

# 面向竞教融合的个性化智能导学平台\*

叶晨

同济大学国家级计算机与信息技术实验教学示范中心, 上海, 201804

王晓国 王利

同济大学计算机科学与技术系, 上海, 201804

**摘要** 以学生成长为中心, 数据赋能为导向, 强化实践为核心, 基于知识图谱构建了个性化的智能导学实验教学平台。从培养学生的学习兴趣入手, 引导学生课外自主实验和参与学科竞赛, 逐步提升编程解决问题的能力。以“数据结构”课内实验为例, 依托实验教学平台的数据统计和可视化分析, 助力教师找准薄弱环节, 以学定教, 课内给予学生精确“补给”。实践表明, 该智能导学平台有效拓展了教学的时间和空间, 以及时、客观的评价方式, 激发了学生的学习热情, 由浅入深地引向层次化和个性化学习, 促进了实验教学质量的提高。

**关键字** 竞教融合, 智能导学平台, 在线评测, 实验教学

## A Personalized Intelligent Tutoring Platform for the Integration of Competition and Teaching

YE Chen

National Computer and Information Technology Practical Education Demonstration Center  
Tongji University  
Shanghai 201804, China  
yechen@tongji.edu.cn

WANG Xiaoguo WANG Li

Department of Computer Science and Technology  
Tongji University  
Shanghai 201804, China

**Abstract**—Taking student-growth as the center, data empowerment as the guide, and strengthening practice as the core, a personalized intelligent tutoring experimental teaching platform is constructed based on the Knowledge Graph. It starts with cultivating students' interest in learning, guiding students to experiment independent and participating in competitions, and gradually enhance their ability of using data to solve problems. Take the "Data Structure" in-class experiment as an example, relying on the data statistics and visual analysis of the platform, teachers can identify the weak points of teaching, and provide students with accurate "supply" in class. Practice has proved that the intelligent tutoring platform effectively expands the time and space of teaching, provides timely and objective evaluation, stimulates students' enthusiasm for learning, and leads to hierarchical and personalized learning from the shallower to the deeper, and promotes the improvement of the quality of experimental teaching.

**Keywords**—integration of competition and teaching, intelligent tutoring platform, online judgment, experimental teaching

## 1 引言

相对于理论教学, 实验教学突出学生主体地位, 手脑并用, 更加有助于学生建构自己的科学知识体系; 突出研究探索, 更加有助于培养学生的创新意识和能力; 突出观察思考、综合设计和多元分析结合, 更加

有助于提高学生的综合科学素质。大学生特别是工科生动手实验的时间、效率、效益成为人才培养质量的重要标志, 实验教学也成为大学教学的重要方式、教学建设的重要内容、教学创新的重要途径。教育部于2019年开展的实验类“金课”的建设<sup>[1]</sup>, 对实验教学提出了提升高阶性、突出创新性、增加挑战度的要求。

\* **基金资助:** 本文得到同济大学中央高校基本科研业务费专项资助 (22120210163)

本文以“数据结构”课内实验为依托，这门课程是计算机、大数据、人工智能、软件工程等专业的核心基础课程，已被 IEEE-CS/ACM 的 CS 教程列为核心课程之首<sup>[2]</sup>，说明数据结构在信息学科中具有重要地位。学生在前序课程中掌握了基本的编程方法，通过本课程的学习，能够进一步掌握各种常用的数据逻辑结构、存储结构、基本操作以及算法设计，同时能够综合运用这些知识解决问题。这门课以培养学生的实践能力为核心，重点提高学生的分析设计能力、数据抽象能力和编程能力，进而提高学生的系统认知、设计、开发、应用能力，为研究数据处理的科学问题和培养创新思维打下坚实的基础。

在数据结构课程教学中，实验教学课时少，部分学生编程基础较弱，缺乏学习信心，影响兴趣和动力；教师批改编程习题的工作量大，由此带来反馈滞后，课内课外脱节。我们在教学实践过程中，研制了以学生为中心的个性化智能导学平台，以强化实践为核心对实验教学模式进行了有效的改革，适应了创新性、复合型、应用型人才培养的需要。

