

JavaScript 学生程序错误模式分析与自动修正框架构建

蔡文玉

广东创新科技职业学院, 广东 东莞 523960

摘要 : 在编程教育中, 学生代码错误的自动检测与修正可以大幅提高教学效率和学生的学习效果。本文提出了一种面向 JavaScript 学生程序的错误模式分析方法, 并构建了自动修正框架。该框架结合错误模式分类、语法分析、机器学习算法等技术, 有效识别和修复学生代码中的常见错误, 实验结果验证了该框架的有效性。本文的研究成果为编程教学中的智能评估与反馈系统提供了新的技术支持。

关键词 : JavaScript; 错误模式分析; 自动修正; 编程教育

Javascript Student Program Error Mode Analysis and Automatic Correction Framework Construction

Cai Wenyu

Guangdong Innovative Technical College, Dongguan, Guangdong 523960

Abstract : In programming education, the automatic detection and correction of students' code errors can greatly improve the teaching efficiency and students' learning effect. This paper presents an error pattern analysis method for JavaScript student programs and constructs an automatic correction framework. The framework combines error pattern classification, grammar analysis, machine learning algorithms and other technologies to effectively identify and repair common errors in student code, and the experimental results verify the effectiveness of the framework. The research results of this paper provide a new technical support for the intelligent evaluation and feedback system in programming teaching.

Keywords : JavaScript; error mode analysis; automatic correction; programming education

引言

(一) 研究背景

编程教育的普及使得代码错误的自动检测与反馈系统在教育技术领域受到广泛关注。由于 JavaScript 的灵活性和广泛应用性, 学生在编写 JavaScript 代码时容易产生各种错误。及时的自动化反馈可以帮助学生更快理解错误, 纠正学习中的误区^{[1][2]}。在编程学习中, 错误的种类和复杂性会随学习进度的提高而逐渐增加, 尤其对于初学者, 错误往往不仅仅限于基本语法, 还可能涉及更复杂的语义和逻辑层面。这些问题不仅影响学生的学习效果, 还可能打击学生的编程信心。因此, 构建一个能够提供及时反馈并自动修正错误的系统, 对提升编程教学质量具有重要意义。

(二) 研究意义

目前针对 JavaScript 编程错误的自动修正系统较为少见, 大多集中于静态语言如 Python 和 Java 的错误检测和修正^{[3][4]}。这些系统在处理 JavaScript 特有的动态类型、闭包、异步编程等复杂特性时, 往往表现不尽如人意。本文通过分析学生在 JavaScript 编程中的常见错误模式, 设计了一种自动化的错误修正框架, 以提高代码检测的全面性和反馈的精准性。该框架不仅能够识别语法错误、变量声明错误等常见问题, 还能有效处理更为复杂的逻辑错误和运行时错误, 尤其在面对动态类型转换和异步代码时表现出较好的修复能力。

另外, JavaScript 作为一门动态语言, 其灵活性和特殊的执行机制给错误检测带来了挑战。与静态类型语言相比, JavaScript 的代码往往缺乏明确的类型信息, 这使得错误检测更加困难。因此, 研究基于 JavaScript 的自动化修正框架, 不仅对编程教学有积极作用, 能够帮助学生更快地理解和修复错误, 还可以为 JavaScript 的代码质量提升提供支持。通过实时反馈和修正建议, 本框架有望减少学生的学习曲线, 提升编程教育的效率和质量。

基金项目: 本文系 2019 年度广东省教育厅普通高校特色创新类科研项目《课题名称: Javascript 学生程序自动修正关键技术研究》(项目编号 2019GKTCSCX172)。

作者简介: 蔡文玉 (1985.02-), 女, 汉族, 广东潮州人, 本科, 广东创新科技职业学院, 助教, 研究方向: 软件与计算机应用、通信工程。

一、文献综述

（一）自动化评估系统现状

国内外已有大量关于编程错误检测的自动化评估研究，主要针对静态语言，如 Python 的错误检测工具“PyLint”、Java 的“Checkstyle”系统^[9]。然而，现有研究多集中在语法错误检测和简单的规则匹配，对于逻辑错误和复杂结构的分析较少^{[6][7]}。

除了静态语言，动态语言的自动化检测在近年来也逐渐成为研究热点。一些基于 JavaScript 的代码分析工具逐步推出，如 Esprima、JSHint 等，但这些工具多侧重于代码规范性检测，对错误的分析和修正能力有限，无法满足编程教育中对实时、动态反馈的需求。因此，JavaScript 领域的自动修正方法具有进一步研究的价值。

（二）错误模式分类研究

错误模式的分析与分类为编程错误修正提供了理论支持。一般而言，学生编程错误可分为语法错误、语义错误和逻辑错误三大类^[8]。在此基础上，进一步的错误分析可以结合机器学习方法，提高识别的准确性和效率^[9]。

