



ChinalInfo

计算机研究与发展
JOURNAL OF
COMPUTER RESEARCH
AND DEVELOPMENT
1999年 第3期 No.3 1999

科技期刊

基于BP神经网络的人脸识别方法

金 忠 胡钟山 杨静宇

摘要 人脸自动识别是计算机模式识别领域的一个活跃课题，有着十分广泛的应用前景。文中提出了基于BP神经网络的人脸识别方法，讨论了人脸图像矢量的特征压缩问题、网络隐含层神经元数选取问题、网络输入矢量的标准化处理问题以及网络连接权值的初值选取问题。对由18人、每人12幅图像组成的人脸图像数据库做识别实验，实验结果表明文中所设计的神经网络分类器比常用的最近邻分类器有效地降低了识别错误率。

关键词 神经网络，特征压缩，模式识别，人脸识别

中图法分类号 TP18 ; TP391

A FACE RECOGNITION METHOD BASED ON THE BP NEURAL NETWORK

JIN Zhong, HU Zhong-Shan, and YANG Jing-Yu

(Department of Computer Science, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210014)

Abstract The automatic recognition of human faces is an active subject in the area of computer pattern recognition, which has a wide range of potential applications. A face recognition method is put forward based on the BP neural network. Also discussed are the problem of feature compression of a face image vector, the problem of determining the number of hidden layer's neural nodes, the problem of normalization of the input vector, and the problem of initialization of connection weights. Experiments have been conducted for a human face image database of 18 persons with 12 images per person. The recognition results show that compared with the 1-NN classifier, the neural network classifier designed can decrease the error rate efficiently.

Key words neural network, feature compression, pattern recognition, face recognition

1 引言

人脸识别是模式识别领域的一个前沿课题，有着十分广泛的应用前景[1]，例如身份证识别，信用卡识别，驾驶证识别以及犯罪嫌疑犯的识别等。因为人脸非常相似，抽取人脸图像的识别特征与设计一个好的分类器是解决人脸识别问题的两个关键，常用的人脸识别分类器是最近邻分类器、最小距离分类器与人工神经网络分类器。BP神经网络是应用最广泛的一种人工神经网络，在各门学科领域中都具有很重要的实用意义，其学习能力和容错能力对不确定性模式识别具有独到之处。本文探讨了用于人脸识别的BP神经网络分类器的设计问题。

2 分类器设计

标准BP神经网络分3层，即输入层，隐含层和输出层。记输入层神经元数为I，隐含层神经元数为H，输出层神经元数为J。对于人脸类别数为p的人脸识别问题来说，网络输出层的神经元数J就取为人脸类别数p，对于任意一个人脸测试图像，可根据网络输出层输出矢量的最大分量分类。人脸图像矢量的维数N通常比较大，而训练样本数K通常比较小，所以设计用于人脸识别的BP神经网络分类器比较困难。为了实现具有推广能力强的BP神经网络分类器，可以从特征压缩着手，压缩输入矢量的维数，并适当地选择隐含层的神经元数。为了加快网络训练的收敛速度，可对输入矢量作标准化处理，并给各连接权值适当地赋予初值。

2.1 特征压缩

KL变换是在最小均方误差准则意义下获得数据压缩的最佳变换。KL变换的产生矩阵常取为训练样本集的总体散布矩阵或类间散布矩阵[2]，本文将类间相关矩阵取作为KL变换的产生矩阵：

$$R_b = \sum_{i=1}^p m_i m_i^T \quad (1)$$

这里 $m_i (i=1, \dots, p)$ 是训练样本集中各类模式样本的均值矢量。

产生矩阵 R_b 的秩一般为 p ，由奇异值分解定理，可以得到 R_b 的 p 个正交归一特征向量，对于任意N维的人脸图像矢量，通过向特征向量投影可将人脸图像的特征维数从N维压缩到 p 维。

