

MATLAB仿真应用精品丛书

MATLAB R2017a

人工智能算法

张德丰 编著

 中国工信出版集团

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

MATLAB 仿真应用精品丛书

MATLAB R2017a

人工智能算法

张德丰 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以 MATLAB R2017a 为平台,以智能算法为背景,全面详细地介绍了人工智能的各种新型算法。本书内容以理论为基础,以实际应用为主导,循序渐进地向读者讲解怎样利用 MATLAB 智能算法解决实际问题。全书共 13 章,主要内容包括 MATLAB R2017a 软件的基础知识、智能算法的理论、人工神经网络算法、模糊逻辑控制算法、粒子群算法、蚁群算法、模拟退火算法、遗传算法、免疫算法、禁忌搜索算法、支持向量机算法及小波分析算法等。

本书可作为高校本科生和研究生的学习用书,也可作为科研人员、学者、工程技术人员的相关参考用书。

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

MATLAB R2017a 人工智能算法 / 张德丰编著. —北京: 电子工业出版社, 2018.5
(MATLAB 仿真应用精品丛书)

ISBN 978-7-121-34061-1

I. ①M… II. ①张… III. ①Matlab 软件—人工智能—算法理论 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 077349 号

策划编辑: 陈韦凯

责任编辑: 万子芬 特约编辑: 徐 宏

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 北京天宇星印刷厂

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: 787×1 092 1/16 印张: 25.75 字数: 659 千字

版 次: 2018 年 5 月第 1 版

印 次: 2018 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 69.00 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, 88258888。

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。

本书咨询联系方式:(010) 88254441; chenwk@phei.com.cn。

前 言

MATLAB 平台为解决工程和科学问题进行了优化，已成为国际公认的最优秀的科技应用软件之一。基于矩阵的 MATLAB 语言是最自然的计算数学表示方法，具有编程简单、数据可视化功能强、可操作性强等特点，而且配有功能强大、专业函数丰富的各领域应用工具箱，是进行各领域问题处理的必备软件工具。

近年来，随着计算机技术的快速发展，为了在一定程度上解决大空间、非线性、全局寻优、组合优化等复杂问题，不少智能优化方法不断涌现。在人工智能的研究领域中，智能算法是其重要的一个分支。目前，智能计算正在蓬勃发展，人工智能领域的研究十分活跃。虽然智能算法研究水平暂时还很难使“智能机器”真正具备人类的智能，但人工脑是人脑和生物脑的结合，这种结合将使人工智能的研究更广泛、更深入。

智能计算不断探索智能的新概念、新理论、新方法和新技术，这些研究成果将给人类世界带来巨大的改变。智能优化算法可应用于电子、通信、计算机、自动化、机器人、经济学和管理学等众多学科；对于要用这些算法工具来解决具体问题的理论研究和工程技术人员来说，通过本书可以节省大量查询资料和编写程序的时间，通过 MATLAB 仿真实例可以更深入地理解、快速地掌握这些算法。由于每种算法的优化目标很多，对应的修正算法也很多，感兴趣的读者可以在此基础上进行深入的研究。

本书具有如下特点：

1. 由浅入深，循序渐进。

本书以新版 MATLAB R2017a 为平台，逐渐深入 MATLAB 软件，并在 MATLAB 平台上利用各种智能算法解决实际问题，让问题的解决得到了极大的简化。

2. 内容新颖，应用全面。

本书结合智能算法的使用经验和实际领域应用问题，将智能算法的原理及其 MATLAB 实现方法与技术详细地介绍给读者，让读者做到理论与实践相结合，学以致用。

3. 轻松易学，方便快捷。

书中通过大量典型的应用例子实操，在讲解过程中辅以相应的图片，使读者在阅读时一目了然，从而轻松快速地掌握书中的内容，并且书中的实例都是比较新颖的例子，通过利用算法分析实际问题，使读者能够在最短的时间内以最高的效率解决实际中遇到的问题，提升工作效率。

