

融合行为分析的云编程环境在程序设计教学中的应用

刘勇¹, 郑演¹, 苗桂君¹, 韩永明¹, 马波^{2*}

1. 北京化工大学 信息科学与技术学院, 北京 100029

2. 北京化工大学 机电工程学院, 北京 100029

摘要: 传统程序在线评测系统 (Online Judge, OJ) 面临着缺乏配套编程环境和评测公平性两大挑战。为改进这两个问题, 本文在传统 OJ 系统基础上, 引入了 Visual Studio Code (VS Code) 云编程环境, 并开发了代码复制粘贴限制和智能行为分析等功能。该系统能够实时记录学生编程过程中的操作行为, 限制代码复制粘贴等操作, 提升教学与评测的公正性。为评估系统的有效性, 本文通过代码相似性比较、问卷调查和学科竞赛获奖等多个维度进行了数据收集和分

关键词: 云编程环境; 行为分析; 程序设计教学; 在线评测系统; VSCode; 编程竞赛

Application of Cloud Programming Environment Integrating Behavior Analysis in Programming Teaching

Liu Yong¹, Zheng Yan¹, Miao Guijun¹, Han Yongming¹, Ma Bo^{2*}

1. College of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029

Abstract: Traditional program Online Judgement (OJ) systems face two major challenges: lack of supporting programming environment and fairness of assessment. To solve these problems, this paper introduces a cloud programming environment with embedded Visual Studio Code (VS Code) on the basis of traditional OJ system, and implements functional restriction and prevention strategies as well as intelligent behavioral analysis and prevention mechanisms. The system is able to monitor and record students' behavior in the programming process in real time to prevent improper operation and improve the fairness of teaching and assessment. To evaluate the effectiveness of our proposed system, we conducted multi-dimension analysis such as code similarity comparison, questionnaire survey and competition award data comparison. The results show that after using our system, the similarity of codes submitted by students was significantly reduced, and most of the students believed that the system promoted the fairness of the examination. Meanwhile, after the system was applied, students perform better in programming competitions, and the number of awards increased significantly.

Keywords: cloud programming environments; behavioral analysis; programming teaching; online judgement system; VSCode; programming competition

引言

程序在线评测系统 (Online Judge, OJ) 是一种集在线编程练习、作业提交及考试评估于一体的综合性平台, 已经在程序设计类课程和编程竞赛中得到了广泛的应用^[1-3]。然而, 现有程序在线评测系统在实施过程中仍面临一些挑战, 主要表现在以下两个方面: (1) 缺乏配套的编程环境, 初学者往往需要自行安装和配置编程环境, 无法直接在评测系统中完成代码编写和调试, 这给新手学生带来了额外的技术门槛; (2) 学生在使用评测系统时, 可能依赖拷贝-粘贴-提交代码的方式完成编程作业, 影响了系统的公平性和能力评估的准确性。为了缓解上面两个问题, 本文研究了一种融合行为分析的云编程环境, 结合程序在线评测系统应用在程序设计教学和竞赛工作中。一方面, 该系统通过在云端提供完整的编程环境, 允许初学者在浏览器中直接进行代码编写、调试和提交系统评测; 另一方面, 通过在云编程环境中融入行为分析算法, 对学生编写代码的过程进行智能分析, 防范潜在的影响评测公平性的操作, 进一步提升教学与评测的公正性。

基金项目: 2024年北京高等教育本科教学改革创新项目-面向“国家一流专业”计算机科学与技术专业的人才创新能力培养研究与实践(38); 北京化工大学2024年研究生教育教学改革项目资助“数字化赋能研究生专业课程高质量发展路径探究与实践”G-ZD-202401、“数字化赋能研究生编程竞赛高质量发展”G-PT-202415。

作者简介: 刘勇, (1984.10-), 男, 汉族, 湖南常德人, 博士, 北京化工大学信息科学与技术学院教授, 硕士生导师, 研究方向: 编程教育、软件工程

通讯作者: 马波, (1977.07-), 男, 汉族, 山西夏县人, 博士, 北京化工大学机电工程学院教授, 博士生导师, 研究方向: 预测性维修算法及理论。邮箱: mabo@mail.buct.edu.cn

