

实践教学赋能生物信息学拔尖人才培养

张 岩 顾 悦

(哈尔滨工业大学生命科学和医学学部 哈尔滨 150030)

〔摘要〕 目的/意义 从实践教学角度, 探讨生物信息学领域拔尖人才培养方式, 以期实现理论知识与实践教学融合, 培养复合型、创新型人才。方法/过程 提出“案例教学、科学问题和项目驱动”教学模式。以实际案例引导学生注重理论知识的应用转化; 以前沿科学问题促进学生学习的内在契合性; 以项目驱动教学方法鼓励学生自主探究, 激发学习兴趣。结果/结论 该教学模式能有效提高学生自我分析、自我反思和开放性思维能力, 培养学生创新和实践能力, 为生物信息学领域高质量人才培养提供了有效途径。

〔关键词〕 人才培养; 实践教学; 生物信息学; 项目驱动; 教学创新

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2024.11.015

Practical Teaching Empowers the Cultivation of Top Talents in Bioinformatics

ZHANG Yan, GU Yue

Faculty of Life Sciences and Medicine, Harbin Institute of Technology, Harbin 150030, China

〔Abstract〕 **Purpose/Significance** From the perspective of practical teaching, the paper discusses the training methods of top talents in the field of bioinformatics, in order to realize the integration of theoretical knowledge and practical teaching, and cultivate compound and innovative talents. **Methods/Process** A teaching mode of “case-based teaching, scientific inquiry, and project-driven approach” is proposed and implemented. That mode guides students to pay attention to the application and transformation of theoretical knowledge with practical cases, promotes the intrinsic relevance of students' learning with cutting-edge scientific issues, and encourages students to explore independently and stimulates their interest in learning with the project-driven teaching methods. **Results/Conclusion** The teaching mode can effectively improve students' ability of self-analysis, self-reflection and open thinking, cultivate students' ability of innovation and practice, and provide an effective way for training high-quality talents in the field of bioinformatics.

〔Keywords〕 talent cultivation; practical teaching; bioinformatics; project-driven; teaching innovation

1 引言

生物信息学是一门快速发展的交叉学科, 其在生物医学研究和应用中的重要性日益突显。为积极

响应国家培养拔尖人才的号召, 探索和实践生物信息学领域教学改革, 本文针对生物信息学拔尖人才培养过程中的实践性教学进行深入探讨, 通过改革创新教学方式, 将理论知识与实践教学有效融合, 培养复合型、创新型拔尖人才。为此, 提出“案例教学、科学问题和项目驱动”教学模式, 旨在通过实际案例引导、前沿科学问题跟踪以及项目驱动的方法, 激发学生学习兴趣, 提高学生自我分析、自

〔修回日期〕 2024-06-12

〔作者简介〕 张岩, 博士, 教授, 发表论文 100 余篇。

我反思和开放性思维能力,进而培养出能够适应未来挑战的高质量人才。

2 案例教学在生物信息学教学中的运用

2.1 生物信息学教学特点

近年来,生物大数据的快速发展显著提升了生物信息学结果的预测能力和可重复性,对教育领域产生了深远影响。在此背景下,各高校逐渐将生物信息学作为独立专业或纳入生命科学专业的教学中。生物信息学的广义定义为利用计算机和信息技术,以及数学和统计分析方法收集、存储、分析、解释和整合数据以解决生物医学问题的学科。生物信息学学科内容包括生物学数据的研究、存档、显示、处理和模拟,基因遗传和物理图谱处理,核苷酸和氨基酸序列分析,新基因的发现和蛋白质结构预测等。

生物信息学的发展对于现代生物学研究具有深远意义。在后基因组时代,生物信息学应用将在全面解析人类基因组序列信息、理解基因组物质结构及其复杂性、探索生命起源和生物进化机制、识别和鉴定与人类疾病相关基因,以及药物设计理论创新和优化等方面发挥关键作用。此外,为了确保生物信息学教育和培训的有效性,应制定合理的教育策略和培训计划,以满足该领域日益增长的专业人才需求。然而,由于生物信息学的跨学科性质,有效地培养创新型生物信息学人才成为挑战。

