

数字孪生综合仿真平台与产业联动的实训教学实施路径研究

慕 阳¹ 杨 扬¹ 冯 辉² 郑胜男³ 徐立中¹

1.南昌理工学院, 电子信息工程学院 江西南昌 330013;

2.江苏财经职业技术学院, 智能工程技术学院 江苏淮安 223007;

3.郑胜男, 南京工程学院, 计算机工程学院 江苏南京 211167

摘 要:在全球智能制造与数字化转型背景下, 职业教育面临技能供给与产业需求的结构性失衡挑战。数字孪生技术通过构建虚实融合的实训环境, 为解决传统实训的时空限制、安全风险及教学资源滞后问题提供了新路径。本文分析了数字孪生综合仿真平台在高等职业教育中的应用现状, 指出其核心矛盾在于技术适配性不足、产教协同缺位及教学资源动态匹配能力薄弱。基于产业联动导向, 提出多层级产教生态系统构建, 虚实融合阶梯式培养体系设计的实施路径, 并通过双闭环机制实现教学资源与产业技术迭代的动态适配。研究创新性体现在产教数据共享的合规性解决方案、动态能力评价体系的构建, 以及敏捷化课程开发模式的设计, 为职业教育数字化转型提供了理论框架与实践参考。

关键词: 数字孪生综合仿真平台; 产业联动; 实训教学; 职业教育

1. 引言

1.1 全球智能制造与数字化转型趋势

全球智能制造与数字化转型呈现技术集群驱动、生态协同演进的特征, 以工业物联网、数字孪生与边缘计算为核心的技术体系正重塑制造业底层逻辑, 推动生产模式从线性控制向数据驱动的智能决策范式迁移^[1]。基于工业互联网平台的分布式制造网络逐步取代传统刚性生产体系, 形成以数据流为纽带的全球化价值网络。当前转型已突破单一技术应用层面, 演变为涵盖组织架构柔性化、产品服务数字化、供应链弹性化的系统性变革, 其核心矛盾聚焦于技术迭代速率与组织适应能力间的结构性失衡, 亟需通过数字线程贯通研发设计、生产运维到服务增值的全价值链环节, 最终实现全要素生产率的非线性跃升^[2]。

我国“十四五”规划将数字孪生技术纳入新一代信息技术融合创新体系, 明确其作为制造业数字化转型的核心技术范式, 重点部署全要素数据感知、多尺度高保真建模、虚实闭环动态优化等关键共性技术攻关^[3]。通过构建覆盖物理实体全生命周期的数字孪生技术体系, 着力突破复杂系统多学科联合仿真、实时数据驱动模型迭代等技术瓶颈, 同步推进数字孪生参考架构、数据接口等标准体系建设。战略实施聚焦航空航天、高端装备、智慧城市等重点领域, 强化工业互联网平台与算力基础设施的技术底座支撑, 实现制造系统全要素、全流程、全产业链的智能化跃迁, 加速数字经济与实体经济深度融合进程^[4]。

1.2 数字化转型对职业教育的新需求

产业的数字化转型以数字技术集群驱动产业链全要素重组, 形成数据流主导的生产与服务协同网络, 促使职业教育面临系统性变革压力^[5]。数字化转型通过物联网、人工智能等数字技术深度嵌入产业价值链, 催生职业教育范式重构的迫切需求。当前职业教育存在技能供给与产业需求的结构性时滞, 表现为课程体系与数字岗位能力标准脱节、教学场景与虚实融合工作场域割裂、评价机制与动态能力图谱失配等现实困境。因此, 职业教育要突破单一技术培训框架, 转向涵盖数字工具链操作、场景化问题解决及算法思维的复合能力培养, 实现人才培养供给侧与产业数字化需求侧的结构性适配^[6]。

