

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2011.04.016

· 教学研究 ·

生物信息学课程研究性教学的实践与思考

张纪阳, 刘伟, 谢红卫

(国防科学技术大学 机电工程与自动化学院, 湖南 长沙 410073)

[摘要] 作为新兴交叉学科, 生物信息学处于蓬勃发展阶段, 来自不同学科的理论 and 观点不断融合, 技术和方法迅速更新, 这些特点决定了在课程建设和教学中, 非常适合实施开放式的研究性教学。但与此同时, 这也为课程的建设 and 施教带来了挑战和困难。结合《生物信息学》课程的教学实践, 从确定课程的目标与定位、选择和组织教学内容、设计和实施研究性教学、准备和推荐扩展阅读材料等方面, 探索了这一类课程建设与施教的特点和方法。

[关键词] 新兴交叉学科; 课程建设; 研究性教学; 生物信息学

[中图分类号] G642.0 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2011)04-0051-04

The Practice and Thinking of Research - Informed Teaching of Bioinformatics

ZHANG Ji - yang¹, LIU Wei¹, XIE Hong - wei¹

(School of Mechanical Engineering and Automatization, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract : Theories and ideas coming from different disciplines are merged in bioinformatics, a new developing cross - discipline. Thus, the technologies and methods for bioinformatics are updated very fast. These characteristics make it very suitable to perform the research - informed Teaching. However, the rich information from the developing discipline makes it difficult to prepare for the course. This paper introduces the exploration and practice of the research - informed teaching of bioinformatics, including the course position and aims, its content selection, the background material preparation, and the schedule design.

Key words: new cross - discipline; course construction; research - informed teaching; bioinformatics

一、引言

多学科交叉是当代科技发展的重要趋势, 也是高校科研和学科建设的重要方向。培养复合型人才, 大力发展交叉学科, 已经成为许多高等院校跨越式发展的战略选择, 是自主创新突破口和重要途径, 也是建设创新型社会和高等教育改革的重要方向^[1]。探索和构建适应新兴交叉学科的课程体系, 是学科发展的需要, 也是教学改革的要求, 已经成为教学和教改研究的重要内容^[2]。生物信息学(Bioinformatics)是随着现代生命科学的发展而兴起的交叉学科, 旨在为生物学研究提供信息处理的支撑, 从海量数据中挖掘生物信息, 实现对生物现象和系统的建模等目标。它需要综合运用数学、生物学、计算机科学、化学、物理等学科的知识 and 技能(图1), 涉及大量的科学问题、工程问题和计算问题^[3]。

生命科学的迅猛发展突显了生物信息学人才的缺乏。研究机构和高等院校, 特别是传统的生物研究机构, 迫切需要通过各种形式的教学, 系统地培养新的复合型研究人

员^[4]。因此, 国内重点大学大都相继开设了生物信息学课程, 并在持续不断地创新和改革教学内容与方法。但毋庸置疑的是, 在目前的生物信息学课程教学中, 还存在研究与教学衔接不够、教学内容的深度、广度、新颖度以及提炼不够、教学方法的探索和思考有待深化等问题, 迫切需要各高校根据自身特点, 科学确立教学目标, 及时系统地总结规划教学内容, 探索和改革教学方法, 以提高教学质量与效果^[4]。

研究性教学是大学精神的具体体现之一, 是一种理念, 也是一种教学模式和教学方法^[5]。虽然没有严格的定义, 但人们对研究性教学还是存在着很多共识。研究性教学强调主体的能动性和创造性, 内容和形式的开放性, 过程的启发性, 结果的创新性等。研究性教学将研究过程引入教学, 让教学对象自己去探索和解决问题, 通过问题探究而不是被动接受来学习知识, 提升能力。课程学习的目标不再仅仅积累学识, 而更多的是提升知识获取能力和研究能力。生物信息学课程的目标、内容和施教方法都还处在不断的探索和更新之中, 研究性教学的这些特点恰好与之相

