



资深作者编写，基于MATLAB R2015b平台讲述最优化计算的权威著作
以最优化计算为主线、MATLAB为辅助工具进行讲述，实用性强，优化方法丰富
书中提供200多个实例，全部源于作者的实际工作

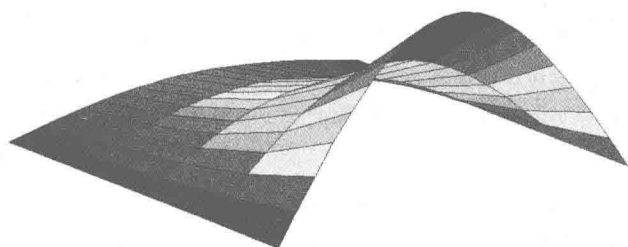
MATLAB R2015b Optimization Calculation

MATLAB R2015b 最优化计算



◎ 李娅 编著
Li Ya

清华大学出版社



MATLAB R2015b Optimization Calculation

MATLAB R2015b 最优化计算

◎ 李娅 编著
Li Ya

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 MATLAB R2015b 版本进行编写,以最优化计算为主线、MATLAB 为辅助工具进行讲述,实用性非常强,优化方法也非常丰富,主要包括 MATLAB R2015b 概述、MATLAB 计算基础、MATLAB 数值计算、最优化计算概述、线性规划、非线性规划、整数规划、二次规划、多目标规划及其他规划、群智能算法等内容。

本书侧重于最优化算法的 MATLAB 实现,精选了大量的最优化实例,通过实例分析求解,做到理论与实践相结合。

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,也可作为高校该类课程的本科生和研究生教材,还可作为读者查询最优化数学问题求解方法的参考书。

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 R2015b 最优化计算/李娅编著. —北京:清华大学出版社,2017

(精通 MATLAB)

ISBN 978-7-302-44563-0

I. ①M… II. ①李… III. ①Matlab 软件 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 174862 号

责任编辑:刘 星 梅荣芳

封面设计:刘 健

责任校对:梁 毅

责任印制:王静怡

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:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:26.5

字 数:644 千字

版 次:2017 年 1 月第 1 版

印 次:2017 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:69.00 元

产品编号:070582-01

MATLAB 作为一款科学计算软件逐渐被广大科研人员所接受,以其强大的数据计算功能、图像的可视化界面及代码的可移植性受到了广大高校师生及科研人员的认可,借助 MATLAB 能够解决绝大部分的工程问题。对于从事数据分析和计算方面的工作者和学习者来说,MATLAB 是一个很好的工具。

MATLAB 的创始人是 Cleve Moler,他是美国工程院院士,MathWorks 董事长和首席数学家。MATLAB 可用于算法开发、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。它将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化以及非线性动态系统建模和仿真等诸多强大功能集成在一个易于使用的视窗环境中,为需要进行有效数值计算的众多科学领域提供了一种全面的解决方案,并在很大程度上摆脱了传统非交互式程序设计语言(如 C、Fortran)的编辑模式,代表了当今国际科学计算软件的先进水平。

最优化理论和方法自古就有,最典型的实例就是黄金分割,最优化方法形成为科学方法则是在 17 世纪后。牛顿和莱布尼茨创立的微积分理论为最优化问题的解决提供了理论基础,而后产生的优化方法和简单库存模型等精确的解析方法可以称为古典最优化方法。虽然古典最优化方法出现得比较早,但是由于计算手段的限制,这些方法在解决实际问题时遇到了瓶颈,随着计算机的兴起和日益普及,原来制约优化设计的技术突飞猛进,得到了广泛的应用并创造了巨大的经济效益和社会价值。

随着计算机应用技术的发展,各种可用于最优化的方法设计与实现的软件层出不穷,丰富了科研技术开发研究手段,提高了解决实际问题的效率。而 MATLAB 以其强大的科学计算功能和覆盖面广、专业性强的工具箱发展成适合多学科、跨平台的大型实用科学计算软件,也为最优化计算问题的解决提供了有力的工具。

