

基于教学过程感知的行为计算

黄荣怀¹, 高博俊¹, 王欢欢¹, 徐晶晶², 杜静¹

(1.北京师范大学 互联网教育智能技术及应用国家工程实验室, 北京 100875;

2.陕西师范大学 现代教学技术教育部重点实验室, 陕西 西安 710062)

[摘要] 从教与学的行为数据中洞察教与学的行为规律,打破现有的以经验为主、人工分析课堂教学行为,转为以大数据为支撑的智能化教学行为计算,已成为智能时代教学行为分析的重要趋势。研究从教与学行为的视角切入,梳理传统课堂教学行为分析到广义学习行为分析的历程,结合行为计算,提出教学行为可计算的概念,构建教学行为计算的通用框架,并梳理学习者与参与者、学习者与环境、参与者与学习成就、学习环境与学习成就四个研究方向。大规模教学行为数据的获取、表征、挖掘和呈现,将为实践教学提供指导,助力智能时代新型教学模式和教学过程的构建。

[关键词] 教学行为; 教学行为计算; 智能教育; 教学过程

[中图分类号] G434

[文献标志码] A

[作者简介] 黄荣怀(1965—),男,湖南益阳人。教授,博士,主要从事智慧学习环境、教育信息化、协作学习等研究。

E-mail: huangrh@bnu.edu.cn。高博俊为通讯作者, E-mail: gaobojun@mail.bnu.edu.cn。

一、引言

智能技术的飞速发展正在潜移默化地改变现有的教学环境、教学模式和教育制度,严谨的决策论证、信服的评判依据逐渐成为从教育信息化迈向教育现代化的全新诉求^[1]。从教与学的本质属性来看,教师与学生在教学活动中是相互依存的,教学永远是教和学的统一活动^[2],教和学的交互需要依赖对双方行为的客观判断,从而使行为数据的分析显得越来越重要。从常规课堂教学的过程来看,传统的教学设计依赖经验本位的主观判断进行教学媒体、教学策略和教学评价设计,缺乏依据课堂教与学的行为数据分析而得到的客观依据。从拓展的教学情境看,在线学习作为互联网与教育融合的重要产物,远程学习中的学习支持与服务同样需要基于对教与学行为数据的分析、诊断、预测和干预,从而精准判断学生的学习状态,为教师及时转变教学策略以提高在线教育质量提供数据支撑。

作为大数据分析的重要发展方向,计算行为科学

是联结数据计算和教学行为研究的桥梁。计算行为科学与教育结合为教与学活动分析提供了一种可行路径,使重构和优化教学过程成为可能^[3]。由此,数据成为撬动整个教育系统变革和教学过程重构的关键因素。随着信息存储技术效率的提高、数据传输取得的历史性突破、大规模并行计算对数据处理速度的提升^[4],教育研究逐渐从经验主义走向数据密集型的研究。从教与学的行为数据集中洞察教学行为规律,通过教学行为计算对课堂教学行为进行深度分析,打破现有以经验为主的、传统的人工分析课堂行为模式,转为以大数据为支撑的智能化教学行为计算,已成为一种重要的发展趋势。

二、教与学行为研究的历史演变

较为系统的行为研究始于二十世纪二三十年代,一批心理学家(如桑代克、斯金纳)从研究动物的行为开始,探索行为与结果之间的联系,尽管他们一直在研究人类的行为,但并没有用客观的工具来量化人的行为。教育学研究者虽然热衷于探索教与学的行为,

