Establish and Practice of Degree Course for Graduate in Information Science: Numerical Analysis

ZHAO Jian, QI Jin, CHEN Xiao-ning, XIE Yu

1. College of Information Science and Technology, Northwest university, Xi' an, China

1. zjctec@nwu.edu.cn, 2. qijin1117@yahoo.com.cn

Abstract: Numerical analysis is an important basic course for students who engaged in information processing research. This paper analyzes the contents and features of numerical analysis course of graduate in information science. Aiming at the theoretical teaching of traditional, a basic teaching mode to the features of numerical analysis and information disciplines is presented. Information-oriented applications in the teaching practice, to simplify the theoretical derivation, enhance practical activities of numerical analysis and improve the graduate's innovation ability. The effect is well through the teaching practice.

Keywords: numerical analysis; course building; teaching practice

信息学科研究生学位课程《数值分析》的建设与实践

赵 健,齐 锦，陈晓宁,谢 瑜

1.西北大学 信息科学与技术学院，西安，中国，710069

1. zjctec@nwu.edu.cn, 2. qijin1117@yahoo.com.cn

【摘要】对于计算机信息类的学生，数值分析课程是一门重要的基础课程。在分析了信息学科研究生数值分析课程的内容及特点的基础上，针对传统教学模式重理论轻实践的问题，提出了按照数值分析及信息学科专业特点进行教学的基本模式。在实际教学过程中，面向信息学科应用，简化理论推导，增强数值分析实践活动，培养了研究生的创新能力，提高了教学效果。

【关键词】数值分析，课程建设，实践教学

1 引言

数值分析是西北大学研究生重点建设课程，是信息学科的必修学位课程，现为 54 学时。由于硕士研究生的培养目标是培养具有竞争力的工程师而不是科学家，因此培养他们的思考能力和解决实际问题能力更为重要，尤其是面向信息学科应用的解决问题能力。数值分析是研究各种数学问题求解的数值计算方法，是一门内容丰富、有自身理论体系的课程。数值分析也是一门偏重于应用的课程，其中的理论和方法不仅在许多专业课程中运用到，而且在解决实际问题中也常常用到。针对该课程的特点，为解决传统教学中重理论轻实践的问题，我们将重点放在学生应用能力的提高上，激发其学习兴趣，取得了更好的教学效果。

资助信息：西北大学研究生重点课程《数值分析》项目基金（09YKC21），陕西省教育厅科技立项项目（112Y029）

2 信息学科对数值分析课程的需求及其内容与特点

2.1 数值分析介绍

随着计算机技术日新月异的发展和科学技术的不断进步，计算数学的理论与方法已影响到许多学科，并在生产、管理以及科学研究中得到了广泛应用。数值分析是计算数学的主要部分，它是研究用计算机求解各种数学问题的数值计算方法，以及其理论与软件实现。目前，作为介绍科学计算的基础理论与基本方法的课程，数值分析是应用数学专业、信息与计算机科学专业及很多理工科专业的重点课程。通过本课程的学习，使学生能够熟练掌握常用的几类数值方法的构造原理，初步掌握数值算法的设计方法，能够根据实际问题的数学模型，提出适合的数值计算方法并用

978-1-935068-09-9 © 2010 SciRes.

计算机程序来实现。

运用数值分析解决实际问题的过程如下框图：

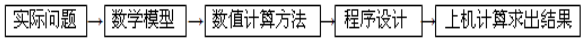

Figure 1.Process diagram to solve practical problems using numerical analysis

图 1. 运用数值分析解决实际问题的过程框图

2.2 信息学科对数值分析的需求

数值分析在各类工程领域的应用非常广泛，许多数值方法就是来源于现实生活中的实际问题。和其他偏重理论的数学课程相比，数值分析在教学过程中更容易找到引起学生兴趣的实际问题。

