



MATLAB®&Simulink®
开发实例系列丛书

五位超级版主的心血之作
案例为源，无痛入门，快速领悟编程精髓
扫描即可免费获取程序源代码、教学课件

新
编

MATLAB/Simulink

自学一本通

谢中华 李国栋 刘焕进 吴 鹏 郑志勇 © 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

MATLAB
examples

MATLAB® & Simulink® 开发实例系列丛书

新编 MATLAB/Simulink 自学一本通

谢中华 李国栋 刘焕进 吴 鹏 郑志勇 编著



配套资料(程序源代码+课件)

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本着从易到难、从基础到应用及提高的原则,本书结合大量案例系统讲解 MATLAB 语言编程要旨。主要内容包括:MATLAB 简介和基本操作,绘图与可视化,程序设计,图形用户界面(GUI)编程,数据 I/O(与 TXT、Excel、数据库之间的数据交换),符号计算,数值积分计算,方程与方程组的数值解,常微分方程(组)数值求解,线性规划和非线性优化问题求解,最大最小问题求解,概率分布与随机数,描述性统计,参数估计与假设检验,回归分析,多项式回归与数据插值,MATLAB 程序编译,系统级仿真工具 Simulink 及其应用等。附录为 Simulink 常用命令列表。

为方便读者的学习和使用,本书免费配备所有案例的源程序以及用于教学和自学的 PPT 课件。

本书可作为一般读者自学并掌握 MATLAB 语言的参考书,也可作为高等院校理工类本科生、研究生系统学习 MATLAB 的教材或参考书,还可作为科研人员和工程技术人员应用 MATLAB 解决实际问题的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

新编 MATLAB/Simulink 自学一本通 / 谢中华等编著

. -- 北京 : 北京航空航天大学出版社, 2017.9

ISBN 978 - 7 - 5124 - 2456 - 2

I. ①新… II. ①谢… III. ①计算机辅助计算—
Matlab 软件 IV. ①TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 161272 号

版权所有,侵权必究。

新编 MATLAB/Simulink 自学一本通

谢中华 李国栋 刘焕进 吴 鹏 郑志勇 编著
责任编辑 陈守平

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京宏伟双华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:40 字数:1 050 千字

2018 年 1 月第 1 版 2018 年 1 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

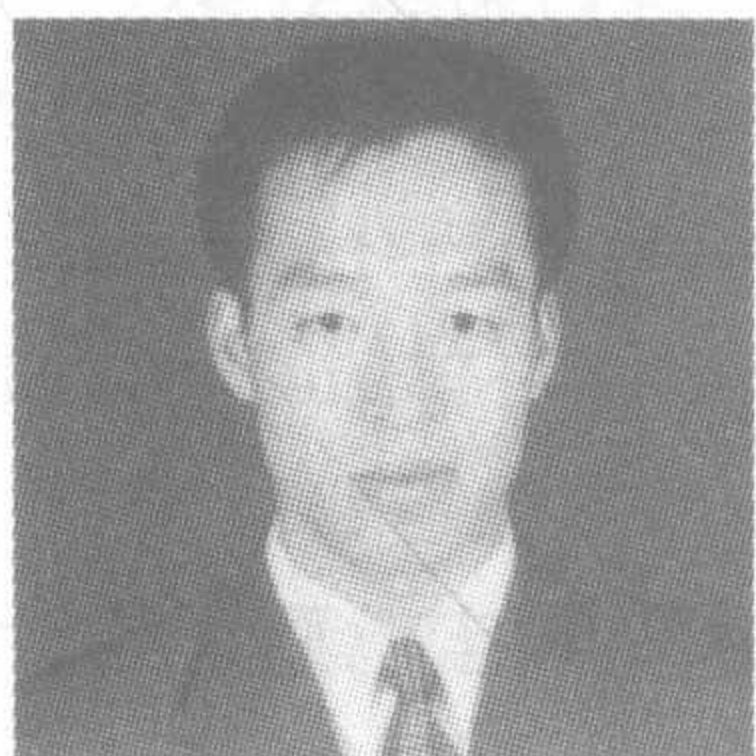
ISBN 978 - 7 - 5124 - 2456 - 2 定价:89.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

作者简介



谢中华, 网名 xiezhzh, 副教授, 资深 MATLAB 培训师, 十多年 MATLAB 编程经验, 已出版书籍《MATLAB 统计分析与应用: 40 个案例分析》。现于天津科技大学数学系任教, 长期从事 MATLAB 相关课程的教学与培训。精通 MATLAB、SAS、R 语言等软件, 擅长多种软件协同编程, 有着扎实的理论基础和丰富的实战经验。



李国栋, 网名 ljelly, 工学博士, 高级工程师, 毕业于哈尔滨工业大学。MATLAB 中文论坛权威会员。在 Mathworks 的 cody 活动中, 目前居全球第 17 位。有多年的 MATLAB 使用经验, 在测量仪器的信号处理与控制、雷达的信号处理等方面进行了应用算法研究。发表学术论文 17 篇, 获得专利 3 项。现任北京市卡姆福科技有限公司研发部经理, 从事智慧供热节能、多能源互补、新风净化等方面的工作。



刘焕进, 网名 liuhuanjinliu, MATLAB 中文论坛版主, 工学博士, 安徽领帆智能装备有限公司研发部经理, 从事工业机器人控制系统设计及开发、数控机床控制系统设计及开发、多轴运动控制器设计及开发等工作。精通 C、C++、Visual C++ 语言, 使用 MATLAB 科学计算软件多年, 积累了丰富的经验, 尤其擅长 MATLAB 图形用户界面编程。