但仍难以实现对学习行为的精准化识别并给予个性化的指导。对教与学行为的研究大致可分为传统课堂教学行为分析阶段和广义学习行为分析阶段。

传统课堂教学行为分析阶段始于二十世纪六七十年代。随着行为研究的不断深入,教育学者逐渐关注教学过程对学习成就的影响,形成一批较有影响力的课堂教学行为分析方法。1970年,美国学者弗兰德斯提出了弗兰德斯互动分析系统,将课堂上师生的言语行为划分为教师言语、学生言语和沉寂或混乱三类,共计10种编码^[5]。早期的S-T分析法,通过现场观察或回看教学过程录像,划分学生行为(S)和教师行为(T),计算教师行为所占比例 R_t 和师生行为转化率 Ch ,最后通过绘制 R_t-Ch 图来确定课堂教学模式,反映课堂结构、教师风格和课堂情感氛围等信息,进而指导和改进教学^[6]。国内许多学者从不同角度演化出多种版本,如改进编码过程、细化分析项目属性特别是沉寂行为、构造面向数字化学习环境或是基于教学活动理论的分析框架^[7-10]。弗兰德斯互动分析系统为教学活动分析提供了量化可操作的方法,但其将课堂教学过程编码为10类行为,容易造成分析对象过于笼统,且不能细化深入分析;而我国学者的改编虽然细化了很多行为类目,但编码数量也近乎增长了一倍,不仅加重了分析编码时的负担,而且人工编码仍存在误差较大的问题。

广义学习行为分析阶段源自大数据概念的兴起。基于教育大数据的学习行为分析催生出学习分析技术,并将其推向研究的前沿。2011年,美国新媒体联盟(NMC)首次在《地平线报告》中提出学习分析将成为影响未来教育变革的新兴技术^[11]。学习分析技术旨在运用已有的算法和模型深度理解学习者的学习过程和行为,进而对教学进行评估、预测和干预^[12]。顾小清团队提出在线学习行为分析模型,分别从数据、机制、结果三个层面进行探讨,并建立及时反馈和预测机制,通过结果可视化便于教师、家长和管理层实施教学干预^[13]。武法提团队构建数字化学习环境下个性化学习行为分析模型,对学习者的个人特征数据、社交网络数据、身体数据、课程数据、学习环境数据等进行数据挖掘和可视化,通过个性化和自适应引擎调整和反馈学习状态^[14]。以上两种分析方法与传统课堂教学行为分析的不同之处主要体现在:第一,分析颗粒度越来越细,分析结果越来越精准;第二,编码方式从人工的和非实时的转变为自动化的和实时的,在减少教师工作量的同时,提升了分析结果的稳定性和准确性;第三,分析对象从类型单一且小规模的数据转变

为多模态且海量的数据;第四,分析深度从仅仅识别行为的浅层外显特征到深入理解行为的模式、演变规律,并推测行为背后的动机等内在意义;第五,分析的重点从“教”转到了“学”。

三、技术与情境拓展呼唤教学行为的计算

技术发展正在或迟或早地推动教学理念、教学方式以及教学过程等的革新。技术在潜移默化地影响教育、教学方式,改变教育、教学过程。投影技术的出现使得幻灯教学得以普及,电影技术拉开了视觉教育运动的帷幕,留声唱片机和无线电广播的兴起开启了视听教学的新领域,电子计算机的发明推动了计算机辅助教学时代的来临,慕课的大规模兴起掀起了翻转课堂的热潮等。随着智能时代的来临,诸多新兴技术呈指数形式发展^[15]。如5G技术不仅是网络带宽的增长和延时的降低,伴随虚拟现实与增强现实技术的发展,全息投影也成为可能,国内已有成功案例将优秀教师的课堂现场实时投影到教育资源不均衡的地区,实现“双师”课堂。与此同时,5G技术也极大提升了原有的运算存储速度,可以连接千百亿数量级的物理设备,为物联网的发展提供了强有力的支持,为教与学过程的计算和处理奠定了基础。再如语音识别技术的快速发展为言语类行为的分析与计算提供了助力。因此,技术的发展和成熟使得对多模态、大规模数据的分析和深层理解成为可能。

