

基于发展性评价与专业素质培养的统计计算课程的教学改革研究^{*}

吕书龙¹ 刘文丽¹ 梁飞豹¹ 薛美玉¹ 简彩仁²

(1. 福州大学 数学与计算机科学学院,福建 福州 350116;

2. 厦门大学嘉庚学院,福建 漳州 363150)

摘要 文章从“统计计算与统计软件”课程教学面临的严峻现状出发,提出学生“缺什么、怕什么、要什么和会什么”四个普遍问题。基于工程认证思想和专业素质培养需求,提出以教学设计为统领设计的七个课程教学改革思路,并给出每个设计的具体内容与措施。以发展性评价为手段并结合专业素质培养为学生规划“怎么学、怎么想、怎么做和怎么研究”的学习路径。经过2016和2017两年的试运行,改革措施取得了一定的成效,并对学风产生了积极正面的影响。

关键词 发展性评价; 素质培养; 统计计算; 教学改革

中图分类号 G642.0 **文献标识码** A

Research on Teaching Reform of Statistical Computing Course Based on Developmental Evaluation and Professional Quality Cultivation

LYU Shu-long¹, LIU Wen-li¹, LIANG Fei-bao¹, XUE Mei-yu¹, JIAN Cai-ren²

(1. College of Mathematics and Computer Science, Fuzhou University, Fuzhou, 350116, China;

2. Tan Kah Kee College, Xiamen University, Zhangzhou, 363150, China)

Abstract: Considering the current severe situation of teaching in the course of statistical calculation and statistical software, this paper puts forth four general questions about "what students are lacking in, what students are afraid of, what students want and what students know". Based on the engineering certification thought and the need of professional quality training, this paper proposes the curriculum reform thinking of seven designs with teaching design as the main body, and gives the specific content and measures of each design. We take developmental evaluation as a means combined with professional quality training to plan the "how to learn, how to think, how to do and how to study" learning path for students. After the trial run in 2016 and 2017, the reform measures have achieved certain results, and have a positive impact on the style of study.

Key words: developmental evaluation; quality training; statistical calculations; teaching reform

* 收稿日期 2018-11-16
资助项目 福建省本科高校教育教学改革项目“数学公共基础课创新发展与精准服务的探索与实践”(项目编号: FBJG20180086); “数学国家战略下研究生数学公共课生态系统构建的探索与实践”(项目编号: FBJG20200191); “以‘OBE理念+创新思维’构建数学公共基础课‘定制式’创新服务型教学新生态”(项目编号: FBJG20200188); 全国高等院校计算机基础教育研究会项目“培养统计计算思维的教学方法研究”(项目编号: 2019-AFCEC-109); 2018年福州大学一流本科教学改革建设项目。
作者简介 吕书龙(1977-)男,福建闽侯人,副教授,主要从事公共课教学与统计计算研究。

“统计计算与统计软件”是应用数学专业特别是统计学专业中一门重要的选修课。虽然这是一门小众课程,其选修人数通常在20~30人,但国内外许多大学与统计相关的专业一般都会开设这门课程。尽管名称叫法不一,内容也不尽相同,但课程都强调统计软件和统计方法在数据分析中的应用,以及应用统计软件解决统计计算问题^[1]。统计学教学离不开统计软件,利用统计软件进行统计学的学习有助于培养学生编程实践能力,有利于学生理解统计理论知识,为后续开展其他学科的学习奠定基础^[2-3]。福州大学开设该课程旨在培养学生的统计专业素质、训练学生理论联系实际和解决实际问题的能力、统计建模和算法设计与实现的能力。结合实际教学和升学就业的情况,数学类的本科生面临的主要问题和教学困难如下:

(1) 先修课程概率论、数理统计等采用纯理论教学,没有配套必要的实践训练;(2) 大部分学生缺乏编程实践,动手能力偏弱,惧怕写代码;(3) 学生缺少统计建模的思维,更缺少统计计算的思维;(4) 实战能力偏低与社会对数学专业的强烈需求不匹配,导致就业率相对偏低。

