

智赋编程：生成式人工智能对编程教育的多维影响与应对

吴玉婷, 张国晶, 刘玉利

(青海大学 计算机技术与应用学院, 青海 西宁 810016)

摘要: 生成式人工智能(GenAI)技术正在多维度影响编程教育, 可提供个性化学习辅助增强学生参与度与动机, 能满足自主性与胜任感需求、提高教学效率等, 但存在降低学生批判性思维、引发学术诚信争议、教师角色适应困难等问题。为此, 提出教学改革策略来重塑教学目标, 以培养学生的 GenAI 协同能力、批判性思维与创新问题解决能力。首先, 构建“师—生—机(GenAI)”三元互动模型倡导“人机共塑”, 教师塑造 GenAI 教育价值, 学生与 GenAI “协同共创”, 教师专注育人与情感支持; 其次, 以项目驱动式学习为核心, 采用“需求分析—GenAI 生成—人工优化” workflow, 构建三层能力矩阵教学内容; 最后, 创新评价体系实行分层评估, 侧重高阶思维与价值塑造。实践表明, 所提方法为 GenAI 时代编程教育提供了范式参考, 为培养综合型人才提供了新方法。

关键词: 生成式人工智能; 编程教育; 人机协同; 三元互动模型

DOI: 10.11907/rjdl.251563

中图分类号: G434

文献标识码: A

文章编号: 1672-7800(2026)006-0021-07



扫描二维码阅读全文:

GenAI-Empowered Programming: Multidimensional Impacts and Countermeasures of Generative Artificial Intelligence on Programming Education

WU Yuting, ZHANG Guojing, LIU Yuli

(School of Computer Technology and Application, Qinghai University, Xining 810016, China)

Abstract: Generative artificial intelligence (GenAI) technology is influencing programming education in multiple dimensions, providing personalized learning assistance to enhance student engagement and motivation, meeting the needs for autonomy and competence, and improving teaching efficiency. However, there are issues such as reducing students' critical thinking, sparking academic credibility controversies, and difficulties in adapting to teacher roles. Therefore, teaching reform strategies are proposed to reshape teaching objectives, in order to cultivate students' GenAI collaborative ability, critical thinking, and innovative problem-solving skills. Firstly, the construction of the "Teacher Student Machine (GenAI)" tripartite interaction model advocates for "human-machine co shaping", where teachers shape the educational value of GenAI, students collaborate with GenAI, and teachers focus on nurturing students and providing emotional support; Secondly, with project-based learning as the core, a three-tier competency matrix teaching content is constructed using a workflow of "requirement analysis GenAI generation manual optimization"; Finally, the innovation evaluation system implements hierarchical evaluation, focusing on higher-order thinking and value shaping. Practice has shown that the proposed method provides a paradigm reference for programming education in the GenAI era and a new approach for cultivating comprehensive talents.

Key Words: GenAI; programming education; human-machine coordination; three-dimensional interaction model

0 引言

以 DeepSeek、ChatGPT 为代表的生成式人工智能(Gen-

erative Artificial Intelligence, GenAI), 正以前所未有的速度重塑现代社会, 计算机技术及其核心领域——编程, 同样经历着深刻的变革^[1-3]。开发者借助 Codex、GitHub Copilot、Codegeex 等 GenAI 编程辅助工具, 可在常见的算法、脚

收稿日期: 2025-08-18

基金项目: 青海大学教育教学研究项目(2025-JY-XNZX12)

作者简介: 吴玉婷(1993-), 女, 硕士, CCF 会员, 青海大学计算机技术与应用学院讲师, 研究方向为计算机教育、天文图像处理; 张国晶(1993-), 女, 硕士, 青海大学计算机技术与应用学院讲师, 研究方向为高性能计算; 刘玉利(1990-), 男, 博士, 青海大学计算机技术与应用学院讲师, 研究方向为推荐系统。本文通讯作者: 吴玉婷。

本及中小型应用开发场景中,通过自然语言指令生成代码,为编程教育带来了前所未有的机遇与挑战^[4-8]。

传统编程教育以特定语言为中心,教师单向灌输语法规则和算法知识,学生被动完成简化问题的编码任务,仅通过标准输出判定掌握程度。教学目标局限于语言熟练度和独立编码能力,采用线性进阶模式忽视了学生自主性;教学评价重结果轻思维过程,导致计算思维培养不足,与实际工程需求脱节^[9]。

GenAI 不仅能作为教学工具革新编程课程的组织与实施,还能引领编程教育范式的深刻转变。目前,学校、教师层面尚未形成一套成熟可行的编程教育新范式,但学生利用 GenAI 工具学习编程已成为不可阻挡的趋势。学术界对 GenAI 在编程教育中的影响持有总体积极但审慎的态度,双重影响如表 1 所示。本文旨在为上述问题提供一个系统性的思考框架,通过文献梳理与理论分析,深入探究 GenAI 对编程教育带来的双重影响。在此基础上,提出一套适应 GenAI 时代编程教育的系统性策略,包括:重塑教学目标,在传统“师—生”二元结构基础上增加 GenAI 这一新主体,构建“师—生—机(GenAI)”编程教育的三元互动模型;创新教学模式与内容以及重构教学评价体系,为未来 GenAI 时代的计算机编程教育提供有益参考,为未来编程教育新范式的构建提供理论支撑和实践指导。

