

• 研究构想(Conceptual Framework) •

混合课堂学生认知投入的多模态量化机制与干预*

田媛 聂昕晓 刘海诺 刘忠健 房敏 张琪

(青少年网络心理与行为教育部重点实验室; 人的发展与心理健康湖北省重点实验室;
华中师范大学心理学院, 武汉 430079)

摘要 认知投入是指学习者的心理努力程度和认知策略应用程度, 是影响混合式教学中学习效果的关键因素, 但以往对学生认知投入的评估存在主观性强、模态单一等问题, 难以明晰混合课堂学生的认知投入水平, 制约混合课堂教学效果的改善。本研究拟结合数学建模、实验室实验与教学追踪实验探究混合课堂认知投入的量化及干预。本研究将建立混合课堂认知投入的多模态量化表征模型以及认知投入提升策略, 形成面向高等教育的混合式教学方案并研制认知投入识别与干预的教研一体化工具, 为实现混合式教学提质增效提供理论与实践支持。

关键词 混合课堂, 认知投入, 多模态测量指标, 干预策略

分类号 B849: G44

1 问题提出

随着互联网与人类生活交互程度的日益加深, 高等教育充分汲取信息技术的庞大优势, 逐渐向数字化与智慧化的方向发展升级。2023年2月, 中共中央国务院印发的《数字中国建设整体布局规划》中明确指出, 在教育领域要加快数字技术创新应用, 大力实施国家教育数字化战略行动。在国家政策与世界教育发展形势的双重推动下, 教育数字化已进入繁荣发展阶段。教育部长怀进鹏指出, “数字技术是提高教育质量的阶梯”, 恰当利用数字技术, 赋能教学方法变革, 能够为教育提质增效提供强大动力。

混合式教学(Blended Teaching)是一种将网络技术融入传统面对面教学并由此催生的一种新型的教学模式(Müller & Mildenerberger, 2021), 被定义为课堂面对面学习体验与在线学习体验的深思熟虑的整合(Garrison & Kanuka, 2004), 可以实现面对面学习与技术中介学习无缝融合(Porter et al.,

2014), 兼具了传统面对面教学的临场感和沉浸感(Jusoff & Khodabandelou, 2009)以及线上学习的灵活性与适应性, 对培养学生的学习能力、人际交往能力及提升学生的学习效果均有显著作用(Bredow et al., 2021)。《教育部关于一流本科课程建设的实施意见》(教高〔2019〕8号)大力推进线上线下混合式一流课程建设, 混合式教学正在发展成为高等教育中的教学方式新常态。通过优化人工智能支持下的混合式教学推动教育创新发展, 是助力实现我国教育数字化转型、智能化升级的关键途径之一。但混合式教学最优化的实现需要有效整合学习资源、学习方法、教学策略、学习活动等要素, 充分发挥教师主导作用并保障学生主体地位。一直以来, 混合教学环境中要素的复杂化与学习环境的多样性为混合式教学效果的提升带来了极大挑战(Lightner & Lightner-Laws, 2016)。从多种要素交互的视角, 开展混合式教学策略优化, 提高学生的认知投入, 是助力混合式教学取得最优效果的关键路径(周媛, 韩彦凤, 2018)。

认知投入(Cognitive Engagement)是指学习者在学习过程中的心理努力以及运用恰当的学习策略来掌握知识或技能的过程(师亚飞等, 2021;

收稿日期: 2024-04-18

* 国家自然科学基金面上项目(62377025), 中央高校基本科研业务费资助项目(CCNU24JCPT033)资助。

通信作者: 田媛, E-mail: tianyan@cnu.edu.cn

Liu et al., 2022), 是影响学生学业成就的重要前因变量(Xie et al., 2020)。作为学习投入的复杂概念下最难获得、对学习效果有最强预测作用的深层次内隐信息(田浩, 武法提, 2022), 如何准确表征学习者的认知投入水平并提出恰当的认知投入提升策略已成为教育科学领域研究者关注的焦点问题。大量相关研究均表明认知投入与学习者在学习过程中的表现及学习效果密切相关(Miller, 2015; Rotgans & Schmidt, 2011; Walker et al., 2006), 且认知投入会受到学习环境、个体等因素的影响, 如教学媒介的使用、教师教学进度、反馈方式等环境因素都会与学习者的个体因素共同作用从而使其认知投入发生波动(卢国庆等, 2021; Appleton et al., 2006)。在混合式教学条件下, 丰富的学习资源与复杂的学习环境会对学习者的认知投入造成影响, 但目前相关研究还较为匮乏。此外, 在认知投入的量化方面, 研究多采用主观回溯报告的方式, 受主观因素和时间滞后影响较大, 难以反映认知投入在不同活动情境下的变化(姜强等, 2018), 教师无法获悉学习者个体及群体的认知投入水平, 极大制约教学效果的针对性改善。因此, 探究混合课堂中学习者的认知投入量化方法及其提升策略对提升混合式教学效果具有重要的理论意义与现实价值。

混合式教学包含线上自学阶段与线下面对面课堂阶段, 线上自学阶段通常由学生自主学习线上资源, 前置知识传授, 面对面课堂阶段则以教师为主导, 学生为主体, 帮助学生完成知识的锻炼、巩固, 实现知识内化(李克东, 赵建华, 2004)。一方面, 实现学习者认知投入的提升必须兼顾自学过程增效与课堂授课优化, 分阶段探讨学习者认知投入的提升策略是必要的。另一方面, 学生学习的知识内容在线上阶段和线下阶段是直接相关的, 线上学习过程及效果将直接影响线下课堂学生的学习过程、学习体验等(刘玲, 汪琼, 2021), 从过程性视角来看, 混合式教学中认知投入的提升需要建立在优化学与教的系统过程中, 在前置线上自学阶段与后继线下面对面课堂阶段的连续过程中探求最佳协同效应。然而, 以往研究往往聚焦混合课堂的单一阶段开展教育科学研究及实践探索, 忽视了混合课堂阶段性与过程性并存的本质特征。因此, 本研究拟采取混合式教学阶段性探究与过程性探究相结合的方式, 系统化考察基于

线上、线下及混合课堂过程的认知投入提升策略的实证效果。

本研究聚焦混合课堂, 以 ICAP 框架(Interactive-Constructive-Active-Passive)为指导, 关注学生的认知投入量化及提升, 从信息化技术、教育心理学实证研究与应用研究的交叉融通视角开展系列实证研究。整合文本分析技术、视频分析技术、眼动追踪技术与心理测量学指标, 建立认知投入的量化模型, 从多教学要素视角探究混合课堂学生认知投入的提升方法, 并在真实混合课堂中验证其有效性, 以此为基础建立动态识别与干预认知投入的教辅工具, 以期改善学习者认知投入, 提升学习效果。通过开展本研究, 预期为提升混合课堂中学生的认知投入提供理论支撑及具体实施路径。

2 国内外研究现状评述

2.1 混合课堂认知投入研究现状

2.1.1 混合课堂认知投入及其指标

认知投入是指学习者在学习过程中的心理参与水平(Li et al., 2021), 反映了学生在完成学习任务时的心理努力程度和认知策略的应用程度(Liu et al., 2022), 与学习效果紧密相关(Xie et al., 2020; Xu et al., 2023), 其质量与数量可以进一步预测学业成就(Krause & Coates, 2008)。自美国亚利桑那州立大学教授 Michelene T.H. Chi 提出 ICAP 框架开始, 认知投入的研究焦点由广泛性概念探究向细粒度行为观测及量化的方向逐渐发展(Chi & Wylie, 2014)。ICAP 框架提出, 据学生的言语和行为可以获悉其认知投入程度, 具体分为 4 个递增的水平, 即被动(Passive)、主动(Active)、建构(Constructive)和互动(Interactive)。不同程度的认知投入存在不同的外显行为模式。被动学习指学生被动接受知识, 如听同伴讲话、看材料; 主动学习指学生主动操作知识, 如记笔记; 建构学习指学生在原有知识的基础上发展自己的理解, 如提出自己的问题; 互动学习指学生对他人的理解做出评价, 如批评建议。该理论提供了促进学习者认知投入的示例活动, 研究者及教学工作者可以根据外显行为推知学习者的认知投入水平(张思等, 2020)。

