

AI 赋能生物医学信号处理课程建设的初步探索与实践*

李凌** 张婷婷

电子科技大学生命科学与技术学院, 四川 成都 611731

摘 要 历经二十年建设,电子科技大学《生物医学信号处理》课程构建了理论、实验及混合式小班研讨的教学模式,课程获批国家级一流本科课程(线下一流课程)。在此基础上,建设了该课程的慕课并上线中国大学慕课,初步具备了AI赋能智慧教学的模型基础。近两年,课程针对知识关联复杂、学生系统性认知构建困难、师生互动时效性不足等痛点,依托AI助教与知识图谱实施智慧教学,成功推动了师生角色与教学模式的深刻转变。通过收集学生的反馈,AI在辅助教学上有一定正向作用,但还存在明显缺陷,AI赋能专业课程教学之路仍需进一步摸索和改进。

关键字 智慧教学,知识图谱,混合式教学改革,AI赋能

Preliminary Exploration and Practice of AI-Empowered Course Construction in Biomedical Signal Processing

Li Ling** Zhang Tingting

University of Electronic Science and Technology of China,
School of life science and technology,
Sichuan Chengdu 611731, China;

Abstract—Over the past twenty years of development, the "Biomedical Signal Processing" course at the University of Electronic Science and Technology of China has established a teaching model integrating theory, experimentation, and blended small-class discussions. The course has been recognized as a National First-Class Undergraduate Course (Offline First-Class Course). Building on this foundation, a Massive Open Online Course (MOOC) version was developed and launched on the Chinese University MOOC platform, laying the preliminary groundwork for an AI-enabled smart teaching model. In recent years, addressing challenges such as the complexity of knowledge interconnections, difficulties in students' systematic cognitive construction, and insufficient timeliness of teacher-student interactions, the course has implemented smart teaching through an AI teaching assistant and knowledge graph. This has successfully facilitated a profound transformation in the roles of teachers and students as well as the teaching model. Feedback collected from students indicates that AI has a certain positive effect in assisting teaching, but significant shortcomings remain. The path to AI-enabled specialized course teaching still requires further exploration and improvement.

Keywords—Intelligent Teaching, Knowledge Graph, Full-Stack Education, AI-Empowered

1 引言

新一轮科技革命与产业变革迅猛发展,人工智能正以前所未有的广度与深度赋能社会各领域。在此背景下,中国高等教育数字化秉持“集成化、智能化、国际化”的3I理念,坚持“应用为王、共建共享”的原则,推动数字技术与教育教学深度融合,引领着从“学习革命”、“教学革命”到“教育革命”的

深刻变革。2024年12月举行的世界慕课与在线教育大会宣告“智慧教育元年”已然到来,标志着高等教育正加速进入智慧教育新阶段。

生物医学工程专业是典型的新工科,要以立德树人作为引领,以应对变化、塑造未来为建设理念,以继承与创新、交叉与融合、协调与共享为主要途径,培养未来多元化、创新型卓越工程人才。生物医学工程作为前沿交叉学科,其发展与技术进步紧密相连。智慧教育理念与人工智能技术为生物医学工程人才培养,特别是《生物医学信号处理》等核心专业课程的教学改革,提供了全新的范式与动能。如何将数智赋能、共建共享等理念融入课程体系,创新教学模式,

*基金资助: 2024-2026年四川省高等教育人才培养质量和教学改革项目: AI赋能生物医学工程交叉人才培养建设方案的探索和实践(JG2024-177); 电子科技大学2024年人工智能技术赋能本科教学教改项目: AI辅助生物医学信号处理智能教学(2024AIXM061)。

**通信作者: 李凌, 邮箱: liling@uestc.edu.cn。

以培养能够应对未来挑战的卓越工程人才,已成为本领域教育工作者面临的重要课题^[1]。

《生物医学信号处理》是生物医学工程专业的核心课程,具有学科交叉性强、内容前沿突出等特点,在生命科学研究与临床应用中发挥着不可替代的作用^[2-4]。课程所涉技术已在精神分裂症、抑郁症等认知障碍疾病的辅助筛查中展现出良好的应用前景^[5-8]。然而,该课程在教学过程中长期面临内容抽象、知识关联复杂、学生系统性认知构建困难、师生互动时效性不足等现实挑战^[9-11]。

