

理论与实践并重、站在工程与科技的前沿

最新版

MATLAB

神经网络设计与应用

周品◎编著

- 科学计算的最新技术
- 结合大量的实例讲解，取材科学，结构严谨
- 是MATLAB应用的最佳手册
- 源程序及其他资源下载：www.tup.com.cn



清华大学出版社

MATLAB 神经网络设计与应用

周 品 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以最新版 MATLAB R2012a 为平台编写, 结合高等学校教学对 MATLAB 及其在神经网络的应用需要, 从实用角度出发, 对 MATLAB 入门及其使用、神经网络基本原理及应用展开介绍, 详尽地讲述感知器网络、线性神经网络、BP 神经网络、反馈神经网络、径向基神经网络及自组织神经网络等内容, 最后进一步扩展介绍神经网络在其他工程领域的实际应用。

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

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 神经网络设计与应用/周品编著. —北京: 清华大学出版社, 2013.3

ISBN 978-7-302-31363-2

I. ①M… II. ①周… III. ①人工神经网络-Matlab 软件-程序设计 IV. ①TP183

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 013986 号

责任编辑: 钟志芳

封面设计: 刘 超

版式设计: 文森时代

责任校对: 张彩凤

责任印制: 李红英

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

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

字 数: 598 千字

版 次: 2013 年 3 月第 1 版

印 次: 2013 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 46.00 元

产品编号: 050489-01

前 言

MATLAB 是由美国 MathWorks 公司发布的主要面向科学计算、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、工程设计以及必须执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的编辑模式，代表了当今国际科学计算软件的先进水平。

一种语言之所以能够如此迅速地普及和应用，显示出如此旺盛的生命力是由于它有着不同于其他语言的特点，正如 C 语言等高级语言使人们摆脱了需要直接对计算机硬件资源进行操作的要求。被称为第四代计算机语言的 MATLAB（简称 M 语言），利用其丰富的函数资源和工具箱资源使编程人员可以根据不同的需要选择相应的优化函数而不需要编写烦琐的程序代码。该软件最突出的特点就是简洁、开放式、便捷性等，并提供了更为直观、符合人们思维习惯的代码，同时给用户带来最直观、最简洁的程序开发环境。目前 MATLAB 可以说是科学技术工作者必不可少的工具之一，掌握这一重要工具将使日常的学习和工作事半功倍。

MathWorks 公司于 2012 年 3 月发布了 Matlab R2012a。Release 2012a 包括 MATLAB、Simulink 和 Polyspace 产品的新功能，以及对 77 种其他产品的更新和补丁修复。

虽然 MATLAB 最初并不是为控制理论与系统的设计者编写的，但是 MATLAB 软件一出现就很快引起了控制界研究人员的瞩目，因为它把看起来相当烦琐、复杂的矩阵操作变得简单得令人难以置信，而使用 MATLAB 可以很容易地绘制各种精美的图形，从而吸引了控制界的许多名家在自己擅长的领域中编写许多具有特殊意义的 MATLAB 工具箱，而这一可自定义编写特点又反过来使得 MATLAB 更具有吸引力。目前为止，MATLAB 环境下的与控制界面有关的工具箱有：

- ❑ 控制系统工具箱（Control system）。
- ❑ 频域系统工具箱（Frequency domain system）。
- ❑ 鲁棒控制工具箱（Robust control）。
- ❑ 系统辨识工具箱（System identification）。
- ❑ 信号处理工具箱（Signal processing）。
- ❑ 优化工具箱（Optimization）。
- ❑ 神经网络工具箱（Neural network）。
- ❑ 样条工具箱（Splines）。
- ❑ 模糊逻辑工具箱（Fuzzy logic）。
- ❑ 小波工具箱（Wavelet）。

□ 非线性控制设计工具箱 (Nonlinear control design)。

MATLAB 之所以有如此强大的功能还在于不断扩大的工具箱应用上,离开了工具箱的应用, MATLAB 环境下的操作也仅仅是简单的矩阵运算与作图而已。神经网络工具箱正是 MATLAB 环境下所开发出来的众多工具箱之一,它是以前神经网络理论为基础,用 MATLAB 语言构造出典型神经网络的激活函数,根据各种典型的修正网络权值的规则,加上网络的训练过程,用 MATLAB 编写出各种网络权值训练的子程序,网络的设计者可以根据自己所需去调用工具箱中有关神经网络的设计与训练程序,使自己能够从烦琐的编程中解脱出来,致力于思考问题和解决问题,从而提高效率和解题质量。

