

文章编号:1673-9469(2008)03-0084-04

基于图像分块的 FDA 人脸识别方法

郎利影,洪 玥,汤志伟

(河北工程大学 信电学院,河北 邯郸 056038)

摘要:提出了一种基于图像分块的 FDA (Fisher linear discriminating analysis) 人脸识别方法,该方法首先对原始图像进行分块,再对分块得到的子图像利用 FDA 进行鉴别分析。其特点是能有效地抽取图像的局部特征,对人脸表情和光照条件变化较大的图像表现尤为突出。在 ORL 人脸库上用单训练样本取得了 90.83% 的识别结果。

关键词:人脸识别;区域分块;线性鉴别分析

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

FDA for face recognition based on image segmentation

LANG Li - ying, HONG Yue, TANG Zhi - wei

(College of Information and Electrical Engineering, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: In this paper, a method of FDA for face recognition is presented basing on image segmentation. First, the original images are divided into modular images, which are also called sub - images; then, the well - known FDA method is directly used to the sub - images obtained from the previous step. The advantage of the represented way is that the local discriminant features of the original patterns can be efficiently extracted, and it is really true of the images that have large variations in facial expression and lighting. The ORL face image database is made use of to simulate, and when the training sample is only one, the recognition rate of 90.83 percent is achieved.

Key words: face recognition; image segmentation; linear discriminant analysis

人脸识别是生物特征鉴别技术的一个主要方向,它涉及图像处理、模式识别、计算机视觉等多个研究领域,具有十分广泛的应用前景,多年来一直是一个研究热点^[1]。计算机人脸识别是由计算机分析人脸图像,从中提取出有效识别信息,用于辨认身份的一种技术^[2]。关于人脸图像线性鉴别分析方法的研究激起了人们的广泛兴趣,其焦点是如何抽取有效的鉴别特征和降维。近几十年来,人们经过不断的努力,提出了很多用于人脸识别的方法。例如:基于 Fisher 线性准则的方法^[3],基于主元素分析的方法^[4],基于神经网络的分析方法^[5]等。

在人脸识别当中,Fisher 线性鉴别分析(Fisher linear discriminating analysis, FDA)方法已被公认为最经典和常用的方法之一,但在应用中常常遇到

“小样本”问题^[6]。本文秉承基于 Fisher 准则的线性鉴别的思想,提出了一种基于图像分块的 Fisher 线性鉴别方法(简称 M - FDA)。在 ORL 人脸库上的试验结果表明,该方法在识别性能上明显优于 FDA 方法。

1 FDA 方法

设 $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m$ 为 m 个模式类,模式 X 为 n 维实向量,设 S_b 和 S_w 分别表示训练样本的类间散布矩阵和类内散布矩阵,由其定义^[7]可知, S_b 和 S_w 为非负定矩阵。

Fisher 鉴别准则函数定义如下:

$$F(\varphi) = \frac{\varphi^T S_b \varphi}{\varphi^T S_w \varphi} \quad (1)$$

收稿日期:2008-04-08

作者简介:郎利影(1974-),女,吉林珲春人,博士,副教授,从事人脸识别、超快技术在光电信息中的应用方面的教学与研究。

式中 φ 为 n 维向量。

使式(1)取到最大值的向量 φ^* 是 Fisher 最佳鉴别方向,其物理意义是模式样本集在 φ^* 方向上的投影使得模式具有最小的类内散布和最大的类间散布。通过线性代数理论,我们知道 φ^* 就是满足如下等式的解:

