

机器人赋能未来教育的创新与变革

——国际机器人教师研究综述

张尧 王运武

(江苏师范大学 智慧教育学院 江苏徐州 221116)

[摘要] 未来教育将进入人机教师协作共存的“双师”时代,机器人教师作为人工智能教师的典型代表之一,愈来愈成为研究关注的焦点。本研究以通过 Web of Science 核心数据库筛选得到的有关机器人教师的 51 篇有效文献为研究样本,采用内容分析法梳理国际机器人教师研究现状。研究发现:1) 机器人教师理论重在拓展机器人教师的定义与角色,发展理论支撑与关键技术;2) 机器人教师设计与开发聚焦于智能教育系统的构建,关注教与学功能策略的实现;3) 机器人教师教学应用强调知识传授与行为培养,创造机器人教师独特价值;4) 机器人教师教育评价旨在探索多样、科学的评价方式,实现教学策略、结构的变革。本研究还探讨了机器人教师的未来发展趋势和研究建议,以期为我国机器人教师研究和实践探索提供借鉴。

[关键词] 机器人教师;教育机器人;人机协同;内容分析法;人工智能

[中图分类号] G434 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1007-2179(2019)06-0083-10

一、引言

人工智能与教育的融合创新发展,助推未来教育进入人类教师与人工智能教师协作共存的“双师”时代。人工智能教师是以人工智能为核心技术的“教师”,其形态分为虚拟和实体,其中,机器人教师是实体人工智能教师的代表。为了引领智能时代教育的发展,国内研究者积极探索人工智能教师、机器人教师的角色和功能。彭绍东(2002)提出机器人辅助教学(Robot Assisted Instruction)和机器人主持教学(Robot Directed Instruction)的概念。余胜泉(2018)阐述了人工智能教师可能承担的助教、分析

师、智能导师、教育决策助手等十二种角色。朱永海等(2019)指出人工智能时代下的智能最终将进化成为由人的生命主导的“‘机器智能’+人”的人机协同智能层级结构,教师的职业形态将变成人机协同工作。汪时冲等(2019)基于人工智能教育机器人的应用场景,分析了人工智能关键技术对教育机器人的支持,构建了人工智能教育机器人支持的新型“双师课堂”环境。余胜泉(2019)和陈鹏鹤等(2019)基于知识图谱和智能对话系统等人工智能前沿技术,设计和开发了个性化育人助理系统——AI好老师,助力破解育人难题,促进孩子健康成长。余胜泉等(2019)将AI教师作为“AI+教师”的四种

[收稿日期]2019-08-01

[修回日期]2019-10-21

[DOI编码]10.13966/j.cnki.kfjyyj.2019.06.009

[基金项目]2018年度江苏高校哲学社会科学研究重点项目“人类命运共同体视野下‘一带一路’国家信息化发展现状及协同推进战略研究”(2018SJJZD1176);2018年度江苏省现代教育技术研究重点课题“智慧校园与智慧学习环境建设研究”(2018-R-60658);江苏师范大学研究生创新实践项目“教育机器人促进创新人才培养研究”(2018YXJ694)。

[作者简介]张尧,硕士研究生,江苏师范大学智慧教育学院,研究方向:机器人教育(277864279@qq.com);王运武(通讯作者),博士,副教授,硕士生导师,江苏师范大学智慧教育学院,研究方向:教育信息化、机器人教育、智慧校园(286500442@qq.com)。

层次之一,通过认知外包实现人脑内部认知网络与设备外部认知网络之间的连接,使机器可以外包教师在数据计算、特征感知、模式认知和社会交互层面的智能,为“AI+教师”协作提供路径参考。

总的来说,国内机器人教师研究尚处于起步阶段,对机器人教师的理解及相应的技术基础需要学习和借鉴国际研究经验和成果。因此,对国外机器人教师研究现状的总结与反思显得尤为重要。

二、概念与特征

(一) 机器人教师的概念

本研究着重关注以实体教育服务机器人为基础的人工智能教师——机器人教师,暂不关注以虚拟机器人为基础的人工智能教师。国际机器人教师研究多从以下两方面讨论机器人教师概念:1)从机器人教师的受益者角度出发,郑雅文等(Zheng et al., 2018)认为机器人教师可以为教师提供课前准备、课堂巡视、课后辅助服务,还可以支持远程学习,为学习者提供虚拟学习环境和一对一辅导,其服务对象包括幼儿、中小學生、大学生、成人和老年人。2)从机器人应用领域出发,穆宾等(Mubin et al., 2013)认为机器人在教育过程中可以承担导师角色,主要用于语言发展与习得、科学教育、技术和计算机编程等。张爱华等(Zhang & Yu, 2011)通过分析和完善机器人的定义和功能,提出教学机器人(teaching robot)概念,强调教学机器人是可以在各种应用中履行教师职责的机器人。

目前机器人教师研究多关注机器人的功能实现,缺乏人机关系的探讨。为了进一步完善机器人教师概念,本研究结合前人已有研究成果,认为机器人教师是指在智能教育环境下,以人类智慧和机器智能为基础,在教学、组织、实施与管理方面可以与人类教师协同合作,提高教育绩效的教育服务机器人。机器人教师作为教学者,旨在赋能、使能和增能人类教师,优化教学结构,构建新型师生关系,培养智能时代的学习者和教育者。