一、OJ平台的使用现状及出现的问题

在高等教育中，程序设计课程因其实践性强、思维要求高等特点，对学生的综合能力培养具有重要意义。OJ系统以其简单明了的逻辑、快速反馈能力和简单易用的特点脱颖而出，被许多大学的编程类课程所采用^[3-5]。目前，OJ系统已被广泛应用于学生编程能力的培养、选手的培训和选拔、程序的自动提交以及编程课程的评判等方面^[6-7]。OJ系统通常提供自动化的作业提交与评估功能，能够为学生提供即时反馈，减轻教师的评阅负担，因此成为众多高校编程类课程的必备工具。通过OJ平台，教师能够快速地了解学生的编程水平，并且通过实时反馈帮助学生优化解决方案^[8-9]。

然而，随着在线评测系统的普及和在线学习资源的日益丰富，如何确保平台评测结果的公正性已成为亟待解决的问题。尤其是在程序设计类课程中，部分学生可能通过粘贴复制影响评测结果，这不仅损害了系统的公平性，还可能影响教师对学生能力的真实评估。为了防止大规模的代码相似性问题，许多OJ平台引入了文本匹配与抽象语法树（AST）匹配等技术手段，用于检测代码的相似度^[10-11]。但有研究表明，尽管这些检测方法在一定程度上有效，但依然存在学生通过修改代码细节来规避检测的情况，例如通过在代码中插入无关的注释或噪音代码。随着提交的代码量和考试规模的增加，传统的人工审核已显得不切实际^[12-13]。

二、VSCode在线编程平台开发与应用

为应对上述挑战，本文研究在传统OJ系统的基础上引入了以下三项优化。

（一）集成VS Code在线编程平台

为了提供更加流畅的编程体验，本系统在OJ平台上集成了Web版本Visual Studio Code（VS Code）编辑器，学生无需安装任何本地开发环境即可直接在浏览器中完成编程任务。VS Code编辑器不仅提供强大的代码编辑、调试和运行功能，还能够集成实时的错误提示和代码自动补全功能^[14]，帮助学生更高效地完成编程作业。

（二）功能限制与防范策略

为进一步提升系统的公平性，系统通过限制外部粘贴操作，防止学生来自其他渠道（如微信、网页等）的代码直接复制粘贴到编程环境中，从而避免通过简单复制代码绕过评测系统，鼓励学生的独立思考和解决问题。需要说明的是，为了使用方便，本系统在VS Code编辑器内部的复制、剪切和粘贴等功能是不受限制的。

（三）智能行为分析与防范机制

本系统集成了行为分析算法，能够实时记录学生在编程过程中的操作行为，包括代码编辑、鼠标和键盘操作等^[15]。通过分析这些行为数据，系统能够识别学生是否存在不当操作，例如频繁的复制粘贴行为，进而为教师提供实时监控和回放学生编程过程的功能。这不仅提高了教师的监管效率，也帮助教师更加准确地评估学生的编程能力。

本系统将用户相关信息、试题信息和答案信息存储在MySQL数据库中。其中，建立在Spring Boot框架上的中央控制系统实现

了用户登录验证、应用程序接入、VS Code实例创建和分配，以及用户退出时的实例销毁。本系统使用Nginx对用户进行分类，并根据创建实例时绑定的cookies将用户请求分配到不同的VS Code实例。用户可以在不同的、互不干扰的VS Code实例中修改、编写和调试代码，并提交答案。所提交的答案存储在MySQL数据库中，等待OJ系统的执行和反馈。随后，结果将立即转发给用户并显示在他们的网页上。此外，VS Code实例在Docker容器内运行，这可以防止用户代码干扰物理服务器，从而维护系统的安全性。

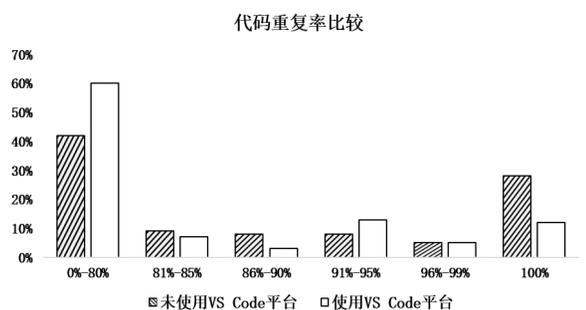
三、教学效果分析

本文从多个维度评估了集成VS Code在线编程平台的OJ系统在维护评测公平性、提供初学者便捷性方面的有效性，包括代码相似性、问卷调查和竞赛获奖数据的比较。

（一）学生提交代码的相似性比较

为验证本系统在降低代码相似性方面的效果，我们将学生按编程能力平均分为两组，一组在作业中使用VS Code在线编程平台，另一组则未使用VS Code平台。我们通过比较两组学生提交代码的相似度，来判断系统对不当操作的抑制效果。图1展示了两组学生代码相似性的比较结果。由于OJ中的代码通常较短，即使提交的内容都是由学生独立完成的，也可能与其他正确答案有很高的相似度。因此，只有非常高的相似度（如重复率超过80%）才会被用作判定相似的依据。图1的横轴表示不同的代码重复率，纵轴表示在一次考试中提交的所有代码中具有相应重复率的代码所占的比例。

