

虚拟仿真技术在无线网络优化课程中的应用

张琳*, 薛波

江苏理工学院电气信息工程学院, 江苏 常州

收稿日期: 2024年4月25日; 录用日期: 2024年6月21日; 发布日期: 2024年6月30日

摘要

为满足当前培养工程实践能力的人才要求,解决无线网络优化课程存在的缺乏实体实验设备和实验场景、教学内容不易理解、学生参与度不高、过程评价体系单一等问题,以课程中的知识点为中心构建虚拟仿真实验平台,将现实中不可逆、难操作、建设成本高、不易呈现的无线信号优化问题转化为可重复操作、高度真实场景的开放式虚拟仿真教学平台,突破传统课程时间、空间、成本限制,为学生提供互动性强、获得感高的教学体验,提高学生自主学习能力和创新能力,为教师提供教学可持续改进的数据参考,达到不断提升教学质量的目的。

关键词

虚拟仿真, 无线网络优化, 教学研究

Research on Application of Virtual Simulation Technology in the Course of Wireless Network Optimization

Lin Zhang*, Bo Xue

School of Electronical and Information Engineering, Jiangsu University of Technology, Changzhou Jiangsu

Received: Apr. 25th, 2024; accepted: Jun. 21st, 2024; published: Jun. 30th, 2024

Abstract

In order to meet the current requirements of cultivating talents with engineering practice ability, and to solve the problems existing in the course of wireless network optimization, such as the lack

*通讯作者。

of physical experimental equipment and experimental scenes, the difficulty of understanding the teaching content, the low participation of students, and the single process evaluation system, a virtual simulation experiment platform is constructed with the knowledge points in the course. The problem of wireless signal optimization, which is irreversible, difficult to operate, high in construction cost and difficult to present, is transformed into an open virtual simulation teaching platform with repeatable operation and highly realistic scenes, which breaks through the time, space and cost constraints of traditional courses, provides students with interactive and high-acquisition teaching experience, and improves students' self-learning ability, to provide teachers with data reference for sustainable improvement of teaching, so as to achieve the purpose of continuously improving the quality of teaching.

Keywords

Virtual Simulation, Wireless Network Optimization, Teaching Research

Copyright © 2024 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

随着教育信息化的深入推进,教育部已将虚拟仿真实验室建设列为重点工作之一,鼓励高校积极开展虚拟仿真实验教学[1] [2]。目前,教育部已认定 1193 个国家级虚拟仿真实验教学一流课程项目,各省已认定 1653 个虚拟仿真实验教学一流课程。通过积极推动信息技术、智能技术与实验教学的深度融合,这些课程不仅解决了实验教学中的难题,而且为学生提供了更为灵活、创新的学习方式。随着数字化技术的不断发展,虚拟仿真技术逐渐成为了高校教育教学的重要手段[3] [4]。

我国“十四五”规划纲要指出要把加快建设新型基础设施放在重要位置,国务院印发的《“十四五”数字经济发展规划》提出加快建设信息网络基础设施[5]。5G 作为我国重要的信息基础设施,已进入规模化应用关键期。积极推动 5G 网络信号优化,加速工业、能源、交通、教育等垂直行业融合应用深度发展,国家也急需培养具有工程创新能力的新工科精英人才。在这种教育趋势下,传统课程已无法满足当前培养工程实践能力的人才要求,而虚拟仿真技术以其独特的优势不仅丰富了教学手段,还为学生提供了更加深入、生动的学习体验,其智能技术与实验教学的深度融合方式为突出以学生为中心的实验教学改革提供了重要的手段[6] [7]。通过构建虚拟仿真平台,探索适应课程特点的教学实验方法,学生可随时异地的在构建的 3D 真实实验场景中,反复学习和操练传统课程不易理解和难以训练的教学内容,实现工程实践创新能力的全方面提升。

2. 目前课程存在不足

《无线网络优化》是面向电子信息类专业开设的一门专业核心课程。该课程主要内容包括 5G 无线网络优化原理、步骤和方法,以及覆盖优化、干扰优化等网络优化知识点等,以及培养学生具备独立进行移动通信网络优化测试、定位和综合分析问题的能力。5G 网络优化实验项目是课程实验教学的重要组成部分。5G 网络采用了 mMIMO 技术,首次引入波束赋形技术,关于 5G 波束的优化是《无线网络优化》课程教学的重点内容。其涉及到的理论知识点多、技术复杂,学生理解起来难度大。传统教学由于如下原因,导致实验无法很好的开展,严重影响了课程教学质量的提升。

