

# 基于缺陷定位技术的程序设计类课程 实践教学新模式\*

宋英杰

山东工商学院计算机科学与技术学院, 烟台 264005

**摘要** 为解决学生在学习编程过程中如缺乏实时指导、缺乏有效反馈等常见的问题, 针对现有程序设计类课程的特点及其教学现状, 基于缺陷定位技术的程序设计类课程实践教学新模式, 对学生提交的程序进行评判和反馈。新模式根据学生提交的缺陷程序, 利用缺陷定位技术预测触发缺陷的语句, 将结果反馈给学生和教师, 目的是自动化的指导学生进行程序 Bug 修复和调试程序, 避免学生不断犯错引起的厌学情绪。该模式能够指导学生进行程序缺陷修复, 并将教学数据可视化, 直观地展示学生在 Java 语言学习过程中遇到的问题。

**关键字** 缺陷定位, 在线评判, 问题反馈, 教学数据可视化

## A new Practical Teaching Model for Programming Courses based on Defect Localization Technology

Yingjie Song

School of Computer Science and Technology of Shandong Technology and Business University,  
Yantai 264005, China;  
songyj@sdtbu.edu.cn

**Abstract**—To tackle common challenges like the lack of real-time guidance and insufficient feedback during programming learning, a new practical teaching model based on defect localization technology is proposed, tailored to the characteristics and current teaching status of existing programming courses. This model evaluates and provides feedback on the programs submitted by students. This new model predicts the statements that trigger defects in the programs submitted by students using defect localization technology and provides the results to both students and teachers. The aim is to automate the process of guiding students in bug fixing and debugging to prevent frustration caused by repeated errors. This model assists students in repairing program defects and visualizes teaching data, offering a clear representation of the problems students face while learning Java.

**Keywords**—defect localization, Online evaluation, issue feedback, visualization of teaching data

## 1 引言

程序设计基础课程是高等院校理工类专业的必修课<sup>[1-2]</sup>。随着交叉学科的兴起, 计算机编程已经成为各个专业和行业必不可少的基本技能之一。程序调试作为编程过程中的重要环节, 也是程序设计基础课程内容的重要知识点之一。然而, 对于初次接触编程语言的学生来说, 特别是非计算机专业学生在人工智能时代背景下开始学习编程类课程的情况下, 自行调试程序并解决错误是一项非常困难的任务。在传统的课堂环境中, 由于学生人数相对较少, 教师可以在课堂上为部分学生提供程序调试的指导。然而, 在疫情的影响下, 线上、线下混合教学模式兴起, 对传统的教学

方式带来了冲击, 特别是实践类课程, 如何线上指导学生动手实践是程序设计类课程面临的新难题。线上教学中的学生人数众多, 依靠主讲教师和助教远程为每个学生提供个性化的调试程序指导、发现缺陷并修复是不可行的。

## 2 程序设计类课程教学模式和教学工具的研究现状

### (1) 学生入门难

程序设计类课程在理工类大学学生的学习过程中具有重要意义<sup>[3]</sup>, 是学生从理论学习到动手实践的转折点。然而, 对于许多学生来说, 面对调试器直接给出

\* 基金资助: 本文得到山东工商学院教学 2021 年改革研究项目资助。

的错误结果常常会引发恐慌和不安。尤其是当学生在解决编程题时反复遇到错误，却无法及时得到指导和反馈时，很容易陷入挫败和厌烦的情绪中。这种情况下，他们可能会逐渐丧失对编程的兴趣和信心，影响到他们未来的学习和职业发展。因此，针对这一现状，改善程序设计类课程的教学模式显得尤为重要。

### (2) 传统授课方式缺陷

程序设计类课程传统的授课模式多为“理论+实验”，如理论授课+实践或边讲边练<sup>[4-6]</sup>等模式。传统授课方式往往是一对多的形式，教师难以针对每个学生的学习特点和需求进行个性化的教学指导，导致学生学习效果参差不齐。导致学生可能难以将理论知识应用到实际编程中，理论与实践脱节。实验环节难以实现的一对一、面对面指导。同时，教师往往需要人为总结学生对知识点的掌握程度，难以及时了解学生的学习情况和掌握程度，无法及时给予反馈和指导，容易导致学生在学习过程中迷失方向，更进一步，难以实现个性化教学，从而影响了学生学习的积极性。

