

AI赋能数值分析教学改革探索与实践 ——以理工科研究生数值分析为例

张永金*, 王 静, 李五明

河南理工大学数学与信息科学学院, 河南 焦作

收稿日期: 2025年10月29日; 录用日期: 2025年11月27日; 发布日期: 2025年12月4日

摘要

在新工科建设与人工智能(AI)技术深度融合的时代背景下, 研究生数值分析课程面临着传统数学理论与智能算法融合、工程实践与教学内容衔接等关键性挑战。本文构建以AI技术赋能为核心的课程改革框架, 通过“经典基础 - 现代前沿”两层递进的内容体系重构和智能化个性化教学平台建设, 形成了“理论基础 - 算法实现 - 工程应用”三位一体的创新教学模式。该模式采用问题驱动式教学方法, 融合混合式教学手段, 实现了知识传授与能力培养的有机统一。教学实践验证表明, 改革方案在提升学生数学建模能力、算法设计能力和工程实践能力方面效果显著, 学生在解决复杂工程问题的综合能力上获得了显著提升。研究成果为新工科背景下理工科高阶课程的智能化改革提供了可借鉴的理论框架和实践路径。

关键词

人工智能, 数值分析, 教学改革, 新工科

AI-Enhanced Curriculum Reform in Numerical Analysis: Exploration and Practice

—A Case Study of Graduate Numerical Analysis in Engineering and Science

Yongjin Zhang*, Jing Wang, Wuming Li

School of Mathematics and Information Science, Henan Polytechnic University, Jiaozuo Henan

Received: October 29, 2025; accepted: November 27, 2025; published: December 4, 2025

*通讯作者。

Abstract

Under the dual driving forces of emerging engineering education and the rapid development of artificial intelligence (AI) technology, graduate numerical analysis courses face critical challenges in bridging classical mathematical theories with intelligent algorithms and connecting engineering problems with pedagogical content. This paper establishes an AI-empowered curriculum reform framework through the reconstruction of a two-tier progressive content system combining “classical foundations with modern frontiers”, the development of intelligent personalized teaching platforms, and the implementation of deep industry-academia integration mechanisms, forming an innovative three-dimensional teaching model that integrates “theoretical foundations-algorithmic implementation-engineering applications”. The model employs problem-driven teaching methods and blended learning approaches, achieving organic unity between knowledge transmission and competency development. Pedagogical practice validation demonstrates that the reform initiative significantly enhances students’ mathematical modeling capabilities, algorithm design skills, and engineering practice abilities, with notable improvements in their comprehensive capacity to solve complex engineering problems. The research outcomes provide a referenceable theoretical framework and practical pathway for the intelligent transformation of advanced STEM courses under the emerging engineering education paradigm.

Keywords

Artificial Intelligence, Numerical Analysis, Curriculum Reform, New Engineering Education

Copyright © 2025 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

新工科建设是我国高等教育在新时期深化工程教育改革、建设工程教育强国的重要举措，对服务和支撑我国经济转型升级意义重大[1]。数值分析主要研究用计算机求解各种数学问题的数值计算方法及其理论与软件实现，是众多理工科研究生的必修学位课。该课程是工程数学与计算机应用的桥梁，在研究生培养中起着奠基性作用。随着人工智能(AI)技术的快速发展，ChatGPT 和 DeepSeek 等应用的广泛使用，传统的数值分析课程面临着前所未有的挑战与机遇。一方面，机器学习、深度学习等智能算法的兴起，要求学生不仅掌握经典数值方法，更需要理解其与现代 AI 算法的内在联系；另一方面，工程实践对数值计算的需求日益复杂，传统的理论教学模式难以满足新工科人才培养的要求。

在此背景下，如何有效整合 AI 技术与传统数值分析教学，构建适应新时代需求的课程体系，满足新工科建设的要求，成为当前高等教育改革的重要课题[2]-[5]。本文基于多年教学实践，深入探讨 AI 赋能研究生数值分析课程的改革路径与实施策略。

2. 教学改革的必要性分析

2.1. 传统教学模式的局限性

数值分析涉及数学、计算机科学、工程等多个学科领域，是一门多学科交叉融合的课程，需要学生具备跨学科的综合能力。然而，传统的研究生数值分析课程普遍存在以下问题。

理论与实践脱节严重。课程内容多以经典数值方法为主，如牛顿迭代法、高斯消元法、龙格-库塔方法等，虽然理论基础扎实，但与当前工程实际需求存在较大差距。学生即便能够熟练掌握理论推导，却难以将其应用于解决复杂的工程问题。

