

智慧课堂教学交互事理图谱的构建与实证： 融合知识与事理逻辑

詹泽慧¹，李通德¹，邹萱萱¹，李 梁²

(1.华南师范大学 教育信息技术学院，广东 广州 510631；

2.广东实验中学，广东 广州 510375)

[摘要] 事理图谱以其动态化知识表征和自动推理等优势逐渐进入教育研究视野。基于事理图谱的智慧课堂教学交互分析有利于教学设计与实施的中微观改善以及学生认知发展过程的细粒度探析。在综述智慧课堂教学行为交互分析的基础上，讨论了事理图谱的教育应用优势与挑战，提出融合知识与事理逻辑的智慧课堂教学交互 TSM 事理图谱构建方法，并在广东省某实验学校开展实证研究。以一节高中物理智慧课堂为例，分析了教学设计与实施的一致性、教学要素贡献度、技术工具丰富度以及知识点与教学行为耦合下的认知水平发展。研究验证了事理图谱应用于智慧课堂教学的可行性以及融合知识与事理逻辑分析的必要性；通过对模型和实证进行反思，对应用事理图谱精准化提升智慧课堂教与学的潜在价值提出展望。

[关键词] 事理图谱；教学事件；智慧课堂；教学交互；知识与事理逻辑

[中图分类号] G434 **[文献标志码]** A

[作者简介] 詹泽慧(1983—)，女，广东广州人。教授，博士，主要从事学习科学与智慧教育、跨学科与创新教育研究。

Email: zhanzehui@m.scnu.edu.cn。

一、引言

智慧课堂是新兴技术赋能教育的主要阵地。物联网、人工智能、大数据分析等技术应用于智慧课堂逐渐常态化，为构建个性化、精准化、多模态的“教、学、管、评、测”智慧教育生态奠定基础^[1]。但另一方面，智慧课堂中的场景、资源、终端、工具等要素日益丰富，使得课堂中多元主体的交互行为更加复杂^[2]。现有智慧课堂教学的研究主要针对师生交互行为进行分析，而面向师生学习内容的深层交互特征提取却没有得到足够的重视，难以对教学设计与实施进行细粒度的一致性效验，对学生的知识习得、认知发展过程的中微观细节表征也力有不逮。因此，需要依托适切的分析工具、构建合理的分析逻辑，方能有效地助力课堂

教学^[3-4]。

近年来，事理图谱作为理解认知智能发生的一种技术手段，在事件知识丰富的金融、情报、医疗等领域产生了巨大影响。与知识图谱相比，事理图谱在事件的动态表征及对未来事件发生的概率预测上独具优势^[5]。以事件为中心的表征逻辑，可呈现特定教学模式特征与主体行为序列之间的关系，有效描述智慧课堂中发生的教学行为和学习行为之间的事理逻辑，凸显课堂中有潜在分析价值的事件关联，挖掘课堂教学的规律，为理解课堂教学行为、促进教师专业化发展和学习者认知水平发展提供支持^[6]。本研究尝试将事理图谱应用于智慧课堂的多元主体交互行为分析，希望能揭示“教师—学生—教学媒体”多元交互下潜在的教学规律，为智慧课堂教学分析开拓新的研究视野。

基金项目：2022 年国家自然科学基金面上项目“基于事理图谱的计算思维智能导师模型及可解释性研究”(项目编号:62277018)；2022 年教育部人文社科基金“基于 C-STEAM 的粤港澳大湾区教育协同创新机制研究”(项目编号:22YJC880106)

二、文献综述

(一)智慧课堂教学行为交互分析

近年来,学界对智慧课堂交互主体的认识日渐明晰^[7-8],而对于交互行为的分析却尚未有普适的方法。为了合理呈现教学过程中的关键序列和行为关联,滞后序列分析法(Lag Sequential Analysis,LSA)被进一步应用于课堂交互行为分析中,其多用于挖掘交互行为之间的顺序关系及行为序列的显著性分析,并依据研究结果指导智慧课堂教学的设计与实施^[9-10]。滞后序列分析的优势在于对教学行为的时序和因果关系分析,探索隐性的关键行为序列与关系结构^[4,11-12]。目前,针对智慧课堂的教学分析以 ITIAS 结合滞后序列分析方法为主流。ITIAS 提供教学行为分类指标,研究者结合具体研究目的补充完善 ITIAS 指标后再加以应用^[13-14]。除此之外,改进型 S-T 分析法^[15]、社会网络分析方法^[6]、课堂教学行为云分析法^[16]、基于人工智能技术自动标注分析方法^[17]等也在智慧课堂交互行为分析中得以应用。这些方法各有千秋,但整体而言,大多是以师生技之间的交互作为分析的逻辑主线,却忽视了生成性的知识脉络和学习过程的事理逻辑,而事理图谱恰好有助于弥补这些缺陷。

(二)事理图谱及其教育应用优势

事理图谱是一种以事件为中心,用来描述事件信息以及事件之间各种关系的图谱^[18]。与知识图谱使用实体及实体之间的关系来理解世界的逻辑相比,事理图谱关注的重点落脚于事件及事件关系,并认为事件是人们理解世界、记忆世界、与世界交互的基本单位。人类的命题记忆是以“事件”为存储单位的,存储的是组成事件的概念及其之间的关系^[19],可表征在某个特定的时间和地点,多个相关角色参与的一件事情或者一组事情^[20]。事件所带来的信息要比实体更加丰富,更能生动地描述人与客观世界的交互过程,也更有助于理解和刻画人们认识世界的过程。

