

面向混合式教学的计算机实验管理平台 设计与应用

薄钧戈*, 齐琪, 吴宁, 房琛琛

(西安交通大学计算机科学与技术学院, 陕西 西安 710049)

摘要:针对在混合式教学中线上学习环节缺乏学习跟踪反馈和个性化引导,以及目前多数 OJ 系统对学生在编程实验过程中出现的编译或运行错误缺乏及时有效指导的问题,开发了集在线交互式练习、自动评测、个性化学习状况反馈等功能于一体的计算机实验教学管理平台。平台主要特色功能包括两点:一是在线学习的过程跟踪个性化反馈。基于学生线上线下的行为数据,通过大数据学习,预测学生未来的成绩等级,结合可视化技术,向学生定期反馈个性化学习状况,对教学双方达到预警的目的。二是编程题的在线自动即时评判。通过检测学生代码的编译信息和测试用例信息,应用编辑距离,自适应给出学生代码出错原因并给出反馈指导,帮助学生快速找到代码出错位置并有针对性地进行修改。该文重点介绍了其具体应用案例和应用效果。

关键词:混合式教学;自动评测;线上线下;大学计算机;可视化

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2024)03-0193-08

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2024.03.028

Design and Application of Computer Experimental Management Platform for Blended Teaching

BO Jun-ge*, QI Qi, WU Ning, FANG Chen-chen

(School of Computer Science and Technology, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: We developed a computer experimental teaching management platform integrating online interactive exercises, automatic evaluation, personalized learning feedback and other functions that addresses the lack of learning tracking feedback and personalized guidance in the online learning component of blended teaching, as well as the lack of timely and effective guidance for students' compilation or runtime errors in most OJ (Online Judge) systems during programming experiments. The main characteristics of the platform include two points: one is the process of online learning tracking personalized feedback. Based on students' online and offline behavior data, it predicts students' future grades through big data learning, and combines visualization technology to give students regular feedback on personalized learning status, so as to achieve the purpose of early warning for both students and instructors. The second is the online automatic instant evaluation of programming questions. By detecting the compilation information and test case information of students' code, applying the editing distance, it adaptively gives the reasons for students' code errors and gives feedback guidance to help students quickly find the error location of code and modify it in a targeted way. We focus on presenting specific application cases and the effectiveness of the platform.

Key words: blended teaching; automatic code evaluation; online and offline; university computer courses; visualization

0 引言

在“互联网+教育”的背景下,信息技术与教学的深度融合,积极建设线上、线下以及线上线下“金课”已成为高校教学改革的主要方向^[1-2]。增强老师与学

生、学生与学生以及学生与课程资源之间的便捷交互是“线上线下混合式教学”的主要特点,同时注重“以学生为中心”,为教学整个环节提供了更加灵活的多样性,推动教学方式的革新和教学效果的提升。混合

收稿日期:2023-06-21

修回日期:2023-10-25

基金项目:2022 教育部腾讯产学研合作项目(220800006093558);2021 教育部阿里云产学研合作项目(202102001035);西安交通大学本科教学改革重点研究项目(22ZW05Z)

作者简介:薄钧戈(1989-),男,硕士研究生,工程师,CCF 会员(J6434M),研究方向为教育大数据分析、区块链技术等;吴宁(1962-),女,硕士,教授,研究方向为智慧教育。

式教学不仅让学生在课堂外能够轻松获取更多的学习资源和信息,还可以通过在线学习的方式打破地域限制,方便学生随时随地参与学习,提高教学的灵活性和适应性^[3-6]。教师也可以根据学生的学习情况和反馈进行精准化教学,使教学变得更加高效和有针对性^[7-8]。

“大学计算机基础”是面向非计算机专业开展的大面积计算机基础课程,重点强调计算机实践应用能力的培养。课程主要内容有计算机基础、算法设计和数据分析三大知识模块,帮助同学们理解计算机基本原理,编写简单 C 语言程序,并初步建立算法思想,为编写高质量程序奠定基础。在课程设计以及实施过程中课程组充分利用线上“金课”优质资源,采取线上线下混合式教学,通过 SPOC 平台,发布课程学习的相关说明及文件,让学生确定学习目标、任务安排及考核标准。在大学计算机课程实际的混合式教学过程中,发现了以下问题。

