

基于能力图谱的计算机专业人机协同 OBE-CDIO 育人模式研究

樊同科, 胡艳艳

(西安外事学院, 陕西西安 710077)

[摘要]在数智化转型与人工智能深度融入工程教育的背景下,传统计算机专业人才培养模式面临能力结构滞后与产教脱节问题。本文基于 OBE 与 CDIO 工程教育理念,引入人机协同机制,以能力图谱重构为驱动,构建人机协同 OBE-CDIO 融合教学模式。通过教学场景重构、双循环教学方法设计及资源动态适配机制,实现教学过程的系统优化。以某高校计算机专业 100 名学生为对象开展对照实验,采用协方差分析方法对教学效果进行评估。实证结果显示,该模式在智能工具驾驭力、复杂系统架构力、人机协作决策力及伦理风险防控力等维度均显著优于传统教学模式($p < 0.01$),验证了人机协同驱动 OBE-CDIO 教学模式的有效性。

[关键词]人机协同;OBE;CDIO;能力图谱;计算机专业

[中图分类号] TP3-4; G642.0

[文献标识码] A

[文章编号] 2096-711X(2026)18-0029-03

doi:10.3969/j.issn.2096-711X.2026.18.010

[本刊网址] <http://www.hbxb.net>

引言

在人工智能、云计算与大数据等数智技术驱动下,软件产业正加速向人机协同开发范式演进。以 AIGC 为代表的智能编程工具正在重塑软件工程活动方式,促使开发者由“代码编写者”向“智能系统设计者与协同决策者”转变,对其能力结构提出了更高要求。

然而,当前高校计算机类专业人才培养体系仍存在明显滞后:课程内容与产业技术发展脱节,实践环境难以对接真实工程场景,教学方法缺乏对复杂工程能力的系统训练,评价机制亦难以反映学生在系统设计与人机协作方面的综合能力。传统 OBE-CDIO 工程教育模式虽具备良好基础,但在数智化背景下亟需重构其内涵与实施路径。

针对上述问题,本文提出一种“基于能力图谱的人机协同 OBE-CDIO 融合教学模式”。该模式以产业需求为导向构建动态能力图谱,明确人才培养目标;以 CDIO 全过程为载体,重构教学内容、实践场景与教学方法,深度融入智能工具链与人机协同机制;并通过教学数据反馈实现能力图谱的持续迭代优化,形成闭环改进体系。通过教学实践验证,该模式在提升学生工程实践能力、系统设计能力及人机协同能力方面具有显著成效。

一、模型构建

本研究构建的人机协同教学模式,以“双向驱动—三层融合—闭环演进”为总体设计框架,统筹人才培养目标的前瞻性与教学实施过程的可操作性,系统回应计算机专业在数智化转型背景下的人才培养需求。

(一) 双向驱动:目标锚定与过程优化协同推进

“双向驱动”从需求侧与供给侧协同发力,实现人才培养目标与教学实施路径的有机统一。在需求侧,依托“动态能力图谱”,以 OBE 理念为导向,明确人才培养目标与毕业要求,重点解决“培养什么人”的根本问题;在供给侧,以人机协同教学为核心抓手,融合 CDIO 工程教育模式优化教学过程,系统回应“如何培养人”的实践命题。其中,动态能力图谱通过持续迭代更新机制,能够及时响应产业技术变革,避免培

养目标滞后;人机协同则深度嵌入教学全流程,重塑课堂教学与工程实践的衔接方式,从而有效提升人才培养的适应性与实效性。

(二) 三层融合:贯通目标、过程与环境的系统重构

在计算机专业课程教学与实践体系落地过程中,“三层融合”作为关键支撑,从目标层、过程层与环境层三个维度,实现教学理念与实践场景的深度耦合。

1. 目标层融合(OBE+能力图谱):在专业人才培养方案设计中,基于 OBE 毕业要求,对接产业数智化转型需求,构建涵盖“智能工具驾驭力、复杂系统架构力、人机协作决策力、伦理风险防控力”的四维能力模型。进一步将核心能力细化为可教学、可评价、可展示的能力单元,例如将“智能工具驾驭力”分解为 AI 编程工具应用、代码调试与优化等可观测指标,使抽象培养目标具备可测性与可评价性。

2. 过程层融合(CDIO+人机协同):在《Web 框架技术》《嵌入式系统开发》等核心课程中,基于 CDIO 全过程(构思—设计—实现—运行),将各教学环节与 AI 工具应用及小组协作机制深度融合。具体而言,学生在构思阶段借助 AI 辅助需求分析与方案生成,在设计阶段协同完成系统架构搭建,在实现阶段结合 AI 进行代码生成与优化,在运行阶段利用 AI 辅助调试与问题定位,从而实现工程实践路径的系统性重构,推动由“以教为中心”向“人机协同驱动的学做一体”转变。