通过线下课堂教学与线上智能导学平台相结合，课内实验与课外自主学习相结合，达到了积极引导學生进行探究式、个性化学习的目的。如图 1 所示，课前学生在实验教学平台上完成教师布置的自主预习实验，通过在线评测程序和评估模型得到班级学习效果的反馈，课内教师有针对性的开展线下互动研讨、展示分享、评价点拨，这一套“先学后教，以学定教”的方法是提升教学质量的有效策略。依托程序设计的**在线评测系统、评估模型**和训练题目的**推荐系统**，构建了从课内实验、课外自主学习，到竞赛训练的层次化、递进式的“竞教融合”实验教学模式。丰富的**题库、知识点关系模型**和实时反馈的**自动评测系统**有效激励了学生的课外自主学习，减轻了教师查验程序的负担，让教师将更多时间投入到贴近现实任务的实验题目和测试数据的设计中，实现各教学环节时间、空间分配的转变，为以学生为中心的学习和教学方式创造了条件，提升了实验教学的整体效果，促进了课程教学质量的提高。

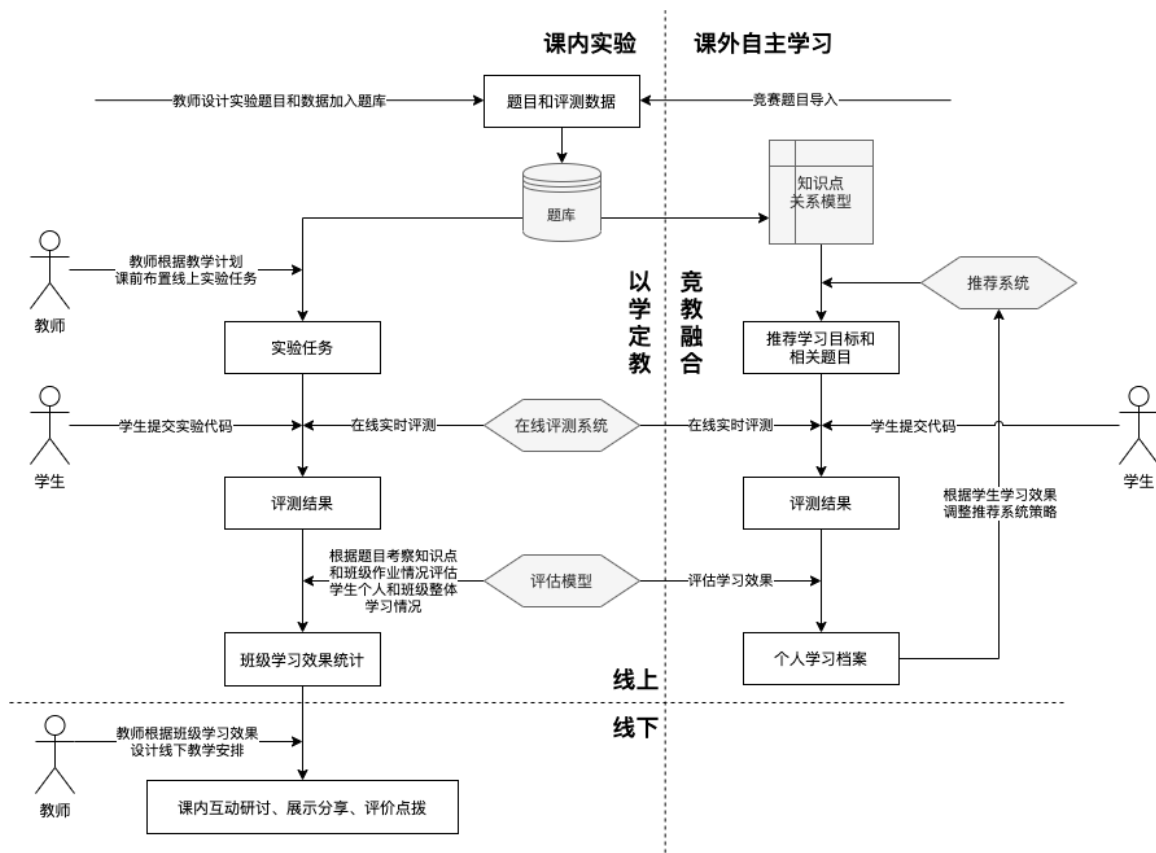


图 1 竞教融合的个性化智能导学平台模块功能示意图

## 2 竞教融合的个性化智能导学平台建设

国际大学生程序设计竞赛 (International

Collegiate Programming Contest, 简称 ICPC)<sup>[3]</sup>是一项旨在展示大学生创新能力、团队精神和在压力下编写程序、分析和解决问题能力的年度竞赛，经过 50 年的发展，已经成为世界上公认的规模最大、水平最

高、最具影响力的大学生编程赛事，得到国内外众多知名高校的重视和积极参与。ICPC 竞赛利用在线评测系统对参赛选手提交的程序进行自动、实时的评判，包括对程序结果的正确性、运行时间、内存占用和输出格式的判别，其客观、公正和实时的评价方式，得到学生普遍认可。许多高校基于 ICPC 的比赛模式，开发了程序设计在线评测系统<sup>[4-7]</sup>，为学生提供程序设计竞赛与训练的开放式环境。