如何量化学习活动带来的认知投入变化? 认知投入相较外显行为投入更具内隐性, 是学习者

在认知和心理层面的投入,其识别更具挑战。传统的认知投入评估主要采用自我报告和内容分析。如自我报告法中, Greene (2015)通过问卷法测量认知投入,并探究认知投入与学习者成就目标之间的关系。内容分析法是较为常用的分析技术,指对交流的外显内容进行系统、客观和定量描述 (Gašević et al., 2015)。Lee (2020)使用自动内容分析系统来分析青少年英语写作时的认知投入程度。周媛和韩彦凤(2018)依据已形成的认知投入分析框架,通过内容分析实现对认知投入水平的分析、归类,在此基础上计算行为频次等量化指标以推断学习者的认知投入水平。Xu 等(2020)将认知投入划分为问题、陈述、反思和脚手架四个类别,采取内容分析法对学生在线讨论的话语进行认知投入分析。这两类传统测量方法有一定的局限,例如缺乏充分的客观性和时效性,难以持续动态地捕捉认知投入的发展变化。

多模态学习分析 (Multi-modal Learning Analysis)是当前探索学习规律的有效方式。一方面,相比单模态数据指标存在的数据来源局限性,在预测学习者的认知投入等学习效果相关变量时的低解释率问题,应用多模态数据可以提高结果变量的被解释程度,为教育干预提供重要指导。如 Liao 和 Wu (2022)在同伴学习取向的主观评估的基础上,收集 Facebook 学习小组中的互动记录建立同伴学习参与的客观指标,对学习成绩的解釋率提高了 5%。另一方面,多模态数据是来自多个实体信息的数据表示,还包含图片、音视频或生理数据的张量或向量表示(张利钊 等, 2022)。多模态数据来源于不同的数据通道,这些通道可能是主观或客观的,分析多个信号及其相互依赖性可以产生更准确反映学习投入潜在性质的模型 (Sinatra et al., 2015)。随着信息与传感技术的发展,在真实课堂环境中采集学生的多模态数据已成趋势。

便携式数据采集设备的完善为多模态学习分析提供了有效测量手段, Lee 等人(2019)采集学习者的皮肤电活动来测量其在创客学习活动中的认知投入; Baceviciute 等人(2022)纳入眼动追踪和脑电以探究学生在虚拟现实学习环境中的认知投入。Dubovi (2022)基于面部表情、眼动追踪和皮肤电等多模态数据,更加客观、全面地对认知投入和情感投入进行测量,并探究其对学习成绩的

影响。但最近的一项系统性文献综述提出,“多模态学习分析的研究尚未达到其潜力”,基于多模态数据相互同步的挑战,采用自动连续心理生理测量的研究通常也仅限于单个数据流(Sharma & Giannakos, 2020)。本研究旨在通过将自我报告与外显学习行为、生理测量相结合,聚焦文本话语、学习行为、眼动数据、心理测量指标建立混合课堂学生认知投入的量化模型,为考察混合教学过程中心学习者内在认知过程提供新的研究思路。

此外,已有认知投入的相关研究大多都是横断面研究,即采集特定时间点被试的认知投入数据并描述其状态,对认知投入的滞后效应不够关注,并且较难反映认知投入的动态变化过程。马志强和岳芸竹(2020)运用经验取样法在学期初、中、末收集混合式学习过程中的即时性投入数据,再采用交叉滞后模型分析学习投入的纵向数据,以解释学习者在不同学习阶段的投入之间的关系。尽管其强调了即时性、持续性,但使用经验取样法获取学习者频繁的自我报告数据,易出现数据收集时间过短、密集性高、重复性高等问题,从而对被试答案的效度产生一定影响。

认知网络分析(Epistemic Network Analysis)通过对话语数据进行定量分析,来描述个人或团体认知框架模式,具有分析多维度数据、耦合关系、深度挖掘数据、动态评估学习者的认知思维发展的显著特征(吴忞 等, 2018)。传统的学习分析方法(如内容分析、语义分析、机器学习等)仅间接表征学习者的内部认知结构,倾向于将学习行为视为彼此孤立的行为,难以全面、动态地呈现学习者认知网络结构的特点与变化(王志军, 杨阳, 2019)。认知网络分析可以利用学习过程中所呈现的序列数据,建立学生各认知元素之间共生演化的关联结构,从更深层次反映学习者认知结构的动态变化。

学生的知识是在实践中不断动态发展的,教师应该适时采用何种教学策略以有效地引导学生学习是一个难题。为了评估教师采用的教学策略是否有效,研究者通常采用对比教学活动前后学生学习效果的方法来进行判断,但这种方法并不能有效反映出教学策略如何引导学生发展自身认知,只有从根本了解教学策略的本质(即使用教学策略期间教师和学生的认知变化规律),才能为后续教学策略的开发提供支持。因此,可对教师

和学生的话语数据进行认知网络分析,通过探究课堂中学生的认知网络变化,对教学策略的效果进行评估。

综上所述,以往对学习者认知投入的量化由主观评估向客观指标逐渐演进,从多个角度建立了认知投入的评价指标体系,但仍然存在着模态单一、缺乏认知投入动态分析、教学情境限制等问题。本研究拟融合文本话语、眼动数据、学习行为、心理测量指标等多模态数据建立学习者认知投入的量化模型,以期通过该方法提供相关教学策略导致学生认知投入改变的实质性证据。同时,在真实教学追踪研究中,结合认知网络动态分析以考察教师策略与学生群体认知结构的协同变化,为认知投入变化提供多维证据。

2.1.2 混合课堂学生认知投入的影响因素

恰当利用认知策略可以促进学生更好地投入学习(Anthonysamy et al., 2020)。混合式教学模式是阶段性与过程性的融合,具备要素复杂化与学习情境多样性的多重特点(田阳等, 2019),教学组织方法的合理设计、线上自学与线下教学的关联渗透,是混合课堂教育研究者与实践者倍加关注的问题(温慧群, 穆肃, 2023)。

在线上自学阶段,学生通过与教学内容的交互以掌握基础知识,教学资源设计及学生学习策略是影响线上学习过程及效果的关键因素。设计恰当的教学内容呈现方式有助于提升学生的认知投入。以人工生成绘图作为特色的教学视频逐渐兴起,生成性绘画(Instructor-Generated Drawings)是一种同时呈现教师手动绘制的教学内容(如图表、流程图等)与教师的口头解释的教学视频,通过连续绘制学习内容吸引学生注意,视频呈现期间整合视觉画面与教师言语,并利用教师绘画期间的言语及手势提供社会线索。教师手势作为教师形象设计的重要组成部分会影响学习者的认知投入和学习效果(皮忠玲等, 2019; 田媛等, 2021)。教师手势不仅能补充教师言语的语义信息,而且可以引导学习者的注意分配并激发其积极的社会反应,影响学习者的认知过程,从而对学习效果产生作用。教师手势和合理的教学内容呈现方式相结合能有效促进视频学习者的学习效果。在动态呈现条件下,教师存在和手势引导似乎有更大的益处,手势表达与动态连续呈现的教学内容共同形成了连贯信息,能够帮助学习者理解知识点之