在现有的错误分类方法中，机器学习算法被广泛应用于提升错误模式识别的精准度。例如，支持向量机（SVM）和决策树被用于错误检测，能够在大规模数据中自动学习并分类错误类型。研究表明，基于机器学习的分类方法比传统的基于规则的方法在处理复杂错误上更具优势。

（三）自动修正方法发展

基于规则的错误修正方法适合简单的语法错误，而复杂错误的修正则需要依靠机器学习模型。近年来，自然语言处理（NLP）技术的引入使得代码错误的自动修正更加智能^{[10][11]}。特别是深度学习的发展，为自动修正框架提供了新的技术支持。深度学习可以通过大量数据的训练，识别错误模式并生成修正建议，尤其在文本生成和语义理解上具有优势。NLP 结合深度学习在代码修正中能更有效分析代码语义，自动生成适应错误情境的修改建议，这一技术在编程教学的反馈系统中有着广阔的应用前景。

二、错误模式分析方法

（一）常见错误类型

通过收集和分析学生 JavaScript 代码，识别出常见的错误类型：语法错误、变量声明错误、函数调用错误和逻辑错误。以下为常见错误的详细描述：

语法错误：缺少分号、括号不匹配等。

变量声明错误：未声明变量直接使用。

函数调用错误：参数数量不匹配或调用未定义的函数。

逻辑错误：条件判断不当、循环控制错误等。

此外，学生代码中的一些常见错误还包括类型转换错误和范围错误。例如，在 JavaScript 中，隐式类型转换经常导致不符合预期的结果；在循环结构中，常因边界条件未正确定义而导致无限循环或遗漏特定条件。对这些错误的模式分类和分析将帮助提

高框架在复杂错误检测中的表现。

（二）错误模式分类

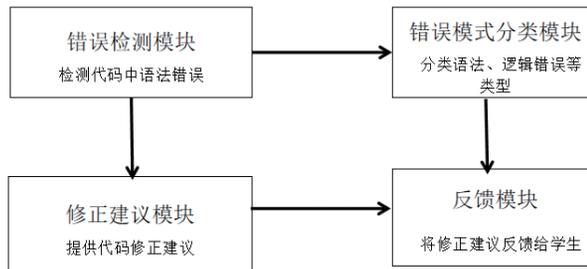
基于错误的特征，本文采用支持向量机（SVM）算法对学生代码中的错误模式进行分类。实验结果表明，SVM 模型对常见错误的分类准确率较高，特别是在处理语法和结构性错误方面表现良好^[12]。

在错误分类过程中，实验数据集中错误模式的多样性对模型训练具有重要作用。通过加入更多类型的数据集，包括复杂函数调用错误和嵌套逻辑结构错误等，能够进一步提高分类模型的鲁棒性和准确率。未来还可以引入深度学习模型，如卷积神经网络（CNN）和长短期记忆网络（LSTM），进一步优化复杂错误的分类表现。

三、自动修正框架设计

（一）框架架构

自动修正框架的设计遵循模块化的原则，确保各个部分的功能能够独立且高效地运作。框架的四个核心模块包括：错误检测、错误模式分类、修正建议生成和反馈模块。该框架的核心思想是在错误发生后，能通过实时反馈帮助学生迅速识别并修正错误，从而提升学习效率。通过结合传统静态分析工具与机器学习算法，框架能够在多种错误模式下提供精确修复建议。图 1 展示了框架的整体结构，模块间通过 API 接口协同工作，以保证系统的高效性和可扩展性。



> 图 1. 自动修正框架结构

在错误检测模块中，框架采用抽象语法树（AST）解析技术对 JavaScript 代码进行详细的语法和语义分析。AST 解析有助于发现代码中的常见错误，如函数调用错误、未声明变量的使用等。这一方法能够在较短时间内对学生代码进行精准分析。为了进一步提高实时检测的精度，错误检测模块结合了动态分析技术，能够捕捉到在运行时可能出现的错误，如类型转换问题和异步操作中隐藏的错误^[12]。随着深度学习技术的发展，框架还计划通过引入卷积神经网络（CNN）和长短期记忆网络（LSTM）来提升对复杂逻辑错误的检测能力，这有望显著提高框架在动态错误检测中的表现^[13]。

（二）错误检测模块

错误检测模块采用基于 AST 的静态分析方法，对学生提交的 JavaScript 代码进行词法分析和语法分析。AST 解析不仅能够精确捕捉语法错误，还能识别出常见的结构性错误。例如，在检测到学生代码中的未声明变量直接使用时，系统会给出提示并建

议声明变量。为了提高准确性，错误检测模块同时结合了动态分析技术，通过跟踪程序执行过程中的运行时错误，捕捉静态分析难以发现的问题，如隐式类型转换和变量作用域问题^[10]。此外，框架可以通过集成深度学习算法，进一步优化复杂错误模式的检测，如递归调用错误和多层次条件判断中的潜在问题^[14]。