$$S_b \varphi_i = \lambda S_w \varphi_i \quad (2)$$

也就是对应于矩阵 $S_w^{-1} S_b$ 较大的特征值 λ_i 的特征向量,该矩阵最多有 $c - 1$ 个非零特征值。

2 M-FDA 方法

Fisher 人脸识别方法仅适用于类内散布矩阵非奇异(可逆)的情形,但实际应用中存在着大量的典型的小样本问题,比如在人脸图像识别问题中,类内散布矩阵经常是奇异的。这是因为待识别的图像矢量的维数一般较高,而在实际问题中难以找到或根本不可能找到足够多的训练样本来保证类内散布矩阵的可逆性,这时 Fisher 算法不一定具有最佳鉴别性能。因此在小样本情况下,如何抽取 Fisher 最优鉴别特征就成了一个公认的难题。小样本指的是样本的数目相对于样本的维数小,用 r 表示它们的比值。通常认为,当每一类的训练样本的数目 N 至少是样本维数 d 的 10 倍($r = N/d = 10$)才能取得较好的识别能力。近几年来关于小样本情况下线性鉴别分析方法的研究激起了人们的广泛兴趣。相继提出不少解决该类问题的方法。概括起来解决这个问题有两个方法:①直接增加样本数目,如向训练集中增加各图像的镜像,使训练样本数目加倍,但训练样本增多的一个缺点是,它导致了存储和计算(包括训练和测试)开销的增加;②不改变样本数目,而是降低样本的维数。第 1 种方法使 r 从 N/d 提高为 $r' = 2N/d$;第 2 种方法使 r 从 N/d 增加为 $r' = 2N/d = 2r$ 。显然,第 2 种方法不但没有增加存储和计算成本,甚至使之降低。本文方法属于第 2 种。

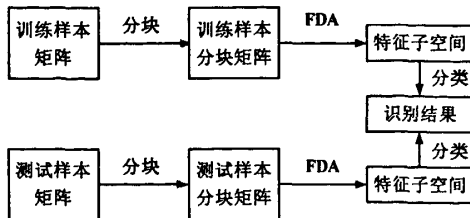


图 1 人脸识别流程

Fig. 1 Face recognition process

本文提出的人脸识别方法涉及到图像矩阵分块、特征提取和判决准则 3 个环节,工作流程如图 1 所示。

图像分块就是把一个 $m \times n$ 的图像矩阵 A 分成 $p \times q$ 的图像分块矩阵。即

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1q} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2q} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ A_{p1} & A_{p2} & \cdots & A_{pq} \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中,每个子图像 A_{ij} 是 $m_i \times n_i$ 矩阵, $pm_i = m$, $qn_i = n$ 。需要指出的是,在进行矩阵分块时,必须使子图像的大小($m_i \times n_i$)与原始图像划分的块数满足 $m_i n_i \leq Npq$ ($N = \sum_{i=1}^c n_i$ 为训练样本总数),才可缓解小样本问题。

把所有训练图像样本的子图像看作训练样本图像向量,再对之施行 Fisher 算法,训练样本图像 A_{ij} 的 $p \times q$ 分块矩阵表示为

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} (\xi_{ij})_{11} & (\xi_{ij})_{12} & \cdots & (\xi_{ij})_{1q} \\ (\xi_{ij})_{21} & (\xi_{ij})_{22} & \cdots & (\xi_{ij})_{2q} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ (\xi_{ij})_{p1} & (\xi_{ij})_{p2} & \cdots & (\xi_{ij})_{pq} \end{bmatrix} \quad (4)$$

与以往的算法不同的是, M-Fisher 方法所求的类内散布矩阵和类间散布矩阵都是相对于每一个训练图像样本的,也就是每个训练图像样本都有 $N = p \times q$ 个类,即每个训练图像样本都有各自的类内散布矩阵和类间散布矩阵。则训练样本图像 A_{ij} 的类间散布矩阵为

$$(S_b)_{ij} = \sum_{n=1}^N (p(\omega_n))_{ij} ((m_n)_{ij} - (m_0)_{ij}) ((m_n)_{ij} - (m_0)_{ij})^T \quad (5)$$

训练样本图像 A_{ij} 的类内散布矩阵为

$$(S_w)_{ij} = \sum_{n=1}^N (p(\omega_n))_{ij} E \{ (x - (m_n)_{ij}) (x - (m_n)_{ij})^T / \omega_n \} \quad (6)$$

其中, $(p(\omega_n))_{ij}$ 为 A_{ij} 的第 n 类训练样本图像矩阵的先验概率, $(m_n)_{ij} = E(X/\omega_n)$ 为 A_{ij} 的第 n 类训练样本图像矩阵的均值向量, $(m_0)_{ij} = E(X) = \sum_{n=1}^N (p(\omega_n))_{ij} (m_n)_{ij}$ 为 A_{ij} 的总体训练样本图像矩阵的均值向量。

之后的任务与 FDA 算法类似,就是找出 $S_w^{-1} S_b$ 的前 r 个最大特征值所对应的特征向量 $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_r$, M-FDA 方法的另一个创新点就是把训练样本 A_{ij} 分别投影到这 r 个特性向量上,设定

