

## 人脸识别中局部遮挡处理技术研究

杜杏菁, 王晓菊

(华北科技学院 计算机系, 河北 三河 065201)

**摘 要:** 局部遮挡严重影响了人脸识别准确率, 提出了自动最优局部遮挡的重建模型. 该模型首先利用人脸图像的灰度值判断人脸遮挡类型, 然后利用  $M$  估计器 ( $M$ -estimator) 对遮挡掩模进行估计, 找到最佳局部遮挡的人脸重建系数, 重建人脸, 减弱人脸遮挡的影响. 实验证明了局部遮挡处理的有效性, 明显提高了识别准确率.

**关键词:** 局部遮挡; 遮挡掩模; 人脸重建; 人脸识别

**中图分类号:** TP391.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-7180(2012)07-0124-04

## Study of Partial Occlusion Treatment Technology in Face Recognition

DU Xing-jing, WANG Xiao-ju

(Department of Computer, North China Institute of Science and Technology, Sanhe 065201, China)

**Abstract:** Partial occlusion has seriously affected to the accuracy of face recognition. A model about automatically partial occlusion reconstruction is proposed. First, the face gray value is used to determine the partial occlusion type, and then a  $M$ -estimator is used to estimate the occlusion mask, the best face reconstruction coefficient is found to reconstruction occlusion area and weaken the impact of partial occlusion. The experiments have proved the effectiveness of the partial occlusion treatment, and the significantly improvement of the recognition accuracy.

**Key words:** partial occlusion; occlusion mask; face reconstruction; face recognition

### 1 引言

现有的人脸识别系统大部分针对无遮挡情况进行识别, 即使对遮挡区域处理也是围绕着眼睛的遮挡展开, 研究眼镜的摘除问题. 处理人脸遮挡问题的方法可以分为下面三种情况: 遮挡图像修复<sup>[1-2]</sup>、局部特征分析<sup>[3-4]</sup>、统计分析算法<sup>[5-6]</sup>, 但三类算法均未较好的解决遮挡人脸的识别影响问题. 因基于统计分析的方法有着明显的优势, 在文献<sup>[5]</sup>的基础上, 本文提出以统计分析为基础的自动最优人脸重建模型, 实现墨镜遮挡和围巾遮挡的人脸重建.

### 2 自动最优遮挡人脸重建模型

自动最优遮挡人脸重建模型的建立包含最优人脸重建系数的确定和最优遮挡掩模的生成. 其中遮挡掩模的生成是获取最优重建系数的基础, 是消除遮挡区域的重要保证.

#### 2.1 最优遮挡人脸重建系数

给定样本集  $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ , 其中  $N$  为样本总数, 样本  $x_i$  在  $n$  维空间中取值, 最优人脸重建系数  $y_i$  在  $m$  维空间取值, 且  $m < n$ .

$$x'_i = \sum_{j=1}^m y_{ij} w_j \quad (1)$$

其中,  $x'_i$  是重建后的样本,  $y_{ij}$  是原始样本  $x_i$  与第  $j$  个人脸基图像对应的最优重建系数,  $i=1, \dots, N, j=1, \dots, m$ . 定义第  $q$  个变量的原始图像与重建图像之间的残差脸为:

$$\delta_q = x_{iq} - x'_{iq}, \quad q = 1, \dots, n \quad (2)$$

使用在 HQT 框架下构建最优重建系数, 根据 Charbonnier 等人给出的约束条件为:

$$\begin{aligned} J &= \min_y \sum_{q=1}^n \varphi(\delta_q) \\ &= \min_y \min_b \sum_{q=1}^n \left( b_q \left( \frac{\delta_q}{\sigma_q} \right)^2 + \beta(b_q) \right) \end{aligned} \quad (3)$$

其中,  $b$  是外部干扰面,  $\sigma$  是最优人脸遮挡掩模, 如果  $b$  固定, 上式变为有遮挡掩模进行加权的最小均方差意义下的主成分分析算法, 满足下式:

$$W_{PCA}^T B W_{PCA} y = W_{PCA}^T B x \quad (4)$$

其中,  $W_{PCA}$  是主成分分析的投影矩阵,  $B = \text{diag}\{b_q\}$ . 如果  $y$  固定, 上式变为关于辅助变量  $b$  的凸优化问题, 这时凸优化问题的解满足:

$$b_q = b\left(\frac{\delta_q}{\sigma_q}\right) = \frac{\varphi'\left(\frac{\delta_q}{\sigma_q}\right) \cdot \sigma_q}{2 \cdot \delta_q} \quad (5)$$