吴鹏, 网名 rocwoods, 曾在阿里、易车等互联网公司担任高级开发工程师, 现任“国家电网公司先进计算及大数据技术联合实验室”以及“大数据算法与分析技术国家工程实验室能源大数据创新中心”开发专家, 有 15 年 MATLAB 编程经验, 曾出版《MATLAB 高效编程技巧与应用: 25 个案例分析》一书, 受到广大读者好评。在人工智能、数值计算、运筹学与最优化、MATLAB 与 C/C++ 混合编程领域有着丰富的项目实战经验。



郑志勇, 网名 ariszhen, 集思录副总裁、合晶睿智创始人, 国内 MATLAB 金融领域的权威人士。先后就职于中国银河证券、银华基金、方正富邦基金, 从事金融产品研究与设计工作。专注于产品设计、量化投资、MATLAB 相关领域的研究, 尤其对于各种结构化产品、分级基金产品有着深入研究。出版的图书包括:《运筹学与最优化 MATLAB 编程》《金融数量分析: 基于 MATLAB 编程》等。



配套资料(程序源代码+课件)

本书所有程序的源代码均可通过 QQ 浏览器扫描二维码免费下载获得。读者也可以通过 <http://buaapress.com.cn/upload/download/20171016mlsl.rar> 或者 <https://pan.baidu.com/s/1dFjdHT3> 下载全部资料。

若有与配套资料下载或本书相关的其他问题,请咨询北京航空航天大学出版社理工图书分社,电话(010)82317036,邮箱:goodtextbook@126.com。

前言

与朋友茶余饭后聊天时,时常有人大发感慨:“现在的人是越来越离不开电脑了,要是没有电脑该怎么办啊!”我也禁不住感慨:“越来越多的人是离不开 MATLAB 了,没有 MATLAB 就做不成研究了。”事实的确如此, MATLAB 已经不再是诞生之初用于线性代数计算的接口程序,而是计算机软件中的“巨无霸”,已经在自然科学、社会生产和科学研究等各领域得到了广泛的应用。有人在用 MATLAB 作数据分析,有人在用 MATLAB 作算法设计,有人在用 MATLAB 作建模仿真,还有人在用 MATLAB 作软件开发……往小了说, MATLAB 能帮我们炒股赚钱;往大了说, MATLAB 能帮助军事专家设计尖端武器。试想一下,或许几年以后,朋友之间打招呼的问候语就是:您今天 MATLAB 了吗?如果到那时您还不会 MATLAB,您很可能就 Out 啦!

如果您目前还是一个 MATLAB 零基础的读者,您大可不必烦恼,本书就是专门为您准备的,它将带领您走进 MATLAB 的殿堂,从入门到精通。本书编写的宗旨就是引领读者从零基础入门,由浅入深地学习,先熟悉 MATLAB“草稿纸式”的编程语言和语法规则,让读者能够调用其内部函数做“傻瓜式”的计算,然后慢慢了解 MATLAB 自带的包罗万象的工具箱,在此基础上可以根据自己的算法熟练地进行扩展编程。在这个过程中,读者会在不知不觉中成为精通 MATLAB 的高手。

本书作者团队是多学科、跨专业的组合,已经在北京航空航天大学出版社出版了 4 本 MATLAB 语言及其应用相关的图书,受到广大读者的普遍欢迎和一致好评,在此,向我们的读者和忠实粉丝们表示感谢!这 4 本图书分别是:

《MATLAB 统计分析与应用:40 个案例分析》(第 2 版),谢中华编著,2015 年 5 月出版。

《MATLAB 高效编程技巧与应用:25 个案例分析》,吴鹏编著,2010 年 6 月出版。

《MATLAB N 个实用技巧——MATLAB 中文论坛精华总结》(第 2 版),刘焕进等编著,2016 年 10 月出版。

《金融数量分析——基于 MATLAB 编程》(第 3 版),郑志勇编著,2015 年 6 月出版。

MATLAB 中文论坛(<http://www.ilovematlab.cn/>)专门为这些著作开设了读者在线交流平台,让读者能够与作者作近乎面对面的交流,解决大家在学习 MATLAB 过程中遇到的各种问题,分享彼此的学习经验。本书将继续延续这一优良传统,通过在线交流平台 <http://www.ilovematlab.cn/forum-263-1.html> 集结大家展开讨论,共同进步!

本书配有大量精心挑选的案例,每个案例都配有注释详尽并且高效率的 MATLAB 程序,旨在不仅教读者使用 MATLAB,还教读者写出高效率的 MATLAB 代码。这些 MATLAB 程序在 MATLAB R2017b 下经过了验证,均能够正确执行,读者可将自己的 MATLAB 更新至较新的版本,以避免出现不必要的问题。本书为读者免费提供程序源代码以及 PPT 课件,以二维码的形式印在扉页及作者简介后,请扫描二维码下载。

本书内容分为 22 章:第 1 章, MATLAB 简介;第 2 章, MATLAB 基本操作;第 3 章, MATLAB 绘图与可视化;第 4 章, MATLAB 程序设计;第 5 章, 图形用户界面(GUI)编程;第 6 章, MATLAB 与 TXT 文件的数据交换;第 7 章, MATLAB 与 Excel 文件的数据交换;第 8

