

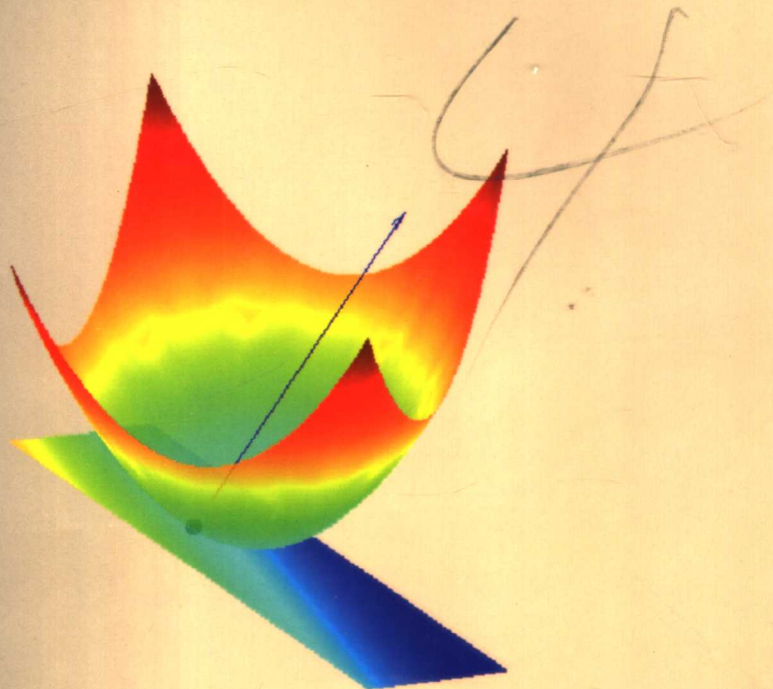


安徽省“211”首批重点课程资助项目
安徽大学“211工程”教材出版基金资助

MATLAB 语言 与数学建模

MATLAB YUYAN YU SHUXUE JIANMO

曾建军 李世航 王永国 叶仁玉 夏慧异 编著



安徽大学出版社

MATLAB 语言与数学建模

曾建军 李世航 王永国 叶仁玉 夏慧异 编著



安徽大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

Matlab 语言与数学建模/曾建军等编. —合肥:安徽大学出版社,2005.6 ISBN 7-81110-024-X

I. M... II. 曾... III. 数学模型—计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 059502 号

MATLAB 语言与数学建模

曾建军 李世航 王永国 叶仁玉 夏慧异 编著

出版发行	安徽大学出版社 (合肥市肥西路3号 邮编 230039)	经 销	新华书店
联系电话	总编室 0551-5107719 发行部 0551-5107784	印 刷	中国科学技术大学印刷厂
电子信箱	ahdxchps@mail.hf.ah.cn	开 本	787×1092 1/16
责任编辑	朱夜明	印 张	23.5
封面设计	孟献辉	字 数	485 千
		版 次	2005 年 10 月第 1 版
		印 次	2005 年 10 月第 1 次印刷

ISBN7-81110-024-X/O·50

定价 29.60 元

如有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

内 容 简 介

本书是在安徽大学暑期数学建模强化班讲授 MATLAB 的基础上编写而成。全书系统地介绍了科学计算软件 MATLAB,从 MATLAB 的基本语言到涉及面很广的各类工具箱,以及如何进行搜索到用 MATLAB 来解决各种计算问题等等。书中的很多例子都是我校近几年参加国际、国内数学建模竞赛获奖的案例并给出了源程序,特别是书中的第十章中的两篇参赛获奖论文,对读者掌握科技论文的结构和撰写方法也很有裨益。

本书既可作为高等院校各学科一、二年级学生基础数学课程之一,也可作为数学建模培训教材及研究生、工程技术人员自学 MATLAB 的入门教材。

前 言

随着我国大力推行素质教育,数学建模作为大学生很好的素质教育形式,已经受到越来越多的大学和大学生们的重视,参赛大学和学生不断增加。由数学建模而产生的新兴数学课程,如《数学建模》、《MATLAB 语言》、《数学实验》和《信息统计分析》等也不断涌现。