其中,  $b_q$  和  $\beta(\cdot)$  是外部干扰面, 对人脸来说, 值趋向 1, 对于遮挡物来说, 取值趋向 0, 但  $b_q$  仅仅是最优人脸遮挡掩模  $\sigma_q$  的反映, 即  $\sigma_q$  才是真正的人脸遮挡区域的面, 最优重建系数问题就是一个重建系数  $y$  和变量  $b$  的多目标优化问题.

## 2.2 最优遮挡人脸重建系数的求解

为了使目标优化问题的算法能够收敛, 并减少迭代次数和运算量, 这里使用标准二次型函数和三种半二次型函数通过四次迭代进行求解. 三种半二次型函数及其导数如下:

$$\begin{aligned} \varphi_1(x) &= 2\sqrt{1+x^2} - 2, & \varphi'_1(x) &= 2x/\sqrt{1+x^2} \\ \varphi_2(x) &= \log(1+x^2), & \varphi'_2(x) &= 2x/(1+x^2) \\ \varphi_3(x) &= x^2/(1+x^2), & \varphi'_3(x) &= 2x/(1+x^2)^2 \end{aligned} \quad (6)$$

其中, 第一个函数是一个凸函数, 它的导数是单调函数; 第二个函数是非凸函数, 它的导数是弱振荡的; 第三个函数是非凸的, 它的导数是强振荡的. 因此, 第一个函数可以保证唯一解, 而第三个函数的强振荡导数可以有效的抑制外部干扰的影响, 使用第二个函数的弱振荡的导数来保证优化问题的最终收敛. 因考虑到 PCA 算法在重建人脸方面如果不考虑遮挡情况, 效果还是不错的, 因此, 最优重建系数的初始值选用 PCA 空间的最小均方误差意义下求得的重建系数. 具体步骤如下:

(1) 利用 PCA 算法获得训练样本的正交投影基  $W_{PCA}$ ;

(2) 获得样本的初始重建系数  $y^0$ ;

(3) 获得重建样本的最优人脸遮挡掩模;

(4) 获得最优重建系数;

① 循环操作  $i=1, 2, 3$

$i=1$ , 则函数取前面三个函数中第一个;

$i=2$ , 则函数取前面三个函数中第二个;

$i=3$ , 则函数取前面三个函数中第三个;

② 计算残差脸;

③ 计算遮挡掩模  $b$ ;

④ 更新重建系数:  $W_{PCA}^T B W_{PCA} y' = W_{PCA}^T B x$

(5) 求得最优重建系数  $y$ .

## 2.3 自动最优人脸遮挡掩模的生成

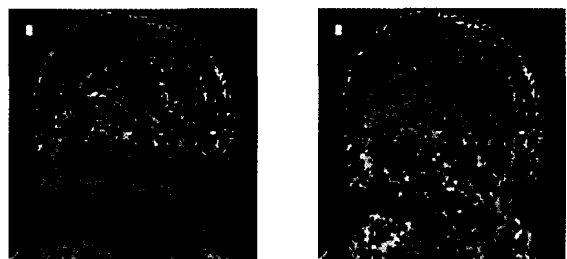
最优人脸遮挡掩模决定了样本中遮挡区域的估计, 因此首先讨论最优人脸遮挡掩模的生成. 定义人脸遮挡的类型, 如墨镜遮挡、人脸残缺、网状遮挡等. 搜集大量的各种遮挡的人脸图像, 选用 Rousseeuw 等人提出的  $M$  估计器 ( $M$ -estimator) 对遮挡掩模进行估计. 那么, 遮挡掩模  $\sigma_q$  满足如下公式:

$$\begin{aligned} \text{avg}_{p=1}^N \xi((g_{pq} - \theta(G))/\sigma_q) &= \beta, \quad q=1, \dots, n \\ \theta(G) &= \begin{cases} g_{\frac{p+1}{2}p}, & p \text{ 为奇数} \\ \frac{1}{2}(g_{\frac{p}{2}p} + g_{\frac{p+1}{2}p}), & p \text{ 为偶数} \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

其中,  $\text{avg}$  表示  $N$  个样本的均值,  $\beta$  是常数,  $\theta(G)$  是辅助中心估计,  $\xi$  是一个平滑函数.

$$\xi(g) = \frac{(e^{g/\epsilon} - 1)^2}{(e^{g/\epsilon} + 1)^2} \quad (8)$$

在  $M$  估计中  $\beta, \epsilon$  不同, 可以确定不同的遮挡掩模. 在实际处理时, 首先确定遮挡区域, 即遮挡类型, 就能确定遮挡掩模. 如图 1 所示.