随着技术逐步融入学校,教与学情境也日趋多元化,学校的边界日趋模糊。多样化的教与学情境带来了大规模、多模态、复杂的教与学行为数据,如何通过对数据的分析和计算来理解教与学行为背后的深层次含义已成为迫切需求。然而,传统的课堂教学行为分析和广义的学习行为分析由于其数据组织形式和处理手段的局限,大多只关注行为的外显特征,难以挖掘行为背后的驱动因素、生命周期等,在深度理解行为方面存在一定困难,无法满足智能时代精准教学的需求。盛行的课外辅导及其对新型教学模式的灵活应用正在倒逼学校课堂教学进行改革^[3],也亟待新型教学行为研究模式的出现。教与学情境的演化期待更智能的教学行为分析,其基础就是教学行为计算。

四、教学行为计算的内涵

(一) 教学行为

教学行为是具体的可操作的行动方式,是教师的教学理念、专业知识、专业情意、实践智慧等内隐素质

的凝聚和外显,教学行为的主体是教师^[6]。学习行为是学习者在某种动机指引下为获得某种特定学习结果而选择各种各样的手段去实现学习结果的活动的总和^[7]。单一从教师教学和学生学习的视角诠释教与学的行为,都难以支持多情境与多场域的教学分析和教学互动诉求。在教学实践中,教与学无法割裂,因此,研究教学行为既应包括教和学的行为,更应关注教与学交互的行为。正如《教育大辞典》中对教学行为的界定,教学行为是指教学过程中,为达到一定的教学目的,教师和学生所采取的行为^[8],不仅包括教师与学生之间的相互作用、学生之间的相互作用,还包括教师、学生与整个教学环境的相互作用。

(二)教学行为计算

教学行为计算的概念可追溯到宾夕法尼亚大学计算行为科学实验室对于计算行为研究的界定:使用行为实验和计算建模来研究人们如何思考、判断和决定^[9]。该领域聚焦行为计算,主要通过行为数据的获取、表征、挖掘,实现深度理解和发现行为智能,最终支持决策,并服务于应用和管理行为^[20]。依据教学行为和行为计算的概念,教学行为计算可被认为是通过对信息技术支持的教与学过程中,师生行为、师生互动以及师生与环境交互等数据进行获取、表征、挖掘,发现教学行为的特征及规律,深度理解教学过程,既有效服务于教学设计、组织、管理、评价,又能支撑学习资源的精准推送和智能教学系统的研发与部署。教学行为计算不但要计算稳定的习惯性行为,还要关注偶发性的异常行为,异常行为的出现预示特殊的教与学状态,需要教师及时的关注与反馈。

教学行为计算以教学行为为中心组织数据,依据行为的多维度属性进行数据建模,深度理解行为的模式、驱动因素、发展机制和潜在影响,通过对大规模实时数据的采集、处理和分析,为实践教学提供指导,优

化教学活动的设计与实施,助力智能时代新型教学模式和学习过程的构建。

五、教学行为计算的逻辑模型

在大数据兴起的背景下,为更好地支持教学行为分析,提出教学行为计算的通用框架。该框架建立在一般行为计算^[21]过程的基础上,主要包含三个部分:从与教学行为相关的应用和领域中获取数据;教学行为的表征与推断、行为数据的挖掘与分析;计算结果的呈现与应用,如图1所示。

(一)数据获取

从与教学行为相关的应用和领域中获取数据,涉及教学行为发生的几个重要情境,如课堂教学、有组织的自学和协作探究学习等。数据主要来源于物理环境和虚拟环境。在物理环境中,师生的言语、动作、沉寂等行为产生了多样的数据,可通过脑电、眼动等可穿戴设备、智能摄像头等智能终端进行捕捉抓取。在虚拟环境中,对于问题解答、信息浏览、加工、发布、交流等行为数据^[21],可通过在线学习管理系统、智能教学系统、社交平台等获取。随后,对获取的数据进行预处理和存储。预处理包括数据清洗和数据集成。数据清洗包括处理噪声数据、无关数据和缺失值等^[22],确保数据的有效性。数据集成是将不同来源和形式的数据,根据其相关性,按照学习者与参与者、学习者与环境、参与者与环境三个大类进行集成。存储环节是将集成后的教学行为数据按照数据在结构上的特点(结构化数据、半结构化数据和非结构化数据)进行存储,为后续的计算分析做准备。

