

DOI:10.12113/202001009

生物信息学本科专业建设现状

邢永强^{1,2}, 刘国庆^{1,2}, 蔡禄^{1,2*}

(1.内蒙古科技大学 生命科学与技术学院, 内蒙古 包头 014010;

2.内蒙古自治区功能基因组生物信息学重点实验室, 内蒙古 包头 014010)

摘要:随着后基因组时代的到来,生物信息学逐渐进入了黄金发展期。生物信息学教育体系的建立和完善是永葆生物信息学活力的关键。国际和国内的生物信息学本科专业建设情况的分析显示全球生物信息学本科教育均处于起始阶段。深刻剖析了内蒙古自治区生物信息发展的瓶颈问题以及内蒙古科技大学开设生物信息学本科专业的优势和必要性。未来,随着测序技术、计算机技术等进步,生物信息学将继续蓬勃发展;生物信息学人才的需求将不断扩大。为适应人才市场的需求,预计会有越来越多的高等院校将加入到中国的生物信息学本科教育事业。

关键词:生物信息学;本科教育;人才

中图分类号:Q6 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-5565(2020)03-195-06

Analysis on status quo of undergraduate major of bioinformatics

XING Yongqiang^{1,2}, LIU Guoqing^{1,2}, CAI Lu^{1,2*}

(1.School of Life Science and Technology, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, Inner Mongolia, China;

2.The Inner Mongolia Key Laboratory of Functional Genome Bioinformatics, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, Inner Mongolia, China)

Abstract: With the advent of the post-genomic era, a golden age of bioinformatics research is coming. The establishment and improvement of the bioinformatics education system is pivotal to the vitality of bioinformatics. The undergraduate specialty construction of bioinformatics at home and abroad was analyzed, and results showed that the undergraduate education of bioinformatics around the world is in the initial stage. The development obstacles of bioinformatics in the Inner Mongolia Autonomous Region were analyzed, and the advantages and necessity of establishing an undergraduate major of bioinformatics in the Inner Mongolia University of Science and Technology were discussed. In the future, with the development of sequencing technology and computer technology, bioinformatics will continue to flourish and the demand for bioinformatics talents will continue to expand. To meet the needs of the talent market, more and more colleges and universities are expected to join the undergraduate education in bioinformatics in China.

Keywords: Bioinformatics; Undergraduate education; Talents

生物信息学(Bioinformatics)是生物学与计算机科学、应用数学、信息学以及物理学等学科相互交叉融合而形成的一门新兴学科。它的主要任务是通过

去挖掘数据背后所蕴含的生物学意义,并服务于人类健康等领域。随着后基因组时代组学技术的快速发展,生成了海量的生物学实验数据,生物学对大量实验数据处理和分析的需求驱动着生物信息学快速

收稿日期:2020-01-17;修回日期:2020-02-19.

基金项目:国家自然科学基金项目(No.61662055);内蒙古自然科学基金项目(No.2018MS03024);内蒙古自治区高等学校青年科技英才支持计划资助项目(No.NJYT-20-B05);内蒙古科技大学优秀青年创新基金(No.2019YQL01).

作者简介:邢永强,男,副教授,研究方向:生物信息学. E-mail: xingyongqiang1984@163.com.

* 通信作者:蔡禄,男,教授,研究方向:生物信息学. E-mail: nmcailu@163.com.