在实际应用中,事理图谱用于描述事件之间的顺承、因果等关系逻辑,以揭示真实世界事件的发展逻辑和演化规律^[21]。结构上,事理图谱是一个有向循环图,其中,节点代表事件,有向边代表事件之间的顺承、因果、条件和上下位等事理逻辑关系^[5]。目前,与事理图谱有关的事件抽取、事件关系推断、事件预测等技术及包含的神经网络、长短期记忆网络等各类算法逐步成熟^[22],在智能问答、未来事件预测、决策支持、精准营销等方面得到一定应用^[23],也逐渐引起教育领域学者们的关注。

将事理图谱应用于学习分析,以事件表征学习行为,利用事理图谱的自动化识别与分析技术,描述事件发生的详细过程,以实现学习行为的微观精确分析。学习的发生通常伴随着知识结构的生成,因此,在利用事理图谱进行学习分析时,可考虑融入知识逻辑,以实现学习内容分析与学习行为分析的统一,获得的分析结果更能精准描绘学习者的知识建构过程^[24]。另外,学习者的学习过程是自身知识与思维结构共同发展的过程,清楚描述学习者对于知识的建构过程,也即清楚描述了学习者思维结构的发展过程^[25]。例如,Shen 等为探究学习者计算思维的发展过程,构建了详细的学生学习行为分类体系。这种方式将具体的知识放置在事件的具体表征中,有效描述了计算思维的作用过程^[26]。

(三)事理图谱在教育领域的应用挑战

事理图谱应用于教育领域主要面临着两个方面的挑战:(1)用于图谱构建的教育领域语料库匮乏。语料库是构建事理图谱的基础,是进行领域事件抽取和事件演化关系挖掘的前提^[27]。虽然,教育领域已积累了庞大的数字化资源,但类似教材、教案、试题集、开放课程库等非结构化资源并不能直接应用于教育事理图谱构建。从非结构化资源中抽取有用的事件信息是繁杂、任务量巨大且易出现错误的工作。另外,已有的通用领域数据集也甚少与教育领域相关。目前,仅有 FewEvent 数据集中出现教育领域的事件类型,但也主要集中于人口统计类事件^[28],粒度欠精细且缺乏课堂教学情境的适用性。这在很大程度上制约了教育事理图谱现阶段的应用和推广,难以大规模支持教学事件和教育决策事件的有效抽取和分析。(2)教学事件抽取任务精度较低,事件间关系隐蔽,提取困难。作为事理图谱的节点,事件抽取的精度直接影响着图谱构建的效果。对于教学事件来说,由于自然语言的表达具有灵活性和歧义性,且教学过程中语言表达简短但重复度高,甚至会出现省略、反复、混杂等情况,这给从非结构化文本中准确抽取教学事件和关系增加了困难。

然而,若仅仅依据知识点分解并与课件和题库关联的方式,基于知识图谱来表征和组织教学活动、学习资源等各实体之间的关系,则会丢失大量的学习过程数据;不能完整捕捉课堂事件时序,难以揭示课堂教学活动的模式和趋势;不利于生成学生的全面画像,难以达成个性化教学的目的。基于此,本研究将事理图谱应用于智慧课堂教学交互分析,利用事理图谱详细呈现生成性的知识脉络和学习过程的事理逻辑,聚焦“师—生—技”多元交互,对教学设计与实施进行细粒度的一致性效验,并通过构建指标对整个教学过程、学生的

知识习得过程等进行中微观分析,探索智慧课堂中的教学交互规律,从而帮助教师有效反思并改进教学。

三、智慧课堂教学交互 TSM 事理图谱的构建方法

(一)教学事理图谱构建流程

类比“事件”定义,可将“教学事件”界定为在特定教学环境中由学生和教师共同参与的最小过程单元,通常表现为教学或学习的一个动作。有别于其他事件,教学事件的产生必然伴随着具体的知识习得、理解或应用过程。教学事件的事理图谱构建流程如图1所示,包括教学事件本体构建、教学事件抽取以及事件间关系抽取三部分。其中,教学事件本体构建包括教学事件分类、事件表示模型,是事理图谱的底层逻辑。教学事件抽取则是事理图谱构建的关键,包括事件类型识别、事件元素识别和事件泛化等步骤。事件关系抽取研究的是事件的外部联系,描述了事件的演变过程,抽取事件之间的关系可以在宏观层面把握事件发展的逻辑,揭示事件的演变逻辑^[29]。

表 1

教学事件 TSM 编码表

主体交互层	编码	教学要素层	解释
师生交互 (T-S)	TS	讲授	教师话语讲解,包括回顾、总结等
	TQ	教师提问	教师提问学生,包含开放性问题、封闭性问题
	SA	学生回答	教师提问后学生的回答
	SQ	学生提问	学生主动向教师提出问题
	TF	教师反馈	教师对学生进行回应、提示、评价、鼓励、单独指导某小组或某同学等
	TT	布置任务	教师对学生布置任务
	TI	教师指令	教师为辅助课堂顺利进行的各种指令
教师与教学媒体 交互 (T-M)	TP	播放	教师播放视频、音频等资源
	TD	实物演示	教师演示某操作过程
	TDt	借助技术演示	教师借助现代媒体技术演示实验
	TST	展示学生作品	教师在媒体上展示学生作品
	TSQ	发送题目	教师借助技术工具发送题目
TM	课堂管理	教师借助媒体技术进行课堂管理	
生生交互(S-S)	STW	分工	小组合作进行分工
	SD	言语讨论	小组合作中生生言语讨论(提出质疑、赞同、发现问题、解释现象)
	SS	分享	学生分享小组合作完成的作品
	SE	互评	学生组内互评、组间互评
学生与教学媒体 交互 (S-M)	SCD	做实验	学生借助技术工具完成实验过程中具有显性的操作动作
	SPD	数据处理	学生利用媒体技术获取、统计、分析数据
	SV	虚拟仿真	学生借助虚拟仿真技术完成真实情境的模拟
	SSR	搜索资源	学生借助搜索引擎搜索资源
	SUH	上传作业	学生借助工具上传作业
	SW	观看	学生观看视频、观察教师演示过程
	SC	创造	学生利用教师提供的资源进行创造活动
SP	练习	学生依据教师提供的媒体资源进行练习	