章,数据库连接;第9章,符号计算;第10章,数值积分计算;第11章,方程与方程组的数值求解;第12章,常微分方程(组)数值求解;第13章,线性规划问题;第14章,非线性优化问题;第15章,最大最小问题——公共设施选址;第16章,概率分布与随机数;第17章,描述性统计量和统计图;第18章,参数估计与假设检验;第19章,回归分析;第20章,多项式回归与数据插值;第21章,MATLAB 程序编译;第22章,系统级仿真工具 Simulink 及应用。在章节顺序的安排上,我们是经过深思熟虑的,本着从易到难、从基础到应用及提高的原则。为了能让读者尽快熟悉 MATLAB,学会使用 MATLAB 编出自己的程序,我们把 MATLAB 绘图与可视化、MATLAB 程序设计、图形用户界面等章节放在了前面,这一点不同于一般的 MATLAB 书籍。根据我们的经验,从绘图开始是学习 MATLAB 最为高效快捷的方式,因为各种实用的或是炫目的图形能够激发读者的学习兴趣,有了兴趣自然一切就变得简单了。另外,本书的内容力求与大学必修的高等数学、线性代数和概率论与数理统计等多门主干课程相贴合,这样让读者能够理论结合实践,学习起来更为轻松。

俗话说,术业有专攻,多人合编也是为了发挥作者们各自的专长,将各自在不同领域多年的经验和技巧奉献给读者。本书由谢中华主编并负责统筹定稿,其中第1~3、6、16~20章由谢中华(xiezhzh)编写,第4、9、10、12章由吴鹏(rocwoods)编写,第5、21章由刘焕进(liuhuanjinliu)编写,第8章由郑志勇(ariszheng)编写,第22章由李国栋(ljelly)编写,第7、13、15章由谢中华和郑志勇共同编写,第11、14章由吴鹏和郑志勇共同编写。本书每一章都有作者署名,读者可有针对性地直接提问,这样做是为了对读者负责,并且能够让读者领略到不同作者的编程风格。

本书在写作过程中,得到了北京航空航天大学出版社陈守平编辑、MATLAB 中文论坛独立创始人 math(张延亮)博士的支持与鼓励,陈守平编辑提出了宝贵的修改意见。在此,作者向他们表示最真诚的谢意!

本书的写作还得到了作者领导、同事及学生们的大力支持与帮助,他们在文字校对、课件制作等方面做了大量工作,他们是:张爱妮、胡美兰、马辉、贾旺强、赵玮、丁成、唐小兵、顾玉龙、姜颖飞、侯普文、王翰林、李盼东、于杰、刘鹏、李旦、刘泽华、彭亚林、彭玲、林璐、莫文阳、夏俊、郭宾、孔安平、冯帆、张龙辉、袁欢、占俊、杨雪、周艳梅、牛桢桢、朱文成、岳荣,等。

最后,还要感谢我们的家人,他们默默地为我们付出,支持我们顺利完成本书的写作,在此,向我们的家人表示最衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中难免出现疏漏和错误,恳请广大读者和同行批评指正,联系邮箱:goodtextbook@126.com。

作者

2017年2月

若您对此书内容有任何疑问,可以登录 MATLAB 中文论坛与作者和同行交流。

目 录

第 1 章 MATLAB 简介	1	1.9.1 MATLAB 命令窗口帮助系统 ...	17
1.1 MATLAB 的那些事儿	1	1.9.2 Help 帮助浏览器	18
1.1.1 MATLAB 的起源	1	1.10 参考文献	20
1.1.2 MATLAB 的版本信息	1	第 2 章 MATLAB 基本操作	21
1.1.3 MATLAB 软件的系统组成	3	2.1 变量的定义与数据类型	21
1.1.4 MATLAB 的产品构成	4	2.1.1 变量的定义与赋值	21
1.1.5 Simulink 的产品构成	5	2.1.2 MATLAB 中的常量	21
1.1.6 MATLAB/ Simulink 的应用领域	7	2.1.3 MATLAB 中的关键字	23
1.2 MATLAB 的安装与启动	7	2.1.4 数据类型	23
1.2.1 MATLAB 的安装	7	2.1.5 数据输出格式	24
1.2.2 MATLAB 的启动	7	2.2 常用函数	24
1.3 MATLAB 工作界面	8	2.3 数组的定义	26
1.3.1 工作界面布局	8	2.3.1 向量的定义	26
1.3.2 工作界面的显示属性调整	9	2.3.2 矩阵的定义	27
1.3.3 工作界面的布局调整	9	2.3.3 特殊矩阵	29
1.4 命令窗口(Command Window)	10	2.3.4 高维数组	31
1.4.1 初识 MATLAB 命令	10	2.3.5 访问数组元素	32
1.4.2 分号的重要作用	11	2.3.6 定义元胞数组(Cell Array)	33
1.4.3 MATLAB 命令窗口中常用的快捷键	11	2.3.7 定义结构体数组	34
1.5 历史命令窗口(Command History)	11	2.3.8 几种数组的转换	35
1.6 当前目录窗口(Current Directory)	12	2.3.9 定义数据集数组	36
1.6.1 MATLAB 搜索路径机制和搜索顺序	12	2.3.10 定义表格型数组	37
1.6.2 MATLAB 当前目录管理	13	2.4 数组运算	37
1.6.3 MATLAB 搜索路径设置	13	2.4.1 矩阵的算术运算	37
1.7 工作空间窗口(Workspace)	14	2.4.2 矩阵的关系运算	39
1.8 程序编辑窗口(Editor)	15	2.4.3 矩阵的逻辑运算	40
1.8.1 编辑 M 文件	15	2.4.4 矩阵的其他常用运算	41
1.8.2 M 文件的调用	16	2.5 MATLAB 常用标点符号	43
1.8.3 MATLAB 程序编辑窗口中常用的快捷键	17	2.6 MATLAB 命令窗口中常用的快捷命令	44
1.9 MATLAB 帮助系统	17	2.7 参考文献	45
		第 3 章 MATLAB 绘图与可视化	46
		3.1 图形对象与图形对象句柄	46
		3.1.1 句柄式图形对象	46
		3.1.2 获取图形对象属性名称和属性值	47
		3.1.3 设置图形对象属性值	48