间的逻辑关系,构建系统的知识结构。

生成性学习策略(Generative Learning Strategies)是指能够在学习过程中引导学习者启动适当认知加工(如信息选择、组织和整合),为促成生成性学习而发展的学习策略(杨九民等, 2021; Fiorella & Mayer, 2015)。例如自我解释策略(Learning by Self-explaining)强调学习者结合所学的知识生成自我解释,包含口头解释或者书面解释;问题生成策略需要学习者通过对学习内容提出问题并做出解答以进行知识加工,可以采取单独或与同伴合作的形式(Yu & Kuo, 2024)。“自我解释”和“问题生成”是基于学习者知识总结与理解思考两个角度的有效生成性学习策略。“学而不思则罔,思而不学则殆”(《为政》),学习者综合运用“总结”类与“思考”类的生成性学习策略对学习效果的促进作用需要进一步考察。

混合式教学的关键之一是将课前学习与线下教学活动有机结合起来(钱研, 陈晓慧, 2015; 田媛, 席玉婷, 2020),教育者应当关注学习者的需求,深入开展混合课堂教与学的策略设计(温慧群, 穆肃, 2023)。将学生在线自主学习过程中的问题生成与教师授课过程中的指导有机结合是提升混合课堂教学效果的关键路径之一。部分混合式教学在线下教学阶段关注学生课前疑难解答。学生提出的问题,外在表现为学习的困惑,对内则是对学习内容的精加工和元认知过程,教师能借此找到学生先验知识和课程内容之间的“断层”,包括对知识的理解、组织、表达和意义建构等方面,学生的问题是“以学定教”的依据,混合式教学需要将线上问题生成与线下教学有机结合(曹梅, 马悦, 2020)。教师有效的问题能够引导和促进学习者对学习内容进行深度思考和交互。问题支架指从认知和元认知层面提供学习支持,进而引导和促进学习的问题集(Ge & Er, 2005),以知识点为基础分解课程内容,以问答的方式激发思考和交流(郝祥军等, 2019)。教师基于学生线上问题进行提问时,采取不同的问题支架可能有不同的教学效果,反思性的教学方式(例如引导学生自己解决问题的过程)更有助于激发学生深层思考。

教学反馈(Teaching Feedback)是指为学习者提供的关于学习任务完成情况的信息,可以帮助学习者了解并缩小目标状态与当下的学习状态间的差距(Hattie & Timperley, 2007),是一种促进学

习效果的教学活动。根据反馈的复杂性可分为简单反馈、精细反馈(Shute, 2008)。简单反馈指确认学习者的回答是否正确,而精细反馈则在提供回答正误信息的基础上,对学习者正误原因进行解释,根据解释内容的差异可将反馈分为多种类型,包含指导性反馈、描述性反馈。描述性反馈是针对学习者的学习情况给予不包括任何评论或建议的客观描述,指导性反馈则更具有计划性和系统性,对学习者在出现的学习问题及原因予以详细解释,增加了关于问题解决的系统指导(李卢一等, 2013)。反馈内容的复杂程度会影响学习效果,反馈内容越精细,越能够促进学习者在学习过程的自我效能感、动机以及学业表现(Wang & Wu, 2008)。

教师的反馈类型对学习者的学习效果的促进作用会受到学习者自身特征的调节(伍绍杨, 彭正梅, 2021)。例如,相比高先验知识的学习者,反馈对先验知识较低学习者的学习促进作用更大(Fyfe et al., 2012)。在混合教学模式,通过对线上资源的自主学习,不同认知水平的学习者所掌握的内容存在差异,表现为高阶认知水平的学习者具备更高的认知水平,可能通过线上学习具有更丰富的先验知识。因此,在混合教学情境下,教师在线下课堂中的反馈类型对学习者的学习效果的促进作用可能会因学习者自身的认知水平的不同而存在差异。

反馈中的情绪信息可以帮助学习者提高情绪自我意识,及时进行情绪调节(王雪等, 2021a)。研究表明,对反馈信息的特定设计能够激发学习者的积极情绪,并可通过增加相关认知负荷以提高学习者的认知投入(王雪等, 2021b),积极的反馈方式能更有效地提高学习者的认知投入。现有研究多探讨视频学习中的反馈类型与情绪设计的组合对学习效果的影响,相关研究结果能否推广到混合教学情境下有待探究。

反思作为学习过程尾声的关键环节,也是影响学习效果的重要因素之一(沈霞娟等, 2022)。在学习环境多样化的混合式教学中,学习者通过反思对整个学习过程中的内容进行回顾与认知,可以达到悉知细节、整体把握学习内容的效果。反思日志与思维导图是典型的课后反思形式。撰写反思日志是学习者在课后从批判性的角度以文字的形式对学习全过程进行再认识的过程(卜彩丽等, 2022),有助于学习者审查学习过程、衡量学习结果、发现学习不足以调整学习状态,进一

步提升反思水平和元认知能力(杨九民等, 2011)。思维导图是可视化的思维地图,可促进学习者对学习内容的记忆、创造及思考,从而促进学习者从整体上把握学习内容(赵国庆等, 2019)。目前较少有研究比较上述两种反思形式的效果是否存在优劣之分。反思的主体也会对不同反思形式的效果产生影响,小组学习是混合式教学中常用的教学组织形式,学习者自身的反思通常不如小组合作反思全面。思维导图形式的反思可以简洁快速地为学习者提供关于学习内容的整体性信息,但反思日志的形式更注重细节,呈现形式复杂,不利于学习者对小组合作下的反思日志成果进行感知。在小组合作的形式中,采用思维导图的反思方式可能对提升学习者的学习效果更有效。

综上,为实现混合式教学中线上、线下教育融合的目标,本研究将采取阶段化、过程性视角,从影响混合课堂学生认知投入的重要因素的角度探讨混合式教学的认知投入提升策略并形成数字化教辅工具的干预策略集合。

2.2 本研究意义

理论方面,本研究通过融合多模态指标建立认知投入的量化模型,为衡量混合课堂的学生认知投入提供依据,也为之后探究教学活动因素影响认知投入的脑机制提供关联指标。实践方面,本研究将提出旨在提升学生认知投入的混合式教学方案,开发混合课堂认知投入识别与干预的数字化辅助工具,为推进人工智能深入教育教学全过程并为提高教师的数字素养增加助力。

3 研究构想

以往研究发现学生的认知投入水平是影响学习效果的关键因素。但认知投入具有深层内隐性,采取学科交叉视角、依托多模态数据并结合信息化手段对认知投入进行准确表征和科学量化是实现对其衡量的有效方式,也是实现混合式教学效果提升的重要前提。混合课堂具有多阶段、跨学习情境特点,其中的数字化学习意味着通过信息科学技术收集学习过程数据是洞悉学生认知投入的必要途径。因此,本研究拟以理论研究与实践应用为目标,充分依托信息科学、教育心理学等学科的优势,建立认知投入多模态指标、通过实验室实验与教学追踪开展循证研究考察提升策略有效性、建立教辅工具为混合课堂学生认知投入

的提升提供理论与工具支持。

本研究包含 4 项研究。研究 1 以 ICAP 框架为指导, 建立基于多模态数据的混合课堂认知投入指标及量化模型, 通过文本分析、视频分析、眼动追踪、心理测量等方式获得多模态数据。研究 2 以教育心理学的行为、眼动、近红外脑功能成像实验为基础, 探明混合课堂学生认知投入提

升策略的效果及其机制。研究 3 通过教学追踪设计, 整合认知投入的多模态指标及认知网络分析验证提升策略在真实混合课堂中的效果, 以考察其生态效度。研究 4 利用神经网络算法建立分类器, 形成混合课堂认知投入的智能化识别与干预教辅工具, 实时监测学生的认知投入状态, 为教师适时提供教学策略指导。研究框架见图 1。