由于种种原因该课程相应的需求无法在培养计划中得到体现,也没有办法改变当前的培养计划,唯有对课程进行内部调整并尝试进行深度研究与改革。

一、改革基本思路

我们的思路是从严峻的现状出发,精准定位存在的问题,以学生为本,从学生的迫切需求出发,以优先解决关键问题为切入点来推进课程的快速变革。从学生“缺什么”“怕什么”“要什么”“会什么”这四个方面对症下药,寻找最佳应对策略,并为学生规划出怎么学、怎么想、怎么做、怎么研究的路径,从而实施精准教学服务。对于本课程而言,学生最缺的是统计理论与方法的针对性训练,显然结合数据分析过程理解统计理论和方法是一种最有效也最直观的手段。现代统计对算法设计与实现要求很高,而学生偏偏就怕算法设计与实现,导致学与用脱节,空有想法却无法通过

算法与程序加以实现,严重阻碍了学生探索与求证的欲望,学习的热情与兴趣会逐渐消退。所缺与所怕使得学生迫切需要一个融合理论与方法、案例与分析、求证与设计并重的教学过程设计,以便帮助他们构建自主学习、自我求证、自我推进的学习效能体系,这就是所谓的“要什么”。在学生的学习效能体系基本成型的基础上,帮助学生进一步提升统计计算的技能、视野和研究水平,使其掌握一套针对实际问题进行统计建模与求解的方法体系,从而实现“会什么”。为此,我们提出以教学设计为统领的七个设计的教学改革策略:

(1) 教学设计:课程的总体规划与顶层设计,为教学改革及实施厘清脉络;(2) 工具设计:精选适合统计计算课程教学的统计软件,侧重通用、高效、发展前景;(3) 教材设计:因材施教、因材施教,侧重满足多层次需求;(4) 内容设计:规范教材内容、课堂教学内容、实验教学内容、专题研究内容等,侧重整体性、直观性、趣味性和研究性;(5) 实验设计:实验课上以能力达成为基本要求进行技能训练和扩展训练,侧重实践能力;(6) 研究设计:合理规划课后时间,完成特定的数据分析实验与专题研究,侧重研究能力;(7) 考核设计:以过程性考核与评价确保课程教学的整体效果,侧重能力和素质全面跟踪下的发展性评估。

七个设计不是孤立存在的,其内在关系包含辅助、支撑、协调、反馈、精选、规划、改进、完善、评价等,各部分共同构成一个完整的教学“生态系统”,具体如图1所示。

上述七个设计旨在从专业素质与实战能力方面对课程教学及过程进行改革,遵循教材和工具先行、教学、实验和研究并举、全程考核配套的课改思路,以破解数学类或统计类专业学生统计计算综合能力不足的困境。

二、七个设计的构建

(一) 课程教学设计

教学有法,教无定法,贵在得法。课程教学不是单纯的课堂教学,它是一个综合设计、讲授、学习、交互、考核的循环发展的过程。不得不承认,学生间存在层次差异,导致对课程的需求以及对

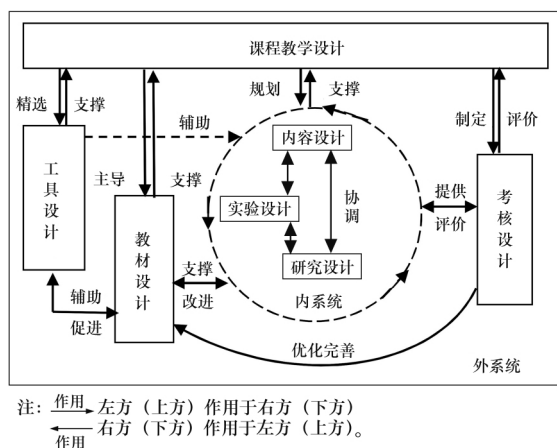


图1 七个设计下的教学生态系统

自身的要求都会出现明显的差异。如果在教学中忽视存在的差异，一味地以某个理想中的标准对所有的学生进行统一要求，那必然无法达到所期望的教学效果。这只能通过因材施教的教学设计才能破解，这就是“教学有法、教无定法”，但这也是实践中最难的环节。如果缺少与因材施教相配套的教学评价，因材施教也无从谈起。所以既要因材施教更要因材施教考核，即“贵在得法”。

