

M A T L A B I N T E L L I G E N T A L G O R I T H M

MATLAB

智能算法

温正 孙华克◎编著
Wen Zheng Sun Huake

资深作者编著，图书质量更有保证

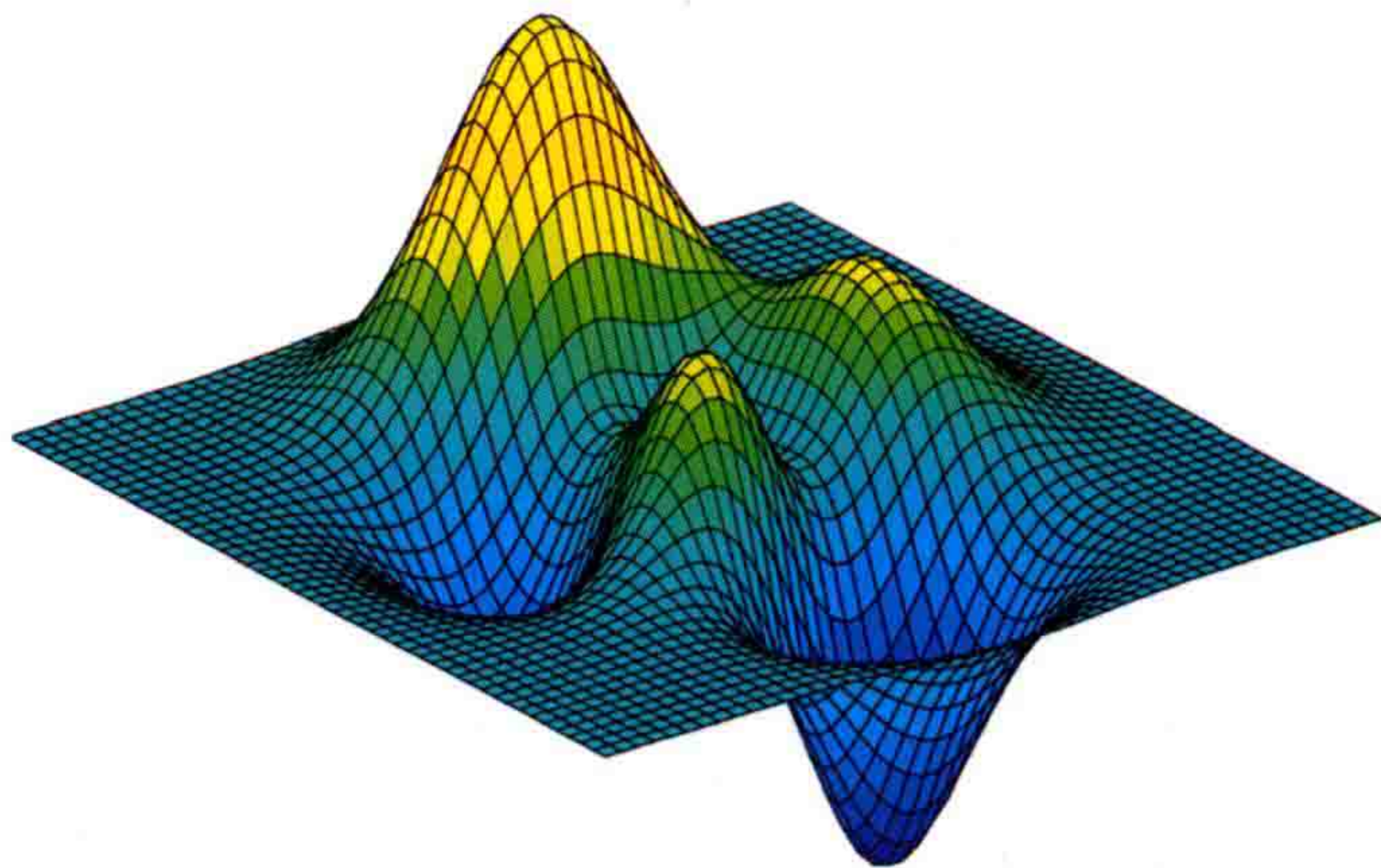
MATLAB资深工程师执笔，系统总结了智能算法的实战经验

提供配套源码，便于读者动手实践

理论联系实际，本书提供源代码下载，方便读者学习使用

内含丰富实例，利于读者二次开发

提供了几十个智能算法的典型实例，读者可以据此二次开发