本书分 13 章讲解智能算法在 MATLAB R2017a 中的实现。

第 1 章 初识 MATLAB R2017a，主要包括 MATLAB 应用领域、MATLAB R2017a 的新功能特性、MATLAB 的数据类型等内容。

第 2 章 MATLAB 的编程基础，主要包括数组、矩阵的创建及运算、MATLAB 控制语句、M 文件、图形可视化等内容。

第 3 章 人工智能概述，主要包括人工智能的定义、人工智能的发展及发展趋势、人工

智能对人类的深远影响等内容。

第4章 人工神经网络算法，主要包括人工神经网络的概述、神经网络算法的理论、BP神经网络、径向神经网络等内容。

第5章 模糊逻辑控制算法，主要包括模糊逻辑控制的概述、模糊逻辑控制的理论、模糊逻辑控制工具箱、FIS编辑器等内容。

第6章 粒子群算法，主要包括粒子群的概述、粒子群的种类、基于粒子群的聚类分析、改进权重粒子群算法等内容。

第7章 蚁群算法，主要包括蚁群的基本概念、改进的蚁群算法、自适应蚁群算法、蚁群算法的应用进展及发展趋势等内容。

第8章 模拟退火算法，主要包括模拟退火的理论、模拟退火算法的改进、模拟退火的应用等内容。

第9章 遗传算法，主要包括遗传算法的概述、遗传算法的构成要素、遗传算法的研究现状、遗传算法的应用等内容。

第10章 免疫算法，主要包括免疫算法的概述、免疫遗传算法、免疫算法的应用等内容。

第11章 禁忌搜索算法，主要包括禁忌搜索的相关理论、禁忌算法的关键参数、禁忌搜索算法的应用等内容。

第12章 支持向量机算法，主要包括支持向量机的相关理论、支持向量机的理论、支持向量机的应用等内容。

第13章 小波分析算法，主要包括傅里叶变换、Mallat算法、小波包分析、小波分析的应用等内容。

本书由张德丰编著，参加编写的还有赵书兰、王宇华、刘志为、栾颖、吴茂、李晓东、何正风、丁伟雄、李娅、辛焕平、杨文茵、顾艳春、邓奋发和方清城。

本书实用性强、应用范围广，可作为广大高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、工程技术人员的相关参考用书。

为了便于读者学习，本书提供实例源代码的下载，读者可登录华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）查找本书免费下载。

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专家和广大读者的批评指正。

编 著 者

目 录

第 1 章 初识 MATLAB R2017a	1
1.1 MATLAB 的应用领域和优势	1
1.2 MATLAB R2017a 的新功能	3
1.3 MATLAB 的编程风格	4
1.4 MATLAB 的接口技术	5
1.5 MATLAB 与 C/C++ 混合编程	5
1.6 MATLAB 的工作环境	6
1.6.1 菜单/工具栏	7
1.6.2 命令行窗口	7
1.6.3 工作区	8
1.7 MATLAB 的常用命令	9
1.8 MATLAB 的帮助系统	10
1.8.1 纯文本帮助	10
1.8.2 演示帮助	12
1.9 MATLAB 的数据类型	13
1.9.1 数值类型	13
1.9.2 字符与字符串	16
1.9.3 逻辑类型	18
1.9.4 函数句柄	19
1.9.5 结构数组	21
1.9.6 元胞数组	24
1.10 MATLAB 的运算符	28
1.10.1 算术运算符	28
1.10.2 关系运算符	29
1.10.3 逻辑运算符	30
1.10.4 运算优先级	31
第 2 章 MATLAB 的编程基础	32
2.1 数组及其运算	32
2.1.1 数组的创建	32
2.1.2 数组的运算	33

