

文章编号: 1009 - 671X (2007) 04 - 0020 - 04

# 基于特征脸的人脸识别系统

闫 宏, 张兴周, 刘晓瑞

(哈尔滨工程大学 信息与通信工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要: 提出了一种快速有效的人脸识别系统. 针对特征脸方法只能识别标准正面人脸的局限性, 设计了前端处理模块, 首先计算待识别图像中人脸的倾斜角度, 进行相应角度的旋转, 然后剪切出人脸图像, 进行尺寸调整, 经过此处理后再进行特征脸识别. 利用 ORL 人脸库和自建人脸库进行仿真实验, 实验结果表明, 本识别系统速度快, 误识率低, 具有实用性.

关键词: 特征脸; 人脸识别; 图像处理; 模式识别

中图分类号: TP391 文献标识码: A

## Face recognition system based on eigenface algorithm

YAN Hong ZHANG Xing-zhou LIU Xiao-mei

(College of Information and Communication Engineering Harbin Engineering University Harbin 150001, China)

**Abstract** A fast and effective face recognition system is proposed in this paper. In view of the limitation that can only recognize standard and obverse faces using eigenfaces, front end processing module is designed. First, the inclined angle of a face image to be recognized is calculated, and the proper rotation is made, then the face image is cut and the size of the image is adjusted. After that processing, face recognition is executed with eigenfaces. The face recognition experiment with ORL face databases shows that the algorithm is fast and the recognition error of the system is low.

**Keywords** eigenface; face recognition; image process; pattern recognition

人脸识别是当前人工智能和模式识别的研究热点. 它可以用于身份认证、公共场合对人的监视、图像数据的检索、提高人与计算机的交互能力等<sup>[1]</sup>. 近年来人们提出了多种识别方法, 如基于几何特征的识别方法<sup>[2]</sup>, 主要聚焦在提取人脸几何特征参数上, 如眼镜、鼻子、嘴的特征, 靠位置、大小和这些特征的关系来定义人脸模型. 因为人脸有着复杂的表情, 对其严格进行特征匹配会出现困难, 所以这种方法不是很有效. 基于弹性模板匹配法<sup>[3]</sup>, 适应性强, 识别率较高, 但速度较慢; 基于人工神经网络的识别方法, 要求训练样本比较充分才能得到较好的识别效果. Turk 和 Pentland 提出了基于主成分分析的特征脸方法, 此方法简单, 识别速度快, 而且对于正面人脸图像的识别准确率很高, 有着较好的应用前景. 但此方法识别人脸时, 被识别图像中人脸的大小和

倾斜角度对识别率有很大的影响, 当人脸在图像中所占的面积很小或人脸有一定的倾斜角度时, 误识率很高<sup>[4]</sup>. 为此, 文中在识别人脸图像时首先进行角度调整和尺寸裁剪, 然后用特征脸对修改后的图像进行识别分类. 实验表明, 此方法很好地解决了特征脸法不能有效识别带有倾斜角度的人脸图像问题.

## 1 特征脸法

特征脸法是从主成分分析导出的一种人脸识别和描述技术. 特征脸法认为图像的全局结构信息对于识别最重要, 将图像看做一个矩阵, 计算矩阵的特征值和对应特征向量进行识别.

### 1.1 计算特征脸

假设人脸图像库中有  $M$  幅人脸图像, 用向量表示为

收稿日期: 2006 - 08 - 28

作者简介: 闫 宏 (1981 - ), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 微带天线, 图像识别. E-mail: yanhong1981119@163.com

$\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \dots, \Gamma_M$ , 人脸的平均图像为  $\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n$ , 每幅人脸图像与平均图像的向量差为  $\Phi_i = \Gamma_i - \Psi$ , 计算协方差矩阵

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Phi_n \Phi_n^T \quad (1)$$

求出矩阵  $C$  的特征值  $\lambda_k$  和对应的特征向量  $u_k$ . 这些特征向量所形成的向量空间, 就可以表示人脸图像的主要特征信息. 因为这些特征向量是对应原始人脸图像的协方差矩阵的特征值, 并且它们看起来像人脸, 因此把它们叫做特征脸.

1.2 识别人脸图像

设训练集特征脸个数为  $M'$ , 即特征向量为  $M'$  个, 将人脸图像库中所有  $M$  个图像向此特征向量空间投影,

$$\omega_k = u_k^T (\Gamma - \Psi), \quad k = 1, 2, 3, \dots, M' \quad (2)$$

由式 (2) 得到投影向量

$$\Omega^T = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{M'}] \quad (3)$$

设一待识别图像向量为  $\Gamma$  由式 (2) 和 (3) 可得到投影向量  $\Omega$ . 按照 Euclidian 距离准则来完成图像分类, 计算

$$\xi_j = \|\Omega - \Omega_j\|^2 \quad (4)$$

式中:  $\Omega_j$  为训练图像中第  $j$  类图像  $\Omega$  的平均值. 计算  $\Omega = \Gamma - \Psi$  和  $\Phi_f = \sum_{i=1}^{M'} \omega_i u_i$ , 求出

$$\epsilon = \|\Phi - \Phi_f\|^2 \quad (5)$$

对于待识别图像, 有 3 种可能的分类结果:

- 1)  $\xi_j$  的最小值和  $\epsilon$  都小于设定的域值  $q$  把此图像划为第  $j$  类人脸图像;
- 2)  $\xi_j$  的最小值大于域值  $q$   $\epsilon$  小于域值  $q$  把此图像划为没有分类的人脸图像;
- 3)  $\epsilon$  大于域值  $q$  把此图像划为非人脸图像.