若您对此书内容有任何疑问，可以登录 MATLAB 中文论坛与作者和同行交流。

3.2 二维图形绘制.....	48	4.6.1 重新认识循环	107
3.2.1 基本二维绘图函数	48	4.6.2 提高代码效率的方法	113
3.2.2 二维图形修饰和添加注释.....	51	4.7 养成良好的编程风格	124
3.2.3 常用统计绘图函数	56	4.7.1 命名规则	124
3.2.4 特殊二维绘图函数	57	4.7.2 程序设计注意事项	126
3.3 三维图形绘制.....	59	4.7.3 程序编排与注释	126
3.3.1 常用三维绘图函数	59	4.8 参考文献	127
3.3.2 三维图形的修饰和添加注释	64	第5章 图形用户界面(GUI)编程	128
3.4 图形的打印和输出.....	68	5.1 图形对象	128
3.4.1 把图形复制到剪贴板	68	5.1.1 图形对象的类型	129
3.4.2 把图形导出到文件	70	5.1.2 图形对象的属性	132
3.4.3 打印图形	72	5.1.3 图形对象的操作	135
3.5 动画制作.....	74	5.2 图形用户界面的设计原则和步骤	140
3.5.1 彗星运行轨迹动画	74	5.2.1 图形用户界面设计原则	140
3.5.2 霓虹闪烁动画	75	5.2.2 图形用户界面的设计步骤	141
3.5.3 电影动画	76	5.3 开发图形用户界面的方法	142
3.5.4 录制 AVI 格式视频动画	77	5.4 直接编写 M 文件开发图形用户	145
3.5.5 制作 GIF 格式动画	79	界面	145
3.6 参考文献.....	80	5.4.1 M 文件的类型	145
第4章 MATLAB 程序设计	81	5.4.2 根对象	149
4.1 M 文件——脚本文件和函数文件	81	5.4.3 图形窗口对象	152
4.1.1 脚本文件	81	5.4.4 坐标轴对象	154
4.1.2 函数文件	81	5.4.5 用户界面控件对象	156
4.2 MATLAB 程序流程控制与调试	82	5.4.6 用户菜单对象	168
4.2.1 MATLAB 程序流程控制	82	5.4.7 用户现场菜单对象	169
4.2.2 MATLAB 程序调试	84	5.4.8 用户工具条对象	170
4.3 程序流程控制示例.....	86	5.5 利用 GUIDE 工具开发图形用户	172
4.3.1 概述	86	界面	172
4.3.2 问题分析	86	5.5.1 GUIDE 及其组成部分	172
4.3.3 MATLAB 求解	87	5.5.2 GUIDE 产生的 FIG 文件和 M 文件	173
4.4 匿名函数、子函数与嵌套函数	88	5.5.3 GUIDE 创建的 GUI 中的数据管理	176
4.4.1 匿名函数	88	5.5.4 利用 GUIDE 创建图形用户界面	177
4.4.2 子函数	90	5.6 典型案例介绍	181
4.4.3 嵌套函数	90	5.6.1 基于列表控件的图片浏览器	181
4.4.4 嵌套函数的彼此调用关系	94	5.6.2 在 GUI 中对鼠标进行控制	185
4.5 匿名函数、子函数与嵌套函数应用	98	5.6.3 实现同一 GUI 内的不同控件之间	188
案例.....	98	的数据传递	188
4.5.1 匿名函数应用实例	98		
4.5.2 子函数和嵌套函数应用实例	102		
4.6 编写高效的 MATLAB 程序	107		

5.6.4 实现不同 GUI 之间的数据传递	193	8.3.1 读取 Yahoo 数据	248
5.6.5 在 GUI 中控制 Simulink 仿真过程	197	8.3.2 读取 Google 数据	250
第 6 章 MATLAB 与 TXT 文件的数据交换	201	8.4 参考文献	251
6.1 案例背景	201	第 9 章 符号计算	252
6.2 从 TXT 文件中读取数据	201	9.1 符号对象和符号表达式	252
6.2.1 利用数据导入向导导入 TXT 文件	202	9.1.1 符号对象的创建	252
6.2.2 调用高级函数读取数据	205	9.1.2 符号表达式	253
6.2.3 调用低级函数读取数据	215	9.1.3 运算符	253
6.3 把数据写入 TXT 文件	222	9.1.4 符号计算与数值计算结合	254
6.3.1 调用 dlmwrite 函数写入数据	222	9.2 符号微积分	255
6.3.2 调用 fprintf 函数写入数据	223	9.2.1 极限、导数和级数的符号计算	255
6.4 参考文献	226	9.2.2 符号积分计算	257
第 7 章 MATLAB 与 Excel 文件的数据交换	227	9.3 符号方程求解	258
7.1 利用数据导入向导导入 Excel 文件	227	9.3.1 符号代数方程求解	258
7.2 调用函数读写 Excel 文件	228	9.3.2 符号常微分方程求解	259
7.2.1 调用 xlsinfo 函数获取文件信息	228	9.4 参考文献	263
7.2.2 调用 xlsread 函数读取数据	228	第 10 章 数值积分计算	264
7.2.3 调用 xlswrite 函数把数据写入 Excel 文件	231	10.1 矩形区域积分以及离散数据积分	264
7.3 Excel - Link 宏	232	10.1.1 矩形区域积分	264
7.3.1 Excel 2003 加载 Excel - link 宏	233	10.1.2 离散数据积分	266
7.3.2 使用 Excel - link 宏	234	10.2 含参数积分	267
7.3.3 Excel 2007 与 Excel 2010 加载和使用宏	237	10.3 一般区域二重和三重积分	269
7.4 参考文献	240	10.3.1 概 要	269
第 8 章 数据库连接	241	10.3.2 一般区域二重积分的计算	270
8.1 案例背景	241	10.3.3 一般区域三重积分的计算	272
8.2 MATLAB 实现	241	10.4 一般区域 n 重积分	274
8.2.1 Database 工具箱简介	241	10.5 蒙特卡洛法计算 n 重积分	277
8.2.2 Database 工具箱函数	241	10.5.1 概 述	277
8.2.3 数据库数据读取	242	10.5.2 基本的蒙特卡洛积分法	277
8.2.4 数据库数据写入	246	10.5.3 等分布序列的蒙特卡洛法	278
8.3 网络数据读取	248	10.6 参考文献	281
		第 11 章 方程与方程组的数值求解	282
		11.1 概 述	282
		11.2 MATLAB 求解方程(组)的函数及其用法	282
		11.2.1 左除“\”与右除“/”	282
		11.2.2 fzero 函数	283
		11.2.3 roots 函数	284
		11.2.4 fsolve 函数	285
		11.2.5 含参数方程组求解	286