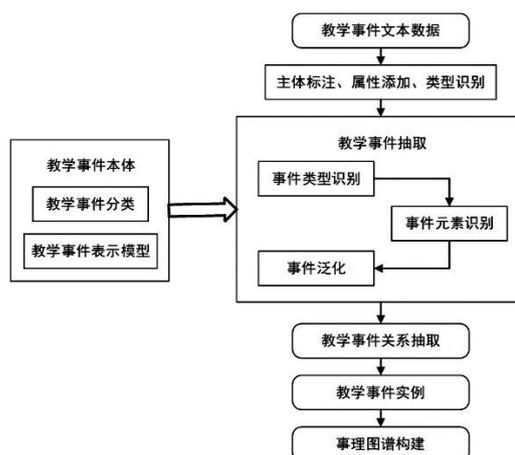


图 1 教学事理图谱构建流程

依据以上流程获取到教学事件具体实例及其关系后,便可以教学事件为节点,教学事件组成元素为属性,教学事件关系为边,构建教学事理图谱,并使用图数据库 Neo4j 对事理图谱进行存储与显示。

(二)智慧课堂教学事件本体

本研究重点关注教学系统中的教育者(T)、受教育者(S)、教学媒体(M)三项主体以及主体之间的互

动关系,如师生交互、生生交互、教师与媒体交互、学生与媒体交互。参考以往研究的课堂教学要素,确定了四个类别的25种行为编码,构建TSM编码表(见表1)。教学事件分为三层,分别是主体交互层、教学要素层和具体事件层。主体交互层是所有教学事件的父类型,教学要素层是中观的教学事件表示,具体事件层是最小粒度的,表现为教师或学生的一句话、一个动作等,且包含知识点。知识点属性能将教学事件从大量无关的课堂行为中筛选出来,这样即可细粒度地还原出教学的整个过程。

(三)教学事件表示模型

教学事件结构表示为:<知识点、认知水平、工具、[学习环境]、持续时间>,知识点为教学事件中包含的单个知识点或知识组图;认知水平对应教学事件中知识点的认知目标水平,参照布鲁姆认知领域学习目标,划分为:记忆、理解、应用、分析、评价、创造^[30];工具为教师在授课过程中所用到智能化/非智能化的教学用具;学习环境分为线上、线下或混合学习环境;持续时间为教学事件持续的时间。其中,如果学习环境持续不变可省略。具体教学事件模型结构如图2所示,该模型结构与教学事件分类对应,事件的父类型对应主体交互层,事件的子类型对应教学要素层。

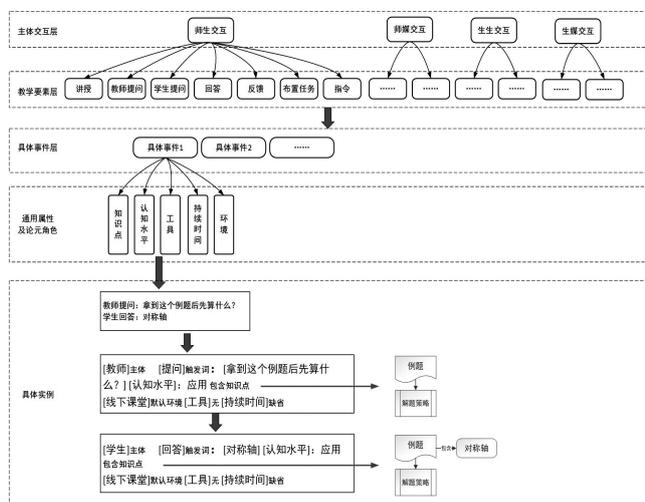


图2 教学事件模型结构

四、智慧课堂教学交互事理图谱的实证分析

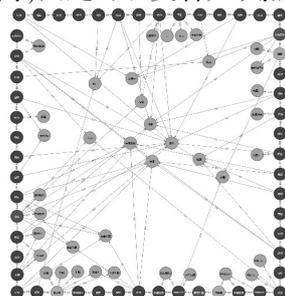
为检验上述教学事理图谱构建方法及技术的可行性,以及应用教学事理图谱分析教学的有效性,本研究选择广东省某实验学校一个自然班作为研究对象,对其实施的高一年级物理学科《失重和超重》的智慧课堂实录进行分析。首先,获取教学设计文本数据,并在教学实施完毕后,对实施视频进行转录获取教学实施文本数据;其次,分别对教学设计文本、教学实施

转录文本进行预处理,删除干扰数据,对文本进行主体标注、属性添加、类型识别;接着,按照知识点关键词、技术工具关键词抽取出相应的教学事件,以顺承关系作为事件间的主要关系考虑时序发展逻辑,最后,通过Neo4j数据库进行存储并结构化显示,获得教学设计事理图谱和教学实施事理图谱。

