

面向智能教育的三个基本计算问题

黄荣怀^{1,2} 周伟^{1,2} 杜静^{1,2} 孙飞鹏^{1,2} 王欢欢^{1,2} 曾海军^{1,2} 刘德建^{1,2}

(1. 北京师范大学智慧学习研究院,北京 100875; 2. 北京师范大学教育学部,北京 100875;)

[摘要] 以人工智能为核心的智能技术正在推动整个社会转型,人类社会将迎来人机协同、跨界融合、共创分享为特征的智能时代,人们期待教育发生系统变革,向“智能教育”转型和演进。本文首先论述智能技术给教育带来的深刻影响,包括:1)新一轮科技革命与全球可持续发展目标正强化教育变革诉求;2)社会信息化正“倒逼”学校课堂教学改革;3)智能技术被期待破解课堂教学改革困境;4)智能教育作为未来教育的基本特征正逐渐形成共识。在综合分析当前教育需要解决的主要矛盾和智能教育关键特征的基础上,本文提出了智能教育的三个基本计算问题,即认知计算、行为计算和环境计算,并深度剖析了面向学习绩效提升的认知计算、面向教学过程重构的行为计算和面向学习环境优化的环境计算的缘起及待研究的问题。文章最后提出了融合认知计算、行为计算、环境计算的“计算教育学”要素模型,期待人们对面向智能教育的基本计算问题展开广泛而深入的研究,推进人工智能与教育的共存共生,推动教育变革健康有序和促进人类社会可持续发展。

[关键词] 智能教育;认知计算;行为计算;环境计算;计算教育学;人工智能

[中图分类号] G434

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-2179(2019)05-0011-12

一、新一轮科技革命与智能教育

习近平在致国际人工智能与教育大会的贺信中指出,人工智能是引领新一轮科技革命和产业变革的重要驱动力,正深刻改变着人们的生产、生活、学习方式,推动人类社会迎来人机协同、跨界融合、共创分享的智能时代(新华网,2019)。德勤的研究报告指出,生命科技、神经科学、纳米科技、新能源、信息及移动技术、传感技术、3D打印、人工智能、机器

人、无人机等的发展正由线性增长变为指数爆发,促进教育产业显著发展(Brucher & Cravatte, 2015)。以人工智能为代表的新兴技术必将引发新一轮教育变革,推动人类教育向“智能教育”阶段转型和演进。

(一)新一轮科技革命与全球可持续发展目标正强化教育变革诉求

斯坦福大学2014年发起的“人工智能百年研究”项目,旨在研究和预测人工智能的影响将如何

[收稿日期] 2019-09-16

[修回日期] 2019-09-18

[DOI编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2019.05.002

[基金项目] 全国教育科学“十三五”规划2019年度国家重点课题“人工智能与未来教育发展研究”(ACA190006)。

[作者简介] 黄荣怀,教授,博士生导师,北京师范大学智慧学习研究院院长,研究方向:智慧学习环境、教育信息化(huangrh@bnu.edu.cn);周伟,博士研究生,研究方向:智慧学习环境、人工智能与教育(zhouwei@bnu.edu.cn);杜静,博士研究生,研究方向:自适应学习、智慧学习环境(dujing@mail.bnu.edu.cn);孙飞鹏,博士研究生,研究方向:知识科学与工程,智慧学习环境(sfpeng@163.com);王欢欢,博士后,研究方向:自适应学习(holly.08@live.cn);曾海军,博士,研究方向:教育信息化(zenghj@bnu.edu.cn);刘德建(通讯作者),博士研究生,北京师范大学智慧学习研究院联席院长,研究方向:人工智能与教育(201731010070@mail.bnu.edu.cn)。

[致谢] 衷心感谢互联网教育智能技术及应用国家工程实验室逯行、田阳、徐晶晶、吐尔逊等博士生,高博俊、蔡臻昱等硕士生,张香玲博士后以及庄榕霞、张定文、朱立新、年智英等老师对本文写作的帮助和支持!

波及人类工作、生活和娱乐等。2016年,斯坦福大学发布的《人工智能和2030年的生活》(ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND LIFE IN 2030)报告列出了未来社会深受人工智能变革的领域,包括交通运输、服务机器人、医疗保健、教育、绿色社区、公共安全和保障、就业和工作场所、娱乐等(Stone et al, 2016)。以人工智能为核心的新兴智能技术正持续推动新一轮科技革命,促进社会转型,形成智慧社会。

2015年,联合国可持续发展峰会正式通过17个可持续发展目标,旨在转向可持续发展道路,解决社会、经济和环境三个维度的发展问题。联合国教科文组织(UNESCO, 2015a)发布的“教育2030行动框架”具体阐释了第四个可持续发展目标(SDG4)——确保全纳、公平的优质教育,使人人可以获得终身学习机会。同时,联合国教科文组织(UNESCO, 2015b)发布的《重新审视教育》(Rethinking Education),反思了知识、学习、教育的内涵,指出“学会学习”从来没有像今天这样重要,知识不再由一个中心权威来指定,而是由学校、教师社区确定,学习被视为一个连续体,校内外学习应密切互动等。为适应新的教育需求,教育系统的管理、设施、评价、教材、课程等需要变革。

新一轮科技革命驱动社会转型与联合国可持续发展目标提出的新教育需求将共同驱动教育系统的变革。

(二) 社会信息化及盛行的课外辅导正“倒逼”学校课堂教学改革

以电子计算机发明为核心的创造带领人类进入“信息时代”。在互联网、大数据、人工智能的驱动下,人类社会的生活和管理方式正发生改变。例如,由信息化支撑的现代物流让披萨的食材和调料可来自全球。随着社会信息化进程的发展,信息化环境成为教育教学环境的重要组成部分,信息技术成为学科教学的核心力量。

社会信息化也催生了学生的“补偿学习”。研究报告显示,中国课外辅导行业所得收入已从2012年的2281亿元增至2017年的3930亿元,六年同比增速保持在10%以上,到2020年中国课外辅导规模将超5000亿元(中商产业研究院,2018)。一对一辅导、掌握学习、“普通”班级学习是三种典型的

学习组织方式。其中,一对一辅导的学习效果明显好于“普通”班级学习。课外辅导由于学习时间和空间灵活,且学习辅导针对的是难点问题,帮助学习者掌握知识要点与答题技巧,“提分”效果明显。然而,从人的全面发展视角看,学习者的发展不但在于知识的掌握和考试得分,还包括文化基础、自主发展、社会参与等,行为规范、态度、价值观等关键素养的养成也需要家庭环境和社会环境的支持(核心素养研究课题组,2016)。因此,校外辅导不能代替规模化教育与个性化培养。