2.2 隐含层神经元数的选取

网络的隐含层可以认为是通过输入层与隐含层之间的连接权值的“自组织化”对输入模式进行特征抽取，并将抽取出的特征传递给输出层，关于隐含层的神经元数H的选取尚无理论上的指导。一般地，隐含层的神经元数H大，网络的冗余性大，增加了网络一次训练的训练时间，尽管使网络收敛的训练次数会减少，但会降低分类器的推广能力。为了保证分类器的稳定性，显然网络未知的连接权值的个数不宜超过训练样本值的个数[3]，所以隐含层的神经元数H的选取宜满足如下要求：

$$(I+1)H + (H+1)J \leq K \quad (2)$$

人脸识别网络输出层的神经元数J取为人脸类别数p，而通过特征压缩，网络输入层的神经元数I也是取为人脸类别数p，这样可按下式选取隐含层的神经元数H：

$$H \approx K/2 \quad (3)$$

即网络隐含层的神经元数宜取为训练样本数的一半.

2.3 输入矢量的标准化

由于Sigmoid激励函数 $F(s)$ 的曲线两端平坦, 中间部分变化剧烈, 为了提高网络的收敛速度, 对网络输入矢量的每个分量宜作如下形式的标准化处理:

$$x_i^{\text{new}} = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma(x_i)} \quad (i = 1, 2, \dots, p) \quad (4)$$

这里 \bar{x} 与 (x_i) 分别为所有训练样本矢量的第 i 个分量 x_i 的均值与均方差.

2.4 连接权值初值选取

将网络输入、隐含两层神经元连接权值与隐含、输出层两层神经元连接权值分别记为 w_{ih} 与 w_{hj} ($i=0, \dots, I$; $h=0, \dots, H$; $j=1, \dots, J$), 这里 w_{oh} 与 w_{oj} 为神经元阈值. 一般认为连接权值初值可在区间 $[-0.5, 0.5]$ 内随机选取, 文献 [4] 认为连接权值初值宜在区间 $[-5, 5]$ 内随机选取.

假设网络连接权值初值在区间 $[-5, 5]$ 内随机选取, 网络输入矢量 x 的分量 x_i 相互独立, 其均值为 0, 方差为 1, 并取神经元阈值初值为 0, 则在网络隐含层每个神经元

上的输入为 $\sum_{i=1}^I w_{ih} x_i$, 由中心极限定理可认为它近似服从正态分布, 其均值与方差为:

$$\begin{cases} E\left(\sum_{i=1}^I w_{ih} x_i\right) = \sum_{i=1}^I w_{ih} E(x_i) = 0 \\ D\left(\sum_{i=1}^I w_{ih} x_i\right) = \sum_{i=1}^I w_{ih}^2 D(x_i) = \sum_{i=1}^I w_{ih}^2 \approx \frac{I}{3} \theta^2 \end{cases} \quad (5)$$

式中的近似等式可由统计知识得到.

由于当自变量 s 在区间 $[-5, 5]$ 上变化时, Sigmoid 激励函数 $F(s)$ 才起作用, 因此根据正态分布的 3 规则, 连接权值的初值选取宜满足如下要求:

$$\theta < 5 / \sqrt{3I} \quad (6)$$

3 实验结果及其分析

用 HengZi 图像处理系统采集的人脸图像数据库由 18 人, 每人 12 幅 128×128 图像所组成, 人脸的位置与姿态都有一些变化. 通过预处理, 可获得对人脸的姿态变化、尺度变化与位置变化不敏感的脸部校准图像, 其大小为 $N=32 \times 32$.