为应对上述挑战,本课程探索以 AI 技术赋能教学改革:一方面,自动构建跨教材知识图谱,强化知识关联性与系统性;另一方面,部署 AI 助教,实现实时答疑与智能化课程管理,以缓解教师压力,提升学生自主学习与综合应用能力。课程在保留传统课堂教学优势的基础上,积极引入新型教育技术,在确保教学主体地位的同时稳步推进创新,避免因过度依赖互联网资源而加重师生负担。通过融合虚拟仿真实验与 AI 大模型辅助教学等现代化手段,着力提升学生发现问题、分析问题与解决问题的能力,并强化其在团队协作、沟通表达与学术汇报等方面的综合素养^[12-17]。

本文旨在探讨人工智能驱动下生物医学信号处理课程的改革路径与实践成效,以期为新工科建设提供可资借鉴的经验。致力于构建一个基础扎实、内容先进的教学体系,既紧跟技术发展前沿,又注重教学实效与可持续发展,旨在为生物医学工程人才培养提供可复制、可推广的新工科课程建设范式。

2 课程目标

(1) 知识目标:培养学生熟练掌握随机信号处理的基本理论和分析方法,掌握功率谱分析、相关技术、最优滤波器设计、参数建模等信号处理方法在生物医学工程中的应用,学生“会测量、会处理、会描述和会分析”生物医学信号。

(2) 能力目标:将信息科学和生物医学工程专业等相关理论应用于实践的能力;运用系统思维和创新思维,提取实际医学信号特征的能力;能够综合应用各种信号处理技术与方法解决复杂医工交叉问题的能力;通过研讨环节培养较强的团队协作能力、表达能力和沟通能力;初步具备阅读学术论文和在生物医学信号处理领域从事科学研究的能力。

(3) 素质目标:建立系统的复杂信号处理的理论和应用意识,具有较强的面向未知问题的主动探索精神;有不断开拓新技术、解决新工科问题的素质。

(4) 思政目标:在潜移默化中坚定学生的理想信念、厚植爱国主义情怀、加强品德修养、增长知识

见识、培养奋斗精神、提升学生的社会责任感、增强学生为国成才的自信。

3 学情分析

课程注重理论与实践相结合、原理与工程应用相融合,内容涵盖绪论、数字信号处理基础、随机信号分析、数字相关与卷积、维纳滤波器设计与应用、参数建模方法及其应用、自适应滤波器设计等多个核心模块,围绕约 30 个关键知识点构建系统化教学体系。在教学实践与学情分析中发现,本课程学生学习过程中主要存在以下四方面典型问题:

(1) 理论迁移不畅:学生习惯于确定性信号的分析思路,难以实现向随机信号处理抽象概念的思维跃迁,导致理论基础薄弱;

(2) 知识整合与应用能力不足:学生对章节知识点理解孤立,缺乏将前后内容融会贯通以解决复杂生物医学工程问题的能力,存在“知而不会用”的困境;

(3) 学习内驱力欠缺:传统教学模式以教师单向讲授为主,学生课堂参与度与主动性不高,深度学习难以发生;

(4) 数字化学习生态缺失:现有教学对日益丰富的数字资源利用不足,未能有效适应数字化时代“教”与“学”形态的新变化。上述问题共同指向了课程在教学内容、教学模式与评价体系上进行系统性改革的迫切性与必要性。

4 课程体系重构

课程历经二十期教学实践的持续迭代,通过不断发现并解决问题,对课程结构进行了拆解与重构,构建了混合式教学模式(图 1)^[9-11]。课程总学时为 48 学时,包括 26 学时课堂理论教学、6 学时小班研讨与 16 学时实验教学,总计 3 学分。目前,平时作业环节依托中国大学 MOOC 平台,实现了课后学习与无纸化作业。本课程成绩评定采用多维度评价体系进行了考核方式的改革,该评价体系综合考查了学生的理论知识、实践能力、协作精神与学习过程。重点突出过程考核,包括期末考试(闭卷)、研讨成绩、实验成绩、平时作业、出勤等五个环节(图 2)。针对研讨环节,采用了“教师+助教+学生”评价方式,学生对研讨内容和演讲情况进行互相评定,其他评价的主体还是教师和助教。由五个部分组成:

(1) 期末考试(闭卷),50%,知识点由老师和同学们的讲解共同构成;

(2) 研讨成绩占 11%,由教师和学生共同评分;

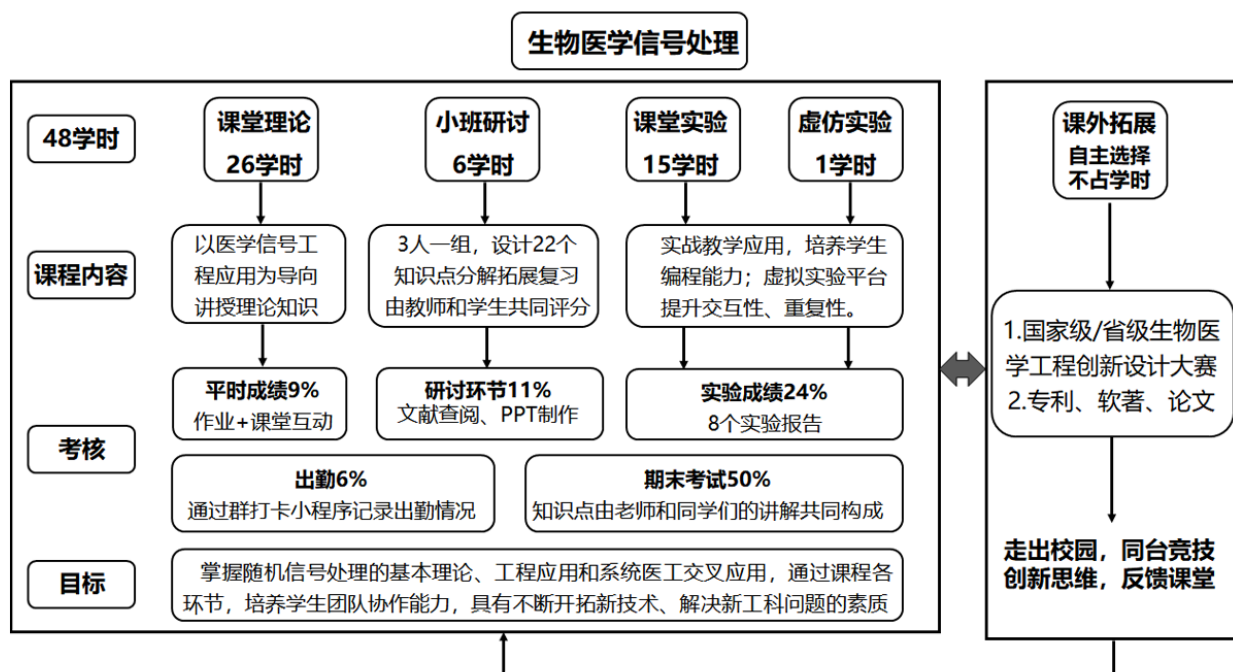


图 1 课程实施整体思路和方案

(3) 实验成绩 24%, 8 个实验报告 (3 分/个*8 个=24 分, 含 1 个虚仿实验);

(4) 平时作业 9%, 线上学习及完成 6 次线上测验作业 (1.5 分/次*6 次=9 分);