Table 1 Dual impact of GenAI on programming education

表 1 GenAI 对编程教育的双重影响

分析维度	影响类型	具体表现	潜在后果/风险
认知发展	积极影响	个性化学习	能力提升、焦虑降低
	消极影响	批判性思维下降	底层逻辑理解能力弱化
学习动机	积极影响	内在动机增强	学习参与度提高
	消极影响	外在依赖形成	基础能力弱化
教学过程	积极影响	个性化辅导实施	因材施教可行性提升
		教学效率提高	教师精力释放
	消极影响	教师角色困境	专业权威性挑战
学术伦理	消极影响	学术诚信、公平性与偏见等问题凸显	原创性判断困难

1 GenAI 对编程教育的积极影响

1.1 GenAI 赋能个性化学习辅助

GenAI 通过强大的自然语言理解与生成能力,在教育领域的重要优势在于能为每个学生提供个性化学习辅助^[10]。初学者学习编程的困难之一是理解编程中的抽象概念,例如在理解变量的赋值和状态变化时,将变量视为数学等式,而不是一个可以改变值的存储位置。GenAI 能 24 小时不受时间地点限制地提供辅助,包括帮助初学者比较分析抽象概念在编程与其他领域的异同点,根据问题直接生成代码、分析解题思路或改正代码错误,提供有针对性的学习建议等。在传统以教师为教学组织者的场景中,难以实现如此个性化和精细的指导。

哈佛大学开发了一款基于 GenAI 的工具集,在计算机

科学入门课程 CS50 中为学生提供代码解释、代码改进、问题回答等个性化服务,能保证 GenAI 行为符合课程要求,减少“幻觉”和恶意操纵^[11]。调研显示,70% 学生认为该工具在解决知识缺口、提升代码规范性和促进独立思考等方面有效,88% 学生认为该工具在降低求助门槛,提供个性化教学支持等方面有帮助。还有学者探讨整合 GP-Tutor 等工具提供个性化学习支持,为学生构建专属学习路径^[12]。

综上,GenAI 不仅能识别代码中的错误并给出修改意见,还能帮助学生写出更符合编程规范的代码,有效提升代码质量和规范性^[13]。然而,不论是从可靠性角度还是安全性角度而言,GenAI 输出的代码仍需人工校验^[14,15]。

1.2 提升学习动机与参与度

GenAI 可提升学生在编程学习中的参与度和学习动机。在编程学习中,初学者常因复杂问题、错误提示而产生挫败感并丧失动力,GenAI 可提供个性化的反馈与解释,简化学习中的“内在认知负荷”,提升学生学习动力并创造更积极的学习体验^[16]。Abolnejadian 等^[17]利用 ChatGPT 定制面向高中生的 Python 入门学习平台,结合学生教育背景设定提示词(Prompt),生成个性化的学习材料。实践结果显示,ChatGPT 组学生的 3 次随堂测验平均分由 69 分上升至 74.4 分,全程高于传统组的 66.7 分;课程满意度由传统组的 4.45 分显著提高到 4.92 分($p=0.006\ 42$);自我效能感评分从 3.35 分提升到 4.33 分($p=0.005$)。这些量化数据共同佐证了 GenAI 能显著提升学生的学习参与度。

Zhan 等^[18]通过非参与式观察和访谈研究了 GenAI 工具(ChatGPT 等)在学生在学习中的反馈参与情况。研究发现,大多数学生在与 ChatGPT 互动时表现出“冷静”“放松”“无压力”等情感,在反馈互动和写作修订中表现出了不同程度的信任。GenAI 的互动性、降低焦虑、以学生为中心等优势,让学生感受到更多关注和支持,进而可提升学习动力,但学生对 GenAI 反馈的信任度存在差异,仍需培养学生的反馈素养以更好地利用 GenAI 工具。

此外,GenAI 在编程学习中可提供从解题思路到伪代码,再到多种编程语言形式的代码,以丰富结果呈现,提升学习参与度和学习效果^[19]。

1.3 满足自主性与胜任感的心理需求

自我决定论认为满足学生的自主性、胜任感和归属感心理需求,可激发其内在在学习动机,提升学习效果和心理健康^[20]。Fahmy 等^[21]研究表明,学生通过 GenAI 工具可掌握自己的学习节奏和方式,充分控制学习过程,可满足自主性和能力的需求。即时个性化的反馈机制使学生能按自身节奏探索学习,减少挫败感并增强自主意识,反过来能显著提升学习编程的参与度和积极性,这种正反馈的学习模式有效培养了学生的自主性和胜任感。Yilmaz 等^[22]将 45 名本科生随机分为使用 ChatGPT 的实验组(21 人)和不使用的对照组(24 人),以研究编程教育中 ChatGPT 对学