对人脸校准图像用类间相关矩阵作为 KL 变换的产生矩阵, 可抽出 $p=18$ 维的识别特征, 将这 18 维的识别特征矢量作为网络的输入矢量, 取网络的输出维数也是 18, 训练样本的期望输出矢量只有一个分量取值 0.9, 其它的分量都取值 0.1. 采用标准 BP 算法, 即每训练一个样本, 修正一次连接权值, 学习率取为 0.7, 误差门限取为 0.05. 将每人 12 幅图像分成 3 组, 可用其中任意一组图像训练, 训练样本数为 $K=72$, 用剩余的另两组图像测试, 测试样本数为 144. 网络隐含层的神经元数取为 $H=36$, 连接权值的初值可在区间 $[-5, 5]$ 内随机选取, 这里 θ 可取 0.05, 0.1, 0.3, 0.5, 0.68 与 1. BP 神经网络分类器网络收敛时的识别错误率及其训练次数的实验结果见表 1, 表 1 的最后一行为常用的最近邻分类器识别错误率的实验结果.

表1 人脸识别实验结果

识别错误率 (训练次数)	第1组训练 第2、3组测试	第2组训练 第1、3组测试	第3组训练 第1、2组测试	平均 识别错误率	
神经 网 络 分 类 器	=0.05	$\frac{9}{144}$ (45)	$\frac{19}{144}$ (38)	$\frac{14}{144}$ (35)	9.7%
	=0.1	$\frac{9}{144}$ (43)	$\frac{14}{144}$ (32)	$\frac{14}{144}$ (31)	8.6%
	=0.3	$\frac{6}{144}$ (36)	$\frac{14}{144}$ (29)	$\frac{14}{144}$ (26)	7.9%
	=0.5	$\frac{6}{144}$ (30)	$\frac{15}{144}$ (24)	$\frac{12}{144}$ (22)	7.6%
	=0.68	$\frac{12}{144}$ (31)	$\frac{14}{144}$ (25)	$\frac{13}{144}$ (22)	9.0%
	=1	$\frac{14}{144}$ (36)	$\frac{18}{144}$ (25)	$\frac{19}{144}$ (29)	11.8%
最近邻分类器	$\frac{11}{144}$	$\frac{19}{144}$	$\frac{16}{144}$	10.6%	

从表1可以看到，本文所设计的用于人脸识别的BP网络收敛所需的训练次数较少，对满足(6)式的较大的 $\lambda=0.5$ ，网络训练更容易收敛，平均识别错误率较低，而且与最近邻分类器相比，识别错误率有明显降低。

4 结束语

人脸图像的自动识别是一个既有意义又很困难的问题，到目前为止还处在探索阶段。本文提出的基于BP神经网络的人脸识别方法是利用BP神经网络理论解决模式输入矢量维数较高而训练样本数较小的模式识别问题的一个成功尝试。

原稿收到日期：1998-06-11；修改稿收到日期：1998-10-26.本课题得到国家自然科学基金资助(项目编号 69672013).金忠，男，1961年12月生，在职博士研究生，副教授，主要研究方向为模式识别、人脸识别.胡钟山，男，1973年2月生，博士研究生，主要研究方向为模式识别、手写体数字识别.杨静宇，男，1941年12月生，教授，博士生导师，主要研究领域为计算机视觉、信息融合、模式识别、智能机器人.

作者单位:南京理工大学计算机科学系 南京 210014

参考文献

- [1] Chellappa R,Wilson C L et al.Human and machine recognition of faces:A survey.
Proceedings of the IEEE,1995,83(5):705 ~ 740
- [2] 彭辉，张长水，荣钢等.基于K-L变换的人脸自动识别方法，清华大学学报（自然科学版），1997,37(3):67 ~ 70
(Peng Hui,Zhang Changshui,Rong Gang et al.Research of automated face recognition based on K-L transform. Journal of Tsinghua University (Sci & Tech)(in Chinese),1997,37(3):67

~ 70)

[3] 阎平凡.对多层前向神经网络研究的几点看法.自动化学报, 1997,23(1):129 ~ 135
(Yan Pingfan. Some views on the research of multilayer feedforward neural networks,
ACTA Automatica Sinica(in Chinese), 1997,23(1):129 ~ 135)