本书在每一章中都给出了大量的应用实例,并全部采用 MATLAB 以及神经网络工具箱中的函数来求解,从而使读者能够采用工具箱中的函数直接设计、训练网络,快速、精确地领会到神经网络解决问题的能力以及各种网络的特性。通过本书的学习,读者可在理解和掌握了人工神经网络理论的同时,运用 MATLAB 程序来设计网络,将其用于解决实际问题。

本书共分为 10 章,每章的主要内容提示如下。

第 1 章: MATLAB 软件介绍及入门知识。主要介绍了 MATLAB 基本功能、MATLAB 特点、数组与矩阵及程序结构等内容。

第 2 章: 神经网络概述。主要介绍了神经网络的概念、神经网络的发展史、神经元结构特点及神经网络的类型等内容。

第 3 章: 感知器网络。主要介绍了感知器的神经网络工具箱函数、单层感知器及多层感知器等内容。

第 4 章: 线性神经网络。主要介绍了线性神经网络工具箱函数、线性神经网络模型及结构、线性神经网络的应用等内容。

第 5 章: BP 神经网络。主要介绍了 BP 神经网络工具箱函数、BP 网络模型及结构、BP 网络泛化能力提高及 BP 网络典型应用等内容。

第 6 章: 反馈神经网络。主要介绍了 Hopfield 神经网络、Hopfield 神经网络函数及应用、Elman 神经网络及其应用等内容。

第 7 章: 径向基神经网络。主要介绍了 RBF 神经网络模型、RBF 网的数学基础、RBF 神经网络的学习算法及径向基网络应用等内容。

第 8 章: 自组织神经网络。主要介绍了自组织特征映射网络、自组织特征映射神经网络、LVQ 神经网络及自适应共振理论 (ART) 模型等内容。

第 9 章: 其他神经网络。主要介绍了 Boltzmann 神经网络、BSB 神经网络、模糊神经网络及自定义神经网络等内容。

第 10 章: 神经网络在实际领域中的应用。主要介绍了地震预测、配送中心选址、人脸识别及农作物虫害预测等内容。

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

本书主要由周品编著,此外参加编写的还有李晓东、丁伟雄、雷晓平、李娅、杨文茵、

何正风、赵新芬、赵书梅、栾颖、刘志为、周灵、赵书兰、张德丰、余智豪和崔如春等。

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。

编 者

目 录

第 1 章	MATLAB 软件介绍及入门知识	1
1.1	MATLAB 入门认识	1
1.1.1	MATLAB 基本功能	1
1.1.2	MATLAB 的特点	2
1.1.3	MATLAB R2012a 的新功能	3
1.1.4	MATLAB 的发展史	4
1.2	MATLAB 用户界面概述	5
1.2.1	MATLAB 启动和退出	5
1.2.2	MATLAB 主菜单及功能	6
1.2.3	MATLAB 组成环境	11
1.2.4	MATLAB 的帮助文档	16
1.3	变量与常量	21
1.3.1	变量	22
1.3.2	常量	24
1.4	数组与矩阵	25
1.4.1	矩阵的创建	25
1.4.2	矩阵与数组的运算	27
1.4.3	关系运算符	33
1.4.4	逻辑运算符	34
1.4.5	特殊矩阵	35
1.4.6	特殊矩阵操作	39
1.5	程序结构	42
1.5.1	顺序结构	42
1.5.2	循环结构	43
1.5.3	分支结构	47
1.5.4	错误控制结构	51
1.5.5	程序流程控制	53
第 2 章	神经网络概述	55
2.1	人工神经网络概念	55
2.2	神经网络概述	56
2.3	神经网络的发展史	57
2.3.1	神经网络的起始	57



