

“人工智能+教育”背景下机器人支持 数学学习的国际案例研究

钟柏昌¹, 夏莉颖²

(1.华南师范大学教育信息技术学院, 广东 广州 510631;

2.华中师范大学珠海附属中学, 广东 珠海 519170)

[摘要] 当前,人工智能进校园已成为一种国家战略。作为人工智能在教育中应用的典型,机器人教育暴露出了侧重学科本位而缺乏课程整合、侧重基础知识学习而缺乏创新应用的不足。因此,机器人与学科教学的整合将成为今后“人工智能+教育”的一个重要研究方向。以此为背景,文章以数学课程为例,首先,认为机器人主要适用于支持数与代数、图形与几何等内容的学习。然后,结合国际案例总结出了机器人支持数学学习的四种方式:(1)通过机器人编程理解数与代数的概念;(2)通过搭建机器人理解图形与几何的概念;(3)通过搭建机器人并编写程序综合理解数学概念;(4)通过与机器人交互学习数学知识。整体而言,机器人走进数学课堂,一方面需要利用机器人的交互性实现参与式教学,另一方面需要利用机器人的物化特征架起抽象数学与实际生活的桥梁。此外,还需要数学教师与技术教师的有效沟通和相互支持。

[关键词] 机器人; 人工智能; 学科整合; 数学教育; 案例研究

[中图分类号] G434

[文献标志码] A

[作者简介] 钟柏昌(1978—),男,江西宜春人。教授,主要从事信息技术教育、机器人与创客教育研究。E-mail:zhongbc@163.com。夏莉颖为通讯作者,E-mail:lynnexia@126.com。

一、引言

人工智能正以超乎人们预想的速度发展且迅速进入教育领域,既成为教育改革的新工具,亦成为课程教学的新内容^[1]。作为人工智能在教育中应用的典型,机器人教育在中小学表现出了重要的教育价值和前景,尤其有利于学生实践创新能力的培养。

调查显示,中小学机器人教育正在全国各地兴起^[2]。以此为基础,《新一代人工智能发展规划》强调“在中小学阶段设置人工智能相关课程”^[3],《高等学校人工智能创新行动计划》提出“支持高校教师参与中小学人工智能普及教育及相关研究工作”^[4],这从国家层面为中小学机器人教育的普及注入了新的力量。可以说,随着人工智能技术的成熟与普及,机器人进课堂将成为一种新常态。然而,当前的机器人教育在教育内容和教育目标层面还存在明显的不足,主要表现

为:(1)侧重学科本位而缺乏课程整合。有关机器人技术的本体知识构成了机器人课程的核心或全部内容,机器人只是作为学习的对象,教学内容相对单一,包容性和跨学科性不足^[5]。(2)侧重基础知识学习而缺乏创新应用。培养学生的创新应用能力是“人工智能+教育”的主要目标之一,也是“人工智能+教育”的核心价值所在。但目前来看,中小学机器人教育以基础知识和基本技能的掌握为主要目标,缺乏对培养学生创新能力的重视^[6]。

事实上,教育机器人作为人工智能应用于教育领域的代表,是一种极具潜力的学习工具。它不仅可以用于学习机器人技术知识本身,还可以视作建立学科联系的纽带和载体,与其他学科进行整合以学习STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics)相关的各类主题^[7]。简言之,机器人教育不能仅停留于教授机器人本体知识和技能,而将机器人作为开展

STEM教育的重要工具与抓手,开展STEM相关的探究活动,培养学生的STEM素养及利用机器人解决指向实际生活问题的能力,也应成为中小学机器人教育的一个重要发展方向。

二、教育机器人为数学教育提供新的契机

数学是研究数量关系与空间形式的科学,它具有高度的抽象性、逻辑的严谨性和应用的广泛性^[8]。《义务教育数学课程标准(2011年版)》(以下简称《标准》)指出,作为促进学生全面发展的重要组成部分,数学教育既要使学生掌握现代生活和学习中所需要的数学知识和技能,更要发挥数学在培养人的思维能力和创新能力方面的不可替代的作用^[9]。然而,传统的数学教育通常采用教师凭借“一支粉笔、一张嘴、一块黑板”讲到底的模式,不仅阻碍了学生数学思维的发展,更不利于激发学生学习数学的兴趣。尤其是对中小學生而言,作为未成年人,他们的思维水平尚处于发展阶段,采用传统方式向学生教授复杂、抽象的数学概念时,一方面会使学生费解,导致学生对数学学习的自信心受挫;另一方面也会使教学效果大打折扣,导致教师对数学教学的热情消减。因此,数学教育在保留数学本质以培养学生逻辑思维能力的同时,也要多与具体事物相结合以帮助学生理解抽象的数学知识^[10]。

