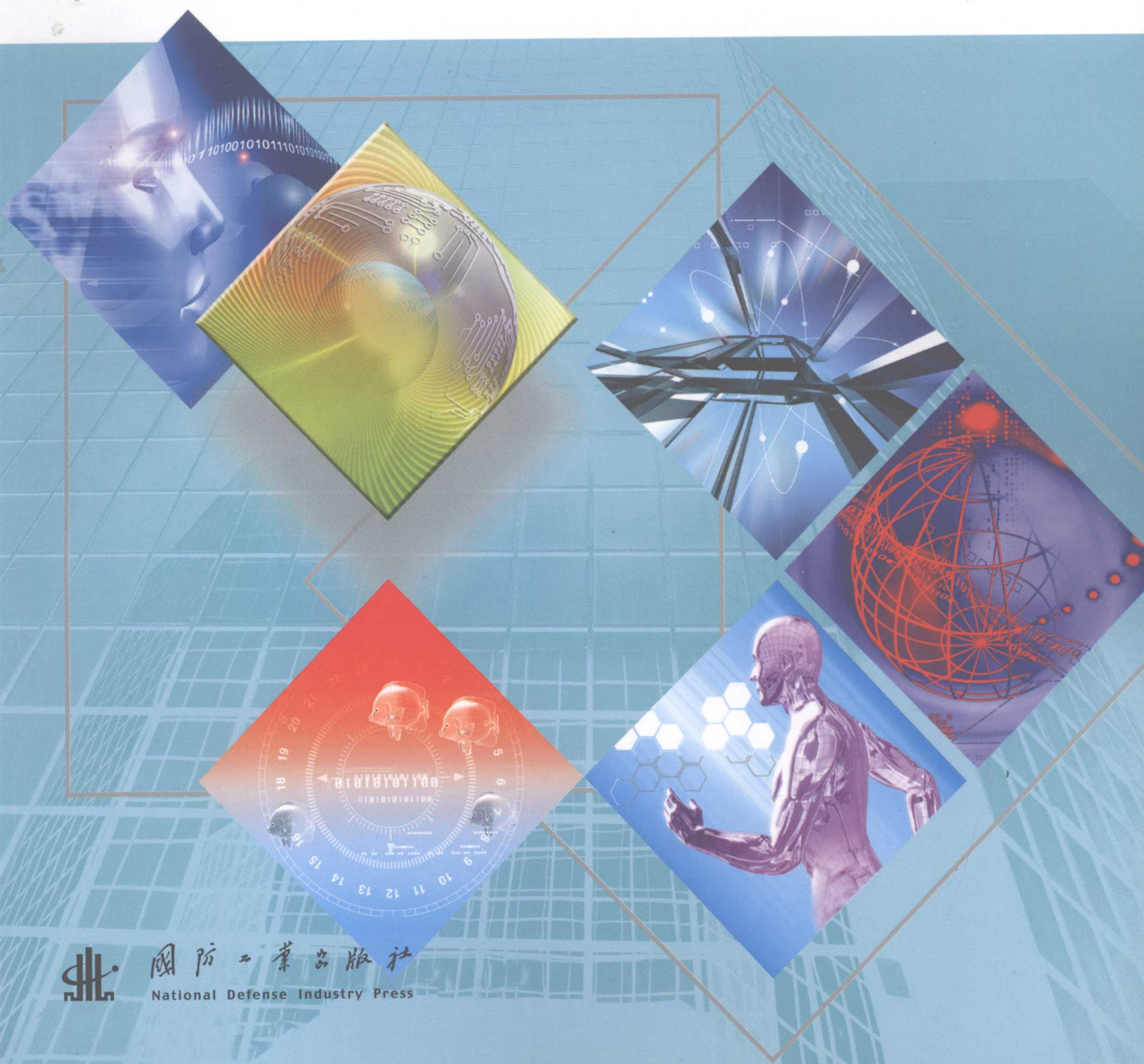


Matlab 应用丛书

Matlab 7.6

图形图像处理

王家文 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

Matlab 应用丛书

Matlab 7.6 图形图像处理

王家文 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

Matlab 是一种直观、简洁化的计算软件,广泛应用于科学计算和工程应用。本书是基于 Matlab7.6 的图像处理工具箱(Image Processing Toolbox)编写的,较详细地讲解了图像变换、图像增强、图像复原、图像编码与压缩等技术,以及绘图技术和图形用户界面应用等。全书侧重于理论和实际的结合,力求使读者可以全面了解 Matlab 图形图像处理技术,提高分析问题、解决问题的能力。

