

数学分析课程与人工智能技术深度融合的教学

赵楠^{1*}, 叶俊佑²

¹新疆师范大学数学科学学院, 新疆 乌鲁木齐

²新疆大学数学与系统科学学院, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2025年12月16日; 录用日期: 2026年1月14日; 发布日期: 2026年1月23日

摘要

数学分析作为数学学科的核心基础课程, 其抽象性、逻辑严密性及计算复杂性对教与学均构成持续挑战。本文旨在探索人工智能技术在数学分析教学中的融合应用, 提出一个包含“知识图谱重构认知路径、智能交互辅助教学过程、数据驱动优化评价方式”的整合框架。通过构建学科知识图谱、开发智能教学助手、设计自适应学习系统以及尝试人机协同评价机制等路径, 本研究尝试推动教学模式由传统“传授-接受”向更具交互性的“探究-建构-协同”方向探索。本工作提供了一套初步的融合路径与实践案例, 旨在探讨其对学生数学抽象思维、逻辑推理与问题解决能力可能产生的积极影响, 并为数学基础课程在教学智能化方向的转型提供一种理论参考与实践尝试。

关键词

数学分析, 人工智能, 教学改革

Mathematics Analysis Instruction with Deep Integration of Artificial Intelligence Technologies

Nan Zhao^{1*}, Junyou Ye²

¹School of Mathematical Sciences, Xinjiang Normal University, Urumqi Xinjiang

²College of Mathematics and System Science, Xinjiang University, Urumqi Xinjiang

Received: December 16, 2025; accepted: January 14, 2026; published: January 23, 2026

Abstract

As the core foundational course in mathematics, Mathematical Analysis presents persistent challenges

*通讯作者。

to both teaching and learning due to its abstract nature, rigorous logic, and computational complexity. This paper aims to explore the integrated application of artificial intelligence technologies in the teaching of Mathematical Analysis and proposes a framework that encompasses “restructuring cognitive pathways through knowledge graphs, assisting the teaching process via intelligent interaction, and optimizing evaluation methods through data-driven approaches”. By constructing subject-specific knowledge graphs, developing intelligent teaching assistants, designing adaptive learning systems, and experimenting with human-machine collaborative evaluation mechanisms, this study seeks to promote a shift in teaching models from the traditional “transmission-acceptance” approach toward a more interactive “exploration-construction-collaboration” direction. This work provides a preliminary set of integration pathways and practical case studies, aiming to examine the potential positive impacts on students’ mathematical abstract thinking, logical reasoning, and problem-solving abilities, while offering theoretical reference and practical attempts for the intelligent transformation of foundational mathematics courses.

Keywords

Mathematical Analysis, Artificial Intelligence, Teaching Reform

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

数学分析(Mathematical Analysis)是高等院校数学类及相关理工科专业的核心基础课程，涵盖极限、微积分、级数等核心内容，其教学目标是培养学生的逻辑推理、抽象思维及严谨的数学表达能力。然而，传统教学模式面临概念抽象困局[1]，例如“epsilon-delta”语言、一致收敛等核心概念高度抽象，学生认知负荷高，直观理解困难；复杂定理证明逻辑链条长、技巧性强，课堂单向讲授效率低，学生个体差异导致理解深度不一；大量习题批改耗时耗力，教师难以及时精准反馈，学生错因得不到有效诊断；统一化的教学进度与资源难以满足不同认知水平和学习风格学生的需求；在基础概念和计算技巧的重复训练中，批判性思维、创新性问题解决能力培养不足。

