

高等院校信息技术规划教材

MATLAB程序设计与最优化计算

臧文科 编著



清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

MATLAB程序设计 与最优化计算

臧文科 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书首先介绍 MATLAB 的基本使用方法和程序设计基础,然后将 MATLAB 与最优化计算相结合,基于最优化理论与方法,讲解如何使用 MATLAB 求解最优化领域的计算问题。全书共 15 章,第 1~7 章介绍 MATLAB 入门、MATLAB 编程基础、MATLAB 矩阵计算、MATLAB 数值计算及 MATLAB 符号计算等内容,将读者领入 MATLAB 的大门,并熟练使用 MATLAB。第 8~9 章主要介绍 MATLAB 绘图,如何通过 MATLAB 的强大绘图功能使得数据可视化。第 10 章对优化计算进行概述,让读者领略什么是优化计算及优化设计的基本原理。第 11~13 章系统地介绍线性规划、非线性规划、数值优化、多目标规划、优化工具箱等内容,让读者轻松地掌握 MATLAB 在优化计算中的应用。第 14~15 章为优化计算高级篇,主要讲解遗传算法和微粒群优化计算在 MATLAB 中的应用。

本书内容循序渐进、由浅入深,并结合大量实例帮助读者理解和掌握最优化问题的建模方法与求解技巧。本书适合计算应用、最优化领域和科学计算的研究人员使用,也可作为高等院校计算机专业、通信专业等相关专业的教材。

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 程序设计与最优化计算/臧文科编著. —北京:清华大学出版社,2016

(高等院校信息技术规划教材)

ISBN 978-7-302-44733-7

I. ①M… II. ①臧… III. Matlab 软件—高等学校—教材 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 185965 号

责任编辑:白立军

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:何 芊

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 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:15.5

字 数:380 千字

版 次:2016 年 12 月第 1 版

印 次:2016 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:35.00 元

产品编号:069713-01

前言

Foreword

最优化计算的英文是 Optimization Computation, 是在现代计算机广泛应用的基础上发展起来的一项技术。最优化计算根据最优化原理和方法, 综合各方面的因素, 以人机配合方式或采用“自动探索”的方式, 在计算机上进行半自动或全自动设计, 以选出在现有工程条件下最好的设计方案。最优化理论和方法自古就有, 最典型的实例即是黄金分割, 最优化方法成为科学方法则是在 17 世纪后。牛顿和莱布尼茨所创建的微积分理论为最优化问题的解决提供了理论基础, 后来产生的变分法和简单的库存模型等精确的解析方法可以称为古典最优化方法。最优化计算主要以数学规划为基础, 研究各种系统的优化途径及方案, 为决策者提供科学决策的依据。

随着计算机应用技术的飞速发展, 各种可用于最优化方法设计与实现的软件层出不穷, 丰富了科研人员的开发研究手段, 提高了人们解决实际问题的效率, MATLAB 即为其中的一种。利用 MATLAB 求解最优化问题, 可把问题简单化, 也可快速、准确地给出最优化的解。MATLAB 已被广泛应用于自动控制、系统工程、信息工程、应用数学、机电工程、电子工程、计算机、优化设计等专业领域。

为了使广大读者更好地掌握、应用 MATLAB 求解最优化问题, 作者编写了本书。本书主要介绍 MATLAB 程序设计及最优化计算, 内容覆盖了 MATLAB 编程及最优化设计相关概念、算法、函数、应用, 做到理论与实践相结合。本书以 MATLAB R2014b 为基础, 首先介绍 MATLAB 程序设计的基础知识, 然后系统介绍在矩阵计算、数值计算、符号运算和图形绘制等方面的使用方法, 最后重点讲解在最优化计算中的应用, 通过 MATLAB 算法编程解决最优化计算问题。通过本书, 读者不仅能掌握使用 MATLAB 最优化工具箱来快速解决实际问题, 而且能学会分析优化算法和采用 MATLAB 编程解决最优化问题, 从而提高分析和解决问题的能力, 这也是本书的特色之一。