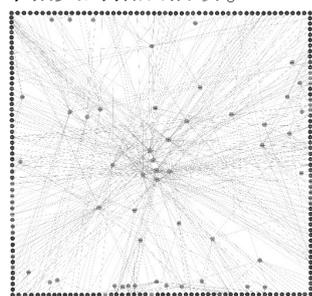
教学设计事理图谱是从教学设计文稿中抽取事件及其关系构建而成的事理图谱。教学实施事理图谱是在教学实施后,通过将教学实施过程转录成文本,从文本中抽取教学事件及事件关系获得。通过对教学设计事理图谱和教学实施事理图谱的对比分析,首先,可以发现教学设计与教学实施的一致或不一致之处,反思教学,提升教师专业能力。其次,可以分析学生学习状况,包括学习目标的完成情况,潜在认知冲突节点、技术工具的作用范畴等。最后,根据教学事件中包含的知识点、认知水平、工具等属性,可以结合事理图谱统计事件及要素数量、计算其所占比例等量化手段,分析教学事件发展的不同阶段知识点的加工数量、加工深度等情况,作出教学诊断。

(一)设计与实施一致性分析

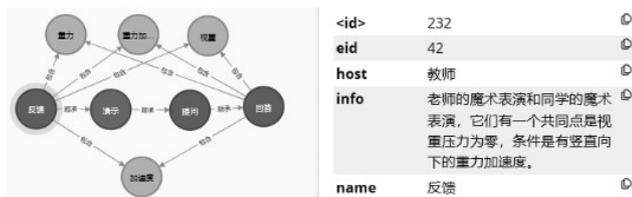
获得的教学设计事理图谱与教学实施事理图谱如图3所示,图中深灰底白字结点表示师生交互事件,浅灰底白字结点表示教师与教学媒体交互事件,深灰底黑字结点表示学生与教学媒体交互事件,灰底黑字结点表示生生交互事件。另外,考虑融入知识点的事理图谱可以表征更丰富的教学事理逻辑,因此,将教学事件中所包含的知识点也显示在图谱中,用浅灰底黑字结点表示知识点。以“加速度”为例,在教学设计中,教师计划通过实验演示向学生讲解加速度的知识点,而在教学实施中,可观察与其相关的教学事件。从时间上看,与“加速度”有关的教学事件几乎分布在整个教学过程中,在教学实施的后半段相对集中。这些教学事件包括实物演示、布置任务等9种类型,与之相关的知识点也较多。可见“加速度”在整个学习内容中的重要地位,与其他知识点的关联程度较高,因此可以契合知识点设计相关的拓展活动。



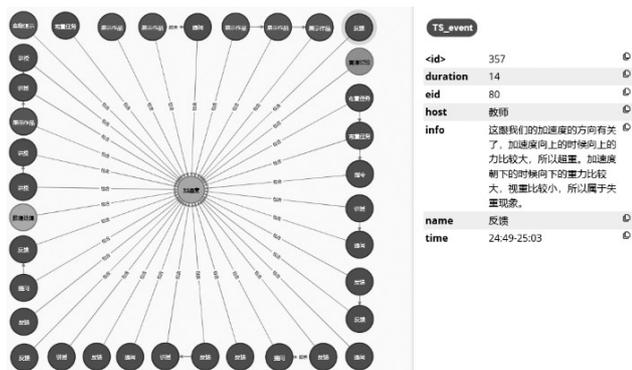
(1)总教学设计事理图谱



(2)总教学实施事理图谱



(3)“加速度”知识点——教学设计事理图谱



(4)“加速度”知识点——教学实施事理图谱

图3 教学设计与实施事理图谱

教学事件中包含知识点,如果将知识点与教学事件的关联作为教学事理图谱观察指标,那么某一知识点与教学事件关联度越高,在教学过程中遍布越广,则知识点越重要,在教学事理图谱中便呈现出与多个事件相关联的特征。可利用教学事理图谱有效呈现和分析高频知识点与本课重难点的一致性程度,诊断教学设计与实施过程,关注教学设计与实施不一致的情况。例如,教师在实施中拓展引入了设计时未考虑的知识点,或遗忘了设计时设计的知识点。

为了更清晰比较知识点在设计与实施中出现的比重,可分别计算出知识点在设计中的所占比例,然后相减取得差值。如果差值为正,则表明知识点在实施中的比重大于在设计中的比重,如果差值为负,则表明知识点在设计中的比重大于在实施中的比重。例如,图4展示了教学设计与实施知识点比重统计情况,各知识点在教学设计与课堂实施过程中执行情况

清晰可见。例如,对于“加速度”来说,在实施中出现的比重远大于在设计中出现的比重,其差值为5.67%;对于“失重现象”来说,在设计中出现的比重大于在实施中出现的比重,其差值为4.46%。当清楚了知识点比重差异情况后,教师便可以结合教学事理图谱进行分析,以此判断是否接受差异或改进设计与实施。

(二)教学要素贡献度分析

教学要素贡献度指主体交互所包含的教学事件所触及的知识点对整个教学过程中知识生成的贡献程度。通过统计教学要素贡献度,可以对智慧课堂的交互主体及教学要素进行量化分析,以计量各主体交互对于知识生成所作贡献的显著程度。如公式1所示,教学要素贡献度 $P(EK)$ 通过知识点占比与权重相乘得出,其中, K 表示全部知识点出现次数, K_i 表示*i*分类中教学事件包含的知识点数量, $T(E)$ 表示全部教学事件所耗时间, $T(E_i)$ 表示*i*分类所含教学事件所耗时间。

$$P(EK) = \frac{K_i}{K} \cdot \frac{T(E_i)}{T(E)} = \frac{K_i \cdot T(E_i)}{K \cdot T(E)} \quad (\text{式 } 1)$$