未来的学习方式将从标准化“班级授课制”向“差异化和个性化学习”过渡(黄荣怀,2017c)。“数字土著”(Marc et al., 2009)对泛在学习的需求日益高涨,他们更倾向主动式、探究式学习,成为学习内容的创造者,而非被动式、灌输式学习,成为学习内容的消费者。而学校提供的教学方式与学习者喜好的教学方式之间存在巨大鸿沟,“数字移民”教师的传统教育思维与“数字土著”学习者偏好的学习方式之间存在冲突,越来越多的学习者认可课外辅导的学习形式。校外辅导使用教育信息技术,能满足新一代学习者的诉求。有证据显示,校外辅导能提高学习效率和效果。信息化社会环境正放大课外辅导带来的适应性学习的规模化效应。这暴露了学校教育的不足,“倒逼”学校教育开展课堂教学改革。

(三) 以人工智能为支撑的智能教育被期待破解课堂教学改革困境

信息技术融入课堂教学存在多重困境,阻碍课堂教学创新。教育教学创新既要满足“数字土著”强烈的主体意愿,提供多样化的学习活动,又要妥善处理信息技术融入教育教学后不同内容载体带来学习者的学习行为差异,还要面对新一代学习者期待的课堂差异性管理、技术融合课堂中教师关注点的常态化转移以及教师整合技术的学科教学知识普遍性缺乏等现实挑战(黄荣怀,杜静,2017)。因此,破除课堂教学改革困境,需要智能技术的支持与服务。创新学习方式,提高内容载体的有效性,满足新一代学习者的需求,促进高阶能力培养,需要智能的学习支持服务。创新教学方式,实施个性化教学,提升教师专业发展水平,需要智能的教学支持服务。创新课堂形态,构建新一代学习环境,拓展学习时空,优化学习体验,需要智能的学习环境。总之,课堂教学

改革呼唤智能教育,即利用智能技术构建智慧学习环境,对教与学的全过程提供适应性的支持与服务。

学校教育应适当借鉴校外经验,解决当下教学改革痛点。翻转课堂被《环球邮报》评为影响课堂教学的重大技术变革,将传统的“课堂听教师讲解,课后回家做作业”的教学习惯变成“课前在家听讲解视频,课堂在教师指导下作业”,形成新的教学模式,能体现“混合式学习”的优势,更符合人类的认知规律,有助于构建新型师生关系,促进教学资源有效利用与研发等优势(何克抗,2014)。当前不少学习者的学习模式是学生在学校听教师讲解,课后在辅导老师指导下完成作业,可通过翻转课堂实践演化为课前在家学习优质教学资源,课上在教师指导下作业。2019年工信部发布的《2019年1-7月通信业经济运行情况》显示,我国4G用户达12.4亿,固网宽带用户总数达4.39亿,4G用户接近人口总量。与此同时,得益于“十二五”期间的“三通两平台”——“宽带网络校校通、优质资源班班通、网络学习空间人人通”的建设,学校和家庭已基本突破实施“翻转课堂”的宽带网络和学科优质教学资源的限制。学校教育践行“差异化和个性化学习”的硬件环境已基本满足,亟需构建智能的教学支持与服务,创新学习方式、教学方式和课堂形态。

(四)智能教育作为未来教育的基本特征正成为人们的普遍共识

“智能教育”作为战略性发展目标,首次在《国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知》文件提出,即“发展便捷高效的智能服务”,包括智能教育、智能医疗、智能健康和养老。该规划提出构建智能学习、交互式学习的新型教育体系,建设智能校园,开发基于大数据智能的在线教育平台,开发智能教育助理,建立智能教学环境等(国务院,2017)。其后,《中国教育现代化2035》战略任务第八条也提出加快信息化时代教育变革,包括建设智能化校园,推动人才培养模式改革、创建教育服务业态、推进教育治理方式变革等,包括模式、机制、业态、体系、制度等方面,尤其强调规模化教育和个性化培养的有机结合(中共中央,国务院,2019)。

在可持续发展目标和新一轮科技革命驱动教育变革的背景下,2019年5月联合国教科文组织在北京举办的“规划人工智能时代的教育:引领与跨越”

为主题的首届国际人工智能与教育大会,围绕政策制定、教育管理、教学与教师、学习与评价、价值观与能力培养、终身学习机会、平等与包容的使用、性别平等、伦理问题、研究与监测等10个议题,从人工智能促进教育变革的核心价值、人工智能助力可持续发展目标(SDG4)的实现、人工智能赋能教育的保障机制等三方面规划人工智能时代的教育,形成了成果文件《北京共识——人工智能与教育》(张慧等,2019)。人们普遍认识到,智能教育将逐渐成为未来教育的基本特征。

二、智能教育的服务与计算

教学服务指通过教育教学及其他活动而使“教育对象”受益的一种有偿或无偿的行为,包含教育公共服务和教育服务产业。为实现智能教育,对教与学全过程提供智能的教学支持与服务,离不开计算的支撑。随着社会经济和生活水平的提高,人们的教育需求从标准化教学向个性化学习和终身学习发展,教学服务也将由“标准化供给”向“个性化服务”转变(黄荣怀等,2017b)。未来教育制度要求社会重构教育预算和财政支持系统,变革教育供给方式,提升保障系统对教育的支撑能力和适应性(胡耀宗等,2019)。未来教育的教育供给、教育评价和教育教学环境等都需要智能技术提供服务与支撑。

(一)规模化教育与个性化培养是智能教育需要解决的主要矛盾

改革开放四十年特别是十八大以来,我国教育信息化事业取得了重大成就,国家从教育事业、时代需求、国际环境等方面入手,越来越重视解决教育中的质量与公平问题(钟登华,2019)。智能时代的教育不仅需要解决教育质量和教育公平问题,还要处理好规模化教育与个性化培养之间的平衡。人类经历了重大的教育革命后,教育不再仅仅局限于学校教育,教育活动更多地发生在家庭、社区、工作场所、公共场所等传统意义上的非正规非正式教育场景中,这种教育场景和教育形态的更迭与倾斜,需要转变工业时代规模化、标准化、集中化的“集体教育”,更关注多步调、全方位的个性化培养,以与现代社会发展相适应、与教育形态变革相适应、与教育大革命的趋势相适应。从教育质量看,当前的学校改革效果不理想,导致校内教育的效率和产出低于

校外教育。因此,大量以家庭为单元的教育投入流向了校外培训付费,造成了“校内费时费力效果差、校外费钱费时效果微”的社会现象。

在信息化时代前,规模化教育与个性化培养之间的矛盾难以调和。以信息技术推进规模化教育最典型的代表之一,就是近年来兴起的大型开放式网络课程(MOOC)。以“学堂在线”为例,其上线五年来,吸引全球 209 个国家和地区的超过 1400 万名学习者,5000 余名教师为学习者服务,累计上线超过 1700 门在线课程,选课人次突破 3200 万人(学堂在线,2018)。MOOC 的大规模应用有机会创造一个全新的更公平的教育模式,但上线课程和学习者数量的急剧增加也引发质量危机,如师生互动少、成功率低等(康叶钦,2014)。学习伙伴和学习资源的推荐、个性化学习路径生成、自动问答等自适应学习技术为解决 MOOC 的质量危机提供了丰富的技术手段。人工智能能支撑规模化的个性化学习,提升各级教育水平(Stone et al,2016)。智能教育为解决规模化教育与个性化培养的矛盾提供了可能。