(二) 机器人教师的特征

本研究通过文献调研及对已有机器人教师产品的分析,发现机器人教师具有以下四个特征。

1. 极强的教学适应性

教学适应性是指机器人教师对学生和教师数据

的收集、分析、组织和动态调整。首先,机器人教师可通过移动终端、计算机、传感器等设备以及面对面交流与学生和教师进行对话及开展调查,同时通过各种学习管理平台和开放教育云平台,在合理的范围内收集学生的资源类数据。其次,机器人教师借助大数据和学习分析技术,在对海量数据进行标准化处理的基础上进行数据分析,确定学生实时状态和需求,预测学生未来表现(Dietz et al., 2013),并结合人类教师的授课方式和教学特点,保障人机教师团队对学生制定及时、合适的干预措施。最后,可根据学生课堂即时表现和动态数据(包括表情、动作等细微行为变化),在人类教师的指导下调整教辅工作,实现各对象、各内容、各阶段无缝连接。

2. 高效的问题解决能力

高效地解决复杂问题需要依靠机器人教师关键技术以及跨领域、跨学科的知识融合。借鉴心理学、教育学、机器人学、科学和工程学科等领域的研究成果,借助通用人工智能、机器人技术、语音识别、人机交互、情感智能、仿生科技和智能操作系统等关键技术,机器人教师可处理各种教学和情感问题,即通过数据和情感分析,找出学习者面对问题所产生行为变化的原因,进而从本质上解决学习者面临的问题。

3. 个性化的学习导师

机器人教师不仅是课堂知识的传授者和协助者,还是帮助人类教师发展学生自我认同感,培养学生创造力和21世纪学习技能的支持者(Alimisis, 2013)。机器人教师逐渐成为儿童、成人和老年群体的共同需求,可以为中小學生、成人和老年人提供个性化一对一辅导,帮助减少人类教师的工作量(Zheng et al., 2018)。例如,机器人教师具有友好的互动性和安慰作用,可以作为患有自闭症谱系障碍(Autism Spectrum Disorders)儿童的认知工具,担任患有听力、语言等障碍儿童的个性化学习导师(Broadbent et al., 2018)。

4. 精细化的教学行为

机器人教师的教学行为不仅是人类教师教学决策的参考,还是认识机器人教育的重要途径。第一,机器人教师跟随人类教师和学习者,将自己对环境的观察通过行为映射,在运行时以行为网络的形式构建经验丰富的任务表示。第二,机器人教师以基于行为的方法,在扩展机器人能力的同时,从自己与

学习者交互的经验中学习复杂任务的表示方法,并将所获得的知识教授给学习者(Nicolescu et al., 2001)。机器人教师行为需要数据支持,全面、海量的“大数据”和及时、重要的“小数据”共同为机器人教师的教学行为提供巨大的发展空间。

三、文献述评

本研究采用内容分析法分析机器人教师研究文献。内容分析法是对传播内容做客观而系统的量化并加以描述的一种研究方法,其特征主要表现在明显、客观、系统、量化四方面(李克东, 2003)。本研究在 Web of Science(WOS)核心数据库以 TS=(Robot*) AND (Teacher* OR (Teaching Assistant*) OR Tutor*) 为检索式进行主题检索,时间跨度为所有年份,检索日期为 2019 年 4 月 13 日,共得到 457 篇文献。本研究进一步选择教育类别“Education Scientific Disciplines”和“Education Educational Research”,剔除无关及重复文献,获得有效文献 51 篇,并将其作为分析对象,通过对 51 篇文献摘要和全文浏览阅读,建立内容分析框架。一级维度为发文章量、研究类型、研究主题。其中,研究主题又分四个二级维度:理论研究、设计与开发、应用与效果分析和评价研究。

(一) 文献计量

早在 1997 年,比拉德等(Billard & Hayes, 1997)基于简单模仿策略,通过使用机器人教导机器人用语言词汇描述其观察结果。2001-2005 年期间,国

外机器人教师研究较少,但 2006 年研究文献出现了增长,这可能与欣顿(Hinton)提出深度学习技术及 Image Net 竞赛中图像识别技术的突破,尤其以美国脑计划、欧盟类脑计划为标志的人工智能第三次浪潮的兴起相关,人工智能技术受到广泛关注,相关研究快速发展(刘德建等, 2018),但是由于人工智能技术的不成熟以及机器人学科的高度复杂性,机器人教师的研究和发展陷入瓶颈。之后,随着人工智能技术的快速迭代以及国际社会对人工智能政策和投入的倾斜,机器人教师研究又逐渐受到关注,2014 年相关研究达到 5 篇且保持相对平稳的趋势(见图 1)。可见,虽然机器人教师研究起步很早,但是研究缺乏连续性,且受制于技术的限制,直到近五年机器人教师研究才稳定发展。

(二) 研究类型

机器人教师的研究类型包括基础研究和应用研究。基础研究涵盖机器人教师的定义、理论与特征发展,应用研究主要包括机器人教师的研发、应用与评价。在 51 篇文献中,基础理论研究 5 篇,占 9.8%,应用研究 46 篇,占 90.2%。这说明目前国际机器人教师研究应用性较强,基础研究较薄弱。

(三) 研究主题

51 篇机器人教师研究文献涉及 4 类研究主题:理论研究、设计与开发研究、教育应用与效果分析、评价研究。机器人教师的应用与效果分析研究最多(占 55%),设计和开发研究次之(占 33%),理论研究和评价研究较少(分别占 2%和 10%)。