2016年2月，我国顺利成为《华盛顿协议》正式成员，这是国际上对我国工程教育认证工作的充分肯定，也标志着我国工程教育又迈出了重要一步。工程教育认证提出了新的工程教育理念——成果导向教育（Outcome based education，简称OBE），OBE是1981年由Spady率先提出，此后以惊人的速度获得了广泛重视和应用，被认为是追求卓越教育的正确方向^[4]。

结合因材施教和工程教育认证理念，我们对课程教学提出内容分层讲授、实验分层展开、探索强化训练、过程考核结合发展性评价于一体的课程教学设计，并将其作为顶层设计，统领规划。

（二）工具设计与选取

“工欲善其事必先利其器”在统计领域表现得特别明显，没有合适的统计软件根本无法开展与数据分析密切相关的工作。选用合适的统计软件开展统计教学能起到事半功倍的效果，因此综合统计理论和方法、统计建模、数据分析和程序设计

计，我们选择了最适合该课程的R统计软件作为辅助教材编写、教学和实验用软件。R软件是由奥克兰大学的Robert Gentleman和Ross Ihaka及广大志愿者开发的一套含数学运算、统计计算与数据分析、图形制作、程序设计于一体的自由软件。该软件内核小，拥有几千个可装卸的软件包，涵盖最基本到最流行、最新颖的各类统计方法。R统计软件在教学与科学研究中都得到了广泛应用^[5]，R统计软件能够非常方便地体现统计理论与实验教学的融合性、直观性和操作性^[6-7]。

（三）教材设计与编写

福州大学从2006年开设该课程至今，教材前后换过3部，为了提升教学效果自行设计并研发了一套统计软件作为教学用。但在实际教学中还是经常出现学生与教材的不协调、不同步，始终无法达到教与学的完美融合。这其中根本的原因就在于缺少一本合适的教材。“好的课程教学由好教材、好教师、好教法三要素组成，好教材是基础，好教师是核心，好教法是关键。提高人才培养能力，要从课程、教材、师资抓起”^[8]。可见，一部合适的教材对课程教学及人才培养的重要性。张大良还讲到“课堂教学，从教的角度来说有‘四个教’的要素，就是教师、教材、教法、教风，其中教材是基础，教材是师生教与学互动的载体。就教材建设来说，根本在教材编写，重点在教材选用。”^[9]既然在教学中选用的教材经常出现“水土不服”，课程组决定自2014年起，着手进行课程的教材建设。根据课程特点、多年的教学体会、生源情况和人才培养需求，结合选定的R统计软件，课程组历时近3年编写了一部“合适”的教材并于2017年11月在北京大学出版社出版^[10]，奠定了课程教学的一个重要基础。我们认为是争取做到：内容设计符合统计计算课程多层次教学需求，工具选用符合学科和社会发展需求，问题驱动与案例设计符合学生多层次应用与探索需求，大量例题分析与脚本设计适合学生多层次建模与编程训练需求。

（四）内容设计

内容设计包括四部分：教材内容设计、课堂教学内容设计、实验内容设计和课后探索内容设计。

教材内容设计主要分成三部分: R 软件篇、概率统计基础篇和应用统计方法篇^[61-64]。课堂教学内容设计主要包括: 课件设计、课程资源设计、课堂互动设计、软件演示设计、课堂测试设计、研究问题引导设计等。实验内容设计主要针对软件使用和统计方法展开, 课后探索内容设计主要针对软件和统计的研究专题展开。内容设计很重要, 很具体, 也很难做到面面俱到, 但大部分体现在具体的教学产品中, 也有一部分属于灵感闪现, 事后总结。这四个部分的内容设计, 都可以成为考核设计的来源。比如, 对教材内容的纠错、课堂教学中提问和回答、课堂测试的完成情况、参与课程教学改革的建议等, 都可以纳入考核设计范畴。