11.3	应用扩展	287	13.4.2	单纯形法求解	319
11.3.1	等额还款模型	287	13.5	案例扩展——含参数线性规划	
11.3.2	MATLAB 编程求解等额还款模型	288			320
11.4	参考文献	289	13.5.1	目标函数含参数	320
第 12 章	常微分方程(组)数值求解	290	13.5.2	约束函数含参数	321
12.1	数值求解常微分方程(组)函数概述	290	13.6	参考文献	322
12.1.1	概述	290	第 14 章	非线性优化问题	323
12.1.2	初值问题求解函数	290	14.1	理论背景	323
12.1.3	延迟问题以及边值问题求解函数	291	14.2	理论模型	323
12.1.4	求解前的准备工作	292	14.2.1	无约束非线性优化	323
12.2	非刚性/刚性常微分方程初值问题求解	292	14.2.2	约束非线性优化	323
12.2.1	概述	292	14.3	MATLAB 实现	324
12.2.2	非刚性问题举例	292	14.3.1	fminunc 函数(无约束优化)	324
12.2.3	刚性问题举例	294	14.3.2	fminsearch 函数	327
12.3	隐式微分方程(组)求解	297	14.3.3	fmincon 函数	329
12.3.1	概述	297	14.4	案例扩展	333
12.3.2	利用 solve 函数	297	14.4.1	大规模优化问题	333
12.3.3	利用 fzero/fsolve 函数和 ode15i 函数	298	14.4.2	含参数优化问题	334
12.4	微分代数方程(DAE)与延迟微分方程(DDE)求解	302	14.5	参考文献	335
12.4.1	概述	302	第 15 章	最大最小问题——公共设施选址	336
12.4.2	微分代数方程举例	302			336
12.4.3	延迟微分方程(DDE)举例	307	15.1	案例背景	336
12.5	边值问题求解	310	15.1.1	最大最小问题	336
12.5.1	概述	310	15.1.2	垃圾场选址问题	336
12.5.2	求解案例	310	15.2	最大最小问题的 MATLAB 求解	337
12.6	参考文献	314			337
第 13 章	线性规划问题	315	15.2.1	fminimax 函数	337
13.1	案例背景	315	15.2.2	垃圾场选址问题求解	338
13.1.1	线性规划应用	315	15.3	案例扩展	339
13.1.2	线性规划的求解方法	316	15.4	参考文献	341
13.2	线性规划的标准型	316	第 16 章	概率分布与随机数	342
13.3	线性规划问题的 MATLAB 求解	316	16.1	概率分布	342
13.4	线性规划案例分析	318	16.1.1	概率分布的定义	342
13.4.1	传统内点法求解	318	16.1.2	几种常用概率分布	342
			16.1.3	概率密度、分布和逆概率分布函数值的计算	345
			16.2	生成一元分布随机数	347
			16.2.1	均匀分布随机数和标准正态分布随机数	347
			16.2.2	常见一元分布随机数	350
			16.3	生成多元分布随机数	355

