刘盛英杰, 孙建文, 沈筱譔, 刘智. (2021). 智能教育发展中的若干关键问题. *中国远程教育*, (04), 1—7+76.
- 刘颖, 韦妙. (2021). 基于个性化自适应的网络混合式信息推荐. *计算机仿真*, 38(04), 399—402+416.
- 卢宇, 王德亮, 章志, 陈鹏鹤, 余胜泉. (2021). 智能导学系统中的知识追踪建模综述. *现代教育技术*, 31(11), 87—95.
- 罗宁. (2020). 基于物联网的智能时代通识教育信息化改革探究——评《智慧教育, 物联网之教育应用》. *科技管理研究*, 40(13), 251.
- 吕建强, 许艳丽. (2021). 重新发现人类劳动的价值: 智能时代的职业变迁与职业教育应对. *成人教育*, 41(02), 55—59.
- 牟智佳. (2020). 多模态学习分析: 学习分析研究新增长点. *电化教育研究*, 41(05), 27—32+51.
- 荣荣, 杨现民, 陈耀华, 赵秋锦. (2014). 教育管理信息化新发展: 走向智慧管理. *中国电化教育*, (03), 30—37.
- 谭铁牛. (2019). 人工智能的历史、现状和未来. *网信军民融合*, (02), 10—15.
- 腾讯研究院. (2022). 2022年十大数字科技应用趋势. 取自腾讯网腾讯文档: <https://docs.qq.com/pdf/DTVNW RHkenB0T0pa>.
- 田思路, 刘兆光. (2019). 人工智能时代劳动形态的演变与法律选择. *社会科学战线*, (02), 212—221+282+212.
- 万昆, 郑旭东, 任友群. (2020). 规模化在线学习准备好了吗?——后疫情时期的在线学习与智能技术应用思考. *远程教育杂志*, 38(03), 105—112.
- 王飞跃. (2021a). 平行哲学, 智能产业与智慧经济的本源及其目标. *中国科学院院刊*, 36(03), 308—318.
- 王飞跃. (2021b). 未来智能: 人有人用, 机有机用. 取自科技日报网站(2021年4月29日): [http://digitalpaper.stdaily.com/http\\_www.kjrb.com/kjrb/html/2021-04/29/content\\_466940.htm?div=-1](http://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2021-04/29/content_466940.htm?div=-1).
- 吴永和, 刘博文, 马晓玲. (2017). 构筑“人工智能+教育”的生态系统. *远程教育杂志*, 35(05), 27—39.
- 叶佩军, 王飞跃. (2020). 人工智能——原理与技术. 北京: 清华大学出版社.
- 熊丙奇. (2021). 消除歧视, 化解“普职分流”焦虑. 取自环球网(2021年6月2日): <https://3w.huanqiu.com/a/de583b/43Mu7YSeVqX?p=2&agt=46>.
- 杨天啸, 雷静. (2020). 在线教育的理论基础与发展趋势. *教育研究*, 41(08), 30—35.
- 于海波. (2020). 人工智能教育的价值困境与突破路径. *湖南师范大学教育科学学报*, 19(04), 56—62.
- 于海防. (2019). 人工智能法律规制的价值取向与逻辑前提——在替代人类与增强人类之间. *法学*, (06), 17—30.
- 余玲铮, 魏下海, 孙中伟, 吴春秀. (2021). 工业机器人、工作任务与非常规能力溢价——来自制造业“企业—工人”匹配调查的证据. *管理世界*, 37(01), 47—59+44.
- 张钹, 朱军, 苏航. (2020). 迈向第三代人工智能. *中国科学: 信息科学*, 50(09), 1281—1302.
- 张俊, 李灵犀, 林懿伦, 张天韵, 张科, 许沛东, 沈聃. (2019). 虚实系统互驱的混合增强智能开放创新平台的架构与方案. *智能科学与技术学报*, 1(04), 379—391.
- 赵旺来, 闫旭蕾, 冯璇坤. (2020). 人工智能时代教育的“算法”风险及其规避. *现代大学教育*, (03), 28—34+112.
- 赵鑫, 吕寒雪. (2021). 人工智能教育的情感文明, 何以必要与何以可为. *中国电化教育*, (05), 70—77.
- 中共中央国务院. (2017). 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知. 取自中华人民共和国中央人民政府网站(2017年7月20日): [http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content\\_5211996.htm?gs\\_ws=tsina\\_636394431999454091](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm?gs_ws=tsina_636394431999454091).
- 中共中央国务院. (2019). 国务院关于印发国家职业教育改革实施方案的通知. 取自中华人民共和国中央人民政府网站(2019年2月13日): [http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-02/13/content\\_5365341.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-02/13/content_5365341.htm).
- 中共中央国务院. (2021). 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于进一步减轻义务教育阶段学生作业负担和校外培训负担的意见》. 取自中华人民共和国中央人民政府网站(2021年7月24日): [http://www.moe.gov.cn/jyb\\_xxgk/moe\\_1777/moe\\_1778/202107/t20210724\\_546576.html](http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/moe_1777/moe_1778/202107/t20210724_546576.html).
- 中共中央国务院. (2020). 深化新时代教育评价改革总体方案. 取自中华人民共和国中央人民政府网站(2020年10月13日): [http://www.moe.gov.cn/jyb\\_xxgk/moe\\_1777/moe\\_1778/202010/t20201013\\_494381.html](http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/moe_1777/moe_1778/202010/t20201013_494381.html).
- 中华人民共和国教育部. (2018b). 教育部关于印发《高等学校人工智能创新行动计划》的通知. 取自中华人民共和国教育部网站(2018年