本书具有如下优势。

(1) 本书以 MATLAB 的编程为基础,引领读者跨入 MATLAB 的大门,并向读者展示了 MATLAB 的强大功能。

(2) 本书的内容涵盖了最优化理论和方法,以 MATLAB 计算功能求解最优化问题。

(3) 本书做到了理论与实践相结合。理论的检验和验证也必须通过实践实现,最优化技术理论和系统实验相结合是有效的途径之一。

(4) 本书深入浅出、循序渐进地让读者从整体上把握最优化计算的实质,进而可将实际问题抽象成易于理解的数学模型,同时利用 MATLAB 语言进行求解。

(5) 本书力求内容丰富,各章节相互联系,内容具有系统性、科学性、实用性和引导性;同时,各章节又相对独立,自成体系,为读者提供极大方便。

(6) 在介绍最优化设计的章节中,每章都应用 MATLAB 解决各领域中的实际最优化问题,从而降低读者的学习门槛、提高学习效率。

本书内容比较详尽,内容的取舍和安排恰当、循序渐进,讲解通俗易懂,实例丰富,并注重培养解决实际问题的能力。力求降低学习难度,通过丰富的算法、经典的实践例子来引导学习。

本书适用于计算应用、最优化领域和科学计算方向的研究人员使用,也可作为高等院校学习该类课程的本科生和研究生的教材,还可供读者作为查询最优化数学问题求解方法的参考书。

本书在编写过程中,得到了姜珍妮、任丽艳等研究生同学的大力支持,她们认真、仔细地校对了书中的内容,在此表示感谢。由于时间仓促和水平所限,书中难免有纰漏之处,请各位读者批评指正。

编 者

2016 年 10 月

目录

Contents

第 1 篇 MATLAB 编程篇

第 1 章 导论	3
1.1 概论	3
1.2 算法的开发与应用	3
1.3 数据获取与分析	6
1.4 数据可视化	7
1.5 数值计算	9
第 2 章 MATLAB 基础	10
2.1 启动 MATLAB	10
2.2 命令行窗口	13
2.3 输出命令	15
2.3.1 disp 命令	15
2.3.2 fprintf 命令	16
2.4 保存与加载命令	22
2.4.1 save 命令	23
2.4.2 load 命令	23
2.5 导入与输出数据	25
2.5.1 数据导入或输出命令	25
2.5.2 使用导入向导	27
2.6 工作空间	28
2.7 显示格式	30
2.8 定义标量变量	30
2.8.1 赋值运算符	31
2.8.2 变量的命名规则	32
2.8.3 预定义变量和关键字	32

第 3 章	MATLAB 编程	34
3.1	带标量的算术运算	34
3.1.1	优先级	34
3.1.2	用 MATLAB 作计算器	35
3.2	基本内置函数	35
3.3	关系和逻辑运算符	37
3.3.1	关系运算符	37
3.3.2	逻辑运算符	39
3.3.3	优先级	40
3.3.4	内置逻辑函数	42
3.4	条件语句	43
3.4.1	if-end 结构	43
3.4.2	if-else-end 结构	43
3.4.3	if-elseif-else-end 结构	44
3.5	switch-case 语句	45
3.6	循环	46
3.6.1	for-end 循环	46
3.6.2	while-end 循环	47
3.7	嵌套循环和嵌套条件语句	48
3.8	break 和 continue 语句	49
第 4 章	脚本与函数文件	50
4.1	脚本文件	50
4.1.1	使用脚本文件的注意事项	50
4.1.2	脚本文件的创建与保存	51
4.1.3	脚本文件的运行	52
4.1.4	当前路径	52
4.2	函数文件的创建	53
4.3	函数文件的结构	53
4.3.1	函数定义行	54
4.3.2	输入和输出参数	54
4.3.3	H1 行和帮助文本行	55
4.3.4	函数体	56
4.4	局部变量和全局变量	56
4.5	函数文件的保存	57
4.6	用户自定义函数的使用	57

