

基于自相关特征的舰船大小识别方法

王 魁, 张效民, 赵延安, 李 丹

(西北工业大学航海学院, 西安 710072)

摘要: 基于自相关处理方法, 提出了一种利用舰船辐射噪声自相关曲线特征值对舰船大小进行识别的方法, 并利用 BP 神经网络对两类海上实测舰船目标噪声信号进行了识别。实验结果表明, 利用该方法对舰船目标大小具有较好的识别效果。该法与其他识别方法相比, 在保证较高分类识别率的前提下, 特征量提取方法简单, 特征量维数少, 运算量较低, 更便于工程实现。

关键词: 自相关特征; 舰船大小识别; 舰船辐射噪声; BP 神经网络

中图分类号: TN911.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2011)-05-0463-03

DOI 编码: 10.3969/j.issn1000-3630.2011.05.019

A method of ship size recognition based on autocorrelation features

WANG Kui, ZHANG Xiao-min, ZHAO Yan-an, LI Dan

(College of marine, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: A method of ship size recognition based on autocorrelation features is proposed in this paper. The recognition experiment for two different classes of ship targets in the sea is performed with backpropagation neural network, and the results of experiment show that this method has higher correct recognition rate for the size of ship target.

Key words: autocorrelation feature; ship size recognition; ship radiated noise; backpropagation neural network

0 引言

利用舰船辐射噪声对目标进行分类识别是水声信号处理领域一个重要的研究内容, 而对舰船目标识别的关键就是提取有效的舰船辐射噪声特征量。由于海洋环境的复杂性和水声信道的特殊性, 要从舰船噪声信号中提取一种能够反映目标本质特性的有效特征, 一直是这一领域的难题。为了提高水下目标识别的正确率, 人们从不同角度对水下目标辐射噪声原始信号进行了分析和研究, 目前常用的特征提取方法主要有: 时域波形结构特征提取、信号谱估计特征提取、时域-频率分析特征提取等^[1]。

针对舰船的大小识别, 研究了一种可满足工程应用的实时性、体积和功耗要求的自主识别技术。定义小船为 I 类目标, 排水量在 2000t 以下, 大船为 II 类目标, 排水量在 2000t 以上, 特征提取及识别方法是根据舰船辐射噪声的自相关函数曲线, 提

取典型值作为舰船的特征量, 用 BP 神经网络进行分类和识别, 用实测舰船噪声样本对文中研究方法进行验证, 结果表明该方法对舰船目标大小具有满意的识别效果。

1 自相关函数的定义

信号的相关函数是在时间域内描述随机过程的重要特征。自相关函数是随机信号在不同时刻的值之间的依赖性的量度, 是一个很有用的统计平均量, 其定义为:

$$R_{xx} = E[x(n) \cdot x^*(n)] = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n)x^*(n+m)$$

式中 E 表示数学期望, * 表示共轭值, m 为时间滞后数^[2]。

2 自相关曲线特征量的选取

首先对海上实验测量的 I 类目标和 II 类目标共 121 条次的噪声样本进行了自相关分析。数据采集频率为 12.5kHz, 分析带宽为 0~5kHz, 样本长度为 1024 点, 自相关结果进行归一化处理。通过对两类目标的自相关处理结果进行对比和分析, 得:

收稿日期: 2010-09-16; 修回日期: 2010-11-26

作者简介: 王魁(1982-), 男, 河南南召人, 硕士研究生, 主要研究方向为水声通信。

通讯作者: 王魁, E-mail: hnnzkw@163.com

(1) I 类船的自相关曲线整体要比 II 类船自相关曲线更加平滑,这就导致在相同数据量的自相关曲线中, I 类船的极点数目要比 II 类船少。

(2) 在曲线与 x 轴所围面积方面, 单个面积没有可比性, 但 I 类船自相关曲线距 y 轴最近的的两个面积(即第一个零点与第二个零点之间曲线与 x 轴所围面积和第二个零点与第三个零点之间曲线与 x 轴所围面积)大致相当, II 类船自相关曲线的这两个面积却存在明显差别。