图 1 混合课堂学生认知投入量化机制与干预策略研究框架图

3.1 研究 1: 基于多模态数据的认知投入量化模型构建

在真实混合课堂(包含6个自然班共300名学生)采集来自不同学习阶段和时间尺度的多模态数据。本研究的线上部分聚焦于学生的在线行为(如视频点击、发帖、回复)以及讨论区文本,线下部分聚焦面对面课堂学生的言语和非言语数据,基于视频、文本话语、眼动等多模态渠道,从而建立学习者认知投入的量化模型,从班级整体和学生个体双重层面考察混合课堂的认知投入程度。如图2所示,混合课堂涉及的多模态数据主要包括文本话语数据、视频数据、在线学习数据、生理(眼动)数据等。

模态1: 文本话语数据。使用python在线上学习平台中爬取学习者在线讨论和评论文本,以及在面对面课堂中对学生回答问题或讨论的话语文本进行音频转录。在文本分析中,研究者通常使用一些心理词典和文本分析工具,如LIWC和Coh-Metrix,以提取不同认知投入水平个体的文本话语特征。

模态2: 视频数据。使用课堂录像进行行为数据编码,在FIAS互动分析编码和顾小清教授的ITIAS的基础上,本研究提取更加符合高校学习者认知行为的特征指标,探索不同认知活动类型个体的行为特征。

模态3: 在线学习数据。借助在线系统日志文件中获取的数据,通过创建在线数据行为集,如学习时长、发帖回帖、快进暂停等,可以达到间接测量认知投入的目的。

模态4: 眼动数据。需要学习者在线上线下学习阶段佩戴便携式眼动仪Tobii pro进行测量。基于先前关于眼动指标与认知投入相关研究成果,本研究选取三项眼动指标(注视类、扫视类与瞳孔直径类)作为构建量化模型的基础。

模态5: 心理量表数据。采用在线学习与课堂学习的认知投入问卷(刘玲,汪琼,2021),由学习者自我报告得出。

另外,采用社会网络分析(绝对点出度、绝对点入度和点度中心性)对文本和行为数据的互动关系进行计算,得到社会化互动层面的数据,体现学习者与教师和同伴之间的互动水平及学习者交互层面的认知投入。

认知投入的量化维度包含行为参与、认知建构与社会互动,具体指标及度量方式见表1。

采用主客观结合的方法建立认知投入与各项指标的关系,得到最优的权重系数,进行认知投入度量。该模型的建立共包括两阶段,指标采集与模型计算。指标采集过程主要实现多模态数据的采集和清洗,模型计算部分主要运用熵值法、灰色关联分析,构建各指标与认知投入量表测量值之间的函数映射关系。

3.2 研究 2: 实验室环境下的认知投入提升策略探究

在混合式教学背景下,分别采取混合课堂阶段性、过程性视角开展实验室实验,聚焦教学资源优化、教学策略精进两个主要路径开展认知投入提升策略探究。具体而言,包含3项子研究,6个实验室实验:

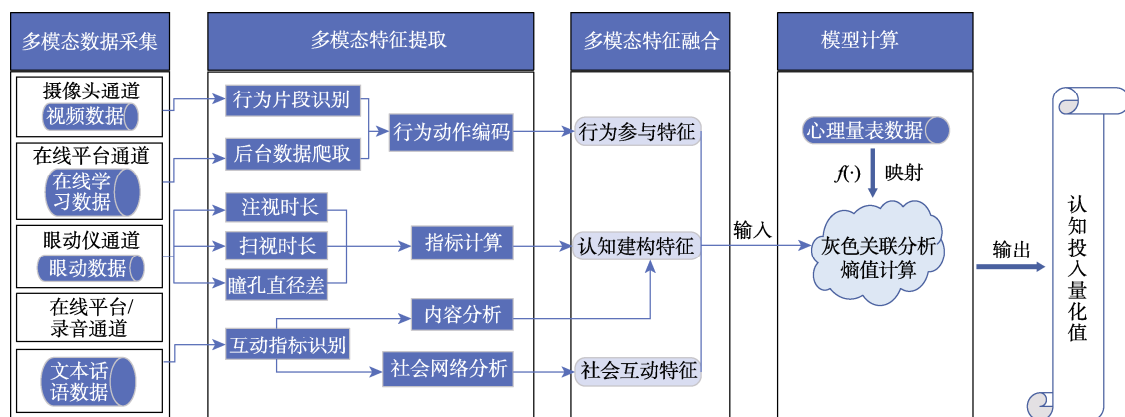


图2 多模态评价流程图

表 1 混合课堂学习者认知投入量化指标			
维度	指标	编码	具体观测度量
行为参与	平均学习时长(线上、线下)	DT	$DT = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_i}{i}$
	登录次数(抬头次数)	GT	学习平台统计频次(课程录像频次)
	参与答题率(主动、被动回答)	AR	$A = \omega_1 A_1 + \omega_2 A_p$
认知建构	发帖质量	PQ	1~5 计分
	回帖质量(答题质量)	RQ	1~5 计分
	自我解释回答	SR	1~5 计分
	眼动指标	FD	注视时长
		SC	扫视次数
		PD	瞳孔直径差 $\Delta D = D_1 - D_2$
社会互动	点出度	OD	$outDegree_i = \sum_{j=1}^n Z_{ij}$
	点入度	ID	$inDegree_i = \sum_{j=1}^n Z_{ji}$
	点度中心性	DC	$C_i = \sum_{j=1}^n (Z_{ij} + Z_{ji}) / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Z_{ij}$

子研究 1 聚焦混合式教学的线上阶段, 分别考察教学资源、学习者生成性学习策略的作用。其中实验 1 采用眼动技术, 从教学资源设计的角度探究视频的内容呈现方式和教师手势引导对认知投入的影响, 采用 3 (教学内容呈现方式: 教师生成性绘画、动画、无动画) × 3 (教师手势引导: 有手势引导、无手势引导、无教师)被试间实验设计(图 3)。实验 2 则以学习者为中心, 探究生成性学习策略(自我解释、问题生成)的使用对认知投入的促进效果, 采用 2 (自我解释策略: 有、无) × 2 (问题生成策略: 有、无)被试间实验设计。因变量均为学习者的认知投入、学习结果和主观学习体验。其中认知投入采用多模态数据进行表征; 学习结果为保持测试、迁移测试得分; 主观评定包括学习动机、学习自我效能感、外在认知负荷、感知任务难度、心理努力程度等。此外, 认知投入、学习结果和主观学习体验均分为两部分, 即在线学习指标与混合课堂整体学习指标。

子研究 2 基于学习者线上自学阶段与线下学习阶段内在衔接的过程性视角, 结合近红外成像技术探究不同的教学策略对学习者的认知投入的促进作用, 并揭示其认知神经机制。其中实验 3 探

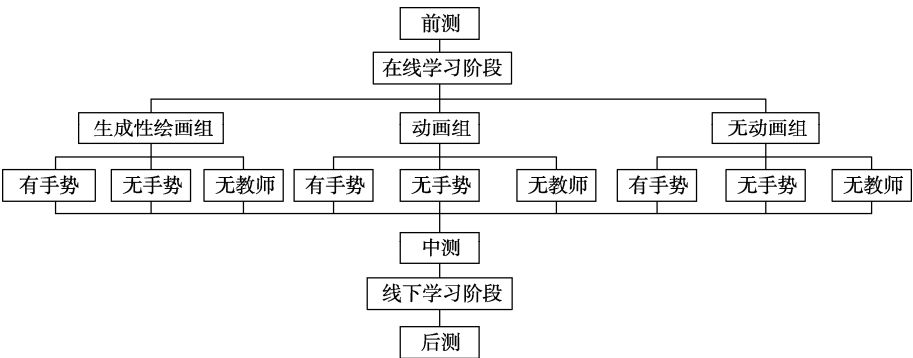


图 3 实验 1 流程图(示例)

