

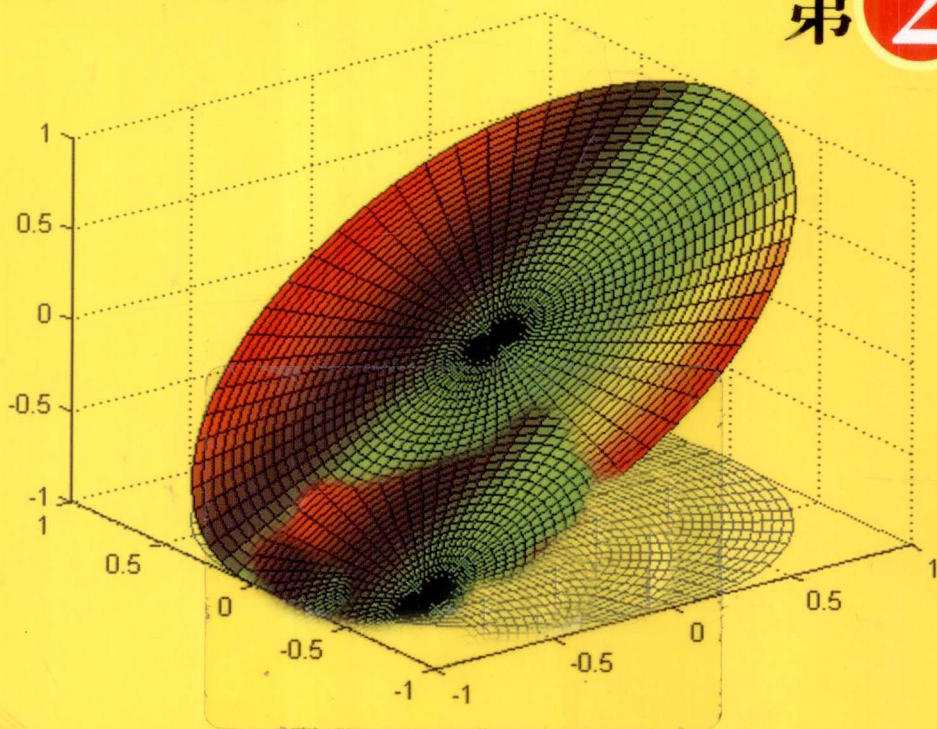
MATLAB 工程应用书库 ←

MATLAB

数字图像处理

张德丰 等编著

第2版



网上提供源代码下载
www.cmpbook.com

- 合理、完善的知识体系结构
- 内容丰富，重点突出，应用性强
- 免费提供相关程序源代码下载
- 深入、详细剖析 MATLAB 工程应用技术

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

MATLAB 工程应用书库

MATLAB 数字图像处理

第 2 版

张德丰 等编著



机械工业出版社

本书以最新版 MATLAB R2011a 为平台编写, 简洁明了地介绍了数字图像处理的功能、方法的理论及背景, 同时又紧密联系实现应用, 以具体的事例说明函数的使用方法。在事例中强调了如何用 MATLAB 图像处理工具箱解决图像处理中的问题和节省了图像处理的时间和精力, 提高了图像处理的效率。

全书共分 11 章, 第 1 章讲解了 MATLAB 基础知识, 让读者对 MATLAB 有一个概要的认识。第 2~10 章分别讲解了图像处理基础、图像运算、图像编码、图像变换、图像增强、图像复原、图像的分割、图像数学形态学处理和小波图像处理等内容, 向读者展示了 MATLAB 对数字图像进行处理的方法及技巧。第 11 章总结性地介绍数字图像在各个领域中的应用, 让读者进一步领略到 MATLAB 的强大功能和广泛的应用范围。

本书可作为高等理工院校电子信息、通信工程、信号与信息处理学科的本科生教材, 也可作为研究生以及从事图像研究的科研工作者的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 数字图像处理 / 张德丰等编著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2012.1

(MATLAB 工程应用书库)