1.3 特征脸识别的局限性

直接用特征脸识别人脸图像有一定的局限性,

- 要想让系统准确的识别人脸必须保证 2 个条件:
- 1) 待识别图像中人脸尺寸接近特征脸中人脸尺寸;
  - 2) 待识别人脸图像必须为正面人脸图像.
- 当待识别图像不满足此条件时, 误识率很高. 误识率为属于该系统的某个人被错误判定是哪类的概率

2 待识别图像前端处理

2.1 旋转人脸方法介绍

待识别图像如图 1(a) 所示, 首先通过设定域值把待识别图像二值化, 然后标记连通区域, 设为  $W_1, W_2, \dots, W_n$ , 选择具有椭圆形的人脸区域设为  $W$ , 以此排除不合理的连通区域.

2.1.1 计算质心

假设连通区域  $W$  用矩阵  $A[i, j]$  表示, 其面积的中心为质心, 可用式 (6) 计算得出.

$$a = \frac{1}{S} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m i A[i, j], \quad b = \frac{1}{S} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m j A[i, j] \quad (6)$$

式中:  $S$  为  $W_i$  的面积, 求得质心坐标为  $[a, b]$ .

2.1.2 计算倾斜角

通过求得的质心计算倾斜角, 设为  $\theta$  可用式 (7) 计算得出.

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan \frac{Y}{X - Z} \quad (7)$$

式中:  $X = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (i - a)^2 A[i, j]$ ,

$$Y = 2 \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (i - a)(j - b) A[i, j],$$

$$Z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (j - b)^2 A[i, j].$$

倾斜角  $\theta$  表示原始图像人脸与标准正面人脸的角度之差. 将图像旋转  $\theta$  度, 如图 1(b) 所示.



图 1 待识别图像前端处理



图 2 前端处理另一示例

2.2 剪切图像

旋转后的图像尺寸比原始图像大了很多,而且人脸在图像中所占的空间过小,所以需要进行裁剪,设原始图像宽为  $x$  高为  $y$ , 旋转后的图像宽为  $xx$  高为  $yy$ , 计算剪切图像的左上方坐标为  $(y \times \sin\theta, x \times \sin\theta)$ , 右下方坐标为  $(xx - y \times \sin\theta, yy - x \times \sin\theta)$ , 则剪切后的图像宽为  $xx - 2 \times y \times \sin\theta$  高为  $yy - 2 \times x \times \sin\theta$  如图 1(c)所示. 剪切后的图像一般小于原始图像尺寸, 再进行 Sobel 算子的边缘检测, 通过边缘检测提取人脸椭圆轮廓, 定位椭圆轮廓的坐标, 理论介绍可见参考文献 [5], 根据坐标再进行剪切, 剪

切后图像如图 1(d)所示, 然后把剪切后的图像用双线性插值方法放大到原始图像的尺寸. 如图 1(e)所示.

图 2 为不同旋转角度、不同人脸大小时的图像处理示例. 由于图像中人脸所占的面积太小, 所以剪切放大后有一些模糊, 但对检测结果没有太大的影响.

3 识别系统

识别系统框图如图 3 所示.

