

管道内表面质量检测系统设计

白宝兴

(长春光学精密机械学院, 长春 130022)

摘要 介绍了人工神经网络技术在管道内表面质量实时检测系统中的应用,该系统采用BP神经网络作为规则检测器对被测图象进行特征提取和分类识别,并利用改进的BP算法使网络的学习过程以较快的速度收敛于全局最小点。

关键词 神经网络,分类器,特征提取,BP算法

1 引言

迄今为止,人工神经网络在智能化目标识别中的应用已为工业图象视觉检验向着产品检查、识别分类、自动装配综合系统的实用化发展提供了新理论和新途径。本文论述的BP神经网络具有高度的并行运算能力、分布式信息存储和并行处理等特点,在管道内壁疵病、形廓等高精度实时检测系统中作为图象识别分类器,可避开传统模式识别方法中建模与特征提取的过程,消除由于模型不符合或特征选择不当而带来的影响,从而提高图象处理与识别的速度,确保了系统的实时性。

2 系统概述

管道内壁检测系统主要用于管道内表面质量的无损检测,能实现信息采集、图象处理、识别分类和输出等功能。

硬件设计是经过大量的理论分析,并根据所使用的元器件的主要性能而提出的方案。整个系统主要包括光电检测器、图象处理器和输出装置3部分,其中光电检测器用于管道内表面的全方位信息采集,具有光电变换速度快、产生的信号均匀性好、噪声小、分辨力强等性能。考虑到检测器在体积上有管内壁的空间限制、在重量上有传动装置负载能力的要求,必须满足设备精小的绝对条件,本系统选用了

日本 AVENIR WATEC 摄像头作为检测装置中的图象传感器^[1]。

系统的主控装置及图象处理器为 IBM PC/AT586。主机配置了专用的高速神经元处理芯片,该插件能将任何 AT 机或兼容机转换成具有实时处理能力的神经计算机,在图象处理与识别过程中,系统将部分神经元运算交给专用高速神经协处理器,而信号的预处理逻辑决策、最终结果的输出与显示等功能则交给主机处理。系统结构原理如图 1 所示。

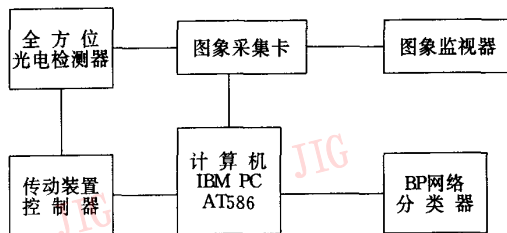


图1 系统结构原理框图

系统对软件设计的要求是具有使用方便、效率高、结构灵活、便于维护和扩充等特点,主要由设备控制软件、图象处理和识别软件构成,其中BP神经网络分类器是整个软件系统的核心。

3 图象分类器设计

本系统的检测对象为口径 $\Phi 60 \sim \Phi 104\text{mm}$ 、长度 24m 内的各种管道,其主要功能就是对被测对象

进行识别分类。

传统模式识别的分类方法主要依赖于被识别图象的标准图样,通常采用监督分类法,其处理过程是:首先对给定标准系列样本进行检测和其它功能处理;再分别计算出所选择的特征参数作为各样本模型的特征向量而组成特征集;然后根据整个特征集和所设计的分类器对输入图象进行识别分类并加以描述。如最小距离分类器和二叉树结构分类器。

当被识别的图象非常复杂而且类别很多,特别是样本分布具有多峰性质互相交错时,用上述分类器进行图象识别十分困难,如何表示和提取特征都有很大的盲目性和低效率,所需的运算使得系统难以满足实时性要求。由于人工神经网络具有很强的自适应和学习能力、鲁棒性和容错能力,可用来分析目标所具有的各种特征的有效性,并提取出最有代表性的特征,从而代替复杂耗时的传统算法,使目标识别过程更接近于人类思维活动。

本系统采用典型映射型前馈神经网络作为分类器,该网络有 3 个要素,即多层结构、S 形神经元特性和回传学习算法(BP 算法)。具体研究方法是采用目前神经网络研究中最为流行的“学习算法编程”,利用该算法能使网络根据外部环境动态地调整数值或阈值的特性,经过训练就能使同一网络解决不同的问题^[2]。

网络类型确定后,分类器设计的主要步骤就是确定网络的层数、每层的结点数及如何训练样本。鉴于单隐层网络即可识别任一凸多边形或无界的凸区域,本系统选用了 3 层感知器,即在输入和输出层之间只加了一个隐层单元。输入层结点数即为采用的特征参数个数,本系统除选择能直接反映管道内表面质量的直方图特征及能量特征、熵特征、相关特征、局部均匀特征等六种纹理特征外,还选择了可描述内壁形廓的圆柱度等 5 种几何特征。BP 神经网络分类器的设计模型如图 2 所示。