究学习者在线学习问题生成策略与教师线下授课问题支架策略对线下学习阶段学习者认知投入的影响,采用2(学生问题生成策略:有、无) $\times$ 3(教师问题支架策略:描述性问题支架、反思性问题支架、无问题支架)被试间实验设计。实验4关注学习者的认知水平与教师线下授课反馈策略对学习者的认知投入的影响,采用2(认知水平:低阶、高阶) $\times$ 2(教师反馈策略:指导性、描述性)被试间实验设计。因变量的衡量以子研究1为基础,增加人际神经同步(Interpersonal Neural Synchronization, INS)的生理指标。

子研究3聚焦学习者线下真实课堂阶段,依次探究教师在课中、课后采用不同的教学策略对学习者的认知投入的影响。其中实验5探究教师在课中的反馈策略使用(反馈策略、反馈效价)对学习者的认知投入的影响,采用2(教师反馈策略:指导性、描述性) $\times$ 2(教师情绪效价:积极、中性)被试间实验设计。实验6探究教师在课后的反思策略使用(反思形式、反思主体)对学习者的认知投入的促进作用,采用2(课后反思形式:思维导图、反思日志) $\times$ 2(课后反思主体:个人、小组)的被试间实验设计。因变量为学习者的认知投入、学习结果、主观学习体验。

研究二基于对混合式教学全过程的认知投入提升策略的探讨,将建立有效的认知投入提升策略集,并为后续教学追踪及教辅工具开发提供理

论支持。

3.3 研究3:真实课堂环境下的认知投入提升策略有效性检验

本研究从动态发展的视角,在真实的混合课堂中开展为期一学期的追踪研究。依据研究二所验证的优势教学策略开发教学方案,通过教学实践验证混合课堂教学方案对学生认知投入及学习绩效的提升效果。拟采用方便取样的方法选取某师范高校的两个非心理学专业自然教学班,招募原则为该班级有为期一学期心理学课程安排(《心理学公共基础课程》),且由同一位教师对两个班级进行授课。该实验为单因素(混合课堂教学模式:实验组、对照组)被试间实验设计(图4)。本研究拟进一步关注混合课堂中学生整体层面的认知投入情况,结合认知网络分析,考察实验组、对照组认知投入程度及认知结构的差异。与此同时构建实验组学生认知结构随时间变化的纵向认知网络模型,考察随着教学方案的实施学生认知结构的动态演化情况。

3.4 研究4:认知投入的信息化教辅工具开发与有效性验证

本研究以提升研究生态效度、创新教育实践应用为导向,将建构混合课堂的学生认知投入自动识别模型,融合认知投入的多模态衡量指标(文本、动作、生理、心理)数据,并依托基于Spring Cloud后端框架、Vue搭配Element组件的前端框

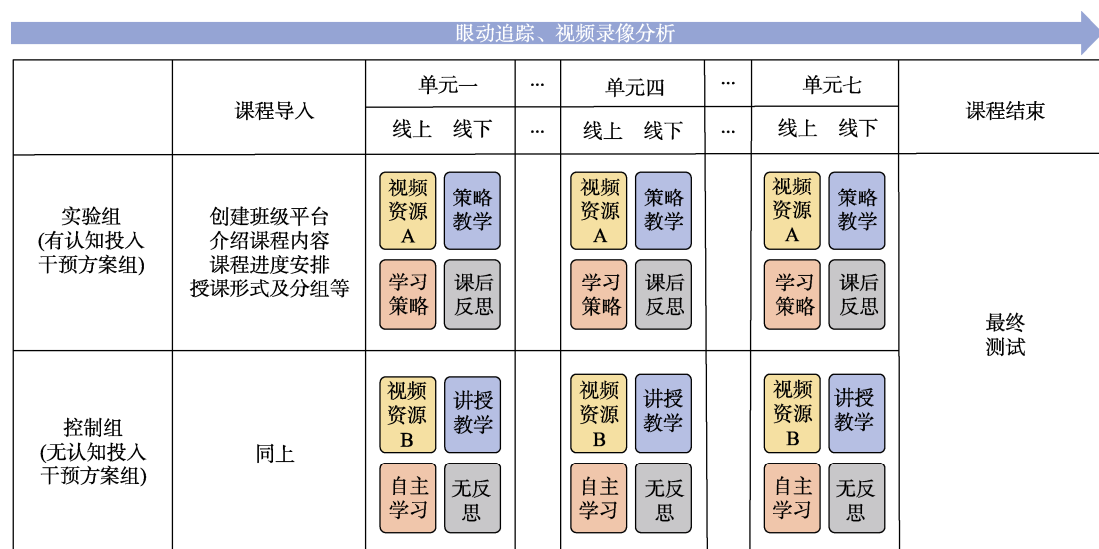


图4 教学实践追踪研究流程图

架、MySQL 数据库, 建立兼具混合课堂认知投入识别与干预功能的数字化辅助工具。通过实施真实教学实践, 开展对照研究, 检验智能化识别与干预工具对学习者的混合课堂认知投入及学习效果的促进作用。

3.4.1 混合课堂学生认知投入分类模型的构建

以研究一中的多模态指标作为输入特征, 通过特征选择筛选出重要特征, 采用深度神经网络算法, 基于筛选后的特征构建认知投入度分类模型, 构建智能化的混合课堂认知投入分类器。

(1)数据收集与预处理。该部分数据来源为研究一中采集的 300 位学生线上线下的过程性学习数据。每个样本均包含在线学习系统数据、视频数据、眼动数据、文本话语数据。对采集的多模态数据进行检查与筛选, 剔除数据采集有误或缺失的样本。

(2)多模态特征提取。本研究所用的多模态数据集包含特征数据和标签数据。特征数据来源于对多模态数据的分析。视频数据以课堂录播视频的 10 s 为一个分析单位进行编码, 对每一分析单位中学生的动作行为进行判断, 集成后获得视线方向、头部姿态、动作手势等特征向量。眼动数据则通过 Tobii Studio 软件进行预处理, 导出在时域与空域上均有追踪痕迹的眼动数据, 并提取眼动特征。关于被试的文本话语数据, 由于文本是非结构化的, 计算机无法直接对其进行处理与分析, 因而需要进行文本的向量化表征。采用基于心理词典提取文本特征的方法, 将每名学生的全部文本表征为一系列词频特征。

根据收集到的外显行为数据, 结合 ICAP 框架确定行为关联的认知投入状态(被动、主动、建构、互动), 进而将外显行为打上“标签”(如表 2)。

(3)特征选择。通过方差选择法、卡方检验、递归特征消除法(RFE)等多种特征选择方法, 筛

选出最重要的认知投入评价特征(基于提取出的指标进一步筛选, 避免过拟合)。

(4)模型训练与评估。本研究拟采用 LSTM 和 CNN 相结合的神经网络模型建构学习行为、眼动轨迹等时序序列模型。这里以眼动数据为例, 在 CNN 部分使用 1 个卷积层和 1 个池化层, 卷积层使用 2 个卷积核, 尺寸为 4×4 , 步长为 1; 池化层使用尺寸为 2×2 , 步长为 2。在 LSTM 部分, 隐藏神经元个数和输入眼动数据长度相等, 为 50 个。将左右眼动帧间差分视频同时作为输入, 在经过卷积层后, 将两眼动视频提取的特征图通过通道合并层进行特征融合操作, 特征维度是一个立方体, 使用展平层矢量化并输入进 LSTM, 最后经过全连接层计算预测出每个眼动行为的概率。对预训练的模型采用 10-折交叉验证, 选择效果最佳的超参数组合作为算法参数, 确定最优的特征选择与分类模型。以准确率、召回率及 F1 值作为模型评估指标。

