

MATLAB

开发实例系列图书




# MATLAB

# 神经网络

# 30个案例分析

MATLAB中文论坛 编著

 北京航空航天大学出版社

TP391.75/61

2010

MATLAB 开发实例系列图书

# MATLAB 神经网络 30 个案例分析

MATLAB 中文论坛 编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书是 MATLAB 中文论坛神经网络版块数千个帖子的总结, 充分强调“案例实用性、程序可模仿性”。所有案例均来自于论坛会员的切身需求, 保证每一个案例都与实际课题相结合。

读者调用案例的时候, 只要把案例中的数据换成自己需要处理的数据, 即可实现自己想要的网络。如果在实现过程中有任何疑问, 可以随时在 MATLAB 中文论坛与作者交流, 作者每天在线, 有问必答。

该书共有 30 个 MATLAB 神经网络的案例(含可运行程序), 包括 BP、RBF、SVM、SOM、Hopfield、LVQ、Elman、小波等神经网络; 还包含 PSO(粒子群)、灰色神经网络、模糊网络、概率神经网络、遗传算法优化等内容。该书另有 31 个配套的教学视频帮助读者更深入地了解神经网络。

本书可作为本科毕业设计、研究生项目设计、博士低年级课题设计参考书籍, 同时对广大科研人员也有很高的参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 神经网络 30 个案例分析/MATLAB 中文论坛编  
著. --北京:北京航空航天大学出版社, 2010. 4

ISBN 978-7-5124-0034-4

I. ①M… II. ①M… III. ①计算机辅助计算—软件包,  
Matlab—应用—神经网络—案例分析 IV. ①TP391.75②TP183

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 039648 号

### MATLAB 神经网络 30 个案例分析

MATLAB 中文论坛 编著

责任编辑 陈守平 董 瑞 罗晓莉

\*

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(100191) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: [bhpress@263.net](mailto:bhpress@263.net)

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本: 787×1 092 1/16 印张: 18.5 字数: 474 千字

2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷 印数: 4 000 册

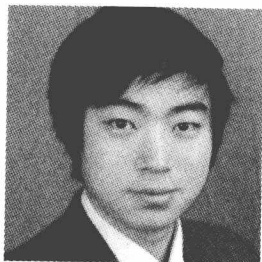
ISBN 978-7-5124-0034-4 定价: 39.00 元

## 该书作者简介



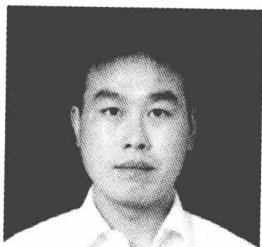
**史峰**

史峰,网名 shi01fg, MATLAB 中文论坛超级版主。在 MATLAB 中文论坛长期解答各种 MATLAB 疑难问题。从 MATLAB 6.5 开始接触 MATLAB 软件,主要用于科学计算和工程开发,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。



**王小川**

王小川,网名 hgsz2003, MATLAB 中文论坛超级版主。现于哈尔滨医科大学公共卫生学院卫生统计学攻读硕士学位,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。



**郁磊**

郁磊,网名 yuthreestone, MATLAB 中文论坛超级版主。现于中国矿业大学信息与电气工程学院攻读控制理论与控制工程专业硕士学位。研究方向为智能控制与模式识别,对神经网络、遗传算法、支持向量机等智能算法有深入的研究。使用 MATLAB 六年多来,对 MATLAB 环境及工具箱函数非常熟悉,具有丰富的 MATLAB 开发、设计经验。



**李洋**

李洋,网名 faruto, MATLAB 中文论坛超级版主。现于北京师范大学数学科学学院攻读硕士学位,专业为应用数学,主要方向为模糊数学及人工智能。目前关注领域为信息粒化在时间序列和机器学习中的应用, SVM 相应参数的优化问题以及 SVM 的应用问题。对 SVM 工具箱的使用有丰富的经验,对现有的 SVM 工具箱进行了大量的优化提升等工作,同时擅长优化理论等。



**张延亮**

张延亮,网名 math, MATLAB 中文论坛站长,百度 MATLAB 专家。2006 年创建 MATLAB 中文论坛,组织了近 10 次大型的 MATLAB/Simulink 研讨会。长期在论坛里解答会员问题。研究方向包含图像处理、人工智能、高级控制理论、生物信息系统等。负责“在线交流,有问必答”部分书籍的选题、写作与审核工作,确保相关书籍能真正填补市场空白,满足读者需求。

