

在数学课程中融入软件实验教学的一些问题

胡良剑

(东华大学理学院, 上海 201620)



摘 要: 本文阐述了信息化时代在数学课程中融入软件实验教学的必要性和紧迫性, 介绍了东华大学在数学、统计学和工科类专业的一系列数学课程中融入软件实验教学的实践经验和考核方法, 最后提出了数学课程的软件实验教学实施过程中存在的一些共性问题和自己的看法。

关键词: 数学实验; 数学软件; 数学建模; 信息化

一、为什么要在数学课程中融入软件实验教学

1. 我们处在信息技术高度发达的时代

50 年前, 一个珠算打得很熟练的人会受到广泛尊敬, 但在今天, 人们顶多会说“这位仁兄业余爱好很特别啊”。确实, 珠算打得再好还是不如计算器来得快、来得可靠。今天我们的高考允许使用计算器了, 因为大家都相信学习用手工开根号或者查《数学用表》已经没有必要, 而在 30 年前不少人还认为这方面的能力对中学生来说是十分重要的。

计算机技术的迅猛发展正在改变我们的生活方式, 也必然会改变我们的学习方式。随着时代的发展, 数学教学中使用的计算工具也在一步步发生改变。1980 年代计算机开始在美国大学里普及, 使得数学计算工具从手工、计算器逐步演变为编程语言 (如 Fortran 语言)。随后, 涌现出一批优秀的数学软件, 如 Maple, MATLAB, Mathematica, Scilab 等, 使得数学演算更加方便。今天, 这类专用编程软件已经成为数学运算的主流工具。

2. 数学教学内容和方法的滞后

我们大学数学教育是否跟上时代的步伐了呢? 我认为还没有。今天, 大学生做数学练习题基本上还是用手工和简单的计算器, 尽管他们将来在工作中会使用更高级的计算工具。例如, 积分计算技巧仍然是“微积分”课程的重点, “线性代数”考试中依然要求学生用对角线法则计算三阶行列式。固然, 这些训练对学生理解数学理论是有一定价值的, 但我们是不是可以在有限的时间内安排更有价值的教学内容呢? 我们的数学教学过于偏重经典的理论和运算技巧, 手工推导演算题占据了学生大量学习时间, 却忽视了数学概念的实际背景, 忽视了运算结果的实际意义, 导致学生解决实际问题的能力不强。学生掌握的运算工具跟不上时代需求, 导致学生在就业市场被认为是与时代脱节的。

李大潜先生曾这样评价当今数学的教学: 一大堆数学的概念、定理、公式与证明, 都得到了认真的展现和推演, 讲课教师也力图将这些知识灌输到学生的头脑之中, 恨不得将学生变成一个活的数学字典, 甚至是数学的百科全书, 其意甚诚, 其情可感。但是, 无论是教材的编写或是教师的讲授, 往往忘记了数学最根本的三件事。哪三件事呢? 一是这些数学知识的来龙去脉, 是从哪儿来的, 又可以到哪儿去。二是数学的精神实质和思想方法, 而不仅仅是一些数学

知识和证明技巧。三是数学的人文内涵。

李大潜先生还指出,数学是一门技术。数学的思想和方法与计算技术的结合的确已经形成了技术,而且是一种关键性的、可实现的技术,称为“数学技术”。它本质上是数学的内容物化为计算机的软件及硬件,成为技术的一个重要组成部分和关键,从而也可以转化为先进的生产力。“高技术本质上是一种数学技术”的观点现已为愈来愈多的人们所认同。

企业界对我们提出了更具体的要求。华院分析技术(上海)有限公司董事长宣晓华先生在 2013 上海市工业与应用数学学会学术年会上提出:“大数据时代已经到来,数据分析师有旺盛的人才需求”。为了适应大数据时代的数学应用,数学教学的内容需要作出改变,“少点解方程,多点统计、优化,多点计算机、机器学习”。

