

脉冲耦合神经网络的人脸识别方法^{*1}

赵光兰, 周冬明, 赵东风, 聂仁灿

(云南大学 信息学院 通信工程系, 云南 昆明 650091)

摘要:在脉冲耦合神经网络(PCNN, pulse coupled neural network)中, 基于神经元脉冲震荡的时间序列概念, 利用平均时间序列和平均欧氏距离的方法实现了人脸识别. 实验仿真表明了该方法的有效性, 对不同人脸和复杂表情的人脸均具有较好的识别效果.

关键词:脉冲耦合神经网络(PCNN); 人脸识别; 时间序列; 欧氏距离

中图分类号:TP 391 **文献标识码:**A **文章编号:**0258-7971(2011)02-0141-06

人脸作为人类自身再熟悉不过的一个组成部分, 其识别问题一直是一个极富挑战性的课题. 人脸识别有一定的难度和复杂性, 但对这一问题的深入研究必将推动模式识别、计算机视觉、人工智能等计算机科学分支的发展. 人脸识别在近 10 年中得到了广泛的关注, 但神经网络的方法是研究的热点, 各种神经网络为不同目的的研究提供了可能.

在以往较多采用的是反向传播网络和径向基网络^[1-2]进行人脸识别的研究. 而本文所应用的脉冲耦合神经网络(pulse coupled neural network, PCNN)是一种不同于传统人工神经网络的新型神经网络, PCNN 直接来自于对哺乳动物视觉皮层神经细胞的研究, 是一种单层人工神经网络, 同时也是一种以迭代算法为主的神经网络. 它是一种自监督自学习的网络, 不需要提前进行训练, 有着与用传统神经网络方法进行人脸识别所无法比拟的优越性^[3]. 目前, PCNN 常用于图像处理领域中^[4], 如图像融合^[5]、图像分割^[6]、目标识别^[7]、图像增强^[8]等.

1 PCNN 模型

PCNN 标准神经元模型如图 1 所示.

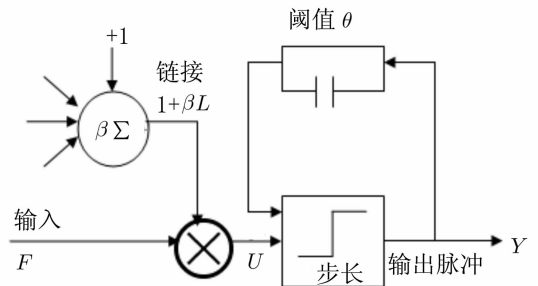


图 1 PCNN 标准神经元模型

Fig. 1 PCNN model

其数学表达式为^[9]:

$$F_{ij}[n] = e^{-\alpha F} F_{ij}[n-1] + V_F \sum M_{ijkl} Y_{kl}[n-1] + I_{ij}, \quad (1)$$

$$L_{ij} = e^{-\alpha L} L_{ij}[n-1] + V_L \sum W_{ijkl} Y_{kl}[n-1], \quad (2)$$

$$U_{ij}[n] = F_{ij}[n](1 + \beta L_{ij}[n]), \quad (3)$$

$$Y_{ij}[n] = \begin{cases} 1, & U_{ij}[n] > \theta[n-1] \\ \text{otherwise} \end{cases}, \quad (4)$$

$$\theta_{ij}[n] = e^{-\alpha \theta} \theta_{ij}[n-1] + V_\theta \sum Y_{kl}[n-1]. \quad (5)$$

* 收稿日期: 2010-04-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61065008); 云南省自然科学基金资助项目(2007F174M); 云南大学青年基金资助项目(2007Q024C); 云南大学研究生科研课题资助项目(ynuy200928).

作者简介: 赵光兰(1986-), 女, 云南人, 硕士生, 主要从事神经网络理论和应用方面的研究.

通讯作者: 周冬明(1963-), 男, 博士, 教授, 主要从事神经网络理论和应用方面的研究, E-mail: dmzhou@ynu.edu.cn.

