

DOI:10.3969/j.issn.1673-4785.201301005

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/23.1538.TP.20131012.1814.003.html>

# 基于特征融合的人脸图像性别识别

李同宇, 李卫军, 覃鸿

(中国科学院半导体研究所 高速电路与人工神经网络实验室, 北京 100083)

**摘要:**在人脸图像的性别识别方法研究中,存在同一个人既参与训练又参与测试的情况,所得结论有一定的局限性.针对此问题,建立相互独立的测试集和训练集.传统性别识别模型,受相关参数影响较大,稳定性有待提高,为此,提出一种基于特征融合的人脸图像性别识别方法,采用主成分分析和正交化的线性判别分析相结合的方法表述图像的全局特征,突破传统线性判别分析二分类时秩的限制,采用均衡的局部二值模式方法表述图像的局部特征,将少量全局特征和局部特征相融合,形成人脸图像的性别特征.支持向量机用于实现性别特征的分类.实验结果表明,此方法在具有一定稳定性的同时,能获得较高的识别率.

**关键词:**人脸识别;性别识别;全局特征;局部特征;特征融合

**中图分类号:** TP181 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4785(2013)06-0505-07

**中文引用格式:** 李同宇, 李卫军, 覃鸿. 基于特征融合的人脸图像性别识别[J]. 智能系统学报, 2013, 8(6): 505-511.

**英文引用格式:** LI Tongyu, LI Weijun, QIN Hong. Facial image gender recognition method based on feature fusion[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2013, 8(6): 505-511.

## Facial image gender recognition method based on feature fusion

LI Tongyu, LI Weijun, QIN Hong

(Laboratory of High-speed Circuit &amp; Artificial Neural Network, Institute of Semiconductors, CAS, Beijing 100083, China)

**Abstract:** In the research on the facial images gender recognition method, there exist cases where a person attends both training and testing, therefore, the conclusions attained are restrictive. In order to solve this problem, a mutually independent testing set and training set have been established; the traditional gender recognition model is greatly affected by the relevant parameters and the stability needs to be increased, therefore, a novel gender recognition method utilizing facial images and based on feature fusion has been proposed. With this method, the analysis of the main components and the orthogonal linear distinguishing analysis are combined to describe the overall features of the facial image, the restriction of order in binary classification for traditional linear distinguishing analysis is broken through, a balanced local binary value pattern method is applied to describe the local features of the image, and some of the overall features and the local features are fused to form the gender features of the facial image. The support vector machine is used for the classification of gender characteristics. The experimental results demonstrate that the proposed method ensures both a high recognition rate and robustness.

**Keywords:** face recognition; gender recognition; overall feature; local feature; feature fusion

人脸是人类生物特征的重要组成部分,人脸图像分类是人脸研究的主要方向,基于人脸图像的性别识别是人脸图像分类的典型应用.随着人脸识别

技术的飞速发展,逐渐形成了人脸识别领域的经典人脸图像库,如 FERET 人脸库、ORL 人脸库和 CASPEAL 人脸库,这些人脸库都包含个人的多姿态、多光照的图像,属于多样本人脸数据库<sup>[1]</sup>.越来越多的关于性别识别的研究直接使用经典的人脸图像库,同一个人既参与训练,又参与测试,识别率不断提

收稿日期:2013-01-06. 网络出版日期:2013-10-12.

基金项目:国家自然科学基金重大研究计划资助项目(90920013).

通信作者:李卫军. E-mail: wjli@semi.ac.cn.

升,实验效果显著<sup>[2]</sup>.然而,现实生活环境复杂多变、人口众多、人脸特征多样性较为丰富,多样本图像参与训练时,对性别识别模型的泛化能力提出了较高要求.允许参与训练的人进行测试,所得识别率有一定的局限性;只有测试的人和训练的人相互独立,所得结论才更具有说服力.本文建立了训练集和测试集相互独立的人脸图像库.