发展期的到来^[1-4]。

2010年以来,随着测序成本的反摩尔定律式下降, RNA-seq、ChIP-seq、HiC 等组学研究手段已走进了“千家万户”。《2018年中国基因测序行业市场现状与发展趋势》显示2018年全国共有617家基因测序服务机构,基因测序市场规模约为94亿元,占全球基因测序市场份额的12.24%,预计2019年将超过100亿元。大量组学数据的产生推动了数据存储、数据传播、数据分析、模型建立、工具开发等生物信息学方向的加速发展。相应地,就业市场对生物信息学人才的需求也持续增长。全球最顶尖管理咨询公司McKinsey报告显示,2018年利用大数据做决策的人才岗位缺口达150万。充分显示了加强生物信息学学科建设、培养相关人才的紧迫性。与此同时,生物信息学人才的就业市场呈乐观向好态势。《2019高校应届生专业就业竞争力观察报告》显示生物信息学专业位列“2019高校应届生专业就业竞争力”第六位;位列“2019年平均起薪最高的15个本科专业”之一(第14位)。人才的持续输入是生物信息学持续快速发展的基本条件,而系统的生物信息学本科教育体系的建立是培养生物信息学人才的摇篮。本文系统分析了国际、国内以及内蒙古自治区的生物信息学本科专业建设现状,并探讨了内蒙古科技大学的生物信息学专业建设思路。

1 国内外生物信息学本科教育现状

生物信息学是迅猛发展的新兴交叉学科。生物信息学本科专业是我国《普通高校本科专业目录(2012年)》中生物科学大类下属的四大专业之一(其它三个:生物技术、生命科学、生态学),可授予理学或工学学士学位。目前,大多数生物信息学研究人员来自计算机、物理学、数学、生物学等学科,本科教育背景并非生物信息学专业。本科-硕士-博士完整的生物信息学人才培养体系的建立和发展壮大是该学科可持续发展的根本保证。一直以来,国内外生物信息学人才的培养多数是从研究生阶段开始。生物信息学本科教育的发展是生物信息学人才质量和数量持续输出的基本条件^[5-6]。目前,国际和国内的生物信息学本科专业建设仍处于起始阶段。通过查询北美学校指南(Petersons Guide)和中国高考志愿填报数据库,统计分析了北美和中国的生物信息学本科专业教育现状(见图1)。美国本土51个州共有65所高校开设了生物信息学本科专业;加拿大13个省共有9所高校开设了生物信息学本科专业。美国的加利福尼亚州、马萨诸塞州、宾夕

法尼亚州、纽约州、新泽西州开设生物信息学本科专业的高校数量位列前五(见图1a)。显然,这五个州都具有经济发达、高校云集等特征,反映出生物信息学专业的开设受经济发展的驱动,也是高等教育发展为社会经济服务的体现。2019年,我国大陆地区31个省级行政区中共有40所高校开设了生物信息学本科专业(不包括高考录取时为其他专业,但入学后的研究方向为生物信息学),且具备高考招生资格,数量明显少于北美地区,有超过1/3的省级行政区未开设生物信息学本科专业(见图1b)。江苏省、河北省、湖北省、广东省、福建省开设生物信息学本科专业的高校数量位列前五。可以看出,我国该专业的建设与地区的经济和教育的水平不严格成正比,折射出国内的生物信息学专业建设仍处在探索阶段。

为深度剖析我国生物信息学本科专业建设的现状,详细分析了我国生物信息学专业所属的院校类型和高校层次特征(见图2)。从院校类型来看,综合类院校占比最高(42.5%)、其次分别是医药类(25%)、理工类(20%)和农林类(12.5%)。综合类和理工类院校已具备完备的生命科学和计算机科学课程体系,为生物信息学本科专业建设过程中的生物学和计算机基础课程的教学提供了极大便利。因此,综合类和理工类院校开设生物信息学本科专业的难度较低,图2(a)中综合型和理工类院校的高占比特征也印证了这一特点。生物信息学是一门工具性学科,医药类和农林类院校开设该专业,可以有机的与本校的主流学科融合,制定出更加符合学校特色的培养方案,并培养出独具特色的生物信息学人才。哈尔滨医科大学作为医药类高校开设生物信息学专业的代表,是国内最早招收生物信息学本科生的高校之一,依托学校的医学特色,打造了独具特色的生物信息学教育体系,已成为国内生物信息学本科教育的样板。作为农林类高校开设生物信息学专业的代表,华中农业大学依托学校农业相关的优势学科平台,以国家亟待解决的水稻等农业领域的生物学问题为导向,形成了一支具有农业特色的生物信息学教师队伍,并为社会持续输出了生物信息学领域的高质量本科人才。需要指出的是,由于中美高等院校教育理念、教育体制、培养模式等差异,美国开设生物信息学本科专业的65所高等院校中综合类和理工类分别为55所和10所。

