

新医科背景下“R 语言程序设计与机器学习基础”产教研协同教学模式探索

康宏宇 徐晓巍 郑 思 郝 洁 杨 林 王序文 侯 丽 李 姣

(中国医学科学院/北京协和医学院医学信息研究所 北京 100020)

〔摘要〕 **目的/意义** 针对医学数据挖掘类课程, 构建产教研协同教学模式, 推动复合型医学创新人才的系统化培养。**方法/过程** 以医学专业本科生为对象, 围绕“R 语言程序设计与机器学习基础”课程设置“会学-会用-会创造”三位一体的课程目标, 构建实践驱动、双师教学、技术赋能、多元评价的协同教学路径。通过企业教师深度参与、人工智能教学助手辅助教学、项目式学习驱动等方式, 提升医学生的跨学科综合能力与实践创新能力。**结果/结论** 该产教研协同教学模式有效提升了医学生在医学数据挖掘与智能技术领域的综合能力, 具备良好的可复制性和推广价值, 可为新医科背景下医学教育改革提供实践参考。

〔关键词〕 产教研协同; 新医科; 医学数据挖掘; 复合型人才培养

〔中图分类号〕 R-058 **〔文献标识码〕** A **〔DOI〕** 10.3969/j.issn.1673-6036.2025.09.016

Exploration of an Industry – Education – Research Collaborative Teaching Model for the Course “R Programming and Fundamentals of Machine Learning” in the Context of the New Medical Education Initiative

KANG Hongyu, XU Xiaowei, ZHENG Si, HAO Jie, YANG Lin, WANG Xuwen, HOU Li, LI Jiao

Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100020, China

〔Abstract〕 **Purpose/Significance** To establish an industry – education – research collaborative teaching model for medical data mining courses, so as to promote the systematic cultivation of interdisciplinary medical innovation talents. **Method/Process** Taking undergraduate medical students as the object, the course of “R programming and fundamentals of machine learning” is set with a triadic curriculum goal of “learning to learn, learning to apply, and learning to create”, and a collaborative teaching pathway characterized by strong practice orientation, dual – teacher engagement, technological empowerment and multi – dimensional assessment is constructed. Through the deep involvement of industry teachers, AI – driven teaching assistants, and project – based learning, the interdisciplinary comprehensive ability and practical innovation ability of medical students can be enhanced. **Result/Conclusion** The industry – education – research collaborative model has effectively enhanced the comprehensive abilities of medical students in the fields of medical data mining and intelligent technology. It has good replicability and promotion value and can provide practical references for the reform of medical education under the background of the new medical education initiative.

〔Keywords〕 industry – education – research collaborative; new medical education initiative; medical data mining; interdisciplinary talent cultivation

〔修回日期〕 2025 – 08 – 18

〔作者简介〕 康宏宇, 副研究员, 发表论文近 30 篇; 通信作者: 李姣, 研究员。

〔基金项目〕 中国医学科学院医学与健康科技创新工程 (项目编号: 2021 – I2M – 1 – 056); 国家社会科学基金项目 (项目编号: 22CTQ024); 北京协和医学院青年医学教育骨干培训项目 (项目编号: 2024MESP011)。

1 引言

随着人工智能与大数据技术的快速发展，新医科^[1]对医学人才提出了更高的跨学科能力要求^[2]。2020 年国务院办公厅发布的《关于加快医学教育创新发展的指导意见》^[3]强调，新医科建设要加快高层次复合型医学人才培养，健全以职业需求为导向的人才培养体系。注重产业需求导向和实践教学，不仅能够促进教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接，还是推动教育优先发展、人才引领发展、产业创新发展、经济高质量发展相互贯通、相互协同、相互促进的战略性举措^[4]。医学数据是链接临床、科研与管理的核心资源，亟待在本科教育阶段加强其渗透^[5-6]，构建覆盖数据获取、研究分析和实践应用的全链条课程体系^[7]。然而，目前医学类高校普遍存在课程体系滞后、师资短缺^[8]、需求导向融合不足^[9]等问题。尽管已有部分研究尝试引入项目式教学^[10-12]与产教融合理念^[13]，但仍然缺乏完善的协同模式与效果评估^[14-15]。