全书内容全面、结构清晰、针对性强,理论与实例相结合,涉及图形图像处理学的不同方向、不同领域,详细介绍了图像处理技术的技巧。

本书可作为高等院校本科、专科生教材或参考书,也适用于从事图形图像处理的研究人员和工程技术人员。

图书在版编目(CIP)数据

Matlab7.6 图形图像处理/王家文编著. —北京:国防工业出版社,2009.3
(Matlab 应用丛书)
ISBN 978-7-118-06152-9

I. M... II. 王... III. 计算机辅助计算—软件包, Matlab7.6 IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 006598 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 24 $\frac{3}{4}$ 字数 610 千字

2009 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 43.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

在实际生产生活中,人们很频繁地接触图像,如电视画面、照片、广告媒介、图画等。人类所获的外界信息有 70% 以上是通过视觉系统,也就是图像获取的。图形图像处理起源于 20 世纪 20 年代,当时通过海底电缆从英国伦敦到美国纽约采用数字压缩技术传输了第一幅数字照片。此后,由于遥感等领域的应用,使图形图像处理技术逐步受到关注并得到相应的发展。

本书中,图形图像处理是指采用计算机处理图形图像的技术。20 世纪 60 年代美国的喷气推进实验室处理了由太空船“徘徊者七号”发回的月球照片,标志着第三代计算机问世后数字图像处理开始得到普遍应用。近些年来,由于计算机与信息技术高速的发展,数字图像处理技术也得到快速的发展,目前已成为计算机科学、医学、生物学、工程学、信息科学等领域各学科学习和研究的对象。

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,不再仅限于初期简单矩阵实验室的功能。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。本书就是基于最新版本 Matlab7.6 (即 Matlab R2008a) 为工具,讲解图形图像处理技术,重点在于应用 Matlab7.6 数字图像处理工具箱处理数字图像技术的研究。

由于 Matlab 具有非常直观、简洁、交互性高的特点,因而即使对于一个没有 Matlab 基础的人而言,语言的学习也变得很简单。本书首先从 Matlab 语言基础讲起,只要认真学习体会,在几个小时内,对语言的精通,完全是可能的。

本书对前几版《Matlab 图形图像处理》的架构和风格进行适当的改变,以满足最新技术的发展与需求。主要内容如下:

第 1 章对 Matlab7.6 特点、语言方面进行了简单介绍。

第 2 章和第 3 章主要针对 Matlab 图形技术进行详细的介绍。

第 4 章和第 13 章主要讲解 Matlab 数字图像处理技术。

书中所有的示例都经过 notebook 进行重新加工编辑,并且都改成 notebook 下运行的风格,以保持运行效果的一致性,另外通过 `set(0,'DefaultFigureColor',[1 1 1])` 指令把 Figure 的背景默认为白色。

对于学过 Matlab 一般应用的朋友们来讲,都有个迷惑,如何让 Matlab 函数也和 Matlab 语言一样简洁、易懂,这也是很多读者觉得学习 Matlab 无从下手的原因所在,如何掌握这些函数、应用这些函数成为广大 Matlab 学习者的拦路虎。本书为了解决这一问题,下了不少的功夫。本书以实例形式介绍了大量的函数,目的在于用最少的内容给出读者最大信息量和知识点。

数字图像内容复杂、广泛,本书主要强调理论和实际相结合的原则,详细介绍了数字图像处理学的方法,用 Matlab 这样强大的工具如何实现图像变换、图像增强、图像复原、图像编码与压缩等。为了更好地使用本书内容,建议读者把有关数字图像处理学的理论书籍和本书结合起来学习,融会贯通才会达到最大的效果。

本书的出版得到了文字工作室的大力支持,这里表示谢意。

由于图形图像处理技术日新月异,处理方法繁多,加上编者水平有限,书中错误和不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