(五) 实验设计与实施

提升学生的软件应用水平和建模实战能力是实验课的首要目标, 因此在实验设计中必须兼顾到软件使用训练、基本统计训练、数据分析综合训练等多层次需求。为此, 课题组专门编写了与教材相关的实验设计指导书, 把实验课的内容分解成基本操作题、基本统计分析题、统计专题分析题、统计综合分析题、课后探索题五个方面, 分别对应实践能力、基本统计素质、专题研究与创新能力、综合数据分析能力、统计建模能力。其中, 基本操作题设计成填空题模式, 专门填写具体的操作命令, 现场评分; 基本统计分析题设计成填空题和脚本设计题, 现场评分; 其他三种类型题目则提前一周发布, 以实验报告、研究汇报、实验课演示等方式进行评分, 使其成为考核设计的主要来源之一。

(六) 研究设计与实施

在研究性教学改革方面, 有研究^[14]把科学小论文引入主动学习模式的研究型教学中, 有研究^[11]给出了探究式教学改革的视角。课题组对 R 统计软件和统计计算两方面内容进行深入挖掘, 形成一批值得研究的问题, 这些问题在课堂教学和实验教学过程中可以逐步展开, 逐步激发学生研究探索的兴趣。课题组将这些问题进行归类, 形成软件和统计两大类。软件类包括批量运算专题、输入输出专题、可视化专题、矩阵运算专题、数值计算专题、优化专题等。统计类包含内容

众多, 主要有随机数生成专题、Monte-Carlo 专题、参数估计专题、参数假设检验大专题、非参数假设检验大专题、回归分析大专题、判别分析大专题、聚类分析大专题等等。每个专题中都有基本问题、进阶问题、综合问题。比如参数估计专题, 基本题设计包括: 各种总体分布参数的矩估计和极大似然估计函数库设计、矩估计的不唯一性分析、矩估计和极大似然估计的模拟比较、正态分布(单、双)总体参数的十种情况的区间估计, 等。进阶问题包括: 各种非正态总体参数的区间估计推导及求解、Bootstrap 方法求区间估计、参数估计的均方误差的模拟求解, 等。综合问题包括: 构造一种参数点估计的新方法、区间估计中最短区间的推导及模拟, 等。所有这些研究专题都提早布置, 以研究报告(部分含实验报告)的方式进行评价, 作为考核设计的主要来源之一。

(七) 考核设计与实施

传统考核的单一性远远不能满足对学生进行综合能力评价的需求。考核不仅应体现学生对知识的掌握程度, 还应体现学生对知识的呈现力^[13]。以过程评价为主、总结性评价为辅的综合式评价体系^[13]正成为主流评价模式。我们对传统教学中的总结性评价进行改进, 改变单一考试的模式, 引入过程考核和发展性评价模式。在教学过程中, 确立多方面、多阶段和多目标的教学测评体系, 从课堂理论教学、上机实验教学、课后作业与实验报告批阅、研究性报告批阅四个方面实施持续性的过程考核, 并以积分制加以实时公布(见表1、表2、表3)。其中表1和表2中的“常规考勤”采用得分制, 依完成情况评分, 最终核算成绩采用年均分。表3各项针对每次的实验或研究报告评分并记录, 最终核算成绩采用年均分。过程性考核体现的发展性评价确保学生及时了解自身的学习成效, 也便于教师及时调整教学活动, 教与学共同促进。

上述四个方面形成过程考核四个成绩, 以此作为发展性评价的主要来源并实施动态反馈。其中的实验设计和研究设计对学生的能力要求最高, 也最能考查学生掌握软件、应用统计的水平。加上期末的开卷上机考试的成绩, 再进行合理的