4.7	脚本文件与函数文件的比较	58
4.8	子函数	58
第5章	矩阵计算	60
5.1	矩阵的创建	60
5.1.1	创建一个一维数组(向量)	60
5.1.2	根据一串已知的数字来创建向量	60
5.1.3	创建一个二维数组(矩阵)	63
5.1.4	MATLAB 中变量的注意事项	65
5.1.5	转置运算符	65
5.1.6	数组寻址	66
5.1.7	在数组寻址中使用冒号	67
5.1.8	向已有变量中添加元素	69
5.1.9	删除元素	72
5.1.10	处理数组的内置函数	73
5.2	矩阵运算	74
5.2.1	加法与减法	74
5.2.2	数组相乘	75
5.2.3	数组相除	78
5.2.4	逐元素运算	80
5.2.5	在 MATLAB 内置数学函数中使用数组	82
5.2.6	分析数组的内置函数	83
5.2.7	随机数的生成	84
第6章	数值计算	87
6.1	多项式	87
6.1.1	多项式的值	87
6.1.2	多项式的根	89
6.1.3	多项式的加法、乘法和除法运算	90
6.1.4	多项式求导	91
6.2	曲线拟合	92
6.2.1	用多项式来实现曲线拟合 polyfit 函数	92
6.2.2	使用函数而不是多项式来实现曲线拟合	95
6.2.3	插值计算	98
6.2.4	基本拟合接口	101
6.3	求解单变量方程	104
6.4	寻找函数最大值或最小值	106

6.5	数值积分	107
6.6	常微分方程	110
第 7 章	符号计算	114
7.1	符号对象和符号表达式	115
7.1.1	创建符号对象	115
7.1.2	创建符号表达式	116
7.1.3	findsym 命令和默认符号变量	118
7.2	化简符号表达式	119
7.2.1	collect, expand 和 factor 命令	119
7.2.2	simplify 和 simple 命令	121
7.2.3	pretty 命令	122
7.3	求解代数方程	122
7.4	微分	125
7.5	积分	126
7.6	求解常微分方程	127
7.7	符号表达式的数值计算	130
第 8 章	二维绘图	133
8.1	plot 命令	134
8.1.1	绘制给定数据	137
8.1.2	绘制函数	137
8.2	fplot 命令	139
8.3	在同一个 plot 中绘制多个图像	139
8.3.1	使用 plot 命令	139
8.3.2	使用 hold on 和 hold off 命令	141
8.3.3	使用 line 命令	141
8.4	定义绘图显示格式	142
8.4.1	使用命令定义绘图显示格式	142
8.4.2	使用 plot 编辑器绘图	145
8.4.3	使用误差线绘图	146
8.5	绘制特殊图形	147
8.6	直方图	149
8.7	polar 绘图	152
8.8	在同一页面上绘制多图	153
8.9	多图窗口	153
8.10	工具栏绘图	154

第 9 章 三维绘图	156
9.1 三维曲线	156
9.2 三维网格和三维曲面图	157
9.3 特殊图形绘图	163
9.4 view 命令	166

第 2 篇 最优化计算基础篇

第 10 章 优化计算基础	171
10.1 优化问题实例	171
10.2 优化问题标准形式	172
10.3 无约束优化问题	173
第 11 章 线性与非线性优化	174
11.1 线性优化	174
11.2 非线性优化	174
11.3 方程和方程组的解	175
11.4 多项式	180
第 12 章 数值方法优化	185
12.1 非线性方程	185
12.2 不动点法求解 $x=g(x)$	185
12.2.1 牛顿法求解方程 $f(x)=0$	187
12.2.2 Schröder 方法求解方程 $f(x)=0$	188
12.3 非线性方程组	188
12.3.1 Seidel 法	188
12.3.2 牛顿迭代法	189
第 13 章 优化工具箱	194
13.1 优化工具箱	194
13.1.1 标准算法	194
13.1.2 大规模的算法	194
13.2 最小化算法	195
13.2.1 多目标问题	195
13.2.2 具有边界约束的非线性标量最小化	197

