

2011年度全行业  
优秀畅销书



# MATLAB

## 神经网络

# 43 个案例分析

登录<http://www.matlabsky.com/>注册  
用户名, 验证密码后即可与作者在线交流

卡号: 2013004516316

密码:

MATLAB技术论坛 策划

王小川 史峰 郁磊 李洋 编著



北京航空航天大学出版社  
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

2011 年度全行业优秀畅销书

# MATLAB 神经网络 43 个案例分析

MATLAB 技术论坛 策划

王小川 史峰 郁磊 李洋 编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书是在《MATLAB 神经网络 30 个案例分析》的基础上修改、补充而成的,秉承着“理论讲解—案例分析—应用扩展”这一特色,帮助读者更加直观、生动地学习神经网络。

本书共有 43 章,内容涵盖常见的神经网络(BP、RBF、SOM、Hopfield、Elman、LVQ、Kohonen、GRNN、NARX 等)以及相关智能算法(SVM、决策树、随机森林、极限学习机等)。同时,部分章节也涉及了常见的优化算法(遗传算法、蚁群算法等)与神经网络的结合问题。此外,本书还介绍了 MATLAB R2012b 中神经网络工具箱的新增功能与特性,如神经网络并行计算、定制神经网络、神经网络高效编程等。

使用本书时,建议读者按照“先通读章节内容,后调试程序,再精读章节内容”的顺序学习。本书程序建议在 MATLAB R2009a 及以上版本环境下运行。若在程序调试过程中有任何疑问,建议先在论坛书籍答疑版块搜索相关答案,然后再发帖与作者交流。

本书可作为高等学校相关专业学生本科毕业设计、研究生课题研究的参考书籍,亦可供相关专业教师教学参考。

随书附赠的程序源代码请到北京航空航天大学出版社网站的“下载专区”免费下载。也可登录 MATLAB 技术论坛([www.matlabsky.com](http://www.matlabsky.com))到相应书籍答疑版块免费下载。

### 图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 神经网络 43 个案例分析 / 王小川等编著. --

北京:北京航空航天大学出版社,2013.8

ISBN 978-7-5124-1202-6

I. ①M… II. ①王… III. ①人工神经网络—  
Matlab 软件 IV. ①TP183

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 166076 号

版权所有,侵权必究。

### MATLAB 神经网络 43 个案例分析

MATLAB 技术论坛 策划

王小川 史峰 郁磊 李洋 编著

责任编辑 陈守平

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: [goodtextbook@126.com](mailto:goodtextbook@126.com) 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787×1092 1/16 印张:25.75 字数:659 千字

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-1202-6 定价:48.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

# 序 言

很荣幸受好友王小川之邀,并代表 MathWorks 公司为其新书《MATLAB 神经网络 43 个案例分析》(《MATLAB 神经网络 30 个案例分析》的升级版本)作序,同时也感谢该书四位才华横溢的青年才俊这几年来对 MATLAB 软件应用(尤其是在神经网络方面)所做的持续的推广工作。

我与这四位作者的结缘,与众多编著 MATLAB 丛书的作者相识过程类似,完全是因为热爱 MATLAB 产品。尤其是王小川,他不仅在论坛、微博里充满能量,而且他的数据挖掘公开课也令人称道,在 MATLAB 粉丝中有着很大的影响力。此次他集合原书作者,针对读者就原书中的书籍案例和写作上所提出的意见和建议,进行了大幅升级,终于完成了这本《MATLAB 神经网络 43 个案例分析》的编写。

本书详细论述了在 MATLAB 环境下如何实现神经网络,包括了常用的神经网络及相关理论,以及各种优化算法与神经网络的结合。考虑到 MATLAB R2012b 版本中神经网络工具箱作了更新,本书也新增了神经网络并行运算、定制神经网络、神经网络高效编程等章节,非常适合中高级神经网络研究人员参考。

作为众多宣讲 MATLAB 家族产品丛书中的一个系列,该书的最大特点是接地气,实用性强。四位作者都是长期活跃在 MATLAB 技术论坛的版主,每天都会在线解答 MATLAB 特别是针对神经网络的问题,积累了丰富的使用经验。本书所举例的 43 个案例,部分来源于各大公司、院校的科研课题,也有一部分来源于 MATLAB 技术论坛的会员提问。这些案例代表了神经网络在各个领域的相关应用,读者可以根据自己研究问题的需要,第一时间找到适合自己学习的神经网络章节,进行阅读。

因此我相信此书的出版,必将大大加速各位神经网络使用人员的学习进度,提升大家的工程应用能力。在此我郑重向大家推荐此书。

MathWorks 中国教育业务发展总监

陈炜博士

2013 年 6 月于上海

# 前 言

《MATLAB 神经网络 43 个案例分析》一书是《MATLAB 神经网络 30 个案例分析》的升级版。《MATLAB 神经网络 30 个案例分析》一书在 2010 年 4 月份第一次印刷后,陆续收到了许多读者的反馈信息:有针对书籍案例提出相关问题的,有提出写作上宝贵意见和建议的,有针对书籍部分印刷勘误的……我们认真地回复了读者们关心的问题,并专门对大部分读者比较关心的问题进行了总结与补充。为了让更多学习神经网络的读者能够快速地了解并且在 MATLAB 下使用神经网络进行建模,在 MATLAB 技术论坛([www.matlabsky.com](http://www.matlabsky.com))的策划下,我们对原书进行了升级,编写了本书。

