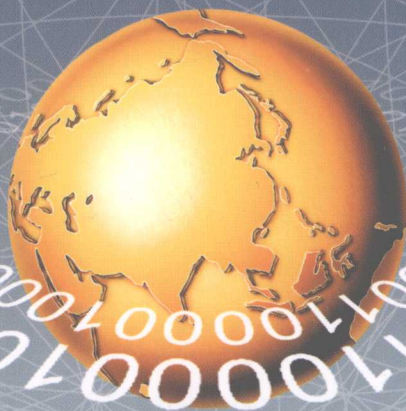


信息与计算科学专业系列教材

MATLAB 与计算方法实验

谢进 李大美 主编



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

信息与计算科学专业系列教材

MATLAB 与计算方法实验

谢进 李大美 主编



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 与计算方法实验/谢进,李大美主编. —武汉: 武汉大学出版社, 2009. 1

信息与计算科学专业系列教材

ISBN 978-7-307-06791-2

I. M… II. ①谢… ②李… III. 计算机辅助计算—软件包, MATLAB—高等学校—教材 IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 001328 号

责任编辑:杨 华 责任校对:刘 欣 版式设计:马 佳

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷: 湖北民政印刷厂

开本: 720 × 1000 1/16 印张: 11.5 字数: 204 千字 插页: 1

版次: 2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-06791-2/TP · 323 定价: 20.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

内 容 提 要

本书基于计算方法的基本理论,通过一定数量的实例,强调应用 MATLAB 软件进行程序设计,实现各种算法.另外还提供了大量新颖的、联系实际的、具有一定研究性质的实验问题,用以提高和培养读者的实际计算能力.本书可作为理工科各专业本科生、研究生和工程技术人员学习计算方法和 MATLAB 软件的教材或参考书.

前 言

本书是作者根据长期以来从事“计算方法”和“数学实验”的教学经验编写而成的,以此作为“计算方法”课程的补充教材。

理论研究、科学计算和科学实验是一切科学研究的三种基本手段,而以数学应用和计算机应用为显著特征的综合学科——科学计算是联系数学和其他学科的桥梁,在创新性研究中具有不可替代的作用,受到极其广泛的关注。世界上许多发达国家甚至将科学计算水平作为衡量一个国家综合实力的重要标志而大力推动其发展。事实上,“科学计算”(传统上称为“数值分析”或“计算方法”)成为国内外理工科大学开设得最普遍的数学课程之一。“科学计算”课程的教学目标除了算法方法和算法分析的细节之外,还有算法的思想和原理,即要求“科学计算”课程的学习者在学完课程之后应该具备较高的数学应用和计算机应用水平。同时还应该具有跟踪学科发展的能力和建立选择算法的思想与意识。正是因为科学计算的学科特征,使得在“科学计算”课程中不可避免地出现大量抽象的数学定义与定理、严密的逻辑推理、复杂的数学公式以及枯燥的计算机语言,这些都成为“科学计算”教学过程中的难点,阻碍着教学目标的实现。随着计算机软件技术的发展,涌现出许多像 MATLAB 这样优秀的数学软件。MATLAB 强大的数值计算功能和可视化功能,不仅丰富了数学教育的手段,而且还使复杂抽象的数学内容变得直观而鲜活。因此,在国外被迅速地引入到“科学计算”课程中,出版了许多基于 MATLAB 的“科学计算”教材。鉴于目前国内适于工科本科生的此类教材还很少见,我们编写了这本以数学实验为特色的教材,作为“科学计算”课程的补充。通过本书的学习,读者可以在 MATLAB 软件平台上,更好地掌握科学计算课程的理论和算法,达到通过实验来学习、体验和掌握数学知识的目的,有利于读者在探索和研究的过程中提高创新能力。

本书引入了 MATLAB 的基础知识。通过对 MATLAB 基本命令的介绍和分析,使读者能用 MATLAB 解决一般的数学问题。在此基础上,根据“高等工业学校数值计算方法课程教学基本要求”,针对计算方法课程的教学内容,

为读者提供了以下几个方面辅助性材料:

(1)主要定义和定理:提供了课程的主要定义与定理,强调了基本理论和基础知识,便于学生复习掌握课程的重点与难点.

