Advances in Education 教育进展, 2026, 16(11), 367-373
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ae
https://doi.org/10.12677/ae.2026.16112394

Hans汉斯

人工智能赋能的BOPPPS教学模式在实验动物学教学中的应用探索

吴玉柔，闫春为，石巧娟，戴方伟，韩　雪*

杭州医学院实验动物中心，浙江　杭州

收稿日期：2026年10月3日；录用日期：2026年11月2日；发布日期：2026年11月9日

摘　要

为破解药学研究生实验动物学课程中存在的教学模式线性、理论与实践脱节、评价方式单一等问题，本研究构建了AI赋能的BOPPPS教学模式。该模式以学生发展为中心，将人工智能技术深度融入教学全程：通过智能诊断实现学情精准分析与目标个性化设定；依托智能资源增强学习情境与可视化呈现；利用智能评价构建融合多方反馈、持续跟踪的学习评估体系。实践表明，该模式在一定程度上促进了驱动型、个性化及智能化学习环境的构建，有助于优化实验动物学教学流程，可为相关课程教学改革提供参考。

关键词

AI，BOPPPS，实验动物学，药学研究生，教学改革

Exploring the Application of AI-Enabled BOPPPS Teaching Model in Laboratory Animal Science Teaching

Yurou Wu, Chunwei Yan, Qiaojuan Shi, Fangwei Dai, Xue Han*

Laboratory Animal Center, Hangzhou Medical College, Hangzhou Zhejiang

Received: October 3, 2026; accepted: November 2, 2026; published: November 9, 2026

Abstract

To address issues such as the linearity of teaching methods, the disconnection between theory and practice, and the rigidity of evaluation systems in the Laboratory Animal Science course for pharmacy

*通讯作者。

文章引用: 吴玉柔, 闫春为, 石巧娟, 戴方伟, 韩雪. 人工智能赋能的 BOPPPS 教学模式在实验动物学教学中的应用探索[J]. 教育进展, 2026, 16(11): 367-373. DOI: 10.12677/ae.2026.16112394

graduate students, this study developed an AI-enabled BOPPPS teaching model. Centered on student development, this model deeply integrates artificial intelligence technology throughout the teaching process: intelligent diagnostics enable precise analysis of learning conditions and personalized goal setting; smart resources enhance learning contexts and visual presentation; and intelligent evaluation builds a learning assessment system that integrates multi-source feedback and continuous tracking. Practice has shown that this model has, to a certain extent, facilitated the creation of a student-led, personalized and technology-enabled learning environment; it helps to optimize teaching processes in laboratory animal science and can serve as a reference for teaching reforms in related courses.

Keywords

AI, BOPPPS, Laboratory Animal Science, Pharmaceutical Postgraduate, 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

实验动物学是高等医学院校药学硕士研究生的必修核心课程，也是医学科研不可或缺的重要基础。该课程在基础研究与新药研发之间发挥着关键桥梁作用[1]。据统计，超过 60%的生命科学研究依赖于实验动物模型[2]，其教学水平直接关系到高层次药学人才的科研素养与创新能力培养。深化实验动物学课程教学改革，不仅契合国家创新驱动发展战略和《“健康中国 2030”规划纲要》的迫切需求，更是突破药物研发“卡脖子”技术瓶颈、构建自主可控医药创新体系的关键支撑，对培养新时代高素质、创新型、复合型药学领军人才具有重要的战略意义。

BOPPPS 教学法是一种以教学目标为导向、强调学生参与和即时反馈的模块化教学设计模式。该模式采用“以学生为中心”的理念，通过结构化流程与参与式学习活动，能够促进学生自主学习，有效激发学习动机并提升教学成效[3]。近年来，人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术作为新一轮科技革命与产业变革的核心引擎，正以前所未有的广度与深度重塑教育生态[4]。如何将 AI 赋能的 BOPPPS 教学模式高效融入实验动物学课程改革，实现技术与教学的有机协同，凸显“以学生为中心”的理念，激发学生在课堂中的主动性与参与度，助力教师提升教学效能，已成为当前课程改革深化过程中亟待探索与突破的关键课题。