2.1. 缺乏实验设备和实验场景

无线通信网络系统存在信号流程不可及、大型实体设备的构建及运行成本高、涉及场地广等特点,因此真实环境中进行移动通信系统网络架构的部署和管理实施属于难重复操作、难回溯重现的大型综合训练,且网络系统中的故障问题很难在真实设备上短期集中呈现,学生现场实训难以系统、规范地展开。

2.2. 教学内容抽象不易演示、理解

无线网络信号属于无线电信号,本身存在,但看不见、摸不着,导致信号波束无法直观的展示给学生。优化方法、流程、故障判定等概念等因为抽象理论使得学生在学习过程中普遍存在不易理解和掌握的问题,且无法在实际故障体系中灵活应用。

2.3. 学生参与度不高

传统无线网络课程教学以教为主,学生缺乏独立思考、独立实验以及团队合作能力训练的平台,这种单向的教学过程仅适应于掌握基本理论知识,教学目标中关于能力的训练不足,学生没有真正参与其中,其知识获得感不高,缺乏自主学习能力,教学参与度也不高。

2.4. 过程评价体系单一

无线网络优化课程内容不仅包括网络规划和优化的基本原理、步骤和方法,还要求学生具备独立进行网络规划、勘察和优化测试的能力。传统的课程过程评价体系单一,在维度、深度和效果上均对无线网络优化课程目标能力方面的评价受限,缺乏细致、准确的实时反馈机制,尤其无线网络优化本身涉及大量工程实验案例,需针对每个实验案例、学生的每个操作设置等及时提供评价与反馈信息进行全面系统的指导分析,才能更好地培养学生在此课程中的实践能力和自主学习能力。

3. 教学改革实施方案

3.1. 虚拟仿真实验内容构建

本课程实验包含预习、5G 基础认知、波束覆盖优化、波束干扰优化四大环节,包含教学大纲中八个知识点,具体虚拟仿真实验知识点内容如图 1 所示。其中,预习和 5G 基础认知环节为本次实验的前提与基础,学生在动手实验前必须认真学习,才能达到较好的实验效果;波束覆盖优化和波束干扰优化是本次实验结合 5G Massive MIMO 典型场景优化案例设置的两个最重要的环节,通过观察不同波束覆盖和干扰效果下信号参数,在掌握网络优化评判指标的同时,引导学生循序渐进地学习如何利用 5G 网络波束解决 5G 网络的信号故障问题。

3.2. 梯度化开放实验设计

本实验仿真场景以真实江苏理工学院三维地图为模型,包括建筑物尺寸、占地面积、总层数、粗糙度、无线环境等参数均源于真实的三维电子地图模型。实验中除预习环节,其余三个环节从易到难设计梯度化开放式实验模块。

实验模块 1: 基础认知

该实验模块以真实 5G 基站机房为实验模型,包括 5G 网络 AAU、BBU 设备、5G 传输网络的 SPN 设备等,所有设备全部基于运营商真实模型开发设计,其框架、大小、尺寸均在现实网络中具备真实模型。5G 基站主要由天馈系统、GPS 系统、主设备机柜和供电系统组成,学生通过查看网络拓扑、机房场景并操作设备的拆解组装,完成 5G 站点的组成及设备内部结构、单板组成及功能的认知;通过构建三

