



普通高等学校“十二五”规划教材

基于数学建模的 数学实验

中南大学 易昆南 主编



附书中MATLAB案例

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等学校“十二五”规划教材

基于数学建模的数学实验

中南大学 易昆南 主编

内 容 简 介

本书从数学实验的角度出发,通过对大量数学建模案例的剖析,让学生了解数学建模需要动手做什么,让学生亲自体验数学实验和数学建模解决实际问题的无限乐趣。本书分为软件篇、基础篇、趣味篇和提高篇,主要内容包括:MATLAB 软件平台的介绍;以高等数学、线性代数、概率论与数理统计为理论的基础实验;以提高学习兴趣入手的音乐合成、动画演示和小波应用;以数学建模为目标的智能算法及应用。

本书适合作为普通高等学校理工科各专业本科生、研究生的数学实验课教材或数学建模培训参考书,也可作为广大工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

基于数学建模的数学实验/易昆南主编. —北京:
中国铁道出版社,2014. 8
普通高等学校“十二五”规划教材
ISBN 978-7-113-18520-6

I. ①基… II. ①易… III. ①数学模型—高等学校—教材 ②高等数学—实验—高等学校—教材
IV. ① 0141.4 ② 013-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 155428 号

书 名: 基于数学建模的数学实验
作 者: 易昆南 主编

策 划: 李小军 读者热线: 400-668-0820
责任编辑: 李小军
编辑助理: 曾露平
封面设计: 付 巍
封面制作: 白 雪
责任校对: 汤淑梅
责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)
网 址: <http://www.51eds.com>
印 刷: 北京华正印刷有限公司
版 次: 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷
开 本: 787mm×1 092mm 1/16 印张: 20 彩插: 2 字数: 459 千
书 号: ISBN 978-7-113-18520-6
定 价: 45.00 元(附赠光盘)

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010)63550836
打击盗版举报电话:(010)63549504

