

《最优化理论与方法》课程教学改革与实践

王 刚, 王宜举

曲阜师范大学管理学院, 山东 日照
Email: wgglj1977@163.com, wang-yiju@163.com

收稿日期: 2020年10月20日; 录用日期: 2020年11月3日; 发布日期: 2020年11月10日

摘 要

研究生教育是高等教育的重要组成部分, 其培养质量事关国家人才战略发展。针对“优化理论与方法”课程中存在的问题, 分析了其在教学改革中的必要性, 并提出了教学内容、教学方法和教学实践的改革措施。最后, 以曲阜师范大学管理学院的《最优化理论与方法》教学实践, 验证了教改方案的合理性。

关键词

最优化理论与方法, 研究生教育, 教学质量

Teaching Reform and Practice of *Optimization Theory and Method*

Gang Wang, Yiju Wang

School of Management, Qufu Normal University, Rizhao Shandong
Email: wgglj1977@163.com, wang-yiju@163.com

Received: Oct. 20th, 2020; accepted: Nov. 3rd, 2020; published: Nov. 10th, 2020

Abstract

Graduate education is an important part of high education, and its training quality is related to the strategic development of national talents. Aiming at the problems in the *Optimization Theory and Method* course, the necessity of teaching reform is analyzed, and reform measures of teaching content, teaching method and teaching practice are proposed. Finally, the teaching practice of *Optimization Theory and Method* in the school of management science of Qufu Normal University verifies the rationality of the teaching reform plan.

Keywords

Optimization Theory and Method, Postgraduate Education, Teaching Quality

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

《最优化理论与方法》是运筹学与控制论、管理科学与工程、计算数学等专业最基本、最重要的一门课程。该课程的主要研究指在某些约束条件下,运用最新科技手段和处理方法,使目标函数或者系统达到总体最优,从而为系统提出设计、施工、管理、运行的最优方案。作为计算数学、运筹学、管理决策理论与方法等课程的进一步延伸,该课程理论性比较强、知识点多,需要学生在学习过程中发现问题,构建模型和对模型性质进行探索,并且通过软件编程,确定最优的变量方案[1] [2] [3] [4]。由于较为艰深的数学理论推导与计算机编程的要求,导致研究生逐渐削减了对这门课的兴趣[5] [6] [7] [8] [9]。在此背景下,经过近几年的探索与实践,我们对《最优化理论与方法》课程进行了教学方式与内容改革,形成了理论与实践结合的教学理念,讲授与研讨结合的教学方式,与地方学校和企业进行产学研的教学实践,培养研究生的科研创新能力和实践能力,全面提高研究生的综合素质,为国家培养合格的高层次人才。

2. 《最优化理论与方法》教学现状

根据我们在课堂教学中发现的问题,同时结合课后研究生同学集中反馈的教学意见与建议,传统的《最优化理论与方法》在教学内容、教学方法及教学模式上存在以下几个方面的问题。

2.1. 师生互动较弱, 研究生们学习主观能动性不强

由于该课程需要具备较强的数学基础和构建数学模型的能力,用到知识点较多,研究生们在开始学习本课程后,学习上比较吃力,造成了学生畏难的情绪,导致缺乏学习的兴趣。同时,教师的低阶教学目标定位,只是想将知识进行传授,疏于引导、释疑和控制,导致上课缺乏活力,师生互动较弱。研究生对自己要求较低,遇到不理解的知识,不进行主动寻找释疑的机会。上述教师、研究生及《最优化理论与方法》教材的原因,使得学生被动学习,对于该课程的学习主观能动性不强。事实上,《最优化理论与方法》课堂并不是简单的学生静听和静观的被动接受过程。相反,它是学生个体或群体主动建构的过程,是教师、研究生及《最优化理论与方法》的知识直接之间的对话,是教师主动沟通学生,学生不懂就问的主动学习的过程。