若您对此书内容有任何疑问，可以登录 MATLAB 中文论坛与作者和同行交流。

16.4	参考文献	356	18.3.4	总体均值未知时的单个正态总体 方差的 χ^2 检验	379
第 17 章	描述性统计量和统计图	357	18.3.5	总体均值未知时的两个正态总体 方差的比较 F 检验	380
17.1	案例背景	357	18.4	参考文献	381
17.2	案例描述	357	第 19 章	回归分析	382
17.3	描述性统计量	359	19.1	MATLAB 回归模型类	382
17.3.1	均 值	359	19.1.1	线性回归模型类	382
17.3.2	方差和标准差	359	19.1.2	非线性回归模型类	385
17.3.3	最大值和最小值	360	19.2	一元线性回归	386
17.3.4	极 差	360	19.2.1	数据的散点图	387
17.3.5	中位数	361	19.2.2	模型的建立与求解	388
17.3.6	分位数	361	19.2.3	回归诊断	390
17.3.7	众 数	361	19.2.4	稳健回归	394
17.3.8	变异系数	361	19.3	一元非线性回归	395
17.3.9	原点矩	362	19.3.1	数据的散点图	396
17.3.10	中心矩	362	19.3.2	模型的建立与求解	397
17.3.11	偏 度	362	19.3.3	回归诊断	400
17.3.12	峰 度	362	19.3.4	利用曲线拟合工具 cftool 作一元 非线性拟合	402
17.4	统计图	363	19.4	多元线性和广义线性回归	404
17.4.1	箱线图	363	19.4.1	可视化相关性分析	405
17.4.2	频数(率)直方图	364	19.4.2	多元线性回归	406
17.4.3	经验分布函数图	365	19.4.3	多元多项式回归	409
17.4.4	正态概率图	366	19.4.4	拟合效果图	410
17.4.5	p-p 图	367	19.4.5	逐步回归	411
17.4.6	q-q 图	367	19.5	多元非线性回归	413
17.5	案例扩展:频数和频率分布表	368	19.5.1	案例描述	413
17.5.1	调用 tabulate 函数作频数和频率 分布表	368	19.5.2	模型建立	414
17.5.2	调用自编 HistRate 函数作频数和 频率分布表	370	19.5.3	模型求解	415
17.6	参考文献	373	19.6	参考文献	416
第 18 章	参数估计与假设检验	374	第 20 章	多项式回归与数据插值	417
18.1	案例背景	374	20.1	多项式回归	417
18.2	常见分布的参数估计	374	20.1.1	多项式回归模型	417
18.3	正态总体参数的检验	376	20.1.2	多项式回归的 MATLAB 实现	417
18.3.1	总体标准差已知时的单个正态 总体均值的 U 检验	376	20.1.3	多项式回归案例	418
18.3.2	总体标准差未知时的单个正态 总体均值的 t 检验	378	20.2	插值问题的数学描述	423
18.3.3	总体标准差未知时的两个正态总体 均值的比较 t 检验	378	20.2.1	什么是插值	423
			20.2.2	一维插值问题的数学描述	423
			20.2.3	二维插值问题的数学描述	424

若您对此书内容有任何疑问，可以登录 MATLAB 中文论坛与作者和同行交流。

20.2.4	三次样条插值的数学描述	424	应用程序	478	
20.3	一维插值	425	21.5.3	将由 GUIDE 创建的 GUI 程序 编译为可独立运行的程序	481
20.3.1	自编拉格朗日插值函数 lagrange	425	21.5.4	将 MATLAB 程序编译为 C 共享库	484
20.3.2	interp1 函数	426	21.5.5	将 MATLAB 程序编译为 C++ 动态链接库	492
20.3.3	spline 函数	430	21.6	参考文献	500
20.3.4	csape 和 csapi 函数	430	第 22 章	系统级仿真工具 Simulink 及应用	501
20.3.5	spapi 函数(B 样条插值)	432	22.1	Simulink 简介	501
20.3.6	其他一维插值函数	433	22.1.1	何为 Simulink	501
20.4	二维插值	435	22.1.2	Simulink 基础	502
20.4.1	网格节点插值	436	22.1.3	Simulink 仿真原理	518
20.4.2	散乱节点插值	439	22.2	Simulink 动态系统建模与仿真	532
20.5	高维插值	442	22.2.1	动态系统建模	532
20.6	参考文献	444	22.2.2	动态系统仿真	548
第 21 章	MATLAB 程序编译	445	22.2.3	Simulink 与 MATLAB 数据交互	551
21.1	MATLAB 编译器的工作机理	446	22.3	S-Function	555
21.1.1	利用 MATLAB 编译器产生 应用程序或运行库	446	22.3.1	S-Function 简介及原理	555
21.1.2	打包器(wrapper)文件	447	22.3.2	S-Function 实现方式及其特点	558
21.1.3	组件技术文件(CTF)	447	22.3.3	M 语言 S-Function	561
21.2	MATLAB 编译器的安装和配置	447	22.3.4	C MEX S-Function	572
21.2.1	安装要求	447	22.4	命令行仿真技术	581
21.2.2	编译器的安装	448	22.4.1	命令行方式建模	581
21.2.3	编译器的配置	449	22.4.2	命令行方式仿真	582
21.2.4	选项文件	450	22.4.3	命令行仿真示例	585
21.3	编译	453	22.5	综合实例	588
21.3.1	有关 MATLAB 编译器技术	453	22.5.1	案例 1:字符编码与版本兼容	588
21.3.2	mcc 命令详解	454	22.5.2	案例 2:用 S-Function 自定义模块	592
21.3.3	输入和输出文件	459	22.5.3	案例 3:温度控制	601
21.4	部署	462	22.5.4	案例 4:模糊 PID 控制	608
21.4.1	确定需要打包的文件	462	22.5.5	案例 5:磁悬浮控制	615
21.4.2	使用部署工具	464	22.6	参考文献	620
21.4.3	部署到目标计算机	472	附录	Simulink 常用命令列表	621
21.5	典型案例介绍	475			
21.5.1	将脚本 M 文件编译为独立的 应用程序	475			
21.5.2	将函数 M 文件编译为独立的				

第 1 章

MATLAB 简介

谢中华(xiezh)

1.1 MATLAB 的那些事儿

1.1.1 MATLAB 的起源

说到 MATLAB,就不得不提到大名鼎鼎的 Cleve Moler 博士和 John Little 工程师。我们先来认识一下这两位牛人。

在 20 世纪 70 年代中期,Cleve Moler 博士和他的同事在美国国家科学基金的资助下开发了矩阵运算的 FORTRAN 子程序库:EISPACK 和 LINPACK。其中,EISPACK 是特征值求解的 FOETRAN 程序库;LINPACK 是解线性方程的程序库。在当时,这两个程序库代表了矩阵运算的最高水平。