2.3.2	神经网络的萧条	59
2.3.3	神经网络兴盛	60
2.4	神经元	62
2.4.1	生物神经元结构特点	62
2.4.2	神经元的基本功能	63
2.4.3	人工神经元模型	64
2.5	神经网络的类型	65
2.5.1	单层前向神经网络	66
2.5.2	多层前向神经网络	66
2.5.3	反馈网络	67
2.5.4	随机神经网络	67
2.5.5	竞争神经网络	67
2.6	神经网络的学习	68
2.6.1	神经网络的学习方式	68
2.6.2	神经网络的学习规则	69
2.7	神经网络的特点与优点	71
2.7.1	神经网络的特点	71
2.7.2	神经网络的优点	72
2.8	神经网络研究的方向	73
2.9	人工神经网络与智能神经网络	73
2.9.1	人工智能的概述	74
2.9.2	人工神经元与人工智能相比较	75
2.10	神经网络工具箱通用函数	76
2.10.1	神经网络仿真函数	79
2.10.2	神经网络训练函数	81
2.10.3	神经网络学习函数	84
2.10.4	神经网络初始函数	87
2.10.5	神经网络输入函数	88
2.10.6	神经网络的传递函数	90
2.10.7	神经网络求点积函数	93
第 3 章	感知器网络	94
3.1	感知器的神经网络工具箱函数	94
3.1.1	创建函数	94
3.1.2	显示函数	97
3.1.3	性能函数	99
3.2	单层感知器	103
3.2.1	单层感知器模型	103

3.2.2	单层感知器功能	104
3.2.3	单层感知器结构	107
3.2.4	单层感知器学习算法	108
3.2.5	单层感知器训练	109
3.2.6	单层感知器局限性	110
3.2.7	单层感知器的 MATLAB 实现	111
3.3	多层感知器	118
3.3.1	多层感知器模型	118
3.3.2	多层感知器设计方法	118
3.3.3	多层感知器的 MATLAB 实现	119
第 4 章	线性神经网络	124
4.1	线性神经网络工具箱函数	124
4.1.1	创建函数	124
4.1.2	学习函数	126
4.1.3	性能函数	128
4.2	线性神经网络模型及结构	129
4.2.1	线性神经网络模型	129
4.2.2	线性神经网络的结构	130
4.3	线性神经网络的学习算法与训练	130
4.3.1	线性神经网络的学习算法	130
4.3.2	线性神经网络的训练	132
4.4	线性神经网络的滤波器	134
4.5	线性神经网络与感知器神经网络的对比	137
4.6	线性神经网络的应用	138
4.6.1	线性化建模	138
4.6.2	模式分类	143
4.6.3	消噪处理	144
4.6.4	系统辨识	146
4.6.5	系统预测	148
第 5 章	BP 神经网络	153
5.1	BP 神经网络工具箱函数	154
5.1.1	创建函数	154
5.1.2	传递函数	156
5.1.3	学习函数	158
5.1.4	训练函数	159
5.1.5	性能函数	162
5.1.6	显示函数	163



5.2	BP 网络模型及结构	164
5.2.1	BP 网络模型	164
5.2.2	BP 网络学习算法	166
5.2.3	BP 神经网络特点	171
5.2.4	BP 网络功能	171
5.2.5	BP 网络实例分析	171
5.3	BP 网络泛化能力提高	179
5.3.1	归一化	180
5.3.2	提前终止法	182
5.4	BP 网络的局限性	184
5.5	BP 网络典型应用	184
第 6 章	反馈神经网络	193
6.1	反馈网络的概述	193
6.1.1	反馈神经网络概念	195
6.1.2	前馈与反馈神经网络的区别	196
6.1.3	反馈型神经网络模型	197
6.2	Hopfield 神经网络	198
6.2.1	离散型 Hopfield 网络	198
6.2.2	DHNN 的动力学稳定性	201
6.2.3	网络权值的学习	203
6.2.4	联想记忆功能	205
6.3	连续型 Hopfield 网络	206
6.3.1	网络结构与数学模型	207
6.3.2	网络稳定性	208
6.3.3	连续型 Hopfield 网络特点	209
6.4	Hopfield 神经网络函数及应用	209
6.4.1	Hopfield 神经网络函数	209
6.4.2	Hopfield 神经网络的应用	212
6.5	Elman 神经网络	224
6.5.1	Elman 神经网络结构	224
6.5.2	Elman 神经网络权值修正的学习算法	225
6.5.3	Elman 网络稳定性推导	227
6.5.4	对角递归网络稳定时学习速率的确定	228
6.5.5	Elman 神经网络在数据预测中的应用	229
第 7 章	径向基神经网络	232
7.1	RBF 神经网络模型	232