2.2. 传统讲授占据主要地位, 理论与实践难以结合

在传统的《最优化理论与方法》教学中,一般是教师根据教学内容课堂讲授为主,不安排计算机实验,导致学生只是被动的接受理论知识。进行学生评价时,侧重于学生理论体系的培养,往往以单一的考试分数的形式给出,不重视学生的平时表现与课堂反应。这种教学方式在传授理论知识时具有比较好的效果,但是对于理论与算法实现同样重要的《最优化理论与方法》课程,造成了理论与实践的脱节。算法的实现需要学生通过动手操作 MATLAB 及专业计算机软件对数学模型进行数值计算仿真,从而评价算法的优劣。这对于没有接触过学术科研的研究生来说,在掌握了理论模型之后,如何设计算法及算法的优劣评价,学生们会感到高深莫测,甚至无法将所学算法转换为计算机程序语言。所以,老师在讲

授过程中, 可以将大众性的编程问题写成多媒体模块, 在讲课中利用 Flash 动画来讲解书中编程原理。同时, 教师通过激发学生多问几个“为什么”, 寻找学生学习的痛点。

2.3. 学生的文献阅读量匮乏, 缺乏创新性思考

作为一种高层次人才培养方式, 研究生教育过程需要阅读大量的文献, 学习国内外学者已有的研究成果, 提炼自己的观点, 突破已有的知识体系, 进行结论或者算法创新。但是, 现行本科阶段的教育仅仅重视基础教育的培养, 因此学生在完成本科学业后, 在通往学术型硕士研究生的学习道路上出现了衔接的断裂[5] [7]。而在实际教学过程中, 我们发现学生对于本专业的经典著作及本领域的研究成果了解较少, 对学术期刊的分类也不甚清楚, 所以经典学术论文的阅读量也是相当匮乏。因此, 当他们进行学术研究时, 提出的结论只是简单的改进, 很少有经过深刻思考的原创性成果。

2.4. 学生表述不严谨, 写作能力较差

作为一名合格的研究生, 毕业时需要完成一篇完整的学术论文体现对行业的了解及对行业的进步所做的贡献。这就要求论文写作条理清楚, 重点突出、引人入胜, 这些无疑要求研究生们具备较强的科技论文写作能力。大多数学生在大学本科的学习阶段, 对科技论文领域接触不深, 写作技巧较少, 导致好的结果可能因为写作的问题, 不能得到专家的认可。所以需要通过教师的悉心指导和大量的科技论文写作练习, 逐渐提高研究生们的写作水平。

3. 《最优化理论与方法》改革的必要性及已有基础

课程改革是一门耗时长, 不断完善螺旋前进的过程。实践证明, 只要掌握了它的精神实质, 就会显示出其无穷无尽的威力。事实上, 通过新型的教学手段及教学理念的引进, 能够提高教学水平, 降低研究生学习的负担, 提高他们的创新性, 为研究生的全面发展提供了坚实的基础以及宽广的平台。而从研究生的培养目标来讲, 各学校的研究生教育应以服务社会为其首要任务, 因此, 高校要培养能够自主探索, 具有创新意识及创新能力的新型人才为目的。在此大背景下, 就需要我们从学科内部的相关性和科学的整体性出发, 结合所学生的实际特点, 改革《最优化理论与算法》的传统教学模式, 探索有效的教学新途径。从现代课程论角度看, 课程教学是持续进行的课程开发过程, 是师生共同参与的活动。在开设这门课程时, 由于老师的惯性思维, 在教学中缺失灵活形象思维, 弱化了实践教学, 教学效果往往不尽人意。从教学内容上来看, 《最优化理论与方法》是一门基础课程, 它的知识范围广、概念抽象、理论性较强, 容易使学生陷入无从下手、被动进行学习, 从而产生消极、厌烦情绪。因此, 依据研究生培养目标, 从整合教学内容、选择适当的教学模式以及改进考核方式等多方面对《最优化理论与方法》课程进行系统的设计和改革已经是迫在眉睫的任务。同时, 经过近几年的探索, 对于《最优化理论与方法》课程改革, 我们已经具备了三个方面基础:

首先, 我们在参考了经典的《最优化理论与方法》教材后, 提炼核心观点, 根据教师与学生的特点, 我们编纂了精炼的《非线性规划理论与算法》教材, 使得学生与教师的很好地互动交流, 并制作了图文并茂的多媒体课件和提供课后习题供学生使用和下载。