数学建模竞赛要求大学生有较全面的素质。比赛规定由三名来自不同系别的大学生组成一队,要求将学习到的数学及各方面知识应用于实际问题中,将问题归结为数学的语言,建立数学模型,编制解题程序用计算机计算,并对模型进行各方面的分析,然后在三天的时间里完成并写出一篇学术论文(国际数学建模竞赛必须用英文撰写)。这种独特的竞赛形式是对大学生的集体协作精神、研讨问题的能力、计算机应用能力等各方面知识、能力及体质的考验。

事实上通过长期的参赛和教学以及各种数学软件比较,我们认为 MATLAB 是非常适合数学建模竞赛解题和进行数学及工程研究的数学软件之一。这是因为 MATLAB 并不是纯粹的解数学解析问题的软件,而是工程计算与实验研究的软件。可以说 MATLAB 是一部包含多学科的算法百科全书,其包含的各种学科和命令十分浩瀚,而 MATLAB 本身所带有的说明资料是十几本书的内容所不能穷尽的,因此,必须着重培养学生搜索知识的能力。

本课程要求读者具有一定数学背景知识和经过 C 或 FORTRAN 等高级语言的编程训练,最好具有较好的英文阅读能力。全书共分十章,前五章为 MATLAB 基本部分或者说是 MATLAB 的核心部分,包括 MATLAB 的基本知识、变量、数组、元胞数组和构件数组、数值计算、符号计算等基础知识,学生学完这部分的内容,就可以独立编写 M 文件去解决一些问题了。而后面的几章着重介绍部分常用的工具箱,例如统计工具箱、系统仿真工具箱、图形处理工具箱,以及其他工具箱知识的搜索方法和学

习方法。这些工具箱是我们在数学建模竞赛中使用频率很高的知识点。在介绍这些工具箱命令的同时将介绍如何应用这些工具箱去解决实际问题,并给出部分历届的数学建模竞赛题的 MATLAB 解决方法。书中每一个工具箱都是由本学科的专家编写而成,内容丰富。比如统计工具箱,其内容包括了数理统计的各分支,很多统计模型都有相应的命令来提高我们的解题效率,因此一个工具箱就是一本教科书。限于篇幅,我们仅仅介绍了这些工具箱的主要内容。在第十章列出几篇参加全国大学生数学建模竞赛和国际数学建模竞赛的一、二等奖的优秀论文。

本书注重培养学生解决实际问题的能力,安排的例题具有较强的针对性、实用性与可读性,力求避免枯燥乏味的编写方式。前三章内容由王永国、李世航编写,统计工具箱由叶仁玉、夏慧异编写,全书由曾建军统编。

本书在编写过程中,得到安徽大学出版资金资助和安徽大学出版社的大力支持,在此一并致谢。由于作者水平有限,书中一定存在不少错误,恳请得到您的批评指正。

我们的 E-Mail 是:jjzeng@ahu.edu.cn

编著者

2005 年 9 月

目 录

前言	1
第 1 章 MATLAB 入门	1
1.1 MATLAB 简介	1
1.1.1 MATLAB 的发展历程	1
1.1.2 MATLAB 的特点	2
1.2 MATLAB 的安装与使用	4
1.2.1 MATLAB7.0 的运行环境与安装	4
1.2.2 MATLAB 的启动与运行界面	7
1.2.3 MATLAB 的帮助系统	9
1.2.4 MATLAB 的搜索路径与扩展	17
1.3 MATLAB 语言的优势	19
1.3.1 简洁的算法描述、独特的数据表示和矩阵运算	19
1.3.2 MATLAB 与 WORD 的无缝连接	21
1.3.3 灵活的图形制作和丰富的表现力	23
1.3.4 一流水平的数值计算库	24
1.3.5 数学建模竞赛的强有力工具	26
1.4 MATLAB——一个研究人口趋势的应用实例	28
习题	32
第 2 章 数据系统和数组	34
2.1 数组知识点搜索	34
2.2 一维数组的创建和操纵	35
2.2.1 一维数组元素的定位与操作	36
2.3 二维数组的定义与元素定位	37
2.3.1 直接定义法	37
2.3.2 将硬盘的数据读入变量	38

