

MATLAB仿真与应用系列丛书

详解

本书提供源代码下载

MATLAB

数字图像处理

张德丰 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

MATLAB 仿真与应用系列丛书

详解 MATLAB 数字 图像处理

张德丰 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统论述了数字图像处理的基本概念、工作原理及在工程应用中的算法，精选了科学和工程中常用的多个算法，全部采用 MATLAB 语言编程实现，并结合实例对算法程序进行了验证和分析。其中，详细讲解了图像及其分类、图像数字化技术、图像处理和分析、颜色空间分析、点运算、图像的代数运算、离散傅里叶变换、快速傅里叶变换、离散余弦变换、图像的增强、图像的复原、图像的压缩编码、图像的检测与分割技术分析、阈值分割分析、图像表示与描述、形态学基本概念及运算、形状表示分析、小波变换在图像处理中的应用分析等内容。并对 MATLAB 的基础知识及使用方法也作了详细的介绍。

本书可作为计算机、电子信息及通信等相关专业本科生和研究生学习用书，也可作为广大科研人员、学者、工程技术人员的参考书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

详解 MATLAB 数字图像处理 / 张德丰编著. —北京: 电子工业出版社, 2010.7
(MATLAB 仿真与应用系列丛书)

ISBN 978-7-121-11113-6

I. ①详… II. ①张… III. ①数字图像处理—计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 111409 号

策划编辑: 陈韦凯

责任编辑: 刘真平 文字编辑: 王凌燕

印刷: 北京冶金大业印刷有限公司

装订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开本: 787×1092 1/16 印张: 23.5 字数: 602 千字

印次: 2010 年 7 月第 1 次印刷

印数: 4 000 册 定价: 45.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

Mathworks 公司于 2009 年 3 月发布了 MATLAB R2009a。相比以前版本而言, MATLAB R2009a 不仅包括 MATLAB 和 Simulink 的新特性, 同时还包含 81 个其他产品模块的升级和 bug 修正。

从 MATLAB R2009a 开始, MATLAB 和 Simulink 产品家族软件在安装后需要激活才能使用。MATLAB R2009a 将引入 License Center——在线 License 管理的工具。MATLAB R2009a 新版本中, 产品模块进行了一些调整, 如将 MATLAB Builder for COM 的功能集成到 MATLAB Builder for .net 中, 将 Financial Time Series Toolbox 的功能集成到 Financial Toolbox 中, 等等。

MATLAB 工具是在国内外广泛流行的数学计算软件, 这些年来由于市场的肯定, MATLAB 软件得到巨大的发展, 不再局限于初期简单矩阵实验的功能。随着 MATLAB 版本的不断提高, 已经广泛应用于所有的科学和工程计算领域, 如仿真技术、自动控制、信号处理、神经网络、数字图像处理、小波分析等。

MATLAB 具有友好的工作平台和编程环境、简单易用的程序语言、强大的科学计算机数据处理能力、出色的图形处理功能、应用广泛的模块集合工具箱、实用的程序接口和发布平台、应用软件开发(包括用户界面)等优势。本书是基于 MATLAB 软件的强大功能, 介绍其在数字图像处理中的具体应用。

本书是在充分体现 MATLAB 高级语言编程的特点、提高用户分析问题及解决问题能力的基础上编写的, 具有以下特点:

(1) 精选内容, 条理清晰。全书将基础知识、科学新成果及发展新动向相结合, 系统地展示了 MATLAB 在数字图像处理中的应用。

(2) 重点突出, 目的明确。立足基本理论, 面向应用技术, 以必须、够用为尺度, 以掌握概念、强化应用为重点, 加强理论知识和实际应用的统一。

全书共分 10 章。第 1 章介绍了 MATLAB 软件, 包括 MATLAB 的概述、MATLAB 的运行环境、MATLAB 变量相关运算等内容。第 2 章介绍了数字图像的概述, 包括图像及其分类、图像数字化技术、图像处理和分析等内容。第 3 章介绍了数字图像的基本操作, 包括颜色空间分析、点运算、图像的代数运算等内容。第 4 章介绍了图像变换, 包括离散傅里叶变换、快速傅里叶变换、离散余弦变换等内容。第 5 章介绍了图像的增强, 包括对比度的增强分析、直方修正分析等内容。第 6 章介绍了图像的复原, 包括图像复原的体系结构、图像的退化模型介绍、图像的模糊与噪声等内容。第 7 章介绍了图像的压缩编码, 包括基本知识论述、信息理论的基础、图像编码评价等内容。第 8 章介绍了图像的检测与分割技术分析, 包括图像分割基本论述、阈值分割分析等内容。第 9 章介绍了图像表示与描述, 包括形态学基本概念及运算、形状表示分析等内容。第 10 章介绍了小波变换在图像处理中的应用分析, 包括小波分析的基本知识、离散与连续小波变换等内容。

