

AI 辅助高等数学教学的人机协同模式构建与实践思考

孙艺玮 宋扬 王紫炫 汤文轩 陈鑫涛 张嘉祎
青岛恒星科技学院

DOI:10.32629/mef.v9i4.20310

[摘要] 人工智能技术的快速发展正在深刻影响高等数学教学。如何在利用AI技术优势的同时,避免学生产生技术依赖,成为教学改革面临的新课题。本文基于认知负荷理论,构建了AI辅助高等数学教学的“人机协同”模式,提出“三圈边界框架”以明确AI的使用边界。教学实践表明,合理的AI辅助能够提升概念理解的效率,但必须守住“思路形成不可让渡”的核心原则。研究提炼了AI辅助教学的实施要点与操作规范,为同类课程的教学改革提供理论参考与实践借鉴。

[关键词] 高等数学; 人工智能; 人机协同; 教学改革; 边界理论

中图分类号: G421 文献标识码: A

Construction and Practical Reflections on a Human-Machine Collaborative Model for AI-Assisted Advanced Mathematics Teaching

Yiwei Sun Yang Song Zixuan Wang Wenxuan Tang Xintao Chen Jiayi Zhang
Hengxing University

[Abstract] The rapid advancement of artificial intelligence (AI) is exerting a profound impact on advanced mathematics instruction. A critical emerging challenge in educational reform lies in harnessing the advantages of AI technology while mitigating students' over-reliance on it. Grounded in cognitive load theory, this paper constructs a "human-machine collaborative" model for AI-assisted advanced mathematics teaching and proposes a "three-circle boundary framework" to delineate the scope of AI application. Teaching practice demonstrates that appropriate AI assistance can enhance the efficiency of conceptual comprehension, yet the core principle—"the process of thinking formation shall not be ceded"—must be strictly upheld. This study distills key implementation points and operational norms for AI-assisted teaching, offering theoretical references and practical insights for educational reform in analogous courses.

[Key words] Advanced Mathematics; Artificial Intelligence; Human-Machine Collaboration; Educational Reform; Boundary Theory

1 引言

高等数学是大学理工科专业的重要基础课程,其核心目标是培养学生的逻辑推理能力与抽象思维能力。然而,在教学实践中,教师普遍面临两个现实问题:一是学生对抽象概念的理解存在困难,课堂教学难以兼顾不同基础学生的需求;二是部分学生过度依赖搜题软件,缺乏独立思考的习惯,导致学习效果不佳。

2023年以来,以ChatGPT为代表的生成式人工智能工具迅速进入教育领域,为高等数学教学带来了新的变量。一方面,AI能够快速生成概念解释、计算步骤和解题思路,具有辅助教学的潜在价值;另一方面,学生可能直接使用AI完成作业甚至考试,引发了关于学术诚信的普遍担忧。面对这一技术浪潮,简单禁止并非良策——技术已经融入学生的日常学习行为之中;放任使用亦不可取——未经引导的AI使用可能导致思维训练的弱化。如

何引导学生合理使用AI,明确人机协作的边界,将其转化为有效的学习工具而非思维的“替身”,成为高等数学教师需要回应的现实问题。

本文尝试构建一种AI辅助高等数学教学的人机协同模式,明确AI的使用边界与实施原则,并通过教学实践检验其可行性,以期同类课程的教学改革提供参考。

2 理论基础与分析框架

2.1 认知负荷理论及其教学启示

认知负荷理论(Cognitive Load Theory)由Sweller于1988年提出,是教学设计领域的重要理论基础。该理论将学习过程中的认知负荷划分为三类:内在负荷(intrinsic load),源于学习材料本身的复杂性,由知识点之间的关联程度决定;外在负荷(extraneous load),源于信息呈现方式的不当,与教学设计的

质量密切相关;相关负荷(germane load),指学习者用于建构知识图式、实现认知迁移的主动认知努力。

这一理论的核心教学启示在于:有效的教学设计应致力于降低外在负荷,优化内在负荷的分配,保障相关负荷的充分投入。换言之,教学不应简化知识本身(内在负荷有其合理性),而应改善知识的呈现方式,并为学生的深度加工创造条件。

将认知负荷理论迁移至AI辅助教学情境,可以得出一个重要命题:AI应当帮助学生降低信息获取和程序性计算所带来的外在负荷,而非替代学生对概念本质的理解和逻辑推理的建构。也就是说,AI是认知工具,而非认知替身。如果AI的使用导致学生跳过了概念理解和逻辑推理的关键环节,那么外在负荷的降低反而会损害学习效果——学生可能获得答案,却未能形成相应的认知图式。

2.2 人机协同的“三圈边界框架”