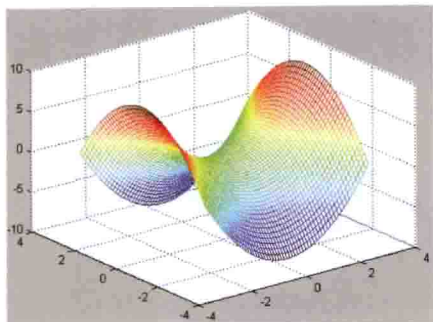


图 2-3-2 马鞍面

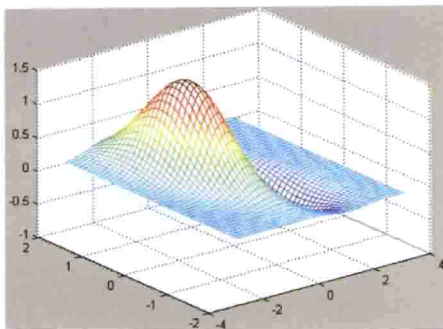


图 2-3-3

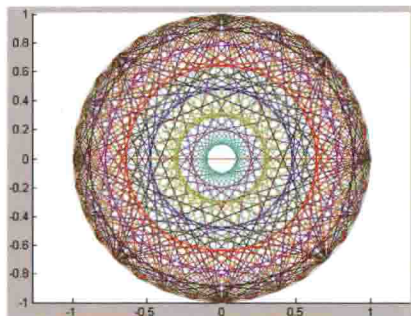


图 2-5-2

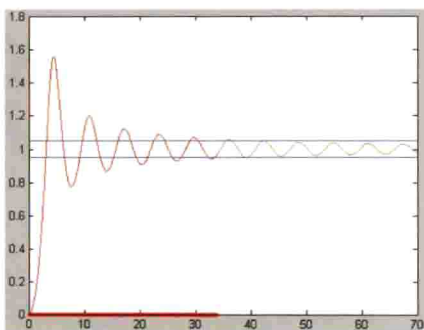


图 2-5-3

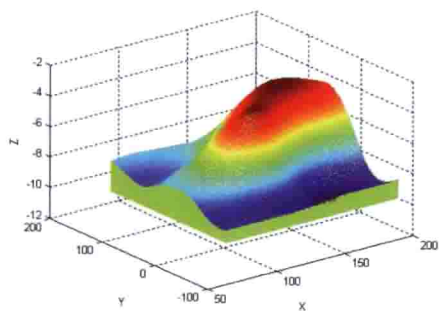


图 3-1-7 海底地貌图

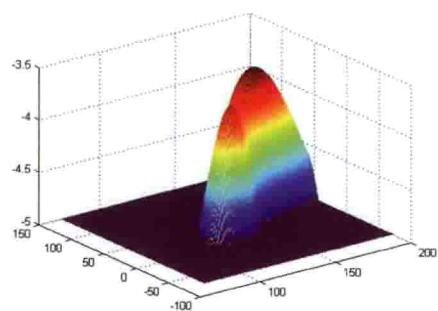


图 3-1-9 水深低于 5 英尺的部分海底曲面图

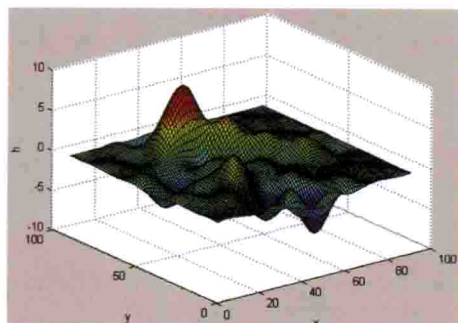


图 3-1-10 地貌形态图

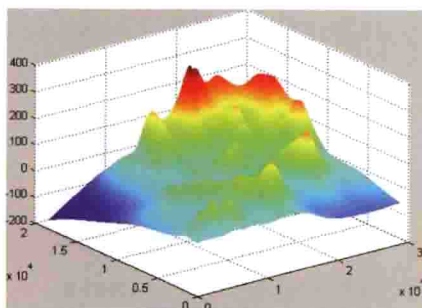
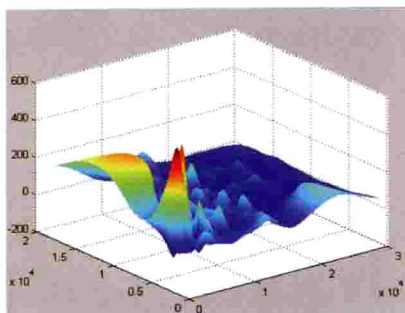
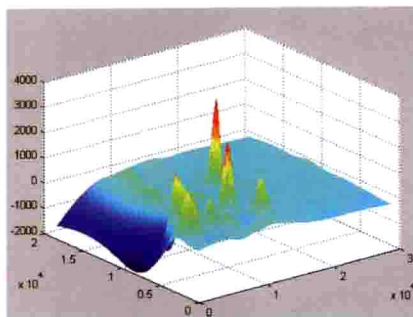


图 3-2-1 重金属污染区域地形图



(g) Pb污染



(h) Zn污染

图 3-2-2(g)、(h)

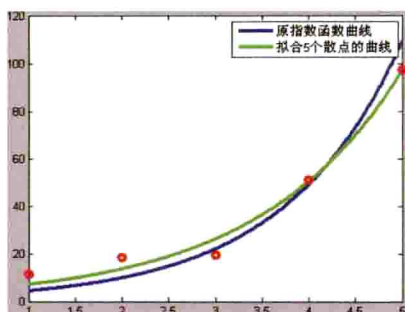


图 3-3-4 非线性曲线拟合图

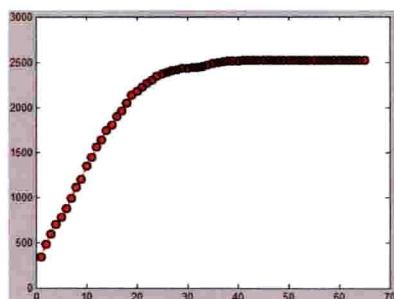


图 3-5-1 累计病人人数

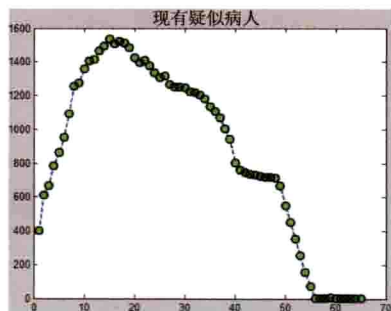


图 3-5-2

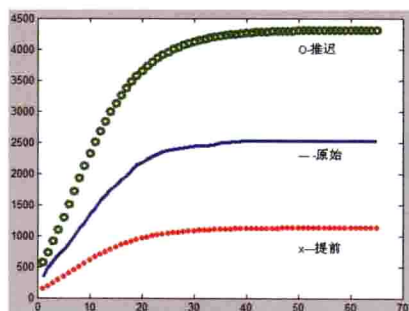


图 3-5-7 推迟或提前 5 天采取措施
累计病人曲线图

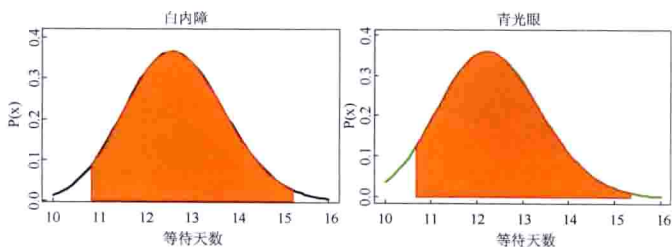


图 6-4-3 病人入院等待时间分布的拟合图(90% 置信区间)