有了这两个程序库之后,身为美国 New Mexico 大学计算机系系主任的 Cleve Moler 在给 学生讲授线性代数课程时,就开始教学生使用这两个程序库,但他发现学生用 FORTRAN 编写接口程序很费时间,于是他自己动手,利用业余时间为学生编写了 EISPACK 和 LINPACK 的接口程序。Cleve Moler 把这个接口程序命名为 MATLAB,其为矩阵(matrix)和实验室(laboratory)两个英文单词的前三个字母的组合。在此后的很多年里,MATLAB 在美国的各大学间广泛流传,被多所大学作为教学辅助软件使用,深受学生们的喜爱。

时间到了 1983 年的春天,Cleve Moler 到 Standford 大学讲学。听了 Moler 的讲授,工程师 John Little 被 MATLAB 深深地吸引住了。John Little 敏锐地觉察到 MATLAB 在工程领域的广阔前景。同年,他和 Cleve Moler、Steve Bangert 一起,用 C 语言开发了第二代专业版 MATLAB。这一代的 MATLAB 语言同时具备了数值计算和数据图形化的功能。

1984 年,Cleve Moler、John Little 等一批数学家和软件专家组建了 MathWorks 公司,正式把 MATLAB 推向市场,并继续进行 MATLAB 的研究和开发。

1.1.2 MATLAB 的版本信息

MathWorks 公司于 1984 年正式推出 MATLAB 软件的第一个商业版本 MATLAB 1.0,此时的 MATLAB 已经用 C 语言作了完全的改写,功能上也有了很大的扩展,除了原有的数值计算外,还增加了数据的图形可视化功能。1990 年推出的 MATLAB 3.5 是第一个可以运行于 Windows 系统的版本,它可以在两个窗口中分别显示命令行计算结果和图形结果。稍后推出的 SimuLAB 环境首次引入了基于框图的仿真功能,它就是大家现在所熟知的 Simulink 的前身。

MathWorks 公司于 1992—1993 年推出了具有划时代意义的基于 Windows 平台的 MATLAB 4.0 版,随后于 1994 年推出了 4.2 版。4.x 版在继承和发展其原有的数值计算和

图形可视化的同时,还出现了以下几个重要变化:

(1) 推出了一个交互式操作的动态系统建模、仿真、分析集成环境——Simulink。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。

(2) 推出了符号计算工具包。1993 年 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 Symbolic Math Toolbox 1.0。此举结束了国际上数值计算、符号计算孰优孰劣的长期争论,促成了两种计算的互补发展新时代。

(3) 构造了 Notebook。MathWorks 公司瞄准应用范围最广的 Word,运用 DDE 和 OLE,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环境。

MathWorks 公司于 1997—1999 年陆续推出了 MATLAB 5.0、5.1、5.3 版,其开始支持更多的数据类型,如元胞数组、结构体数组、多维数组、对象与类等。随 5.3 版还推出了全新的最优化工具箱和 Simulink 3.0,使 MATLAB 的仿真计算能力又上了一个新台阶。

2000 年 10 月,MathWorks 公司推出了 MATLAB 6.0 版,此时的 MATLAB 拥有了全新的操作界面,同时具备了命令窗口(Command Window)、工作空间窗口 Workspace(也称当前变量窗口)和历史命令窗口(Command History),使得用户操作起来更为方便。新增加的多种交互式工具也使 MATLAB 图形的绘制、导入、导出操作简单易行。MATLAB 6.0 的计算内核也做了更新,不再使用 EISPACK 和 LINPACK,而是改用了更具优势的 LAPACK 软件包和 FFTW 系统。MATLAB 6.0 中对外部数据和代码访问能力、GUI 开发能力也有了大幅度的提高,与 C 语言接口及转换的兼容性也更强,与之配套的 Simulink 4.0 也增加了很多新特性。

2001 年 6 月的 6.1 版推出了全新的开发环境 GUIDE(GUI Development Environment):在命令窗口增加了错误跟踪功能(error display message and abort function);在图形窗口增加了曲线拟合、数据统计等交互工具;引入了类与对象及函数句柄等概念,用户可以创建自己定义类函数和函数句柄;改进了程序编辑/调试器(Editor/Debugger)的界面及功能,增加了行号和书签等功能;增加了虚拟现实工具箱(Virtual Reality Toolbox),使用标准的虚拟现实建模语言(VRML)技术,可以创建由 MATLAB 和 Simulink 环境驱动的三维动画场景;在应用程序接口方面增加了与 Java 的接口(Interface for Java),并为二者的数据交换提供了相应的程序库。

MathWorks 公司于 2002—2003 年推出了 MATLAB 6.5/Simulink 5.0 系列版本。该系列版本开始采用 JIT 加速器(JIT - Accelerator),对许多运算和数据类型,JIT 加速器能够显著提高 MATLAB 的计算速度。随后于 2004 年 7 月推出 MATLAB 7.0/Simulink 6.0,于 2005 年 7 月推出 MATLAB 7.1/Simulink 6.3。

从 2006 年开始,MathWorks 公司对产品发布模式做了一些调整,在每年的 3 月和 9 月进行两次产品发布,3 月发布的产品的版本编号为“R 年份 a”,9 月发布的产品的版本编号为“R 年份 b”。

从 MATLAB R2008b 版本开始,MuPAD 取代 Maple 成为新的符号计算引擎。MathWorks 公司于 2012 年 9 月推出了 MATLAB 8.0(MATLAB R2012b)版本,对 MATLAB 的工作界面布局做出了重大调整。随后于 2014 年 3 月推出了 MATLAB 的第一个中文版本(MATLAB R2014a)。在 MATLAB R2015b 版本中,MathWorks 公司开始使用重新设计的

