

基于 SPOC 的数据结构课程虚拟实验教学改革探索与实践

连远锋¹, 王智广¹, 李 莉¹, 李凤霞²

(1. 中国石油大学(北京)信息科学与工程学院, 北京 102249;
2. 北京理工大学计算机学院, 北京 100081)

摘要: 基于数据结构课程理论抽象程度高、应用实践性强的特点, 结合应用型人才培养要求, 给出基于图结构的虚拟仿真教学案例设计, 阐述在实际教学中如何构建融合虚拟仿真实验的 SPOC 混合式教学体系, 介绍具体实施过程, 最后通过成绩对比说明取得的教学效果。

关键词: 虚拟实验方法; SPOC; 数据结构; 教学改革; 教学实践

DOI:10.16512/j.cnki.jsjjy.2020.11.021

0 引言

2017 年以来, 教育部积极推进“示范性虚拟仿真实验教学项目”为主题的教育改革举措^[1], 目标是推动高校积极探索线上线下教学相结合的个性化、智能化、泛在化实验教学新模式, 形成专业布局合理、教学效果优良、开放共享有效的高等教育信息化实验教学项目示范新体系^[2]。随着“互联网+教育”的发展, SPOC 混合教学模式出现并得到了广泛的应用, 它不仅具有线上教育资源在四维时空中易于拓展的优势, 而且便于针对不同背景的学生群体定制教学过程, 开展线下实体课堂教学活动^[3-4]。

1 数据结构课程教学现状

数据结构是计算机专业的核心课程, 具有理论内容复杂抽象、实践操作缺乏感观认知的特点。目前教学中存在的问题体现在: ①缺乏虚实结合的数据结构虚拟仿真实验项目, 不利于学生理解、记忆和应用探究; ②应用实践训练不足, 不利于调动学生积极性和培养学生的应用实践能力; ③考核评价形式单一, 教学内容缺少系统性、创造性的评价方法体系。笔者曾实施“因专业施教^[5]”“层次化实验教学^[6]”和“立体化教

材^[7-8]”等教学改革举措, 但对于学生提高解决复杂工程问题能力、构建人才培养体系等方面仍存在诸多弊端, 制约着教学效果的提升。

针对上述问题, 以油气站场应用场景为例, 聚焦于站场内管路、仪表及设备定时巡视问题, 引导学生沉浸到具体生产情景中, 将数据结构图论知识点映射到所设计的虚拟仿真项目中, 通过启发学生思维来培养学生的学习兴趣并提高实践能力。

2 数据结构虚拟仿真实验教学案例

油气站场机器人巡查设备运行状况时, 可以抽象为图结构的最短路径求解问题。结合检测任务和机器人的实际位置, 实时、准确、快速寻找一条最优路径并到达检测点进行监测, 具有重要的现实意义。将实际油气站场以图的形式转化为电子地图信息, 采用有向图表示不同观测点间的关联关系及巡检机器人的运动方向, 应用最短路径算法规划出一条不与障碍物发生碰撞的巡检路径。虚拟仿真实验流程如下: 首先, 设置用户在油气站场的三维可视化场景中漫游模式, 根据实际生产需求标记巡检目标, 如图 1(a)、1(b)所示。然后, 将巡检目标映射为有向图顶点, 实际道路映射为有向图的边,

第一作者简介: 连远锋, 男, 副教授, 研究方向为虚拟现实、计算机视觉, lianyuanfeng@cup.edu.cn。

则机器人巡检任务转换为有向图求取最短路径问题,如图 1(c)所示。最后,通过编程实现 A* 算法或 Dijkstra 算法,生成机器人的行走路径,如图 1(d)所示。通过虚拟实验的操作和编程实验结果反馈,学生可以掌握最短路径算法思想和原理,探究在车载电池有限供电等工程约束条件下最短路径算法的优化策略。