ISBN 978-7-111-37022-2

I. ①M… II. ①张… III. ①数字图像处理- Matlab 软件
IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 282616 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 丁 诚 张淑谦

责任编辑: 张淑谦 罗子超 陈崇昱

责任印制: 杨 曦

保定市中画美凯印刷有限公司印刷

2012 年 3 月第 2 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·27.5 印张·682 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-37022-2

定价: 63.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

MATLAB R2011a 是由美国 MathWorks 公司开发的商业数学软件，主要用于概念设计、算法开发、建模仿真、实时实现的理想集成环境，是目前最好的科学计算类软件之一。MATLAB R2011a 的新功能包括 MATLAB 和 Simulink 的新功能、两种新产品以及对 81 种其他产品的更新和缺陷修复程序。

MATLAB 产品新增的重要功能有：

- 改进了 MATLAB 中许多线性代数函数的性能。
- Optimization Toolbox (优化工具箱)，针对二次规划的大规模内点求解器，可对二次规划进行解算。
- Financial Toolbox (金融工具箱)，面向对象的投资组合优化求解器，并附带周转率和交易成本。
- Econometrics Toolbox (计量经济学工具箱)，Engle-Granger 和 Johansen 共整测试，以及 VEC 参数估计。
- MATLAB Compiler (编译器)，使用 Parallel Computing Toolbox (并行计算工具箱) 生成的可执行程序 and 组件最多可使用 8 个本地 worker。

此外，还新增了可用于在 MATLAB 和 Simulink 中进行设计的系统工具箱：

- 新增的 DSP System Toolbox™ 产品，结合了 Signal Processing Blockset (信号处理模块) 与 Filter Design Toolbox (滤波器设计工具箱) 功能。
- 新增的 Communications System Toolbox (通信系统工具箱) 产品，结合了 Communications Toolbox (通信工具箱) 与 Communications Blockset (通信模块) 功能。
- 新增的 Computer Vision System Toolbox (计算机视觉系统工具箱) 产品，集成了 Video and Image Processing Blockset (视频和图像处理模块) 的功能并添加了新的计算机视觉算法。
- 新增的 Phased Array System Toolbox (相控阵系统工具箱) 产品，用于设计、仿真和分析相控阵信号处理系统。

新增代码生成的产品有：

- 新增的 MATLAB Coder (MATLAB 编译器) 产品，可直接从 MATLAB 生成可移植 C/C++ 代码。
- 新增的 Simulink Coder (Simulink 编译器) 产品，结合了 Real-Time Workshop 与 Stateflow Coder 的功能。
- 新增的 Embedded Coder (嵌入式编译器) 产品，结合了 Real-Time Workshop Embedded Coder、Embedded IDE Link 与 Target Support Package 的功能。

Simulink 产品的重要功能：

- 信号记录选择器，能在各模型间比较仿真结果，并在 Simulink 中运行。
- 可在 Simulink Report Generator 中对来自 XML 文本的 Simulink 模型进行合并。
- 对 Simulink HDL Coder、EDA Simulator Link 与 xPC Target 中的 Xilinx 设备提供

FPGA 在环、可自定义 I/O 和板卡支持。

- 可使用 SimDriveline 中的 Simscape 语言进行自定义组件编写。
- 可使用 Simulink Design Verifier (Simulink 设计验证) 中的 Polyspace 技术自动检测溢出、除零设计错误。

MATLAB 支持 5 种图像类型, 即索引图像、灰度图像、二值图像、RGB 图像和多帧图像阵列; 支持 BMP、GIF、HDF、JPEG、PCX、PNG、TIFF、XWD、CUR、ICO 等图像文件格式的读、写和显示。MATLAB 对图像的处理功能主要集中在它的图像处理工具箱 (Image Processing Toolbox) 中。图像处理工具箱是由一系列支持图像处理操作的函数组成的, 可以进行诸如几何操作、线性滤波和滤波器设计、图像变换、图像分析与图像增强、二值图像操作以及形态学处理等图像处理操作。