2. 当前实验动物学教学的结构性困境

2.1. 线性灌输教学，能力导向缺失

当前实验动物学课程普遍沿用“教师讲解–教师示范–学生模仿–教师点评”的线性教学流程，其底层逻辑仍属于经验传承型而非能力生成型。这种线性灌输式教学限制了学生的创新思维与应变能力，学生习惯于被动接受标准化的知识与操作流程，缺乏主动探索和创造性解决问题的训练[5]。该模式高度依赖教师个人经验与课堂临场发挥，缺乏对学生认知基础、学习重心及科研准备度的前置诊断；课堂互动多停留于浅层问答，难以组织基于真实科研问题的协作探究与思辨对话；反馈机制也明显滞后，学生实验操作表现常延至课后批阅报告才得到评价，错失了即时纠偏与深度建构的关键窗口。尤为突出的是，在涉及动物伦理审查、动物模型选择等高阶教学环节中，在面对真实科研中的不确定因素时，学生普遍

存在“会操作但不明原理、能复现但难优化、知规范但缺判断”的能力断层，难以适应新药研发等实际科研中复杂的非标准化挑战。

2.2. 理论实践脱节，科研转化受阻

当前实验教学内容与前沿科研实践存在显著脱节。教学过于侧重基础操作的重复训练，未能将具体技能融入完整的科研问题解决框架，导致理论与实践严重分离。课程对科研关键环节的覆盖明显不足：在动物模型方面，教学多停留于基本操作，缺乏模型选择、设计与验证的逻辑解析；在疾病机制研究中，往往只教授单一指标检测，缺少构建多维度证据链的综合能力训练；尤其是系统性的实验设计环节普遍缺失，学生极少接受如何提出假设、估算样本量、优化研究方案等核心思维训练。这种重技术、轻设计的教学模式导致学生知识与能力碎片化，技能训练止步于理论认知层面，难以转化为实际科研中的熟练操作与经验内化，从而使得学生在进入课题研究阶段后需经历漫长的适应期，严重制约其科研启动效率与自主研究能力的早期形成，难以真正完成从操作者向研究者的角色转变。

2.3. 结果导向固化，过程素养缺位

当前实验动物学课程的考核方式仍较为传统，主要依赖实验报告与笔试成绩，存在明显的重结果、轻过程倾向：笔试多聚焦术语定义与操作步骤的记忆性考查，鲜有基于真实科研场景的情境化伦理决策；实验报告评分则过度强调数据准确性、格式规范性与步骤完整性，却忽视对学生失败归因能力、替代方案设计意识、动物福利保障自觉性等关键科研素养的系统考察。这种片面强调输出正确性的评价导向，易使学生趋于追求标准答案而非深度探究。长此以往，不仅无法全面、客观地衡量学生真实的科研素养与潜力，也不利于培养其严谨求实的科学精神、批判性思维以及应对复杂科研情境的综合能力。

3. AI 赋能的 BOPPPS 教学模式可行性

面对实验动物学教学存在的结构性困境，人工智能技术赋能的 BOPPPS 教学模式展现出强大的适应性和可行性。BOPPPS 教学模式包含导入(Bridge-in)、目标(Objective)、前测(Pre-assessment)、参与式学习(Participatory-learning)、后测(Post-assessment)和总结(Summary)六个环节，为打破传统教学固化提供了理论框架[6]。该模式各环节均可与 AI 深度融合，实现精准化教学干预。当前，AI 在资源推荐、行为分析与智能评价等领域已广泛应用，虚拟仿真、自然语言处理和机器学习等教育技术日益成熟[7]-[9]。药学研究生普遍具备良好的信息技术接受能力，也是 AI 赋能的教学模式推广的有利条件。需要强调的是，AI 赋能并非替代教师，而是通过人机协同优化教学效能[10]。教师可从重复性事务中释放，更聚焦于学生个性化指导与科研思维培养，从而推动教学质量系统提升。

4. AI 赋能的 BOPPPS 教学模式的设计与构建——以小鼠基本实验操作技术为例

本研究以杭州医学院 2024 级药学专业研究生为研究对象，按教学班分为对照组(n = 30)和试验组(n = 30)。两组在性别、本科院校层次、入学成绩等方面无显著差异，具有可比性。试验组采用如图 1 所示的 AI 赋能的 BOPPPS 教学模式，对照组则使用传统授课模式。

