

基于OBE理念的虚拟仿真实验教学改革研究

——面向计算机类课程

虞建, 冯宇健, 王雪晴, 景征骏*, 古春生

江苏理工学院计算机工程学院, 江苏 常州

收稿日期: 2026年9月3日; 录用日期: 2026年10月6日; 发布日期: 2026年10月12日

摘要

随着教育数字化转型不断推进, 虚拟仿真逐渐成为计算机类课程实验教学的重要载体。针对现有研究中课程目标、实验任务与评价证据衔接不足的问题, 本文在系统梳理国内外OBE、虚拟仿真及二者融合研究的基础上, 构建“成果目标 - 实验任务 - 过程数据 - 达成评价 - 持续改进”的教学改革框架。进一步以《操作系统》进程调度实验为例, 将算法理解、方案设计、性能分析和工程规范等预期成果映射到课前诊断、仿真探究、参数对比、报告论证与反思改进等环节, 并设计由平台过程数据、前后测、实验报告量规和学生问卷共同支撑的评价方案。该案例把抽象框架落实为可执行、可观测和可迭代的实施路径, 可为计算机类课程虚拟仿真实验教学改革提供参考。

关键词

OBE理念, 虚拟仿真, 实验教学改革, 计算机类课程

Research on Virtual Simulation Experimental Teaching Reform Based on the OBE Concept —For Computer Science Courses

Jian Yu, Yujian Feng, Xueqing Wang, Zhengjun Jing*, Chunsheng Gu

School of Computer Engineering, Jiangsu University of Technology, Changzhou Jiangsu

Received: September 3, 2026; accepted: October 6, 2026; published: October 12, 2026

*通讯作者。

文章引用: 虞建, 冯宇健, 王雪晴, 景征骏, 古春生. 基于 OBE 理念的虚拟仿真实验教学改革研究[J]. 教育进展, 2026, 16(10): 166-171. DOI: 10.12677/ae.2026.16102094

Abstract

With the continuing digital transformation of higher education, virtual simulation has become an important vehicle for experimental teaching in computer science courses. To address the weak alignment among course outcomes, experimental tasks, and assessment evidence in existing studies, this paper reviews domestic and international research on Outcome-Based Education (OBE), virtual simulation, and their integration, and proposes a reform framework linking intended outcomes, experimental tasks, process data, attainment assessment, and continuous improvement. A process-scheduling experiment in an Operating Systems course is then used as a concrete case. Expected outcomes concerning algorithmic understanding, solution design, performance analysis, and engineering practice are mapped to pre-class diagnosis, simulation-based inquiry, parameter comparison, report-based argumentation, and reflective improvement. An evidence scheme combining platform process data, pre- and post-tests, report rubrics, and student questionnaires is also specified. This case study translates the abstract framework into an actionable, observable, and iterative implementation pathway, offering a reference for reforming virtual simulation-based experimental teaching in computer-related courses.

Keywords

OBE, Virtual Simulation, Experimental Teaching Reform, Computer Science Courses

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在信息技术和人工智能迅猛发展的推动下，高等教育正逐步迈入教育数字化与智慧化的新阶段。传统实验教学虽然在培养学生动手能力和验证理论知识方面发挥了重要作用，但其也存在着资源有限、时间受限和安全风险等问题，难以满足新时代对复合型创新人才的培养需求。虚拟仿真技术的引入为解决上述困境提供了新的思路。依托虚拟仿真实验平台，学生能够在高度仿真的环境中开展实验操作，突破了物理空间和实验条件的限制，不仅降低了教学成本和风险，也极大地提升了教学的灵活性与开放性。

与此同时，成果导向教育(Outcome-Based Education, OBE)以预期学习成果为起点，通过反向设计使课程目标、教学活动和评价证据保持一致。Spady 提出以最终学习成果组织教育系统，Harden 进一步强调成果对课程内容、教学方法与评价方式的统领作用[1] [2]。国内工程教育研究则将 OBE 概括为成果导向、学生中心和持续改进，并形成了从毕业要求到课程目标、再到评价证据的实施路径[3] [4]。这些理论为虚拟仿真实验从“完成操作”转向“证明成果达成”提供了依据。