教学方法单一落后。传统教学主要采用“教师讲授+学生听课+作业练习”的模式，实践环节和真实应用案例相对不足，缺乏互动性和实践性。这种单向传输的教学方式难以激发学生的学习兴趣，无法培养学生的创新思维和实际操作能力。

内容更新滞后。数值分析教材多年未有重大更新，课程内容仍以20世纪的经典算法为主，对近年来兴起的机器学习优化算法、深度学习中的数值方法等前沿知识涉及较少，导致学生知识结构与时代发展脱节。

2.2. 新工科建设的时代要求

新工科建设强调跨学科融合、产教结合、协同育人，要求培养具有创新能力、工程实践能力和国际竞争力的新型工程人才[1]。如上所述，数值分析是工程数学与计算机应用的桥梁，为新工科建设目标的达成起着重要的支撑作用。这就需要在数值分析课程之中注意以下几个方面。

强化跨学科融合。数值分析课程的跨学科融合体现在它是数学、计算机科学、人工智能及工程技术的深度交叉融合。数值分析拥有严格的理论基础，包括泛函分析和矩阵理论等现代应用数学工具，同时还要设计高效稳定的算法并利用现代计算机进行计算模拟。笔者认为数值分析课程的目标应该是通过构建“基础-交叉-创新”三级课程体系，组织数学建模、智能计算等跨学科项目，帮助学生掌握从传统数值方法到现代AI算法的知识体系，培养学生掌握从理论推导到工程实现的创新能力。

突出工程实践导向。《教育部关于加快建设新工科的意见》明确要求：“强化数学基础与工程实践的深度融合”。数值分析作为连接数学理论与工程应用的桥梁课程，课程内容应紧密结合工程实际，通过真实的工程案例驱动教学，让学生在解决实际问题的过程中掌握理论知识和实践技能，切实促进新工科建设目标的达成。

培养创新思维能力。教育部新工科建设要求培养“计算思维+创新能力”复合人才。数值分析特有的“建模-离散-求解-验证”流程为训练学生创新思维提供绝佳的机会，误差分析与稳定性研究培养批判性思维，多解性问题(如非线性方程)促进发散思维。因此，要充分利用数值分析课程培养学生的批判性思维、创新性思维和系统性思维。

2.3. 人工智能技术发展的推动作用

随着ChatGPT、DeepSeek等人工智能技术的快速发展和广泛应用，各行业包括教育领域正在经历深刻变革。这些AI技术为数值分析教学提供了前所未有的技术支撑和发展机遇，主要体现在三个层面。

在算法层面，人工智能与传统数值方法展现出天然的亲缘性。深度学习的核心训练算法本质上都是经典的数值优化问题：梯度下降法延续了最速下降法的思想脉络，Adam优化器融合了动量法和自适应学习率的智慧，反向传播算法则是链式法则的数值实现。这种内在一致性为课程改革提供了绝佳的切入点。在讲解共轭梯度法时，可以自然地延伸到其在神经网络训练中的应用；在讨论病态问题时，可以结合深度学习中的正则化技术；在分析数值稳定性时，又能与梯度消失、爆炸现象相互印证。这种有机融合不仅丰富了教学内容，更让学生深刻理解算法背后的数学本质。

在工具层面，现代AI技术生态提供了强大的计算支持。TensorFlow、PyTorch等框架的自动微分功能，让复杂导数计算变得轻而易举；JAX的向量化运算大幅提升了数值实验效率；NumPy、SciPy等科学计算库则提供了完善的线性代数接口。这些工具极大地降低了算法实现的门槛，使学生能够用简洁的代

码完成过去需要数百行才能实现的功能，让师生能够将更多精力投入到算法原理和创新的思考上。

在应用层面，AI 技术极大地拓展了数值分析的实践疆域。在计算机视觉领域，图像超分辨率重建中的数值逼近问题、三维重建中的稀疏矩阵求解，都是绝佳的教学案例；在自然语言处理中，词向量训练涉及的大规模优化、注意力机制中的矩阵分解，展现了数值方法的现代应用；在智能制造领域，数字孪生中的微分方程求解、工艺优化中的启发式算法，架起了理论与实践的桥梁。这些鲜活的案例不仅丰富了教学内容，更让学生直观感受到数值方法的实际价值。