# 前 言

MATLAB 中文论坛神经网络版块有数千个 MATLAB 与神经网络相关的帖子。我们对这些帖子进行了一些总结分析,发现一些比较有趣的现象:

① 大约有 20% 的会员不知道每一种神经网络的功能,不清楚该选用何种神经网络来做自己的课题。

② 大约有 50% 的会员会直接参考他人已经写好的代码,然而由于数据性质、应用背景等的差异性,会员在修改现有代码使之更符合自己的需要时遇到很多麻烦。

③ 还有一小部分会员想了解如何让现有的神经网络与其他方面的优化知识结合起来,使神经网络的表现更理想一些,比如神经网络与遗传算法的结合等,但在现有很多有关神经网络的书上找不到答案。

在我们回答问题的同时,我们对现有的提问进行了分析和总结,尤其是会员比较关心的以上现象进行了统计。为了让更多学习神经网络的会员能够快速了解并且在 MATLAB 下使用神经网络, MATLAB 中文论坛精心编写了《MATLAB 神经网络 30 个案例分析》一书。

该书含有 30 个在 MATLAB 环境下实现的神经网络案例,包括了常用的神经网络及相关理论,如:BP、RBF、SVM、SOM、PSO、Hopfield、Elman、LVQ、Kohonen、GRNN、灰色神经网络、遗传算法与神经网络的结合、广义神经网络、小波神经网络、PID 神经元等知识。当然,如果你所需要的神经网络超出本书所涉及的范畴,收到你的反馈后几位作者会第一时间在论坛“在线交流”版块为你加上。别忘了,这是一本“会动”的书!

在编写本书的过程中,我们始终记得数千位会员对该书的要求(希望这也是你的期待):

**案例实用性。**书中所列举的 30 个案例,部分来自于各大公司、院校的研究课题,部分来自于论坛会员的提问。这些案例分别代表了神经网络在各个领域的相关应用。读者可以很容易根据自己的课题需要,找出书中哪些案例适合自己,进而详细阅读。

**MATLAB 程序可模仿性。**我们所编写的 MATLAB 案例程序高度模块化。不管是何种网络,其基本思想都是输入(出)数据的前期处理、模型参数的设置、模型的训练以及模型的使用。那么,如果读者需要模仿这些程序,只需更改里面某些模块即可。

我们一直强调一个理念:“有问必答”!对于神经网络这门学科来说,包含太多的抽象知识。如果在学习、使用神经网络的时候,能够得到一位或者数位该领域专家的指导,那绝不仅仅是事半功倍的效果,我想学习过编程语言的读者都知道这个道理。目前这本书的几位作者几乎每天都在线为读者解答疑问,争取做到问题不过夜。

对于每个案例,我们也制作了配套的教学视频。在书籍+视频+程序的协助下,一小时之内使用神经网络实现自己的目标已经不是难事。套一句比较流行的网络术语:“哥卖的不是书,而是一种服务”。

我们特别想感谢“你”,因为你经常在 MATLAB 中文论坛为此书出谋划策,因为你细心地阅读每个案例、程序,然后指出需要改进的地方,才能让此书符合大部分会员的需求。(注:此书采取开放式编著方式, MATLAB 中文论坛对此书提供及时的报道,如:书籍的写作进度、书

籍的程序案例等,所以很多读者是看着这本书如何“诞生”的。)

该书适合所有做与神经网络相关研究的读者阅读,当然我们的特长是在 MATLAB 下面实现神经网络的各种应用。

史峰(网名 shi01fg,超级版主)编写了第 1~6、23~26、28、29 章;王小川(网名 hg-sz2003,超级版主)编写了第 7、8、16~20、30 章;郁磊(网名 yuthreestone,超级版主)编写了第 9~11、21、22、27 章;李洋(网名 faruto,超级版主)编写了第 12~15 章;张延亮(网名 math,论坛站长)负责全部案例的选取和审核;焦小雪(网名 mooni,论坛管理员)负责所有配套视频下载的测试与维护。

我们深知,神经网络就是一个巨大的黑盒子,我们一直在研究其精华奥妙所在,如果在我们的探索路上有任何不当之处,希望读者能及时向我们反馈。请你相信,我们的纠错速度也会超乎你的想象!