一个决策阈值 b_0 , 训练样本 A_{ij} 在 φ_i 上的投影为 $G(x) = \varphi_i^T x (i = 1, 2, \dots, r)$, 其决策函数为 $F(x) = \text{sign}(G(x) - b_0)$, 根据决策规则 $G(x) \geq b_0 \rightarrow x \in \begin{cases} \omega_1 \\ \omega_2 \end{cases}$ 就可以使样本 A_{ij} 分成两个矩阵, 以此类推, A_{ij} 可分成 $m = 2 \times r$ 个矩阵。分别求出这些 m 个矩阵的平均向量 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$, 再对测试样本 B 进行以上的特征抽取过程, 求出测试样本的最后 m 个平均向量 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ 。

利用最小距离分类器进行分类, 计算 $d_i = \|\alpha_i - \beta_i\|, (i = 1, 2, \dots, r)$ 如果 $d = \min(d_i) \leq d_0$, 则 A_{ij} 和 B 为同一人, 其中 d_0 为最小距离分类器的阈值。

3 结果与讨论

3.1 实验 1

为验证本文所提出的基于图像分块的 FDA 方法的人脸识别方案的可行性, 在 ORL 人脸数据库上进行了相关的实验, 该库中包括 40 个不同的人, 每人 10 幅图像, 共 400 幅。每幅原始图像为 256 个灰度级, 分辨率为 112×92 。ORL 人脸图像是在光照条件受到很好控制的情况下, 在不同时间、不同视角、各种表情(闭眼/睁眼、微笑/吃惊/生气/愤怒/高兴)和不同脸部细节(戴眼镜/没戴眼镜、有胡子/没胡子、不同发型)的条件下拍摄的。M-FDA 方法以每人的第一幅图像作为训练样本, 其他九幅作为测试样本, 这样大大减少了库的样本容量, 把每幅图像分成均匀的四部分; 而经典的 FDA 方法分别以每人 2, 3, 4 和 5 个图像作为训练样本, 以 8, 7, 6 和 5 个图像作为测试样本。两种方法进行比对。一组典型的 ORL 人脸图像样本如图 2 所示。



图2 ORL人脸库中的10幅图像
Fig. 2 Ten images in ORL face database

表 1 给出了经典的 FDA 方法和 M-FDA 方法

的测试结果。

表 1 实验结果比较

Tab. 1 Comparison between experimental results

方 法	实验结果				
	NT	NTE	NTI	NTT	IR
FDA	2	8	245	320	76.56%
	3	7	219	280	78.21%
	4	6	192	240	80%
	5	5	164	200	82%
M-FDA	1	9	327	360	90.83%

注: NT - 每个类的训练样本个数; NTE - 每个类的测试样本的个数; NTI - 正确识别总数; NTT - 测试样本总数; IR - 识别率。

由表 1 可以看出, M-FDA 方法的识别率明显高于经典的 FDA 方法, 且 M-FDA 方法的库存量远比经典的 FDA 方法小。

3.2 实验 2

考察分块后的子图像的优先级别, 对于旋转角度较大的图像, 如果我们将去掉变形最大的子图像, 可以获得更精确的识别率, 图 3 是 ORL 人脸库中某人的两幅图像。



图3 ORL人脸库中某人的两幅图像
Fig. 3 Two images of one person in ORL face database

由图 3 可以看出, 相对于右图的正脸, 左图额头部分变形较大, 实验表明, 去掉额头的部分, 就可以得到正确的识别结果。由此可知, 对于变形较大的图像, 我们可以进行区域选择来提高识别率。但是, 如何用计算机来判断哪个子图像变形较大, 还需要进一步的研究。

4 结束语

本文提出了一种基于图像分块的 FDA 人脸识别方法, 该方法对光照变化较大的图像识别效果较好, 具有较好的鲁棒性。并且, 该方法使得样本容量也降低到最小, 为实现用户规模庞大的人脸

识别的门禁考勤系统提供了基础。不过,在实验中发现,本文所提方法在速度上还需要提高。在识别率不降低的前提下,如何寻找速度提高的方法还需进一步研究。

参考文献:

- [1] TURK M, PENTLAND A. Eigenfaces for recognition [J]. *Cognitive Neuroscience*, 1991, 3(1):71-86.
- [2] JIAN YANG, JING YU YANG. Uncorrelated image projection discriminant analysis and face recognition[J]. *Journal of Computer Research and Development*, 2003, 40(3): 447-451.
- [3] 韩争胜,李映,张艳宁.基于LDA算法的人脸识别方法的研究[J].*微电子学与计算机*, 2005, 7(22):131-138.
- [4] KIRBY M, SIROVICH L. Application of the KL procedure for the characterization of human faces [J]. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1990, 12(1):

103-108.