4.1. 导入：情境创设与兴趣激发

在传统的教学方法中，教师通常通过口头讲述一个预设的案例或直接提出一个问题来开始课程，这种方式虽然直接，但案例的呈现形式单一，难以保证对所有学生都具有同等的吸引力，且缺乏沉浸感。为增强导入环节的直观性与吸引力，运用 Lumen5 v2.6-Education 平台的 AI 视频生成功能，通过输入以下结构化提示词：“生成一个约 500 字的科研事故案例，聚焦小鼠尾静脉注射操作不当导致样本溶血，

需包含错误操作细节、直接数据损失及潜在动物福利问题”。平台随即生成贴合真实科研场景的虚拟事故案例，并将关键操作流程与实验知识点自动转化为结构清晰、视觉化的短视频。此类高度情境化的内容能迅速引发学生的共鸣与危机意识。随后，教师可顺势提出引导性问题：“如何从操作层面系统保障实验的严谨性与数据可靠性？”，从而自然衔接至后续教学主题。

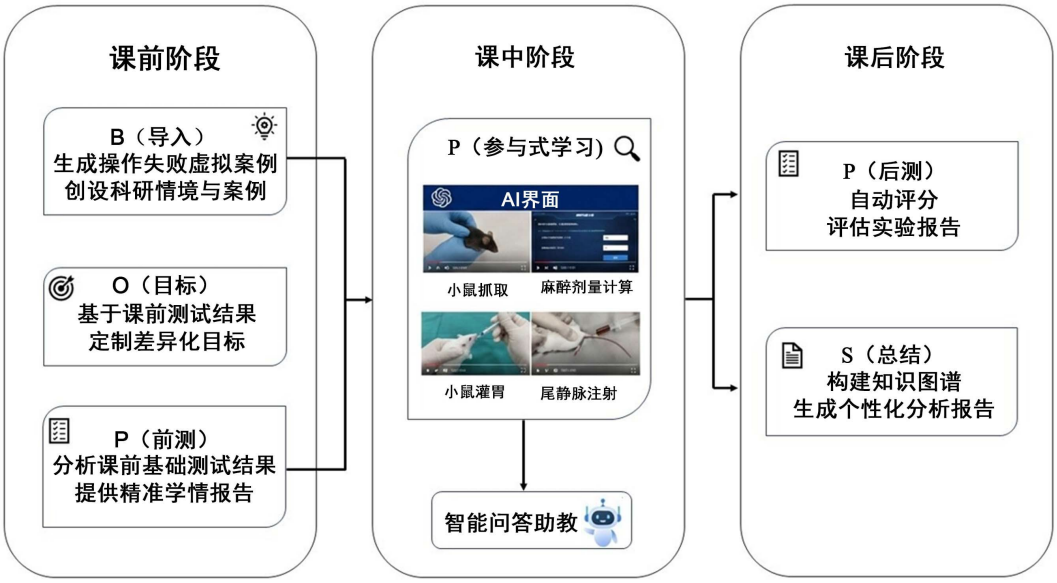


Figure 1. Flowchart of the AI-enabled BOPPPS teaching model—taking basic experimental techniques for mice as an example
图 1. AI 赋能的 BOPPPS 教学模式流程图——以小鼠基本实验操作技术为例

4.2. 目标：个性化目标设定

在教学启动前，依托 Qwen3-Max 与 Qwen3-Flash 组合，深度融合学生在课前测试中对小鼠抓取、麻醉、灌胃及尾静脉注射等核心知识点的作答表现，构建个性化能力画像。具体实施中：Max 版本(开启深度思考模式)负责画像分析，Flash 版本负责批量生成差异化学习目标。基于生成的画像，为每位学生智能生成差异化的学习目标：针对基础尚不扎实的学生，AI 优先推荐“规范完成小鼠腹腔注射全过程”作为阶段性核心目标，明确进针角度、深度及推注速度等关键参数，并配套推送标准化操作短视频、分步引导任务卡与即时反馈练习；面向基础扎实的学生，则设定高阶整合性目标：“独立设计并实施一项含多组别的小鼠药效学预实验”，内容涵盖样本量估算、给药周期设置与关键观察指标的科学选择，开展系统化的闭环训练。