清华大学出版社



源代码



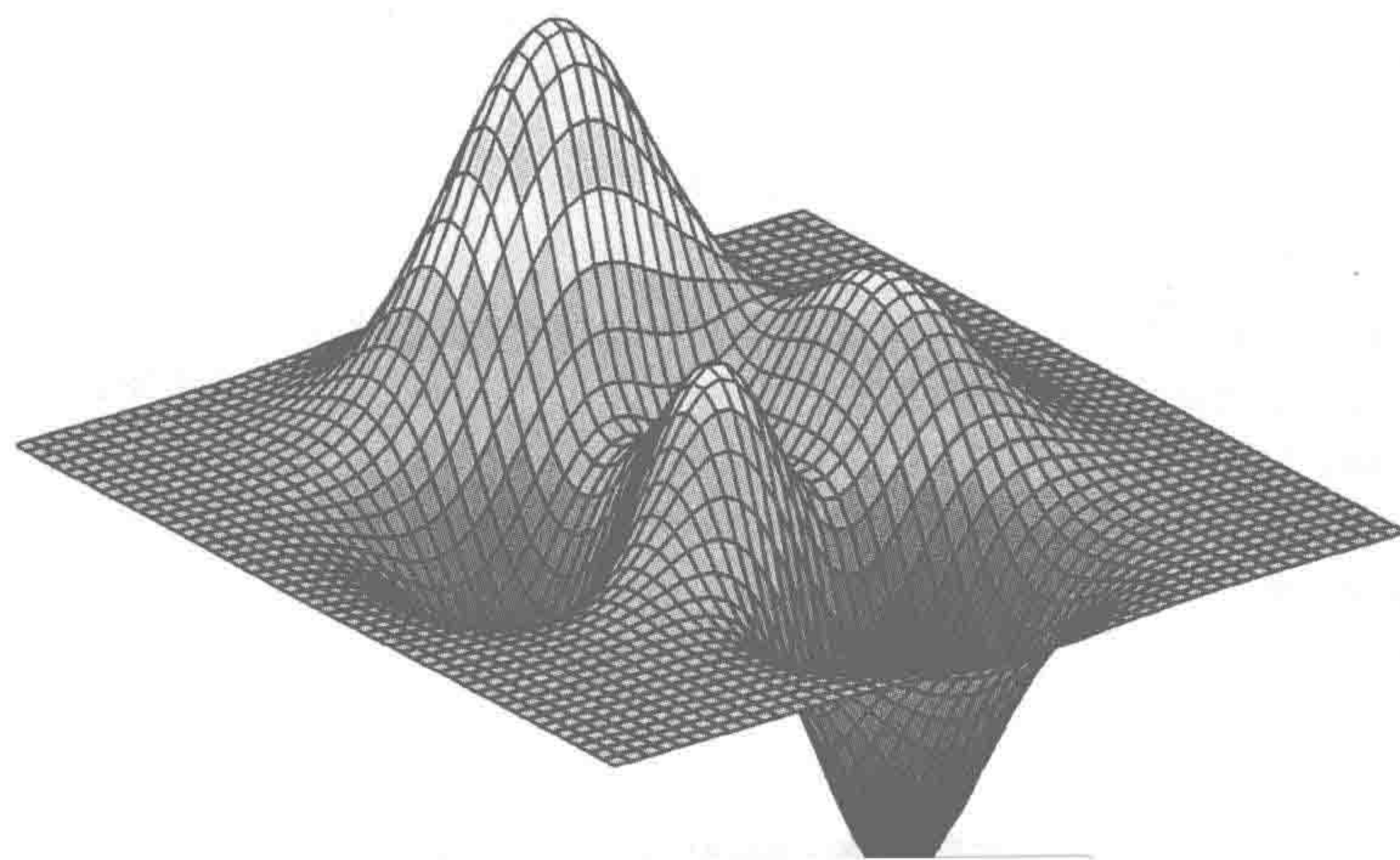
MATLAB INTELLIGENT ALGORITHM

MATLAB

智能算法

温正 孙华克◎编著

Wen Zheng Sun Huake



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以最新推出的 MATLAB 2016a 软件为基础,详细介绍了各种智能算法的原理及其 MATLAB 在智能算法中的应用,是一种 MATLAB 智能算法设计的综合性参考书。