其次, 经过近几年的不断实践, 我们《最优化理论与方法》专职教师, 根据课程的特点, 已经从教学思想、教学态度、教学方法形成了自己的教学风格, 并且在教学中取得了良好的效果。整个师生课堂做到了学生是学习的中心和主角, 教师是促进者和指导者的局面。

最后, 我们与中国科学院、大连理工大学、四川大学和上海财经大学等讲授该课程的老师有很多交流, 可定期到这些地方查阅有关资料并向他们学习求教, 并聘请他们指导, 讲授《最优化理论与方法》的最新进展。

4. 《最优化理论与方法》课程教学改革与实践

针对《最优化理论与方法》课程中的学习能动性不强,我们开展了动力性教育,改变考核模式,让研究生们动起来;对于理论与实践难以结合问题,我们引入新的研究生教学模式—翻转课堂,同时加强上机实验、社会调研等活动,充实研究生们的生活;对于学生的文献阅读量匮乏,缺乏创新性思考,我们开展学术前沿选讲提高学生文献阅读量;对于研究生写作能力较差,我们给出了分析经典论文,摘抄经典例句、仿写论文等方式提高学生的写作水平。

4.1. 开展动力性教育,提高学生学习主观能动性

由于《最优化理论与方法》课程的理论和算法都比较抽象,且学习过程中要涉及数学分析、矩阵分析、凸分析、算法编程等知识,学习内容较多且比较抽象。因此,研究生们必须积极主动地学习,树立克服困难的信心和毅力,并付出艰苦的劳动,才能学好此课程。我们要求高年级的研究生与低年级的研究生一对一的“传帮带”,以身说法向研究生们传授学习和科研的经验和教训,这样可以在一定程度缓解学生畏难的情绪。同时,我们的专职教师都是经过专门的科研训练,在专业及人生阅历都有无比丰富的经验,可以帮助树立研究生学习的责任感,培养研究生不畏困难、激流勇进的人生态度。

4.2. 引入新的研究生教学模式—翻转课堂

研究生群体的数量相比于本科生而言,要少得多,有利于进行“精英”教育。因此可以采用最新的教学方法—翻转课堂[8]。具体地,学生在课前进行自定步调的学习课本知识,课堂时间则通过老师的部分讲授来深化对知识的理解。对传统教学模式的革新采用师生互授的方式,将每次课分成前后两部分,前半部分学生带着问题学习老师传授的理论知识(时间由老师控制),后半部分则由学生根据自己的理解来阐述课堂内容,其他同学可以参与讨论,这样可以提高学生的学习热情与兴趣,同时可以检验学生在课堂上对于理论知识部分的学习吸收效果。同时,老师需要对讨论的问题进行控制,及时穿插该问题的理解,向研究生们展示《最优化理论与方法》方面的最新研究成果,让研究生直接进入该问题的最前沿。这种翻转课堂模式将“学习时间”进行重新规划和设计,改变了传统教学中的师生角色,实现了“先学后教”,有利于研究生产生创新性的成果。

4.3. 精选精讲理论,加强实践,合理分配课时

《最优化理论与方法》一般包括线性最优化和非线最优化两个基本的部分,都是72个学时。由于计算机技术的飞速发展,线性规划的很多算法已经被MATLAB等软件所取代,因此可以将线性规划部分压缩为36个学时。同时,针对非线性最优化与方法教学过程中存在的重难点问题,我们将采用36学时线性最优化+72学时非线性最优化。通过合理安排课时,使学生逐步掌握理论知识与MATLAB计算机软件的操作方法。具体的教学内容安排如表1所示。

Table 1. The arrangement of class hours of *Optimization Theory and Method*

表 1. 《最优化理论与方法》的学时安排

主讲章节	学时安排	教学内容		
1 线性规划引论及问题	4 学时	1.1 线性规划问题的实例	1.2 线性规划问题的数学模型	1.3 二变量线性规划问题的图解法
2 单纯形方法	6 学时 + 2 学时上机	2.1 基可行解及优基可行解的求法	2.2 单纯形法的计算步骤	2.3 改进单纯形法
3 对偶原理与对偶算法	6 学时 + 2 学时上机	3.1 对偶线性规划问题	3.2 对偶定理	3.3 对偶单纯形法