最后,给大家一个小小的承诺:如果你在阅读完该书的一个案例,或者看完一个视频以后,还是不懂得如何在 MATLAB 下实现神经网络,你可以在 MATLAB 中文论坛该书“在线交流”版块发帖,论坛会安排一位本书的作者亲自指导你,直到你得到自己想要的程序为止!

MATLAB 中文论坛  
2009 年 12 月于南京



# 目 录

第 1 章 BP 神经网络的数据分类——语音特征信号分类 .....	1
本案例选取了民歌、古筝、摇滚和流行四类不同音乐,用 BP 神经网络实现对这四类音乐的有效分类。	
第 2 章 BP 神经网络的非线性系统建模——非线性函数拟合 .....	11
本章拟合的非线性函数为 $y=x_1^2+x_2^2$ 。	
第 3 章 遗传算法优化 BP 神经网络——非线性函数拟合 .....	21
根据遗传算法和 BP 神经网络理论,在 MATLAB 软件中编程实现基于遗传算法优化的 BP 神经网络非线性系统拟合算法。	
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 .....	36
对于未知的非线性函数,仅通过函数的输入输出数据难以准确寻找函数极值。这类问题可以通过神经网络结合遗传算法求解,利用神经网络的非线性拟合能力和遗传算法的非线性寻优能力寻找函数极值。	
第 5 章 基于 BP_Adaboost 的强分类器设计——公司财务预警建模 .....	45
BP_Adaboost 模型即把 BP 神经网络作为弱分类器,反复训练 BP 神经网络预测样本输出,通过 Adaboost 算法得到多个 BP 神经网络弱分类器组成的强分类器。	
第 6 章 PID 神经元网络解耦控制算法——多变量系统控制 .....	54
根据 PID 神经元网络控制器原理,在 MATLAB 中编程实现 PID 神经元网络控制多变量耦合系统。	
第 7 章 RBF 网络的回归——非线性函数回归的实现 .....	65
本例用 RBF 网络拟合未知函数,预先设定一个非线性函数,如式 $y=20+x_1^2-10\cos(2\pi x_1)+x_2^2-10\cos(2\pi x_2)$ 所示,假定函数解析式不清楚的情况下,随机产生 $x_1, x_2$ 和由这两个变量按上式得出的 $y$ 。将 $x_1, x_2$ 作为 RBF 网络的输入数据,将 $y$ 作为 RBF 网络的输出数据,分别建立近似和精确 RBF 网络进行回归分析,并评价网络拟合效果。	
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 .....	73
根据货运量影响因素的分析,分别取国内生产总值(GDP),工业总产值,铁路运输线路长度,复线里程比重,公路运输线路长度,等级公路比重,铁路货车数量和民用载货汽车数量 8 项指标因素作为网络输入,以货运总量,铁路货运量和公路货运量 3 项指标因素作为网络输出,构建 GRNN,由于训练数据较少,采取交叉验证方法训练 GRNN 神经网络,并用循环找出最佳的 SPREAD。	
第 9 章 离散 Hopfield 神经网络的联想记忆——数字识别 .....	81
根据 Hopfield 神经网络相关知识,设计一个具有联想记忆功能的离散型 Hopfield 神经网络。	

络。要求该网络可以正确地识别 0~9 这 10 个数字,当数字被一定的噪声干扰后,仍具有较好的识别效果。

**第 10 章 离散 Hopfield 神经网络的分类——高校科研能力评价** ..... 90

某机构对 20 所高校的科研能力进行了调研和评价,试根据调研结果中较为重要的 11 个评价指标的数据,并结合离散 Hopfield 神经网络的联想记忆能力,建立离散 Hopfield 高校科研能力评价模型。

**第 11 章 连续 Hopfield 神经网络的优化——旅行商问题优化计算** ..... 100

现对于一个城市数量为 10 的 TSP 问题,要求设计一个可以对其进行组合优化的连续型 Hopfield 神经网络模型,利用该模型可以快速地找到最优(或近似最优)的一条路线。