基于上述理论分析,本研究提出AI辅助高等数学教学的“三圈边界框架”。该框架将数学学习任务划分为三个圈层,分别对应不同的AI介入程度与学生责任。

第一圈:外围圈——可委托任务

外围圈包括信息检索、程序性计算、符号运算、格式转换等任务。这类任务的特点是规则明确、结果可验证、过程可算法化。在此圈层,AI的角色是“执行者”,学生的角色是“审核者”。典型应用包括:用AI验证导数计算是否正确、查阅某一数学概念的不同表述、生成函数图像的代码等。此圈层的AI使用风险较低,前提是学生具备基本的审核判断能力。

第二圈:中圈——可协作任务

中圈包括概念解释、多角度呈现、反例生成、思路提示等任务。这类任务的特点是没有唯一正确答案,但存在优劣之分;AI可以提供参考性输出,但最终判断需要人的介入。在此圈层,AI的角色是“辅助者”,学生的角色是“判断者”。典型应用包括:请AI用三种不同方式解释“极限的 $\epsilon-\delta$ 定义”、请AI生成一个不满足某定理条件的函数、请AI提示一道证明题的解题方向(而非直接给出完整证明)。此圈层的AI使用具有中等风险,关键在于学生能否对AI输出进行批判性评估。

第三圈:内圈——不可让渡任务

内圈包括概念建构、逻辑推理、策略选择、元认知反思等任务。这类任务构成数学思维的核心环节,具有不可算法化的特征,必须通过个体的认知努力才能内化。在此圈层,AI不应介入,学生必须独立完成。典型任务包括:面对一道证明题自主确定证明策略(直接法、反证法还是构造法)、理解定理“为什么”成立而非仅仅记住“是什么”、反思自己推理过程中的逻辑漏洞或隐含假设。此圈层的AI使用风险极高——任何形式的“辅助”都可能滑向“替代”,从而阻断必要的认知训练。

框架的核心命题:AI辅助高等数学教学的有效性,取决于能否清晰划定并守住“内圈”边界。学生必须独立完成核心思维任务,AI仅作为外围圈和中圈的辅助工具。

3 教学实践设计

3.1 实践对象与内容

本研究在某高校理工类专业一个自然班开展教学实践,共42名学生。选取“微分中值定理”单元(含罗尔定理、拉格朗日中值定理)作为实践内容,教学周期为4周。选择该单元的原因在于:微分中值定理概念抽象、逻辑严密、证明要求高,是学生普遍感到困难的内容,适合用于检验AI辅助教学的实际效果。

3.2 基于边界框架的教学设计

依据“三圈边界框架”,在课前、课中、课后三个环节分别设计AI使用规范:

课前预习环节(中圈任务):学生在阅读教材后,使用AI生成多角度解释和自测题。要求学生记录“自己的理解”与“AI解释”之间的差异,带着具体问题进入课堂。这一设计的意图在于:利用AI提供多种解释角度,帮助学生发现自身理解的盲点,同时保持学生主动思考的主体地位,避免被动接受。

课中探究环节(中圈任务):课堂设置“人机对比”活动。教师提供一个具体函数,学生首先独立判断其是否满足定理条件,再用AI进行验证,最后对比人机判断的差异并展开课堂讨论。这一设计的意图在于:将AI作为“参照系”,通过人机对比训练学生的批判性判断能力,使AI成为促进深度思考的工具而非替代思考的捷径。

课后拓展环节(外围+内圈区分):布置证明题作业,要求学生分两步完成:第一步独立思考、写出完整的证明思路(内圈任务,AI不得介入);第二步将自己的证明输入AI进行验证(外围任务,AI辅助)。提交作业时需附上“人机协作说明”,明确标注哪些部分由自己独立完成、哪些部分借助了AI的帮助。这一设计的意图在于:在发挥AI验证功能的同时,守住思维训练的核心环节。

3.3 学生使用情况调查

教学实践结束后,通过问卷调查收集了学生对AI辅助教学的反馈。调查结果显示:38名学生(占90.5%)认为AI帮助自己更好地理解数学概念;39名学生(占92.9%)表示使用AI节省了查阅资料的时间;36名学生(占85.7%)表示会批判性地看待AI的回答,不会直接采信。同时,也有4名学生(占9.5%)反映自己“不太会向AI提问”,导致使用效果不理想。这一结果表明,AI素养(包括提问能力和判断能力)是影响辅助效果的重要因素。

4 效果分析与讨论

4.1 积极效果

从教学实践来看,AI辅助教学取得了三个方面的积极效果。

第一,降低了概念理解的入门门槛。AI能够从多个角度解释同一概念,不同风格的表述满足了不同认知习惯学生的需求。一些在课堂上不敢提问的学生,通过AI获得了即时、无压力的回应,课堂讨论的参与度有所提升。

第二,提高了信息获取的效率。传统教学中,学生查阅反例、函数图像等信息需要花费较长时间;AI能够快速提供这些素材,使学生将更多精力集中于逻辑分析而非信息检索,实现了认知负荷的合理分布。