(2)扩充知识:既有对数学理论知识的补充,又有对 MATLAB 知识的补充,为读者提供了更广阔的思考空间.

(3)问题举例:针对课程内容适当增加了一些解题举例.由于引进了 MATLAB 作为解题工具,所以可以解决一些比传统教材更深奥、更有难度、更具挑战意义的问题.

(4)实验问题:提供了大量新颖的、联系实际的、具有研究性质的实验问题.它们取自于近几年来国内外的优秀教材.相信读者在完成这些实验之后,应用数学的能力以及应用计算机和计算机软件的能力能上一个新台阶.

本书不仅可以作为计算方法课程的辅助教材,也可以作为学习 MATLAB 的基本教材,可供理工科各专业本科生和工程技术人员学习参考.

感谢武汉大学数学与统计学院、教务部、出版社的支持.

编者

2008.12.

目 录

上篇 MATLAB 的基本知识

第 1 章 初识 MATLAB	3
1.1 MATLAB 的工作界面	3
1.2 用 MATLAB 解题的几个实例	4
第 2 章 MATLAB 中的变量、数据的显示格式和特殊字符	10
2.1 变量	10
2.2 数据的显示格式	11
2.3 特殊含意的符号	11
第 3 章 矩阵的操作	13
3.1 矩阵的输入和生成	13
3.2 矩阵结构的变换	16
第 4 章 矩阵的基本运算	21
4.1 矩阵的加、减、乘运算	21
4.2 矩阵的点乘运算	22
4.3 矩阵的除法运算	23
4.4 矩阵的点除运算	31
4.5 矩阵的乘方运算	33
第 5 章 MATLAB 的函数命令	34
5.1 基本函数(Elementary Math Functions)	34
5.2 数据分析(Data Analysis)函数	35

5.3 矩阵函数(Matrix Functions)	36
第6章 MATLAB 的绘图	41
6.1 平面曲线的绘制	41
6.2 空间图形的绘制	44
第7章 M 文件、关系运算、逻辑运算及控制语句	51
7.1 M 文件	51
7.2 关系运算、逻辑运算和控制语句	53

下篇 科学计算实验

第1章 绪论	65
1.1 主要内容	65
1.2 扩充知识	67
1.3 问题举例	67
1.4 实验问题	72
第2章 非线性方程的数值解法	76
2.1 主要定义和定理	77
2.2 扩充知识	81
2.3 问题举例	88
2.4 实验问题	91
第3章 解线性方程组的直接法	95
3.1 主要定义和定理	95
3.2 扩充知识	98
3.3 问题举例	103
3.4 实验问题	105
第4章 解线性方程组的迭代法	111
4.1 主要定义和定理	111
4.2 补充知识	113
4.3 问题举例	114

4.4 实验问题	118
第5章 插值与拟合	122
5.1 主要定义和定理	122
5.2 扩充知识	126
5.3 问题举例	131
5.4 实验问题	134
第6章 数值积分	142
6.1 主要定义和定理	142
6.2 扩充知识	146
6.3 问题举例	150
6.4 实验问题	153
第7章 常微分方程的数值解法	157
7.1 主要定义和定理	158
7.2 扩充知识	160
7.3 问题举例	168
7.4 实验问题	171
附录:实验报告格式	175
参考文献	176

