

基于线段提取的虹膜归一化方法

郭巧丽, 樊晓勇

(东北大学 东软信息学院 计算机系, 辽宁 大连 116023)

摘要:对虹膜图像进行归一化处理是虹膜识别系统中非常重要的一个环节。虹膜归一化的目的是将每幅原始图像调整到相同的尺寸和对应位置,从而消除平移、缩放和旋转对虹膜识别的影响。文中分析了虹膜内外圆不同心的原因,介绍了两种虹膜归一化方法,并着重描述了基于线段提取的虹膜归一化方法。这种方法采用若干条线段表示两个不同圆心圆周之间的区域,并且只有一种分析模型。实验表明基于线段提取的虹膜归一化方法可以起到很好的归一化效果。

关键词:虹膜;归一化;线段提取

中图分类号:TP18

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)04-0057-04

Iris Normalization Algorithm Based on Line Extraction

GUO Qiao-li, FAN Xiao-yong

(Computer Dept., Neusoft Institute of Information, Northeast University, Dalian 116023, China)

Abstract: Iris normalization is a very important part of iris recognition system. The purpose of iris normalization is to adjust every original picture to the same size, so that iris recognition can't be impacted by even move, zoom and revolve. The paper analyses the reason of ex-centric between outside circle and inside circle. It introduces two kinds of method about normalizing iris and describes the iris normalization algorithm based on line extraction. This kind of method adopts some lines to describe iris area and has only one analysis model. Through experiment find that the method can obtain good normalization effect.

Key words: iris; normalization; line extraction

0 引言

利用人体唯一和不变的生物特征进行身份识别是目前研究和应用的热点之一。指纹、视网膜、手形、签名和声音作为重要的生物特征已用于身份识别^[1-4],然而这些特征的识别方法或多或少给使用者带来了不便。虹膜识别以其对使用者影响小、准确性高^[5,6]等特点,越来越受到人们的关注。

在获取虹膜图像的过程中,受焦距、人眼的大小、眼睛的平移和旋转以及瞳孔的收缩等因素的影响,所得到的虹膜图像大小不同而且有旋转、平移等现象,为了便于进一步比较,一般的虹膜识别系统都要对虹膜进行校准与归一化处理。虹膜归一化的目的是将每幅原始图像调整到相同的尺寸和对应位置,从而消除平移、缩放和旋转对虹膜识别的影响。

1 虹膜内外圆不同心的原因

在采集得到的虹膜图像中,虹膜内外圆圆心不重

合的情况是非常多见的^[7],其原因可分为以下两种^[8]:

(1)由眼睛的生理结构决定的。眼科学研究表明,人眼的虹膜与瞳孔不是圆形,而是椭圆形或接近椭圆的不规则多边形。所以在用圆形对虹膜边缘进行拟合时,会出现内外圆心偏差。大量观察发现,由生理性原因造成的虹膜内外圆心偏差一般比较小。

(2)在采集过程中,由于眼球转动造成圆心偏差。因眼球是生物活体,在拍摄过程中不可能始终保持固定不动。由于摄像头微距拍摄时会出现“桶形失真”,当眼球转动一个微小角度时,虹膜图像就会产生很大的畸变,从而导致内外圆心的偏差,这样的偏差一般比较严重。在文中所涉及的模型是基于第一种情况来考虑的,第二种情况的处理较为复杂,宫雅卓^[8]等人对这种情况进行了较为详尽的分析。

2 Daugman 的橡皮纸模型

Daugman 的橡皮纸模型是普通使用的归一化方法,它是利用虹膜图像良好的极坐标特性,将圆环展开成长方形矩阵。Daugman 橡皮纸模型如图 1 所示^[6]。

将笛卡儿坐标系下的虹膜图像 $I(x, y)$ 转换到极

坐标系统 $I(r, \theta)$ 上, 转换公式为:

$$I(x(r, \theta), y(r, \theta)) \rightarrow I(r, \theta), r \in (0, 1) \quad (1)$$