基于此,机器人的可触摸、可操控和跨学科等特点使其非常适合于数学教育。国际范围内,机器人技术和程序设计很早就被应用于数学教育中:三十多年前,Papert首次将Logo编程语言引入数学课堂,学生通过编写程序控制小海龟的方向和移动,并使用依附在小海龟上的画笔绘制几何图形^[11]。Papert的创世之举表明,机器人不仅可以将学生的思想外化,而且可以让数学概念变得更加易于理解。后续研究进一步指出,学生在为机器人编写程序时能够有机会探索空间、测量、几何等数学概念,并参与数学问题的解决以及元认知的过程^[12-13]。

尽管国外早有研究者针对机器人在数学教育中的应用展开了探索,国内仍十分缺乏机器人支持数学学习的实证研究。这也从侧面反映出当前国内没有充分挖掘和认同机器人在数学教育中的价值,尤其是实践者还没有意识到机器人在数学教育中的潜力。在未能感知技术应用价值的情况下,教育者和实践者往往难以实现对技术的充分利用,即便有所探索,其教学效果也会大打折扣。诚然,仅依赖机器人自身并不能有效地促进数学学习,教师、学习任务、学

习环境等因素都在其中扮演着非常重要的角色,因此,有必要就机器人如何与数学课程进行整合作进一步探讨。

根据《标准》的划分,中小学阶段的数学课程共安排了数与代数、图形与几何、统计与概率、综合与实践四个部分的内容^[9]。

“数与代数”的主要内容有:数的认识、数的表示、数的大小、数量的估计;字母表示数、代数式及其运算;方程、方程组、不等式、函数等。

“图形与几何”的主要内容有:空间和平面基本图形的认识,图形的性质、分类和度量;图形的平移、旋转、轴对称、相似和投影;平面图形基本性质的证明;运用坐标描述图形的位置和运动等。

“统计与概率”的主要内容有:收集、整理和描述数据,包括简单抽样、整理调查数据、绘制统计图表等;处理数据,包括计算平均数、中位数、众数、方差等;从数据中提取信息并进行简单的推断;简单随机事件及其发生概率。

“综合与实践”是一类以问题为载体、以学生自主参与为主的学习活动。在学习活动中,学生综合运用数与代数、图形与几何、统计与概率等方面的知识和方法解决问题。其设置目的在于,促使培养学生综合运用有关的知识与方法解决实际问题,培养学生的问题意识、应用意识和创新意识,积累学生的活动经验,提高学生解决现实问题的能力。

我们认为,就中小学阶段的数学课程而言,数与代数、图形与几何的内容和机器人的可触摸、可操控、成果物化等特点最为契合,借助机器人的传感器、制动器、齿轮等装置,学生能够在体验机器人作品的创意、设计、制作、测试、运行的完整过程中实现对抽象数学概念的理解和对复杂数学问题的求解。另外,随着人工智能、语音识别、仿生科技等技术的不断发展,能够对人体结构、功能等进行仿生的人形机器人已被证明可以扮演学习同伴的角色,引导学生学习生活、语言、社交等知识,达到寓教于乐的效果^[14]。同样,将机器人作为学生数学学习的同伴,借助机器人的交互性,丰富学生的数学学习体验,也是机器人与数学学科整合的一个重要方向。

综上,结合中小学阶段数学课程的内容以及机器人的功能特点,一方面作为数学学习的工具,机器人主要适用于支持中小学数学课程中的数与代数、图形与几何的学习;另一方面作为学生数学学习的同伴,机器人可以广泛应用于各类数学知识的学习。当然,上述讨论只是呈现了理论上的可行性,究竟如何利用

机器人支持数学课程的学习,尚需结合实际案例加以分析,才能获得更直观的认识。

三、机器人支持数学学习的典型案例

鉴于国内期刊论文中缺乏相关研究,为获得全球范围内机器人支持数学学习的典型案例,笔者以“robot* AND math*”为主题词在全球最大、覆盖学科最广的综合性学术信息资源库 ISI Web of Science 中检索得到了140 篇论文(截至2018年2月27日)。为进一步缩小文献范围,我们确定了如下三个筛选标准:(1)文章发表在同行评审的英文期刊上;(2)文章属于实证研究;(3)文章涉及机器人在数学教育中的应用。按照上述筛选标准快速浏览这140 篇论文的摘要、引言、结论等内容,共选取了11 篇符合要求的论文;由于关键词检索获得的文献数量相对较少,笔者又分别以两篇高质量的期刊论文为种子开展了两轮滚雪球检索,沿用上述文献筛选标准进一步选取了9 篇符合要求的论文,一共获得有效研究样本20 篇(见表1)。

表1 案例筛选结果

检索策略		检索结果	筛选结果
关键词检索	关键词	140	11
	robot* AND math*		
第一轮滚雪球检索	种子	215	7
	Benitti(2012) ^[15] ; Wei, et al. (2011) ^[16]		
第二轮滚雪球检索	种子	195	2
	Keren & Fridin(2014) ^[17] ; Lindh & Holgersson(2007) ^[18]		
合计		550	20