本书共有 43 章,论述在 MATLAB 环境下如何实现神经网络,包括了常用的神经网络及相关理论,如 BP 神经网络、RBF 神经网络、SVM、SOM 神经网络、Hopfield 神经网络、Elman 神经网络、LVQ 神经网络、Kohonen 神经网络、GRNN 神经网络、灰色神经网络、决策树、随机森林、小波神经网络、NARX 神经网络等以及各种优化算法与神经网络的结合。考虑到 MATLAB R2012b 中神经网络工具箱作了更新,本书也新增了神经网络并行运算、定制神经网络、神经网络高效编程等章节,适合中高级神经网络研究人员参考。

在修订本书的过程中,我们始终牢记着数万读者对本书的要求,严格按照以下要点编写本书:

**案例的实用性。**本书所列举的 43 个案例,部分来源于各大公司、院校的科研课题,部分来源于当下各大 MATLAB 技术论坛的会员提问。这些案例代表了神经网络在各个领域的相关应用,读者可以根据自己的需要,第一时间找到适合自己学习的神经网络章节,进行阅读。

**程序的可模仿性。**本书的所有案例章节程序都是高度模块化的,不管是什么网络,其基本思想都是数据的前期处理、神经网络模型的设置、模型的训练以及模型的使用。读者如果需要模仿某些程序,只需要更改程序中某些模块和参数即可。

**书籍的互动性。**我们从第一版就一直强调一个理念:“有问必答”。对于神经网络这门包含太多抽象知识的学科,如果读者能在阅读过程中得到一位或者数位作者的指导,将会产生事半功倍的效果,本书的四位作者每天都会在 MATLAB 技术论坛解答关于本书的问题,争取做到有问必答!其中,史峰负责编写 1~6、32~38 章,王小川负责编写 7、8、21~25、39~43 章,郁磊负责编写 9~11、26~31、36 章,李洋负责编写 12~20 章,大家可以在论坛有针对性地进行提问。

本书适合所有做与神经网络相关研究的读者阅读。我们深知,神经网络就是一个巨大的黑盒子,我们一直在研究其奥妙所在。“独学而无友,则孤陋而寡闻”,若本书有任何不当之处,希望读者及时向我们反馈,请您相信,所有作者一直在为完善本书而努力。

最后,继续我们的承诺:如果您在阅读本书过程中发现或遇到任何问题,请您第一时间登录 MATLAB 技术论坛([www.matlabsky.com](http://www.matlabsky.com)),您可在该论坛搜索相关帖子助您解决问题,也可在该论坛的“读书频道”中本书的读者-作者交流版块发帖,论坛会安排四位作者第一时间解答您遇到的问题。

作者

2013 年 1 月

本书附赠的程序源代码请到北京航空航天大学出版社网站的“下载专区”免费下载。  
也可登录 MATLAB 技术论坛([www.matlabsky.com](http://www.matlabsky.com))到该书专有版块免费下载。

# 作者简介

**王小川**,网名 hgsz2003, MATLAB 技术论坛(www.matlabsky.com)管理团队核心成员。现于同济大学经济与管理学院攻读博士学位,长期研究神经网络在统计学中的应用,精通 MATLAB、SAS、SPSS 等统计软件,热衷数据分析和数据挖掘工作,擅长竞争神经网络在数据挖掘中的运用,有着扎实的理论基础和丰富的实战经验。著有《MATLAB 神经网络 30 个案例分析》一书。

邮箱:hgsz2003@vip.qq.com

微博:<http://weibo.com/hgsz2003>

**史峰**,网名 shi01fg,对外经济贸易大学国际经济贸易学院金融学专业在读博士, MATLAB 技术论坛(www.matlabsky.com)管理团队核心成员。从 MATLAB 6.5 开始接触 MATLAB 软件,主要用于金融软件开发、科学计算、交易策略研究等,并有多个 MATLAB 工程开发经验;在长期的使用过程中积累了较丰富的编程经验,擅长于神经网络、智能算法、科学计算和 GUI 设计。著有《MATLAB 神经网络 30 个案例分析》、《MATLAB 智能算法 30 个案例分析》等畅销书。

邮箱:shi01fg@163.com

**郁磊**,网名 yuthreestone, MATLAB 技术论坛(www.matlabsky.com)管理团队核心成员。现工作于中科院苏州生物医学工程技术研究所,研究方向为智能控制与模式识别、生理仿真建模、远程医护等。使用 MATLAB 近 10 年,对各个版本的 MATLAB 开发环境及工具箱非常熟悉,具有丰富的 MATLAB 开发、设计经验。著有《MATLAB 神经网络 30 个案例分析》、《MATLAB 智能算法 30 个案例分析》等畅销书。

邮箱:yuthreestone@163.com

**李洋**,网名 faruto, MATLAB 技术论坛(www.matlabsky.com)管理团队核心成员,北京师范大学应用数学硕士,8 年 MATLAB 编程经验,对机器学习、量化投资等领域感兴趣,已出版书籍《MATLAB 神经网络 30 个案例分析》,现就职于国内某期货公司研究院量化投资部,进行程序化交易和量化投资相关策略的研发工作。