从结果来看，在重复率为0%~80%的情况下，在VS Code在线编程平台的考试答案更多。而当重复率为100%时，来自没有使用VS Code在线编程平台考试的答案更多。这一结果表明，在使用VS Code在线编程平台的考试中，学生提交的代码重复率普遍较低，而在没有使用VS Code在线编程平台的考试中，学生提交的代码重复率一般较高。在不使用VS Code在线编程平台的考试中，学生通常在本地编程环境中编写代码，然后将解决方案复制到OJ系统中提交。我们统计了这次考试中所有提交的正确答案，进一步分析显示，在未使用VS Code平台的考试中，29%的提交内容完全相似，而在使用VS Code平台后，这一比例显著降低至14%。这表明，使用VS Code在线编程平台后，学生提交的代码相似性显著降低，系统在维护公平性方面发挥了重要作用。



> 图1代码重复率比较结果

（二）调查问卷

为了深入探讨代码相似性下降的原因，我们设计了一份调查

问卷来评估学生对 OJ 中的抄袭检测系统的态度。我们向北京化工大学两门课程设计相关课程的 92 名学生发放了调查问卷, 所有学生都在课堂考试中使用过 OJ 的 VS Code 在线编程平台。

序号	问题描述	1	2	3	4	5
1	考试公平性与个人无关	44.60 %	21.70 %	27.20 %	1.10 %	5.40 %
2	不介意他人的作业或考试出现相似度很高的影响公平性的行为	21.70 %	27.20 %	35.90 %	10.90 %	4.30 %
3	支持将 VS Code 嵌入到 OJ 平台	7.60 %	14.10 %	39.10 %	23.90 %	15.30 %
4	OJ 平台集成 VS Code 后, 作业和考试分数会更公平	13.00 %	7.60 %	30.40 %	21.70 %	27.30 %
5	集成了 VS Code 的 OJ 平台侵犯了用户隐私	20.70 %	27.20 %	38.00 %	8.70 %	5.40 %
6	不在乎考试是否及格	96.70 %	2.20 %	1.10 %	0.00 %	0.00 %
7	你对目前的编程技能感到满意	19.60 %	31.50 %	33.70 %	13.00 %	2.20 %
8	你愿意花大量时间做编程练习	2.10 %	3.30 %	18.50 %	39.10 %	37.00 %

表1 问卷调查结果

问卷调查的结果和内容见表1。学生对表中8个问题的同意程度分为1至5分, 其中1分表示完全不同意, 5分表示完全同意。表2的第三至第七栏显示了问卷调查的结果。根据表1的结果, 我们可以得出以下三个结论:

1. 根据问题1-2的结果, 大多数学生希望考试和评估是公平的。

2. 根据问题3-5的结果, 学生认为 OJ 的 VS Code 新增功能促进了考试的公平性。大多数学生还认为 VSCode 的数据收集和检测功能没有侵犯学生的隐私。

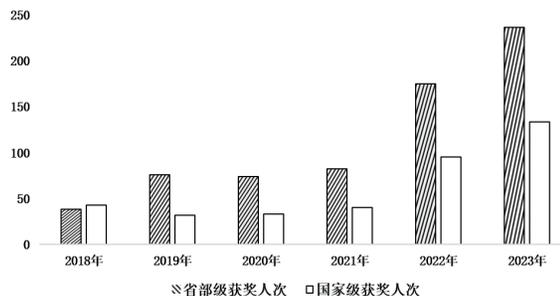
3. 从问题6-8的结果来看, 大多数学生对自己目前的编程能力并不满意, 但愿意花时间去进行编程练习, 以提高编程能力。

(三) 学科竞赛获奖数据比较

融合行为分析的云编程环境在 OJ 系统的成功使用, 提升了程序设计课程和校内竞赛的公平性, 学生的编程能力逐渐提升。近年来, 我校在 ICPC 国际大学生程序设计竞赛、CCPC 中国大学生程序设计竞赛、睿抗机器人编程挑战赛等高水平学科竞赛中取得了优异成绩。校级编程竞赛规模稳步增长, 竞赛品牌影响力日益增强, 竞赛参与面迅速扩大。这一变化不仅体现在竞赛规模的扩大上, 更体现在竞赛成绩的显著提升上。