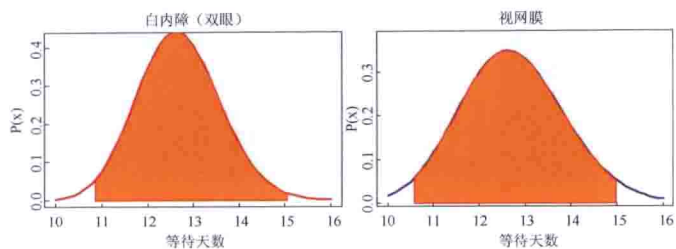


图 6-4-3 病人入院等待时间分布的拟合图(90% 置信区间)(续)

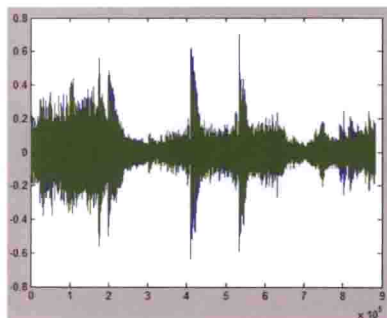


图 9-1-1

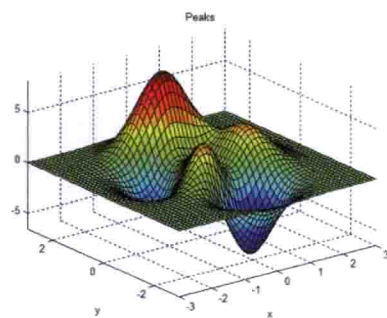


图 9-3-4 spinmap 产生波浪效果



图 9-2-7 水印图像



图 9-3-11 图像的绿色通道逐渐减少



图 9-3-12 渐变效果



图 9-3-13 图像逐渐变暗



图 9-3-14 图像膨胀与腐蚀



图 10-1-2 Koch 曲线

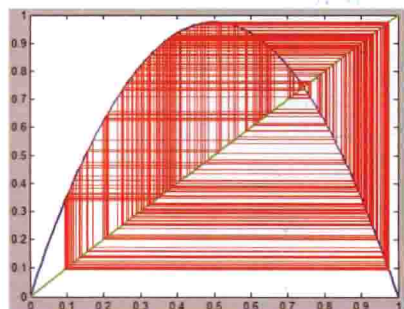


图 10-2-3 $a=3.9$ 时逻辑斯蒂方程的蛛网图

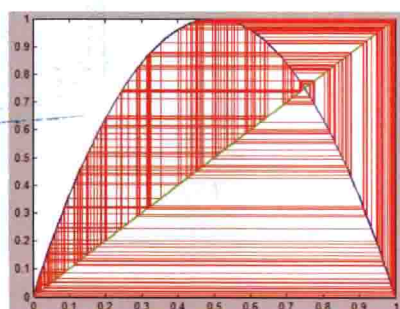


图 10-2-4 $a=4$ 时逻辑斯蒂方程的蛛网图

前 言

计算机的广泛应用和迅速普及,促成了数学向各个领域渗透,也促成了实验数学的诞生。布尔巴基(Bourbaki)学派的核心人物韦依(A. Weil)说:“数学家可以分为理论数学家和实验数学家,费马(Fermat)是理论数学家,而欧拉(Euler)则是实验数学家。”欧拉自己也曾说:“数学这门科学,需要观察,还需要实验。”高斯(Gauss)也曾提到过,他的许多定理都是靠实验、归纳法发现的,证明只是补充的手续。翻开数学史不难看出,许许多多数学结果的发现与获得都受益于数学实验方法。例如,著名数学家 Wolf, Smith 等均利用数学实验计算过圆周率 π 值。20 世纪以来,由于科学的进步,实验手段有了很大的改变,其中之一便是计算机模拟。曼德勃劳依特(B. Mandelbrot)创立了分形理论,用计算机画出了许多精美绝伦的图案。依赖于计算机的实验,他最终发现许多数学性质,理解了某种数学构造。“四色定理”的计算机证明,以长达 1200 小时机器运行,实现了人类几百年无法完成的事。可以肯定地说,数学实验是一种科研方法,应用这种方法有利于人类提出猜想,验证定理,纠正谬误;数学实验更是一种技术,这种技术适用于解决大量实际问题,从工程问题到理论问题,从社会科学到生命科学……

