

基于人工智能的《生物信息学》教学重构与达成度分析

杨 浩^{1*}, 高亚梅¹, 王景伟¹, 谢 敏², 常有民³

¹黑龙江八一农垦大学生命科学技术学院, 黑龙江 大庆

²湖南省水产研究所, 湖南 长沙

³厦门市科环海洋生物科技有限公司, 福建 厦门

收稿日期: 2026年8月1日; 录用日期: 2026年8月31日; 发布日期: 2026年9月8日

摘 要

为破解传统《生物信息学》教学中“重软件操作、轻算法原理”以及“理论与实践应用脱节”的痛点, 本文基于能力导向(OBE)教育理念, 探索了人工智能(AI)赋能的《生物信息学》课程混合式教学重构, 并在生物工程专业2023级两个班级($n = 83$)的教学实践中进行了深入应用。课程建立了以理论基础、算法原理与综合应用为核心的三级课程目标, 将大语言模型(LLM)助教及智能化教学工具深度融入课堂教学、R语言代码剖析、序列比对演练与实验数据流构建。基于课程考核数据的目标达成度定量分析表明: 课程总达成度均值达0.782, 其中以AI辅助代码理解与实践为主的课程目标2达成度最高(0.944), 而强调综合分析 with 复杂问题解决的课程目标3达成度为0.782, 以期末闭卷考核为主的理论概念(课程目标1)达成度为0.748。数据揭示出学生在“工具流依赖”与“底层机制理解”之间的知识迁移壁垒。结合此教学痛点, 本文提出了强化科研实战驱动、改“流程操作”为“问题驱动”、优化形成性动态评价等持续改进路径, 为新工科背景下AI技术深度融合生物信息学及相关交叉学科教学提供了可借鉴的范式。

关键词

《生物信息学》, 人工智能, 课程目标达成度, 教学改革, OBE理念, 形成性评价

AI-Based Teaching Reconstruction and Achievement Degree Analysis of “Bioinformatics”

Hao Yang^{1*}, Yamei Gao¹, Jingwei Wang¹, Min Xie², Youmin Chang³

¹College of Life Science and Technology, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing Heilongjiang

*通讯作者。

文章引用: 杨浩, 高亚梅, 王景伟, 谢敏, 常有民. 基于人工智能的《生物信息学》教学重构与达成度分析[J]. 教育进展, 2026, 16(9): 412-417. DOI: 10.12677/ae.2026.1691918

²Hunan Fisheries Research Institute, Changsha Hunan³Xiamen Kehua Marine Biotechnology Co., Ltd., Xiamen Fujian

Received: August 1, 2026; accepted: August 31, 2026; published: September 8, 2026

Abstract

To solve the pain points of traditional “Bioinformatics” teaching, such as “emphasizing software operation while ignoring algorithm principles” and “disconnection between theoretical knowledge and practical application”, this paper explores the artificial intelligence (AI)-enabled blended teaching reconstruction of the Bioinformatics course based on the Outcome-Based Education (OBE) concept. The reconstructed teaching model has been fully applied in the teaching practice of two classes ($n = 83$) of the 2023-grade Bioengineering major. This course constructs a three-level curriculum objective centered on theoretical foundation, algorithm principles and comprehensive application. Large Language Model (LLM) teaching assistants and intelligent teaching tools are deeply integrated into classroom teaching, R language code analysis, sequence alignment exercises and experimental data flow construction. The quantitative analysis of curriculum objective achievement degree based on course assessment data shows that the overall curriculum achievement degree reaches an average of 0.782. Among them, Curriculum Objective 2, focusing on AI-assisted code understanding and practical operation, achieves the highest achievement degree of 0.944; Curriculum Objective 3, highlighting comprehensive analysis and complex problem-solving ability, has an achievement degree of 0.782; Curriculum Objective 1, dominated by final closed-book examination for theoretical concepts, scores an achievement degree of 0.748. The data reveals the knowledge transfer barrier of students between “tool workflow dependence” and “underlying mechanism understanding”. In view of the above teaching problems, this paper proposes continuous improvement strategies, including strengthening scientific research practice-driven teaching, transforming “process-oriented operation training” into “problem-driven teaching”, and optimizing dynamic formative evaluation. It provides a referable paradigm for the in-depth integration of AI technology into the teaching of Bioinformatics and related interdisciplinary courses under the background of emerging engineering education.