2.3.3	用函数生成矩阵	39
2.3.4	MATLAB 自带的函数数据	41
2.4	二维数组的查寻与定位	42
2.4.1	全下标定位	42
2.4.2	单下标定位	43
2.4.3	逻辑定位法	43
2.5	数组运算及其函数	44
2.5.1	数组函数的运算规则	44
2.5.2	数组运算与矩阵运算	45
2.5.3	数组操作函数	46
2.5.4	数组的扩展与增加维数	48
2.5.5	逻辑函数的运用示例	50
2.6	高维数组的定义与定位	51
2.6.1	高维数组的创建	51
2.6.2	高维数组的维数检测函数	53
2.7	MATLAB 中“非数”和“空数组”的概念	55
2.7.1	“非数”NaN	55
2.7.2	“空”数组	56
2.8	关系和逻辑运算	57
2.9	字符串、元胞、构架数组	58
2.9.1	字符串数组	59
2.9.2	元胞数组	61
2.9.3	构架数组	64
2.10	习题	69
第 3 章	数据与函数的作图	70
3.1	作图命令的搜索	70
3.2	图形基本概念和图形设置命令	73
3.2.1	图形基本概念	73
3.2.2	图形各目标的设置命令 set 和信息传递命令 get	74
3.3	数据二维作图和图形编辑	77
3.3.1	二维作图	77
3.3.2	二维图形的编辑与完善	80
3.4	数据三维图形绘制和各种修饰	83
3.4.1	三维图形的绘制	83
3.4.2	图形颜色命令	87

3.4.3	图形的视角选择	89
3.4.4	光线与物体材质的修饰	90
3.4.5	透视效果修饰函数	93
3.4.6	立体图形的切片处理	94
3.5	多子图绘图	98
3.6	特殊三维作图	100
3.6.1	图形的镂空	100
3.6.2	裁切	101
3.7	统计图形的作图	102
3.7.1	方差分析图	102
3.7.2	正态分布检验图、经验分布图	103
3.7.3	直方图、饼形图	104
3.7.4	封闭图形添色	106
3.7.5	散点图	108
3.7.6	四维表现	109
3.8	函数作图	111
3.8.1	单变量函数的二维作图	111
3.8.2	两自变量函数的作图	112
3.9	图形编程自动化	114
3.10	习题	119
第四章	符号推演和运算	121
4.1	有关符号推演的知识点	121
4.2	符号表达式的定义和数据转换	122
4.2.1	定义符号对象的指令	122
4.2.2	符号表达式中自变量的确定	124
4.2.3	符号的数值化和替代	124
4.3	微积分中的符号运算	126
4.3.1	求极限	126
4.3.2	符号求导	127
4.3.3	符号积分	129
4.3.4	泰勒展式	131
4.3.5	符号求和	132
4.4	矩阵代数中的符号计算	133
4.5	符号表达式的操作命令	137
4.5.1	多项式的基本操作	137

4.5.2 求函数的反函数和复合函数	140
4.6 符号微分方程的解	141
4.7 调用 MAPLE 函数	142
4.7.1 简单的调用示例	142
4.7.2 MAPLE 库函数	143
4.8 习题四	147
第五章 数值运算与应用	150
5.1 数值计算知识点搜索	151
5.2 矩阵代数的计算	152
5.2.1 矩阵分析	152
5.2.2 矩阵的分解和三角分解	153
5.2.3 求解线性方程组	154
5.2.4 求矩阵的特征值系统	154
5.3 多项式与插值	156
5.3.1 多项式的创建方法	156
5.3.2 计算多项式的操作函数与例题	157
5.3.3 一个应用例题	158
5.3.4 插值计算	159
5.3.5 一维插值多项式	160
5.3.6 高维插值	162
5.4 微积分	163
5.4.1 函数的数值导数与切平面	163
5.4.2 数值导数、偏导数和梯度	164
5.4.3 数值积分	168
5.4.4 二重积分	170
5.5 求函数的根	170
5.5.1 求多项式和一般一元函数的根	171
5.5.2 求多元非线性方程组的根	173
5.6 求函数极值及最优化问题	175
5.6.1 无约束最优化问题	176
5.6.2 有约束最优化问题	177
5.6.3 非线性有约束最优化问题	181
5.6.4 多目标线性规划	182
5.7 傅立叶分析与快速傅立叶变换	183
5.8 求解常微分方程	186

