

AI赋能背景下《数学分析》混合式教学模式的构建与实践——基于OBE-BOPPPS框架

张伏

上海理工大学, 中国·上海 200093

摘要: 面向教育数字化与人工智能深度融入高等教育的新形势, 针对《数学分析》课程抽象性强、学生差异明显、课堂互动不足、过程评价薄弱等现实问题, 本文以 OBE 理念为价值导向, 以 BOPPPS 为课堂组织框架, 融合生成式人工智能在资源生成、学习诊断、智能答疑与过程反馈方面的优势, 构建“AI+OBE-BOPPPS”混合式教学模式。文章从课程目标重构、教学流程再造、分层支持机制与多元评价体系四个维度阐述模式建构逻辑, 并以“极限的 $\varepsilon-\delta$ 定义”教学为例说明其实施路径。研究表明, 该模式有助于促进《数学分析》教学由知识传递走向深度学习, 由统一推进走向精准支持, 由终结性评价走向过程—结果—评价, 对高等数学类基础课程教学改革具有一定借鉴意义。

关键词: 人工智能赋能; 数学分析; OBE; BOPPPS; 混合式教学

Construction and Practice of a Blended Teaching Model for "Mathematical Analysis" under the AI Empowerment Background——Based on the OBE-BOPPPS Framework

Zhang Fu

University of Shanghai for Science and Technology, China Shanghai 200093

Abstract: Facing the new situation of the deep integration of educational digitalisation and artificial intelligence into higher education, and addressing practical issues in the "Mathematical Analysis" course such as high abstraction, significant student differences, insufficient classroom interaction, and weak process evaluation, this paper, guided by the OBE concept and using BOPPPS as the classroom organisation framework, integrates the advantages of generative artificial intelligence in resource generation, learning diagnosis, intelligent Q&A, and process feedback to construct a "AI+OBE-BOPPPS" blended teaching model. The article elaborates the model construction logic from four dimensions: course objective reconstruction, teaching process redesign, hierarchical support mechanism, and diversified evaluation system, and illustrates its implementation path using the teaching of the " $\varepsilon-\delta$ definition of limits" as an example. The study shows that this model helps promote the "Mathematical Analysis" teaching from knowledge transmission to deep learning, from uniform advancement to precise support, and from terminal evaluation to integrated process-result evaluation, offering some reference value for the reform of basic higher mathematics courses.

Keywords: Artificial intelligence empowerment; Mathematical analysis; OBE; BOPPPS; Blended teaching

0 引言

人工智能技术, 尤其是生成式人工智能的快速发展, 正在深刻改变高等教育课程建设与课堂教学形态。教育部等六部门印发的《关于推进教育新型基础设施建设构建高质量教育支撑体系的指导意见》提出, 要开发基于大数据和人工智能的智能诊断、资源推送、学习辅导、智能助教与智能学伴等教育应用^[8]。教育部等九部门印发的《关于加快推进教育数字化的意见》进一步提出, 要推动课程、教材、教学体系智能化升级^[9]。在这一背景下, 如何将人工智能有机嵌入基础课程教学, 已成为当前高校教学改革

的重要议题。

《数学分析》是数学类专业的核心主干课程, 也是理工科人才培养中的重要理论基础。该课程以极限理论为主线, 贯穿连续、导数、积分、级数等基本内容, 不仅承担着数学知识传授的任务, 更承担着培养学生严谨推理能力、抽象思维能力和规范表达能力的重要使命。然而, 在长期教学实践中, 《数学分析》课堂普遍存在以下问题: 其一, 课程概念高度抽象、定理证明逻辑严密, 学生理解难度大; 其二, 学生数学基础与学习能力差异明显, 统一化教学难以兼顾不同层次学生需求; 其三, 传统课堂以教师讲

授为主, 学生参与不足, 自主学习与深度思考能力培养有限; 其四, 课程评价方式仍偏重终结性考试, 难以反映学生知识建构与能力发展的全过程。上述问题在你提供的材料中也得到了较为系统的概括。

