

# 虹膜身份识别技术

程宇奇<sup>1,2</sup>, 葛 微<sup>1,2</sup>, 陈彦平<sup>3</sup>

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039; 3. 长春工业大学 电气与电子工程学院, 吉林, 长春 130012)

**摘要:**介绍了当前最有发展前景的生物特征识别技术—虹膜身份识别技术,它包括虹膜图像的获取、预处理、特征提取与编码以及分类几个步骤。详细介绍了当今具有代表性的虹膜识别算法,指出各种算法的特点并比较其优劣。最后,针对虹膜识别技术存在的主要问题分析了虹膜识别的发展方向,即精度高、速度快、鲁棒性好的定位算法,高效的特征提取方法,机器学习的分类方法,虹膜图像的质量评价方法,不完整、不合作情况下的虹膜识别研究以及活体虹膜检测等。

**关键词:**虹膜识别;模式识别;身份鉴别;虹膜数据库;生物特征

**中图分类号:**TP391.4; Q334 **文献标识码:**A

## Personal identification based on iris recognition technology

CHENG Yu-qi<sup>1,2</sup>, GE Wei<sup>1,2</sup>, CHEN Yan-ping<sup>3</sup>

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;*

2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;*

3. *School of Electric & Electronic Engineering, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)*

**Abstract:** The iris recognition technology as the biometrics with the best prospect is introduced, which includes four processes of iris recognition, namely, image capturing, image preprocessing, feature extracting and encoding, and the classification of iris images. Several kind of representational algorithms are given in detail. Then, their traits are pointed out, and the merits and defects are compared. Finally, aimed at the problems existed in the process of iris recognition, the trend for the future is put forward, which will emphasize on the localization algorithms with high accuracy, fast speed and good robustness, high effective feature extraction methods, machine learning methods, the evaluation methods of iris image quality, the iris recognition research under incomplete and non-cooperative situation, and the detection of live iris.

**Key words:** iris recognition; pattern recognition; personal identification; iris database; biometrics

## 1 引言

随着信息技术的发展,身份识别的难度和重要性越来越突出。密码、身份证等传统的身份识别方法由于其局限性—易丢失、易被伪造、易被破解等,已不能满足当代社会的需要。基于生物特征的身份识别技术由于具有稳定、便捷、不易伪造等优点,近几年已成为身份识别的热点。生物特征识别是根据人体的生物特征(包括指纹、虹膜、人脸、声音和笔迹等)来识别个人身份和进行身份认证的新技术。

虹膜位于眼睛的巩膜和瞳孔之间,由许多腺窝、皱褶、色素斑等构成,包含了极为丰富的纹理信息。与其它生物识别技术相比,虹膜识别具有无法取代的生理方面的优势<sup>[1~3]</sup>:

(1)唯一性—自然界不可能出现完全相同的两个虹膜,科学实验表明即使是双胞胎、同一人左右眼的虹膜图像也不相同;

(2)稳定性—虹膜在人出生8个月后就已经稳定成型,除非发生病变等特殊情况,人的虹膜纹理在一生之中都不会改变,并且通过手术改变虹膜纹理的风险也很高;

(3)非侵犯性—虹膜是外部可见的内部器官,可以在不与采集设备接触的情况下成像;

(4)天然防伪性—当摄入瞳孔的光线的强度发生变化时,瞳孔会产生收缩或膨胀并牵动虹膜变化,这使得虹膜具有天然的防伪性,可以防范虹膜的盗用。

基于虹膜的生物特征方法在识别率、错误率等方面的性能指标都优于其他的生物特征识别方法。据统计,与人脸、声音等非接触式的生物特征识别方法相比,虹膜具有更高的准确性,到目前为止,虹膜识别的错误率是各种生物特征识别中最低的<sup>[4]</sup>。因此,虹膜识别是目前身份认证中最有发展前途的识别技术之一,在国际上得到广泛的关注,有着广泛的市场前景和科学研究价值。基于虹膜的身份识别在国际上已成为一个模式分类研究的热点领域。