本书可以作为广大在校本科生和研究生的学习用书, 也可作为广大科研人员、学者、工程技术人员的参考用书。

为便于学习，本书免费提供书中实例的程序源代码，读者可通过登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)查找本书下载。

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

编著者

2010年3月

目 录

第 1 章	MATLAB 介绍	1
1.1	MATLAB 概述	1
1.1.1	MATLAB 的发展史	1
1.1.2	MATLAB 的功能特点	2
1.1.3	MATLAB R2009a 的新特点	3
1.2	MATLAB 的运行环境	4
1.2.1	MATLAB 的工作界面	4
1.2.2	MATLAB 的帮助系统	10
1.3	MATLAB 变量相关运算	14
1.3.1	标识符号	14
1.3.2	变量的基本规则和类型	14
1.3.3	矩阵及其元素赋值	16
1.3.4	基本赋值矩阵	17
1.3.5	字符数组	19
1.3.6	复数	24
1.4	MATLAB 的基本运算	25
1.4.1	矩阵的数学运算	25
1.4.2	数组运算	27
1.4.3	多项式运算	30
1.5	MATLAB 的程序结构	31
1.5.1	M 文件	31
1.5.2	控制流	33
1.6	文件相关操作	39
1.6.1	变量的保存与调用操作	39
1.6.2	文件的打开与关闭操作	39
1.6.3	文件的输入与输出操作	40
第 2 章	数字图像的概述	41
2.1	图像及其分类	41
2.1.1	图像的特点	41
2.1.2	图像的分类	42
2.1.3	图像数字化	42
2.1.4	数字图像表示法	43
2.2	图像数字化技术	43
2.2.1	图像的数学模型	43
2.2.2	图像的采样	44
2.2.3	图像量化	44
2.3	图像处理和分析	45

2.3.1	图像处理 and 图像分析	46
2.3.2	图像变换	48
2.4	图像 的表示法	49
2.4.1	查询 图像文件	49
2.4.2	图像 的读取与写入	50
2.4.3	图像 类型与显示	52
2.5	特殊 图像的显示	57
2.5.1	显示 色彩条	57
2.5.2	显示 多幅图像	58
2.5.3	显示 多帧图像序列	59
2.5.4	纹理 映射	61
2.6	数字 图像技术应用	62
2.6.1	计算机 图像分析与处理	62
2.6.2	数字 图像的常见应用行业	66
第 3 章	数字 图像的基本操作	68
3.1	颜色 空间分析	68
3.1.1	颜色 分析	68
3.1.2	颜色 转换函数介绍	68
3.2	点运 算	69
3.2.1	线性 点运算分析	69
3.2.2	非线性 点运算分析	71
3.2.3	点运 算与直方图	72
3.2.4	直方 图修正分析	73
3.3	图像 的代数运算	75
3.3.1	图像 的加法运算	76
3.3.2	图像 的减法运算	78
3.3.3	图像 的乘法运算	79
3.3.4	图像 的除法运算	79
3.3.5	图像 的线性运算	80
3.3.6	图像 的非线性运算	81
3.4	图像 的几何运算	81
3.4.1	图像 插值法	82
3.4.2	图像 的旋转运算	83
3.4.3	图像 的缩放运算	84
3.4.4	图像 的裁剪运算	86
3.4.5	图像 镜像变换	87
3.4.6	图像 复合变换	89
3.5	空间 变换分析	90
3.5.1	投影 变换分析	91
3.5.2	仿射 变换分析	91