以“教师讲授”分类为例,其包含的教学事件共耗时309秒,知识点在这些教学事件共出现83次,而本节课中全部教学事件共耗时2414秒,全部知识点出现总次数为527次,由此计算得出“教师讲授”这一要素的贡献度为0.02251。得出所有要素的贡献度后,通过归一化处理,计算出所有教学要素贡献度的占比,如图5(1)所示。可见,本课的教师行为贡献度较高,其中教师反馈(24.17%)、教师讲授(22.62%)以及教师提问(16.89%)的贡献度最高,教师布置任务、展示学生作品、实物演示次之,整体教师行为的贡献度占比达88.12%(其中,师生交互:78.27%;师媒交互:13.59%)。结合本节智慧课堂以探究为主的特征,表明在教师演示、学生探究后,本课主要通过教师反馈、讲授、提问等形式承载知识点的传递过程;而学生数据处理、言语讨论、模拟仿真等贡献度占比较小,整体学

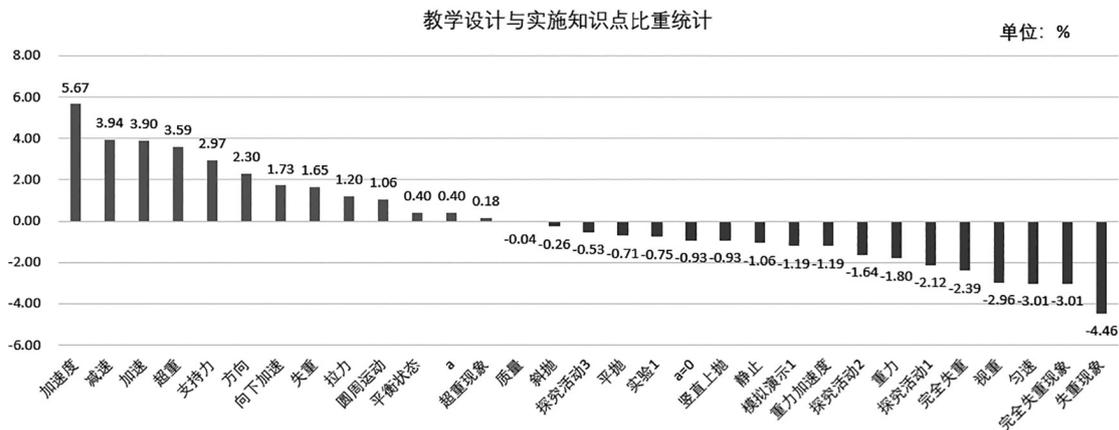


图4 教学设计与实施知识点比重统计

生行为类型所触及的知识点贡献度占比为 11.88% (其中,生生交互:2.2%;生媒交互:5.93%),说明学生自主探究、小组协作等探究行为在知识生成过程的贡献率仍有提升空间,可增加脚手架等促进学生在动手探究过程中的相关知识生成。

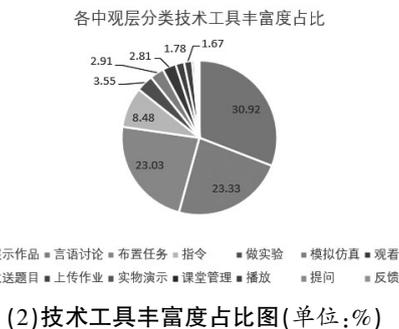


图5 教学要素贡献度和技术工具丰富度占比图(单位:%)

(三) 技术工具丰富度分析

技术工具丰富度是指教学要素层所包含的教学事件所使用的技术工具在整个教学过程中的丰富程度,可用于衡量智慧课堂中技术工具在教学中的应用情况。具体计算方式如公式 2 所示,其中,P(ET)表示某教学要素所使用的技术工具丰富度,Te表示全部技术工具出现次数,Te_i表示i分类中教学事件使用的技术工具数量,T(E)表示使用技术工具的全部教学事件所消耗的时间,T(E_i)表示i分类所含教学事件所消耗的时间。

$$P(ET) = \frac{Te_i}{Te} \cdot \frac{T(E_i)}{T(E)} = \frac{Te_i \cdot T(E_i)}{Te \cdot T(E)} \quad (式 2)$$

以“教师展示学生作品”为例,使用了技术工具的“教师展示学生作品”教学事件所消耗时间为 174 秒,其使用技术工具的次数 10 次;使用了技术工具的教学事件总耗时为 901 秒,共使用技术工具的总次数为 61 次,由此得出“教师展示学生作品”分类的技术工具丰富度为 0.03165。得出所有分类的技术工具丰富度后,通过归一化处理,计算出各教学要素所使用的技术工具丰富度的占比。如图 5(2)所示,本课教师的行为类型中,展示作品、布置任务分类中所使用的技术工具最为丰富,分别达到 30.92%和 23.03%,说明教师在小组合作探究后能够针对学生的作品进行展示

并讲解,并且在设计学生小组活动及布置任务时能够充分考虑技术工具的使用。学生言语讨论占比 23.33%,说明学生能够围绕技术工具进行探究实验及言语讨论,体现了智慧课堂中技术工具对学生协作学习过程的辅助作用。综上,本课中技术对于教学交互过程产生了较为丰富的赋能。

除了了解技术工具在智慧课堂中产生的整体影响以外,还可以结合事理图谱分析具体教学事件所用到的技术工具及其产生的作用。如图 6 所示,与“学生言语讨论”事件有关的技术工具有平板、测力计等,即学生在小组合作过程中主要涉及这两个工具,再结合事件具体的发生时间,可以分析得出使用这两个工具的具体时间、所涉知识点和详细过程,以此判断技术工具的作用范畴和使用情况。