全书以智能算法原理及 MATLAB 应用为主线,结合各种应用实例,详细讲解了智能算法的 MATLAB 实现。全书分为两部共 13 章,第一部分首先从人工智能概述开始,详细介绍了神经网络算法、粒子群算法、遗传算法、模糊逻辑控制、免疫算法、蚁群算法、小波分析算法及其 MATLAB 的实现方式等内容;第二部分详细介绍了智能算法的工程中的应用问题,包括模糊神经网络在工程中的应用、遗传算法在图像处理中的应用、神经网络在参数估计中的应用、基于智能算法的 PID 控制和智能算法的综合应用等。

本书以工程应用为目标,内容深入浅出,讲解循序渐进,既可以作为高等院校理工科相关专业研究生、本科生的教材,也可作为广大科研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 智能算法/温正,孙华克编著. —北京:清华大学出版社,2017
(科学与工程计算技术丛书)
ISBN 978-7-302-46774-8

I. ①M… II. ①温… ②孙… III. ①Matlab 软件 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 052797 号

责任编辑:盛东亮
封面设计:李召霞
责任校对:李建庄
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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:31.25

字 数:756千字

版 次:2017年9月第1版

印 次:2017年9月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:89.00元

产品编号:072489-01

序言

致力于加快工程技术和科学研究的步伐——这句话总结了 MathWorks 坚持超过三十年的使命。

在这期间,MathWorks 有幸见证了工程师和科学家使用 MATLAB 和 Simulink 在多个应用领域中的无数变革和突破:汽车行业的电气化和不断提高的自动化;日益精确的气象建模和预测;航空航天领域持续提高的性能和安全指标;由神经学家破解的大脑和身体奥秘;无线通信技术的普及;电力网络的可靠性等等。

与此同时,MATLAB 和 Simulink 也帮助了无数大学生在工程技术和科学研究课程里学习关键的技术理念并应用于实际问题中,培养他们成为栋梁之才,更好地投入科研、教学以及工业应用中,指引他们致力于学习、探索先进的技术,融合并应用于创新实践中。

如今,工程技术和科研创新的步伐令人惊叹。创新进程以大量的数据为驱动,结合相应的计算硬件和用于提取信息的机器学习算法。软件和算法几乎无处不在——从孩子的玩具到家用设备,从机器人和制造体系到每一种运输方式——让这些系统更具功能性、灵活性、自主性。最重要的是,工程师和科学家推动了这些进程,他们洞悉问题,创造技术,设计革新系统。

为了支持创新的步伐,MATLAB 发展成为一个广泛而统一的计算技术平台,将成熟的技术方法(比如控制设计和信号处理)融入令人激动的新兴领域,例如深度学习、机器人、物联网开发等。对于现在的智能连接系统,Simulink 平台可以让您实现模拟系统,优化设计,并自动生成嵌入式代码。

“科学与工程计算技术丛书”系列主题反映了 MATLAB 和 Simulink 汇集的领域——大规模编程、机器学习、科学计算、机器人等。我们高兴地看到“科学与工程计算技术丛书”支持 MathWorks 一直以来追求的目标:助您加速工程技术和科学研究。

期待着您的创新!

Jim Tung
MathWorks Fellow

PREFACE

To Accelerate the Pace of Engineering and Science. These eight words have summarized the MathWorks mission for over 30 years.