从高校层次来看,普通高校开设生物信息学本科专业的占比最高(70%)、其次是同时入选985和211工程院校(20%)和仅入选211工程院校(10%)。目前,虽然包括同济大学、上海交通大学、

浙江大学、武汉大学、东南大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学、兰州大学、华中农业大学、苏州大学、郑州大学、天津医科大学在内共 12 所入选 985 或 211 工程的优质院校开设了生物信息学本科专业,但普

通高校仍是兴办生物信息学本科专业的主力军。需要指出:12 所入选 985 或 211 工程的优质院校中有 9 所院校入选双一流建设高校。再一次影射出我国的生物信息学本科教育仍处在初级阶段。

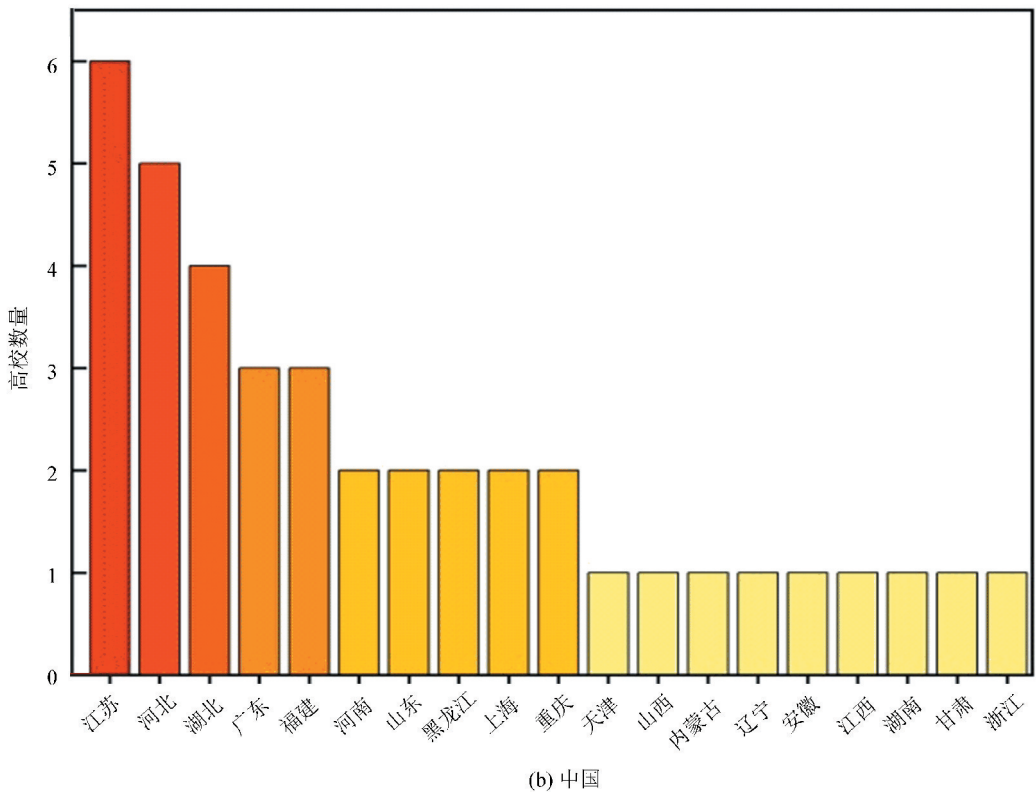
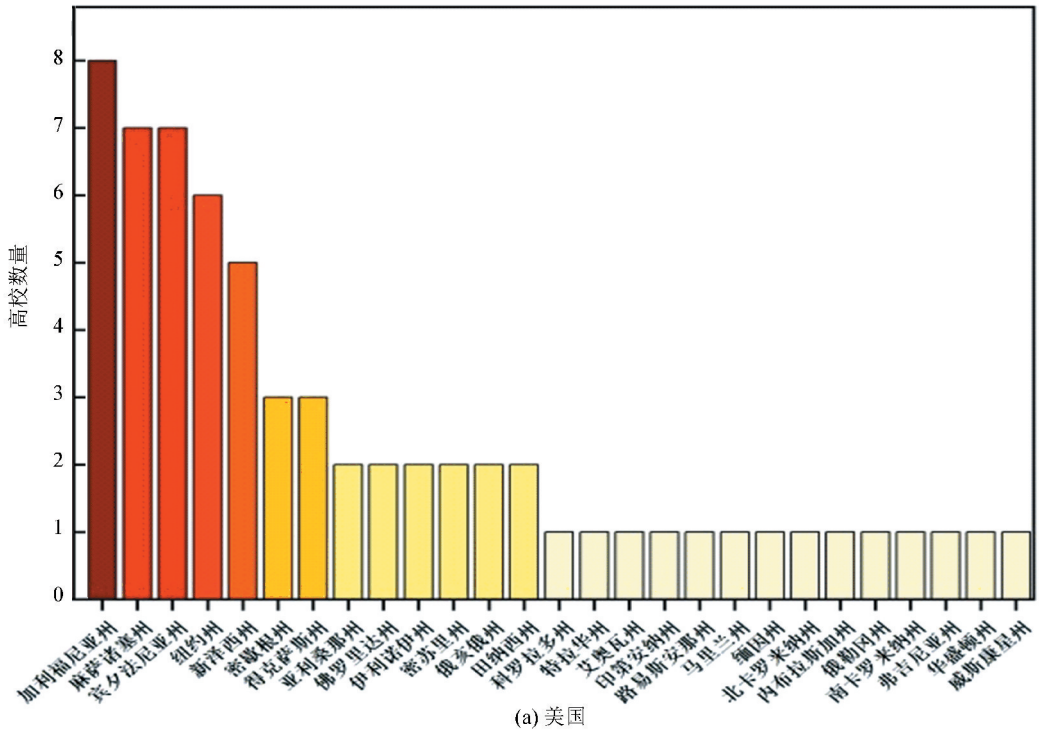