(二)教学行为的表征与推断、行为数据的挖掘与分析

教学行为的表征与推断、行为数据的挖掘与分析这两个模块是彼此关联、相互作用的,实现了数据分

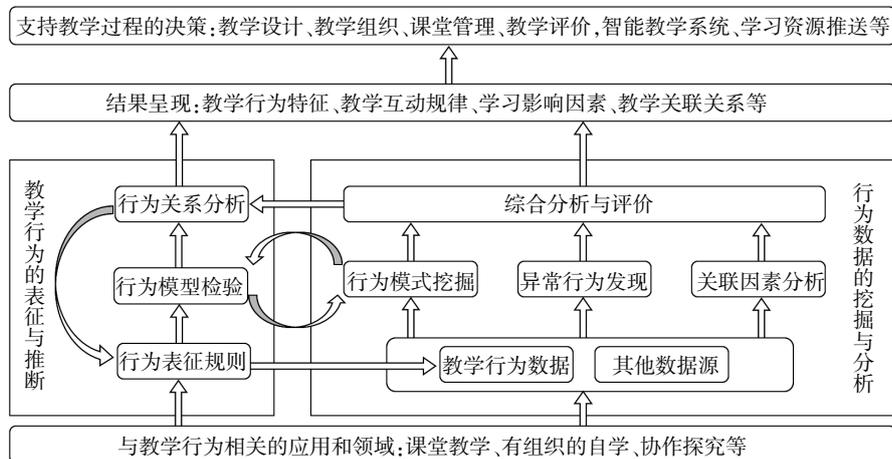


图1 教学行为计算通用框架

析教学的深度融合,也体现出对教学过程的深度“感知”。“感”强调对外界环境和内在心理所能感知的信息及数据的接收。行为数据的挖掘与分析中涉及数据挖掘与处理的步骤,可以广义地理解为信息捕获、数据转换及处理的过程,即为“感”。“知”倾向于对感觉到的信息进行有组织的加工处理,实现对其的理解。在教学行为计算通用框架中,通过教学行为的表征和推断,结合相应的教育教学理论,可以更加深入阐释和理解行为,即为“知”。在此过程中,先根据一定的教学理论和经验创建行为表征规则,指导教学行为的描述,即教学行为的元表征,包括描述行为的操作主体、作用对象、目标、时间、环境、影响等。在不同的教学情境下,表征方法会有所不同。在课堂教学情境下,教师的言语可表述为:李老师在上课一开始对全班同学进行了关于求解一元二次方程方法的提问,目的在于唤醒同学们对该知识点的记忆,在老师提问后,班级同学给予了积极回应。这种行为表征方法是教学行为计算区别于传统教学行为分析方法的关键,通过细化行为的属性标签,使得对行为的深度理解成为可能。

对于从各种传感设备和学习管理系统中捕获到的数据,依据特定的标准,如弗兰德斯互动分析系统和S-T分析法等,划分为教学行为数据和其他数据源。随后,通过行为模式挖掘、异常行为发现、关联因素分析等步骤处理。行为模式挖掘旨在从海量的教学行为数据中发现行为间存在的模式和隐藏在内部的关系,与行为模型核查存在相互检验的关系。行为模型根据挖掘的结果进行核查和优化,以便使行为表征更加准确和全面。异常行为发现是指识别在教学过程中发生的偏离大概率事件的偶发行为,如频繁点击教学系统中某个按钮、频繁进出教室等行为。关联因素分析包含两个方面:其一是促使行为发生的因素;其二是行为发生后造成的影响,根据分析结果进一步解释不同类型教育教学社群的形成和演化的状态与规律。以上行为数据的挖掘与分析常用到聚类分析、分类分析、回归分析、路径分析、时间序列分析和语义分析等。常用的数据挖掘算法有Random Forrest、深度神经网络、SVM和Bayes Belief Network等。