本书以工程应用为基础,将最优化理论和方法与 MATLAB 相结合,帮助读者从理论和实践两个方面提高解决最优化的能力,让即便是数学基础不够深厚的读者,也同样能够利用 MATLAB 解决较难的最优化数学问题,为读者能够快速进入这个领域、设计高效可行的最优化方案奠定一个扎实的基础。

编写本书具有如下特点。

(1) 版本新,函数新。

MATLAB 每年更新两次,神经网络工具箱也随之更新换代,许多旧的函数废弃不用,同时又有新的函数补充进来。本书基于 MATLAB R2015b,介绍了新版本下的神经网络工具箱的使用方法。

(2) 由浅入深,层次分明。

本书的内容以最优化理论为主线,最优化方法与实际应用相结合的实例为基础,结合编者的多年教学实践经验,由浅入深地介绍各种最优化理论和方法在 MATLAB 中的实现方法。

(3) 内容讲解不枯燥。

本书结合相关理论和实践,由实践支撑理论,通过求解流程以及算法迭代过程的实现,让读者更容易理解并且掌握,书中许多实例是读者经常碰到的,读起来不枯燥。

(4) 应用性强。

在介绍最优化设计的章节中,每章都有应用 MATLAB 解决各领域中的实际最优化问题,最后以一个或几个实际应用的例子总结本章内容,帮助降低读者学习门槛、提高学习效率。

全书共分为 10 章,主要内容包括:

第 1 章 介绍 MATLAB R2015b,主要包括 MATLAB 的发展史、MATLAB R2015b 的新功能、MATLAB 的工作环境及控制流等内容。

第 2 章 介绍 MATLAB 计算基础,主要包括 MATLAB 的矩阵、绘图、编程技巧等内容。

第 3 章 介绍 MATLAB 数值计算,主要包括数据排序、符号运算、多项式运算、数据插值等内容。

第 4 章 对最优化计算进行概述,主要包括最优化的发展史、最优化的定义、优化工具箱等内容。

第 5 章 介绍线性规划,主要包括对线性规划的概述,线性规划的标准型、方法、实际应用等内容。

第 6 章 介绍非线性规划,主要包括非线性规划的概述、一维最优化方法、多维无约束非线性、非线性规划的实际应用等内容。

第 7 章 介绍整数规划,主要包括整数规划的概述、案例分析、求解、实际应用等内容。

第 8 章 介绍二次规划,主要包括等式约束二次规划及二次规划的 MATLAB 实现等内容。

第 9 章 介绍多目标规划及其他规划,主要包括多目标规划、最大最小化、半无限规划、动态规划等内容。

第 10 章 介绍了群智能算法,主要包括粒子群算法、遗传算法、模拟退火算法等内容。

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,也可作为高校该类课程的本科生和研究生的教材,还可作为读者查询最优化数学问题求解方法的参考书。

本书主要由李娅编写,此外参与编写的还有李炳辉、李丹、曾虹雁、邓俊辉、邓秀乾、邓耀隆、高泳崇、李嘉乐、李旭波、梁朗星、梁志成、刘超、刘泳、卢佳华、张棣华、张金林、钟东山、詹锦超、叶利辉、杨平和许兴杰。