通过逐一阅读这20 项研究的实验设计、实验过程、研究结果、研究结论等内容,发现机器人支持数学学习主要有如下四种方式:

表2 案例基本信息

作者与发表时间	研究主题	数学知识	机器人套件	研究对象	机器人应用类别
Fernandes, et al. (2009) ^[19]	使用机器人帮助学生理解比例函数的知识	比例函数	Roverbot, Tank	7名八年级学生	通过机器人编程理解数与代数的概念
Julià & Antolí (2016) ^[21]	使用机器人培养学生的空间能力	空间能力	Fischertechnik	21名六年级学生	通过搭建机器人理解图形与几何的概念
Shankar, et al. (2013) ^[24]	通过机器人搭建、编程、测试等环节提高学生对工程和数学的兴趣	几何图形绘制、数学问题解决等	Arduino	17名九年级学生	通过搭建机器人并编写程序综合理解数学概念
Pinto, et al. (2015) ^[26]	通过与机器人的交互游戏帮助学生理解几何图形	几何图形的认识与分类	NAO	30名11—14岁的中学生	通过与机器人交互学习数学知识

(1)通过机器人编程理解数与代数的概念,如 Fernandes, et al. (2009)^[19]; Martin, et al. (2006)^[20]; Wei, et al. (2011)^[16]。

(2)通过搭建机器人理解图形与几何的概念,如 Julià & Antolí (2016)^[21]; Shih, et al. (2016)^[22]。

(3)通过搭建机器人并编写程序综合理解数学概念,如 Lindh & Holgersson (2007)^[18]; Nickels & Cullen (2017)^[23]; Shankar, et al. (2013)^[24]。

(4)通过与机器人交互学习数学知识,如 Brown & Howard (2014)^[25]; Keren & Fridin (2014)^[17]; Pinto, et al. (2015)^[26]。

为节约篇幅,本文拟从这四种做法中分别选取一个典型案例进行详细介绍。表2列出了我们最终确定的四个典型案例。

(一)做中学:通过机器人编程理解数与代数的概念

案例一以7名八年级学生为研究对象,使用 Roverbot 和 Tank 两种机器人向学生教授比例函数的知识。整个研究过程大致分为三个阶段:(1)实验设计。由研究团队对学校开设的“数学与信息学”课程进行内容分析,选取其中可以应用机器人技术的教学单元并设计相应的机器人任务。(2)实验干预。在“数学与信息学”课程中实施前一阶段设计的机器人任务,并将学生的学习过程录制成视频。(3)实验总结。以情境学习理论和活动理论为框架,分析学生使用机器人学习数学的表现。该研究设计的基于机器人的数学学习活动见表3。

最终,该研究通过实验发现,机器人能够帮助学生重新建构比例函数的含义,这种意义重构发生在体验-物化的交互作用中。总之,学生在机器人编程、调试过程中获得了参与式的数学学习体验,完成了抽象数学(传统数学课堂中“比例函数”的定义)向实际经验的转变,从而更深刻地理解了数学概念。

表3 案例一:通过机器人编程理解数与代数的概念

活动目标	比较两个机器人(Roverbot 和 Tank)的速度(如图1所示)
活动步骤	1. 对两个机器人进行编程、测试后填写每个机器人对应的时间—路程表,具体见表4
	2. 计算每个机器人所跑路程和所花时间之间的系数
	3. 验证时间和路程是否成正比
	4. 确定比例常数以及在本活动中比例常数代表什么
	5. 判断以下说法是否正确:每个机器人所跑路程和所花时间之间是一种函数关系

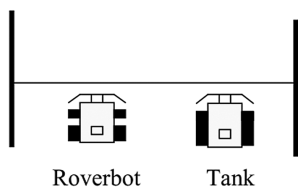


图1 机器人速度测试^[9]

表4 时间—路程表

时间(单位:秒)	1	3	6
路程(单位:厘米)			

(二)做中学:通过搭建机器人理解图形与几何的概念

表5 案例二:通过搭建机器人理解图形与几何的概念

课时	教学内容
课时1	前测(折纸、卡片旋转、正方体比较、透视空间定位)
课时2	课程导入,介绍机器人套件和本课程的概况(学生被分成三组,每组三名成员)
课时3	每组发放一套机器人套件并完成相应的模型搭建任务,三个组需要搭建的模型分别是旋转木马、风扇和太阳能风扇(如图2所示)
课时4-6	介绍 ROBO Pro Light 软件和 ROBO LT 控制器,每组完成一个模型搭建任务,三个组需要搭建的模型分别是骑自行车的人、交通信号灯和离心力调节器(如图3所示)
课时7-9	介绍 Fischertechnik-designer 软件,学生使用这一CAD程序完成3D建模,所有建模任务由易到难形成梯度(如图4所示)
课时10	后测(折纸、卡片旋转、正方体比较、透视空间定位)