2.2	矩阵及其运算	35
2.2.1	矩阵的创建	35
2.2.2	特殊矩阵的生成	37
2.2.3	矩阵的操作	39
2.2.4	矩阵的基本运算	41
2.2.5	矩阵的相关运算	42
2.3	MATLAB 控制语句	44
2.3.1	循环结构	44
2.3.2	分支控制语句	46
2.4	m 文件	49
2.4.1	m 文件的分类	49
2.4.2	m 文件的结构	51
2.5	图形可视化	51
2.5.1	MATLAB 的绘图步骤	52
2.5.2	在工作空间直接绘图	52
2.5.3	二维图形绘制	53
2.5.4	图形的修饰	55
2.5.5	三维绘图	58
第 3 章	人工智能概述	62
3.1	什么是智能	62
3.1.1	智能的定义	62
3.1.2	人工智能的定义	63
3.2	人工智能的发展	64
3.3	人工智能的研究方法	64
3.4	人工智能的危机	66
3.5	人工智能的应用	67
3.6	人工智能的发展趋势	67
3.7	人工智能对人类的深远影响	68
3.7.1	人工智能对经济的影响	68
3.7.2	人工智能对社会的影响	68
3.7.3	人工智能对文化的影响	70
3.8	各种常用智能算法	71
3.8.1	群智能算法	71
3.8.2	模拟退火算法	72
3.8.3	禁忌搜索算法	72
3.8.4	神经网络算法	72

第 4 章 人工神经网络算法	74
4.1 人工神经网络概述	74
4.1.1 神经网络研究的方向	74
4.1.2 人脑工作原理	75
4.1.3 人工神经网络的工作原理	75
4.1.4 人工神经网络的基本特征	76
4.1.5 人工神经网络的特点	77
4.2 神经网络算法的理论	78
4.2.1 人工神经元模型	78
4.2.2 常用激活函数	79
4.2.3 神经网络模型	80
4.2.4 神经网络工作方式	81
4.2.5 几种常见的神经网络	81
4.3 BP 神经网络	84
4.3.1 BP 神经网络的拓扑结构	84
4.3.2 BP 神经网络的训练	85
4.3.3 BP 神经网络的学习方法	86
4.3.4 BP 神经网络的实现	90
4.4 径向基神经网络	93
4.4.1 RBF 的基本思想	94
4.4.2 RBF 的网络模型	94
4.4.3 RBF 的网络输出	94
4.4.4 RBF 网络的学习过程	95
4.4.5 RBF 网络有关的几个问题	97
4.4.6 RBF 神经网络的应用	98
4.5 自组织神经网络	106
4.5.1 自组织竞争神经网络的基本概念	107
4.5.2 自组织特征映射神经网络	108
4.5.3 自组织竞争神经网络的应用	110
4.6 对向传播神经网络	114
4.6.1 CPN 的基本概念	114
4.6.2 CPN 网络的学习算法	115
4.7 广义回归神经网络	115
4.7.1 广义回归神经网络的结构	116
4.7.2 广义回归神经网络的优点	116
4.7.3 广义回归神经网络的应用	117
4.8 概率神经网络	118
4.8.1 概率神经网络的结构	118



4.8.2	概率神经网络的优缺点	119
4.8.3	概率神经网络的应用	120
4.9	Hopfield 神经网络	125
4.9.1	Hopfield 神经网络的结构	125
4.9.2	Hopfield 神经网络的学习算法	126
4.9.3	Hopfield 神经网络的应用	126
第 5 章	模糊逻辑控制算法	132
5.1	模糊逻辑控制概述	132
5.1.1	模糊、神经网络、人工智能间的关系	132
5.1.2	神经网络和模糊系统的比较	133
5.1.3	模糊和神经网络的结合	135
5.2	模糊逻辑控制理论	136
5.2.1	模糊逻辑控制的基本概念	136
5.2.2	模糊逻辑的组成	137
5.2.3	模糊逻辑控制原理	137
5.2.4	模糊逻辑控制器的设计内容	139
5.2.5	模糊逻辑控制的规则	139
5.2.6	模糊逻辑控制的应用领域	140
5.3	模糊逻辑控制工具箱	141
5.3.1	模糊逻辑控制工具箱的功能特点	141
5.3.2	模糊系统的基本类型	142
5.3.3	模糊推理系统的基本函数	143
5.4	模糊逻辑工具箱的图形用户界面	158
5.4.1	FIS 编辑器	158
5.4.2	隶属度函数编辑器	159
5.4.3	模糊规则编辑器	160
5.4.4	模糊规则浏览器	161
5.4.5	输入/输出曲面视图	161
5.4.6	模糊推理界面的应用	162
5.5	基于 Simulink 的模糊逻辑控制	164
5.6	模糊推理系统在控制系统中的应用	170
第 6 章	粒子群算法	174
6.1	粒子群概述	174
6.1.1	人工生命	174
6.1.2	粒子群算法的基本原理	175
6.1.3	全局与局部模式	176