在数字图像处理领域对问题的求解通常需要丰富的实验工作, 包括软件模拟和大量样本图像的测试。虽然典型算法的开发是基于理论支持的, 但这些算法的实现几乎总是要求参数估计, 并常常进行算法修正与候选求解方案的比较。这样, 灵活的、综合的以及由许多资料证明的软件开发环境就是一个关键因素。这些因素对开发成本、开发时间和图像处理求解方法, 都具有重要意义。编写本书的主要目标就是提供一个可用现代软件工具实现图像处理算法的基础。

本书具有如下特点:

- 图像处理理论和应用举例两者相结合, 即每介绍一个知识点的理论都有相应的应用举例。
- 根据国内有关专业本科生和研究生的培养规划, 介绍了图像处理技术方面的新理论、新技术、新标准和新应用, 使读者充分了解图像处理技术的新发展和新应用;
- 注重于 MATLAB 图像在实际生活中的应用举例, 使读者能学以致用。

本书主要由张德丰编著, 参与本书编写的还有何正风、周品、赵新芬、赵书兰、余俊渠、刘志为、张欢、丁伟雄、杨文茵、周燕、崔如春和杨跃武。可作为学习和使用 MATLAB 进行图形图像处理的有价值的参考书。书中错误或疏漏之处, 敬请读者批评指正。

编者

目 录

前言

第 1 章 MATLAB 及数字图像概述	1
1.1 MATLAB 概述及发展史	1
1.1.1 MATLAB 发展史	1
1.1.2 MATLAB 基本功能	2
1.1.3 MATLAB R2011a 新功能	2
1.1.4 MATLAB 应用领域	3
1.2 MATLAB R2011a 的安装与激活	4
1.3 MATLAB 用户界面	8
1.3.1 “Start” 按钮	9
1.3.2 菜单栏	9
1.4 MATLAB 工作环境	13
1.4.1 命令窗口	13
1.4.2 命令历史窗口	15
1.4.3 工作空间	15
1.4.4 数组编辑窗口	17
1.4.5 搜索路径及设置	17
1.5 MATLAB 联机帮助	19
1.5.1 帮助窗口	19
1.5.2 帮助命令	20
1.6 变量	24
1.6.1 变量命名规则	24
1.6.2 变量类型	26
1.7 常用符号	28
1.8 矩阵的创建	29
1.8.1 直接输入元素创建矩阵	29
1.8.2 创建特殊矩阵	30
1.9 数据可视化	33
1.10 程序结构	35
1.10.1 顺序结构	35
1.10.2 循环结构	36
1.10.3 分支结构	38
1.11 数字图像简介	41
1.11.1 数字图像发展概况	41
1.11.2 数字图像应用领域	44

第 2 章 图像处理基础	47
2.1 图像类型及常用术语	47
2.2 图像处理的基本操作	48
2.3 特殊图像显示技术	53
2.4 图像处理高级应用	58
2.4.1 图像处理高级应用基本函数	58
2.4.2 图像处理高级应用示例	61
2.5 图像类型及其转换	66
2.5.1 图像类型	66
2.5.2 图像类型转换	67
2.6 图像色彩	74
2.6.1 图像退色处理	74
2.6.2 颜色模型	76
2.6.3 颜色模型转换	77
2.6.4 色彩处理	81
第 3 章 图像运算	85
3.1 图像运算基本类型	85
3.2 点运算	85
3.3 图像代数运算	86
3.3.1 图像加法运算	87
3.3.2 图像减法运算	89
3.3.3 图像乘法运算	91
3.3.4 图像除法运算	92
3.3.5 图像绝对差值运算	94
3.3.6 图像求补运算	95
3.3.7 图像线性运算	96
3.3.8 图像非线性运算	97
3.4 图像的逻辑运算	98
3.5 几何变换基础	99
3.5.1 齐次坐标	99
3.5.2 齐次坐标的一般表现形式及意义	101
3.5.3 二维图像几何变换的矩阵	101
3.6 图像几何运算	103
3.6.1 图像插值	103
3.6.2 调整图像大小	105
3.6.3 图像的旋转	107
3.6.4 图像的裁剪	109
3.7 空间变换	110
3.7.1 图像镜像变换	110