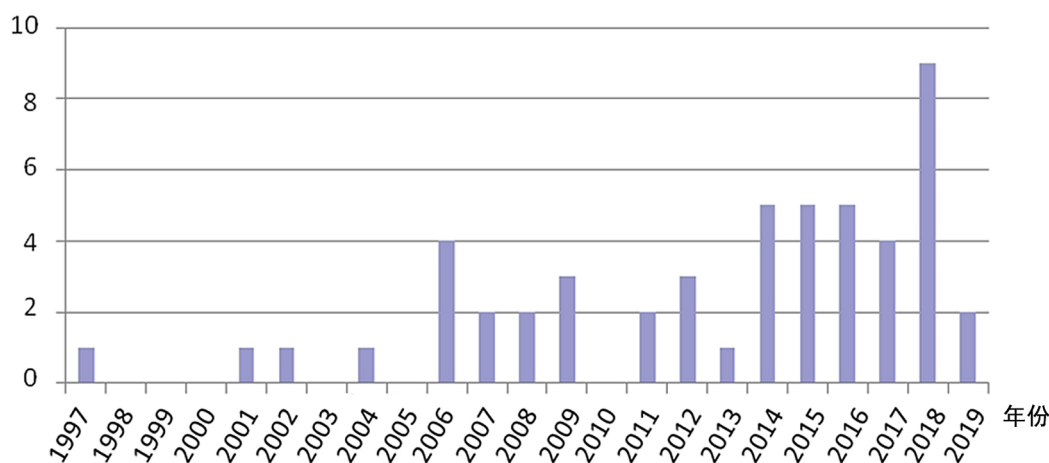


图 1 机器人教师研究相关文献趋势(截至 2019 年 4 月 13 日)

教育应用与效果分析研究多,这与研究类型分析结果一致。目前机器人教师已应用于学前教育、基础教育、高等教育、成人教育和特殊教育。同时,机器人教师在语言学习、机器人学科知识、科学技术学习等场景的实验研究也获得良好效果。一言以蔽之,虽然机器人教师研究整体数量不断增加,应用于各教育领域,但基础理论、阐释机器人教师应用合理性与评价性的研究还较匮乏。

设计研究需要以人工智能和机器人技术构架为基础,遵循工程机械原理,对机器人系统、资源和程序、行为与学习进行最优化处理。开发研究主要包括基于深度学习和具有分层结构的神经网络机器人模型开发以及机器人功能开发等。总的来说,随着机器人未来是否会取代人类教师讨论的深入,如何设计和开发适合学生兴趣爱好、个性化发展的机器人(人工智能)教师,将成为机器人研究的重点(Wang et al. 2018)。

评价研究和理论研究少。理论研究多考虑机器人技术面临的挑战,探讨机器人应用的新概念及其在教育中应用的潜力,研究层次和深度有待提高。同时,由于机器人教师近年来才受到关注,其评价方式与评价体系相对薄弱,评价对象多为机器人系统和基于机器人教师的课程,评价体系不成熟。此外,机器人教师课程评价是否具有合理性和普遍性,还有待探讨和论证。

(四) 代表性文献

通过筛选四个研究主题的文献,并考虑研究方法与研究对象的可靠性,以及同一主题尽量选择不同应用领域的文献,本研究共选出八篇代表性研究文献。

1. 理论研究:拓展机器人教师定义与角色,发展关键技术与基础理论

机器人教师理论研究主要包括机器人教师的定义、优势与特点、关键技术和理论基础等。从机器人被用作学习工具/教具到机器人扮演学习同伴、伴侣,再到机器人作为导师和教师的发展过程,反映了研究者对教育机器人认识的多样化与深度化。尽管研究者和研究机构对机器人教师角色和行为研究的侧重点不同,但是大多认同机器人教授知识和技能是有效的,即机器人教师是“个性化的学习导师”,可以提高学生的学习动机。

探讨支撑机器人教师行为的关键技术也是当前理论研究的热点。机器人作为智能技术的载体,在支持教育的过程中存在诸多挑战。贝尔帕梅等(Belpaeme et al. 2018)认为构建机器人教师需要解决的挑战有:难以实现自动化的社会交互;自动语音识别和社交信号处理的发展尚未满足实际应用需要;计算机视觉处理教育和家庭环境常见问题能力有限;机器人的社交行为数量并不会提高学习效果。为了解决这些挑战,机器人教师关键技术的突破是重中之重。教育机器人发展的关键技术有人工智能、语音识别和仿生科技(Zheng et al. 2018)。机器人教师作为具有教师职能的教育机器人,与教育的融合程度深,具有明显的教学目的和教师行为特征,智能导师系统(Belpaeme et al. 2018)、语音识别技术(Kennedy et al. 2017)、替代输入技术(Baxter et al. 2012; Ramachandran et al. 2017)、人机交互(Dix 2017)、仿生科技(Liu & Sun 2017)、情感计算技术(Llopis et al. 2018)等有可能成为未来机器人教师的关键技术。

在机器人教师理论研究中,现有的教学模式缺乏时代性,未针对机器人课程进行独特设置(Li et al. 2018)。支撑机器人教师的理论基础主要有建构主义、主动学习理论、设计学习和社会建构主义。派珀特(Papert, 1980)、卡巴塔等(Kabatova & Pekarova 2010)提出建构主义是机器人教师的理论基础;穆宾(Mubin et al. 2013)和多斯韦尔等(Doswell & Mosley 2006)认为社会建构主义是机器人教师的理论基础。值得注意的是,一些教育理论相互冲突(Belpaeme et al. 2018),因此,机器人教师如何基于合适的理论与方法开展教学,仍是亟待解决的课题。

2. 设计与开发研究:聚焦智能教育系统的构建,关注教与学功能策略的实现

机器人教师的设计与开发研究包括机器人系统与框架、模型构建、功能与策略等。机器人系统是机器人教师的基础,对于人机协同教育、师生人机交互等具有重要意义。国际已有的机器人教师包括日本东京理科大学机器人Saya、人型机器人NAO、机器人Pepper等。这些机器人教师各有优劣,但外型结构单一,系统功能相似,用户交互、个性化资源推荐、自然语言处理等功能仍有待加强。研究者希望通过