与数学实验联系最为紧密的是数学建模竞赛。全国大学生数学建模竞赛开展已有 23 年了,该竞赛也是全国大学生科技竞赛的最重要、也是影响最大的赛事。编写本书的初衷,一是为方便学生使用 MATLAB 作为参赛的软件平台;二是为大学生在今后的科研、科技论文或毕业论文写作中提高数学素质。多年参加竞赛指导和 MATLAB 数学实验课程的教学实践使我常常想,“MATLAB 与数学实验”课程教学应与“数学建模”课程教学以及数学建模培训结合起来,并且要做到大学四年不断线(遇到实际问题离不开数学建模和使用 MATLAB 做实验。解决了问题,本质上就是提高了数学素质)。数学实验的特点是开放性、探究性和实践性,它将数学知识、数学建模与计算机应用三者融为一体。数学实验这种实践性也更使人容易接受。本书从数学实验的角度出发,学习数学建模,通过大量数学建模案例的剖析,让学生了解数学建模需要动手做什么,让学生亲自体验数学建模的感受,体会数学实验和数学建模解决实际问题的无限乐趣。

本书内容共分四篇:第一篇是软件篇,含第 1、2 章,挑选了实验所需的部分内容,介绍 MATLAB 语言的基础知识, MATLAB 语言极其丰富,考虑到 MATLAB 作图在实验中的重要性,在介绍 MATLAB 语言的必备基础知识后,立即展开 MATLAB 作图与作图相关的插值与拟合。第一篇大约需 12~16 学时完成。第二篇是基础篇,含第 3~8 章,以 CUMCM、MCM 问题为索引,利用所学的数学(主要指高等数学、线性代数、概率论与数理统计)知识,做数学建模的基础实验,使数学的理论、数学建模、计算技术三者能有机地融为一体。第二篇大约需 16 学时完成。第三篇是趣味篇,含第 9、10 章,内容涉及艺术、生活、科技等多个学科的建模实验问题,题材广泛,具有一定的实用价值和趣味性。趣味是最好的老师,特别是音乐

的合成、MATLAB 的动画、小波分析应用的图像处理等实验,独具特色,融入了作者多年教学经验。该篇大约需 16 学时完成。第四篇是提高篇,含第 11 章,介绍了数学建模问题中的常见算法,为数学建模竞赛造就编程高手。本书每一章,都是基于数学建模的理念,以问题为载体,按照建立模型、MATLAB 编程、结果分析等逐步展开,每章后又附有相应的练习。本书实验安排层次分明,以提高数学建模与动手能力为目的,通俗易懂,易教易学。

本书由中南大学易昆南担任主编,中南大学秦宣云、湖南大学马传秀、长沙理工大学仝青山、中南林业科技大学刘勉声和湖南农业大学王志明担任副主编。

本书受 2012 年湖南省科技厅软科学项目“数学建模在决策科学化中的应用”(项目号 2012ZK3100) 与 2012 年度中南大学精品教材建设项目的资助,在此表示感谢。此外,我的研究生冒霜霜、焦肖红和本科生林文强、陈褒扬、梅菁菁等,还有家人也为本书做了许多工作,在此一并表示感谢。

易昆南于长沙

2014 年 4 月

目 录

软件篇

第1章 MATLAB 软件基础	1
§ 1.1 MATLAB 发展进程与特点	1
1.1.1 MATLAB 发展史	1
1.1.2 MATLAB 的特点	1
§ 1.2 MATLAB 9 工作环境简介	2
1.2.1 MATLAB 9 的启动	2
1.2.2 MATLAB 9 目录结构	2
1.2.3 如何添加进 MATLAB 目录	3
§ 1.3 MATLAB 矩阵及数组	3
1.3.1 问题的提出	3
1.3.2 矩阵的输入	3
1.3.3 矩阵的裁剪与拼接	5
1.3.4 矩阵的运算	6
1.3.5 数组的运算	7
1.3.6 矩阵的翻转	8
1.3.7 矩阵的秩	8
1.3.8 方阵的行列式	8
1.3.9 逆矩阵	9
§ 1.4 数据类型与运算符	11
1.4.1 常数和变量	11
1.4.2 关键字	13
1.4.3 运算符	14
1.4.4 运算符优先级	16
1.4.5 字符串函数	16
§ 1.5 MATLAB 编程	18
1.5.1 程序结构	18
1.5.2 M 文件的分类	22
1.5.3 函数程序及调用与参数传递	22
1.5.4 M 函数的类型	25
1.5.5 程序流的控制	26
1.5.6 数据的导入与导出	29