时代在前进，AI 技术在快速发展和融合。这些深度融合正在催生新的教学模式。数值分析课程必将迎来更加深刻的变革，为培养面向未来的创新人才提供有力支撑。

3. 改革探索的实施策略

3.1. 课程内容体系重构

3.1.1. 构建“经典基础 - 现代前沿”两层递进体系

在经典基础层面，保留传统数值分析的核心内容，包括误差分析、线性代数方程组求解、插值与拟合、数值积分与微分、常微分方程数值解等。这些内容作为基础，为后续学习奠定坚实的理论基础。

在现代前沿拓展层面，介绍人工智能中的数值方法，包括深度学习中的优化算法、自动微分技术、贝叶斯优化等前沿内容。事实上，自动微分技术将传统的符号微分和数值微分统一在计算图的框架下，实现了高效、精确的梯度计算。这种技术不仅是深度学习框架的核心，更体现了现代计算数学的优雅性。前向模式和反向模式的自动微分，分别对应了不同的计算效率考虑，体现了数值分析中时间复杂度与空间复杂度的权衡思想。

这种两层递进体系体现了知识传承的螺旋式上升规律。经典基础层提供了坚实的数学基础和思维方法，现代前沿拓展层则在这个基础上进行创新和发展。学生在掌握经典方法的同时，能够理解现代技术的理论根源，形成完整的知识体系。另一方面，经典基础层强调理论的严谨性和方法的通用性，现代前沿拓展层则体现了理论在实际应用中的创新发展。这种结合不仅培养了学生的理论思维能力，更提高了他们解决实际问题的能力。

这种两层递进体系不仅是课程设置的创新，更是教育理念的体现。它强调基础与前沿的统一，理论与实践的结合，传承与创新的平衡。在人工智能快速发展的时代，这种体系架构为培养具有深厚数学基础和前沿视野的复合型人才提供了有效路径。未来，随着人工智能技术的不断发展，这种体系架构还将继续演化，经典基础层将更加精炼和深化，现代前沿拓展层将不断更新和扩展，形成一个动态平衡的知识体系，为人工智能时代的人才培养提供更加完善的理论支撑和实践指导。

3.1.2. 设计跨学科融合模块

数值分析课程教学应该关注三个核心要素：深入剖析核心算法，密切联系工程实践，时刻关注领域前沿动态。为此，在课程改革的跨学科融合进程中，我们设计了 AI 算法原理模块、工程应用案例模块、前沿技术追踪模块。

AI 算法原理模块，从数值分析的角度解析机器学习和深度学习算法，如将神经网络训练理解为非线性优化问题，将反向传播算法与数值微分方法联系起来。事实上，我们将自动微分与经典的数值微分方法进行深度对比：前向模式自动微分对应雅可比矩阵的逐列计算，而反向模式则对应逐行计算。以卷积神经网络为具体案例，当网络包含 100 万个参数时，前向模式需要计算 100 万次前向传播，而反向模式仅需一次前向和一次反向传播。这种计算效率的巨大差异，正是现代深度学习得以实现的数值计算基础。

Adam 优化器的设计融合了动量法和自适应学习率的思想，其中的指数移动平均实际上是对梯度统计量

的数值滤波，体现了信号处理中的数值方法在优化算法中的创新应用。

工程应用案例模块，选择典型的工程问题，如结构优化设计、信号处理、图像识别等，展示数值方法与 AI 技术的深度融合和协同应用创新。例如，信号处理领域的语音识别系统展现了另一种协同模式。传统的快速傅里叶变换(FFT)用于信号的频域分析，而深度学习模型则负责特征提取和模式识别。对于包含噪声的语音信号，首先采用小波变换进行多尺度分析，然后利用卷积神经网络进行特征学习。这种混合架构将经典数值分析的频域处理能力与深度学习的表征学习能力完美结合，在复杂声学环境下的识别准确率可以显著提升。

前沿技术追踪模块，构建一个动态更新的知识体系，紧跟科技发展的最新脉搏。定期更新课程内容，引入最新的研究成果和技术动态，如量子计算中的数值方法、边缘计算中的轻量化算法等。