6.1.4	粒子群的算法建模	176
6.1.5	粒子群的特点	176
6.1.6	粒子群算法与其他进化算法的异同	177
6.2	粒子群的种类	177
6.2.1	基本粒子群	177
6.2.2	标准粒子群	178
6.2.3	压缩因子粒子群	179
6.2.4	离散粒子群	179
6.3	基于粒子群的聚类分析	180
6.4	粒子群算法的 MATLAB 实现	181
6.5	改进权重粒子群算法	187
6.5.1	自适应权重法	187
6.5.2	随机权重法	190
6.5.3	线性递减权重法	192
6.6	混合粒子群算法	194
6.6.1	混合粒子群协同优化的设计思想	194
6.6.2	基于杂交的算法	194
6.6.3	基于自然选择的算法	197
6.6.4	基于模拟退火的算法	199
6.7	粒子群的应用	202
第 7 章	蚁群算法	208
7.1	蚁群的基本概念	208
7.1.1	蚁群的觅食过程	208
7.1.2	人工蚂蚁与真实蚂蚁的异同	208
7.1.3	人工蚁群的优化过程	209
7.1.4	蚁群算法的基本原理	210
7.2	改进的蚁群算法	211
7.2.1	蚁群系统	211
7.2.2	精英蚁群系统	212
7.2.3	最大最小蚁群系统	212
7.2.4	排序的蚁群系统	213
7.2.5	几种改进蚁群算法的比较	213
7.3	自适应蚁群算法	213
7.4	蚁群算法的重要规则	215
7.5	蚁群算法的应用进展及发展趋势	216
7.5.1	应用进展	216
7.5.2	存在的问题	216



7.5.3	发展趋势	216
7.5.4	蚁群算法的 MATLAB 实现	217
7.6	蚁群算法的应用	219
第 8 章	模拟退火算法	234
8.1	模拟退火算法的理论	234
8.1.1	模拟退火算法的思想	234
8.1.2	物理退火的过程	235
8.1.3	模拟退火的原理	236
8.1.4	模拟退火算法的终止准则	236
8.1.5	模拟退火算法的特点	236
8.2	模拟退火算法的改进	237
8.2.1	模拟退火算法的改进方式	237
8.2.2	模拟退火算法的改进新解	238
8.3	模拟退火算法的 MATLAB 工具箱	238
8.4	模拟退火算法的应用	242
第 9 章	遗传算法	249
9.1	遗传算法概述	249
9.1.1	遗传算法的生物学基础	249
9.1.2	遗传算法的名称解释	250
9.1.3	遗传算法的运算过程	251
9.1.4	遗传算法的特点	252
9.1.5	遗传算法的改进方向	253
9.2	遗传算法的构成要素	254
9.2.1	染色体的编码	254
9.2.2	适应度函数	255
9.2.3	遗传算子	256
9.3	控制参数的选择	258
9.4	遗传算法的研究现状	258
9.5	遗传算法的应用领域	260
9.6	遗传算法工具箱	260
9.6.1	遗传算法的程序设计	261
9.6.2	MATLAB 自带的遗传算法函数	265
9.6.3	遗传算法的 GUI	268
9.7	遗传算法的应用	270
9.7.1	遗传算法求解极值问题	270
9.7.2	遗传算法求解 TSP 问题	280