使用数据挖掘与分析的结果进行综合分析评价。例如:教师教的行为、师生互动、同伴互动、学生与环境互动对学习过程和结果的影响;判断教学行为模式对学习结果的促进作用、潜在风险和成本效益等。根据综合分析和评价的量化结果指导行为关系的质性分析,包含对行为间的关系描述和推断。例如:发现

学习者多次中途无故退出学习系统,则推断学习者可能出现辍学的行为,此时,教师应及时进行有针对性的教学干预。行为关系分析的结论又会用于支持行为表征规则的修正和优化。

(三)计算结果的呈现与应用

通过计算和分析将产生的教学行为特征、教学互动规律、学习影响因素等结果以可视化方式共享给各相关方。依据教育教学中各相关方的需要,使用表格和图示等方式来呈现和报告从数据挖掘中得到的行为的动态、关系、模式、网络和规律,帮助相关人员更加深入地理解教学行为的生命周期及其影响的传导机制,从而理解教学过程。典型的任务包括行为过程可视化、行为网络关系可视化和行为序列可视化等。利用计算和推理的结果支持教学设计、教学组织、课堂管理、教学评价等教育教学管理与决策,同时,也为智能教学系统、学习资源推送系统等提供支持服务。

以上各部分除了依据客观的数据和严谨的计算分析之外,还依赖教学理论、行为科学理论、计算机理论和数据科学等多学科理论的指导,为教学行为数据模型的构造和核查提供依据,为数据分析和挖掘提供切入点,为行为理解提供佐证,为教学决策的优化提供理论支撑。基于教学过程感知的行为计算使新的教育生态以数据驱动为特征,向个性化教学变革。通过捕捉整个教育生态中以学习者为中心,多方参与者的全流程、多模态的数据,整合应用多种计算分析技术,从而识别、诊断、预测和干预教育教学中的问题,支持主动、实时、动态地调整教学活动,如规划学习路径、配置学习资源,支持个性化的教学和管理,促进传统班级授课向个性化学习和差异化教学转变,推动教育从标准化供应走向个性化服务,优化教学过程,提高教学质量。

六、教学行为计算的四个主要研究方向

教学行为计算研究的核心是各种教学交互行为及其影响,教学交互是在学习活动中,学习者为了对知识进行正确的意义建构,与学习环境之间的相互交流和相互作用^[23],其内涵为发生在学习者、参与者和学习环境之间的活动,如图2所示。按照抽象程度的差别,教学交互分为不同的层次,交互的层次和质量对学习过程和结果均有重要影响,是考量教学效果的重要指标^[24]。随着学习环境形态的演进,技术对教学互动的支持手段越来越丰富。对交互本身及交互涉及的各项因素之于学习成就的影响相关问题的关注、应用和研究也越来越广泛。

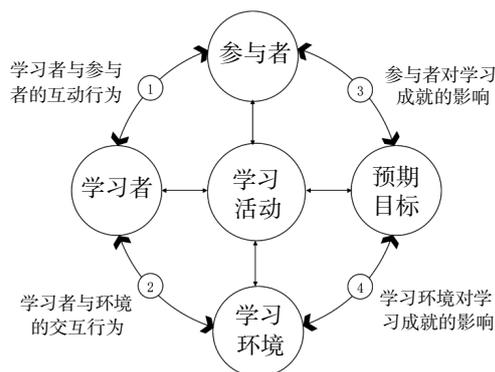


图2 教学行为计算的核心和四个研究方向

(一)学习者与参与者的互动行为研究

学习者与参与者的互动可以激活学习者内部的多种机制,最终促使学习发生并取得学习成就,是行为计算的重要研究领域,主要包含学习者与教师、学习者与同伴间的互动。典型的研究主题包括构建分析工具、探索互动过程的特征、发现互动行为的类型和模式、评价互动效果、探索影响互动的因素、解释互动的动力机制、构建课堂互动理论和对未来发展趋势的探讨等八类^[25-26]。围绕着上述研究主题,定量研究方法、定性研究方法和混合型研究方法被广泛使用。研究的结果被用于理解学习者与参与者的行为和其中的情感、思维,识别课堂互动和其他课堂结构要素之间的关系,评估教学效果,发现教学的普遍规律,优化课堂互动模式,最终提升教学效果。