(二)数据驱动、个性化、情境化和新教育生态是智能教育的主要特征

技术一直是影响教育生态的重要因素(程薇等,2019)。智能技术是智能时代教育系统变革的重要作用力,同时也是重塑新时代教育生态的关键因素。信息空间的形成与发展为人类带来了新的认知通道、新的计算方法和新的知识门类。教育的生态结构也发生着巨大而深刻的变化。智能技术的教育应用不再是简单的迁移,而是在充分理解教育教学规律基础上实现对教学过程、教育评价和教育管理的支持(黄荣怀等,2012)。智能技术通过作用教育系统中的教师、学生和管理者等角色,实现对教育系统的变革。其中数据驱动、个性化、情境化是智能技术重塑教育生态的重要切入方向和着力点,是智能教育的主要特征。

从德雷福斯的学习与技能获取理论,到吸引子理论对现象学的阐释,无不强调情境化的智能是无表征的,是一种潜意识的过程(魏屹东等,2009)。因此,智能教育的情境化特征强调智能技术需要依据不同的教育场景,对教学模式、教学方法、学习过程等进行合理组合,以满足用户需求为主要导向,弱化用户对技术本身的感知,强化智能技术支持无意

识交互情境的改造能力(崔中良等,2019)。智能教育的个性化特征强调智能技术的应用应尝试回答教育本源性问题,尊重教育中人与人之间的个性差异,以智能技术为工具,实现有教无类和因材施教的教育目标(钟绍春,2019)。未来教育的数据驱动特征,主要以大数据、物联网等技术支持下的学习分析技术为抓手,通过有效应用海量优质的教育应用场景数据,对传统教育场景进行改造升级,提升分析力和支撑力,实现智能时代教育生态系统的变革(郑旭东,2018)。智能教育需要利用智能技术提供数据驱动、个性化和情境化的支持与服务,构建新教育生态。

(三)认知计算、行为计算和环境计算是智能教育的基础

学习是获取知识的过程。学习者通过在一定的情境即社会文化背景下,借助教师、同伴等的帮助,有意义建构获得知识(何克抗,1997a;何克抗,1997b;何克抗,1998),而深度学习是动态知识建构催生下的高阶思维与认知能力发展(何克抗,2018)。另一方面,学习者的学习行为是学习者元认知能力特征的外显表现(毛刚等,2019)。研究教育首先要回答“学什么”“怎么学”和“在哪学”三个基本问题(黄荣怀等,2017c)。“学什么”关注人才培养目标和学习内容,需要适应学习者的认知特点;“怎么学”关注教与学的方式,需要分析课堂教学行为;而“在哪学”关注学习环境和情境。因此,智能教育的教学支持与服务的计算问题不仅仅涉及算法模型、软件工具,还着重于从计算的视角重新思考人类教育发展的认知过程、教学行为、学习环境等问题。

通过在智能教育中关注计算问题,人类可以将计算理论与方法应用于教育研究,关注教育活动中的学习活动、学习过程、教学行为、学习环境等具体问题。支撑智能教育需要关注三个基本计算问题,即学习过程的认知计算、教学行为计算和学习环境计算,回答学习过程能否建模和模拟、智能导师是否能够像人类教师一样思考,以及尝试将人类的教育经验转化为智能系统并形成未来“教育脑”。

三、面向学习绩效提升的认知计算

学习绩效的含义包括学习效率和学习效果两个

层面。从计算机辅助教学到智能教学系统,业界通过探索技术与教育融合的方法提升学习绩效。随着新一代心理测量理论、认知科学以及人工智能理论技术的发展,学习者知识、技能和能力的习得过程的认知计算成为可能,为提高学习绩效指明方向。

(一)从计算机辅助教学到智能教学系统

1946年,世界上第一台通用计算机 ENIAC 诞生。1958年,计算机辅助教学(CAI)软件起步。计算机辅助教学是在计算机辅助下进行的教学活动,以对话方式与学生讨论教学内容、安排教学进程、进行教学训练的方法与技术,主要功能包括练习、辅导和模拟等(Fletcher-Flinn et al., 1995)。到20世纪80年代末90年代初,随着多媒体计算机的出现及计算机性能和软件的发展,计算机辅助教学开始向智能教学系统演进,智能教学系统能跟踪学习过程,采集相关的学习轨迹数据,分析学习者的长处和弱势,并在学习过程中根据学习者的不同特点调整进度,给出学习建议,推送学习资源(许高攀等, 2009)。

智能教学系统由领域知识模型、学习者模型、教学法知识模型、用户界面模型四个模块组成(Sottolare et al., 2012)。从教育专家视角看,用户通过用户界面模型与智能教学系统进行交互,而用户界面模型与教学法知识模型直接相关。然而,计算机专家视角下的智能教学系统的用户界面更偏向于领域知识模型,课外辅导专家视角下的用户界面更偏向于学习者模型(见图1)。

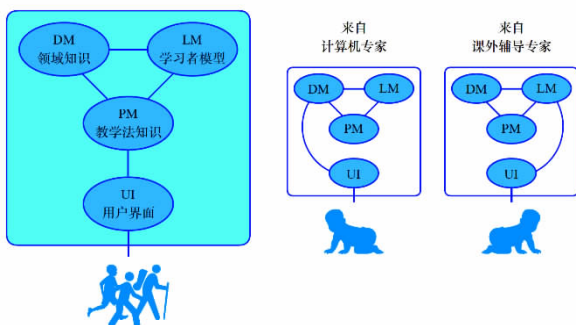


图1 不同领域专家视角下的智能教学系统模型

计算机专家和课外辅导专家需要更多地关注学习者的认知规律,并识别和分析学习者习得知识、技能和能力的过程。这需要心理测量专家、计算机专家和学科教学专家的通力合作,构建智能的教学法

模型,综合考虑学习者的认知特征和学习领域知识,选择最合适的教学策略。

(二)基于认知建模的学习支持服务

随着心理测量学、认知心理学以及学习科学的发展,人们越来越不满足关注个体宏观层次的能力水平,还希望深入了解个体内部的心理加工过程,了解学生在多维、细粒度的潜认知属性差异(李令青等,2019)。认知诊断是新一代心理测量理论,诊断结果有较好的心理学理论基础和可解释性(Tatsuoka, 1995)。认知状态诊断是教师对学生有针对性教学补救的关键(刘淇等,2018)。运用认知诊断方法测量学习者的认知状态,构建细粒度的学习者模型,利用智能算法生成个性化学习路径,匹配合适的学习伙伴,推荐合适的学习资源,形成认知状态驱动的自适应个性化学习方法,对于打造精准教学、实现过程化评估、实施科学教学决策,具有重要的现实意义。