基于人脸图像的性别识别研究方法主要从全局特征和局部特征两大方面进行分析.在全局特征提取方面,Golomb 等<sup>[3]</sup>提出了全相连的 2 层神经网络;Cottrell 和 Metcalfe<sup>[4]</sup>先对样本进行主成分分析(principal component analysis, PCA),然后训练反向传播(back propagation, BP)神经网络用于识别人脸的性别特征;Tamura 等<sup>[5]</sup>提出了 3 层的 BP 网络,对多重分辨率的人脸图像进行性别分类;Moghaddam 等<sup>[6]</sup>使用支持向量机(support vector machine, SVM)分类器的方法对人脸图像进行性别分类;Shakhnarovich 等<sup>[7]</sup>利用基于类 Haar 基特征的 AdaBoost 方法,建立了一个性别识别系统;Costen 等<sup>[8]</sup>为了提取重要的特征,使类间距离最大化,构建了稀疏矩阵 SVM 分类方法;Saatci 和 Town<sup>[9]</sup>提出了主动外观模型(active appearance model, AAM)提取的特征来训练 SVM 分类器;Brunelli 和 Poggio<sup>[10]</sup>通过输入特定的几何特征,训练了包含 2 个径向基函数(radial basis function, RBF)竞争网络的 HyperBF,实现性别分类.在局部特征方面,Edelman 等<sup>[11]</sup>用人脸的整体、人脸的上半部分和下半部分分别进行训练,采用了神经网络进行分类;吕宝粮等<sup>[12]</sup>将支持向量机的应用细化,利用模块化的方法提升支持向量机的分类效率;孙宁等<sup>[13]</sup>利用局部二元模式(local binary patterns, LBP)级联和 Boosting LBP 2 种方法实现了人脸性别的检测.以 PCA 算法为代表的全局特征方法在训练性别识别模型时,强烈依赖特征数据的维数<sup>[4]</sup>;以 LBP 为代表的局部特征方法又对划分区域的数量十分敏感<sup>[13]</sup>.本文提出全局特征与局部纹理特征相结合的性别特征提取方法,能够很好地解决上述问题.

## 1 人脸库的建立

文中人脸图像库由 1 400 个人的正面人脸图像构成,男女比例为 1 : 1.定位人眼并确定双眼连线中间位置,以该点为中心,对人眼间距进行水平、等距处理,通过旋转、缩放和剪切操作将人脸图像归一化到 46×46 像素大小,随机抽取 600 张男性人脸图像和 600 张女性人脸图像作为训练库,剩余 100 张男

性人脸图像和 100 张女性人脸图像组成测试库.

该人脸图像库中,每人只有一张人脸图像被选入,保证了参与过训练的人一定不能参与测试,训练库和测试库相互独立,使所得识别率具有更强的说服力、泛化能力和鲁棒性,更加贴近现实生活.

## 2 性别特征提取

性别特征提取的目的是更多地提取性别信息,尽量减少其他信息.全局特征和局部纹理特征相结合使得性别特征的描述更加全面.

### 2.1 全局特征提取

PCA 提取了能够反映图像间差异的一部分特征向量,使得图像数据维数降低,同时保持了图像空间特征的完整性,能够对图像进行特征重建,PCA 是图像全局特征的反映,结合正交化的线性判别分析方法,可以增加全局特征类别区分度.

#### 2.1.1 PCA 原理

将图像用一维向量表示,人脸图像的训练集则可以表示为 $\{X_i | i = 1, 2, \dots, M\}$ ,  $M$  为人脸图像的数量<sup>[14]</sup>.求取平均脸向量  $u$ :

$$u = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_i.$$

计算图像数据的协方差矩阵:

$$\Gamma = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (X_i - u)(X_i - u)^T.$$

协方差矩阵  $\Gamma$  经过奇异值分解后得到图像的特征值和特征向量.前  $N$  个最大特征值对应的特征向量组成的投影空间为 $\{E_k | k = 1, 2, \dots, N\}$ .将  $M$  幅人脸图像向该投影空间投影,通过人脸矩阵重建,就可以得到  $N$  个特征脸图像.图 1 为本文训练库所生成的前 10 个特征脸图像.

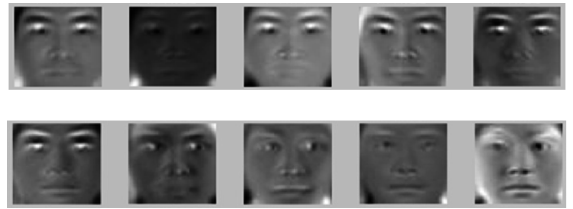


图 1 特征脸

Fig.1 Eigenfaces

对 PCA 算法进行改进得到的 2DPCA 算法和 2D2PCA 算法<sup>[15]</sup>,也具有严密的数学推理依据,但实验证明,对于性别识别而言,2DPCA 和 2D2PCA 的实验效果劣于 PCA.根据特征脸进行人脸图像的重建过程,使得 PCA 不仅具有严密的数学推理依据,还得到了图像重建的验证.