(5) 出勤成绩 6%, 0.25 分/次*24 次课=6 分。

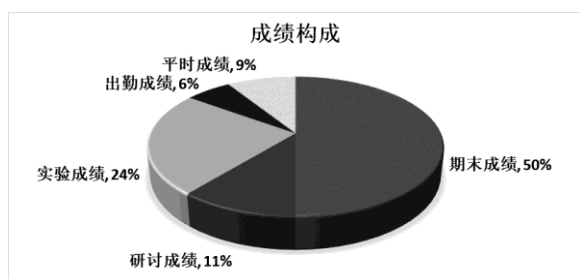


图 2 本课程的成绩评定方式

5 基于 AI 技术的课程建设与实践

5.1 传统教学局限性与核心需求

传统教学的局限性: 其一, 教师难以手动构建及动态更新展现课程复杂内在联系的知识网络, 导致知识传授趋于碎片化; 其二, 学生预习、复习缺乏个性化路径, 对宏观知识架构理解不清; 其三, 教师因精力所限, 无法对学生进行全天候的个性化辅导, 共性疑问重复解答效率低下。基于此, 我们明确了核心需求: 利用 AI 技术实现知识的系统化整合与教学过程的个性化、智能化支持。

5.2 AI 赋能的智能教学框架

本案例系统性地构建并实践了 AI 赋能的生物医学信号处理智能教学框架 (图 3), 旨在提升教学效率与质量, 培养学生的高阶思维与综合能力。基于中国大学 MOOC 课程平台 AI 技术: (1) 全面创建本课程知识图谱、生成课程知识树等; (2) 建立 AI 助教辅助课程管理, 实现发布课程资料、课程作业以及重要公告, 及时反馈一般性问题等功能。教师根据前期的课程内容, 结合 AI 创建知识图谱模块, 将课程线上资源、线下参考书目、章节数量、课程各部分分数占比情况等形成问题与匹配答案文本作为输入特征, 经过 AI 大语言模型训练, 搭建模型反馈输出端。AI 助教作为学生和教师中间有效沟通的纽带之一, 更多的交互性和实时性可弥补教师不能实时给与反馈的不足, 精准有效的定时发布课程内容, 提高教师授课效果。同时针对 AI 助教不能回答的问题, 教师可进行补充性回答, 可不断实时更新文本库。

1. 智能知识图谱构建: 利用 DeepSeek、KIMI 等大语言模型强大的自然语言处理能力, 对多本经典教材、课程讲义、前沿论文等文本资料进行深度语义解析与元分析, 自动抽提核心知识点并建立关联, 动态生成覆盖课程全章节的可视化知识图谱、问题图谱与能力图谱。这一技术应用不仅将教师从繁重的重复性图表建设工作中解放出来, 更实现了知识结构的直观化、网络化, 深刻揭示了学科的交叉性与内在逻辑。