案例二以应用机器人培养学生的空间能力为目标,选取21名六年级学生作为研究对象,以真实实验设计将学生随机分成实验组和控制组。整个实验持续十周,分为三个阶段:(1)前测,实验组和控制组同时参加前测;(2)实验干预,实验组的学生参加为期八周、每周一个课时的机器人课程,机器人课程中使用

的器材是德国慧鱼公司的 Fischertechnik;(3)后测,实验组和控制组同时参加后测。具体实验过程见表5。

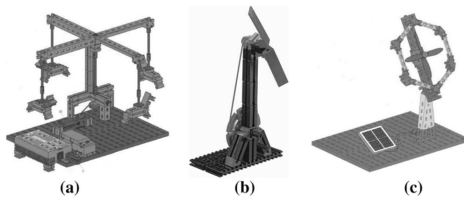


图2 搭建任务一:旋转木马、风扇和太阳能风扇^[21]

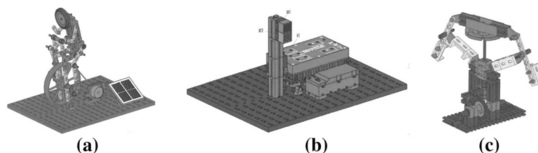


图3 搭建任务二:骑自行车的人、交通信号灯和离心力调节器^[21]

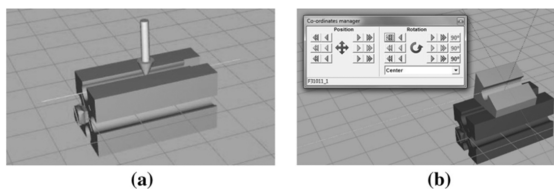


图4 3D建模示例^[21]

最终,该研究通过对实验组和控制组的前后测数据分析发现,机器人在学生空间能力的培养中扮演了非常积极的角色。此外,考虑到机器人的跨学科取向,有必要进一步研究特定机器人课程在学习科学、数学、工程或技术领域的其他概念和技能时的潜在价值。

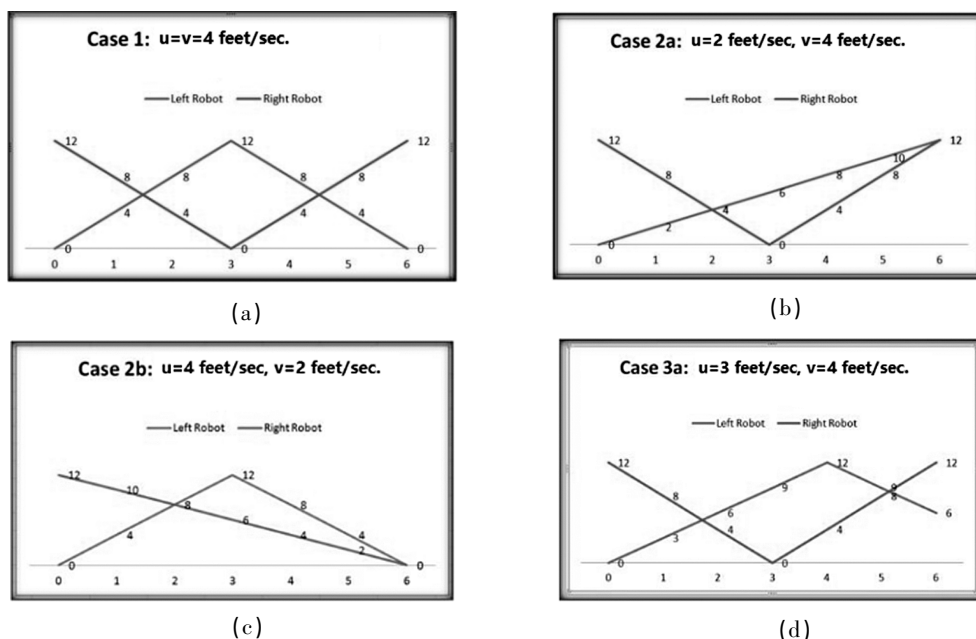
(三)做中学:通过搭建机器人并编写程序综合理解数学概念

案例三选用价格低廉、简单易用、扩展性强、支持跨平台的开源硬件 Arduino 作为实验器材,一方面能够节省学校购置机器人套件的经费,另一方面能够降低学生学习机器人技术的门槛,方便学生使用机器人开展各类数学探究活动。在实验过程中,该研究以17名九年级学生为研究对象,首先,让学生集体学习如何编程控制机器人绘制线条、圆形、简单多边形等几何图形;然后,学生通过小组合作体验机器人的搭建、编程、测试等环节并完成一系列基于机器人的数学探究任务,在深入理解数学知识的同时,激发学生对工程设计和数学学习的兴趣。表6是该研究设计的利用机器人解决数学问题的一个示例,通过假设、建模、逐步逼近的方式求解数学问题,突出体现了重视问题解决过程的探究式教学理念,有别于传统基于数学公式求解问题的方式。