人的发展是大脑不断构建的过程。遵循客观的教育规律必须研究儿童青少年的脑智发育与提升规律,以使教育符合人才成长规律、促进人的全面发展,科学的教育必须理解脑、适应脑、促进脑;在当前教育变革的新形势下,研究人类知识及文明的传承、人类个体脑发育、学习和认知发展规律,已成为未来教育乃至整个人类社会发展进步必须关注的重要问题(董奇,2018)。提供更适切的学习支持服务,需要构建新的计算模型,驱动人工智能从感知智能发展为认知智能阶段。认知计算与教育的结合将促进教育信息技术的发展,进一步通过计算机模拟人类的学习过程,实现将优秀教师的教学经验变成专家系统——“教育脑”。

(三)认知计算驱动的超大规模智能教学系统

认知计算的目标之一是让计算机系统像人的大脑一样学习、思考,并做出正确的决策(陈伟宏等, 2017)。认知信息学研究大脑和自然智能的内部信息处理机制和过程,以及认知计算中的工程化应用,认知计算是一种基于认知信息学的智能计算方法和系统的研究范式,通过自动推理和模仿大脑感知实现计算智能(曾毅等,2016)。当前典型的认知计算系统及平台有 IBM Watson、Microsoft Cognitive Computers、Google DeepMind 等。认知计算驱动的超大规模智能教学系统的研究包括挖掘认知模板、发现

认知规律、建构认知系统并进行教学验证等。

1. 基于过程数据挖掘“认知模板”

利用非监督学习的方法,对学习者的学习过程数据进行聚类分析、隐马尔可夫模型、盲源分离等方法,找出隐藏的学习者共同特征,形成相似学习者的“认知模板”,并进行总结和解释。例如,学习者强健式学习的预测模型通常取决于学生元认知行为模型,反过来取决于评估的潜在学生知识,又反过来取决于模型的域结构(Baker et al., 2014)。

2. 基于神经科学发现学习与认知规律

教育应重视儿童大脑发展的敏感期和可塑性,为学习者提供适宜的刺激,促进大脑可塑性发生变化的同时避免不必要的代价(王亚鹏等,2010)。研究者要关注学习者学习活动过程中视觉、记忆、听觉的行为变化,探寻大脑内部信息处理机制和过程,揭示人类在接受信息、识别特征、计算推理等智能活动的生物学机制,揭示学习与认知的规律。

3. 基于认知规律建构“类脑认知系统”

基于认识规律从计算角度理解大脑,研究具有自主学习能力的类脑神经网络架构的软硬件系统,实现感知识别和计算推理能力的类脑智能系统,能感知和理解复杂的动态学习情境。清华大学类脑计算研究中心借鉴脑科学的基本原理,提出了面向通用人工智能的异构天机芯片架构,可同时支持计算机科学和神经科学的神经网络模型(Pei et al., 2019)。

4. 基于“类脑认知系统”进行教学验证

基于“类脑认知系统”学习教学法知识,对学习者建模,基于认知诊断理论,利用知识图谱等技术对领域知识进行建模,构建基于认知计算的教学法知识模型,动态适应学习情境,验证教学策略。这项研究需要计算机从感知智能突破到认知智能,甚至通用人工智能。

四、面向教学过程重构的行为计算

课堂教学分析法为课堂分析提供了有效的方法和工具。随着人工智能在物体识别、语音识别等领域赶上或超过人类的水平,课堂行为分析的自动化成为可能。计算行为科学与教育结合,为学习活动的分析提供了理论和方法基础,形成基于学习活动的教学行为计算框架。学习活动分析的自动化使重

构和优化教学过程成为可能。

(一) 课堂教学分析法

互动分析通过现场观摩课堂或录制课堂教学视频,真实地记录和分析课堂教学师生互动过程,对课堂教学行为进行编码解读,获得客观的课堂教学质量评估信息。弗兰德斯互动分析是一种常用的课堂教学分析法。该方法由美国教育学家弗兰德斯于20世纪60年代提出,分为教师言语、学生言语和安静三类编码。教师言语又分间接影响学生和直接影响学生两类。间接影响包括接受学生的感情、表扬和鼓励、接受学生的思想、提问;直接影响包括讲授、指导、批评学生或为教师权威辩护。学生言语分对教师的讲话作出反应、向教师提出倡议(Flanders, 1963)。有些学者对该编码系统进行了改进,如扩充编码(Amidon & Hough, 1967)、改进编码过程(宁虹,武金红,2003)、细化语言活动(顾小清,王炜,2004)、数字化环境下的课堂分析(方海光等,2012)等。

课堂教学分析为课堂评价提供了决策数据。课堂评价一般可从:情绪支持、教学支持、课堂管理三个维度进行评分。情绪支持包括积极氛围、教师敏感性、尊重学生观点;教学支持分为指导性学习方式、内容理解、分析和询问、反馈质量、教学性对话、学生参与;课堂管理又分为产出、行为管理和消极氛围,其与学习者的学习成就成正比(Pianta et al., 2008)。

(二) 基于计算行为科学的学习活动分析

教学行为识别是对课堂教学分析的基础,而行为的识别需要科学的研究方法——行为科学的支撑。行为科学研究人与人之间的交互和活动,通过比较控制组与自然观察,或设计严谨的科学实验对人或动物行为进行系统分析和调查。行为科学与计算机技术的融合形成计算行为科学。计算行为科学使用先进的传感器技术、计算机感知技术以及机器学习等知识和方法,解决发展心理学与临床医学问题。

计算行为科学与教育的结合在学习分析领域有广阔前景,如研究学习过程的行为数据采集方法、基于大数据研究学习者的特征和偏好、基于线下学习与网络空间的群体行为、研究个体自学、小组学习和班级教学的教师指导行为等。学习活动指为了达到

预定的学习目标,在参与者以特定角色的支持下,学习者与环境的特殊互动行为(见图2)。学习活动的分析需要跨学科领域的行为计算对学习活动的建模。

随着信息技术尤其是近年深度学习理论的发展,计算机视觉、语音识别、自然语言处理等技术在很多领域开始达到或超过人类的平均水平,融合多种模态的学习分析方法为课堂行为分析带来新的机遇。多模态学习分析可通过捕获、融合和分析互补的学习轨迹数据源,可获得对学习过程稳定性高且非确定性少的理解,其数据来源不仅包括在线系统捕获的传统日志文件数据,还包括学习过程的自然信号,如手势、注视、讲话或写作等(Lang et al., 2017)。

(三) 学习行为的计算与分析

学习活动涉及学习者、学习环境、参与者、预期目标四要素。针对学习活动的相关分析和计算需要研究学习者与学习环境的交互行为、学习者与参与者的互动行为、参与者对学习成就的影响、学习环境对学习成就的影响。

