

M A T L A B M A T H E M A T I C A L M O D E L I N G

MATLAB

数学建模

李昕◎编著

Li Xin

资深作者编著，图书质量更有保证

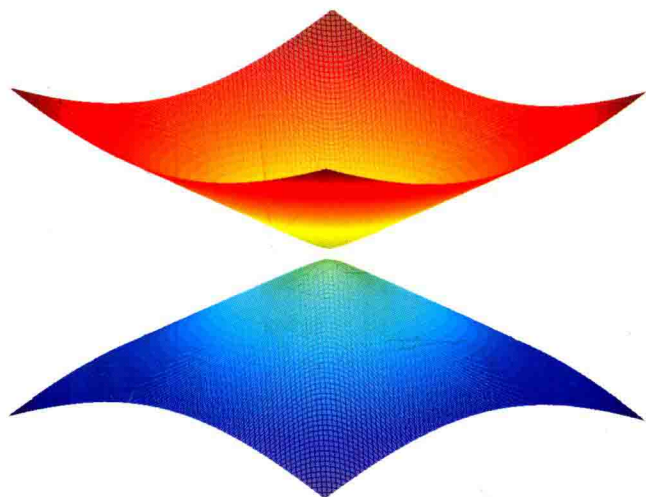
MATLAB资深工程师执笔，系统总结了数学建模的实战经验

提供配套源码，便于读者动手实践

理论联系实际，本书提供源代码下载，方便读者学习使用

内含丰富实例，利于读者二次开发

提供了几十个数学建模的典型实例，读者可以据此二次开发



清华大学出版社





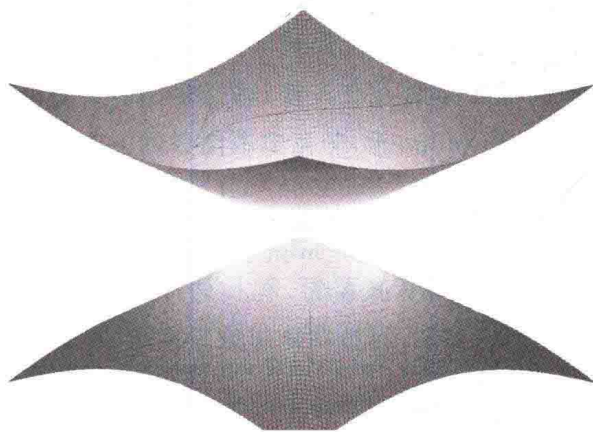
MATLAB MATHEMATICAL MODELING

MATLAB

数学建模

李昕◎编著

Li Xin



清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是 MATLAB 数学建模应用系列书籍之一,以 MATLAB R2016a 软件版本为基础,根据数学建模的需要编写,包含了多种数学建模问题的 MATLAB 求解方法,是解决数学实验和数学建模的有力工具。

全书共 18 章,分为前后两个部分,第 1~10 章属于前部分,第 11~18 章属于后部分。前部分从 MATLAB 基础和数学建模基础知识介绍开始,详细介绍 MATLAB 程序设计、常用 MATLAB 建模函数、数学规划模型、智能优化算法、Simulink 简介、MATLAB 图像处理算法等内容;后部分介绍了水质评价与预测、投资收益与风险、旅行商问题、最优捕鱼策略、裁剪与复原、DNA 序列分类、卫星和飞船的跟踪测控、中国人口增长预测等 8 个典型建模问题的 MATLAB 求解方法,引导读者深入挖掘各种建模问题背后的数学问题和求解方法。最后,在附录中给出了 MATLAB 基本命令的介绍,便于读者使用和研究。

本书以 MATLAB 数学建模基础为主线,结合各种数学建模典型案例,目的是使读者易看懂、会应用。本书是一本简明的 MATLAB 数学建模综合性参考书。本书深入浅出,实例引导,讲解翔实,既可以作为高等院校数学建模和数学实验的参考教材,也可以作为广大科研工程技术人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 数学建模/李昕编著. —北京:清华大学出版社,2017