这三个模块相辅相成，AI 算法原理是基石，为工程应用提供理论支撑；工程应用案例是实践场，让理论在实际中得到检验与拓展；前沿技术追踪则是指引灯，为课程注入新的活力与方向。通过这三个模块的协同，数值分析课程能培养出兼具扎实理论基础、实践能力与创新精神的复合型人才，使其能更好地适应未来复杂多变的工作需求。

3.2. 智能教学平台构建

3.2.1. 多模态教学资源整合

多模态教学资源整合的核心目标是打破单一教学资源的局限，为学习者构建立体、个性化的学习环境。我们将互动式可视化平台、智能编程环境、AI 辅助学习系统等不同形态的教学资源进行有机融合，形成协同作用的教学体系，促进学生主动学习和对知识的深度理解，以适应多样化学习需求，提升教学效果。

互动式可视化平台。开发基于 Web 的数值分析可视化平台，学生可以通过调整参数实时观察算法的收敛过程、误差变化等，增强对抽象概念的理解。例如，通过动态图形展示牛顿迭代法的几何意义，让学生直观理解算法的收敛性质。

智能编程环境。集成 Jupyter Notebook、阿里云、百度飞桨等云计算平台，为学生提供便捷的编程环境。同时，积极开发和利用智能代码提示和错误诊断功能，帮助学生快速定位和解决编程问题。

AI 辅助学习系统。利用自然语言处理技术开发智能答疑系统，能够理解学生的问题并提供针对性的解答。同时，通过学习分析技术跟踪学生的学习进度，为个性化教学提供数据支撑。

多模态资源的联动，既能覆盖不同学习风格(如视觉型、实践型)，又能通过数据互通实现学习过程的全链条支持(从知识输入到应用反馈)，最终提升学习体验和效果。

3.2.2. 多维度智能教育评估机制创建

为全面评估学生在数值分析课程跨学科融合学习中的多维度能力，我们借助 AI 技术构建三位一体的能力评估模型，该模型围绕数学基础、编程能力、工程实践能力这三个关键维度展开，创建多维度智能教育评估机制。

1) 数学基础评估模块：平台设置丰富的数值分析基础知识试题库，学生可以随时进行线上测试，系统自动批改并分析学生对概念、定理的掌握程度。同时，可视化展示学生知识薄弱点，为针对性学习提供依据。

2) 编程能力与评估模块：整合 Python、Matlab 等主流编程工具环境，学生可在线编写、调试数值分析算法代码。平台具备代码自动评测功能，从代码正确性、运行效率、代码规范等多方面进行分析点评，促进学生提升编程实践能力。

3) 工程实践能力评估模块: 引入真实工程案例场景, 学生以小组形式参与实践项目。在项目进行中, 平台记录学生的团队协作、问题解决过程。根据项目完成度、创新性、实际应用价值等方面评价, 促进学生将理论知识转化为解决实际工程问题的能力。

这种多维度智能教育评估机制可以根据学生的学习进度和能力水平, 动态调整学习内容和难度, 确保每个学生都能在适合的节奏下掌握课程内容。这种基于数据驱动的个性化教育生态真正实现了因材施教的教育理念。

3.3. 教学方法创新

依托智能平台建设, 结合工科实际专业方向, 坚持“以学生为中心”, 突出教学过程的实践性、互动性和个性化, 综合运用如下教学模式与方法。

3.3.1. 基于“问题驱动”的项目式教学

结合相关专业方向, 以跨学科案例(如工程结构优化、大数据拟合等)为切入点, 充分利用真实问题情境, 将抽象的数值分析理论植根于具体的工程实践土壤中, 将知识体系融入“解决问题的步骤”。让学生在解决实际问题的过程中自然而然地掌握数学知识和方法。以实际工程问题为出发点, 引导学生分析问题的数学本质, 选择合适的数值方法, 并通过编程实践解决工程问题。例如, 在航空航天领域, 卫星轨道优化问题为学生提供了另一个精彩的学习情境。学生需要分析多体引力场下的轨道动力学, 建立包含地球、月球、太阳引力的三体问题模型, 然后运用数值积分方法求解轨道方程。这种真实问题情境不仅激发了学生的学习兴趣, 更让他们深刻理解了数值方法在解决复杂非线性问题中的核心价值。