### (3) 评价方式问题

现有的程序设计类课程的考核方式<sup>[7]</sup>一般为纸质试卷、上机考试或两者结合，但判题方式还停留在人工或计算机判题，人工判题效率低下且只给对错结论。人工判题需要按照考生思路推演程序结果，验证程序是否正确；计算机自动判题只能给出对错，只要有一个测试用例未通过即判为错误，无法全面评估学生思维过程和解题思路。由于电脑只能根据预设的标准来评判程序的正确性，而无法理解学生的思维过程和解题思路，因此可能无法全面准确地评估学生的能力和理解程度。另外，自动判卷主要依赖于预设的测试用例和标准答案，无法对学生的创造性思维和解题灵活性进行有效评价。因此，可能会忽略了学生在解决问题时的独特见解和方法。

### (4) 考核反馈问题

考核反馈往往存在延迟，学生完成作业或考试后需要等待一段时间才能收到成绩和反馈。这种延迟可能会导致学生对自己的学习情况缺乏及时了解，影响了他们的学习效果。同时，考核反馈往往局限于成绩，缺乏对学生具体表现的详细反馈。学生可能只知道自己得了多少分，而不清楚具体哪些地方做得好，哪些地方需要改进。这种缺乏详细反馈的情况可能会使学生无法有效地改进自己的学习方法和技巧。总之，现阶段程序设计课程教学模式的考核反馈存在着反馈延迟、缺乏详细和个性化反馈以及反馈不及时等问题，这些问题影响了学生的学习效果和发展。因此，有必要探索并采用更为及时、详细和个性化的考核反馈方式，以提高学生的学习效果和满意度。

### (5) 慕课模式带来挑战

在传统的课堂环境中，由于学生人数相对较少，教师可以在课堂上或课下为部分学生提供面对面的程序调试指导工作。随着MOOC等<sup>[8]</sup>在线课程的兴起，程序设计类课程的线上教学中的学生人数众多，学生在观看视频和完成作业时缺乏与教师和同学的互动，也缺乏个性化的指导。这种缺乏互动性和个性化指导可能会导致学生在学习过程中遇到困难时无法及时得到帮助和支持。另外，慕课通常使用自动化评估和反馈系统来对学生的进行学习情况进行评估和反馈，但这种系统往往难以全面、准确地评估学生的学习情况，尤其是在程序设计类课程中，难以识别学生的创造性思维和解题能力。

总之，程序设计类课程在实验实践环节，相比其他课程需要更多的师生交互，仅仅依靠教师对学生逐个指导或者引入教学助手的模式对学生指导，效率低下且造成课题时间大量浪费。在课程考核环节，仅仅分数的反馈无法让学生掌握更多知识，提升自己的学习能力。

### (6) 现阶段教学工具的使用

自动判题系统(Online Judge, 简称OJ)是为了对用户提交的算法源代码进行可靠性评估而设计的系统。除了在编程竞赛领域广泛使用外，OJ系统也逐渐在程序设计类课程改革中得到应用<sup>[9-11]</sup>。该系统采用高效、公正、客观的评价方法，以提供更可靠的评分结果，同时减轻了教师的工作负担。传统的OJ系统在教育领域被广泛应用的同时，因其基于黑盒测试机制的局限性，也不断的被改进以更加适应教学。主要包括：代码剽窃监测、基于相似度的程序评价、基于代码质量的评价等。现有的OJ系统，已经解决了学生成绩正确与否的快速评判工作，但对于编程教育中教师给出的意见和指导。学生在教师迟迟未给出指导的情况下，只能不断的“修改-提交”来尝试修复缺陷，提交的代码数量越多，教师给出指导意见的时间就越长，严重影响了学生学习编程的热情。OJ系统的引入和不断地完善，虽然能提升教师的教学效率，但是对于学生来说并没有任何帮助，相反，仅仅通过测试用例是否全部通过来评判程序的好坏和学生对知识点的掌握程度本身就具有片面性。在实际教学中，很多同学程序在IDE中测试成功，但是OJ却返回错误的问题时常出现，严重打击了学生学习编程的自信心。

## 3 新教学模式的实施目标与方案

### 3.1 实施目标

(1) 提高程序设计类课程实践环节的反馈速度。基于缺陷定位技术的程序设计类课程实践教学模式依

旧采用线上和线下相结合的方式，使用自动化测试工具对学生提交的代码进行测试，并及时给予反馈，指出代码中的错误或缺陷，帮助学生快速修正。为常见错误和问题设计预设的反馈模板，以便老师或助教可以快速给出反馈，减少重复工作的时间。