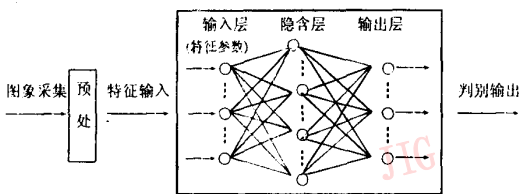


图 2 BP 神经网络分类器的设计模型

为得到最佳效果,选择训练和测试样本集应具有典型性和代表性。本系统目标识别的过程是首先用一组已知的图象样本去训练网络,再以借助于光电成像技术获取的图象信息为识别对象,然后利用前馈网络隐蔽层的抽象作用从输入图象中提取特征并对输入图象进行特征鉴别,直至网络产生的输出与目标训练样本所确定的输出一致(或误差最小)为止。

4 BP 算法讨论

在利用图象样本训练前馈神经网络的过程中,基于使用 BP 算法有时会陷入局部最小或收敛太慢,甚至出现“麻痹现象”,为此,本系统采用了一种称之为 BP' 的改进 BP 算法,在调整系统学习率的仿真实验中,该算法可把较大的学习率能导致网络振荡这一消极因素成功地转化为使网络能跳出局部最小的有利机制^[3,4]。在经典的 BP 算法中,训练输入样本 P 时权值的修正值为:

$$\Delta_p W_{ji} = \eta \cdot \delta_{pj} \cdot O_{pi} \quad (1)$$

式中 $0 < \eta < 1$ 为学习率, δ_{pj} 为输出误差, O_{pi} 神经系统的当前输入。

BP' 算法以最速下降法为基础调整学习率,并利用有限次的一维搜索建立学习率和权值的二次误差函数 $E(\eta, W)$,从而实现误差的极小化。具体步骤如下。

该算法调整学习率的表达式为:

$$\eta_i = \eta_0 + 2^{i-1} \cdot h \quad (2)$$

式中 i 为搜索的次数 ($i=1, 2, \dots$), h 为搜索的幅度。

在应用过程中,首先设置 η_0, h , 并求出最速下降梯度 g , 然后分别计算误差函数初值 E_0 和 E_1 , 其中 $E_0 = E(W_0), E_1 = E(W_1)$, 且 $W_0 = \eta_0 \cdot g, W_1 = \eta_1 \cdot g$ 。

若 $E_0 < E_1$, 则为 h 值偏大, 需重新设置 h 并计算 E_0 和 E_1 , 否则利用下列表达式计算各相关值。

$$W_{i+1} = \eta_{i+1} \cdot g \quad (3)$$

$$E_{i+1} = E(W_{i+1}) \quad (4)$$

当满足 $E_{i-1} > E_i > E_{i+1}$ 时, 选择最后 3 点为 E_1, E_2 和 E_3 , 再分别利用下列各式对其进行迭代, 直至网络输出具有极小误差为止。

$$\eta_2^{i+1} = 2 \quad (5)$$

$$W_2^{i+1} = \eta_2^{i+1} \cdot g \quad (6)$$

$$E_{i+1} = E(W_{i+1})$$

在实验过程中,当采用BP算法训练网络时,输入有关参数后,网络按梯度下降原则收敛于全局最小点共用了78个训练周期;而在相同条件下采用BP'算法则只用了24个周期,大大加快了网络的收敛速度。

5 结论

本文提出了在智能化目标识别系统中如何利用多层感知器分析被测目标所具有的各种特征的有效性,并在调整系统学习率时采用改进的BP算法,使网络的学习过程以较快的速度收敛于全局最小点,从而确保了系统的实时性。

为了实现对高精度管道内壁进行瑕点、条纹、裂痕等疵病的非接触性自动检测,本系统针对应用对象的模型进行了大量的分析和模拟,并在对效能作出满意的评价后展开了专用性的设计。从图象输入、经预处理和识别到最后获得图象显示和分类结果,加上检测装置运行时间,每次检测在40秒内即可完成,完全符合技术要求。既保证了检测质量和精度,又避免了人力和原材料的耗费,极大地提高了生产

率和经济效益。

参考文献

- 1 Bai Baoxing, Wang Xilong. Microcomputer system of detecting and recognizing inner walls of pipes. SPIE. on WAS, 1993, 1982:526~532.
- 2 焦李成著. 神经网络系统理论. 西安:西安电子科技大学出版社, 1995.
- 3 Roberts Sealero, Zazif Tepedelenlioulu. A new fast algorithm neural networks. IEEE Trans. on SP, 1992, 40(1):202~210.
- 4 陈延庆等著. 神经网络理论及其在控制工程中的应用. 西安:西北科技大学出版社, 1991.



白宝兴 长春光机学院计算机系应用教研室主任,副教授。1990年于长春光机学院计算机系获硕士学位。主要研究方向为计算机图象处理和模式识别。近年来在国内外发表有关学术论文多篇,其中一篇被录入国际4大检索。现为国防科工委某“九五”项目负责人。

Design on System for Inspecting Quality Inner Walls of Pipes

Bai Baoxing

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Changchun 130022)

Abstract This paper is concerned with an application of artificial neural network to the real-time detecting system which can inspect the inner walls of pipes. As a regular detector, the BP neural network is used for extracting features of the images inspected and classifying the images in the system, and an improved BP algorithm which was named for BP' is used for making the learning procedure of the net converge to the minimum of overall situation at great rate.

Keywords Neural network, Classifier, Feature texture, BP algorithm