3. 环境层融合(物理空间+数字空间):针对传统实验环境与企业开发场景脱节的问题,引入数字孪生技术,构建虚实融合的智能教学环境。其中,物理空间提供基础实验条件与设备支撑,数字空间对标企业真实开发环境,实现开发流程、工具链与协作模式的在线复现。该环境支持线下教学与线上人机交互协同开展,有效缩短校园教学与产业实践之间的距离。

(三) 闭环演进:驱动教学模式的持续优化机制

本研究构建的人机协同教学模式并非静态结构,而是面向课程迭代、产业升级与学情变化的动态优化系统。在教学实施过程中,持续采集学生编程行为数据、AI 工具交互日志

收稿日期:2026-4-24

基金项目:本文系陕西省 2025 年度陕西本科和高等继续教育教学改革研究项目“数智化转型背景下软件人才能力图谱重构驱动的人机协同教学模式研究”阶段性成果(项目编号:25BY225)。

作者简介:樊同科(1979—),男,陕西宝鸡人,西安外事学院工学院教授,主要从事计算机专业课程教学和人工智能研究。

及项目成果等多源数据,并据此对教学效果与能力达成度进行客观评估。评价结果一方面用于支持个性化教学干预,如针对能力短板学生动态调整教学节奏与实训内容;另一方面反向作用于动态能力图谱,结合产业技术发展趋势更新培养目标与课程内容。最终,形成“产业需求—能力图谱—教学实施—智能评价—反馈优化”的闭环运行机制,使教学模式能够持续适应技术演进与学生发展需求,实现长期稳定优化。

二、人机协同驱动的 OBE-CDIO 融合教学模式构建

(一)教学场景重构

立足计算机专业数智化转型背景,围绕“人机协同能力培养”这一核心目标,从教学场景重构、教学方法创新与教学资源动态适配三个维度,构建系统化、可实施的人机融合教学模式。针对传统计算机实验环境封闭化、静态化、与产业脱节等问题,本研究以“虚实融合、开放共享、人机共生”为导向,构建智能化教学环境,重点打造两类核心支撑平台。

1. 智能结对编程沙箱平台。该平台面向人机协同编程场景,构建安全可控、过程可追溯的实践环境,主要包括四项核心功能:

(1)多 AI 代理接入机制:兼容多种主流 AI 编程工具(如 GitHub Copilot、通义灵码、文心代码助手等),支持多工具横向对比使用,培养学生工具选择与评估能力。

(2)全过程行为数据记录:对提示词输入、AI 生成代码、学生修改与采纳等行为进行全流程数据采集与存储,为人机协作模式分析与学习评价提供数据支撑。

(3)上下文感知辅助机制:基于项目技术栈、编码规范及工程上下文信息,动态优化 AI 生成结果的准确性与一致性,同时引导学生构建规范化开发语境。

(4)安全与伦理审查模块:集成代码漏洞扫描(如 SQL 注入检测等)、许可证合规分析与伦理风险标注等功能,引导学生形成安全意识与技术伦理判断能力。

2. 数字孪生教学平台。为解决教学环境与企业实际脱节的问题,基于容器化与云原生技术构建数字孪生环境,实现真实工程场景的高保真映射,主要功能包括:

(1)企业级工具链镜像复现:将 JenkinsCI/CD 流水线、Docker 与 Kubernetes 部署环境等企业开发工具链完整迁移至教学场景,实现教学环境与产业环境的“无损对接”。

(2)弹性与可恢复机制:支持实验环境按需创建与一键重置,具备高并发承载能力与容错能力,保障教学过程稳定性。

(3)复杂工程场景仿真:内置流量洪峰、数据库延迟、服务异常等典型故障场景,支持学生开展系统调优与故障排查训练,提升工程实践能力。

(二)双循环教学方法

依托重构后的智能教学场景,突破传统线性知识传授路径,提出“技能导向—思维导向”双循环教学机制,实现操作能力与工程思维的协同发展。

1. 外循环:AI 工具实操循环。外循环以技能习得为核心,聚焦“如何实现”,采用“微任务驱动—AI 协同实践—即时反馈优化”的教学路径。通过任务细粒度拆解,学生借助 AI 工具快速完成编码实践,并在教师引导下对提示词策略与生成结果进行对比分析与迭代优化。该循环有助于提升学生 AI 工具使用能力与问题解决效率,实现基础技能的快速内化。

2. 内循环:系统思维训练循环。内循环以工程思维培养为核心,聚焦“为何设计”与“如何决策”,构建“真实问题驱动—架构设计研讨—实现与运维决策”的教学路径。结合 CDIO 理念,引入企业级复杂工程问题,组织学生开展需求分析、技术选型与系统架构设计,并在实现过程中自主决策 AI