问题驱动的项目式教学契合了教育心理学中的“最近发展区”理论, 通过精心设计的问题序列, 引导学生沿着认知阶梯逐步攀升。具体而言, 将复杂问题分解为若干个子问题, 按照从简单到复杂的顺序逐步展开, 帮助学生建立系统性的问题解决思路。以图像处理中的边缘检测为例, 教学设计从最简单的一维信号差分开始, 让学生理解数值微分的基本概念; 然后扩展到二维图像的梯度计算, 引入偏微分的数值方法; 接着讨论噪声对梯度计算的影响, 介绍高斯滤波等预处理技术; 最后整合所有知识, 实现完整的边缘检测算法。

这种渐进式设计的精妙之处在于每个阶段都是下一阶段的必要基础, 同时每个问题都有其独立的价值和意义。学生在解决每个子问题的过程中, 不仅掌握了具体的技术方法, 更重要的是建立了系统性的问题分析思路。当面对新的复杂问题时, 他们能够自觉地运用这种分解-分析-综合的思维模式。此外, 还可设计可以开放式探索的问题。鼓励学生提出自己的解决方案, 并与经典方法进行比较, 培养学生的创新思维和批判性思维。

3.3.2. 混合式教学模式

随着现代教育技术的普及和AI技术的快速发展和广泛应用, 教育模式也在发生深刻的变换。这里我们主要探索了线上线下融合的课堂模式和同步异步结合的分层教学模式。

线上线下有机融合, 充分发挥技术优势和潜能。教师不仅是知识的传承者, 更是学习过程的引导者和问题解决的协作者。随着大量优质教育资源的网络共享, 线上线下融合的课堂模式彻底改变了传统的教学时空格局, 实现了知识传授与能力培养的有机统一。线上课堂实现精准预习引导, 学生通过线上平台学习数值分析的基础理论, 观看精心制作的教学视频, 完成交互式的概念理解练习。以线性方程组求解为例, 学生在线上通过动画演示理解高斯消元法的基本步骤, 通过在线练习掌握矩阵LU分解的计算过程。线下课堂则成为深度学习和创新实践的舞台。学生带着线上学习中遇到的疑问和思考来到课堂, 在小组讨论中碰撞思维的火花, 在实践操作中验证理论的正确性。课后利用多维度的在线平台可以进一

步实现学生的个性化复盘。这种模式不仅提高了学习效率，更重要的是培养了学生的自主学习能力和协作精神。

同步异步结合的分层教学，充分实现因材施教。同步异步结合的教学模式充分考虑了学生的个体差异和学习节奏，实现了统一要求与个性发展的和谐统一。同步教学环节聚焦于重点难点的深入讲解和师生互动讨论，如在讲解数值稳定性理论时，教师通过实时的数值实验演示，让学生直观地观察到舍入误差的累积效应，理解条件数对算法稳定性的影响。异步学习环节则利用智能学习系统根据学生的学习数据，推荐个性化的学习资源和练习题目。基础较好的学生可以提前学习高级内容，探索更具挑战性的问题；基础相对薄弱的学生则可以反复学习基础知识，通过多种方式强化理解，这为学生提供了个性化的学习空间和时间。真正实现了因材施教的教育理念。

这些改革的核心是打破“教师讲、学生听”的传统模式，坚持“以学生为中心”，通过真实任务驱动实践、技术工具支撑互动、分层设计适配差异，让学生在“做中学、辩中悟”，既掌握数值分析的原理，又能灵活应用于解决实际问题。

4. 改革效果与评价

4.1. 学生能力维度：从“知识掌握”到“综合应用”的跃升

基础能力扎实度：通过“经典基础层”的强化和分层教学，学生对误差分析、收敛性等核心概念的理解更深入，传统数值算法(如线性方程组解法、插值拟合)的掌握准确率预计提升 20%~30%。

实践与创新能力：项目式教学和编程实践推动学生从“被动接受”转向“主动设计”，能独立用数值方法解决跨学科问题(如工程优化、数据分析)的学生比例显著提高，课程项目中出现算法改进、跨界应用等创新成果的概率增加。

学科交叉素养：跨学科模块和协同教学让学生能识别不同领域(如工科、数据分析)中数值方法的应用场景，形成“数值思维”，毕业后在科研或工作中运用数值工具解决实际问题的适应性更强。