Keywords

“Bioinformatics”, Artificial Intelligence, Curriculum Objective Achievement Degree, Teaching Reform, OBE Concept, Formative Evaluation

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

生物信息学作为生命科学与计算机技术、数理统计高度交叉的前沿学科,已成为现代生物工程、新药研发及农业生物技术等领域的核心支撑知识体系[1]。然而,在传统生物信息学本科教学中,长期存在“两极化”的教学困境:一方面是软件工具的“黑盒化”[2],学生往往仅掌握图形化界面软件的点选操作,对其底层的动态规划算法、矩阵演化逻辑及编程实现(如 R/Python 语言)存在畏难情绪;另一方面是知识迁移的“断层化”,面对复杂的高通量组学数据(如单细胞 RNA-Seq、基因组组装等),学生缺乏从

生物学问题提炼、数据处理流设计到科学结论解释的系统性综合思维[3]。

随着大型语言模型(LLM)及生成式人工智能(AI)技术的爆发式发展,教育领域的数字化转型迎来了契机[4]。在程序设计、代码解读、组学数据库检索以及复杂算法推演等任务中, AI 展现出天然的技术契合度。基于此,本研究结合教学改革项目的立项实施,以生物工程专业 2023 级两个班级共 83 名本科生为研究对象,在《生物信息学》课程(40 学时,理论 24+ 实验 16)中引入人工智能辅助教学手段,重点探索了 AI 在代码解构、序列比对算法推演及组学数据分析中的应用。本文基于 OBE (Outcome-Based Education) 成果导向理念,对教学后学生的课程目标达成度进行量化评估,深入剖析教学成效与暴露问题,以为高等院校生命科学类交叉课程的教学重构提供实证参考。

2. 基于 AI 赋能的课程体系与教学设计重构

为确保课程教学与工程教育专业认证要求相衔接,本课程重构了“知识-能力-素养”三位一体的课程目标体系(表 1),并将其精准映射至生物工程专业的毕业要求指标点。针对传统教学中代码门槛高、算法抽象等痛点,本课程将 AI 工具贯穿于“预习-课堂-实验-复盘”的全链条教学中。

在讲解 Needleman-Wunsch 或 Smith-Waterman 动态规划序列比对算法时,学生往往因难以理解矩阵得分规则而产生挫败感。课堂引入 AI 编程助手后,教师引导学生向 AI 提出结构化 Prompts (如:“请用 R 语言写一个简单的计算双序列比对得分的程序”)。学生通过交互式询问,对比 AI 生成的代码与课本公式,极大降低了编程理解门槛,实现了从“背诵算法”到“逐行拆解代码内核”的转变。在 16 学时的实验课中,改传统的“按步骤搬指南”为“AI 引导下的自我探索”。例如在 NCBI 数据库复杂检索与系统发育树构建实验中,要求学生利用 AI 生成初始操作方案,并在实际 R 环境中运行验证。若出现报错或树分支置信度异常,学生需将错误日志输入 AI 进行排查,并在实验报告中提交包含“AI 建议-实际纠错-生物学意义解释”的完整反思链。

Table 1. Corresponding relationship between curriculum objectives and graduation requirement index points
表 1. 课程目标与毕业要求指标点的支撑对应关系