5.8.1 将给定的微分方程变换为 ode 的可解形式	187
5.9 偏微分方程数值解问题	189
5.9.1 偏微分方程的基本概念和记号	189
5.9.2 利用偏微分方程进行界面 GUI 求解	189
5.9.3 一个典型的偏微分方程求解的例子	191
5.10 习题	196
第六章 编程与 M 文件	198
6.1 编程入门	199
6.1.1 MATLAB 编程实例	199
6.1.2 M 脚本文件和函数文件	202
6.2 循环和转向语句	202
6.2.1 for 循环语句	202
6.2.2 while 循环语句	203
6.2.3 if-else-end 分支结构	203
6.2.4 switch-case 结构	204
6.2.5 try-catch 结构	206
6.3 数据的输入和输出	207
6.3.1 数据和计算结果的输出	207
6.3.2 硬盘文件的输入	210
6.3.3 将流行的关系数据库文件读入 MATLAB	211
6.4 MATLAB 中的规范化编程	215
6.4.1 函数 M 文件的基本格式	215
6.4.2 子函数和私密函数	220
6.5 应用程序的界面设计	222
6.5.1 控件产生函数 uicontrol 制作界面	222
6.6 利用可视化方法进行界面设计	224
6.6.1 进入可视化编程界面	225
6.6.2 两个实例	226
6.7 习题	240
第七章 统计模型工具箱	241
7.1 统计模型知识点搜索	241
7.2 方差分析	243
7.2.1 方差分析基本概念	243

7.2.2	方差分析模型	244
7.2.3	方差分析实例	245
7.3	主成分分析	246
7.3.1	主成分概念与算法	247
7.4	聚类分析	252
7.4.1	聚类分析的直观解释与算法	253
7.4.2	聚类分析的一个实例	255
7.5	回归分析	258
7.5.1	回归的直观解释与基本算法	259
7.5.2	回归诊断	262
7.5.3	回归分析实例	272
7.6	岭回归	273
7.6.1	岭回归的基本思想	273
7.6.2	岭回归的基本算法	274
7.6.3	岭回归实例	275
7.7	稳健回归	276
7.7.1	稳健回归的基本概念	276
7.7.2	稳健估计的算法	277
7.7.3	稳健回归的实例	279
7.8	典型相关分析	281
7.9	习题	284
第八章	仿真工具箱 SIMULINK	288
8.1	仿真模块知识点搜索	288
8.1.1	进入仿真界面	289
8.1.2	一个简单实例	289
8.2	Simulink 模块介绍	291
8.3	Simulink 工作原理及详细案例	295
8.3.1	动态系统的描述	295
8.3.2	仿真模型的工作原理	295
8.3.3	仿真步骤	296
8.4	模型编辑	300
8.4.1	图标编辑	300
8.4.2	模块的连接	300
8.4.3	对模块的参数设置	301
8.5	子系统	302

8.5.1 建立一个新的子系统	303
8.5.2 对已有模型进行“截取”产生子模型	303
8.5.3 建立一个完整子系统的例子	305
8.6 子系统分类	307
8.6.1 使能子系统	307
8.6.2 触发子系统	308
8.7 Simulink 实例	310
8.8 习题	312
第九章 图像处理工具箱	313
9.1 图像处理模块知识点搜索	313
9.2 Image 图像的基本概念	314
9.2.1 索引图像	314
9.2.2 强度图像	315
9.2.3 真彩图像 RGB	316
9.3 图像的读、写、显示	317
9.3.1 图像文件的读入	317
9.3.2 图像的输出	318
9.3.3 获取图形信息的命令	319
9.3.4 图像的显示	321
9.4 图像的几何加工处理	321
9.4.1 图像的缩放操作	322
9.4.2 图像的旋转	323
9.4.3 图像的剪切	323
9.5 图像的线性过滤操作	324
9.5.1 对合滤波	324
9.5.2 FIR 有限脉冲过滤器	326
9.6 函数变换	328
9.6.1 傅立叶变换	328
9.6.2 离散余弦变换	329
9.7 图像的加工和分析	330
9.7.1 求图像的边界	330
9.7.2 交互式图像分析命令 pixval 和 impixel	332
9.7.3 噪声过滤	333
9.8 习题	335