**第 12 章 SVM 的数据分类预测——意大利葡萄酒种类识别** ..... 112

将这 178 个样本的 50% 做为训练集,另 50% 做为测试集,用训练集对 SVM 进行训练可以得到分类模型,再用得到的模型对测试集进行类别标签预测。

**第 13 章 SVM 的参数优化——如何更好的提升分类器的性能** ..... 122

本章要解决的问题就是仅仅利用训练集找到分类的最佳参数,不但能够高准确率的预测训练集而且要合理的预测测试集,使得测试集的分类准确率也维持在一个较高水平,即使得到的 SVM 分类器的学习能力和推广能力保持一个平衡,避免过学习和欠学习状况发生。

**第 14 章 SVM 的回归预测分析——上证指数开盘指数预测** ..... 133

对上证指数从 1990.12.20—2009.08.19 每日的开盘数进行回归分析。

**第 15 章 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** ..... 141

在这个案例里面我们将利用 SVM 对进行模糊信息粒化后的上证每日的开盘指数进行变化趋势和变化空间的预测。

**第 16 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** ..... 153

本案例中给出了一个含有 60 个个体基因表达水平的样本。每个样本中测量了 114 个基因特征,其中前 20 个样本是癌症病人的基因表达水平的样本(其中还可能子类),中间的 20 个样本是正常人的基因表达信息样本,余下的 20 个样本是待检测的样本(未知它们是否正常)。以下将设法找出癌症与正常样本在基因表达水平上的区别,建立竞争网络模型去预测待检测样本是癌症还是正常样本。

**第 17 章 SOM 神经网络的数据分类——柴油机故障诊断** ..... 159

本案例中给出了一个含有 8 个故障样本的数据集。每个故障样本中有 8 个特征,分别是前面提及过的:最大压力( $P_1$ )、次最大压力( $P_2$ )、波形幅度( $P_3$ )、上升沿宽度( $P_4$ )、波形宽度( $P_5$ )、最大余波的宽度( $P_6$ )、波形的面积( $P_7$ )、起喷压力( $P_8$ ),使用 SOM 网络进行故障诊断。

**第 18 章 Elman 神经网络的数据预测——电力负荷预测模型研究** ..... 170

根据负荷的历史数据,选定反馈神经网络的输入、输出节点,来反映电力系统负荷运行的内在规律,从而达到预测未来时段负荷的目的。

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



## 第 19 章 概率神经网络的分类预测——基于 PNN 的变压器故障诊断..... 176

本案例在对油中溶解气体分析法进行深入分析后,以改良三比值法为基础,建立基于概率神经网络的故障诊断模型。

## 第 20 章 神经网络变量筛选——基于 BP 的神经网络变量筛选 ..... 183

本例将结合 BP 神经网络应用平均影响值(MIV, Mean Impact Value)方法来说明如何使用神经网络来筛选变量,找到对结果有较大影响的输入项,继而实现使用神经网络进行变量筛选。

## 第 21 章 LVQ 神经网络的分类——乳腺肿瘤诊断 ..... 188

威斯康星大学医学院经过多年的收集和整理,建立了一个乳腺肿瘤病灶组织的细胞核显微图像数据库。数据库中包含细胞核图像的 10 个量化特征(细胞核半径、质地、周长、面积、光滑性、紧密度、凹陷度、凹陷点数、对称度、断裂度),这些特征与肿瘤的性质有密切的关系。因此,需要建立一个确定的模型来描述数据库中各个量化特征与肿瘤性质的关系,从而可以根据细胞核显微图像的量化特征诊断乳腺肿瘤是良性还是恶性。

## 第 22 章 LVQ 神经网络的预测——人脸朝向识别 ..... 198

现采集到一组人脸朝向不同角度时的图像,图像来自不同的 10 个人,每人 5 幅图像,人脸的朝向分别为:左方、左前方、前方、右前方和右方。试创建一个 LVQ 神经网络,对任意给出的人脸图像进行朝向预测和识别。

## 第 23 章 小波神经网络的时间序列预测——短时交通流量预测 ..... 208

根据小波神经网络原理在 MATLAB 环境中编程实现基于小波神经网络的短时交通流量预测。

## 第 24 章 模糊神经网络的预测算法——嘉陵江水质评价 ..... 218

根据模糊神经网络原理,在 MATLAB 中编程实现基于模糊神经网络的水质评价算法。

## 第 25 章 广义神经网络的聚类算法——网络入侵聚类 ..... 229

模糊聚类虽然能够对数据聚类挖掘,但是由于网络入侵特征数据维数较多,不同入侵类别间的数据差别较小,不少入侵模式不能被准确分类。本案例采用结合模糊聚类和广义神经网络回归的聚类算法对入侵数据进行分类。

