

数字孪生技术驱动的实验室智能化教育改革模式

赵玲¹ 蔡晓梅¹ 张慧丽¹ 刘芳¹ 杨冬黎¹ 刘志刚¹ 孙先达²

1. 东北石油大学 计算机与信息技术学院, 中国·黑龙江 大庆 163318

2. 东北石油大学 非常规油气研究院, 中国·黑龙江 大庆 163318

摘要: 高校在“互联网+教育”中积极探索智慧、数字媒体实验室的建设工作,能有效推进教育信息化进程、培养学科人才。高校在构建智慧、数字媒体实验室过程中,需要用到智能传感、RFID、大数据、数字孪生技术同时还会涉及基础设施建设、内部网络建设、服务应用建设工作,流程十分精细和复杂。对此,本文在利用此类技术的基础上,从数字孪生智慧实验室的构建要素、构建框架以及构建体系等关键技术进行分析研究,研究数字孪生技术应用用于高校实验室建设的可行方案,进而探索应用数字孪生技术的高校实验室建设新模式。为突破教育困境提供可行方案。

关键词: “互联网+教育”; 高校智慧实验室建设; 数字孪生技术; 智能化教育

Reform mode of intelligent laboratory education driven by digital twin technology

Zhao Ling¹, Cai Xiaomei¹, Zhang Huili¹, Liu Fang¹, Yang Dongli¹, Liu Zhigang¹, Sun Xianda²

1. College of Computer and Information Technology, Northeast Petroleum University, China Heilongjiang Daqing 163318

2. Unconventional Oil and Gas Research Institute of Northeast Petroleum University, China Heilongjiang Daqing 163318

Abstract: Colleges and universities actively explore the construction of intelligent and digital media laboratories in "Internet+Education", which can effectively promote the process of educational informatization and cultivate subject talents. In the process of building a smart and digital media laboratory, colleges and universities need to use smart sensing, RFID, big data and digital twin technologies, and also involve infrastructure construction, internal network construction and service application construction. The process is very detailed and complicated. In this regard, on the basis of using this kind of technology, this paper analyzes and studies the key technologies such as the construction elements, the construction framework and the construction system of the digital twin smart laboratory, studies the feasible scheme of applying the digital twin technology to the construction of university laboratories, and then explores a new mode of university laboratory construction using the digital twin technology. Provide feasible solutions to break through the educational dilemma.

Keywords: "Internet+education"; Construction of intelligent laboratory in colleges and universities; Digital twinning technology; Intelligent education

0 引言

高等教育是国家科技创新人才培养的核心战场,而实验实践教学环节是其中的重要组成部分。高质量人才作为发展科技、提高国家竞争力的必要基础,对国家科技的进步发展具有非常重要的影响。因此,教育的发展本着必须“以人为本”的目标。2018年10月,教育部发布了《关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见》。该意见提出了多项措施,旨在提升人才培养的质量。其中,“推进现代信息技术与教育教学深度融合”的举措中明确指出,要重新塑造教育教学新形态,通过打造智慧课堂、智慧实验室、智慧校园等多种形式,我们正在加快推进“互联网+高等教育”新模式的形成^[1]。要构建智能实验室需

要用到的技术有很多,如人工智能、RFID技术、大数据技术,数字孪生技术。高校传统人才培养过程中,由于设备不足,设施简陋,学生只能轮班进行实验操作,实地考察调研中,很多的高校缺少实验室以及实验设备,借助多项信息技术创设的智慧实验室,实验人员不仅能实现高效率共同操作实验设备还可以对实验设备以及实验人员实现实时监控,这可以大大的提升实验室的安全性能,同时还能通过智慧教学空间,网络云平台来实现虚拟实验和实验数据分析,实验室可以根据实验者的项目不同进而改变实验室的功能,同时通过信息的交互传递达到快速的搭建虚拟实验室,通过智能实验室的搭建可以创建一种新型的学习模式。

具有高保真仿真、可视化、动态交互和伴随生命全周期等特点的数字孪生技术,在物理空间的基础上可实现真实环境在虚拟世界的全映射,并实现无缝融合,有望对传统高校实验教学场景带来变革与重构。鉴于此,本研究在分析数字孪生内涵与实验室教学特征的基础上,通过融合智慧教学空间、数字教育资源与课堂教学,尝试构建数字孪生视域下的智慧实验室教学模式,为智慧实验室管理的高效开展提供参考,助力学生的核心素养培育。