(1)混合式教学中线上学习环节缺乏学习跟踪反馈和个性化引导,导致在线学习质量难以保证^[3]。

(2)大学计算机课程中的实验作业以编程题为主,当前大多数 OJ 系统对学生在编程实验过程中错误缺乏及时、有效的指导,如学生往往只是因为代码中输出的大小写不匹配、缺失标点符号、有无空格等简单问题而花费大量时间进行调试^[9]。

(3)传统实验教学琐碎、复杂的答疑和统计工作,占用了教师大量时间。

为了解决以上问题,同时支撑“MOOC+SPOC+翻

转课堂”的混合式教学改革,研发了“计算机基础课程实验管理平台”(下文简称“平台”)。“平台”主要功能如下:

(1)学习跟踪及时反馈。基于学生学习行为大数据分析,在给出线上和线下行为统计报告的基础上,预测学生未来的成绩等级,并给出不同的预警。

(2)编程题的在线自动即时评测。帮助学生熟悉上机考试环境,即时评测结果,指导并定位可能存在的问题,教师更有针对性地指导编程实验。

(3)启发教师更多思考在线学习过程中的问题,有针对性的进行教育科学研究,从而促进教学改革。

1 “平台”设计开发方案

在近 5 年的大学计算机混合式教学中,笔者认为一个完整的计算机基础课程混合式教学需包括“教、学、练、评”四个教学活动,本“平台”遵循了这一思路,提供了教学过程管理、在线交互式练习、编程题自动评测和智能指导、个性化学习状况反馈等功能。目的在于为教学双方提供及时有效的学习监管和引导性评价,为混合教学过程管理和效果保障提供支撑,进而提高学习质量。“平台”主要应用于计算机基础课程的实验实践练习,具有编程题在线自动技术评判以及学习跟踪个性化反馈等特点,用到的主要技术有基于编辑距离的自适应反馈程序评测方法、基于线上学习过程大数据实现教学过程的跟踪和反馈、百度 Echarts 和 ASP.NET MVC 框架,具体的技术方案如图 1 所示。

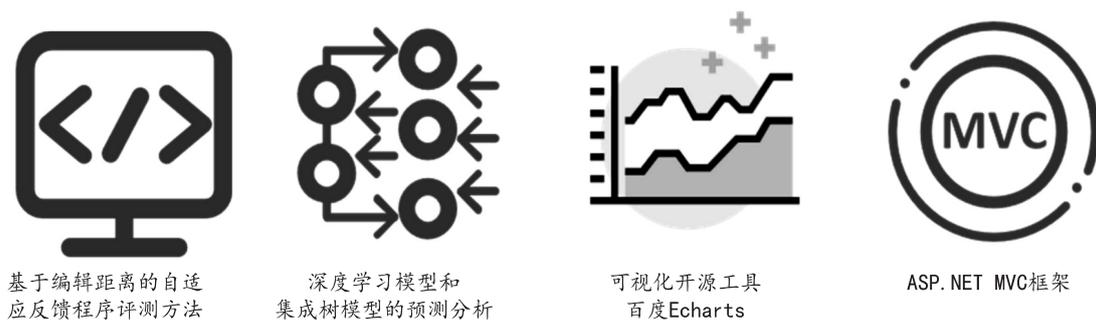


图 1 “平台”技术方案

(1)将基于编辑距离的自适应反馈程序评测方法应用于“平台”中。

该方法通过检测学生代码的编译信息和测试用例信息,应用编辑距离,自适应给出学生代码出错原因并给出反馈指导,帮助学生快速找到代码出错位置并有针对性地进行修改^[9-10]。基于编辑距离的自适应反馈程序评测的方法已获得一项授权专利和一项软著。基于编辑距离的自适应反馈程序评测流程如图 2 所示。

结合自适应反馈程序评测方法的在线评测系统,可以有效激发学生的学习热情,通过在实践中学习掌

握正确的计算机思维和行动方法,促进程序设计类课程的教学质量。同时,针对编译未通过或测试用例未全通过的场景,通过对源程序编译预处理,用词法分析和抽象语法树(AST)抽取多种特征,给出基于多特征相似度的模糊自动评分。