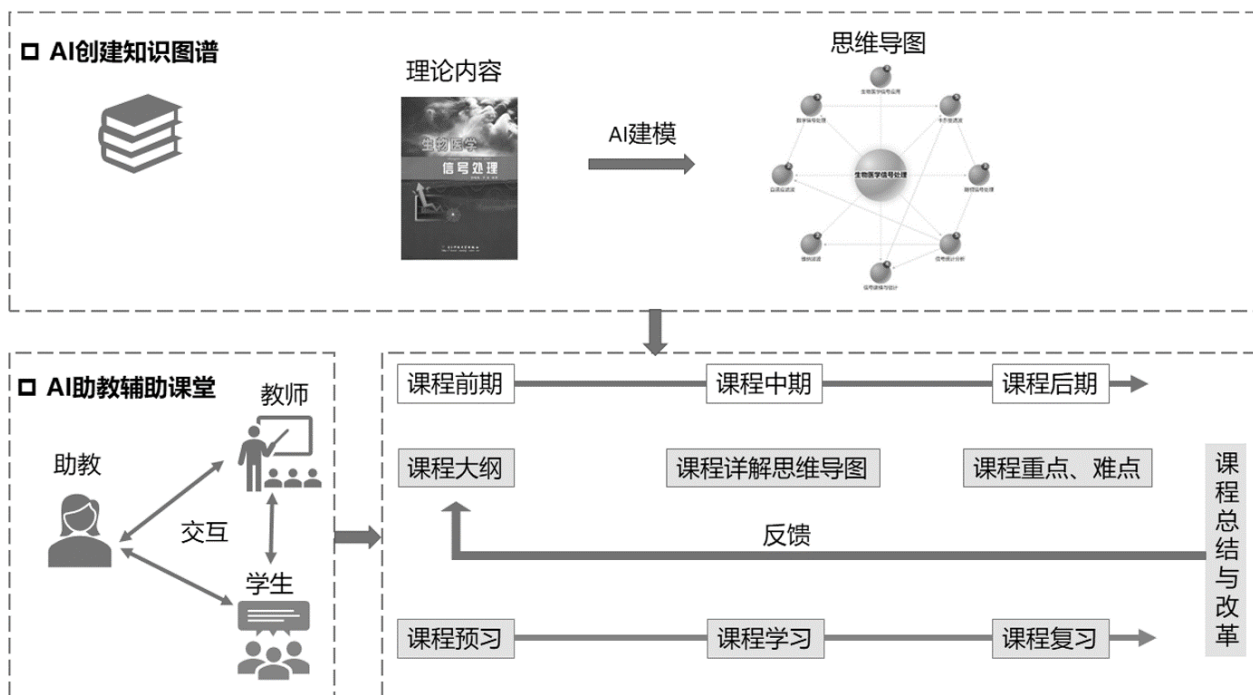


图 3 AI 赋能生物医学信号处理智能教学框架

2. 个性化 AI 助教部署：基于近 20 年的课程常见问题库与教学经验，我们训练了专属的 AI 助教模型。它不仅能实现课程资料、作业与公告的精准定时发布，更能提供 7×24 小时的交互式答疑服务。通过分析学生与 AI 助教的交互数据，教师可以持续优化问题库，形成“应用-反馈-优化”的闭环，使 AI 助教的回答愈发精准，有效弥合了师生间的反馈时差。

5.3 教学全流程的深度赋能

在实践中，将 AI 工具深度融入课前、课中、课后三个阶段：

- 课前，教师利用 AI 快速生成课程大纲与教学设计；学生通过生成的思维导图进行针对性预习，构建学习预期。
- 课中，动态的知识点图谱成为教师授课的“智能导航”，帮助学生清晰把握知识脉络；学生亦可基于图谱进行个性化拓展学习，关联前沿成果，构建个人知识网络。
- 课后，AI 助教成为学生的老师，及时解答疑难，并辅助学生围绕核心知识点进行高效复习。

6 教学成效与学生反馈

课程负责人的生物医学信号处理课程自 2024 年 5 月 8 日在中国大学慕课平台上线以来，已开课 5 期，累计学习人次为 909。

6.1 线下教学成效

2025 年采用了 AI 赋能教学模式，与 2024 年教学模式相比，在提升学生综合能力与课程教学质量方面取得显著成效（图 4）：

（1）教学质量稳步提升：平均分从 73.04 分上升至 76.67 分，中位数达到 80 分，显示整体学习水平明显提高。优秀率从 24% 增长至 34.6%，表明高层次学生培养成效显著。