第十章 部分优秀竞赛题示例.....	337
10.1 2001 年全国竞赛一等奖论文	337
10.2 2005 年国际 MCM—B 题	348
索引.....	360

第 1 章 MATLAB 入门

MATLAB 是目前计算领域里计算效率很高、学科覆盖面非常广泛的数学软件之一,该软件特别适用于解决复杂的实际问题,编程方便而快速,相对于如 FORTRAN、C 等高级语言复杂而烦琐的编程细节, MATLAB 解决问题的方法给人一种欢畅淋漓的感受,特别是它的图形功能是其语言所不及的。

本章主要向大家介绍 MATLAB 的发展历程、特点、安装及使用 MATLAB 的基本方法,以及如何获得 MATLAB 的在线帮助。

1.1 MATLAB 简介

1.1.1 MATLAB 的发展历程

MATLAB 是由 MathWorks 公司于 1984 年推出的数学软件, MATLAB 源于 MATrix LABoratory 一词,原意为矩阵运算命令。MATLAB 的创始人是总裁 Jack Little 和 CEO 兼首席科学家 Cleve Moler 教授。Mathworks 公司发展和 Cleve Moler 教授的工作经历与知识结构分不开的,他在密西根大学、斯坦福大学和新墨西哥大学先后工作了 20 多年。在 1989 年全职担任 Mathworks 软件公司主席前还在两家计算机硬件公司工作过,并且是著名的用 FORTRAN 编制的科学计算库 LINPACK 和 EISPACK 的开发人之一。

MATLAB 以其强大的功能和良好的开放性、面向问题性、易学易用性等优点,越来越被广大科研人员和工程计算人员以及高校学生和教师所重视。如今在诸如信号处理、神经网络、系统识别、图形处理、光谱分析、频率识别、模型预测、金融管理、小波分析、地图工具、交流通信、概率统计、工程规划、非线性控制、偏微分方程求解等领域应用非常广泛。

计算机科技计算语言经历了由复杂到简单,由面向过程到面向问题、对象。这一过程从上世纪 50 年代的经典科技计算软件 FORTRAN 不断完善、进化到目前的 MATLAB、Mathematica 等软件。关于科技软件的详细发展历程我们在以下网址可以看 Cleve Moler 教授的讲演:<http://www.mathworks.com/company/aboutus/>

founders/clevemoler.html。现在最新版本 MATLAB 为 2004 年 3 月推出的 MATLAB 7.0(R14),其界面与老版本有很大的不同,特别是增加了图形编程的自动化,可以在屏幕上用鼠标和菜单进行直接的图形修饰,然后保存为一个函数文件,程序也就自动编制好了,彻底改变了图形编程的烦琐修饰,把我们带入了一个轻松愉悦的图形编辑界面。本书以 MATLAB 7.0 为环境,介绍 MATLAB 的基础内容及其在科学计算领域的应用。

1.1.2 MATLAB 的特点

MATLAB 7.0 是目前最新、使用方便、更贴近用户的版本。与 MATLAB 以前的版本相比较,MATLAB 7.0 在内容上有了很大改进和增补,整个系统的界面和结构也有很大的改进。综观各种版本,其特点主要有:

1) 图形界面的集成开发环境,强大的帮助功能

MATLAB7.0 的图形用户界面(GUI)的设计更为灵活,对 GUI 编辑工具也作了相应的改进。MATLAB7.0 改变了原有的系统结构,将各种对 MATLAB 应用提供支持的系统集成为全新 MATLAB 开发环境。其中最为明显的是集各种对 MATLAB 文件、数据变量进行操作的工具以及 MATLAB 自身的辅助工具为一体的 MATLAB 桌面系统,该桌面系统是用户对 MATLAB 操作的画板。从开始应用 MATLAB 到退出 MATLAB,几乎所有具体的操作都将在桌面系统内完成。