3.4.2 混合课堂认知投入的智能化识别与干预教辅工具开发

基于 SOA (Service-Oriented Architecture) 理念进行总体架构设计, 见图 5。

该教辅工具划分 6 个模块, 包括分类模型训练、课堂数据收集、认知投入识别、数据展示、干预策略触发与教学策略推送模块。(1)模型训练模块。该模块采用研究一中的数据完成对本研究中认知投入识别与分类模型的训练, 并将训练好的模型保存待后续模块使用。(2)课堂数据收集模块。该模块主要实现在混合课堂环境下的数据采集, 包括在线学习系统数据、视频数据、眼动数据以及文本话语数据。然后对获取的数据利用训练好的身份识别模型添加身份标识, 并将这些数据规格化保存。(3)认知投入识别模块。该模块将课堂数据导入 CNN-LSTM 模型中进行识别和分

表 2 认知投入状态和外显行为对应编码表

认知活动类型	学习行为	具体表现(标签)	取得的认知和学习效果
被动	被动接受知识	无目的朗读复述, 被动听其他人讲话, 看学习材料	回忆, 获得浅层的理解
主动	主动进行认知操作	对某个知识点进行要有目的地注意和重复; 对视频暂停或快进; 对教师讲解重点记笔记	整合新旧知识, 中层理解
建构	产出学习材料以外的新知识	生成性学习, 自我解释、绘图、测试	深层理解、迁移, 在新情境中应用
互动	与同伴进行对话	团队争辩、相互问答	创新, 有创造新知识的潜力

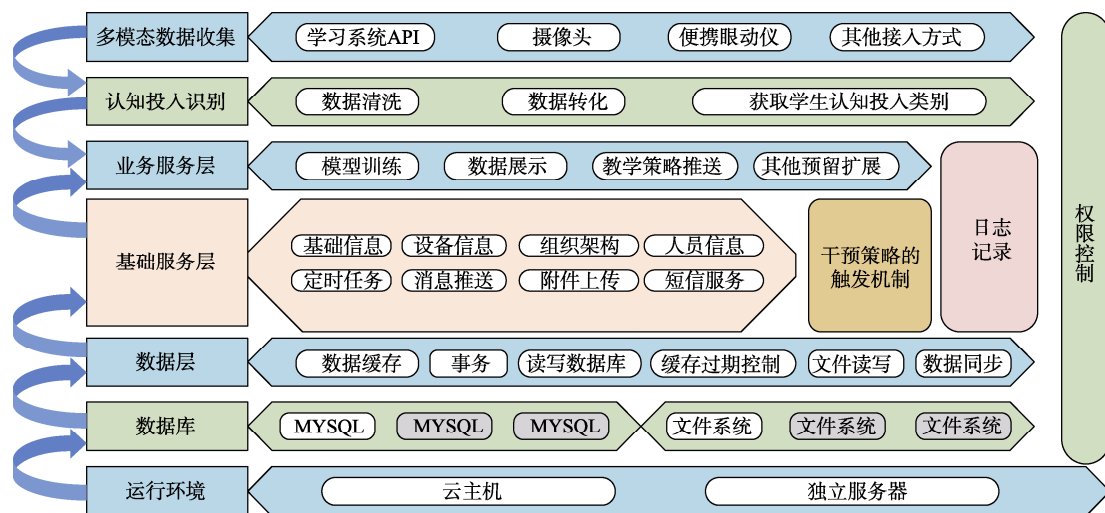


图5 教学干预辅助系统总体架构设计

类,对获取到的类别和班级学生认知投入的整体情况进行保存。(4)数据展示模块。该模块通过对认知识别模块产生的结果进行统计并分析,生成相应的课堂报告展示给教师,从而辅助教师进行教学策略的改进。(5)干预策略触发机制(图6)。(6)教学策略推送模块(图7)。依据学生认知投入状态,触发干预策略,并观察后续行为,通过多次实验实证,对干预模型参数进行迭代更新、调整、完善等。

4 理论建构与创新

混合课堂作为教育数字化转型过程中的重要教学模式,与传统课堂最大的区别在于其兼具授课形式的阶段性和认知水平发展的过程性,而在此复杂的教学过程中,认知投入因其内隐性加大了测量和干预难度。基于ICAP框架,依托跨学科的交叉研究,本研究围绕“混合课堂学生认知投

入的量化及干预”这一核心问题展开。

(1)提出基于多模态数据的混合课堂认知投入模型,建立混合课堂认知投入量化表征体系。针对认知投入的内隐性,提出整合行为、认知、社会互动三个特征维度获取文本、行为、眼动及心理测量的多模态数据,建立混合课堂全过程的认知投入量化模型。

(2)从还原混合式教学模式出发,采用阶段性、过程性研究视角探究混合课堂教学策略优化。采用两阶段的混合课堂实验范式,在实验室情境中还原、模拟混合课堂的教学过程,同时结合眼动及近红外脑功能成像技术,探索教学策略影响认知投入的内在机制及预期理想效果,提供循证研究的“金标准”证据。