(3) 对比两类船的极点特性发现, 两类船的自相关曲线第一个极点值基本上均为负, 但第二个极点值两类船存在差别, I 类船的第二个极点值为正的概率比较大, 而 II 类船的第二个极点值为负的概率较大。

图 1~2 是 I 类目标和 II 类目标分别在 4 种不同工况下实测噪声信号的自相关处理结果曲线。

选取舰船辐射噪声自相关处理结果中以下三个

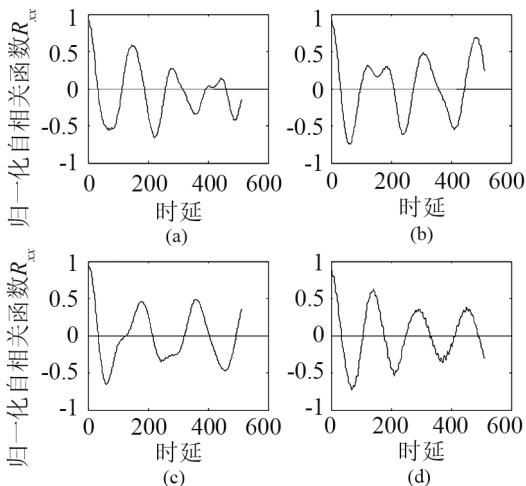


图 1 I 类目标噪声自相关曲线
Fig.1 Autocorrelation curve of Target I

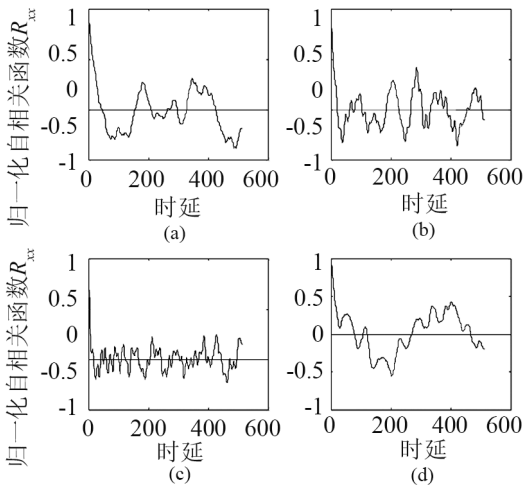


图 2 II 类目标噪声自相关曲线
Fig.2 Autocorrelation curve of Target II

量作为舰船目标大小识别特征量:

(1) N ——自相关函数出现的极点数目;

(2) M —— $M = \left| \frac{A_1}{A_2} \right|$;

A_1 ——第 1 个零点到第 2 个零点之间, 自相关函数曲线包围的面积;

A_2 ——第 2 个零点到第 3 个零点之间, 自相关函数曲线包围的面积;

(3) h ——自相关函数的第二个极点的值。

船舶辐射噪声自相关曲线如图 3 所示。

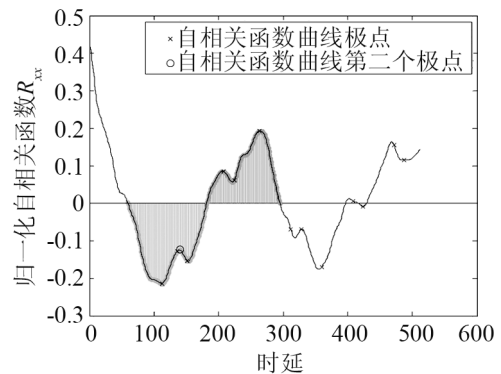


图 3 舰船辐射噪声自相关曲线
Fig.3 Autocorrelation curve of ship radiated noise

3 BP 神经网络分类器设计

分类器采用单隐层的 BP 神经网络, 输入层神经元为 3 个, 输出层为 2 个神经元, 网络结构图如图 4 所示。隐层神经元个数的选择, 经过多次试验, 最终选择神经元的个数为 18, 此时, 训练结果能达到较好的精度和收敛度。隐层和输出层神经元传递函数分别为 *tansig* 函数和 *purelin* 函数, 网络训练算法采用一种基于数值最优理论的改进的 BP 算法——Levenberg-Marquardt 方法(*trainlm*)^[3]。为了加快训练数据收敛, 防止这三个特征量中某些特征量取值过大, 从而淹没其它特征量的贡献, 对自相关函数极点数目 N 这一特征量进行了幅值调整, 将它转化成 0~1 之间的值, 对面积比 M 大于 20 的特征