(科学与工程计算技术丛书)

ISBN 978-7-302-46719-9

I. ①M… II. ①李… III. ①Matlab 软件—应用—数学模型 IV. ①O141.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 038685 号

责任编辑:盛东亮

封面设计:李召霞

责任校对:时翠兰

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:34.25

字 数:807 千字

版 次:2017 年 12 月第 1 版

印 次:2017 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:99.00 元

产品编号:072498-01

序言

致力于加快工程技术和科学研究的步伐——这句话总结了 MathWorks 坚持超过三十年的使命。

在这期间,MathWorks 有幸见证了工程师和科学家使用 MATLAB 和 Simulink 在多个应用领域中的无数变革和突破:汽车行业的电气化和不断提高的自动化;日益精确的气象建模和预测;航空航天领域持续提高的性能和安全指标;由神经学家破解的大脑和身体奥秘;无线通信技术的普及;电力网络的可靠性,等等。

与此同时,MATLAB 和 Simulink 也帮助了无数大学生在工程技术和科学研究课程里学习关键的技术理念并应用于实际问题中,培养他们成为栋梁之才,更好地投入科研、教学以及工业应用中,指引他们致力于学习、探索先进的技术,融合并应用于创新实践中。

如今,工程技术和科研创新的步伐令人惊叹。创新进程以大量的数据为驱动,结合相应的计算硬件和用于提取信息的机器学习算法。软件和算法几乎无处不在——从孩子的玩具到家用设备,从机器人和制造体系到每一种运输方式——让这些系统更具功能性、灵活性、自主性。最重要的是,工程师和科学家推动了这些进程,他们洞悉问题,创造技术,设计革新系统。

为了支持创新的步伐,MATLAB 发展成为一个广泛而统一的计算技术平台,将成熟的技术方法(比如控制设计和信号处理)融入令人激动的新兴领域,例如深度学习、机器人、物联网开发等。对于现在的智能连接系统,Simulink 平台可以让您实现模拟系统,优化设计,并自动生成嵌入式代码。

“科学与工程计算技术丛书”系列主题反映了 MATLAB 和 Simulink 汇集的领域——大规模编程、机器学习、科学计算、机器人等。我们高兴地看到“科学与工程计算技术丛书”支持 MathWorks 一直以来追求的目标:助您加速工程技术和科学研究。

期待着您的创新!

Jim Tung
MathWorks Fellow

PREFACE

To Accelerate the Pace of Engineering and Science. These eight words have summarized the MathWorks mission for over 30 years.

In that time, it has been an honor and a humbling experience to see engineers and scientists using MATLAB and Simulink to create transformational breakthroughs in an amazingly diverse range of applications; the electrification and increasing autonomy of automobiles; the dramatically more accurate models and forecasts of our weather and climates; the increased performance and safety of aircraft; the insights from neuroscientists about how our brains and bodies work; the pervasiveness of wireless communications; the reliability of power grids; and much more.

At the same time, MATLAB and Simulink have helped countless students in engineering and science courses to learn key technical concepts and apply them to real-world problems, preparing them better for roles in research, teaching, and industry. They are also equipped to become lifelong learners, exploring for new techniques, combining them, and applying them in novel ways.

Today, the pace of innovation in engineering and science is astonishing. That pace is fueled by huge volumes of data, matched with computing hardware and machine-learning algorithms for extracting information from it. It is embodied by software and algorithms in almost every type of system—from children's toys to household appliances to robots and manufacturing systems to almost every form of transportation—making those systems more functional, flexible, and autonomous. Most important, that pace is driven by the engineers and scientists who gain the insights, create the technologies, and design the innovative systems.

To support today's pace of innovation, MATLAB has evolved into a broad and unifying technical computing platform, spanning well-established methods, such as control design and signal processing, with exciting newer areas, such as deep learning, robotics, and IoT development. For today's smart connected systems, Simulink is the platform that enables you to simulate those systems, optimize the design, and automatically generate the embedded code.