邮箱:farutoliyang@gmail.com

微博:<http://weibo.com/faruto>

# 目 录

<b>第 1 章 BP 神经网络的数据分类——语音特征信号分类</b> .....	1
1.1 案例背景 .....	1
1.1.1 BP 神经网络概述 .....	1
1.1.2 语音特征信号识别 .....	2
1.2 模型建立 .....	3
1.3 MATLAB 实现 .....	4
1.3.1 归一化方法及 MATLAB 函数 .....	4
1.3.2 数据选择和归一化 .....	4
1.3.3 BP 神经网络结构初始化 .....	5
1.3.4 BP 神经网络训练 .....	6
1.3.5 BP 神经网络分类 .....	7
1.3.6 结果分析 .....	8
1.4 案例扩展 .....	8
1.4.1 隐含层节点数 .....	8
1.4.2 附加动量方法 .....	9
1.4.3 变学习率学习算法 .....	9
参考文献 .....	10
<b>第 2 章 BP 神经网络的非线性系统建模——非线性函数拟合</b> .....	11
2.1 案例背景 .....	11
2.2 模型建立 .....	11
2.3 MATLAB 实现 .....	12
2.3.1 BP 神经网络工具箱函数 .....	12
2.3.2 数据选择和归一化 .....	13
2.3.3 BP 神经网络训练 .....	14
2.3.4 BP 神经网络预测 .....	14
2.3.5 结果分析 .....	14
2.4 案例扩展 .....	15
2.4.1 多隐含层 BP 神经网络 .....	15
2.4.2 隐含层节点数 .....	16
2.4.3 训练数据对预测精度影响 .....	17
2.4.4 节点转移函数 .....	17
2.4.5 网络拟合的局限性 .....	18
参考文献 .....	19
<b>第 3 章 遗传算法优化 BP 神经网络——非线性函数拟合</b> .....	20
3.1 案例背景 .....	20
3.1.1 遗传算法原理 .....	20
3.1.2 遗传算法的基本要素 .....	20
3.1.3 拟合函数 .....	21
3.2 模型建立 .....	21
3.2.1 算法流程 .....	21
3.2.2 遗传算法实现 .....	22
3.3 编程实现 .....	23
3.3.1 适应度函数 .....	23
3.3.2 选择操作 .....	24
3.3.3 交叉操作 .....	25
3.3.4 变异操作 .....	26
3.3.5 遗传算法主函数 .....	27
3.3.6 遗传算法优化的 BP 神经网络函数拟合 .....	29
3.3.7 结果分析 .....	30
3.4 案例扩展 .....	31
3.4.1 其他优化方法 .....	31
3.4.2 网络结构优化 .....	32
3.4.3 算法的局限性 .....	32
参考文献 .....	32
<b>第 4 章 神经网络遗传算法函数极值寻优——非线性函数极值寻优</b> .....	34
4.1 案例背景 .....	34
4.2 模型建立 .....	34
4.3 编程实现 .....	35
4.3.1 BP 神经网络训练 .....	35
4.3.2 适应度函数 .....	36
4.3.3 遗传算法主函数 .....	37
4.3.4 结果分析 .....	38

若您对此书内容有任何疑问，可以凭在线交流卡登录 MATLAB 技术论坛与作者交流。

4.4 案例扩展	40
4.4.1 工程实例	40
4.4.2 预测精度探讨	41
参考文献	41
<b>第 5 章 基于 BP_Adaboost 的强分类器设计——公司财务预警建模</b>	<b>42</b>
5.1 案例背景	42
5.1.1 BP_Adaboost 模型	42
5.1.2 公司财务预警系统介绍	42
5.2 模型建立	42
5.3 编程实现	44
5.3.1 数据集选择	44
5.3.2 弱分类器学习分类	44
5.3.3 强分类器分类和结果统计	45
5.3.4 结果分析	46
5.4 案例扩展	46
5.4.1 数据集选择	46
5.4.2 弱预测器学习预测	47
5.4.3 强预测器预测	48
5.4.4 结果分析	48
参考文献	49
<b>第 6 章 PID 神经元网络解耦控制算法——多变量系统控制</b>	<b>50</b>
6.1 案例背景	50
6.1.1 PID 神经元网络结构	50
6.1.2 控制律计算	50
6.1.3 权值修正	51
6.1.4 控制对象	52
6.2 模型建立	52
6.3 编程实现	53
6.3.1 PID 神经网络初始化	53
6.3.2 控制律计算	53
6.3.3 权值修正	54
6.3.4 结果分析	55
6.4 案例扩展	55
6.4.1 增加动量项	55
6.4.2 神经元系数	56
6.4.3 PID 神经元网络权值优化	57
参考文献	58