(2) 激发学生的创新意识和创造性思维。缺陷定位技术的应用可以帮助学生了解软件质量的重要性，从而提高他们对软件质量的认知。在解决程序缺陷的过程中，学生可能会提出新颖的解决方案，从而激发他们的创新意识和创造性思维。同时，缺陷定位技术通常需要分析和解决程序中的问题，因此这种教学模式旨在培养学生的问题解决能力和逻辑思维能力。

(3) 培养学生的实践能力。鼓励学生在程序设计类课程中自主探索和解决问题，而不是仅仅依赖于教师的指导。提供必要的资源和支持，让学生在实践中学会独立思考和解决难题。模拟实际软件项目开发过程，更贴近实际工作需求，能够锻炼学生在实践中解决问题的能力。

(4) 注重过程性评价，提升学生解决复杂工程问题的能力。及时、具体的反馈使学生在限定的时间内解决更多的编程问题，同时也降低了过程性评价的难度。鼓励学生之间根据反馈结果同行评估，并学生可以相互交流经验、分享解决问题的方法，并针对彼此的工作提出建设性意见和改进建议。

### 3.2 实施方案

软件缺陷定位是软件工程领域的研究热点之一。在当今规模庞大的软件系统中，传统的缺陷定位技术，如程序运行日志、断言、断点等，已无法有效地找出故障的根本原因。因此，许多学者和工程师对软件缺陷定位技术进行了深入研究。目前存在多种软件缺陷定位技术，包括基于切片、基于程序谱、基于统计、基于程序状态、基于机器学习、基于数据挖掘、基于模型以及其他技术等。本文提出了将软件缺陷定位技术与 OJ 平台结合 (OJ-BLFM) 用于评判学生的程序，通过精确定位学生程序中的缺陷，系统能够提供准确的反馈并自动化的指导进行程序调试和缺陷修复，并为教师提供有价值的学习数据和分析结果。

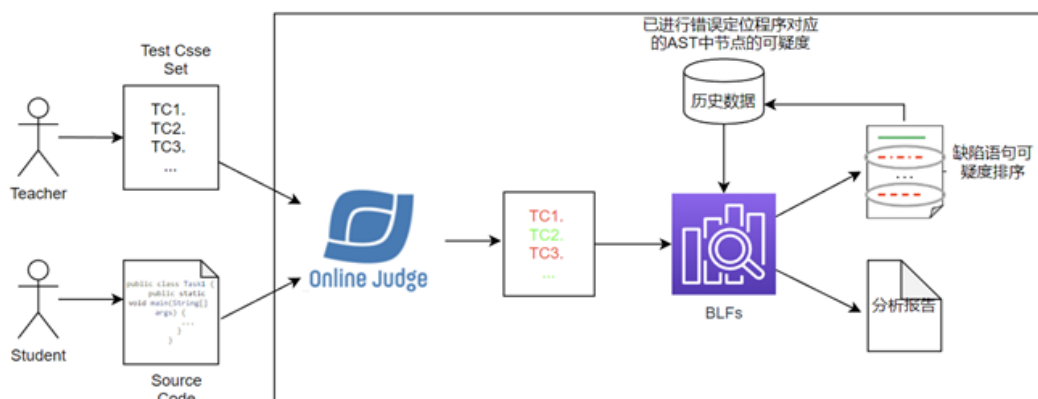


图 1 OJ-BLFM 框架

图 1 给出了 OJ-BLFM 系统的框架，该系统设计用于在教师发布编程任务时，为学生的代码提供自动化的测试与反馈机制。在 OJ 系统中，当教师发布编程任务时，他们不仅仅提交了任务描述，还会附带与该任务相关的测试用例。学生在完成编程任务并提交代码后，OJ 系统会立即对该代码进行测试，检验其是否能够通过所有预设的测试用例。OJ 系统将学生提交的程序分为 3 个类别：正确程序，错误程序，缺陷程序。正确程序是指能够成功通过所有测试用例的代码。这类代码被认为是没有任何缺陷的，因此无需调用 BLFM（缺陷定位与反馈模块）来进一步分析或反馈。这意味着，学生提交的正确程序在逻辑与实现上都是符合任务要求的，不需要额外的干预。错误程序是指无法通过任何测试用例的程序，这类程序几乎全部无法运