§ 1.6 单元数组与结构变量	30
1.6.1 数组的生成	30
1.6.2 结构型变量的生成	31
1.6.3 结构型变量的操作	33
习题 1	34
第2章 MATLAB 绘图与动画	38
§ 2.1 问题的提出	38
2.1.1 稀奇古怪的无理数 e	38
2.1.2 利率问题	38
§ 2.2 二维作图	41
2.2.1 数值图	41
2.2.2 带有选项的绘图与标注	42
2.2.3 特殊图形绘制函数	43
2.2.4 函数图形绘制	44
§ 2.3 三维图形的绘制	44
2.3.1 三维曲线图形的绘制	44
2.3.2 标准三维曲面绘制	44
2.3.3 三维曲面的绘制	44
§ 2.4 CUMCM 2002 - A 案例(车灯光源投影区域的绘制)	45
2.4.1 问题的提出	45
2.4.2 问题分析	45
2.4.3 建模及求解	46
§ 2.5 动画的绘制	47
2.5.1 程序动画	47
2.5.2 电影动画	49
习题 2	52

基础篇

第3章 插值拟合	53
§ 3.1 插值	53
3.1.1 问题的提出	53
3.1.2 一维插值	53

3.1.3 二维插值	56	4.4.2 小椭圆储油罐无变位时的模型	107
3.1.4 利用 MATLAB 软件进行插值计算	58	4.4.3 小椭圆储油罐纵向倾斜变位时的模型(综合各区域的罐容表标定的数学模型)	108
§ 3.2 CUMCM 2011 - A 案例(城市表层土壤重金属污染)	64	4.4.4 罐体变位后对罐容表的影响	109
3.2.1 问题的提出	64	习题 4	111
3.2.2 数据预处理	65	第 5 章 线性代数的 MATLAB 实现	114
3.2.3 详细程序设计	65	§ 5.1 行星绕太阳运行的轨迹	114
3.2.4 执行结果	66	5.1.1 问题的提出	114
§ 3.3 拟合	67	5.1.2 模型的分析	114
3.3.1 问题的提出	67	5.1.3 模型的假设与建立	115
3.3.2 曲线拟合	67	§ 5.2 解线性方程组	115
3.3.3 Fourier 级数和周期函数的经验公式	71	5.2.1 齐次线性方程组的求解	115
§ 3.4 黄河小浪底调水调沙问题	73	5.2.2 恰定方程组的求解	117
3.4.1 问题的提出	73	5.2.3 超定方程组的求解	118
3.4.2 模型的建立与求解	73	5.2.4 欠定方程组的求解	119
§ 3.5 CUMCM 2003 - A 案例(SARS 的传播)	76	5.2.5 求线性方程组的非负最小二乘解	120
3.5.1 问题的提出	76	5.2.6 求非齐次线性方程组的通解	121
3.5.2 模型的建立与分析	78	§ 5.3 矩阵特征值与特征向量	123
3.5.3 编程实现	80	5.3.1 求矩阵的特征值与特征向量	124
3.5.4 模型求解	81	5.3.2 矩阵的对角化	124
习题 3	84	5.3.3 小行星轨道方程问题的模型求解	126
第 4 章 建模中的符号微积分计算	86	§ 5.4 线性代数数值方法	129
§ 4.1 CUMCM 1997 - A 案例(零件的参数设计)	86	§ 5.5 线性代数在数学建模中的应用	135
4.1.1 问题的提出	86	习题 5	141
4.1.2 求解案例	86	第 6 章 概率论和数理统计的计算	143
4.1.3 案例评注	88	§ 6.1 随机变量的分布及其数字特征	143
4.1.4 结论	88	6.1.1 离散型随机变量的分布及其数字特征	143
§ 4.2 创建符号变量	88	6.1.2 连续型随机变量的分布及其数字特征	144
4.2.1 符号变量与符号表达式	88	6.1.3 统计常用分布	145
4.2.2 符号函数的逆运算	90		
4.2.3 数值、符号、字符变量的相互转换	91		
4.2.4 化简、提取与替换	92		
§ 4.3 微积分实验	93		
§ 4.4 CUMCM2010 - A 案例(储油罐的变位识别与罐容表标定)	106		
4.4.1 问题的提出	106		