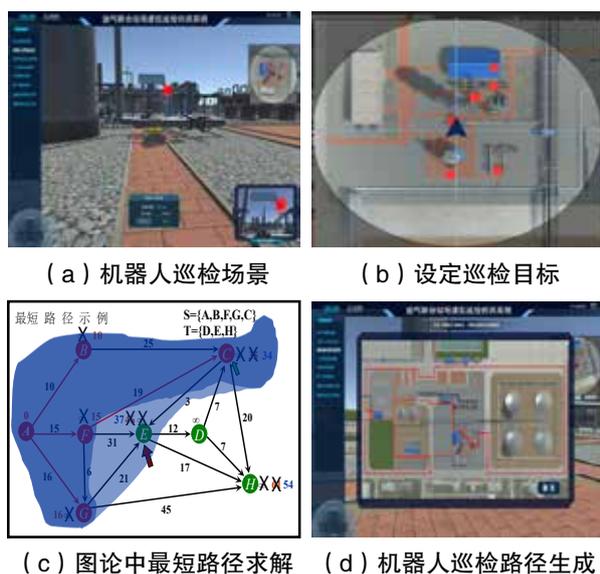


图 1 最短路径油气站场巡检虚拟仿真

3 构建基于虚拟现实与SPOC的混合教学模式

3.1 教学平台构成

SPOC 数据结构教学平台核心内容主要体现为课程信息和教学资源两个模块,如图 2 所示。

(1)课程信息模块包括培养方案、教学大纲、课程思政、课程简介、教学日历、参考教材和学习指导子模块。学生可以概览课程的主要内容、学习路径和考核方法,对课程形成总体认识,有利于课程的顺利开展。

(2)教学资源模块包括电子教案、讲稿、MOOC 资源、教学视频、微课、教学动画、可视化教学平台、网络课件、虚拟现实案例和典型题解与习题库,其中,微课是针对章节的重点和难点内容,以“微电影”的方式将课件、课堂测验、课后总结、课外拓展等相关学习资源串联起来,方便学生自主学习。可视化教学平台是依据数据结构课程的实际情况,基于课程团队的技术优势

自行编写的增强现实技术(Augmented Reality, AR)数据结构可视化教材^[8]构建的。

3.2 混合教学模式实施过程

(1)课前准备,教师在平台发布课程章节所对应知识点的课件、视频、学习素材等任务清单,引导学生学习。学生在学习过程中,如有疑问或难以理解的知识点可反复观看,视自身能力选择拓展学习;同时,学生可通过平台讨论区向教师提问,教师及时在线解答并总结知识点的共性问题。

(2)课中实施,针对课前练习或线上答疑中的问题,集中进行重点、难点解析。依托问题教学、情景式教学、体验式教学等形式,将数据结构教学知识点融入应用案例虚拟仿真任务场景,详细讲授应用中核心流程所涉及的算法。教师需要针对知识点预先在线上题库中设计对应算法的关键流程,通过随堂在线测试,检视学生对理论知识的掌握程度;根据学生课堂表现,可增加分组讨论环节,提高学生表达能力和自我展示能力。

以数据结构最短路径为例,描述混合教学实施过程如下。首先,在 SPOC 平台上,学生采用微视频了解最短路径的问题背景、数字孪生^[9]、虚拟化及油气站场巡检应用场景等课前任务;然后,针对课前反馈的共性问题——A* 或 Dijkstra 算法的数据演化疑问,在课堂上基于可视化平台演示算法的执行过程并讲述算法的核心思想;最后,引入虚拟仿真实验教学内容,通过地图生成、巡检目标设定、程序在线评测、计算结果在线检测等模块,实现学习数据的传导与切换。学生在 SPOC 平台提交代码编译执行,将计算结果导入虚拟巡检案例进行验证。经过项目的实施,学生能够清晰地理解算法的应用场景和执行过程,使教学过程变得更加生动形象。

(3)课后拓展,学生完成课堂学习后,教师通过 SPOC 平台发布对应章节的课后学习资源,支持课下拓展学习并组织学生参加学科竞赛和科研项目。学生也可通过在线教学平台、微信等渠道进行课后讨论,并将自己的虚拟现实作品、程序代码或工程实践案例上传到 Github、CSDN 等平台进行展示与交流,由此培养成就感并转化为学习动力。