## 2 虹膜识别技术概述

虹膜识别的主要步骤包括虹膜图像的获取、预处理、特征提取与编码和分类,其框图如图1所示。

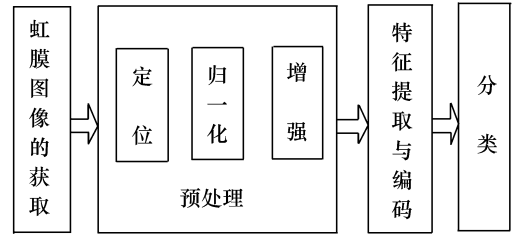


图1 虹膜识别步骤原理框图

Fig.1 Schematic diagram of iris recognition

### 2.1 虹膜图像的获取

虹膜图像的获取是虹膜识别的第一步,也是十分关键的一步。虹膜图像采集的目的是清晰、准确地捕捉到虹膜图像,并将其数字化存储,以供图像识别的实现。因此要获得高质量的虹膜图像,需要专门的设备和细心的操作。

Daugman的采集系统(见图2)包括光源、成像镜头、摄像头、光束分离器、LCD显示和图像帧采集器等,其镜头采用焦距为330 mm的透镜,可以从15~46 mm的距离摄取虹膜图像,成像的直径在100~200 pixel。在该系统中,虹膜最佳的对焦位置需要用户自己移动眼睛在摄像头前的位置

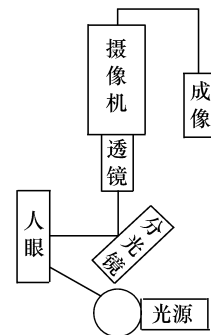


图2 Daugman系统的虹膜图像摄取装置

Fig.2 Iris image capture device of Daugman system

实现。摄像头将连续采集虹膜的图像并在 LCD 面阵上显示,以提示用户移动眼睛的部位。当成像有足够的锐度时自动采集虹膜图像样本。

Wildes 系统(见图 3)利用 80 mm 的透镜,从 20 cm 处摄取图像,图像的直径大约为 256 pixel,其孔径为 1 cm。

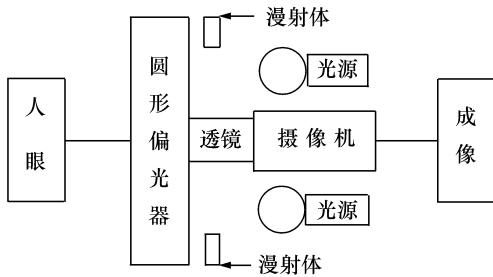
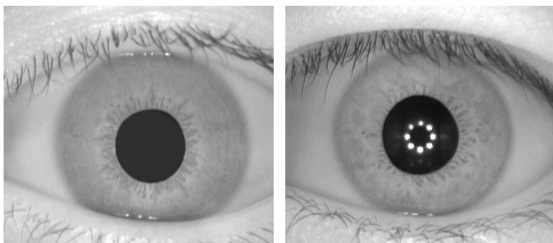


图 3 Wilds 系统的虹膜图像摄取装置

Fig. 3 Iris image capture device of Wilds system

许多机构和研究人员致力于虹膜识别研究工作,并无私地与人们共享他们的虹膜图像数据库,推动了整个虹膜识别技术的发展。

(1)CASIA<sup>[5]</sup>—中科院自动化所提供的公开免费虹膜数据库。V1.0 版本包括 80 人 108 只眼睛的 756 幅 8 位灰度图像,对图像做了瞳孔区域填充黑像素处理,使得虹膜定位更加容易,但对其它方面没有影响;V3.0 版本包括 700 多人 1 500 只眼睛的 2 2051 幅灰度图像,其中包括部分 V1 版本的原始图像以及 100 对双胞胎的虹膜样本等。它是大多数研究者所最常使用的数据库,图 4 显示了该数据库中两个版本的虹膜图像。



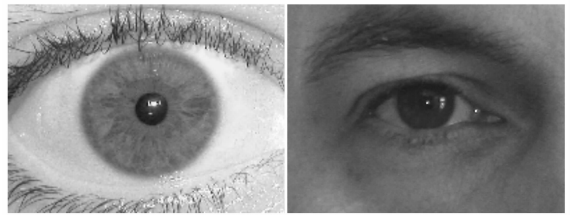
(a) CASIA V1.0 (b) CASIA-iris V3-interval