典型的在线评测系统面向竞赛，有助于培养一部分优秀学生的动手能力、团队合作能力和创新精神<sup>[8-11]</sup>。但普遍存在题目难度大、评判要求严格，程序设计初学者人手困难等问题。将面向竞赛的在线评测系统直接应用于课程实验教学<sup>[12-16]</sup>，教学效果仍然存在较大的局限性。我们在教学实践中，从培养学生的学习兴趣入手，以引导学生进行探究式学习为目标，构建了竞教融合的个性化智能导学平台。平台主要包括以下特点：

#### (1) 因材施教，培养兴趣从细节入手

平台的题库包含从历年竞赛中精选的题目和相应的测评数据，也有教师根据教学方案中的知识点精心设计的实验题目和数据，这些题目可用于布置作业、安排考试、赛前训练或自主学习。针对初次接触线上实验的同学，我们设计了 10 道专门用于训练输入和输出的非常简单的题目，这些最简单的题目也给那些对编程缺乏自信和兴趣的同学带来了成就感。针对学有余力的同学，设计了一系列由简单到综合、循序渐进的练习题，这对于鼓励学生提高编程能力是至关重要的一步。所有这些工作都是为了同一个目的：培养兴趣、树立自信。

#### (2) 智能导学，引导课外个性化学习

平台题库根据题目的知识点信息和各个知识点的连接信息，采用 NE04J 图数据库构建面向课程的领域知识图谱<sup>[17]</sup>（图 1 中的知识点关系模型）。由于学生的基础和能力是参差不齐的，平台基于知识图谱和学生的实验结果（图 1 中的个人学习档案），生成学生知识掌握图谱，从而发现学生的薄弱知识点，设计面向个性化学习的路径推荐系统<sup>[17]</sup>，引导学生在课外进行大量编程练习，并营造一种你追我赶的学习氛围。为了进一步激发广大学生自主学习的兴趣，并让优秀的学生脱颖而出，我们从平台和举措上鼓励学有余力和爱好编程的学生参加学科竞赛。

#### (3) 实时反馈，激发学生的学习动力

教师根据教学计划课前布置线上实验任务，学生在规定时间内完成程序的编写和调试后提交程序源代码，平台的在线评测系统对提交的程序进行自动评判，实时反馈评测结果，成功解题的成就感有利于提升学

生的学习热情。同时，评估模型按照一定规则，根据完成情况对班级内学生进行排名，激发青年学生的竞争心理，对于没有拿到满分的题目，学生可以及时改进代码后多次提交，培养了学生探究式学习的能力。此外，自动评测能够极大减轻教师批改作业的劳动强度，教师可以及时了解学生预习中存在的问题，并将更多时间投入到有针对性的教案设计中。