(2)基于学习过程大数据实现教学过程的跟踪和反馈。

利用在线学习行为日志数据,研究基于深度学习算法的学习效果预测模型,为学生个体反馈其学习趋势、当前学习状况与教学要求的差异以及可能的成绩

等级,促进教师的教学改进,提升学生的学习积极性^[11-12]。

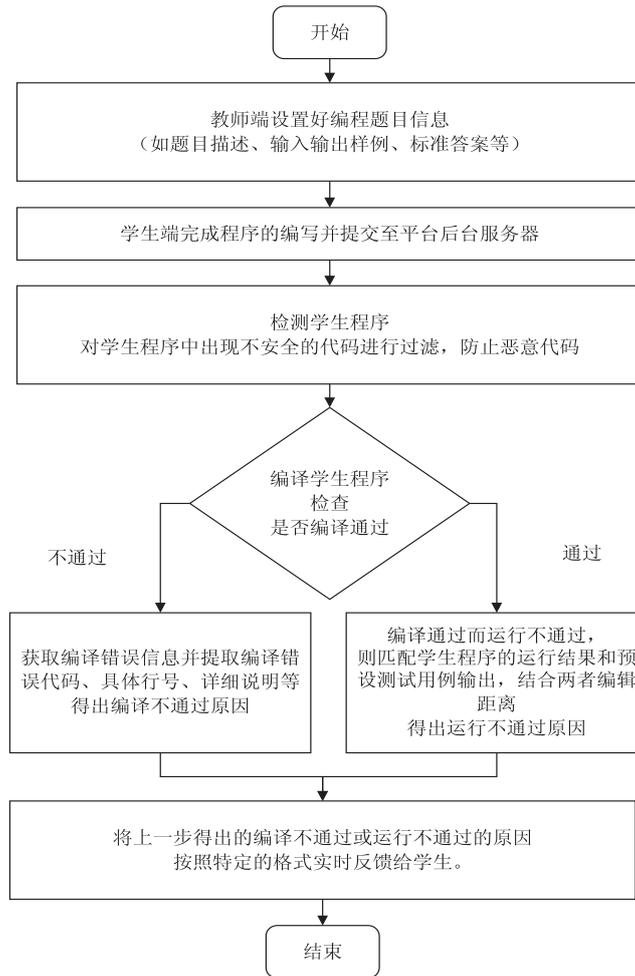


图2 基于编辑距离的自适应反馈程序评测流程

MOOC/SPOC 课程多为按周组织,具有随时间变化的特点,存在一定的上下文关联,即学习者产生的行为数据可以看作是时间序列数据。需要设计拥有存储记忆、适合于处理和预测时序问题的预测模型。基于长短时记忆 (Long Short-Term Memory, LSTM) 是一种循环神经网络 (RNN) 的改进模型,相对于一般的 RNN 模型, LSTM 能够存储更多的历史信息,并可有效解决简单循环神经网络的梯度爆炸或消失问题^[13-15]。本平台采用的是 LSTM 循环神经网络来构建学习效果预测模型,网络结构如图 3 所示。具体的

训练过程是将多个学习者的多周学习行为构成的序列作为模型的输入向量 X 传输到神经网络中,不断迭代计算得到隐藏层的输出向量,再把隐藏层的输出向量加载到输出层,经过输出层激活函数计算得到最终的结果向量。读取学习者某一周的学习行为 x_t 和上一周的隐藏层值 h_{t-1} ,输出本周隐藏层值 h_t ,就可以将历史行为信息连接到当前的学习趋势上。从而可以利用第 1 周到第 k 周的行为数据预测第 $k+1$ 周的学习状态以及最终可能的学习成绩。