围绕基础课程教学改革, 成果导向教育 (Outcome-Based Education, OBE) 和 BOPPPS 教学模式近年来受到广泛关注。OBE 强调以学习成果为导向, 要求教学目标、学习活动和评价方式保持一致^[1,2]; BOPPPS 则通过导入、目标、前测、参与式学习、后测和总结六个环节, 为课堂教学提供了完整流程框架^[3-5]。与此同时, 人工智能在资源生成、学习诊断、个性化反馈与过程评价方面展现出明显优势^[6,7]。因此, 将 AI 技术与 OBE 理念、BOPPPS 课堂结构有机融合, 有望为《数学分析》课程改革提供新的实现路径。

基于此, 本文立足《数学分析》课程特点与教学痛点, 结合前期教学研究与实践基础, 构建“AI+OBE-BOPPPS”混合式教学模式, 并从目标体系、实施流程、案例设计和评价机制等方面进行系统阐述, 以期为数理学类基础课程教学改革提供可推广的参考。

2 理论依据与模式建构逻辑

OBE 是一种以学生最终学习成果为核心的教育理念, 强调从“教师教了什么”转向“学生学会了什么”。Biggs 提出的建构性对齐理论指出, 教学设计应实现课程目标、学习活动与评价任务之间的内在一致^[1,2]。对于《数学分析》而言, 这意味着课程目标不应停留于“掌握知识点”, 而应进一步细化为概念理解、逻辑证明、问题分析、迁移应用等可观察、可评价的学习产出。

BOPPPS 模式包括导入、目标、前测、参与式学习、后测与总结六个环节, 其核心在于通过完整的教学闭环提高学习投入与课堂效果。已有研究表明, 基于 OBE 理念的 BOPPPS 教学设计在提升学习参与度、学习体验和学习效果方面具有积极作用^[3-5]。这一模式尤其适合逻辑层次清晰、知识结构递进明显的课程。

人工智能技术在高等教育中的应用, 已由早期的资源检索与自动评分逐渐转向个性化学习支持、智能反馈和学习分析。系统综述表明, AI 在个性化学习路径推荐、实时学习诊断和形成性评价方面具有明显潜力^[6,7]。结合《数学分析》课程特点, AI 可在以下方面发挥辅助作用: 生成多样化教学资源、辅助前测与后测、识别学生常见错误、提供差异化练习与反馈、支持学习过程数据分析等。

基于上述认识, 本文构建的“AI+OBE-BOPPPS”模

式包括三个维度: 其一是目标层, 以 OBE 理念将课程目标细化为知识目标、能力目标和素养目标; 其二是过程层, 以 BOPPPS 六环节组织单元教学; 其三是技术层, 以 AI 为资源生成、学习支持和评价反馈工具。三者协同作用, 形成目标、活动、支持和评价一体化的教学闭环。

3《数学分析》教学中的现实困境

《数学分析》是一门理论性、系统性和抽象性都很强的课程。学生在学习过程中常遇到两个层面的障碍: 一是认知障碍, 即对极限、连续、一致连续、导数等概念的本质理解不足; 二是表达障碍, 即能感知数学对象变化趋势, 却无法用严格的数学语言与逻辑进行准确表述。这种“直观有余、严密不足”的现象, 直接影响学生后续对定理证明和综合应用的掌握。

与此同时, 随着高等教育普及化发展, 学生入学基础差异日益明显。统一化的教学内容与节奏往往难以兼顾不同层次学生的学习需求。基础较弱者容易“掉队”, 基础较好者则可能因课堂挑战不足而缺乏足够投入。你提供的材料提出了“个性化教学与分层次学习”的必要性, 并强调利用 AI 分析学习行为、识别薄弱环节和推送差异化资源, 这为本文后续模式构建提供了直接依据。

此外, 传统《数学分析》教学方式较为单一, 往往偏重教师板书讲解和例题演示, 课堂互动有限, 学生更多处于被动接受状态。课程评价则多依赖期末考试, 难以及时反映学生在概念形成、逻辑思维与自主学习能力方面的渐进发展。项目材料中也明确指出, 传统评估方式忽视了学习过程的持续评价, 不利于教学策略的动态调整。