本研究以“R 语言程序设计与机器学习基础”课程为载体，构建“会学-会用-会创造”三位一体课程目标，探索融合企业导师深度参与、人工智能教学助手辅助教学、项目式学习驱动的协同教学路径，健全以职业需求为导向的人才培养体系，并对其在医学人才培养中的实施效果进行系统分析。

2 课程设计与实施

“R 语言程序设计与机器学习基础”课程是面向临床医学八年制学生，于第 5 学期开设的选修课，致力于系统提升医学生的数据素养与算法应用能力。课程目标包括“基础掌握（会学）”“问题解决（会用）”与“创新实践（会创造）”3 个递进层级，强调“理论学习-知识应用-研究创新”的螺旋式能力提升。教学内容涵盖 4 大模块：编程基础、算法原理、临床应用案例和产教协同实训，旨在帮助学生从入门到精通、从理解到落地。课程共 36 学时，其中理论教学 16 学时、实践操作 16 学时、考核 4

学时。自 2021 年秋季学期开设以来，每学期选课人数为 60 人，目前累计选课人数达 240 人。

3 产教研协同教学模式构建

3.1 教学理念与模式框架：产教研协同教学三角模型

在新医科建设背景下，课程以医学教育与数据科学深度融合为目标，构建“产教研协同教学三角模型”，明确产业需求（企业技术痛点）、教学目标（数据技能培养）与研究创新（学术成果转化）三者的动态互构关系，见图 1。具体而言，产业端以企业真实技术需求为导向，为教学提供实践场景与项目资源；教育端以分层次课程体系为抓手，培养学生的数据思维与算法应用能力；科研端通过问题驱动，引导教学内容与企业前沿问题接轨，推动学生形成创新意识与研究能力。该模型实现了教学资源协同、教学内容融合与教学目标共建的整体性转变。

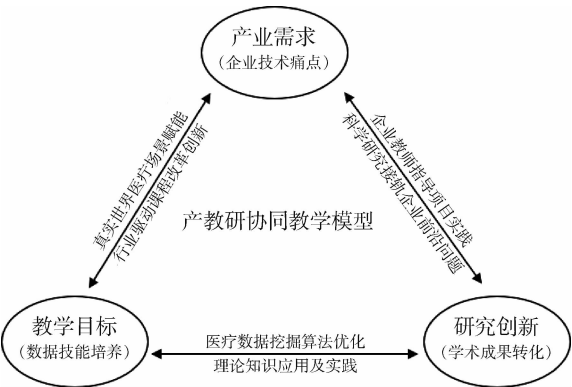


图 1 产教研协同教学三角模型

3.2 核心教学举措

3.2.1 构建产教研有机融合的“强实践”育人体系 在课程设计过程中，紧密对接国家科技攻关任务与产业战略需求，持续更新基础理论与应用案例，构建产教研协同的“强实践”育人体系。课前环节，引导学生查阅医疗政策和前沿文献，结合实际案例预设学习目标、明确研究任务，形成任务导向意识；课中环节，引入多模态临床数据，如医学影像、电子病历、可穿戴设备数据等，开展从数据预处理、模型构建到效果评估的完整数据挖掘流程

训练；课后环节，鼓励学生深度参与企业合作项目，从需求调研到报告撰写，形成“理论学习－知识应用－研究创新”的教学链条。

3.2.2 推行双师协同与企业嵌入的多元教学场景

通过校企联合，组建由高校教师（教学科研主体）与企业工程师（产业实践主体）共同构成的“双师型”教学团队，有效融合了学术深度与产业广度，成功推动教育、产业与科研的紧密协同，确保了课程内容与实际需求的深度对接。教学安排方面，校内教师系统讲授 R 语言编程与算法基础，注重理论知识的系统性与严谨性；企业教师则基于智慧养老、慢病管理等真实应用场景，引入前沿案例，并参与项目实践指导，强化学生的问题导向与工程思维。教学场景方面，除依托校内医学数据挖掘实验室开展日常教学与实践训练外，还组织学生开展企业参访活动，并在校外建立了多个实践基地，共同构建多地协同的教学平台。