特征脸图像的获取有效地减少了图像信息的冗

余,选取前  $N$  个特征向量,通过对图像进行特征空间投影,即可实现图像数据的降维。

2.1.2 正交化的线性判别分析

在  $M$  幅人脸图像组成的训练集中,有  $C$  个类别,每个类别有  $N_c$  幅图像。 $m_c$  为第  $c$  类样本的均值,  $m$  为所有样本的均值。则类内散布矩阵  $S_w$ 、类间散布矩阵  $S_b$  和总体离散矩阵  $S_t$  分别为

$$S_w = \frac{1}{M} \sum_{c=1}^C \sum_{i=1}^{N_c} (x_i - m_c)(x_i - m_c)^T, \quad (1)$$

$$S_b = \frac{1}{M} \sum_{c=1}^C N_c (m_c - m)(m_c - m)^T, \quad (2)$$

$$S_t = S_w + S_b. \quad (3)$$

传统 LDA<sup>[14]</sup> 寻找线性变换矩阵  $G \in \mathbf{R}^{m \times l}$ ,使得降维后的  $l$  维空间中类间离散度与类内离散度之比最大,需要求解如下优化问题:

$$G = \operatorname{argmax} \operatorname{tr}((G^T S_w G)^{-1} G^T S_b G). \quad (4)$$

式(4)必须满足条件  $G^T S_w G = I_l$ ,当  $S_w$  可逆时,上述优化问题即为

$$S_w^{-1} S_b w_l = \lambda w_l.$$

$w_l$  是矩阵  $S_w^{-1} S_b$  的特征向量,取前  $l$  个特征值组成降维空间  $L$ ,但是  $S_b$  的秩最多为  $C-1$ ,所以  $l$  最大为  $C-1$ ,即传统 LDA 的降维在处理二分类问题时,最多降维到一维。因此,传统 LDA 不适用于性别识别研究。为了突破传统 LDA 的类别限制,引入正交化的 LDA,即 OLDA<sup>[16]</sup>。OLDA 是基于  $S_t$  的列空间的降维方法,通过寻找相互正交的最优鉴别矢量,最优准则遵循:

$$G = \operatorname{argmax} \operatorname{tr}((G^T S_t G)^+ G^T S_b G).$$

式中:  $(G^T S_t G)^+$  是  $G^T S_t G$  的伪逆矩阵,满足条件  $G^T G = I_l$ ,这样就打破了  $S_b$  矩阵秩的限制。最优化问题不再受到类别限制。由式(1)、(2)和(3)可知,  $S_t$  可以表示为

$$S_t = H_i H_i^T.$$

计算变换矩阵  $W$ ,使  $W^T S_t W = I$ 。对  $H_i$  进行奇异值分解:  $H_i = U_1 \sum_i V^T$ 。令  $W = U_1 \sum_i^{-1}$ ,则由  $W$  变换后的离散矩阵  $S_i^*$  和  $S_b^*$  可以表示为:

$$S_i^* = W^T S_t W = W^T H_i H_i^T W = \sum_i^{-1} U_1^T U_1 \sum_i V^T V \sum_i U_1^T U_1 \sum_i^{-1} = I, \\ S_b^* = W^T S_b W.$$

计算由  $S_b^*$  非零特征值所对应的特征矢量作为列矢量所构成的矩阵  $L$ ,令  $WL = U_1$ ,  $\sum_i^{-1} L = QR$ ,则  $G = Q$ ,即得到 OLDA 的最优解。将 PCA 方法降维后的图像数据进一步降到一维。

2.2 局部特征提取

均衡的局部二值模式方法是在传统局部二值模式方法的基础上进行改进的图像局部纹理特征描述方法。传统 LBP<sup>[17]</sup> 利用当前像素点阈值化  $3 \times 3$  窗口中相邻的 8 个像素值,将邻域像素标注为 0 或 1,按照一定顺序串联成二进制编码,二进制码所表示的值就是当前像素的 LBP 值。将图像进行分块,对每个块的 LBP 值进行直方图统计,所得的级联直方图序列即为图像纹理特征,也称局部特征。