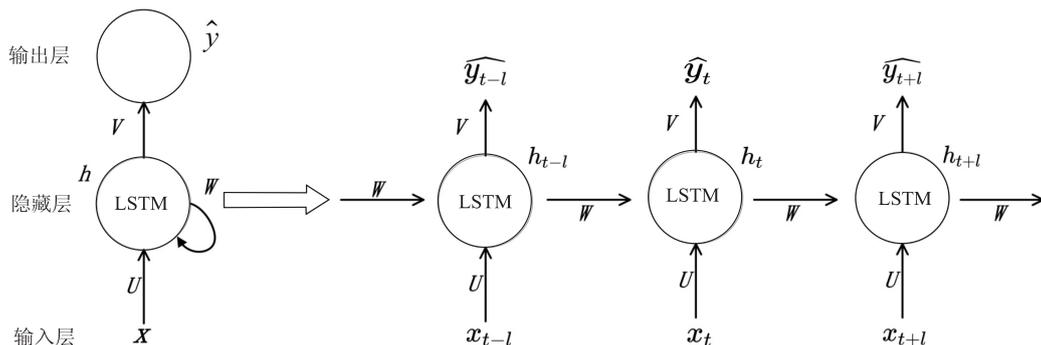


图3 LSTM 网络结构

基于 LSTM 的学习效果预测整体框架如图 4 所示。

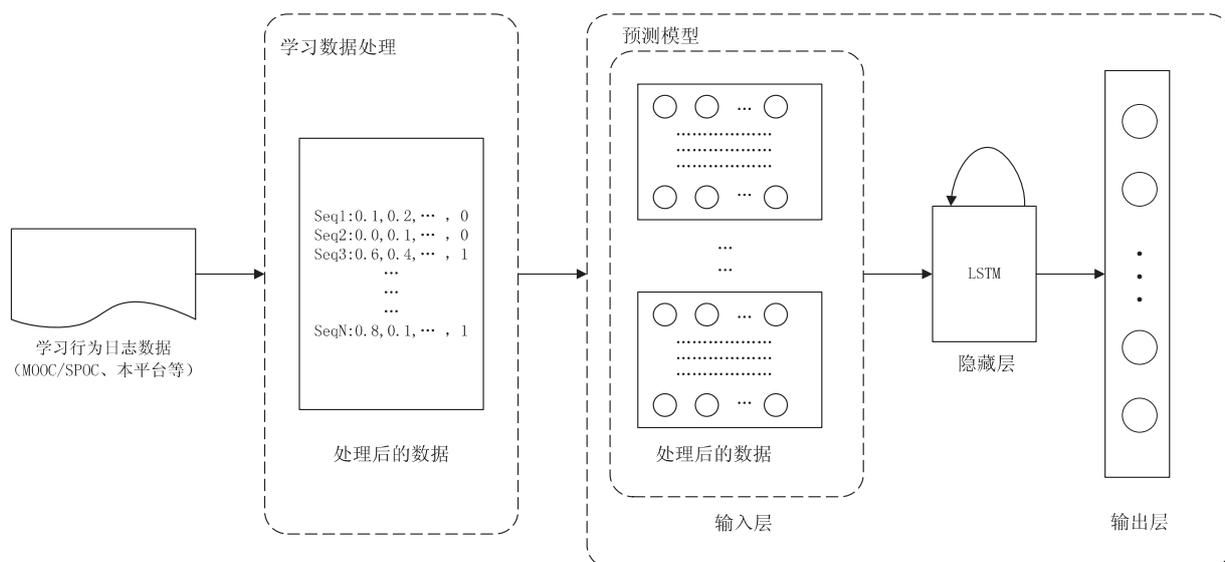


图 4 LSTM 构建学习效果预测模型示意图

通过对学习者在线学习行为日志数据 (MOOC/SPOC、本平台、QQ 学习群) 的分析,研究基于 LSTM 循环神经网络的学习效果预测模型,挖掘不同学习行为模式与学生知识掌握程度的关系,挖掘影响学习效果的主要原因^[3],并将相关图表显示到本平台中。主要目标有:①为教学课程组呈现学习者群体的实时学习趋势变化;②为学习者个体反馈其学习趋势、当前学习状况与教学要求的差异以及可能的成绩等级;③促进教师的教学改进,提升学生的学习积极性。

(3)“平台”中显示的图表等可视化用到了百度的开源可视化库 Echarts。

Echarts 是一个使用 JavaScript 实现的开源可视化库,可以非常轻松创建一些交互式图表和地图^[16-17],具有涵盖各行业图表、数据自由筛选、多图表联动查看、多设备随意展示等特点。同时具有灵活的配置选项和丰富的交互功能,可以满足多种可视化需求。

(4)“平台”采用了 ASP.NET MVC 框架进行开发。

ASP.NET MVC 是一种用于开发 Web 应用程序的框架,其过程是将 MVC (Model-View-Controller, 模型—视图—控制器) 模式应用在 ASP.NET 框架中^[18]。此框架把项目分成模型、视图和控制器,将用户界面 (视图) 与驱动界面的代码 (控制器) 保持分离,使得复杂项目更加容易维护,减少了项目之间的耦合。ASP.NET MVC 也提供了一系列的工具和 API,使得开发人员可以更轻松地进行数据处理、验证和身份验证等常

见任务。

2 “平台”教学应用

2.1 教学过程管理

“平台”教学过程管理主要有:教学班管理、课程内容管理、课程资源组织管理、课程通告、上课学生管理等。

(1)角色:依据权限的不同,分为四个角色:管理员、教师、助教、学生。首先,由“管理员”创建教学活动,如:添加教学班、导入学生名单等;“教师”或“助教”登陆后可添加作业、发布教学通告、添加教学资源等;“学生”登录后开始在线活动,如:观看课程视频、下载学习资料、完成在线作业、参与作业的评测与指导等。