9.7.3 遗传算法的 BP 神经网络实现	286
第 10 章 免疫算法	293
10.1 免疫算法概述	293
10.1.1 免疫算法的发展史	294
10.1.2 生物免疫系统	294
10.1.3 免疫算法的基本原理	296
10.1.4 免疫算法流程	297
10.1.5 免疫算法算子	298
10.1.6 免疫算法的特点	300
10.1.7 免疫算法的发展趋势	300
10.2 免疫遗传算法	301
10.2.1 免疫遗传算法的几个基本概念	302
10.2.2 免疫遗传算法的原理	303
10.2.3 免疫遗传算法的 MATLAB 实现	304
10.3 免疫算法的应用	312
10.3.1 免疫算法在优化中的应用	312
10.3.2 免疫算法在 TSP 中的应用	315
10.3.3 免疫算法在物流选址中的应用	319
10.3.4 免疫算法在故障检测中的应用	326
第 11 章 禁忌搜索算法	334
11.1 禁忌搜索的相关理论	334
11.1.1 启发式搜索算法与传统的方法	334
11.1.2 禁忌搜索与局部邻域搜索	335
11.1.3 局部邻域搜索	335
11.1.4 禁忌搜索的基本思想	336
11.1.5 禁忌搜索算法的特点	337
11.1.6 禁忌搜索算法的改进方向	338
11.2 禁忌算法的关键参数	338
11.3 禁忌搜索算法的应用	342
第 12 章 支持向量机算法	348
12.1 支持向量机的相关理论	348
12.1.1 统计学理论	348
12.1.2 数据挖掘分类	349
12.1.3 线性分类器	350
12.2 支持向量机的理论	352



12.2.1	支持向量机的支持技术	352
12.2.2	最优分类面	353
12.2.3	支持向量机的模型	353
12.2.4	支持向量机的算法	354
12.2.5	核函数	355
12.3	支持向量机的应用	356
第 13 章	小波分析算法	360
13.1	傅里叶变换	360
13.1.1	一维傅里叶变换	360
13.1.2	二维傅里叶变换	365
13.2	小波变换的基本定义	366
13.2.1	一维离散小波变换	367
13.2.2	二维离散小波变换	367
13.3	Mallat 算法	369
13.3.1	Mallat 算法的原理	370
13.3.2	常用小波函数	372
13.3.3	Mallat 算法的应用	374
13.4	小波包分析	377
13.5	小波的 GUI	379
13.6	小波分析的应用	382
13.6.1	小波分析在信号处理中的应用	382
13.6.2	小波变换在图像处理中的应用	389
参考文献		397

第 1 章 初识 MATLAB R2017a



MATLAB 作为一种功能强大的工程软件，其主要功能包括数值处理、程序设计、可视化显示、图形用户界面和与外部软件的整合应用等方面。

1.1 MATLAB 的应用领域和优势

MATLAB 是由美国 Mathworks 公司发布的主要面向科学计算、可视化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环境中，为科学研究、工程设计以及数值计算等众多科学领域提供了一种全面的解决方案，并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。

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，因此用 MATLAB 来解决问题比用 C、FORTRAN 等语言完成相同的事情要简捷得多，并且 MATLAB 也吸收了 Maple 等软件的优点，使得 MATLAB 成为一个强大的数学软件。MATLAB 语言具有如下优势。

1. 友好的工作平台编程环境

MATLAB 由一系列工具组成。这些工具方便用户使用 MATLAB 的函数和文件，其中许多工具采用的是图形用户界面，包括 MATLAB 桌面和命令窗口、历史命令窗口、编辑器和调试器、当前文件夹和用于用户浏览帮助、工作空间、文件的浏览器。随着 MATLAB 的商业化以及软件本身的不断升级，其用户界面也越来越精致，更加接近 Windows 的标准界面，人机交互性更强，操作更简单；新版本的 MATLAB 提供了完整的联机查询、帮助系统，极大地方便了用户的使用；简单的编程环境提供了比较完备的调试系统，程序不必经过编译就可以直接运行，而且能够及时报告出现的错误并进行出错原因分析。

2. 简单易用的程序语言

MATLAB 平台本身是用 C 语言编写的，其中汇集了当前最新的数学算法库，是许多专业数学家和工程学者多年的劳动结晶。使用 MATLAB 意味着站在巨人的肩膀上观察和处理问题，所以在编程效率及程序的可读性、可靠性和可移植性上远远超过了常规的高级语言。这使得 MATLAB 成为了进行科学研究和数值计算的首选语言。MATLAB 以复数矩阵运算为基础，其基本编程单位是矩阵，使得编程简单而功能极为强大。对于常规语言中必须使用许多语句才能实现的功能，如矩阵分解、矩阵求逆、积分、快速傅里叶变换，甚至串口