The topics in this book series reflect the broad set of areas that MATLAB and Simulink bring together: large-scale programming, machine learning, scientific computing,

PREFACE

robotics, and more. We are delighted to collaborate on this series, in support of our ongoing goal; to enable you to accelerate the pace of your engineering and scientific work.

I look forward to the innovations that you will create!

Jim Tung
MathWorks Fellow

MATLAB 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件,常用于算法开发、数据可视化、数据分析以及数值计算的高级技术计算语言和交互式环境。

数学建模是通过计算得到的结果来解释实际问题,并接受实际的检验,来建立数学模型的全过程。数学建模是一种数学的思考方法,是运用数学的语言和方法,通过抽象,简化建立能近似刻画并“解决”实际问题的一种强有力的数学手段。

在数学建模过程中,需要对所要建立模型的思路进行阐述,对所得的结果进行数学上的分析。最终利用获取的数据资料,对模型的所有参数做出计算。目前,MATLAB 已成为数学建模和求解的重要工具之一。

本书是利用 MATLAB 软件 R2016a 版本进行数学建模 MATLAB 设计和应用的最新书籍。

1. 本书特点

由浅入深,循序渐进:本书以有数学建模应用需求的读者为对象,首先从 MATLAB 和数学建模基础知识讲起,再以各种数学建模问题在 MATLAB 中的应用讲解,帮助读者尽快掌握 MATLAB 求解数学建模问题。

步骤详尽、内容新颖:本书结合作者多年的 MATLAB 数学建模使用经验与实际应用案例,将数学建模的分析和建模及其 MATLAB 的实现方法与技巧都详细地讲解给读者。本书在讲解过程中步骤详尽、内容新颖,讲解过程辅以相应的图片,使读者在阅读时一目了然,从而快速把握书中所讲内容。

实例典型,轻松易学:通过学习实际建模问题分析求解案例,是掌握 MATLAB 数学建模应用最好的方式。本书通过典型问题案例,透彻详尽地讲解了 MATLAB 在数学建模中的各种应用。

2. 本书内容

本书面向初中级读者,在介绍 MATLAB R2016a 环境基础上,详细讲解了 MATLAB 数学建模的基础知识和核心内容。本书中各章均提供有大量的针对性案例,并辅以图片和注释,供读者实战练习,快速掌握数学建模的 MATLAB 应用。

本书基于 MATLAB R2016a 版,详细讲解 MATLAB 数学建模的基础知识和经典案例。其中,基础知识包括第 1~10 章,经典问题案例部分包括第 11~18 章。具体内容安排如下。

第 1 部分为 MATLAB 数学建模基础知识部分。主要介绍了 MATLAB 各种基础运算、数据统计和分析、程序设计、曲线拟合函数、微分方程的求解、线性规划、经典算法、Simulink 的基本功能、MATLAB 数据图形绘制功能、图像处理算法等内容。具体的章节安排如下:

第 1 章 MATLAB 基础知识

第 2 章 数学建模基础

第 3 章 MATLAB 程序设计

第 4 章 常用建模函数

前言

第 5 章 MATLAB 求解微积分

第 6 章 数学规划模型

第 7 章 智能优化算法

第 8 章 Simulink 简介

第 9 章 MATLAB 数据图形可视化

第 10 章 MATLAB 图像处理算法

第 2 部分为经典问题案例部分。主要介绍了水质评价与预测、投资收益与风险的建模分析、旅行商问题的优化、求解最优捕鱼策略问题、解决人工复原效率低下的问题、DNA 序列分类、卫星和飞船的测控模型、人口预测模型等内容。具体的章节安排如下：

第 11 章 水质评价与预测

第 12 章 投资收益与风险

第 13 章 旅行商问题

第 14 章 最优捕鱼策略

第 15 章 裁剪与复原

第 16 章 DNA 序列分类

第 17 章 卫星和飞船的跟踪测控

第 18 章 中国人口增长预测

3. 读者对象

本书适合于 MATLAB 初学者和期望提高 MATLAB 数据分析及 Simulink 建模仿真工程应用能力的读者,具体说明如下:

- 初学 MATLAB 的技术人员
- 广大科研工作人员
- 大中专院校的教师和在校生
- 相关培训机构的教师和学员
- 参加工作实习的“菜鸟”
- MATLAB 爱好者

4. 读者服务

为了方便解决本书疑难问题,读者在学习过程中遇到与本书有关的技术问题,可以发邮件到邮箱 caxart@126.com,或者访问博客 <http://blog.sina.com.cn/caxart>,编者会尽快给予解答,我们将竭诚为您服务。

5. 本书作者

本书由李昕编著,另外付文利、王广、张岩、温正、林晓阳、任艳芳、唐家鹏、孙国强、高飞等也参与了本书的编写工作,在此一并表示感谢。

虽然作者在本书的编写过程中力求叙述准确、完善,但由于水平有限,书中欠妥之处在所难免,希望读者和同仁能够及时指出,共同促进本书质量的提高。

最后再次希望本书能为读者的学习和工作提供帮助!

编者

2017 年 12 月

第 1 章	MATLAB 基础知识	1
1.1	数组和变量	1
1.1.1	数组的定义	1
1.1.2	数组的创建	2
1.1.3	多维数组及其操作	10
1.1.4	变量的命名	13
1.2	矩阵	14
1.2.1	实数值矩阵输入	14
1.2.2	复数矩阵输入	15
1.2.3	符号矩阵的生成	15
1.2.4	大矩阵的生成	16
1.2.5	矩阵的数学函数	17
1.3	符号运算的基本内容	22
1.3.1	符号变量代换及其函数	23
1.3.2	符号对象转换为数值对象的函数	24
1.3.3	符号表达式的化简	26
1.3.4	符号运算的其他函数	31
1.3.5	两种特定的符号运算函数	33
	本章小结	35
第 2 章	数学建模基础	36
2.1	数学建模的概念	36
2.2	数据的导入和保存	37
2.3	数据统计和分析	42
2.3.1	常用统计量	42
2.3.2	随机数	47
2.3.3	参数估计	52
2.3.4	假设检验	52
2.3.5	方差分析	55
2.4	统计图表的绘制	55
2.5	回归模型	61
2.5.1	回归分析的定义	61
2.5.2	回归分析	62
	本章小结	66

目录

第 3 章	MATLAB 程序设计	67
3.1	自顶向下的程序设计方法	67
3.2	符号运算	70
3.2.1	符号对象	71
3.2.2	创建符号对象	73
3.2.3	符号表达式及函数	76
3.2.4	数组与矩阵	82
3.3	关系运算符和逻辑运算符	83
3.3.1	关系运算符	83
3.3.2	逻辑运算符	84
3.3.3	常用操作函数	87
3.4	分支结构	88
3.4.1	if 分支结构	88
3.4.2	switch 分支结构	89
3.5	循环结构	90
3.5.1	while 循环结构	90
3.5.2	for 循环结构	92
3.5.3	控制程序的其他命令	93
3.6	程序调试和优化	98
3.6.1	程序调试命令	98
3.6.2	程序常见的错误类型	99
3.6.3	效率优化	104
3.6.4	内存优化	105
3.6.5	经典算法程序举例	110
	本章小结	118
第 4 章	常用建模函数	119
4.1	曲线拟合函数	119
4.1.1	多项式拟合	119
4.1.2	加权最小方差拟合原理及实例	121
4.1.3	非线性曲线拟合	123
4.2	参数估计函数	124
4.2.1	常见分布的参数估计	124
4.2.2	点估计	127
4.2.3	区间估计	129