由于时间仓促,加之作者水平有限,错误和疏漏之处在所难免。在此,诚恳地期望得到各领域的专家和广大读者的批评指正。

作者

2016 年 5 月

第 1 章 MATLAB R2015b 概述	1
1.1 MATLAB 简介	1
1.1.1 MATLAB 的发展史	1
1.1.2 MATLAB 的优点	2
1.1.3 MATLAB 系统组成	3
1.1.4 MATLAB 应用程序	4
1.1.5 MATLAB R2015b 新功能	5
1.2 MATLAB R2015b 的工作环境	7
1.2.1 MATLAB R2015b 的安装	7
1.2.2 MATLAB 集成开发环境	13
1.3 MATLAB R2015b 的帮助系统	21
1.3.1 纯文件帮助	22
1.3.2 文档帮助	24
1.3.3 Demos 帮助	25
1.4 MATLAB 初步使用	26
1.5 MATLAB 的基础知识	26
1.5.1 数据类型	27
1.5.2 运算符	34
1.6 控制流	37
1.6.1 顺序结构	38
1.6.2 选择结构	38
1.6.3 循环结构	41
1.6.4 错误控制结构	44
1.7 M 文件	45
1.7.1 M 脚本文件	45
1.7.2 M 函数文件	46
第 2 章 MATLAB 计算基础	48
2.1 矩阵及其运算	48
2.1.1 矩阵的创建	48
2.1.2 矩阵的运算	50
2.1.3 矩阵的分解	55
2.2 复数及其运算	58
2.2.1 复数的表示	59

目录

2.2.2	复数的绘图	60
2.2.3	复数操作函数	61
2.3	MATLAB 绘图	62
2.3.1	绘图的基本步骤	62
2.3.2	在工作区直接绘图	63
2.3.3	利用函数绘图	64
2.3.4	图形的修饰	71
2.3.5	绘制特殊图形	73
2.4	简单图像处理	75
2.5	MATLAB 函数	76
2.5.1	函数类型	76
2.5.2	参数传递	83
2.6	编程技巧	88
2.6.1	嵌套计算	88
2.6.2	循环计算	90
2.6.3	处理机制	91
2.6.4	使用全局变量	91
第 3 章	MATLAB 数值计算	94
3.1	数据排序	94
3.1.1	最值	94
3.1.2	平均值与中值	95
3.1.3	分位数	96
3.1.4	求和(积)	97
3.1.5	求累积积(和)	98
3.1.6	方差与标准差	99
3.1.7	协方差与相关系数	100
3.1.8	排序	101
3.1.9	偏斜度与峰值	103
3.2	符号运算	105
3.2.1	符号对象的生成	105
3.2.2	符号表达式的操作	106
3.2.3	符号微积分	113
3.3	多项式运算	116
3.3.1	多项式的四则运算	116

3.3.2	多项式的导数	117
3.3.3	多项式的求值	118
3.3.4	多项式求根	120
3.3.5	有理多项式	120
3.4	数据插值	121
3.4.1	一维插值	122
3.4.2	二维插值	125
3.4.3	三次样条插值	128
3.4.4	高维插值	131
3.5	数据拟合	132
3.5.1	多项式拟合	132
3.5.2	最小二乘拟合	133
3.5.3	非线性最小二乘拟合	134
第 4 章	最优化计算概述	136
4.1	最优化的定义	136
4.2	最优化问题的提出	137
4.3	常规设计与优化设计	137
4.4	最优化的发展史	138
4.5	最优化问题的数学描述	141
4.5.1	模型的三要素	141
4.5.2	问题分类	142
4.5.3	几何意义	143
4.6	最优化的实现步骤	146
4.7	最优化的应用	147
4.8	优化工具箱	148
4.8.1	优化工具箱函数	148
4.8.2	foptions 函数	149
第 5 章	线性规划	154
5.1	概述	154
5.1.1	线性规划的发展史	154
5.1.2	线性规划的一般问题	155
5.2	线性规划的标准型	156
5.2.1	一般标准型	157

目录

5.2.2	矩阵标准型	157
5.2.3	向量标准型	157
5.2.4	非标准型	157
5.3	单纯形法	159
5.4	修正单纯形法	164
5.5	大 M 法	167
5.6	有界单纯形法	170
5.7	MATLAB 函数实现线性规划	171
5.7.1	MATLAB 线性规划标准型	171
5.7.2	MATLAB 实现线性规划	172
5.8	线性规划的实际应用	176
5.8.1	生产决策问题	176
5.8.2	生产计划安排问题	177
5.8.3	配料问题	179
5.8.4	投资选择问题	180
5.8.5	平衡指派问题	181
5.8.6	人员安排问题	184
5.8.7	运输问题	186
5.8.8	投资收益与风险问题	188
第 6 章	非线性规划	191
6.1	概述	191
6.1.1	非线性规划的发展史	191
6.1.2	非线性规划的数学模型	192
6.1.3	非线性规划的常见问题	193
6.1.4	非线性规划的典型代表	193
6.2	一维最优化方法	194
6.2.1	基本思想	194
6.2.2	进退法	195
6.2.3	黄金分割法	197
6.2.4	斐波那契法	199
6.2.5	牛顿法	201
6.2.6	割线法	202
6.2.7	MATLAB 实现一维最优化	203
6.3	多维无约束非线性	207