经过发展,LBP 邻域的选取有 2 种方式:规定半径内的像素点和紧邻当前点的像素点。在实际应用中,人脸图像经过截取后一般较小,半径内的像素点选取方式会增大编码窗口的范围,所以本文选用紧邻当前像素点  $p$  的 8 个像素 ( $A, B, C, D, E, F, G, H$ ) 作为阈值化目标,图 2 为 LBP 编码过程,二进制编码排序为  $ABCDEFGH$ 。其中,边界像素的邻域像素点少于 8 个,为了不添加任何影响图像分类的信息,LBP 编码的过程中,将会删除边界像素信息,其余像素遍历  $3 \times 3$  窗口进行编码。

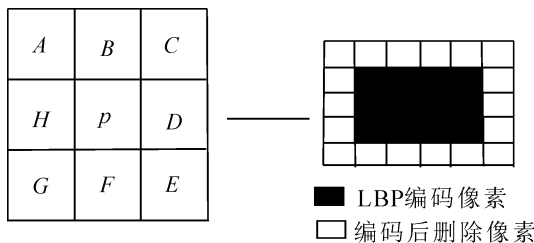


图 2 LBP 编码过程

Fig.2 Encoding process of LBP

二进制编码数据为 8 位,理论上 LBP 有  $2^8$  个值,这增加了直方图序列的长度。均衡的 LBP 模式(也称 ULBP)<sup>[18]</sup> 可以很好地解决这一问题,二进制编码从  $0 \rightarrow 1$  或从  $1 \rightarrow 0$  的位变换不超过 2 次时称作均衡编码。所有的 8 位二进制数中共有 58 个均衡编码,这 58 个均衡编码涵盖了大多数的 LBP 值,其余不是均衡编码的 LBP 值归为一类。每个图像块的 LBP 直方图序列的长度都控制在 59 维。

将 LBP 编码后的图像分成  $p$  个小块,对每个小块进行直方图统计,用直方图序列  $h_p$  表示  $p$  小块图像的纹理特征。将  $p$  个块的直方图序列级联起来,形成一个级联的直方图序列向量:

$$h = [h_1 \quad h_2 \quad \dots \quad h_p].$$

整幅图像的局部特征  $h$  共有  $59 \times p$  维。

全局特征和局部特征级联形成性别特征,性别特征维数为  $59 \times p + l$  维。这种融合特征维数低、识别率高、稳定性强,对特征数据数量的变化和局部分块的数量敏感度降低。

### 3 支持向量机分类器

分类器是性别识别模型的重要组成部分,最邻近值分类器和  $K$  临近值分类器对已知分界面要求较高,如果一张图像或者  $K$  张图像类别标记错误,对于属于二分类的性别识别问题,有可能造成整个模型的失效.本文选用 SVM<sup>[19]</sup> 作为性别识别模型的分类型器,SVM 基于统计理论寻找最优分类面.

性别识别中,只有男和女 2 个类别,类别属性为  $\{1, -1\}$ ,假定性别特征直接线性可分,则存在

$$f(x) = ax_i + b \geq 1.$$

式中:  $x_i$  为训练的人脸图像性别特征数据.当  $ax_i + b \geq 1$  时,  $x_i$  属于男性;当  $ax_i + b \leq -1$  时,  $x_i$  属于女性.

为减少分类面的重复,  $(a, b)$  遵循约束:

$$\min_{i=1,2,\dots,M} |ax_i + b| = 1.$$

点  $x$  到最优分类面的距离为

$$d(x, a, b) = \frac{|ax_i + b|}{a} \geq \frac{1}{a}.$$

2 个类别的间隔为  $2/\|a\|$  时,分类间隔最大,即  $\|a\|^2$  最小,所以使  $\|a\|^2/2$  最小的分类面即是最佳分类面.

但训练库的人脸性别特征不明显时,经验风险不能保证为零,可以引入松弛因子  $\xi$ ,线性分类面可以描述为

$$f_i(ax_i + b) \geq 1 - \xi.$$

当  $0 \leq \xi \leq 1$  时,样本分类正确;  $\xi > 1$  时,样本被错分.使式(5)获得最优分类面:

$$\frac{1}{2} \|a\|^2 + \forall \sum_{i=1}^M \xi. \tag{5}$$

式中:  $\forall$  是惩罚因子,为正常数.