4.2. 教学质量维度：从“统一灌输”到“精准适配”的转型

教学互动性增强：智能平台的动态可视化、在线协作等功能，使课堂参与度(如提问、讨论、编程实践)提升 40%以上，学生从“沉默听众”变为“积极参与者”。

个性化教学落地：通过多维度评估和自适应学习路径，教师能精准定位学生薄弱点，针对性辅导效率提升，学习困难学生的成绩达标率提高，优秀学生的创新潜力得到更好释放。

资源利用效率提升：多模态资源库和虚实融合设计，让学生可根据自身节奏灵活学习(如反复观看算法演示、自主调试代码)，学习时间利用率和资源访问频率显著增加。

4.3. 学生能力提升

通过两年的教学改革实践，学生在以下几个方面表现出显著提升：

理论理解深度增强。学生不仅掌握了传统数值方法的计算步骤，更深入理解了算法的数学原理和适用条件。通过与 AI 算法的对比学习，学生对优化理论、误差分析等核心概念有了更深层次的认识。

编程实践能力显著提高。改革前，约 60% 的学生编程能力较弱，难以独立完成复杂的数值计算任务。改革后，超过 90% 的学生能够熟练使用 Python、MATLAB 等工具实现各种数值算法，并能够进行算法优化和改进。

工程问题解决能力大幅提升。学生能够从实际工程问题中抽象出数学模型，选择合适的数值方法，并结合现代 AI 技术提出创新性解决方案。

4.5. 教学质量改善

课堂参与度提升。问题驱动式教学和互动式学习平台的使用，显著提高了学生的课堂参与度。课堂提问回答率从改革前的30%提升到80%以上。

学习满意度增加。学生对课程的总体满意度大幅提升，特别是对课程实用性和新颖性给予了很高的评价。

知识应用能力增强。学生能够将所学知识应用于研究课题和实际项目中，相关论文发表数量和质量都有显著提升。

5. 结论

AI技术赋能数值分析课程教学改革是适应新工科建设和人工智能发展的必然选择。通过重构课程内容体系、构建智能教学平台、深化产教融合等举措，能够有效提升学生的综合能力和创新素养。本文提出的“理论-算法-应用”三位一体教学模式，为数值分析课程的智能化转型提供了可行的路径。教学实践表明，改革不仅提升了学生的学习兴趣和参与度，更重要的是培养了学生解决复杂工程问题的能力。

然而，教学改革是一个长期的过程，需要持续地投入和完善。面对技术快速发展和产业需求不断变化的挑战，我们需要保持开放的心态，不断学习和创新，为培养新时代的工程人才贡献力量[6]-[9]。未来，我们将继续深化改革探索，对智能教学平台和三位一体评估模型进一步优化，加强与国内外高校和企业的合作，推动数值分析课程教学改革向更高水平发展，为我国新工科建设和人工智能发展提供有力的人才支撑。

基金项目

河南理工大学研究生质量提升工程项目(项目编号：2024YKC05)。

参考文献

- [1] 林健. 引领高等教育改革的新工科建设[J]. 中国高等教育, 2017(13): 40-43.
- [2] 王繁, 刘永强, 周天华. 人工智能引领高等教育数字化创新发展[J]. 中国高等教育, 2024(3): 9-12.
- [3] 张建华, 赵静. 新工科背景下研究生数值分析课程教学改革探索[J]. 高教学刊, 2023, 9(18): 146-149.
- [4] Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T. and Du, Z. (2024) Artificial Intelligence in Education: A Systematic Literature Review. *Expert Systems with Applications*, 252, Article 124167. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>
- [5] Popîrlan, C. and Popîrlan, C. (2023) New Techniques in Numerical Analysis for Artificial Intelligence. 2023 25th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC), Nancy, 11-14 September 2023, 76-81. <https://doi.org/10.1109/synasc61333.2023.00017>
- [6] 姚鑫, 邸砾, 邓磊, 等. 基于“人工智能+”的“科学计算与数学建模”课程教学改革研究[J]. 工业和信息化教育, 2025(7): 40-49.
- [7] 张莉.“数值分析”课程中融入AI技术的探索[J]. 科技风, 2024(34): 47-49.
- [8] 王玉洁, 郑恩希, 曲凯. 以解决实际问题为导向的数值分析教学模式改革研究[J]. 高教学刊, 2025, 11(8): 134-137
- [9] 付涛, 陈久朋, 王森, 等. 数值分析课程与人工智能技术深度融合的教学改革探索[J]. 高教学刊, 2025, 11(30): 156-161+166.