4.3	参数传递函数	130
4.3.1	输入和输出参数的数目	130
4.3.2	可变数目的参数传递	131
4.3.3	返回被修改的输入参数	132
4.3.4	全局变量	133
4.4	插值函数	134
4.4.1	一维插值命令及实例	134
4.4.2	二维插值命令及实例	137
4.4.3	样条插值	139
	本章小结	140
 第5章 MATLAB 求解微积分		141
5.1	求解函数导数	141
5.1.1	函数的导数	141
5.1.2	隐函数的偏导数	142
5.2	极限问题	143
5.2.1	单变量函数	143
5.2.2	多变量函数	145
5.3	求解积分问题	145
5.3.1	不定积分	146
5.3.2	定积分与无穷积分计算	147
5.3.3	多重积分	147
5.4	级数展开和求和	148
5.4.1	级数展开	148
5.4.2	级数求和	150
	本章小结	151
 第6章 数学规划模型		152
6.1	数学规划模型的概念	152
6.2	线性规划	153
6.2.1	线性规划的标准形式	153
6.2.2	线性规划求解方法	154
6.3	非线性规划	161
6.3.1	非线性规划的标准形式	161
6.3.2	二次规划	162

目录

6.3.3	无约束规划	164
6.3.4	有约束规划	173
	本章小结	177
第7章	智能优化算法	178
7.1	神经网络算法	178
7.1.1	基本原理	178
7.1.2	程序设计	180
7.1.3	经典应用	204
7.2	遗传算法	212
7.2.1	基本原理	212
7.2.2	程序设计	215
7.2.3	经典应用	220
7.3	免疫算法	226
7.3.1	基本原理	227
7.3.2	程序设计	227
7.3.3	经典应用	236
7.4	模拟退火算法	243
7.4.1	基本原理	243
7.4.2	程序设计	244
7.4.3	经典应用	246
	本章小结	247
第8章	Simulink 简介	248
8.1	基本知识	248
8.1.1	基本功能	248
8.1.2	Simulink 组成	249
8.1.3	模块库简介	251
8.2	Simulink 系统仿真	257
8.2.1	仿真基础	258
8.2.2	简单系统的仿真分析	260
8.3	Stateflow 建模与应用	264
8.3.1	Stateflow 的定义	264
8.3.2	状态图编辑器	266
8.3.3	Stateflow 流程图	268

本章小结	270
第 9 章 MATLAB 数据图形可视化	271
9.1 MATLAB 图形窗口	271
9.1.1 创建图形窗口	271
9.1.2 关闭与清除图形框	272
9.2 函数绘制	272
9.2.1 一元函数绘图	272
9.2.2 二元函数绘图	273
9.3 数据图形绘制简介	275
9.3.1 离散数据可视化	275
9.3.2 连续函数可视化	278
9.4 二维绘图函数	281
9.4.1 二维图形绘制步骤	281
9.4.2 二维图形基本绘图命令	283
9.4.3 快速方程式画图	286
9.4.4 特殊二维图形	287
9.4.5 二维绘图经典案例	299
9.5 三维绘图函数	303
9.5.1 绘制三维曲面	303
9.5.2 栅格数据的生成	308
9.5.3 网格曲面的绘制命令	311
9.5.4 隐藏线的显示和关闭	313
9.5.5 三维绘图经典案例	314
本章小结	320
第 10 章 MATLAB 图像处理算法	321
10.1 图像处理基础	321
10.2 MATLAB 图像处理函数	322
10.2.1 默认显示方式	322
10.2.2 添加颜色条	323
10.2.3 显示多帧图像	324
10.2.4 显示动画	325
10.2.5 三维材质图像	326
10.2.6 图像的直方图	327