行或者与题目不符，进行缺陷定位和反馈是没有任何意义的，这类程序的编写者无法从 BLFM 中获益；缺陷程序是指那些未能通过所有测试用例，但至少通过了一部分测试用例的代码。这类程序的编写者已经具备了一定的编程能力，能够独立完成大部分的代码编写，但由于某些原因，代码中仍存在一些尚未解决的缺陷。BLFM 模块专门针对这些缺陷程序进行深入分析，通过对可能存在缺陷的代码语句进行排序，生成有针对性的反馈。一方面，这些反馈会直接提供给学生，帮助他们识别和修复程序中的缺陷，从而提高编程技能；另一方面，BLFM 还会生成详细的报告供教师参考，使教师能够更好地了解学生在编程过程中的薄弱环节，从而有针对性地进行教学指导。总之，OJ-BLFM 系统通过对学生提交代码的分类处理，有效地提供了个性化

的反馈与支持，既帮助学生提升编程能力，又为教师提供了有价值的教学参考。

## 4 新模式的效果反馈

### 4.1 学生端反馈数据

学生在遇到 OJ 反馈问题错误时，往往会迷茫不知所措，OJ-BLFM 首先会为学生提示未能正确通过的测试用例，然后将可能存在缺陷的语句进行标红处理。以分段函数练习题为例，对于 A 同学提交的程序如表 1 所示。

表 1 学生 A 提交的代码

行号	代码语句
1	void TestExample(int x, int y,int z)
2	{
3	int k=0, j=0;
4	if((x>3)    (z<10))
5	{
6	k=x*y-1;
7	j=2x+y;
8	}
9	if((x==4)    (y>5))
10	{
11	j=x*y+10;
12	}
13	j=3x;
14	System.out.println(k);
15	System.out.println(j);
16	}

表 2 教师设计的测试用例

编号	测试用例				
	输入			输出	
	x	y	z	k	j
t1	4	5	5	12	15
t2	2	5	5	6	0
t3	4	6	5	12	23
t4	2	5	15	6	0
t5	4	5	15	12	19

教师在系统后台输入的测试用例如表 2 所示。

系统根据语句可疑度选取 TOP5，如表 3 所示，根据语句可疑度给予学生反馈。

表 3 中，t2、t4 列为未通过的测试用例，第 4 行为可能存在缺陷的，“语句缺陷可疑度”列为系统给出的每条语句存在缺陷的可以程度，学生只需要关注可疑度较高的语句即可，降低了学生修复程序缺陷的

难度，避免学生看到 OJ 系统提示的 Error 之后陷入恐慌，提高了学生编程的自信。

### 4.2 教师端反馈报告

传统的教学系统，教师端只能看到学生提交答案的对错，无法获知学生的具体错误信息、测试用例未通过的数据等，不便于教师分析学生对知识点的掌握程度。OJ-BLFM 系统能够针对每个题目分析测试用例通过比例、每个测试用例的通过率以及可以错误语句关联的知识点。

图 2 给出了分段函数编程题每个测试用例的通过率，教师可以对通过率较低的测试用例重点进行讲解。

表 3 语句缺陷可疑度

测试用例 语句行号	t1	t2	t3	t4	t5	语句缺陷 可疑度
1	•	•	•	•	•	0.00
2	•	•	•	•	•	0.00
3	•	•	•	•	•	0.05
4	•	•	•	•	•	0.85
5	•	•	•	•	•	0.00
6	•	•	•	•	•	0.21
7	•	•	•	•	•	0.20
8	•	•	•	•	•	0.00
9	•	•	•	•	•	0.30
10	•	•	•	•	•	0.00
11	•	•	•	•	•	0.10
12	•	•	•	•	•	0.00
13	•	•	•	•	•	0.00
14	•	•	•	•	•	0.00
15	•	•	•	•	•	0.00
16	•	•	•	•	•	0.00
测试结果	✓	✗	✓	✗	✓	