[4] 罗莉, 罗强, 胡守仁.前馈多层神经网络的一种优质高效学习算法.计算机研究
与发展, 1997,34(2):107 ~ 112

(Luo Li,Luo Qiang,Hu Shouren.An excellent quality and high-speed BP algorithm for
the feed-forward multilayer neural network.Computer Research and Development(in
Chinese),1997,34(2):107 ~ 112)

基于BP神经网络的人脸识别方法

作者: 金忠, 胡钟山, 杨静宇, JIN Zhong, HU Zhong-Shan, YANG Jing-Yu
 作者单位: 南京理工大学计算机科学系,南京,210014
 刊名: 计算机研究与发展 [ISTC | EI | PKU]
 英文刊名: JOURNAL OF COMPUTER RESEARCH AND DEVELOPMENT
 年,卷(期): 1999, (3)
 引用次数: 36次

参考文献(4条)

- Chellappa R, Wilson C L. Human and machine recognition of faces: A survey. 1995, (5)
- 彭辉. 基于K-L变换的人脸自动识别方法[期刊论文]-清华大学学报(自然科学版) 1997, (3)
- 阎平凡. 对多层前向神经网络研究的几点看法[期刊论文]-自动化学报 1997, (1)
- 罗莉, 罗强, 胡守仁. 前馈多层神经网络的一种优质高效学习算法[期刊论文]-计算机研究与发展 1997, (2)

相似文献(10条)

1. 学位论文 邓浩江 人工神经网络在与文本无关说话人识别中的应用研究 2001

该论文首先在神经网络的基本原理和模式识别基本概念的基础上,论述了神经网络模型识别原理、方法及其与传统模式识别相比所具有的优越特性,阐明了神经网络模式分类器能够构成各种非线分割平面或曲面,完成各种复杂的模式识别任务.然后深入讨论了组成说话人识别系统的各个环节,提出了一种以短时能量、短时过零为基础,采用可变、多阈值的判决规则进行端点检测以去除语音信号中静音段和噪声段的预处理算法.论文从特征空间和时间的幅度讨论了语音特征的压缩的问题.论文针对BP网络应用于文本无关说话人辨认关系所存在的收敛缓慢、计算量大的问题,将优先度排序原理应用于BP网的训练,提出了POBP网络结构与训练算法.论文讨论了RBF网强在说话人识别中的应用,提出了PORBF网络的模型和算法.

2. 学位论文 赵海涛 最佳鉴别变换与分类器组合技术在人脸识别中的应用 2000

该文提出并讨论了基于Fisher鉴别准则函数的改进的最佳鉴别平面和改进的最佳鉴别矢量集,同时给出了它们的计算公式.该文对BP神经网络分类器、最小距离分类器和1-NN分类器在离维空间、较少训练样本下的分类效果做了比较,并给出了相关的结果.同时该文也探讨了如何加快BP神经网络的收敛速度.给出了三种加快BP神经网络的收敛速度的方法.实验结果表明这三种方法都起到良好的效果.该文的最后一章从抽取具有统计不相关的模式性的想法着手,通过作基于小波变换的图象分解和KL变换等处理避开人脸识别的小样本集的局限,并通过用具有统计不相关性的最佳鉴别变换抽取人脸的有效鉴别特征.同时,利用多特征多分类器组合的方法对ORL人脸图象库进行了识别,实验达到了令人满意的效果.

3. 学位论文 张果 储粮微生物显微图像处理与识别研究 2008

我国是一个产粮大国,仅国家粮库就储藏有数千亿公斤粮食.由于粮食上带有种类繁多的微生物,加之粮食中含有许多营养物质是微生物良好的天然培养基,所以在合适的条件下,粮食中的微生物就会使粮食发霉变质,严重影响人类食用的安全性.因此,开发一个科学实用、准确方便的储粮微生物识别检测系统对微生物进行检测,指导专业管理人员采取相关措施来预防霉变是非常必要的.