<b>第 7 章 RBF 网络的回归——非线性函数回归的实现</b>	<b>59</b>
7.1 案例背景	59
7.1.1 RBF 神经网络概述	59
7.1.2 RBF 神经网络结构模型	59
7.1.3 RBF 神经网络的学习算法	60
7.1.4 曲线拟合相关背景	61
7.2 模型建立	61
7.3 MATLAB 实现	62
7.3.1 RBF 网络的相关函数	62
7.3.2 结果分析	64
7.4 案例扩展	66
7.4.1 应用径向基神经网络需要注意的问题	66
7.4.2 SPREAD 对网络的影响	66
参考文献	66
<b>第 8 章 GRNN 的数据预测——基于广义回归神经网络的货运量预测</b>	<b>67</b>
8.1 案例背景	67
8.1.1 GRNN 神经网络概述	67
8.1.2 GRNN 的网络结构	67
8.1.3 GRNN 的理论基础	68
8.1.4 运输系统货运量预测相关背景	69
8.2 模型建立	70
8.3 MATLAB 实现	70
8.4 案例扩展	72
参考文献	73
<b>第 9 章 离散 Hopfield 神经网络的联想记忆——数字识别</b>	<b>74</b>
9.1 案例背景	74
9.1.1 离散 Hopfield 神经网络概述	74
9.1.2 数字识别概述	76
9.1.3 问题描述	76
9.2 模型建立	76
9.2.1 设计思路	76
9.2.2 设计步骤	76
9.3 Hopfield 网络的神经网络工具箱函数	78



9.3.1 Hopfield 网络创建函数 .....	78	11.2 模型建立 .....	94
9.3.2 Hopfield 网络仿真函数 .....	78	11.2.1 设计思路 .....	94
9.4 MATLAB 实现 .....	78	11.2.2 设计步骤 .....	95
9.4.1 输入输出设计 .....	78	11.3 MATLAB 实现 .....	96
9.4.2 网络建立 .....	78	11.3.1 清空环境变量、声明全局变量 .....	96
9.4.3 产生带噪声的数字点阵 .....	79	11.3.2 城市位置导入并计算城市间距离 .....	96
9.4.4 数字识别测试 .....	79	11.3.3 初始化网络 .....	97
9.4.5 结果分析 .....	80	11.3.4 寻优迭代 .....	97
9.5 案例扩展 .....	81	11.3.5 结果输出 .....	98
9.5.1 识别效果讨论 .....	81	11.4 案例扩展 .....	100
9.5.2 应用扩展 .....	81	11.4.1 结果比较 .....	100
参考文献 .....	82	11.4.2 案例扩展 .....	101
<b>第 10 章 离散 Hopfield 神经网络的分类——高校科研能力评价</b> .....	83	参考文献 .....	101
10.1 案例背景 .....	83	<b>第 12 章 初识 SVM 分类与回归</b> .....	102
10.1.1 离散 Hopfield 神经网络学习规则 .....	83	12.1 案例背景 .....	102
10.1.2 高校科研能力评价概述 .....	84	12.1.1 SVM 概述 .....	102
10.1.3 问题描述 .....	84	12.1.2 LIBSVM 工具箱介绍 .....	104
10.2 模型建立 .....	84	12.1.3 LIBSVM 工具箱在 MATLAB 平台下的安装 .....	105
10.2.1 设计思路 .....	84	12.2 MATLAB 实现 .....	109
10.2.2 设计步骤 .....	85	12.2.1 使用 LIBSVM 进行分类的小例子 .....	109
10.3 MATLAB 实现 .....	87	12.2.2 使用 LIBSVM 进行回归的小例子 .....	111
10.3.1 清空环境变量 .....	87	12.3 案例扩展 .....	112
10.3.2 导入数据 .....	88	参考文献 .....	113
10.3.3 创建目标向量(平衡点) .....	88	<b>第 13 章 LIBSVM 参数实例详解</b> .....	114
10.3.4 创建网络 .....	88	13.1 案例背景 .....	114
10.3.5 仿真测试 .....	88	13.2 MATLAB 实现 .....	115
10.3.6 结果分析 .....	89	13.3 案例扩展 .....	119
10.4 案例扩展 .....	90	参考文献 .....	119
参考文献 .....	91	<b>第 14 章 基于 SVM 的数据分类预测——意大利葡萄酒种类识别</b> .....	120
<b>第 11 章 连续 Hopfield 神经网络的优化——旅行商问题优化计算</b> .....	92	14.1 案例背景 .....	120
11.1 案例背景 .....	92	14.2 模型建立 .....	122
11.1.1 连续 Hopfield 神经网络概述 .....	92	14.3 MATLAB 实现 .....	122
11.1.2 组合优化问题概述 .....	94	14.3.1 选定训练集和测试集 .....	122
11.1.3 问题描述 .....	94		