因此, 《数学分析》教学改革的关键, 不是单纯增加技术工具, 而是围绕“目标导向、过程重构、差异支持、持续评价”四个维度重建教学逻辑。

4“AI+OBE-BOPPPS”混合式教学模式的实施路径

在导入环节, 教师借助 AI 快速生成与课程内容相关的情境化、可视化素材, 通过生活经验、科学应用或动态图像引出问题, 帮助学生在进入形式化定义前建立直观表征。例如, 在讲授导数时, 可引入梯度下降和变化率的实际情境; 在讲授极限时, 可通过函数图像局部放大展示“趋近”的动态过程。

在目标环节, 教师依据 OBE 理念将本节课目标转化为可观察、可评价的学习任务。AI 可以将抽象表述进一步转化为学生更易理解的自然语言目标, 并根据不同学情提供学习路径提示, 使学生明确“本节课要会什么、达到什

么程度、如何体现出来”。

在前测环节,教师利用AI生成分层诊断题,对学生的知识基础、概念理解和常见误区进行快速识别。前测结果不仅用于判断教学起点,也用于划分课堂支持层次。例如,对定义理解薄弱的学生,侧重提供概念解释与基础训练;对基础较好的学生,则提供更具挑战性的证明任务与拓展问题。

参与式学习是整个模式的核心。教师通过小组讨论、例反例辨析、问题链探究、板演汇报等方式组织学生主动建构知识。AI在这一环节可作为虚拟助教,为学生提供多角度解释、变式题、思路提示和即时反馈,但不直接替代证明过程。教师则承担逻辑把关、节奏调控和关键点提升的职责,实现“人机协同、教师主导、学生主体”的课堂生态。

在后测环节,教师依据本节课目标设置基础、提高和拓展三个层次的检测任务。AI可辅助生成差异化题目,并对学生答案中的逻辑漏洞、符号表达错误和条件遗漏进行初步标注,帮助学生及时修正。

在总结环节,教师引导学生回顾本节课的核心概念、关键方法和易错点,帮助其将零散知识结构化。AI可进一步生成课堂知识图谱、个体学习报告与后续强化资源,实现课堂学习向课后巩固的自然延伸。

5 教学案例:极限的 $\varepsilon - \delta$ 定义

“极限的 $\varepsilon - \delta$ 定义”是《数学分析》入门阶段最关键也最困难的内容之一。学生常见问题在于:能够直观感受“趋近”,但难以将这种直观转化为严格的量化表达;能够背诵定义,却不会利用定义完成简单证明。

在本节教学的导入阶段,教师先借助AI生成的函数动态图像与局部放大效果,引导学生观察“当 x 接近某点时, $f(x)$ 如何接近某值”。通过多个函数实例,学生初步感受到“接近”不是静态关系,而是局部变化中的控制关系。

在目标呈现阶段,教师将学习目标明确为三项:一是能够用自然语言解释 ε 与 δ 的含义;二是能够辨析自变量接近与函数值接近之间的逻辑关系;三是能够借助定义完成简单极限命题的论证。

在前测中,教师利用AI生成的诊断题快速识别学生误区,例如将“ x 接近 a ”误认为“ x 等于 a ”,将“任意 ε ”误解为“某个固定 ε ”,或忽略 δ 对 ε 的依赖关系。前测结果显示,不同层次学生在符号理解和语言表达方面的困难明显不同,据此教师安排了差异化支持。

在参与式学习阶段,教师围绕“如何把‘足够接近’

说准确”设计问题链,组织学生分组讨论。基础组主要完成自然语言到数学符号的转化,高阶组则需要辨析不完整证明、构造反例并尝试利用定义证明简单命题。AI为各组提供提示、变式题和错误案例,教师再对学生的表达进行逻辑统整,突出“先给 ε , 再找 δ ”“任意 ε ”的量词顺序和“ $0 < |x-a| < \delta$ ”的约束作用。