生计算思维、编程自我效能和学习动机的影响。实验显示,实验组在计算思维各子因素(创造力 37.14 vs 32.35)、编程自我效能(简单任务 18.18 vs 14.43,复杂任务 16.57 vs 12.83)以及学习动机(个体态度和期望 22.09 vs 19.70)上的后测成绩显著高于对照组。Choi 等^[23]以自我决定理论为框架,采用混合研究方法将 215 名高一学生分为通过 GenAI 编程的实验组与对照组,研究高一学生在基于大型语言模型的编程学习环境中的表现,5 周后的结果表明,实验组在自主性、胜任感、关联性 3 项基本心理需求上的得分均显著优于对照组,自主动机由 3.28 升至 3.59,编程后测校正均值达 65.31,对照组仅 58.09,证实了 GenAI 能满足学生的自我决定论的三大基本心理需求,可显著提升其自主动机和编程能力。

1.4 赋能教师提高教学效率

GenAI 技术在编程教育中能显著提升教师教学效率,减轻工作负担。例如,教师可利用 GenAI 设计课程形成教案、生成习题、评价作业等,GenAI 助教可将教师从问题答疑、初级作业批改中解放出来,专注于更复杂的教学职责^[24-26]。在编程教学中,GenAI 能提供可扩展、可重复且即时的代码反馈,减少了教师在基础代码优劣判别上的手动工作量^[27]。此外,GenAI 能总结分析学生的回答、错误数据和成绩数据等,精准定位学生理解和表现上的不足,为教师提供关于学生表现和学习趋势上的建议,根据学生特点实时更新学习内容^[28-30]。

1.5 GenAI 在编程教育中展现的独特优势

在编程教育领域,GenAI 的价值远超其作为跨学科通用辅助工具所能提供的功能。除了提供个性化辅导、知识检索与即时反馈等通用优势外,DeepSeek Coder、GitHub Copilot 和 Codegeex 等专为编程需求开发的工具,展现出了其独特的、不可替代的价值。首先,GenAI 能基于编程语言的严格语法和逻辑,对学生代码错误进行即时、精确诊断,提供语法纠错、调试建议及多种解法比较,显著提升了编程练习效率^[8,11];其次,能生成不同复杂度的代码示例与变式问题,帮助学生从关注问题解决过渡到优化解决思路;再次,GenAI 可结合学生的调试轨迹和算法实现过程,诊断其思维漏洞并提示优化方向,培养其编程思维与问题分解能力^[31]。

在协作学习中,GitHub Copilot 等专门训练过的模型以插件形式融入编程环境时,能与学生进行深度人机协同,实现结对编程。这种互动模式不是简单的问答,而是实时地进行代码补全和优化建议,直接模拟现代软件开发中人机结对编程和代码审查 workflow,可培养学生的工程化思维与规范化编程习惯,有效弥合了课堂学习与产业实践之间的鸿沟。Lyu 等^[32]对 39 名本科生进行实证研究,探讨了生成式人工智能在结对编程中的影响,发现与生成式人工智能工具合作的学生,在编程任务中表现更好。

2 GenAI 对编程教育的消极影响

2.1 降低批判性思维和形成过度依赖

GenAI 高效的能力和易用性引发了教育界对学生降低批判性思维和过度依赖的担忧^[33]。对于初级编程问题而言,如果过度依赖 GenAI 工具辅助调试或直接将编程题目复制给 GenAI,会导致学生只能机械地使用工具^[34]。对于学习动力和时间不足的学生,学生可轻易获得看似完美的解决方案,在作业和练习中得到满分,绕过了掌握编程概念所需的迭代学习过程,减少了学生亲自尝试解决问题的动力,不利于学生掌握实践能力。

当题目由简单逐步转向复杂,学生因形成了高度依赖 GenAI 生成结果的习惯,阻碍了学生对高阶问题的解决动力,批判性思维随之下降^[33]。在面对复杂问题时,如果 GenAI 无法直接提供完全符合要求的结果,学生可能倾向于放弃,因此难以进行深入学习,进一步阻碍了计算思维能力的培养。此外,当使用者对 GenAI 的信心越高、依赖越强,其自身批判性思维便越少,会形成“平庸陷阱”。只有当自我信心越高时,存在的批判性思维越多,才能获充分体现 GenAI 的辅助优势^[35,36]。

2.2 教师角色困境

随着技术不断发展,课堂教师早已不再是唯一的知识传授者。尤其在编程领域,GenAI 在知识检索和对新技术的学习速度等特定任务上表现优于人类,导致部分教师专业自主权丧失,甚至引发职业价值消亡的担忧^[37]。GenAI 的快速发展正在颠覆“教师作为知识传授者”的传统教学范式,要求教师具备更高阶的教学能力与适应性教学法,推动其向个性化学习引导者、育人导师与高阶思维培养者转型,实现身份重构和适应新时代教育变革^[24]。为了适应这一变革,编程教师需具备多方面的核心能力,包括前沿技术追踪与更新、育人与情感传递、识别和纠正 GenAI 生成错误以及应对伦理风险等^[38]。