§ 6.2 MCM 2002 - B 案例(航空公司的预订票策略)	146	7.4.3 MATLAB 模拟程序与结果	195
6.2.1 问题的提出	146	7.4.4 结果分析	198
6.2.2 模型建立	146	§ 7.5 Galton 钉板试验	198
6.2.3 模型求解	147	§ 7.6 连续系统的模拟	202
§ 6.3 数理统计的计算	149	习题 7	204
6.3.1 样本的数字特征	149	第 8 章 建模中的级数与微分方程	206
6.3.2 参数估计	149	§ 8.1 求级数和	206
6.3.3 总体参数的假设检验	151	§ 8.2 函数的 Taylor 级数展开	213
6.3.4 分布检验	152	§ 8.3 周期函数的 Fourier 级数展开	216
6.3.5 方差分析	155	§ 8.4 常微分方程	217
6.3.6 回归分析	156	§ 8.5 CUMCM 1996 - A 案例(最优捕鱼策略)	220
§ 6.4 CUMCM2009 - B 案例(眼科病床的合理安排)	160	8.5.1 问题的提出	220
6.4.1 问题的提出	160	8.5.2 案例求解	220
6.4.2 数据分析——病人到达时间和服务时间的概率分布	163	§ 8.6 最速下降路线问题	224
6.4.3 模型建立与求解	169	8.6.1 问题的提出	224
§ 6.5 MCM 1988 案例(A 蠼螋的分类)	171	8.6.2 问题分析	224
6.5.1 问题的提出	171	8.6.3 建立数学模型	225
6.5.2 模型建立	172	8.6.4 模型求解	226
习题 6	176	习题 8	228
第 7 章 计算机模拟	178	趣味篇	
§ 7.1 古典概型及其模拟	178	第 9 章 音乐合成、小波应用与动画	230
7.1.1 掷硬币、掷骰子模拟	178	§ 9.1 基于傅里叶变换的音乐合成	230
7.1.2 统计概率及其模拟	179	9.1.1 音乐与数学有关吗	230
7.1.3 条件概率、全概率公式与伯努利概型	179	9.1.2 数字音频产生原理	230
§ 7.2 系统运行的随机模拟	182	9.1.3 MATLAB 音频处理	231
§ 7.3 CUMCM 1994 - B 案例(锁具装箱问题)	190	9.1.4 乐音的频率比	233
7.3.1 问题的提出	190	9.1.5 给乐音加包络	237
7.3.2 问题分析	191	9.1.6 声音谐波决定音色	238
7.3.3 求解方案	191	9.1.7 弦乐四重奏卡农器乐曲的制作	243
7.3.4 计算机程序及结果	191	§ 9.2 小波分析在音乐合成和数字水印中的应用	243
§ 7.4 MCM 1993 - B 案例(倒煤台的操作方案)	194	9.2.1 小波分析基本原理	243
7.4.1 问题的提出	194	9.2.2 小波分析工具箱函数指令	244
7.4.2 问题分析与模型建立	194		

提高篇

9.2.3 小波分析在乐音识别中的应用	248	第 11 章 建模中的智能算法	281
9.2.4 小波分析在数字水印中的应用	249	§ 11.1 MATLAB 优化工具箱使用	281
§ 9.3 再论 MATLAB 的动画实现	252	11.1.1 问题的提出 (CUMCM 1998 - A 案例)	281
9.3.1 以质点运动轨迹的方式呈现动画	252	11.1.2 建立数学模型	281
9.3.2 以旋转颜色映像的方式呈现动画	254	11.1.3 模型转化	282
9.3.3 MATLAB 动画与 AVI 文件	255	11.1.4 MATLAB 优化工具箱简介	283
9.3.4 旋转动画	256	11.1.5 CUMCM 1998 - A 求解	284
9.3.5 实时动画	257	11.1.6 MATLAB 优化工具箱中的无约束极值	286
9.3.6 基于图像的动画制作	259	11.1.7 MATLAB 优化工具箱——非线性规划	287
9.3.7 基于图形颜色与亮度的动画制作	260	11.1.8 CUMCM 1997、1995 - A 求解	289
9.3.8 图像处理与分析用于动画制作	262	§ 11.2 模拟退火法	296
习题 9	263	11.2.1 组合极小化:旅行推销员问题	297
第 10 章 迭代、分型与混沌	264	11.2.2 MATLAB 求解	298
§ 10.1 迭代与分型	264	§ 11.3 罚函数算法	303
10.1.1 挑战欧几里得	264	11.3.1 外罚函数法	303
10.1.2 分形	265	11.3.2 内罚函数法	305
§ 10.2 迭代与混沌	275	§ 11.4 遗传算法求非线性规划问题	306
10.2.1 问题的提出	275	11.4.1 遗传算法概述	306
10.2.2 不动点与周期点	275	11.4.2 遗传算法的操作步骤	307
10.2.3 差分形式的阻滞增长模型	275	11.4.3 遗传算法特点	308
10.2.4 费根鲍姆 (Feigenbaum) 图的 MATLAB 程序	276	11.4.4 MATLAB 工具箱中的遗传算法函数介绍	308
10.2.5 蛛网迭代	277	习题 11	310
习题 10	279	参考文献	311

