

生物信息专业博士研究生课程体系 构建的思考*

刘艳, 张晓艳

(同济大学生命科学与技术学院, 上海 200092)

摘要: 生物信息专业博士研究生课程体系是培养国家高科技生物技术人才的关键, 建立高水平模块化的生物信息专业博士研究生课程体系, 对全程保障生命科学创新型高素质人才的培养和深化教学体系的改革有良好的示范作用。本文通过调研美国哈佛大学、斯坦福大学的生物信息专业博士研究生教育情况, 结合我国专业课程体系建设的基本原则和同济大学生物信息专业研究生的课程设置实情, 探索了如何构建高效的模块化研究生课程结构体系。

关键词: 生物信息学专业; 博士研究生教育; 课程体系建设

中图分类号: G643 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-3380(2016)04-0066-05

Construction of Bioinformatics Doctoral Postgraduate Curriculum System

Liu Yan, Zhang Xiaoyan

(School of life Science and Technology, Tongji University, Shanghai 200092)

Abstract: Bioinformatics curriculum system for PhD students is the key to train national high-tech talents in the field of biotechnology. Practice has proved that the establishment of the high level of bioinformatics doctoral postgraduate curriculum can deepen educational reform and training the professional life sciences innovation talents. Also it plays an important role in the establishment of scientific and rational structure of knowledge ability structure and specialty talents training mode. By studying the Bioinformatics doctoral postgraduate education of Harvard University, Stanford University, combining with the basic principles of our country and curriculum system of Tongji University bioinformatics postgraduate, we provide suggestion to build the efficient curriculum structure system.

Keywords: Biological information science; Doctoral education; Curriculum system construction

生物信息学是一个多学科交叉学科,生物信息专业教学是通过计算机和信息技术结合的使用,对浩瀚如海的原始数据和纷繁复杂的生命信息进行收集、存

储、分析、解释和整合数据以解决生物问题,其综合了生物学、数学、统计学、物理学、化学、医学、药学、计算机科学以及信息技术。欧美等发达国家较早在本科、

* 基金项目: 同济大学 2015-2016 年教学改革研究与建设项目(2000104047)。

收稿日期: 2016-03-24, 修回日期: 2016-06-12

硕士、博士等专业学位培养体系开设了生物信息学的教育,^[1-4]探讨创新的教学方式和方法,^[5-7]并不断研究分析生物信息教育现状。^[8]2002年我国一些高等院校先后设立生物信息学专业,截至2015年国内开设生物信息学教育的高校共有27所,^[9]但是由于该学科的综合性强导致高校的生物信息课程教学处于探索阶段,还未形成一个完整的专业课程建设体系,大多数高校采用整合其他学院的师资,进行单一的数学、计算机或生物学学科教学。针对生物信息学专业课程体系的问题,我们分析了生物信息学专业的学科特点和人才培养上存在的不足,它要求我们在人才培养和专业建设中要围绕学科发展和社会需要密切结合生物学相关的科学理论、数学统计工具、计算机信息技术等方面的基本内容和方法加强专业课程体系建设,以培养学生数据处理能力和创新能力,还应该借鉴国外生物信息学教育的成功经验,并结合创新型社会对人才培养的需求进行相应的教学改革。

一、国外高校生物信息专业课程体系的调研

专业课程体系设置在学科人才培养起着决定性作用,国内外一些高校课程设置值得借鉴。美国一流大学已经建立了50余个生物信息学专业和80余个生物信息学博士点,形成比较稳定的学科体系和培养机制。2010年张晓艳调研了加利福尼亚大学的生物信息专业,分析了本科教育和研究生教育的课程和形式。^[10]加利福尼亚大学洛杉矶分校的生物信息专业的教师来自医药、工程、生命科学、数学、物理学科、公共卫生等数十个跨专业学科,设置了本科、硕士、博士课程。伴随生物信息学领域的迅速发展,哈佛大学成立了生物统计与计算生物学系,归属在公共卫生学院,斯坦福大学成立了生物医学信息学跨学科专业,归属在医学院。他们培养层次以硕士、博士为主,本科阶段的学习目的是使学生具有较全面的生物医学专业知识,了解该生物学、医学的信息需求。哈佛大学(图1)的博士研究生教育强调开设基础理论课程,从而为研究生的科研创新活动奠定重要的理论基础和创造发展空间。主修课程有两大类:一类是基础理论方法的学习,旨在要求学生对基础理论知识的学习和掌握,学习统计分析方法,以促进形成系统全面的知识结构,掌握对生物信息大数据的提取、分析等基本方法理论,提高学生的基础理论素养,为其今后从事生物信息科研活动奠定扎实的理论基础;另一类是专业课程学习,