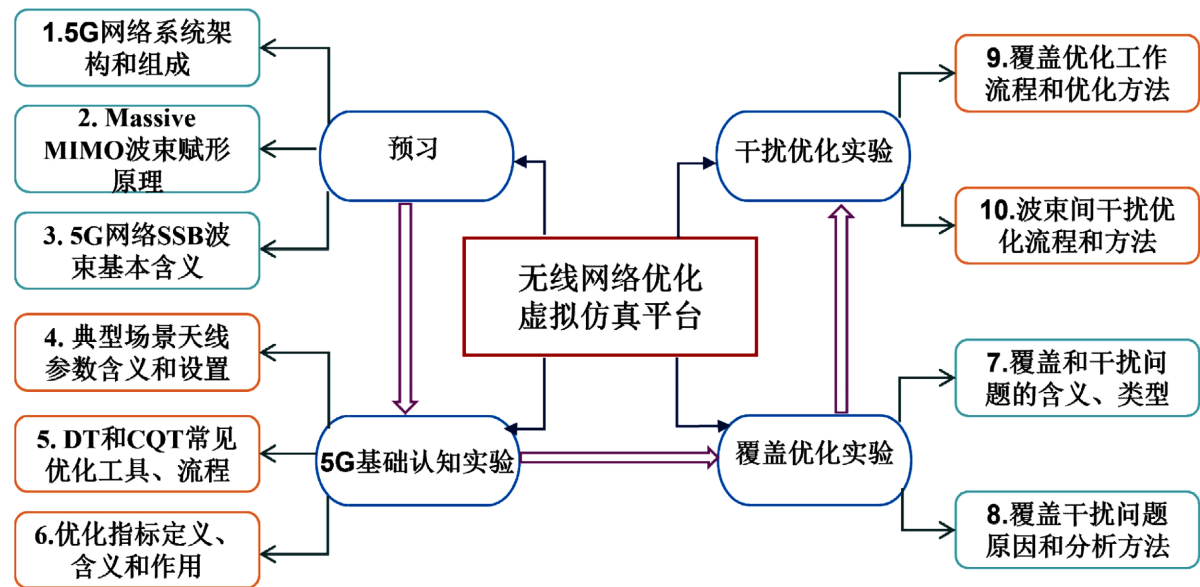


Figure 1. Key knowledge points of virtual simulation experiments
图 1. 虚拟仿真实验知识点内容

种传播模型, 动态展示不同传播模型下信号覆盖的距离, 加深学生对 AAU (天线)发射 5G 信号覆盖距离的认知; 通过 7 种典型的案例场景 3D 化展示, 构建 AAU (天线)发射的 5G 信号基本场景模型, 学生根据不同场景总结不同模型的特征和适用范围。该模块引导界面和 BBU 拆解样图如图 2 和图 3 所示。



Figure 2. Basic cognitive module guide screen
图 2. 基础认知模块引导界面

实验模块 2: 波束覆盖优化

该实验模块以校园室内优化为实验场景, 引导学生主动进行相关 5G 网络优化数据采集工作。首先, 引导学生利用波束场景在实景 3D 地图形成波束渲染效果, 将看不见的信号, 可视化的呈现在学生面前, 协助学生完成感性认知。然后, 学生需要利用测试仪表完成信号采集, 同时引导学生进行信号采集对比

分析, 需反复优化调整直至问题解决, 在掌握网络优化技能的同时, 加深对学生波束场景覆盖问题的认知, 培养学生解决实际工程问题的能力。该模块室内优化数据采集图如图 4 所示, 波束下倾角优化调整如图 5 所示。