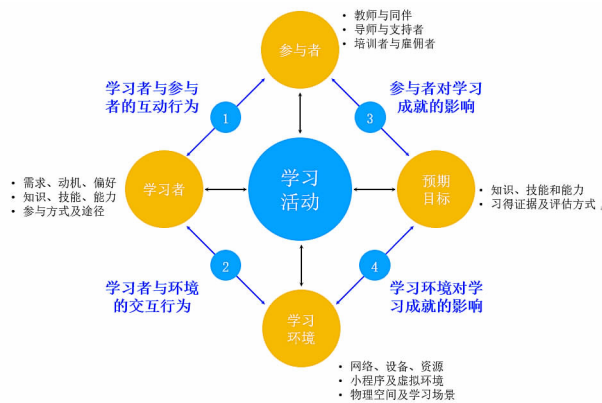


图2 基于学习活动的教学行为计算框架

1. 学习者与参与者的互动行为

从学习者视角看,需要研究的问题有学习者参与学习活动的方式及途径,学习者参与学习活动的需求、动机偏好及学习者通过学习活动获取的知识、技术和能力等。例如,协同知识建构的基本规律可通过分析成员个体和小组整体知识结构变化、关系网络形成、互动结构等加以探讨(刘黄玲子等, 2005),可研究如何计算协同知识建构过程中成员个体和小组的交互行为。

2. 学习者与环境的交互行为

从学习环境视角看,需要研究的问题有学习者通过网络访问设备和资源的学习轨迹的挖掘和分析方法、学习者对学习场景的选择、学习者在虚拟和物理环境融合空间的学习方式等。例如,若学习者在虚拟学习环境中获得群体归属感、个体成就感、情感认同感等基本条件,其交流甚至优于现实环境(黄荣怀等,2010),可研究学习者与学习环境的交互行为过程是否获取这些基本条件。

3. 参与者对学习成就的影响

从预期目标视角看,需重点考虑的问题是知识、技能和能力的习得证据及评估方式。从参与者视角看,参与者包括教师与同伴、导师与支持者、培训师及雇佣者,不同参与者与学习者之间的互动行为特征及不同参与者对学习成就的不同影响也值得关注。例如,参与者对学习者的学习活动干预(教学干预、社会干预)等对学习绩效有重大意义,而真正实现自动干预的工具很少(李艳燕等,2012),行为计算支持的干预方法有很大潜力。

4. 学习环境对学习成就的影响

学习环境直接影响学习者的学习行为,进而影响学习成就。例如,不同学习行为分别对不同层次的知识建构产生影响,反思性学习行为和社会性学习行为促进“意义协商”,评价规则促进“观点分享”(陈鹏宇等,2015)。因此,针对不同的学习目标,学习环境应当推荐何种学习工具支持学习活动,是需要计算的问题。

五、面向学习环境优化的环境计算

互联网驱动学习环境从“封闭式校园”向“互联网学习环境”过渡(黄荣怀等,2017c)。数字一代学习者的学习时间和学习空间的高速演变,需要设计适应其复杂性、个性化和随机性特征的开放互联网学习环境。在学习环境设计的基础上,研究学习环境计算问题,构建学习情境模型,并形成整合学习情境的自适应学习支持与服务尤为重要。

(一) 学习环境设计与学习情境建模

以学习者为中心的建构主义教学理论强调学习环境的设计。学习环境设计不限于物理环境,也包括学习任务及其管理策略等软环境。建构主义学习环境的设计原则包括提供丰富的认知工具、任务情

境要有真实性、学习者与教师控制相结合、个别化学习和协作式学习相结合、知识获取与思维训练相结合等(杨开城,2000)。学习环境设计的理论基础包括情境认知理论、活动理论、分布式认知理论等,学习环境设计者应根据具体的学习情境,为学习者尽可能地提供真实的情境、活动和任务(贺平等,2006)。

提供合适的学习支持服务,包括要感知和识别学习者的学习情境,要对学习情境建模。情境来源于现实世界,它是外部的且独立于学习者及相关活动。情境也可以看作为学习活动发生的环境(de Figueiredo,2005)。学习情境是一个或一系列学习事件或学习活动的综合描述,它包括学习时间、学习地点、学习伙伴和学习活动四要素,通俗来说,学习情境即学习活动发生的时间、地点、人物、事件;课堂听讲、个人自学、研讨性学习、边做边学、基于工作式学习是五种典型的学习情境(黄荣怀等,2010)。

(二)整合学习情境的学习环境计算

感知学习者的学习情境是提供良好学习体验的核心(Ramsden,1984)。“数字土著”一代学习者对学习体验提出了更高要求,其偏好的学习方式对学习情境提出了新的诉求,其所需要的学习环境已不是普通的数字学习环境,而是数字学习环境的高端形态,即智慧学习环境。智慧学习环境是一种能感知学习情境、识别学习者特征、提供合适的学习资源与便利的互动工具、自动记录学习过程和评测学习成果,以促进学习者有效学习的学习场所或活动空间(黄荣怀,2012)。在智慧学习环境中,人们能在任意时间(Anytime)、任意地点(Anywhere),以任意方式(Anyway)和任意步调(Anypace)(简称4A)学习,这类学习环境能支持学习者轻松地(Easy Learning)、投入地(Engaged Learning)和有效地(Effective Learning)(简称3E)学习(黄荣怀等,2017a)。

“三通两平台”的建设实现了宽带网络“校校通”,优质教育资源“班班通”,个性化学习服务“人人通”。其中,“人人通”是教育环境建设与应用的目标,也是教育信息化深入应用的未来发展方向(祝智庭等,2013)。随着“终身学习”“学习型社会”理念成为社会共识,学习环境的研究也从学校拓展到家庭、社区、职场等场域(庄榕霞等,2017)。各种学习情境也需要智能技术衔接起来。在不同的学习情境,不同年龄群体学习者的的发展性任务不同,

然而相同场域有不少相似发展性任务和特征的学习者,为差异化教学和个性化学习提供了可能。因此,识别学习者特征,感知学习情境,并利用计算与推理的方法,选择最适合学习者在领域知识下的教学交互策略、个性化学习路径生成和学习资源的推送方法,为新一代学习者提供智能、精准、全面的融合学习情境信息的自适应学习支持服务具有重要意义。

(三)学习环境计算的典型研究问题

智慧学习环境的研究热点和趋势包括教育云服务、智能辅导、学习分析、教育数据挖掘、自适应学习、个性化学习等,研究重点是实现技术的集成,以便促进信息的安全、无缝流动,为学习者提供最优化的学习支持服务(杨俊锋等,2015)。具体到服务与计算层面,主要包括计算可信问题、多模态信息融合机制、支持服务的计算模型、多系统的关联协同等。

1. 保障数字隐私的可信学习环境安全体系

丰富的传感器所采集的数据需要进行处理和加工。然而,数据的传输和存储的过程中存在泄漏风险。因此,使用适合的技术手段,在数据传输时自动去除学习者的个人隐私信息而不影响推理决策,或需要隐私信息时的技术安全保障值得深入研究。例如,研究智能教育时代,人机共处与人工智能伦理,归纳分析智能教育伦理需要遵循的原则(杜静等,2019)。