4.3. 前测：精准学情诊断

在前测环节，可借助 FeedbackFruits v2.118 的 Review Summary 功能组织多步骤评估活动，将自适应问卷数据基于统一评分标准整合为热力图，形成初步的学情概览；同时，利用 FeedbackFruits 的 Export Analytics 功能导出评分与互动数据，再结合数据分析工具完成多源数据的融合建模与归因分析，辅助教师准确定位教学重难点。数据表明，超过 65%的学生对尾静脉注射的标准固定手法理解模糊，近半数学生未能将伦理审批流程与实验设计有效关联。基于此，教师在后续参与式教学中可实施“精准滴灌”策略：针对共性薄弱环节设计高复现性的模拟训练与即时纠错机制，同时为能力突出学生提前开放高阶任务，真正落实“一人一策、因材施教”。

4.4. 参与式学习：深度互动与技能训练(核心环节)

与传统“教师讲解–示范–学生模仿”的线性教学模式不同，AI 赋能的参与式学习遵循“精准诊断–适配支持–闭环实践”三阶路径：

(1) 差异化预习资源推送：基于前测构建的多维学情画像，系统通过 Lumen5 v2.6-Education 平台自动生成并精准推送适配性学习材料，初学者获得分步操作动画、典型错误对比图示与风险警示短视频；基础较好者则接收整合性强、涵盖高阶技巧、原理阐释与跨情境迁移策略的进阶资源。

(2) 操作视频智能解析与认知建模：教师示范视频上传至 Perceptron-Mk1 (https://www.perceptron.inc/)在线平台后，选择平台的 Video Tracking 功能，输入以下结构化提示词：“观看此演示视频。识别并剪辑每个关键操作瞬间。对于每个片段，请提供对该动作的简要、结构化的描述，并注明时间戳(以秒为单位)”。AI 自动识别关键动作时间节点，生成带时间戳的操作图谱及结构化文字说明，有效支撑学生建立准确、可迁移的操作学习模型。

(3) AI 辅助科研方案设计与动态答疑：在实际科研训练环节，Deepseek V3 作为智能问答助教嵌入学习全过程。学生可随时提出与实验设计相关的问题或提交初步研究构想，Deepseek V3 通过自然语言理解解析关键要素，基于统计学原则与领域知识库，协助推敲样本量估算、分组策略、检测方法与时序安排，并自动匹配伦理审查要点与 3R 原则相关指引。在方案形成过程中，系统可识别潜在设计缺陷、技术难点或动物福利风险，提供前瞻性优化建议，增强实验的可行性与可重复性。所有交互过程均被记录，支持设计思路追溯与迭代优化，从而在真实问题解决中系统培养学生从理论到实践的综合科研能力。

4.5. 后测：即时反馈与能力评估

传统教学中的后测环节主要依托课后测验、书面作业或集中考试进行，评价周期较长、反馈相对滞后，难以及时响应学生动态学习需求并支持其持续改进。在 AI 增强的教学模式下，评价体系转向动态化、过程化与多元整合的智能形态。在知识掌握层面，基于自然语言处理的在线作业批改系统 Grandscope (https://www.gradescope.com/)可对客观题及结构化主观题实现自动评分。在 Gradescope 中实现自动评分，客观题需创建 Bubble Sheet 或 Online Assignment 并设置答案键；结构化主观题则用 Exam/Quiz 模板，将题目设为 Math/Text Fill-in-the-blank 类型，由 AI 识别手写内容并生成答案分组，教师审核分组后统一评分即可。该系统不仅能判断答案正误，还可识别逻辑结构中的薄弱环节，提供针对性建议，帮助学生精准定位认知缺口。在实践能力评估方面，AI 深度融入实验报告的撰写与修订过程。Grandscope 对学生提交的实验报告进行结构化智能分析：自动核查数据记录的完整性、单位标注的一致性、图表与坐标轴的规范性，评估统计方法使用的恰当性，并依据学术写作标准审查参考文献格式。针对识别出的问题，系统以批注形式提供具体修改建议与示例，引导学生自主修正，从而提升学术规范意识与自主纠错能力。

4.6. 总结：个性化学习画像与知识体系整合

在传统教学中，课程总结通常由教师统一回顾重点内容，难以兼顾学生的个体差异。在 AI 支持下，教学复盘得以实现数据驱动的个性化升级。以 FeedbackFruits v2.118 系统为核心，课程结束时，系统组织学生开展自评与同伴互评，并融合教师评价与 AI 分析结果，为每位学生生成动态的学习画像报告。要实现该效果，需在 FeedbackFruits 的多步骤活动中开启 Feedback Coach 辅助学生撰写高质量互评，并配置统一的评分标准以确保数据可整合。随后，利用 Review Summary 热力图和课程分析 Course Analytics 视图，将自评、互评、教师评价与 AI 反馈数据汇总，生成可视化的学习表现对比报告。该报告整合其在知识测验、实验报告、课堂互动等多环节表现，精准识别优势与薄弱点，呈现能力发展趋势。与此同时，系统基于本节课全部教学内容，自动总结核心概念与关键操作要素，构建结构清晰、关系可溯的可视化知