3.5.3	变换函数介绍	92
3.6	块操作	94
3.6.1	边缘操作	94
3.6.2	显示块操作	95
3.7	区域操作	97
3.7.1	特殊区域指定法	97
3.7.2	区域滤波	101
3.7.3	填充区域	101
第4章	图像变换	103
4.1	离散傅里叶变换	103
4.1.1	一维离散傅里叶变换	103
4.1.2	二维离散傅里叶变换	104
4.1.3	离散傅里叶变换的性质	105
4.2	快速傅里叶变换	109
4.2.1	一维快速傅里叶变换	109
4.2.2	二维快速傅里叶变换原理	114
4.2.3	二维快速傅里叶变换实现	115
4.3	离散余弦变换	118
4.3.1	一维离散余弦变换	118
4.3.2	二维离散余弦变换	119
4.3.3	快速离散余弦变换	119
4.3.4	离散余弦变换的实现	120
4.4	K-L 变换分析	122
4.4.1	K-L 变换的基本定义	122
4.4.2	K-L 变换的基本性质	123
4.5	沃尔什-哈达玛变换	124
4.5.1	Walsh 函数	124
4.5.2	沃尔什-哈达玛变换定义	125
4.5.3	沃尔什-哈达玛变换的实现	126
4.6	Radon 变换分析	128
4.6.1	Radon 变换的原理介绍	128
4.6.2	Radon 在图像上的变换分析	130
4.6.3	Radon 变换检测直线分析	131
4.6.4	Radon 的逆变换分析	132
4.7	Hough 变换	134
4.7.1	Hough 变换原理	134
4.7.2	Hough 变换实现	136
4.7.3	Hough 变换扩展	137
第5章	图像的增强	138
5.1	对比度的增强分析	138

5.1.1	线性变换增强分析	138
5.1.2	非线性变换增强分析	139
5.2	直方修正分析	141
5.2.1	直方图灰度变换	141
5.2.2	直方图均衡化	142
5.3	图像间的相互运算	145
5.3.1	图像的平均运算	145
5.3.2	图像逻辑运算	147
5.4	空域滤波增强	148
5.4.1	平滑滤波器	149
5.4.2	锐化滤波器	156
5.5	频域滤波增强	160
5.5.1	低通滤波器	161
5.5.2	高通滤波器	166
5.5.3	带通和带阻滤波器	168
5.5.4	同态滤波器	169
5.6	彩色增强分析	172
5.6.1	伪彩色处理分析	172
5.6.2	真彩色处理分析	178
第 6 章	图像的复原	180
6.1	图像复原的体系结构	180
6.2	图像的退化模型介绍	181
6.2.1	退化模型分析	181
6.2.2	连续退化模型分析	182
6.2.3	离散退化模型分析	182
6.2.4	循环矩阵对角化分析	185
6.2.5	点扩散函数的重要性	187
6.3	图像的模糊与噪声	188
6.4	退化函数估计介绍	189
6.4.1	图像观察估计法分析	189
6.4.2	模型模糊法分析	190
6.4.3	试验估计法分析	191
6.5	图像代数复原法	192
6.5.1	无约束复原法	192
6.5.2	有约束复原法	192
6.6	频域滤波器复原法	195
6.6.1	Lucy_Richardson 滤波器复原法	195
6.6.2	逆滤波器复原法	197
6.6.3	最小二乘滤波法复原	199
6.7	从噪声中复原图像	201

123	6.7.1 噪声模型分析	201
123	6.7.2 空域滤波复原	203
123	6.8 图像的几何校正	205
123	6.8.1 几何畸变的描述	205
123	6.8.2 灰度插值	206
123	6.8.3 几何失真图像配准复原	207
	第7章 图像的压缩编码	209
123	7.1 基本知识论述	209
123	7.1.1 图像压缩编码的分类	209
123	7.1.2 图像压缩编码的必要性	212
123	7.1.3 图像压缩编码的可能性	212
123	7.2 图像编码评价	213
123	7.2.1 客观评价准则	213
123	7.2.2 主观评价准则	214
123	7.2.3 压缩比准则	215
123	7.3 信息理论的基础	215
123	7.3.1 离散信源的熵表示分析	215
123	7.3.2 离散信源编码定理分析	217
123	7.4 统计编码	218
123	7.4.1 霍夫曼编码	218
123	7.4.2 算术编码	223
123	7.4.3 游程编码	226
123	7.4.4 香农编码	227
123	7.5 预测编码	229
123	7.5.1 无损预测编码	229
123	7.5.2 有损预测编码	232
123	7.6 变换编码	235
123	7.6.1 离散余弦变换编码	235
123	7.6.2 主成分变换编码	236
123	7.6.3 哈达玛变换编码	239
123	7.7 帧编码	240
123	7.7.1 帧间编码	240
123	7.7.2 运动估计与运动补偿编码	241
123	7.7.3 帧内编码	242
123	7.8 矢量量化编码	242
123	7.8.1 矢量量化原理分析	242
123	7.8.2 矢量量化编码过程	243
	第8章 图像的检测与分割技术分析	249
123	8.1 图像分割基本论述	249
123	8.1.1 图像分割定义	249