13.2.3	带约束的非线性最小化	198
13.2.4	极小极大优化	199
13.2.5	最小值优化	200
13.2.6	半无限约束最小值	201
13.2.7	线性规划	201
13.2.8	二次规划	203
13.3	求解方程的算法	204

第 3 篇 最优化计算高级篇

第 14 章	遗传算法	209
--------	------------	-----

14.1	概述	209
14.1.1	问题解的表示	209
14.1.2	适应度函数	210
14.1.3	种群规模初始化	211
14.1.4	选择机制	211
14.1.5	交叉操作	212
14.1.6	变异操作	212
14.1.7	繁殖算子	212
14.2	编码和优化问题	212
14.3	遗传算法的参数	213
14.3.1	Dejong 设置	213
14.3.2	设置	214
14.3.3	MicroGA 设置	214
14.4	遗传算法的 MATLAB 程序	214
14.4.1	问题 1: 最大化给定区间内的给定一维函数	214
14.4.2	问题 2: 旅行商问题	216

第 15 章	微粒群优化	224
--------	-------------	-----

15.1	简介	224
15.2	PSO 算法	224
15.3	PSO 的数学模型	225
15.4	PSO 中的参数及参数调优	225
15.5	MATLAB 群体智能的例子	226
15.5.1	问题 1: 模拟集群运动使目标函数最小化	226
15.5.2	问题 2: 粒子群优化行为	228

第 1 篇

MATLAB 编程篇

第1章

chapter 1

导 论

1.1 概 论

MATLAB 是一个进行科学计算和高级程序设计的平台,它采用的是交互式环境,比传统语言(如 C、C++ 和 FORTRAN)解决复杂计算问题更有效率。它是目前自然科学与工程类使用的最为广泛的平台之一。

MATLAB 是一个集算法开发、数据可视化、数据分析与数值分析于一体的交互式高级技术计算环境,它适用于解决能够使用优化算法进行计算的问题。

MATLAB 能够广泛应用于各个领域,包括微积分、代数、统计学、计量经济学、质量控制学、时间系列、信号和图像处理、通信、控制系统设计、测试和测量系统、财务模型和计算生物学等。MATLAB 工具集(MATLAB 用于解决特定问题的函数集合,可以单独使用)拓展了 MATLAB 的使用环境,能在不同领域的应用中解决特定的问题。

另外,MATLAB 中有很多自带的函数可以实现归档和分享,可以将 MATLAB 代码与其他语言和应用进行集成,可以发布使用 MATLAB 进行开发的算法和应用。

MATLAB 最重要的特征如下。

- (1) 它是一种技术计算的高级语言。
 - (2) 它提供了一个管理代码、文件和数据的开发环境。
 - (3) 它能够提供探索、设计和迭代求解的交互式工具。
 - (4) 它自带了支持线性代数、统计学、傅里叶分析、过滤、最优化和数值集成的数学函数。
 - (5) 它能够生成辅助数据可视化的高质量二维和三维图像。
 - (6) 它提供了能够生成个性化图形用户接口的工具。
 - (7) 它可以和其他语言进行集成,如 C/C++、FORTRAN、Java、COM、Microsoft Excel。
- MATLAB 开发环境可以以交互模式来开发算法、分析数据、展示数据文件和管理项目。

1.2 算法的开发与应用

MATLAB 提供了一种高级程序设计语言和开发工具,可以用来快速开发并分析算法与应用。

MATLAB 语言包含向量和矩阵运算,向量和矩阵运算是解决自然科学与工程类问题的基础,简化了开发和计算,提高了效率。

和传统语言相比, MATLAB 语言可以实现更快速地编程和开发算法,因为 MATLAB 语言不再需要执行那些低级的管理任务,比如声明变量、指定数据类型、分配内存等。在很多情况下, MATLAB 的存在减少了对 for 循环的使用,因此,一行 MATLAB 代码通常能够替代几行 C 或者 C++ 代码。