In that time, it has been an honor and a humbling experience to see engineers and scientists using MATLAB and Simulink to create transformational breakthroughs in an amazingly diverse range of applications: the electrification and increasing autonomy of automobiles; the dramatically more accurate models and forecasts of our weather and climates; the increased performance and safety of aircraft; the insights from neuroscientists about how our brains and bodies work; the pervasiveness of wireless communications; the reliability of power grids; and much more.

At the same time, MATLAB and Simulink have helped countless students in engineering and science courses to learn key technical concepts and apply them to real-world problems, preparing them better for roles in research, teaching, and industry. They are also equipped to become lifelong learners, exploring for new techniques, combining them, and applying them in novel ways.

Today, the pace of innovation in engineering and science is astonishing. That pace is fueled by huge volumes of data, matched with computing hardware and machine-learning algorithms for extracting information from it. It is embodied by software and algorithms in almost every type of system—from children's toys to household appliances to robots and manufacturing systems to almost every form of transportation—making those systems more functional, flexible, and autonomous. Most important, that pace is driven by the engineers and scientists who gain the insights, create the technologies, and design the innovative systems.

To support today's pace of innovation, MATLAB has evolved into a broad and unifying technical computing platform, spanning well-established methods, such as control design and signal processing, with exciting newer areas, such as deep learning, robotics, and IoT development. For today's smart connected systems, Simulink is the platform that enables you to simulate those systems, optimize the design, and automatically generate the embedded code.

The topics in this book series reflect the broad set of areas that MATLAB and Simulink bring together: large-scale programming, machine learning, scientific

PREFACE

computing, robotics, and more. We are delighted to collaborate on this series, in support of our ongoing goal: to enable you to accelerate the pace of your engineering and scientific work.

I look forward to the innovations that you will create!

Jim Tung
MathWorks Fellow

美国 MathWorks 公司的 MATLAB 软件是一款用于算法开发、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。这款软件和 Mathematica、Maple 并称为三大数学软件。它在数学类科技应用软件中首屈一指。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 来实现智能算法设计要比用 C、FORTRAN 等语言更为方便。

在人工智能研究领域,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,研究人工智能的领域十分活跃。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,但是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、更深。

智能计算不断地在探索智能的新概念、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。本书将详细介绍应用 MATLAB 2016a 进行智能算法的设计及应用方法。

1. 本书特点

(1) 由浅入深,循序渐进。本书以初、中读者为对象,首先从人工智能概述的基础讲起,再以各种智能算法原理及其在 MATLAB 中的应用案例帮助读者尽快掌握神经网络设计的技能。

(2) 步骤详尽、内容新颖。本书结合作者多年的 MATLAB 智能算法使用经验与实际工程应用案例,将智能算法的原理及其 MATLAB 的实现方法与技巧详细地讲解给读者。本书在讲解过程中步骤详尽、内容新颖,讲解过程辅以相应的图片,使读者在阅读时一目了然,从而快速把握书中所讲内容。

(3) 实例典型,轻松易学。通过学习实际工程应用案例的具体操作是掌握神经网络设计最好的方式。本书通过综合应用案例,透彻详尽地讲解了神经网络在各方面的应用。

2. 本书内容

本书基于 MATLAB 2016a 版本,讲解了智能算法在 MATLAB 2016a 的实现。本书分为两个部分:专题介绍部分和综合实例应用部分。

第一部分:专题介绍。主要介绍了神经网络算法、粒子群算法、遗传算法、模糊逻辑控制、免疫算法、蚁群算法、小波分析算法等。

第 1 章 人工智能概述

第 2 章 神经网络算法及其 MATLAB 实现

第 3 章 粒子群算法及其 MATLAB 实现

第 4 章 遗传算法及其 MATLAB 实现

第 5 章 模糊逻辑控制及其 MATLAB 实现

前言

第 6 章 免疫算法及其 MATLAB 实现

第 7 章 蚁群算法及其 MATLAB 实现

第 8 章 小波分析算法及其 MATLAB 实现

第二部分：综合实例应用。主要介绍了几种智能算法的综合应用，包括模糊神经网络在工程中的应用、遗传算法在图像处理中的应用、神经网络在参数估计中的应用、基于智能算法的 PID 控制和智能算法的综合应用。