若您对此书内容有任何疑问，可以凭在线交流卡登录 MATLAB 技术论坛与作者交流。

14.3.2	数据预处理	122	<b>第 17 章 基于 SVM 的信息粒化时序回归预测——上证指数开盘指数变化趋势和变化空间预测</b>	144
14.3.3	训练 & 预测	123	17.1 案例背景	144
14.4	案例扩展	124	17.1.1 信息粒化基本知识	144
14.4.1	采用不同归一化方式的对比	124	17.1.2 信息粒化简介	144
14.4.2	采用不同核函数的对比	124	17.1.3 模糊信息粒化方法模型	145
14.4.3	关于 svmtrain 的参数 c 和 g 选取的讨论	125	17.1.4 本案例采用的模糊粒化模型(W. Pedrycz 模糊粒化方法)	146
	参考文献	126	17.2 模型建立	147
<b>第 15 章 SVM 的参数优化——如何更好地提升分类器的性能</b>		127	17.3 MATLAB 实现	147
15.1	案例背景	127	17.3.1 原始数据提取	147
15.2	模型建立	128	17.3.2 FIG(Fuzzy Information Granulation, 模糊信息粒化)	147
15.3	MATLAB 实现	128	17.3.3 利用 SVM 对粒化数据进行回归预测	148
15.3.1	交叉验证选择最佳参数 c&g	128	17.3.4 给出上证指数的变化趋势和变化空间及预测效果验证	151
15.3.2	训练与预测	132	17.4 案例扩展	152
15.4	案例扩展	132	参考文献	152
15.4.1	随机选择的参数与最佳参数对应的分类准确率对比	132	<b>第 18 章 基于 SVM 的图像分割——真彩色图像分割</b>	153
15.4.2	算法 CV_cg 中对于同时达到最高验证分类准确率的参数 c 和 g 的取舍问题	133	18.1 案例背景	153
15.4.3	启发式算法参数寻优	133	18.2 MATLAB 实现	153
	参考文献	136	18.2.1 读入图像	154
<b>第 16 章 基于 SVM 的回归预测分析——上证指数开盘指数预测</b>		137	18.2.2 选取前景(鸭子)和背景(湖水)样本点确定训练集	154
16.1	案例背景	137	18.2.3 建立支持向量机并进行图像分割	156
16.2	模型建立	138	18.3 案例扩展	158
16.3	MATLAB 实现	138	参考文献	159
16.3.1	根据模型假设选定自变量和因变量	138	<b>第 19 章 基于 SVM 的手写字体识别</b>	160
16.3.2	数据预处理	138	19.1 案例背景	160
16.3.3	参数选择	139	19.2 MATLAB 实现	161
16.3.4	训练与回归预测	140	19.2.1 图片预处理	161
16.4	案例扩展	143	19.2.2 建立支持向量机	162
	参考文献	143	19.2.3 对测试样本进行识别	163
			参考文献	164

<b>第 20 章 LIBSVM - FarutoUltimate 工具箱及 GUI 版本介绍与使用</b> .....	165	<b>第 23 章 Elman 神经网络的数据预测——电力负荷预测模型研究</b> .....	196
20.1 案例背景 .....	165	23.1 案例背景 .....	196
20.2 LIBSVM - FarutoUltimate 工具箱使用介绍 .....	165	23.1.1 Elman 神经网络概述 .....	196
20.2.1 LIBSVM - FarutoUltimate 工具箱辅助函数内容列表 .....	165	23.1.2 Elman 神经网络结构 .....	196
20.2.2 LIBSVM - FarutoUltimate 工具箱辅助函数语法介绍以及测试 .....	166	23.1.3 Elman 神经网络学习过程 .....	197
20.3 SVM_GUI 工具箱使用介绍 .....	177	23.1.4 电力负荷预测概述 .....	197
20.4 案例扩展 .....	179	23.2 模型建立 .....	197
<b>第 21 章 自组织竞争网络在模式分类中的应用——患者癌症发病预测</b> .....	180	23.3 MATLAB 实现 .....	198
21.1 案例背景 .....	180	23.4 案例扩展 .....	200
21.1.1 自组织竞争网络概述 .....	180	参考文献 .....	200
21.1.2 竞争网络结构和学习算法 .....	180	<b>第 24 章 概率神经网络的分类预测——基于 PNN 的变压器故障诊断</b> .....	201
21.1.3 癌症和基因理论概述 .....	181	24.1 案例背景 .....	201
21.2 模型建立 .....	182	24.1.1 PNN 概述 .....	201
21.3 MATLAB 实现 .....	182	24.1.2 变压器故障诊断系统相关背景 .....	202
21.4 案例扩展 .....	184	24.2 模型建立 .....	203
参考文献 .....	185	24.3 MATLAB 实现 .....	203
<b>第 22 章 SOM 神经网络的数据分类——柴油机故障诊断</b> .....	186	24.4 案例扩展 .....	205
22.1 案例背景 .....	186	参考文献 .....	206
22.1.1 SOM 神经网络概述 .....	186	<b>第 25 章 基于 MIV 的神经网络变量筛选——基于 BP 的神经网络变量筛选</b> .....	207
22.1.2 SOM 神经网络结构 .....	186	25.1 案例背景 .....	207
22.1.3 SOM 神经网络学习算法 .....	187	25.2 模型建立 .....	208
22.1.4 柴油机故障诊断概述 .....	188	25.3 MATLAB 实现 .....	208
22.2 模型建立 .....	189	25.4 案例扩展 .....	211
22.3 MATLAB 实现 .....	189	<b>第 26 章 LVQ 神经网络的分类——乳腺肿瘤诊断</b> .....	212
22.4 案例扩展 .....	194	26.1 案例背景 .....	212
22.4.1 SOM 网络分类优势 .....	194	26.1.1 LVQ 神经网络概述 .....	212
22.4.2 SOM 结果分析上需要注意的问题 .....	195	26.1.2 乳腺肿瘤诊断概述 .....	214
22.4.3 SOM 神经网络的缺点与不足 .....	195	26.1.3 问题描述 .....	214
参考文献 .....	195	26.2 模型建立 .....	215
		26.2.1 设计思路 .....	215
		26.2.2 设计步骤 .....	215