3.7.2 图像仿射	112
3.7.3 图像投影变换	113
3.8 邻域与块处理	116
3.8.1 滑动邻域处理	116
3.8.2 块处理	119
3.9 区域处理	122
3.9.1 指定目标区域	123
3.9.2 区域滤波处理	127
3.9.3 区域填充处理	128
第4章 图像编码	130
4.1 图像压缩编码简介	130
4.1.1 图像压缩编码的必要性	130
4.1.2 图像压缩编码的可能性	131
4.1.3 图像压缩编码的评价准则	132
4.2 熵编码	134
4.2.1 信息熵	134
4.2.2 赫夫曼编码	134
4.2.3 算术编码	139
4.2.4 行程编码	143
4.3 预测编码	145
4.4 变换编码	148
4.4.1 离散余弦变换编码	150
4.4.2 哈达玛变换编码	151
4.4.3 小波变换编码	153
第5章 图像变换	156
5.1 线性变换	156
5.1.1 标量表达式	156
5.1.2 矢量表示	156
5.1.3 矩阵表示	157
5.1.4 基平面	157
5.2 离散傅里叶变换	157
5.2.1 傅里叶变换的基本概念及性质	157
5.2.2 离散傅里叶变换推导	160
5.2.3 傅里叶变换的应用	163
5.3 离散余弦变换	166
5.3.1 余弦变换的定义	166
5.3.2 离散余弦变换的应用	168
5.4 沃尔什-哈达玛变换	171
5.4.1 Walsh 函数	171

5.4.2	沃尔什-哈达玛变换的定义	172
5.4.3	沃尔什-哈达玛变换的应用	177
5.5	Hough 变换	178
5.5.1	Hough 变换的基本原理	178
5.5.2	Hough 变换的应用	179
5.6	Radon 变换	181
5.6.1	Radon 变换的基本原理	181
5.6.2	Radon 变换的应用	182
5.6.3	Radon 逆变换	185
5.6.4	Radon 逆变换应用	185
5.7	Fan-Beam 变换	188
5.7.1	Fan-Beam 投影的基本原理	188
5.7.2	Fan-Beam 变换的应用	188
5.7.3	Fan-Beam 逆变换	189
第 6 章	图像增强	194
6.1	图像增强原理及方法	194
6.2	空域变换增强	195
6.2.1	直接灰度变换	195
6.2.2	直方图灰度变换	200
6.2.3	直方图修正	204
6.3	空域滤波增强	206
6.3.1	基本原理	206
6.3.2	平滑滤波器	207
6.3.3	中值滤波器	214
6.3.4	锐化滤波器	216
6.4	频域增强	220
6.4.1	低通滤波器	221
6.4.2	高通滤波器	225
6.4.3	同态滤波器	229
6.5	彩色增强	231
6.5.1	密度分割法	231
6.5.2	彩色变换	232
6.5.3	伪色彩增强	234
第 7 章	图像复原	236
7.1	图像退化复原及噪声分析	236
7.1.1	图像退化的原因	236
7.1.2	图像复原的方法	236
7.1.3	常用的噪声密度和过程分析	236
7.2	图像退化模型	238