在实际中,教师行动与发展需求之间存在显著的滞后性。教师需持续投入额外的认知资源来掌握快速迭代的技术工具,还要应对教学范式转型带来的角色适应压力。尽管,GenAI 减轻了传统教学中的行政负担,但部分教师仍存在无力感和变革抵触情绪^[39]。

2.3 伦理争议

目前,将 GenAI 技术融入教育已引发了教育界对多种伦理问题的讨论,在编程教育中应用 GenAI 技术可能引发学术诚信、公平性与偏见、隐私安全等伦理问题^[40,41]。人工智能工具的易获取性和代码生成的便捷性使学生可能在编程实验、作业、项目甚至考试中寻求其帮助^[42]。Chen 等^[43]研究了 GenAI 时代计算机入门课程中的抄袭现象,通过比较 ChatGPT 应用前后两个学期的情况,发现抄袭数量显著增加,表现为“高级语法”“额外注释”等标记比例上

升,最终考试成绩较低,特别是完全抄袭的学生成绩预计降低36%~47%,表明GenAI工具的易获取性和便捷性使学生更可能在编程作业等场景中寻求其帮助。

在传统基于平时表现和期末考试的评价方式下,平时成绩与期末考试错配的情况会出现,无法客观、公平地评价学生学习效果^[44]。当教师难以确定学生的实际掌握情况时,可能导致教师对学生的实际能力产生偏差,进而制定不恰当的教学策略,阻碍学生编程能力的培养和发展^[18]。为此,研究者专门设计识别GenAI生成代码的工具,以解决学生作业中的抄袭检测问题,但工具的准确性不足,且随着技术的快速迭代,GenAI能生成足够独特的代码逃避相似性检查器,导致抄袭的检测更加困难^[45-47]。

隐私问题也是将GenAI融入教育应该担忧的问题^[48]。越来越多学校引入辅助教学平台和工具进行教学,但会记录学生的每一个学习行为,不仅包括代码,还包括他们与GenAI的对话、求助历史和学习进度,学生的敏感信息可能会面临不当使用和被黑客攻击的风险。

3 适应人工智能新时代的编程教育策略

3.1 重塑教学目标

编程教育的核心目标正从传统的“教会学生编写代码”向“培养与GenAI协同能力塑造”转型^[49]。GenAI凭借其强大的信息检索、文本生成及自然语言交互能力,已成为编程过程中的高效辅助工具,但人类所独有的批判性思维、价值判断、高阶认知能力、好奇心、社会情感、想象力与审美素养等,仍是GenAI无法替代的核心素养^[50]。因此,新的教学目标应聚焦于培养以下4个方面的能力:强化高阶计算思维、提升人工智能素养、发展创新性问题解决能力、深化批判性思维^[51]。

计算思维作为信息时代个体的必备核心能力,需根据学生专业背景差异化设计目标。对于非计算机专业学生,在掌握基础计算思维的前提下,应侧重人工智能素养的培育,帮助其建立“人机协同”的正确认知——编程仍是理解与改造世界的工具,无需精通所有语法细节与复杂概念。学生需学会通过GenAI助手,运用智能化编程技术,以简洁、精确的指令驱动GenAI生成代码,自主检验代码的问题解决效能,通过迭代优化实现目标。

对于计算机专业学生而言,编程是理解计算机系统运行逻辑的基础,因此需在GenAI助手的背景下深化专业能力:不仅要能识别GenAI生成代码中的错误、潜在安全漏洞、效率缺陷并进行修正,还要在基础代码编写任务被GenAI接管后,将学习重心转向更高层次的创造性工作,例如系统架构设计、软件开发全流程管理、复杂和开放式问题的求解。

综上,学生不能仅将编程与GenAI视为工具,还要具备改造、优化工具本身的能力,推动技术创新与发展。

3.2 构建“师—生—机(GenAI)”的三元互动模型

多项研究认为GenAI赋能教学,正在推动教学模式从“师—生”二元结构转向“师—生—机(GenAI)”三元结构^[52-54]。在编程教育中,三元结构间的互动模式如图1所示。一方面,教师与GenAI构成“人机共塑”的合作关系,GenAI通过辅助备课、个性化助教、自动化评估和生成贴合特定学科的编程案例,将教师从重复性劳动中解放出来,赋能教师并扩展其专业边界;另一方面,教师并非被动的使用者,而是GenAI教育价值的积极塑造者和局限性的修正者,需要主动优化提示词,引导GenAI生成更精准、更具专业特色的教学内容。