表 6

案例三:通过搭建机器人并编写程序解决两船问题

条目	描 述
问题描述	甲乙两只渡船分别从河的左右两岸同时出发,相向而行,第一次在离左岸 700 英尺处相遇。相遇后两船继续前进,甲船到达右岸、乙船到达左岸后都立即返回,第二次在离右岸 400 英尺处相遇。已知两船的速度保持不变,河宽多少英尺
传统解题思路	<p>设 u、v 分别是甲乙两船的速度,d 是河的宽度;</p> <p>假设两船第一次相遇时行驶时间为 t_1,此时 $v \times t_1 = d - 700$, $u \times t_1 = 700 \rightarrow v = (d - 700) / 700u$;</p> <p>假设两船第二次相遇时行驶时间为 t_2,此时 $v \times t_2 = d + d - 400$, $u \times t_2 = d + 400 \rightarrow v = (2d - 400) / (d + 400)u$;</p> <p>经过推导计算可以求出 $d = 1700$,即河宽 1700 英尺</p> <p>(作为一个经典的奥数题,还有更简单的解题思路——作者注)</p>
机器人模拟问题	编写程序让两个机器人分别从场地的左右两侧同时出发,相向而行,在各自到达场地的另一侧后两个机器人都立即返回,继续前进
逐步逼近法求解	<p>用机器人求解,无法采用传统的解题思路,需要另辟蹊径,其关键在于找到两艘船(“机器人”)的速度比。设 u 为左侧机器人速度,v 为右侧机器人速度,d_1 为第一次相遇时两机器人到左侧的距离,d_2 为第二次相遇时两机器人到右侧的距离,暂定场地(“河”)宽 12 英尺,离左右岸距离之比为固定比,与河宽无关。</p> <p>学生通过“建立假设—搭建机器人—编写程序—测试机器人—验证假设”的迭代过程逐步逼近问题的解:</p> <p>(1)假设 1:设 $u=v=4$ 英尺/秒,此时两机器人会在场地的正中央相遇,即 $d_1=d_2=6$ 英尺[如图 5(a)所示]。但问题描述中第一次相遇和第二次相遇时到左右两岸的距离不相等,假设 1 不成立。</p> <p>(2)假设 2a:根据逐步逼近法取 $u=2$ 英尺/秒,$v=4$ 英尺/秒,此时 $d_1=4$ 英尺,$d_2=0$ 英尺[如图 5(b)所示]。但左侧机器人尚未完成掉头,与问题描述不符,假设 2a 不成立。</p> <p>(3)假设 2b:设 $u=4$ 英尺/秒,$v=2$ 英尺/秒,此时 $d_1=8$ 英尺,$d_2=12$ 英尺[如图 5(c)所示]。$d_1 < d_2$,与问题描述不符,假设 2b 不成立(学生会发现左侧机器人的速度不可能大于右侧机器人的速度)。</p> <p>(4)假设 3a:2 倍的速度之比太大,两机器人在场地内来不及完成第二次相遇,根据逐步逼近法取 $u=3$ 英尺/秒,$v=4$ 英尺/秒,此时 $d_1=5.1$ 英尺,$d_2=3.4$ 英尺[如图 5(d)所示]。两机器人都已完成掉头,且两次相遇的点既不在场地左右两侧,也不在场地正中央,基本符合问题描述,$u=0.75v$ 似乎可行。</p> <p>(5)进一步逼近正确答案……</p>
机器人的角色	借助机器人的物化特征将抽象、复杂的数学问题生活化,学生大胆提出解决问题的设想并以直观且可操作的方式验证假设,从而亲身经历数学问题的探究过程,体验解决数学问题的乐趣



注: x 轴表示单位为秒的时间, y 轴表示相对于左侧起点、单位为英尺的距离

图 5 使用机器人模拟两船问题^[24]

最终,该研究通过实验发现,使用机器人学习数学可以帮助学生可视化现实世界中具有挑战性的应用问题,并支持对问题的多重表征。当学生在机器人的帮助下运用数学概念解决现实世界的问题时,他们会获得一种持久的实践体验,激发学生学习数学的兴趣。同时,该研究指出,机器人套件和学习任务必须经过精心设计,才能取得理想的教学效果:机器人套件需要保证学生在只掌握少量硬件知识和编程基础的情况下就能进行设计与创作,而学习任务需要实现机器人和数学的紧密结合,使得学生只有综合运用机器人技术和数学知识,才能解决教师设计的任务。

(四)交互机器人/对话机器人:通过与机器人交互学习数学知识

案例四选用人形机器人 NAO 设计了一个名为“答对题目让 NAO 高兴(Hit the answer to make NAO happy)”的数学游戏,测试学生对二维和三维图形分类的认识。该研究共选取 30 名 11—14 岁的中学生作为研究对象,学生被分成两组,第一组学生在低交互的环境下参与数学游戏(低交互组),第二组学生在高交互的环境下完成数学游戏(高交互组)。