式中,第 (i,j) 个神经元的 n 次反馈输入为 $F_{ij}[n]$,反馈输入域中放大系数和衰减时间常数分别为 V_F 和 α_F ,输入刺激信号为图像像素灰度值 $I_{ij}[n]$,耦合连接输入为 $L_{ij}[n]$,耦合连接域的放大系数和衰减时间常数分别为 V_L 和 α_L ,内部活动项 $U_{ij}[n]$ 的连接系数为 β ,动态门限 $\theta_{ij}[n]$ 的放大系数和衰减时间常数分别为 V_E 和 α_E ,权值矩阵 M_{ijkl} 和 W_{ijkl} 分别为反馈输入域和耦合连接域的连接矩阵。

2 基于 PCNN 的人脸识别算法

将人脸图作为外部输入刺激信号直接输入到 PCNN 网络中,根据(6)式得到输出的脉冲神经元总数 $g[n]$,即对每次迭代输出的二值图像进行求和运算,转化为一个一维的时间序列。

$$g[n] = \sum Y_{ij}[n]. \quad (6)$$

式中, $Y_{ij}[n]$ 是 PCNN 第 n 次输出的二值图像, $g[n]$ 统计了 n 时刻 PCNN 发出脉冲的神经元总数,即每次迭代过程中整幅图像中神经元点火总数^[10]。

每一幅人脸图都有自己唯一的时间序列,将其作为人脸图的 PCNN 参数计算简单,数据量少,易于操作。利用人脸样本图的平均时间序列建立 PCNN 人脸模板库,采用平均欧氏距离 E 进行模板

匹配,判定待测人脸图的识别结果。

$$E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (g_1[i] - g_0[i])^2}{N}}. \quad (7)$$

式中, N 为迭代次数, $g_1[i]$ 是待测人脸图在 i 时刻的点火神经元总数, $g_0[i]$ 是 n 个样本图在 i 时刻的平均点火神经元总数,由式(8)确定:

$$g_0[i] = \frac{\sum_{k=1}^n g_k(i)}{n}. \quad (8)$$

识别时,若 $E < \Delta$ (Δ 为基准值),则为同一个人的人脸,若 $E \geq \Delta$,则为不同人的脸,算法流程如图2所示。

3 实验仿真及结果分析

本实验采用的人脸图片来自于剑桥大学 AT&T 实验室创建的 ORL 人脸数据库,包含 40 人共 400 张面部图像。定义库中的前 20 人,每人前 n 幅图像共 $20n$ 幅图像为样本集;定义样本集中除那 20 人外所剩余的共 $(200 - 20n)$ 幅图像为测试集 1,测试 PCNN 对已有人脸的识别率;定义其余 20 人,每人 10 幅共 200 幅图像为测试集 2,测试 PCNN 对未知人脸的拒识率。