#### (4) 虚拟比赛，跨越时空的同场竞技

教师可以利用线上比赛的形式安排阶段性考核。学生也可以选择任意一场已经结束的比賽作为虚拟比赛的题目来源，平台在比赛过程会重现原比赛的提交信息（包含时间和排名），参赛学生如穿越时空隧道，可以与学长们同场竞技。学生通过课外自主训练，提升至一定的水平后，还可以参加一年一度的同济大学程序设计竞赛，优秀学生将被选拔进入校集训队，代表学校参加 ICPC 的亚洲预选赛和全球总决赛。

综上所述，基于知识图谱构建了个性化学习的路径推荐系统，搭建了面向“竞教融合”的智能导学平台，建立了从课内实验到课外自主学习，再到学科竞赛的培养模式，形成渐进式、多层次的创新型人才培养的良性循环。

### 3 基于个性化智能导学平台的教学模式

智能导学平台记录了实验项目中的知识点分布，并根据学生首次提交结果、最终提交结果、提交次数、耗时等数据，统计班级整体预习效果。如图 2 和图 3 所示，可视化的数据有助于教师提前关注学生之间的分化和差异情况，有针对性的做好差异预案，以学定教，及时避免分化的扩大。

平台上作业的统计分析结果，如图 2，展示了一组实验题目（一次作业）在班级内的得分分布，得分分布包含了班内学生每次代码提交后的得分。为了获得更高分，学生一般会多次提交代码，只有通过所有测试用例才能获得满分。图 2 的柱状图中分别使用了不同颜色代表实验项目中的 6 道题目，横坐标是每道题的得分分布，纵坐标是提交次数，表示学生在该分值区间的总提交次数。图 2 的提交数汇总（Total Submissions）中的分母是该题的总提交数，分子是最终拿到满分的提交数，拿到满分的提交数可近似认为已掌握该题的人数。以“图的存储结构”（红色）和“图的遍历（邻接矩阵）”（橙色）为例，有些学生一开始只得到 50 分的成绩，经过对代码的改进，绝大多数学生都能获得满分。以“拓扑排序”（天蓝色）为例，只有少数提交得到过 80 分以下的的成绩，经过改进后绝大多数学生也都获得满分，反映出这道题目相对简单一些。以“关键路径”（绿色）为例，一些提

交只得到 50 分以下的的成绩, 经过改进后获得满分的数量也少于前三道题目, 而获得 80 分的明显多于其他题目, 反映出学生对这道题目中相关知识点的掌握有所欠缺, 授课教师可以在课上有针对性的调整教学重点。由此可见, 平台对学生作业的统计分析和可视化, 既