1.3 数字孪生技术在实训教学中的重要作用

数字孪生技术通过构建物理实体的高保真虚拟映射与实时数据交互机制, 为职业教育实训教学提供了虚实联动的沉浸式实践场域。其核心价值在于突破传统实训受限于物理设备、时空约束及安全风险的固有边界, 通过多模态交互技术实现设备运行状态可视化、工艺参数动态调节及故障场景仿真推演, 支撑学习者完成操作训练、故障诊断与系统优化等全流程认知建构。借助智能算法对学习行为数据的实时采集与分析, 形成个体能力成长轨迹图谱, 实现教学评价从结果性考核向过程性诊断的范式转变。同时, 数字孪生教学平台通过模块化场景库的弹性扩展, 动态适配产业技术迭代需求, 为培养具备跨域协同与动态适应能力的复合型技术技能人才提供核心支撑^[7]。

2. 数字孪生综合仿真平台在高等职业教育中的应用现

状

2.1 主要应用场景

数字孪生技术在高等职业教育中已从单一实训环节向教学全链条渗透,形成“实训为核、多域协同”的应用生态。其核心价值仍体现在虚实联动的实践教学领域。通过构建高精度设备模型与实时数据映射,学生可突破物理设备限制,在虚拟环境中完成高危操作训练及复杂系统运维。以真实工业设备数据为驱动,构建高精度虚拟模型,支持学生进行设备操作、工艺优化及产线运维的全流程仿真训练。同时,这种技术应用不仅解决了传统实训中设备数量不足、维护成本高的问题,还能模拟高温高压、高危故障等真实工业场景,显著提升学生的工程实践能力与安全操作意识。

2.2 存在不足

产业联动不足,成为制约其在高等职业教育中深度应用的核心矛盾。校企协同层面,教育平台与企业实际生产系统间尚未建立双向互通的标准化数据接口,导致教学场景中的数字孪生体难以实时映射产业技术迭代动态。产业需求传导层面,教学案例库开发滞后于企业数字化转型步伐,现有虚拟仿真项目多集中于基础性设备操作,缺乏对智能运维、数字主线构建等新兴岗位能力的针对性设计,造成人才培养与企业需求的结构性错位。认证体系衔接层面,平台生成的学习成果数据尚未纳入行业技能等级认证框架,虚拟实训成果与企业岗位能力标准间缺乏权威映射关系,致使教育端的技能认证难以获得产业端认可。深层矛盾在企业缺乏参与教育型数字孪生平台建设的动力,而院校在工业数据获取、技术标准理解等方面存在专业壁垒,导致技术应用停留在浅层模拟阶段,未能形成共生生态^[8]。

此外,数字孪生综合仿真平台在高等职业教育中的应用深化面临技术、教育适配与产教协同三重挑战。技术层面受制于工业级建模软件与高算力需求,模型精度与实时性难以兼顾,多源数据协议壁垒阻碍虚实融合;教育适配层面过度侧重设备模拟,缺乏对学习者的认知规律与能力发展的动态响应机制,导致个性化教学支持不足;产教协同层面因标准化接口缺失、教学案例更新滞后及资源共享机制缺位,加剧了教育供给与产业需求的动态失衡。

3. 产业联动导向的实训教学设计

3.1 教学设计思路

以产业链需求与教育要素的深度融合为核心理念,旨在通过跨产业资源整合与协同育人机制,实现职业能力培养与产业动态发展的精准适配。在高等职业教育场景下,通过校企联合组建产业研究院,系统梳理区域重点产业链的技术迭代路径与岗位集群图谱,进而依据职业能力成长规律开发模块化课程体系^[9]。实训项目设计需突破单一岗位技能训练的传统框架,基于真实生产流程构建包含技术研发、工艺实施、质量管控等环节的复合型任务链,使学生在仿真或真实的产业协作场景中形成系统性职业素养。此过程中,需同步建立