第 9 章 模糊神经网络在工程中的应用

第 10 章 遗传算法在图像处理中的应用

第 11 章 神经网络在参数估计中的应用

第 12 章 基于智能算法的 PID 控制器设计

第 13 章 智能算法的综合应用

3. 读者对象

本书适合于 MATLAB 智能算法设计初学者和期望提高智能算法工程应用能力的读者，具体说明如下：

- | | |
|---------------|------------------------|
| ★人工智能从业人员 | ★初学 MATLAB 智能算法设计的技术人员 |
| ★大中专院校的教师和在校生 | ★相关培训机构的教师和学员 |
| ★MATLAB 爱好者 | ★广大科研工作人员 |

4. 读者服务

为了方便解决本书疑难问题，读者朋友在学习过程中若遇到与本书有关的技术问题，可以发邮件到邮箱 caxart@126.com 或者访问博客 <http://blog.sina.com.cn/caxart>，编者会尽快给予解答，我们将竭诚为您服务。

另外本书所涉及的素材文件（程序代码）已经上传到为本书提供的博客中，读者可以访问下载。

5. 本书作者

本书主要由温正、孙华克编著。此外，付文利、王广、张岩、沈再阳、林晓阳、任艳芳、唐家鹏、孙国强、高飞等也参与了本书部分内容的编写工作，在此表示感谢。

虽然作者在本书的编写过程中力求叙述准确、完善，但由于水平有限，书中欠妥之处在所难免，希望读者和同仁能够及时指出，共同促进本书质量的提高。

最后再次希望本书能为读者的学习和工作提供帮助！

编者

2017年6月

第一部分 专题介绍

第 1 章	人工智能概述	3
1.1	人工智能的基本概念	3
1.1.1	智能的概念	3
1.1.2	人工智能的概念	5
1.1.3	人工智能的研究目标	6
1.1.4	人工智能的研究方法	7
1.2	人工智能的特征	9
1.3	人工智能的应用	10
1.3.1	机器思维	10
1.3.2	机器感知	12
1.3.3	机器行为	13
1.3.4	机器学习	13
1.3.5	机器计算	14
1.3.6	分布式人工智能	16
1.3.7	机器系统	16
1.3.8	典型应用	17
1.4	本章小结	18
第 2 章	神经网络算法及其 MATLAB 实现	19
2.1	神经网络基础	19
2.1.1	人工神经网络的发展	19
2.1.2	人工神经网络研究内容	20
2.1.3	人工神经网络研究方向	21
2.1.4	人工神经网络发展趋势	21
2.2	神经网络的结构及学习	24
2.2.1	神经网络结构	24
2.2.2	神经网络学习	25
2.2.3	MATLAB 在神经网络中的应用	41
2.3	MATLAB 神经网络工具箱	44
2.3.1	神经网络工具箱函数	45
2.3.2	神经网络工具箱的图形用户界面	67
2.3.3	神经网络的 MATLAB 实现	74

目录

2.4	Simulink 神经网络控制工具箱	94
2.4.1	神经网络模型预测控制	95
2.4.2	反馈线性化控制	99
2.4.3	模型参考控制	101
2.5	本章小结	107
第 3 章	粒子群算法及其 MATLAB 实现	108
3.1	粒子群算法基础	108
3.1.1	粒子群算法的发展	108
3.1.2	粒子群算法研究内容	110
3.1.3	粒子群算法的特点	110
3.1.4	粒子群算法的应用	110
3.2	基本粒子群算法	111
3.2.1	基本原理	111
3.2.2	算法构成要素	113
3.2.3	算法参数设置	113
3.2.4	算法的基本流程	114
3.2.5	算法的 MATLAB 实现	115
3.3	MATLAB 粒子群工具箱	120
3.4	权重改进的粒子群算法	123
3.4.1	自适应权重法	123
3.4.2	随机权重法	127
3.4.3	线性递减权重法	129
3.5	混合粒子群算法	131
3.5.1	基于杂交的算法	131
3.5.2	基于自然选择的算法	134
3.5.3	基于免疫的粒子群算法	136
3.5.4	基于模拟退火的算法	141
3.6	本章小结	144
第 4 章	遗传算法及其 MATLAB 实现	145
4.1	遗传算法的基本概念	145
4.1.1	算法的基本运算	145
4.1.2	遗传算法的特点	146
4.1.3	遗传算法中的术语	147