定义 Lagrange 函数:

$$L(a, b, q) = \frac{1}{2} a^2 + \forall \sum_{i=1}^M \xi - \sum_{i=1}^M q_i [f_i(ax_i + b - 1)]. \tag{6}$$

式中:  $q_i$  为 Lagrange 算子,为非负数.对式(6)分别进行参数求导,得:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial a} = 0 \geq a = \sum_{i=1}^M q_i f_i x_i, \\ \frac{\partial L}{\partial b} = 0 \geq \sum_{i=1}^M q_i f_i = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0 \geq q_i [f_i(a \cdot x_i + b - 1)] = 0. \end{cases} \tag{7}$$

将式(7)所示的最优分类面的求解问题转化为凸二次规划问题:

$$\max \sum_{i=1}^M q_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M q_i q_j f_i f_j (x_i x_j).$$

式中:  $\sum_{i=1}^M q_i f_i = 0, 0 \leq q_i \leq \forall$ .二次函数存在惟一最优解,设  $q_i^*$  为最优解,可得:

$$a^* = \sum_{i=1}^M q_i^* f_i x_i.$$

当  $q_i^*$  非零时,即为支持向量.根据式(7),可以求出分类阈值  $b^*$ ,进而得到最优分类面函数为

$$f(x, q) = \text{sgn} \left\{ \sum_{i=1}^n q_i^* f_i(x_i * x) + b^* \right\}.$$

实验证明,性别特征线性不可分,将现有的性别特征引入高维空间,使之线性可分.寻找最优分类面只使用空间点积运算,可以引入核函数  $K(x_i, x_j) = \varphi(x_i)\varphi(x_j)$ ,此时凸二次规划问题变为

$$\max \sum_{i=1}^M q_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M q_i q_j f_i f_j K(x_i x_j).$$

最优分类面函数变为

$$f(x, q) = \text{sgn} \left\{ \sum_{i=1}^n q_i^* f_i K(x_i * x) + b^* \right\}.$$

SVM 常用的核函数有:线性核函数(linear)、多项式核函数(polynomial)、径向基核函数(RBF)和多层感知机核函数(MLP).而核函数的选择目前还缺乏指导原则,经过实验分析,多项式核函数偏向男性识别,径向基核函数偏向女性识别,多层感知机核函数的识别率不稳定,只有线性核函数能够较好地完成本文所述性别识别分类任务,因此,选用基于线性核函数的 SVM 作为分类器

### 4 本文算法实现过程

图 3 为本文算法流程图示意图,步骤如下:

- 1) 1 200 张训练图像利用特征脸方法训练特征空间,前  $N$  个最大特征值对应的特征向量构成特征子空间  $E_k$ ,将 1 200 张图像数据投影到 PCA 投影空间(特征子空间),获得第 1 次特征提取数据;
- 2) 对第 1 次特征提取的数据进行 OLDA 运算,前  $L$  个最大特征值对应的特征向量构成 OLDA 投影空间(特征子空间  $L$ ),将第 1 次特征提取数据投影到特征子空间  $L$ ,获得全局特征;
- 3) 对训练图像进行 ULBP 运算,获得局部特征,并将全局特征与其级联,获得图像性别特征;
- 4) 1 200 张训练集图片可以得到 1 200 个图像性别特征数据,用基于线性核函数的支持向量机训练图像性别特征,得到高维空间分类面;
- 5) 测试集的 200 张人脸图像先向特征子空间  $E_k$  投影,再向特征子空间  $L$  投影,得到测试集的全局特征;
- 6) 对测试图像进行 ULBP 运算,获得测试图像

的局部特征,并将测试图像的全局特征与其级联,获得各测试图像的性别特征;

7)用4)中获得的高维空间分类面判断测试图像的性别属性.

