

基于虚拟仿真实训平台的 AI 多模态交互式教学模式研究 与实践

李文群 叶晓凤

重庆海联职业技术学院 重庆 401120

摘要: 针对当前虚拟现实 (VR) 与嵌入式技术实训教学中存在的设备成本高昂、师资力量短缺、实训效果评估单一等核心痛点, 本研究提出并构建了一个集成AI多模态交互与智能评估功能的国产化虚拟仿真实训平台 (AI-VR Lab)。平台深度融合“时空同步对比学习框架”(ST-CL), 整合视觉、语音、文本、触觉四维数据流, 并利用DeepSeek动态融合机制(GMR)实现多模态指令的精准理解与响应。通过构建高保真数字孪生环境模拟树莓派等硬件操作, 显著降低了硬件损耗与实训成本。同时, 创新性地引入“元模态原型网络”(MPN)与“可解释多模态因果图”(IMCG)模型, 实现了对学生操作过程的决策链追踪与个性化实时反馈, 构建了“教-学-评”智能闭环教学模式。实证研究表明, 该模式能有效提升学生作品完整率、代码规范性与综合能力, 为职业教育虚拟仿真实训教学改革提供了可复制、可推广的系统性解决方案。

关键词: 虚拟仿真; AI多模态交互; 教学改革; 数字孪生; 智能评估; 职业教育

1 引言

随着人工智能、虚拟现实等新一代信息技术的迅猛发展, 职业教育正面临深刻的数字化转型。虚拟仿真实训作为连接理论学习与企业实践的重要桥梁, 在降低实训风险、突破时空限制方面展现出巨大优势^[1]。然而, 当前VR/AR教学仍面临设备成本高、“双师型”教师短缺、过程性评价不足等挑战。AI多模态交互技术为智能教学干预提供了新路径, 国际研究已进入多模态深度协同阶段, 如Habitat 3.0和DeepSeek模型展现了强大潜力, 但系统化融入职业教育教学全过程的研究尚少。传统的实训评价多依赖于教师主观经验与最终作品成果, 缺乏对学生操作过程、问题解决逻辑与思维路径的形成性评价, 难以全面衡量学生的综合职业能力^[2]。本研究构建基于虚拟仿真实训平台的AI多模态交互式教学系统, 旨在降低教学成本、提升实训质量, 并为同类院校改革提供借鉴。

2 AI多模态交互式实训平台构建

2.1 整体架构设计

本研究构建的AI-VR Lab平台采用分层设计理念, 主要包括基础设施层、多模态交互层、智能核心层与教学应用层。

基金项目: 校级教改项目: 重庆海联职业技术学院2025年度校级教改立项项目: 基于虚拟仿真实训平台的AI多模态交互式技术教学改革与实践 (项目编号: 25hljg15)

2.1.1. 基础设施层: 依托云端渲染与WebXR技术, 提供轻量化的VR实训环境访问, 学生可通过普通终端设备进行高性能实训, 显著降低设备门槛。该层整合了分布式计算资源, 支持高并发访问与动态资源调度, 确保在多人同时在线实训时仍能保持流畅稳定的用户体验。同时, 基础设施层还集成了安全认证与数据加密模块, 保障学生操作数据与个人信息的安全性与隐私性。

2.1.2. 多模态交互层: 构建ST-CL框架, 负责采集并初步处理来自自动仪、麦克风、摄像头、力反馈设备等源数据(视觉操作视频、语音指令、代码文本、模拟触觉), 为上层分析提供标准化数据流。该层采用模块化设计, 支持不同类型传感器的即插即用与数据格式的自适应解析, 具备良好的扩展性与兼容性^[3]。通过时间戳同步与空间坐标对齐技术, 确保多模态数据在时空维度上的一致性, 为后续的深度融合与分析奠定基础。

2.1.3. 智能核心层: 作为平台大脑, 集成三大核心模块:

● 多模态动态融合模块: 基于DeepSeek-R1模型构建的轻量化引擎(146MB), 利用GMR技术依据实训场景动态分配各模态权重, 并在强噪声环境下通过“唇部视觉特征重建”等技术实现高达81%的语义还原度, 保障高危操作指令识别的可靠性。该模块还引入了注意力机制, 能够根据任务关键性自适应聚焦于最具信息量的模态组合, 提升融合效率与准确性。

● 数字孪生仿真模块: 参照Habitat 3.0物理引擎, 高精度复现树莓派开发板及其GPIO接口操作环境, 支持代

码编写、虚拟烧录、信号调试全流程仿真,关键物理参数模拟误差 $<5\%$ 。该模块不仅模拟硬件外观与接口,更深入复现其电气特性与运行时行为,例如模拟电压波动对传感器读数的影响、外设中断触发逻辑等,使学生能在虚拟环境中获得逼近真实硬件的操作体验。