在后测与总结阶段,教师设置了重述定义、判断命题、完成证明三类任务,并结合学生表现总结本节课的核心收获:极限定义的难点不在符号本身,而在于把直观的“接近”转化为严谨的量化控制关系。通过这一过程,学生对定义的理解由“会背”逐步走向“会说、会辨、会用”。

6 实践成效、问题反思与结论

从教学实践看,该模式具有以下方面价值。其一,课程目标表达更清晰,学生能够明确学习任务与达成标准,提升学习的方向感。其二,课堂参与更具深度,学生在讨论、辨析、板演和纠错中逐步形成概念理解与逻辑表达能力。其三,分层支持更为精准,教师可以基于前测和过程数据识别差异,实施有针对性的教学干预。其四,评价方式更趋完整,形成了“前测—参与—后测—反馈”的过程性评价链条。

同时也应看到,该模式的有效实施对教师提出了更高要求。首先,AI生成内容可能存在数学表述不严谨、推理跳步或例题适切性不足等问题,教师必须承担学术把关责任。其次,若缺乏明确规则,学生可能将AI简化为答案工具而非思维支持工具。再次,资源建设、平台应用与数据整理会增加教师的前期投入。

因此,AI赋能《数学分析》教学的关键并不在于“多用AI”,而在于面向学习产出目标,合理确定AI的角色边界,使其服务于概念理解、过程参与和持续评价。

7 结语

在教育数字化持续推进的背景下,《数学分析》教学改革需要从“技术嵌入”迈向“教学逻辑重构”。本文基于OBE理念、BOPPPS课堂结构与人工智能辅助功能,构建了“AI+OBE-BOPPPS”混合式教学模式,并结合“极限的 $\varepsilon - \delta$ 定义”教学案例对其实践路径进行了说明。研究表明,该模式有助于提升课程目标对齐度、课堂参与度、差异化支持能力和形成性评价水平,能够在一定程度上回应《数学分析》教学中的抽象性、差异性与评价单一等问题。

需要指出的是,本文属于理论与实践结合的教改研究,重在提出整体框架与实施路径。后续研究可进一步结

合实验班与对照班数据、课堂观察、作业文本分析与学生访谈,增强实证性与说服力,从而推动该模式在数学类基础课程中的深化应用。

参考文献:

[1] BIGGS J. Enhancing teaching through constructive alignment[J]. Higher Education, 1996, 32(3): 347-364.

[2] BIGGS J. What the student does: teaching for enhanced learning[J]. Higher Education Research & Development, 1999, 18(1): 57-75.

[3] LI P, LAN X, REN L, et al. Research and practice of the BOPPPS teaching model based on the OBE concept in clinical basic laboratory experiment teaching[J]. BMC Medical Education, 2023, 23: 882.

[4] MA X, MA X, LI L, et al. Effect of blended learning with BOPPPS model on Chinese student outcomes and perceptions in an introduction course of health services management[J]. Advances in Physiology Education, 2021, 45(2): 409-417.

[5] SHEN B, et al. Development and effectiveness of a BOPPPS teaching model-based workshop for community

pharmacists training[J]. BMC Medical Education, 2024, 24: 5282.

[6] MERINO-CAMPOS C. The impact of artificial intelligence on personalized learning in higher education: a systematic review[J]. Trends in Higher Education, 2025, 4(2): 17.

[7] FORTUNA A, et al. Artificial intelligence in personalized learning: A global systematic review of current advancements and shaping future opportunities[J]. Social Sciences & Humanities Open, 2025, 12: 1021142025.

[8] 教育部等六部门. 关于推进教育新型基础设施建设构建高质量教育支撑体系的指导意见[EB/OL]. (2021-07-21)[2026-03-26].

[9] 教育部等九部门. 关于加快推进教育数字化的意见[EB/OL]. (2025-04-16)[2026-03-26].

[10] 教育部高等教育司. 关于征集第三批“人工智能+高等教育”典型应用场景案例的通知[EB/OL]. (2025-06-04)[2026-03-26].

作者简介: 张伏(1982.11-), 男, 汉族, 江苏省睢宁县人, 博士学历, 副教授, 研究方向: 随机分析与控制。