2. 复杂场景下的基于多模态信息融合的学习支持服务机制

在“互联网+教育”时代,学习者的学习场景是动态多变的,其精准化学习服务的提供需要有合适的学习场景(武法提,2018),在学习场景中各类学习支持服务机制需要对应的多模态信息融合的计算方法。研究多种学习情境的多模态学习数据采集与融合,包括多模态信息融合机制、复杂场景建模、沉浸式学习交互机制、多场景学习支持服务模式等,提供管理性学习支持、学术性学习支持、情感类学习支持等多类学习支持服务。

3. 基于边云协同计算的学习环境计算模型

边缘计算通过接近边缘设备,构建业务数据采集和初步数据处理单元,可在保护隐私的基础上更好地支撑云端服务和应用(施巍松等,2017)。未来学习环境通过各类传感器构建实时的学习者情感、行为分析的计算服务,支持学习者建模和学习分析。

其中情感计算、计算机视觉等计算数据量大,这类携带学习者隐私信息的计算过程适合在边缘设备完成,而认知诊断、教学策略、学习资源推荐适合在云端完成。因此,研究构建边云协同的计算模型,满足各类学习支持服务的实时业务和安全与隐私保护需求,是迫切需要解决的问题。

4. 课堂教学支持系统的有效关联协同

研究教室中的中控系统、网络系统、监控系统的有效关联协同问题,并结合虚拟空间中学习规划系统、自适应学习系统等平台,支持学习者在学习环境中的数据共享、移动跟踪及情境计算,形成虚实融合的学习支持服务。当前网络系统、中控系统、监控系统大都需要分别部署,非常占用空间,可研究“三网融合”的计算智能体,集教学设备中控、教学无线网关、智能监控于一体,厘清学习环境的数据流,并与云端的各系统对接,形成学习环境数据的高度共享、集成的计算机制。

六、结 语

“智能教育”是在我国新一代人工智能发展战略框架下,将移动互联网、大数据、超级计算、物联网、脑科学等新理论新技术与教育深度融合,发挥新一代人工智能在综合深度推理、跨媒体感知、情境理解、自主协同交互等方面的优势和潜能,变革教育的供给方式,推进教育治理体系和治理能力现代化,创新教与学的方式,向学习者提供数据驱动、个性化、情境化的学习支持服务,以促进规模化教育和个性化培养的有机结合,形成适应智能时代发展的新教育生态。

“有教无类,因材施教”,教育的公平和个性化是人类千年的梦想,一直都是全社会重视和关注的话题。当各级教育的规模化发展到一定程度,个性化培养的问题越来越受到重视。随着教育信息科学的发展、人工智能与教育的融合,情境感知的精准教学、自适应个性化学习开始步入常态。以数据驱动、个性化、情境化和新教育生态为特征的智能教育提供了规模化的个性化学习方法,为平衡规模化教育和个性化培养带来了可能。在这个迈向智能时代的历史时期,学校教育应直面挑战,探索信息技术支持下的差异化教学、翻转课堂、掌握学习等新型教学模式,推动规模化教育与个性化培养的有机结合。各领

域研究者应推动教育学、信息科学、心理学、认知科学等学科的交叉融合,研究教育领域的基本计算问题,即学习过程的认知计算、教学行为计算和学习环境计算。这也是“计算教育学”需要关注的要素(见图3)。

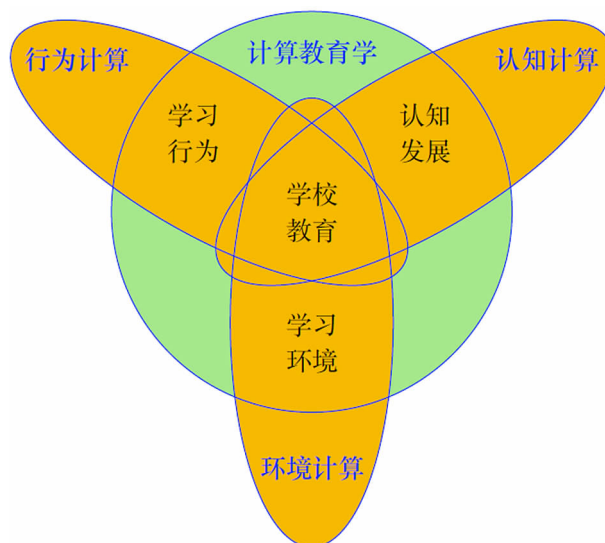


图3 “计算教育学”要素模型

2018年,为推动信息科学与教育学的交叉研究,促进信息科学与教育学的交叉与融合,培养信息科学与教育学交叉的研究队伍,国家自然科学基金信息科学部增设了“教育信息科学与技术”类目,广泛吸引不同领域的科学家开展多学科交叉的基础研究,解决教育创新发展亟待解决的科学问题(黄路等,2019)。“计算教育学”将支撑该交叉领域,融合教育学、认知科学、行为科学、数据科学等,研究教育教学的认知过程、教学行为、学习环境的计算问题。融合认知计算、行为计算、环境计算的“教育脑”将对海量教育数据进行深入的挖掘和分析,构建基于学习者认知规律的更多维度和更细粒度的学习者模型,形成整合学习情境的自适应学习支持服务。这将支持教育信息科学各方向的研究发展,对于推进教育研究创新意义重大。

在人工智能飞速发展和推进应用融合创新的同时,数据安全、隐私保护、算法偏见等已成为未来智能技术发展不可避免的问题。发展与使用人工智能应注重数据管理、算法透明性、审计及问责机制等。教育工作者在期待人工智能促进教育发展的同时,也应当注意智能技术解决教学难题中隐含的伦理问题,如技术滥用引发的不端行为、数据泄漏引发的隐

私担忧、智能教学机器的身份与权力边界等(杜静等,2019)。教育研究者应在人工智能与未来教育发展的相关研究中,探究人工智能应用于教育所带来的安全与伦理问题,建构人工智能应于教育的技术治理框架。具体到智能教育的计算问题研究和智能技术开发中,要发展“可信计算”。这包含两方面:一是强调相关智能的学习支持服务保障学习者的基本权利、遵循基本的规则及尊重核心价值;二是强调促进技术的发展与可信度,既要以学生为中心,又要保障技术有序发展。

教育中计算问题的研究将使未来政府机关和企业事业单位在相关政策的规划、施行和产品研发少走弯路,降低社会成本;可信的智能教育服务与计算能显著降低未来人工智能变革教育产生的负面影响,真正实现保障公共安全的目的;以环境计算为支撑的场域智慧学习环境将为终身教育、终身学习和学习型社会提供强有力的支撑;超大规模智能教学系统将通过支持掌握学习、差异化教学和个性化学习等新型教学模式,提高学习者的学习效率和学习效果,强化整个社会教育体系的效能效力。这将理性地推进人工智能与教育的共存共生,推动教育变革健康有序地进行和促进人类社会可持续发展。