6.3.1	最速下降法	207
6.3.2	牛顿法	209
6.3.3	共轭梯度法	210
6.3.4	Powell 算法	212
6.3.5	多维无约束 MATLAB 实现	214
6.4	多维约束非线性规划	224
6.4.1	拉格朗日乘子法	225
6.4.2	罚函数法	227
6.4.3	混合罚函数法	232
6.4.4	MATLAB 实现多维约束非线性规划	235
6.5	非线性规划的实际应用	239
6.5.1	物理问题	239
6.5.2	供应与选址问题	240
6.5.3	资金调用问题	242
6.5.4	商品最优存储问题	243
6.5.5	产销量最佳安排问题	246
6.5.6	经营方式安排问题	248
6.5.7	证券投资组合问题	249
6.5.8	飞行管理问题	250
第 7 章	整数规划	254
7.1	概述	254
7.2	整数规划的案例分析	255
7.2.1	多方案选择方法	255
7.2.2	多方案选择的应用	257
7.3	整数规划的求解	258
7.3.1	分支定界法	259
7.3.2	隐枚举法	263
7.3.3	割平面法	267
7.4	MATLAB 实现整数规划	272
7.5	指派问题	275
7.6	整数规划的实际应用	277
7.6.1	工作安排问题	277
7.6.2	新产品研制问题	279
7.6.3	合理下料问题	281

目录

7.6.4	资金分配问题	284
7.6.5	生产计划问题	285
7.6.6	选课问题	288
7.6.7	背包问题	290
第 8 章	二次规划	293
8.1	等式约束二次规划	293
8.1.1	直接消去法	294
8.1.2	拉格朗日乘子法	295
8.1.3	起作用集法	297
8.1.4	Wolfe 算法	301
8.1.5	路径跟踪法	304
8.2	MATLAB 实现二次规划	307
第 9 章	多目标规划及其他规划	315
9.1	多目标规划	315
9.1.1	多目标规划的基本定义	315
9.1.2	多目标规划的简史	316
9.1.3	多目标规划的数学模型	316
9.1.4	多目标规划的求解方法	317
9.1.5	处理多目标规划的方法	319
9.1.6	MATLAB 实现多目标规划	323
9.1.7	多目标规划的实际应用	327
9.2	最大最小化	332
9.2.1	最大最小化的模型	332
9.2.2	MATLAB 实现最大最小化	333
9.2.3	最小最大化在选址问题中的应用	338
9.3	半无限规划	339
9.3.1	半无限规划的概述	339
9.3.2	MATLAB 实现半无限规划	340
9.4	动态规划	344
9.4.1	动态规划的概念意义	344
9.4.2	动态规划的基本意义	345
9.4.3	动态规划的实现方法	345
9.4.4	动态规划的实际应用	350

9.5 图与网络优化	357
9.5.1 图的基本概念	357
9.5.2 树的基本概念	359
9.5.3 最短路径问题	362
9.5.4 网络最大流问题	365
9.5.5 最小费用最大流	371
第 10 章 群智能算法	376
10.1 粒子群算法	376
10.1.1 粒子群算法的概述	376
10.1.2 粒子群算法极值的求解	377
10.2 遗传算法	391
10.2.1 遗传算法的概述	391
10.2.2 MATLAB 实现遗传算法	396
10.3 模拟退火算法	400
10.3.1 模拟退火的原理	400
10.3.2 模拟退火的寻优步骤	401
10.3.3 MATLAB 求解模拟退火	401
10.3.4 模拟退火的背包问题	407
参考文献	409