8.1.2	边缘检测论述	250
8.2	阈值分割分析	251
8.2.1	双峰法分析	251
8.2.2	迭代法分析	252
8.2.3	大津法分析	254
8.3	分水岭算法	257
8.4	边界跟踪与直线检测	260
8.4.1	边界跟踪	260
8.4.2	直线检测	265
8.5	边缘检测算子	269
8.5.1	微分边缘检测算子	269
8.5.2	Log 边缘检测算子	272
8.5.3	Canny 边缘检测算子	275
8.6	区域分割技术	276
8.6.1	区域生长法介绍	277
8.6.2	区域分裂法介绍	280
8.6.3	区域合并法介绍	280
8.6.4	区域分裂合并法介绍	281
8.7	四叉树分解介绍	284
8.7.1	四叉树分解基本概念	284
8.7.2	四叉树分解的 MATLAB 实现	284
第 9 章	图像表示与描述	289
9.1	形态学基本概念及运算	289
9.1.1	形态学的基本概念	290
9.1.2	形态学的基本运算	292
9.2	距离变换	300
9.3	查表操作	303
9.4	形状表示分析	305
9.4.1	链码	305
9.4.2	傅里叶描述子	306
9.4.3	样条	306
9.4.4	形状特征的描述	306
9.4.5	多边形近似	308
9.5	形态学的基本应用	308
9.5.1	边缘提取	308
9.5.2	连通区域的标记	309
9.5.3	对象选择与移除	311
9.5.4	图像的欧拉数	313
9.5.5	图像面积提取	313
9.5.6	区域填充	315

9.6 区域描述	317
9.6.1 不变矩	317
9.6.2 纹理	320
9.7 图像表示的其他分析	324
第 10 章 小波变换在图像处理中的应用分析	328
10.1 小波分析的基本知识	328
10.2 连续小波变换	329
10.2.1 一维连续小波变换	329
10.2.2 高维连续小波变换	331
10.2.3 小波变换性质	332
10.3 离散小波变换	333
10.4 多分辨分析及小波包分析	339
10.4.1 多分辨分析	339
10.4.2 小波包分析	340
10.5 图像分解	341
10.5.1 图像的小波分解	341
10.5.2 二维小波包分解	345
10.6 图像的压缩	347
10.7 小波图像去噪与重构	349
10.7.1 图像阈值去噪	349
10.7.2 小波图像重构	354
10.8 小波图像的增强	356
10.9 小波图像的融合	360
参考文献	363

第 1 章 MATLAB 介绍

1.1 MATLAB 概述

在科学研究和工程计算领域经常会遇到一些非常复杂的计算问题，利用计算器或手工计算是无法实现的，只能借助计算机编程来实现，MATLAB 正是解决这样复杂问题的强大的科学计算软件。

MATLAB 将高性能的数值计算和可视化集成在一起，提供了大量的内置函数，被广泛地应用于科学计算、控制系统以及信息处理等领域的分析、仿真和设计工作。本章将对 MATLAB 进行概述，使读者对 MATLAB 有一个基本的认识，为逐步深入学习打下基础。

1.1.1 MATLAB 的发展史

MATLAB 名字由 MATrix 和 LABoratory 两词的前三个字母组合而成。那是 20 世纪 70 年代后期的事：时任美国新墨西哥大学计算机科学系主任的 Cleve Moler 教授出于减轻学生编程负担的动机，为学生设计了一组调用 LINPACK 和 EISPACK 库程序的“通俗易懂”的接口，此即是用 FORTRAN 编写的萌芽状态的 MATLAB。

经几年的校际流传，在 Little 的推动下，由 Little、Moler、Steve Bangert 合作，于 1984 年成立了 MathWorks 公司，并把 MATLAB 正式推向市场。从这时起，MATLAB 的内核采用 C 语言编写，而且除原有的数值计算能力外，还新增了数据图视功能。