虚拟仿真研究已从技术可用性逐步转向学习效果与教学设计。国外元分析表明，仿真环境总体上能够促进学习，但效果受反馈方式、任务类型和实施情境影响[5]；系统综述也指出，高等教育虚拟现实应用常偏重可用性和沉浸体验，对学习理论、学习成果与常态化教学关注不足[6]。国内研究经历了资源建设、平台开发到教学应用的演进过程，研究热点集中于实验教学体系、教学模式与学科融合[7]。OBE 与虚拟仿真的结合研究已提出分层实验流程、项目化管理和多主体评价等方案[8]，但针对计算机核心课程的目标-任务-证据映射及真实课堂数据仍显不足。

基于此,本文面向计算机类课程构建“成果目标-实验任务-过程数据-达成评价-持续改进”框架,并以《操作系统》进程调度实验为案例,细化课程目标、仿真任务、实施流程和评价量规。与侧重平台建设或一般性模式描述的研究相比,本文的贡献在于:一是建立可追踪的目标-任务-证据映射;二是把调度算法的可视化过程数据转化为成果达成证据;三是给出可直接用于课堂实施和后续实证检验的数据采集口径。

2. 计算机类课程虚拟仿真实验教学现状

2.1. 国内外研究现状

从 OBE 研究看,国外研究已形成“明确成果-反向设计-多元评价-持续改进”的基本逻辑[1][2];国内学者结合工程教育认证,将其转化为培养目标、毕业要求、课程体系和评价反馈相互支撑的质量闭环[3][4]。现有研究的共同认识是,学习成果必须可观察、可评价,评价结果还应回流到课程内容和教学策略调整之中。

从虚拟仿真研究看,国外研究重点已由“是否有效”转向“何种设计在何种任务中有效”。Merchant 等的元分析显示,仿真学习具有总体正效应,但反馈类型、学习组织形式等会调节效果[5];Radianti 等发现,不少应用仍停留在原型开发和可用性评价层面,缺少学习成果导向的理论设计与常态化验证[6];另有研究表明,高沉浸并不必然带来更高学习成绩,过度沉浸可能增加认知负荷[9]。因此,技术的新颖性不能替代成果评价。

国内虚拟仿真实验教学研究主要围绕平台与资源建设、虚实结合、实验教学体系和学科应用展开。文献计量研究表明,我国相关研究已由早期探索转向应用创新,但学习效果的长期追踪和跨情境验证仍较薄弱[7]。面向计算机类课程,已有研究关注虚实结合的嵌入式系统实验、人工智能实践教学等主题,说明虚拟仿真适合呈现难以直接观察的系统状态与运行过程。

在 OBE 与虚拟仿真结合方面,雍玖等提出“基础-设计-创新”的开放实验流程、项目化管理以及学生自评、小组互评和教师评价相结合的机制[8],为二者融合提供了实施基础。不过,已有成果多停留在通用模式或平台层面,对具体课程中“何种成果由何项任务产生、由何类数据证明、如何据此改进”的说明仍不充分。

综上,现有研究已证明 OBE 可提供目标与评价逻辑,虚拟仿真可提供可重复、可记录的实践环境,但二者深度融合仍面临三项不足:课程成果与仿真任务对应不够精确,平台过程数据尚未充分转化为评价证据,教学成效研究缺少前后测、报告质量和学生感知等多源数据的相互印证。本文据此以进程调度实验开展课程层面的案例设计。

2.2. 现状问题归因分析

尽管虚拟仿真实验教学改革取得了积极进展,但在实践中仍存在问题,主要原因如下:

1) 教学目标定位不清:部分虚拟仿真实验课程的目标仍停留在“补充传统实验”的层面,缺乏与 OBE 理念对应的知识、能力和素质的系统化目标设置。

2) 实验内容专业需求脱节:一些课程的实验内容与应用结合不紧密,学生在虚拟仿真中完成的任务较为简单,难以真正培养其解决复杂问题的能力。

3) 教学设计缺乏系统性:在实践中,虚拟仿真往往作为独立环节被引入,而不是融入“目标-设计-实施-评价”的完整教学体系,导致实验改革零散化。

4) 评价体系单一:部分实验课程的考核方式仍以实验报告和期末测试为主,缺乏过程性评价与动态反馈机制,无法全面反映学生成果达成情况。

5) 教师适应性不足：部分教师对虚拟仿真平台的功能与应用缺乏深入理解，教学中对平台的使用流于表面，未能充分发挥其对教学改革的支持作用。

因此，有必要将 OBE 理念与虚拟仿真实验教学进行系统融合，从课程目标、教学内容、教学实施和评价反馈等环节构建完整闭环，以减少虚拟仿真实验与课程教学相互割裂的问题。

3. 基于 OBE 理念的虚拟仿真实验教学改革框架

在教育数字化与人工智能快速发展的背景下，计算机类课程教学需要进一步强化成果导向与实践导向。OBE 强调以学生学习成果为核心，通过反向设计促进教学目标、教学过程与评价体系的一致性；虚拟仿真实验则能够为知识验证、实践操作和复杂情境训练提供灵活的教学环境。将二者融合，可形成目标清晰、实施连续、评价可反馈的教学闭环。具体改革措施主要体现在以下几个方面：

1) 在教学内容设计上，应突破传统“重理论轻实践”的模式，遵循 OBE 的反向设计思想，形成“理论 - 实验 - 应用”相结合的知识结构。通过课前任务驱动与资源推送激发学习主动性，课堂中强化案例分析与动手操作，课后结合课程设计与综合实验检验学习成效，确保课程目标落地。

2) 课堂实施方面，应坚持以学生为中心，突出实践导向。教师可以结合项目驱动、翻转课堂和小组协作等方式，将编程实验、系统设计与工程应用融入全过程，并根据学生差异提供分层任务，引导其在完成基础学习的同时，逐步提升创新能力与综合素养。

3) 在评价体系上，应构建过程性与总结性相结合的多元机制。过程性评价通过课堂表现、作业与项目进展监测学习过程，总结性评价则结合综合实验、课程设计和期末测试检验成果达成度。教师通过分析评价结果，及时调整教学策略，形成持续改进机制，促进计算机类课程实现以成果为导向的人才培养目标。

4. 教学案例：操作系统进程调度虚拟仿真实验

本案例选取《操作系统》课程中的进程调度实验。该内容涉及就绪队列动态变化、时间片轮转和多种性能指标，传统纸面推演难以完整呈现调度过程，适合借助虚拟仿真平台开展参数可控、过程可视和结果可追踪的探究。案例按照“成果定义 - 任务设计 - 证据采集 - 达成评价”的路径组织。

(一) 预期成果与实验任务。知识成果要求学生解释先来先服务、短作业优先、优先级和时间片轮转算法的运行机制；能力成果要求学生依据任务特征选择算法、设置时间片与优先级，并利用平均周转时间、带权周转时间、响应时间和吞吐量分析性能；素质成果要求学生遵守实验规范、如实记录数据并完成协作反思。平台任务依次设置单算法验证、多算法同场景对比、异常参数诊断和综合调度方案设计，使每项成果均对应可观察的操作或作品。

(二) 实施流程。课前，学生完成 10 道诊断题并观看调度过程微课，平台据此推送基础或进阶任务；课中，教师给出包含到达时间、服务时间和优先级的进程集合，学生先预测调度次序，再在平台中运行算法，通过队列动画、甘特图和指标面板核对推理结果，随后改变时间片、优先级和任务负载，解释性能变化；课后，小组面向“交互式系统兼顾响应速度与公平性”的情境提出调度方案，提交参数、结果截图、指标比较和改进说明。教师根据共性错误开展二次讲解，并向未达成学生推送补偿性任务。