技术手段逐步改进和支持现有机器人教师系统,如冯特等(Fonte et al. 2009)开发的Chatterbot机器人能帮助学生并支持教师的教学,已被集成为Claroline和Moodle的用户友好模块;云锡石等(Yun et al. 2013)结合非接触式视觉识别技术的独特操作界面,提出一种新的英语课堂教学机器人系统;东条寿幸等(Tojo et al. 2018)提出一种新型机器人教师——交互式导师机器人(Interactive Tutor Robot)。机器人教师系统关乎机器人教师算法、框架与行为的运行和稳定,是机器人教师构建模型、实现功能的根本。

机器人教师的模型构建是机器人教师功能实现的前提,也是机器人系统的重要组成部分。柳世勋等(Yoo et al. 2016)设计机器人辅助学习的模型框架,将人类概念化,形成媒体丰富性、多模式互动能力以及社会关系三者的组合,以解释机器人辅助学习系统的整个过程。在机器人辅助学习背景下,该组合模型的变量被认为是采用机器人辅助学习系统的关键驱动因素。

琼斯等(Jones & Castellano, 2018)提出在机器人中使用开放式学习者模型(Open Learner Model),探究个性化辅导如何促进学习者的自我调节学习。研究显示,当机器人导师基于开放式学习者模型并自适应地支撑自我调节学习时,可以在控制条件下观察到更多的自我调节学习行为。此外,机器人教师的模型构建研究对开发机器人教师具有指导作用。

探讨与各学科相适应的功能和策略机制,是机器人教师设计与开发的关键。奥贝德等(Obaid et al. 2018)以移情概念为背景,描述机器人导师技术架构及其构成,并为机器人导师设计教学和移情策略。研究发现,实验组的儿童确实认为机器人比同伴更具共情性。机器人教师的功能和策略是机器人教师设计与开发的最终目标。

3. 教育应用与效果分析研究: 强调知识传授与行为培养, 创造机器人教师的独特价值

在机器人教师的研究历程中,大量教育实验证明,机器人教师在激发学习动机、提高学生对科学和技术课程的兴趣、促进相关知识技能获取等方面具有重要作用。神田等(Kanda et al. 2004)将机器人应用于小学生英语交流的研究结果表明,机器人在

一定程度上可鼓励孩子提高英语水平。莱昂等(Lyon et al. 2012)展示了人形机器人的人机交互系统在幼儿早期语言习得研究中的潜力。阿勒米等(Alemi et al. 2015)探讨机器人辅助语言学习对伊朗初中生英语词汇学习焦虑水平和态度的影响(见图2)。人类老师首先与机器人对话,其次与学生交互。机器人被预先编程,通过图片、哑剧动作、声音以及与人类老师简单对话的用法解释每个词汇。学生与机器人交谈,重复练习单词和词汇。机器人将教导每个词汇,例如,屏幕显示图片,要求学生重复这个短语等。机器人有时会向学生询问词汇,以检查学生学习情况。同时,机器人还会故意犯错,帮助学生从错误中学习,并且降低学生回答问题的焦虑感。在上课期间,人类教师将根据需要适时地干预,以确保学习过程有序。另外,机器人还提供唱歌和舞蹈,鼓励学生努力学习(Alemi et al. 2014)。

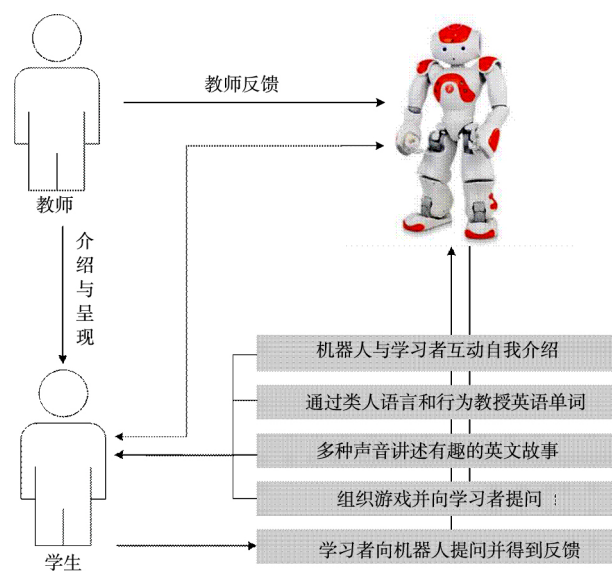


图2 机器人支持的英语教学流程(Alemi et al. 2015)

机器人教师研究关注学习者知识技能的获取以及行为的训练。迪布瓦等(Dubois et al. 2006; Nkambou et al. 2006a; Nkambou et al. 2006b)探讨了基于模拟的智能教学系统,教导宇航员如何在国际空间使用远程操纵器。洛士等(Ros et al. 2014)探索让机器人扮演教师角色,引导孩子通过舞蹈动作学习舞蹈短语。库梅尔等(Kummel et al. 2014)在机器人帮助下引导学习者通过正确的运动轨迹,促进

运动技能的学习或再学习。贾拉等(Jara et al., 2011)基于混合学习方法的体验教学,在大学使用虚拟和远程机器人实验室(RobUAlab) 进行一系列自动化和机器人实践练习的结果证明,虚拟和远程机器人实验室能有效提升学生成绩和学习程度。