与此同时，人工智能技术的迅猛发展，特别是大语言模型(LLMs)、知识图谱(Knowledge Graph)、自适应学习(Adaptive Learning)、教育数据挖掘(Educational Data Mining)等技术的日益成熟，为应对上述教学挑战提供了新的可能性与工具。作为最前沿的人工智能技术，大语言模型[2]具有卓越的自然语言理解与生成能力，在教育领域有着巨大的应用潜力。课程知识图谱是教育领域知识图谱的重要组成部分和基本单元，但在课程教学实践中，受课程数据资源、软件工具、教师技术知识和能力等诸多因素限制，课程知识图谱建设和教学应用面临多源课程资源数据标注困难、课程知识图谱高人工构建成本、教学应用模式单一等诸多现实问题[3]。高校在人工智能领域拥有前沿的知识、先进的技术、丰富的人才培养经验及优质的科研资源，如何将这些资源有效地应用于课程建设，成为当前教育领域亟待解决的问题[4]。

人工智能不仅可作为工具，更可成为认知伙伴与教学赋能者，实现对教、学、评、管全流程的深度重塑。本文将系统探索 AI 赋能下数学分析课程在教学目标重构、内容组织、教学模式创新、评价体系变革等方面的改革路径，旨在实现技术与教育的真融合、深变革。

2. 使用 AI 赋能下的数学分析教学新生态

本文提出“一个核心，双轮驱动，三维融合”的深度教学改革框架(如图 1)，即以培养学生抽象概括、

逻辑推理、严谨表达、批判创新的高阶数学思维为核目标,以AI深度赋能与教学模式重构为双轮——前者依托知识图谱、大模型、自适应引擎、数据分析等技术提供智能认知支持与决策依据,后者基于AI能力重构课前-课中-课后流程,构建“探究-建构-协同”式学习模式,同时从知识维、教学维、评价维实现三维融合,分别通过AI构建结构化可视化知识网络变革知识呈现与组织方式、以AI作为智能助教和学习伙伴重塑师生互动与生生协作形态、借AI实现过程性、诊断性、发展性评价驱动个性化学习与精准教学。

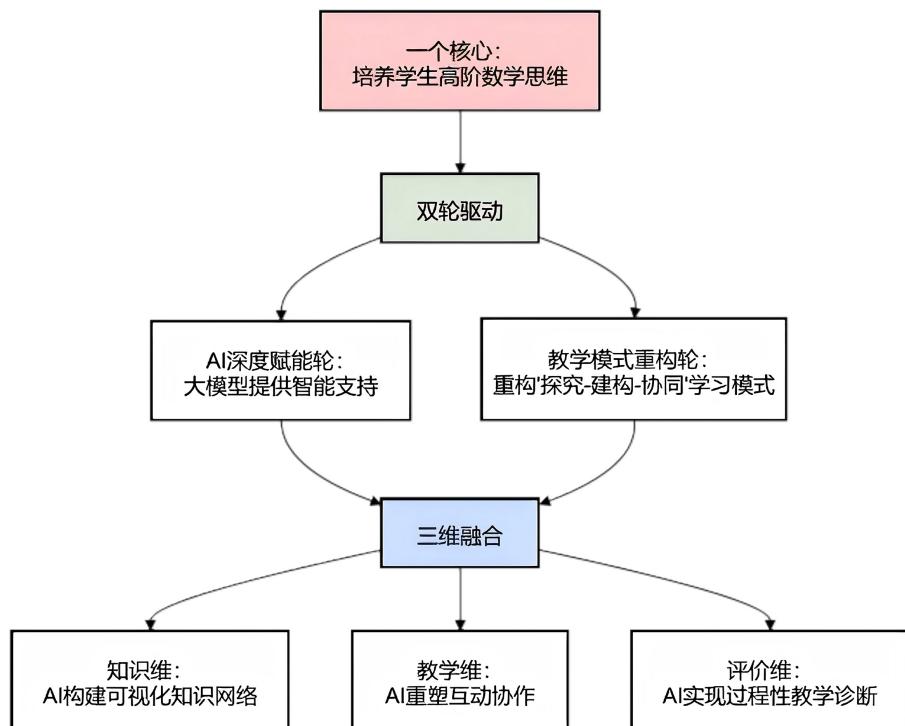


Figure 1. A framework for deep teaching reform empowered by artificial intelligence
图 1. AI 赋能下的深度教学改革框架