7.1.1	RBF 神经元模型.....	232
7.1.2	RBF 神经网络模型.....	233
7.2	RBF 网的数学基础.....	234
7.2.1	内插问题.....	234
7.2.2	正则化网络.....	235
7.3	RBF 神经网络的学习算法.....	236
7.3.1	自组织选取中心法.....	236
7.3.2	梯度训练方法.....	237
7.3.3	正交最小二乘 (OLS) 学习算法.....	238
7.4	其他径向基神经网络.....	239
7.4.1	广义回归神经网络.....	239
7.4.2	泛化回归神经网络.....	240
7.4.3	概率神经网络.....	241
7.5	RBF 神经网络 MATLAB 函数.....	242
7.5.1	创建函数.....	242
7.5.2	权函数.....	245
7.5.3	输入函数.....	246
7.5.4	传递函数.....	247
7.5.5	mse 函数.....	247
7.5.6	变换函数.....	248
7.6	径向基网络应用.....	249
7.7	径向基神经网络优缺点.....	267
第 8 章	自组织神经网络.....	269
8.1	自组织特征映射网络.....	269
8.1.1	竞争学习的概念.....	270
8.1.2	竞争学习规则.....	271
8.1.3	竞争学习原理.....	273
8.1.4	竞争神经网络 MATLAB 实现.....	275
8.1.5	竞争型神经网络存在的问题.....	279
8.2	自组织特征映射神经网络.....	279
8.2.1	SOM 网络的生物学基础.....	280
8.2.2	SOM 网络拓扑结构.....	280
8.2.3	SOM 网络的权值调整.....	281
8.2.4	SOM 网络的 MATLAB 实现.....	283
8.2.5	SOM 网络的应用.....	291
8.3	LVQ 神经网络.....	302
8.3.1	LVQ 神经网络的结构.....	302



8.3.2	LVQ 神经网络的学习算法	303
8.3.3	LVQ 神经网络的特点	304
8.3.4	LVQ 神经网络的 MATLAB 函数	305
8.3.5	LVQ 神经网络的应用	307
8.4	自适应共振理论 (ART) 模型	311
8.4.1	ART-1 型网络	312
8.4.2	ART-2 型网络	317
8.5	CP 神经网络	321
8.5.1	CP 神经网络概述	322
8.5.2	CP 网络学习	322
8.5.3	CP 网络应用	324
第 9 章	其他神经网络	330
9.1	Boltzmann 神经网络	330
9.1.1	BM 网络的基本结构	330
9.1.2	BM 模型的学习	330
9.1.3	BM 网络的实现	333
9.2	BSB 神经网络	335
9.2.1	BSB 神经网络模型	335
9.2.2	BSB 网络的实现函数	335
9.3	模糊神经网络	337
9.3.1	模糊神经网络的形式	337
9.3.2	神经网络和模糊控制结合的优点	339
9.3.3	神经模糊控制器	339
9.3.4	神经模糊控制器的学习算法	342
9.3.5	模糊神经网络 MATLAB 函数	344
9.3.6	MATLAB 模糊神经推理系统的图形用户界面	350
9.4	Simulink 神经网络	352
9.4.1	Simulink 神经网络仿真模型库	353
9.4.2	Simulink 神经网络应用	357
9.5	自定义神经网络	361
9.5.1	自定义神经网络的创建	361
9.5.2	自定义神经网络的初始化、训练与仿真	373
第 10 章	神经网络在实际领域中的应用	377
10.1	地震预报	377
10.1.1	问题概述	377
10.1.2	网络设计	378

10.1.3 网络训练与测试	379
10.1.4 网络实现	383
10.2 配送中心选址	385
10.2.1 问题概述	386
10.2.2 网络实现	386
10.3 人脸识别	389
10.3.1 模型建立	389
10.3.2 网络实现	390
10.4 农作物虫害预测	394
10.4.1 虫害预测原理	394
10.4.2 网络实现	395
参考文献	399
网上参考资源	400