现代分子生物学、遗传学、基因组数据分析基因和基因功能分析,特别强调学科发展的前沿性,着力引领研究生及时把握前沿性热点问题,紧追最新的研究成果,从而不断更新研究生的知识结构,促进创新思维活跃发展,提高研究生的创新能力。

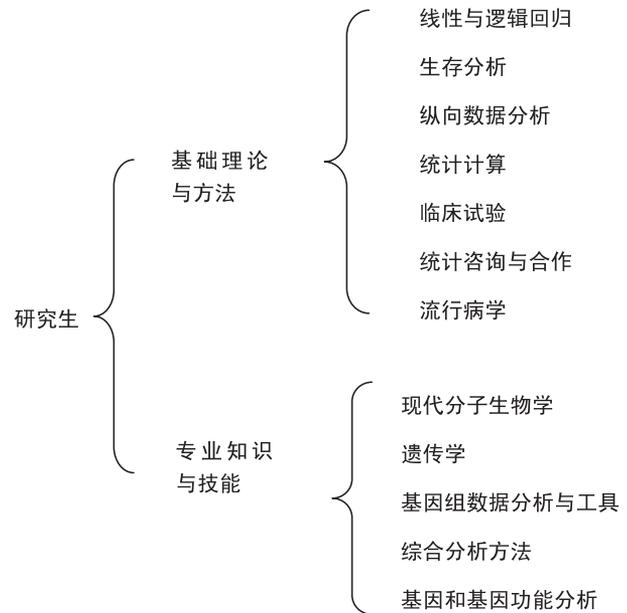


图1 哈佛大学生物统计与计算生物学专业的课程设置^[11]

斯坦福大学(图2)的生物医学信息学旨在培养研究开发新的计算方法,以促进生物医学发展。同时训练学生调查概念建模的新方法,开发新的算法,解决生物科学和临床医学中具有挑战性的问题。在课程设置上,课程体系基本是由核心生物医学信息课程、计算机科学、统计学和工程等课程组合而成,还有必修的社会道德课程以及无限制的选修课程。各个课程间没有交叉的紧密联系,核心生物医学信息课程占17

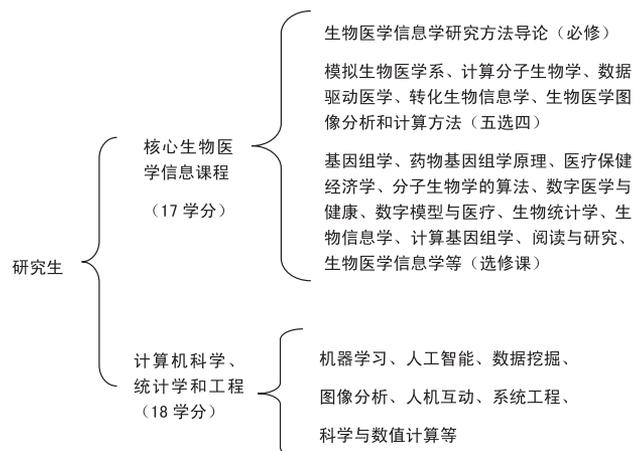


图2 斯坦福大学生物医学信息学专业的课程设置^[12]

分, 计算机科学、统计和工程占 18 分, 由此哈佛大学和斯坦福大学都非常重视研究生物信息学基本工具与理论方法的学习。

因此, 通过调研我们发现生物信息专业作为一门新型的跨学科专业, 在课程设置方面信息学与生物学、医学结合非常紧密。这就启示我们应在设计生物信息专业上, 重视基础理论课程学习, 增设跨学科课程, 包含生物学、医学、化学、数学、计算机科学等, 增加课程的吸引力、紧凑性, 使学生能够深入理解生物信息领域的本质和特点, 从而找到信息与生物学的结合点。还应该灵活选课, 增加选修课自由度, 培养学生兴趣, 注重知识更新, 为培养高质量的复合型人才, 创新型人才奠定坚实的基础。