上篇

MATLAB 的基本知识

第 1 章

初识 MATLAB

1.1 MATLAB 的工作界面

双击 MATLAB 的图标,可进入 MATLAB 界面,如图 1-1 所示。

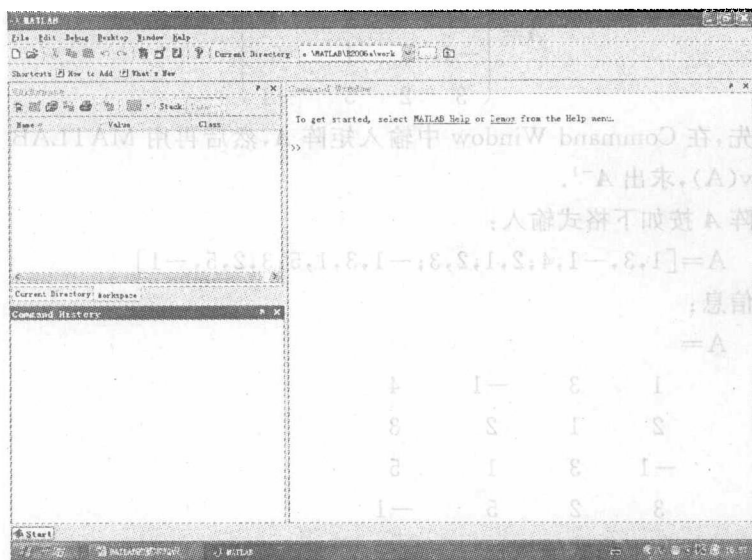


图 1-1 MATLAB 界面

MATLAB 界面中较为重要的信息是菜单栏(包括 File, Edit, Debug, Desktop, Window, Help 六个按钮)、工具栏(包括 11 个图形按钮)、路径管理窗口和三个浮动窗口(分别是 Workspace, Command History 和 Command Window)。初学者一般不要轻易改变这三个窗口。一旦有所改变,可以通过点击 Desktop 下拉式菜单中的 Desktop Layout,选择 Default 来恢复。

Command Window 窗口是输入 MATLAB 命令以及返回计算结果的窗口。因此是进行操作的主要窗口。>>是输入命令提示符。

Command History 窗口显示运行过的 MATLAB 命令。当我们要运行曾经输入过的命令时，只要在 Command History 中找到这一命令并双击之即可。

Workspace 中显示内存中所保留的变量名，以及变量的尺寸、类型等信息。选中某变量并点击右键可进行打开(Open)、保存(Save)、删除(Delete)等操作。

1.2 用 MATLAB 解题的几个实例

下面通过几个具体实例来体验一下 MATLAB 的强大计算功能和数据可视化功能。

【例 1.1】 求方阵 A 的逆，其中

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 & -1 & 4 \\ 2 & 1 & 2 & 3 \\ -1 & 3 & 1 & 5 \\ 3 & 2 & 5 & -1 \end{pmatrix}.$$

首先，在 Command Window 中输入矩阵 A，然后再用 MATLAB 的函数命令 inv(A)，求出 A^{-1} 。

矩阵 A 按如下格式输入：

$$A = [1, 3, -1, 4; 2, 1, 2, 3; -1, 3, 1, 5; 3, 2, 5, -1]$$

得返回信息：

A =

$$\begin{matrix} 1 & 3 & -1 & 4 \\ 2 & 1 & 2 & 3 \\ -1 & 3 & 1 & 5 \\ 3 & 2 & 5 & -1 \end{matrix}$$

求 A^{-1} 按如下格式输入：

$$B = \text{inv}(A)$$

得计算结果：

B =

$$\begin{matrix} 0.2167 & 0.2167 & -0.3000 & 0.0167 \\ 0.2667 & -0.4000 & 0.0667 & 0.2000 \\ -0.2500 & 0.0833 & 0.1667 & 0.0833 \\ -0.0667 & 0.2667 & 0.0667 & -0.1333 \end{matrix}$$

为了检验这个结果是否正确,可以按线性代数逆矩阵的定义计算 BA 和 AB ,看它们是否都为 E .为此可输入命令 $C1=B * A$ 和 $C2=A * B$,在 Command Window 中可以看到 $C1=C2=E$.

【例 1.2】 求例 1.1 中 A 的特征多项式、特征根以及相应的特征向量.

在 Command Window 中输入命令:

```
e=poly(A)
```

可以看到返回的结果为:

```
e=
    1.0000   -2.0000  -56.0000   27.0000  180.0000
```

即 A 的特征多项式为

$$e = x^4 - 2x^3 - 56x^2 + 27x + 180.$$

如果想得到与教科书相同的表达式,则可输入:

```
E=poly2str(poly(A), 'x')
```

注意:Workspace 中变量 e 和 E 的类型,分别是 double 型和 char 型.