- 4月2日: [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s7062/201804/t20180410\\_332722.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s7062/201804/t20180410_332722.html).
- 朱莎, 余丽芹, 石映辉. (2017). 智能导学系统: 应用现状与发展趋势——访美国智能导学专家罗纳德·科尔教授、亚瑟·格雷泽教授和胡祥恩教授. *开放教育研究*, 23(05), 4—10.
- Azevedo, R., Gasevic, D. (2019). Analyzing Multimodal Multichannel Data about Self-Regulated Learning with Advanced Learning Technologies; Issues and Challenges. *Computers in Human Behavior*, 96, 207—210.
- Gil, Y., Selman, B. (2019). *A 20-Year Community Roadmap for Artificial Intelligence Research in the US*. Retrieved from <https://dblp.uni-trier.de/rec/journals/corr/abs-1908-02624.html>.
- Jumper J, Evans R, Pritzel A, et al. (2021). Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*, 596(7873), 583—589.
- Kmetz, D. (2018). *UChicago launches test-optional admissions process with expanded financial aid, scholarships*. Retrieved from <https://news.uchicago.edu/story/uchicago-launches-test-optional-admissions-process-expanded-financial-aid-scholarships>
- Pedró, Francesc; Subosa, Miguel; Rivas, Axel; Valverde, Paula. (2019). *Artificial intelligence in education: challenges and opportunities for sustainable development*. Retrieved from <https://www.gcedclearinghouse.org/resources/artificial-intelligence-education-challenges-and-opportunities-sustainable-development?language=zh-hans>.
- UK Government Office for Science. (2016). *Artificial intelligence: Opportunities and implications for the future of decision making*. Retrieved from [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/566075/gs-16-19-artificial-intelligence-ai-report.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/566075/gs-16-19-artificial-intelligence-ai-report.pdf)
- U. S. Department of Education, Office of Education Technology. (2015). *Future Ready Learning: Reimagining the Role of Technology in Education——The Interpretation of the National Educational Technology Plan (NETP2016) of the USA*. Retrieved from <https://tech.ed.gov/files/2015/12/NETP16.pdf>.
- Wang, F. (2010). The Emergence of Intelligent Enterprises: From CPS to CPSS. *IEEE Intelligent Systems*, 25(4), 85—88.
- Zheng, Q., Liu, J., Zeng, H., Guo, Z., Wu, B., Wei, B. (2021). Knowledge forest: a novel model to organize knowledge fragments. *Science China (Information Sciences)*, 64(07), 236—238.

(责任编辑 范笑仙)

## Study on the Relationship Between New Demands of Human Capital and Educational Reform in Intelligent Era

Jing Sifeng<sup>1,2</sup> Liu Xiwei<sup>1,2</sup> Gong Xiaoyan<sup>1,2</sup> Zhao Hongxia<sup>1</sup>

- (1. The State Key Laboratory for Management and Control of Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;  
2. The Institute of Smart Education Systems, Qingdao Academy of Intelligent Industries, Qingdao 266044, China)

**Abstract:** In intelligent era, the demand for talents has changed. First, human's working and living space is extended to cyber-physical-social systems, which are characterized by human-computer collaboration and integration, and the complementarity of human intelligence and machine intelligence. This requires people to have new basic competences for intelligence era. Second, competition among countries is intensifying, and intelligent industries are rapidly developing with the deep and intensive application of the artificial intelligence (AI), and compound talents with the background of cross-border, cross-field and multidisciplinary integration are demanded. Third, the rapidly developing AI has also brought a lot of confusion and anxiety to society due to issues such as ethical governance, security and trust, and the development of humanities and social science should be gained more attention than ever. As a result, the demand for talents has brought many challenges to the existing education system, such as teaching and learning models, curriculum systems, teacher team building, and evaluation systems, and it is imperative to implement educational reforms, and it is demonstrated that the two-way empowerment between technology and education is the only way to promote educational reform.

**Keywords:** intelligent era; new demands for human capital; educational reform; compound talents