

# 数字孪生技术的教育应用研究

张枝实

(浙江开放大学 职业学院, 杭州 310030)

**【摘要】**数字孪生技术是具有广泛应用前景和变革性力量的新兴信息化技术。数字孪生技术的教育应用,能够克服当前大数据技术、物联网技术饱和发展阶段所面临的困境和问题,并且在人工智能技术的支撑下,利用已有教育理论和学习方法建立虚拟模型,通过仿真技术探讨和预测未来,发现和寻找更优的方法与途径,实现教育信息化 2.0 环境下的全周期、全数据、全空间和全要素的学习,为新时代教育的创新和发展提供新理念和方案。

**【关键词】**教育信息化 2.0; 数字孪生; 大数据; 物联网; 人工智能

**【中图分类号】**G434

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1001-8794(2021)05-0027-06

教育信息化步入 2.0 阶段后,信息技术将更加深度、广泛地给教育带来深刻影响。在新时代教育信息化升级背景下,教育目标亟待从知识传递转向能力提升,教育范式亟待从结果层面的经验总结转向学习推进中的科学辨析,教育机制亟待从表层化粗放型管理转向深层次精细化治理,教育形式亟待从保障成长阶段转向服务全生命周期。<sup>[1]</sup>

数字化技术是信息化的重要一极,正在不断地加速融合生活、改变世界。所有企业都将化身为数字化公司,用数字化的创新理念来沟通和改善企业的内、外部环境,改变整个产品的设计、开发、制造和服务全程。利用具有经济性和有效性的数字化技术,逐步实现管控产品的整个生命周期,不再需要完全依赖实物来表征设计理念、依赖实验来验证可靠性、依赖实测来洞察趋势发现问题。

教育要更好地服务于“网络强国、数字中国、智慧社会”的战略部署,顺应数字化时代潮流和数字化革命趋势,也必须具备充足的数字化能力,构建“生态+智能+人本”的新的教育生态系统,<sup>[2]</sup>用信息技术推动教育教学实现深刻变革,成为人才培养和科技创新的源泉。

## 一、数字孪生的变革和机遇

数字孪生(Digital Twin)最初由美国密歇根大学 Grieses 教授提出,是指以数字化方式创建物理实体虚拟模型,通过空间变换映射、虚实反馈交互、数据融合分析、检测判断评价、决策迭代优化等手段,来全面、精准、高效、智能地展示物理实体在现实环境、全生命周期的过程行为。<sup>[3]</sup>作为具有巨大颠覆性和快速突破性的技术,数字孪生也正从新兴状态变得影响更广泛、更有深度,被 Gartner 公司列为战略性技术。

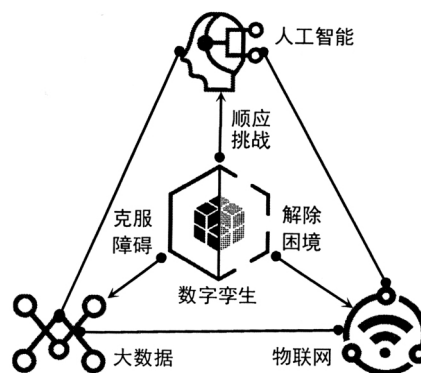


图 1 数字孪生的发展关系图

数字孪生最早应用于工业制造领域,在生产中发挥了很好的联通物理和信息两个世界的桥梁和纽带作用。随着大数据、物联网和人工智能等技术的不断发展,数字孪生的形态和概念不断扩展,并逐步提升为多维动态的管理模式和解决方案,同样对教

**【收稿日期】**2021-01-16

**【基金项目】**2021 年度浙江省社科联研究课题“基于数字孪生技术的教育应用研究”,课题编号为 2021N67

**【作者简介】**张枝实(1980—),男,河南南阳人,硕士,副研究员,研究方向为教育技术、远程教育、教育管理。

育也会带来深刻的影响。

### (一) 虚拟空间的大数据障碍

可验证、可复现是检验科学的重要标志,也是教育科学能够成为一门科学的基础。教育服务人的成长进步,是一个综合化的复杂系统,即便是在特定教育领域,仅凭有限条件和要素获取优质、可供研究、大样本甚至是全样本的数据,来进行阐释、甄选、判定,进而总结固化为规律,都是相当困难的。事实上,大数据还偏重结果统计,而不擅长因果探究,在缺乏认知的领域和层次,无法有效开展实证数据模拟、教学方案测试评估。