## 第 26 章 粒子群优化算法的寻优算法——非线性函数极值寻优 ..... 236

根据 PSO 算法原理,在 MATLAB 中编程实现基于 PSO 算法的函数极值寻优算法。

## 第 27 章 遗传算法优化计算——建模自变量降维 ..... 243

在第 21 章中,建立模型时选用的每个样本(即病例)数据包括 10 个量化特征(细胞核半径、质地、周长、面积、光滑性、紧密度、凹陷度、凹陷点数、对称度、断裂度)的平均值、10 个量化特征的标准差和 10 个量化特征的最坏值(各特征的 3 个最大数据的平均值)共 30 个数据。明显,这 30 个输入自变量相互之间存在一定的关系,并非相互独立的,因此,为了缩短建模时间、提高建模精度,有必要将 30 个输入自变量中起主要影响因素的自变量筛选出来参与最终的建模。

**第 28 章 基于灰色神经网络的预测算法研究——订单需求预测 ..... 258**

根据灰色神经网络原理,在 MATLAB 中编程实现基于灰色神经网络的订单需求预测。

**第 29 章 基于 Kohonen 网络的聚类算法——网络入侵聚类 ..... 268**

根据 Kohonen 网络原理,在 MATLAB 软件中编程实现基于 Kohonen 网络的网络入侵分类算法。

**第 30 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 ..... 277**

为了便于使用 MATLAB 编程的新用户,快速地利用神经网络解决实际问题, MATLAB 提供了一个基于神经网络工具箱的图形用户界面。考虑到图形用户界面带来的方便和神经网络在数据拟合、模式识别、聚类各个领域的应用, MATLAB R2009a 提供了三种神经网络拟合工具箱(拟合工具箱/模式识别工具箱/聚类工具箱)。

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

# 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。

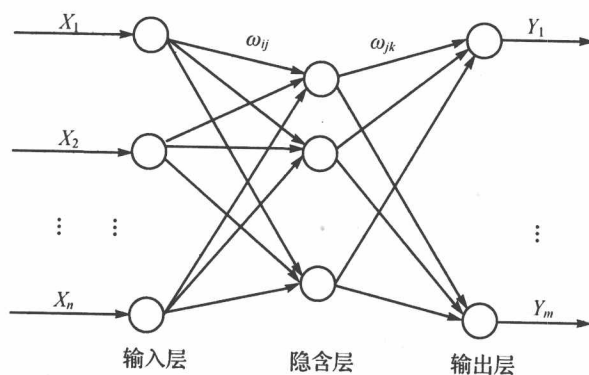


图 1-1 BP 神经网络拓扑结构图

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。根据输入向量  $X$ , 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  $H$ 。

$$H_j = f\left(\sum_{i=1}^n \omega_{ij}x_i - a_j\right) \quad j = 1, 2, \dots, l \quad (1-1)$$

式中,  $l$  为隐含层节点数;  $f$  为隐含层激励函数, 该函数有多种表达形式, 本章所选函数为:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (1-2)$$

步骤 3: 输出层输出计算。根据隐含层输出  $H$ , 连接权值  $\omega_{jk}$  和阈值  $b$ , 计算 BP 神经网络预测输出  $O$ 。

$$O_k = \sum_{j=1}^l H_j \omega_{jk} - b_k \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (1-3)$$

步骤 4: 误差计算。根据网络预测输出  $O$  和期望输出  $Y$ , 计算网络预测误差  $e$ 。

$$e_k = Y_k - O_k \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (1-4)$$

步骤 5: 权值更新。根据网络预测误差  $e$  更新网络连接权值  $\omega_{ij}, \omega_{jk}$ 。

$$\omega_{ij} = \omega_{ij} + \eta H_j (1 - H_j) x(i) \sum_{k=1}^m \omega_{jk} e_k \quad j = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, l \quad (1-5)$$

$$\omega_{jk} = \omega_{jk} + \eta H_j e_k \quad j = 1, 2, \dots, l; k = 1, 2, \dots, m \quad (1-6)$$