辅助边界与人工设计内容。该循环强调系统性思维与工程权衡能力的培养,强化学生的设计主导地位。

3. 双循环耦合与阶梯式任务链相结合。外循环为内循环提供技能基础,内循环为外循环提供应用情境,二者通过“阶梯式任务链”实现深度耦合。任务链共设计 50 余项递进式任务:初级阶段(1~10):以外循环为主,强化 AI 工具基础应用;中级阶段(11~30):双循环融合,完成微服务模块开发;高级阶段(31~50):以内循环为主,实施云原生系统全流程设计与部署。该机制有效避免学生对 AI 工具的依赖或排斥,促进人机协同能力的渐进式提升。

(三)资源动态适配机制

针对传统教学资源更新滞后问题,基于教育大模型构建动态资源生成与推送机制,实现教学内容的实时更新与个性化适配。

1. 教学案例智能生成与演进机制。系统通过持续抓取 GitHub 热门项目与企业开源实践,动态感知技术发展趋势与学习薄弱点,并触发教育大模型自动生成教学案例。生成内容包括技术讲解、实践任务与参考代码等。该机制将教学案例更新周期由“年级更新”缩短至“周级更新”,显著提升教学内容的前沿性与适应性。

2. 个性化学习路径与资源推送机制。基于学生在智能平台中的行为数据,构建动态学习者画像,实现差异化资源供给。针对个体知识薄弱点,精准推送微课、练习任务与提示词等策略;同时结合学生兴趣与能力水平,动态调整学习路径与任务顺序,形成“个性化学习闭环”,由传统“统一供给”转向“精准匹配”,有效提升学习效率与学习体验。

三、实证研究

(一)实验设计

为验证所构建的人机协同驱动的 OBE-CDIO 融合教学模式的有效性,选取某高校计算机科学与技术专业二年级 100 名学生作为研究对象,开展为期 2 周的教学实验。

本研究采用对照实验设计方法,将参与学生随机分为实验组与对照组,每组各 50 人。在教学实施过程中,(1)实验组:采用人机协同教学模式,结合线上线下混合式教学环境,引入 AI 辅助工具参与教学过程,强化过程性指导与个性化学习支持;(2)对照组:采用传统线下课堂教学模式,以教师讲授为主,不引入 AI 辅助教学工具。

在教学内容与教学进度保持一致的前提下,对两组学生的学习过程与学习效果进行对比分析。实验结束后,主要从学习成绩、学习投入度及学习满意度等多个维度,对教学模式的应用效果进行综合评价。

(二)人机协同教学应用效果分析

1. 智能工具驾驭力数据分析。为精准评估人机协同教学模式对学生智能工具驾驭力的提升效果,本研究采用协方差分析方法,在剔除学生前测成绩(初始能力水平)的干扰后,检验教学模式的独立干预效应。分析结果显示,学生前测成绩对后测成绩具有极显著的预测作用($F=28.091, p<0.001$),说明学生初始的智能工具驾驭能力是影响后续学习效果的重要基础因素。在此前提下,教学模式仍表现出显著的主效应($F=7.489, p=0.007<0.01$),且调整后均值对比显示,实验组学生的智能工具驾驭力水平(3.62)显著高于对照组学生(3.30)。这一结果充分表明,相较于传统线上线下混合教学模式,融入人机协同的教学模式能够有效提升学生对 AI 编程工具、智能开发平台等工具的熟练运用与批判性使用能力,帮助学生将智能工具转化为高效的开发辅助手段。

2. 复杂系统架构力量表数据分析。针对学生复杂系统架构力的提升效果,本研究同样采用协方差分析控制前测得分

的影响,以排除学生初始架构思维水平的干扰。结果表明,学生前测得分对后测得分存在极显著的预测作用($F=29.987, p<0.001$),验证了初始复杂系统架构能力对后续学习的重要影响。在此基础上,教学模式的主效应依然显著($F=7.965, p=0.009<0.01$),实验组学生调整后的复杂系统架构力均值(3.40)明显高于对照组(2.98)。这说明,通过在教学融入数字孪生场景、复杂项目架构研讨等人机协同设计等方式,本研究提出的教学模式能够有效强化学生的系统思维与架构设计能力,帮助学生在真实工程场景中锤炼复杂系统的分析、设计与优化能力,弥补了传统教学在高阶工程思维培养上的不足。