识图谱。图谱直观呈现基础技能与高阶科研能力之间的逻辑进阶路径，并标注各环节关联的伦理要点。师生可基于图谱协同标注关键操作风险点、标注典型错误案例、嵌入《实验动物福利伦理审查指南》(GB/T 35892-2018)、《实验动物 动物实验通用要求》(GB/T 35823-2018)等权威延伸阅读链接，实现从技能习得到学术思维与伦理意识的同步深化。最终，通过持续收集学生反馈并更新学习轨迹，形成教学闭环。

4.7. 课程教学效果评价

在理论知识掌握方面，试验组学生在课堂测试与期末考核中的表现均优于对照组，总成绩平均分较对照组提升近 10 分，差异显著。在实践技能提升方面，试验组学生的实验报告整体质量更高，体现出更强的操作规范性、更严谨的数据分析能力以及更深入的问题反思意识，其学习成效显著优于对照组。在课程满意度方面，问卷调查结果显示，试验组学生对课程的总体评价明显高于对照组。在理论基础巩固、实践能力培养、课程实际应用价值等方面，试验组的认可度均更高，其满意度评分较对照组提升约 67%。此外，试验组学生普遍反映学习体验更优，主观压力更轻，对该教学模式的接受度与满意度全面提升。

5. 局限性与挑战

尽管该模式在教学中展现出一定潜力，但在技术整合、工具选择与实际应用层面仍面临诸多困难，AI 自身也存在准确性、伦理与隐私等方面的风险，需予以审慎对待。

在技术整合与工具选择方面，AI 工具与现有课程平台、实验设备及教学管理系统之间的兼容性仍有待提升，数据接口不统一、功能模块复杂等问题可能增加教师的技术负担。当前可用于实验动物学教学的 AI 工具种类有限，其在动物实验操作演示、伦理审查情境模拟等专业场景中的适配度不足；不同工具在功能定位、数据格式与输出质量上差异较大，缺乏统一的筛选与评估标准，教师在选择时容易陷入“工具导向”而非“教学导向”的误区。此外，AI 工具的更新迭代速度较快，课程资源与教学流程可能面临频繁调整，影响教学的连续性与稳定性。

在 AI 准确性与可靠性方面，当前 AI 生成内容仍可能出现事实性错误、逻辑偏差或与实验动物学规范不符的建议，若学生缺乏足够的判断能力，可能被误导。AI 对实验操作技能的评价多基于图像识别或行为数据，其判断标准与真实操作规范之间可能存在偏差，难以完全替代教师的专业判断。在科研设计辅助中，AI 提供的方案建议也可能忽略伦理约束或实验条件的现实限制，需要教师进行二次审核与修正。

在伦理与隐私方面，AI 系统在运行过程中会采集学生的学习行为、操作视频、成绩数据等信息，存在数据泄露与不当使用的风险；若用于学生个体画像与能力评估，还可能引发标签化、过度监控等伦理争议。实验动物学课程本身涉及动物伦理与福利问题，AI 辅助的教学内容与评价标准需符合相关伦理规范，避免传递不当的动物实验观念。

针对上述问题，可采取以下应对策略：其一，建立 AI 教学工具的准入与评估机制，从教学适配性、数据安全性、输出可靠性等维度进行筛选，并优先选择与课程平台兼容性较好的工具；其二，明确 AI 在教学中“辅助而非替代”的定位，关键教学决策与操作评价仍由教师主导，AI 输出须经教师审核后方可用于教学反馈；其三，完善数据治理与隐私保护制度，明确数据采集范围、使用权限与存储期限，对涉及学生个人信息与操作影像的数据进行脱敏处理，并保障学生的知情同意权；其四，在涉及动物伦理的教学内容中，将伦理审查与福利原则嵌入 AI 工具的设计与使用流程，确保技术应用符合实验动物学的伦理要求。