课程目标	目标内涵描述	支撑毕业要求指标点	支撑强度
课程目标 1	掌握生物信息学的基本概念、产生与发展、研究目的及核心研究内容。	1.1 掌握必备的生物信息学基础知识和技能; 2.1 掌握生物信息学必备的基本理论。	M (中)
课程目标 2	熟悉各大生物数据库及数据查询; 掌握序列比对底层原理, 具备基础编程思维, 能尝试运用 R 语言代码诠释序列比对的核心步骤。	2.2 掌握解决复杂生物学问题所需的方法与工具; 3.2 能通过对复杂生物问题的分析正确表达并获取有效结论。	M (中)/ H (强)
课程目标 3	熟练掌握 DNA/蛋白质序列与结构分析; 能够运用专业软件及数据流工具解决复杂生物学问题(如系统发育树构建、组学分析等)。	4.1 能够使用生物信息学或数理计算工具分析解决生物科学问题。	H (强)

3. 课程评价体系与达成度计算模型

课程构建了“多元化、全过程、量化可追溯”的形成性与终结性相结合的评价体系。总成绩满分为 100 分,由期末考试(60%)、实验成绩(25%)及平时成绩(15%,含考勤 6%与课堂测试 9%)组成。综合支撑矩阵与考核权重分布如表 2 所示。

Table 2. Composition of curriculum assessment scores and weight matrix supporting curriculum objectives
表 2. 课程考核成绩构成及课程目标支撑权重矩阵

考核环节	总分	折算权重	课程目标 1 (分值/折算)	课程目标 2 (分值/折算)	课程目标 3 (分值/折算)
考勤	40	6%	—	—	6/6.0
课堂测试	60	9%	—	—	9/8.43
实验考核	100	25%	—	—	25/24.85
期末考试	100	60%	15/9.0	15/9.0	70/42.0
合计折算分	—	100%	9.0	9.0	82.0

4. 课程目标达成度结果与实证分析

基于上述计算模型，对生物工程专业两个班级共 83 名学生的成绩数据进行汇总分析(表 3)，试卷目标达成度如图 1。整体数据表明，课程总达成度均值为 0.782，整体教学成效良好，但在不同课程目标间展现出明显的结构性差异。

Table 3. Summary of curriculum objective achievement degrees
表 3. 课程目标达成度汇总表

课程目标编号	对应考核折算满分	学生平均得分	目标达成度(Ai)	评价等级
课程目标 1 (基础理论与概念)	9.00	6.73	0.748	合格
课程目标 2 (数据库、算法与 R 语言)	9.00	8.50	0.944	优秀
课程目标 3 (综合软件应用与问题解决)	82.00	64.16	0.782	良好
课程总体达成度	100.00	79.39	0.782	良好

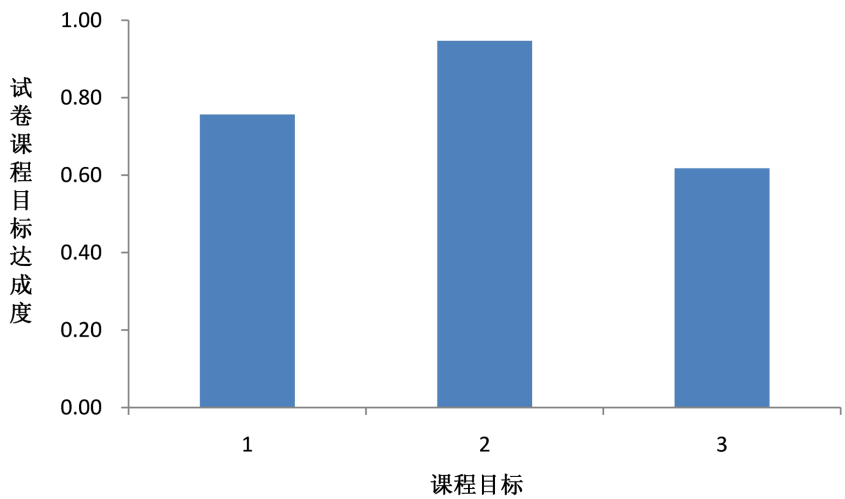


Figure 1. Overall achievement degrees of curriculum objectives in examination papers
图 1. 试卷整体课程目标达成度