图 4 CASIA 虹膜数据库中的图像

Fig. 4 Images from CASIA iris database

(2)UBIRIS<sup>[6]</sup>—葡萄牙贝拉地区大学社会实

验室提供的公开免费的含噪可见光虹膜数据库。V1 版本包括了在用户少量合作的成像条件下 241 只眼睛的 1 877 幅图像;V2 版本包括了在一定距离和移动的成像条件下 261 人 522 只眼睛的 11 102 幅彩色图像。UBIRIS 数据库着眼于最小化用户合作的虹膜识别研究的需求,图 5 显示了该数据库中两个版本的虹膜图像。

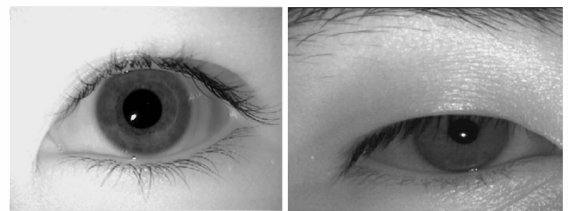


(a) UBIRIS V1 (b)UBIRIS V2

图 5 UBIRIS 虹膜数据库中的图像

Fig. 5 Images from UBIRIS iris database

(3)MMU<sup>[7]</sup>—马来西亚多媒体大学提供的公开免费虹膜数据库。MMU 版本包括 45 人 90 只



(a) MMU (b) MMU2

图 6 MMU 虹膜数据库中的图像

Fig. 6 Images from MMU iris database

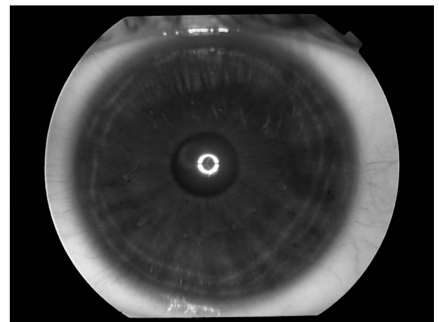


图 7 UPOL 虹膜数据库中的图像

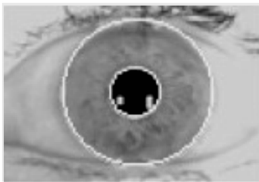
Fig. 7 Image from UPOL iris database

眼睛的450幅灰度图像;MMU2版本包括100人199只眼睛的995幅灰度图像。这个数据库的虹膜样本来自于亚洲、中东、非洲以及欧洲的不同种族和年纪的人,是一个小型数据库,图6显示了该数据库中两个版本的虹膜图像。

(4) UPOL<sup>[8]</sup>—包括64人128只眼睛的384幅彩色虹膜图像。如图7所示,一些如眼睑等的干扰因素已被黑色区域屏蔽掉,不适于用作非合作的虹膜识别研究。

## 2.2 虹膜图像的预处理

虹膜图像预处理的目的是虹膜定位与归一化。在获取的虹膜图像中有可能包含有许多其他部分(如眼睑、睫毛等),这就需要对虹膜图像进行定位和归一化操作,即找出虹膜的中心和内、外边缘以及对定位出来的虹膜图像大小进行归一化处理,从而纠正图像漂移、旋转和比例放缩。虹膜图像的预处理包括虹膜定位、归一化和增强3个步骤。图8显示了经预处理后的虹膜图像。



(a) 虹膜图像定位结果  
(a) Localization results of an iris image



(b) 归一化虹膜图像  
(b) Normalization iris image



(c) 增强的归一化虹膜图像  
(c) Enhanced normalization iris image

图8 虹膜图像的预处理

Fig.8 Preprocessing of an iris image

## 2.3 虹膜特征的提取与编码

虹膜特征提取和编码是对预处理后的数据进行分析、去粗存精的过程。由于原始图像数据量相当大,需要把这些数据转换为若干特征,即特征提取。为了提高分类处理的速度和精度,对提取的特征还需要选择最有代表性的特征,其信息冗余度最小,而且希望具有比例、旋转、位移不变性。