[收稿日期] 2011-05-20

[作者简介] 张纪阳(1979-), 河南泌阳县人, 国防科学技术大学机电工程与自动化学院讲师, 博士, 研究方向是生物信息学。

适应,因此,在这一类课程中实施研究性教学,既是客观需求,也是提高教学效果的最好途径^[6]。

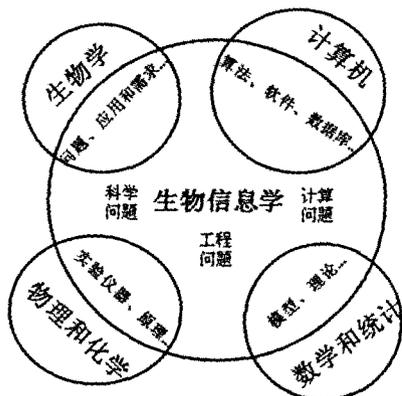


图1 生物信息学的交叉学科

在具有了一定的科学研究基础,急需扩展研究范围和深化研究内容的情况下,笔者所在学院于3年前开始面向全校研究生开设生物信息学课程。相比于国内一些重点大学,我们的课程开设较晚,也正因如此,我们在生物信息学课程的教学目标的确定、教学内容的选择与组织、研究性教学的实践、以及教学理念的思考上,有更多的经验可资借鉴。因此,在生物信息学教学中,我们全面实施了研究性教学,进行了一系列的教学实践和探索,取得了较好的教学效果。希望这些实践和思考,能够对类似的新兴交叉学科的课程建设和教学提供参考和借鉴。

二、课程的目标与定位

合理的课程目标与定位是决定课程建设成败和教学效果的基础,其主要依据是人才培养需求与授课对象的实际情况。调研国内外同类课程我们发现,生物信息学课程的教学目标多种多样。例如,对传统生物学科学生和研究人员而言,以培训数据分析基本原理和软件工具的使用方法为主要目的;对计算机和信息学科人员而言,以传授现代生命科学的基础知识、实验与数据产出原理为主。这些差异在不同的生物信息学教材中得到了集中体现^[7]。不同目标的背后,体现了为迅速发展生命科学培养生物信息学复合型人才的迫切需求。

笔者遇到的实际情况是:学校已经有一些研究团队在生物信息学方向开展了多年研究,有一定的研究和教学基础;学校正在加强生物相关交叉学科的重点建设,对生物信息学方面的研究人才有明确需求。开设面向全校研究生的生物信息学课程,培养后备研究力量正当其时。学校专业主要集中在工科领域,信息类学科具有优势,生物学科基础薄弱。因此,授课对象通常没有系统学习过生物学知识,对生命科学的新进展更是了解甚少。基于上述特点,我们将课程目标定位于“教学与科研结合,基础与专题并重,知识与能力齐升,培养能够快速承担生物信息研究的后备研究人才”。与该目标定位相配套,我们在教学过程中全面引入了研究性教学。

三、教学内容的选择和组织

生物信息学内容繁多,需要进行精心的选择裁剪和编

排组织,才能在有限的时间内实现既定的教学目标。生物信息学是新兴交叉学科,需要复合的知识结构,因此,来自相关传统学科的人员都需要在发挥自身优势的同时,利用各种途径拾遗补缺,才能以各自独特的角度介入生物信息学研究^[8]。生物信息学课程的教学内容的选择,就应该以帮助授课对象高效实现自身的取长补短为原则,做到兼顾弥补基础的不足和发挥自身优势。表1不完全列举了相关学科方向介入生物信息学的侧重点。

课程授课对象的知识结构是我们选择和组织教学内容的主要依据之一。与其它院校一样,我校还没有建立起完整的新兴的生物信息学培养体系,多数学生都会来自其它相关专业。就我校而言,学生主要来自数理化学等理学基础专业和控制、计算机和电子等信息类工学专业,极少数来自与生物密切相关的专业。授课对象非常欠缺生物问题的背景知识,而生物学问题是生物信息学的源头和应用对象。因此,教学内容必须比较系统地涵盖这些基础知识。但是,过多地介绍生物学知识,就不可能在有限的课时内完成教学目标。因此,我们将教学内容侧重于应用和案例,将重点放在问题分析和建模、算法应用和结果分析上。