2.2 案例教学模式提高生物信息学教学效果

与许多其他领域一样,生物信息学的出现是由于新的计算工具和技术的发展,研究人员可以更容易地共享数据。将这些进步有效地融入教育,实现方法共享,将技术研究进展结合起来并转化为具体教育经验,帮助学生做好工作和研究准备非常重要^[1-2]。

通过案例教学模式传授生物信息学的概念和技能,不仅可以引导学生重视理论知识的实际应用,还有助于锻炼其自我分析和自我反思能力,同时促进开放性思维的形成^[3]。例如,生物信息学在人类

基因组计划中发挥关键作用,针对哈尔滨工业大学本科生创新研修课“生物医学大数据分析”,以人类基因组计划为例,设计教学内容,使学生了解人类基因组的测序技术、数据分析流程和方法。此外,在课堂教学中,重点突出以下内容:20 世纪 90 年代测序技术正在起步,全球科学家特别是我国科学家勇于攻关,参与完成了人类基因组 30 亿个碱基排列,提供了完整基因组^[4]。通过该案例教学,既使学生了解了科学前沿,也将思政元素融入其中,激发了学生的学习热情。

3 跟踪前沿科学问题对高质量人才培养的影响

3.1 生物信息学面向大量前沿科学问题

生物信息学领域研究的最终目标是从国际、全新视角发现新的生物学见解。该学科不仅革新了现代生物学理论,而且重新定义了生物学研究方法,影响人类对健康和疾病的深层次认识^[5]。生物信息学的主要研究和临床应用涉及以下方面:利用生物信息学优化疾病诊断和检测^[6],通过筛选病原体基因组数据库促进疫苗开发^[7],通过分析核苷酸/蛋白序列突变增加对进化过程的理解等。这些前沿科学问题需要大批创新型人才投入大量精力完成。教育工作者和教育研究人员应关注生物信息学高质量人才的教育和培养^[8]。因此紧跟前沿科学问题,培养具有融合科学思维和计算思维的跨学科人才是生物信息学教育的目标。

3.2 前沿科学问题与生物信息学领域教学的有机结合

生物信息学技术在医学领域的应用前景广阔,将该领域知识更广泛地融入生物医学课程,有助于加强学生对计算机技术的实践体验,提升学习的相关性,并增加生物信息学的广度,实现教育目标的多样性^[9]。在生物信息学教育中,计算机辅助学习活动有助于激发学习潜力,这得益于其与多种教学设计理论的契合。特别是以下两个原则:一是学习者参与解决现实世界相关实际问题时,学习过程得到有效促进;二是学习者将新知识应用于实践时,学习效果显著增强。这些原则不仅激发学习者的主

动性和创造性,还有助于培养其解决复杂问题的能力,从而在该跨学科领域中取得成功。

因此,将前沿科学问题与生物信息学领域教学有机结合至关重要。例如,通过学习,学生可以明确如何利用生物数据库和 DNA 技术快速查明特定遗传疾病和感染,提高疾病预防率,加强对疾病的诊断和治疗。此外,药物开发可以通过计算机程序进行三维分子分析来完成^[10]。在课程设计、学习环境开发和教学过程中,应考虑 3 方面内容:回答每个科学问题所需的领域特定知识类型(包括陈述性知识、程序性知识、战略性知识、情境性知识),每个科学问题产生的方法(生物学、生物信息学或两者结合),以及对科学问题相关的认知过程维度(记住、理解、应用、分析、评估、创造)^[11]。

以肿瘤早诊和治疗为例,新一代 DNA 测序技术和单细胞测序技术的发展,不仅大幅降低了 DNA 测序费用,还使基因组测序技术得以普及,提高了疾病诊断和治疗的准确性,为早诊提供了新视角^[12]。在生物信息学教学中,需要为学生讲解单细胞测序技术和分析方法,使学生充分了解这一前沿问题,引导其研究肿瘤领域的难题并提出解决方案,培养其未来从事大数据工作的能力。