表 7 案例四:通过与机器人交互学习数学知识

游戏难度	问题示例
入门级别	请给我两个三维几何图形,请给我一个立方体和一个平行六面体并解释它们的区别,请把两个三维几何图形放在我的手里并说出它们的名字
进阶级别	请给我两个相似的三维几何图形,请指出一个有 15 条边的几何图形,请把二维几何图形和一个三维几何图形放在我的手上
高手级别	请把一个正方体和一个正方形放在我的手上并解释它们的区别,请在我的手上放一个有 8 个边的图形和一个有 7 个面的图形,请解释二维几何图形和三维几何图形的区别

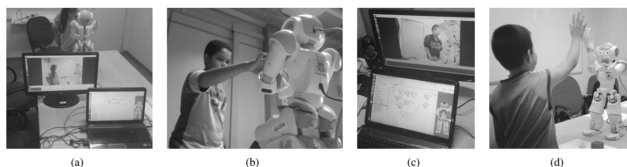


图 6 学生和机器人进行数学游戏^[26]



图 7 游戏开始时机器人的状态^[26]

游戏分为入门、进阶、高手三个难度(见表 7),学生在游戏中需要不断回答机器人提出的问题(如图 6 所示),答对的问题越多,机器人会表现得越高兴。游戏开始时,机器人蹲在地上、表情低落(如图 7 所示);当学生回答正确时,机器人会往上站起来一些,表现出高兴的样子,如举手、快速眨蓝色的眼睛;当学生回答错误时,机器人会往下蹲,表现出难过的样子,如低头、慢慢眨红色的眼睛。

最终,该研究对两组学生的表现进行分析后发现,总体而言,所有学生都非常享受与机器人的互动体验,但与低交互组的学生相比,高交互组的学生取得了更优异的测试成绩。也就是说,高交互水平的机器人可以更好地激励学生学习数学以打败机器人。该研究进一步指出,提高人形机器人的交互水平可以带来比纯视觉或纯听觉互动更好的学习效果,并且提供了一种更有趣、更有效的方式来保持学生的注意力。

四、案例反思与启示

上述典型案例为我们呈现了如何利用机器人支持数学学习的方式和方法,以此为基础,以下三个方面的经验值得我国机器人教育者和数学教育者思考:

(一)机器人的交互性可以帮助学生获得参与式的数学学习体验

与传统抽象的数学公式求解不同,将机器人引入数学课堂,通过手脑并用的学习活动,使学生在与机器人互动的同时,可以获得一种参与式的学习体验,因而具有多种学习优势。例如:研究表明,对于不同年龄、不同数学基础的学生而言,与非交互式机器人相比,能够实现语言互动的机器人可以在一定程度上提高学生的学习动机^[25]。与纯视觉或纯听觉的互动相比,提高人形机器人的交互水平能够为数学教育带来更理想的学习结果^[26]。除了视觉或听觉上的互动之外,机器人的移动(如位置等信息)在数学小游戏中还**可以被学生感知为一种有形的反馈^[27]。较之虚拟机器人,学生在与实体机器人互动的过程中可以获得更多的乐趣^[17]。

在合作学习中,机器人甚至可以扮演学习活动的“调解员”。一方面,机器人能够通过“制定”交互规则来协调学生之间的互动,解决或缓解数学学习中可能存在的利益冲突^[28];另一方面,在这些交互规则的约束下,机器人可以避免学生出现“搭便车”的行为,促进学生积极开展小组合作。

(二)机器人的物化特征可以帮助学生建立抽象数学与实际生活的联系

在传统的数学教育中,学生通常只会体会到数学的抽象性而感受不到数学的实用性,于是数学通常被认为是一门枯燥乏味的学科。事实上,真正的数学教育应当将抽象的数学思想与真实的数学实践不可分割地交织在一起,而机器人与数学学科的整合较好地实现了对二者的兼顾,学生在与机器人打交道的过程中能够体验解决生活化的数学问题的乐趣。机器人可以让学生可视化数学学习中具有挑战性的应用问题,并支持对问题的多种表征方式,从而帮助学生实现从抽象数学向日常生活中的实际经验的过渡^[19-20,29]。对于机器人支持下的数学教育而言,为学生提供与实际生活密切相关的材料至关重要。当学生在机器人的帮助下运用数学知识解决现实世界中的真实问题时,他们会获得一种持久的实践经验和对数学学习的自信心^[24]。同时,让每一位学生都拥有操作机器人的机会也很重要,正是机器人的可触摸性和可操控性加深了学生对抽象数学知识的理解,每一位学生都应该有机会在机器人的支持下进行多次练习,这种尝试过程对学生建构自己的数学知识非常关键。