表1 不同学科背景对生物信息学教学内容的需求和侧重

相关学科	需求和侧重
生物学科	应用数理统计基础,实验设计、实验数据处理软件的操作规程、实验参数优化等问题
数学和统计	生物学基本问题,数学模型的应用等
计算机	生物信息、实验数据类型以及相互关系,建设高质量生物专题数据库,开发高效、易操作的软件工具,利用高性能计算技术高效完成复杂的生物信息计算等
物理、化学	高性能生物实验方法,实验原理分析和基于数据分析的仪器优化设计等
控制专业	生物学基础、生物实验数据产出原理,如何将生物问题归结为特征提取-模型训练和评估的成功案例,系统的高度对生物系统开展建模、分析和操纵等

按照上述原则,本课程以分子生物学的“中心法则”为主线来组织,首先利用一定量的学时介绍生命科学基础,突出系统性和重要的环节与线索;其次,借鉴教材《探索基因组学、蛋白质组学和生物信息学》中的内容组织方法,采用以故事为引导,分层次分环节,以后基因组时代的研究热点—各种组学(-omics)^[9]作为专题内容,同时涉及生物信息处理的不同方面^[10];最后,以系统生物学研究来统领上述内容。这样既系统地介绍和补充了生物学基础知识,又可以适当选择介绍有一定深度的前沿性研究专题,方便了案例组织和问题设计,为学生提供了广阔的探索空间。在专题介绍过程中,突出案例,穿插统计回归、聚类分析、机器学习等提示性内容,强化建模方法和应用。将文献调研、论文撰写、程序设计、软件应用等研究基础能

力培养贯穿其中，以研讨、课堂报告、研究实践作为载体来强化。

四、研究性教学的设计与实施

在设计和实施研究性教学时，我们主要有如下的考虑和举措。

1、教学与研究密切结合。课程组的科研重点集中于蛋白质组学，因此，与蛋白质组学有关内容占据了相当大的比重，涉及了蛋白质鉴定、蛋白质定量、蛋白质相互作用网络等课题，使教学与科研达成了实质性融合，研讨也就更加深入扎实。

2、切实实现开放性教学。开放性是研究性教学的主要特征之一，其基本途径是在教材之外开展大量的扩展阅读，到文献、研究案例和在研热点中去获取灵感，扩大视野。

3、将“研究能力的培养”放在首位，将实践性教学贯穿始终。为此，将教学重点放在了问题建模和分析，放在案例实践和研讨上，不追求生物学知识和算法模型的完美体系。教学内容中，除了生物学基础知识、算法等内容外，还着重体现了文献调研和阅读、研讨与交流技巧、数据分析实践、论文撰写等基本能力的训练和要求。我们设计了较多的研讨问题，穿插于主线内容介绍中，作业和考核也全部围绕研讨和实践展开。通过持续的研讨和分析实践，把基本能力的培养融于课堂教学中，最终集中体现在授课对象的课程研究报告中。由于这些内容具有较强的实践性，容易引起授课对象的共鸣和兴趣，激发了学习的自主性，有的课程实践和研讨报告甚至达到了发表的要求。

4、基于案例的全过程研究体验，激发内在自主性。生物信息学是飞速发展的新兴交叉学科，这一特点决定了新观点、新思路不断涌现，导致很多问题的研究螺旋式上升，在科学结论和理论体系不断完善的过程中，呈现了一幅幅完整的科学研究的全景式画面。在案例教学时，我们首先通过高水平的综述统领相关案例，再通过具体研究文献的理解和消化，理清问题的实质以及研究工作的过去、现状和未来发展趋势。例如，在教学内容“蛋白质组中的质谱数据分析”中，对表达谱数据分析，采用了 John Yates 早期的典型研究^[11]，大规模蛋白质组学研究计划^[12]和目前以高精度质谱分析为特点多元化应用^[13]，这3个典型且具有时代特征的案例，来介绍以数据库搜索为代表的全流程(workflow)数据处理方法，展现了数据分析思想的发展变化和具体算法的不断探索过程，引发了授课对象丰富的思考和讨论，真正激发了内在的学习研讨自主性。同样毋庸置疑的是，这对课程准备提出了很高的要求，需要我们结合科研工作，做经常性的文献调研，注重累积，而在教学实施前，再进行系统调研和总结，适时更新教学内容。

五、扩展阅读材料的准备与推荐

开放性是研究性教学的主要特征之一，实现开放性教学的基本途径之一是，在教材之外开展大量的扩展阅读，到文献、研究案例和在研热点中去获取灵感，扩大视野。会议报告、期刊文献、专业网站和数据库是生物信息研究的重要信息资源，对于研究性教学来说，也应该是主要的扩展阅读材料。本课程选择了《探索基因组学、蛋白质组