4 项目驱动教学方法贯穿于生物信息学领域课程和人才培养

近年来,为了培养能够满足高质量科学研究需求的人才,生物信息学教育领域经历了显著的教学方法变革,主要体现在以下几个方面。一是课程内容始终保持科学前沿性,确保学生接触到最新的研究成果;二是通过项目驱动的教学模式,强化了教育的实用性,使学生能够在实践中学习并应用理论知识;三是鼓励学生在教学过程中发挥主体作用,通过自主探究来深化理解^[13]。学生通过参与项目实施,学习兴趣被激发,积极性、追求卓越的精神和信念也得到加强。将项目驱动教学方法融入生物信息学人才培养的全过程,不仅体现了课程改革的创新性,也确保了教学内容与实际应用的紧密结合,为学生未来的科研和职业发展打下坚实的基础。

4.1 设立大一学年项目

为了激发学生对生物信息学的兴趣,从大一学年即开始项目训练,将项目实践融入教学过程,使学生从学习者转变为主导者。生物信息专业应用性较强,尽管理论知识讲授配合上机实践可以提高教学质量,但是学生对所学知识的实用性体会不深,仍无法很好地调动其积极性。通过项目实施,可帮助学生理解和掌握所学知识和技能,激发学生的科研热情,培养其发现问题的批判思维。例如,可引导大一学生以 3 人为一小组完成项目实践,包括“AI+大数据赋能癌症免疫治疗的精准决策”“癌症筛查和早期诊断平台”“基于肺癌的 DNA 甲基化数据谱的化疗药物敏感标志物挖掘技术”等。

以“开发结直肠癌 LncRNA-m6A 修饰蛋白作用对的预测模型”项目为例。深度学习是人工智能的一个分支,在医疗保健领域应用日益广泛^[14],也推动了癌症诊治朝着精准医疗方向转变。设计“开发结直肠癌 LncRNA-m6A 修饰蛋白作用对的预测模型”项目,以 LncRNA-m6A 修饰蛋白关系对序列特征为背景,以结直肠癌患者差异性表达的 LncRNA 和 m6A 修饰蛋白共表达网络中的 LncRNA-m6A 修饰蛋白作用对为特征,基于深度学习构建结直肠癌预测模型,筛选结直肠癌特征性 LncRNA-m6A 修饰蛋白作用对,为揭示结直肠癌的表观遗传调控机制提供了新的研究视角,也为结直肠癌的精准诊断提供新型肿瘤标志物。学生参照教师已提供的深度学习算法相关视频课程,一边学习一边实践,开发基于深度学习的预测模型。通过项目实施,学生带着问题学习,既掌握了理论知识,又积累了科研经验。

4.2 支持大二、大三学年创新训练项目

创新训练项目旨在强化经验学习,确保学生获得有深度的反馈,提供实践操作机会,并鼓励自主学习。其核心目标在于提升学生的综合能力,包括学习力、自主性、实践技能、创新思维和团队合作精神^[15-16]。例如面向遗传和非遗传疾病,生物信息学技术的重点是识别基因治疗的机会,以及非侵

人性诊断和预后工具。自从人类基因组计划成功完成首次基因组测序后,高通量的基因组学、蛋白质组学和代谢组学技术平台已经日益普及,对多种疾病的大规模数据集的深入分析成为可能^[17]。数据科学、机器学习、统计方法可用于识别与疾病过程相关的异常模式,是生物信息学人才必备技能。在大二、大三学年组织学生开展创新训练项目,帮助其初步理解科研过程及具备初级科研思维,提高其利用所学理论知识解决具体科学问题的能力。例如,设计“开发癌症早筛肿瘤标志物的查询工具”训练项目,引导学生在项目中处理和分析大量癌症表达谱数据,开发实用网站,培养其自主开展项目的能力。在大二、大三学年开展创新训练项目对以学术为基础的知识体系发展具有重要意义。

4.3 重视大四学年毕业设计

毕业设计是从学术到专业的过渡,是深化、拓宽、综合运用所学知识的重要过程,是对学习、研究与实践成果的全面总结,也是高等教育质量和办学效益的重要评价内容。通过毕业设计,可以培养学生的创新思维,提高逻辑思维、沟通与协作、表达和写作能力。应重视大四学年的毕业设计,针对每个学生的特点、兴趣开展个性化、差异化项目指导,并鼓励学生展示。学生在导师指导下进行项目研究,与教师团队的研究生和博士后互动,参加组会、学术会议,体验研究人员工作方式;定期汇报项目进展,及时纠正问题。最后通过撰写毕业论文和答辩考核毕业设计的成效。