权重设置,得到课程总评成绩。

表 1 课堂理论教学考核 单位: %

常规 考勤	课堂问 答互动	课堂练习 完成情况	指定试 讲表现
20	30	20	30

表 2 上机实验教学考核 单位: %

常规 考勤	课后 探索题	基本操作 分析题	专题分析	综合题
10	20	30	20	20

表 3 作业与实验报告、研究性报告批阅 单位: %

逻辑性	规范性	完成度	创新性	批判性观点
20	20	20	20	20

三、具体实施及成效

2016 年和 2017 年秋季试运行上述七个设计,同时也不断调整完善。由于课程相关资源建设早在教材出版前就已基本成型,课堂教学的相关安排具体有序,过程考核要求明确,充分发挥了指挥棒的作用,有效地提升了课堂教学的互动性。实验指导文档和研究专题的配合使用,确保了实验课有的放矢,真正落实了能力达成的训练和考核。经过两个学期课堂教学、实验教学、专题研究的强化推进和考核反馈,通过对过程考核成绩及期末考试成绩的分析,我们看到课程改革达到预期要求,其中: (1) 学生得到及时、充足的技能与专业训练。课程设计与改革提供了大量的理论与实践的训练,在保质保量的基础上很好地解决了“缺什么”的问题。(2) 学生不再害怕编程。大部分学生在使用 R 软件、应用统计方法解决问题的实际能力得到有效增强,基本上甩掉了“怕编程”的思想包袱,有效化解了“怕什么”问题。(3) 学生敢于研究与探索。长期的研究专题和综合题的训练,为学生参与科研训练、项目研究以及毕业设计选题打开了思路、提供了素材、规范了研究流程。学生也敢于进行专业相关问题的研究,这在

很大程度上解决了“要什么”的问题。表 4 给出“以学生为本”的部分改革成效,其中大部分内容针对实际问题,对统计建模及统计计算要求较高,学生在构建自我学习效能的基础上,逐步形成一套可独立或半独立开展统计问题的研究方法。这在一定程度上解决了“会什么”的问题。(4) 示范效应与正面传导作用得到增强。2018 年秋季七个设计正式推行,有了前两届的示范效应,改革措施推行顺畅,学生的思想意识、行动意识也得到明显增强,统计学习的兴趣得到激发,教学改革的正面传导作用不断显现。(5) 我们在毕业班辅导员的协助下,收集了 2014—2018 年应数专业中修读该课程的学生就业情况,并将近两年的就业情况与往年做纵向比较,具体数据见表 5。数据分析结果呈现了三个明显的趋势:一是流向 IT 行业和考研升学的比例稳定在 50% 左右;二是流向教育培训行业呈现快速增长趋势;三是传统金融行业不再具有吸引力,学生的就业更倾向“创业型”。这些变化在一定程度上体现了课程改革的成效,印证了工程认证的达成度,应视为对课程改革的正向反馈。(6) 为扩展研究成效,将表 2 和表 3 的设计引入研究生“应用概率统计”课程的教学中,总体上增强了课程教学效果,也提升了研究生参与数学建模竞赛的热情。

表 4 指导学生研究列表

指导 SRTP	构建可反馈型试题及试卷评价体系的研究
2018 届本科毕业论文中统计分流方向共 15 人,其中选做统计课题的 13 人	1. 区间估计中的计算问题 2. 概率统计在不同学科中的应用及案例设计 3. “应用概率统计”研究生课程的问题研究及对策——以 2017 级专业型硕士为例 4. 基于网络阅卷的试卷质量分析 5. 基于先验概率的 Fisher 判别方法 6. 基于灰色系统预测模型的人口预测 7. 基于回归分析的电商评论有用性研究 8. 社会固定资产投资的评价与分析 9. 湖南省各地区城镇居民消费性支出的统计分析 10. 金融结构与经济增长的相关性分析 11. 稳健型基金收益的时间序列建模分析 12. 折扣因子依赖状态的连续时间随机对策模型 13. 若干气温预测模型的研究与应用

(续表4)