(3)以提高研究生态效度、创新教育实践应用为导向,提出高等教育混合式教学方案,并研制

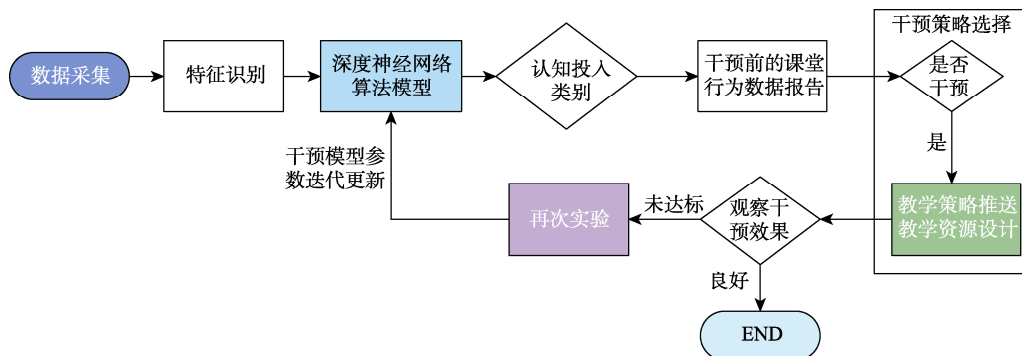


图6 干预策略触发流程图

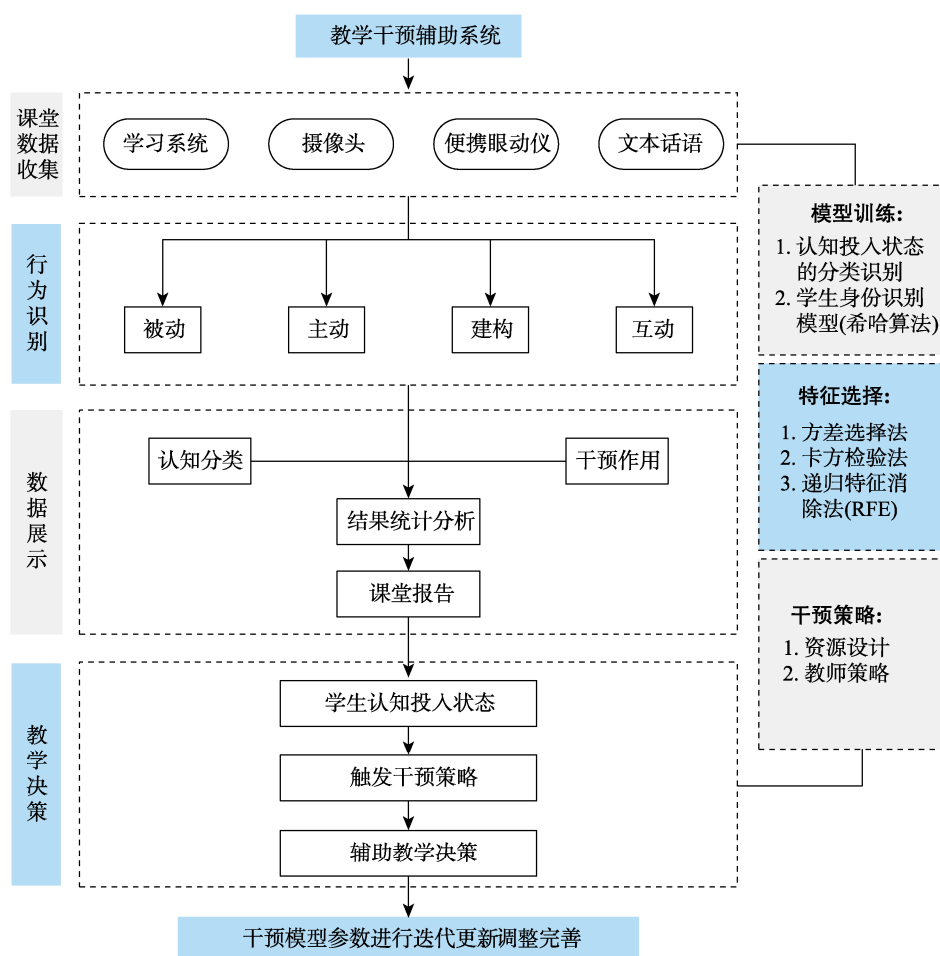


图7 系统功能模块图

教学与研究一体化、理论与实践相结合的混合课堂教研辅助工具。利用 Spring Boot2、Spring Cloud Hoxton、Mybatis 等技术,设计并搭建混合课堂认知投入智能化识别与干预工具。预期为教师提供混合课堂教辅工具,实现对学习者认知投入水平的智能化识别及分析,以形成个体与班级整体认知投入水平数据,实时反馈混合课堂学生认知投入情况并提出教学策略建议。

参考文献

- 卜彩丽,李飒,王静,张思,董乐.(2022).为深度学习而思:反思日志促进大学生元认知发展的实证研究.《现代教育技术》,32(9),73-81.
- 曹梅,马悦.(2020).翻转课堂课前深层次学习的问题生成策略研究.《电化教育研究》,41(11),101-107.
- 郝祥军,王帆,汪云华.(2019).问题支架促进在线知识交互的途径假设与验证.《中国远程教育》,3,34-42+92-93.
- 姜强,潘星竹,赵蔚,刘红霞.(2018).网络学习空间中教师激励风格对学习投入的影响研究——SDT中内部动机的中介效应.《中国电化教育》,380,7-16.
- 李克东,赵建华.(2004).混合学习的原理与应用模式.《电化教育研究》,135,1-6.
- 李卢一,许蓉,郑燕林.(2013).ARCS模型视角下网络学习反馈设计.《现代远程教育》,147,66-71.
- 刘玲,汪琼.(2021).混合教学模式下学生学习投入的特点及影响因素研究.《现代教育技术》,31(11),80-86.
- 卢国庆,刘清堂,郑清,谢魁.(2021).智能教室中环境感知及自我效能感对个体认知投入的影响研究.《远程教育杂志》,39(3),84-93.
- 马志强,岳芸竹.(2020).面向即时数据采集与分析的学习投入纵向研究——基于经验取样法与交叉滞后分析的综合应用.《电化教育研究》,41(4),71-77.
- 皮忠玲,章仪,杨九民.(2019).教师手势对视频学习的影响及其认知神经机制.《中国电化教育》,387,103-110+129.
- 钱研,陈晓慧.(2015).南加州大学翻转课堂设计原则及其启示.《中国电化教育》,341,99-103.
- 沈霞娟,张宝辉,冯锐.(2022).混合学习环境下的深度学习

- 习活动研究: 设计、实施与评价的三重奏. *电化教育研究*, 43(1), 106–112.
- 师亚飞, 童名文, 王建虎, 孙佳, 戴红斌, 魏艳涛. (2021). 混合同步学习: 演进, 价值与未来议题. *电化教育研究*, 42(12), 100–107.
- 田浩, 武法提. (2022). 混合场景下协作认知投入的多模态表征与分析路径研究. *远程教育杂志*, 40(4), 35–44.
- 田阳, 陈鹏, 黄荣怀, 曾海军. (2019). 面向混合学习的多模态交互分析机制及优化策略. *电化教育研究*, 40(9), 67–74.
- 田媛, 元枢, 黄湘琳, 向虹钰, 汪颖. (2021). 社会线索促进在线学习的认知神经机制. *电化教育研究*, 42(2), 63–69.
- 田媛, 席玉婷. (2020). 高校混合课堂教学模式的应用研究. *中国大学教学*, 8, 78–86.
- 王雪, 高泽红, 徐文文, 张蕾. (2021a). 反馈的情绪设计对视频学习的影响机制研究. *电化教育研究*, 42(3), 69–74.
- 王雪, 张蕾, 杨文亚, 卢鑫, 徐文文, 高泽红. (2021b). 在线学习资源如何影响学业情绪和学习效果——基于控制—价值理论的元分析. *现代远程教育研究*, 33(5), 82–93+102.
- 王志军, 杨阳. (2019). 认知网络分析法及其应用案例分析. *电化教育研究*, 40(6), 27–34.
- 温慧群, 穆肃. (2023). 殊途如何同归? ——不同复杂度混合教学实践效果的分析. *中国远程教育*, 43(2), 64–72.
- 伍绍杨, 彭正梅. (2021). 迈向更有效的反馈: 哈蒂“可见的学习”的模式. *开放教育研究*, 27(4), 27–40.
- 吴朴, 王戈, 盛海曦. (2018). 认知网络分析法: STEM 教育中的学习评价新思路. *远程教育杂志*, 36(6), 3–10.
- 杨九民, 张锐, 蒋玲, 黄磊. (2011). 基于博客提升师范生反思能力的策略及其研究. *中国电化教育*, 298, 62–66.
- 杨九民, 章仪, 徐珂, 皮忠玲. (2021). 学习策略对视频学习的影响: 想象、绘图和自我解释策略. *电化教育研究*, 42(10), 40–47.
- 张利钊, 杜旭, 李浩, 谢艺乾, 唐野野. (2022). 基于多模态数据的学习投入评估方法分析. *电化教育研究*, 43(10), 72–78.
- 张思, 何晶铭, 上超望, 夏丹, 胡泉. (2020). 面向在线学习协同知识建构的认知投入分析模型及应用. *远程教育杂志*, 38(4), 95–104.
- 赵国庆, 杨宣洋, 熊雅雯. (2019). 论思维可视化工具教学应用的原则和着力点. *电化教育研究*, 40(9), 59–66+82.
- 周媛, 韩彦凤. (2018). 混合学习活动中学习者学习投入的研究. *电化教育研究*, 39(11), 99–105.
- Anthony, L., Koo, A. C., & Hew, S. H. (2020). Self-regulated learning strategies and non-academic outcomes in higher education blended learning environments: A one decade review. *Education and Information Technologies*, 25, 3677–3704. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10134-2>
- Appleton, J. J., Christenson, S. L., Kim, D., & Reschly, A. L. (2006). Measuring cognitive and psychological engagement: Validation of the student engagement instrument. *Journal of School Psychology*, 44(5), 427–445. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2006.04.002>
- Baceviciute, S., Lucas, G., Terkildsen, T., & Makransky, G. (2022). Investigating the redundancy principle in immersive virtual reality environments: An eye-tracking and EEG study. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(1), 120–136. <https://doi.org/10.1111/jcal.12595>
- Bredow, C. A., Roehling, P. V., Knorp, A. J., & Sweet, A. M. (2021). To flip or not to flip? A meta-analysis of the efficacy of flipped learning in higher education. *Review of Educational Research*, 91(6), 878–918. <https://doi.org/10.3102/00346543211019122>
- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Dubovi, I. (2022). Cognitive and emotional engagement while learning with VR: The perspective of multimodal methodology. *Computers & Education*, 183, Article 104495. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104495>
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2015). *Learning as a generative activity: Eight learning strategies that promote understanding*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107707085>
- Fyfe, E. R., Rittle-Johnson, B., & DeCaro, M. S. (2012). The effects of feedback during exploratory mathematics problem solving: Prior knowledge matters. *Journal of Educational Psychology*, 104(4), 1094–1108. <https://doi.org/10.1037/a0028389>
- Garrison, D. R., & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The Internet and Higher Education*, 7(2), 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2004.02.001>
- Gašević, D., Adesope, O., Joksimović, S., & Kovanović, V. (2015). Externally-facilitated regulation scaffolding and role assignment to develop cognitive presence in asynchronous online discussions. *The Internet and Higher Education*, 24, 53–65. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2014.09.006>
- Ge, X., & Er, N. (2005). An online support system to scaffold real-world problem solving. *Interactive Learning Environments*, 13(3), 139–157. <https://doi.org/10.1080/10494820500382893>
- Greene, B. A. (2015). Measuring cognitive engagement with self-report scales: Reflections from over 20 years of research. *Educational Psychologist*, 50(1), 14–30. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.989230>
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Jusoff, K., & Khodabandelou, R. (2009). Preliminary study on the role of social presence in blended learning environment in higher education. *International Education Studies*, 2(4), 79–83. <https://doi.org/10.5539/ies.v2n4p79>
- Krause, K. L., & Coates, H. (2008). Students' engagement in first-year university. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 33(5), 493–505. <https://doi.org/10.1080/02602930701698892>