4.1.4	遗传算法的发展现状	147
4.1.5	遗传算法的应用领域	149
4.2	遗传算法的原理	149
4.2.1	算法运算过程	149
4.2.2	算法编码	152
4.2.3	适应度及初始群体选取	152
4.3	遗传算法程序设计及其 MATLAB 工具箱	153
4.3.1	程序设计	153
4.3.2	算法参数设计原则	158
4.3.3	适应度函数的调整	159
4.3.4	算法 MATLAB 工具箱及其应用	160
4.3.5	遗传算法的 GUI 实现	166
4.4	遗传算法的典型应用	168
4.4.1	利用遗传算法求解函数极值	168
4.4.2	遗传算法在 TSP 中的应用	181
4.4.3	遗传算法的求解优化	187
4.5	本章小结	196
第 5 章	模糊逻辑控制及其 MATLAB 实现	197
5.1	模糊逻辑控制基础	197
5.1.1	模糊逻辑控制的基本概念	198
5.1.2	模糊逻辑控制原理	198
5.1.3	模糊逻辑控制器设计的内容	199
5.1.4	模糊逻辑控制规则设计	199
5.1.5	模糊逻辑控制系统的应用领域	200
5.2	模糊逻辑控制工具箱	201
5.2.1	模糊逻辑控制工具箱的功能特点	201
5.2.2	模糊系统的基本类型	202
5.2.3	模糊逻辑控制系统的构成	203
5.2.4	模糊推理系统的建立、修改与存储管理	204
5.2.5	模糊语言变量及其语言值	210
5.2.6	模糊语言变量的隶属度函数	212
5.2.7	模糊规则的建立与修改	219
5.2.8	模糊推理计算与去模糊化	220
5.3	模糊逻辑控制工具箱的图形界面工具	224

目录

5.3.1	FIS 编辑器	224
5.3.2	隶属度函数编辑器	225
5.3.3	模糊规则编辑器	226
5.3.4	模糊规则浏览器	226
5.3.5	模糊推理输入输出曲面视图	228
5.4	模糊逻辑控制的经典应用	231
5.4.1	基于 Simulink 的模糊逻辑控制应用	231
5.4.2	基于模糊逻辑控制的路径规划应用	238
5.5	本章小结	252
第 6 章	免疫算法及其 MATLAB 实现	253
6.1	免疫算法的基本概念	253
6.1.1	生物免疫系统	253
6.1.2	免疫算法基本原理	255
6.1.3	免疫算法步骤和流程	255
6.1.4	免疫系统模型和免疫算法	256
6.1.5	免疫算法特点	257
6.1.6	免疫算法的发展趋势	258
6.2	免疫遗传算法	258
6.2.1	免疫遗传算法步骤和流程	259
6.2.2	基于 MATLAB 实现免疫遗传算法	259
6.3	免疫算法的 MATLAB 应用	267
6.3.1	免疫算法在克隆选择中的应用	267
6.3.2	免疫算法在最短路径规划问题中的应用	272
6.3.3	免疫算法在 TSP 中的应用	276
6.3.4	免疫算法在故障检测中的应用	283
6.4	本章小结	290
第 7 章	蚁群算法及其 MATLAB 实现	291
7.1	蚁群算法概述	291
7.1.1	蚁群算法起源	291
7.1.2	蚁群算法的基本原理	292
7.1.3	自适应蚁群算法的介绍	295
7.1.4	蚁群算法实现的重要规则	297
7.1.5	蚁群算法的特点	298