对于计算机信息类的学生而言，数值分析更是一门非常重要的基础课程。对于信息类专业，在对信息信号及图像的处理中，无一不用到数值分析中所介绍的方法实现。例如，样条函数方法正是图像处理技术等方面的关键部分，FFT 技术能够快速处理数据，在机械、电子、信息、自动化工程中的实时信号处理中占有重要位置。学好数值分析课程可以使学生的数学理论应用到实际问题的能力得到全面的提高。因此，作为信息学科的研究生要更好的掌握这门课程，为后面的专业应用打下坚实的基础。

2.3 数值分析的内容与特点

数值分析课程也称为计算方法课程，是偏重于应用的一门课程。数值分析课程的基础是数学分析、线性代数、微分方程等数学理论，它涵盖的内容广泛，大体上包括三个部分：数值逼近、数值代数、微分方程数值求解。

数值分析不仅具备数学高度抽象性与严密科学性的特点，其理论体系构建、算法设计等的思维方式具有独特特征，与其它数学课程相比，更加注重方法和解决实际问题的工程思想，特别注意在方法的精确性和有效性之间平衡。数值分析课程的特点是：1、注重方法性和实用性。数值分析中的理论基础是高等数学，在高等数学中更强调理论的分析，而数值分析更注重怎样运用这些理论分析解决实际问题，它是一门更注重应用的科学。2、注重对计算机的使用。数值分析所介绍的方法虽然具有普遍性和通用性，但大部分问题都只能借助于计算机才能实现。利用数值分析中的计算方法结合计算机编程，可以实现很多人类无法解决的计算问题。

3 教学中的优化设计与改进

3.1 面向应用的课堂教学

为提高学生应用计算机解决实际问题的能力，在内容编排上，兼顾基本概念与一些实用的方法，并结合信息学科专业教师的科研领域，我们主要讲授以下内容：(1)绪论部分：结合数值分析在信息学科的应用理论，介绍数值分析的实际应用、学习数值分析的方法，并学习误差基础知识、舍入误差分析及数值稳定。(2)函数插值：介绍什么是插值问题，插值多项式的构造方法，进一步讲授分段插值法，重点讲授各种方法的实现，即如何将数学思想，引入差商和差分的概念。(3)函数逼近：介绍线性空间、内积空间概念，并介绍正交平方逼近方法，以及曲线拟合最小二乘方法。（4）数值积分与数值微分：介绍数值积分基本概念，Newton Cotes 公式方法，Romberg 求积法方法，Guess 型求积公式以及数值微分基本概念。（5）解线性方程组的直接方法：介绍高斯消去法，矩阵三角分解方法，矩阵的条件概念。（6）解线性方程组的迭代方法：介绍向量和矩阵数列的极限，迭代法的基本理论以及几种常用的迭代法。（7）非线性方程求根：介绍二分法，迭代法的算法和理论，迭代加速收敛的方法，Newton 迭代法，弦割法和抛物线法。（8）样条函数：介绍三次样条函数插值及利用三次样条求数值微分的方法，由于本部分内容要用到解三对角线方程组的追赶法，因此安排在线性方程组之后讲解。(9)偏微分方程数值解：考虑到由于在信息学科中，如图像的边缘提取过程中经常遇到偏微分方程，所以增加了这部分内容，介绍求解抛物型方程的显式法、隐式法及克拉克-尼科尔森六点格式解法，求解双曲型方程和椭圆型方程的有限差分法及边界条件的处理。

以上内容要在 54 学时内讲授完是非常困难的，因此，必须有侧重点的完成这门课程的讲授。为信息学科的研究生开设此门课程的目的就是提高学生的应用能力，因此应重点讲授各种方法的实现，即如何将学到的数学方法通过计算机编程以实现计算。