MATLAB 以商品形式出现后，仅短短几年，就以其良好的开放性和运行的可靠性，使原先控制领域里的封闭式软件包（如英国的 UMIST，瑞典的 LUND 和 SIMNON，德国的 KEDDC）纷纷淘汰，而改以 MATLAB 为平台加以重建。到 20 世纪 90 年代，MATLAB 已经成为国际控制界公认的标准计算软件。

90 年代初期，在国际上 30 几个数学类科技应用软件中，MATLAB 在数值计算方面独占鳌头，而 Mathematica 和 Maple 则分居符号计算软件的前两名。Mathcad 因其提供计算、图形、文字处理的统一环境而深受中学生欢迎。

MathWorks 公司于 1993 年推出 MATLAB4.0 版本，从此告别 DOS 版。4.x 版在继承和发展其原有的数值计算和图形可视能力的同时，出现了以下几个重要变化：

(1) 推出了 SIMULINK。这是一个交互式操作的动态系统建模、仿真、分析集成环境。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) 开发了与外部进行直接数据交换的组件，打通了 MATLAB 进行实时数据分析、处理和硬件开发的道路。

(3) 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。MathWorks 公司此举加快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。

(4) 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。

1997 年，MathWorks 公司推出 MATLAB 5.0；2000 年 10 月推出了 MATLAB 6.0；2002 年 8 月，推出了 MATLAB 6.5，从此 MATLAB 拥有了强大的、成系列的交互式界面。2004 年 7 月，又进一步发展了 MATLAB 7.0，在 MATLAB 7.0 中，仿真模块发展到了 Simulink 6.0。

MATLAB R 系列是从 2006 年开始发布的，MathWorks 公司在技术层面上实现了一次飞跃。从此以后产品发布模式也将改变，将在每年的 3 月和 9 月进行两次产品发布，版本的命令方式为“R+年份+代码”，对应上下半年的代码分别是 a 和 b。每一次发布都会包含所有的产品模块，如产品的 new feature、bug fixes 和新产品模块的推出。Matlab 2009 作为美国 MathWorks 公司开发的用于概念设计、算法开发、建模仿真、实时实现的理想的集成环境，是目前最好的科学计算类软件。2009 年 3 月 MATLAB R2009a 最新版正式发行，包含 Win32 和 Win64 位版。

1.1.2 MATLAB 的功能特点

MATLAB 强大的功能越来越被人们所接受，而且应用领域也在不断地扩大。MATLAB 将高性能的数值计算和可视化集成在一起，并提供了大量的内置函数，从而被广泛地应用于科学计算、控制系统、信息处理等领域的分析、仿真和设计工作，而且利用 MATLAB 产品的开放式结构，可以非常容易地对 MATLAB 的功能进行扩充，从而在不断深化对问题认识的同时，不断完善 MATLAB 产品以提高产品自身的竞争能力。目前 MATLAB 产品族可以用来进行：

- 数值分析。
- 数值和符号计算。
- 工程与科学绘图。
- 控制系统的设计与方针。
- 数字图像处理。
- 数字信号处理。
- 通信系统设计与仿真。
- 财务与金融工程等。

MATLAB 的功能特点如下：

1) 科学计算

MATLAB 拥有庞大的数学、统计及工程函数，可使您立刻实现所需要的强大的数学计算功能。由各领域的专家学者们开发的数值计算程序，使用了安全、成熟、可靠的算法，从而保证了最大的运算速度和可靠的结果。

2) 直观灵活的语言

MATLAB 不仅是一套打好包的函数库，同时也是一种高级的、面向对象的编程语言。使用 MATLAB 可使您卓有成效地开发自己的程序。MATLAB 自身的许多函数，实际上也包括所有的工具箱函数，都是用 M 文件实现的。

3) 先进的可视化工具

MATLAB 提供功能强大的、交互式的二维和三维绘图功能，可使您创建富有表现力的彩色图形。可视化工具包括：曲面渲染 (Surface Rendering)、线框图、伪彩图、光源、三维等位线图、图像显示、动画、体积可视化等。

MATLAB 提供了 Handle Graphic 图形机制。使用该机制可对图形进行灵活的控制。使用 GUIDE 工具, 可以方便地使用 Handle Graphics 创建自己的 GUI 界面。