1 数字孪生技术概述

数字孪生技术主要是利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据实施的仿真过程,涉及多个学科,涵盖了多物理量和多尺度,可于虚拟空间中完成映射,反映出实体装备的全生命周期。数字孪生技术的核心在于转化真实世界中的物体,用数字信息形式呈现出来,并对其进行有效管控和优化。其原理涵盖了三个步骤:首先,采集数据,这需要利用不同类型的传感器,将真实世界中的环境参数、运动轨迹等各项数据采集到一起。其次,进行数据转换,将所采集的数据转化为多种数字信息形式,可以是视频,也可以是三维模型等。最后,进行数据处理,主要是处理转换后的数字信息,采用建模、仿真等方式^[9]。

数字孪生技术具有交互实时、虚实共生、洞察深度、高度保真等基本特征。具体表现为以下三个方面:一是互操作性,能够实现物理对象、数字空间的双向映射,具有多样的数字模型映射物理实体能力。二是可扩展性,具备集成、替换数字模型的能力,而且扩展了多层级的模型内容。三是实时性,可以通过表征随时间轴变化的物理实体来映射实体的实际状态。

2 数字孪生智慧实验室的内涵

近年来,随着我国高等教育投入力度的加大,高校实验设施历经更迭,信息化程度逐步提高,但仍存在一系列问题。作者查阅相关文献资料,并对南京市部分高校在校师生进行问卷调查,对高校实验室负责人、管理人员、学生进行访谈,分析得出高校实验室当前建设中存在的问题,主要表现在以下几个方面。一是高校对实验室的建设工作不够重视。部分高校对于实验室的认知较为片面,认为实验室只是教学的附属品,缺乏创造性理念,还有部分高校仅将实验室当作科研工作内容,忽视了实验室的作用,不利于培养学生的技术应用能力,也在一定程度上影响了学生的实践教学效果。二是部分高校实验室建设较为简单,仍然采用传统模式。各类物理环境指标缺乏统一监控和预警,学生自主实践学习环境不理想,教学内容单一、人机

交互手段匮乏,实验条件因设备占地、成本及操作安全等因素无法满足实验需求,无法给予学生实训场景,不利于提升学生的动手实践能力^[6]。三是高校实验室的整体效益有待进一步提升。高校在申请实验室建设的时候,一般是以学校教学群体需求为主,面向社会公共开放程度不够,在资源配置方面缺乏自动化、智能化管理,实验设备维护量大且存在利用率不高甚至浪费现象,实验室建设规划不够优化,效益受到影响。

数字孪生技术是构建智慧实验室学习空间的基础,该学习空间利用数字孪生技术和人工智能技术等信息技术进行构建,具有高度逼真、实时互动、虚实共存和可扩展性等特点。利用数字孪生技术来构建虚拟实验室的模型,将实验室的构建以一种更加直观的方式体现出来,并将其虚拟影像进行投影,同时使用数字孪生技术将其中的硬件设施新型数据化,进而可以实现对实验室的构建和管理,物理实验室的场景模拟,更可以进行实验设备的外观展示。并且可以实时监控实验设备的功能参数以及运行情况,这样可以大大的提升对实验室的了解与掌控,并直观的观察实验室的运行的状态。

数字孪生智慧实验室主要的目标是为了促进深度协作学习和思维能力的培养,同时又提供更便捷先进的实验条件,它结合多种学习空间,可以进行智能化的调整并通过改变学习空间来实现不同的学习功能,通过共享技术来共同深入探讨问题。在个人特征方面,数字孪生智慧实验室可以为学生提供自适应学习支持,根据学生的自我效能、人格特质和情绪变化来调整学习内容和进度。综合解决问题是数字孪生研究教育模式的核心学习活动,采用涟漪式的拓展探究策略,可以让学生进一步深入问题的探究。此策略以问题解决为起点,通过创造不同的问题情境和具体任务,引导学生适当地提出下一个问题。具体问题的深度、范围和效果,取决于之前问题的解决程度。该策略不断促进协作知识积累,帮助学生加深对问题的理解。

3 数字孪生智慧实验室环境下的教育体系变更

数字孪生智慧实验室下的教育体系也将发生巨大改变,首先在教育方式上将会变的更加多元化,传统意义上的教育依赖于物理空间,对于虚拟空间的利用仅仅局限于部分计算机课程当中,而在数字孪生智慧实验室的应用当中,它不仅充分的将物理空间与虚拟空间有机的结合起来,同时由于其灵活的学习机制,其可以根据课程的不同或者根据教学目标的不同进行适应性变化,通过大数据的模型