随着应用研究的不断深入,研究者不仅探索机器人对学习知识习得的促进作用,也希望通过机器人教师的可视化、适应性、问题解决能力等,帮助特殊群体的学习及生活。塔赫里等(Taheri et al., 2019)通过案例研究发现,社交机器人和智能技术作为音乐教学和认知康复的推动者具有潜在应用价值。鲁鲁埃等(Uluer et al., 2015; Kose et al., 2014)通过基于人形机器人和互动游戏,为交互障碍儿童提供社交互动的人形机器人辅助系统,用于手语辅导。同时,为了推进教育均衡发展和教育公平,利用机器人教师协助偏远地区和农村地区学校的教育教学,也成为机器人教师的独特价值之一。布罗德本特等(Broadbent et al., 2018)针对新西兰农村地区面临的学生人数少、资金少、专业教师缺乏等问题,调查学生和教师对伴侣机器人在农村学校应用的想法,研究发现,大多数参与者希望在农村学校安装机器人,机器人在学校除扮演助理老师的角色外,还可起到安慰学生的作用。该研究为伴侣机器人的设计开发以及在农村学校的未来应用奠定了基础。

4. 教育评价研究:探索多样、科学的评价方式,实现教学策略、结构的变革

教育评价研究是收集和分析有关计划、产品或实践的质量、有效性、价值的系统过程(Gay et al., 2009)。虽然机器人教师评价文献数量较少,但教育评价研究对机器人教师的良性发展有启发作用。诺格斯等(Noguez & Sucar, 2006)结合协作教学技术、虚拟实验室和智能导师,改进、构建并评估基于项目导向学习教学策略课程。弗纳等(Verner et al., 2016)基于人形机器人 RoboThespian,评估机器人教师学习科学概念和创造正面认知的有效性。布伊乌(Buiu, 2008)基于移动机器人、通信网络、软件代理和教育技术的最新发展,提出一种创新的认知机器人实验课程,课程评估数据表明,该方法有一定的有效性和吸引力。此外,戈约尔等(Grer et al., 2017)通过在日托中心进行试验,评估机器人锻炼导师系统的整体性能并验证其使用方法。

综上,机器人教师评价研究已有一定发展,但还处于零散的研究分布状态,没有形成研究体系。此外,机器人教师评估研究不仅要关注开发或实施过程中的形成性评估,也要强调应用的总结性评估。

四、未来趋势与建议

(一) 未来趋势

机器人教师将逐渐出现在人类教师的身旁,以教师的身份影响教育教学活动,与人类教师一起变革传统教学结构,培养智能时代的学习者和教育者。

1. 理论与技术融合创新

机器人教师理论研究是机器人教师教育应用的前提,关键技术和基础理论支撑着机器人教师稳定、良性的发展。理论发展是长期的过程,需要研究者持续跟进。目前,机器人教师是什么,现有教学方法和教学理论是否适用于机器人教师支持的人机协同教育环境,关键技术如何为教育教学服务等问题亟待解决。基于智能技术的教育理论和机器人教师技术解决方案将成为机器人教师理论研究的发展趋势。

2. 设计与开发强调系统化与专业化

技术已对教育产生深远影响,但技术本身有局限性,需要实施具体策略以规避、克服和消除教师在技术整合时面临的障碍,发挥技术对教育变革的支撑作用(Ertmer, 1999)。目前,以教育机器人为原型的机器人教师研究是关注热点。值得注意的是,机器人教师功能实现与专业能力提升依靠设计和开发专用系统、构建和完善模型,融合教与学的功能与策略。机器人教师设计与开发研究将逐渐以智能导师系统为基础,从关注特定的功能和策略过渡到探索教与学功能的实践应用。

3. 教育应用需以人为本

知识传授和行为培养是学习的一部分,但更重要的是关注学习者发展,培养学习者的核心素养和21世纪技能。虽然机器人在学科教学中的应用成效是目前研究的重点,但已有研究开始以教育公平为视角,探讨机器人为特殊人群、弱势人群的教育教学提供支持。机器人教师作为教学助手,辅助乡村教师开展教学活动,实现偏远地区和城市地区的教育均衡发展,是未来教育的发展方向之一。此外,个性化资源推荐和大数据分析技术可以实现

优质资源的开放与共享。学习者通过机器人教师筛选、甄别和获取优质资源,实时上传自制的资源或数据,机器人教师审核、编码和存储,共享优质资源。

4. 研究多元化发展

探索机器人教师的多样化科学评价方式,实现教学策略、课程结构的优化与变革,逐渐成为机器人教师研究的一个分支。随着机器人教师关键技术的发展和相关研究的深入,未来机器人教师研究将与教学模式、课程结构等相融合,提升机器人教师的科学性;探讨人机协同的教育模式与机制,提供高效的课堂教学及课外辅导服务等。

(二) 未来研究建议

国际机器人教师研究为我国开展机器人教师研究和实践提供了思路与方向,具体如下:

1. 推进人机协同教育理论发展

研究者要以人类认知规律和机器人特点为基础,开展机器人教师支持的新型“双师课堂”研究。一方面,研究者不仅要采用人工智能研究成果诠释、展现教育研究结果,更要将整个研究过程的各个模块与人工智能融合,如运用深度学习、机器学习成果设计开发机器人教师,利用语音识别、多模态交互等人工智能技术与学习者及时互动。另一方面,以教育机器人为基础的 STREAM 教育将成为智能时代机器人教师的理论基础和环境支撑。STREAM 教育是智能时代 STEM 教育的新发展,以科学、技术、机器人、工程、艺术和数学为核心,通过教育机器人打破学科界限,强调多学科素养综合应用能力、解决实际问题,培养创新性和综合性人才(Stubbs & Yanco 2009)。

2. 关注机器人教师整体优势

机器人教师的设计与开发以系统科学理论为基础,搭建适应各学科教学的人机协同教育环境。机器人教师的各要素和功能不是简单的叠加,而是借助机器人教师整体优势为学习者提供丰富的学习体验。因此,机器人教师设计应综合考虑各模块之间的衔接,把握机器人教师功能间的联系,从用户需求入手,解决用户的现实问题。