图6 “学生言语讨论”相关技术工具

将教学要素贡献度和技术工具丰富度呈现在主体交互层的四个维度上,即可对智慧课堂教学交互及技术赋能的情况作出整体诊断。图 7 呈现了主体交互层四个象限的教学要素贡献度和技术工具丰富度。可以看出,本课的师生交互占绝对主导,但技术赋能更多地发生在生媒交互的过程中。

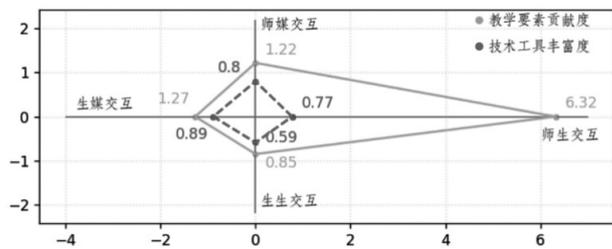


图7 主体交互层四象限图

(四) 知识点与教学行为的耦合下的认知水平发展分析

清晰表征学生认知发展的具体过程有利于理解教学过程,促进学生学习、探究学生思维发展。可从两个方面具象化学生的认知发展过程:一是统计各类认知行为发生频次;二是将知识点和教学行为进行耦合分析,呈现教学过程中学生知识习得的时间节点和认知发展的变化过程。

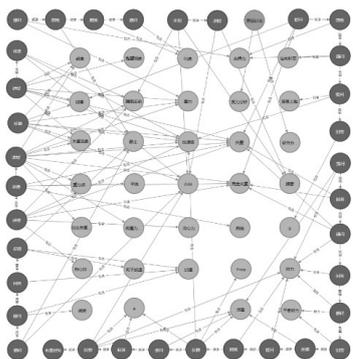
1. 认知行为发生频次

采用安德森修订的布鲁姆认知领域学习目标分类标准,将认知领域的目标分为记忆、理解、应用、分析、评价和创造。通过统计认知行为发生频次,可以了

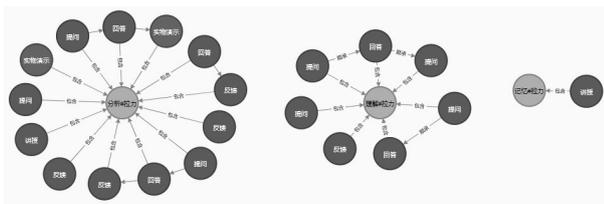
解课堂教学发生及学生知识点建构的主要方式。例如,本课学生认知行为集中在“分析”水平,而记忆、理解、应用知识次数较少,评价、创造等目标水平行为缺失。学生主要通过小组合作探究来完成教师布置的任务,达成对知识的记忆、理解与应用。

2. 知识点与教学行为的耦合分析

教学事理图谱可以清晰显示学习者对学习内容的加工构建过程,以及知识点目标水平的变化过程。图8展示了与“理解”目标有关的知识点和事件。以“拉力”知识点为例,在本节智慧课堂中,拉力共涉及三个目标水平:分析、理解、记忆,通过观察与“拉力”知识点相关的教学事件及它们的属性,可见在教学初始(5min左右),学生即进入“拉力”的分析阶段,主要通过教师实物演示并结合提问、反馈以及学生的回答等过程达成;“拉力”的理解与记忆则被安排在教学的结束阶段(55min)。通过提问、理答、反馈促成学生的理解;通过讲授、实操练习、总结、回顾促成学生的记忆。



(1) 与“理解”目标有关的知识点和事件



(2) “拉力”知识点相关的教学行为簇

图8 知识点与教学行为的耦合分析举例

上文展示了教学事理图谱在智慧课堂中的应用与分析过程。教学事理图谱通过图结点联结的方式实现了教学过程中微观层面的还原,教师可以根据总图谱、知识点相关图谱、教学事件属性并结合统计分析结果进行“设计与实施”一致性分析,基于分析结果改善设计与实施;也可通过计算各教学要素“贡献度”,体现中观层次上各要素在整个知识生成过程中贡献的显著程度,以此来探究智慧课堂的整体特征;通过计算“技术工具丰富度”并结合教学事理图谱可分析技术工具在课堂中所起的作用,包括技术工具发生起

始点、终止点、作用过程等,以此展示智慧课堂中技术工具赋能教育的具体表现;最后,结合教学事理图谱有利于构建学习者认知的发展过程以及呈现学生学习加工过程的细节表现,以此来掌握课堂教学目标达成的过程及具体形式。此外,还可以基于事理图谱比较分析不同课堂的教学特点,总结教学规律;通过构建学生学习事理图谱,比较分析不同能力和年龄阶段学生的学习表现,促进有效学习的发生。

五、研究反思与展望

教师对教学的理解至关重要,影响着教师对教学的反思及自身专业能力的提升。智慧课堂教学需考虑知识和事理双重逻辑的耦合,以及技术工具对教学的赋能机制。本研究提出了一种融合知识与事理逻辑的智慧课堂教学交互事理图谱构建及分析方法,尝试为教师理解教学提供新的视角。教师可以通过教学事理图谱宏观分析教学设计与实施的效果,结合“教学要素贡献度”“技术工具丰富度”指标在中观层面上了解整个课堂中师生技互动的情况,通过构建学习者认知的发展和加工过程的细节表现来微观分析学习者的学习状态,从而完善从宏观、中观、微观三个层面对智慧课堂教学过程的理解。结合已有研究,教学事理图谱可在教与学两个方向得到进一步的应用。

