

基于领域模型的自适应编程智能导学系统设计与开发

Design and Development of an Adaptive Programming ITS Using Domain Modeling

刘梦瑶, 苏妍昱, 朱天乐, 姜冰倩*

华东师范大学教育学部教育技术学系

* bqjiang@deit.ecnu.edu.cn

【摘要】 随着人工智能的蓬勃发展, 智能导学系统渐成为编程学习的重要工具, 但现有系统普遍存在诊断结果片面, 导学策略单一等不足。基于此, 本研究从培养元认知以提高编程能力的角度出发, 构建三维领域模型, 设计支架体系, 开发基于过程数据进行学情分析, 提供个性化导学反馈的编程学习系统, 接入人工智能, 形成人机相互促进的自适应闭环。研究结果表明, 该系统能够有效帮助学习者优化学习策略, 为设计智能导学系统提供新思路。

【关键词】 领域模型; 自适应学习; 编程教育; 智能导学; 元认知

Abstract: With the rapid advancement of artificial intelligence, ITS have become important tools for programming learning. However, existing systems often suffer from one-sided diagnosis and monotonous tutoring strategies. To address these issues, this study adopts a metacognition-oriented approach to enhance programming ability. A three-dimensional domain model and a scaffolding system were constructed to develop a programming learning system that performs learning analytics using process data and provides personalized feedback. By integrating artificial intelligence, a human-machine mutually reinforcing adaptive loop was formed. Experimental results show that the system effectively helps learners optimize their learning strategies, offering new insights for the design of intelligent tutoring systems.

Keywords: Domain model, Adaptive learning, Programming education, Intelligent tutoring, Metacognition

基金项目: 华东师范大学 2025 年度实验技术研究项目“面向师范生跨学科教学能力培养的多智能体系统开发”(编号: ECNUETR2025-01), 国家级大学生创新创业训练计划 (编号: 2025PY-215)

1. 前言与文献

近年来, AI 被视为推动教育变革的重要力量, 广泛用于智能导学系统。现有编程导学系统存在三点不足: 知识建模停留于知识点层面; 学情分析以正误判断、结果性评估为主, 未能反映认知状态与错误成因(顾小清等, 2024); 交互停留在答疑式指导, 难以促进元认知发展。

领域模型是知识的结构化表示, 能够被用来分析学习者知识缺漏。然而现有模型多依赖专家构建、缺乏动态更新且较少与元认知要素结合(Kochmar et al., 2021)。本研究聚焦于构建领域模型来实现精准诊断, 引入 AI 生成个性化反馈以支持元认知发展, 开发自适应导学系统。

2. 基于领域模型的系统原型构建与开发

系统适用于 Python 编程教学, 采用“学习—诊断—反馈—调节”闭环架构(见图 1)。学情诊断基于“概念—技能—错误”三维领域模型: 概念层构建知识点网络, 技能层拆解问题解决过程, 错误层归类典型错误模式。系统通过语义映射将代码问题关联至知识节点, 定位认知偏差、错误成因及所需支持。

系统设置认知(厘清编程逻辑与程序结构)、元认知(激发自我监控与反思)、操作(支持调试与迭代改进)、资源(编程任务的知识点)四类支架,提供解释性(分析错误成因,如循环控制逻辑理解不充分导致遗漏更新条件)、策略性(提供支架使用建议,如可通过伪代码梳理逻辑结构)与反思性(回顾解题思路与支架使用)三类元认知反馈。基于诊断结果,判断支架介入时机及反馈内容,实现个性化导学。通过持续交互,系统更新领域模型节点权重,优化支架推荐逻辑;学习者在反馈引导下逐步内化调节策略,形成自我调节能力。系统则依据学情变化持续优化决策,构成自适应学习闭环。