(2)作业管理:教师端包括添加、发布、修改、导出作业等;学生端包括在线完成作业、查看作业成绩、提交次数等。

(3)课程资源管理:课程知识地图、课程知识导航、课程辅助学习资源。

(4)在线学习分析:以图表、折线图、热力图、词云图等可视化的形式显示在线学习行为的统计、分析报告。

(5)系统维护 (仅管理员):用户维护、课程维护、教学班维护、批量处理等。

“平台”菜单栏如图 5 所示,课程知识地图如图 6 所示,管理员界面“教学班”界面如图 7 所示。

| 欢迎你进入 “2019秋 - 大学计算机基础I - 薄钧戈” 教学班



图 5 “平台”菜单栏

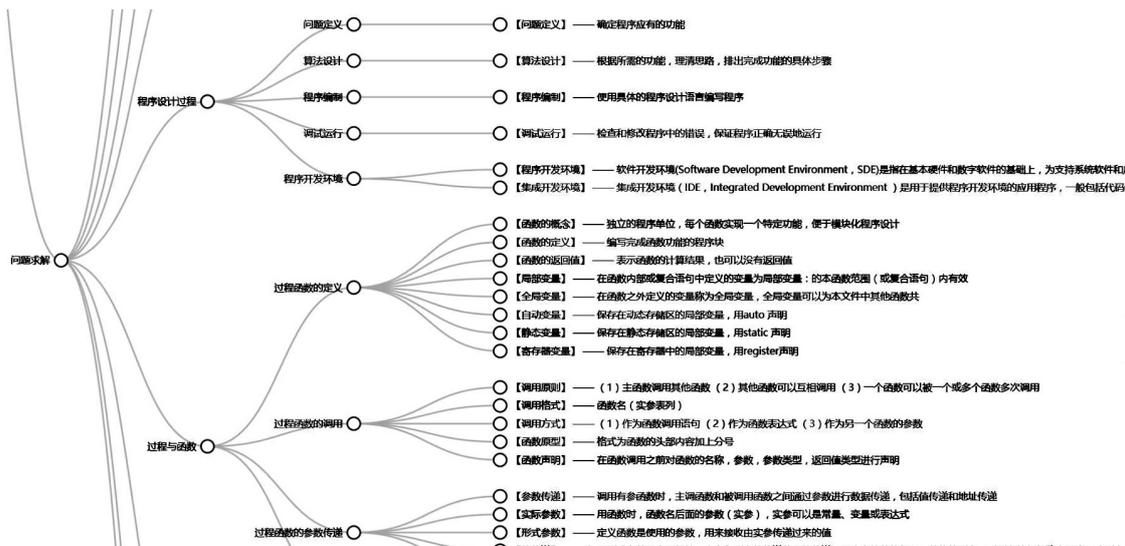


图 6 课程知识地图示意图

返回管理主页

添加教学记录 批量添加教学记录 批量添加学生进教学班

课程	教师	学期	状态	创建时间	编辑	删除
大学计算机	wzhang	2023春	正在进行	2023/3/21 13:58:30	编辑	删除
大学计算机	sncui	2023春	正在进行	2023/3/21 13:58:30	编辑	删除
大学计算机	fcc	2023春	正在进行	2023/3/21 13:58:30	编辑	删除
大学计算机	yzjia	2023春	正在进行	2023/3/21 13:58:30	编辑	删除
大学计算机	nwu	2023春	正在进行	2023/3/21 16:27:03	编辑	删除

每页 10 条记录, 共 13 页, 当前第 13 页

« « ... 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 » »

图 7 管理员界面“教学班”界面

2.2 在线交互式练习

在线交互式练习方面,“平台”具有发布作业(分为单次和批量)、作业考核方式选择、作业在线完成、自动交互式评测和编程实验的个性化指导、作业成绩批量导出等功能。

(1)可支持的作业/实验题目类型有:单选题、多选题、填空题、判断题、提交附件题、编程题。

(2)发布的作业/实验(客观题和编程题)均由系统自动评测。

(3)支持编程语言 C、C++、C#等计算机教学常用语言。

(4)编程题编辑页面有高亮显示、智能提醒、代码缩进、折叠显示等模拟真实开发环境的功能。

(5)自动交互式评测。编程题的自动评测可根据具体教学需求有两种选择。一是基于测试用例的动态评测,没有过程分,适用于平时作业;二是基于静态分析的模糊自动评测,其得分不完全依赖测试用例结果,适用于考试。