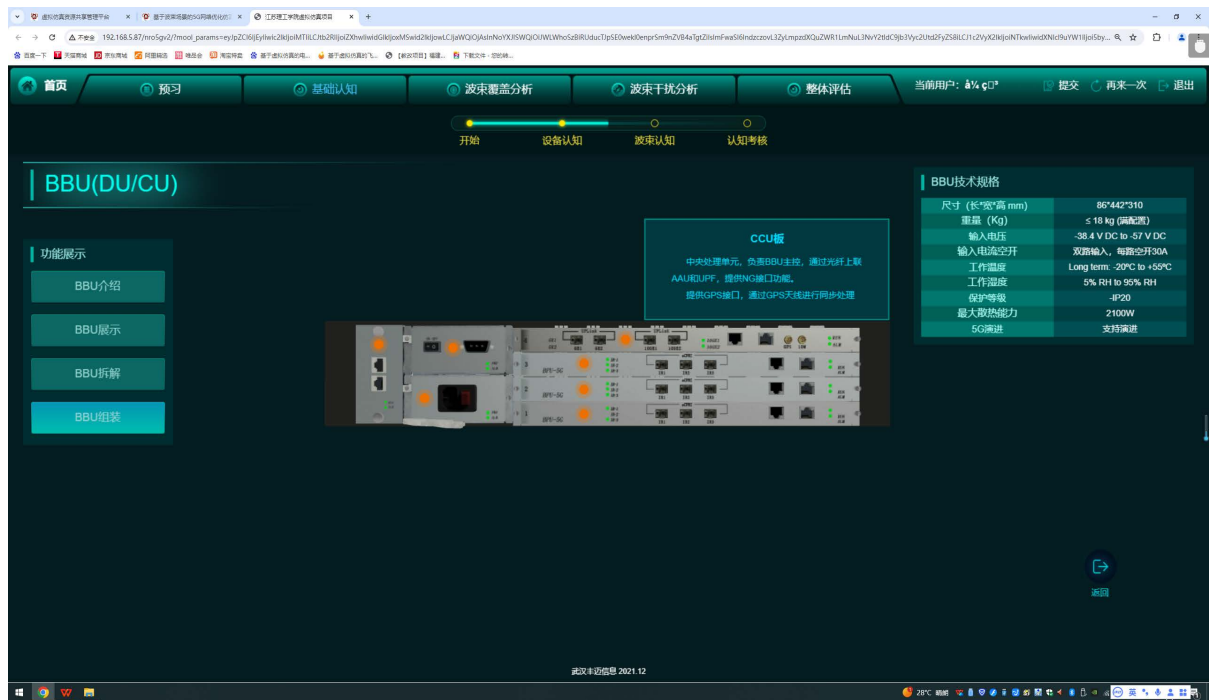


Figure 3. BBU equipment dismantling interface
图 3. BBU 设备拆解界面

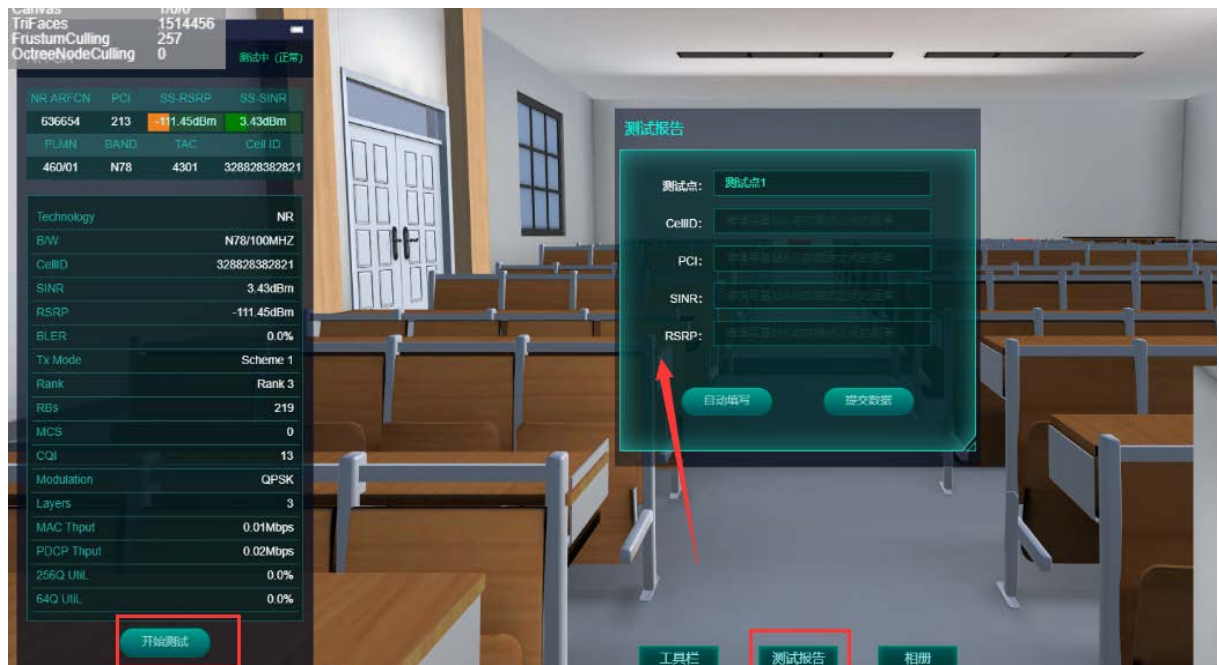


Figure 4. Data acquisition of indoor wireless network optimization
图 4. 室内优化数据采集



Figure 5. Beam down dipangle adjustments
图 5. 波束下倾角调整

实验模块 3：波束干扰优化

该实验模块以校园室外路测为实验场景，在此过程中，学生需对采集的数据进行基于覆盖/干扰的分析，通过采集、回放、分析、调整、复测等操作过程，使学生了解路测软件的基本功能视图与指标内容，了解并掌握室外测试的基本方法，掌握衡量干扰问题的无线指标，并能根据数据指标范围完成 5G 干扰问题的定位，并理解干扰问题对业务带来的影响。同时，设计提供灵活的优化解决方案供学生选择，在培养专业技能的同时，锻炼其创新思维的能力。该模块室外路测数据采集分析如图 6 所示，基站波束优化调整样例如图 7 所示。