操作、声音的输入/输出等，在 MATLAB 中均用一两句指令即可实现。

3. 强大的科学计算及数据处理能力

MATLAB 是一个包含大量计算算法的集合，其中拥有 600 多个工程中要用到的数学运算函数，可以方便地实现用户所需的各种计算功能。函数中所使用的算法都是科研和工程计算中的最新研究成果，而且经过了各种优化和容错处理。在通常情况下，可以用它来代替底层编程语言，如 C 和 C++。在计算要求相同的情况下，使用 MATLAB 编程工作量会大大减少。MATLAB 的这些函数集包括从最简单、最基本的函数到诸如矩阵、特征向量、快速傅里叶变换的复杂函数。函数所能解决的问题大致包括矩阵运算、线性方程组的求解、微分方程及偏微分方程组的求解、符号运算、傅里叶变换、数据的统计分析、工程中的优化问题、稀疏矩阵运算、复数的各种运算、三角函数和其他初等数学运算、多维数组操作、动态仿真等。

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，不仅将向量和矩阵用图形的形式表现出来，而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、动态和表达式作图，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做了很大的改进和完善，使它不仅在一般数据可视化软件具有的功能（例如二维曲线和三维曲面的绘制和处理等）方面更加完善，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、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 还在图形用户界面（GUI）的制作上做了很大的改善。

5. 应用广泛的模块集合工具箱

MATLAB 对许多专门的领域都开发了功能强大的模块集和工具箱。一般来说，它们都是由特定领域的专家开发的，用户可以直接使用工具箱学习、应用和评估不同的方法而不需要自己编写代码。目前，MATLAB 已经把工具箱延伸到科学研究和工程应用的诸多领域，如数据采集、数据库接口、概率统计、样条拟合、优化算法、偏微分方程求解、神经网络、小波分析、信号处理、图像处理、系统辨识、控制系统 LMI 控制、鲁棒控制、模型预测、模糊逻辑、金融分析、地图工具、非线性控制设计、实时快速原型及半物理仿真、嵌入式系统开发、定点仿真、DSP 与通信、电力系统仿真等，并且都在工具箱（Toolbox）家庭中有自己的一席之地。

6. 实时的程序接口和发布平台

新版本的 MATLAB 可以利用 MATLAB 编译器和 C/C++ 数学库与图形库将自己的 MATLAB 程序自动转换为独立于 MATLAB 运行的 C 和 C++ 代码，允许用户编写可以与 MATLAB 进行交互的 C 或 C++ 语言程序。另外，MATLAB 网页服务程序还允许在 Web 应用中使用自己的 MATLAB 数学和图形程序。MATLAB 的一个重要特色就是具有一套程序扩展系统和一组称为工具箱的特殊应用子程序。

7. 应用软件开发（包括用户界面）

在开发环境中，使用户更方便地控制多个文件和图形窗口；在编程方面支持函数嵌套、有条件中断等；在图形化方面，有了更强大的图形标注和处理功能；在输入输出方面，可以直接向 Excel 和 HDF5 进行链接。