3.2 优化的教学设计

- 简化理论推导，注重方法的实际应用。

数值分析从本质上来说是一门理论与实践并重的课程。传统的教学模式更注重讲授及公式的推理论证，

对实践环节的教学不够重视，这就造成学生不能全面深刻的理解和运用各种所学的算法。此次讲授，我们对部分结论仅作叙述，删除了繁杂的证明过程。尽管这些内容对培养学生的数学思维能力，如严谨的逻辑思维能力有一定好处，但我们认为，数值分析这门课程更应该强调算法的构造思想，算法的具体实现过程，算法的评价和改进，以及算法的具体执行等。我们更注重对所学算法的实际应用，把提高学生的学习兴趣、培养学生的创新能力放在教学研究的首位。

例如在讲授数值逼近时，可以引入现实生活中的实际问题来激发学生的学习兴趣；对于要解决的问题，让学生们通过对实际问题的分析、讨论、解决，能使其充分理解数值逼近的本质思想和目的，这样也使学生们得到学有所用的成就感，从而提高学习兴趣，树立自信，增加学习动力。同时培养了学生们用数学和计算机自己分析、解决实际问题的能力。

- 重视实际上机编程应用。

为了避免学生只掌握这门课程的理论知识，面对实际问题时却无从下手。我们必须使学生通过实践认识到数值分析并不难，他们完全有能力自己编程计算，从而使学生逐渐增强信心。学完这门课程后，使大部分学生有信心能够利用数值分析所学到的方法，解决日后遇到的相关问题。

- 以 MATLAB 为平台进行课程的辅助教学。

MATLAB 是由美国 The MathWorks 公司推出的用于数值计算、图形处理和符号计算等科学计算系统环境。由于 MATLAB 在数值计算中的强大功能和解决实际工程问题中的非凡表现，我们结合《数值分析》课程教学，以 MATLAB 为平台进行数值分析课程的辅助教学。在教学中充分利用 MATLAB 强大的数值图形图像处理功能，启发式和互动式教学，以实例启示学生为什么建立数值方法、如何引进数值方法，以及哪些问题值得研究。教学实践表明，借助于 MATLAB 的辅助教学，数值分析的教与学不再枯燥。不仅对知识掌握的程度加深，更重要的是学生实现基本算法的技能提高了。在课时方面，相同的内容，跟传统教学方法相比，课时没有增加，教学的效果却是事半功倍。

- 合理利用多媒体教学。

利用现代多媒体教学方式，将传统的教学方式与现代教育手段相结合，可以很大程度地提高教学效率和教学效果。例如数值分析中大多数公式都是非常复杂的，倘若学生直接面对枯燥的公式，是很难理解和记忆的。如果利用多媒体教学，用图像动态直观地将其演示给学生，这样学生对一些理论结果的理解就会加深。为了提高课堂教学效果，培养学生分析问题、解决问题的能力，我们制作相关的多媒体教学课件，设计了以数学软件Matlab为平台的数值分析教学与实验系统，解决了以往教学过程中数值计算和图形可视化的难题。

- 考核方式的改变。

课程考核是评估教学质量和学生学习水平的重要环节，对促进学生更好掌握所学知识、强化数学思维能力有着极其重要的作用。传统的考核方式通常仅为笔试，这显然不利于引导学生进行思维训练、提高编程及运用软件解决实际问题能力的培养。因此，我们实行新的考核方式。数值分析考试分为笔试和上机实验两部分，在笔试中不仅要考查学生对基本概念、基本理论和算法的掌握情况，还应重视对实际问题的解决方法的考核。如让学生写出一个解决实际问题的思路，包括模型建立、求解方式方法的实现、结果的分析与比较等。上机实验包括自己编程和软件运用两部分，编程部分要求学生写出问题解决的基本步骤、画出流程图、编写并运行程序、分析结果等；软件运用要求学生将实际问题转化为数学模型，列写出方程，进而利用软件进行问题求解，并对结果进行分析。在实际教学考核中，成绩评定应适当降低笔试成绩比例，提高上机实验成绩比例，这有利于学生更加注重实际问题解决能力的培养。