课程目标 2 涵盖数据库操作、比对算法逻辑理解及 R 语言代码初步应用，其达成度显著高于其他两项，高达 0.944。主因在于 AI 编程助手的引入消除了学生对底层代码的心理屏障，在随堂测试与实验实

践中,学生借助 AI 快速搭建代码框架、理解变量含义并进行语法纠错,使编程与算法推演环节成为了高分区间,平时实验成绩均值达 24.85/25 (折算分),充分验证了 AI 辅助工具在提升过程性学习成效上的巨大价值。

与课程目标 2 形成鲜明对比的是,课程目标 1(侧重考核基本概念、发展历程与核心理论)的达成度仅为 0.748。这反映出部分学生在平时学习中过度依赖 AI 的即时检索与问答,忽视了对基础理论体系的自主内化与长期记忆,呈现出在自由度较高的 AI 教学环境下学困生容易产生“知识假性掌握”的惰性心理。而课程目标 3(涵盖期末综合大题、实验报告及平时表现,权重占 82%)的达成度为 0.782。通过对个体成绩的深挖发现,学生群体出现了显著的分化现象,典型表现为“平时/实验高分,期末理论大题低分”的结构性失衡。高分段学生能够将 AI 赋予的代码实践能力完美迁移至期末考试的复杂生物学问题分析中,而部分学生在软件流程点选和实验报告撰写中表现优异,但在无 AI 辅助的闭卷考核中,面对复杂数据结果解释、进化树生物学意义分析等题目时,暴露出理论功底薄弱、知识迁移能力不足的缺陷,这清晰表明传统的软件工具操作高分掩盖了部分学生在理论概念内化上的严重不足。

5. 反思与持续改进路径

结合本次课程目标达成度分析暴露出的“AI 依存度高、理论内化不足、综合迁移能力不均”等问题,依托认知负荷理论、建构主义学习理论、生成性学习理论对实验结果进行理论归因,从认知机制层面解释 AI 带来的双重教学效应后,后续教学重构将从五大维度系统性推进持续改进。从认知负荷理论视角看, AI 可承接代码调试、矩阵演算等重复性工作,降低学生外在认知负荷,聚焦核心生物学逻辑;但无约束使用会跳过生成性认知加工,催生“知识假性掌握”,这也是课程目标 1 达成度偏低的核心成因。依托建构主义, AI 应作为知识建构支架,而非直接提供标准答案的捷径工具,放任学生复制 AI 输出会造成碎片化浅层认知,最终出现脱离 AI 后知识迁移失效的分化现象。针对上述理论层面暴露的核心矛盾,首先,改“被动检索”为“引导式推演”,强化理论内化,从根源消解 AI 捷径带来的生成性认知缺失与知识假性掌握问题。针对课程目标 1 达成度欠佳及学生对 AI 的“惰性依赖”,在讲授基因组学、转录组学及序列比对矩阵算法时,减少纯知识性概念的讲授,增加课堂无设备裸写逻辑图、算法手推及阶梯式闭卷随堂小测。要求学生在使用 AI 时,必须提交向 AI 提问的逻辑链条(Prompt Log)与 AI 答案的辨析反思,引导学生由被动接收答案向主动批判性思考转变,区分 AI 工具输出方案与学生自主推导理论逻辑,完成建构主义要求的自主知识内化闭环。

其次,改“流程操作型”为“问题驱动型”,破除“黑盒”依赖,并引入前沿组学实战以提升复杂问题解决能力。在实验教学中全面削减验证性实验,引入问题驱动(PBL)与科研案例驱动模式,直接提供真实环境中的差异表达基因列表或高通量测序原始数据,要求学生自主设计从数据清洗、R 语言分析到通路富集解释的全流程方案,并在报告中强制要求对参数选择的生物学合理性进行深入论述,增设“AI 方案缺陷辨析”固定写作模块,倒逼学生跳出标准化工具流程。同时,课程内容将紧跟现代生命科学前沿,引入单细胞转录组(single-cell RNA-seq)、多组学整合分析以及 AI 辅助蛋白质结构预测等前沿模块,设置开放性小课题,鼓励学生组队完成从数据库挖掘到撰写规范科研报告的全过程,分层约束不同任务下 AI 使用权限:基础数据整理可借助 AI 减负,核心机制推导、结果解读仅允许局部查错,保留必要自主认知加工环节。