产业技术标准与教学标准互认机制,确保实训内容与产业技术前沿保持动态同步。

3.2 教学实施路径

校企双方应以产教融合型实训基地为载体,组建由企业技术总监、院校专业带头人和行业标准制定者构成的课程开发委员会,通过定期召开产业技术预见会议,动态捕捉产业链数字化升级中的能力需求变化^[10]。在实训过程设计中,通过模拟产业链上下游企业的协作关系,构建包含供应商对接、生产组织、质量追溯等典型工作情境的虚拟仿真系统,促使学生在跨组织协作中掌握标准化作业、异常处置及资源调度等复合能力。为保障教学有效性,需建立基于产业技术认证标准的考核评价体系,将企业生产指标转化为可量化的实训评价维度,并依托区块链技术实现学习成果的跨主体互认。

4. 数字孪生综合仿真平台与产业联动的实训教学实施

4.1 构建多层次协同的产教融合生态系统

应联合行业协会、龙头企业共同制定数字孪生实训教学标准,建立动态更新的产业技术需求清单库。通过高校与企业联合申报产教融合项目,形成政策驱动下的校企合作新范式。校企合作层面,应建立“双元育人”深度协作模式,企业技术专家全程参与实训课程开发、教学实施与考核评价,高校教师定期到企业开展技术研修,形成“产业导师-学术导师”联合指导团队。企业开放生产数据接口,高校提供算力支持,共同建设涵盖典型工业场景的模型库,形成校企资源共建共享机制。运营保障层面,需建立多元投入模式,通过政府购买服务、企业技术入股、高校成果转化等渠道保障实训平台持续升级。同时,构建产教融合绩效评价机制,从人才培养质量、技术转化效益、社会服务等维度进行量化评估,确保生态系统可持续运行^[11]。

4.2 重构虚实融合阶梯式培养体系

基础层聚焦设备认知与操作规范训练,针对工业自动化核心设备,开发高精度数字孪生模型,集成设备结构拆解、虚拟装配、安全操作规范训练等功能。通过物理信号与虚拟模型的实时映射,实现操作行为的精准反馈,解决传统实训设备不足、操作风险高等问题。进阶层设计系统仿真与优化实践项目,选取典型工业场景,构建多学科耦合仿真环境。学生团队需完成系统参数配置、运行策略优化、异常工况处置等任务,通过数字孪生沙盘推演验证方案有效性,培养系统思维与工程决策能力。创新层设置产业真实课题驱动的创新实践,与龙头企业合作引入智能制造升级、智慧城市规划等实际项目,要求学生基于数字孪生平台进行方案设计与验证,强化创新实践能力培养,形成从基础认知到创新实践的能力提升路径^[12]。

4.3 技术赋能需打造云、边、端协同仿真环境

云端部署高性能计算集群与模型库服务,利用云计算弹性扩展能力,构建数字孪生模型训练与托管平台。开发标准

化模型接口规范,实现几何模型、物理模型、行为模型的组件化封装与跨平台调用,提升模型复用效率。边缘节点实现数据实时采集与模型更新,通过部署工业网关与边缘计算设备,构建“云、边、端”协同的数据处理架构。嵌入智能算法辅助教学与决策优化,实现操作行为智能评估、系统参数自动优化、故障预测等功能。开发自适应学习路径推荐系统,基于学生能力模型动态调整实训任务难度,形成技术支撑下的个性化学习空间^[13]。

5.数字孪生综合仿真平台与产业联动实施过程中面临的挑战及对策

5.1 技术层面

技术层面存在数据融合与平台适配性问题。数字孪生需实时整合产业端多源异构数据,但生产设备异构性导致数据接口不兼容,且教学场景对数据精度需求与产业实际存在差异。对此,可通过构建轻量化数字孪生引擎、开发边缘-云协同计算架构优化资源配置,同时采用联邦学习技术实现数据隐私保护下的跨域协同,例如某汽车制造实训项目中,通过数据脱敏与特征提取技术,将生产线数据转化为教学可用模块,降低数据迁移成本。

5.2 制度层面

校企数据共享面临法律边界模糊问题,涉及商业秘密与知识产权保护的矛盾,而教学成果转化缺乏利益分配机制,抑制企业参与意愿。针对这一问题,技术端采用区块链存证技术实现数据溯源与权限控制,制度端则需明确数据分级分类标准,同时探索“实训成果反哺技术改进”的收益分成模式,使院校获得技术使用费,企业享有优先人才录用权,形成可持续合作生态。