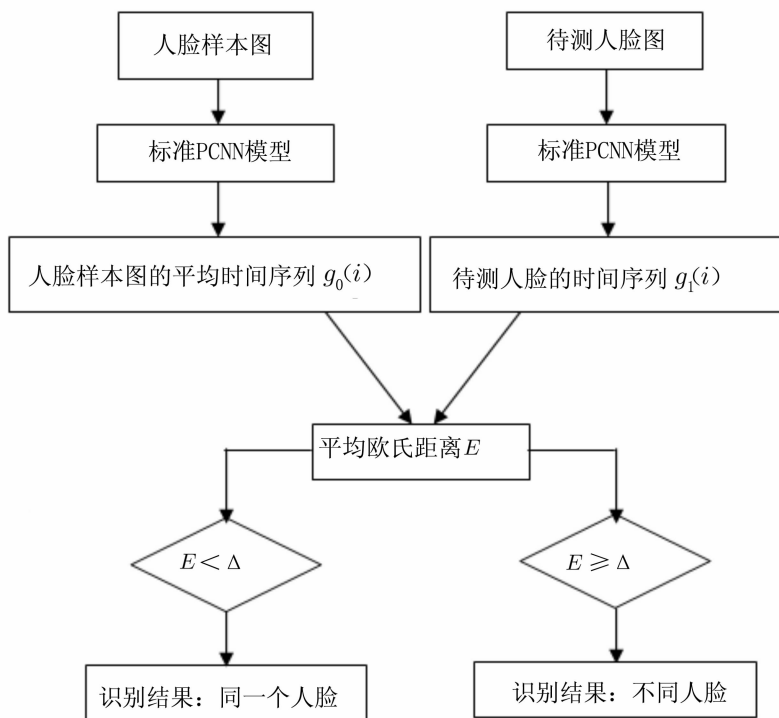


图2 算法流程

Fig. 2 The flow chart of algorithm

实验中,PCNN 模型参数的取值见表 1.

图 3 所示为 ORL 库中差异较大的 s4 号和 s8 号人脸的部分图片.

图 4 显示了图 3 中灰度图像所对应的 PCNN

时间序列图,并给出了 2 个人脸分别用前 4 张图片 ($n=4$) 作样本时的平均时间序列图. 其中横坐标为迭代次数,纵坐标为每次迭代的神经元总数.

表 1 PCNN 模型参数
Tab. 1 PCNN model parameters

参数	β	α_L	α_E	α_F	V_F	V_L	V_E	$M = W$
取值	0.1	1.0	1.0	0.1	0.5	0.2	20	[0.5 1 0.5; 1 0 1; 0.5 1 0.5]

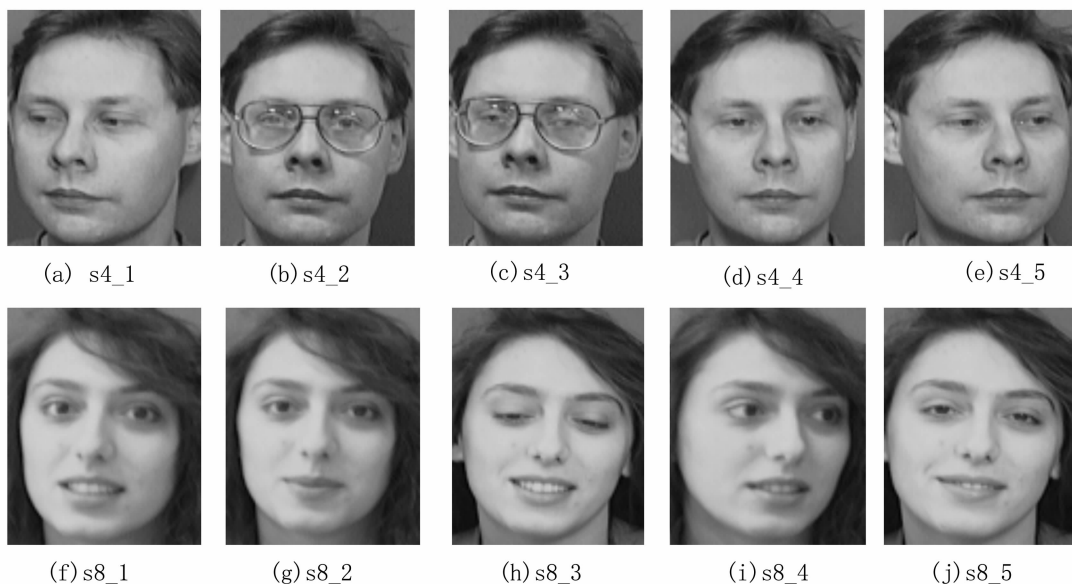


图 3 2 个人的不同表情人脸信号灰度图像

Fig. 3 Two different expressions of gray image face signal

从图 4 中可以看出,同一个人(表情不一致)的时间序列图比较相似,如(a)(b)(c)(d)(e)及(f)(g)(h)(i)(j). 不同人的时间序列图有很大差异,如图中所示的 s4 号和 s8 号人脸的时间序列图.