反映出题目之间的难易程度, 也反映了学生对相关知识点的掌握情况。同时, 实验题目的表述和测试用例的设置是否合理, 也是需要教师重点关注和持续改进的。

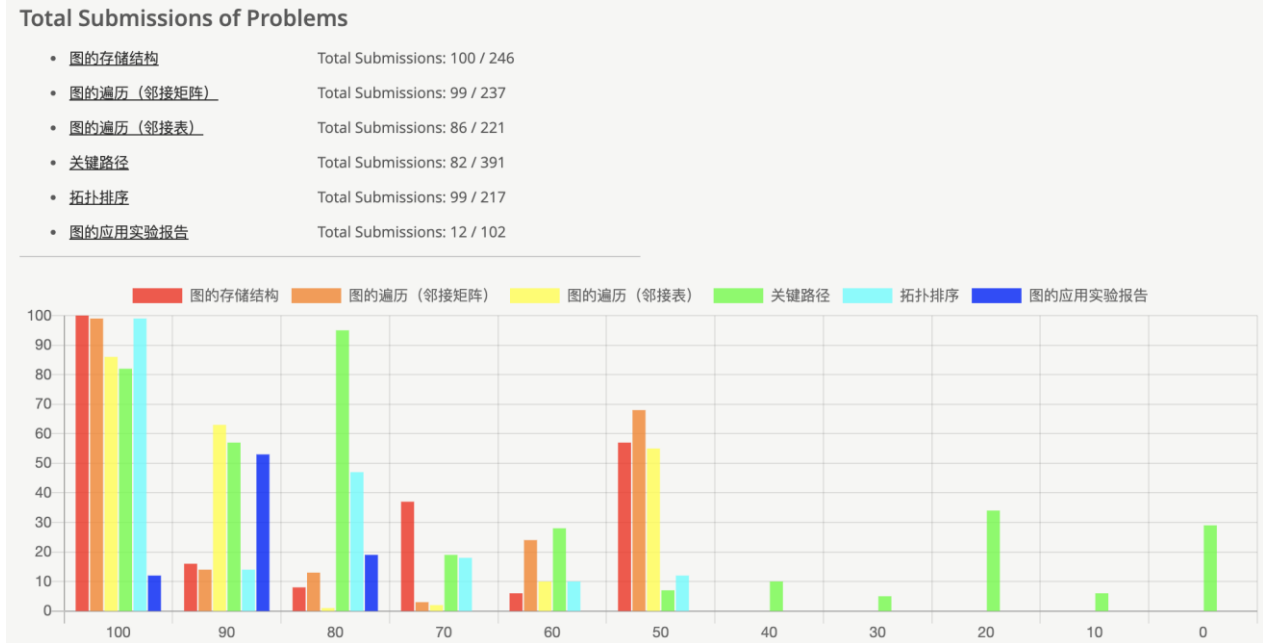


图 2 课程题目每次提交的得分分布统计图

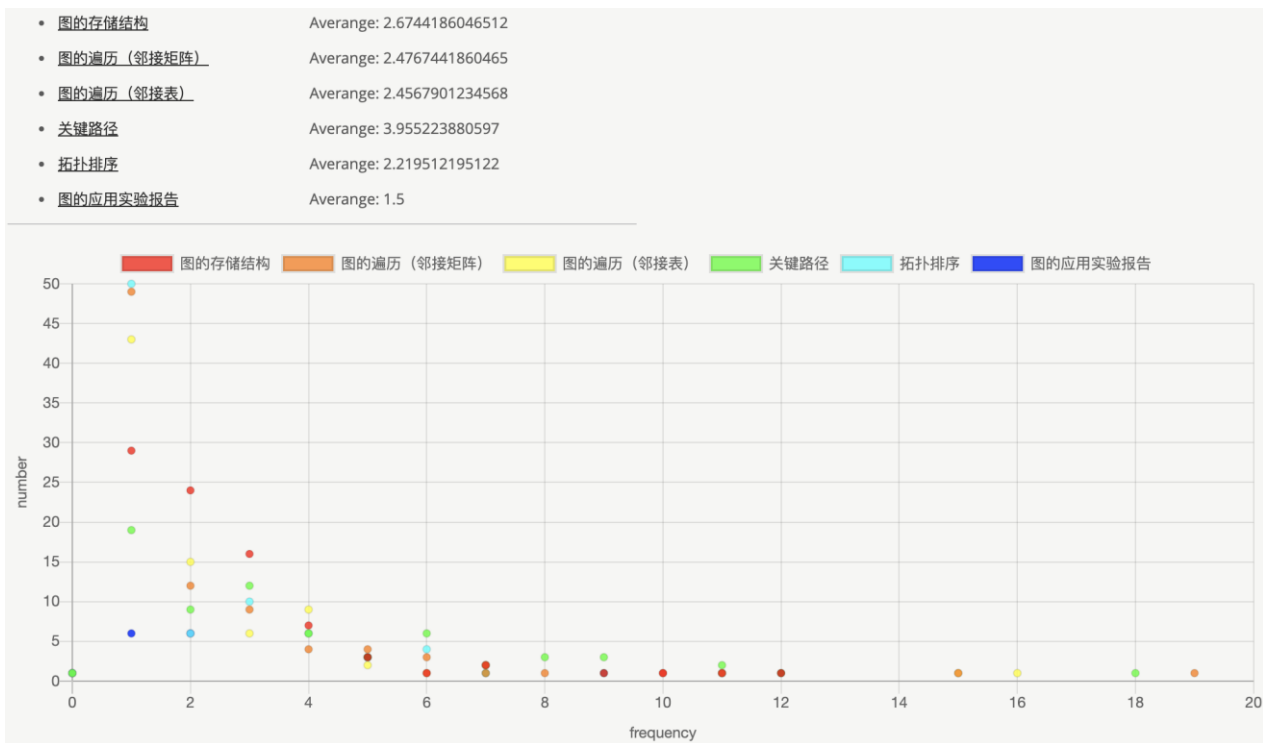


图 3 实验题目的提交次数统计图

在图3中, 依然使用不同颜色代表实验项目中的6道题目, 横坐标代表每人对各题目的提交次数, 纵坐

标代表提交次数所对应的人数。因为学生的多次提交是以获得更高分数为目标的, 实验题目的提交次数统

计图反映了题目的难易程度。以“图的存储结构”（红色）为例，（为了获得高分）需要提交3次以上的学生人数合计不超过8人，结合图2的得分分布，可以反映出题目设置的难易程度合理。学生一次提交的成功率也反映了题目之间的难易程度，有助于教师精心设计和持续优化实验题目和评测数据，从而更准确的把握学生的学习效果。

基于个性化智能导学平台，以学定教的教学模式的工作流程如下：

（1）任课教师根据线下教学进度，通过平台布置线上实验任务；

（2）学生在规定的时间内完成教师布置的线上实验任务；

（3）平台收集实验题目的得分分布，并统计提交次数，评估个人和班级的学习效果，将统计结果绘制成可视化图表（如图2和图3所示）；

（4）教师根据班级学习效果，设计线下课堂教学方案，组织课内互动研讨、评价点拨和展示分享。这种数据驱动的教学模式，助力教师找准薄弱环节，给予同学精确“补给”。

## 4 个性化智能导学平台的实施效果

本文的个性化智能导学平台（<https://oj.tongji.edu.cn/>）自上线以来，通过题库、知识点关系模型（知识图谱）、在线评测系统、学习效果评估模型、实验题目推荐系统和可视化分析等功能模块，引导学生进行自主学习，激励学生根据评测系统实时反馈的提示，对源代码进行及时的修改和完善；辅助教师课前关注学生之间的分化情况和差异情况，有针对性的做好差异预案，以学定教及时避免分化的扩大。