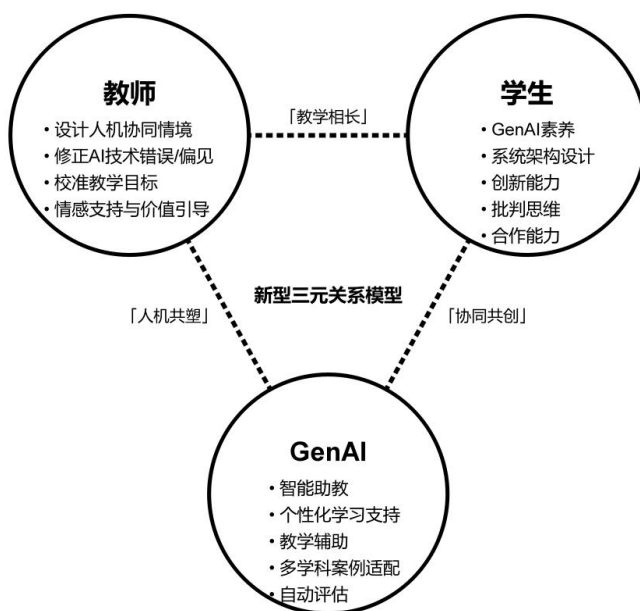


Fig. 1 Three-dimensional interaction model in programming education

图1 编程教育中的三元互动模型

此外,教师必须像专家一样,对GenAI的输出进行批判性审查,不仅要纠正技术错误,还要识别并消除潜在的偏见。同时,将修正后的反馈反哺给GenAI,确保输出内容和评估标准与教学目标对齐,以构建一种双向协作、持续优化的共塑关系。

学生与GenAI构成“协同共创”的伙伴关系。GenAI作为个性化学习伙伴,可快速响应学生的编程需求,帮助其理解晦涩的概念、生成代码框架、提供即时调试建议,辅助学生攻克基础语法与简单逻辑问题,成为高效的学习工具;学生通过精准的提示词,引导GenAI输出符合要求的内容以主导互动,同时运用批判性思维审查GenAI生成代码的逻辑性、安全性与适用性,识别并修正其中的错误或局限性,将更多精力投入到复杂问题拆解、系统架构设计与创意实现中。

在这种关系中,学生既能借助GenAI提升学习效率,又可通过主动判断与创造性运用深化计算思维,避免沦为技术的被动接受者,实现了人机协同下的能力进阶与创新

突破。同时,教师成为学生的育人导师和情感支持者,在价值观塑造和学生情感支持等方面所展现的人文关怀是 GenAI 难以取代的^[19]。教师专注于为不同学生定制个性化目标,通过团队任务培养协作能力,肩负着引导学生批判性使用 GenAI 的重任,帮助学生识别 GenAI 的“幻觉”和伦理风险,建立工具理性。此外,教师通过面对面的交流和关怀构建珍贵的师生情谊,成为学生人生中重要的情感支持者。学生以主动学习者的姿态,在教师的引导下探索知识、锻炼能力、塑造品格,通过反馈与互动反哺教学。

综上,教师既尊重了学生的个性差异,又以真实的情感互动和价值引领成为学生信任的成长伙伴。同时,学生在教师和 GenAI 的赋能下,不仅能习得知识技能,还在创新设计、批判性思维、伦理认知与社会情感等方面获得了全面发展,形成了教学相长的良性循环。

3.3 编程教学模式与内容重构

GenAI 融入推动了编程教学模式向以“人机协同”为核心的新型教学模式转变。新型模式下,将编程教学过程分为基础层、GenAI 协同层和创新层3个阶段。其中,基础层保留了传统编程的核心要求,主要为理解编程的核心逻辑和基础语法;GenAI 协同层培养学生的提示词工程能力、GenAI 生成代码审查能力以及人机协作调试能力为主的3项关键能力;创新层着重锻炼学生的复杂系统架构设计和跨学科问题解决等高阶能力。

本文具体实施过程以项目驱动式学习(Project Driven Learning, PBL)为核心,编程教学内容的重构应突破传统代码语法的线性框架局限,转向构建“以复杂问题解决为导向”的立体化知识网络,鼓励学生参与现实世界的应用和项目,在项目中学习和掌握所需的知识和能力。同时,将提示词工程纳入编程教育体系,通过精准的需求描述训练将模糊问题转化为结构化指令,强化学生的抽象思维与系统分析能力,其核心价值在于培养学生与 GenAI 高效协作的能力,使其从被动接受代码生成结果转向主动引导 GenAI 创造价值。

教学流程可概括为“需求分析—GenAI 生成—人工优化”的新型工作流。在这种新范式下,课堂组织形式转变为翻转课堂与混合式学习,学生在课前进行自主学习,熟悉语法规则和问题背景。课堂上,教师作为思维引导者,组织高阶讨论、项目评审和代码审查等活动,教学体系构建在“师—生—机(GenAI)”三元互动模型之上:GenAI 作为认知脚手架,提供个性化辅导与教学支持;学生作为决策主体,在多个 GenAI 方案中选择并迭代得到最优解;教师则在这一过程中提供指导与支持。此外,课堂鼓励团队协作,学生共同利用 GenAI 完成任务,以培养其沟通、协作和领导能力。