二、生物信息专业博士研究生课程体系构建方案

1. 课程体系建设的原则

培养生物信息学特色人才是发展生物信息学的关键, 在人才培养方案中, 要求达到坚持基础、强调技能、拓宽专业口径, 但又不增加学生的学习负担, 有利于学生个性发展, 要充分重视生物信息交叉学科的特点, 对整个课程体系进行规划。这些内容其实就体现了新时期社会和经济对人才培养的要求。据此, 我们认为, 构建博士研究生的专业课程体系应遵循以下几个原则:

第一, 培养生物信息专业复合型人才, 构建坚持基础、增强技能训练的课程结构体系。博士研究生教育的培养本着“宽口径、厚基础”的原则, 要“按需设课”, 建立稳定的规范的课程体系。

第二, 突出生物信息学是一门交叉学科、边缘学科和前沿学科, 以大数据为背景, 反映现代科学技术发展现状、挑战和趋势。

第三, 强调生物信息学归属生物学范畴, 注重学科传统优势与特色, 考虑交叉学科的特点与特色, 考虑同地域、同学科领域、同名称专业或相近专业的设置情况, 突出特色专业发展方向课程教学, 提高学生的专业水平。

第四, 课程教学内容必须按照生物信息学科内容的要求设计, 让学生有更多时间关注自身感兴趣的研究方向, 培养学生从兴趣出发的主动学习习惯。

第五, 符合博士研究生学制以及学时限制。

2. 博士研究生教育的专业课程建设

博士研究生教育是我国教育结构中的高层次教

育, 课程体系建设程度直接关系到博士研究生的教育质量。我国博士研究生的专业课程体系存在有较大的封闭性, 课程体系强调分科原则, 整合度不高; 课程内容缺乏前沿性; 教学方式单一化, 缺乏灵活性、创新性; 甚至专业课程按二级学科或者研究方向设置, 导致研究生知识面比较窄, 很难达到交叉学科知识对所从事的研究问题进行创新思维。^[13-14]

博士研究生的培养目标是培养科学家及行业精英, 要求掌握坚实宽广的基础理论和系统深入的专门知识, 能独立地、创造性地从事科学研究工作, 具有国际视野, 能熟练地进行国际学术交流。生物信息专业是交叉学科, 但又隶属于生物学范畴, 本专业的博士要求掌握生物学专业理论的基础上, 还需要学习计算机、信息学、统计学以及医学相关的基础理论。在博士研究生的招生面上本着学科融合的观念可以更加广泛, 可以是数学、信息、物理、化学、计算机、生物等专业, 有效地防止学科朝单一方向发展。

博士生的培养重点在于独立从事科学研究的能力, 根据不同专业背景的博士研究生和学位论文工作的需要, 有目的地选择学习一些相关的课程。在课程设计上, 兼顾我们现有的研究领域。比如针对数学和计算机背景的学生, 开设生物类课程, 而针对生物背景的学生, 则开设系统的数学和计算机课程。生物信息专业博士研究生层次的培养还必须与其他学科的研究领域和产业相结合, 及时掌握研究方向, 提高研究成果转化力。因此, 生物信息专业博士研究生的课程分为学位课、非学位课和必修环节, 其中学位课分为公共学位课和专业学位课, 再结合国外先进的教学理念, 我们建议设置的博士研究生课程如表 1。

模块化的课程针对招考博士生、硕博连读生、直博生有更大更多的自由度, 比如招考的博士生学位课不少 4 门 8 学分, 非学位课不少于 1 门 2 学分, 直接攻博研究生则学位课不少于 15 学分, 非学位课不少于 10 学分。对于非生物专业考入的博士, 要求在导师的指导下完成需具备的专业基础理论课程, 作为补修课程, 不计入学分。

专业课程模块在课程设置上注重了教学内容的先进性和新颖性, 教学时及时将生物信息学科发展的最新动态和科研成果纳入到课程教学中, 引领学生及时掌握学科前沿动态, 培养学生的科研创新精神。同时加强学生对研究方法类课程的学习, 规定每个研究生必须学习生物信息专业的研究方法, 训练研究技