1.2 MATLAB R2017a 的新功能

MATLAB R2017a 是目前最新版本，具有如下新功能。

1. MATLAB 产品系列的更新

- 引入 tall 数组用于操作超过内存限制的过大数据。
- 引入时间表数据容器用于索引和同步带时间戳的表格数据。
- 增加在脚本中定义本地函数的功能以提高代码的重用性和可读性。
- 通过使用 MATLAB 的 Java API 可以在 Java 程序中调用 MATLAB 代码。
- MATLAB Mobile: 通过在 MathWorks 云端的 iPhone 和 Android 传感器记录数据。
- Database Toolbox: 提供用于检索 Neo4j 数据的图形化数据库界面。
- MATLAB Compiler: 支持将 MATLAB 应用程序（包括 tall 数组）部署到 Spark 集群上。
 - Parallel Computing Toolbox: 能够在台式机、装有 MATLAB Distributed Computing Server 的服务器及 Spark 集群上利用 tall 数组进行大数据并行处理。
 - Statistics and Machine Learning Toolbox: 提供不受内存限制的大数据分析算法，包括降维、描述性统计、k-均值聚类、线性递归、逻辑递归和判别分析。
 - Statistics and Machine Learning Toolbox: 提供可以自动调整机器学习算法参数的 Bayesian 优化算法及可以选择机器学习模型特征的近邻成分分析（NCA）。
 - Statistics and Machine Learning Toolbox: 支持使用 MATLAB Coder 自动生成实现 SVM 和逻辑回归模型的 C/C++ 代码。
 - Image Processing Toolbox: 支持使用三维超像素的立体图像数据进行简单线性迭代聚类（SLIC）和三维中值滤波。
 - Computer Vision System Toolbox: 使用基于区域的卷积神经网络深度学习算法（R-CNN）进行对象检测。
 - Risk Management Toolbox: 一个新的工具箱用于开发风险模型和执行风险模拟。
 - ThingSpeak: 能够从联网的传感器采集数据，并使用由 Statistics and Machine Learning Toolbox、Signal Processing Toolbox、Curve Fitting Toolbox 和 Mapping Toolbox 提供的函数在云端进行 MATLAB 分析。

2. Simulink 产品系列更新

- 使用 JIT 编译器提升在加速器模式下运行仿真的性能。
- 能够初始化、重置并终止子系统，进行动态启动和关闭行为建模。
- 状态读取器和写入器模块可以从模型中的任何位置完全控制重置状态行为。



- 对 Raspberry Pi 3 和 Google Nexus 的硬件支持。
- Simulink 和 Stateflow: 简化参数和数据编辑的属性检查器、模型数据编辑器和符号管理器。
- Simscape: 新增了一个模块库, 用于模拟理想气体、半理想气体以及实际气体系统。

3. 信号处理和通信更新

- Signal Processing Toolbox: 可用于执行多时序时域和频域的信号分析仪应用程序。
- Phased Array System Toolbox: 针对空气传播和多路径传播对窄频和宽频信号的影响提供建模支持。
- WLAN System Toolbox: IEEE 802.11ah 支持和多用户 MIMO 接收机功能。
- Audio System Toolbox: 音频插件托管功能, 可在 MATLAB 中直接运行和测试 VST 插件。

4. 代码生成更新

- 交叉发布代码集成功能, 使得可以重用由较早版本生成的代码。
- 能够生成可用于任何软件环境的可插入式代码, 包括动态启动和关闭行为。
- 支持仿真 AUTOSAR 基础软件, 包括 Diagnostic Event Manager (DEM) 和 NVRAM Manager (NvM)。
- HDL Coder: 根据设定的目标时钟频率, 以寄存器插入方式自适应流水化, 以及可用于显示和分析转换和状态的逻辑分析仪 (搭配使用 DSP System Toolbox)。

5. 验证和确认更新

- Simulink Verification and Validation: Edit-time checking 功能, 可帮助在设计时发现并修复标准合规性问题。
- Simulink Test: 用于进行测试评估的自定义标准的定义功能。
- HDL Verifier: FPGA 数据采集功能, 用于探测要在 MATLAB 或 Simulink 中进行分析的内部 FPGA 信号。
- Polyspace Bug Finder: 支持 CERT C 编码规范, 以用于网络安全漏洞检测。

1.3 MATLAB 的编程风格

MATLAB 最突出的特点就是简洁。MATLAB 用更直观的符合人们思维习惯的代码代替了 C 和 FORTRAN 语言的冗长代码, 并且给用户带来了最直观、最简洁的程序开发环境。MATLAB 的编程风格主要表现在以下几点。

(1) 语言简洁紧凑, 使用方便灵活, 库函数非常丰富。MATLAB 程序书写形式自由, 利用其丰富的库函数避开繁杂的子程序编程任务, 压缩了一切不必要的编程工作。由于库函数都由本领域的专家编写, 用户不必担心函数的可靠性。可以说, 用 MATLAB 进行科技开发是站在专家的肩膀上。

(2) 运算符丰富。由于 MATLAB 是用 C 语言编写的, MATLAB 提供了和 C 语言几乎