图9显示的是一个虹膜编码的图像示意。



图9 虹膜编码图像示意

Fig.9 Pictorial example of an iris code

## 2.4 虹膜的分类

分类在数学观点上就是如何选择一个最优的决策函数来对待识别的模式与已知库中的模式进行比较。这个决策函数的产生是当已知待识别模式的先验知识时,可以根据经验知识来确定决策函数的数学表达式。如果仅知道待识别模式的定性知识,则在确定决策函数的过程中,通过反复地训练、调整,以达到满意的决策函数表达式来作为模式分类的依据。

## 3 虹膜识别算法

### 3.1 定位算法

(1) Daugman博士提出了一个微积分算子<sup>[9]</sup>,如式(1):

$$\max_{(r, x_0, y_0)} | G_{\sigma}(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, \theta, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds |, \quad (1)$$

其中,  $G_{\sigma}(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(r-r_0)^2}{2\sigma^2}}$ , 是一个尺度为  $\sigma$  的

高斯函数,起平滑滤波的作用;积分表示的是图像  $I(x, y)$  在以  $(x_0, y_0)$  为圆心,  $r$  为半径的圆上的曲线积分。此算法采用圆形边缘检测器反复地寻找虹膜的内外边缘,直至找到最佳匹配的两个圆。对于上下眼睑的边缘检测,把曲线积分路径变成弧形,相应的信息参数也随之调整即可。

许多研究者就此定位方法提出了许多减小初始圆心候选点集大小的算法,有效地缩短了虹膜定位的时间。

(2) Wildes提出了两步虹膜定位方法<sup>[10]</sup>,其思想是先进进行边缘检测再进行 Hough 变换,其边缘检测的算子为:

$$| \nabla G(x, y) * I(x, y) |, \quad (2)$$

其中,  $G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}{2\sigma^2}}$ , 是以  $(x_0, y_0)$

为圆心, 标准差为  $\sigma$  的二维高斯函数, 用来平滑图像及确定边界。得到边界后, 通过对边缘点的投票来确定虹膜的圆形边界参数, Hough 变换定义为:

$$H(x_c, y_c, r) = \sum_{j=1}^n h(x_j, y_j, x_c, y_c, r),$$

$$h(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = 1,$$

$$g(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = 0,$$

$$h(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = 0,$$

$$g(x_j, y_j, x_c, y_c, r) \neq 0,$$

$$g(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = (x_j - x_c)^2 + (y_j - y_c)^2 - r^2. \quad (3)$$

许多研究者在第一步边缘检测方面使用了 Sobel 算子, Laplacian 算子, Canny 算子等, 也取得了好的结果。

(3) 中国科学院自动化所谭铁牛博士领导的小组在国内较早地开展了虹膜识别研究工作, 他们的定位方法分为内、外边界提取两部分<sup>[11]</sup>。内边界提取通过计算图像的灰度直方图, 选择合适的阈值将瞳孔区域提取出来; 对于外边界提取, 首先使用 Canny 算子对原图像提取边缘, 根据先验知识去除一些无用的点, 最后采用最小二乘法进行拟合。

### 3.2 归一化算法

Daugman 博士的橡胶皮弹性模型<sup>[9]</sup>对环形虹膜图像进行了归一化, 有效地解决了瞳孔缩放以及瞳孔与虹膜边缘不同心所带来的问题, 为大多数虹膜识别研究者所采用, 其模型示意图如图 10。