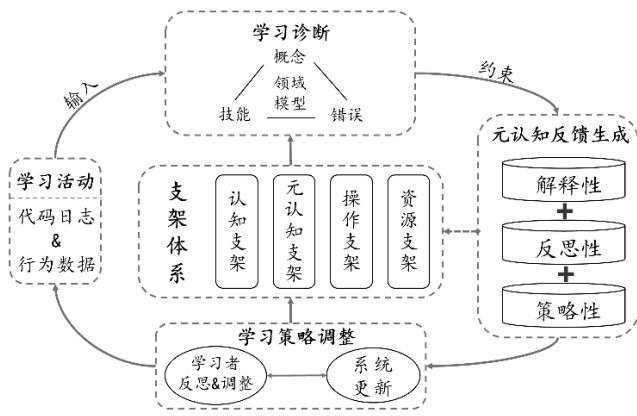


图 17 系统架构与组成图

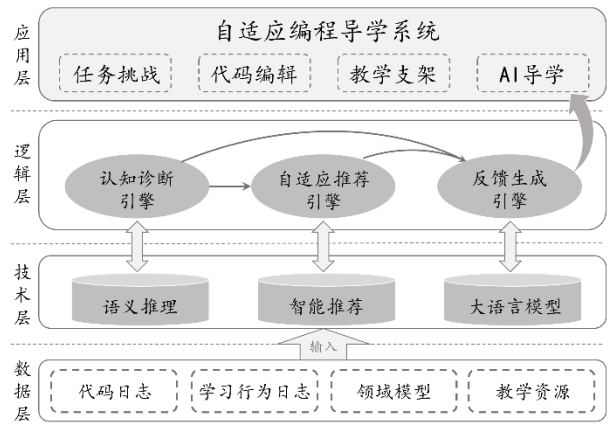


图 18 系统整体架构与模块

系统采用四层架构,协同实现基于学情自适应的智能导学(见图 2)。数据层为上层提供领域模型与学情数据支撑;逻辑层作为决策中枢,调用技术层服务完成认知诊断与反馈生成,实现从状态感知到教学干预的转化;技术层封装语义推理、智能推荐与大模型能力,按需响应逻辑层调用;应用层承载交互界面,采集学习行为并呈现导学反馈。

3.目前研究成果及展望

本研究已完成内部功能测试,共招募 18 名被试完成四项编程任务,多数参与者能够在系统反馈的支持下 1 小时内完成。使用者普遍认为系统提供的自适应反馈支架与学习需求相关性高,能帮助理解错误成因并调整策略。

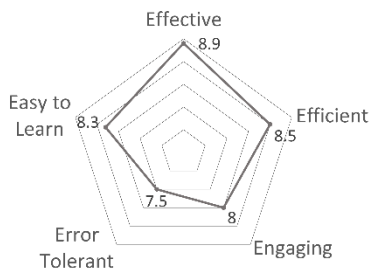


图 19 5Es 可用性评估结果图

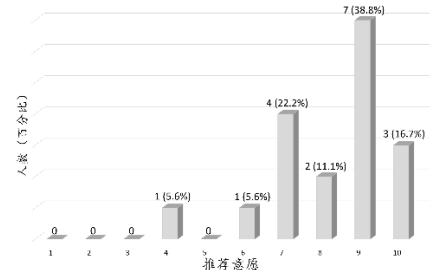


图 20 软件净推荐值 (NPS) 评估结果

研究同时采用 5Es 模型、SUS 量表和 NPS 进行评估。5Es 结果显示系统在有效性、效率性维度反馈积极,容错性有待提升(见图 3);SUS 平均得分 83.2,评级“Excellent”;NPS 为 +44,表现良好(见图 4)。结果表明系统在功能完整性与学习支持方面效果较好。

未来,研究将扩大样本进一步验证系统教学效果。此外,该领域模型与反馈机制可拓展至其他编程语言,为生成式人工智能支持编程教育提供具有实践意义的设计路径。

参考文献

- 顾小清&刘桐.(2024).大模型时代的智适应学习研究:进展、实例与展望.中国教育信息化,30(05),55-66.
- Kochmar, E., Vu, D. D., Belfer, R., Gupta, V., Serban, I. V., & Pineau, J. (2021). Automated data-driven generation of personalized pedagogical interventions in intelligent tutoring systems. *Int J Artif Intell Educ*, *32*(2), 1–27.