图 1 美国和中国开设生物信息学本科专业的高校数量分布特征

Fig.1 Distribution characteristics of the number of universities in United States and China setting up undergraduate programs in bioinformatics

从院校的办学类型来看,开设生物信息学本科专业院校中95%为普通本科院校,独立学院(安徽大学江淮学院)和中外合作办学(西交利物浦大学)分别占2.5%。随着国家“一带一路”倡议的实施,与“一带一路”沿线国家的多领域合作日趋成熟,可以“借此东风”,尝试扩大生物信息学等学科的中外合作办学规

模,从而进一步提升我国基础教育体系的质量。

未来,在中国生命科学研究不断进步和基因测序行业上、中、下游产业的快速发展等因素的推动下,对生物信息学人才的需求将不断攀升,这将驱动更多的优质院校加入到生物信息学本科人才培养队伍中。

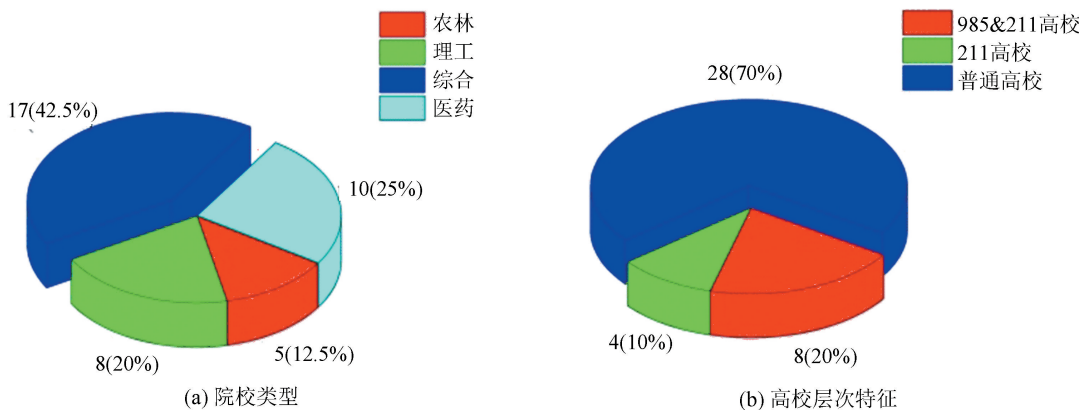


图2 我国生物信息学专业的院校类型和高校层次特征

Fig.2 Types and levels of Universities setting up undergraduate programs in bioinformatics in China

2 内蒙古自治区生物信息学本科教育现状

自1980s年代,在罗辽复先生的带领下内蒙古自治区的科研人员已开展了30余年的生物信息研究工作,形成了一支发祥早、研究特色鲜明、科研能力扎实的生物信息学研究队伍,并为国家培养了一批生物信息学人才^[7]。然而,由于内蒙古自治区的地理位置偏远、经济发展相对滞后、沿海地区等一线城市优越的待遇等因素的影响,2010年以来内蒙古自治区的生物信息学发展遇到了瓶颈问题—缺乏人才。一方面,生物信息学研究生招生数量和质量逐年下降;另一方面,很难引进自治区外高质量的生物信息学人才。人才的缺乏阻碍了内蒙古自治区生物信息的快速发展,使得近几年内蒙古自治区的生物信息学研究水平呈现滞后现象。破解这一难题的有效办法之一是开设生物信息学本科专业,为研究生教育提供充足的优质生源,进而畅通生物信息学人才培养通道,推动自治区生物信息学的快速发展。

生物信息学本科专业的开设需要依托完备的生命科学课程体系,才能保证学生掌握扎实的分子生物学、遗传学、细胞生物学、生物化学等生物学基础知识。内蒙古大学、内蒙古工业大学等高校的生物信息学研究小组均依托物理学院组建,不具备开设生物信息学本科专业的条件。截至2018年,内蒙古自治区

仍没有生物信息学本科专业。内蒙古科技大学的生物信息学研究队伍隶属于生命科学与技术学院,研究人员均有扎实的生物信息学基础和较强的科研能力。该学院已成功开设了生物技术、生物工程、食品科学与工程专业三个本科专业,具备开设生物信息学本科专业的条件。调查该学院已有本科专业在全国高校的开设情况显示:356所院校开设了生物技术专业;328所院校开设了生物工程专业;319所院校开设了食品科学与工程专业(见图3)。相比之下,只有40所院校开设生物信息学本科专业的现状则体现了我国生物信息本科教育刚刚开始,该专业的学生有着很大的发展前景和就业市场。鉴于此,2018年内蒙古科技大学申报了内蒙古自治区的首个生物信息学本科专业,并于2019年4月顺利获得教育部批准成立。

3 内蒙古科技大学生物信息学本科专业建设规划

2019年9月内蒙古科技大学招收了生物信息学专业的第一届本科生。拟定了“立足内蒙古,面向全国,培养具有人文科学素养、职业道德和一定的生物学基础知识,掌握扎实的生物信息学理论与算法,具备较强的编程与数据分析实践能力,适应国家与地区生物医学大数据产业发展需要的高素质应用型人才”的人才培养目标。人才培养方案是培养人

才的顶层设计,是实现人才培养目标的书面保证,更是教师开展教学活动的依据和建立专业标准的载体。我们将以培养方案的修订为抓手,结合国家和自治区经济发展需求,以及学校的学科建设定位,建设我校生物信息本科专业^[8-9]。具体讲,主要通过以下五个环节实施完成。