MATLAB 是 Matrix、Laboratory 两个词的组合,意为矩阵工厂(矩阵实验室),是由美国 MathWorks 公司发布的主要面对科学计算、可视化以及交互式程序设计的高科技计算环境。它将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化及非线性动态系统的建模和仿真等诸多强大功能集成在一个易于使用的视窗环境中,为必须进行有效数值计算的众多科学领域提供了一种全面的解决方案,代表了当今国际科学计算软件的先进水平。

MATLAB 的基本数据单位是矩阵,它的指令表达式与数学、工程中常用的形式十分相似,故用 MATLAB 解算问题比用 C、Fortran 等语言完成相同的事情简捷得多,并且 MATLAB 吸收了像 Maple 等软件的优点,使之成为一个强大的数学软件。

1.1 MATLAB 简介

MATLAB 最初是由 Clever Moler 用 Fortran 语言设计的,有关矩阵的算法来自 Linpack 和 Eispack 课题的研究成果。现在的 MATLAB 程序是由 MathWorks 公司用 C 语言开发的。本节主要介绍 MATLAB 的整体情况及特点。

1.1.1 MATLAB 的发展史

MATLAB 的发展史主要经过以下几个历程。

1. 正式走向市场

1984 年,由 Little、Moler、Steve Bangert 合作成立了 MathWorks 公司,他们用 C 语言开发了第二代 MATLAB,并正式把 MATLAB 推向市场。此时,MATLAB 已经具备了数值计算和数据图示化的功能。

2. MATLAB 4.X 版本

20 世纪 90 年代,MATLAB 已经成为国际控制界的标准计算软

件。1992年,MathWorks公司推出了MATLAB 4.0版本,并于第二年推出了微机版,使得软件的应用范围逐渐扩大。1994年推出的4.2c版本更是为图形界面设计方面提供了新方法。

Simulink的应用起始于MATLAB 4.0版本,它被放在MATLAB的核心执行文件中。从MATLAB 4.2开始,Simulink以工具包的形式单独出现。

3. MATLAB 5.X 版本

MATLAB 5.X版本是MathWorks公司于20世纪90年代末期推出的。该版本可以处理更多的数据结构,例如结构体、多维矩阵以及类等,这使得MATLAB的编程更加简单方便。1999年推出的5.3版本则进一步增强了MATLAB语言的功能。

4. MATLAB 6.X 版本

为了提高MATLAB在数值算法、界面设计和外部接口等诸多方面的功能,MathWorks公司在2000年10月底推出了MATLAB 6.0版本。2003年,MATLAB R6.5版本采用了新的JIT加速技术,为MATLAB程序提供了更快的执行速度。

在MATLAB 6.5版本中,Simulink升级为5.0版本,该版本创建出完整的嵌入式系统设计环境。开发者可以在单一的环境下完成工程,同时还可以选择自动将算法及应用程序转换成C++等程序代码。

5. MATLAB 7.X 版本

MathWorks于2004年推出的MATLAB 7.0版本,为开发者提供了许多新的便捷功能。新版本允许同时使用多个文件和图形窗口,可以根据自己的习惯和喜好定制桌面环境(如窗口大小、布局等),还可以设计自定义快捷键。

在随后的几年中,MathWorks公司陆续推出了MATLAB 7.1~7.14版本,不断地优化和提高了MATLAB的性能。2012年的7.14版本包含了MATLAB®、Simulink®和Polyspace®三项产品新功能。

6. MATLAB 8.X 版本

MATLAB 2012b版,即8.0版,有了很大的改变。最明显的是其桌面,在MATLAB主窗口中,工具条取代了菜单和工具栏。帮助文档进行了重新设计,改进了浏览、搜索和筛选功能。当命令行窗口中输入函数或变量出错时,会得到更正的建议信息。本书是以MATLAB R2015b平台进行编写的。