由于虹膜的内外圆边界不是同心的, 所以这种极坐标变换也不是同心的。如图 2 所示, 设内圆圆心为 $I(I_x, I_y)$, 半径为 R_i , 外圆圆心为 $O(O_x, O_y)$, 半径为 R_0 , 根据 $I(I_x, I_y), O(O_x, O_y)$ 的相对位置, 可以分为几种情况^[9]:

$$\textcircled{1} I_x = O_x \quad (2)$$

$$\textcircled{2} I_x > O_x, I_y \geq O_y \quad (3)$$

$$\textcircled{3} I_x > O_x, I_y \leq O_y \quad (4)$$

$$\textcircled{4} I_x < O_x, I_y \geq O_y \quad (5)$$

$$\textcircled{5} I_x < O_x, I_y \leq O_y \quad (6)$$

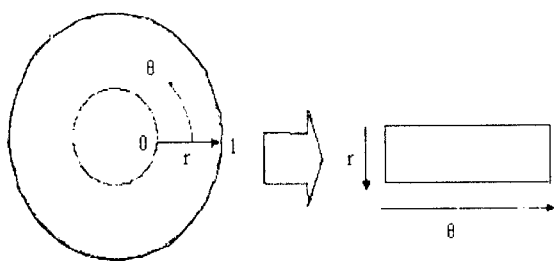


图 1 Daugman 的橡皮纸模型

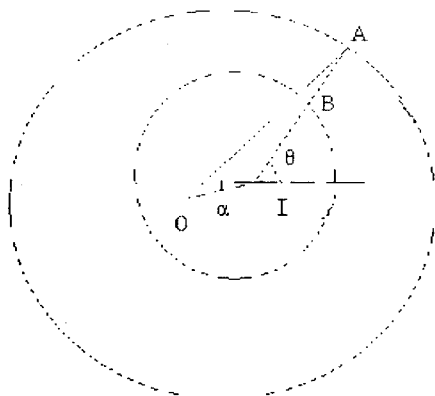


图 2 圆心校正模型

由图 2 易知, AB 两点间的部分就是虹膜区域的内容, 如果虹膜内外边缘不同心, 对于不同角度 θ 线段 AB 的值并不一样, 这对于描述虹膜中的纹理是很不利的, 对线段 AB 上任一点 C , 若以 $|AC|/|AB|$ 表示其长度, 则对于任何 θ , 虹膜区域的范围都在 $[0, 1]$ 之间。因此 AB 之间任意一点都可以用 $A(x_i(\theta), y_i(\theta))$ 和 $B(x_0(\theta), y_0(\theta))$ 的线性组合来表示:

$$x(r, \theta) = (1 - r)x_i(\theta) + r \times x_0(\theta) \quad (7)$$

$$y(r, \theta) = (1 - r)y_i(\theta) + r \times y_0(\theta) \quad (8)$$

式中 $(x(r, \theta), y(r, \theta))$ 为虹膜中的任一点的坐标, $(x_i(\theta), y_i(\theta))$ 为虹膜内边缘的坐标, $(x_0(\theta), y_0(\theta))$ 为虹膜外边缘的坐标, $r \in [0, 1], \theta \in [0, \pi]$ 。