- Lee, C. (2020). A study of adolescent English learners' cognitive engagement in writing while using an automated content feedback system. *Computer Assisted Language Learning*, 33(1–2), 26–57. <https://doi.org/10.1080/09588221.2018.1544152>
- Lee, V. R., Fischback, L., & Cain, R. (2019). A wearables-based approach to detect and identify momentary engagement in afterschool Makerspace programs. *Contemporary Educational Psychology*, 59, Article 101789. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101789>
- Li, S., Lajoie, S. P., Zheng, J., Wu, H., & Cheng, H. (2021). Automated detection of cognitive engagement to inform the art of staying engaged in problem-solving. *Computers & Education*, 163, Article 104114. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104114>
- Liao, C. H., & Wu, J. Y. (2022). Deploying multimodal learning analytics models to explore the impact of digital distraction and peer learning on student performance. *Computers & Education*, 190, Article 104599. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104599>
- Lightner, C. A., & Lightner-Laws, C. A. (2016). A blended model: Simultaneously teaching a quantitative course traditionally, online, and remotely. *Interactive Learning Environments*, 24(1), 224–238. <https://doi.org/10.1080/10494820.2013.841262>
- Liu, S., Liu, S., Liu, Z., Peng, X., & Yang, Z. (2022). Automated detection of emotional and cognitive engagement in MOOC discussions to predict learning achievement. *Computers & Education*, 181, Article 104461. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104461>
- Miller, B. W. (2015). Using reading times and eye-movements to measure cognitive engagement. *Educational Psychologist*, 50(1), 31–42. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1004068>
- Müller, C., & Mildnerberger, T. (2021). Facilitating flexible learning by replacing classroom time with an online learning environment: A systematic review of blended learning in higher education. *Educational Research Review*, 34, Article 100394. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2021.100394>
- Porter, W. W., Graham, C. R., Spring, K. A., & Welch, K. R. (2014). Blended learning in higher education: Institutional adoption and implementation. *Computers & Education*, 75, 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.02.011>
- Rotgans, J. I., & Schmidt, H. G. (2011). Cognitive engagement in the problem-based learning classroom. *Advances in Health Sciences Education*, 16(4), 465–479. <https://doi.org/10.1007/s10459-011-9272-9>
- Sharma, K., & Giannakos, M. (2020). Multimodal data capabilities for learning: What can multimodal data tell us about learning? *British Journal of Educational Technology*, 51(5), 1450–1484. <https://doi.org/10.1111/bjet.12993>
- Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153–189. <https://doi.org/10.3102/0034654307313795>
- Sinatra, G. M., Heddy, B. C., & Lombardi, D. (2015). The challenges of defining and measuring student engagement in science. *Educational Psychologist*, 50(1), 1–13. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.1002924>
- Walker, C. O., Greene, B. A., & Mansell, R. A. (2006). Identification with academics, intrinsic/extrinsic motivation, and self-efficacy as predictors of cognitive engagement. *Learning and Individual Differences*, 16(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2005.06.004>
- Wang, S. L., & Wu, P. Y. (2008). The role of feedback and self-efficacy on web-based learning: The social cognitive perspective. *Computers & Education*, 51(4), 1589–1598. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.03.004>
- Xie, K., Vongkulluksn, V. W., Lu, L., & Cheng, S. L. (2020). A person-centered approach to examining high-school students' motivation, engagement and academic performance. *Contemporary Educational Psychology*, 62, Article 101877. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101877>
- Xu, B., Chen, N. S., & Chen, G. (2020). Effects of teacher role on student engagement in WeChat-Based online discussion learning. *Computers & Education*, 157, Article 103956. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103956>
- Xu, X., Shi, Z., Bos, N. A., & Wu, H. (2023). Student engagement and learning outcomes: An empirical study applying a four-dimensional framework. *Medical Education Online*, 28(1), Article 2268347. <https://doi.org/10.1080/10872981.2023.2268347>
- Yu, F. Y., & Kuo, C. W. (2024). A systematic review of published student question-generation systems: Supporting functionalities and design features. *Journal of Research on Technology in Education*, 56(2), 172–195. <https://doi.org/10.1080/15391523.2022.2119448>

Multi-modal quantitative assessment mechanism and intervention of learners' cognitive engagement in blended classroom

TIAN Yuan, NIE Xinxiao, LIU Hainuo; LIU Zhongjian, FANG Min, ZHANG Qi

(Key Laboratory of Adolescent Cyberpsychology and Behavior (CCNU), Ministry of Education;

Key Laboratory of Human Development and Mental Health of Hubei Province; School of Psychology,

Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract: Cognitive engagement refers to the degree of learners' mental efforts and the application of cognitive strategies during learning, which is the crucial factor affecting learning performance in blended teaching. However, researchers have previously encountered challenges in accurately assessing learners' cognitive engagement because of problems with the evaluation method, such as subjective and single-mode approaches. Thus, improvement in the learning effect in blended classrooms is restricted. The study aims to combine mathematical modeling, laboratory experiments, and quasi-experiments in teaching to explore the quantification and intervention of cognitive engagement in blended teaching. We will endeavor to establish a multimodal quantitative assessment model to represent learners' cognitive engagement in blended classrooms and identify strategies for improvement. We will also create teaching schemes for blended teaching in higher education and develop an integrated digital tool for cognitive engagement identification and intervention. We anticipate that the study findings will provide theoretical and practical support for improving the quality and efficiency of blended teaching.

Keywords: blended classroom, cognitive engagement, multi-modal measurement indices, intervention strategies