(三)机器人与数学学科整合需要数学教师与技术教师的有效沟通和相互支持

作为一种跨学科的教学活动,单纯依靠技术教师或数学教师的“单打独斗”,难以真正实现机器人与数学学科的有效整合,没有两类教师的通力配合,机器人在数学课程中难以发挥重要作用。但无论是技术教师还是数学教师,他们都不是人工智能和机器人技术的专家,所以,一定要降低技术使用的门槛,提升教师利用机器人支持数学学习的意愿。

首先,教师要充分认识到机器人在数学教育中的价值,并在整个学习过程中为学生提供持续性的鼓励和指导^[22]。教师在数学课程中设计的机器人任务必须相互关联且能够被解决^[18],具体来看,机器人最适合应用于涉及操作技能的小型任务中^[30]。

其次,在数学活动的开展过程中,机器人的加入可能会分散学生的注意力并增加学生的认知负荷^[11],为此,教师在教学设计中要注意避免机器人在数学习

习中可能产生的消极影响。

最后,在基于机器人的合作学习中,教师应控制小组规模以保证每位学生都能参与机器人的搭建、编程、测试的过程,每个小组的人数最好控制在2~3人左右^[18,22]。

五、总结

人工智能正以超乎人们预想的速度发展且迅速进入教育领域,作为人工智能进校园的重要载体,当前的机器人教育暴露出了侧重学科本位而缺乏课程整合、侧重基础知识学习而缺乏创新应用的不足。基于此,本文提出应关注机器人在学科教学中的应用,一方面充分发挥机器人在STEM教育中的优势,促进机器人与STEM教育的深度整合;另一方面也为STEM教育提供一种新的物化载体,帮助学生深入理解抽象、复杂的STEM相关概念。

以此为背景,文章以数学课程为例,首先结合中小学数学课程的内容以及机器人的功能特点,认为机器人作为数学学习的工具主要适用于支持中小学数学课程中的数与代数、图形与几何的学习;作为学生数学学习的同伴,机器人可广泛应用于各类数学知识的学习活动中。然后通过国际权威文献库调研选取了20篇机器人支持数学学习的实证研究论文,进一步的文献分析总结出了机器人与数学学科整合的四种方式:

(1)通过机器人编程帮助学生理解数与代数方面的概念;

(2)通过搭建机器人帮助学生理解图形与几何方面的概念;

(3)通过搭建机器人并编写程序帮助学生综合理解数与代数、图形与几何方面的概念;

(4)通过与机器人交互帮助学生学习上述各种数学知识。

整体而言,将机器人引入数学课程中,一方面,需要利用机器人的交互性实现参与式教学;另一方面,需要利用机器人的物化特征架起抽象数学与实际生活的桥梁。此外,机器人与数学学科的整合还需要数学教师与技术教师的有效沟通和相互支持。

[参考文献]

- [1] 任友群. 人工智能教育如何进校园[N]. 中国教育报, 2018-05-19(1).
- [2] 钟柏昌, 张禄. 我国中小学机器人教育的现状调查与分析[J]. 中国电化教育, 2015(7):101-107.
- [3] 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知(国发〔2017〕35号)[EB/OL]. (2017-07-08)[2020-09-20]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm.