本文利用图像处理、模式识别、神经网络等技术对储粮微生物识别系统进行了相关研究,特别是对微生物的特征提取、特征压缩和分类方面进行了较为深入的研究.主要工作和成果如下:

- 储粮微生物图像增强与分割采用滑动窗口为十字形的中值滤波法对微生物图像进行平滑处理;采用基于迭代阈值和数学形态学的边缘检测算法对微生物图像进行边缘检测.
- 储粮微生物特征形成提取出储粮微生物二值化图像的特征包括形态学特征和纹理特征在内的共18个特征,并对所有特征进行归一化处理.
- 储粮微生物特征选择在系统地分析遗传算法和模拟退火算法两种组合优化方法的基础上,依据储粮微生物显微图像的特点提出了基于模拟退火技术的遗传算法-遗传模拟退火算法,对遗传模拟退火算法的特点、实现步骤、参数分析、具体实现进行了较深入的探讨.运用遗传模拟退火算法对抽取出来的18个特征进行特征选择,筛选出面积、周长、复杂度等10个较好的特征.
- 储粮微生物特征压缩分析了常用的特征压缩方法,基于类内类间距离的、基于K-L变换的、基于神经网络的和基于小波分析的特征压缩;运用总体类内离散度矩阵K-L变换的特征压缩方法,将储粮微生物的10维特征向量压缩到6维,从而减少了分类器的计算量,提高了系统的整体性能.
- 储粮微生物分类器的设计设计了改进的BP神经网络分类器和模糊分类器.用神经网络和模糊技术来实现储粮害虫的分类,并深入地研究了BP网络分类器的设计.针对传统BP算法易陷入局部极小和收敛速度慢的问题,分析了3种改进方法,使网络的收敛速度大大加快,所设计的BP网络分类器和模糊分类器对储粮微生物的离线测试识别率达到了82.3%以上.
- 检测系统实现利用Visual C++.net 2003开发工具开发了储粮微生物识别系统软件.

4. 会议论文 江铭炎,江铭虎 一种神经网络特征压缩及分类的研究 1998

由于对多类问题的高维数据无法直接观察其聚类和分布特性,该文采用神经网络法实现自适应主元特征提取(APEX)、以压缩特征空间的维数,并保持足够的信息来鉴别事物之间的类别,它可有效地提取信号的主要特征、抑制噪声.研究人员将高维数据压缩映射到2或3维,从而实现特征数据的可视化分析,显示物体对象间的类似程度和关系结构,并采用高阶聚类表明高阶函数神经网络较BP网络分类能力强,训练速度快.

5. 学位论文 董宜堃 基因序列数据的启动子识别系统研究 2008

人类基因组计划的顺利实施和成功完成,产生了大量的基因组信息.分析这些信息是人类基因组研究必不可少的重要工作.真核生物基因启动子的识别是基因组研究中的一个热点和难点.启动子是启动基因转录的一类重要序列调控元件.对启动子进行识别已成为基因结构识别中的重要一环,同时也是构建基因转录调控网络的核心问题.

尽管目前提出了许多启动子识别的方法,但是识别中假阳性普遍都非常高.为了改善真核生物启动子识别领域存在的高假阳性的状况,本文首先搜集并学习了相关生物学知识和生物数据库信息;然后,基于主成分分析算法,提出了一种真核启动子识别系统.提取基因序列的内容特征,并使用主成分分析算法将高维内容特征进行压缩,形成主成分特征.将主成分特征与CpG岛特征进行综合并一同作为识别特征.

通过提取人类启动子核苷酸联体信息生成内容特征矩阵,这样就产生了高维的统计特征.为使特征由高维降至低维,使用主成分分析算法将高维统计特征进行特征压缩.主成分分析算法是进行多变量分析的一种有效的方法,其主要思想是将原变量矩阵投影到新的空间,获得一组新的变量.通过对原变量的空间变换,只有能够代表原空间绝大部分变量的主要成分被保留下来形成新的空间,从而达到降维的目的.为了弥补在特征压缩过程中缺失了一部分特征信息,提取基因序列的CpG岛信息作为补充特征,将这2维CpG岛特征与10维主成分特征进行特征综合,共同作为BP神经网络的输入来识别启动子.