4 实验课程的设计与实践

在教学环节中，改变重理论轻实践的思想。传统的教学模式注重讲授，对实践环节的教学不够重视，往往会造成学生不能全面而深刻的理解和运用各种算法。实践环节往往仅停留在习题求解这一最基本的阶段。因此设置合理的课程实验是至关重要的。

实验教学环节是高等教育教学体系的重要组成部分，是学生全面掌握理论知识、培养创新意识、动手能力和综合应用能力的重要环节。为了提高学生对数值计算方法的认识，可以通过引入日常生活、生产、科技发展研究中的实际案例，然后进行讨论和提供解决方案，使学生觉得上机实验是真正的解决问题，不再只是为了应付枯燥无味的考试。通过实验课程，同学们不仅提高了编程能力，更重要的是通过实验运行出的结果能够得到直观的感受，这样会极大的提高学生的学习兴趣，激发他们的学习热情。

978-1-935068-09-9 © 2010 SciRes.

教学中应加强实验环节，通过实验培养学生的实践能力。由于数值分析课程教学学时不多，而能用于上机实验的课内学时仅为 8 学时，要让学生在短短的几十学时中掌握数值分析的众多算法并能应用于实际问题的解决，也是不大可能完成的任务。考虑到学生以后在工作中只要能将实际问题转化为数学模型，选择适当的方法去求解，并能利用现成软件求解问题，因此，可以在教学环节中有选择性地让学生动手自己编程的同时，初步学会利用现成软件，如运用 MATLAB 来求解问题。这有助于将学生从因纷繁复杂的公式推导而产生的厌学情绪中解脱出来，提高学生学习兴趣，并进一步提高学生解决实际问题的能力。

5 结语

数值分析是一门注重于应用的课程，结合计算机的应用来求解实际问题。目前，用计算机进行科学与工程问题的科学计算，已成为与理论分析、科学实验同样重要的科学研究方法。由于针对信息学科的学生，此次在数值分析教学中，从内容编排到课堂教学，都本着提高学生应用能力的思想，简化理论推导，重视应用于对实际的案例分析，大大增强了学生利用数值计算方法解决实际问题的信心。所以，强调对数值分析课程的教学，使得学生对数学的理解和应用能力的提高都有极大的促进作用。

References (参考文献)

[1] FENG Jian-hu, CHE Gang-ming, NIE Yu-feng. Principles of Numerical Analysis[M]. Beijing: Science Publishing House, 2001.
封建湖,车刚明,聂玉峰.数值分析原理[M].北京：科学出版社,2001.

[2] HUANG Duo, CHEN Lan-ping, WANG Feng. Numerical Analysis[M]. Beijing: Science Publishing House, 2000.
黄铎,陈兰平,王风.数值分析[M].北京:科学出版杜,2000.

[3] Laurene V.Fausett. Applied Numerical Analysis Using MATLAB[M]. Second edition, NJ: Prentice-Hall, Inc., 2007.

[4] Ward Cheney, David Kincaid. Numerical Mathematics and Computing[M]. Sixth edition. USA: Brooks/Cole, 2008.

[5] SUN Liang. Features and Thoughts in Numerical Analysis Course[J]. Journal of Mathematics for Technology, 2002,18(1):84-86.
孙亮.《数值分析》方法课程的特点与思想[J].工科数学,2002,18(1):84-86.

[6] Kendall E. Atkinson. Some MATLAB GUIs For Teaching Numerical Analysis. Midwest Numerical Analysis Conference[R], University of Iowa, Iowa City, Iowa, May 20-22, 2005.

[7] ZHAO Jing-jun, WU Bo-ying. Some Study of the Instruction in Numberical Analysis[J]. College Mathematics,2005 21(3):28-30.
赵景军,吴勃英.关于数值分析教学的几点探讨[J].大学数学,2005 21(3):28-30.