E - Mail:passmatlab@126.com

编 者

2008 年 10 月

目 录

第 1 章 Matlab7.6 基础	1
1.1 Matlab 语言介绍	1
1.1.1 Matlab 产品系列与特点	2
1.1.2 Matlab7.6 的新特点	3
1.2 Matlab 编程环境	4
1.2.1 初识 Matlab 7.6 环境	4
1.2.2 指令窗和工作空间	6
1.2.3 路径浏览器与指令历史浏览器	7
1.2.4 帮助和演示系统	7
1.3 Matlab 数值数组	8
1.3.1 变量和表达式	9
1.3.2 数组的产生	10
1.3.3 数组的运算	15
1.3.4 数组的查询和赋值	19
1.3.5 数组的变换	23
1.3.6 多维数组	26
1.4 字符数组	30
1.4.1 创建字符数组	30
1.4.2 字符数组的操作	32
1.5 Matlab 控制语句	38
1.5.1 循环结构	38
1.5.2 选择结构	39
1.5.3 程序流控制	41
1.6 文件操作	42
1.6.1 变量的保存与调用	42
1.6.2 文件的打开与关闭	43
1.6.3 文件的输入与输出	44
第 2 章 Matlab 图形绘制	45
2.1 二维绘图	45
2.1.1 基本绘图函数	45
2.1.2 图形修饰	48
2.2 三维绘图	56

2.2.1	三维数据的产生	56
2.2.2	三维绘图指令	57
2.3	特殊图形的绘制	58
2.3.1	面域图、直方图、饼图	58
2.3.2	等高线	61
2.3.3	矢量图	61
2.3.4	离散图	64
2.3.5	直方图	65
2.3.6	散点图	65
2.3.7	面、多边形	67
2.3.8	函数绘图	69
2.3.9	动画	71
2.4	三维图形的精细控制	73
2.4.1	视角	73
2.4.2	图形旋转	74
2.4.3	灯光效果	75
2.4.4	色彩控制	77
2.4.5	透明度	79
第3章	句柄图形对象与 GUI	82
3.1	图形对象	82
3.1.1	图形对象类型	82
3.1.2	Root 对象	83
3.1.3	Figure 对象	83
3.1.4	核心图形对象	84
3.1.5	绘图对象	85
3.1.6	Annotation 对象	86
3.1.7	组对象	87
3.1.8	Uicontrol 对象	88
3.1.9	Uimenu 对象	89
3.1.10	图形对象函数	91
3.2	图形对象属性	92
3.2.1	图形对象句柄的获取	93
3.3	图形对象句柄的删除与判断	95
3.3.1	句柄的删除	95
3.3.2	句柄的判断	96
3.4	图形对象属性值的获取与设置	96
3.4.1	图形对象属性值的设置	97
3.4.2	图形对象属性值的获取	99

3.4.3	用户缺省值的操作	100
3.5	GUIDE 介绍	101
3.5.1	GUIDE 简介	102
3.5.2	启动 GUIDE	102
3.5.3	GUIDE 模板	103
3.5.4	运行 GUI	104
3.5.5	GUI 文件	104
3.5.6	GUIDE 环境设置	105
3.6	GUI 设计规范	105
3.6.1	GUI 设计原则	106
3.6.2	界面一致性	106
3.6.3	界面易用性	107
3.6.4	界面规范性	107
3.7	GUI 设计实现	107
3.7.1	添加组件	108
3.7.2	编辑菜单	108
3.7.3	设置属性	108
3.7.4	回调函数	109
第 4 章	Matlab 图像基础	110
4.1	图像与数字图像	110
4.1.1	图像的数字化	110
4.1.2	数字图像的表达	110
4.2	数字图像处理学	111
4.2.1	数字图像处理方法	111
4.2.2	数字图像处理内容	111
4.3	Matlab 图像	112
4.3.1	图像相关术语	112
4.3.2	图像文件格式	112
4.4	图像的读写	113
4.4.1	查询图像文件	114
4.4.2	读取图像文件	115
4.4.3	写入图像文件	116
4.4.4	图像数据类型转换	119
4.4.5	图像文件格式转换	119
4.5	图像显示	120
4.5.1	imshow 函数	120
4.5.2	imview 函数	121
4.6	图像类型及其显示	121