3. 人机协作决策力量表数据分析。在人机协作决策力维度,协方差分析结果显示,学生前测得分对后测得分具有极显著的预测作用($F=31.098, p<0.001$),即学生初始的人机协作决策水平会显著影响其后续能力发展。控制该变量后,教学模式的主效应达到显著水平($F=8.321, p=0.006<0.01$),实验组学生调整后的人机协作决策力均值(3.67)显著高于对照组(3.25)。这一结果印证了本教学模式中“双循环联动”“阶梯式任务链”等设计的有效性:通过引导学生在项目中合理分配人与AI的任务权限、开展团队协作决策,有效提升了学生在人机协同场景下的任务分配、沟通协作与决策判断能力,帮助学生建立“以学生为主体、AI为辅助”的协作思维,避免了对AI工具的盲目依赖或排斥。

4. 伦理风险防控力量表数据分析。针对伦理风险防控力这一AI时代工程人才的核心素养,本研究通过协方差分析控制学生初始伦理风险防控水平的影响。结果显示,前测得分对后测得分存在极显著的预测作用($F=32.156, p<0.001$),说明学生初始的伦理风险认知与防控能力是其后续能力提升的重要基础。在此前提下,教学模式仍表现出显著的主效应($F=8.654, p=0.005<0.01$),实验组学生调整后的伦理风险防控力均值(3.58)显著高于对照组(3.13)。这表明,本教学模式中融入的代码安全审查、AI伦理思辨、合规性分析等环节,能够有效强化学生的AI伦理意识,提升其对AI生成代码的安全漏洞、伦理风险的识别与防控能力,帮助学生树立符合工程伦理规范的人机协同开发理念,满足数智化时代对

软件人才的伦理素养要求。

四、结论与展望

数智化转型重塑了软件人才的能力结构。应用型高校计算机专业需主动适应变革,将挑战转化为机遇。本文提出的“能力图谱重构驱动的人机协同教学模式”,以OBE-CDIO框架为核心,通过重构智能教学场景、创新双循环教学方法、实现资源动态适配,为高校专业改革提供了可行路径。实践表明,该模式可有效提升学生在智能时代的核心竞争力与职业适应力。

未来的研究可进一步拓展,包括完善基于多模态数据的智能评价体系,将该模式推广至更多计算机专业核心课程,以及探索与产业生态的闭环衔接,以实现人才培养、认证与输送的一体化。

参考文献:

- [1] 张惠敏,梁为,戴俊雄,等.生成式人工智能时代教育空间的具身化重构[J].中国电化教育,2026(2):23-29.
- [2] 王宁,杨丽.数智赋能学习模式及其认知外包陷阱:审思与跨越[J].西南大学学报(社会科学版),2026,52(1):238-248,291-292.
- [3] 赵磊磊.人工智能时代拔尖创新人才选拔的技术批判与审思[J].教育研究,2026,47(1):148-159.
- [4] 孙阳,李明珠,徐放,等.智能时代背景下创新人才培养模式的探索与实践[J].高教学刊,2026,12(8):74-76,81.
- [5] 龚彦,林雯,杨满福,等.探究社区理论视角下基于AIGC的人机协同混合式教学模式构建与实践[J].南宁师范大学学报(哲学社会科学版),2026,47(2):175-188.
- [6] 张瑞阳.机器人在教育中的应用研究分析:现状与思考[J].软件导刊,2022,21(11):188-195.
- [7] 范鑫,吴佳音,胡来林.STEM项目化学习智能导师系统设计研究[J].中国信息技术教育,2023(2):105-108.
- [8] 曹晓明,李心怡,何涛,等.数字化转型背景下区域信息化教学发展水平评估指标体系建构研究[J].中国电化教育,2025(3):126-132.

Research on the OBE-CDIO Education Model of Computer Professional Human Computer Collaboration Based on Capability Graph

FAN Tong-ke, HU Yan-yan

(Xi'an International University, Xi'an Shaanxi 710077, China)

Abstract: In the context of digital-intelligent transformation and the deep integration of artificial intelligence into engineering education, traditional talent cultivation models in computer science face challenges such as lagging competency structures and a disconnect between education and industry needs. Based on the engineering education concepts of Outcome-based Education (OBE) and Conceive-Design-Implement-Operate (CDIO), this study introduces a human-AI collaboration mechanism and constructs an OBE-CDIO integrated teaching model driven by competency map reconstruction. Through the reconstruction of teaching scenarios, the design of a dual-cycle teaching approach, and a dynamic resource adaptation mechanism, systematic optimization of the teaching process is achieved. A controlled experiment was conducted with 100 computer science students from a university, and the teaching effectiveness was evaluated using analysis of covariance (ANCOVA). The empirical results show that the proposed model significantly outperforms the traditional teaching model in dimensions such as intelligent tool proficiency, complex system architecture capability, human-AI collaborative decision-making ability, and ethical risk management ($p<0.01$), thereby validating the effectiveness of the human-AI collaboration-driven OBE-CDIO teaching model.

Key words: human-AI collaboration; OBE; CDIO; competency map; computer science major (责任编辑:范新菊)