构建,提供更适配于学科或者更贴近于教学目标的教学方案以及教学环境。数字孪生智慧实验室适应不同教育阶段和学科需求主要可以从以下四点出发。

3.1 模块化的设计

数字孪生智慧实验室在构建过程中采取的是模块化设计,因此其可以根据特定的教育阶段或者不同的教育目标以及不同的学科需求来对不同的模块进行组合和调整,例如,在物理实验室中,通过数字孪生技术,学生可以直观地观察、操作并测试不同物理现象和理论,如电磁学、光学甚至量子物理,这些实验在真实环境中往往需要高昂的设备成本和严格的安全措施。数字孪生实验室则能够以较低成本提供无限制的实验机会,使学生能够重复试验、探索不同变量对实验结果的影响,这种沉浸式和互动式的学习体验,无疑大大提高了学习的效率和兴趣;再者,例如在生物实验中,可能涉及到细胞结构的仿真,以及生态环境的模拟。通过这种技术可以满足各种学科的需求。

3.2 制定教学内容

数字孪生智慧实验室是可以根据不同的教育阶段,教学目标进行教学内容以及教学方案的定制,教师可以结合具体情况进行教学资源的调配,并利用大数据技术寻找合适的教学方案。例如在小学阶段教育中,可能更加侧重于对事物的具象化并且对于实验的模拟更侧重于有趣形象。而在高中或者大学教育中更加侧重于复杂的工学模拟以及科学研究。通过模块化的设计,使得数字孪生实验室可以满足各个阶段的需求。

3.3 提升互动实现交互式教学

数字孪生智慧实验室可以通过交互教学的方式来增强学习体验,学生在学习过程中可以通过虚拟现实技术或者同感技术,亲自参与到实验的过程中,并且可以和实验室的环境进行交互,同时智慧实验室还可以利用大数据为学生提供更多更优质的实验方案,这种交互式的学习方式和教学活动,不仅可以帮助学生更好的理解知识,同时还能提升教学体验,并在一定程度上激发学生的学习兴趣 and 动力,提高学习效果。

4 数字孪生智慧实验室的构建

数字孪生为智慧实验室的构建提供了新的思路,孪生数据一方面可以驱动模型实现虚实同步,另一方面可以配合深度学习模型进行智能识别,从而发现人体行为的变化并对其进行检测,通过对智慧实验室虚拟环境的全面、透明、有效的监控,从而实现高效且智能的数字孪生智慧实验室。

4.1 构建原理

智慧实验室融合了数字孪生技术,与其他学习空间最本质的不同之处在于其能够构建物理实体与数字孪生体之间的“桥梁”,实现知识的传递和共享。通过跨越虚拟和现实空间,智慧实验室能够执行智能决策和社交互动,进一步优化学习者的自我认知和逻辑推理能力^[7]。数字孪生智慧实验室是指综合运用感知、计算、建模等信息技术,通过软件定义以及对实验室物理实体空间人体行为进行识别、判断、决策,进而在虚拟信息空间中构建与物理实验室全映射的数字孪生模型^[8]。智慧实验室的运行机制以及构架及功能分析如下图 1、2 所示:

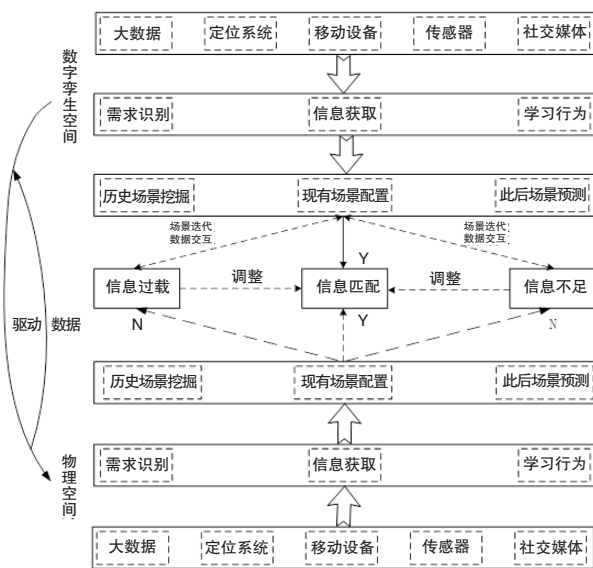


图1 数字孪生技术驱动的智慧实验室场景化服务路径运行机制

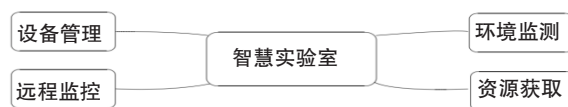


图2 智慧实验室的系统构架及功能分析

4.2 构建要素

利用数字孪生技术对智慧实验室进行构建,在物理智慧实验室进行布置,东南西北四个方向各安装 2-4 个摄像头,桌椅安装传感器,座位配备手环等,实时采集人体信息、环境信息。在虚拟智慧空间中对空间、桌椅、人物、环境进行建模,并在 Unity 3D 里完成模型的信息输出功能,应用 TCP 或 UDP 通信协议完成数据采集和视频采集,实现孪生数字资源在物理智慧实验室和虚拟智慧实验室的共享、交互。将监控内容以三维化效果进行展示,不仅能从多角度进行观察,也能提升展示的立体感^[9]。