4) 开放性、可扩展性强

M 文件是可见的 MATLAB 程序, 所以可以查看源代码。开放的系统设计使您能够检查算法的正确性, 修改已存在的函数, 或者加入自己的新函数。

5) 特殊应用工具箱

MATLAB 的工具箱加强了对工程及科学中特殊应用的支持。工具箱也和 MATLAB 一样是完全用户化的, 可扩展性强。将某个或某几个工具箱与 MATLAB 联合使用, 可以得到一个功能强大的计算组合包, 满足您的特殊要求。

1.1.3 MATLAB R2009a 的新特点

Mathworks 公司于 2009 年 3 月发布了 MATLAB R2009a。相比以前版本而言, MATLAB R2009a 不仅包括 MATLAB 和 Simulink 的新特性, 同时还包含 81 个其他产品模块的升级和 bug 修正。

从 MATLAB R2009a 开始, MATLAB 和 Simulink 产品家族软件在安装后需要激活才能使用。MATLAB R2009a 将引入 License Center——在线 License 管理的工具。

MATLAB R2009a 新版本中, 产品模块进行了一些调整, MATLAB Builder for COM 的功能集成到 MATLAB Builder for .net 中去了, Financial Time Series Toolbox 的功能集成到 Financial Toolbox 中了。下面对 MATLAB 的新特点作简单介绍。

(1) MATLAB 产品家族新特性简要介绍如下:

- MATLAB 中采用先进的面向对象编程, 包括对类和对象、继承、方法、属性、事件和包的完全支持;
- Optimization Toolbox 中针对大量数据优化问题对内部点求解器和并行计算提供支持;
- Financial Toolbox 均方差投资优化的线性互补程序;
- Parallel Computing Toolbox 对 PBS Pro 和 TORQUE 规划的支持;
- Statistics Toolbox 中交叉确认、特性选择、半随机数和并行处理特性。

(2) Simulink 产品家族新特性简要介绍如下:

- Simulink 中重新设计的多平台库浏览器;
- Real-Time Workshop Embedded Coder 中生成对 AUTOSAR 兼容代码;
- Embedded MATLAB 中 M-Lint 代码分析仪和 Simulink Design Verifier 对 Embedded MATLAB 语言子集函数生成代码进行检查;
- Simulink Verification and Validation 提供对安全关键系统 IEC 61508 设计规则检查;
- Simulink Fixed Point 提供对浮点模型的自动定点转换的指导意见;
- Communication Blockset 针对调制、解调、编码和解码函数的定点支持;
- Embedded IDE Link MU 作为新产品将 Simulink 模型生成代码并应用到 Green Hills MULTI 开发环境中;
- 从 MATLAB R2008a 开始将不再支持 PowerPC 处理器上运行 Macintosh OS X 操作系统, 也不支持 Microsoft Windows 2000 操作系统。此外, 在 MATLAB R2009a 中 15 个产品模块被重新命名。

1.2 MATLAB 的运行环境

1.2.1 MATLAB 的工作界面

MATLAB 的默认工作界面如图 1-1 所示。工作界面中包含菜单栏和几个非常重要的工作窗口，如命令窗口、M 文件窗口、工作空间窗口、命令历史窗口、当前目录窗口和图形窗口等，下面将对菜单栏和几个常用窗口的功能及使用进行介绍。

1. 菜单栏

MATLAB R2009a 提供了 File、Edit、Debug、Desktop、Window 和 Help 菜单。下面对 File、Edit 和 Desktop 菜单进行简单的说明。

1) File 菜单

File 菜单主要负责新建 M 文件、图形窗口、仿真模型和 GUI 设计模型，以及数据导入、路径和属性设置及退出等功能，其各命令的具体功能如下。

(1) New 中包括以下几个子菜单：

- M-file: 新建一个 M 文件，打开 M 文件编辑/调试器。
- Figure: 新建一个图形窗口。
- Model: 新建一个仿真模型。
- GUI: 新建一个图形用户界面 (GUI)。