●智能教学与评估模块:内置MPN网络实现学生认知薄弱点预测与跨领域知识迁移,并利用IMCG模型对学生操作序列进行因果推理与反事实分析,生成可解释的个性化诊断报告。该模块整合了教育学理论与领域知识,能够识别学生的常见错误模式(如逻辑错误、概念混淆、操作遗漏等),并基于教学策略库生成针对性的提示、示范或挑战任务,实现“因材施教”的智能化辅导。

2.1.4. 教学应用层:面向师生提供AI虚拟导师、实时智能纠错、多维度学习仪表盘、自动化作品评价等具体教学功能。该层设计注重用户体验,提供直观的可视化界面与自然的多模态交互方式。教师可通过管理后台配置实训项目、设定评价标准、查看班级整体学习进度与个体差异;学生则可获得沉浸式的实训环境、实时的操作反馈、个性化的学习路径推荐以及详尽的能力发展报告。

2.2 关键技术实现

2.2.1. 多模态指令精准理解:通过跨模态检索增强技术,解决异构数据间的语义鸿沟问题。在语音识别错误率 $>30\%$ 的模拟噪声环境中,平台对关键操作指令的语义召回率可稳定在 88% 以上。具体实现上,平台构建了多模态指令语义库,将常见的语音指令、手势操作、菜单点击等映射到统一的语义空间,并利用上下文感知技术对模糊指令进行消歧。例如,当学生说“点亮那个灯”并伴随指向手势时,系统能结合虚拟环境中手指指向的具体GPIO引脚,准确理解其意图。

2.2.2. 高保真硬件仿真:数字孪生体精确模拟树莓派的电气特性与行为逻辑,使学生能在虚拟环境中完成所有硬件操作练习,将实物损耗率从传统的 25% 降至 5% 以下。仿真模型基于真实的器件手册与实测数据构建,涵盖了从基本的数字/模拟IO操作到复杂的通信协议(如I2C、SPI)模拟。平台还模拟了常见的外部传感器与执行器(如温湿度传感器、舵机、LCD屏等),支持完整的嵌入式系统开发与调试流程。

2.2.3. 个性化反馈机制:IMCG模型不仅标记代码错误(如内存泄漏、指针误用),更能追溯导致错误的决策链,例如分析“为何学生选择增大缓冲区而非检查指针有效性”,并提供反事实建议,引导学生深入理解问题本质。反馈内容不仅包括“哪里错了”,更强调“为什么错”以及“如何避免”,并关联相关的理论知识点的复习与巩固。系统

会根据学生的历史表现与当前认知状态,动态调整反馈的详细程度与呈现方式(如文本提示、语音讲解、动态演示等),以适配不同学生的学习风格与接受能力。

2.2.4 平台部署与运维

AI-VR Lab平台支持云端集中部署与边缘节点分发相结合的混合架构,既可利用云端的计算弹性应对实训高峰,也可通过校园内部的边缘服务器保障低延迟访问。平台提供完善的运维监控系统,实时监测硬件资源使用率、服务响应时间、用户并发数等关键指标,并具备故障自动迁移与服务自愈能力。对于院校信息技术人员,平台提供图形化的管理界面,便于进行用户管理、资源分配、课程配置与数据备份等日常运维操作,降低了技术维护门槛。

3 教学改革实践与应用效果分析

3.1 教学模式创新

本研究将AI-VR Lab平台应用于《虚拟现实技术》与《嵌入式系统开发》课程,构建了“课前自主探究-课中协作实训-课后反思拓展”的混合式教学模式。课前,学生通过平台微课与AI虚拟导师进行基础知识学习,并完成简单的认知测评与技能预热任务,平台根据预习情况为教师提供学情预警。课中,在虚拟仿真环境中完成项目任务,接收AI实时反馈与引导;教师角色从知识的单向传授者转变为学习的引导者、组织者与促进者,重点关注共性问题讲解、小组协作协调与高阶思维启发。课后,平台提供详细的个人能力图谱与改进建议,支持个性化巩固提升,并推送相关的拓展阅读或挑战任务,鼓励知识迁移与创新应用。

3.2 实证研究与效果评估

为验证改革成效,研究选取高职软件技术专业2025级学生为研究对象,设置实验组($n=120$,采用AI-VR Lab教学)与对照组($n=120$,采用传统教学),进行为期一学期的教学实验。