Daugman 的橡皮纸模型的归一化方法虽然比较常

用, 但是原理比较复杂、不够直观, 而且要分 5 种情况进行分析, 效率不是很高。

3 基于线段提取的虹膜归一化方法

基于线段提取的虹膜归一化方法, 是采用若干条线段表示两个不同心圆周之间的区域, 只要规定这些线段上的点数就可以起到很好的归一化效果, 并且只有一种分析模型。

图 3^[10] 为基于线段提取的虹膜归一化的原理图, 两个不同心的虹膜内外圆分别为 c -pupil 和 c -iris, 圆心分别为 O_x 和 O_y 。

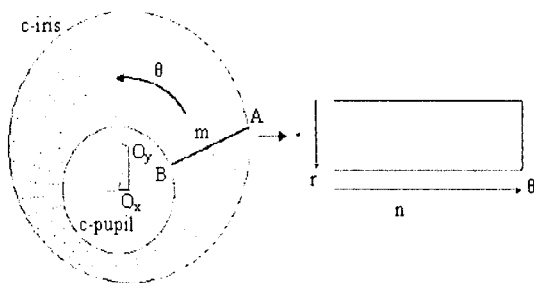


图 3 基于线段提取的虹膜归一化原理图

在图 3 中, 把环形部分展成一个大小为 $m \times n$ 的矩形, n 为角方向 θ 上的跨度, m 为径方向 r 上的跨度。把内圆 c -pupil 和外圆 c -iris 都在圆周上平分为 n 份, 将内外圆周上的点分别编号 B_j 和 A_j , 其中 $j = 1 \sim n$; 将 B_j 和 A_j 相连接, 组成线段 A_jB_j , 这样的线段一共有 n 条; 然后把线段 A_jB_j 平分成 m 份, 分别编号为 $C_{i,j}$ (表示第 j 条线段上的第 i 个点), 其中 $i = 1 \sim m$, 这样就可以把 n 条线段上的 $m \times n$ 个点对应的灰度值对应到 $m \times n$ 矩阵上的每一个元素。

假设已经得到的虹膜的内、外边界圆周的参数分别为: $(x_1, y_1, r_1), (x_2, y_2, r_2)$ 。把圆周平分为 n 份, 就是把角方向 $0 \sim 2\pi$ 均分为 n 份, 每一份为 $2\pi/n$, 这样点 B_j 的坐标为:

$$\begin{cases} x_{B_j} = x_1 + \cos \frac{2\pi j}{n} \\ y_{B_j} = y_1 + \sin \frac{2\pi j}{n} \end{cases} \text{ 其中 } 1 \leq j \leq n \quad (9)$$

同理点 A_j 的坐标为:

$$\begin{cases} x_{A_j} = x_2 + \cos \frac{2\pi j}{n} \\ y_{A_j} = y_2 + \sin \frac{2\pi j}{n} \end{cases} \text{ 其中 } 1 \leq j \leq n \quad (10)$$

由此可得线段 A_jB_j 的方程为:

$$y_j = \frac{y_{B_j} - y_{A_j}}{x_{B_j} - x_{A_j}}(x_j - x_{B_j}) + y_{B_j} \quad (11)$$

还可求得半径 r_j , 即为线段 A_jB_j 的长度:

$$r_j = \sqrt{(y_{B_j} - y_{A_j})^2 + (x_{B_j} - x_{A_j})^2} \quad (12)$$

把 r 平分为 m 份后,每份为 r/m ,若用 (x_{ji}, y_{ji}) 来表示第 j 条线段上第 i 个点的坐标,则线段 $A_j B_j$ 上的每个点的坐标为:

$$\begin{cases} x_{ji} = x_{A_j} + \frac{x_{B_j} - x_{A_j}}{m} \times i \\ y_{ji} = \frac{y_{B_j} - y_{A_j}}{x_{B_j} - x_{A_j}} (x_{A_j} + \frac{x_{B_j} - x_{A_j}}{m} \times i - x_{B_j}) + y_{B_j} \end{cases} \quad (13)$$

其中 $1 \leq i \leq m$ 。

通过以上公式,就可以把原图像中对应点的灰度值赋给 $m \times n$ 的矩形的相对位置上。

从环形虹膜图像中可以看出,虹膜图像的上、下部分多被眼皮遮挡,且多眼睫毛,这些部分虹膜纹理往往残缺不全。针对这一情况,将虹膜上、下半区的一部分按扇形去除。在文中将 θ 取值限定在 $(-45^\circ, 45^\circ) \cup (135^\circ, 225^\circ)$ 的范围内,把虹膜外边界的圆心作为扇形区域的圆心。另外,从虹膜图中可以看出,虹膜纹理多集中在虹膜内半圆环,外半圆环的细节不够,对识别的意义不大,因此选择虹膜的内半圆环进行识别,这样也减少了计算量,即新的虹膜外半径为:

$$r = (r_1 + r_2)/2 \quad (14)$$

分别对图4中的左右两个扇形区域采用基于线段提取的虹膜归一化方法,实验表明,这种方法能有效去除噪声的影响,并且能提高计算效率。

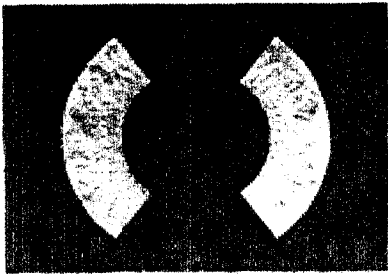


图4 选择后的虹膜区域
归一化后的图像如图5所示。



图5 虹膜归一化后的图像

在虹膜图像展开的过程中,必然会出现新的图像中某些点无法与原图像中的点进行匹配的情况,通常情况下应进行插值处理。对整个识别过程而言,这样的处理并不影响准确性。首先,每个人的虹膜都经过同样的插值变换过程,这种影响即使有也几乎是等同的;其次,每个人的训练样本和测试样本都是在这一变

换前提下生成的,测试时匹配的虹膜样本也是经过与库中图像相同的变换,而这种变化不影响特征的稳定性。

在图像采集的时候,由于设备的原因,使得虹膜图像上的光照不能完全均匀分布,这样将会影响纹理分析的效果,为了更好地提高识别效果,对展开后的虹膜图像进行了局部的直方图均衡化,从而实现了图像增强,减少了非均匀光照的影响。

换言之,前述变换生成一幅图像,该图像的灰度级较为均衡化,且覆盖了整个范围 $[0, 1]$ 。均衡化处理的最终结果是一幅扩展了动态范围的图像,它具有较高的对比度。

增强后的图像如图6所示。

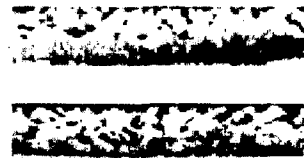


图6 图像增强的结果

4 算法实现

实验中以内圆圆心为中心,以虹膜的宽度为半径建立极坐标系,将虹膜在极坐标系 (ρ, θ) 下展开成为横坐标为 θ 、纵坐标为 ρ 的 512×128 的矩形区域,使用极坐标的优点是:眼睛旋转的变化,可以转变为 θ 方向的平移,简化了处理步骤。设要展开的图像的长为 n ,宽为 m 。归一化和展开的过程可以用伪代码描述如下:

- 1) 创建用于存储展开图像的新文件,填写描述文件格式的各种信息。
- 2) 确定要归一化的区域: θ 取值限定在 $(-45^\circ, 45^\circ) \cup (135^\circ, 225^\circ)$ 的范围内, $r = (r_1 + r_2)/2$ 。
- 3) 将选择的左右扇形分别均分为 n 份,利用之前求出的内外圆圆心坐标,求出 A_j 点和 B_j 点的坐标。
- 4) 根据求出的 A_j 点和 B_j 点坐标,求出线段 $A_j B_j$ 的表达式和线段 $A_j B_j$ 的长度 r_j 。
- 5) 将 r_j 平均分为 m 份,求出线段 $A_j B_j$ 上的每个点的坐标。
- 6) 找到与每个点坐标最接近的4个点,求出该点的双线性内插值。
- 7) 在新图像中写入该点的双线性内插值。
- 8) 对归一化后的图像进行灰度直方图均衡化。

5 实验结果

表1是对获得的10幅同一个体的虹膜图像和10

表 1 两个虹膜之间的海明距离

同一虹膜的 Hamming 距离	不同虹膜的 Hamming 距离
0.1671	0.4427
0.1967	0.4240
0.1868	0.3650
0.1844	0.4289
0.1721	0.3685
0.1873	0.4324
0.1809	0.3899
0.1823	0.4140
0.1991	0.3987
0.1745	0.4862

幅不同个体的虹膜图像进行实验,求得海明距的结果。

同一虹膜的 Hamming 距离的平均值为 0.1831,不同虹膜的 Hamming 距离平均值为 0.4150,二者有明显的差异。

6 结束语

文中介绍了基于线段提取的虹膜归一化方法,并跟 Daugman 的橡皮纸模型进行了比较。实验表明:基于线段提取的虹膜归一化方法比较直观,容易理解,并且只有一种分析模型,简化了算法。在 20 个虹膜样本的实验中,识别率可以达 95.8%,这一点跟采用

Daugman 的橡皮纸模型相差无几。

参考文献:

- [1] Miller. Vital signs of identity[J]. IEEE pectrum, 1994, 31: 22 - 30.
- [2] 吴教育,曾东海. 基于指纹识别的网络身份认证系统[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(1): 170 - 171.
- [3] 严民军,汪云九. 虹膜的计算机识别原理[J]. 生物化学与生物物理进展, 2000, 27(4): 348 - 350.
- [4] 朱 勇. 基于生物特征的身份鉴别研究[D]. 北京:中科院自动化研究所, 2000.
- [5] Daugman J G. High confidence visual identification of person by a test of statistical independence[J]. IEEE Trans Pattern Anal Machine Intell, 1993, 15(11): 1148 - 1161.
- [6] Daugman J G. Biometrical Personal Identification System Based on Iris Analysis[P]. US: Patent 5291560, 1994.
- [7] 何家峰,廖曙铮,叶虎年,等. 虹膜定位[J]. 中国图象图形学报, 2000, 5(3): 252 - 255.
- [8] 宫雅卓,谭南虹,施鹏飞. 虹膜纹理归一化的圆心偏差校正算法[J]. 上海交通大学学报, 2004, 38(4): 578 - 582.
- [9] 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.
- [10] 李翔荣. 虹膜识别算法的研究和实现[D]. 成都:电子科技大学, 2006.

(上接第 56 页)

为了减少定义硬件接口,外部硬件在数码管前端设计了 74LS248 芯片,它能把 BCD 码译成数码管的具体码段,从而实现正确显示。因为代数、最优解和城市编号分别需要 3 个、4 个和 2 个数码管,这样外部硬件接口可由 63 个减少到 36 个。硬件实现流程框图如图 4。

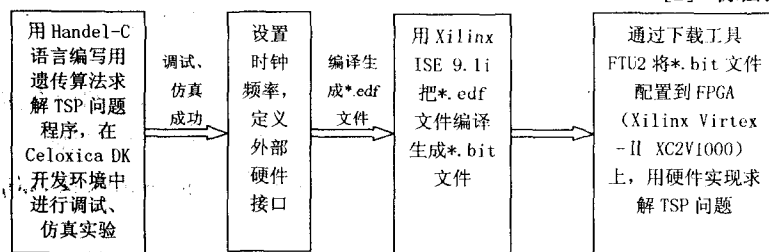


图 4 硬件实现流程框图

6 结束语

遗传算法是模拟生物进化过程的计算模型,是一种鲁棒性强的启发式全局优化搜索算法,主要适用处理传统搜索方法难以解决的复杂问题、非线性问题和并行处理问题,在组合优化领域得到广泛的研究。文中利用遗传算法来求解 TSP 问题,采用 Handel-C 语言编程,在 FPGA 上实现了对 TSP 问题的求解,有效

地缩短了系统运行周期,提高了系统的实时响应能力。

参考文献:

- [1] 王宇平,李英华. 求解 TSP 的量子遗传算法[J]. 计算机学报, 2007, 30(5): 748 - 755.
- [2] 陈国良,庄镇泉,王煦法,等. 遗传算法及其应用[M]. 北京:人民邮电出版社, 1996.
- [3] 杨 益,方潜生. 基于 Handel-C 语言的 FPGA 设计[J]. 微机发展(现更名:计算机技术与发展), 2004, 14(12): 99 - 102.
- [4] Handel-C Language Reference Manual[S]. [s.l.]: Celoxica, 2003.
- [5] DK Design Suite User Manual[S]. [s.l.]: Celoxica, 2003.
- [6] 杨 益,方潜生. 基于 Handel-C 的伪随机数发生器的设计与实现[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(12): 124 - 126.
- [7] 蒋亚平,李 涛,梁 刚,等. 一种基于免疫原理求解 TSP 问题的模型[J]. 计算机工程, 2006, 32(15): 165 - 167.
- [8] 杨 辉,康立山,陈毓屏. 一种基于构建基因库求解 TSP 问题的遗传算法[J]. 计算机学报, 2003, 26(12): 1753 - 1758.
- [9] 杨 益,方潜生,汪力君. 基于 Handel-C 的硬件优化设计[J]. 安徽建筑工业学院学报, 2005, 13(6): 56 - 58.