3.4 创新评价体系

GenAI 时代的编程教学评估体系需将重心放在价值塑造和能力培养上,将教学过程的3个阶段评估目标划分为

3个层次:基础能力、GenAI 协作能力和高阶能力。

(1)基础能力由自动化评估工具全权负责,但要避免学生通过 GenAI 工具直接生成代码。

(2)GenAI 协作能力则采用人机协同的方式,需要学生提交提示词迭代记录、识别和纠正 GenAI 生成错误时的分析过程、代码修改日志及最终代码。同时,由 GenAI 工具分析和评估学生提示词的层次——浅层知识获取还是深层问题探究,教师在此基础上结合学生分析思路、代码迭代方向和最终实现效果进行最终裁定。

(3)高阶能力由教师主导,采用口头答辩,同辈互评的形式实施。答辩问题聚焦系统架构合理性、方案创新性、伦理风险规避,这部分直接关联学生的高阶思维与伦理意识,因此权重占比最高。

4 结语

GenAI 技术正以前所未有的力量重塑计算机编程教育的格局。虽然,该技术为编程教学带来了提升学生学习效果、教师教学效率的积极影响,但在实际应用中也存在许多潜在挑战。

为此,本文提出以学生为主体,突出教师价值引领和育人作用,正视 GenAI 工具属性的教学方式。核心策略在于:①重塑教学目标,培养学生的 GenAI 素养、批判性思维与创新问题解决能力;②变革教学模式,以提升学习效率为目的,注重培养学生的高阶创新思维与实践能力;③重构教学内容,更注重培养学生的多学科交叉能力和解决真实问题的能力。最终目标是:培养出掌握扎实编程技能,能适应未来社会发展所需综合素质和核心竞争力的人才。

未来,教育者应保持开放的心态,不断探索和实践新的教学模式,以确保计算机编程教育与时代同步发展。

参考文献:

- [1] DEEPSEEK-AI, BI X, CHEN D, et al. DeepSeek LLM: scaling open-source language models with longtermism[DB/OL]. <https://arxiv.org/abs/2401.02954>.
- [2] LIU A, FENG B, XUE B, et al. Deepseek-v3 technical report[DB/OL]. <https://arxiv.org/abs/2412.19437>.
- [3] BROWN T, MANN B, RYDER N, et al. Language models are few-shot learners[J]. Advances in Neural Information Processing Systems, 2020, 33: 1877-1901.
- [4] CHEN M, TWOREK J, JUN H, et al. Evaluating large language models trained on code[DB/OL]. <https://arxiv.org/abs/2107.03374>.
- [5] PURYEAR B, SPRINT G. Github copilot in the classroom: learning to code with AI assistance[J]. Journal of Computing Sciences in Colleges, 2022, 38(1): 37-47.
- [6] ZHENG Q, XIA X, ZOU X, et al. CodeGeeX: a pre-trained model for code generation with multilingual benchmarking on HumanEval-X[C]// 29th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2023: 5673-5684.
- [7] WANG J, CHEN Y. A review on code generation with LLMs: application and evaluation[C]// 2023 IEEE International Conference on Medical Arti-