第 1 章 MATLAB 软件介绍及入门知识

MATLAB 是矩阵实验室 (Matrix Laboratory) 的简称, 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 入门认识

MATLAB 的基本单位是矩阵, 它的表达式与数学、工程计算中常用的形式十分相似, 极大地方便了用户学习和使用, 故 MATLAB 深受用户欢迎。在欧美一些高等院校, MATLAB 已成为高等数学、线性代数、自动控制理论、数理统计、数字信号处理等课程的基本工具和攻读学位的本科生、硕士生和博士生必须掌握的技能。在设计和科研部分, MATLAB 被广泛用来研究与解决各种工程问题。

由于 MATLAB 功能强大、灵活性好、可信度高, 加上软件本身简单易学, 已经成为国际最流行的科学与工程计算软件之一。MATLAB 以模块化的计算方法、可视化与智能化的人机交互功能、丰富的矩阵运算、图形绘制和数据处理函数, 以及模块化图形的动态系统仿真工具 Simulink, 成为控制系统设计和仿真领域最受欢迎的软件系统。

在欧美大学的应用代数、数理统计、自动控制、数字信号处理、模拟与数字通信、时间序列分析、动态系统仿真等课程的教科书中, 都把 MATLAB 作为其中的内容, 并且 MATLAB 是攻读学位的本科生、硕士生和博士生必须掌握的基本工具。

在国际学术界, MATLAB 已经被确认为准确、可靠的科学计算标准软件。在许多国际学术刊物上 (尤其是信息科学刊物), 都可以看到有关 MATLAB 应用的内容。

在设计研究单位和工业部门, MATLAB 被认为是进行高效研究、开发的首选软件工具, 如美国 National Instruments 公司信号测量分析软件 LabVIEW, Cadence 公司信号和通信分析设计软件 SPW 等, 都是以 MATLAB 为主要支撑的。

1.1.1 MATLAB 基本功能

MATLAB 与 Mathematica、Maple 并称为三大数学软件。它在数学类科技应用软件中的数值计算方面首屈一指。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、链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、工程中常用的形式十分相

似，故用 MATLAB 来解决问题要比用 C、FORTRAN 等语言简捷得多，并且 MATLAB 也吸收了像 Maple 等软件的优点，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。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，此外许多的 MATLAB 爱好者都编写了一些经典的程序，用户可以直接进行下载。

1.1.2 MATLAB 的特点

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我们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，其主要特点如下。

1. 高效方便的矩阵的数组运算

MATLAB 语言像 BASIC、FORTRAN 和 C 语言一样规定了矩阵的算术运算、关系运算符、逻辑运算符、条件运算符以及赋值运算符，而且这些运算符大部分可以照搬到数组的运算，如算术运算符只要增加“.”就可以用于数组间的运算，并且不需要定义数组间的维数，并给出矩阵函数、特殊矩阵专门的库函数，使之在解决数字信号处理、建模、系统识别、自动控制、优化等领域的问题时，显得十分简洁、高效，具有其他高级语言不可比拟的优势。

2. 直观灵活的语言

MATLAB 不仅仅是一套打包好的函数库，同时也是一种高级的、面向对象的编程语言。使用 MATLAB 可事半功倍地开发自己的程序。MATLAB 自身的许多函数（包括所有的工具箱函数），都是用 .m 文件实现的。

3. 编程效率高

MATLAB 语言简洁紧凑，使用灵活方便，程序书写形式自由。库函数非常丰富，避免了繁杂的子程序编程任务，省去了一切不必要的工作。由于库函数都是由本领域的专家编写，在可靠性和算法的高效性上有很好的保证。可以说，使用 MATLAB 进行科技开发是在吸取专家经验的基础上进行的。

4. 出色的图形处理功能

MATLAB 自产生之日起就具有方便的数据可视化功能，以将向量和矩阵用图形表现出来，并且可以对图形进行标注和打印。高层次的作图包括二维和三维的可视化、图像处理、动画和表达式作图。可用于科学计算和工程绘图。新版本的 MATLAB 对整个图形处理功能作了很大的改进和完善，与一般数据可视化软件相比，其功能更加完善，而且对于一些其他软件所没有的功能（例如图形的光照处理、色度处理以及四维数据的表现等），MATLAB 同样表现了出色的处理能力。同时对一些特殊的可视化要求，例如图形对话等，MATLAB 也有相应的功能函数，保证了用户不同层次的要求。另外新版本的 MATLAB 还着重在图形