3.2.3 研发人工智能教学助手与案例库 针对医学生编程基础相对薄弱的问题，引入基于大语言模型的交互式代码生成工具 Chat2R，支持学生以自然语言描述分析目标，系统自动生成结构化 R 语言代码，并提供语义理解、代码解释、调试建议等多项辅助功能，有效降低编程入门难度。为进一步增强学习的针对性与实战性，同步建设 MedHub 医学数据挖掘案例库，涵盖疾病风险预测、肿瘤基因表达分析、慢病管理等典型任务，提供配套真实数据集、标准化分析脚本与教学视频，支持学生自学与翻转课堂应用。

3.2.4 深化思政引导与科研实践融合 为强化医学生的社会责任感与科研素养，课程有机融入思政教育元素，推动专业教育与价值引领同向同行。形成数据要素、技术创新、团队合作、以人民健康为中心 4 大思政要素，构建涵盖政策解读、伦理讨论、行业动态与跨学科协作的思政案例库。在教学过程中，通过课堂讨论、项目汇报等形式，将思政要素与专业知识深度融合，增强学生的社会服务意识与使命感。同时，将课程任务与科研训练紧密结合，鼓励学生参与数据建模竞赛、校企联合课题研究以及科研成果转化实践项目，培养学生的问题意识，激发其创

新能力，并系统提升其科研写作水平。

3.2.5 构建多元化协同考核与评价机制 为全面评估医学生知识掌握、技能提升与综合学科素养等方面的成长，采用过程性评价与终结性评价相结合的多元化考核方式，注重学习全过程追踪与多维能力的综合衡量。具体考核内容包括：文献阅读报告（20%）、程序设计作业（20%）、小组项目展示（50%）与课堂参与（10%）。课程的综合评分来源于校内教师、企业导师的评估及学生互评，并涵盖学术能力、工程实践与团队合作等多个维度，构建纵向过程追踪与横向多主体协同的反馈体系，以实现教学质量的持续改进。

4 案例研究与教学成效评估

4.1 教学模块设计：以“疾病风险预测”为例

为验证产教研协同教学模式在提升医学生数据素养与实践能力方面的实际成效，以课程中的“疾病风险预测”教学模块为例，进行系统分析。该模块围绕真实电子病历数据展开，引导学生完成从数据清洗、特征构建、模型选择到结果解释的知识应用与实践。教学目标包括：掌握分类模型（如决策树、逻辑回归）的基本原理与实现方法，掌握模型构建与评估流程，提升学生在临床问题建模与结果解读方面的综合能力。

4.2 教学实施与数据采集

教学环节分为 3 个阶段。一是课前预习：学生通过 MedHub 医学数据挖掘案例库学习经典案例，完成 400 字以上的综述报告，梳理研究背景、数据分析流程与结果局限性等。二是课堂实践：由校内教师讲授算法原理与 R 语言程序实现，由企业教师引入慢病数据，指导学生在 RStudio 中完成预测模型构建。三是课后应用：学生分组参与“智慧养老社区慢病风险识别”实践项目，赴企业及实践基地开展调研与模型部署，形成完整的项目分析报告。

4.3 教学成效统计分析

采用对照实验设计，选取 2021 年（传统教学）

与 2024 年（产教研协同教学）秋季学期两个班级学生为对照组与实验组，比较其在独立完成建模比例、代码正确率与建模效率等方面的表现差异。结果显示，实验组学生在预测模型构建能力、代码正确率及操作效率上均显著优于对照组。具体而言，

实验组较对照组能够独立完成模型构建的学生比例提高 18.3 个百分点；在使用 Chat2R 工具后，其 R 语言代码正确率由 71.6% 提升至 91.7%，提高 20.1 个百分点；同时，实验组学生完成模型构建与评估的平均耗时较对照组缩短 15 分钟，见表 1。

表 1 产教研协同教学模式与传统教学模式成效对比

评估指标	对照组（传统教学）	实验组（产教研协同教学）	统计检验结果	显著性
独立完成建模比例	66.7%	85.0%	$\chi^2 = 5.76$	$P < 0.05$
R 代码正确率	71.6%	91.7%	$\chi^2 = 7.43$	$P < 0.01$
建模平均耗时	58 分钟	43 分钟	$t = -4.21$	$P < 0.01$