若您对此书内容有任何疑问,可以登录 MATLAB 中文论坛与作者和同行交流。

MATLAB 执行引擎,改进后的架构对一条执行路径上的所有 MATLAB 代码执行即时(JIT)编译,该引擎改进了语言质量并大幅提高了程序的运行效率。

MATLAB 软件的每一个新版本都较上一个版本做了一些更新和改进,并且具有向上兼容的特性。也就是说,新版本能兼容老版本,反之则不行。因此,有些在 MATLAB 较新版本中才出现的函数在老版本中不能正常运行,这也属于正常。

1.1.3 MATLAB 软件的系统组成

MATLAB 系统包括以下 6 个主要组成部分。

1. 桌面工具和开发环境

MATLAB 为用户提供了一个集成的开发环境,以方便用户利用 MATLAB 自带的函数和文件进行产品开发。所谓的桌面工具和开发环境就是 MATLAB 的一些工具集,大多具有图形用户界面,包括 MATLAB 桌面、命令窗口、工作空间、程序编辑器和调试器、代码分析器、帮助信息浏览器、文件及其他工具等。

2. 数学函数库

MATLAB 中有一个功能强大的数学函数库,涉及大量的数值计算算法,其中既有基础算法,如求和函数(sum)、正弦函数(sin)、余弦函数(cos)和复数运算等,也有一些复杂算法,如矩阵求逆、求矩阵的特征值、贝塞尔函数和快速傅里叶变换等。

3. MATLAB 编程语言

MATLAB 编程语言是以矩阵/数组为基本运算单元的交互式高级编程语言,又称为 M 语言。它包括程序流控制、函数、数据结构、输入/输出、面向对象编程功能等。利用 MATLAB 编程语言,用户既可以快速编写简单的小程序,也可进行大规模应用程序的开发。

4. 图形可视化

MATLAB 还有非常强大的图形可视化功能,可以根据数据进行绘图、为图形添加标注和打印图形。MATLAB 提供了一些高级绘图函数,用来绘制二维和三维图形、制作动画以及进行图像处理等。MATLAB 还提供了一些低级绘图函数,用来灵活控制图形的显示效果,用户还可以利用句柄式图形对象创建图形用户界面。

5. 外部接口

MATLAB 外部接口是一个能使 MATLAB 与 C、FORTRAN 等其他高级编程语言进行交互的函数库。通过 MATLAB 外部接口,用户可以很方便地在 MATLAB 环境下调用 C 或 FORTRAN 代码,也可把 MATLAB 作为计算引擎用在 C 或 FORTRAN 等语言环境中。另外,用户还可以使用 MATLAB 的外部接口读、写 MATLAB 特有的 MAT 文件。

6. Simulink

Simulink 是 MATLAB 中的一种可视化仿真工具,是一种基于 MATLAB 的框图设计环境,是实现动态系统建模、仿真和分析的一个软件包,被广泛应用于线性系统、非线性系统、数字控制及数字信号处理的建模和仿真中。Simulink 可以用连续采样时间、离散采样时间或两种混合的采样时间进行建模,它也支持多速率系统,也就是系统中的不同部分具有不同的采样速率。为了创建动态系统模型,Simulink 提供了一个建立模型方块图的图形用户接口(GUI),这个创建过程只需单击和拖动鼠标操作就能完成,它提供了一种更快捷、直接明了的方式,而且用户可以立即看到系统的仿真结果。

全世界数以万计的科学家和工程师利用 Simulink 模型解决了诸多领域的问题。这些领

域包括航空航天和国防、汽车、通信、电子与信号处理、医疗器械等。

1.1.4 MATLAB 的产品构成

MathWorks 公司利用 M 语言开发了涉及各个专业领域解决实际应用问题的丰富的工具箱,它们构成了一个完整的 MATLAB 产品家族。随着新版本的不断发布,MATLAB 产品家族也在不断地进行更新,几乎每个新版本都会增加一些新的函数或工具箱。有关 MATLAB 工具箱的最新信息可在 MathWorks 公司网站(<http://www.mathworks.cn/products>)中查询。

根据专业领域的不同,目前 MATLAB 产品家族主要包括以下工具箱。

1. 并行计算

- Parallel Computing Toolbox(并行计算工具箱)
- MATLAB Distributed Computing Server(分布式计算服务器)

2. 数学与优化

- Optimization Toolbox(优化工具箱)
- Symbolic Math Toolbox(符号计算工具箱)
- Partial Differential Equation Toolbox(偏微分方程工具箱)
- Global Optimization Toolbox(全局优化工具箱)

3. 统计与数据分析

- Statistics Toolbox(统计工具箱)
- Neural Network Toolbox(神经网络工具箱)
- Curve Fitting Toolbox(曲线拟合工具箱)
- Spline Toolbox(样条工具箱)
- Model - Based Calibration Toolbox (基于模型矫正工具箱)

4. 控制系统设计与分析

- Control System Toolbox(控制系统工具箱)
- System Identification Toolbox(系统辨识工具箱)
- Fuzzy Logic Toolbox(模糊逻辑工具箱)
- Robust Control Toolbox(稳健控制工具箱)
- Model Predictive Control Toolbox(模型预测控制工具箱)
- Aerospace Toolbox(航空航天工具箱)

5. 信号处理与通信

- Signal Processing Toolbox(信号处理工具箱)
- Signal Processing Blockset(信号处理模块)
- Communications Toolbox(通信工具箱)
- Filter Design Toolbox(滤波器设计工具箱)
- Filter Design HDL Coder(滤波器设计 HDL 编码器)
- Wavelet Toolbox(小波工具箱)
- Fixed - Point Toolbox(定点工具箱)
- RF Toolbox(射频工具箱)