Continued

4 整数线性规划、灵敏度分析与参数线性规划问题	10 学时 + 4 学时上机	4.1 几个典型的整数线性规划问题	4.2 几个整数线性规划求解算法	4.3 灵敏度分析	4.4 参数线性规划问题
5 非线性规划引论	4 学时	5.1 最优化方法概述	5.2 凸集与凸函数	5.3 无约束优化最优性条件	
6 线搜索方法与信赖域方法	4 学时 + 2 学时上机	6.1 精确线搜索及精确线搜索	6.2 信赖域方法		
7 最速下降算法、共轭梯度算法、牛顿算法与拟牛顿算法	12 学时 + 4 学时上机	7.1 最速下降算法	7.2 线性与非线性共轭梯度算法	7.3 共轭梯度算法线性收敛性	7.4 牛顿算法二阶收敛性及一般拟牛顿算法的超线性收敛性
8 最小二乘问题	6 学时 + 2 学时上机	8.1 线性最小二乘问题	8.2 非线性最小二乘问题		
9 约束优化最优性条件	10 学时	9.1 等式、不等式约束优化一阶最优性条件	9.2 Lagrange 函数的鞍点及对偶	9.3 凸规划的最优性条件	9.4 约束优化二阶最优性条件
10 约束优化的可行方向法及罚函数方法	10 + 2 学时上机	10.1 Zoutendijk 可行方向法	10.2 投影算法及约束优化梯度投影方法	10.3 外点罚函数法	10.4 内点罚函数法
11 二次规划与序列二次规划	12 + 4 学时上机	11.1 二次规划对偶理论	11.2 等式、不等式约束二次规划的求解方法	11.3 SQP 方法及收敛性质	11.4 既约 SQP 方法及信赖域 SQP 方法

4.4. 开展学术前沿选讲增强文献阅读量, 提高写作水平

为了提高学生对本课程的学习效率, 我们在教学环节以外还安排了 36 课时的学术前沿选讲。首先, 我们请学院有科研经验的老师将自己在优化领域的科研进展给大家进行讲解, 从最核心的思想到关键证明, 帮助了解研究成果的创新过程。其次, 选取来自本学科国内外顶级学术期刊上刊登的具有代表性的学术论文, 例《Mathematical Programming》《Operations Research》和《中国科学》等, 分发给各组同学, 要求各组同学在一周内进行阅读, 并以 PPT 的形式对论文的具体研究内容进行提炼, 简洁清楚讲解文章核心思想及文章的创新之处, 以此来锻炼提高学生的文献阅读水平。最后, 通过对经典文章的精读, 引导研究生们分析文章的架构及语言逻辑, 深刻理解写作目的, 同时让研究生们有目标的仿写; 要求研究生们找出好的例句进行摘录, 通过日积月累练习, 改善同学们的写作水平。

4.5. 改变考核模式, 做到学习过程与结果同样重要

我们先确定了考核要达到的效果: 一是检查研究生掌握《最优化理论与方法》基础理论知识的程度; 二是检查研究生理解和把握本学科的知识、理论发展的前景的程度, 以及应用所学理论、方法解决问题的能力。课程考核及成绩评定方式设置为闭卷考试成绩占 60%, 侧重考查研究生对所学课程基本概念、基本原理、基本方法的掌握程度; 平时作业及表现占 20%, 检查学生平时师生互授、论文讲解环节的表现及写作水平; 上机考试占 20%, 采用 MATLAB 软件考察学生对最优化算法的计算机仿真模拟。通过新的考核方式的设定, 能够有效地提高研究生们的学习热情, 加强研究生对本课程的重视程度。

4.6. 支持学生参加社会调研, 培养社会所需创新型人才

“最优化”生活目的是为了节省财力、物力, 所以《最优化理论与方法》是源于生活的一门应用数学课程。因此, 在寒暑假时, 可以组织学生进行社会调研, 组织学生进入工厂见习, 了解课本所介绍的优化系统, 根据企业的需求, 提炼数学模型, 争取做到实际生产问题的最优化, 使得我们的理论活动源

于生产, 指导生产。我们组织研究生到物流公司进行生产实习, 根据实际情况优化物流的仓库布局, 优化派送规则等, 使得研究生将所学知识进行应用, 提高他们的成就感, 做到真正的理论联系实际。