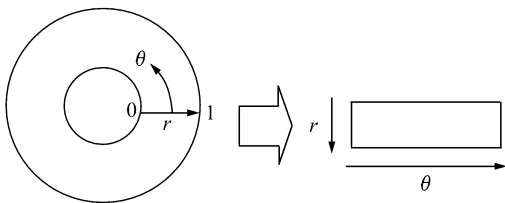


图 10 Daugman 的橡胶皮模型

Fig. 10 Daugman's rubber sheet model

它将图像从笛卡儿坐标  $(x, y)$  转化为极坐标的形式  $(r, \theta)$ , 转化公式为:

$$x(r, \theta) = (1 - r)x_p(\theta) + rx_s(\theta),$$

$$y(r, \theta) = (1 - r)y_p(\theta) + ry_s(\theta), \quad (4)$$

其中,  $r \in [0, 1]$ ,  $\theta \in [0, 2\pi]$ ,  $(x_p(\theta), y_p(\theta))$ ,  $(x_s(\theta), y_s(\theta))$  分别代表在  $\theta$  方向上的瞳孔和巩膜的边缘点。

### 3.3 特征提取和编码算法

(1) Daugman 博士采用极坐标下的复值二维 Gabor 滤波器对归一化后的虹膜图像进行虹膜细节的特征提取<sup>[9]</sup>, 使用 1 024 个小波对图像进行处理, 得到 2 048 bit, 即 256 byte 的编码。二维 Gabor 滤波器在极坐标下形式为:

$$G(r, \theta) = e^{-i\omega(\theta-\theta_0)} \cdot e^{-\frac{(r-r_0)^2}{\alpha^2}} \cdot e^{-\frac{(\theta-\theta_0)^2}{\beta^2}}, \quad (5)$$

产生一组中心位置在  $(r_0, \theta_0)$ , 位置参数为  $(r_0, \theta_0, \alpha, \beta, \omega)$  的选择频率滤波器, 在空间域和频率域具有良好地获取节点位置的功能, 而且由于良好的积分特性, 这些滤波器能够获取本地相位信息。对图像在每个尺度上滤波, 用粗略的一位实部和虚部数来对虹膜图像进行编码, 公式如下:

$$h_{Re} = 1, \quad \text{Re} \int \int_{\rho, \phi} e^{-i\omega(\theta_0-\phi)} \cdot e^{-(r_0-\rho)^2/\alpha^2} \cdot e^{-(\theta_0-\phi)^2/\beta^2} \cdot I(\rho, \phi) \cdot \rho \cdot d\rho d\phi \geq 0;$$

$$h_{Re} = 0, \quad \text{Re} \int \int_{\rho, \phi} e^{-i\omega(\theta_0-\phi)} \cdot e^{-(r_0-\rho)^2/\alpha^2} \cdot e^{-(\theta_0-\phi)^2/\beta^2} \cdot I(\rho, \phi) \cdot \rho \cdot d\rho d\phi < 0,$$

$$h_{Im} = 1, \quad \text{Im} \int \int_{\rho, \phi} e^{-i\omega(\theta_0-\phi)} \cdot e^{-(r_0-\rho)^2/\alpha^2} \cdot e^{-(\theta_0-\phi)^2/\beta^2} \cdot I(\rho, \phi) \cdot \rho \cdot d\rho d\phi \geq 0,$$

$$h_{Im} = 0, \quad \text{Im} \int \int_{\rho, \phi} e^{-i\omega(\theta_0-\phi)} \cdot e^{-(r_0-\rho)^2/\alpha^2} \cdot e^{-(\theta_0-\phi)^2/\beta^2} \cdot I(\rho, \phi) \cdot \rho \cdot d\rho d\phi < 0. \quad (6)$$

(2) Wildes 使用从 Gaussian-Laplacian 算子衍生而来的各向同性的带通滤波器组对虹膜图像进行 4 级塔式分解产生 Laplacian 金字塔来代表虹膜图像<sup>[10]</sup>, 这些滤波器定义为:

$$-\frac{1}{\pi\sigma^4} \left(1 - \frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right) e^{-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}}, \quad (7)$$

其中,  $\sigma$  为 Gaussian 函数的标准差,  $\rho$  表示点到滤波器中心的半径距离。

(3) 谭铁牛等使用多通道的 Gabor 滤波器来获得虹膜的全局和局部信息, 从而进行识别<sup>[11]</sup>。

每一个通道的数学模型为:

$$\begin{aligned} q(x, y) &= \sqrt{q_e^2(x, y) + q_o^2(x, y)}, \\ q_e(x, y) &= h_e(x, y) * I(x, y), \\ q_o(x, y) &= h_o(x, y) * I(x, y), \end{aligned} \quad (8)$$