[参考文献]

- [1] Amidon, E. J., & Hough, J. J. (1967). *Interaction analysis: Theory, research and application* [M]. Massachusetts: Addison - Wesley Publishing Company.
- [2] Anderson, A., Huttenlocher, D. P., Kleinberg, J. M., & Leskovec, J. (2014). *Engaging with massive online courses* [J]. arXiv: Social and Information Networks.
- [3] Baker, R., & Siemens, G. (2014). *Educational data mining and learning analytics* [C]. In Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. London: Cambridge University Press.
- [4] Brucher, L., & Cravatte, S. (2015). *Education challenges and the technological learning process* [C]. In G. Kloes, J. Vanoverschelde & P. Martlno (Eds.), *Inside magazine Special Edition - Public Sector*.
- [5] 陈鹏宇,冯晓英,孙洪涛,陈丽(2015). 在线学习环境中学习行为对知识建构的影响[J]. 中国电化教育,(8): 59-63
- [6] 陈伟宏,安吉尧,李仁发,李万里(2017). 深度学习认知计算综述[J]. 自动化学报,43(11), 1886-1897
- [7] 程薇,凡正成,陈枕,庄榕霞,黄荣怀(2019). 重溯技术与学习关系之争:整合元分析的发现. 电化教育研究,40(6), 35-42
- [8] 崔中良,王慧莉(2019). 人工智能研究中实现人机交互的哲学基础:从梅洛·庞蒂融合社交式的他心直接感知探讨[J]. 西安交通大学学报(社会科学版),39(1): 130-137.
- [9] de Figueiredo, A. D. (2005). *Learning contexts: A blueprint for research* [J]. *Interactive educational multimedia: IEM*, (11): 127-139.
- [10] 董奇(2018). 应对教育变革重大挑战 创新教育研究资助体系 推动多学科交叉研究[J]. 中国高等教育(12): 12-14
- [11] 杜静,黄荣怀,李政璇,周伟,田阳(2019). 智能教育时代下人工智能伦理的内涵与建构原则[J]. 电化教育研究,40(7): 21-29
- [12] 方海光,高辰柱,陈佳(2012). 改进型弗兰德互动分析系统及其应用[J]. 中国电化教育,(10): 109-113
- [13] Flanders, N. A. (1963). *Intent, action and feedback: A preparation for teaching* [J]. *Journal of Teacher Education*, 14(3): 251-260
- [14] Fletcher-Flinn, C. M., & Gravatt, B. (1995). *The efficacy of computer assisted instruction (CAI): A meta-analysis* [J]. *Journal of educational computing research*, 12(3): 219-241
- [15] 顾小清,王炜(2004). 支持教师专业发展的课堂分析技术新探索[J]. 中国电化教育(7): 18-21
- [16] 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[A/OL]. from http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm
- [17] 何克抗(1997a). 建构主义:革新传统教学的理论基础(上). 电化教育研究,(3): 3-9
- [18] 何克抗(1997b). 建构主义:革新传统教学的理论基础(中)[J]. 电化教育研究,(04): 25-27
- [19] 何克抗(1998). 建构主义:革新传统教学的理论基础(下)[J]. 电化教育研究,(1): 30-32
- [20] 何克抗(2014). 从“翻转课堂”的本质,看“翻转课堂”在我国的未来发展[J]. 电化教育研究,35(7): 5-16
- [21] 何克抗(2018). 深度学习:网络时代学习方式的变革[J]. 教育研究,39(5): 111-115
- [22] 核心素养研究课题组(2016). 中国学生发展核心素养[J]. 中国教育学刊,(10), 1-3
- [23] 贺平,武法提(2006). 论学习环境设计的理论基础[J]. 现代教育技术,(6): 36-39
- [24] 胡耀宗,刘志敏(2019). 从多渠道筹集到现代教育财政制度:中国教育财政制度改革40年[J]. 清华大学教育研究,40(1): 111-120
- [25] 黄璐,朱一鹤,陈丽,郑永和(2019). 科学基金资助F0701的科学计量分析[J]. 科学学研究,37(6): 977-985
- [26] 黄荣怀,陈庚,张进宝,陈鹏,李松(2010). 关于技术促进学习的五定律[J]. 开放教育研究,16(1): 11-19
- [27] 黄荣怀,杨俊锋,胡永斌(2012). 从数字学习环境到智慧学习环境:学习环境的变革与趋势[J]. 开放教育研究,18(1): 75-84
- [28] 黄荣怀,杜静(2017). 面向新一代学习者的教育教学创新路径探究[J]. 中国教育学刊,(9): 29-33