此外，2024 年秋季课程结束后的满意度调查（60 名学生，有效回收率 100%）结果表明，学生对课程整体及产教研协同教学模式普遍给予高度评价，见表 2。超过 90% 的学生对课程的整体授课效果表示“非常认可”，并高度认可产教研协同教学模式在促进理论知识学习和职业发展方面的作用。

绝大多数学生认为该教学模式有效加强了其理论联系实际的能力，显著提升了其计算思维与数据技能。自 2022 年秋季引入产教研协同教学模式以来，学生课程满意度连续 3 年持续提升，从 2021 年的 81.7% 稳步增长至 2024 年的 91.7%。

表 2 2024 年学生课程满意度调查结果（N=60）[人数（占比）]

项目	非常认可	认可	一般	不认可	非常不认可
课程整体授课效果	55 (91.7%)	5 (8.3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
产教研协同教学模式有效性	53 (88.3%)	7 (11.7%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
计算思维与数据技能提升	51 (85.0%)	7 (11.7%)	2 (3.3%)	0 (0%)	0 (0%)
产教研协同教学对理论知识学习的帮助	56 (93.3%)	3 (5.0%)	1 (1.7%)	0 (0%)	0 (0%)
产教研协同教学对职业发展的帮助	55 (91.7%)	5 (8.3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

5 结语

在新医科背景下，医学教育亟待探索跨学科融合的人才培养新路径。本研究以“R 语言程序设计与机器学习基础”课程为载体，构建了融合实践驱动、双师教学、技术赋能、多元评价于一体的产教研协同教学模式。实证研究结果表明，该教学模式不仅显著提升了医学生在医学数据挖掘领域的编程能力与建模效率，也增强了其科研素养。本研究通过教学内容结构化改革、教学方法多元化融合以及教学评价机制优化，有效打破了传统教学中理论与实践脱节、校内教育与行业需求脱轨等瓶颈问题，探索出一条兼具前瞻性与操作性的复合型医学创新人才培养路径。学生在真实问题驱动下完成从数据认知、编程实践到问题建模与解决的完整学习闭

环，推动其在思维方式、实践能力与科研意识方面的全面提升。未来，将进一步推进以下工作，一是构建区域化或行业化的产教研协同联盟，实现优质资源共建共享；二是加强面向教师的跨学科教学能力培训，提升医工融合教学质量；三是推动课程内容与国家战略（如健康中国与数字中国）更加紧密结合，提升医学教育对国家需求的响应能力。

综上所述，本研究提出的产教研协同教学模式在促进医学生数据素养、科研能力和创新思维等方面具有良好成效，完善了需求导向的人才培养模式，促进了学生对数据挖掘技术的深入理解和掌握，同时也具备在医学教育体系中推广应用的现实可行性与战略价值，为复合型医学创新人才的全面培养提供了可靠的路径。