3. 突破机器人教师关键技术

以专用人工智能为主体的技术应用不能满足教育需求,发展和研究通用人工智能迫在眉睫。具体而言,研究者在追求机器人教师专业能力自动化、智

能化的基础上,大力发展机器人教师的高级认知活动与心理结构,使其既能进行感知、运动等活动,也具有类似人脑的情感、记忆、推理、决策乃至自我意识等高级认知活动,为学习者的学习和认知活动提供有效的支持,实现全面智能化(Wang et al., 2017)。

4. 发挥机器人教师最大效益

除应用于学前教育、基础教育和高等教育,机器人教师研究范围逐渐向成人教育、特殊教育和终身教育拓展。机器人教师可帮助人类教师完成重复的、线性的工作。人类教师可真正以“学生为中心”,为学习者设计符合条件的规划与资源。人类教师和机器人教师可发挥各自优势,满足特殊群体的学习需求,为个性化教育、公平教育和终身教育的实现贡献“智能”力量。

(三) 未来发展建议

在国际机器人教师相关文献分析基础上,本研究提出了机器人教师未来发展建议。

1. 政策法规层面:完善人工智能政策和标准规范,控制潜在伦理风险与社会隐患

机器人教师未来发展需要国家政策和标准规范的指引,以及相关法律法规的跟进。国家和地方教育部门应结合实际出台相关政策,推动机器人教师的试点应用与长期发展,为机器人教师未来发展提供良好的产业和社会环境。同时,面对潜在的伦理风险与社会隐患,政府相关部门和研究者应完善伦理道德法律框架,确保机器人教师始终对教育教学有益。

2. 技术研发层面:结合基本国情与时代发展趋势,加大产品研发和关键技术研究

多学科专家、企业技术人员和实际使用者“众筹建设”,在提升和改进现有机器人产品系统结构和功能的基础上,结合时代发展趋势,满足“以人为中心”的学习与教学需求。研究者在利用全球人工智能技术成果的同时,仍需结合我国教育实际,体现具有中国特色的教育价值与体系,以服务师生为目标,设计、开发、应用、管理和评价人机协同教育教学过程中的资源。

3. 合作机制层面:加强“政企学研”多方合作,跨领域创建研究共同体

机器人教师的发展需要多方力量共同参与。一方面,形成“政企学研”多方合作,借助国家、企业、

高校、中小学校的支持与优势(杨现民等 2018) 推动机器人教师快速发展。其中,政府通过顶层规划和设计,加大机器人教师的资金投入力度,保障机器人教师的健康发展。企业关注机器人教师的技术研发及支持服务,对学校教师和学生开展合作培训。学校要建设符合机器人教师应用的场地和相应的教育教学模式,满足未来教育发展需求,培养学生、教师的智能素养。科研院校聚焦全球机器人教师前沿视角,关注机器人教师的理论研究,构建机器人教师理论体系,培养高端人才。

4. 实践推广层面:建立机器人教师试点区,探索人机协同教育应用模式

我国应积极推进人工智能与教育深度融合效应,创新人机协作学习(王运武等 2018),尝试建立“机器人教师试点区”,探索基于机器人教师的人机协同教育模式,并逐步向全国推广。机器人教师的实践推广应注重相关的技术与方法培训,不断提升人机协同环境下教师的人工智能技术应用能力,修正教育管理者对机器人教师的认识,努力建设一支包括机器人教师在内的智能化、创新型人才队伍。

5. 教育创新层面:发掘机器人教师应用潜力,构建人机共存的未来教育新生态

我国应从多维度、多层次挖掘机器人教师教育应用的潜力和价值,筹建“人工智能+教育”大平台,推动人工智能教育资源汇聚,并向各学科、各领域迁移应用。同时,为了促进机器人教师的专业化发展,国家应优化人才培养体系与制度,针对实用人才和研发人才选择不同的培养方案,为扩大机器人教师的研究力量提供保障。

[参考文献]

- [1] Alemi, M., Meghdari, A., & Ghazisaedy, M. (2015). The impact of social robotics on l2 learners' anxiety and attitude in english vocabulary acquisition [J]. *International Journal of Social Robotics*, 7(4): 523-535.
- [2] Alemi, M., Meghdari, A., & Ghazisaedy, M. (2014). Employing humanoid robots for teaching english language in iranian junior high-schools [J]. *International Journal of Humanoid Robotics*, 11(3): 1450022.
- [3] Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges [J]. *Themes In Science & Technology Education*, 6(1): 63-71.
- [4] Baxter, P., Wood, R., & Belpaeme, T. (2012). A touch-

screen-based sandtray to facilitate, mediate and contextualise human-robot social interaction [A] // *Proceedings of The Seventh Annual ACM/IEEE International Conference On Human-Robot Interaction* [C]. ACM: 105-106.

[5] Belpaeme, T., Kennedy, J., Ramachandran, A., Scasselati, B., & Tanaka, F. (2018). Social robots for education: A review [J]. *Science Robotics*, 3(21): Ea45954.

[6] Billard, A., & Hayes, G. (1997). Transmitting communication skills through imitation in autonomous robots [A]. *European Workshop On Learning Robots* [C]. Springer, Heidelberg: 79-94.

[7] Broadbent, E., Feerst, D. A., & Lee, S. H. (2018). How could companion robots be useful in rural schools? [J]. *International Journal of Social Robotics*, 10(3): 295-307.

[8] Buiu, C. (2008). Hybrid educational strategy for a laboratory course on cognitive robotics [J]. *IEEE Transactions On Education*, 51(1): 100-107.

[9] 陈鹏鹤, 彭燕, 余胜泉 (2019). “AI好老师”智能育人助理系统关键技术 [J]. *开放教育研究*, 25(2): 12-22.