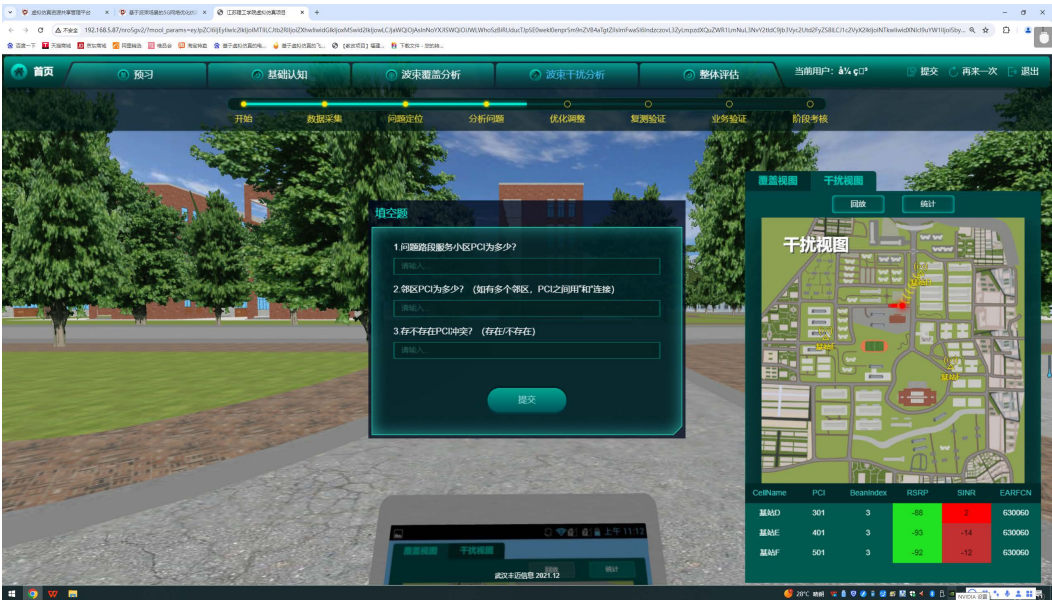


Figure 6. Outdoor road test data acquisition and analysis
图 6. 室外路测数据采集分析

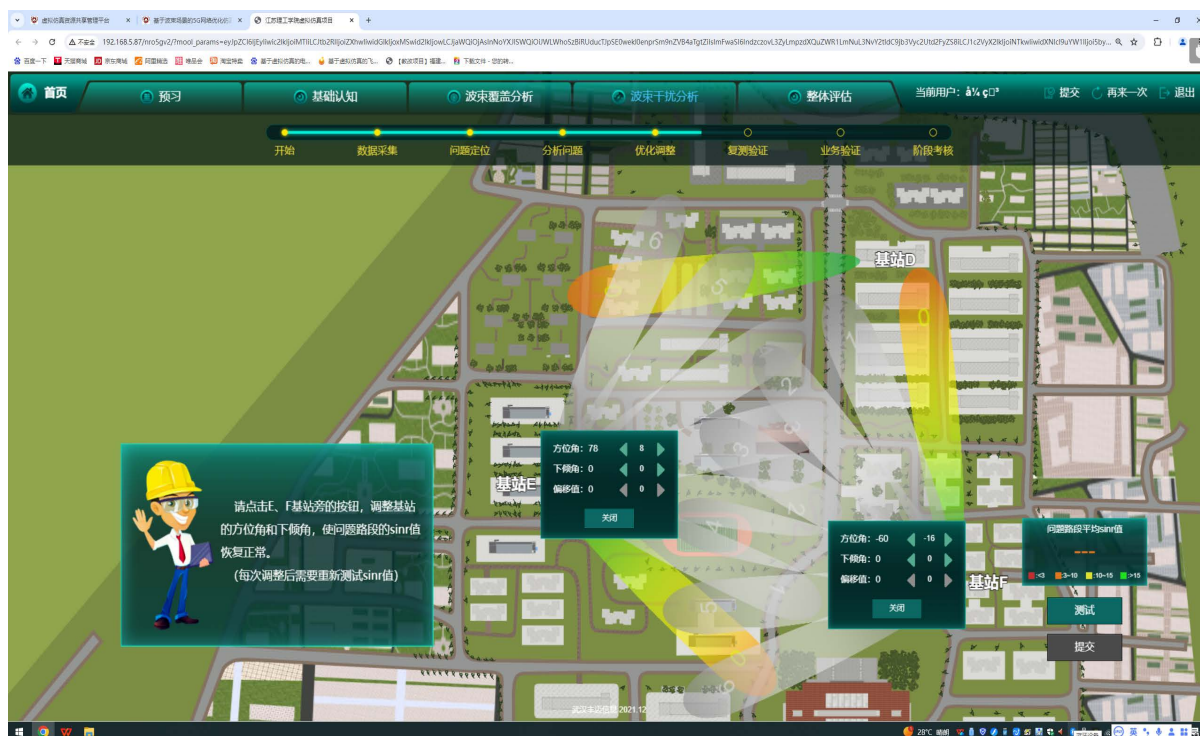


Figure 7. Beam optimization adjustments of Base stations

图 7. 基站波束优化调整界面

3.3. “以学习者为中心”教学模式创新

虚拟仿真实验项目以学习者为中心, 学习者主导实验过程, 自主操作实验设施、独立思考和实验进度。实验中通过提问、质疑等方式激发学习者的创造和思辨潜能, 提升学习者解决实际网络优化问题的综合能力。该虚拟仿真实验项目侧重培养学习者的动手能力, 使学习者有真切的现场感, 充分调动学习者进行实验的积极性和主动性, 激发求知欲; 此外, 通过独立思考和自主归纳, 增强学习者自主学习的能力。

3.4. 构建全过程性评价体系

该虚拟仿真实验项目评价主要包括学生实验前的预习时间、参与模拟实验的各个互动环节的点击次数和正确率, 线上考核的成绩及错误发生的知识点、以及实验报告质量等。平台系统能够对虚拟仿真实验全过程进行实时记录, 并能够随时进行实验指导; 具备完善的实验步骤和实验成绩评价标准, 确保评价的公正性。虚拟仿真实验平台还具有完善的反馈机制, 能够将实验学习者给出的建议、评价与反馈信息进行全面系统的统计分析, 为指导教师改进和完善实验提供数据参考, 基于能力培养的形成性评价可有效用于教学的持续改进。具体平台实验进度数据记录如图 8 所示, 线上阶段考核样例如图 9 所示。

3.5. 改革实施效果观察

为评估虚拟仿真实验改革效果, 构建长期效果追踪体系, 观察记录每学期各班级课程目标达成情况, 并持续与之前轮次采用传统教学的班级作对比, 采用直接法和间接法(调查问卷)详细分析各课程目标达成度情况, 根据达成度情况结果总结和完善教学实验方法, 并持续改进以此达到不断提高教学质量的目的, 评估虚拟仿真对学生学习成效的长远影响。