用户界面 (GUI) 的制作上作了很大的改善, 对这方面有特殊要求的用户也可以得到满足。

5. 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、三维等高线图、图像显示、动画和体积可视化等。

6. 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。开放的系统设计使用户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。

7. 功能强大的工具箱

MATLAB 工具箱包括两个部分: 核心工具箱 (核心部分中有数百个核心内部函数) 和各种可选的工具箱。其核心工具箱又可分为两类: 功能性工具箱和学科性工具箱。功能性工具箱主要用来扩充其符号计算功能、图示建模仿真功能、文字处理功能以及与硬件实时交互功能。功能性工具箱可用于多种学科, 而学科性工具箱专业性比较强, 如 Control System、Signal Processing、Nonlinear Control 和 Optimization 等。这些工具箱都是由该领域内的高水平专家编写的, 用户可以使用它们直接进行高水平的研究工作。

1.1.3 MATLAB R2012a 的新功能

MATLAB R2012a (Release 2012a) 包括 MATLAB、Simulink 和 Polyspace 产品的新功能, 以及对 77 种其他产品的更新和补丁修复。

1. MATLAB 产品系列方面

在 MATLAB 产品系列中实现了以下重要新功能。

- ❑ MATLAB: 统一了一维、二维与三维数值积分函数并提升了基本数学和内插函数的性能。
- ❑ MATLAB Compiler: 可以下载 MATLAB Compiler Runtime (MCR), 简化编译后的程序和组件的分发。
- ❑ Image Processing Toolbox: 通过亮度指标优化进行自动图像配准。
- ❑ Statistics Toolbox: 增强了使用线性、广义线性和非线性回归进行拟合、预测和绘图的界面。
- ❑ System Identification Toolbox: 识别连续时间传递函数。

2. 代码生成产品

在代码生成的产品中实现以下重要新功能。

- ❑ HDL Coder: 可替代 Simulink HDL Coder 的新产品, 添加了直接从 MATLAB 生成 HDL 代码功能。
- ❑ HDL Verifier: 可替代 EDA Simulator Link 的新产品, 添加了 Altera FPGA 在环支持。

- MATLAB Coder: 可从用户定义的系统对象生成代码并自动生成动态共享库。
- Embedded Coder: AUTOSAR 4.0 兼容性, 减少了数据副本, 并通过 Simulink Web 视图实现代码生成报告的链接。

3. 工具箱

用于在 MATLAB 和 Simulink 中进行设计的系统工具箱 (System Toolbox) 实现了以下重要新功能。

- Computer Vision System Toolbox: Viola-Jones 对象检测、MSER 特征检测和 CAMShift 跟踪。
- Communications System Toolbox: USRP 无线电支持、LTE MIMO 信道模型以及 LDPC、Turbo 解码器和其他算法的 GPU 支持。

4. Simulink 产品

在 Simulink 产品系列中实现以下重要新功能。

- Simulink: 从目标硬件 (包括 LEGO MINDSTORMS NXT 和 BeagleBoard) 上的 Simulink 直接运行模型的能力。
- SimMechanics: 具有新的三维可视化功能的第二代多体建模和仿真技术。
- Real-Time Windows Target: 使用 Simulink 标准模式实时执行 Windows 中的模型。

1.1.4 MATLAB 的发展史

MATLAB 名字由 Matrix (矩阵) 和 Laboratory (实验室) 两词的前 3 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系主任的 Cleve Moler 博士讲授线性代数课程, 发现应用其他高级编程语言极为不便, 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, 这就是用 FORTRAN 语言编写的萌芽状态的 MATLAB。以后几年, MATLAB 作为免费软件在大学里被广泛使用, 深受大学生的欢迎。

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 4.0 版本; 1995 年, MathWorks 公司推出 MATLAB 4.2c 版 (For Win3.X)。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, 增加了一些功能: 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、处理和硬件开发的通路。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变为在每年的 3 月和 9 月进行两次产品发布, 版本的命令方