教育研究推进过程中,对于复杂系统、问题和对象,就必须以相对复杂方案、思维和手段处置。当探究教育原理的因果关系尚不清晰的情况下,可以先将相关数据提取、记录、保存下来,然后再进行系统性的研究,找到线索、发现规律、把握趋势,变换为可行、通用的做法。实际上,对于我们采集到的教与学、管理与服务等关联学习数据,以及师生的身体感应、情绪变化、行为举止等量化学习数据,如果同步构建一个孪生数字课堂,就有了新的实验空间和研究思路,使得学习在实际行为发生之前都可以被模拟,对于教学、管理和服务的效果、质量、缺陷进行定量和定性的预测、检测和评测,并根据实际教学的发生情况进行及时、动态、灵活的调整,实现全新的学习设计。

### (二) 现实环境的物联网困境

物联网随着技术的不断进步,成本的不断下降,集成化、通用化应用的不断加强,已经越来越深度地介入生产、消费、生活和服务等诸多广阔的领域。但是物联网在组建复杂、交互的系统中,正面临着难以逾越的困境,因为无法充分对不同系统组件或部件间的相互作用进行清晰的分析和处理,无法充分应用操作数据或其他数据来优化业务模式,无法充分对整个生命周期的生产过程进行检测,也无法充分利用人工智能来改善工作流程,调整工作状态和资源分配,以满足形式多样的需求预期。

数字孪生可以对过往、当前和未来某一工况进行数字化表达,更适用于应对复杂系统问题或流程建模。如果物联网教学引入更多的数据变量,众多层面持续、实时的相关数据都能得到重视和应用,并通过数字化形式对某一实体或流程进行动态呈现,将会覆盖全部教学环节,有效提升学习效率,使纳入物联网教学系统的每一个元素,更富有活性和动能,也将带来更多的学习增量。<sup>[4]</sup>

### (三) 人工智能的新时代挑战

随着现代信息技术的发展,人类将会步入具有人工心智“万物感知、万物互联、万物智能”的物联网时代,同时步入一个掌握“数据挖掘、数据分析、数据应用”趋势的大数据时代。不管是哪个时代,都需要大规模物联网应用基础上的数据清洗、标定和建模。这样就势必要引入人工智能技术,才能使这个过程自动化、专业化,最终进入虚实结合的“数字意识世界”。

可以说,现代人是一个智慧两合体,一种是基于生物性的,经过长期的生命进化,智商不断累积,另外一种是基于机器的,通过自模拟、自学习而来,依托于较强的计算建模能力。对于生物智慧,可以通过传统的学习环境和条件,经过个体的努力进行培养和提高;而对于机器智慧,重点则是依靠功能日益强大的物联网、大数据等信息技术,通过人工智能的关联得以形成。可以预测,当学习个体转换为数字镜像之后,把基于实体物联网的学习环境和流程方案,进行虚拟的数字化表达,就能够更好地被大数据所分析,被人工智能所优化。

## 二、数字孪生技术的教育影响和应用

数字孪生技术在教学上多种场景的应用和数据闭环的整合,破解了虚拟空间的大数据障碍;多场域的知识空间复现,消除了现实环境的物联网困境;多维可视、亲和力强具象节点特征,顺应了人工智能的新时代挑战。<sup>[5]</sup>综合来讲,数字孪生技术对学习带来的改变和应用如表1所示:

表1 数字孪生技术的教育影响和应用一览表

教育影响	教育应用	教育实践示例
1. 微观层面: 知识、经验将以跨媒介、非结构化的具象化信息,回应学习者个性化学习诉求,解答应用问题。	1. 学习评估: 不仅可以对学生本体,也可以对孪生镜像的学习行为进行及时的评价,包括对知识点的掌握程度、学习方法的熟练程度进行评估。	职业实训教育: 规避职业教育实施过程中的条件限制、操作难度和成本投入。多通路的实践锻炼,提升学习者的技能水平。
	2. 学习分析: 基于全周期的监控,真实、虚拟数据资源充盈、可靠、有效,可以满足教师、学习者、管理者、评估者对于学习的形成性信息的渴望和诉求。	数字人文研究和教育: 通过仿真设计,提升身临其境的学习代入感,同时也能提高学习的吸引力。

续表

教育影响	教育应用	教育实践示例
2. 中观层面: 创建孪生画像, 打通软硬环境数据壁垒, 激活资源活性, 促进知识传递和流通。	3. 学习分级: 显著提升的包容性、可塑性和联通性, 能够进一步将这个过程细化, 课程甚至是知识点进一步得到分解, 班级和年级概念将进一步消融。	创客教育、STEM 学习: 激发学习兴趣、提高动手能力、培养思辨精神、扩展实践空间, 为创新学习等提供更多可能。
	4. 学习协作: 变革知识演化的过程, 将会引导学习者以交互的方式接触、理解、思考和解决问题, 甚至是认识自我, 提高学习的自主性和能动性。	MOOC: 形成完整的任务程式和情节故事, 提供多种应用的场景预想和体验选择, 让在线学习的集聚优势更好地发挥出来。
3. 宏观层面: 教育系统将顺应信息化发展的趋势, 成为孪生城市的重要网格和数据节点。	5. 学习迁移: 基于互动性、便携性的服务模式, 使移动学习增添内在动力, 借助云端服务, 保证学习的便利性和可靠性, 提升学习交流的社会属性。	移动学习、AI/机器学习: 显著提升量化自我能力, 不仅使学习者拥有全面的学习观, 同时也开放了更多的学习交互接口, 提高了学习能力和社交能力。
	6. 学习外延: 非正式学习可以不受固化的学习标准束缚, 有助于帮助人们关注到人与人之间的多样性和细微性差别, 能够深度对接孪生课堂、校园和城市。	自适应学习: 提升学习成功分析能力和用户体验, 开放教育资源, 扩展现实技术应用, 对接虚拟、真实世界。