5.3 时效性层面

产业技术迭代加速导致课程内容滞后是普遍现象,传统实训体系难以适应柔性化生产需求。解决路径在于构建双闭环自适应机制:内环依托数字孪生平台的数据感知能力,实时捕捉产业技术变迁,通过知识图谱技术自动生成教学资源更新建议;外环则建立校企联合教学委员会,采用敏捷开发模式进行课程迭代。

6.总结

本文从全球智能制造与数字化转型趋势切入,揭示了职业教育在技术迭代加速背景下存在的技能供给滞后、产教协同不足等核心问题。本文提出构建多层次产教融合生态系统的路径,涵盖校企联合标准制定、双元育人模式创新及资源共建共享机制。技术赋能层面强调云边端协同架构的支撑作用,利用轻量化引擎与联邦学习技术突破数据融合瓶颈。本文提出,技术端优化数据迁移与算力分配,制度端设计合规共享与利益反哺机制,时效性端通过双闭环自适应系统缩短课程迭代周期。本文为职业教育实现产教深度协同、动态能力培养及数字化转型提供了系统性解决方案,具有显著的理

论价值与实践意义。

参考文献:

- [1]梁正,李瑞.数字时代的技术-经济新范式及全球竞争新格局[J].科技导报,2020,38(14):142-147.
 - [2]许妹香.全球价值链嵌入的技术进步效应研究[D].东华大学,2021.
 - [3]吴雁,王晓军,何勇,等.数字孪生在制造业中的关键技术及应用研究综述[J].现代制造工程,2021,(09):137-145.
 - [4]钟志华,臧冀原,延建林,等.智能制造推动我国制造业全面创新升级[J].中国工程科学,2020,22(06):136-142.
 - [5]陈燕,王禹封,譙木,等.数字孪生在制造业中实现的关键技术及典型应用综述[J].航空制造技术,2024,67(11):24-45.
 - [6]张华.职业教育专业数字化转型的时代要求、现实困难及推进策略[J].南宁职业技术大学学报,2025,33(1):30-34.
 - [7]吴俊君,陈海初,张清华,等.基于数字孪生技术的智能制造实训教学模式研究[J].工业和信息化教育,2022(2):72-76.
 - [8]杨丹,眭碧霞.5G+XR支持的实训教学变革:模式、挑战与建议[J].职业技术教育,2021,42(17):43-47.
 - [9]张万兴,冯艳博,李润红.基于劳动力市场供需视角的大学生就业问题探析[J].企业经济,2018(6):91-95.
 - [10]王润铭,巩有奎.高职产业学院的内涵、价值与路径研究[J].常州信息职业技术学院学报,2023,22(3):5-9.
 - [11]周怀谷,白霞祖.职业教育生产性服务业“新商科”综合实训混合模式重构[J].职业教育研究,2023(1):31-35.
 - [12]姚旭明,傅辉明,李盛林.发电厂及电力系统专业“三融合”虚实一体教学模式的探索与实践[J].教育与职业,2014(3):119-120.
 - [13]苗晓培,罗志伟.云边端协同平台在智能制造中的应用与优化[J].信息技术与信息化,2024(10):197-199.
- 作者简介:
- 慕阳(1993.07),河南焦作人,讲师,学士,研究方向:电子信息类专业实训教学;
- 杨扬(1984.11-),男,汉,河南开封人,研究生/硕士,教授,研究方向:电子信息类专业建设与课程改革;
- 冯辉(1984.01-),男,汉,江苏淮安人,研究生/博士,副教授,研究方向:计算机应用;
- 郑胜男(1986.03-),女,汉,河南信阳人,研究生/硕士,高级实验师,研究方向:计算机应用、虚拟仿真实验技术;
- 徐立中(1958.08-),男,汉,江苏徐州人,研究生/博士,教授,研究方向:遥感遥测与信息融合。