学和生物信息学》作为参考教材，但具体授课内容却有很大一部分来自文献和专业网站，这样便于选择研讨案例，突出前沿研究内容。

对于生物医学研究来说，Pubmed^[14]是文献的集大成者，提供了功能强大的搜索引擎和文献分类系统。本课程在准备课程背景资料和研讨教学的过程中，大量采用了文献搜索和追踪的方法。典型的流程是：首先从高水平杂志（例如 Nature 和 Science）开始，根据关键词搜索综述；然后根据综述提出的分类或技术主线，完成相关文献搜索，并且在搜索中注意选定相关专题的高水平研究杂志，总结历史发展脉络，从而限制搜索范围，搜索主要研究工作；最后，系统组织和思考这些材料，提炼课堂教学内容和实践研讨课题。这样做可以十分方便地选择和复现教学案例，提炼出研讨问题，并且不割裂大量背景材料和选择出的教学内容的关系，对于开放式的研讨教学十分有利。

各种数据库为案例教学提供了丰富的资源。很多数据库在提供数据资源的同时，也提供了很多数据分析软件，以及相应的文献和背景材料，例如 NCBI 和 EBI。本课程的很多研究案例都是来自于这些数据库。例如，在系统生物学建模与分析专题中，结合 Kaizu K 等人对细胞周期模型的系统总结^[15]，介绍了 KEGG 和 GO 数据库，引出了生物系统建模问题，介绍了 SBML 建模语言，BioModel 数据库，以及利用 SBML 语言建模的大量工具软件和几个典型建模案例。案例和工具的介绍，使得授课对象有了自己动手的基础，从而在下一节课的研讨中提出了很多自己的见解。

本课程还采用了下面一些资源作为背景材料：（1）著名实验室网站资源；（2）文献附件材料；（3）仪器公司网站上的研究资源；（4）科学计算软件公司网站的背景材料；（5）同类课程网站，例如 MIT 的计算分子生物学^[16]，北大的生物信息学基础^[17]等。在课程内容选择的过程中，对这些资源进行了筛选和推荐，有的直接体现在课件中，更多的则分类整理，以学习光盘形式提供给了教学对象。

六、结束语

自开设本课程以来，已经进行了3轮教学实践。期间，我们不断探索并努力实施了研究性教学，取得了较为满意的教学效果。但是，要将研究性教学的理念落实到具体措施并最终应用于课程教学，还有大量的工作要做，例如：网络课程建设、学习资源的丰富与更新、以教学效果为终极目标的教学方法的设计与改进等等，都还有很大的提升空间。希望本文呈现的思考和总结能够起到抛砖引玉的作用，为类似的新型交叉学科的课程建设提供有益的参考。

[参考文献]

- [1] 谈松华. 战略机遇期中国高等教育改革走向[J]. 国家教育行政学院学报, 2010 (2): 9-13.
- [2] 张梅俊. 交叉学科复合式教学体系的理论与实践研究[D]. 武汉理工大学博士论文, 2008.
- [3] 吴建盛, 吴建孟. 《生物信息学》——打造精品课程的契机[J]. 时代教育(教育教学版). 2010 (10): 17-18.
- [4] 张林, 柴惠, 赵虹. 生物信息学教学模式探讨[J]. 新课程研究(高等教育). 2010 (3): 67-68.

对比,学生的自学能力,发现、分析、解决问题的能力得到很大提高,学习效果及考试成绩也比较理想。但是在开展研究型教学过程中,我们也发现:并不是所有的教学班都适合开展研究型教学,研究型教学的开展也有其条件,在开展研究型教学中要注意:

一是分组规模不能太大。在教学过程,我们经常需要对学生分组,开展分组讨论和练习,如果一个组人数较多,学生就会相互依赖,参与积极性不强,研究效果反而不好。同时,分组数量也不能太多,组数多了后,每组汇报、交流的机会就少了,研究的交互性降低。

二是学生课后时间必须充分保证。研究型教学需要学生查阅大量相关资料,通过问题探讨和研究撰写报告。如果课余时间太少,课后查阅文献资料、开展研究的时间不充裕,学生就只能就事论事,不能创新性地提出深层次问题,也就达不到研究型教学目的。