3. 国外同行们已经作出变革

美国的高考 SAT 十多年前就已经允许使用图形计算器,这种计算器可以直接做微积分的计算和曲线拟合,而它到目前在中国很多地区的高考中还是被禁用的。英美很多大学数学和统计学课程都配备了软件实验环节,教材也随之发生了革新。如 F. W. Giordano 编著的《托马斯微积分》是一部锐意革新的教材。与我国现行通用高等数学教材相比,它突出应用和数学建模,重视数值计算和程序应用。在适时引进现代数学和新学科知识等方面,也有不少精彩之处。由 David C. Lay 编著的《线性代数及其应用》结合应用数学软件,强调了计算机对科学和工程中线性代数的发展和实践的影响。本书关于特征值与特征向量的教学是从种群动力系统 $x_{k+1}=Ax_k$ 实际案例开始,引入特征值与特征向量定义,然后通过 2~3 阶矩阵的计算来解释特征值与特征向量的性质,用一些简单的证明题来巩固学生对有关定义和性质的理解,最后回到种群动力系统的应用。而较大规模矩阵的计算则使用软件来完成。

二、我们在东华大学的探索与实践

“数学建模”与“数学实验”课程是 30 多年来国际上大学数学教育改革的产物。该类课程注重数学与实际问题的结合,在解决具体问题的过程中学数学、用数学,有利于培养学生的创新意识和综合应用能力,因此受到数学教育界的广泛肯定,也深受学生欢迎。数学建模和数学实验课程教学的鲜明特点是它基本上脱离了传统的完全依赖板书讲解和手工作业的教学方法。其中,数学软件扮演了重要的角色。据调查,我国大学教学中广泛采用的数学软件有 MATLAB, Mathematica, Maple, Lingo, SPSS, SAS 等。

近 20 年来,我们在东华大学做了一些探索和实践,也取得了一些成果。我们于 1994 年开始开设“数学建模”课,1997 年开设“数学实验”课,2001 年出版教材《数学实验——使用 MATLAB》获得上海市优秀教材二等奖,2005 年以项目“工科数学课程的计算机教学改革与实践”获得上海市教学成果二等奖。2006 年我们在高等教育出版社出版了受到好评的教材《MATLAB 数学实验》,该书第二版将于 2014 年 2 月出版。

目前东华大学数学课程的软件实验教学分为三个类别:数学专业、统计学专业和工科类专业。具体安排见表 1。

数学实验类课程采用组合考核,即平时练习、阶段论文、期末考试几部分综合评定成绩,而不是简单靠一张考卷确定成绩。例如,高等数学实验上机考勤占 30%,上机开卷考试占 70%;数学建模实验上机考勤占 20%,小组论文占 40%,上机开卷考试占 40%;SAS 软件上机考勤

占 20%，单元编程作业占 40%，上机开卷考试占 40%。在这种上机开卷考试中，计算机就是一个功能强大的计算器，学生允许使用任何参考资料（包括准备好的程序），用计算机编程作答，然后在考卷上写出编程代码和计算结果。为了防止作弊，我们采用了以下措施：（1）单双号机位分别用 A、B 卷，保证相邻机位试卷不同；（2）考试中关闭网络（涉及网上查资料的题除外）；（3）学生按规定机位就座，严禁换机位；（4）答卷必须由每个学生亲自交给监考教师，不允许由别人转交。在教学过程中，我们还制作了与《MATLAB 数学实验》教材配套的试题库。

表 1 东华大学数学课程的软件实验教学

专业	课程	总学时/实验学时	学期	软件
数学	数学实验	40/24	三（期末 2 周）	MATLAB
	运筹学	48/6	三	Lingo
	数学建模	64/8	四、五	MATLAB、Lingo
	数学建模实验	40/40	五（期末 2 周）	MATLAB、Lingo、SPSS
	金融计算	40/28	六（期末 2 周）	MATLAB
统计	SPSS 软件	40/28	四（期末 2 周）	SPSS
	SAS 软件	40/28	六（期末 2 周）	SAS
	时间序列分析	48/8	六	R
工科	高等数学实验	32/16	三或四	MATLAB
	数学建模	32/8	每学期选修	MATLAB