(三) 评价证据与达成判定。实验成绩由课前诊断 10%、平台操作与过程记录 25%、算法对比与方案设计 25%、实验报告 25%、协作反思 15% 构成。知识成果由前后测和算法解释题验证，能力成果由平台操作日志、指标计算和方案量规验证，素质成果由数据完整性、规范性和协作记录验证。单项课程目标达成度按“学生在该目标关联评价项的实际得分之和/对应满分之和”计算，达成阈值设为 0.70；低于阈值时，追溯错题类型、参数设置与报告论证中的薄弱环节，调整下一轮任务难度和指导策略。

(四) 实施成效评价。教学实施后，从知识掌握、方案设计质量和学习投入三个层面评价改革效果。

知识掌握采用同一知识测验开展前后测，重点考查调度算法理解与迁移应用；方案设计质量采用四级实验报告量规，从算法正确性、指标分析、证据完整性和反思改进四个维度评分；学习投入通过学生问卷与平台日志综合判断，问卷涵盖目标清晰度、仿真可用性、学习投入、问题解决信心和总体满意度，平台记录任务完成率、尝试次数、错误类型和学习时长。多源证据相互印证，可减少单一成绩评价造成的偏差。

评价结果用于支持持续改进：前后测反映概念理解与迁移能力变化，报告量规反映方案设计和论证质量，问卷与平台日志反映学习体验及行为投入。若报告中的性能论证相对薄弱，可增加指标解释和反例分析任务；若错误集中于参数设置，可加强分步支架；同时避免以沉浸体验或满意度代替学习成果达成评价。

5. 以学生为中心的教学模式创新

5.1. 虚拟仿真与课堂教学的深度融合

在 OBE 理念指导下，虚拟仿真实验教学不应独立于课堂教学，而应与理论讲授形成互补与衔接。通过在课堂中引入虚拟仿真实验，学生可以在学习基本概念和原理后利用虚拟平台进行操作与验证，从而实现“学-练-用”的紧密结合。这种融合模式有助于缓解传统实验条件受限的问题，并为知识理解与应用能力培养提供实践支撑。

5.2. 基于 OBE 的个性化学习路径设计

虚拟仿真实验平台具备学习数据采集与分析功能，为实施个性化教学提供了可能。在 OBE 理念下，教师可根据学生的学习基础、实验表现和成果达成情况，为其设计差异化的学习路径。例如，基础较弱的学生可在平台上反复训练核心操作，而能力较强的学生则可进入更高难度的项目挑战。通过个性化的学习路径设计，学生能够在不同水平上实现既定的成果目标，体现了 OBE 理念中“因材施教、成果导向”的核心思想。

5.3. 项目化与情境化的实验教学实践

OBE 强调能力的真实达成，因此虚拟仿真实验教学改革应突出项目化与情境化的教学模式。教师可以结合专业背景和工程实践，设计与真实情境相似的实验项目，让学生在虚拟环境中完成问题分析、方案设计、系统实现与结果验证等完整流程。这种项目驱动的方式有助于强化实践训练和创新思维培养，并促进知识、能力与素质的协同发展。

6. 多元动态的课程评价体系建设

6.1. 多元化评价机制

在 OBE 理念的指导下，课程评价不应仅依赖期末考试或单一成绩，而应建立多元化的考核机制。虚拟仿真平台为这一目标提供了技术支持。学生在实验过程中不仅需要完成编程任务或系统建模，还需在虚拟情境中展现团队合作和问题解决能力。评价体系因此涵盖知识掌握、技能运用、过程参与和创新表现等多个维度，实现从“学会知识”到“学会应用”的转变，更加全面地反映学生的成果达成情况。