4.6.1	二值图像及其显示	121
4.6.2	灰度图像及其显示	122
4.6.3	索引图像及其显示	124
4.6.4	RGB 图像及其显示	125
4.6.5	图像序列	126
4.6.6	图像类型判断	127
4.7	特殊图像显示技术	127
4.7.1	显示色彩条	127
4.7.2	显示多帧图像序列	128
4.7.3	显示多幅图像	130
4.7.4	纹理映射	131
4.8	图像类型转换	132
4.8.1	dither 函数	133
4.8.2	gray2ind 函数	134
4.8.3	grayscale 函数	134
4.8.4	im2bw 函数	135
4.8.5	ind2gray 函数	136
4.8.6	ind2rgb 函数	136
4.8.7	mat2gray 函数	137
4.8.8	rgb2gray 函数	137
4.8.9	rgb2ind 函数	138
4.9	8 位和 16 位图像	139
4.9.1	8 位和 16 位索引图像	139
4.9.2	8 位和 16 位灰度图像	140
4.9.3	8 位和 16 位 RGB 图像	140
4.10	图像色彩	140
4.10.1	图像退色处理	140
4.10.2	Matlab 颜色模型	141
4.10.3	颜色模型转换	143
4.10.4	色彩处理	146
第 5 章	图像运算与区域处理	149
5.1	图像的点运算	149
5.1.1	线性点运算	149
5.1.2	非线性点运算	150
5.2	图像的代数运算	150
5.2.1	加法运算	150
5.2.2	减法运算	152
5.2.3	乘法运算	152

5.2.4	除法运算	153
5.2.5	线性运算	153
5.2.6	非线性运算	154
5.3	图像的逻辑运算	155
5.4	图像的几何运算	156
5.4.1	图像插值	156
5.4.2	图像缩放	157
5.4.3	图像旋转	158
5.4.4	图像剪切	159
5.5	空间变换	159
5.5.1	仿射变换	159
5.5.2	投影变换	160
5.5.3	空间变换函数	161
5.6	邻域操作	164
5.7	区域处理	167
5.7.1	区域选择	167
5.7.2	区域滤波	169
5.7.3	区域填充	169
第 6 章	Matlab 图像正交变换	171
6.1	正交变换通用算子	171
6.2	傅里叶变换	172
6.2.1	傅里叶变换的原理	172
6.2.2	傅里叶性质	173
6.2.3	二维离散傅里叶变换(2DDFT)	175
6.2.4	快速傅里叶变换(FFT)	175
6.2.5	傅里叶变换的研究与应用	177
6.3	离散余弦变换	182
6.3.1	DCT 变换矩阵	182
6.3.2	dct2 函数和 dctmtx 函数	183
6.4	Walsh - Hadamard 变换	184
6.5	Radon 变换	186
6.5.1	Radon 变换原理	186
6.5.2	Radon 函数	186
6.5.3	Radon 变换检测直线	188
6.5.4	逆 Radon 变换	189
6.6	Fan - Beam 变换	191
6.6.1	计算 Fan - Beam 投影	191
6.6.2	重构 Fan - Beam 投影图像	192

6.6.3	Radon 投影和 Fan - Beam 投影的转换	195
第 7 章	图像滤波器	196
7.1	线性滤波	196
7.1.1	卷积运算	196
7.1.2	imfilter 滤波函数	198
7.1.3	预定义滤波	199
7.2	FIR 滤波器的设计	199
7.2.1	FIR 滤波器基础	199
7.2.2	计算二维频率响应	200
7.2.3	计算期望频率响应矩阵	201
7.2.4	频率变换法	201
7.2.5	频率采样法	203
7.2.6	窗函数法	204
第 8 章	Matlab 图像增强	209
8.1	灰度变换增强	209
8.1.1	像素值及其统计特性	209
8.1.2	直方图灰度变换	212
8.1.3	直方图均衡化	215
8.1.4	直方图规范化	217
8.2	空域滤波增强	218
8.2.1	平滑滤波器	218
8.2.2	锐化滤波器	223
8.3	频域增强	224
8.3.1	低通滤波器	224
8.3.2	高通滤波器	225
8.3.3	同态滤波器	226
8.3.4	频域增强 Matlab 实例	226
8.4	色彩增强	227
8.4.1	真彩色增强	227
8.4.2	伪彩色增强	228
第 9 章	Matlab 图像复原	231
9.1	退化模型	231
9.1.1	连续退化模型	232
9.1.2	离散退化模型	232
9.2	复原的代数方法	233
9.2.1	代数复原原理	233
9.2.2	逆滤波复原	235
9.2.3	最小二乘方滤波	235