- [29] 黄荣怀, 刘德建, 方海光, 吴淑苹, 庄榕霞, 焦艳丽, 杨明洋(2017a). 2016 中国智慧学习环境白皮书 [R]. 北京: 北京师范大学智慧学习研究院.
- [30] 黄荣怀, 刘德建, 焦艳丽, 李冀红, 曾海军, 庄榕霞, 吴秀菡(2017b). 2017 互联网教育服务产业研究报告 [R]. 北京: 互联网智能技术及应用国家工程实验室.
- [31] 黄荣怀, 刘德建, 刘晓琳, 徐晶晶(2017c). 互联网促进教育变革的基本格局 [J]. 中国电化教育, (1): 7-16
- [32] 康叶钦(2014). 在线教育的“后 MOOC 时代”: SPOC 解析 [J]. 清华大学教育研究, 35(1): 85-93
- [33] 李令青, 韩笑, 辛涛, 刘彦楼(2019). 认知诊断评价在个性化学习中的功能与价值 [J]. 中国考试, (1): 40-44
- [34] 李艳燕, 马韶茜, 黄荣怀(2012). 学习分析技术: 服务学习过程设计和优化 [J]. 开放教育研究, 18(5): 18-24
- [35] 刘黄玲子, 朱伶俐, 陈义勤, 黄荣怀(2005). 基于交互分析的协同知识建构的研究 [J]. 开放教育研究, (2): 31-37
- [36] 刘洪, 陈恩红, 朱天宇, 黄振亚, 吴润泽, 苏喻, 胡国平(2018). 面向在线智慧学习的教育数据挖掘技术研究 [J]. 模式识别与人工智能, 31(1): 77-90
- [37] 毛刚, 周跃良(2019). 学习者习惯性行为中的元认知投入水平计算研究 [J]. 电化教育研究, 40(6): 68-75
- [38] 宁虹, 武金红(2003). 建立数量结构与意义理解的联系: 弗兰德互动分析技术的改进运用 [J]. 教育研究, (5): 23-27
- [39] Lang, C., Siemens, G., Wise, A., & Ga? evi?, D. (2017). Handbook of learning analytics [M]. Austin: Society for Learning Analytics Research.
- [40] Marc, 胡智标, 王凯(2009). 数字土著 数字移民 [J]. 远程教育杂志, 17(2): 48-50
- [41] Pei, J., Deng, L., Song, S., Zhao, M., Zhang, Y., & Wu, S. (2019). Towards artificial general intelligence with hybrid Tianjic chip architecture [J]. Nature, 572(7767): 106
- [42] Pianta, R. C., La Paro, K. M., & Hamre, B. K. (2008). Classroom assessment scoring system: Manual K-3 [M]. Paul H Brookes Publishing.
- [43] Ramsden, P. (1984). The context of learning [J]. The experience of learning: 144-164.
- [44] 施巍松, 孙辉, 曹杰, 张权, 刘伟(2017). 边缘计算: 万物互联时代新型计算模型 [J]. 计算机研究与发展, 54(5): 907-924
- [45] Sottolare, R. A., Brawner, K. W., Goldberg, B. S., & Holden, H. K. (2012). The generalized intelligent framework for tutoring (GIFT) [J]. Orlando, FL: US Army Research Laboratory--Human Research & Engineering Directorate (ARL-HRED)
- [46] Stone, P., Brooks, R., Brynjolfsson, E., Calo, R., Etzioni, O., & Hager, G. (2016). Artificial intelligence and life in 2030 [R]. One hundred year study on artificial intelligence: Report of the 2015-2016 Study Panel. Stanford University, Stanford, CA, <http://ai100.stanford.edu/2016-report>. Accessed: September, 6
- [47] Tatsuoaka, K. K. (1995). Architecture of knowledge structures and cognitive diagnosis: A statistical pattern recognition and classification approach [J]. Cognitively diagnostic assessment: 327-359
- [48] UNESCO (2015a). Education 2030: Incheon declaration: Towards inclusive and equitable quality education and lifelong learning for all [M]. UNESCO Institut for Longlife Learning.
- [49] UNESCO (2015b). Rethinking education. Towards a global common good [M]. UNESCO.
- [50] 王亚鹏, 董奇(2010). 基于脑的教育: 神经科学研究对教育的启示 [J]. 教育研究, 31(11): 42-46
- [51] 魏屹东, 裴利芳(2009). 论情境化潜意识表征: 评德雷福斯的无表征智能理论 [J]. 科学技术与辩证法, 26(2), 1-7
- [52] 武法提, 黄石华, 殷宝媛(2018). 场景化: 学习服务设计的新思路 [J]. 电化教育研究, 39(12): 63-69
- [53] 新华网(2019). 习近平向国际人工智能与教育大会致贺信 [A/OL]. from http://www.xinhuanet.com/politics/2019-05/16/c_1124502111.htm.
- [54] 许高攀, 曾文华, 黄翠兰(2009). 智能教学系统研究综述 [J]. 计算机应用研究, 26(11): 4019-4022.
- [55] 学堂在线. (2018). 学堂在线五周年大数据发布 [A/OL]. from <https://s.eqxii.cn/s/2ebeuLu8?eqrcode=1>.
- [56] 杨俊锋, 龚朝花, 余慧菊, Kinshuk(2015). 智慧学习环境的研究热点和发展趋势: 对话 ET&S 主编 Kinshuk (金沙克) 教授 [J]. 电化教育研究, 36(5): 85-88.
- [57] 杨开城(2000). 建构主义学习环境的设计原则 [J]. 中国电化教育, (4): 14-18.
- [58] 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.
- [59] 张慧, 黄荣怀, 李冀红, 尹霞雨(2019). 规划人工智能时代的教育: 引领与跨越: 解读国际人工智能与教育大会成果文件《北京共识》 [J]. 现代远程教育研究, 31(3): 3-11.
- [60] 郑旭东(2018). 智慧教育 2.0: 教育信息化 2.0 视域下的教育新生态: 《教育信息化 2.0 行动计划》解读之二 [J]. 远程教育杂志, 36(4): 11-19.
- [61] 曾毅, 刘成林, 谭铁牛(2016). 类脑智能研究的回顾与展望 [J]. 计算机学报, 39(1): 212-222.
- [62] 中共中央, 国务院(2019). 中共中央、国务院印发《中国教育现代化 2035》 [A/OL]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s6052/moe_838/201902/t20190223_370857.html.
- [63] 中商产业研究院(2018). 2018 年 K12 课后辅导市场前景研究报告 [R]. 深圳: 中商产业研究院.
- [64] 钟登华(2019). 深入推进教育信息化 2.0 发展更加公平更有质量的教育 [J]. 中国教育信息化, (11): 1-7.
- [65] 钟绍春(2019). 人工智能支持智慧学习的方向与途径 [J]. 中国电化教育, (7): 8-13.
- [66] 祝智庭, 管珏琪(2013). “网络学习空间人人通”建设框架 [J]. 中国电化教育, (10): 1-7.
- [67] 庄榕霞, 方海光, 张颖, 谢春荣, 黄荣怀(2017). 城市典型场域学习环境的发展特征分析 [J]. 电化教育研究, 38(2): 82-90.

(编辑: 徐辉富)

Computing Issues of Cognition, Instructional Behavior, and Learning Environment for Intelligent Education

HUANG Ronghuai^{1,2}, ZHOU Wei^{1,2}, DU Jing^{1,2}, SUN Feipeng^{1,2},
WANG Huanhuan^{1,2}, ZENG Haijun^{1,2} & LIU Dejian^{1,2}

- (1. *Smart Learning Institute, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;*
2. *Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)*

Abstract: *Intelligent technology, with the core of artificial intelligence, is transforming the whole society. The intelligent age with the features of human-machine coordination, cross-border integration, and co-creation is approaching. And the education system is expected to change systematically, evolving toward intelligent education. This paper starts with a discussion of the significant impacts of intelligent technology on education. These impacts include: 1) The new round of scientific and technological revolution and the goals of global sustainable development are strengthening the needs for reform of education (the needs of educational reform); 2) Social informatization is forcing classroom teaching to reform itself; 3) Intelligent technology is expected to solve the dilemma of the reform of classroom teaching; 4) An agreement is being reached that intelligent education is a basic feature of future education. Based on the comprehensive analysis of the main challenges to be solved and the critical features of intelligent education, we proposed three basic computing problems of intelligent education, including cognitive computing, behavioral computing, and environmental computing. Then we deeply analyzed the origin and issues in the fields of cognitive computing for the improvement of learning performance, behavioral computing for the reconstruction of teaching and learning process, and environmental computing for the learning environment optimization. Finally, we proposed a conceptual model of "computational education" that integrating cognitive computing, behavioral computing, and environmental computing. We expect to see more comprehensive and deep research on the fundamental computing problems of intelligent education. We also encourage scholars to advance the coexistence of artificial intelligence and education rationally. In this way, we can accelerate educational reform in a healthy and orderly manner, and facilitate our society to proceed sustainably.*

Key words: *intelligent education; cognitive computing; behavioral computing; environmental computing; computational pedagogy; artificial intelligence*