（2）教学稳定性良好：两年及格率均保持在 94% 以上，教学底线牢固。但标准差略有增大（14.28→15.74），提示学生个体差异有所扩大，需关注分层教学。

（3）未来改进之处：最低分仍存在个位数成绩，建议加强对学习困难学生的个性化辅导。总体而言，教学改革措施成效显著，保持了高质量教学水平。

6.2 学生能力提升

在 AI 技术赋能课堂教学后，教学成效显著提升，学生课堂参与度明显增强。学生积极与 AI 助教互动提问，有效解决了学习过程中的疑难问题，并将相关

近两年成绩情况统计

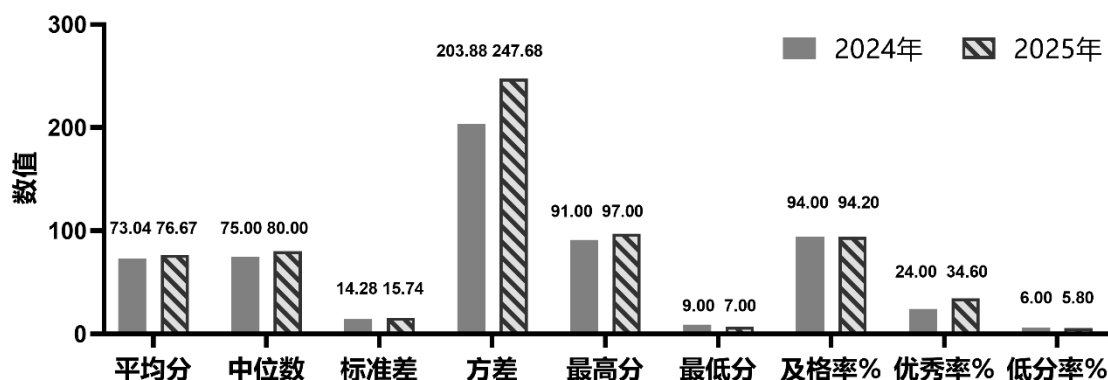


图 4 近两年各项成绩情况

提问，有效解决了学习过程中的疑难问题，并将相关方法迁移应用于多种大模型（如 Gemini、ChatGPT、Grok、DeepSeek 等）中，展现出良好的学习迁移能力。在研讨课展示环节，学生制作的 PPT 内容更加充实、结构清晰、排版美观，整体学习与展示效率得到有效提升。

随着本课程教学改革的实施，教师鼓励学生将本课程的实践项目进一步完善后，参加相关创新竞赛^[18]。近两年，授课学生在全国大学生生物医学工程创新设计竞赛获奖情况如表 1 所示。

表 1 全国大学生生物医学工程创新设计竞赛获奖情况

年度	赛事级别	一等奖	二等奖	三等奖
2024	四川省	2	8	7
	全国	1	6	5
2025	四川省	4	11	4
	全国	1	2	7

6.3 教学成果

课程配套的“脑电图检测与分析虚拟仿真实验平台”自 2019 年 7 月运行至今，学习人数已超 52 万人次，校内外提交报告数达 1006 份，网址 <http://bms.uestc.edu.cn/>。该平台于 2019 年度入选省级虚拟仿真实验教学项目，2021 年认定为省级一流本科课程。

6.4 学生反馈

该课程在教学设计、内容挑战性和学生综合能力培养等方面表现出色。课程的问卷调研显示，超过 80% 的学生认为课程教学目标明确，安排清晰合理；80% 以上的学生认为教学内容具有挑战性，可以促进学生开展主动学习，并且认为课程的考核评价方式能够反映自身学习成效；同时，课程显著激发了学生

的独立思考和创新能力，受到广泛好评，大多数学生愿意向同学推荐本课程。

开放性反馈题目 1：

在什么样的学习情境下，您希望 AI 助教能主动干预或提醒您？（如“注意力涣散”“学习无计划”等）请具体举例说明：____ [填空题]

● 有效回答

考核即将截止
学习无目的的时候
我希望在我注意力涣散时
学习方向茫然，不知从何入手时
信心不足时
学习无计划
学习无效
注意力涣散
学习无目的的时候

开放性反馈题目 2：

AI 助教在哪些知识点或内容讲解方面存在模糊、不准确或待改进的地方？请具体举例说明：____ [填空题]

● 有效回答

目前没有遇到
原理解析的相关性和准确性有待提高
会出现幻觉
问一些应用时，更多给的是综述而非具体实施方式
逻辑思维不够，有时候逻辑出错
答案不准确，解析不靠谱
知识点较为笼统
或许可以举例说明概念，可以加深记忆还便于理解
AR 结合维纳滤波器的使用

开放性反馈题目 3:

请描述 AI 助教目前存在的问题。如果 AI 助教可以模仿一种教师风格,您最希望它是怎样的?(如“轻松幽默”“逻辑严谨”“鼓励型”)请具体举例说明:____ [填空题]