式中,  $\eta$  为学习速率。

步骤 6: 阈值更新。根据网络预测误差  $e$  更新网络节点阈值  $a, b$ 。

$$a_j = a_j + \eta H_j (1 - H_j) \sum_{k=1}^m \omega_{jk} e_k \quad j = 1, 2, \dots, l \quad (1-7)$$

$$b_k = b_k + e_k \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (1-8)$$

步骤 7: 判断算法迭代是否结束, 若没有结束, 返回步骤 2。

### 1.1.2 语音特征信号识别

语音特征信号识别是语音识别研究领域中的一个重要方面, 一般采用模式匹配的原理解决。语音识别的运算过程为: 首先, 待识别语音转化为电信号后输入识别系统, 经过预处理后用数学方法提取语音特征信号, 提取出的语音特征信号可以看成该段语音的模式。然后将该段语音模型同已知参考模式相比较, 获得最佳匹配的参考模式为该段语音的识别结果。语音识别流程如图 1-2 所示。

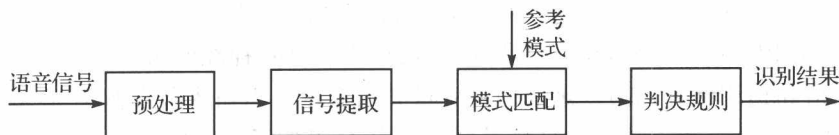


图 1-2 语音识别流程

本案例选取了民歌、古筝、摇滚和流行四类不同音乐, 用 BP 神经网络实现对这四类音乐的有效分类。每段音乐都用倒谱系数法提取 500 组 24 维语音特征信号, 提取出的语音特征信号如图 1-3 所示。