表1 生物信息学专业博士研究生课程体系设置

| 培养方案 | 模块化教学 | 课程 |
|-------|-------------|--|
| 公共学位课 | 人文自然科学 | 马克思主义等 |
| | | 博士研究生英语 |
| 专业学位课 | 生物学科 | 生物学前沿、现代生物学进展、干细胞与表观遗传、基因组学、蛋白质组学、分子生物学等 |
| | 计算机信息 | 机器学习语言、数据库技术、数值计算与图形分析、 |
| | 数学与统计学 | 数据挖掘、生物统计学 |
| | 研究方法 | 生物信息学研究方法导论、实验室轮转、文献阅读与科技写作 |
| 非学位课 | 研究方法 | 生物专题讲座、生物信息学专题研讨会 |
| | 计算机 | 人工智能、计算机网络技术基础、计算机系统工程 |
| | 生物信息 | 生物信息学、医学信息学 |
| | 语言 | 德语、日语 |
| | 健身 | 健身、体育 |
| | 必修环节 | 论文选题 |
| | 研究生学术行为规范 | |
| | 论文阶段成果学术讨论会 | |

能,从而培养研究生独立从事科学研究的能力和水平。非学位课程根据博士生培养的研究方向以及学生自身的学习兴趣选择不同的课程学习,增加选课的自由度,对博士生拓宽基础理论、加深专业知识、掌握前沿信息提供学习平台。必修环节是博士生培养的关键环节,是培养博士生创新能力的主要手段。在论文选题上鼓励博士生选择学科前沿领域课题或对国家经济、科技进步等具有重要意义的课题。

三、生物信息专业博士研究生课程体系特点与实施

1. 金字塔与模块化相结合

博士研究生的课程体系划分为人文自然科学公共基础课程(公共学位课)、专业基础课程(专业学位课)、专业选修课程(非学位课)、必修环节,分别占专业总学分的15.6%,46.9%,31.3%,9.4%;也充分体现了“宽口径(专业基础课程 \geq 47%)、厚基础(公共基础课+专业基础课 \geq 54%)”。新课程体系则实现了模块化教学,既突出了生物信息专业的交叉性,使学生能对生物信息的基础知识、基本技能等有一个比较综合的学习,又充分考虑了学科发展的时代特色,使课程具有了广阔的应用性;既反映出学科的专业性,又体

现出灵活多样性,适应了社会变化需求,使学生可根据各自特点和志向自由选择,满足了个体的自我发展需求。

2. 基础学科与跨学科相辅相成

学习生物信息这门新型交叉学科,学生必须要掌握扎实而深厚的基础理论知识以及全面而丰富的多学科知识。博士研究生的课程体系建设中,开设了生物学基础理论知识以及前沿生物技术、计算机信息学、统计学、医学等相关的课程,鼓励学生在导师的指导下选修跨学科课程,以适应生物信息学科发展对博士生知识结构的要求,将生物信息学科前沿进展专题研讨、讲座课程纳入必修环节,拓宽研究生知识面。

3. 创新教学方式,推行灵活多样的教学模式

博士生的专业课程采用以计算机为载体的CAI等现代化教学手段,部分课程采用双语教学或全英语教学,全面实施CBI教学模式,^[15]利用构建的数字化生物信息实践教学平台,^[16]实现网络教学与资源分享。在教育教学方式上,推行并完善灵活多样的教学模式,除了采取集中授课方式之外,还采取生物信息专题系列讲座、专题研讨、参与教学实习以及文献阅读等多种形式的教学方式,从而使学生加深对课程内容的理解,并提高学习的积极性和兴趣。在教学之余,通过开展大量的科研活动以实现教学与科研相结合,不断提高学生从事科研活动的能力和水平。

四、总结与讨论

生物信息专业博士研究生课程体系的改革能够进一步加强教学的系统性、规范性和针对性,也能调动学生学习和实践的积极性,节约教学资源,提高教学效率。一方面能够完善生物信息专业博士研究生的知识结构,提高解决复杂生命科学问题的综合科研能力,更有效地实现生命科学攻关和创新研究;另一方面,生物信息研究是我国科技研发的薄弱环节,在课程体系建设基础上,培养适用于现代精准医疗的创新型生物信息学人才,推动该领域的智能化发展,为我国的医药物研发提供强有力的推动作用,对促进科技转化产生潜在的、不可估量的经济价值。

参考文献

- [1] Zatz M M. Bioinformatics Training in the USA [J]. Briefings in Bioinformatics, 2002(4):353 - 360.