(a) 围巾掩模

(b) 墨镜掩模

图 1 掩模

## 2.4 最优局部遮挡的重建

给定待处理的人脸和人脸的遮挡类型, 特定抗遮挡人脸的重建公式为:

$$x' = \sum_{i=1}^m y_i W_{PCA}^i \quad (9)$$

如果系统给出的人脸是无遮挡的情况, 则遮挡掩模选用所有物遮挡样本形成的标准, 如果人脸是对应某一类遮挡, 则选用相应的遮挡掩模进行重建.

## 3 实验分析

### 3.1 样本的选择

本文使用 male1 人脸库进行实验, 为了验证本

文模型在各常见遮挡情况下的性能,本文选取各种遮挡情况下的人脸进行实验.所有样本是  $92 \times 112$  的灰度图像,1、2 张图像是带表情眼镜遮挡人脸,3、4 是墨镜遮挡情况,5、6 是眼镜、围巾同时遮挡的情况,如图 2 所示.



图 2 实验图像

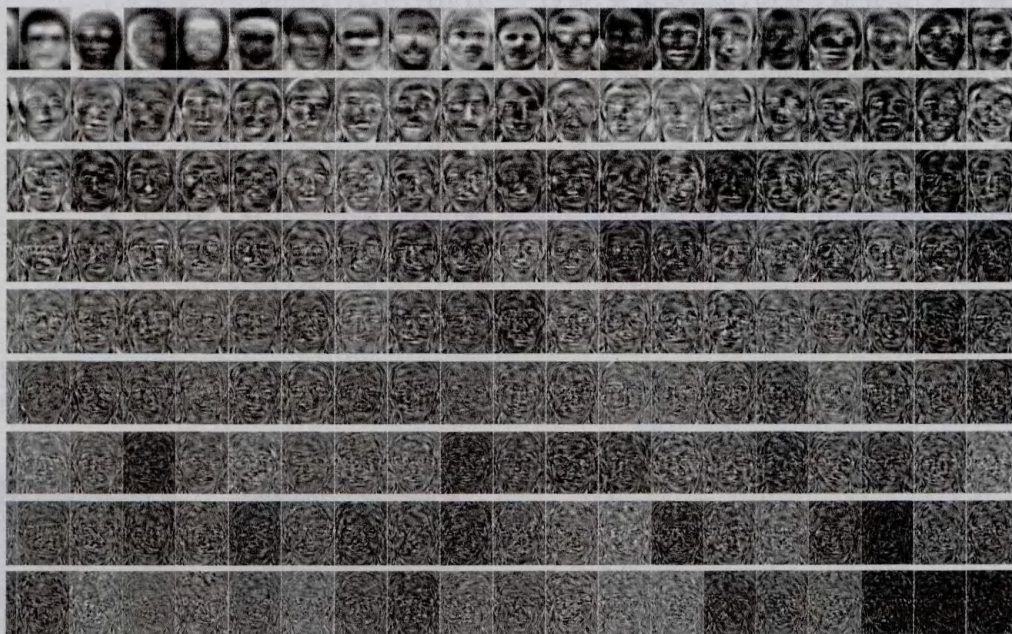


图 3 前 190 个人脸基图像

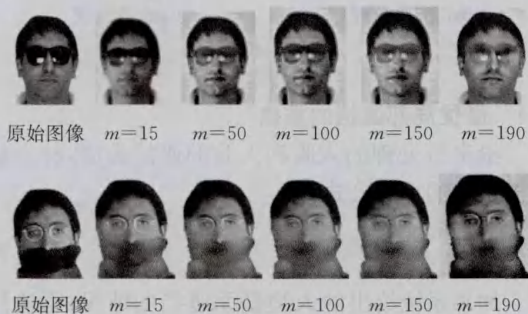


图 4 本文算法重建人脸

#### 4 识别结果比较

使用 male1 人脸库及自拍的遮挡人脸图像 100 幅进行实验,将图片大小归一化为  $92 \times 112$ ,比较了

#### 3.2 重建人脸图像

下面分析文本算法对遮挡的去除及抗干扰的能力及人脸重建后的效果.人脸基图像在人脸重建过程中起到了重要的作用,基图像按照特征值大小顺序排列,图 3 列出了前 190 人脸基图像  $w_i, i=1, 2, \dots, 190$ .