- [4] 教育部关于印发《高等学校人工智能创新行动计划》的通知(教技[2018]3号)[EB/OL].(2018-04-03)[2020-09-20]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s7062/201804/t20180410_332722.html.
- [5] 张敬云, 钟柏昌. 中小学机器人教育的核心理论研究——论科学探究型教学模式[J]. 电化教育研究, 2017(10):106-111.
- [6] 钟柏昌. 中小学机器人教育的核心理论研究——机器人教学模式的新分类[J]. 电化教育研究, 2016(12):87-92.
- [7] GOMOLL A, HMELO-SILVER C E, ŠABANOVIC S, et al. Dragons, ladybugs, and softballs: Girls' STEM engagement with human-centered robotics[J]. Journal of science education and technology, 2016, 25(6): 899-914.
- [8] 胡佑增. 高等数学教学的美育探析[J]. 机械工业高教研究, 1994(4):61-63.
- [9] 中华人民共和国教育部. 义务教育数学课程标准(2011年版)[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2011.
- [10] 宋鸿梨. 中小学数学的衔接研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2011.
- [11] WALKER E, GIROTTO V, KIM Y, et al. The effects of physical form and embodied action in a teachable robot for geometry learning[C]// IEEE, International Conference on Advanced Learning Technologies. New York: IEEE, 2016:381-385.
- [12] CLEMENTS D H, MEREDITH J S. Research on logo: effects and efficacy[J]. Journal of computing in childhood education, 1993, 4(4):263-290.
- [13] YELLAND N J. The strategies and interactions of young children in Logo tasks [J]. Journal of computer assisted learning, 1994, 10(1):33-49.
- [14] MUBIN O, STEVENS C J, SHAHID S, et al. A review of the applicability of robots in education [J]. Technology for education & learning, 2013(1):1-7.
- [15] BENITTI F B V. Exploring the educational potential of robotics in schools: a systematic review [J]. Computers & education, 2012, 58(3):978-988.
- [16] WEI C W, HUNG I C, LEE L, CHEN N S. A joyful classroom learning system with robot learning companion for children to learn mathematics multiplication[J]. The turkish online journal of educational technology, 2011, 10(2):11-23.
- [17] KEREN G, FRIDIN M. Kindergarten Social Assistive Robot (KindSAR) for children's geometric thinking and metacognitive development in preschool education: a pilot study[J]. Computers in human behavior, 2014, 35(35):400-412.
- [18] LINDH J, HOLGERSSON T. Does Lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems?[J]. Computers & education, 2007, 49(4):1097-1111.
- [19] FERNANDES E, FERMÉ E, OLIVEIRA R. The robot race: understanding proportionality as a function with robots in mathematics class [C]// Proceedings of the Sixth Congress of European Research in Mathematics Education. Lyon, France: Service Des Publications, 2009:1211-1220.
- [20] MARTIN F, LURGIO M, COFFEY D. Robotic jewelry: inventing locally contextualized mathematics in a fourth grade classroom[C]// Proceedings of the Second International Conference on Informatics in Secondary Schools: Evolution and Perspectives. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2006:214-225.
- [21] JULIÀ C, ANTOLÍ J Ò. Spatial ability learning through educational robotics [J]. International journal of technology & design education, 2016, 26(2):185-203.
- [22] SHIH B Y, CHANG C J, CHEN Y H, et al. Lego NXT information on test dimensionality using Kolb's innovative learning cycle[J]. Natural hazards, 2012, 64(2): 1527-1548.
- [23] NICKELS M, CULLEN C J. Mathematical thinking and learning through robotics play for children with critical illness: the case of Amelia[J]. Journal for research in mathematics education, 2017, 48(1): 22-77.
- [24] SHANKAR R, PLOGER D, NEMETH A, HECHT S A. Robotics: enhancing pre-college mathematics learning with real-world examples [C]// Proceedings of the 120th ASEE Annual Conference and Exposition. Atlanta: American Society for Engineering Education, 2013:1-17.
- [25] BROWN L V N, HOWARD A M. The positive effects of verbal encouragement in mathematics education using a social robot[C]// Integrated Stem Education Conference. Princeton: IEEE, 2014.
- [26] PINTO A H M, TOZADORE D C, ROMERO R A F. A question game for children aiming the geometrical figures learning by using a humanoid robot[C]// Proceedings of the 12th Latin American Robotics Symposium and the Third Brazilian Symposium on Robotics.

New York: IEEE, 2015.

- [27] MANDIN S, DE SIMONE M, SOURY-LAVERGNE S. Robot moves as tangible feedback in a mathematical game at primary school [M]//Robotics in Education. Switzerland: Springer, 2017: 245-257.
- [28] MITNIK R, NUSSBAUM M, SOTO A. An autonomous educational mobile robot mediator [J]. Autonomous robots, 2008, 25(4): 367-382.
- [29] RHINE D, MARTIN F. Integrating mathematical analysis of sensors and motion in a mobile robotics course [C]// Informatics Education-Supporting Computational Thinking. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008:41-52.
- [30] ADAMS K D, COOK A M. Performing mathematics activities with non-standard units of measurement using robots controlled via speech-generating devices: three case studies[J]. Disability and rehabilitation: assistive technology, 2016, 12(5):1-13.

Application of Robotics in Mathematics Learning in the Context of "Artificial Intelligence + Education": An International Case Study

ZHONG Baichang¹, XIA Liying²

(1.School of Information Technology in Education, South China Normal University, Guangzhou Guangdong 510631; 2.Zhuhai High School Affiliated to Central China Normal University, Zhuhai Guangdong 519170)

[Abstract] Currently, the application of artificial intelligence (AI) in education has become a national strategy. As a typical application of AI in education, robot-based education has been exposed to the lack of curriculum integration and the lack of innovative applications due to the focus on subject-orientation and basic knowledge learning. Therefore, the integration of robot and subject teaching will become an important research direction of "AI + education" in the future. Based on this background, this paper takes mathematics course as an example. Firstly, it is considered that robots are mainly suitable for supporting the learning of number and algebra, graphs and geometry. Then, combined with international cases, four ways for robots to support math learning are summarized: (1) understanding the concepts of number and algebra through robot programming; (2) understanding the concepts of graphics and geometry by building robots;(3) comprehensively understanding mathematical concepts by building robots and writing programs; (4) learning mathematics through interaction with robots. As a whole, the introduction of robots into the mathematics classroom requires, on the one hand, the use of robot interactivity for participatory teaching and, on the other hand, the use of robots to bridge the gap between abstract mathematics and real life. In addition, there is a need for effective communication and mutual support between mathematics teachers and technical teachers.

[Keywords] Robot; Artificial Intelligence; Subject Integration; Mathematics Education; Case Study