[10] Doswell, J. T., & Mosley, P. H. (2006). An innovative approach to teaching robotics [A]. *Sixth IEEE International Conference On Advanced Learning Technologies* [C]. IEEE: 1121-1122.

[11] Dietz, U. B., & Hum, J. E. (2013). Using learning analytics to predict (and improve) student success: a faculty perspective [J]. *Journal of Interactive Online Learning*, 12(1): 17-26.

[12] Dix, A. (2017). Human-computer interaction, foundations and new paradigms [J]. *Journal of Visual Languages & Computing*, 42(4): 122-134.

[13] Dubois, D., Nkambou, R., & Hohmeyer, P. (2006). How “consciousness” allows a cognitive tutoring agent make good diagnosis during astronauts' training [A]. *International Conference On Intelligent Tutoring Systems* [C]. Springer, Heidelberg: 154-163.

[14] Ertmer, P. A. (1999). Addressing first-and second-order barriers to change: Strategies for technology integration [J]. *Educational Technology Research and Development*, 47(4): 47-61.

[15] Felicia, A., & Sharif, S. (2014). A review on educational robotics as assistive tools for learning mathematics and science [J]. *International Journal Computer Science Trends Technology*, 2(2): 62-84.

[16] Fonte, F. A., Carlos, J., Rial, B., & Nistal, M. L. (2009). Tq-bot: An aiml-based tutor and evaluator bot [J]. *Journal of Universal Computer Science*, 15(7): 1486-1495.

[17] Gay, L. R., Mills, G. E., & Airasian, P. W. (2009). Educational research: Competencies for analysis and applications [M]. Merrill/Pearson: 45-46.

[18] Gorer, B., Salah, A. A., & Akin, H. L. (2017). An autonomous robotic exercise tutor for elderly people [J]. *Autonomous Robots*, 41(3): 657-678.

[19] Jara, C. A., Candelas, F. A., Puente, S. T., & Torres, F. (2011). Hands-on experiences of undergraduate students in automatics and robotics using a virtual and remote laboratory [J]. *Computers &*

Education 57(4): 2451-2461.

[20] Jones, A., & Castellano, G. (2018). Adaptive robotic tutors that support self-regulated learning: A longer-term investigation with primary school children [J]. *International Journal of Social Robotics*, 10(3): 357-370.

[21] KabATovA, M., & PekaRovA, J. (2010). Lessons learnt with lego mindstorms: From beginner to teaching robotics [J]. *Group*, 10(10): 12.

[22] Kanda, T., Hirano, T., Eaton, D., & Ishiguro, H. (2004). Interactive robots as social partners and peer tutors for children: a field trial [J]. *Human-Computer Interaction*, 19(1-2): 61-84.

[23] Kennedy, J., Lemaignan, S., & Montassier, C. (2017). Child speech recognition in human-robot interaction: evaluations and recommendations [A]. *Proceedings of The 2017 ACM/IEEE International Conference On Human-Robot Interaction* [C]. ACM: 82-90.

[24] Kose, H., Akalin, N., & Uluer, P. (2014). Socially interactive robotic platforms as sign language tutors [J]. *International Journal of Humanoid Robotics*, 11(1): 1450003.

[25] Kummel, J., Kramer, A., & Gruber, M. (2014). Robotic guidance induces long-lasting changes in the movement pattern of a novel sport-specific motor task [J]. *Human Movement Science*, 38(1): 23-33.

[26] Li, L. X., & Zhong, B. C. (2018). A systematic review on teaching and learning robotics content knowledge in k-12 [J]. *Computers & Education*, 127(1): 267-282.

[27] Liu, Y. H., & Sun, D. (2017). *Biologically inspired robotics* [M]. CRC Press: 122.

[28] 刘德建 杜静 姜勇 黄荣怀 (2018). 人工智能融入学校教育的发展趋势 [J]. *开放教育研究*, 24(4): 33-42.

[29] 李克东 (2003). *教育技术研究方法* [M]. 北京: 北京师范大学出版社: 228.

[30] Llopis A, C, Rubio, F., & Valero, F. (2018). Optimization approaches for robot trajectory planning [J]. *Multidisciplinary Journal for Education, Social and Technological Sciences*, 5(1): 1-16.

[31] Lyon, C., Nehaniv, C. L., & Saunders, J. (2012). Interactive language learning by robots: The transition from babbling to word forms [J]. *Plos One*, 7(6): E38236.

[32] Mubin, O., Stevens, C. J., & Shahid, S. (2013). A review of the applicability of robots in education [J]. *Journal of Technology In Education and Learning*, 1(209-0015): 13.

[33] Nicolescu, M. N., & Mataric, M. J. (2001). Experience-based representation construction: Learning from human and robot teachers [A]. *Proceedings 2001 IEEE/RSJ International Conference On Intelligent Robots and Systems* [C]. IEEE, 2: 740-745.

[34] Nkambou, R., Belghith, K., & Kabanza, F. (2006). An approach to intelligent training on a robotic simulator using an innovative path-planner [A]. *International Conference On Intelligent Tutoring Systems* [C]. Springer, Heidelberg: 645-654.

[35] Nkambou, R., Belghith, K., & Kabanza, F. (2006). Generating tutoring feedback in an intelligent training system on a robotic sim-

ulator [A]. *International Conference On Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems* [C]. Springer, Heidelberg: 838-847.

[36] Noguez, J., & Sucar, L. (2006). Intelligent virtual laboratory and project-oriented learning for teaching mobile robotics [J]. *International Journal of Engineering Education*, 22(4): 744.

[37] Obaid, M., Aylett, R., Barendregt, W., Basedow, C., Corrigan, L. J., Hall, L., & Papadopoulos, F. (2018). Endowing a robotic tutor with empathic qualities: Design and pilot evaluation [J]. *International Journal of Humanoid Robotics*, 15(6): 1850025.