### 三、基于数字孪生技术的教学应用设计

数字孪生的教学设计,可以凭借其全周期、全要素、全空间、全数据的四个特点,实现在真实环境与

虚拟环境的深度融合,提升学习的全程适应能力、教学组织能力、扰动响应能力和异常解决能力,革新数字化学习思维和价值观念。

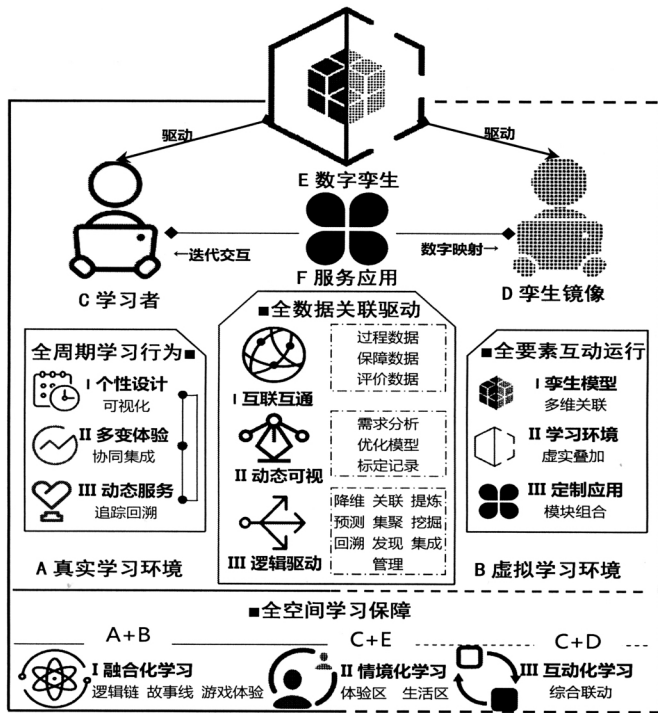


图2 基于数字孪生技术的教育应用模式图

### (一) 全周期的学习行为

数字孪生能够构建一条完整的数字路径,覆盖整个学习周期。在这个过程中,广泛应用的物联网设备,深度收集学习数据,从不同的学习维度,涵盖学习需求设计、学习体验和应用实践等全周期,这样就摒除了片面性、周期性教学设计的弊端。具体可以分为三个阶段:

### 1. 更加个性的需求设计

教学规划设计阶段,定位于学习者个性化全周  
期需求,在数字孪生的协同作用下,精确捕捉和比对

各种教与学的参数,在需求分析、概念遴选、方案设计、详细设计和虚拟验证等目标指导下,以可视化的呈现方式,利用已有教学规律、教学实践,通过可复现、可变构、可变速的虚拟实验,不断挖掘产生新颖、独特、具有价值的学习概念和方法,提升不同外部环境和不同学习个体的学习绩效,形成系统全面的教学计划和方案,使学习行为与教学预期进一步走向趋同。<sup>[6]</sup>

## 2. 更加多变的学习体验

中间学习主体阶段 基于数字孪生的学习体验，

在规划与执行之间形成柔性关联的闭合循环环路,所有流程都可以充分校准、回归和调整。建立关键设备参数和监控策略,通过采集教学实时运行、学习者量化和镜像模拟的数据,实现学习全程的可视化监控,对异常情况作出及时响应和处理,并能定位问题和矛盾所在,从而保持最优的学习体验和目标路径。将学习者数字孪生镜像同真实环境和虚拟环境配合,还可构成一个高度协同、高度集成的系统,模拟变化为不同要求、参数和服务的场景,探索不同组合、更多配置和多元支持的可行性,实现更智能化引导的学习过程。

### 3. 更加定制化的服务实践

学习目标达成之后,通常的教学及辅助系统就完成了预设目标,学习过程就将结束。但是在后续学习阶段,即知识应用实践阶段,通过数字孪生,可以寻觅到一个“测试沙盒”,从中持续获得学习体验和绩效,构建可追踪、可回溯的反馈机制,结合历史数据和经验参数,使用人工智能开展趋势和绩效评价,洞悉客观真实的学习效果,然后为学习提供优化方案和创意,并将改进的教学支持交付给学习者,合理定制服务推送,开展后续学习补偿,从而提升学习针对性和时效性,提升知识掌握黏度和技能应用强度,缩短学习周期。

### (二) 全要素的互动运行

数字孪生至少需要数字模型、学习环境以及服务应用三个要素才能保证顺利运行。满足教学设计、管理服务、资源建设、学习辅导的多维关联模型是实现数字孪生应用的“心脏”,也是将构想变成理论,由理论转为实践的核心组件。复杂数字环境下孪生模型的仿真设计、虚实数据的交互融合、动态应用的推广使用都是建立在全要素学习环境之上的,这也是数字孪生互动运行的“肌体”。服务应用是数据孪生架构搭建、技术应用及开展数据交换的主体,发挥“动脉”的作用。

#### 1. 多维关联模型是引擎

数字孪生模型可以为学校构建虚拟数字孪生课堂,为学习者构建数字孪生画像,为教师构建数字孪生管理流程,并通过大数据技术实时记录师生在学校内的行为轨迹、情绪波动,及时获取课程参与、成绩变化、学习评价等学习数据,以及学生生活状况等反馈数据,选择合适的方案和办法进行数据归类、筛选、提取,对师生学习、生活和工作变化等进行智能化、模块化、全面化的多维管理和分析,并配置功能合适、多样的物联网学习设备保障教学开展,从而满足碎片化、网络化、移动化学习需要。