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

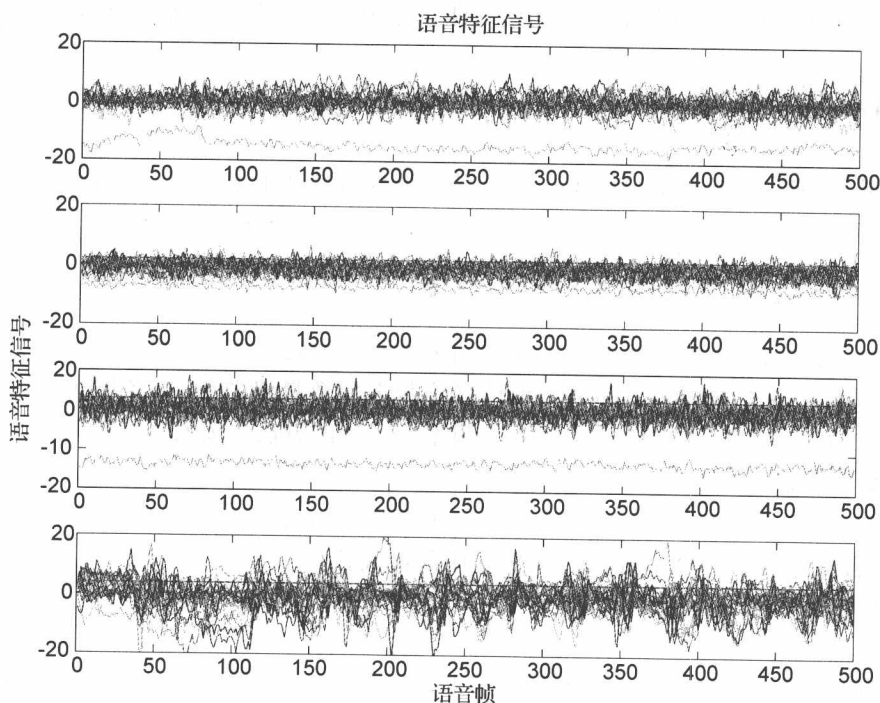


图 1-3 语音特征信号

## 1.2 模型建立

基于 BP 神经网络的语音特征信号分类算法建模包括 BP 神经网络构建、BP 神经网络训练和 BP 神经网络分类三步,算法流程如图 1-4 所示。

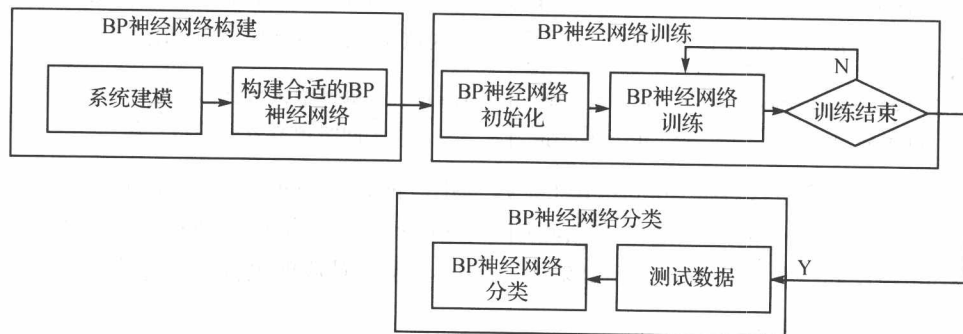


图 1-4 算法流程

BP 神经网络构建根据系统输入输出数据特点确定 BP 神经网络的结构,由于语音特征输入信号有 24 维,待分类的语音信号共有 4 类,所以 BP 神经网络的结构为 24—25—4,即输入层有 24 个节点,隐含层有 25 个节点,输出层有 4 个节点。

BP 神经网络训练用训练数据训练 BP 神经网络。共有 2 000 组语音特征信号,从中随机选择 1 500 组数据作为训练数据训练网络,500 组数据作为测试数据测试网络分类能力。

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

BP 神经网络分类用训练好的神经网络对测试数据所属语音类别进行分类。

## 1.3 MATLAB 实现

根据 BP 神经网络理论,在 MATLAB 软件中编程实现基于 BP 神经网络的语音特征信号分类算法。

### 1.3.1 归一化方法及 MATLAB 函数

数据归一化方法是神经网络预测前对数据常做的一种处理方法。数据归一化处理把所有数据都转化为 $[0,1]$ 之间的数,其目的是取消各维数据间数量级差别,避免因为输入输出数据数量级差别较大而造成网络预测误差较大。数据归一化的方法主要有以下两种。

1) 最大最小法。函数形式如下:

$$x_k = (x_k - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (1-9)$$

式中, $x_{\min}$ 为数据序列中的最小数; $x_{\max}$ 为序列中的最大数。

2) 平均数方差法,函数形式如下:

$$x_k = (x_k - x_{\text{mean}}) / x_{\text{var}} \quad (1-10)$$

式中, $x_{\text{mean}}$ 为数据序列的均值; $x_{\text{var}}$ 为数据的方差。

本案例采用第一种数据归一化方法,归一化函数采用 MATLAB 自带函数 `mapminmax`,该函数有多种形式,常用的方法如下。

```
% input_train,output_train 分别是训练输入、输出数据
```

```
[inputn,inputs] = mapminmax(input_train);
```

```
[outputn,outputs] = mapminmax(output_train);
```

`input_train,output_train` 是训练输入、输出原始数据,`inputn,outputn` 是归一化后的数据,`inputs,outputs` 为数据归一化后得到的结构体,里面包含了数据最大值、最小值和平均值等信息,可用于测试数据归一化和反归一化。测试数据归一化和反归一化程序如下。

```
inputn_test = mapminmax('apply',input_test,inputs); % 测试输入数据归一化
```

```
BPoutput = mapminmax('reverse',an,outputs); % 网络预测数据反归一化
```

`input_test` 是预测输入数据,`inputn_test` 是归一化后的预测数据,'`apply`'表示根据 `inputs` 的值对 `input_test` 进行归一化。`an` 是网络预测结果,`outputs` 是训练输出数据归一化得到的结构体,BPoutput 是反归一化之后的网络预测输出,'`reverse`'表示对数据进行反归一化。