6.2. 动态反馈与教学改进

虚拟仿真实验能够实时记录学生的操作路径、实验结果和学习行为，为动态反馈提供了丰富的数据支撑。教师可基于这些数据生成个体或群体的学习报告，及时发现学生在学习过程中的薄弱环节，并对教学策略进行调整。这种“数据驱动”的反馈模式，使得教学不再是单向的灌输，而是一个不断修正和

优化的过程,形成了 OBE 所强调的“目标-实施-评价-改进”的闭环体系。

6.3. 学情预警与个性化帮扶

依托虚拟仿真平台的学习分析功能,可以建立学情预警机制。当学生在实验中长期出现操作错误、任务延迟或成绩持续下滑时,可依据预设规则生成预警信息,帮助教师及时介入并提供针对性指导。对于不同层次的学生,教师可设计差异化的帮扶措施,如增加基础训练机会、提供进阶项目任务或安排个别辅导,使教学更好地体现因材施教与成果导向。

7. 总结

本文在梳理国内外 OBE、虚拟仿真及二者融合研究的基础上,构建了“成果目标-实验任务-过程数据-达成评价-持续改进”的改革框架,并以《操作系统》进程调度实验进行了具体化。案例将算法理解、方案设计、性能分析和工程规范映射到课前诊断、仿真探究、参数对比、报告论证与反思改进环节,使虚拟仿真由展示工具转化为学习成果的证据采集载体。

与将虚拟仿真作为独立实验环节的做法相比,本文的独特性在于建立目标-任务-证据的显性映射,并以平台日志、前后测、报告量规和问卷形成多源证据链。该路径既能定位学生在概念理解、参数选择或性能论证方面的具体困难,也能为任务重构、分层指导和评价权重调整提供依据。

后续应在完整教学周期中采用准实验或前后测设计,报告样本特征、量表信效度、统计方法和效应量,并持续跟踪课程目标达成度,以检验该框架的稳定性与可迁移性。同时,可探索人工智能在个性化任务推荐、操作错误诊断和报告反馈中的应用,并严格落实数据最小化、知情同意与隐私保护。

基金项目

江苏省高等学校自然科学研究面上项目(25KJB130005)。

参考文献

- [1] Spady, W.G. (1994) Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers. American Association of School Administrators.
- [2] Harden, R.M. (1999) AMEE Guide No. 14: Outcome-Based Education: Part 1-An Introduction to Outcome-Based Education. *Medical Teacher*, **21**, 7-14. <https://doi.org/10.1080/01421599979969>
- [3] 李志义. 适应认证要求推进工程教育教学改革[J]. 中国大学教学, 2014(6): 9-16.
- [4] 顾佩华, 胡文龙, 林鹏, 等. 基于“学习产出”(OBE)的工程教育模式——汕头大学的实践与探索[J]. 高等工程教育研究, 2014(1): 27-37.
- [5] Merchant, Z., Goetz, E.T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W. and Davis, T.J. (2014) Effectiveness of Virtual Reality-Based Instruction on Students' Learning Outcomes in K-12 and Higher Education: A Meta-Analysis. *Computers & Education*, **70**, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- [6] Radianti, J., Majchrzak, T.A., Fromm, J. and Wohlgenannt, I. (2020) A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, and Research Agenda. *Computers & Education*, **147**, Article ID: 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- [7] 董桂伟, 赵国群, 王桂龙. 我国虚拟仿真实验教学的发展与趋势研究——基于近十年中国知网文献的知识图谱分析[J]. 中国大学教学, 2021(7): 85-92, 96.
- [8] 雍玖, 王阳萍, 王文润, 等. 基于 OBE 理念的虚拟仿真类开放实验教学模式改革与实践[J]. 计算机教育, 2020(8): 93-96.
- [9] Makransky, G., Terkildsen, T.S. and Mayer, R.E. (2019) Adding Immersive Virtual Reality to a Science Lab Simulation Causes More Presence but Less Learning. *Learning and Instruction*, **60**, 225-236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>