根据特征系数和特征脸重建人脸图像,图 4 分别是本文算法  $m=15, 50, 100, 150, 190$  的重建人脸图像.从图 4 可以看出,对于常见的人脸遮挡去除效果较好,如墨镜、围巾的遮挡.

各种遮挡的直接 PCA 算法识别,得出了图 5 的识别情况.经过本文处理后再识别的如图 6 的结果.

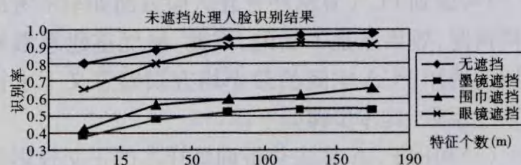


图 5 PCA 人脸识别算法

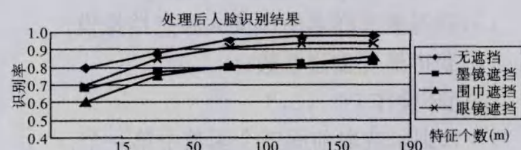


图 6 本文算法的识别结果

## 5 结束语

文中根据图像的灰度值,确定人脸遮挡区域,即人脸遮挡类型,生成遮挡掩模,找到重建系数,实现自动重建局部遮挡人脸.实验结果表明,重建后的人脸减弱了遮挡的影响,提高识别率20%,达到弱化处理的目的.

### 参考文献:

- [1] 陈雪荣,敬忠良,孙韶媛.一种处理红外人脸识别中眼镜干扰的方法[J].上海交通大学学报,2006(3/4):467-470.
- [2] Tschumperle D, Deriche R. Vector-valued image regularization with PDEs; a common framework for different applications [J]. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell, 2005, 27(4):506-517.

- [3] Oh H J, Lee K M, Lee S U. Occlusion invariant face recognition using selective local non-negative matrix factorization basis images[J]. Image Vis Comput, 2008, 26(11):1515-1523.
- [4] 谈书才,黄景涛.基于LLE和LS-SVM的人脸识别方法[J].微电子与计算机,2010,27(7):110-114.
- [5] 安高云.复杂条件人脸识别中的若干关键问题的研究[D].北京:北京交通大学,2008.
- [6] 杨颖娟.基于PCA算法和小波包变换的人脸识别技术[J].微电子学和计算机,2011,28(1):92-95.

### 作者简介:

杜杏菁 女,(1976—),讲师.研究方向为图像处理与模式识别.

王晓菊 女,(1981—),讲师.研究方向为图像处理.

(上接第123页)

- [3] Chang SG, Yu Bin, Vetterli M. Adaptive wavelet thresholding for image denoising and compression[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2000, 9(9):1532-1546.
- [4] Donoho D L, Jonestone IM. Ideal spatial adaptation via wavelet shrinkage[J]. Biometrika, 1994, 81(12):425-455.
- [5] 李旭超,朱善安.小波域图像降噪概述[J].中国图象图形学报,2006,11(9):1201-1209.
- [6] 罗瑜,于晓明,王建文.基于小波阈值的断层扫描图像去噪细化处理[J].微电子学与计算机,2010,27(10):152-155.
- [7] 蔡敦虎,羿旭明.小波基的选取对图像去噪的影响[J].数学杂志,2005,25(2):185-190.
- [8] 龚昌来.基于数据融合的多小波基联合图像去噪[J].嘉应学院学报:自然科学,2008,26(3):93-96.

### 作者简介:

刘 慧 女,(1982—),硕士研究生.研究方向为数字图像处理.



彭良玉 女,(1965—),博士,博士后,硕士生导师.研究方向为信号处理和有源滤波器设计.