- [5] 金忠,胡钟山,杨静宇.基于BP神经网络的人脸识别方法[J].*计算机研究与发展*, 1999, 36(3): 47-50.
- [6] 陈伏兵,张生亮,高秀梅,等.小样本情况下Fisher线性鉴别分析的理论及其验证[J].*中国图象图形学报*, 2005, 10(8):1767-1770.
- [7] KAUFMAN G J, BREEDING K J. The automatic recognition of human faces from profile silhouettes [J]. *IEEE Transaction on Syst, Man and Cybern.*, 1976, 1(6): 113-121.
- [8] JEFFERY R P, TIMOTHY F G. Face recognition using direct, weighted linear discriminant analysis and modular subspaces [J]. *Pattern Recognition*, 2005, 4(38): 209-219.
- [9] 边肇祺,张学工.模式识别[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [10] LING CHEN, HONG MAN, ARAV NEFIAN. Face recognition based on multi-class mapping of Fisher scores [J]. *Pattern Recognition*, 2005, 4(38): 799-811.

(责任编辑 闫纯有)

(上接第69页)

参考文献:

- [1] 孙晨光,高丽君,宋黑,等.膨润土在污水处理中的应用研究与展望[J].*河北建筑科技学院学报*, 2005, 22(3):17-20.
- [2] 李为兵,金雪中.处理低温低浊水的混凝剂优选[J].*中国给水排水*, 2006, 22(13):49-52.
- [3] 赵立志,杜国勇,冯英,等.水处理中的无机混凝剂与有机混凝剂的协同作用[J].*化工时刊*, 2005, 19(1):21-22.
- [4] 王大志,柳秉洁,杨玉亭,等.混凝剂与助凝剂的合理

使用[M].北京:中国建筑工业出版社,1993,27(5):129-136.

- [5] 郝火凡,王亚娥.混凝法去除水中有机物浊度的试验研究[J].*兰州铁道学院学报*, 2003, 22(4):16-18.
- [6] 许吉现,胡卜元,武斌,等.高浊度污水快速净化新技术[J].*环境污染治理技术与设备*, 2006, 7(9):126-129.
- [7] 高大文,彭永臻,王淑莹,等.利用ORP和pH控制豆制品废水的处理过程[J].*哈尔滨工业大学学报*, 2003, 35(6):647-650.

(责任编辑 闫纯有)

(上接第80页)


- [6] 河北省人民政府.河北经济年鉴2006[M].北京:中国统计出版社,2006.
- [7] 王振铭.热电联产要为节能降耗做出更大贡献[R].北京:电力产业峰会,2007.
- [8] 《中国电力年鉴》编委会.中国电力年鉴2006[M].北京:中国电力出版社,2006.
- [9] 中国可再生能源学会风能专业委员会(中国风能协会).中国风电产业现状及发展[EB/OL].<http://www.china5e.com/conference/imgdata/200608/1154498898.pdf>. 2006.
- [10] 国家发改委.煤层气(煤矿瓦斯)开发利用“十一五”规

划[R].北京:国家发改委,2005.

- [11] 国家发改委.河北省晋州秸秆发电项目设计文件[R].北京:国家清洁生产机制审核理事会,2006.
- [12] 时景丽,王众颖,胡润青,等.我国垃圾填埋场填埋气体排放和回收利用现状分析[J].*中国能源*, 2002, (8):26-28.
- [13] 孟宝峰.我国城市垃圾资源化处理技术的现状与发展趋势(续)[J].*再生资源研究*, 2003, (6):28-30.
- [14] 胡秀莲,姜克隽,崔成.城市生活垃圾焚烧发电CDM项目案例分析[J].*能源与环境*, 2002, (7):21-27.