7.2.1 连续退化模型	240
7.2.2 离散退化模型	240
7.2.3 循环矩阵对角化模型	244
7.3 退化函数估计	245
7.3.1 图像观察估计法	245
7.3.2 模型估计法	245
7.4 非约束复原	247
7.4.1 非约束复原	247
7.4.2 逆滤波复原	248
7.4.3 消除匀速运动模糊	250
7.5 维纳 (Wiener) 滤波复原	253
7.5.1 维纳 (Wiener) 滤波复原的基本介绍	253
7.5.2 维纳 (Wiener) 滤波复原的应用	254
7.6 最小二乘滤波复原	257
7.6.1 最小二乘滤波复原的基本介绍	257
7.6.2 最小二乘滤波复原的应用	258
7.7 Lucy_Richardson 滤波复原	260
7.7.1 Lucy_Richardson 滤波复原的基本介绍	260
7.7.2 Lucy_Richardson 滤波复原的应用	261
7.8 空域滤波复原	263
7.8.1 均值滤波器复原	263
7.8.2 顺序统计滤波器	264
7.8.3 自适应滤波器	266
7.9 频域滤波复原	267
第 8 章 图像的分割	268
8.1 基于阈值选取的图像分割法	268
8.1.1 双峰法	269
8.1.2 迭代法	270
8.1.3 大津法	271
8.1.4 分水岭算法	273
8.2 边缘检测算子	276
8.2.1 Roberts 边缘算子	278
8.2.2 Sobel 边缘算子	279
8.2.3 Prwitte 边缘算子	280
8.2.4 LoG 边缘算子	281
8.2.5 零交叉方法	284
8.2.6 Canny 边缘算子	285
8.2.7 各种边缘检测算子的比较	287
8.3 边界跟踪	288



8.3.1 跟踪基本原理	288
8.3.2 边界跟踪 MATLAB 实现	288
8.4 直线提取	292
8.4.1 Hough 检测直线的基本原理	292
8.4.2 Hough 检测直线的 MATLAB 实现	292
8.5 区域生长与分裂合并	295
8.5.1 区域生长	295
8.5.2 区域分裂与合并	299
8.5.3 四叉树分割	300
8.6 其他分割法	304
8.6.1 彩色图像分割	304
8.6.2 彩色图像分割 MATLAB 实现	307
第 9 章 图像数学形态学处理	309
9.1 数学形态学简介	309
9.2 集合论中的基本概念	309
9.3 膨胀与腐蚀形态基本运算	310
9.3.1 结构元素	311
9.3.2 膨胀与腐蚀	316
9.3.3 开运算与闭运算	319
9.3.4 骨架化	321
9.4 击中或击不中	324
9.5 基于形态学对象的操作	325
9.5.1 边缘提取	326
9.5.2 特征提取	327
9.5.3 连通标注与选择	332
9.6 形态学的应用	336
9.6.1 距离变换	336
9.6.2 寻找峰值和谷值	339
9.6.3 查表操作	344
9.6.4 形态重构	346
9.6.5 形态滤波	347
9.7 灰度图像形态学	349
9.7.1 灰度图像的膨胀与腐蚀	349
9.7.2 灰度图像开、闭运算	350
9.7.3 多尺度形态学梯度的边缘检测	351
9.8 纹理特征提取	352
9.8.1 直方图统计特征	353
9.8.2 自相关函数	354
9.8.3 灰度共生矩阵	355

9.9 区域描述	357
9.9.1 几何特征	357
9.9.2 不变矩	359
第 10 章 小波图像处理	363
10.1 小波定义	363
10.2 小波变换	364
10.2.1 连续小波变换	364
10.2.2 离散小波变换	365
10.2.3 小波包算法	368
10.3 小波变换函数	370
10.3.1 单层二维离散小波变换	370
10.3.2 多层二维离散小波变换	372
10.3.3 提取小波系数	374
10.3.4 小波多层重构	377
10.3.5 小波单层重构	380
10.3.6 二维平稳小波变换	381
10.3.7 小波包变换	382
10.3.8 其他二维小波变换函数	383
10.4 小波应用图像的去噪与压缩	387
10.4.1 基于小波图像的去噪与压缩函数	387
10.4.2 基于小波包图像的去噪与压缩函数	392
10.5 小波变换应用于图像增强	394
10.6 小波变换应用于图像融合	395
第 11 章 数字图像处理的实际应用	399
11.1 MATLAB 在遥感图像处理中的应用	399
11.1.1 遥感的基本介绍	399
11.1.2 遥感图像对直方图进行匹配处理	400
11.1.3 对遥感图像进行增强处理	403
11.1.4 对遥感图像进行融合	407
11.2 MATLAB 在医学图像处理中的应用	410
11.2.1 医学图像的基本介绍	410
11.2.2 医学图像的灰度变换	411
11.2.3 基于高频强调滤波和直方图均衡化的医学图像增强	415
11.3 MATLAB 在数字水印技术中的应用	418
11.3.1 数字图像水印技术的基本介绍	418
11.3.2 数字图像水印技术的实现	421
11.4 MATLAB 在神经网络识别中的应用	423
参考文献	427