其中,  $h_e(x, y)$ ,  $h_o(x, y)$  分别为偶对称和奇对称 Gabor 滤波器, 这里使用了各向同性的 Gabor 滤波器:

$$\begin{aligned} h_e(x, y, f, \theta, \sigma) &= g(x, y, \sigma) \cdot \\ &\cos[2\pi f(x\cos\theta + y\sin\theta)], \\ h_o(x, y, f, \theta, \sigma) &= g(x, y, \sigma) \cdot \\ &\sin[2\pi f(x\cos\theta + y\sin\theta)], \end{aligned} \quad (9)$$

其中,  $g(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$  是二维高斯函数。

选择了 6 个中心频率 2、4、6、8、16、32、64 Hz 和 4 个相位角 0、45、90、135°, 共 24 个 Gabor 滤波通道, 用这 24 个滤波结果的均值和方差作为代表虹膜纹理的特征。

### 3.4 分类算法

(1) 海明距离由于其计算简单常用来进行虹膜识别分类<sup>[9]</sup>。设  $A_j, B_j (j=1, 2, \dots, 2048)$  为两个不同虹膜的虹膜编码位, 则海明距离为:

$$HD = \frac{1}{2048} \sum_{j=1}^{2048} A_j \oplus B_j, \quad (10)$$

其中,  $\oplus$  表示异或, 当  $A_j$  和  $B_j$  完全相同为 1, 不同时为 0。

(2) Wildes 使用归一化相关系数来对产生的 4 级 Laplacian 金字塔图像进行量化<sup>[10]</sup>, 一幅虹膜图像的均值和方差定义为:

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p(i, j), \\ \sigma &= \sqrt{\frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (p(i, j) - \mu)^2}, \end{aligned} \quad (11)$$

因此, 两幅虹膜图像的归一化相关系数定义为:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (p_1(i, j) - \mu_1)(p_2(i, j) - \mu_2)}{nm\sigma_1\sigma_2}, \quad (12)$$

它不仅能获得同标准相关系数一样的信息, 还通过标准差把局部图像强度的变化也考虑其中。在每级 Laplacian 金字塔图像中, 分别计算  $8 \times 8$  小块的归一化相关系数, 然后取中值作为此子带的值, 最终得到 4 个值作为特征进行下一步

的分类。

Wildes 使用 Fisher 线性分类器作分类决策<sup>[10]</sup>。对于  $n$  个样本  $q, n_a$  来自于集  $A, n_i$  来自于集  $I$ , 则 Fisher 分类器定义了一个权矢量能够使变换后的样本  $\omega^T q$  达到最大的类间与类内的比率, 类均值  $\mu_a, \mu_i$ , 类内散布矩阵  $S_a, S_i$ , 类间散布矩阵  $S_b$  以及权矢量  $\omega$  公式如下:

$$\begin{aligned} \mu_a &= \frac{1}{n_a} \sum_{q \in A} q, \quad \mu_i = \frac{1}{n_i} \sum_{q \in I} q, \\ S_a &= \sum_{q \in A} (q - \mu_a)(q - \mu_a)^T, \\ S_i &= \sum_{q \in I} (q - \mu_i)(q - \mu_i)^T, \\ S_w &= S_a + S_i, \\ S_b &= (\mu_a - \mu_i)(\mu_a - \mu_i)^T, \\ \omega &= S_w^{-1}(\mu_a - \mu_i), \end{aligned} \quad (13)$$

最后取变换后两类样本均值的中点作为分割点, 即  $\frac{1}{2}\omega^T(\mu_a + \mu_i)$ 。

(3) 加权欧氏距离也常常被使用。中国科学院自动化所的谭铁牛等采用方差倒数加权欧氏距离分类器来进行虹膜识别<sup>[11]</sup>: 将未知虹膜的特征向量同已经训练好的已知类别的虹膜特征向量相比较, 当且仅当它的特征向量与第  $k$  类特征向量的方差倒数加权欧氏距离 WED 最小时, 输入虹膜被分类为第  $k$  类虹膜。加权欧氏距离按下面的公式计算:

$$WED(k) = \sum_{i=1}^N \frac{(f_i - f_i^{(k)})^2}{(\delta_i^{(k)})^2}, \quad (14)$$