图2是我校近六年来学生在 ACM 程序设计类竞赛获奖数据统计。从图中可以看出, 我校在近三年的省部级和国家级获奖数量上都有显著提升。近三年, 我校获得了705项编程竞赛奖励, 其中31项国家级一等奖, 67项国家级二等奖, 122项国家级三等奖, 485项省部级奖励。代表性学科竞赛奖励包括: ICPC 国际大学生程序设计竞赛金奖、百度之星全国程序设计竞赛金奖、睿抗机器人编程挑战赛全国总决赛一等奖、全国高校团体程序设计天梯赛国家级一等奖等。

ACM 程序设计类竞赛获奖数据统计



> 图2 ACM 程序设计类竞赛获奖数据统计

四、结果与展望

本文提出的集成了 VS Code 在线编程平台的 OJ 系统, 加强了对学生编程能力和学习习惯的引导, 提高了学生的编程自主性和创造力, 取得了良好的教学成果。随着学生编程能力的普遍提高, 他们在各种计算机学科竞赛中也获得了优异的成绩, 对于学生的能力培养、增强自信和职业发展有积极作用。未来, 我们将继续研究数据驱动的学生编程能力多维评价方法、大语言模型赋能的智能化反馈生成方法, 研发更加高效、公平和智能的在线编程平台, 为学生的编程学习和能力提升提供更加有力的支持, 推动程序设计类课程教学改革创新发展。

参考文献

- [1] 大数据在线实训平台及综合实验课程体系设计 [J]. 顾荣; 殷瀚; 王肇康; 黄宜华; 袁春风. 实验技术与管理, 2021(07).
- [2] 郝刚, 曹玲. 基于“云课堂+OJ系统”双平台的混合式教学模式研究与实践 [J]. 广东技术师范大学学报, 2023, 44(03): 75-83. DOI: 10.13408/j.cnki.gjstxb.2023.03.014.
- [3] 刘勇, 田凯, 周晓琳, 等. 以 OJ 系统和学科竞赛为核心的程序设计实践教学 [J]. 高教学刊, 2021(06): 28-31.
- [4] 林忠. 基于雨课堂和 OJ 系统的程序设计类课程教学方法设计 [J]. 现代计算机 (专业版), 2018, (20): 68-71.
- [5] 李文新, 郭炜. 北京大学程序在线评测系统及其应用 [J]. 吉林大学学报 (信息科学版), 2005, (S2): 170-177.
- [6] Szymon Wasik et al. A Survey on Online Judge Systems and Their Applications [J]. ACM Computing Surveys (CSUR), 2018, 51(1): 1-34.
- [7] 许超焯, 许新华, 虞焯青, 等. 在线编程平台在 C++ 实践教学中的应用研究 [J]. 计算机教育, 2023(08): 145-149.
- [8] 朱月秀. 基于 ACM 竞赛的 C++ 程序设计课程教学改革 [J]. 漳州师范学院学报 (自然科学版), 2012, 25(01): 96-99.
- [9] C/C++ 程序设计多元协同实验教学平台构建 [J]. 孙伟峰; 杨华; 齐玉娟; 万勇. 实验室研究与探索, 2019(03)
- [10] 集成 Docker 容器的 OpenStack 云平台性能研究 [J]. 杨鹏; 马志程; 彭博; 姚建国. 计算机工程, 2017(08)
- [11] CYNTHIA KUSTANTO, INGGRIANI LIEM. Automatic Source Code Plagiarism Detection [C] // 2009 10th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD 2009).: IEEE, 2009: 481-486.
- [12] 郭鑫. 基于 HUSTOJ 的青少年编程在线训练比赛系统设计与实现 [D]. 山东师范大学, 2019.
- [13] 苗桂君, 刘勇, 许南山, 张静, 韩静文. 在线评测系统在程序设计类教学中的应用研究 [J]. 计算机教育, 2016(09): 157-162.
- [14] 倪晓波, 李璇. 基于 VSCode 的多平台通用嵌入式调试器系统设计与实现 [J]. 网络安全技术与应用, 2022, (10): 16-17.
- [15] 薛耀锋, 李佳璇. 基于眼动追踪的在线同步学习系统可用性评测 [J]. 现代教育技术, 2021, 31(12): 85-93.