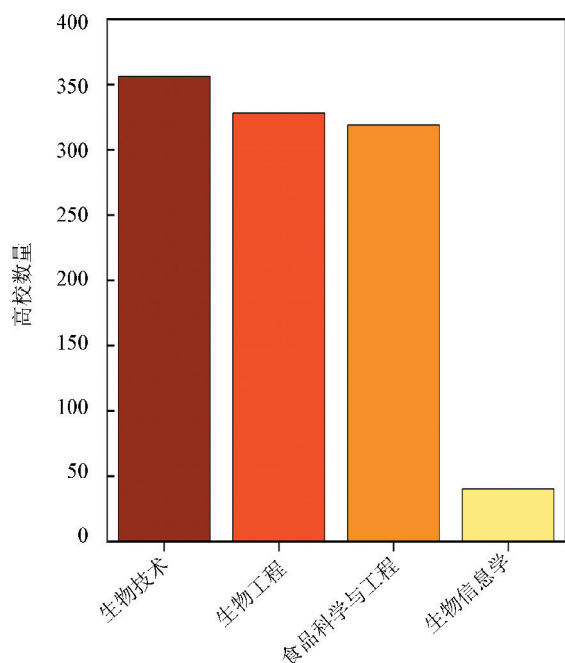


图3 生物技术等本科专业在全国高等院校的开设情况
Fig.3 Status of biotechnology and other undergraduate programs in Universities of China

(1) 专业特色与方向的进一步凝练 结合国家和内蒙古自治区经济发展需求,以及学校的学科建设定位,进一步凝练我校生物信息专业的特色与方向将是生物信息学本科专业建设的首要任务。

(2) 课程体系建设 课程体系建设是保证本科教学环节顺利进行的关键。拟基于凝炼的专业特色和方向建立一套既能发挥自身优势、又适应国家和自治区产业发展需求的课程体系。为培养具备扎实的生物信息学理论知识和较强的实践能力的复合应用型人才的培养目标提供课程体系和知识结构上的保障。课程体系的建立同时要考虑充分发挥学院生命科学领域师资力量优势,夯实学生的生物学和医学基础^[10-11]。

(3) 师资队伍建设 完备的师资队伍是培养方案贯彻实施的保证。拟立足生物信息学专业建设,依托自治区功能基因组生物信息学重点实验室,引进3-5名品德优良、有一定学术造诣,理论知识广博,科技创新、协调协作能力突出,学术视野开阔的生物信息学人才;立足已有教师队伍,采用送出去的等方式培养1-2名自治区乃至全国有一定影响的

教学或学术带头人;培养一支知识、年龄、职称结构合理,充满活力,勇于创新,爱岗敬业,团结协作的师资队伍。

(4) 教学平台的搭建 实验平台的搭建是正常开展本科教学和保证教学质量的前提条件,也是达成人才培养目标的关键。生物信息学专业能力的培养极大的依赖计算机能力的提高,计算机机房的作用凸显。为培养生物信息学理论基础扎实、实践能力强的数据挖掘方面的高素质应用型人才,需大力推进实践教学基地和机房建设。在未来专业建设过程中,首要解决的问题是建立2个用于开展本科生日常教学工作的计算机机房及一个高性能服务器机房。同时,完善分子生物学实验室、动物细胞培养室等湿实验教学平台。

(5) 开拓实习基地和就业市场 现场实习是提高学生动手能力的重要方式之一。我们将积极与生物医药企业、测序公司、大数据分析中心等开展合作,建立实习基地。稳定的就业率是专业生存的必要条件。生物信息学专业的第一届本科生将于2023年迎来毕业季。我们将通过走访测序公司、大数据相关企业等方式为学生开拓就业市场。

4 展 望

生物信息学研究始于1960s年代Dayhoff等开展的蛋白质一级序列研究;随着1970s年代Sanger双脱氧链终止法的应用,核酸序列的生物信息学研究拉开了序幕;1980s年代后,计算机的进步推动了生物信息学的快速发展;随着基因组时代的到来和组学实验技术的飞速发展,生物信息学历经半个世纪终于进入了快速发展期。未来,随着测序技术、计算机技术等的发展,生物信息学将继续沿着发展快车道前进;生物信息学与实验生物学的融合必将更加紧密;生物信息学人才的需求将会不断扩大。为适应人才市场的需求,预计越来越多的高等院校将加入到中国的生物信息学本科教育事业。

参考文献(References)

- [1] GAUTHIER J, VINCENT A T, CHARETTE S J, et al. A brief history of bioinformatics [J]. *Briefings in Bioinformatics*, 2019, 20(6): 1981-1996. DOI: 10.1093/bib/bby063.
- [2] 蔡禄, 邢永强, 刘国庆, 等. 生物信息学[M]. 北京: 科学出版社, 2017.
CAI Lu, XING Yongqiang, LIU Guoqing, et al. *Bioinformatics*[M]. Beijing: Science Press, 2017.