其中,  $f_i$  表示未知样本的第  $i$  个特征,  $f_i^{(k)}, \delta_i^{(k)}$  分别表示第  $k$  类虹膜的第  $i$  个特征的均值和方差,  $N$  表示特征总数。

## 4 虹膜算法比较及发展方向展望

### 4.1 定位算法

Daugman 博士的定位算法能够较准确地定位虹膜边界, 但光源形成光斑对其定位精度影响较大, 且计算量较大, 定位速度较慢; Wilds 博士的定位算法定位精度高, 但受二值化阈值的影响较大, 且计算量大, 定位速度慢; 最小二乘法定位速度快, 但定位精度低。

虹膜定位算法具有 3 个发展方向: 精度高、速

度快、鲁棒性好。高精度是虹膜定位算法需首要考虑的,它有助于后面的特征提取及分类识别,对整个识别系统性能有很大的影响,即使用简单的分类器也能对高精度定位的虹膜图像进行高识别率的分类。提高定位速度有助于向实时方面发展,也为人性化地减小用户的合作度以及活体虹膜识别提供了可能。提高算法的鲁棒性能够减小噪声干扰,提高定位的准确性。另外,遮挡也是需要解决的重要问题。

#### 4.2 特征提取算法

Daugman 提出利用 2D Gabor 滤波器对虹膜纹理进行局部相位量化和编码,这种算法识别准确性高,速度快,是目前虹膜识别商用系统的理论基础,但这种算法需要处理纹理的二维信息,增加了特征提取的运算时间;Wildes 采用 Gaussian-Laplacian 滤波器在不同分辨率下分解虹膜图像,并将对应的图像进行相关比较,计算量比较大;谭铁牛提出了多通道 Gabor 滤波的方法,利用均值、方差作为全局特征,对虹膜旋转变化不敏感,但容易受到局部干扰的影响。

位移、旋转和缩放的不变性是特征提取算法必须保证的。目前已有的特征尚不能完备地反映虹膜的复杂纹理,需要从空间及频率域分别分析来更完整地表达这些信息,而且在特征提取中也忽视了虹膜所具有的丰富自相似纹理细节。采用高效的特征提取方法,如一些非线性特征提取方法以既保留虹膜尽可能多的信息,又能达到对数据降维的效果是虹膜特征提取的关键。

#### 4.3 分类算法

在虹膜分类中,距离或是简单的加权欧式距离的方法由于其计算简单、分类速度快而最常被采用,但效果并不理想,在线性不可分的情况下不

能正确处理。现有的虹膜识别技术大部分只考虑了特征提取因素,而没有考虑分类机制和如何在分类中学习的问题。只有同时考虑能够反映识别对象的特征和识别学习机制本身,才能够在训练样本数不充分情况下取得虹膜识别更高的准确性。一些模糊的识别方法,如神经网络、支持向量机等机器学习方法是今后虹膜识别中一个重要的研究课题。

#### 4.4 其它

在虹膜图像采集设备方面,更加人性化地减小用户的合作度,在不同光照环境下以及远距离、移动情况下清晰成像为虹膜采集设备的研究提出了新的挑战。另外,虹膜图像的质量评价以及活体虹膜识别也是虹膜识别技术中的重要研究内容。

### 5 结束语

虹膜识别技术是目前生物识别技术中易操作、精度高、最有发展前景的技术。虽然虹膜识别技术有了长足的发展,也有了较成熟的产品,但仍存在很多问题。本文对虹膜身份识别技术做了详细的阐述,并针对其存在的问题,分析了虹膜识别的发展趋势和研究方向。

再次感谢以下研究机构和人员提供他们的虹膜图像数据库供研究者共享:

- (1) 中国科学院自动化所(CASIA);
- (2) 葡萄牙贝拉地区大学社会实验室(UBIRIS);
- (3) 马来西亚多媒体大学(MMU);
- (4) Michal Dobeš, Libor Machala(UPOL)。