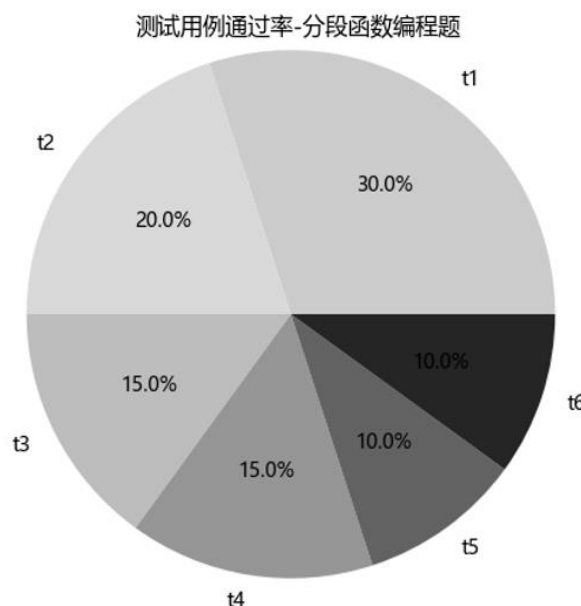


图 2 测试用例通过率

## 5 不足与展望

基于缺陷定位技术的程序设计类课程实践教学新模式使用的基于动态程序分析的缺陷发现技术,只能对至少通过一组测试用例的程序进行评测并给出反馈建议,对于编译未通过、所有测试用例均为通过的程序,系统无法给出反馈报告,下一步的工作重点是在系统中加入静态程序分析功能,使得系统泛化能力和鲁棒性更好,能够对编译错误的程序进行解析,给予学生缺陷语句反馈报告。

通过对比发现,使用新模式授课能够提高学生的主动性与积极性,提高了学生的编程能力,机考成绩也有明显提高。但是 OJ-BLFM 系统还不能完全解决授课过程中遇到的问题,如线下作业学生存在抄袭的问题。该系统还有很多需要改善的地方,比如增加相似度查询等。

## 6 结束语

通过引入软件缺陷定位技术,程序设计类课程得以进行全面改革,人工智能开始在教学中扮演教师助教的角色。这种创新的教学方法不仅增强了学生在编程过程中的参与感,还有效地缓解了初学者在遇到困难时可能产生的挫败感和厌学情绪。通过这种方式,教学模式更加以学生为中心,实现了个性化的教学指导。在具体实施过程中,人工智能系统会实时分析学生编写的代码,帮助他们识别并修复代码中的缺陷。当学生在编程时遇到问题,AI 助教可以像教师一样提供即时的反馈和指导,帮助学生理解错误的根源,并引导他们找到正确的解决方案。这种体验就像学生随时有一位教师在身边提供帮助,极大地增强了学生的学习体验。近三年的教学实践表明,这种教学改革带来了显著的成效。通过使用软件缺陷定位技术和人工

智能助教,学生在编程学习中的自信心和积极性有了明显的提升。他们更愿意面对和解决编程中的挑战,从而在编程技能上取得更大的进步。总的来说,这种以学生为中心的教学改革不仅提高了学生的编程能力,也促进了他们在整个学习过程中的主动性和自我驱动力。

## 参考文献

- [1] 魏英. 基于学习共同体的程序设计课程教学改革[J]. 计算机教育, 2024, (02): 37-41.
- [2] 谢晓艳, 谢晓巍, 曹伟. 面向能力培养的程序设计基础课程改革实践[J]. 计算机技术与教学学报, 2022, 9(10): 90-93.
- [2] 单振宇, 薛心怡, 谭洁等. 工程类课程思政的教学框架设计及教改实践探索——以“程序设计基础”课程为例 [J]. 中国信息技术教育, 2024, (06): 96-99.
- [3] 周竞文, 周海芳. “边讲边练”型课堂保证练习进度的方法探索 [J]. 计算机教育, 2020, (03): 118-121.
- [4] 申雪萍, 原仓周, 邵兵. 面向软件实践能力的 Java 程序设计课程教学改革探索[J]. 计算机教育, 2024, (02): 20-25.
- [5] 李素君, 周波清. C 程序设计课程线上线下混合式教学模式的构建与实践探析 [J]. 电脑知识与技术, 2024, 20 (02): 157-158+161.
- [6] 黄德玲, 苏畅, 宋琦. 翻转课堂模式下程序设计课程评价体系的构建[J]. 西部素质教育, 2022, 8 (03): 134-136.
- [7] 张灵. MOOC 背景下高职院校校混合式教学路径探讨 [J]. 黑龙江教师发展学院学报, 2024, 43(03): 108-111.
- [8] 秦汉林, 卢成浪, 邹会来. OJ 系统和在线课程混合驱动的程序设计课程教学新模式[J]. 计算机教育, 2023, (06): 189-193.
- [9] 孔钦, 叶长青, 吴淳阳, 等. OJ 平台在程序设计中的应用分析与实现[J]. 软件导刊, 2020, 19 (01): 172-175.
- [10] 方维, 袁宝库, 梁峰琦. 基于 PTA 平台的程序设计类课程教学改革实践[J]. 计算机技术与教学学报, 2022, 7(10): 97-100.