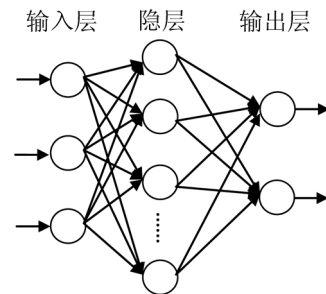


图 4 BP 神经网络结构
Fig.4 Backpropagation neural network structure

量进行了剔除。网络期望输出矢量为与该类型对应的输出节点的输出值为 1, 而其它输出节点的输出值为 0, 即第 I、II 类的期望输出矢量分别为 [1 0]、[0 1]。判别准则为输出值最大的节点对应的信号类型便是输入样本的类型^[4]。

4 分类实验

选取不同工况下的 116 个海上测量数据样本, 其中 I 类目标样本 32 个, II 类目标样本 84 个。随机选取 I 类目标样本 10 个, II 类目标样本 25 个, 共 35 个样本数据作为 BP 神经网络的训练样本, 剩下 81 个样本作为测试样本。通过 BP 神经网络训练出符合要求的权值和阈值, 结合 MATLAB 程序对所有目标样本进行分类判别。程序设计框图如图 5 所示, 分类结果如表 1 所示。

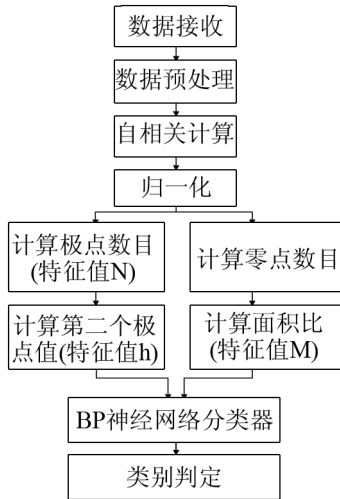


图 5 程序设计框图
Fig.5 Programming diagram

表 1 分类结果

Table 1 Experimental result of target classification

目标类别	训练样本	测试样本	识别结果		识别率/%	总识别率/%
			I	II		
I	10	22	20	2	90.9	90.1
II	25	59	6	53	89.8	

5 结论

本文重点研究了利用舰船辐射噪声自相关曲线的特征量, 实现对舰船目标识别的方法。通过对大量舰船辐射噪声自相关曲线的分析, 提出了一组有价值的特征量, 结合 BP 神经网络分类器对目标进行了分类识别, 取得了较好的识别结果。该方法与其他识别方法相比, 在保证较高分类识别率的前提下, 特征量提取方法简单, 特征量维数少, 运算量较低, 更便于工程实现。

参 考 文 献

[1] 张岩, 尹力. 主成分分析在舰船辐射噪声分类识别中的应用[J]. 应用声学, 2009, 28(1): 20-26.
ZHANG Yan, YIN Li. Application of principal component analysis to ship-radiated noise classification and recognition[J]. Applied Acoustics, 2009, 28(1): 20-26.

[2] 何振亚. 数字信号处理的理论与应用[M]. 人民邮电出版社, 北京, 1983.
HE Zhenya. The theory and application for digital signal processing[M]. Post & Telecom Press, Beijing, 1983.

[3] 董长虹. Matlab 神经网络与应用[M]. 国防工业出版社, 北京, 2005.
DONG Changhong. Matlab neural network and application[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2005.

[4] 曾庆军, 王菲, 黄国建, 等. 基于线谱特征提取的被动声纳目标识别技术研究[J]. 船舶工程, 2001(3): 50-54.
ZENG Qingjun, WANG Fei, HUANG Guojian. Research on technique of passive sonar target recognition[J]. Ship Engineering, 2001(3): 50-54.