将训练好的神经网络分类器对人类基因序列——L44140、D87675、AF017257、AF146793、AC002368和AC002397的启动子进行测试.最终的敏感性和特异性分别为64.70%和44.00%.为了评价系统的识别能力,我们将识别结果与PromoterInspector和DPF的结果进行比较.对人类基因序列启动子的预测结果表明,不但有效地减小了假阳性,而且具有较高的敏感性和特异性.

6. 期刊论文 王辛芳,施鹏飞,王欣芳,施鹏飞 基于压缩子结构特征的手写体数字识别 -上海交通大学学报 2000, 34(5)

在对字符结构进行分析的基础上,提出了一种用于自由手写体数字识别的子结构特征.由于绝对位置、笔画长度等特征因人而异,文中利用字符的拓扑信息来增强特征的稳定性,并将字符模式表达为一个矩阵,矩阵的每一列即为字符的一个子结构特征矢量.由于子结构特征表达的模式可分性强,可通过矩阵运算对模式进行特征压缩,同时将不同模式等化,利用一变结构神经网络构造分类器,避免了传统子结构特征匹配的缺点,提高了模式匹配速度.利用信函分拣机提供的数字进行测试,识别率可达97.58%.

7. 学位论文 贾伟峰 网络入侵检测中机器学习方法的应用研究 2009

随着各行各业所面临的网络安全问题越来越复杂,对入侵检测的研究虽已延续多年,但如今仍然是网络安全领域中最具有活力的研究方向之一.本文以国家重点项目为依托,针对基于机器学习方法的网络入侵检测或网络异常检测技术进行了全面,深入地理论分析,并针对入侵检测技术领域中资源消耗大这一关键问题,创新地提出了一种基于特征压缩和分支剪裁的直推式网络异常检测方法,所有的理论方法均在世界著名的KDD CUP99公用数据集进行了充分的实验和对比分析,从而使实验结果更具有可比性,为实际的入侵检测系统提供了有利的理论依据.本文的研究工作的主要内容有:

一、研究了基于BP、SOM、C-SVM和近邻法的网络入侵检测方法和基于SOM、OC-SVM的网络异常检测方法，并进行了仿真实验。仿真结果表明，基于BP神经网络的网络入侵检测方法具有较高的检测率，而基于C-SVM的网络入侵检测方法具有较低的误报率；相对于基于OC-SVM的网络异常检测方法来说，基于SOM神经网络的网络异常检测方法具有较好的检测效果。近邻法中，压缩近邻法是五种近邻法中最具有优良特性的算法，该方法既减少了训练集中的样本数量，又提高了算法运行效率。仿真实验表明，压缩近邻法是一种能够在保持检测效率的同时大幅度删减训练样本的有效方法。

二、首次提出了基于特征压缩和分支剪裁的直推式网络异常检测方法，该方法旨在降低算法所需大量系统资源这一在入侵检测技术的关键问题。本文通过引入特征压缩和分支限界树剪裁技术，一方面降低了训练数据和测试数据的特征维数，同时降低了欧式距离计算的次数。实验结果证明，该方法能较好地解决这一关键问题。

三、在对几大类基于机器学习的入侵检测方法进行了理论研究的基础上，本文全面地进行了实验对比分析，对关键数据进行了定性或者定量的分析，从而为实际入侵检测系统的设计提供了有效的经验依据。