- [3] 陈铭. 生物信息学[M]. 第三版. 北京: 科学出版社, 2018.
CHEN Ming. Bioinformatics[M]. 3rd ed. Beijing: Science Press, 2018.
- [4] 胡德华, 种乐熹. 生物信息学专业新生专业认知度调查分析[J]. 医学信息学杂志, 2014, 35(5): 84-88, 92. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6036.2014.05.019.
HU Dehua, ZHONG Lexi. Investigation and analysis on freshmen's professional cognition degrees towards bioinformatics specialty[J]. Journal of Medical Informatics, 2014, 35(5): 84-88, 92. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6036.2014.05.019.
- [5] 明文龙, 李晟, 罗幸, 等. 生物信息学本科人才培养的调研与思考[J]. 生物信息学, 2018, 16(2): 66-71. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5565.201704001.
MING Wenlong, LI Sheng, LUO Xing, et al. Investigation and speculation on undergraduate talent cultivation of bioinformatics[J]. Chinese Journal of Bioinformatics, 2018, 16(2): 66-71. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5565.201704001.
- [6] 罗辽复. 生物信息学的兴起和生命科学的理性化[J]. 合肥学院学报(自然科学版), 2004, 14(1): 1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1673-162X.2004.01.001.
LUO Liaofu. The rise of bioinformatics and rationalization of biology[J]. Journal of Hefei University(Natural Sciences), 2004, 14(1): 1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1673-162X.2004.01.001.
- [7] 廖明帜. 生物背景学生的《生物信息学》课程教学思考与探索[J]. 教育教学论坛, 2014, 36(36): 197-199. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9324.2014.36.152.
LIAO Mingzhi. Speculation and exploration on the teaching of "Bioinformatics" course for students with biological background[J]. Education Teaching Forum, 2014, 36(36): 197-199. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9324.2014.36.152.
- [8] 王宏, 李霞, 徐良德. 面向实践能力培养的生物信息学课程体系建设[J]. 中国科教创新导刊, 2013, (19): 47, 49. DOI: 10.3969/j.issn.1673-9795.2013.19.033
WANG Hong, LI Xia, XU Liangde. Construction of bioinformatics course system for practical ability training[J]. China Education Innovation Herald, 2013, (19): 47, 49. DOI: 10.3969/j.issn.1673-9795.2013.19.033.
- [9] 胡杨. 《生物信息学》课程教学模式探讨[J]. 生物信息学, 2018, 16(2): 72-75. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5565.201804008.
HU Yang. Exploration of a new teaching pattern for bioinformatics[J]. Chinese Journal of Bioinformatics, 2018, 16(2): 72-75. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5565.201804008.
- [10] 陈润生. 生物信息学[J]. 生物物理学报, 1999, 15(1): 5-12. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-1927.2003.05.044.
CHEN Runsheng. Bioinformatics[J]. Biophysics Journal, 1999, 15(1): 5-12. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-1927.2003.05.044.
- [11] 李传星, 郝大鹏, 李霞, 等. 浅谈在生物信息学教学中的学科统一性[J]. 价值工程, 2010, 29(33): 184. DOI: 10.3969/j.issn.1006-4311.2010.33.171.
LI Chuanxing, HAO dapeng, LI Xia, et al. Simple Discussion on subject unity at bioinformatics teaching[J]. Value Engineering, 2010, 29(33): 184. DOI: 10.3969/j.issn.1006-4311.2010.33.171.

[责任编辑: 吴永英]