2017届本科毕业论文中统计分流方向共16人,其中选做统计课题的15人	1. 教学效果评价模型的研究及应用 2. 基于评分倾向性的评分修正模型 3. 数字型图像的二值化模型及识别的研究 4. 在线阅卷评分数据一致性的统计模型 5. 基于公平与效率均衡的任务分配算法 6. 汀溪水库流域降水规律统计分析及预测 7. 游戏对大学生成绩影响的统计分析 8. 大学生网贷的统计分析 9. 我国各省旅游业发展现状及趋势分析 10. 基于大众点评美食类商家的统计分析 11. 统计分析在福建省城市居民生活质量评估中的应用 12. 基于因子分析法的福建省经济发展综合评价 13. 共享单车的使用人数与环境因素相关性的研究 14. 聚类方法在城市污染级别中的应用 15. 基于因子分析的城市废水主要污染物研究
2018年指导學生发表论文	基于距离和指标的二值化算法及其应用
2018年秋季教学中指导學生研究小课题	1. 基于Q-Q图思想的自适应拟合分布优度检验法 2. 基于核密度函数的拟合优度检验法 3. 基于非参数思想的估计方法及实验设计 4. 基于bootstrap的区间估计和假设检验方法 5. 组合回归与预测的优化 6. 基于网络评分数据的学情关联分析 7. 基于网络评分数据的教情跟踪与评价

表5 2014—2018届修读课程学生的就业情况统计表

单位:人

届次	IT业	升学	教育	金融	其他	总和
2014	9	6	2	15	13	45
2015	3	2	1	6	10	22
2016	8	6	0	1	7	22
2017	5	6	5	2	3	21
2018	9	4	7	2	4	26

四、总结

本文提出的基于七个设计的课程教学改革理念,应用在“统计计算与统计软件”课程教学中,

取得了改革预期的成果和效益。七个设计的推行,有利于课程的可持续开展,并对学风建设产生正面传导作用。该理念虽然专门针对专业选修课且采用小班上课的课程,但是完全可以在专业课领域加以推广。只要教学改革切实做到“以学生为本,回归本科教学本原”,认真研究教法,必定能在人才素质培养方面实施精准教学并取得持续性的成效。

参考文献:

- [1] 尹居良,王斌会.《数据分析与统计计算》课程设计与教学探讨[J].科教文汇(上旬刊),2008(10):72-73.
- [2] 周晓东,王云娟.基于统计软件的统计学教学研究与实践[J].大学教育,2018(7):45-48.
- [3] 顾光同.《统计软件》课程教学改革的探索与实践[J].教育现代化,2018,5(1):75-77.
- [4] 李志义.适应认证要求推进工程教育教学改革[J].中国大学教学,2014(6):9-16.
- [5] 徐付霞,李亚威.基于统计软件R的《数理统计》实验教学案例[J].高等数学研究,2018,21(1):61-64.
- [6] 胡学锋.统计计算机实验教学应加强[J].统计教育,1999(3):10.
- [7] 吕书龙,刘文丽,梁飞豹,等.数理统计直观教学的实验设计与R程序实现[J].实验技术与管理,2016,33(10):142-146.
- [8] 张大良.提高人才培养能力要在课程、教材、师资建设上下功夫[J].中国大学教学,2018(5):13-18.
- [9] 吕书龙,梁飞豹,刘文丽,等.应用统计分析与R语言实战[M].北京:北京大学出版社,2017:11.
- [10] 彭江艳,陈绍刚,黄廷祝,等.基于科学小论文的主动学习模式的研究型教学实践[J].高等理科教育,2018,140(4):101-106.
- [11] 马香,唐燕琼,罗丽娟,等.生物科学创新人才培养课程教学模式的改革与实践[J].高等理科教育,2018,141(5):121-125.
- [12] 张可刚,许佩瑶,宋晓芳,等.环境科学专业全过程创新型人才培养改革[J].高等理科教育,2018,139(3):61-65.
- [13] 刘军,龙桂铃,曾正军,等.基于任务驱动的“模拟电子技术”课程教学改革研究[J].高等理科教育,2017,133(3):102-106.

(责任编辑 李世萍)