3. 关键技术应用与场景实现

知识图谱(Knowledge Graph)构建与智能导航需系统梳理数学分析核心概念、定理、方法及其逻辑关系,应用于智能导航学习路径、可视化概念网络、诊断知识漏洞(如图2)。大语言模型驱动的智能教学助手与交互需在通用大模型基础上,注入高质量数学分析语料进行微调或提示工程,以赋予其专业数学语言理解和生成能力,可实现智能答疑解惑、个性化学习对话伙伴、智能习题生成、自然语言证明理解与辅助撰写。自适应学习系统构建以融合知识图谱、学习分析引擎、智能内容推荐引擎为核心,可实现动态能力评估与画像、个性化内容推荐、自适应学习路径、学习干预预警。智能评价与反馈系统通过AI赋能多维度评价,包括基于规则引擎、形式化验证或经标注数据训练的模型实现计算题与部分证明题的自动批改,识别典型错误模式并生成精准错因分析报告,记录分析学生在智能平台的学习轨迹以评估学习投入度、策略运用情况及认知障碍,同时探索利用AI分析学生开放性探究报告与讨论帖中的论证逻辑、批判性观点和创新性想法,其应用场景涵盖学生完成练习或测验后获得即时个性化反馈,为教师提供班级整体和个体的可视化学情报告以支撑精准教学设计,自动生成包含知识掌握度、能力维度、学习行为特征的形成性评价报告作为终结性评价的有效补充。

题目: 计算极限 $\lim_{x \rightarrow 0} (\sin(x) - x) / x^3$

学生解答:

$$\begin{aligned} & \lim_{x \rightarrow 0} (\sin x - x) / x^3 \\ &= \lim_{x \rightarrow 0} (\cos x - 1) / (3x^2) \\ &= \lim_{x \rightarrow 0} (\sin x) / (6x) \\ &= \lim_{x \rightarrow 0} (\cos x) / 6 \\ &= 1/6 \end{aligned}$$

AI 诊断报告:

结果: 错误

错误步骤: 第一步求导错误。

正确法则: 洛必达法则要求分子分母在极限点

都趋于0(或 ∞)且导数之比的极限存在。第一步中,
分子($\sin x - x$)在 $x \rightarrow 0$ 时趋于0, 分母 x^3 也趋于0。

对分子求导应得($\cos x - 1$), 对分母求导得($3x^2$), 正确。

错误原因: 学生第二步再次对($\cos x - 1$)和($3x^2$)应用洛必达, 但此时分子($\cos 0 - 1 = 0$, 分母 $3 \cdot 0^2 = 0$),
可继续。但学生求导写成了对($\cos x$)求导得($\sin x$),
忽略了分子是($\cos x - 1$), 求导应为($-\sin x$)!

正确解答提示:

第二步应用洛必达后: $\lim_{x \rightarrow 0} (\cos x - 1) / (3x^2)$

继续洛必达(满足条件): $\lim_{x \rightarrow 0} (-\sin x) / (6x)$

再次洛必达: $\lim_{x \rightarrow 0} (-\cos x) / 6 = -1/6$

推荐资源: [洛必达法则详解视频] [求导法则复习]

Figure 2. Intelligent grading and error cause diagnosis report diagram

图 2. 智能批改与错因诊断报告示意图

4. 教学模式重构

依托 AI 技术, 我们重新设计了“课前智能引导学习 – 课中深入探索 – 课后精准拓展”的完整教学流程:

课前, 系统会根据下一节课的内容和学生已掌握的知识, 推送包含概念动画、背景资料、基础练习题的个性化预习内容; 智能助手还会提出“多项式怎么逼近复杂函数”“逼近的准确程度由什么决定”这类问题, 激发学生思考。同时, 系统会记录学生预习是否完成、练习题正确率多少、有哪些疑问, 整理成课堂教学参考报告。