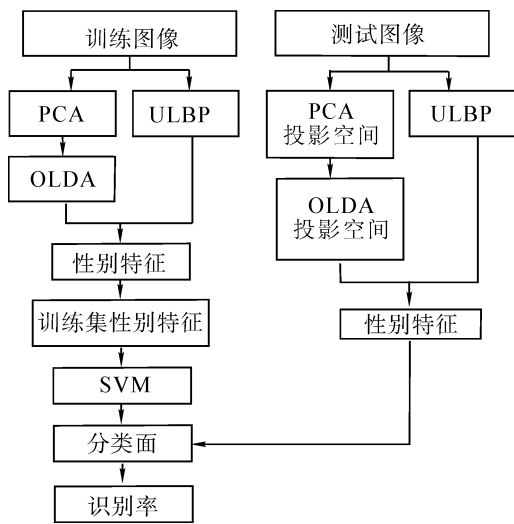
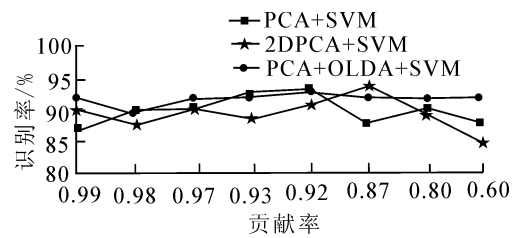


图 3 本文算法流程

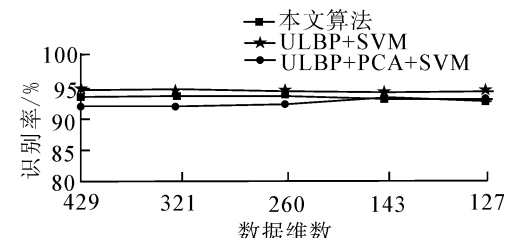
Fig.3 Flow chart of our algorithm

### 5 实验结果及分析

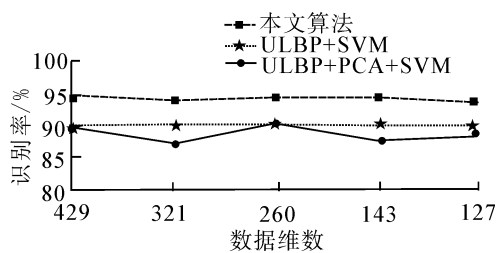
在本文所建的人脸图像库中,46×46 像素大小的图像经过 ULBP 编码后变为 44×44 像素大小,可以将编码后的图像分为 16 个块进行直方图统计,即每个块大小为 11×11 像素;或者将图像分为 121 个块进行直方图统计,即每个块大小为 4×4 像素. PCA 算法对所得特征值按照由大到小的顺序进行排序,提取的前 N 个特征值之和占总特征值的百分比,称为贡献率<sup>[20]</sup>.根据不同的贡献率反馈提取特征值的多少,OLDA 算法则用提取的数据维数进行量化,如图 4 所示.



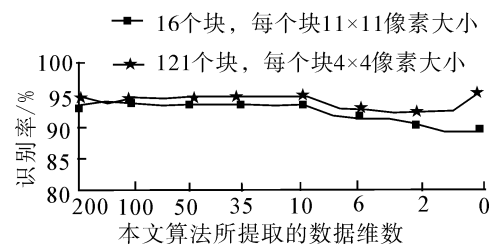
(a)PCA、2DPCA 和 PCA+OLDA 的识别率



(b)121 个块时 PCA 算法的识别率



(c)16 个块时 PCA 算法的识别率



(d)本文算法的识别率

图 4 识别率

Fig.4 Recognition rate

图 4(a) 是不同贡献率条件下,PCA、2DPCA 和 PCA+OLDA 的性别识别率.其中,PCA+OLDA 方法是本文提出的全局性别特征提取方法,其贡献率指 PCA 的贡献率,OLDA 的特征数据为 39 维;PCA 的数据维数为 429~43;2DPCA 的数据维数为 414~49. PCA 和 2DPCA 在贡献率下降时,识别率波动较大.而对于大小不同、光照不同的图像,贡献率很难统一控制,所以,对贡献率较为敏感的方法鲁棒性较差.本文提出的全局特征在不同贡献率条件下,表现较为平稳、数据维数低、识别率维持在 93%左右,而且总体高于 PCA 和 2DPCA 的识别率.