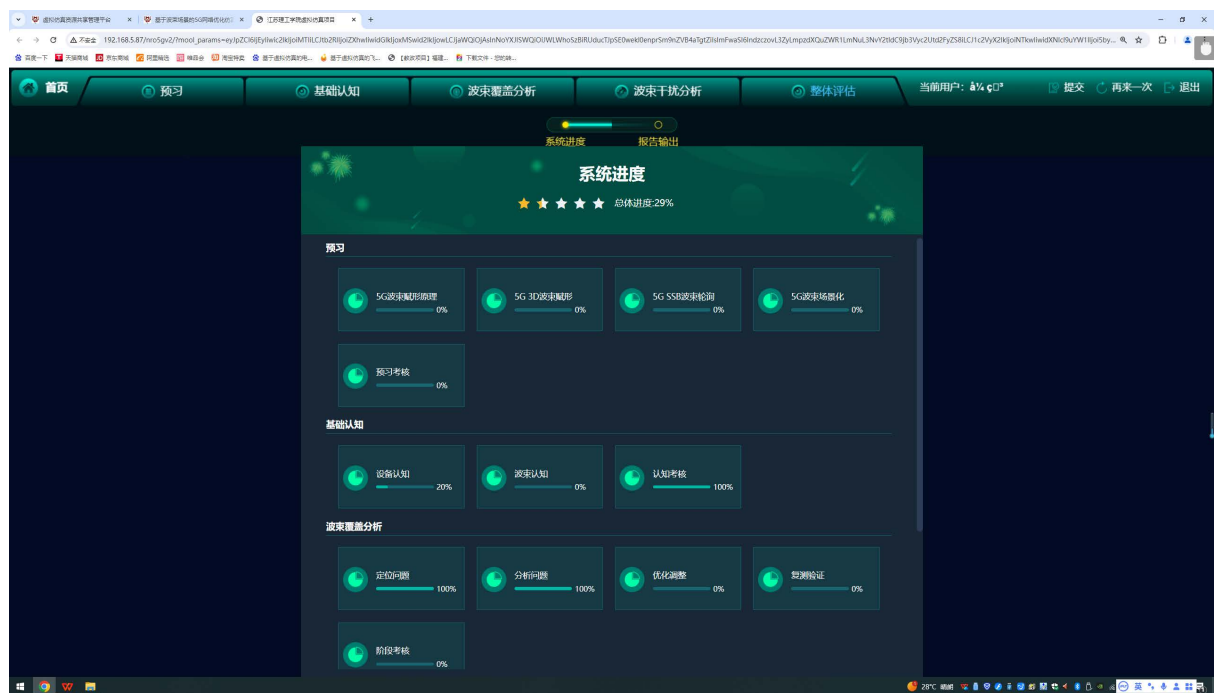


Figure 8. Experiment progress and data recording
图 8. 平台实验进度和数据记录



Figure 9. On-line stage assessment
图 9. 线上阶段考核

4. 结论

通过分析无线网络优化课程现状, 总结该课程目前存在缺乏实体实验设备和实验场景、教学内容不

易理解、学生参与度不高、过程评价体系单一等问题。通过构建虚拟仿真教学实验平台, 根据教学重难点设计梯度化开放实验, 引导学生在可重复操作并循环验证的实验场景下循序渐进掌握无线网络优化的工程实践能力。通过“学习者为中心”教学模式创新, 由学习者主导实验过程, 在高度真实的虚拟环境实验任务中实时给予学习反馈, 提高学生参与度。通过实时记录学生虚拟仿真实验各模块的互动操作, 通过反馈机制及时给与学习指导, 全过程评价体系的统计分析还为教师提供教学可持续改进的数据参考, 达到教学质量不断提升的目的。

参考文献

- [1] 张伟, 张紫涵, 李斌, 等. 电厂锅炉实验虚拟仿真系统建设与应用[J]. 实验室研究与探索, 2023, 43(3): 98-103.
- [2] 陈怡然, 冯秀芝, 刘立萍, 等. 高等医学教育虚拟仿真实训平台的建设现状与思考——基于 VOSviewer 软件的可视化分析[J]. 中国医学教育技术, 2024, 38(2): 183-189.
- [3] 张啟晖, 李美华, 杨丽荣, 李聪, 黄武新. 虚拟仿真技术在液压控制系统课程中的应用研究[J]. 教育进展, 2023, 13(9): 6836-6840. <https://doi.org/10.12677/AE.2023.1391063>
- [4] 张晓瑜, 陈玖圣. 基于虚拟仿真技术的多层次模块化课程建设研究——以《航空电子系统》课程为例[J]. 教育进展, 2023, 13(2): 458-467. <https://doi.org/10.12677/AE.2023.132075>
- [5] 袁红, 甘紫藤, 张苏娇. “十四五”数字经济发展规划比较研究——基于不同梯度省级政策文本的分析[J]. 科技与经济, 2023, 36(4): 96-100.
- [6] 郑建英, 胡庆雷, 崔勇, 李阳. 基于虚拟仿真平台的航天器编队实践课程建设[J]. 电气电子教学学报, 2024, 46(1): 192-195.
- [7] 李澜, 王吉. 高等学校虚拟仿真实验教学现状及趋势研究[J]. 中国教育技术装备, 2022(19): 18-25.