若您对此书内容有任何疑问,可以凭在线交流卡登录MATLAB技术论坛与作者交流。

26.3 LVQ 网络的神经网络工具箱函数	231
.....	216
26.3.1 LVQ 网络创建函数	216
26.3.2 LVQ 网络学习函数	216
26.4 MATLAB 实现	216
26.4.1 清空环境变量	216
26.4.2 导入数据	217
26.4.3 创建 LVQ 网络	217
26.4.4 训练 LVQ 网络	218
26.4.5 仿真测试	218
26.4.6 结果	218
26.5 案例扩展	219
26.5.1 对比分析	219
26.5.2 案例扩展	220
参考文献	220
<b>第 27 章 LVQ 神经网络的预测——人脸朝向识别</b>	<b>222</b>
27.1 案例背景	222
27.1.1 人脸识别概述	222
27.1.2 问题描述	222
27.2 模型建立	222
27.2.1 设计思路	222
27.2.2 设计步骤	223
27.3 MATLAB 实现	223
27.3.1 清空环境变量	223
27.3.2 人脸特征向量提取	224
27.3.3 训练集/测试集产生	225
27.3.4 创建 LVQ 网络	225
27.3.5 训练 LVQ 网络	225
27.3.6 人脸识别测试	225
27.3.7 结果显示	226
27.3.8 结果分析	227
27.4 案例扩展	228
27.4.1 对比分析	228
27.4.2 案例扩展	230
参考文献	230
<b>第 28 章 决策树分类器的应用研究——乳腺癌诊断</b>	<b>231</b>
28.1 案例背景	231
28.1.1 决策树分类器概述	231
28.1.2 问题描述	234
28.2 模型建立	234
28.2.1 设计思路	234
28.2.2 设计步骤	234
28.3 决策树分类器工具箱函数	235
28.3.1 MATLAB R2012b 版本函数	235
28.3.2 MATLAB R2009a 版本函数	236
28.4 MATLAB 实现	236
28.4.1 MATLAB R2012b 版本程序实现	236
28.4.2 MATLAB R2009a 版本程序实现	239
28.5 案例扩展	239
28.5.1 提升决策树的性能	239
28.5.2 知识扩展	242
参考文献	242
<b>第 29 章 极限学习机在回归拟合及分类问题中的应用研究——对比实验</b>	<b>243</b>
29.1 案例背景	243
29.1.1 极限学习机概述	243
29.1.2 ELM 的学习算法	245
29.1.3 问题描述	246
29.2 模型建立	246
29.2.1 设计思路	246
29.2.2 设计步骤	246
29.3 极限学习机训练与预测函数	247
29.3.1 ELM 训练函数——elmtrain()	247
29.3.2 ELM 预测函数——elpredict()	248
29.4 MATLAB 实现	250
29.4.1 ELM 的回归拟合——非线性函数拟合	250

29.4.2 ELM 的分类——乳腺肿瘤识别	267
.....	252
29.5 案例扩展	254
29.5.1 隐含层神经元个数的影响	254
29.5.2 知识扩展	255
参考文献	255
<b>第 30 章 基于随机森林思想的组合分类器设计——乳腺癌诊断</b>	256
30.1 案例背景	256
30.1.1 随机森林概述	256
30.1.2 问题描述	257
30.2 模型建立	258
30.2.1 设计思路	258
30.2.2 设计步骤	258
30.3 随机森林工具箱	258
30.3.1 随机森林分类器创建函数	259
30.3.2 随机森林分类器仿真预测函数	259
.....	259
30.4 MATLAB 实现	259
30.4.1 清空环境变量	259
30.4.2 导入数据	259
30.4.3 创建随机森林分类器	260
30.4.4 仿真测试	260
30.4.5 结果分析	260
30.5 案例扩展	261
30.5.1 随机森林分类器性能分析方法	261
.....	261
30.5.2 随机森林中决策树棵数对性能的影响	262
30.5.3 知识扩展	263
参考文献	264
<b>第 31 章 思维进化算法优化 BP 神经网络——非线性函数拟合</b>	265
31.1 案例背景	265
31.1.1 思维进化算法概述	265
31.1.2 思维进化算法基本思路	266
31.1.3 思维进化算法特点	267
31.1.4 问题描述	267
31.2 模型建立	267
31.2.1 设计思路	267
31.2.2 设计步骤	267
31.3 思维进化算法函数	268
31.3.1 初始种群产生函数	269
31.3.2 子种群产生函数	270
31.3.3 种群成熟判别函数	271
31.4 MATLAB 实现	271
31.4.1 清空环境变量	271
31.4.2 导入数据、归一化	271
31.4.3 思维进化算法参数设置	272
31.4.4 产生初始种群、优胜子种群和临时子种群	272
31.4.5 迭代趋同、异化操作	273
31.4.6 解码最优个体	275
31.4.7 创建/训练 BP 神经网络	276
31.4.8 仿真测试	276
31.4.9 结果分析	276
31.5 案例扩展	278
31.5.1 得分函数的设计	278
31.5.2 知识扩展	278
参考文献	278
<b>第 32 章 小波神经网络的时间序列预测——短时交通流量预测</b>	279
.....	279
32.1 案例背景	279
32.1.1 小波理论	279
32.1.2 小波神经网络	279
32.1.3 交通流量预测	281
32.2 模型建立	281
32.3 编程实现	282
32.3.1 小波神经网络初始化	282
32.3.2 小波神经网络训练	283
32.3.3 小波神经网络预测	285
32.3.4 结果分析	286
32.4 案例扩展	287
参考文献	287
<b>第 33 章 模糊神经网络的预测算法——嘉陵江水质评价</b>	288
33.1 案例背景	288