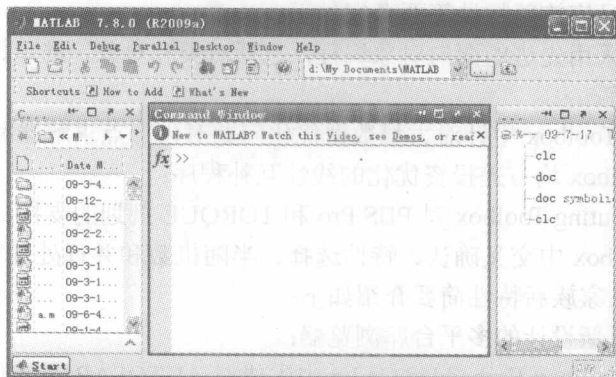


图 1-1 MATLAB 工作界面

- (2) Open: 打开已有文件。
- (3) Close Command History: 关闭历史命令窗口。
- (4) Import Data: 导入其他文件的数据。
- (5) Save Workspace as: 使用二进制 MAT 文件保存工作空间的内容。
- (6) Page Setup: 页面设置。
- (7) Set Path: 设置搜索路径等。
- (8) Preference: 设置 MATLAB 工作环境外观和操作的相关属性等参数。
- (9) Print: 打印文件。
- (10) Print Selection: 打印所选择区域。
- (11) Exit MATLAB: 退出 MATLAB 工作环境。

2) Edit 菜单

Edit 菜单如图 1-2 所示, Edit 菜单的各菜单项与 Windows 的 Edit 菜单相似。Paste to Workspace 可以用来打开数据输入向导对话框 Import Wizard, 将剪贴板的数据输入到 MATLAB 工作空间中。

3) Desktop 菜单

Desktop 菜单主要负责窗口的显示, 各菜单命令的具体功能如下。

- (1) Unlock Command Window: 与命令窗口分离。
- (2) Move Command Window: 移动命令窗口。
- (3) Resize Command Window: 重新定义命令窗口大小。
- (4) Desktop Layout: 界面布局 (可选择各种布局方式)。
- (5) Command Window: 打开命令窗口。
- (6) Command History: 打开历史命令窗口。
- (7) Current Directory: 打开当前目录窗口。
- (8) Workspace: 打开工作空间窗口。
- (9) Help: 打开帮助窗口。
- (10) Profiler: 打开程序性能剖析窗口。
- (11) Editor: 打开 M 文件编辑器。
- (12) Figures: 打开图形输出界面。
- (13) Web Browser: 打开网络浏览器。
- (14) Array Editor: 打开数组编辑器。

2. MATLAB 的命令窗口

命令窗口是 MATLAB 的主要交互窗口, 用于输入命令并显示除图形以外的所有执行结果。MATLAB 命令窗口不仅可以内嵌在 MATLAB 的工作界面, 而且还可以以独立窗口的形式浮动在界面上。在命令窗口输入以下代码, 再选择 Desktop 菜单中的 Undock Command Window 命令, 就可以浮动命令窗口, 如图 1-3 所示。

命令窗口中数值的输出格式根据数值类型的不同显示不同的格式。当需要显示的数值为整数时, 则以整数形式显示; 当需要显示的数值为实数时, 则以小数点后 4 位的精度近似显示, 即以“短 (Short)”格式显示, 如果数值的有效数字超出了这一范围, 则以科学计数法显示。

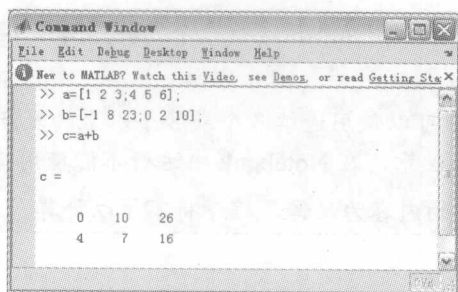


图 1-3 独立的命令窗口

用户可以根据输出数据的显示要求来更改输出数据的显示格式。第一种方法是, 单击 File 菜单的 Preferences 命令, 在弹出的“Preferences”对话框中, 选择 Command Window 项, 并对相应参数进行修改, 如图 1-4 所示。

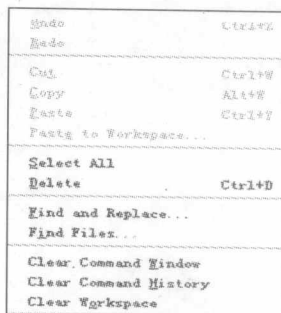


图 1-2 Edit 菜单