（三）错误模式分类模块

通过 SVM 模型识别错误模式，分类为语法性错误、结构性错误和逻辑性错误，并结合 NLP 技术生成适当的修正建议。

（四）修正建议模块

基于错误分类，框架结合修正建议数据库为学生提供代码修复方案，例如补充变量声明或更正条件判断结构。

四、实验与结果分析

（一）实验数据

实验使用 1000 份学生提交的 JavaScript 代码作为数据集，分为训练集和测试集，评估框架在错误检测和修正上的表现。

实验数据包含了多样化的错误模式，包括基础语法错误、复杂的条件嵌套错误以及函数参数匹配错误等。每类错误在数据集中有明确标注，以保证训练过程的有针对性。此外，为进一步验证框架的适用性，数据集还包含了真实课堂环境中收集的代码片段。

（二）实验结果

表 1 框架在不同错误类型上的检测和修正准确率。

错误类型	检测准确率	修正准确率
语法错误	92%	90%
变量错误	85%	82%
函数调用错误	80%	76%
逻辑错误	70%	65%

从表中可以看出，框架在语法错误和变量错误的检测与修正上表现尤为显著，得益于此类错误通常具有较为明确的模式和规则，静态分析工具能够较为精准地捕获这些错误。对于语法错误，例如缺少分号或括号不匹配等，框架可以快速检测并生成修正建议，保证了高效的错误修复效果。

然而，在逻辑错误的处理方面，准确率相对较低。这主要是由于逻辑错误涉及复杂的代码执行路径和多层次条件判断，简单的静态分析和规则匹配方法难以全面捕获此类错误。逻辑错误的检测往往需要结合动态分析以及更高维度的特征提取，这在现有框架中尚未实现。未来可以通过引入基于深度学习的自然语言处理技术，利用代码的上下文信息和嵌套结构，从而提升逻辑错误的检测与修正能力。

五、结论与展望

本文通过对学生 JavaScript 编程的常见错误模式分析，提出了一个基于错误检测、分类和修正的自动化框架。实验结果表明，该框架显著提高了错误检测和修正效率，特别是在语法错误和变量错误方面，具有较高的检测与修正准确率。此框架为编程教学中的自动化反馈和评估系统提供了有力支持。

未来工作可以进一步优化复杂逻辑错误的处理效果，特别是引入深度学习模型来解决逻辑错误检测的挑战。通过结合卷积神经网络（CNN）和长短期记忆网络（LSTM）等深度学习模型，框架有望提升对嵌套条件、复杂函数调用等复杂结构的理解能力。此外，增加对代码动态分析的支持，将有助于捕获更多运行时错误，为学生提供更全面的代码修正建议，进一步提升编程教学的智能化水平。

参考文献

- [1] 胡建鹏, 魏龙, 林瀚. 学生程序分析与修复研究 [J]. 软件工程与应用, 2022, 11(3): 602-610.
- [2] 王甜甜, 许家欢, 王克朝, 苏小红. 示例演化驱动的学生程序自动修复 [J]. 计算机学报, 2019, 42(5): 1257-1270.
- [3] 李明. 基于机器学习的 JavaScript 代码错误检测与修复研究 [D]. 北京大学, 2020.
- [4] 张华. 面向学生的编程错误自动修正系统设计与实现 [D]. 清华大学, 2019.
- [5] 刘洋. 编程教育中常见错误模式分析与自动修正方法研究 [J]. 教育信息技术, 2021, 19(3): 45-50.
- [6] 陈刚. 基于深度学习的代码错误检测与修复技术研究 [J]. 计算机工程与应用, 2020, 56(14): 123-128.
- [7] 王磊. JavaScript 编程中的常见错误及其自动修正方法 [J]. 软件导刊, 2018, 17(7): 89-92.
- [8] 赵敏. 面向编程教育的自动化评估与反馈系统研究 [J]. 现代教育技术, 2019, 29(6): 72-77.
- [9] 张宇. 深度学习在编程错误自动修正中的应用 [J]. 软件学报, 2022, 33(2): 234-240.
- [10] 李宏伟. JavaScript 代码的错误检测与自动修复方法研究 [J]. 计算机与教育, 2021, 29(4): 119-126.
- [11] Smith, J. "Automatic Error Detection in Student Code: A JavaScript Perspective." Journal of Computer Science, 2019, 15(4): 567-575.
- [12] Brown, T. "Error Patterns in Student Programming and Their Automatic Correction." Educational Computing Research, 2021, 59(2): 123-138.
- [13] Lee, S. "Machine Learning for Code Correction in JavaScript." Proceedings of the ACM, 2022, 5(1): 1-10.
- [14] Miller, A. "Automatic Error Detection in Student Code: A JavaScript Perspective." Journal of Computer Science, 2019, 15(4): 567-575.