基于对已有研究问题的分析,我们认为,未来的研究将包含学习者在线互动行为数据库的建立,从而加强对互动中隐性和深度信息的分析。研究样本的选取应该均衡、合理,分析尽可能建立在海量数据的基础上^[27],在不同学科教学的情境中进行分析,增加对跨时空互动的动态分析和比较研究。此外,还可以分析学习者行为的变化趋势,增强结论的可靠性。同时,注意采用多种方法和工具进行研究^[28]。

(二)学习者与环境的交互行为研究

学习者与学习环境的有效交互能够拓展学习经验、建构知识、提升学习效果。该方向的研究聚焦五大主题,包括交互分析框架和流程的构建、学习环境的开发、理论框架研究、学习者和环境交互的特征及影响因素研究、学习者的情感和心过程研究^[29-33]。上述研究使用的研究方法有内容分析法、相关分析法、分类分析法、聚类分析法和案例研究法等。交互分析结果可以用来发现学习环境中学习行为模式的差异性和相似性,推测不同环境中的学习习惯,为学习过程涉及的相关方提供参考,为教学干预提供依据,实现个性化学习。

基于已有的研究问题,未来交互学习环境的开发和研究应考虑以下四个方面:(1)从系统观视角看,以学习者为中心,关注学习者、学习环境和参与者的多方互动,从而使学习与教师和学生无缝衔接;(2)从技术视角看,进一步增强语音和图像识别精度,聚焦这类技术在特定学习环境中的情境化处理,支持多模态交互,降低认知负荷;(3)从教学视角看,应更加注重学习者在交互环境中切实的学习效果,确保学生的活动和学习概念的一致性;(4)从研究视角看,应扩大数据规模,从而增强研究结论的信度和效度。

(三)参与者对学习成就的影响研究

人际互动对学习绩效具有显著影响,而这种影响也是评价参与者与学习者互动效果、衡量互动是否成功的重要着眼点。该方向主要的研究主题包括:不同类型的参与者对学习成就的影响、与参与者的互动对学习成就的影响、互动对学习成就的细分领域的影响以及对不同因素如何影响学习成就各细分领域的综合建模研究^[34]。上述研究主题常用的研究方法有观察法、问卷法、实验法、准实验法和统计分析法。参与者对学习成就的影响研究能够明确参与者如何影响学习,以及他们具体影响学习的哪些方面和影响程度,从而引导教师更有效地与学生互动,帮助教师设计有效促进学习的同伴互动。

考虑到参与者对学习影响所呈现出的复杂性,建议研究者可以关注学习者和参与者关系内涵和外延的复杂性和多元性,考虑参与者对学习影响的各类中介性因素,采用多元研究范式,在不同类型的环境中进行研究。着力于从实际教学过程或者互动过程中产生的真实问题,关注微观的、深层的教学互动问题,扩大数据规模,从而进行深入研究。

(四)学习环境对学习成就的影响研究

丰富的交互环境有助于学习者进行有效的交流并影响学习。该方向典型的研究主题包括:学习者对学习环境的感知与学习成就的关系研究、学习环境中的不同因素对学习成就的影响及其建模研究、不同类型学习环境影响的比较研究^[35-36]。主要涉及的研究方法有实验法、问卷法、观察法以及综合使用多种方法的混合型研究。研究的结果能够指明学习环境中的哪些因素以何种方式影响学习成就,从而支持学习环境的创建和优化、教师对教学活动的安排以及学校对学习环境的管理。