9.3	Matlab 实现图像复原	236
9.3.1	维纳滤波复原	237
9.3.2	规则化滤波复原	238
9.3.3	Lucy - Richardson 复原	239
9.3.4	盲去卷积复原	241
9.3.5	图像复原的其他 Matlab 函数	242
第 10 章	Matlab 图像分析	244
10.1	阈值分割	244
10.1.1	双峰法	244
10.1.2	迭代法	245
10.1.3	大津法	247
10.2	边缘检测	249
10.2.1	微分算子	251
10.2.2	Log 算子	254
10.2.3	Canny 算子	256
10.3	四叉树分解	258
10.3.1	四叉树分解	258
10.3.2	四叉树 Matlab 函数	258
10.3.3	四叉树分解 Matlab 实例	262
第 11 章	数学形态学图像处理	264
11.1	数学形态学的基本运算	264
11.1.1	结构元素矩阵	264
11.1.2	膨胀运算	268
11.1.3	腐蚀运算	269
11.1.4	膨胀与腐蚀的对偶关系	270
11.1.5	开运算和闭运算	270
11.1.6	击中与击不中	272
11.1.7	二值图像形态学处理函数	273
11.1.8	其他膨胀和腐蚀的基本函数	275
11.2	形态学的基本应用	275
11.2.1	边缘提取	275
11.2.2	连通对象标注	276
11.2.3	对象选择	277
11.2.4	二值图像面积提取	278
11.2.5	二值图像的欧拉数	280
11.2.6	移除对象	281
11.2.7	区域填充	281
11.2.8	距离变换	282

11.3	查找表操作	284
11.4	灰度形态学	286
11.4.1	灰度形态学基本运算实例	287
11.4.2	其他函数	287
第 12 章	压缩编码	292
12.1	概述	292
12.1.1	图像编码压缩的必要性	292
12.1.2	图像编码压缩的可能性	292
12.1.3	图像编码压缩的分类	293
12.2	压缩编码技术及原理	296
12.2.1	游程编码	296
12.2.2	哈夫曼编码	297
12.2.3	算术编码	299
12.2.4	词典编码	301
12.2.5	预测编码	302
12.2.6	帧内编码	303
12.2.7	帧间编码	303
12.2.8	运动估计与运动补偿	303
12.2.9	正交变换编码	305
12.2.10	整数变换编码	306
12.3	视频编码标准	307
12.3.1	ITU-T 的 H.26X	307
12.3.2	ISO 的 MPEG-X	307
12.3.3	AVS 标准	308
12.4	Matlab 实现压缩编码	309
12.4.1	Matlab 实现游程编码	309
12.4.2	Matlab 实现哈夫曼编码	310
12.4.3	Matlab 实现算术编码	313
12.4.4	Matlab 实现余弦变换压缩	315
12.4.5	Matlab 实现小波变换压缩	316
第 13 章	小波图像处理	320
13.1	小波的定义	320
13.2	小波变换函数	321
13.2.1	dwt2 函数和 idwt2 函数	321
13.2.2	wavedec2 函数和 waverec2 函数	322
13.2.3	dwtmode 函数	323
13.2.4	appcoef2 函数和 detcoef2 函数	323
13.2.5	wrcoef2 函数和 upcoef2 函数	324

13.2.6	upwlev2 函数	325
13.2.7	wenergy2 函数	325
13.2.8	wcodemat 函数	325
13.2.9	wfilters 函数	325
13.2.10	swt2 函数和 iswt2 函数	326
13.2.11	wpdec2 函数和 wprec2 函数	327
13.3	小波变换实例	328
13.3.1	图像的二维小波分解与重构	328
13.3.2	小波滤波器设计	329
13.3.3	小波增强	330
13.4	小波除噪与压缩函数	331
13.4.1	ddencmp 函数	331
13.4.2	thselect 函数	331
13.4.3	wdencmp 函数	332
13.4.4	wpdencmp 函数	333
13.4.5	wpthcoef 函数	334
13.4.6	wthcoef2 函数	334
13.4.7	wthresh 函数	335
附录 A	常用的数学函数	336
附录 B	图像工具箱函数	338
附录 C	小波分析工具箱函数	355
附录 D	句柄图形对象属性	359
	Root 对象属性	359
	Figure 对象属性	360
	uicontrol 对象属性	362
	uimenu 对象属性	364
	uicontextmenu 对象属性	365
	核心图形对象	365
	Axes 对象属性	365
	Image 对象属性	369
	Line 对象属性	370
	Patch 对象属性	372
	Rectangle 对象属性	374
	Surface 对象属性	375
	Light 对象属性	378
	Text 对象属性	379
附录 E	Tex 命令字符集	381