第1章 MATLAB 及数字图像概述

MATLAB 是由 Matrix 和 Laboratory 两个英文单词的前 3 个字母组合而成的。简称为“矩阵实验室”，是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件，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，主要包括 MATLAB 和 Simulink 两大部分。

1.1 MATLAB 概述及发展史

MATLAB 是一个主要面对科学计算、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、科学数据可视化以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，为科学研究、工程设计以及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，并在很大程度上摆脱了传统非交互式程序设计语言（如 C 和 FORTRAN）的编辑模式，代表了当今国际科学计算软件的先进水平。

1.1.1 MATLAB 发展史

20 世纪 70 年代，美国新墨西哥大学计算机科学系主任 Cleve Moler 为了减轻学生编程的负担，用 FORTRAN 语言编写了最早的 MATLAB。1984 年由 Little, Moler, Steve Bangert 合作成立了的 MathWorks 公司正式把 MATLAB 推向市场。到 20 世纪 90 年代，MATLAB 已成为国际控制界的标准计算软件。

MATLAB 的发展历程如表 1-1 所示。

表 1-1 MATLAB 发展历程

版本号	建造编号	发布时间/年
MATLAB 1.0		1984
MATLAB 2		1986
MATLAB 3		1987
MATLAB 3.5		1990
MATLAB 4		1992
MATLAB 4.2C	R7	1994
MATLAB 5.0	R8	1996
MATLAB 5.1	R9	1997
MATLAB 5.1.1	R9.1	1997
MATLAB 5.2	R10	1998
MATLAB 5.2.1	R10.1	1998
MATLAB 5.3	R11	1999

(续)

版本号	建造编号	发布时间/年
MATLAB 5.3.1	R11.1	1999
MATLAB 6.0	R12	2000
MATLAB 6.1	R12.1	2001
MATLAB 6.5	R13	2002
MATLAB 6.5.1	R13SP1	2003
MATLAB 6.5.2	R13SP2	2003
MATLAB 7	R14	2004
MATLAB 7.0.1	R14SP1	2004
MATLAB 7.0.4	R14SP2	2005
MATLAB 7.1	R14SP3	2005
MATLAB 7.2	R2006a	2006
MATLAB 7.3	R2006b	2006
MATLAB 7.4	R2007a	2007
MATLAB 7.5	R2007b	2007
MATLAB 7.6	R2008a	2008
MATLAB 7.7	R2008b	2008
MATLAB 7.8	R2009a	2009.3.6
MATLAB 7.9	R2009b	2009.9.4
MATLAB 7.10	R2010a	2010.3.5
MATLAB 7.11	R2010b	2010.9.3
MATLAB 7.12	R2011a	2011.4.8
MATLAB 7.13	R2011b	2011.9.1

1.1.2 MATLAB 基本功能

MATLAB 和 Mathematica 还有 Maple 并称为三大数学软件。MATLAB 可以进行矩阵运算、绘制函数和数据、实现算法、创建用户界面、连接其他编程语言的程序等，主要应用于工程计算、控制设计、信号处理与通信、图像处理、信号检测、金融建模设计与分析等领域。