#### 参考文献:

- [1] ADLER F H. *Physiology of the Eye; Clinical Application (Fourth Edition)* [M]. London: The C V Mosby Company, 1965.
- [2] DAVSON H. *Davson's Physiology of the Eye (Fifth Edition)* [M]. London: Macmillan, Academic and Professional Ltd., 1990.
- [3] ROHEN J. *Morphology and Pathology of the Trabecular Meshwork, in the Structure of the Eye* [M]. New York: Academic Press, 1961.
- [4] SIRVAN O, KARLIK B, UGUR A. An efficient iris recognition for security purposes [C]. ICGST International Conference on Graphics, Vision and Image Processing, GVIP 05, 2005.
- [5] Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences. CASIA Iris Databases [DB/OL]. Version 1.0 [2004], Version 3

- [2006-6]. <http://www.cbsr.ia.ac.cn/IrisDatabase.htm>.
- [6] Social Lab.-Soft Computing and Image Analysis Group, Department of Computer Science, University of Beira Interior. UBIRIS: noisy visible wavelength iris image databases [DB/OL]. Version 1 [2004-09], Version 2 [2008-03-06]. <http://iris.di.ubi.pt>.
- [7] Multimedia University. MMU and MMU2 iris databases [DB/OL]. Version 1 [2004-09-25], Version 2 [2006-09-19]. <http://pesona.mmu.edu.my/~ccteo>.
- [8] DOBES M, MACHALA L. UPOL iris databases [DB/OL]. <http://phoenix.inf.upol.cz/iris>.
- [9] DAUGMAN J G. High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1993, 15(11): 1148-1161.
- [10] WILDES R P. Iris recognition: an emerging biometric technology [J]. *Proceeding IEEE*, 1997, 85(9): 1348-1363.
- [11] 王蕴红, 朱勇, 谭铁牛. 基于虹膜识别的身份鉴别 [J]. *自动化学报*, 2002, 28(1): 1-10.  
WANG Y H, ZHU Y, TAN T N. Biometrics personal identification based on iris pattern [J]. *Acta Automatica Sinica*, 2002, 28(1): 1-10. (in Chinese)

作者简介:程宇奇(1977—),女,吉林长春人,博士研究生,主要从事数字图像处理方面的研究。

E-mail:tkgg-cyq@tom.com

葛微(1982—),女,吉林柳河人,博士研究生,主要从事数字图像处理方面的研究。

E-mail:geweiciomp@163.com

陈彦平(1977—),男,吉林舒兰人,实验师,主要从事数字图像处理方面的研究。

## 向您推荐《液晶与显示》期刊

- 中国最早创办的液晶学科专业期刊
- 中国惟一的液晶学科和显示技术领域综合性学术期刊
- 中国物理学会液晶分会会刊,中国光学光电子行业协会液晶分会会刊
- 英国《科学文摘》(SA)、美国《化学文摘》(CA)、俄罗斯《文摘杂志》(PЖ)、美国《剑桥科学文摘》(CSA)、“中国科技论文统计源期刊”等20余种国内外著名检索刊物和文献数据库来源期刊
- 中文核心期刊,影响因子为1.156

《液晶与显示》由中国科学院长春光学精密机械与物理研究所和中国光学光电子行业协会液晶专业分会主办,科学出版社出版。

《液晶与显示》以研究报告、研究快报和综合评述等栏目集中报道国内外液晶学科和显示技术领域最新理论研究、科研成果和新技术,及时反映国内外本学科领域及产业信息动态,内容丰富,涵盖面广,信息量大,可读性强,是我国专业期刊发行量最大的刊物之一。

《液晶与显示》为双月刊,国内定价30.00元。国内邮发代号:12-203;国外发行代号:4868BM。

地址:长春市东南湖大路3888号

《液晶与显示》编辑部

邮编:130033

E-mail:yjxs@ciomp.ac.cn

国内统一刊号:CN 22-1259/04

国际标准刊号:ISSN 1007-2780

电话:(0431)6176059

网址:www.yejingyuxianshi.org