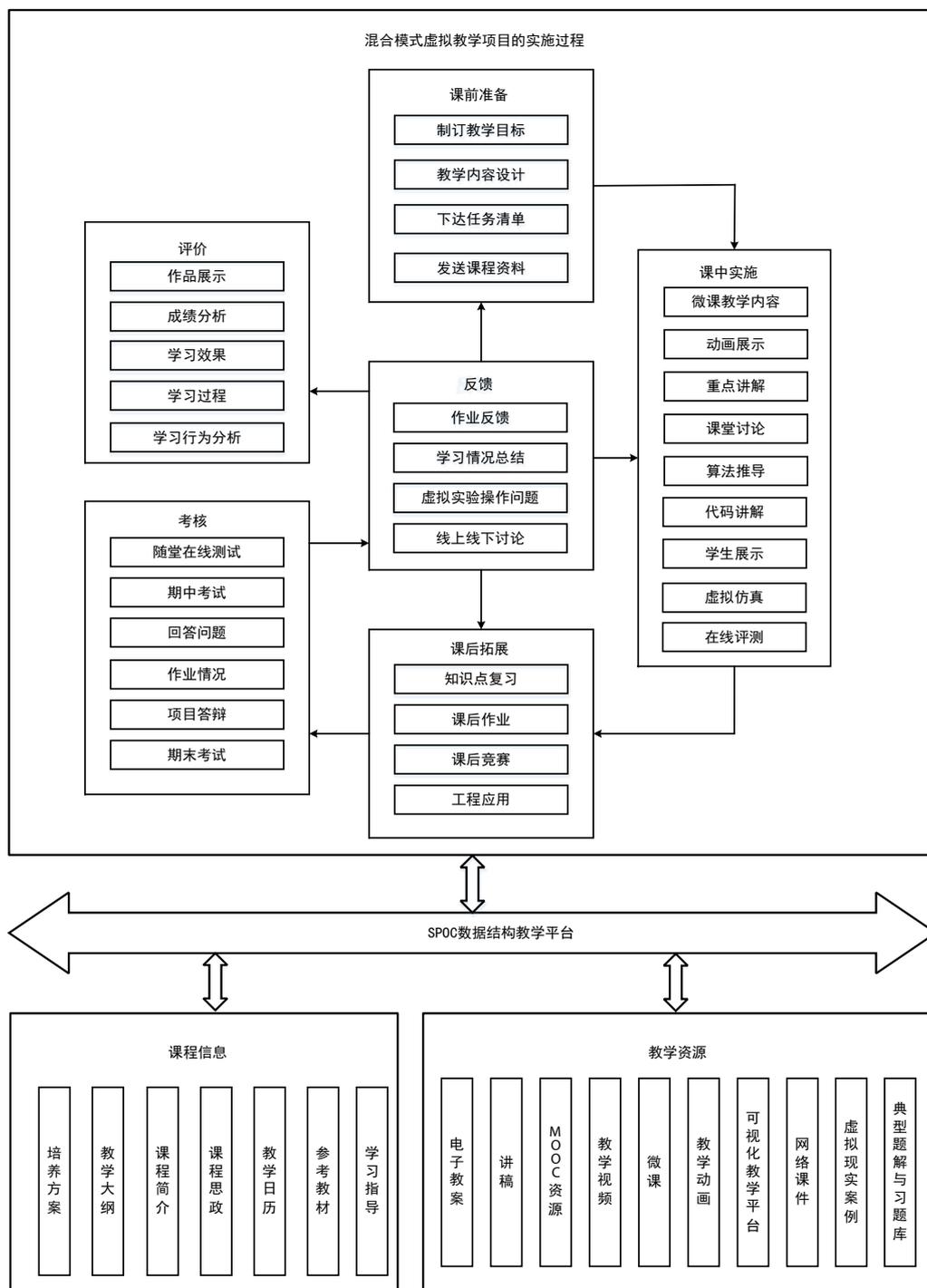


图2 混合式教学平台结构及实施过程

(4)考核,采用全过程考核模式,通过随堂在线测试、期中测试、回答问题、作业情况、项目答辩、期末考试等方式进行综合考核,组成学生课程成绩,以此评价学生对知识的掌握程度^[10]。为了满足学生自测需求,采用 CourseGrading (简称 CG) 程序设计实践教学与竞赛平台^[11],借助代码自动评判、抄袭检测等功能,提高实践环节教