四、将入侵检测理论方法应用到大唐入侵防御系统中，并对实际系统的部署，结构，及模块设计做了简要而清晰的说明，指出了下一步研究工作的重点。

8. 学位论文 於东军 神经网络、模糊系统的几个问题研究及其在人脸识别中的应用 2003

该文研究了工程上常用的三层B样条神经网络，采用构造性的方法证明了B样条神经网络的全局逼近能力，并且给出了构造几乎最小隐节点的算法，从而在理论上为B样条神经网络的使用提供了依据。针对呈现层次特征的应用领域，该文提出了相应的层次径向基神经网络(Hierarchical RBFN)，并且证明了HRBFN是一个全局逼近器。HRBFN更适合于具有层次结构的应用领域，并且HRBFN还能够部分消除使用RBFN会造成隐节点随着输入变量数目增加而急剧增多的问题。模糊系统可以以两种方式应用于非线性系统辨识：串并联方式和并联方式。该文研究了串并联方式模糊系统的数字逼近特性，得出结论：当模糊规则数等于样本数时，已经可以实现精确插值，因此模糊规则条数不能超过样本数目，否则将冗余，并可能引起振荡，削弱模糊系统的泛化能力。此外还研究了系统逼近误差和初始状态误差对串并联模糊系统性能的影响，指出：只要模糊系统逼近实际系统足够好，即使两者之间存在初始状态误差，模糊系统仍能良好工作。对于以并联方式进行非线性系统辨识的模糊系统，该文研究了其预测收敛性和辨识收敛性。证明了只要并联模糊系统的参数满足一定的条件，可以保证并联模糊系统的预测收敛和辨识收敛，并给出了该条件。最后，该文将神经网络和模糊系统用于人脸识别。该文先应用神经网络技术构建了一个完整的人脸识别系统：首先使用基于眼睛位置估计的方法从人脸图像中分割出对识别有意义的纯脸，然后使用自组织映射进行特征压缩，提取有效的鉴别特征，最后使用基于知识的模糊神经网络进行分类。

9. 期刊论文 乔新勇, 周云峰, QIAO Xin-yong, ZHOU Yun-feng 在多参数检测时神经网络的结构优化方法 -计算机工程与应用 2009, 45 (8)

运用多特征参数进行设备状态监测是一种具有较高精确度的技术手段，但是当检测参数数量较大时运算量是一个不容忽视的问题。针对采用人工神经网络进行设备状态检测时的结构优化问题进行研究，提出由特征压缩层和检测层组成串联网的方法建立神经网络检测模型。仿真结果表明，该组合网络减小了运算量，改善了网络收敛性能。

10. 学位论文 路伟 基于神经网络和模糊逻辑的手写体数字识别及其VLSI实现的研究 1997

该文以集成电路实现为目标，提出了一种基于神经网络和模糊逻辑的手写体数字识别算法。该算法直接映射一种VLSI结构，采用VLSI易实现的汉明神经网络提取字符图象的局部二维字形结构特征，经过特征压缩后基于求和-求大运算的模糊逻辑技术完成识别运算。它不但易于VLSI实现，而且可以获得较好的识别性能。

引证文献(36条)