课中, 老师会根据课前预习的反馈, 重点解决大家普遍有疑问的地方和学习难点。比如用交互式工具动态展示不同阶数的多项式逼近函数的效果, 让学生直观看到误差大小; 还会用智能证明工具帮大家拆解证明逻辑, 展示证明步骤、提示关键原理, 检查逻辑是否连贯。此外, 会组织小组借助智能助手查资料、验证思路、找反例展开讨论。老师的角色也从单纯讲知识, 变成设计学习活动、引导学习方向、帮助学生进步、培养深度思考能力的人, 会引导学生深入提问、组织大家论证观点、点评好的思考角度。

课后, 系统会根据学生课堂表现和知识掌握情况, 推送不同难度、不同类型的练习题, 例如基础巩固题、理解应用题、探究证明题等; 不定期推送拓展资料, 例如数学历史、实际应用案例等内容。学生做作业、复习时, 智能助手能随时提供解题指导、分析错题原因、解释不清楚的概念; 学生还能在平台论坛或协作空间里, 在智能助手的帮助下讨论问题、合作完成学习项目。

5. 实践案例与初步成效

本次教学实践以某高校数学专业一年级两个平行班为对象, A 班为实验组采用 AI 融合教学, B 班为对照组采用传统教学。技术上构建“集合映射 – 极限 – 连续”子知识图谱(如图 3), 开发含常见概念的连续性智能问答助手, 设计渐进式自适应习题链, 并使用智能批改系统处理基础 ε - δ 证明题。

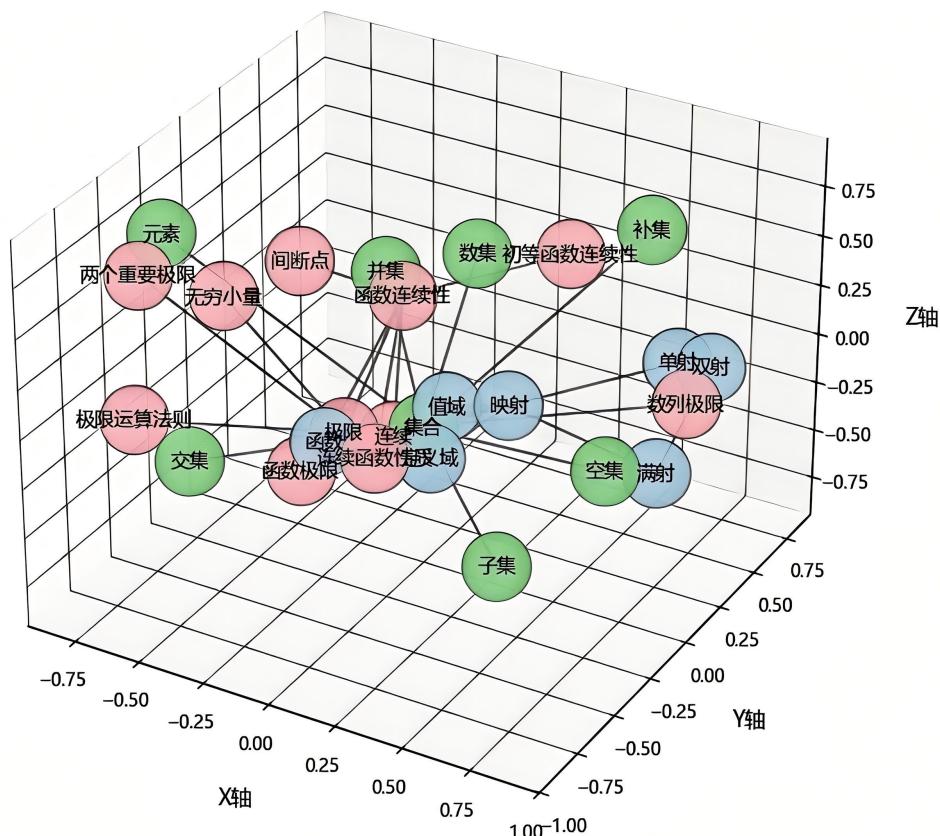


Figure 3. “Set-Mapping-Limit-Continuity” 3D knowledge graph
图 3. “集合映射 - 极限 - 连续” 3D 知识图谱