(一) 利用事理图谱促进“教”: 发掘教育教学模式, 助力教师专业成长

事理图谱关注事件中包含的行为或状态的变化,而在教学场景中教师的行为相对清晰且容易捕捉,因此利用事理图谱分析教学行为是可行方向之一。近年来,研究者们通过构建教师行为事理图谱,发掘出特定教学模式下的教师行为规律,帮助教师掌握教学规律、促进专业成长。教师教学事理图谱的主流构建方法是通过滞后行为序列分析得出相关行为的关联度及行为之间的转换概率生成。例如张海等将16种教学行为作为基本事件类型进行编码,获取各行为类型之间的转换度,进而构建相应的事理图谱^[6]。唐焯伟等将教师风格划分为四种类型,通过事理图谱表征不同风格教师的信息技术应用能力,挖掘出不同风格教师的课堂教学行为规律^[31];并基于教学数据流构建课堂事理图谱,对教师信息技术应用能力进行测评,为提升教师信息技术应用能力提供指导^[32]。

事理图谱通过细粒度还原课堂事件逻辑,可帮助教师在中观层面理解自己的教学,发现教学问题,对自身教学能力形成直观的认识。另外,通过构建相同类型课堂的事理图谱,有助于总结同类课堂的教学模

式,探究教学行为事理演化路径,发现教师课堂行为规律,促进教育教学的深入发展。

(二)利用事理图谱促进“学”:描绘动态路径,创建学习分析新视角

学习分析通过对真实学习情境中学习者和学习情境数据的采集和分析,实现对学习过程的精准表征和学习结果的准确预测,促进个性化学习的实现^[33]。在课堂教学中运用知识图谱可以表示和组织学生、教师、话题、学习资源等各种实体之间的关系。然而,知识图谱虽擅长表示实体之间的关系,但其静态属性决定了它在本质上不能捕捉课堂事件的时序和事理逻辑。而事理图谱可以对教学活动的时序和相互关系进行精准记录和分析,提供全面的课堂动态视图,以揭示课堂教学的潜在模式和趋势,从而改善课堂动态分析,并帮助教育工作者识别能够提供决策信息的教育模式。

诚然,只有事件关系而忽视知识逻辑的做法也存

在局限。现有学习行为编码指标更多是对学习行为的中观抽象(如应答、提问、讨论等)。这种做法方便研究者准确获悉学习行为的相关数据,但却容易忽视学习者对于知识内容的逐步建构过程。另外,随着技术的发展,利用智能技术可自动化识别课堂中具有明显特征的行为。融合知识和事理逻辑的智慧课堂教学交互事理图谱将为智能化时代的学习分析提供新的分析视角和范式。

综上所述,针对学习行为的统计和分析,我们不能忽略具体的知识,脱离知识的行为严格意义来讲不应当归为学习行为。高阶素养的培养是以记忆和理解深广的知识为基础的^[34]。在事理图谱中将知识与事理逻辑相融合应用于学习分析,可有效实现学习内容分析与学习行为分析的统一,其表征出的学习者动态学习路径将更加准确,传统学习行为分析方法缺乏知识属性的问题也将得到有效解决。

[参考文献]

- [1] 杨现民,余胜泉.智慧教育体系架构与关键支撑技术[J].中国电化教育,2015(1):77-84,130.
- [2] 吴砥,王俊,王美倩,钟正,徐建.技术发展视角下课堂教学环境的演进脉络与趋势分析[J].开放教育研究,2022,28(5):49-55.
- [3] 王晓晨,黄荣怀,王梦舒,卢婷婷.智慧教室环境下的中小学课堂人际互动分析[J].电化教育研究,2016,37(12):111-116.
- [4] ZHAN Z, WU Q, LIN Z, et al. Smart classroom environments affect teacher-student interaction: evidence from a behavioural sequence analysis[J]. Australasian journal of educational technology, 2021, 37(2):96-109.
- [5] LI Z, DING X, LIU T. Constructing narrative event evolutionary graph for script event prediction[M]. arXiv, 2018.
- [6] 张海,崔宇路,余露瑶,季孟雪,王以宁.基于数据挖掘的智慧课堂教学行为事理图谱研究[J].远程教育杂志,2020,38(2):80-88.
- [7] 张屹,白清玉,马静思,周平红,范福兰.交互式电子白板环境下的课堂交互性研究——以高校“教育技术学研究方法”课堂教学为例[J].电化教育研究,2014,35(3):83-87.
- [8] 王晓晨,江绍祥,黄荣怀.面向智慧教室的中小学课堂互动观察工具研究[J].电化教育研究,2015,36(9):49-53.
- [9] 杨现民,王怀波,李冀红.滞后序列分析法在学习行为分析中的应用[J].中国电化教育,2016(2):17-23,32.
- [10] 王冕,文欣远,李宇宁,陈焕东.大单元教学视角下基于LSA的同步课堂师生交互行为研究[J].电化教育研究,2020,41(8):74-81.
- [11] 江波,高明,陈志翰,王小霞.基于行为序列的学习过程分析与学习效果预测[J].现代远程教育研究,2018(2):103-112.
- [12] ZHAN Z, WU Q, HE W, et al. K12 teacher-student interaction patterns in the smart classrooms [J]. International journal of innovation and learning, 2021, 29(3):267-286.
- [13] 韩后,王冬青,曹畅.1:1数字化环境下课堂教学互动行为的分析研究[J].电化教育研究,2015,36(5):89-95.
- [14] 江毅,王伟,李辰钰,康苗苗,沈洁.智慧教室环境下师生互动行为研究[J].现代远距离教育,2019(3):13-21.
- [15] 赵明洁.“学生中心”视角下S-T分析法的构建及其应用研究[J].当代教育与文化,2022,14(6):52-59.
- [16] 程云,王艳丽,王锋,郑莉莉,郭宇尘.基于课堂教学行为云的教学模式分析方法研究[J].现代教育技术,2018,28(5):61-67.
- [17] 卢国庆,谢魁,刘清堂,张臣文,于爽.基于人工智能引擎自动标注的课堂教学行为分析[J].开放教育研究,2021,27(6):97-107.
- [18] 胡志磊,靳小龙,陈剑赞,黄冠利.事件图谱的构建、推理与应用[J].大数据,2021,7(3):80-96.
- [19] 仲兆满,刘宗田.利用事件影响关系识别文本集合中重要事件的方法[J].模式识别与人工智能,2010,23(3):307-313.
- [20] 赵军,刘康,何世柱,陈玉博.知识图谱[J].中文信息学报,2020,34(9):111.
- [21] DING X, LI Z, LIU T, et al. ELG: an event logic graph[M]. arXiv, 2019.
- [22] WU Z, PAN S, CHEN F, et al. A comprehensive survey on graph neural networks [J]. IEEE transactions on neural networks and learning systems, 2021, 32(1):4-24.