6. 总结与展望

本研究针对药学研究生实验动物学课程，构建了深度融合人工智能的 BOPPPS 教学模式，尝试推动三方面的结构性调整：探索由传统“统一教学”转向更具差异化的教学组织方式，依托 AI 技术辅助个性

化学习资源推送与分层目标设定，为大规模学生情境下的精准化技能训练提供了可能；在评价体系上，突破以往主要依赖实验报告与操作结果的单一模式，尝试构建过程性、数据驱动的多维评价系统，以形成涵盖实践能力与科研素养的个体画像；在师生角色上，探索“学生–AI–教师”三元协同的教学组织形态，使教师有可能从重复性演示中部分释放，从而将更多精力投入学生科研思维与创新能力的培养。

需要指出的是，上述成效可能受到多种因素影响，如教师的时间与精力投入、其 AI 应用素养与教学设计能力、学生的自主学习动机与初始技能水平、课程内容与 AI 工具的适配程度，以及实验动物学课程本身的伦理与操作规范要求等。因此，当前结果宜视为特定情境下的初步证据，尚难以将 AI 与 BOPPPS 框架各自的贡献完全分离。后续研究可通过设置仅采用 BOPPPS 框架、仅引入 AI 工具以及二者融合等不同组别，并结合过程性数据与质性访谈，进一步辨析各要素的独立效应与交互作用。同时，新模式下教师角色并非简单转变，其所需核心素养与面临的挑战值得深入剖析：教师不仅需要具备实验动物学专业知识与操作示范能力，还需掌握 AI 工具的教学化应用、数据解读与学习分析能力，并能在 AI 反馈与自身判断之间进行协调；在实践中，还可能面临技术适应成本较高、教学设计负担加重、对 AI 建议的信任与质疑并存，以及学生过度依赖技术等挑战。这些因素均可能制约该模式的推广效果，也是后续研究需要重点回应的问题。

综上所述，对药学研究生而言，该模式在核心实验操作技能学习方面展现出较为积极的成效，并为其在真实科研任务中运用 AI 工具辅助科研设计与过程优化提供了初步经验。这一探索不仅体现了教学方法的改进，也反映了基于实验动物学课程特点、面向未来科研需求的高层次药学人才培养的实践尝试，可为新时代研究生课程的智能化转型提供一定参考。

基金项目

杭州医学院 2024 年研究生教学改革建设项目：实验动物学，项目编号：26100548300-6。

参考文献

[1] 苏小华, 那顺巴雅尔, 冯香婷, 等. “新医科”背景下医学拔尖创新人才培养模式探究——以实验动物学课程教学与实践为例[J]. 科技风, 2024(23): 37-39.

[2] 白冰. 医学院校硕士研究生《实验动物学》教学改革探讨[J]. 医学信息, 2010, 23(4): 852-853.

[3] 王文豹, 王晓丽, 朱文全, 等. 基于雨课堂的 BOPPPS 教学模式在中药化学中的应用[J]. 药学教育, 2025, 41(3): 122-126.

[4] 何曼, 王霖, 刘增辉, 等. 重塑教育新生态: “人工智能 + 教育”的首都样本[J]. 在线学习, 2025(11): 14-15.

[5] 李鹏, 赵梦飞, 韩笑, 等. 高校动物学实验课程教学改革调查与实践探索[J]. 四川动物, 2017, 36(5): 593-600.

[6] 达飞, 席佳越, 辛春艳, 等. 混合式 BOPPPS 模式在有机化学实验教学中的应用[J]. 药学教育, 2024, 40(3): 69-73.

[7] 梁峥琰, 张剑凯, 蒋梅, 等. 数字赋能, 实践创新——虚拟仿真技术在系统解剖学“虚实结合”实验教学中的应用[J]. 信息与电脑, 2025, 37(23): 198-201.

[8] 江羿锋. 基于自然语言处理技术的微课程内容生成与自动化应用效果评估[J]. 信息与电脑(理论版), 2024, 36(2): 251-253.

[9] 徐雪菲. 基于创新能力培养的“机器学习与深度学习算法分析”教学方法改革实践[J]. 科学咨询, 2025(11): 61-64.

[10] 张辉蓉, 魏利, 李舒展. 人机协同深度教学: 内涵、特征与实践逻辑[J]. 教师教育学报, 2025, 12(5): 41-50.