通过精心设计的实验题目和数据，培养学生良好的程序设计习惯，提高学生解决复杂问题的能力，激发学生自主探究式学习的动力。根据学生所做题目中未通过的测试用例，平台可基于题库生成个性化推荐方案，即可为后进生弥补短板，也可为学有余力者提供拓展训练，帮助每一位同学实现差异化的学习，营造了“你追我赶”的个性化学习氛围。

以“数据结构”课内实验为例，每个实验项目均设定了实验目标、实验内容、测试用例数据和结果，其中测试用例的数据文件为自动评测机提供输入数据，结果文件用于程序运行结果的一致性比较。此外，在实验项目的描述中指明测试数据的上、下限，以及输出结果的格式等内容，以便学生在程序中定义符合要求的变量，控制程序运行结果的输出格式等。通过引入在线自动评测技术，引导学生编写更高效的程序，基于及时的反馈促进自主学习。与此同时，教师也可

以在平台上开设竞赛，开展阶段性评测，充分调动学生的学习积极性和主动性，引导一些学有余力的同学去钻研更深、更新、更难的问题，提高学生的研究创新能力。通过个性化智能导学平台，有效拓展了教学的时间和空间，以及时、客观的评价方式，激发了学生的学习热情，由浅入深地引向层次化和个性化学习，促进了教学质量的提高。

为了客观地分析智能导学平台的应用情况，验证其是否实现“数据结构”课程的个性化学习，是否促进学生对数据结构知识的掌握和持续学习能力的培养，向2019级计算机科学与技术专业的学生发放了问卷调查。共发放问卷100份，回收100份，有效率100%。调查结果显示，有93%的学生认为该平台有助于课程基础知识学习和编程实践能力锻炼；87%的学生认为能有效地在该平台指导下完成课前学习任务；67%的学生认为平台中根据个人学习档案推送的相关题目是自己需要加强学习的内容；83%的学生认为该平台激发了自己对专业学习的兴趣，并愿意将该智能导学平台推荐给其他学生使用；63%的学生认为平台仍存在需要完善的地方，并给出了改进建议。总体来看，学生对该平台的认可度较高。