5 结语

本文通过探讨实践教学在生物信息学拔尖人才培养中的重要性,提出了一系列创新教学方法和策略。从案例教学的深入应用到前沿科学问题的紧密跟踪,再到项目驱动教学方法的全面实施,为培养具有创新能力和实践能力的生物信息学人才提供有效途径。该教学模式的实施显著提升了学生的创新能力和实践能力,帮助学生将新知识应用于解决实

际问题,为生物信息学高质量人才培养提供了有力支撑。目前该教学模式在及时更新案例、资源和时间管理、个性化教学方法以及实践平台的丰富性方面存在局限。未来研究需关注如何更新案例以紧跟科学发展,提高项目驱动教学的资源利用效率,设计个性化教学方案,并通过跨学科合作及现代信息技术的应用来增强学生的综合能力,以提升生物信息学领域人才培养质量,为学科发展注入新动力。

作者贡献: 张岩负责研究设计、论文撰写;顾悦负责数据收集、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 LEDBETTER M L. Vision and change in undergraduate biology education: a call to action presentation to faculty for undergraduate neuroscience, July 2011 [J]. *Journal of undergraduate neuroscience education*, 2012, 11 (1): 22–26.
- 2 NEIL SARKAR I. Editorial: bioinformatics education in the 21st century [J]. *Briefings in bioinformatics*, 2010, 11 (6): 535–536.
- 3 李映红.《生物信息学》课程“思政元素”及运用教学研究[J]. *现代商贸工业*, 2021, 42 (30): 121–122.
- 4 WANG T, ANTONACCI – FULTON L, HOWE K, et al. The human pangenome project: a global resource to map genomic diversity [J]. *Nature*, 2022, 604 (7906): 437–446.
- 5 AKALIN P K. Introduction to bioinformatics [J]. *Molecular nutrition & food research*, 2006, 50 (7): 610–619.
- 6 UESAKA K, OKA H, KATO R, et al. Bioinformatics in bioscience and bioengineering: recent advances, applications, and perspectives [J]. *Journal of bioscience and bioengineering*, 2022, 134 (5): 363–373.
- 7 WOOLLER S K, BENSTEAD – HUME G, CHEN X, et al. Bioinformatics in translational drug discovery [J]. *Bioscience reports*, 2017, 37 (4): 20160180.
- 8 BIALEK W, BOTSTEIN D. Introductory science and mathematics education for 21st – century biologists [J]. *Science*, 2004, 303 (5659): 788–790.
- 9 陈湖星, 严海丹, 王先龙, 等. 具有医学特色的生物信息学研究型教学模式探究 [J]. *福建医科大学学报 (社会科学版)*, 2020, 21 (2): 60–64.

(下转第 103 页)

(1): 115 – 118.

15 胡献慧. 我国图书馆数字素养教育研究综述 [J]. 图书馆工作与研究, 2022 (6): 49 – 55.

16 管佳, 韩婷芷, 徐国兴. 人工智能技术赋能我国高等教育拔尖人才培养 [J]. 中国电化教育, 2022 (10): 97 – 101.

17 孙旭欣, 罗跃, 李胜涛. 全球化时代的数字素养: 内涵与测评 [J]. 世界教育信息, 2020, 33 (8): 13 – 17.

18 李艳君, 黄德生, 关鹏, 等. 虚拟仿真技术在我国医学教育领域相关研究中应用的科学知识图谱分析 [J]. 中华医学教育杂志, 2021, 40 (12): 992 – 996.

19 徐喆, 朱萍, 龙海明. 新医科背景下人工智能在医学信息技术中的应用探讨 [J]. 工业控制计算机, 2024, 37 (1): 145 – 146, 149.

20 郑玮, 董葱. 健康中国视角下“互联网 + 医疗”发展现状及思考 [J]. 中国公共卫生管理, 2017, 33 (6): 769 – 774.

21 高霏霏. 数字学术环境中高校图书馆信息素养教育的内容取向与策略选择研究 [J]. 图书馆, 2021 (2): 43 – 48, 62.