图 4(b)和(c)是把图像分为 121 个块和 16 个块时,ULBP、ULBP+PCA 和本文算法的性别识别率. ULBP 的特征即为局部特征,其维数分别为 7 139 维和 944 维;ULBP+PCA 特征即为局部特征经过 PCA 降维后所得特征,其维数为 429~127;OLDA 算法数据维数为 39 维,即本文算法的数据维数分别为 7 178~983 维.图 4(b)中局部特征和本文算法的识别率都在 95%左右;局部特征经过 PCA 降维后,其识别率维持在 93%左右,说明局部特征进行数据降维后,识别率下降.图 4(c)中局部特征与其经过 PCA 降维后所得特征受分块影响较大,识别率下降 5%,可以说明这 2 种方法过于依赖图像所分的块大小,而本文方法对图像所分块大小不敏感.图 4(d)是本文方法在 PCA 的数据维数一定时,不同 OLDA 特征提取维数在 2 种分块条件下的识别率.PCA 的数据维数为 429 维,OLDA 算法提取的特征维数在 200~0.本文方法在 100~10 维,表现相当稳定.OL-

DA 的数据参数设定在一定范围内对性别识别的结果影响较小。在 16 个块大小和 121 个块大小的条件下,本文算法的识别率分别维持在 94%左右和 95%左右。只在全局特征数据的基础上,增加 10~20 维数据,即可实现较高的识别率,验证了本文提出的特征融合的有效性。

本文算法涉及的可调参数分别为图像分块大小、PCA 特征提取数据维数和 OLDA 特征提取数据维数,图 4 表明这些可调参数在相当大的调试范围内对本文算法的识别率均影响较小,表现了该方法具有较强的稳定性。

## 6 结束语

本文以单样本人脸图像研究为起点,建立了相互独立的训练库和测试库,改进了 LDA 算法,使之能够应用于二分类问题,打破了传统 LDA 存在的秩问题。提出 PCA+OLDA 的全局特征提取方法,使得图像特征中性别信息比重增加;采用图像全局特征和局部特征融合的方式,获得图像的性别特征,使得性别特征的描述更加全面。实验证明,本文方法对各种可调参数具有鲁棒性,从一定程度上削弱了参数多变给性别识别带来的影响。人脸图像易于采集,且易被人接受,训练样本数量增加,使得性别识别模型的训练更加充分可靠,实用性明显增强。

## 参考文献:

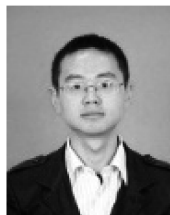
- [1] GAO W, CHAO B, SHAN S, et al. The CAS-PEAL large-scale Chinese face database and baseline evaluations [J]. *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics, Part A: Systems and Human*, 2008, 38(1): 149-161.
- [2] XIA Bin, SUN He, LÜ Baoliang. Multiview gender classification based on local Gabor binary mapping pattern and support vector machines [C]//*International Joint Conference on Neural Networks*. Hong Kong, China, 2008: 3388-3395.
- [3] GOLOMB B A, LAWRENCE D T, SEJNOWSKI T J. SEXNET: a neural network identifies sex from human face [C]//*Advances in Neural Information Processing Systems*. [S.l.], USA, 1991: 572-577.
- [4] COTTRELL G W, METCALFE J. EMPATH: face, emotion and gender recognition using holons [C]//*Advances in Neural Information Processing Systems*. [S.l.], USA, 1991: 564-771.
- [5] TAMURA S H, MITSUMOTO K H. Male/female identification from 8×6 very low resolution face images by neural network [J]. *Pattern Recognition*, 1996, 29(2): 331-335.
- [6] MOGHADDAM B, YANG M H. Gender classification with support vector Machines [J]. *IEEE Trans on Pattern Analy-*
- [7] SHAKHNAROVICH G, VIOLA P, MOGHADDAM B. A unified learning framework for real time face detection and classification [C]//*IEEE Conf on Automatic Face and Gesture Recognition*. Washington, DC, USA, 2002: 14-21.
- [8] COSTEN N P, BROWN M, AKAMATSU S. Sparse models for gender classification [C]//*IEEE Conf on Automatic Face and Gesture Recognition*. Seoul, Korea, 2004: 201-206.
- [9] SAATCI Y, TOWN C. Cascaded classification of gender and facial expression using active appearance models [C]//*IEEE Conf on Automatic Face and Gesture Recognition*. Southampton, UK, 2006: 393-398.
- [10] BRUNELLI R, POGGIO T. HyperBF networks for gender classification [C]//*Defense Advanced Research Projects Agency Image Understanding Workshop*. San Diego, USA, 1992: 311-314.
- [11] EDELMAN B, VALENTIN D, ABDI H. Sex classification of face areas: how well can a linear neural network predict human performance [J]. *Journal of Biological System*, 1998, 6(3): 241-264.
- [12] 文益民, 吕宝粮. 最小最大模块化支持向量机改进研究 [J]. *计算机工程与应用*, 2005, 41(19): 185-188.  
WEN Yimin, LÜ Baoliang. Improvement research of min-max modular support vector machine [J]. *Journal of Computer Engineering and Applications*, 2005, 41(19): 185-188.
- [13] 孙宁, 冀贞海, 邹采荣, 等. 基于局部二元模式算子的人脸性别分类方法 [J]. *华中科技大学学报: 自然科学版*, 2007, 35(z1): 177-181.  
SUN Ning, JI Zhenhai, ZOU Cairong, et al. Gender classification based on local binary pattern [J]. *Journal of Huazhong University of Science and Technology*, 2007, 35(z1): 177-181.
- [14] ÖZBUDAK O, KIRCI M, ÇAKIR Y, et al. Effects of the facial and racial features on gender classification [C]//*IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference*. Valetta, Malta, 2010: 26-29.
- [15] YANG T, KECMAN V. Face recognition with adaptive local hyperplane algorithm [J]. *Pattern Anal Applic*, 2010, 13(1): 79-83.
- [16] YE J. Characterization of a family of algorithms for generalized discriminant analysis on undersampled problems [J]. *Journal of Machine Learning Research*, 2005, 6(4): 483-502.
- [17] OJALA T, PIETIKAINEN M, MAENPAA T. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary pattern [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2002, 24(7): 971-986.
- [18] WANG Yu, MU Zhichun, ZENG Hui. Block-based and