在学习环境的创建和优化方面,在构建技术支撑的复杂性学习环境时要重视教学设计和教学策略的使用,构建虚实结合的学习共同体,注意对教师转化

角色的支持,为学习者提供良好的学习体验。同时,智能学习环境提供给学习者的支持要与学习者的个性特征相适应。在研究内容方面,除了关注学习环境对认知领域学习成就的影响外,还要注重考察学习环境对学习者的情感等多维度的影响,深入探索潜在的中介性因素对学习环境和学习成就之间的影响协调机制,通过延长研究周期和扩大数据规模来增加结论的可靠性。

七、结 语

与教学行为计算相关的研究在取得突出成果的同时,仍存在以下五个方面的问题:第一,对于教学互动行为相关的基本概念、理论基础和评价标准,学界

尚未完全达成共识,没有形成统一的理论体系;第二,构建互动分析模型的研究较多,而验证模型的可操作性和可推广性的研究较少;第三,当前对教与学行为的分析多集中在对参与者之间互动的显性分析,对深度互动的挖掘不够;第四,多数研究样本抽样不够全面、总量偏小、实验周期较短,所得出的结论可推广性和解释力有限;第五,数据分析的工具和手段有待进一步多样化,当前国内运用质性工具系统化研究互动分析的较少。对于教学行为研究和行为计算对教育过程的重塑潜力以及当前研究中仍然存在的问题和挑战,特别是教学行为计算的四个研究方向涉及的研究主题,我们将进一步展开研究和实践工作。

[参考文献]

- [1] 郁晓华,顾小清.学习活动流:一个学习分析的行为模型[J].远程教育杂志,2013,31(4):20-28.
- [2] 王策三.教学论稿[M].2版.北京:人民教育出版社,2005:87.
- [3] 黄荣怀,周伟,杜静,孙飞鹏,王欢欢,曾海军,刘德建.面向智能教育的三个基本计算问题[J].开放教育研究,2019,25(5):11-22.
- [4] 胡钦太,张晓梅.教育信息化2.0的内涵解读、思维模式和系统性变革[J].现代远程教育研究,2018(6):12-20.
- [5] FLANDERS N. Analyzing teacher behavior[M].MA:Addison-Wesley,1970:107.
- [6] 傅德荣,章慧敏,刘清堂.教育信息处理[M].2版.北京:北京师范大学出版社,2011.
- [7] 顾小清,王炜.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,2004(7):18-21.
- [8] 方海光,高辰柱,陈佳.改进型弗兰德斯互动分析系统及其应用[J].中国电化教育,2012(10):109-113.
- [9] 谢幼如,王芹磊,彭丽丽,李冠杰.精品视频公开课的教学特征与师生行为研究[J].电化教育研究,2013,34(10):90-96.
- [10] 穆肃,左萍萍.信息化教学环境下课堂教学行为分析方法的研究[J].电化教育研究,2015,36(9):62-69.
- [11] 赵以霞,王鑫,金昆,张鹏.国内大数据环境下学习分析技术研究路径及趋势分析[J].现代教育技术,2019,29(8):34-40.
- [12] 顾小清,刘妍,胡艺龄,等.学习分析技术应用:寻求数据支持的学习改进方案[J].开放教育研究,2016,22(5):34-45.
- [13] 胡艺龄,顾小清,赵春.在线学习行为分析建模及挖掘[J].开放教育研究,2014,20(2):102-110.
- [14] 武法提,牟智佳.基于学习者个性行为分析的学习结果预测框架设计研究[J].中国电化教育,2016(1):41-48.
- [15] CUKUROVA M,LUCKIN R,CLARK-WILSON A. Creating the golden triangle of evidence-informed education technology with EDUCATE[J].British journal of educational technology,2019,50(2):490-504.
- [16] 段作章.论教学行为的内涵与特点[J].教育科学研究,2015(2):27-31.
- [17] 李松林.课堂教学行为分析引论[J].教育理论与实践,2005(7):48-51.
- [18] 顾明远.教育大辞典[M].上海:上海教育出版社,1998:721.
- [19] Computational Behavioral Science Lab. Behavior [EB/OL].(2019-11-03)[2019-11-04].<http://web.sas.upenn.edu/cbs-lab/publications>.
- [20] CAO L, PHILIP S Y. Behavior computing: modeling, analysis, mining and decision[M]. London:Springer,2012:30-32.
- [21] 刘中宇,周晓.行为科学理论指导下的高校大学生网络学习行为研究[J].中国电化教育,2008(5):46-48.
- [22] 王改花,傅钢善.网络学习行为与成绩的预测及学习干预模型的设计[J].中国远程教育,2019(2):39-48.
- [23] 陈丽.术语“教学交互”的本质及其相关概念的辨析[J].中国远程教育,2004(3):12-16.
- [24] 卢婷.智慧学习环境下的教学深度交互研究[D].徐州:江苏师范大学,2017.
- [25] 魏志慧,陈丽,希建华.网络课程教学交互质量评价指标体系的研究[J].开放教育研究,2004,10(6):34-39.
- [26] 谢幼如,宋乃庆,刘鸣.网络课堂协作知识建构的群体动力探究[J].电化教育研究,2009(2):55-58.
- [27] 何克抗.“学习分析技术”在我国的新发展[J].电化教育研究,2016(7):5-13.
- [28] 朱彩凤,柴唤友,周雪,孙晓军.混合学习环境中主动性人格和人际交互与学习绩效的关系研究[J].中国远程教育,2019(8):68-78.
- [29] 何聚厚,黄秀莉,韩广新,等.VR教育游戏学习动机影响因素实证研究[J].电化教育研究,2019(8):70-77.