● 有效回答

多些鼓励
全知全能
多些科普
希望逻辑更加严谨通顺一点
逻辑缺乏严谨
带一些轻松幽默
严谨性不够,因为我需要正确的答案

7 结束语

《生物医学信号处理》是生物医学工程类的专业核心课程,为解决该课程理论复杂、学生应用能力弱等问题,本课程创新引入 AI 技术,通过构建课程知识图谱与部署 AI 助教,实现了对“课前-课中-课后”教学环节的全流程赋能。实践表明,知识图谱有效强化了知识体系的关联性与系统性,AI 助教则为学生提供了个性化的学习支持。改革显著激发了学生的学习主动性与探究能力,课程整体教学质量与学生综合素质得到明显提升。通过收集学生的反馈,AI 在辅助教学上有一定正向作用,但还存在明显缺陷,AI 赋能专业课程教学之路仍需进一步摸索和改进。在新工科建设指引下,本研究通过 AI 技术与教学实践的深度融合,有效提升了教学质量,为生物医学工程类专业人才培养提供了可复制、可推广的创新范式。

参考文献

- [1] 漆强,周建华,刘子骥,胡哲峰.基于新工科理念的“嵌入式系统设计”课程改革创新[J].实验科学与技术,2025,44(6):162-166.
- [2] 邵云飞,曾勇,汪腊梅.高校协同创新视角下的复合创新型人才培养模式探索——以电子科技大学为例[J].电子科技大学学报(社科版),2017,19(1):15-19.
- [3] LI L, RAO N N, YAO D Z. Discussions on “Biomedical Signal Processing”: Content, teaching and training[C]//Proceedings of the 27th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Piscataway: IEEE, 2005: 2867-2869.
- [4] 聂能,尧德中,谢正祥,等.生物医学信号数字处理技术及应用[M].北京:科学出版社,2005.
- [5] GUO S, LI N, WANG L, et al. Effects of age and musical training on resting-state periodic oscillatory brain activity[J]. GeroScience, 2025: 1-14.
- [6] 杨福生,高上凯.生物医学信号处理[M].北京:高等教育出版社,1988.
- [7] LI Y, HU Y, LIU T, et al. Dipole source analysis of auditory P300 response in depressive and anxiety disorders[J]. Cognitive Neurodynamics, 2011, 5(2): 221-229.
- [8] QU J, WANG F, XIA Z P, et al. A novel three-dimensional P300 speller based on stereo visual stimuli[J]. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 2018, 48(4): 392-399.
- [9] 李凌,谭波,蒋涛,等.《生物医学信号处理》综合性实验设计[J].实验科学与技术,2013,11(5):125-127.
- [10] 李凌,张婷婷,谢珂.基于 Unity3D 的脑电图检测与分析虚拟仿真实验项目的设计和开发[J].中国医学物理学杂志,2021,38(5):631-637.
- [11] 李凌,蒋晓平,饶妮妮,尧德中.《生物医学信号处理》实验演示软件开发[J].中国医学物理学杂志,2007,24(1):74-76.
- [12] 尚凤军.知识图谱驱动的计算机网络数智化课程建设探索[J].计算机技术与教育学报,2024,12(6):1-8.
- [13] 宋超,张皓,陈旭羿,杨浩淼,梁伟波.知识图谱增强网络与信息系统安全综合设计实验课程教学[J].计算机技术与教育学报,2026,14(1):49-54.
- [14] 贺桂娇,郑耀东,路旭明,叶晨敏.生成式 AI 赋能程序设计实践教学的应用研究[J].计算机技术与教育学报,2026,14(1):67-72.
- [15] 夏禹超,周平.AI 驱动下《数据结构》教学模式创新研究[J].计算机技术与教育学报,2026,14(1):107-112.
- [16] 吴劲,廖勇,周帆,白忠建,陈佳.AI 驱动下的软件工程核心课程体系重构[J].计算机技术与教育学报,2026,14(1):131-136.
- [17] 钟林鹏,李彝利,朱国斌.人工智能赋能软件工程专业课程思政高质量发展路径与实践[J].计算机技术与教育学报,2026,14(1):164-169.
- [18] 王玲,权凌,万永利,李凌.“学以致用、以赛促学”推动生物医学工程创新人才培养[J].实验科学与技术,2022,20(5):52-55,65.