若您对此书内容有任何疑问，可以凭在线交流卡登录 MATLAB 技术论坛与作者交流。

33.1.1 模糊数学简介 .....	288	35.4 案例扩展 .....	310
33.1.2 T-S 模糊模型 .....	288	35.4.1 自适应变异 .....	310
33.1.3 T-S 模糊神经网络 .....	288	35.4.2 惯性权重的选择 .....	311
33.1.4 嘉陵江水质评价 .....	289	35.4.3 动态粒子群算法 .....	311
33.2 模型建立 .....	292	参考文献 .....	312
33.3 编程实现 .....	293	<b>第 36 章 遗传算法优化计算——建模自变量降维</b> .....	313
33.3.1 网络初始化 .....	293	36.1 案例背景 .....	313
33.3.2 模糊神经网络训练 .....	294	36.1.1 遗传算法概述 .....	313
33.3.3 模糊神经网络水质评价 .....	295	36.1.2 自变量降维概述 .....	314
33.3.4 结果分析 .....	296	36.1.3 问题描述 .....	314
33.4 案例扩展 .....	297	36.2 模型建立 .....	314
参考文献 .....	297	36.2.1 设计思路 .....	314
<b>第 34 章 广义神经网络的聚类算法——网络入侵聚类</b> .....	299	36.2.2 设计步骤 .....	315
34.1 案例背景 .....	299	36.3 遗传算法工具箱(GAOT)函数介绍 .....	317
34.1.1 FCM 聚类算法 .....	299	36.3.1 种群初始化函数 .....	317
34.1.2 广义神经网络 .....	299	36.3.2 遗传优化函数 .....	318
34.1.3 网络入侵检测 .....	300	36.4 MATLAB 实现 .....	318
34.2 模型建立 .....	300	36.4.1 清空环境变量、声明全局变量 .....	318
34.3 编程实现 .....	301	36.4.2 导入数据并归一化 .....	319
34.3.1 MATLAB 函数介绍 .....	301	36.4.3 单 BP 网络创建、训练和仿真 .....	319
34.3.2 模糊聚类 .....	301	36.4.4 遗传算法优化 .....	320
34.3.3 训练数据初始选择 .....	302	36.4.5 新训练集/测试集数据提取 .....	323
34.3.4 广义神经网络聚类 .....	303	36.4.6 优化 BP 网络创建、训练和仿真 .....	324
34.3.5 结果统计 .....	304	36.4.7 结果分析 .....	324
34.4 案例扩展 .....	305	36.5 案例扩展 .....	325
参考文献 .....	305	参考文献 .....	325
<b>第 35 章 粒子群优化算法的寻优算法——非线性函数极值寻优</b> .....	306	<b>第 37 章 基于灰色神经网络的预测算法研究——订单需求预测</b> .....	327
35.1 案例背景 .....	306	37.1 案例背景 .....	327
35.1.1 PSO 算法介绍 .....	306	37.1.1 灰色理论 .....	327
35.1.2 非线性函数 .....	307	37.1.2 灰色神经网络 .....	327
35.2 模型建立 .....	307	37.1.3 冰箱订单预测 .....	329
35.3 编程实现 .....	308	37.2 模型建立 .....	330
35.3.1 PSO 算法参数设置 .....	308	37.3 编程实现 .....	330
35.3.2 种群初始化 .....	308		
35.3.3 寻找初始极值 .....	308		
35.3.4 迭代寻优 .....	309		
35.3.5 结果分析 .....	310		

37.3.1 数据处理 .....	330	40.1 案例背景 .....	354
37.3.2 网络初始化 .....	331	40.1.1 动态神经网络概述 .....	354
37.3.3 网络学习 .....	332	40.1.2 NARX 概念 .....	354
37.3.4 结果预测 .....	332	40.1.3 案例描述 .....	356
37.4 案例扩展 .....	334	40.2 模型建立 .....	356
参考文献 .....	335	40.3 MATLAB 实现 .....	356
<b>第 38 章 基于 Kohonen 网络的聚类算法——网络入侵聚类 .....</b>	<b>336</b>	40.4 案例扩展 .....	360
38.1 案例背景 .....	336	参考文献 .....	365
38.1.1 Kohonen 网络 .....	336	<b>第 41 章 定制神经网络的实现——神经网络的个性化建模与仿真 .....</b>	<b>366</b>
38.1.2 网络入侵 .....	337	41.1 案例背景 .....	366
38.2 模型建立 .....	337	41.1.1 神经网络基本结构 .....	366
38.3 编程实现 .....	337	41.1.2 定制神经网络建模的基本思路 .....	366
38.3.1 网络初始化 .....	337	41.1.3 问题描述 .....	367
38.3.2 网络学习进化 .....	338	41.2 MATLAB 实现 .....	367
38.3.3 数据分类 .....	339	41.2.1 清空环境变量 .....	367
38.3.4 结果分析 .....	339	41.2.2 网络定义 .....	368
38.4 案例扩展 .....	340	41.2.3 输入与网络层数定义 .....	369
38.4.1 有监督 Kohonen 网络原理 .....	340	41.2.4 阈值连接定义 .....	370
38.4.2 网络初始化 .....	340	41.2.5 输入与层连接定义 .....	370
38.4.3 网络训练 .....	342	41.2.6 输出连接设置 .....	371
38.4.4 未知样本分类 .....	342	41.2.7 输入设置 .....	371
38.4.5 结果分析 .....	343	41.2.8 层设置 .....	372
参考文献 .....	343	41.2.9 输出设置 .....	373
<b>第 39 章 神经网络 GUI 的实现——基于 GUI 的神经网络拟合、模式识别、聚类 .....</b>	<b>344</b>	41.2.10 阈值、输入权值与层权值设置 .....	374
39.1 案例背景 .....	344	41.2.11 网络函数设置 .....	375
39.2 模型建立 .....	344	41.2.12 权值阈值大小设置 .....	376
39.2.1 神经网络拟合工具箱的图形界面 .....	344	41.2.13 神经网络初始化 .....	376
39.2.2 神经网络模式识别工具箱的图形界面 .....	349	41.2.14 神经网络的训练 .....	377
39.2.3 神经网络聚类工具箱的图形界面 .....	350	41.3 案例扩展 .....	378
39.3 案例扩展 .....	353	参考文献 .....	378
<b>第 40 章 动态神经网络时间序列预测研究——基于 MATLAB 的 NARX 实现 .....</b>	<b>354</b>	<b>第 42 章 并行运算与神经网络——基于 CPU/GPU 的并行神经网络运算 .....</b>	<b>379</b>
		42.1 并行运算的 MATLAB 实现 .....	379
		42.1.1 CPU 并行计算 .....	379