(6)自动评测。对于选择题、填空题等客观题,正确与否在作业截止时间后给出。对于编程题,如果编译通过且运行正确则直接显示评分;如果编译错误,将显示编译具体报错信息;如果编译通过而测试用例错误,则对比学生输出和标准输出,提示可能会出现的错误情况,如:多余的空格、特殊字符、未考虑的边界等。

“平台”在线交互式练习相关功能截图如图 8 和图 9 所示。

2.3 在线学习过程跟踪与个性化反馈

(1)基于在线学习行为大数据分析,实现在线教学过程的跟踪和个性化反馈。

(2)学生在线学习行为报告。显示学生在每个教学周内观看视频和班级平均观看视频、最高观看视频的对比;显示学生在每个阶段测验成绩超越班级人数的比例;显示论坛的发帖和回帖情况。

(3)学生未来成绩等级的预测结果。学生的个人成绩等级(1~5 表示“不及格~优”),个人超越班级人数(百分比),并分类给出警示性语句。



图 8 学生端给出实时指导(错误提示和解释)



图 9 教师端查看运行错误用例对比详情

(4)课程整体学习状况(仅教师可见)。显示挖掘出的影响课程学习效果因素:学习的及时性、规律性、总量投入性等,并根据重要性排序;不同在线学习行为的整体学习时间规律性,包括视频观看、论坛发帖回