注：1 学时=45 分钟

三、实践中的问题与思考

在教学实践中，我们也遇到了一些困惑和问题。通过与国内同行交流，发现这些问题具有一定的普遍性。

1. 软件平台选取问题：单个软件还是多个软件？

不同课程使用统一的数学软件好，还是用不同的软件好呢？选用的软件太多，必然要花费很多学习时间，挤压了数学实验的核心内容。使用 MATLAB 这类通用性较好的软件平台可以减少软件学习的时间，基本上可以求解数学实验中涉及的各类问题。但是，不同软件有各自的特长，也就有自身的缺陷。用 MATLAB 求解优化问题就不如 Lingo 方便和高效，特别是对于离散优化问题有很大的局限性。对统计分析问题，MATLAB 也不如 SPSS 或者 SAS 的结果那么丰富。从另一角度来说，多接触几个软件对学生就业也是有好处的。笔者认为，这个问题不应一刀切。各校应根据自己的专业特点和师资状况选择适当的软件。同类型的软件选一个即可，建议从 MATLAB、Mathematica、Maple 中选择一种，再从 SPSS、SAS、R 中选择一种。

2. 课程设置问题：“数学实验”与“数学建模”是单独开设还是融入主干课程？

李大潜先生曾批评道，“我们现在每门数学课的教材及教学，更多的是强调这一分支学科的特点和特色，但却削弱、淡化甚至割裂了与其他方面的联系，追求的是一种自我封闭、作茧

自缚的状态,实际上陷入王婆卖瓜、自卖自夸的局面。这样做,会造成学生认识上的片面性,抑制了学生的创造性思维和想象,造成了课程间不必要的重叠和隔阂,也加重了学生的负担。”今天,我们的“数学实验”与“数学建模”课程何尝不是如此呢?这类课程单独作为课程开设不是一个坦途的状态。有朝一日,能将数学软件工具和数学建模思想融入到数学类主干课程中去,这一改革才能算真正的成功了。

3. 教学改革怪圈:越改课时越多,越改学生负担越重。

我们的教改往往是以减轻学生负担为理由提出的,但常常事与愿违,越改课时越多,越改学生负担越重。教改中我们增加了“数学实验”与“数学建模”课,但原来的数学理论课时并没有减少,减少了怕影响考研率。况且,教材和教学内容不作更新,技术上也难以减少课时或者减低理论部分的要求。如果不对数学课程体系作系统性的优化调整,这样的教学改革注定是以加重学生负担为代价的。

4. 师资问题:大多数教师不懂数学软件,推广困难。

今天数学实验类课程单独开设,恐怕也是无奈之举。其中一个主要原因是目前的师资还不能满足全面改革的要求。很多学校搞了多年的数学实验教学改革,往往还是只能停留在实验阶段,限于少数教师、少数班级,大面积推广有困难,因为大多数教师(特别是老教师)不懂数学软件。看来,要真正将软件实验教学融入数学课程,师资力量的培训与更新换代一定要跟上。

5. “数学建模”的教改热与科研冷。

随着数学建模竞赛活动影响的日益扩大,“数学建模”课程及其相关的活动成为数学教学改革的突破口,占据了各省市教学成果奖和精品课程的主要位置。然而,与“数学建模”相关的科研活动却乏善可陈。其结果是,数学建模的优秀案例太少,好的竞赛题匮乏,数学建模教材的案例抄来抄去。究其原因,看来还在政策导向方面。现在的大学,由于过度强调科研成果的考核和评定,大大淡化了对教学研究的要求。数学建模的优秀案例来自数学工作者对工程实际问题中数学应用的提炼,这就要求数学教师要直接面向工程实际,潜心做数学建模的研究,这往往需要相当长的时间,研究结果或者由于理论层次不高,或者由于创新不够,却难以发表在SCI杂志上,对教师升等升级帮助不大。没有高质量的数学应用研究,就没有高质量的数学建模教学。看来要真正提高数学建模教学水平,必须要扭转过度追求SCI论文的科研考核标准。

参考文献

- [1] 李大潜. 愿更多的数学精品教材成为传世的经典[J]. 中国大学教学, 2012, (12): 4-7.
- [2] 李大潜. 将数学建模的思想融入数学类主干课程[J]. 中国大学教学, 2006, (1): 9-11.
- [3] F. W. Giordano. 托马斯微积分[M]. 叶其善等译. 10版. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [4] David C. Lay. 线性代数及其应用[M]. 刘深泉等译. 3版. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [5] 胡良剑, 乐经良, 许建强. 关于“数学建模”课程教学现状的调查与分析[J]. 大学数学, 2010, 26(5): 147-151.
- [6] 胡良剑, 孙晓. MATLAB 数学实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.