### 2. 虚实叠加环境是载体

真实学习环境和虚拟学习环境叠加作用,确保数字孪生的教学、管理、服务、监控和保障系统等连为一个有机的整体,学习空间真实映射、实时交互、闭环控制,开展正常的学习活动。数字孪生将由大数据学习分析“黑箱”,对因果关系分析和流程追踪,转变为各项教学环节、过程透明可辩,实现从量化学习数据到模拟学习数据的决策应对和动态响应。由物联网设备的被动服务、固定配置向自主学习、自组织、自适应转变,实现教学任务组合整体优化,程序更加合理,组织愈加严密。

### 3. 动态服务应用是桥梁

数字孪生应用生成的智能应用、精准管理和可靠运维等功能,都是以评估、控制、优化等各类信息服务应用平台和系统进行串联、沟通和交互,保障智能学习运行、精准管控与可靠运维服务。学习过程由实体学习工作流程向虚实结合的互动学习过程转变,构建信息可见、过程可现、轨迹可循、状态可查的学习融合系统。数字孪生体现了真实、虚拟和物联网回馈的机制,服务系统是一种向学习者提供不同学习产品定制组合的价值提供系统,通过不同模块组合的智能分析决策、快速服务配置和体验供给等,借助要素间的虚实同步,实现资源的优化配置与融合。

### (三) 全空间的学习保障

孪生数据的信息物理融合必然要依托物理要素的智能感知与互联,虚拟模型的构建、连接和交互,以及应用服务的生成和集合。这个过程贯穿于学习各个方面,是每个应用实现的根本,也是数字孪生落地应用的基础性保障。数字孪生的学习空间,首先要完成空间的融合,其次要满足个体的情境,第三要在孪生体之间发生很好的互动。

#### 1. 融合化学习

数字孪生需要具备对真实学习环境和虚拟学习环境全面、综合的描述能力,独立、交叉的耦合能力。数字孪生广泛应用超灵敏超精确行为识别技术,如视觉传感、听觉传达、触觉反馈、体感标识技术等,形成全感知体验;应用透明视频、裸眼3D、全息投影等超高灵活性显示技术,快速准确进行状态表征;应用AR/VR/MR等,实现虚拟助手辅助功能;应用超低时延、超高速率交互、通信技术,可以保证完整充分的人机交互。融合化的学习,可以构建更富有逻辑链、故事线和游戏化体验的学习,使概念性和理论性的教学难点,通过碎片化、数字化的学习过程得以解决。

## 2. 情境化学习

“时时、处处、人人”的教育体验创设的是没有围墙的校园,随后迭代升级的可能是没有桌椅的数字孪生教室。数字孪生将促进虚拟世界和现实世界在时空领域转换为“体验场”和“生活区”,各种学习设备搭配灵活、使用更加广泛,形成一个情境化的学习环境,将促进学习的良性互动以及学习者的深度参与。单个的虚拟空间或者现实空间,都没有两者叠加起来带来的学习机会更多,而且增加的学习活性和维度将几何倍增。过往难以实践的新兴教学方法和策略将会有探索推行的可能,将激发更强的参与性、协作性和积极性,强化学习动机,固化学习目标,优化学习黏度,完成教学设计和学习创造。

## 3. 互动化学习

数字孪生营造下的真实和虚拟两种环境、两个个体、两类信息,从传统的一对一人机学习交互,转变为全空间综合联动,能够直观地显示并改善学习策略和方法,主动而有效地聚焦学习问题,挑战原有假设,能够综合地考虑虚实共生问题,完成各种线性和非线性、时变和时不变等跨空间的各种映射,有效支持复杂学习全空间的定向引导、快速供给、智能服务、效应分析。数字孪生也使教学管理适应课堂内外更加活跃、多元、开放的变化,学习者由被动响应提升到互动需求。