帖、测验;整体单元测试平均成绩。

学生在线学习行为整体情况示意图如图 10 所示, 学生测验超越人数(比例)示意图如图 11 所示,预测学生当前学习状况对应等级如图 12 所示。

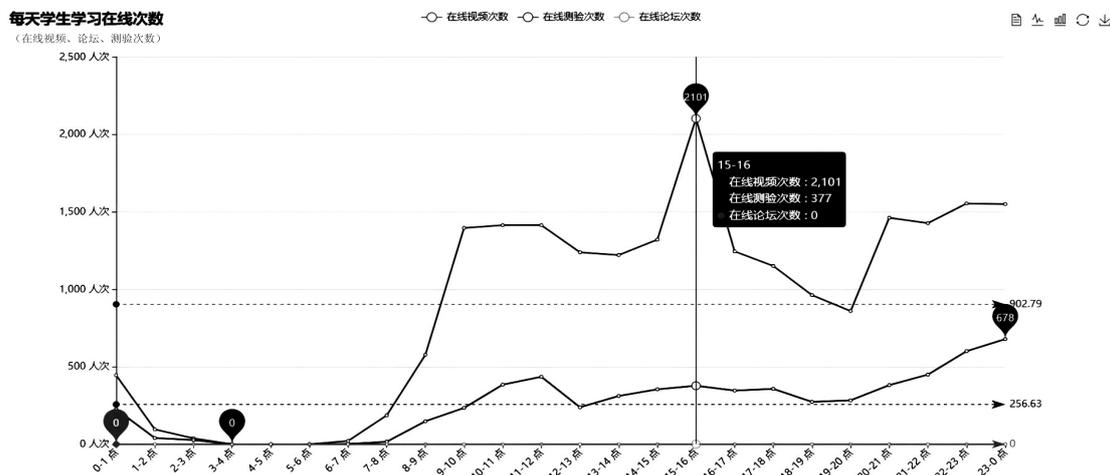


图 10 学生在线学习行为整体情况示意图

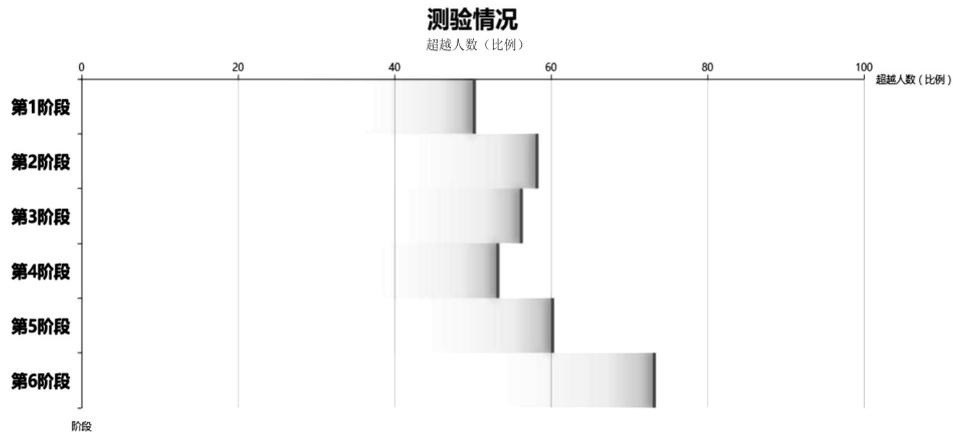


图 11 学生测验超越人数(比例)示意图

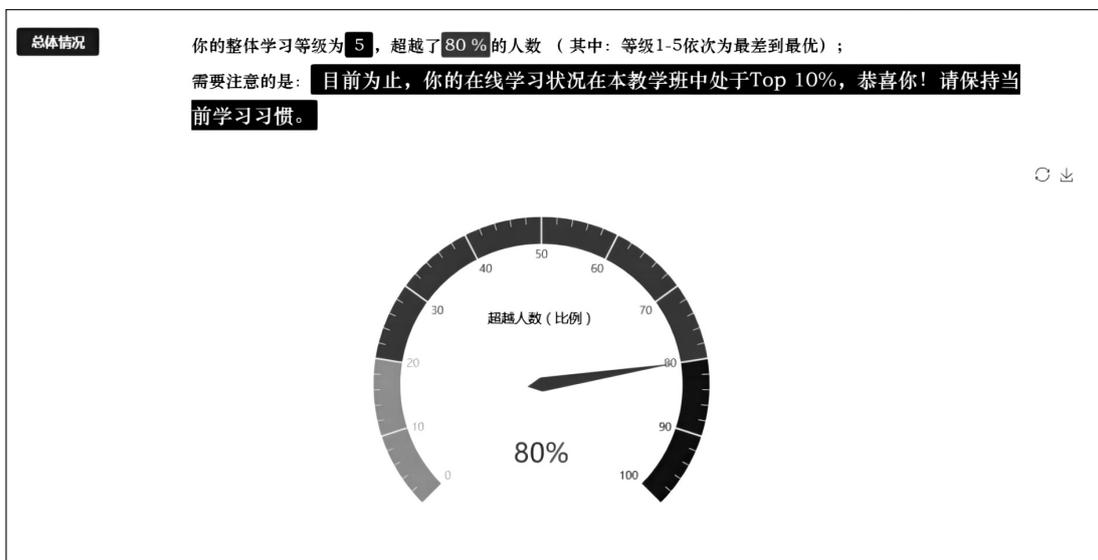


图 12 预测学生当前学习等级

3 “平台”应用效果

“平台”自 2015 年部署到现在,已经迭代更新维护了近 10 个版本,有力支撑了本校低年级本科生的计

算机基础通识类课程的实验教学、教学反馈等环节。基于本“平台”申请的专利有 3 项(2 项已授权),软著有 5 项。累计已服务计算机相关课程 7 门,教学班 241 个,学生 34 354 人。具体数据如表 1 所示。

表 1 “平台”应用情况

课程	教学班(个数)	累计人数
大学计算机 I	125	14 553
大学计算机 IV	1	101
算法设计与问题求解	25	2 045
C#程序设计	28	1 948
数据结构与算法	4	497
微机原理	17	991
计算机应用能力实训(小学期)	241	14 219
累计	441	34 354

经过对 2 门课程应用平台前后的学生期末考试成绩的对比分析,使用了本“平台”的混合式教学,不及格率大幅下降,优秀率明显上升。实践表明,早期的个性化反馈是一种有效的教学过程监管方式,能够督促

提醒学生及时调整学习状态、引导学生积极应对课程后续的学习。同时,本“平台”提出并应用的自适应反馈程序评测方法除了对本校计算机基础课的实验实践有提升之外,还应用到了计算机相关竞赛的培训过程

中,课程组老师指导的学生多次获得“蓝桥杯”全国软件和信息技术专业人才大赛以及团体程序设计天梯赛奖项(有1/3学生为非计算机专业学生),自2019到现在,课程组老师指导的学生有连续四届获得天梯赛全国总决赛团队一等奖,2022年获得全国高校二等奖。