### 1.3.2 数据选择和归一化

首先根据倒谱系数法提取四类音乐语音特征信号,不同的语音信号分别用 1,2,3,4 标识,提取出的信号分别存储于 `data1.mat`,`data2.mat`,`data3.mat`,`data4.mat` 数据库文件中,每组数据为 25 维,第 1 维为类别标识,后 24 维为语音特征信号。把四类语音特征信号合为一组,从中随机选取 1500 组数据作为训练数据,500 组数据作为测试数据,并对训练数据进行归一化处理。根据语音类别标识设定每组语音信号的期望输出值,如标识类为 1 时,期望输出向量为 $[1 \ 0 \ 0 \ 0]$ 。



```
% 清空环境变量
clc
clear

% 导入四类语音信号
load data1 c1
load data2 c2
load data3 c3
load data4 c4

% 将四类语音特征信号合并为一组
data(1:500,:) = c1(1:500,:);
data(501:1000,:) = c2(1:500,:);
data(1001:1500,:) = c3(1:500,:);
data(1501:2000,:) = c4(1:500,:);

% 输入输出数据
input = data(:,2:25);
output1 = data(:,1);

% 设定每组输入输出信号
for i = 1:2000
    switch output1(i)
        case 1
            output(i,:) = [1 0 0 0];
        case 2
            output(i,:) = [0 1 0 0];
        case 3
            output(i,:) = [0 0 1 0];
        case 4
            output(i,:) = [0 0 0 1];
    end
end

% 从中随机抽取 1500 组数据作为训练数据,500 组数据作为预测数据
k = rand(1,2000);
[m,n] = sort(k);

input_train = input(n(1:1500),:);
output_train = output(n(1:1500),:);
input_test = input(n(1501:2000),:);
output_test = output(n(1501:2000),:);

% 输入数据归一化
[inputn,inputps] = mapminmax(input_train);
```

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

### 1.3.3 BP 神经网络结构初始化

根据语音特征信号特点确定 BP 神经网络的结构为 24—25—4, 随机初始化 BP 神经网络权值和阈值。

```
% 网络结构
innum = 24;
midnum = 25;
outnum = 4;

% 权值阈值初始化
w1 = rands(midnum, innum);
b1 = rands(midnum, 1);
w2 = rands(midnum, outnum);
b2 = rands(outnum, 1);
```

### 1.3.4 BP 神经网络训练

用训练数据训练 BP 神经网络, 在训练过程中根据网络预测误差调整网络的权值和阈值。

```
for ii = 1:20
    E(ii) = 0; % 训练误差
    for i = 1:1:1500

        % 选择本次训练数据
        x = inputn(:, i);

        % 隐含层输出
        for j = 1:1:midnum
            I(j) = inputn(:, i)' * w1(j, :) + b1(j);
            Iout(j) = 1/(1 + exp(- I(j)));
        end

        % 输出层输出
        yn = w2' * Iout + b2;

        % 预测误差
        e = output_train(:, i) - yn;
        E(ii) = E(ii) + sum(abs(e));

        % 计算 w2, b2 调整量
        dw2 = e * Iout;
        db2 = e';

        % 计算 w1, b1 调整量
        for j = 1:1:midnum
            S = 1/(1 + exp(- I(j)));
```

```

        FI(j) = S * (1 - S);
    end
    for k = 1:1:innum
        for j = 1:1:midnum
            dw1(k,j) = FI(j) * x(k) * (e(1) * w2(j,1) + e(2) * w2(j,2) + e(3) * w2(j,3) + e(4) * w2(j,4));
            db1(j) = FI(j) * (e(1) * w2(j,1) + e(2) * w2(j,2) + e(3) * w2(j,3) + e(4) * w2(j,4));
        end
    end

    % 权值阈值更新
    w1 = w1_1 + xite * dw1';
    b1 = b1_1 + xite * db1';
    w2 = w2_1 + xite * dw2';
    b2 = b2_1 + xite * db2';

    % 结果保存
    w1_1 = w1;
    w2_1 = w2;
    b1_1 = b1;
    b2_1 = b2;
end
end
end

```

### 1.3.5 BP神经网络分类

用训练好的BP神经网络分类语音特征信号,根据分类结果分析BP神经网络分类能力。

```

% 输入数据归一化
inputn_test = mapminmax('apply',input_test,inputs);

% 网络预测
for i = 1:500
    for j = 1:1:midnum
        I(j) = inputn_test(:,i)' * w1(j,:) + b1(j);
        Iout(j) = 1/(1 + exp(- I(j)));
    end
    % 预测结果
    fore(:,i) = w2' * Iout + b2;
end

% 类别统计
for i = 1:500
    output_fore(i) = find(fore(:,i) == max(fore(:,i)));
end

% 预测误差
error = output_fore - output1(n(1501:2000));

```

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