本文通过教师以及学生两个用户端进行构建,根据需求的不一可以将构建要素分为虚实共生资源空间,信息传输系统、智慧分析系统,教学互动系统。利用教师端发起检测,通过后台分析,向学生端发出信号,并调用教室中的摄像头对实验室中的信息进行采集,同时将采集到的信息反馈给分析系统,分析系统会识别学生的活动行为,如挥手、奔跑等动作,并将这些信息保存返回教师端,如果长时间无反馈,则会向学生端发出脉冲信号以确保线路工作正常并检测其是否遭遇恶意拦截,学生端可以访问检测信息以便对自己的行为做出适应性的调整。为保护数据安全,可以对数据进行封装,采用区块链技术,将数据分块并封装成链。教师端可以保留数据,并将数据上传云端,并依据设定好的程序进行规范化操作,根据正规实验流程来完成实验。同时,可以利用时空图卷积网络对学生的课堂不规范行为进行实时监测。

5 结语

总而言之,高校应当重视实验室建设工作,需转变传统的建设模式,淘汰落后的实验室教学理念,充分发挥数字孪生技术的作用。可在数字孪生技术的支持下,探索全新的实验室建设模式,打造数智实验室,在智慧孪生实验室中,试验系统以及设备不仅能够实时收集、传输、分析,还能通过机械学习和人工智能技术,自动解读实验规律和趋势,并且对自身存在的数据进行优化迭代。这极大的提高了实验效率和精度,加速了科研进程。以提高实验室建设水平,有效发挥现代信息技术优势,培养学生从技术应用能力转向信息素养能力,为推进信息技术与教育教学的深度融合、培养高水平和高素质创新型人才提供创新实践途径。

参考文献:

- [1] 裴慧华, 韦小铃. “互联网+”背景下智慧实验室的设计与建设[J]. 电视技术, 2022,46(08):217-219+228.
- [2] 凌振光, 张安翔, 王友祥等. 人机协作与数字孪生技术在智能实验室中的前瞻性研究[J]. 广州建筑,

2023,51(06):118-120.

- [3] 赵丽艳. 数字孪生和全息技术融合下智慧教学模式构建与实践[J]. 湖北工程学院学报, 2023,43(03):74-78.

- [4] 褚乐阳, 陈卫东, 谭悦等. 虚实共生: 数字孪生(DT)技术及其教育应用前瞻——兼论泛在智慧学习空间的重构[J]. 远程教育杂志, 2019,37(05):3-12.

- [5] 万力勇. 融入数字孪生的高校创客空间: 意蕴、框架与功能——从物理空间、混合空间到映射空间之演进[J]. 远程教育杂志, 2020,38(03):15-24.

- [6] 刘芳敏, 苏文斌, 李茂奎. 5G+“MetaLab”智慧实验室建设探索研究[J]. 中国新通信, 2023,25(13):71-73.

- [7] 刘邦奇. 智慧课堂生态发展: 理念、体系构成及实践范式——基于技术赋能的智慧课堂理论与实践十年探索[J]. 中国电化教育, 2022(10):72-78.

- [8] Gaue Diana, Lektuers Arnis, Solovjova Irina, Grants Roberts, Kolosovs Deniss, Litvinenko Anna. Application of Digital Twin in Medium-Voltage Overhead Distribution Network Inspection[J]. Remote Sensing, 2023,15(2).

- [9] Du Qiang, Ellingsen Kjerstin, M' Hamdi Mohamed, Marthinsen Astrid, Tveito Knut O. The Integration of Neural Network and High Throughput Multi-Scale Simulation for Establishing a Digital Twin for Aluminium Billet DC-Casting[J]. MATERIALS TRANSACTIONS, 2023,64(2).

基金项目: 黑龙江省高等教育学会高等教育研究课题(23GJYBJ020); 黑龙江省高等教育教学改革研究重点项目(SJGZB2024173); 黑龙江省教育改革项目: 能源类高校基于智能数据分析驱动专创融合人才培养模式改革研究及实践(DYIG2024064); 高等教育2022年度省教育科学规划重点课题: 基于“互联网+”大赛下的赛教融合创新创业教学模式构建研究(GJB1422157)。

作者简介: 赵玲(1979-), 女, 满族, 黑龙江大庆人, 博士, 副教授, 研究方向: 数字孪生、图形图像处理、虚拟现实等方面的理论及应用研究。