## (四) 全数据的关联驱动

数据孪生的学习方式由传统的经验与知识引导向孪生数据驱动转变;管理模式由层级控制向扁平化沟通转变;服务类型由整体派发向人性化一站式定制转变;数据来源由阶段性、过程性、小样本向全周期、实时化、集成化转变;过程控制由粗放运维向精确定位转变;交互方式由离线更新向实时传递转变;调度要素由实体提取向虚实映射转变;验证方式由个体抽样向高逼真度虚拟验证转变;响应方式由被动满足向主动应对转变。

## 1. 大样本互联互通

孪生数据源于虚实空间、数字模型、应用系统,产生于各部分和各流程,这些是数字孪生最核心的资源,没有多元融合的数据,数字孪生就失去了运维的基础。孪生数据具体包括教学、管理、服务等过程性数据,教室、设备、资源等保障性数据,成绩、影响、效果等评价性数据。要在数字孪生学习设计过程中,同步规划硬件的开发设计,广泛引入数据同步、模型建构、信息转换、识别和合成技术,提高模型计算、辨识和模拟能力,强化互联网学习设备对于学习的感官呼应和支持保障,对创客空间甚至是情感计

算、机器人学习等支持的互联互通、动态可视和深度对接。<sup>[7]</sup>

## 2. 痕迹化动态可视

数字孪生的学习环境是叠加复杂的,容纳各种传感设备,实时监测其环境数据和运行状态,它通常由各种功能子系统间的协作完成特定任务。数据孪生的实体数据、虚拟数据、模型数据、服务数据等,随着实时数据的产生而不断交互更新。实现数字孪生驱动的教育,必须以学习者和教学者需求分析为依据,优化数字孪生模型,标定、记录整个教学过程的线索和痕迹,通过孪生数据的融合与分析,最终实现各种精准判断,提供各种改进建议。

## 3. 主动型逻辑驱动

数字孪生的教学要按照一定的逻辑关系、教育规律和学习方法,在虚拟学习空间中构建高逼真度的虚拟模型及测试系统,在历史数据和实时数据的驱动下,借助数据传输、学习指令传递,搜集和使用完整、规范、精确的全样本孪生数据,开展数据降维关联、提炼预测、集聚挖掘、回溯发现和集成管理,实现真实学习个体和虚拟模型之间的多维度/多尺度/多参数的高逼真度仿真与交互,不仅直观、全面地反映全数据学习状态,而且客观、科学地支撑教学决策。当然,数字孪生依赖个体信息数据的全面提取和开放共享,也会带来一定的限定性约束,需要克服用户体验同质化和边际效益递减的难题,并剔除伪数据干扰。<sup>[8]</sup>

## 四、数字孪生技术的教育应用的展望

未来教育的发展,机遇与挑战更加突出。一方面,从学习环境来看,不再有地点的客观局限和条件的前置要求,但是对于学习体验的要求更高了,对生活、工作的融合更深;另一方面,碎片化、个性化学习,为自主学习创造了条件,但是也为深度学习、互动学习制造了障碍。基于数字孪生的学习,沟通了大数据、物联网和人工智能之间的联系,拓展了机器学习、量化分析、模拟实践的渠道,能够更加准确、深度地聚焦教学目的,对于教育的影响也是多方面的。对于数字孪生的教育应用,我们应该关注以下方面:

## (一) 重设教学组织方式

学生是学习的主体,是数据的产生者,是数据分析的受益者,更是数据建议的采纳者。基于数据孪生的教学组织,我们应该应用大数据思维,通过物联网手段,广泛应用人工智能,从群体学习的规律总结,逐步回归到面向个体的量身评估。制定适宜的教学策略实现可引导的学习;确定适宜的学习方法

在技术层面给予干预和指导;设计适宜的教学路径掌握学生学习规律性趋势;配置适宜的教学资源辅助学习提升活跃度和关注度。完善各种学习机制,实现经验的数字化,让教学真正覆盖到学习的全周期。