- ficial Intelligence, 2023: 284–289.
- [8] SARSA S, DENNY P, HELLAS A, et al. Automatic generation of programming exercises and code explanations using large language models [C]// Lugano: ACM Conference on International Computing Education Research, 2022.
 - [9] SU X H, MIAO Q G, CHEN W Y, et al. Personalized teaching model for enhancing programming skills through AI empowerment and industry-education integration[J]. China University Teaching, 2023(6): 4–9.
苏小红, 苗启广, 陈文字. 基于 ai 赋能和产教融合提升程序设计能力的个性教学模式[J]. 中国大学教学, 2023(6): 4–9.
 - [10] ZHU Y H, ZHANG J X, HAN X B. A new form of personalized learning based on artificial intelligence generated content [J]. E-education Research, 2025, 46(4): 58–64.
朱永海, 张佳鑫, 韩锡斌. 基于生成式人工智能的个性化学习新形态[J]. 电化教育研究, 2025, 46(4): 58–64.
 - [11] LIU R, ZENKE C, LIU C, et al. Teaching CS50 with AI: leveraging generative artificial intelligence in computer science education [C]// Portland: 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, 2024.
 - [12] CHEN E, HUANG R, CHEN H S, et al. GPTutor: a ChatGPT-powered programming tool for code explanation [C]// International Conference on Artificial Intelligence in Education, 2023: 321–327.
 - [13] MOON J, YANG R, CHA S, et al. ChatGPT vs mentor: programming language learning assistance system for beginners [C]// 8th International Conference on Software Engineering and Computer Systems, 2023: 106–110.
 - [14] MASTROPAOLO A, PASCARELLA L, GUGLIELMI E, et al. On the robustness of code generation techniques: an empirical study on GitHub copilot [C]// 45th International Conference on Software Engineering, 2023: 2149–2160.
 - [15] TIHANYI N, BISZTRAY T, FERRAG M A, et al. How secure is AI-generated code: a large-scale comparison of large language models [J]. Empirical Software Engineering, 2025, 30(2): 47.
 - [16] MONZON N, HAYS F A. Leveraging generative artificial intelligence to improve motivation and retrieval in higher education learners [J]. JMIR Medical Education, 2025, 11(1): 59210.
 - [17] ABOLNEJADIAN M, ALIPOUR S, TAEB K. Leveraging ChatGPT for adaptive learning through personalized prompt-based instruction: a CS1 education case study [C]// Honolulu: Extended Abstracts of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2024.
 - [18] ZHAN Y, YAN Z. Students' engagement with ChatGPT feedback: Implications for student feedback literacy in the context of generative artificial intelligence [J]. Assessment & Evaluation in Higher Education, 2025 (1): 161–173.
 - [19] ACQUES L. Teaching CS-101 at the dawn of ChatGPT [J]. ACM Inroads, 2023, 14(2): 40–46.
 - [20] DECI E L, VALLERAND R J, PELLETIER L G, et al. Motivation and education: the self-determination perspective [J]. Educational Psychologist, 1991, 26(3–4): 325–346.
 - [21] FAHMY Y. Student perception on AI-driven assessment: Motivation, engagement and feedback capabilities [D]. Enschede: University of Twente, 2024.
 - [22] YILMAZ R, YILMAZ F G K. The effect of generative artificial intelligence (AI)-based tool use on students' computational thinking skills, programming self-efficacy and motivation [J]. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2023, 4: 100147.
 - [23] CHOI S, KIM H. The impact of a large language model-based programming learning environment on students' motivation and programming ability [J]. Education and Information Technologies, 2025, 30(6): 8109–8138.
 - [24] ZHU Y X, YANG F. ChatGPT/AIGC and educational innovation: opportunities, challenges, and the future [J]. Journal of East China Normal University (Educational Sciences), 2023, 41(7): 1–14.
朱永新, 杨帆. ChatGPT/生成式人工智能与教育创新: 机遇、挑战以及未来[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023, 41(7): 1–14.
 - [25] CHAPWANYA O. Exploring the teacher's role amid rising generative AI: an activity theory analysis in further education [EB/OL]. <https://stel.pubpub.org/pub/04-03-chapwanya/release/1>.
 - [26] LEE S S, MOORE R L. Harnessing generative AI (GenAI) for automated feedback in higher education: a systematic review [J]. Online Learning, 2024, 28(3): 82–106.
 - [27] LINDSAY E D, ZHANG M, JOHRI A, et al. The responsible development of automated student feedback with generative AI [C]// IEEE Global Engineering Education Conference, 2025: 1–10.
 - [28] YAN L, MARTINEZ-MALDONADO R, GASEVIC D. Generative artificial intelligence in learning analytics: contextualising opportunities and challenges through the learning analytics cycle [C]// Kyoto: 14th Learning Analytics and Knowledge Conference, 2024.
 - [29] LIANG J K, WU P, TSENG S C, et al. Enhancing lesson study with generative AI powered TEAM model platform [J]. International Journal for Lesson & Learning Studies, 2025, 14(3): 197–214.
 - [30] CHU T S, ASHRAF M. Artificial intelligence in curriculum design: a data-driven approach to higher education innovation [J]. Knowledge, 2025, 5(3): 14.
 - [31] CHEN X, LIN M, SCHÄRLI N, et al. Teaching large language models to self-debug [DB/OL]. <https://arxiv.org/abs/2304.05128>.
 - [32] LYU W, WANG Y, SUN Y, et al. Will your next pair programming partner be human? an empirical evaluation of generative ai as a collaborative teammate in a semester-long classroom setting [DB/OL]. <https://arxiv.org/abs/2505.08119>.
 - [33] ZHANG J C, SHEN Y. Research on the multi-dimensional influence and strategies of cognitive dependence in artificial intelligence [J]. New Media & Society, 2024(2): 38–48, 401.
张家斌, 沈阳. AI 认知依赖的多维影响与应对策略研究[J]. 新媒体与社会, 2024(2): 38–48, 401.
 - [34] LAU S, GUO P. From "ban it till we understand it" to "resistance is futile": how university programming instructors plan to adapt as more students use AI code generation and explanation tools such as ChatGPT and GitHub copilot [C]// Chicago: ACM Conference on International Computing Education Research, 2023.
 - [35] LEE H P, SARKAR A, TANKELEVITCH L, et al. The impact of generative AI on critical thinking: self-reported reductions in cognitive effort and confidence effects from a survey of knowledge workers [C]// Yokohama: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2025.
 - [36] WU D, WU H J. Potential risks of the application of general large model education and their avoidance: from the perspective of technology ethics [J]. Journal of East China Normal University (Educational Sciences), 2024, 42(8): 64–75.
吴砥, 吴江. 通用大模型教育应用的潜在风险及其规避——基于技术伦理的视角[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2024, 42(8): 64–75.
 - [37] SONG F, GONG X H. Substitution or empowerment: the impact and re-