在开发环境中,MATLAB7.0 也提供了更为强大的帮助功能,几乎所有的帮助都能以在线帮助的形式出现,同时也提供了一种全新的帮助浏览器,更加方便用户获得所需要的信息。当在网际间使用 MATLAB 时,可以通过 MATLAB7.0 提供的工具箱路径缓存功能以加快 MATLAB 的启动速度。

2) 推出了最新 SIMULINK4.0

这是一个交互式操作的动态系统建模、仿真、分析集成环境。它的出现使人们有可能考虑许多以前不得不做简化假设的非线性因素、随机因素,从而大大提高了人们对非线性、随机动态系统的认知能力。该工具箱特别适合数学建模竞赛之前对问题的探讨或解决问题。在这里你不需要编程序,只需在 SIMULINK 界面上将研究系统的各个环节“拉”到图形中,并用箭头将这些环节有机地连接起来,然后命令你模仿出来的系统运行即可得到各种运行的结果,发现问题可以非常容易地进行修改再运行。

3) 开发了与外部进行直接数据交换的组件

MATLAB 具有与各种数据库、数据仓库交换信息的工具箱,因而可以非常方便地“吃进”诸如 Excel、Access、FoxPro 和文本文件等各类数据,而这类数据是数学建模中网站上经常提供的数据类型。从而打通了 MATLAB 进行实时数据分析、处理和硬件开发的道路。

4) 具有符号计算功能

自 MathWorks 公司从加拿大滑铁卢大学购得 Maple 的使用权,以 Maple 为“引擎”开发了符号推演工具箱 Symbolic Math Toolbox, MATLAB 就具备了高效的数值计算和符号推演的双重功能。

5) 提供了 Notebook

MathWorks 公司瞄准应用范围最广的 Word,实现了 MATLAB 与 Word 的无缝连接,从而为专业科技工作者创造了融科学计算、图形可视、文字处理于一体的高水准科技文章的编辑和计算环境。

6) 丰富的应用程序接口

作为一个优秀的数学处理工具软件,仅在自身内部进行程序设计是不够的,更重要的是应当有与其他的高级程序设计语言的接口。事实上, MATLAB 不仅包括与 C 语言或 Fortran 语言的交互操作,而且还增加了与 Java 的接口,同时 MATLAB 还提供了使用 ActivateX 和 DDE 的操作以及与硬件的接口。

7) 强化了 MATLAB 程序编译成独立的可执行文件的功能

MATLAB7.0 完善了源程序的编译功能,使我们能够开发出独立于 MATLAB 环境的可执行文件,大大提高了使用者的编程效率,但由于 MATLAB 源程序本质上是解释性语言,其运行速度不如 C、FORTRAN 编译的可执行文件快。

在国际学术界, MATLAB 已经被确认为准确、可靠的科学计算标准软件。在许多国际一流学术刊物上,都可以看到 MATLAB 的应用。在设计研究单位和工业部门, MATLAB 被认作进行高效研究、开发的首选软件工具。如美国 National Instruments 公司信号测量、分析软件 LabVIEW、Cadence 公司信号和通信分析设计软件 SPW 等,或者直接建筑在 MATLAB 之上,或者以 MATLAB 为主要支撑。又如 HP 公司的 VXI 硬件, TM 公司的 DSP, Gage 公司的各种硬卡、仪器等都接受 MATLAB 的支持。

在欧美大学里,诸如矩阵代数、数值分析、数理统计、自动控制、数字信号处理、模拟与数字通信、时间序列分析、动态系统仿真等课程的教科书,都有 MATLAB 知识。如最近在国内出版的美国数值分析教科书《Numerical Methods Using MATLAB》就是典型的例子,这几乎成了新版理科教科书的标志。在欧美的大学, MATLAB 是攻读学位的大学生、硕士生、博士生必须掌握的基本工具。我国如上海交通大学新编的工科《高等数学》、《线性代数》、《数理统计》,也都以 MATLAB 和 MATHEMATICA 软件为新的教学工具。