- [30] 蒋双双,王卫军.协作式在线课程交互设计研究——以“教育传播原理”为例[J].中国远程教育,2018(5):35-44.
- [31] 田阳,陈鹏,黄荣怀,等.面向混合学习的多模态交互分析机制及优化策略[J].电化教育研究,2019(9):67-74.
- [32] MEGAHED M,ASAD A,MOHAMMED A. Data on learners emotional states,mental responses and fuzzy learning flows during interaction with learning environment[J]. Data in brief,2019,25:104378.
- [33] KOKKU R,SUNDARARAJAN S,DEY P,et al. Augmenting classrooms with AI for personalized education [C]//2018 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. Piscataway:IEEE,2018:6976-6980.
- [34] KANG M,IM T. Factors of learner-instructor interaction which predict perceived learning outcomes in online learning environment [J]. Journal of computer assisted learning,2013,29(3):292-301.
- [35] 李洪修,李美莹.基于虚拟现实环境的深度学习模型构建[J].中国电化教育,2019(9):68-73.
- [36] 张屹,祝园,白清玉,李晓艳,朱映辉.智慧教室环境下小学数学课堂教学互动行为特征研究[J].中国电化教育,2016(6):43-48.

Behavioral Computing Based on Perception of Teaching Process

HUANG Ronghuai¹, GAO Bojun¹, WANG Huanhuan¹, XU Jingjing², DU Jing¹

(1.National Engineering Laboratory for Cyberlearning and Intelligent Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875; 2.Key Laboratory of Modern Teaching Technology of Ministry Education, Shaanxi Normal University, Xi'an Shaanxi 710062)

[Abstract] It has become an important trend to analyze teaching behaviors in the intelligent age to discover the behavioral laws of teaching and learning from the behavioral data of teaching and learning, break the existing experience-based, manual analysis of classroom teaching behavior, and turn to intelligent teaching behavior computing supported by big data. From the perspective of teaching and learning behavior, combined with behavior computing, this study combs the history form the traditional classroom teaching behavior analysis to broad learning behavior analysis, proposes the concept of computable teaching behavior and constructs a general framework of teaching behavior computing. Then, this study recommends four research directions of learners and participants, learners and environments, participants and learning achievement, and learning environments and learning achievement. The acquisition, characterization, mining and presentation of large-scale teaching behavior data will provide guidance for practical teaching and help construct new teaching models and teaching processes in the intelligent era.

[Keywords] Teaching Behavior; Teaching Behavior Computing; Intelligent Education; Teaching Process