软 件 篇

第 1 章 MATLAB 软件基础

§ 1.1 MATLAB 发展进程与特点

1.1.1 MATLAB 发展史

MATLAB 取自矩阵(Matrix)和实验室(Laboratory)两个英文单词的前 3 个字母,意即“矩阵实验室”。与 Mathematica、Maple 并称为三大数学软件。MATLAB 以矩阵作为基本数据单元,提供了数据分析、算法实现与应用开发的交互式开发环境。

MATLAB 诞生于 20 世纪 70 年代中期,美国新墨西哥大学计算机系主任 Cleve Moler 博士及其同事,在其开发的 LINPACK 和 EISPACK 的 Fortran 软件包的基础上,编写了相应的接口程序,并将其命名为 MATLAB。1984 年, Moler 与 Jack Little 等一起合作创办了 MathWorks 公司,并着力将软件推向市场,之后 MathWorks 不断致力于版本更新和软件功能的增强。历经多年发展,目前, MATLAB 已成为国际控制界的标准计算软件。

MATLAB 分为总包和若干个工具箱,其独具特色的、以矩阵作为基本数据单元的数值计算不仅可以方便地实现数值分析、优化分析、数据处理、自动控制、信号处理等领域的数学计算(包括符号计算),还可以快捷实现关于可视化计算、图形绘制、场景创建和渲染、图像处理、虚拟现实和地图制作等分析处理工作, MATLAB 现已经逐步发展成为支持各种学科、多种工作平台的大型软件。在欧美许多高校, MATLAB 已成为线性代数、自动控制理论、概率论及数理统计、数字信号处理、时间序列分析、动态系统仿真等课程的基本教学工具,也是攻读学位的本科生、研究生必须掌握的基本技能。在国内,这一软件也正逐步成为一些大学理工科专业学生的重要选修课。

1.1.2 MATLAB 的特点

1. 计算功能强大

MATLAB 具有强大的矩阵数值计算功能,可以方便地处理许多特殊矩阵,利用符号和函数可以对矩阵进行线性代数运算(加减乘除、转置和求逆等),适用于大型数值算法的编程实现。工具箱中有许多高性能的数值计算方法,可以解决实际应用中的许多数学问题,尤其是与矩阵

计算有关的问题。

2. 绘图非常方便

MATLAB 具有强大的绘图功能,它有很多绘图函数命令,可以绘制一般的二维或三维图形(如线形图、条形图、饼图、散点图、直方图等),也可以绘制工程特性较强的特殊图形(如玫瑰花图、极坐标图等),通过其可视化功能还可以绘制一些用于数据分析的图形(如矢量图、等值线图、曲面图、切片图等),并且可以生成快照并进行动画制作。使用 MATLAB 句柄图形对象并结合绘图函数可以绘制自己最为满意的图形,使用时只需调用不同的绘图函数,使得作图简单易行。

3. 扩充能力强大

MATLAB 通常包含系统本身定义的大量库函数,用户也可以定义自己的函数,以组成自己的工具箱,这样不仅进行数学运算时可以直接调用,而且库函数名称与用户文件保持形式一致,用户可以根据需要方便地建立或扩充库函数,方便地解决本领域内的计算问题。MATLAB 提供了与 Fortran、C\C++ 语言及一些应用程序(如:Excel)的接口,利用 MATLAB 编译器和运行服务器还可以生成独立的可执行程序,使用户可以混合编程,也可以隐藏算法并避免依赖 MATLAB 平台环境。

4. 帮助功能完整

MATLAB 采用基于 HTML 的自述文件,自述文件中不仅介绍了 MATLAB 语言,还对各种算法的理论基础与算法实现进行了比较详细的说明,并给出了相应的常规实例,帮助功能比较完整,用户使用较为方便。

§ 1.2 MATLAB 9 工作环境简介

1.2.1 MATLAB 9 的启动

标准安装执行完毕后,就可以运行该软件。

启动后的对话框大致包括以下几个部分:

- 菜单项;
- 工具栏;
- [Command Window] 窗口(指令窗);
- [Workspace] 窗口(工作台);
- [Command History] 窗口(指令的历史纪录)
- [Current Directory] 窗口(当前目录选择)。