- [23] 项威. 事件知识图谱构建技术与应用综述[J]. 计算机与现代化, 2020(1): 10-16.
- [24] 杨开城, 李通德, 惠治儒, 田浩. 在线教育众筹的技术机制与学习神经元[J]. 现代远程教育研究, 2017(1): 51-58.
- [25] 李艺, 冯友梅. 支持素养教育的“全人发展”教育目标描述模型设计——基于皮亚杰发生认识论哲学内核的演绎[J]. 电化教育研究, 2018, 39(12): 5-12.
- [26] SHEN W, ZHAN Z, LI C, et al. Constructing behavioral representation of computational thinking based on event graph: A New Approach for Learning Analytics [C]//Proceedings of the 6th International Conference on Education and Multimedia Technology. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2022: 45-52.
- [27] 白璐, 周子雅, 李斌阳, 刘宇涵, 邵之宣, 吴华瑞. 面向政治领域的事理图谱构建[J]. 中文信息学报, 2021, 35(4): 66-74, 82.
- [28] DENG S, ZHANG N, KANG J, et al. Meta-Learning with Dynamic-Memory-Based Prototypical Network for Few-Shot Event Detection[C]//Proceedings of the 13th International Conference on Web Search and Data Mining. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020: 151-159.
- [29] 马春明, 李秀红, 李哲, 王惠茹, 杨丹. 事件抽取综述[J]. 计算机应用, 2022, 42(10): 2975-2989.
- [30] 吴红耘, 皮连生. 修订的布卢姆认知教育目标分类学的理论意义与实践意义——兼论课程改革中“三维目标”说[J]. 课程·教材·教法, 2009, 29(2): 92-96.
- [31] 唐焯伟, 赵一婷, 陆淑婉, 钟绍春, 周东岱. 基于教学行为的教师信息技术应用能力测评事理图谱研究——以 2017—2019 年中小学展示与培训活动优质课为例[J]. 远程教育杂志, 2020, 38(5): 90-100.
- [32] 唐焯伟, 李施, 彭芸. 教师信息技术应用能力测评: 基于教学数据流的课堂事理图谱[J]. 开放教育研究, 2021, 27(3): 85-95.
- [33] 潘青青, 杨现民, 陈世超. 国际学习分析技术研究进展与趋势分析——基于 2014 年至 2016 年 Journal of Learning Analytics 论文分析[J]. 中国远程教育, 2019(3): 14-22, 92.
- [34] 李芒. 教学“谎花”的妖艳遮蔽了劳而无功的教育[J]. 教育科学研究, 2022(5): 1.

Construction and Empirical Study of Event Graph for Interaction Teaching in Smart Classroom: Integrating Knowledge and Event Logic

ZHAN Zehui¹, LI Tongde¹, ZOU Xuanxuan¹, LI Liang²

(1.School of Information Technology in Education, South China Normal University, Guangzhou Guangdong 510631; 2.Guangdong Experimental High School, Guangzhou Guangdong 510375)

[Abstract] Event graph has gradually entered the field of educational research due to its advantages of dynamic knowledge representation and automated reasoning. The analysis of interactive teaching in smart classroom based on event graph is beneficial for micro- and meso-level improvement in instructional design and implementation, as well as the fine-grained analysis of cognitive development process of students. Based on the review of the analysis of interaction behavior in smart classroom teaching, this paper discusses the advantages and challenges of using event graph in education, proposes a method for constructing an event graph for interactive teaching in smart classroom that integrates knowledge and event logic, and carries out empirical research in an experimental school in Guangdong Province. Taking a high school physics smart class as an example, this paper analyses the consistency of instructional design and implementation, the contribution of teaching elements, the richness of technical tools, and the cognitive development under the coupling of knowledge points and teaching behaviors. The study verifies the feasibility of applying the event graph in smart classroom teaching, as well as the necessity of integrating knowledge and event logic analysis. By reflecting upon the model and empirical research, the study discusses the potential value of applying event graph to promote smart classroom teaching and learning precisely.

[Keywords] Event Graph; Teaching Event; Smart Classroom; Interactive Teaching; Integration of Knowledge and Event Logic