图 5 绘制了 ORL 库中 s4 号和 s8 号所有表情人脸图片的欧氏距离曲线图. 其中横坐标为图片序号,纵坐标为每幅图片时间序列与样本平均时间序列($n=4$ 时)的平均欧式距离(粗实线为基准值 $\Delta=6$).

从图 5 中可以看出,当待测人脸图片和样本图片为同一个人(表情不一致)时,其平均欧氏距离基本低于基准值,识别率较高. 当待测人脸图片和样本图片为不同人时,其平均欧式距离大于基准

值,拒识率为 100%.

仿真实验中 n 取不同值,实验结果如表 2 所示.

因为表 2 中的样本集选取的是库中前 20 人的前 n 幅图像,而不是所有图像,因此造成了错误识别. 但是,当样本集增大,平均时间序列的取值会趋于稳定,识别率将会增加.

4 结 论

本文采用 PCNN 方法实现人脸识别. 以时间序列作为人脸图像的特征参数,由于时间序列只统计出图像“亮”的像素个数,即每次迭代后点火的神元个数,所以在效率方面,其运算速度比其他方法快一些,且具有很高的识别能力.

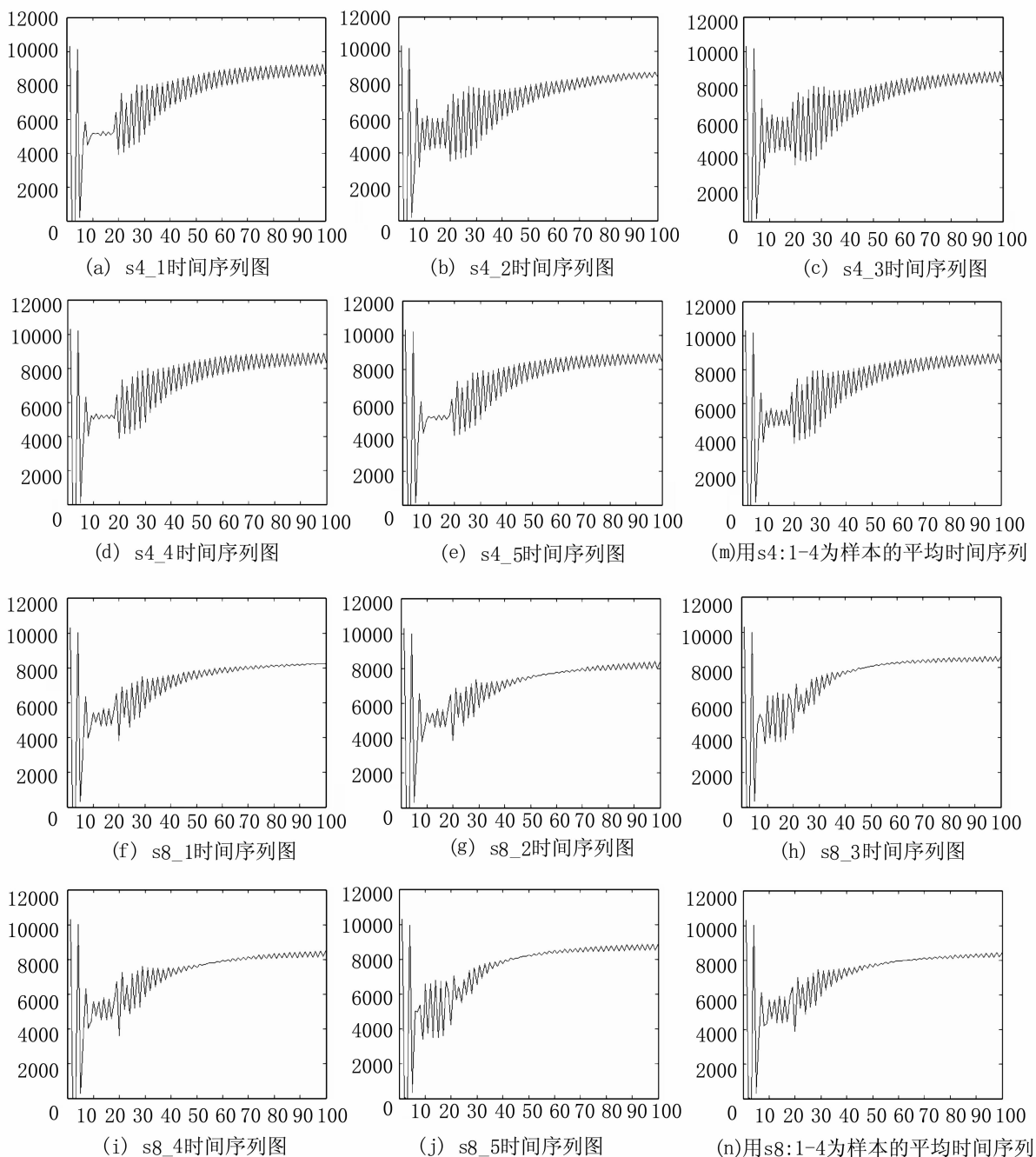


图4 图3中人脸信号所对应的PCNN时间序列图

Fig.4 The PCNN time sequence diagram of Fig.3

表2 取不同 n 值时的识别率

Tab.2 The recognition rate for different n

n	样本数	样本集识别率/%	测试集1 识别率/%	测试集2 拒识率/%
3	60	100	87.24	100
4	80	100	89.08	100
5	100	100	92.47	100
6	120	100	96.32	100