1.1.2 MATLAB 的优点

MATLAB语言与其他计算机高级语言相比,有着明显的优点。

1. 简单易用

MATLAB是一个高级的矩阵/阵列语言,它包含程序流控制、函数、数据结构、输入/

输出和面向对象编程特点。用户可以在命令行窗口中将输入语句与执行命令同步,也可以先编写好一个较大的、复杂的应用程序(M文件)后再一起运行。新版本的 MATLAB 语言是基于最流行的 C++ 语言的,因此语法特征与 C++ 语言极为相似,而且更加简单,更加符合科技人员对数学表达式的书写格式,因此非常有利于非计算机专业的人员使用。另外这种语言可移植性好,可拓展性极强,这也是 MATLAB 能够深入科学研究及工程计算各个领域的重要原因。

2. 平台可移植性强

解释型语言的平台兼容性一般强于编译型语言。MATLAB 拥有大量的平台独立措施,支持 Windows 98/2000/NT 和许多版本的 UNIX 系统。用户在一个平台上编写的代码不需要修改就可以在另一个平台上运行,为研究人员节省了大量的时间成本。

3. 丰富的预定义函数

MATLAB 提供了极为庞大的预定义函数库,提供了许多打包的基本工程问题的函数,如求解微分方程、求矩阵的行列式、求样本方差等,都可以直接调用预定义函数完成。另外,MATLAB 还提供了许多专用的工具箱,以解决特定领域的复杂问题。比如,系统提供了信号处理工具箱、控制系统工具箱、图像工具箱等一系列解决专业问题的工具箱。用户也可以自行编写自定义的函数,将其作为自定义的工具箱。

4. 以矩阵为基础的运算

MATLAB 被称为矩阵实验室,其运算是以矩阵为基础的,如标量常数可以被认为是 1×1 矩阵。用户不需要为矩阵的输入/输出和显示编写关于矩阵的子函数,以矩阵为基础数据结构的机制缩短了大量编程时间,将烦琐的工作交由系统完成,使用户可以将精力集中于所需解决的实际问题。

5. 强大的图形界面

MATLAB 具有强大的图形处理能力,带有很多绘图和图形设置的预定义函数,用区区几行代码就可以绘制复杂的二维和三维图形。MATLAB 的 GUIDE 则允许用户编写完整的图形界面程序,在 GUIDE 环境中,用户可以使用图形界面所需的各种控制以及菜单栏和工具栏。

1.1.3 MATLAB 系统组成

MATLAB 系统由 MATLAB 开发环境、MATLAB 数学函数库、MATLAB 语言、MATLAB 图形处理系统和 MATLAB 应用程序接口(API)五大部分组成。

1. MATLAB 开发环境

MATLAB 开发环境是一套方便用户使用 MATLAB 函数和文件的工具集,其中许多工具是图形化用户接口。它是一个集成化的工作区,可以让用户输入/输出数据,并提

供 M 文件的集成编译和调试环境。它包括 MATLAB 桌面、命令行窗口、M 文件编辑调试器、MATLAB 工作区和在线帮助文档等。

2. MATLAB 数学函数库

MATLAB 数学函数库包含了大量的计算算法,从基本运算(如加法)到复杂算法(如矩阵求逆、贝塞尔函数、快速傅里叶变换等),体现了其强大的数学计算功能。

3. MATLAB 语言

MATLAB 语言是一种高级的基于矩阵/数组的语言,包括程序流控制、函数、脚本、数据结构、输入/输出、工具箱和面向对象编程等特点。用户既可以用它快速编写简单的程序,也可以用它编写庞大复杂的应用程序。

4. MATLAB 图形处理系统

图形处理系统使得 MATLAB 能方便地图形化显示向量和矩阵,而且能对图形添加标注和打印。它包括强大的二维及三维图形函数、图像处理和动画显示等函数。

5. MATLAB 程序接口

MATLAB 程序接口可以使 MATLAB 方便地调用 C 和 Fortran 程序,以及在 MATLAB 与其他应用程序间建立客户/服务器关系。

1.1.4 MATLAB 应用程序

应用程序(也称工具箱)是 MATLAB 的重要部分,它是 MATLAB 强大功能得以实现的载体和手段,是对 MATLAB 基本功能的重要扩充。

应用程序又可以分为功能性应用程序和学科应用程序。功能性应用程序用来扩充 MATLAB 的符号计算、可视化建模仿真,以及与硬件实时交互等功能,能用于多种学科;学科应用程序是专业性比较强的应用程序,控制工具箱、信号处理与通信工具箱等都属于此类。