(责任编辑 闫纯有)

基于图像分块的FDA人脸识别方法

作者: [郎利影](#), [洪玥](#), [汤志伟](#), [LANG Li-ying](#), [HONG Yue](#), [TANG Zhi-wei](#)
作者单位: [河北工程大学, 信电学院, 河北, 邯郸, 056038](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2008, 25 (3)

参考文献(10条)

1. TURK M;PENTLAND A [Eigenfaces for recognition](#)[外文期刊] 1991(01)
2. JIAN YANG;JING YU YANG [Uncorrelated image projection discriminant analysis and face recognition](#)[期刊论文]-[Journal of Computer Research and Development](#) 2003(03)
3. 韩争胜;李映;张艳宁 [基于LDA算法的人脸识别方法的研究](#)[期刊论文]-[微电子学与计算机](#) 2005(07)
4. KIRBY M;SIROVICH L [Application of the KL procedure for the characterization of human faces](#)[外文期刊] 1990(01)
5. 金忠;胡钟山;杨静宇 [基于BP神经网络的人脸识别方法](#)[期刊论文]-[计算机研究与发展](#) 1999(03)
6. 陈伏兵;张生亮;高秀梅 [小样本情况下Fisher线性鉴别分析的理论及其验证](#)[期刊论文]-[中国图象图形学报](#) 2005(08)
7. KAUFMAN G J;BREEDING K J [The automatic recognition of human faces from profile silhouettes](#) 1976(06)
8. JEFFERY R P;TIMOTHY F G [Face recognition using direct,weighted linear discriminant analysis and modular subspaces](#)[外文期刊] 2005(38)
9. 边肇祺;张学工 [模式识别](#) 2000
10. LING CHEN;HONG MAN;ARAV NEFIAN [Face recognition based on multi-class mapping of Fisher scores](#)[外文期刊] 2005(38)

本文读者也读过(10条)

1. [马小松](#). [王朔中](#). [张新鹏](#) [一种基于图像分块特性的数字水印嵌入方法](#)[期刊论文]-[上海大学学报\(自然科学版\)](#) 2003, 9(1)
2. [李传目](#). [洪联系](#). [万春](#). [LI Chuan-mu](#). [HONG Lian-xi](#). [WAN Chun](#) [一种新的基于混沌序列的图像分块加密方法](#)[期刊论文]-[集美大学学报\(自然科学版\)](#) 2007, 12(4)
3. [邓莉](#). [李欧迅](#). [DENG Li](#). [Li Ou-xun](#) [一种基于模糊遗传算法的图像分块恢复方法](#)[期刊论文]-[桂林航天工业高等专科学校学报](#) 2009, 14(4)
4. [李红真](#). [杨朝](#). [刘恩海](#). [殷园](#). [LI Hong-zhen](#). [YANG Zhao](#). [LIU En-hai](#). [YIN Yuan](#) [P-tile与直方图FCM结合的路面图像分块分割](#)[期刊论文]-[计算机时代](#) 2010(8)
5. [冯颖凌](#). [王宏玉](#). [陈才扣](#). [王长波](#). [Feng Yingling](#). [Wang Hongyu](#). [Chen Caikou](#). [Wang Changbo](#) [加权图像分块人脸识别方法](#)[期刊论文]-[苏州大学学报\(工科版\)](#) 2010, 30(6)
6. [李俊山](#). [沈绪榜](#) [归一化积相关图像匹配算法中的图像分块并行处理方法](#)[期刊论文]-[小型微型计算机系统](#) 2004, 25(11)
7. [徐钢](#). [刘丹](#). [汪顺利](#). [卢湖州](#) [一种基于灰度评价的图像分块压缩算法](#)[期刊论文]-[大连理工大学学报](#) 2001, 41(3)
8. [张华](#). [曾琪明](#). [李小凡](#). [高亮](#). [刘贻华](#). [张树义](#). [ZHANG Hua](#). [ZENG Qi-ming](#). [LI Xiao-fan](#). [GAO Liang](#). [LIU Yi-hua](#). [ZHANG Shu-yi](#) [大图像分块法在InSAR处理中的应用探讨](#)[期刊论文]-[测绘通报](#) 2005(9)
9. [李传目](#). [洪联系](#). [万春](#). [LI Chuan-mu](#). [HONG Lian-xi](#). [WAN Chun](#) [基于混沌序列的图像分块加密方法](#)[期刊论文]-[计](#)

计算机技术与发展2007, 17(8)

10. 郭志强, 杨杰. GUO Zhi-qiang, YANG Jie 基于图像分块的二维投影特征提取能力研究[期刊论文]-计算机仿真 2010, 27(4)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200803024.aspx