multi-resolution methods for ear recognition using wavelet transform and uniform local binary patterns[C]//IEEE Conf on Pattern Recognition. [S.L.], USA, 2008, 10: 1-4.

[19] SHAHID N, NAQVI I H, QAISAR S B. Quarter-sphere SVM: attribute and spatio-temporal correlations based outlier & event detection in wireless sensor networks [C]//IEEE Wireless Communications and Networking Conference. Paris, France, 2012: 2048-2053.

[20] ZHOU Hui, YANG Honggeng. Application of weighted principal component analysis in comprehensive evaluation for power quality [C]//IEEE Conf on Electronics, Communications and Control. Ningbo, China, 2011: 751-754.

#### 作者简介:



李同宇,男,1986年生,硕士研究生,主要研究方向为图像处理与模式识别.



李卫军,男,1975年生,研究员,主要研究方向为图像处理、模式识别、智能信息处理.发表学术论文多篇.

## 第 24 届柔性自动化与智能制造国际学术会议 24th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM 2014)

The International Conference Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM) is the leading international forum to disseminate recent and relevant research, theories and practices of manufacturing. Following success of our earlier FAIM conferences, the FAIM 2014 (24th edition) will be held at the beautiful and historic City of San Antonio, Texas during May 20-23, 2014.

The City of San Antonio is easily accessible, served by all major US airlines as well as several international airlines. The conference site will be just a few blocks away from the scenic Riverwalk, the historic Alamo/San Antonio Missions, Tower of the Americas, Institute of Texas Culture, and many other sightseeing and shopping options. Theme parks (SeaWorld, and Six Flags Fiesta Texas) and water park (Schlitterbahn) are all in short driving range for memorable family vacation funs.

Acceptance of papers is based on the review of full paper (up to 8 pages). Each paper will be evaluated by three members of the International Program Committee. However, prospective authors should submit a short abstract in advance to ensure topics fit within the conference scope. Abstracts should be written in English and should contain no more than 300 words. Authors of accepted abstracts will be invited to submit a complete paper for further peer review and eventual publication in the conference proceedings. A maximum of two papers per presenting author will be permitted. At least one author must register for the conference in order to have the paper published in the conference proceedings. More detailed information and instructions for manuscript preparation and submission will be available later in the conference website at <http://camls.utsa.edu/faim2014>.

Corresponding authors of selected high-quality papers will be urged to extend and refine their manuscript contents for submissions to fast-track peer-review processes for potential publications in international scientific refereed journals such as Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, SME Journal of Manufacturing Systems, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, etc.

Website: <http://camls.utsa.edu/faim2014>