第1章 Matlab7.6 基础

Matlab 是由 MathWorks 公司开发的一种主要用于数值计算及可视化图形图像处理的工程软件。以编程环境和工具箱的形式将数值分析、矩阵计算、图形图像处理、信号处理和仿真等诸多强大的功能集成在较易使用的交互式计算机环境之中,为科学研究、工程应用提供了一种功能强、效率高、可扩展的编程工具。

Matlab 语言相对于 Java、C 等一些高级语言而言要简单得多,Matlab 基础的学习主要在于语法和数组的应用。在语言上 Matlab 就是易学易用、简洁,能够快速上手。即使一个从来没使用过 Matlab 的读者用 Matlab 从事图形图像方面的研究,通过本章的学习,也可以轻而易举学会 Matlab。不管读者是否学习过 Matlab,本章的内容都有必要阅读,因为这里讲解的方法和顺序与其他书籍有很大的不同,同时也欢迎读者提出意见,以便于进一步改进与提高。

1.1 Matlab 语言介绍

Matlab 名字是由 Matrix(矩阵)和 Laboratory(实验室)两词的前三个字母组合而成。20 世纪 70 年代后期时任美国新墨西哥大学计算机科学系主任的 Cleve Moler 博士讲授线性代数课程时,发现应用其他高级编程语言极为不方便,于是 Cleve Moler 博士和他的同事构思并为学生设计了一组调用 LINPACK 和 EISPACK 库程序的“通俗易懂”的接口,此即用 Fortran 编写的萌芽状态的 Matlab。以后几年,Matlab 作为免费软件在大学里使用,深受大学生们的喜爱。

1984 年,John Little、Cleve Moler 和 Steve Bangert 合作成立了 MathWorks 公司,专门从事 Matlab 软件的开发,并把 Matlab 正式推向市场。从那时起,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。1993 年,MathWorks 公司推出 Matlab.0 版本;1995 年,MathWorks 公司推出 Matlab.2C 版(For Win3.x)。之后又推出的 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,增加以下一些功能:①推出 SIMULINK;②开发出基于 word 处理平台的 Notebook;③推出符号计算工具包;④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。1997 年,MathWorks 公司推出 Matlab5.0;2000 年 10 月推出 Matlab6.0;2002 年 8 月推出 Matlab6.5;2004 年发布 Matlab7.6;2008 年 3 月,新版本 Matlab7.6(也称之为 Matlab R2008a)发布了。如今 Matlab 已经取得长足的发展,也已经得到市场的认可。由于 Matlab 强大的计算功能被业界誉为“巨人肩上的工具”。使用 Matlab 编程运算与人进行科学计算的思路和表达方式完全一致,所以不像学习其他高级语言(如 Basic、Fortran 和 C 等)那样难于掌握,用 Matlab 编写程序犹如在演算纸上排列出公式与求解问题,所以又被称为演算纸式科学算法语言。而且它的帮助信息采用超文本格式和 PDF 格式,可以很方便地阅读。

1.1.1 Matlab 产品系列与特点

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 产品族主要的应用领域为：仿真和建模；实时仿真；自动控制；信号处理与通信；数据分析/科学计算；算法开发；图形和可视化法；独立应用开发；其他领域。

Matlab 产品族由以下大量不同功能的产品系列组成。

Matlab

Matlab 集计算、可视化及编程于一身。在 Matlab 中，无论是问题的提出还是结果的表达都采用读者习惯的数学描述方法，而不需要用传统的编程语言进行前后处理。这一特点使 Matlab 成为了数学分析、算法开发及应用程序开发的良好环境。Matlab 是 MathWorks 产品家族中所有产品的基础。Matlab 的特征如下：

(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) 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，您可以方便地使用 Handle Graphics 创建自己的 GUI 界面。