作者贡献：康宏宇负责课程及研究设计与实施、论文撰写与修订；徐晓巍负责课程及研究设计与实施；

郑思、郝洁、杨林、王序文负责教学实施；侯丽负责教学效果分析；李姣负责提供指导、论文修订。

利益声明：所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- 1 教育部, 国家卫生健康委员会, 国家中医药管理局. 关于加强医教协同实施卓越医生教育培养计划 2.0 的意见 [EB/OL]. [2025 - 05 - 25]. http://www.moe.gov.cn/src-site/A08/moe_740/s7952/201810/t20181017_351901.html.
- 2 王辰. 构建我国现代医学教育体系 [EB/OL]. [2025 - 05 - 25]. <https://medical.sciencenet.cn/sbhtmlnews/2024/4/369681.shtm>.
- 3 国务院办公厅. 关于加快医学教育创新发展的指导意见 [EB/OL]. [2025 - 05 - 25]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2020 - 09/23/content_5546373.htm?_zbs_baidu_bk.
- 4 冯嘉楠, 纪万里, 王小芬, 等. “产教融合”背景下药物分析实验教学改革创新探索 [J]. 医学教育研究与实践, 2025, 33 (1): 76 - 80.
- 5 王维民. 新科技革命背景下的医学教育范式转型 [J]. 中华医学教育杂志, 2024, 44 (6): 401 - 406.
- 6 胡珊珊, 范怀玉. 大数据背景下医学生数据素养培养研究 [J]. 医学信息学杂志, 2020, 41 (12): 89 - 92.
- 7 唐琳, 归航, 王辰. 健康中国背景下新医科建设工作的再思考 [J]. 国家教育行政学院学报, 2024, 31 (1): 51 - 57.
- 8 黄道斌, 潘媛媛, 王培培, 等. 医学本科院校中医学数据挖掘课程教学反思与改革 [J]. 电脑知识与技术, 2022, 18 (17): 128 - 130.
- 9 杜振双, 胡清福, 林迺苍, 等. 产教融合视角下全科医学课程体系的建构研究 [J]. 华夏医学, 2023, 36 (5): 204 - 208.
- 10 张森. 走向创新: 新质生产力视域下产教融合共同体的本质特征 [J]. 中国远程教育, 2024, 44 (8): 88 - 96.
- 11 巩永强, 王超, 许海云, 等. 基于医学数据素养内涵的教育模式探讨 [J]. 医学与社会, 2022, 35 (7): 74 - 80.
- 12 李四海, 李燕. 基于案例驱动的医学数据挖掘课程教学研究与实践 [J]. 科教导刊, 2023, 15 (14): 108 - 111.
- 13 李四海, 陈建国, 李燕. 医学数据挖掘课程实践教学资源库的建设 [J]. 科教导刊, 2023, 15 (4): 37 - 39.
- 14 刘璇, 祝因苏, 吴飞云. 医学院校产教融合人才培养模式构建研究 [J]. 科教导刊, 2023, 15 (34): 55 - 57.
- 15 王智鹏, 钮晓音, 邵莉. 产教融合培养医学交叉人才的时代诉求、现实挑战及实施路径 [J]. 中国大学教学, 2024, 61 (3): 25 - 30.

(上接第 99 页)

- 2 全民科学素质行动规划纲要 (2021—2035 年) [EB/OL]. [2024 - 11 - 23]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5623051.htm.
- 3 潘雪, 陈雅. 我国高校数据素养教育评价指标体系探析 [J]. 新世纪图书馆, 2018 (7): 31 - 34.
- 4 袁红军, 袁一帆. “双一流”高校图书馆信息素养教育现状调查与分析 [J]. 图书馆学研究, 2020 (19): 20 - 28, 35.
- 5 史佳, 吴汉华. 我国前“211 工程”高校图书馆信息素养教育现状分析 [J]. 高校图书馆工作, 2020, 40 (6): 22 - 26.
- 6 於海燕, 陈旭东, 何松, 等. 德尔菲专家咨询法在构建临床学科带头人评价指标体系中的应用 [J]. 中国医疗管理科学, 2019, 9 (5): 28 - 32.
- 7 杨桂美. 大学生信息素养评价指标体系构建及其测评系统设计研究 [D]. 昆明: 云南师范大学, 2023.
- 8 刘芳. 社区老年人慢性疼痛自我管理方案构建及基于微信公众号的初步应用 [D]. 广州: 南方医科大学, 2024.
- 9 彭紫怡, 毛阿燕. 基于层次分析法的中国公共卫生安全风险预估指标权重研究 [J]. 中国现代医生, 2025, 63 (13): 10 - 14.
- 10 姚海燕, 罗志宏. 基于层次分析法的医院学科建设评价指标体系优化研究 [J]. 中国医院, 2022, 26 (2): 70 - 72.
- 11 王兴兰, 吕会群. 高校图书馆信息素养教育直播培训现状调查与分析——以“双一流”高校图书馆为例 [J]. 图书馆工作与研究, 2022 (11): 54 - 60, 82.
- 12 郭宁芬, 何青芳. 上海地区高校“信息素养教育”课程现状、问题和对策 [J]. 图书馆杂志, 2018, 37 (2): 39 - 46.
- 13 刘忠卫, 马祎, 邹明远. 卫生监督机构应急反应能力评价指标体系构建 [J]. 中国卫生经济, 2017, 36 (9): 76 - 80.
- 14 吴汉华, 郭淑敬. 我国高校图书馆信息素养教育现状分析 [J]. 图书馆建设, 2022 (2): 102 - 110.
- 15 李书宁, 萧雨佳, 佟蕊. 提示素养: 数智时代高校图书馆信息素养教育的新拓展 [J]. 图书馆论坛, 2025, 45 (9): 52 - 60.