如今，已经有越来越多的老师加入进来，将学科竞赛中生活化、趣味性和实用性的题目引入平台题库，激发学生学习的主动性和积极性，由我们承办的同济大学程序设计竞赛每年吸引全校200余位本科生参加。本文作者作为校队指导教师，组建了CPCLab程序设计竞赛实验室，校队队员利用寒暑假时间进行集训，锻炼了分析问题解决问题的能力，也培养了团队合作精神，提高了参赛能力。近3年，共有105人次获得ICPC国际大学生程序设计竞赛亚洲区金、银、铜牌，以及54人次获得CCPC中国大学生程序设计竞赛金、银、铜奖。

## 5 结束语

我们依托学校和学院实践育人的政策，引入学科竞赛中先进的教育理念和程序设计竞赛中的自动评测技术，构建竞教融合的个性化智能导学平台，结合“以学定教”的教学模式，既拓展了程序设计类课程教学的时间和空间，也大大激发了学生的学习兴趣，推进了学生实践能力和创造性思维的培养。

## 参考文献

- [1] 教育部办公厅关于开展2019年线下、线上线下混合式、社会实践国家级一流本科课程认定工作的通知[EB/OL]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201911/t20191122\\_409347.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201911/t20191122_409347.html).
- [2] Wang X, Yu F, Zhao S, et al. Exploration and Practice on Teaching Mode of Data Structure Course Based on CDIO and Program Design Competition[J]. *Advances in Education*, 2018, 8(3): 179-183.

- [3] ICPC 国际大学生程序设计竞赛主页 [EB/OL]. <http://icpc.baylor.edu/>.
- [4] 北京大学在线评测系统 [EB/OL]. <http://poj.org/>.
- [5] 杭州电子科技大学在线评测系统 [EB/OL]. <http://acm.hdu.edu.cn/>.
- [6] 同济大学在线评测系统 [EB/OL]. <https://acm.tongji.edu.cn/>.
- [7] 张浩斌. 基于开放式云平台的开源在线评测系统设计与实现 [J]. 计算机科学, 2012, 39(11): 339-343.
- [8] 李文新. ACM-ICPC 竞赛——ACM 参赛教练: 收获, 不止是心灵上的 [J]. 计算机教育, 2006 (003): 69-71.
- [9] 琚生根, 廖勇, 周刚, 等. ACM 竞赛与实验教学创新 [J]. 实验技术与管理, 2009, 26(5): 125-126.
- [10] 孙大烈, 车万翔. ACM 竞赛与学生综合实践能力培养 [J]. 计算机教育, 2009, 19: 12-14.
- [11] 卢玲, 陈媛, 苟光磊. 基于 ACM 竞赛的学习能力培养模式研究与实践 [J]. 计算机教育, 2013(7): 59-61.
- [12] 谢迪, 李文新, 郭炜. “百练”: 一个程序设计技能训练与水平测试平台 [J]. 合肥工业大学学报 (社会科学版), 2008(04): 172-176.
- [13] 韩建平, 刘春英, 胡维华. “课内外贯穿, 竞赛教学融合” 的程序设计教学模式 [J]. 实验室研究与探索, 2014, 33(6): 169-171.
- [14] 肖红玉, 贺辉, 陈红顺. 在线评测教学辅助系统设计 [J]. 计算机技术与发展, 2017, 027(011): 141-145.
- [15] 白广梅, 林兴桃. 以实验竞赛为依托推进实验教学与人才培养 [J]. 实验室科学, 2017, 20(3): 232-234.
- [16] 喻梅, 于瑞国, 王建荣, 等. 程序设计类课程教学与学科竞赛结合的研究 [J]. 实验室科学, 2019, 22(1): 237-240.
- [17] 曹梦华. 基于知识图谱的个性化学习路径推荐 [D]. 长沙: 国防科技大学, 2020.