22 翟雪松, 朱雨萌, 张紫徽, 等. 高校教育信息化治理能力评价: 界定、实践与反思 [J]. 开放教育研究, 2021, 27 (5): 24 – 33.

23 蔡迎春, 张静蓓, 虞晨琳, 等. 数智时代的人工智能素养: 内涵、框架与实施路径 [J]. 中国图书馆学报, 2024, 50 (4): 71 – 84.

(上接第 94 页)

7 邓明攀, 刘春林. 健康医疗大数据应用中的权利保护和行为规制 [J]. 医学与法学, 2019, 11 (4): 39 – 46.

8 王利朋, 关志, 李青山, 等. 区块链数据安全服务综述 [J]. 软件学报, 2023, 34 (1): 1 – 32.

9 PILKINGTON M. Research handbook on digital transformations [M]. Northampton: Edward Elgar Publishing, 2016.

10 FRANCISCO K, SWANSON D. The supply chain has no clothes: technology adoption of blockchain for supply chain transparency [J]. Logistics, 2018, 2 (1): 2.

11 ST DENIS T, JOHNSON S. Cryptography for developers [EB/OL]. [2023 – 07 – 12]. <https://www.sciencedirect.com/book/9781597491044/cryptography-for-developers>.

12 DWIVEDI A D, SRIVASTAVA G, DHAR S, et al. A decentralized privacy – preserving healthcare blockchain for IoT [J]. Sensors, 2019, 19 (2): 326.

13 魏艳. 基于区块链的数据完整性验证技术研究 [D]. 南京: 南京邮电大学, 2019.

14 游静, 罗慧英. 区块链支撑下的“互联网 + 医疗健康”服务体系与关键业务流程研究 [J]. 中国数字医学, 2020, 15 (7): 48 – 50, 10.

15 CHEN Y, DING S, XU Z, et al. Blockchain – based medical records secure storage and medical service framework [EB/OL]. [2023 – 07 – 12]. <https://doi.org/10.1007/s10916-018-1121-4>.

16 曾柳凤, 吕圣飞, 熊倪. 基于区块链技术下儿科病历档案信息资源的科学管理和合理利用研究 [J]. 世界最新医学信息文摘, 2021, 21 (60): 305 – 306.

17 WIRTZ J, PATTERSON P G, KUNZ W H, et al. Brave new world: service robots in the frontline [J]. Journal of service management, 2018, 29 (5): 907 – 931.

18 FISCHER S H, DAVID D, CROTTY B H, et al. Acceptance and use of health information technology by community – dwelling elders [J]. International journal of medical informatics, 2014, 83 (9): 624 – 635.

(上接第 98 页)

10 PLANA D, PALMER A C, SORGER P K. Independent drug action in combination therapy: implications for precision oncology [J]. Cancer discovery, 2022, 12 (3): 606 – 624.

11 The National Academies. Bio2010: transforming undergraduate education for future research biologists [EB/OL]. [2023 – 11 – 21]. <https://nap.nationalacademies.org/read/10497/chapter/1#iv>.

12 PEVZNER P A. Educating biologists in the 21st century: bioinformatics scientists versus bioinformatics technicians [J]. Bioinformatics, 2004, 20 (14): 2159 – 2161.

13 谢小芳, 何华勤, 许卫锋, 等. 探究式教学在生物信息学综合实验中的实践探索 [J]. 生物学杂志, 2020, 37 (5): 120 – 123.

14 汤胜男, 辛学刚. 机器学习在生物信息学领域的应用与研究进展 [J]. 人工智能, 2020 (1): 84 – 93.

15 钟扬, 王莉, 李作峰. 我国生物信息学教育的发展与挑战 [J]. 计算机教育, 2006 (9): 4 – 6.

16 LABOV J B, REID A H, YAMAMOTO K R. Integrated biology and undergraduate science education: a new biology education for the twenty – first century [J]. CBE – life sciences education, 2010, 9 (1): 10 – 16.

17 MATEO J, STEUTEN L, AFTIMOS P, et al. Delivering precision oncology to patients with cancer [J]. Nature medicine, 2022, 28 (4): 658 – 665.

• 103 •