MATLAB 的基本数据单位是矩阵，它的指令表达式与数学或工程中常用的形式十分相似，故用 MATLAB 来解算问题要比用 C 或 FORTRAN 等语言完成相同的事情简捷得多，并且 MATLAB 也吸收了像 Maple 等软件的优点，使其成为一个强大的数学软件。在新的版本中也加入了对 C, FORTRAN, C++ 和 Java 的支持。很多 MATLAB 程序可以直接调用，用户也可以将自己编写的实用程序导入到 MATLAB 函数库中，方便以后调用，此外许多 MATLAB 爱好者编写的一些经典的程序，用户可以直接进行下载使用。

1.1.3 MATLAB R2011a 新功能

MATLAB R2011a 包括 MATLAB 和 Simulink 的若干新功能、两种新产品以及对其他 81 种产品的更新和缺陷修复程序。

MATLAB 系列产品新增重要功能：

- 改进了 MATLAB 中许多线性代数函数的性能;
- Optimization Toolbox (优化工具箱) 中针对二次规划的大规模内点求解器, 可对二次规划进行解算;
- Financial Toolbox (金融工具箱) 中的面向对象的投资组合优化求解器, 并附带周转率和交易成本;
- Econometrics Toolbox (计量经济学工具箱) 中的 Engle-Granger 和 Johansen 共同测试, 以及 VEC 参数估计;
- MATLAB Compiler (编译器) 使用 Parallel Computing Toolbox (并行计算工具箱) 生成的可执行程序 and 组件最多可使用 8 个本地 worker。

新增了可用于 MATLAB 和 Simulink 中进行设计的系统工具箱:

- 新增 DSP System Toolbox 产品, 结合了 Signal Processing Blockset (信号处理模块) 与 Filter Design Toolbox (滤波器设计工具箱) 功能;
- 新增 Communications System Toolbox (通信系统工具箱) 产品, 结合了 Communications Toolbox (通信工具箱) 与 Communications Blockset (通信模块) 功能;
- 新增 Computer Vision System Toolbox (计算机视觉系统工具箱) 产品, 集成了 Video and Image Processing Blockset (视频和图像处理模块) 的功能并添加了新的计算机视觉算法;
- 新增 Phased Array System Toolbox (相控阵系统工具箱) 产品, 用于设计、仿真和分析相控阵信号处理系统。

新增的代码生成产品有:

- 新增 MATLAB Coder (MATLAB 编译器) 产品, 可直接从 MATLAB 生成可移植 C/C++ 代码;
- 新增 Simulink Coder (Simulink 编译器) 产品, 结合了 Real-Time Workshop 与 Stateflow Coder 的功能;
- 新增 Embedded Coder (嵌入式编译器) 产品, 结合了 Real-Time Workshop Embedded Coder、Embedded IDE Link 与 Target Support Package 功能。

Simulink 系列产品新增重要功能:

- 信号记录选择器, 能在各模型间比较仿真结果, 并在 Simulink 中运行;
- 可在 Simulink Report Generator 中对来自 XML 文本的 Simulink 模型进行合并;
- 对 Simulink HDL Coder、EDA Simulator Link 与 xPC Target 中的 Xilinx 设备提供 FPGA 在环、可自定义 I/O 和板卡支持;
- 可使用 SimDriveline 中的 Simscape 语言进行自定义组件编写;
- 可使用 Simulink Design Verifier (Simulink 设计验证) 中的 Polyspace 技术自动检测溢出、除零设计错误。

1.1.4 MATLAB 应用领域

MATLAB 是 Simulink 和其他所有 MathWorks 产品的基础, 可以通过附加产品进行扩展, 以应用于:

- 数学优化。

- 统计和数据分析。
- 控制系统设计和分析。
- 信号处理和通信。
- 图像处理。
- 测试和测量。
- 金融建模和分析。
- 应用程序部署。
- 数据库连接和报表。
- 分布式计算。