继续输入:

```
[r,c]=eig(A)
```

返回结果为:

```
r=
   -0.4363   -0.4418   -0.7871    0.2512
   -0.4952   -0.0317   -0.1763   -0.8292
   -0.5240   -0.5267    0.5867    0.1182
   -0.5383    0.7255    0.0718    0.4852

c=
    8.1390         0         0         0
         0   -6.5447         0         0
         0         0    2.0523         0
         0         0         0   -1.6465
```

表示 A 的特征值 $\lambda_1=8.1390, \lambda_2=-6.5447, \lambda_3=2.0523, \lambda_4=-1.6465$. 矩阵 r 的第 i 列为第 i 个特征值所对应的特征向量.

如果只求特征值,则可输入:

```
C=eig(A)
```

【例 1.3】 在同一坐标系下画出函数 $y_1=x^3-x-1$ 和 $y_2=|x|\sin 5x$ 的图像 ($-1 \leq x \leq 2$).

输入命令:

```
x=-1:0.1:2;Y1=x.^3-x-1;
Y2=abs(x). * sin(5 * x);
plot(x,Y1,'k',x,Y2,'ro')
legend('Y1=x.^3-x-1','Y2=abs(x). * sin(5 * x)'),
xlabel('x'), ylabel('y'),title('Y1,Y2 画在同一坐标系中'),
```

得到的图形如图 1-2.

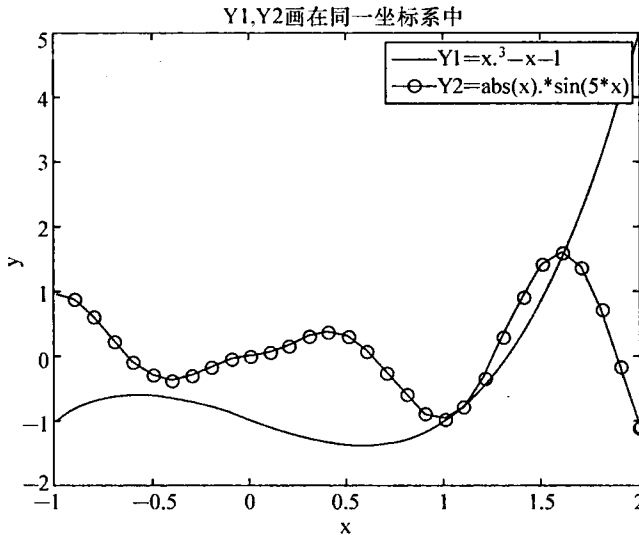


图 1-2

【例 1.4】 表 1-1 中的数据是近两个世纪美国人口的统计数据. 试根据此数据建立一个人口增长模型,并用所得模型预测 2010 年美国的人口.

表 1-1

年	1850	1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920
人口(百万)	23.2	31.4	38.6	50.2	62.9	75.995	91.972	105.711
年	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
人口(百万)	123.203	131.699	150.697	179.329	203.212	226.505	249.633	281.422

解题思路 首先将表格中的数据转变为 MATLAB 能处理的矩阵,然后把人口数量看成年份的函数并绘制出这一函数图形. 根据数学相关理论,用 3,4 阶多项式拟合这一函数. 拟合时不计 2000 年的数据对,而是将这对数据

用来检验并确定模型. 最后用确定的模型预测 2010 年美国人口.

在 Command Window 中输入:

```
t=1850:10:1990;
p=[23.2,31.4,38.6,50.2,62.9,75.995,91.972,105.711,123.203,...
131.699,150.697,179.323,203.212,226.505,249.633];
%读取数据
plot(t,p,'o');axis([1850 2020 0 400]);
title('Population of the U. S. 1850-1990');
ylabel('Millions');
%绘制出数据的函数图形并加以修饰
```

计算机画出的原始数据图如图 1-3.