42.1.2 GPU 并行计算 .....	381	43.2.3 Elliot S 函数的使用 .....	389
42.2 案例描述 .....	382	43.2.4 神经网络负载均衡 .....	390
42.3 模型建立 .....	383	43.2.5 代码组织更新 .....	390
42.4 MATLAB 实现 .....	383	43.2.6 多层神经网络训练算法的选择 .....	392
42.5 案例扩展 .....	386	43.2.7 神经网络鲁棒性 .....	393
参考文献 .....	386	43.3 案例拓展 .....	394
<b>第 43 章 神经网络高效编程技巧——基于 MATLAB R2012b 新版本特性的探讨 .....</b>	<b>387</b>	43.3.1 复杂问题的神经网络解决方案 .....	394
43.1 案例背景 .....	387	43.3.2 未达到预期神经网络调整策略 .....	394
43.2 高效编程技巧 .....	387	43.3.3 提早停止的某些注意事项 .....	394
43.2.1 神经网络建模仿真中速度与内存使用技巧 .....	387	参考文献 .....	394
43.2.2 神经网络并行运算 .....	388		

若您对此书内容有任何疑问，可以凭在线交流卡登录 MATLAB 技术论坛与作者交流。



# 第 1 章 BP 神经网络的数据分类

## ——语音特征信号分类

### 1.1 案例背景

#### 1.1.1 BP 神经网络概述

BP 神经网络是一种多层前馈神经网络,该网络的主要特点是信号前向传递,误差反向传播。在前向传递中,输入信号从输入层经隐含层逐层处理,直至输出层。每一层的神经元状态只影响下一层神经元状态。如果输出层得不到期望输出,则转入反向传播,根据预测误差调整网络权值和阈值,从而使 BP 神经网络预测输出不断逼近期望输出。BP 神经网络的拓扑结构如图 1-1 所示。

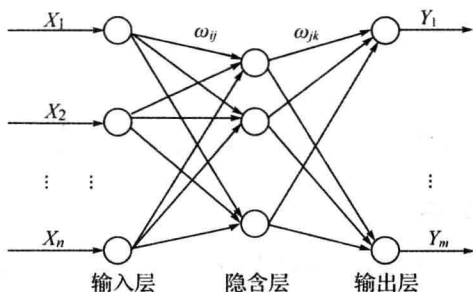


图 1-1 BP 神经网络拓扑结构图

图 1-1 中,  $X_1, X_2, \dots, X_n$  是 BP 神经网络的输入值,  $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$  是 BP 神经网络的预测值,  $\omega_{ij}$  和  $\omega_{jk}$  为 BP 神经网络权值。从图 1-1 可以看出, BP 神经网络可以看成是一个非线性函数, 网络输入值和预测值分别为该函数的自变量和因变量。当输入节点数为  $n$ 、输出节点数为  $m$  时, BP 神经网络就表达了从  $n$  个自变量到  $m$  个因变量的函数映射关系。

BP 神经网络预测前首先要训练网络, 通过训练使网络具有联想记忆和预测能力。BP 神经网络的训练过程包括以下几个步骤。

步骤 1: 网络初始化。根据系统输入输出序列  $(X, Y)$  确定网络输入层节点数  $n$ 、隐含层节点数  $l$ 、输出层节点数  $m$ , 初始化输入层、隐含层和输出层神经元之间的连接权值  $\omega_{ij}, \omega_{jk}$ , 初始化隐含层阈值  $a$ , 输出层阈值  $b$ , 给定学习速率和神经元激励函数。

步骤 2: 隐含层输出计算。根据输入变量  $X$ , 输入层和隐含层间连接权值  $\omega_{ij}$  以及隐含层阈值  $a$ , 计算隐含层输出  $H$ 。