在 MATLAB R2015b 版本中的应用程序如图 1-1 所示。

下面对科学计算中常用的应用程序所包含的主要内容进行简要介绍。

1. 样条工具箱

样条工具箱主要包括:分段多项式和 B 样条、样条的构造、曲线拟合及平滑、函数微积分。

2. 优化工具箱

优化工具箱主要包括:线性规划和二次规划、求函数的最大值和最小值、多目标优化、约束条件下的优化、非线性方程求解。

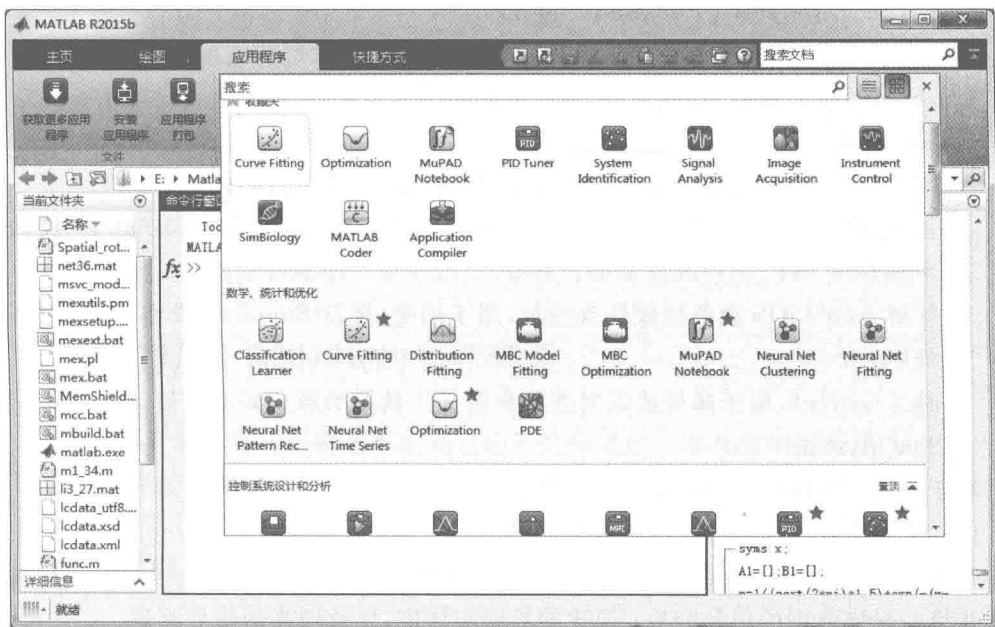


图 1-1 展开的工具箱

3. 偏微分方程工具箱

偏微分方程工具箱主要包括：二维偏微分方程的图形处理、几何表示、自适应曲线绘制、有限元方法。

1.1.5 MATLAB R2015b 新功能

MATLAB R2015b 包括 MATLAB 和 Simulink 产品的新功能,以及其他产品的更新和补丁修改。

(1) MATLAB 产品系列的新功能如下。

① MATLAB

- 将自定义工具箱的文档集成到 MATLAB 帮助浏览器;
- 将 MapReduce 算法扩展到 MATLAB Distributed Computing Server,用于数据密集型应用程序;
- 为 Arduino Leonardo 和其他 Arduino 板卡提供支持。

② MATLAB Compiler

包括创建插件的功能(用于 Microsoft Excel 桌面应用程序)。

③ MATLAB Compiler SDK

对 MATLAB Compiler 的扩展,用于创建 C/C++、Java® 和 .NET 共享库,还可用作 MATLAB Production Server 的开发框架。

④ Statistics and Machine Learning Toolbox

分类学习器应用程序,用于使用监督式机器学习训练模型和分类数据。