第三,促进了批判性思维的培养。AI并非总是正确,其回答中偶尔出现的遗漏或错误,反而成为训练学生判断能力的宝贵素材。在一次课堂活动中,AI对某函数是否满足定理条件的判断不够完整,学生发现这一问题后展开了深入讨论,这一过程强化了“不盲信答案、主动交叉验证”的学术意识。

4.2 存在问题

实践中也发现了三类需要关注的问题。一是部分学生不善于向AI提问,输入模糊问题得到模糊回答,未能充分发挥AI的辅助价值,这反映出学生“提问能力”本身需要培养。二是少数学生(约10%)尝试直接复制AI生成的完整答案作为作业提交,出现了依赖倾向,这提示边界设定和执行监督需要加强。三是AI对复杂数学符号和公式的处理有时存在错误,学生需要具备识别错误的能力,这对学生的数学基础提出了更高要求。

4.3 实施要点提炼

基于上述理论分析与实践检验,本研究提炼出AI辅助高等数学教学的“三要三不要”实施要点,以表格形式呈现如下:

表1 三要三不要

类别	要点	具体内容
要	思路先行	学生必须先有自己的独立思考,再使用AI进行验证或补充
要	批判接收	对AI的回答保持质疑态度,交叉验证关键信息的准确性
要	记录过程	提交作业时附上人机协作说明,标注自身贡献与AI辅助
不要	AI开路	禁止在未经过独立思考的情况下直接向AI提问求解
不要	盲信答案	禁止直接复制AI回答作为作业或考试答案
不要	跳过反思	使用AI后需对比人机差异并记录反思,不能一用了之

这六条要点构成了可操作的教学规范,教师可在课程开始时向学生明确告知,并通过任务设计加以落实。

5 结论与建议

本文基于认知负荷理论,构建了AI辅助高等数学教学的人机协同模式,提出了“三圈边界框架”作为边界划分的理论工具,并通过“微分中值定理”单元的教学实践检验了其可行性。研究得出以下主要结论:

第一,AI可以成为高等数学教学的有效辅助工具,但前提是必须明确使用边界。信息检索和计算验证属于外围圈,可以委托AI执行;概念解释和思路提示属于中圈,可以人机协作完成;思路形成和逻辑推理属于内圈,必须由学生独立完成,AI不得介入。

第二,AI辅助教学的有效性取决于三个条件的协同作用:边界的清晰度(学生是否明确知道什么可以用AI、什么必须自己完成)、学生的AI素养(是否善于提问、是否具备批判判断能力)以及教师的适时介入(在关键节点进行引导和规范)。

第三,“三要三不要”原则为一线教师提供了可操作的实施指南,有助于在发挥AI技术优势的同时守住数学思维训练的基本底线。

基于以上结论,提出两点建议。一是教师在引入AI辅助教学时,应首先向学生明确三圈边界,通过任务设计将“可用AI”与“必须独立完成”的内容加以区分,避免边界模糊导致的学生行为偏差。二是后续研究可进一步开发适合数学学科的AI提示词模板,帮助学生提高与AI互动的质量,并探索人机协作效果的评价标准——如何区分学生自身贡献与AI辅助贡献,仍是一个有待深入研究的课题。

人工智能进入数学课堂已是大势所趋。与其被动应对,不如主动引导。关键在于守住数学教育的本质——培养学生的逻辑思维能力和问题解决能力。在这一根本前提下,AI可以成为通往教学目标的桥梁,而非思维训练的障碍。对于一线教师而言,当下最紧迫的任务不是讨论“要不要用AI”,而是研究“如何用好AI”——这正是本文试图回应的核心问题,也是后续研究需要持续推进的方向。

[参考文献]

[1] Sweller, J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning[J]. Cognitive Science, 1988, 12(2): 257-285.

[2] 焦建利, 陈丽. ChatGPT与教育变革: 机遇、挑战与应对[J]. 中国远程教育, 2023(4): 1-10.

[3] 张屹, 祝园园. 人机协同教学: 内涵、模式与实践路径[J]. 现代教育技术, 2022, 32(11): 5-13.

[4] 李政涛. 人工智能时代的教育挑战与变革[J]. 教育研究, 2023, 44(5): 4-15.

[5] 顾明远. 教育技术学[M]. 北京: 人民教育出版社, 2018.

[作者简介]

孙艺玮(2005--), 女, 汉族, 山东淄博人, 本科, 学生, 智能装备与系统。

张嘉祎(2006--), 女, 汉族, 山东济宁人, 本科, 学生, 智能装备与系统。

汤文轩(2007--), 女, 汉族, 山东德州人, 本科, 学生, 工程造价。

王紫炫(2007--), 女, 汉族, 吉林省吉林市人, 本科, 学生, 工程管理。

陈鑫涛(2006--), 女, 汉族, 福建泉州人, 本科, 学生, 机械工程。

宋扬(1991--), 女, 汉族, 辽宁昌图人, 硕士研究生, 讲师, 基础数学。