1.2 MATLAB R2011a 的安装与激活

MATLAB R2011a 的安装步骤如下：

1) 将 MATLAB R2011a 的安装盘放入 CD-ROM 驱动器，系统将自动运行程序，进入初始化界面，如图 1-1 所示。

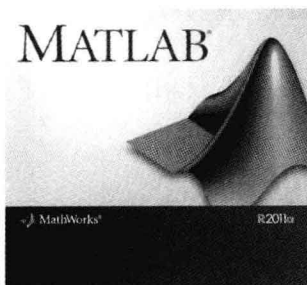


图 1-1 MATLAB R2011a 安装界面

2) 启动安装程序后显示的安装界面如图 1-2 所示。选择 “Install without using the Internet (不在互联网上安装程序)” 单选按钮，再单击 “Next” 按钮。



图 1-2 “MathWorks Installer” 对话框

3) 弹出如图 1-3 所示的 “License Agreement (查看软件注册协议)” 对话框，若同意 MathWorks 公司的安装许可协议，则选择 “Yes” 单选按钮，然后单击 “Next” 按钮。

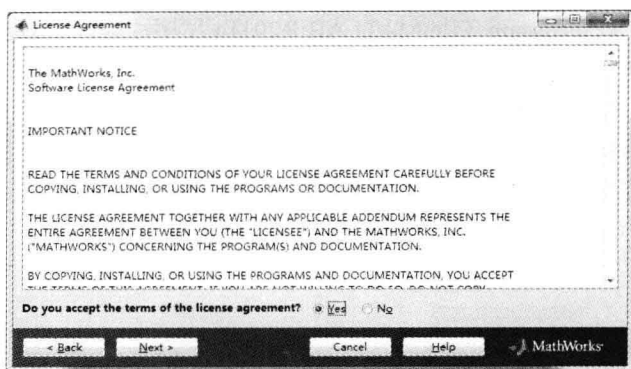


图 1-3 “License Agreement”对话框

4) 弹出如图 1-4 所示的“File Installation Key (程序安装密钥)”对话框, 输入软件外包装封面或安装许可文件内提供的密钥, 单击“Next”按钮。

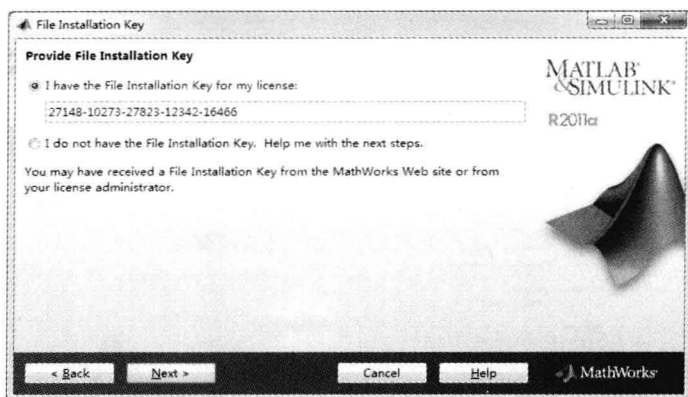


图 1-4 “File Installation Key”对话框

5) 若输入正确, 系统将弹出如图 1-5 所示的“Installation Type (安装类型)”对话框, 可以选择“Typical”或“Custom”安装类型。如果选择“Typical”, 安装工具将默认安装所有工具箱及组件, 此时所需空间超过 6GB。

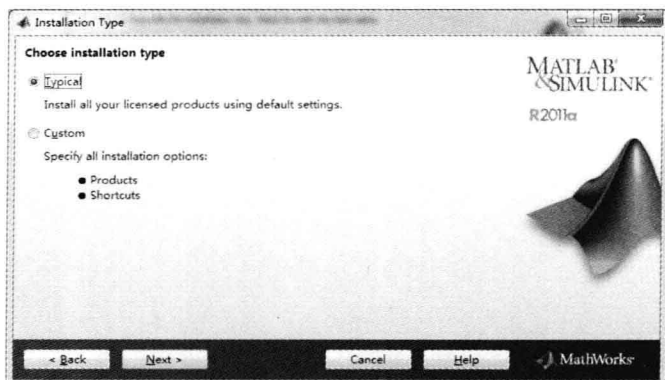


图 1-5 “Installation Type”对话框