目录

10.2.7	灰度变换	328
10.2.8	均衡直方图	329
10.3	图像处理的 MATLAB 应用	331
10.3.1	图像增强	331
10.3.2	图像重建	333
10.3.3	图像变换	335
10.3.4	图像压缩	335
10.3.5	图像分割	339
10.3.6	图像边缘检测	350
10.3.7	图像识别	351
	本章小结	353
第 11 章	水质评价与预测	354
11.1	问题简介	354
11.2	数学模型	369
11.2.1	问题分析	369
11.2.2	模型建立	369
11.3	水质评价与预测问题中 MATLAB 实现	371
11.4	模糊神经网络在水质预测中的应用	382
	本章小结	392
第 12 章	投资收益与风险	393
12.1	问题简介	393
12.2	数学模型	394
12.2.1	问题分析	394
12.2.2	模型建立	395
12.3	MATLAB 在投资收益与风险问题中的应用	397
	本章小结	406
第 13 章	旅行商问题	407
13.1	问题简介	407
13.2	使用蚁群算法求解旅行商问题	408
13.3	多种模型在旅行商问题上的应用	412
13.3.1	Hopfield 网络在 TSP 中的应用	412
13.3.2	遗传算法在 TSP 中的应用	420

13.3.3 免疫算法在 TSP 中的应用	426
本章小结	432
第 14 章 最优捕鱼策略	433
14.1 问题简介	433
14.2 数学模型	434
14.2.1 模型假设	434
14.2.2 问题分析	434
14.2.3 模型建立	436
14.3 MATLAB 在最优捕鱼策略问题中的应用	438
14.3.1 问题 1 求解	438
14.3.2 问题 2 求解	441
本章小结	444
第 15 章 裁剪与复原	445
15.1 问题简介	445
15.2 数学模型	446
15.2.1 模型假设	446
15.2.2 模型建立	446
15.3 模型求解	447
15.4 线段的裁剪	452
本章小结	458
第 16 章 DNA 序列分类	459
16.1 问题简介	459
16.2 数学模型	462
16.2.1 问题分析	462
16.2.2 模型建立	462
16.3 模型求解	465
本章小结	482
第 17 章 卫星和飞船的跟踪测控	483
17.1 问题简介	483
17.2 数学模型	483
17.2.1 问题分析	484

目录

17.2.2 模型建立	485
17.3 模型求解	497
17.3.1 问题 1 求解	497
17.3.2 问题 2 求解	498
17.3.3 问题 3 求解	499
本章小结	500
第 18 章 中国人口增长预测	501
18.1 问题简介	501
18.2 数学模型	501
18.2.1 问题分析	502
18.2.2 模型建立	503
18.3 模型求解	510
18.3.1 问题 1 求解	510
18.3.2 问题 2 求解	519
18.3.3 问题 3 求解	523
本章小结	525
附录 MATLAB 基本命令	526
参考文献	530

MATLAB 是目前在国际上被广泛接受和使用的科学与工程计算软件,在数学建模中有广泛的应用。本章主要介绍了 MATLAB 建模的基础知识,包括数组和变量、矩阵、符号运算、关系运算和逻辑运算。

学习目标:

- 熟悉 MATLAB 中的数组和变量、矩阵
- 熟悉 MATLAB 的符号运算、关系运算和逻辑运算

1.1 数组和变量

MATLAB 中数组可以说无处不在,任何变量在 MATLAB 中都是以数组形式存储和运算的。

1.1.1 数组的定义

所谓数组,就是相同数据类型的元素按一定顺序排列的集合,就是把有限个类型相同的变量用一个名字命名,然后用编号区分它们的变量的集合,这个名字称为数组名,编号称为下标。组成数组的各个变量称为数组的分量,也称为数组的元素,有时也称为下标变量。

数组是在程序设计中,为了处理方便,把具有相同类型的若干变量按有序的形式组织起来的一种形式。这些按序排列的同类数据元素的集合称为数组。

按照数组元素个数和排列方式,MATLAB 中的数组可以分为:

- 没有元素的空数组(empty array);
- 只有一个元素的标量(scalar),它实际上是一行一列的数组;
- 只有一行或者一列元素的向量(vector),分别叫作行向量和列向量,也统称为一维数组;
- 普通的具有多行多列元素的二维数组;
- 超过二维的多维数组(具有行、列、页等多个维度)。

按照数组的存储方式,MATLAB 中的数组可以分为普通数组和稀疏数组(常称为稀疏矩阵)。稀疏矩阵适用于那些大部分元素为 0,