- [2] Brass A. Bioinformatics Education——a UK Perspective [J]. *Bioinformatics*, 2000(2):77-78.
- [3] Cattley S. A Review of Bioinformatics Degrees in Australia [J]. *Briefings in Bioinformatics*, 2004(4): 350-354.
- [4] Koch I, Fuellen G. A Review of Bioinformatics Education in Germany [J]. *Briefings in Bioinformatics*, 2008, 9(3): 232-242.
- [5] Tan Lay Leng. Online Education in Bioinformatics [J]. *Innovation*, 2002(1): 54-56.
- [6] Buttigieg P L. Perspectives on Presentation and Pedagogy in Aid of Bioinformatics Education [J]. *Briefings in Bioinformatics*, 2010(6): 587-597.
- [7] William J M, Mangan M E, Perreault-Micale C. et al. OpenHelix: Bioinformatics education outside of a different box [J]. *Briefings in Bioinformatics*, 2011, 11(6): 598-609.
- [8] Magana, AJ; Taleyarkhan, M; Alvarado, DR; Kane, M; Springer, J; Clase, K. A Survey of Scholarly Literature Describing the Field of Bioinformatics Education and Bioinformatics Educational Research. *CBE-Life Sciences Education*, 2014(4), 607-623.
- [9] 生物信息学专业排名——评价网 2015-2016 年中国大学本科教育分专业排名 [EB/OL]. 中国科教评价网, (2015-01-31). <http://www.nseac.com/html/261/666161.html>.
- [10] 张晓艳, 钟扬. 生物信息学专业规划的理念与实践 [J]. *教书育人*, 2010(11): 71-73.
- [11] 哈佛大学生物统计与计算生物专业的课程设置 [EB/OL]. [2016-01-29]. <http://www.hsph.harvard.edu/sm-computational-biology/program/>.
- [12] 斯坦福大学生物医学信息学专业的课程设置 [EB/OL]. [2016-01-29]. <http://explorecourses.stanford.edu/print?filter=coursestatus=Active=on&q=biomedin&descriptions=on>.
- [13] 王佩琦, 李秦眉, 王颢. 研究生课程体系建设现状分析 [J]. *课程教育研究: 学法教法研究*, 2015(14): 50-51.
- [14] 张欢欢. 美国研究生课程体系建设的经验及启示 [J]. *上海教育评估研究*, 2015(1): 23-26.
- [15] 智慧. 基于 CBI 教学理念的生物信息学专业英语教学模式设计 [J]. *科技创新导报*, 2011(28): 179-179.
- [16] 刘艳, 朱瑞新, 钱洁, 曾志伟. 数字化生物信息实践教学平台的构建和实践 [J]. *实验室研究与探索*, 2014(5): 209-212.

(上接第61页)

动的精髓, 因此应在不断学习的基础上, 深入优秀高校、参与国外评估活动借鉴学习, 引进国际优秀专家, 充分了解他国评估活动, 探索适应我国国情的评估模式。^[9]

四、总结

芬兰外部评估在长期发展中形成了特有的芬兰模式, 量身定制评估标准, 拒绝任何绝对化的测评, 我国高校林立, 评估任务繁重, 社会文化缺乏对教育结果的宽容, 外部评估机构的未来需要政府、学校和公众的配合努力, 走出一条中国特色的外部评估道路。

参考文献

- [1] 王俊. 芬兰高等教育质量保障体系探析 [J]. *现代教育管理*, 2010(7): 114-116.
- [2] 杜燕锋. 芬兰高等教育质量保障体系研究——以赫尔辛基大学为例 [J]. *世界教育信息*, 2015(3): 30-33.
- [3] 丁晓昌, 杨树兵. 芬兰与丹麦高等教育质量评估机制述评 [J]. *江苏高教*, 2007(2): 19-22.
- [4] 胡子祥. 芬兰大学生参与教育评估的机制研究 [J]. *高教发展与评估*, 2013(3): 57-63.
- [5] 陈垚彝, 张慧洁. 芬兰高等教育评估实例分析 [J]. *新课程研究(中旬刊)*, 2011(4): 168-171.
- [6] Finnish Higher Education Evaluation Council. *Audits of Quality Assurance Systems of Finnish Higher Institutions, Audit Manual for 2008-2011* [M]. 2007.
- [7] Ministry of education, Finland. *Education and research 2007-2012 development plan* [R]. Helsinki: Helsinki university print, 2008.
- [8] Ministry of Education, Finland. *Strategy for the Internationalizations of Higher Education Institutions in Finland 2009-2015* [R]. Helsinki: Helsinki University Print, 2009.
- [9] The urgent need for new for new approaches in school evaluation to enable Scotland's Curriculum for Excellence. *Education Assessment, Evaluation and Accountability*, 23(1) 89-106.