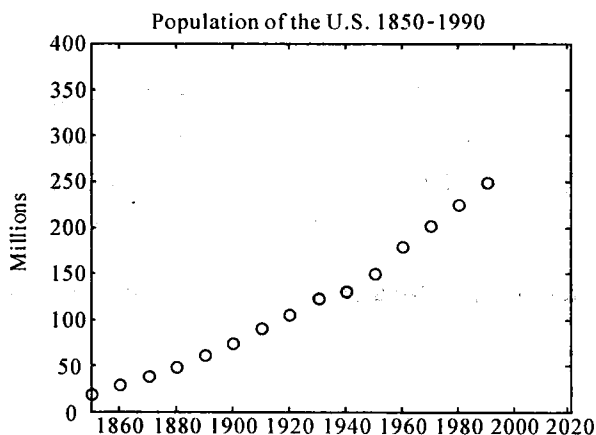


图 1-3

继续键入:

```
f1=polyfit(t,p,3);f2=polyfit(t,p,4);
%对数据 t,p 做 3,4 阶多项式拟合,结果分别为 f1 和 f2
v=[polyval(f1,2000),polyval(f2,2000)];
%计算当 t=2000 时多项式 f1 和 f2 的值
abs(v-251.422)
%计算两个模型与 2000 年人口数的绝对误差.
```

返回结果为:

```
ans=
28.9568 30.8933
```


由计算结果可以确定 3 阶多项式可作为此问题的数学模型,因此可进一步进行预测:

$$V1 = \text{polyval}(f1, 2010)$$

结果为:

$$V1 = 311.6148$$

即由 3 阶多项式拟合可预测到 2010 年美国人口将达到 311.6148 百万人。

说明:在 MATLAB 中,%(百分号)是注释语句的提示符。

【例 1.5】 研究捕食者-被捕食者模型(Lotka-Volterra)的相互作用系数 α 和 β 的影响。

$$\begin{cases} x_1' = x_1 - \alpha x_1 x_2, \\ x_2' = x_2 + \beta x_1 x_2, \\ x_1(0) = x_2(0) = 1, 0 \leq t \leq 10. \end{cases}$$

用 MATLAB 求常微分方程数值解比较复杂。首先需要编写一个描述微分方程(组)的 M 函数文件,然后再调用常微分方程求解器 ode45 求出数值解。

第一步:编写 M 函数文件。在 MATLAB 的工作界面的 File 栏中选中第一项 New-M File,点击后出现一个 M 文件编辑窗口,如图 1-4。

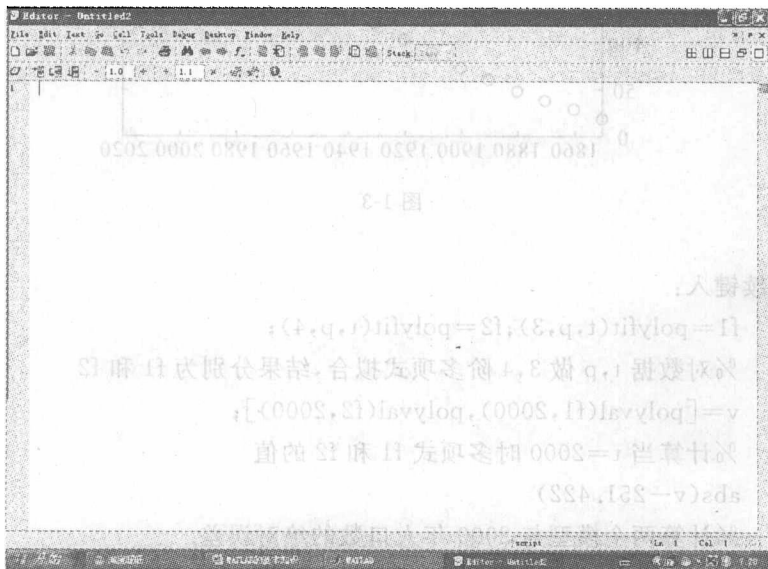


图 1-4 M 文件编辑窗口