[参考文献]

- [1] 张敏. 金融学专业研究型教学模式探讨. 合作经济与科技[J]. 2011,(6)
- [2] 李艳梅 冯婉玲. 研究型教学模式下的本科精品课程建设[Z]. 2004.7. <http://jpkc.wjxy.edu.cn/eoljpk//messageshtml/5801/1089705006848.htm#>

- [3] 实施研究型教学的实践与思考[Z]. 2010-8-13. <http://www.biyenet.com.cn/>
- [4] 赵应文. 略论人力资源管理类课程立体化研究型教学[Z]. 2011-1-13. http://www.rlygl.com/Science_detail.asp?i=3149
- [5] 网培中心教学论坛. 关于如何开展研究型教学的思考[Z]. 2008-10-6. <http://www.enetedu.com>
- [6] 学海网. “技术经济学”课程教学改革的探索[Z]. 2010-4-22. <http://www.xuehi.com/article/lunwen/>
- [7] 王育济. 关于“研究型教学”的基本思路和几点设想[N]. 山大校报. 2006-4-12
- [8] 李得伟,张超,李海鹰. 大学工科专业课程实施研究型教学的探讨[J]. 高等教育研究. 2009,(9):74-75.
- [9] 杨俊,王光明. 影响本科研究型教学实施效果的教师因素分析[J]. 高等教育研究. 2009,(12):18-20.
- [10] 李桂娥. 研究型教学在《区域经济学》教学中的应用[J]. 高等教育研究. 2010,(6):90-92.
- [11] 刘纯. “研究型教学”之我见[J]. 科技纵横. 2010,(12):73-74.
- [12] 刘冰. 以科学本质为基础的研究型教学新思路[J]. 高等理科教育. 2011,(3):74-78.

(责任编辑:林聪榕)

(上接第53页)

- [5] 夏锦文,程晓樵. 研究性教学的理论内涵与实践要求[J]. 中国大学教学. 2009(12):25-28.
- [6] 魏毅,胡德华,邓昊. 生物信息学课程“开放式、研究性”教学模式的探讨[J]. 生物信息学. 2009,7(3):227-231.
- [7] 胡娜,常军,徐玲. 生物信息学教学改革与探索[J]. 安徽农业科学. 2010,38(3):1588-1589.
- [8] Ouzounis CA, Valencia A. Early bioinformatics: the birth of a discipline - a personal view [J]. Bioinformatics. 2003;19(17):2176-90.
- [9] Bishop M. Omics research and bioinformatics - joined - up thinking or anarchy? [J] Brief Bioinform. 2003;4(4):313.
- [10] [美]A. 马尔科姆·坎贝尔和劳里 J. 海尔. 探索基因组学、蛋白质组学和生物信息学(第二版)[M]. 孙之荣等译. 北京:科学出版社. 2007.
- [11] Washburn MP, Wolters D, Yates JR 3rd. Large - scale analysis of the yeast proteome by multidimensional protein identification technology[J]. Nat Biotechnol. 2001;19(3):242-7.
- [12] States DJ, Omenn GS, Blackwell TW, Fermin D, Eng J,

- Speicher DW, Hanash SM. Challenges in deriving high - confidence protein identifications from data gathered by a HUPO plasma proteome collaborative study[J]. Nat Biotechnol. 2006;24(3):333-8.
- [13] Choudhary C, Mann M. Decoding signalling networks by mass spectrometry - based proteomics [J]. Nat Rev Mol Cell Biol. 2010;11(6):427-39.
- [14] U. S. National Library of Medicine. Pubmed[OL][2011, March 20]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>.
- [15] Kaizu K, Ghosh S, Matsuoka Y, Moriya H, Shimizu - Yoshida Y, Kitano H. A comprehensive molecular interaction map of the budding yeast cell cycle[J]. Mol Syst Biol. 2010;6:415.
- [16] Jérôme Waldispühl and Charles W. O'Donnell. Introduction to Computational Molecular Biology [OL]. [2011, March 20]. <http://www-math.mit.edu/18.417/>.
- [17] 朱怀球. 生物信息学导论[OL]. [2011. March 20]. <http://ctb.pku.edu.cn/main/Course.htm>.

(责任编辑:林聪榕)