同时, MATLAB 具有传统程序设计语言的所有特点,包括算术运算符、控制流、数据结构、数据类型、面向对象程序设计、调试等。

图 1-1 是一个产生了 1024 个随机位的通信调制算法,展示了调制过程,添加了高斯噪声并以图形的方式展示了实验结果,整个实验的 MATLAB 代码只用了 9 行(加上注释一共 13 行)。

```
1. %生成一个有 N 个点的向量
2. N=1024;
3. Bits=rand(N,1)>0.5;
4. %转为符号
5. Tx=1-2*Bits;
6. %加入高斯白噪声
7. P=0.4;
8. Nz=P*(randn(N,1)+i*randn(N,1));
9. Rx=Tx+Nz;
10. %显示星群图像
11. plot(Rx, '.');
12. axis([-2 2 -2 2]);
13. axis square, grid;
```

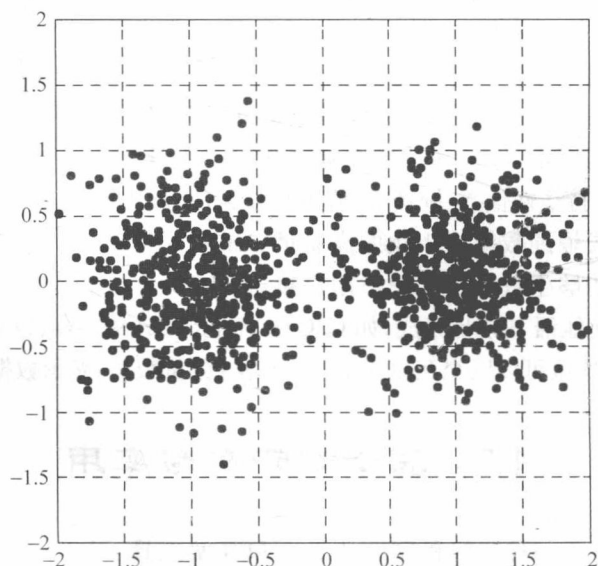


图 1-1 星群图像

MATLAB 能够在不需要编译和链接的情况下一次执行一组或几组指令,并且能够重复执行直到得到最优解。

为了能够更快地执行复杂的向量和矩阵计算,MATLAB 使用了优化的类库来加快处理过程。对于一般的标量计算问题,MATLAB 使用了 JIT 技术生成机器代码指令,因为 JIT 技术具有平台移植性,可用于大多数平台,所以计算执行速度比传统程序设计语言快很多。