第三,锚定认知负荷分层设计 AI 学习任务,区分减负型辅助任务与思辨型综合任务,平衡 AI 工具效率与深度学习训练。最后,优化动态评价机制并实施分层差异化教学。鉴于平时与实验成绩整体偏高、难以拉开区分度的现实,后续将加大阶段性“盲测”与代码答辩环节的权重,在课程中段(第 8 周)进行阶段性达成度诊断,对存在“重实践、轻理论”倾向、出现知识假性掌握的学生及时进行学业预警。针对

学生个体达成度的离散情况,对理论基础薄弱的学生建立 AI 辅助学习手册,提供标准化 Prompts 模板与核心概念思维导图以巩固基线知识;对综合能力较强的高分段学生,则引导其超越课堂内容,弱化 AI 代码辅助依赖,鼓励其使用 Python/R 编写自主底层算法,或参与真实科研课题,促成其由“知识学习者”向“科研创新者”的跨越。

6. 结论

将人工智能技术融入《生物信息学》课程教学,是顺应数字时代交叉学科人才培养需求的必然选择。本研究通过对 83 名本科生课程目标达成度的定量分析证明:AI 工具的引入极大降低了学生掌握编程与复杂算法的门槛,使课程目标 2 (算法与编程应用)达到了 0.944 的高达成度。基于认知负荷、建构主义、生成性学习三重教育理论可证实,规范管控下的 AI 可作为高效认知支架,剥离机械性外在认知负荷,有效降低算法、代码学习入门壁垒。然而,数据同时也揭示了学生对 AI 工具产生“工具依赖”、导致底层基础理论内化不足(课程目标 1 达成度 0.748)以及知识迁移能力受限的深层矛盾,无约束的 AI 使用会剥夺学生自主生成性认知加工过程,直接造成“知识假性掌握”,出现理论与综合分析能力两极分化。教研实践表明,AI 赋能教学绝非简单的“技术替代”,而必须建立在“知识内化-算法推演-AI 辅助实践-批判性反思”相闭环的教学设计与严格的形成性评价之上。后续教学将持续深化问题驱动的教学改革,平衡好“AI 效率工具”与“学生自主批判性思维”的关系,以教育理论为依据规范 AI 课堂使用边界,为培养兼具生物学素养与计算建模能力的高素质工程技术人才提供坚实保障。

基金项目

黑龙江八一农垦大学教育教学改革研究项目:新质生产力背景下“人工智能+生物信息学”课程教学改革与农林人才创新能力培养研究(NDJY2542);黑龙江省高等教育教学改革重点委托项目:互联网+背景下的生物信息课堂教学与信息技术整合研究与实践(SJGZ20220129)。

参考文献

- [1] 王春阳, 杨明, 张康, 等. 新农科视角下的农林院校生物信息专业创新人才培养策略[J]. 植物学报, 2026, 61(2): 341-350.
- [2] 徐凤. 人工智能算法黑箱的法律规制——以智能投顾为例展开[J]. 东方法学, 2019(6): 78-86.
- [3] 郭昌, 刘燕辉, 蒋宇航, 等. 人工智能赋能生物信息学教学智慧化改革[J]. 高师理科学刊, 2026, 46(4): 100-105.
- [4] 白凯, 曹伊婷, 白静盼, 等. 大模型赋能人工智能核心课程创新与实践——以《机器学习》课程为例[J]. 数字技术与应用, 2026, 44(6): 33-36.