1. 徐奔 基于DWT和BP神经网络的人脸识别方法 [期刊论文]-电脑知识与技术 2009 (23)
2. 谌刚 人工神经网络的发展与应用 [期刊论文]-中南论坛 2008 (4)
3. 王潇茵, 唐成华 Web页面色情图片层次化识别算法研究 [期刊论文]-微计算机信息 2008 (30)
4. 郎利影, 洪玥, 汤志伟 基于图像分块的FDA人脸识别方法 [期刊论文]-河北工程大学学报 (自然科学版) 2008 (3)
5. 吴小俊, 张媛媛, 王士同, 於东军, 郑宇杰, 杨静宇 改进的模糊神经网络及其在人脸识别中的应用 [期刊论文]-微纳电子技术 2007 (07)
6. 刘宏, 董镭 基于人工神经网络的人脸识别分类器设计 [期刊论文]-鞍山科技大学学报 2007 (04)
7. 李鹏, 耿国华, 周明全 一种基于神经网络和贝叶斯决策的人脸检测方法 [期刊论文]-计算机应用研究 2007 (08)
8. 马怡然, 张凤玲 基于DCT和BP神经网络集成的人脸识别 [期刊论文]-天津理工大学学报 2007 (03)
9. 邵平 机器学习与人脸识别方法概述 [期刊论文]-玉林师范学院学报 2006 (03)
10. 柳松, 王展 基于径向基概率神经网络的人脸识别方法 [期刊论文]-计算机工程与科学 2006 (02)
11. 史勤峰 Beamlet及其在SAR图像边缘检测中的应用 [学位论文]硕士 2006
12. 杜军 盾构隧道壁后注浆探测图像识别及沉降控制研究 [学位论文]博士 2006
13. 肖冰, 王映辉 人脸识别研究综述 [期刊论文]-计算机应用研究 2005 (08)
14. 王平 基于非线性Fisher判决的人脸识别方法研究 [学位论文]硕士 2005
15. 杜富强 基于BP神经网络的人脸识别技术的研究与实现 [学位论文]硕士 2005
16. 汪妍 小波变换在人脸识别中的应用研究 [学位论文]硕士 2005
17. 秦华东 基于神经网络的股票行情趋势预测 [学位论文]硕士 2005
18. 鄢琼 基于三维建模的人脸自动识别技术 [学位论文]硕士 2005
19. 高云龙 改进的PCA及其在人脸识别中的应用 [学位论文]硕士 2005
20. 戚仕涛, 汤黎明, 吴敏, 刘铁兵 基于BP神经网络的医疗设备评标方法 [期刊论文]-医疗卫生装备 2004 (10)
21. 陈德良, 曲维光, 周春林 基于神经网络的教师教学评估系统 [期刊论文]-南京师范大学学报(工程技术版) 2004 (01)
22. 李金屏, 韩延彬, 杨清波, 尹建芹 人脸识别新技术研究进展 [期刊论文]-计算机科学 2004 (z2)
23. 张天, 赵伟 人脸识别技术的研究 [期刊论文]-长春师范学院学报 (自然科学版) 2004 (04)
24. 费慧文 基于BP网的塑料制品缺陷诊断专家系统 [学位论文]硕士 2004
25. 谢毓湘 辅助情报分析的新闻视频挖掘技术研究 [学位论文]博士 2004
26. 曾生根 快速独立分量分析方法及其在图像分析中的若干应用研究 [学位论文]博士 2004

27. 葛强, 叶会英, 王忠勇, 陈恩庆 基于径向基函数网络的人脸识别[期刊论文]-河南科学 2003(03)
28. 张燕昆, 杜平, 刘重庆 基于主元分析与支持向量机的人脸识别方法[期刊论文]-上海交通大学学报 2002(06)
29. 索兴梅, 王崇桃 人工神经网络在农业中的应用研究[期刊论文]-计算机与农业 2002(02)
30. 李耀东, 崔霞, 肖柏华, 戴汝为 自动人脸识别技术综述[期刊论文]-计算机科学 2002(12)
31. 袁友伟, 金可音, 湛含辉 基于神经网络的不变性模式识别的人脸识别系统[期刊论文]-计算机工程与应用 2002(16)
32. 曲维光, 宋如顺 基于用户击键特征识别的用户认证系统[期刊论文]-计算机工程与应用 2002(16)
33. 罗春潮, 郁飞 遗传算法与正交试验在一类系统辨识问题中的研究[期刊论文]-华东船舶工业学院学报(自然科学版) 2002(05)
34. 肖波 数字视频监控系统的运动人脸检测问题研究[学位论文]硕士 2002
35. 金忠, 胡钟山, 杨静宇, 刘克, 孙靖夷 手写体数字有效鉴别特征的抽取与识别[期刊论文]-计算机研究与发展 1999(12)
36. 金忠 人脸图象特征抽取与维数研究[学位论文]博士 1999

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsjyjyfz199903004.aspx

下载时间: 2010年5月20日