7.1.6 蚁群优化算法的应用	298
7.2 蚁群算法的 MATLAB 实现	299
7.3 蚁群算法在 MATLAB 中的应用	302
7.3.1 蚁群算法在路径规划中的应用	302
7.3.2 蚁群算法在解决 TSP 中的应用	315
7.4 本章小结	319
第 8 章 小波分析算法及其 MATLAB 实现	320
8.1 傅里叶变换到小波分析	320
8.1.1 傅里叶变换	321
8.1.2 小波分析	323
8.2 Mallat 算法	325
8.2.1 Mallat 算法原理	325
8.2.2 常用小波函数介绍	327
8.2.3 Mallat 算法示例	329
8.3 小波 GUI 简介	332
8.4 小波分析用例	338
8.4.1 信号压缩	338
8.4.2 信号去噪	339
8.4.3 分离信号的不同成分	342
8.5 小波变换在图像处理中的应用	345
8.5.1 小波变换用于图像压缩	345
8.5.2 小波在图像边缘检测的应用	350
8.5.3 小波变换在图像增强方面的应用	351
8.6 本章小结	353
第二部分 综合实例应用	
第 9 章 模糊神经网络在工程中的应用	357
9.1 模糊神经网络	357
9.1.1 模糊神经网络概述	357
9.1.2 模糊系统与神经网络的区别与联系	359
9.1.3 典型模糊神经网络结构	359
9.1.4 自适应模糊神经推理系统	360
9.2 模糊神经网络建模方法	361

目录

9.3	模糊神经网络在工程中的应用	371
9.3.1	模糊神经网络在解耦控制中的应用	371
9.3.2	模糊神经网络在函数逼近中的应用	382
9.4	本章小结	389
第 10 章	遗传算法在图像处理中的应用	390
10.1	图像分割的基础知识	390
10.1.1	图像分割的概念	390
10.1.2	图像分割的理论	391
10.1.3	灰度门限法简介	391
10.1.4	基于最大类间方差图像分割原理	392
10.2	遗传算法实现图像分割	394
10.2.1	利用遗传算法实现图像分割的原理	394
10.2.2	算法的实现	394
10.3	遗传算法在图像处理中的应用	395
10.3.1	基于遗传算法的道路图像阈值分割	395
10.3.2	基于遗传神经网络的图像分割	404
10.3.3	应用遗传算法和 KSW 熵法实现灰度图像阈值分割	409
10.4	本章小结	418
第 11 章	神经网络在参数估计中的应用	419
11.1	参数估计的基本知识	419
11.1.1	参数估计的概念	419
11.1.2	点估计与区间估计	420
11.1.3	样本容量	420
11.2	几种通用神经网络 MATLAB 代码	421
11.3	神经网络在参数估计中的应用	426
11.3.1	神经网络在人脸识别中的应用	426
11.3.2	灰色神经网络在数据预测中的应用	435
11.3.3	BP 神经网络在数据预测中的应用	440
11.3.4	概率神经网络在分类预测中的应用	445
11.4	本章小结	449
第 12 章	基于智能算法的 PID 控制器设计	450
12.1	PID 控制器的理论基础	450

12.2 智能算法在 PID 控制器设计中的应用	451
12.2.1 神经网络在 PID 控制器设计中的应用	452
12.2.2 模糊控制在 PID 控制器设计中的应用	459
12.2.3 遗传算法在 PID 控制器设计中的应用	463
12.3 本章小结	467
第 13 章 智能算法综合应用	468
13.1 模糊神经网络控制在 MATLAB 中的应用	468
13.2 基于遗传算法的 MP 算法的应用	477
13.3 本章小结	480
参考文献	481



第一部分 专题介绍

- 第 1 章 人工智能概述
- 第 2 章 神经网络算法及其 MATLAB 实现
- 第 3 章 粒子群算法及其 MATLAB 实现
- 第 4 章 遗传算法及其 MATLAB 实现
- 第 5 章 模糊逻辑控制及其 MATLAB 实现
- 第 6 章 免疫算法及其 MATLAB 实现
- 第 7 章 蚁群算法及其 MATLAB 实现
- 第 8 章 小波分析算法及其 MATLAB 实现