1.2.2 MATLAB 9 目录结构

安装成功后的 MATLAB 根目录中除了包含一些文件外,还有包含若干子目录,其中,我们最需要了解的是 MATLAB 搜索目录(路径)。它可以单击[File]菜单中的子菜单[Set Path...]看到。这些目录(路径)同时也是 MATLAB 所能搜索到的所有目录。无论是 MATLAB 的 lookfor 指令、help 指令、doc 指令还是其他的指令,这些指令如果涉及 MATLAB 的 M 文件,均是在上述目录范围内搜索。

1.2.3 如何添加进 MATLAB 目录

用户生成的 M 文件默认时保存在 MATLAB 的 work 目录中(R2009a 版本是 C:\Documents and Settings\csu01\My Documents\MATLAB),用户如果想在 MATLAB 所能搜索范围以外的目录中生成的文件和 MATLAB 软件包中的 M 文件一样,成为 MATLAB 环境中有机的一部分,则可以通过将自己的目录添加进 MATLAB 的目录搜索范围内来实现。具体做法是在 MATLAB 主窗口中的[File]菜单中单击子菜单[Set Path...],则会打开[Set Path]窗口,单击[Add Folder...]按钮选中待添加的目录后,再单击[Close]按钮即可。如果想在下一次启动 MATLAB 程序时该设置仍然生效,则在单击[Close]之前单击[Save]按钮保存。

§ 1.3 MATLAB 矩阵及数组

MATLAB 的主要对象是矩阵,标量、数组、行向量、列向量都是它的特例,最基本的功能是进行矩阵运算,MATLAB 对于矩阵和数组的操作有一些特殊的规定。

1.3.1 问题的提出

问题:写出循环矩阵

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

(1)循环矩阵的逆矩阵还是循环矩阵吗?

(2)循环矩阵的方幂仍是循环矩阵吗?

1.3.2 矩阵的输入

矩阵输入有多种办法:直接输入每个元素;由语句或函数生成;在 M 文件(以后介绍)中生成等。

1. 矩阵的直接输入

MATLAB 中不用描述矩阵的类型和维数,它们由输入的格式和内容决定。小矩阵可以用排列各个元素的方法输入,同一行元素用逗号或空格分开,不同行的元素用分号或回车分开。如:

```
>> A = [1, 2, 3; 4, 5, 6] ↵  (↵表示回车,下同)
或 >> A = [1 2 3; 4 5 6] ↵
或 >> A = [1 2 3 ↵
           4 5 6] ↵
```

都输入了一个 2×3 矩阵 A,屏幕上显示输出变量为

A =

1 2 3

4 5 6

分号“;”有三个作用:

(1) 在“[]”方括号内时它是矩阵行间的分隔符。

(2) 它可用作指令与指令间的分隔符。

(3) 当它存在于赋值指令后时,该指令执行后的结果将不显示在屏幕上。

例如,输入指令:

```
b = [1 2 0 0; 0 1 0 0; 1 1 1 1];
```

矩阵 b 将不被显示,但 b 已存放在 MATLAB 的工作内存中,可随时被以后的指令所调用或显示。例如,输入指令:

```
b ↵
```

得结果:

```
b =
     1     2     0     0
     0     1     0     0
     1     1     1     1
```

矩阵中的元素可以用它的行、列数表示,例如(以下在回车符↵后直接给出屏幕上显示的输出)

```
>> a = A(2,1) ↵ (MATLAB 区分大小写字母,a 和 A 是不同的变量)
```

```
a =
     4
```

或者不指定输出变量,MATLAB 将回应 ans(answer 的缩写),如

```
>> A(2,1) ↵
```

```
ans =
     4
```

A 输入后一直保存在工作空间中,可随时调用,除非被清除或替代。

例 1.3.1 在 0 和 2 中间每个数据隔 0.1 建立数组 d。

解 输入指令:

```
d = 0:0.1:2
```

```
d =
```

```
Columns 1 through 7
```

```
     0     0.1000     0.2000     0.3000     0.4000     0.5000
```

```
     0.6000
```

```
Columns 8 through 14
```

```
     0.7000     0.8000     0.9000     1.0000     1.1000     1.2000
```

```
     1.3000
```

```
Columns 14 through 21
```

```
     1.4000     1.5000     1.6000     1.7000     1.8000     1.9000
```

```
     2.0000
```

注意“:”的使用方法。

例 1.3.2 在 0 和 2 之间等分地插入一些分点,建立具有 10 个数据点的数组 e。