(3) 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。

(4) 开放性、可扩展性强

M 文件是可见的 Matlab 程序，所以您可以查看源代码。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，或者加入自己的新部件。

(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。

Matlab Toolbox

为了支持不同的专业领域的用户，Matlab 还提供了大量的面向专业领域的工具箱。以往需要复杂编程的算法开发任务需要花费很长的时间才能完成，而且调试需要花费更多的时间。而使用 Matlab 语言和 Matlab 工具箱，用户可以专注于算法研究，编程只需要几行就可以完成，而且可以很快地画出图形，从而迅速地进行多种算法的比较，从中找出最好的方案。Matlab 工具箱中的大多数函数都是通过 M 文件编写的，用户可以查看其中的源代码，通过适当地修改，便可以形成自己的特殊算法。

Matlab Compiler

利用 Matlab Compiler 可以从 M 文件自动产生优化 C 代码。通过将 Matlab 代码转换为 C 或 C++, 编译器可以有效地加快 Matlab 应用程序的开发速度和应用程序的运行速度。

Simulink

Simulink 是用来建模、分析和仿真各种动态系统的交互环境, 包括连续系统、离散系统和混杂系统。Simulink 提供了采用鼠标拖放的方法建立系统框图模型的图形交互界面。通过 Simulink 提供的丰富的功能块, 可以迅速地创建系统的模型, 不需要书写一行代码。Simulink 还支持 Stateflow, 用来仿真事件驱动过程。

Stateflow

Stateflow 提供了图形工具帮助设计和分析事件驱动系统。Stateflow 基于有限状态机理论, 能够建立和仿真复杂的反应和事件驱动系统。这样, Simulink 的用户可以在他们的模型之中描述事件驱动行为。通过 Simulink 和 Stateflow 可以在统一的环境下设计、建立和仿真整个嵌入式系统的行为。

Real-Time Workshop

Real-Time Workshop 直接将 Simulink, Stateflow, DSP Blockset 和 Communication Blockset 建立的模型自动生成代码(若模型包含 Stateflow 图时还需要有 Stateflow Coder)。通过 Real-Time Workshop, 能够为嵌入式控制系统和 DSP 应用迅速生成 C 代码。它支持连续时间、离散时间和混杂系统, 带触发使能的子系统, 带事件驱动行为的系统。

Simulink 模块库

作为 Simulink 建模系统的补充, MathWorks 公司开发了专用功能块程序包。如 DSP Blockset 和 Communication Blockset 等。通过使用这些程序包, 用户可以迅速地对系统进行建模与仿真。更重要的是用户还可以对系统模型进行代码生成, 并将生成的代码下载到不同的目标机上。

1.1.2 Matlab7.6 的新特点

(1) 完全实现面向对象编程。其实, 在 Matlab 的早期版本里面, 也有 class 的概念, 不过大家如果使用过的话, 可能知道那是一种不太好的设计, 功能不强, 过程繁琐。而新的设计抛开了历史包袱, 吸取(或者“抄袭”)了 Python 和 C#的优点, 除了支持封装(encapsulation)、继承(inheritance)和多态(polymorphism)这些基本特性以外, 还支持了一些新兴的特性, 包括属性(property)、事件(event)和静态方法(static method)。

(2) 支持 Handle 类型——用另外一种说法, 即支持函数调用传引用。以前 Matlab 传递参数只有一种方法, copy on write。就是说, 当你传一个东西进去, 如果它要发生改变, 那么, 这个东西会整个复制一份, 然后修改会在生成的“副本”上生效, 而原始数据对象不会被修改。这使得实现动态数据结构变得非常困难, 关键在时间和空间上消耗较大。比如一个列表, 如果每添加一个元素, 都要复制整个列表一次, 将是什么效果呢? 因此, 传统上 Matlab 擅长于以矩阵为基础的算法, 但是对于以经典动态数据结构为基础的算法, 比如动态列表、哈希表、搜索树、图等就力不从心了。这个新版本终于引入了对引用的支持, 这将使 Matlab 实现经典数据结构和算法变得前所未有的轻松。现在, 数值和统计算法与经典算法越来越多地结合, 很多应用都需要同时使用两方面的算法, Matlab 的这个变化正好适应了这种需求。

(3) 引入了名空间的管理。以前, Matlab 所有的函数都在同一个 global 的名空间下面。