MATLAB 包含许多开发工具,可以用来高效地实现算法,其中一些工具如下。

(1) MATLAB Editor——用来编辑函数和标准化调试,如设置断点、分步执行模拟实验。

(2) M-Lint Code Checker——用来分析代码和提出建议以改善性能和进行维护(见图 1-2)。

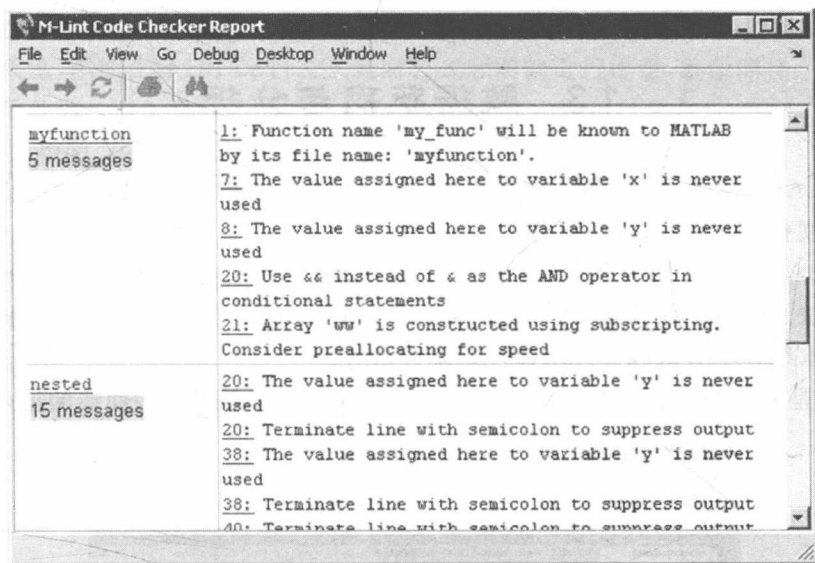


图 1-2 M-Lint 代码检查器

(3) MATLAB Profiler——记录执行每行代码所用的时间。

(4) Directory Reports——扫描目录中的所有文件并且能够产生代码效率报表、文件区别报表、文件独立性报表和代码费用报表。

可以使用交互式工具 GUIDE(图形用户接口开发环境)来设计和编辑用户界面。这个工具里面包括选择列表、下拉菜单、命令按钮、单选框、滑动条、MATLAB 图解和 ActiveX 控件。也可以使用 MATLAB 函数通过程序设计的方法来开发图形用户界面。

图 1-3 是一个谱聚类分析工具,是使用用户接口 GUIDE(顶层)开发出来的。

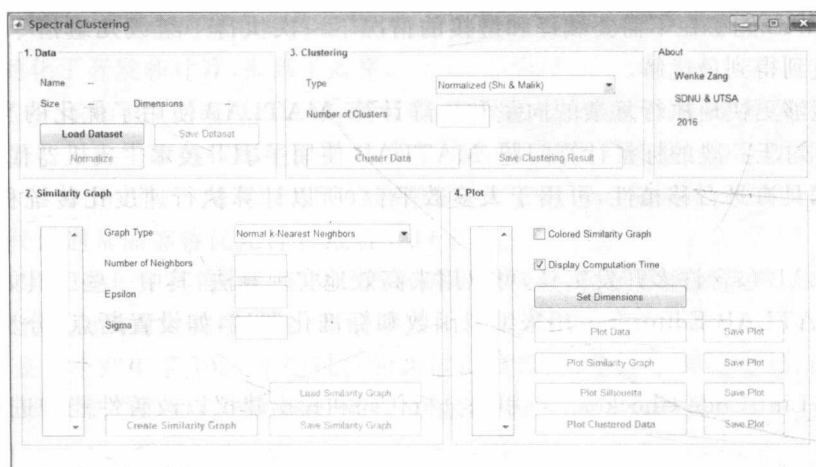


图 1-3 谱聚类分析工具

1.3 数据获取与分析

MATLAB 支持整个数据分析过程,包括从外部设备和数据库获取数据、数据预处理、数据可视化、数值分析到结果展示。

MATLAB 提供了用于数据分析的交互式工具和命令行操作,包括数据分段、数据缩放、取均值法、插值法、阈值化、平滑化、相关性分析、傅里叶分析、过滤法、寻找一维峰值和零点、基本统计学方法和曲线求律法矩阵分析等。

图 1-4 是一条澳大利亚复活岛与达尔文间的大气压力差异平均曲线的拟合曲线。

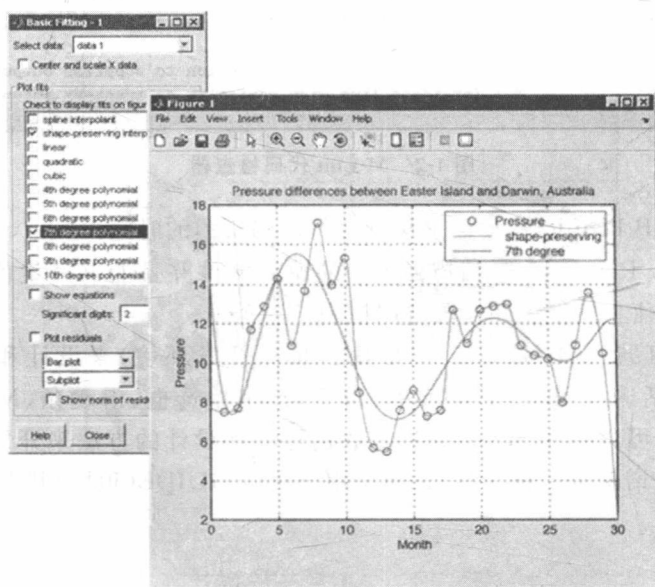


图 1-4 拟合曲线