学质量。虚拟仿真实验结束后,依据实验结果评价表对学生仿真实验数据进行自动评分。

(5)反馈与评价,教师通过批阅作业并反馈问题,引导学生主动思考,统计存在问题的知识点和实验操作流程,强化对教学内容的掌握。在课程结束后,可从作品展示、成绩分析、学习效果、学习过程、学习行为分析等几方面对课程进

行评价。作品展示主要体现为机器人比赛和程序设计大赛参赛情况；学习效果评价主要从笔试成绩、实验操作成绩、参赛协作表现等方面进行考量。学习过程评价可以通过课程视频观看、虚拟实验完成度、课堂出勤等情况进行考评；学习行为分析是指对慕课学习行为进行刻画，根据学生的行为特点进行分类和分析，并对学习者最终学习成绩进行预测。

3.3 建设效果

数据结构课程自 2016 年秋季年开始实施基于 SPOC 的混合教学模式改革，包含数据结构课程设计在内，课程安排了 96 个课内学时，贯穿计算机专业培养计划的全部第 3 学期。经过 3 年多的教学实践和不断完善，取得了显著成效，学生的自主学习能力和探索精神明显增强。在此期间，计算机专业学生参加国家级、省部级以上程序大赛和机器人竞赛并获奖的人数大幅提高，累计达到 24 项。通过与没有进行改革的 2013—2015 级学生相比，实施了课程改革的 2016—2018 级学生的数据结构课程平均成绩和参加国家级程序设计大赛及机器人大赛的获奖成

绩都有所提高（见表 1）。从表 1 可以看出，后面 3 年的平时成绩从 3 年前的 73.9 上升到 81.2，大赛的获奖成绩也明显提升。

表 1 数据结构改革前后教学效果对比

学生 年级	数据结构 课程平均分	程序设计大赛 获奖 / 项	机器人大赛 获奖 / 项
2013—2015	73.9	3	0
2016—2018	81.2	21	3

4 结 语

通过构建基于虚拟现实和 SPOC 的数据结构教学模式，将线上线下教学内容相互补充，实现了知识传授为主到能力培养为主的转变。虚拟现实技术将数据结构枯燥的理论知识转化为感性的场景案例认知，强化了学生对算法应用实验操作流程的记忆，显著地提高了教学质量。未来，我们将上述教学资源在 SPOC 网络教学平台内进一步优化，便于校内外学生在线学习，为实施数字孪生教学应用奠定坚实的基础。

参考文献：

- [1] 郭婷, 杨树国, 江永亨, 等. 虚拟仿真实验教学项目建设与应用研究[J]. 实验室研究与探索, 2019, 36(10): 215-220.
- [2] 中华人民共和国教育部. 教育部办公厅关于 2017—2020 年开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设的通知[EB/OL]. (2017-07-13)[2020-08-04]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201707/t20170721_309819.html.
- [3] 郝建新, 郭晓静. 互联网+背景下 SPOC 模式电类实验教学[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(9): 209-213.
- [4] 李林, 陈宇峰, 李仲君, 等. 大规模在线虚拟实验教学平台的建设与实践[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(7): 144-147.
- [5] 连远锋, 王新, 李莉. “因专业施教”的数据结构教学改革探索[J]. 计算机教育, 2011(8): 5-7.
- [6] 连远锋, 张秀美, 李莉. 数据结构实验教学课程体系研究[J]. 计算机教育, 2011(11): 128-131.
- [7] 连远锋. 基于 MFC 的可视化数据结构[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.
- [8] 连远锋. 数据结构[M]. AR 版. 北京: 清华大学出版社, 2019.
- [9] 陶飞, 刘蔚然, 刘检华, 等. 数字孪生及其应用探索[J]. 计算机集成制造系统, 2018, 24(1): 1-18.
- [10] 叶安胜, 周晓清, 鄢涛. 基于 SPOC 的“C 综合项目实战”教学模式探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(6): 198-203.
- [11] 北京航空航天大学计算机学院. CG—计算机专业课一体化支撑平台[EB/OL]. [2020-08-04]. <http://cjudge.net>.

(编辑: 宋文婷)