- sponse of artificial intelligence teaching on teachers' teaching rights [J]. China Distance Education, 2024, 44(4): 15-27.
- 宋凡,冀向和. 替代还是赋能:人工智能教学对教师教学权的冲击及其应对[J]. 中国远程教育, 2024, 44(4): 15-27.
- [38] CHEN Z Z, SHI Y W, WANG M K. The realistic picture of artificial intelligence driving educational transformation—an analysis of teachers' coping strategies with ChatGPT [J]. Journal of Guangxi Normal University (Philosophy and Social Sciences Edition), 2023, 59(2): 75-85.
- 陈增照,石雅文,王梦珂. 人工智能助推教育变革的现实图景——教师对ChatGPT的应对策略分析[J]. 广西师范大学学报(哲学社会科学版), 2023, 59(2): 75-85.
- [39] ELLIKKAL A, RAJAMOHAN S. AI-enabled personalized learning: empowering management students for improving engagement and academic performance [J]. Vilakshan – XIMB Journal of Management, 2025, 22(1): 28-44.
- [40] YUSUF A, PERVIN N, ROMÁN-GONZÁLEZ M. Generative AI and the future of higher education: a threat to academic integrity or reformation? evidence from multicultural perspectives [J]. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 2024, 21(1): 21.
- [41] NGUYEN K V. The use of generative AI tools in higher education: ethical and pedagogical principles [J]. Journal of Academic Ethics, 2025, 23: 1435-1455.
- [42] HUMBLE N, BOUSTEDT J, HOLMGREN H, et al. Cheaters or AI-enhanced learners: consequences of ChatGPT for programming education [J]. Electronic Journal of e-Learning, 2024, 22(2): 16-29.
- [43] CHEN B, LEWIS C M, WEST M, et al. Plagiarism in the age of generative AI: cheating method change and learning loss in an intro to CS course [EB/OL]. https://zilles.cs.illinois.edu/papers/chen_chatgpt_cheating_ls_2024.pdf.
- [44] WANG W, LI Y Z. Development and reflection on international generative artificial intelligence application in education [J]. Open Education Research, 2024, 30(3): 37-44.
- 王雯,李永智. 国际生成式人工智能教育应用与省思[J]. 开放教育研究, 2024, 30(3): 37-44.
- [45] KAMALOV F, SANTANDREU C D, GURRIB I. New era of artificial intelligence in education: towards a sustainable multifaceted revolution [J]. Sustainability, 2023, 15(16): 12451.
- [46] HOQ M, SHI Y, LEINONEN J, et al. Detecting ChatGPT-generated code in a CS1 course [EB/OL]. <https://ceur-ws.org/Vol-3487/paper2.pdf>.
- [47] DICKY E. The failure of plagiarism detection in competitive programming [DB/OL]. <https://arxiv.org/abs/2505.08244>.
- [48] KHAN W N. Ethical challenges of AI in education: balancing innovation with data privacy [J]. AI EDIFY Journal, 2024, 1(1): 1-13.
- [49] LI Z T. The subversion and resetting of the "basic" of basic education by ChatGPT/AIGC [J]. Journal of East China Normal University (Educational Sciences), 2023, 41(7): 47-55.
- 李政涛. ChatGPT/生成式人工智能对基础教育之“基础”的颠覆与重置[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023, 41(7): 47-55.
- [50] HE J, YAO W H. Research on the value and strategy of artificial intelligence in the cultivation of college students' critical thinking [J]. China Medical Education Technology, 2024, 38(6): 746-750.
- 何军,姚雯皓. 人工智能对大学生批判性思维培养的价值及策略研究[J]. 中国医学教育技术, 2024, 38(6): 746-750.
- [51] LI D C, LI Z. Research on the element construction and development of national translation education capability in the era of artificial intelligence [J]. Shanghai Journal of Translators, 2025(2): 25-31.
- 李德超,李智. 人工智能时代国家翻译教育能力的要素构建与发展研究[J]. 上海翻译, 2025(2): 25-31.
- [52] YANG Z K, WANG J, WU D, et al. Exploring the impact of ChatGPT/AIGC on education and strategies for response [J]. Journal of East China Normal University (Educational Sciences), 2023, 41(7): 26-35.
- 杨宗凯,王俊,吴砥,等. ChatGPT/生成式人工智能对教育的影响探析及应对策略[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023, 41(7): 26-35.
- [53] LYU M P. The factors and pathways for the role transformation of adult education teachers in the era of generative artificial intelligence [J]. Journal of Vocational Education, 2025, 41(6): 82-89.
- 吕美萍. 生成式人工智能时代成人教育教师角色转变的动因与路径[J]. 职教论坛, 2025, 41(6): 82-89.
- [54] MU Z J, YUE T, ZHU T, et al. Research on personalized learning design based on cognitive intelligence large model from the perspective of human-computer collaboration [J]. E-education Research, 2025, 46(2): 80-87.
- 牟智佳,岳婷,朱陶,等. 人机协同视域下基于认知智能大模型的个性化学习设计研究[J]. 电化教育研究, 2025, 46(2): 80-87.

(责任编辑:刘嘉文)