## (二) 重构教育技术形态

数据孪生对数据模型、学习环境和服务应用的要求,涉及到教育技术方面,要定位在具备更全面准确的分析预测能力。要准确把握全周期、全要素、全空间、全数据学习的规律和特点,提高全面、综合、真实的描述能力,特别要对隐藏在表象下的问题提前进行预判,克服过程反馈障碍和问题回归桎梏。结合物联网的结构搭建、大数据的数据处理和人工智能的建模,探究各种可行性和可能性,服务于教学全要素,必须要引入和拓展更多的技术种类和形态,为数字化学习提供更全面的决策支持。

## (三) 重筑教育覆盖范围

数字孪生通过各种数字化的手段和工具建立数字孪生镜像,并借助大样本库的数据支持,通过人工智能指导下的学习模型推演,就可以发现一些原本无法直接获取和测量的指标,形成可变构、可转移、可复制、可修改、可重现的教学实验。这个过程加深了对信息化环境下学习的了解,加速了对现代信息技术的应用,可以让此前受学习环境、学习要求等条件限制,必须依赖于学习者真实开展的教育探索、教学改革、学科研究、学习创新得以实现所涉及的教学观、成才观、资源观等同步进阶,转化成更为融合化、情景化和互动化的全空间学习。

## (四) 重组教学评价方式

经验往往是一种模糊而很难把握的形态,因为不可能穷举各种情况、搜集各种变量,另外对于推测演绎各种未知情况,也面临着较高的试错成本和容错风险,所以经验很难成为教育策略精准辨别、判断的唯一依据。数字孪生则可以通过数字化的关联手

段,以及超强的复制、转化、异构能力,让经验总结降低难度,发挥更大作用。经验的数字化,所要求的实现方式不仅仅落实在结果,还应包括干预过程,通过数据孪生不仅在教育大数据取样的模式、渠道、范围方面有更大的扩展,还要让模型在多维分析、多元评价方面有更大的突破,用数据驱动当前泛在学习、智慧学习的要求。

## 五、结束语

在信息化 2.0 环境下,必须要实现深度融合模式的教学,引导和保障学习者,穿越虚实界墙,在物理与数字模型之间自由交互与徜徉。数字孪生实现了现实物理系统向虚拟空间数字化模型的反馈,基于数字化模型进行的各类人工智能的教学应用,可以赋予学习者全新的梦想视角和学习动力,发现并创设无限的学习的可能性。

### 【参考文献】

- [1]任友群.课堂:走向“数字孪生”[J].教育家,2018(28):16—18.
- [2]曹晓明.“智能+”校园:教育信息化 2.0 视域下的学校发展新形态[J].远程教育杂志,2018(4):57—68.
- [3]陈骞.国外数字孪生进展与实践[J].上海信息化,2019(1):78—80.
- [4]时培昕.解析物联网和大数据分析的渊源[J].软件和集成电路,2018(11):12—17.
- [5]褚乐阳,等.虚实共生:数字孪生(DT)技术及其教育应用前瞻[J].远程教育杂志,2019(5):3—12.
- [6]Sebastian Haag, Reiner Anderl[J]. Manufacturing Letters, 2018(15):64—66.
- [7]Klaus Dröder. A Machine Learning-Enhanced Digital Twin Approach for Human-Robot-Collaboration [J]. Procedia CIRP, 2018(76):187—192.
- [8]陶飞,等.数字孪生及其应用探索[J].计算机集成制造系统,2018(1):1—18.

## Research on Educational Application of Digital Twin Technology

ZHANG Zhi-shi

(Vocational College, Zhejiang Open University, Hangzhou 310030, China)

**【Abstract】**Digital twin technology is a new information technology with broad application prospects and revolutionary forces. The educational application of digital twin technology can overcome the difficulties and problems faced by the saturated development stage of big data technology and Internet of things technology. Under the support of artificial intelligence technology, it can establish the virtual model by the theory of education and learning method which are existing. The simulation technology is used to explore and predict the future, which finds and looks for better methods and ways to realize the full cycle, full data, full space and full factor learning in the environment of educational informatization 2.0, and provides new ideas and new solutions for the innovation and development of education in the new era.

**【Key words】**education informatization 2.0; digital twin; big data; Internet of things; artificial intelligence (编辑/樊霄鹏)