4 结束语

计算机基础课程的实验课,更多强调的是计算机实践应用能力的培养。“平台”在传统教学管理基本功的基础上,着眼训练学生计算机编程中的思维能力,以计算机知识应用技能为中心,自动评测指导为手段,学习跟踪和反馈为特色。“平台”的在线交互式练习环境,在代码运行错误时返回自动评测信息和智能指导,启发学生思考,提高学生快速、准确查找问题,分析问题和解决问题的能力。通过引入大数据分析技术挖掘影响课程学习效果的因素,启发教师对课程计划、内容进行思考和调整。预测学生最终可能的成绩等级,启发学生反思自身的学习行为。由于预测结果是随着教学周的演进而实时变化的,从而激发了教与学双方主动的、探索式的改革教学行为,提高教学效率和质量。实践表明,早期的个性化反馈是一种有效的教学过程监管方式,能够督促提醒学生及时调整学习状态、引导学生积极应对课程后续的学习。

下一步将继续深入研究线上线下有效融合的混合式教学方法,尝试引入最新的Transformer等深度学习模型,提高使用教学数据的分析能力。同时,结合多源在线学习数据为学习者制定个性化的学习方案,自适应地提供作业和指导,帮助学生快捷、准确地获取学习资源,持续做好以“学习者为中心”的计算机基础课程混合式教学工作。

参考文献:

- [1] 教育部. 教育部关于一流本科课程建设的实施意见[EB/OL]. (2019-10-30)[2023-05-16]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191031_406269.html.
- [2] 教育部. 为了打赢全面振兴本科教育攻坚战——新时代全国高等学校本科教育工作会议一年来改革综述[EB/OL]. (2019-06-28)[2023-05-16]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5147/201906/t20190628_388109.html.
- [3] 吴宁,薄钧戈,崔舒宁,等. 大数据时代计算机基础教学

- 改革实践与思考[J]. 中国大学教学,2020(2):42-45.
- [4] 金石,王璐露,宛敏. 线上线下混合式教学的反思与策略优化[J]. 中国大学教学,2022(11):72-77.
- [5] DE ROSSI M, TREVISAN O. Hybrid blended learning solution for teacher education innovation[J]. Excellence and Innovation in Learning and Teaching - Open Access, 2023, 8(1):26-37.
- [6] RASHEED R A, KAMSIN A, ABDULLAH N A. Challenges in the online component of blended learning: a systematic review[J]. Computers & Education, 2020, 144:103701.
- [7] 薄钧戈,乔亚男,吴宁,等. QQ学习群数据图表助力混合式教学[J]. 计算机教育,2023(1):28-34.
- [8] 阎群,李擎,崔家瑞,等. 新工科背景下实践类课程混合教学模式研究[J]. 实验技术与管理,2021,38(1):198-201.
- [9] 薄钧戈,乔亚男,齐琪,等. 基于编辑距离的自适应反馈程序评测方法[J]. 计算机技术与发展,2022,32(8):135-141.
- [10] 薄钧戈,吴宁,崔舒宁,等. 一种基于编辑距离的自适应反馈程序评测方法及装置:1629908.3[P]. 2021-05-28.
- [11] QI Qi, LIU Yuexia, WU Fan, et al. Temporal models for personalized grade prediction in massive open online courses [C]//TURC 2018: ACM turing celebration conference. Shanghai: ACM, 2018.
- [12] NIU Zhiyao, LI Wangjie, YAN Xiangguo, et al. Exploring causes for the dropout on massive open online courses [C]//Proceedings of ACM TURC 2018 (SIGCSE China). Shanghai: ACM, 2018.
- [13] 白友恒,肖奎,张葵,等. 基于深度学习模型的MOOC视频依赖关系识别方法[J]. 郑州大学学报:理学版,2022,54(5):29-36.
- [14] 未晞. 基于人工智能LSTM循环神经网络的学习成绩预测[J]. 中国教育信息化,2022,28(4):123-128.
- [15] XIONG F, ZOU K, LIU Z, et al. Predicting learning status in MOOCs using LSTM [C]//Proceedings of the ACM turing celebration conference, Chengdu: ACM, 2019:1-5.
- [16] 敬国伟,黄大池. 基于ECharts的数据可视化研究[J]. 西部广播电视,2022,43(20):227-230.
- [17] 遇炳昕,任光辉,吴金栋,等. 基于ECharts的高校实验室使用效益评估系统设计[J]. 实验技术与管理,2020,37(5):241-247.
- [18] 苏扬. ASP.NET MVC架构与Web开发工作探析[J]. 电脑知识与技术,2021,17(33):53-54.