[38] Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas* [M]. Basic Books, Inc.

[39] 彭绍东 (2002). 论机器人教育(上) [J]. *电化教育研究*, 6(6): 3-7.

[40] Ramachandran, A., Huang, C. M., & Scassellati, B. (2017). Give me a break!: personalized timing strategies to promote learning in robot-child tutoring [A]. *Proceedings of The 2017 ACM/IEEE International Conference On Human-Robot Interaction* [C]. ACM: 146-155.

[41] Ros, R., Baroni, I., & Demiris, Y. (2014). Adaptive human robot interaction in sensorimotor task instruction: From human to robot dance tutors [J]. *Robotics and Autonomous Systems*, 62(6): 707-720.

[42] Stubbs, K. N., & Yanco, H. A. (2009). Stream: A workshop on the use of robotics in k-12 stem education [J]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 16(4): 17-19.

[43] Taheri, A., Meghdari, A., Alemi, M., & Pouretmad, H. (2019). Teaching music to children with autism: A social robotics challenge [J]. *Scientia Iranica*, 26(1): 40-58.

[44] Tojo, T., Ono, O., Noh, N. B. M., & Yusof, R. (2018). Interactive tutor robot for collaborative e-learning system [J]. *Electrical Engineering In Japan*, 203(3): 22-29.

[45] Uluer, P., Akaln, N., & Kse, H. (2015). A new robotic platform for sign language tutoring [J]. *International Journal of Social Robotics*, 7(5): 571-585.

[46] Verner, I. M., Polishuk, A., & Krayner, N. (2016). Science class with robothespian: Using a robot teacher to make science fun and engage students [J]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 23(2): 74-80.

[47] Wang, B., Liu, H., & An, P. (2018). *Artificial intelligence and education* [M]. Springer, Singapore: 129-161.

[48] Wang, P., Li, X., & Hammer, P. (2017). Motivation and emotion in nars [J]. *Journal of Artificial General Intelligence*, 8(1): 1-30.

[49] 汪时冲, 方海光, 张鸽, 马涛 (2019). 人工智能教育机器人支持下的新型“双师课堂”研究: 兼论“人机协同”教学设计与未来展望 [J]. *远程教育杂志*, 37(2): 25-32.

[50] 王运武, 张尧, 彭梓涵, 王胜远 (2018). 教育人工智能: 让未来的教育真正拥有“智慧” [J]. *中国医学教育技术*, 32(2): 117-125.

[51] 杨现民,张昊,郭黎明,林秀清,李新(2018). 教育人工智能的发展难题与突破路径[J]. 现代远程教育研究, (3): 30-38.

[52] Yoo, H. ,Kwon ,O. , & Lee ,N. (2016) . Human likeness: Cognitive and affective factors affecting adoption of robot-assisted learning systems [J]. New Review of Hypermedia and Multimedia , 22 (3) : 169-188.

[53] 余胜泉(2018). 人工智能教师的未来角色[J]. 开放教育研究, 24(1): 16-28.

[54] 余胜泉,彭燕,卢宇(2019). 基于人工智能的育人助理系统“AI好老师”的体系结构与功能[J]. 开放教育研究, 25(1): 25-36.

[55] 余胜泉,王琦(2019). “AI+教师”的协作路径发展分析[J]. 电化教育研究, 40(4): 14-22+29.

[56] Yun ,S. S. ,Kim ,M. , & Choi ,M. T. (2013) . Easy inter-

face and control of tele-education robots [J]. International Journal of Social Robotics ,5(3): 335-343.

[57] Zhang ,A. H. , & Yu ,Z. D. (2011) . Teacher robot , a new concept of modern teaching [A]. 2011 6th International Conference on Computer Science & Education [C]. IEEE: 691-696.

[58] Zheng ,Y. W. ,Sun ,P. C. , & Chen ,N. S. (2018) . The essential applications of educational robot: Requirement analysis from the perspectives of experts , researchers and instructors [J]. Computers & Education (126) : 399-416.

[59] 朱永海,刘慧,李云文,王丽(2019). 智能教育时代下人机协同智能层级结构及教师职业形态新图景[J]. 电化教育研究, 40(1): 104-112+120.

(编辑:魏志慧)

Robot Empowered Innovation and Change in Future Education: A Review of International Robotic Teachers

ZHANG Yao & WANG YunWu

(School of Education Intelligent Technology , Jiangsu Normal University , Xuzhou 221116 , China)

Abstract: *The rapid development of educational robots will have a substantial impact on school teaching and refactoring the role of teachers. Future education will enter the era of "double teacher" in which human teachers and artificial intelligence teachers coexist. Robotic teachers , as one of the typical representatives of artificial intelligence teachers , have become the focus of international research. This study uses 51 articles using keywords of " Robotic Teacher" selected from the Web of Science database and employed a content analysis method to sort out the research status of international robotic teachers. The research finds that: 1) the theory of robotic teachers focuses on expanding the definition and role of robotic teachers , developing theoretical support and key technologies; 2) the design and development of robotic teachers focus on the construction of intelligent education systems , focusing on the realization of teaching and learning functional strategies; 3) The teaching application of robotic teachers emphasizes knowledge transfer and behavior training , and creates unique value for robotic teachers. 4) Robotic teacher education evaluation aims to explore diverse and scientific evaluation methods and realize the transformation of teaching strategies and structures. This study also explores the future development trend of robotic teachers , and proposes future research and development suggestions for robotic teachers , in order to provide a reference for the research and practical exploration of robotic teachers in China.*

Key words: *robotic teacher; educational robot; human-machine collaboration; content analysis; artificial intelligence*