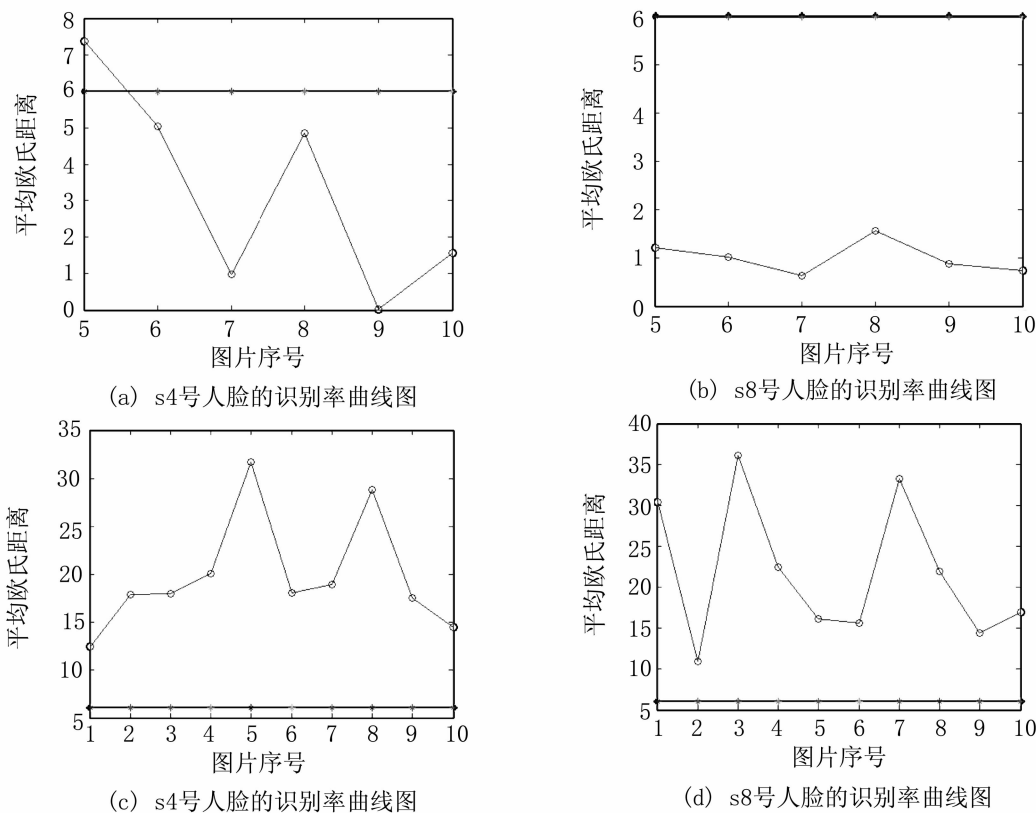


图5 识别率曲线图

Fig. 5 The recognition rate curve

如果在本文方法的基础上,再借助于后续分类模块做进一步处理,包括传统统计模式分类器,或其他类型的神经网络,如BP网络、CP网络、RBF网络和ART网络等,系统的性能还会有所提高,由此入手探寻一种快速高效的识别方法是一条可行之路。

参考文献:

[1] 甘俊英,张有为. 基于BP神经网络的人脸识别[J]. 系统工程与电子技术,2003,25(1):113-115.

[2] ER M J, WU Shi-qian, LU Jun-wei. Face recognition using radial basis function(RBF) neural networks[J]. Decision and Control,1999,3:2162-2167.

[3] 刘琨,金文标. 基于PCNN和RBF的孤立词语音识别研究[J]. 计算机工程与设计,2008,29(24):6298-6301.

[4] JOHNSON J L, PADGETT M L. PCNN models and applications[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1999,10(3):480-498.

[5] 余瑞星,朱冰,张科. 基于PCNN的图像融合新方法[J]. 光电工程,2008,35(1):126-130.

[6] 聂仁灿,周冬明,赵东风. 基于Unit-Linking PCNN和图像熵的图像分割新方法[J]. 系统仿真学报,2008,20(1):222-227.

[7] BROUSSARD R P, ROGERS S K, OXLEY M E, et al. Physiologically motivated image fusion for object detection using a pulse coupled neural network[J]. IEEE Trans on Neural Networks,1999,10(3):564-573.

[8] 武尔维,周冬明,赵东风,等. 基于双层PCNN的多级灰度图像增强[J]. 云南大学学报:自然科学版,2007,29(5):459-464.

[9] 王科俊,张燕,唐墨,等. PCNN在图像处理中的应用[J]. 哈尔滨工程大学学报,2006,27:182-188.

[10] 马义德,袁敏,齐春亮,等. 基于PCNN的语谱图特征提取在说话人识别中的应用[J]. 计算机工程与应用,2005,41(20):81-84.

[11] 金明曦,武妍. 基于对向传播神经网络的人脸识别方法[J]. 电子科技大学学报,2004,5(33):573-576.

Face recognition based on pulse coupled neural network

ZHAO Guang-lan, ZHOU Dong-ming, ZHAO Dong-feng, NIE Ren-can

(Department of Communication Engineering, Information College, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: In pulse coupled neural network (PCNN), the methods of average time series icon and average Euclidean distance is applied to recognize face. It is based on the time series icon of neurons pulse oscillation. The simulation results show that this recognition methods is effective. And it has a good recognition effect for different face and complex expressions of face.

Key words: pulse coupled neural network; face recognition; time series icon; euclidean distance

* * * * *

(上接第 140 页)

Analysis of the function $p(x)$ – detection random multi – access protocol for wireless sensor networks

NIU Qin, ZHAO Dong-feng, HE Min

(Department of Communication Engineering, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: A new random multi – access protocol for wireless sensor networks (WSNs) was presented. This protocol used the function $p(x)$ – detection control strategy in the packet transmit $1 + a$ and added acknowledge character (ACK) to the system, it can improve the transmission efficiency of WSNs. Compared the theoretical analysis method of average period with the selection of different $p(x)$ function value simulation experiments, they were consistent. The results showed that the protocol enabled the WSNs' channel resources effectively and improved the system's transmission quality.

Key words: wireless sensor networks; probability function detection; random multiple access; load equilibrium