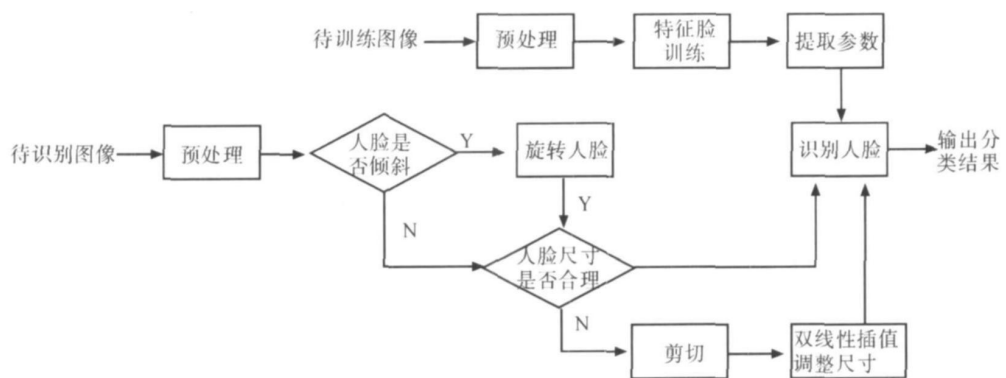


图 3 人脸识别系统原理图

- 识别步骤如下:
- 1) 训练样本图像, 预处理模块完成对人脸图像的大小归一化、消除噪声、灰度归一化等. 特征脸训练模块设定特征脸空间维数  $M'$ , 计算特征向量  $u_k$ , 提取参数模块得到参数  $\Psi, \Omega_f, \Phi_f$  并设定阈值  $\theta$
  - 2) 待识别图像输入识别系统, 首先进行图像预处理, 然后标记人脸连通区域, 计算连通区域质心, 通过质心计算人脸倾斜角度. 如果有倾斜角度进入步骤 3), 没有倾斜角度进入步骤 4).
  - 3) 旋转人脸模块进行相应角度的旋转.
  - 4) 判断人脸尺寸是否合理, 计算人脸连通区域

的面积和图像的面积, 两者的比例过小为不合理图像, 如果图像不合理, 则进入步骤 5), 图像合理进入步骤 7).

- 5) 剪切模块首先判断图像是否被旋转, 如果被旋转, 先对图像进行一次剪切, 然后再对图像进行 Sobel 算子的边缘检测, 如果图像没有被旋转则直接进行边缘检测, 通过定位人脸椭圆轮廓的坐标, 进行剪切, 增加人脸在图像中所占的比例. 因为旋转过的图像进行了一次剪切, 所以边缘检测的效果很好.
- 6) 用双线性插值方法把剪切后的图像尺寸变为训练图像时所用的图像尺寸.

7) 识别人脸模块采用特征脸方法对处理后的图像进行识别, 共有 3 种输出结果: 是人脸库中的某一类人脸、未知人脸、非人脸图像。

4 实验分析与研究

实验选用 ORL 人脸图像库和自建人脸图库, ORL 图库选取 40 个不同的人, 每个人均有 10 幅不同的人脸图像, 形成 400 幅人脸的图像库, 这些人脸图像分别在不同时间、不同光照、不同头部角度、不同人脸表情 (睁 闭眼, 笑 严肃) 条件下摄制得到。ORL 库中原始图像为 256 级灰度图, 尺寸为 92×112 (宽×高) 像素大小。自建人脸库包含 20 个不同人物, 每人有 10 张不同表情和姿态下的图片, 头部最大角度倾斜至 70 度, 共 200 幅, 图像大小为 128×128 每人取 5 幅作为训练图像, 其余 5 幅作为待识别图像。

通过设定域值  $Q$  使得人脸图像能够 100% 识别为人脸, 用特征脸法和前端处理加特征脸法比较误识率如表 1 所示。

表 1 图像 100% 识别为人脸时 2 种方法的比较 %		
方 法	人脸尺寸不满足时 误识率	人脸有倾斜角时 误识率
特征脸法	60	39
前端处理和 特征脸结合	15	12

改变域值  $Q$  使得人脸图像有 20% 识别为非人脸, 在能识别为人脸的图像中用特征脸法和前端处理加特征脸法比较如表 2 所示

表 2 图像有 20% 不能识别为人脸时 2 种方法的比较 %		
方 法	人脸尺寸不满足时 误识率	人脸有倾斜角时 误识率
特征脸法	26	6
前端处理和 特征脸结合	5	4

实验在 Pentium (R) 4 电脑, CPU 为 2.93 GHz, 256 MB 的内存上运行, 此系统的平均识别时间为 33 ms

5 结束语

特征脸法识别人脸具有一定局限性, 文中对此限制条件进行了分析, 并设计了识别系统解决此限制条件。文中设计的识别系统降低了误识率, 但由于文中同一类别训练的图像过少, 并且为了降低运算时间, 设定特征脸为 7 个, 所以误识率还不太理想。在训练样本图像时, 采用更多的样本, 并且增大特征脸的个数, 会有更好的识别效果。

参考文献:

[ 1 ] 王 伟, 马建光. 人脸识别常用方法及其发展现状[ J ]. 自动检测技术, 2002, 21( 1): 49-51.

[ 2 ] 田 捷, 杨 鑫. 生物特征识别技术理论与应用 [ M ]. 北京: 电子工业出版社, 2005

[ 3 ] ZHANG Jun, YAN Yong. Face recognition: Eigenface elastic matching and neural nets[ J ]. Proc of The IEEE, 1997, 85(9): 1423-1435.

[ 4 ] TURK M. A., PENTLAND A. P. Eigenfaces for recognition [ J ]. The Journal of Cognitive Neuroscience, 1991, 3( 1): 71-86

[ 5 ] 陈爱斌. 复杂背景下基于 Hough 变换的人脸定位[ J ]. 信息技术, 2004, 28( 4): 24-29.

[责任编辑: 李玲珠]