5. 结语

《最优化理论与方法》的教学改革是老师与研究生的共同创立, 是一个动态的不断改进的过程, 是一个师生共同进步的过程。为了完成国家对高层次人才的培养目标和表明学校对研究生职业规划负责的态度, 我们选取研究生的发表高质量论文数作为第一个指标, 说明对研究生阶段专业素质培养的效率; 选取考博人数作为第二个指标, 说明培养更高层次的专业人才取得的效果; 选取考教师编人数作为第三个指标, 说明师范院校要发挥自己的特色, 为社会输送所需的教师人才成果; 选取考取公务员或其他科技公司人数作为第四个指标, 说明为社会培养管理人才和科技创新人才的效率, 具体信息见表 2。

Table 2. Distribution of academic achievement and graduation destination of postgraduates

表 2. 研究生学术成绩及毕业去向分布

年份	发表文章(SCI, SSCI, CSSCI)	毕业考博	毕业考教师编制	毕业考公务员、科技公司	总人数
2016 届	6	6 (1 人 2017 考博)	9 (2 人 2017 考编)	7 (2 人 2018 考公)	22
2017 届	7	6	10 (3 人 2018 考编)	5 (1 人 2019 考公)	22 (1 人毕业失去联系)
2018 届	8	6	7 (2 人 2019 考编)	5 (1 人 2019 考公)	18
2019 届	10	7 (1 人 2020 考博)	10 (2 人 2020 考编)	6 (1 人 2020 考公)	23
2020 届	11	6	7	5	21 (3 人考编或考公)

从表 2 可以看出, 在招生总数相近的条件下, 从我们改革开始的 2016 年到 2020 年, 研究生发表较高质量论文的数量连续增长。特别地, 对比 2016 年与 2020 年, 研究生发表较高质量论文增长接近 100%, 说明研究生的专业创新能力和写作能力都有了较大的提高。同时, 在《最优化理论与方法》教学改革过程中, 帮助研究生确定了部分未来的规划和方向, 使得近 90% 以上的研究生在毕业时找到喜欢的工作或深造, 剩余的研究生也会在毕业后的一年内找到合适工作。具体地, 可以看到: 每年超过 25% 的研究生同学考取双一流高校的博士, 为国家培养更多的运筹学、管理科学与工程及算法设计的专业人才; 近 50% 的研究生同学考取了教师编(主要是初、高级中学), 成为一名人民教师, 这将对中学教育质量的提高发挥重要的影响。近 25% 考取了公务员及应聘到科技公司, 具有编程、写作、严密逻辑推理能力的他们, 必然在政府的管理、企业的科研创新中发挥重要的作用。最后, 《最优化理论与方法》的教学改革是一项复杂又艰巨的系统工程, 涉及诸多因素, 我们将不断地在实际教学中总结经验, 力求使课程建设不断的提高, 为社会培养所需的高素质人才。

基金项目

由山东省研究生教改项目(项目编号: SDYJG19184)资助及 2018 年曲阜师范大学教改课题资助。

参考文献

- [1] Bazaraa, M., Sherali, H. and Shetty, C. (1993) *Nonlinear Programming Theory and Algorithms*. John Wiley, New York.
- [2] 袁亚湘, 孙文瑜. 最优化理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 33-36.
- [3] 张干宗. 线性规划[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2007: 2-6.
- [4] 王宜举, 修乃华. 非线性最优化理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2019: 1-4.

-
- [5] 雷兵, 魏立安, 黄宗升, 胡春生. 研究生科研创新能力自我培养和提高的途径探讨[J]. 高等教育研究学报, 2009, 32(3): 85-86.
 - [6] 王文静, 王福胜. 高师院校《最优化理论与方法》课程教学改革[J]. 教育现代化, 2013, 33(13): 54-56.
 - [7] 高英志. 论高校研究生培养三个层次标准[J]. 教育进展, 2016, 6(6): 288-294.
 - [8] 杨春梅, 孙孟思. 研究生翻转课堂如何推进课堂讨[J]. 学位与研究生教育, 2017(5): 48-53.
 - [9] 田娟, 陆强, 张兆臣, 王红梅. “双创”教育理念指导教学模式改革的研究[J]. 中国现代教育装备, 2020(343): 141-142.