教学中,课前AI推送函数图像及思考题,课上教师展示预习争议、用交互式工具辅助理解 ε - δ 定义并组织分组挑战,课后AI推送个性化作业与开放性函数构造任务。从单元测验与问卷看,A班 ε - δ 定义理解题正确率(85%)显著高于B班(63%),证明能力更优,学生畏难情绪降低、自我效能感提升,教师也反馈AI学情数据助力精准教学,智能批改减轻机械劳动,见表1。

Table 1. AI teaching feedback comparison table
表 1. AI 教学反馈对照表

维度	核心内容
实施对象	高校数学专业一年级平行班: A班(AI教学)、B班(传统教学)
技术应用	子知识图谱、连续性智能问答助手、自适应习题链、 ε - δ 证明题智能批改
核心教学活动	课前AI推题→课中交互演示+分组挑战→课后个性化作业+开放性任务
初步成效	概念理解: 正确率A班85%, B班63%; 证明能力: A班逻辑更清晰; 师生体验显著提升

尽管AI与数学教育深度融合前景广阔,但也面临诸多挑战与局限。技术层面,大语言模型的可靠性、知识图谱的完整性等仍需提升,以匹配数学的严谨性;教师需重构TPACK能力,适应人机协同教学的新要求;伦理上要严守数据隐私规范,规避算法偏见与评价不公;资源建设与技术维护需持续投入,探索可持续模式;同时需防范学生过度依赖AI导致的思维惰性,明确其辅助边界,还要适配智能环境构建多元评价体系。

6. 结语

将人工智能技术深度融入数学分析课程教学, 是一项涉及教育理念、教学过程与评价方式的持续探索。通过尝试构建 AI 赋能的“知识图谱导航、智慧教学交互、自适应学习推送、智能化评价反馈”体系, 我们期望能对传统教学中的部分瓶颈有所缓解, 并为学生提供更加个性化、互动性、支持性的学习环境。这种深度融合的核心价值在于释放教师潜能、聚焦能力培养、支持个性发展, 将宝贵的师生互动时间聚焦于高阶思维的激发、引导与锤炼。

本研究提出的框架与实践路径, 为数学分析以及更广泛的数学基础课程教学改革提供了一种可能的参考范式。未来需要在实践中不断迭代技术、优化设计、平衡关系、完善评价, 让人工智能真正成为启迪数学智慧、培养创新人才的强大助力, 推动数学教育在智能化时代背景下的稳步发展。

未来, 教育将向“AI + HI”协同模式进化, 实现人机优势互补, 助力深度学习; 通过挖掘学习过程大数据深化认知机理研究, 反向优化教学设计与 AI 工具; 进一步拓展 AI 在数学建模、跨学科整合等复杂任务中的应用场景; 并推动校际间优质 AI 教学资源共建共享, 构建开放协同的智能数学教育生态体系。

基金项目

本文论受资助于国家自然科学基金数学天元项目: 12526505 和新疆师范大学博士(后)科研启动基金项目: XJNUZBS2514。

参考文献

- [1] 王彩虹, 张广永. 地方高校《数学分析》教材层次化的探索与实践[J]. 科技风, 2025(28): 22-24.
- [2] 孙承杰, 谢沛峰, 单丽莉, 等. 基于大语言模型的自动答题方法研究[J]. 软件导刊, 2025, 24(11): 9-14.
- [3] 吴鹏飞, 郭鹏, 耿鹏, 等. 基于大模型和多源学习资源数据的课程知识图谱建设研究[J]. 中国信息技术教育, 2025(21): 97-101.
- [4] 贺辉. 高校人工智能资源赋能基础教育的思考与探索[J]. 陕西教育(综合版), 2025(11): 36-37.