•数据采集:采集多模态数据,包括代码提交日志、操作过程视频、眼动追踪数据(注意力分布)、语音错误申报频次、代码重构时长以及前后测成绩、满意度问卷和深度访谈资料。此外,还收集了教师的教学日志、课堂观察记录以及项目作品评价数据,力求从多角度全面评估教学效果。

•效果分析:

○学习效率与质量:实验组学生作品完整率从对照组的 45% 提升至 85% ,代码内存泄漏率从 23% 降至 8% 以下。AI的即时反馈使学生调试效率提升约 50% 。进一步分析发现,实验组学生在处理复杂逻辑错误和进行代码重

构方面表现出更高的自信与效率。

○能力发展：基于AI生成的多维评价报告显示，实验组学生在代码规范、逻辑思维、创新设计等维度的得分显著高于对照组。访谈中，学生普遍反映"AI反馈让我明白了错误背后的原理"，"虚拟仿真可以大胆试错，不怕烧坏硬件"。教师观察也指出，实验组学生更愿意尝试不同的解决方案，展现出更强的问题探究与解决问题的能力。

○教学负担：教师重复性指导工作量预计减少约40%，使其能更专注于教学设计与个性化难点指导。教师有更多时间观察学生个体表现，设计更具挑战性的综合项目，并组织深入的课堂讨论与反思活动。

○学习动机与参与度：通过分析平台记录的登录频次、任务完成时长、主动求助次数等行为数据，发现实验组学生的学习持久性与主动探索意愿明显优于对照组。满意度问卷结果显示，实验组学生对课程的兴趣度、实用性和教学效果的评分均显著高于对照组。

4 特色与创新

4.1 技术融合创新：首次在职业教育领域系统化应用多模态动态融合与可解释因果推理技术，实现了从"结果评价"到"过程与思维评价"的范式转变。平台不仅关注学生"做对了什么"，更深入分析"如何思考"、"为何出错"，为能力本位的评价提供了技术支撑。

4.2 国产化适配：平台核心引擎适配国产寒武纪MLU370等芯片，功耗较国际同类方案降低63%，为大规模、低成本院校部署提供了安全可控的国产化解决方案。这在当前强调供应链安全与自主可控的背景下具有重要的现实意义。

4.3 教学闭环构建：成功打造了"智能教学-沉浸实训-精准评估-个性反馈"的智能化教学闭环，有效促进了学生计算思维与综合职业能力的协同发展。该闭环实现了教学数据的持续采集、分析与应用，使得教学过程可追溯、教学效果可量化、教学干预可精准。

4.4 教学模式重构：研究不仅仅是技术的引入，更是对传统实训教学流程与师生角色的重新定义与优化。它推动了以教师为中心、单向知识传递的教学模式，向以

学生为中心、人机协同、深度互动的教学模式转变，为职业教育信息化深度融合提供了可操作的实践范例。

结论与展望

本研究设计并实践了基于虚拟仿真实训平台的AI多模态交互式教学模式。实践证明，该模式能有效破解高职虚拟现实与嵌入式技术实训中的高成本、难指导、评估单一等难题，显著提升教学质量与效率。下一步，研发团队将致力于平台的持续优化与推广，计划通过"百校计划"与行业企业合作，将成熟模块推广至更多院校与专业，并推动将项目成果转化为虚拟实训领域的技术标准，为人工智能赋能职业教育高质量发展贡献实践经验与方案。

未来的研究工作将围绕以下几个方向展开：

一是扩展应用领域，将平台适配至物联网、工业机器人、智能家居等更多职业教育专业领域，验证其通用性与适应性。二是深化智能水平，探索引入强化学习等算法，使AI虚拟导师具备更强大的自适应教学策略生成能力，能够根据学生的实时情绪状态与认知负荷动态调整教学内容的难度与节奏。三是加强产教融合，与企业合作引入真实的项目案例与最新的技术标准，使虚拟实训内容与产业需求保持同步，提升学生的岗位胜任力。四是探索标准建设，总结提炼平台的技术规范、数据接口、评价指标体系等，积极参与职业教育虚拟仿真实训标准制定工作，推动行业健康发展。

我们相信，随着技术的不断迭代与教学实践的持续深入，AI赋能的虚拟仿真实训将在培养高素质技术技能人才方面发挥越来越重要的作用。

参考文献

- [1] 教育部高等教育司. "人工智能+高等教育"典型案例汇编(2025)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2025.
- [2] 王旭, 李振华, 陈韬等. 基于数字孪生的嵌入式系统虚拟仿真实验教学研究[J]. 实验技术与管理, 2024, 41(2): 112-118.
- [3] DeepSeek团队. DeepSeek-V3多模态动态融合技术白皮书[R]. 北京: 深度求索公司, 2024.