

融合肤色信息和椭圆环模板的人脸检测^①

徐 艳

(临沂大学 信息学院, 临沂 276000)

摘要: 融合肤色信息和人脸轮廓信息, 提出了一种新颖的基于肤色信息和人脸轮廓的人脸检测算法。首先利用改进的肤色提取算法对肤色进行分割, 分析肤色区域, 找出备选人脸; 然后对备选人脸区域进行边缘检测, 根据边缘检测点进行人脸轮廓特征的匹配, 找出人脸的准确位置, 并利用马赛克模板排除虚假人脸。实验结果表明, 该算法具有较高的准确率, 检测速度快, 并能检测具有一定角度的人脸。

关键词: 人脸检测; 肤色模型; 边缘检测; 椭圆环模板; 马赛克模板

Face Detection Through Color Information and Elliptical Ring Template

XU Yan

(College of Information, Linyi University, Linyi 276000, China)

Abstract: Through color information and face contour information, this paper proposes a new feature extraction method based on color information and face contour. First of all, color regions are segmented by using improved color extraction algorithm, and analyzed in order to find candidate faces. Then edges of these candidate faces are detected, in accordance with edge detection points. They are matched with characteristics of face contour to identify the exact location. Finally, false faces are excluded by using mosaic template. Experimental results show that the algorithm has higher accuracy rate, high detection speed, and can detect faces of a certain point of view.

Key words: face detection; skin model; edge detection; elliptical ring template; mosaic template

1 引言

人脸检测的目的是判断图像中是否存在人脸, 并确定人脸的个数、大小及位置。人脸检测在视频监控、人机交互、人脸识别和人脸图像数据库管理等应用中起着非常重要的作用, 是自动人脸识别系统的第一步。尽管人脸是人类视觉中最普遍的模式之一, 但是计算机在静态图像或视频列中检测人脸却是一项困难的任务, 这主要是因为: (1) 图像中人脸数目和尺寸的不确定性; (2) 面部姿态和表情的多样性; (3) 光照条件的多变性; (4) 成像背景的复杂性。早期人脸检测的方法大致可分为基于知识的方法、基于特征的方法和模板匹配的方法。由于利用肤色信息能够快速定位人脸区域, 国内外已有一些将肤色信息和其他方法相结合的人脸检测方法^[6-8]。

本文提出的融合肤色信息和椭圆环模板的人脸检测算法检测速度快, 准确率高, 并能检测有一定角度的人脸。

2 肤色分割

2.1 肤色提取

肤色是人脸的重要信息, 不依赖于面部的细节特征, 对于旋转、表情等变化情况都能适用, 具有相对的稳定性, 并且和大多数背景物体的颜色相区别。Anil K. Jain 采用非线性分段肤色分割得到肤色区域在 C_b 、 C_r 空间中近似于椭圆, 可用如下公式表示:

$$\frac{(x - ec_x)^2}{a^2} + \frac{(y - ec_y)^2}{b^2} = 1 \quad (1)$$

$$a=25.39, \quad b=14.03, \quad ec_x=1.60, \quad ec_y=2.41。$$

① 收稿时间:2011-03-29;收到修改稿时间:2011-04-28

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Cb - cx \\ Cr - cy \end{bmatrix} \theta = 2.53$$

cx=109.38, cy=152.02,

若大于 1 则不是肤色, 否则为肤色。

Anil K.Jain 的 Cb、Cr 椭圆聚类方法肤色分割效果较好, 但是对于亮度较低的区域容易误判为肤色, 对于亮度较高的肤色区域会误判为非肤色区域。本文针对 Anil K. Jain 的 Cb、Cr 椭圆聚类方法肤色分割的缺点, 首先对亮度信息进行分段判断, 这样克服了在高亮度区域和亮度较低的区域中存在的不足。通过多次实验统计表明, 对于亮度小于 80 的非肤色像素点会误判为肤色点, 比如眼睛区域等; 对与大于 230 的肤色像素点会误判为非肤色点 (如图 1 所示)。因此采用如下分段方法:

- 1) 对于亮度低于 80 的像素点直接判决为非肤色像素点;
- 2) 对于亮度在 80—230 之间的像素点采用肤色的椭圆聚类方法;
- 3) 对于亮度大于 230 的像素点进行判决时, 将肤色的聚类时的椭圆的长短轴同时扩大为原来的 1.1 倍。



图 1(a)原图象(b)Anil K.Jain 的方法(c)本文的方法

图 1(c)与图 1(b)比较, 在人眼区域此图有更好更细致的检测效果。实验结果表明, 本文的方法较之其它的肤色提取方法在人的五官部分有更好更细致的检测效果。

2.2 肤色区域分析

人脸肤色建模是根据皮肤颜色来确定的, 有可能把脖子、肩膀、手臂等肤色区域或是与肤色相近的其他物体也包括了进去, 所以得到的只能是人脸的大致区域, 为了排除非人脸区域, 依据人脸区域的空间特征, 本文选取了连通区域像素数、区域填充率和长宽比判断因素, 得到的人脸候选区域 (如图 2 所示)。

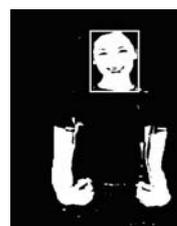


图 2 人脸候选

3 边缘检测

传统的二维图像计算方法是使用模板在每个图像点的相邻区域里进行卷积运算, 如 Roberts, Prewitt, Sobel 和 Laplacian 算子的计算。

这些算法的主要缺点是对噪声敏感, 而在实际图像中噪声是难以避免的。将 Roberts, Prewitt, Sobel, Laplacian 算子的二维边缘检测算子取一个方向算子实际上就是改进的一维梯度边缘检测算子。本文采用局部运算方法, 对于肤色分割后的区域的灰度图像首先进行边缘提取。对于图像中的一点(x, y), 其梯度 f 可分为水平方向的梯度和垂直方向的梯度。水平方向的梯度为: $f_x = I(x+1, y) - I(x, y)$, 其垂直方向梯度: $f_y = I(x, y+1) - I(x, y)$ 。

实际运用时常用小区域模板卷积来近似计算。对 f_x 和 f_y 各用一个模板, 用两个模板组合起来构成一个梯度算子。

对于边缘提取后的图像中有许多不连续的小的线段, 要先进行连接, 之后的线段进行判断若线段的长度小于一定的数目则认为不是人脸的边缘舍去。图 3 为对肤色分割后的图像进行边缘检测实例。

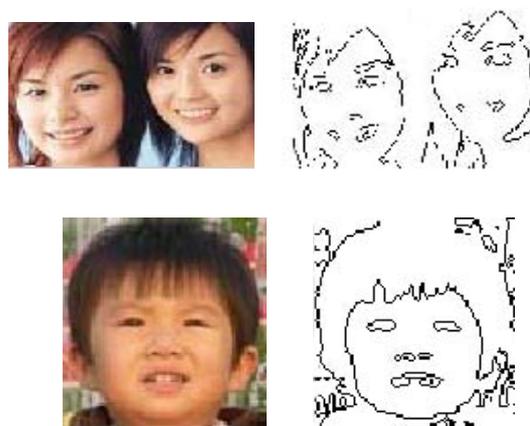


图 3 边缘检测部分实例

4 人脸轮廓特征提取及图像归一化

人的脸部和头部的轮廓可以被近似地看作椭圆形，因此在检测质量良好的边缘图像中，人的脸部和头部轮廓可以看作类椭圆。人脸的椭圆环模板就是把人脸的轮廓看成一个椭圆，用两个同心的椭圆组成一个椭圆环，用这个椭圆环去和人脸的轮廓线进行匹配来判断是人脸还是非人脸。

4.1 椭圆环模板

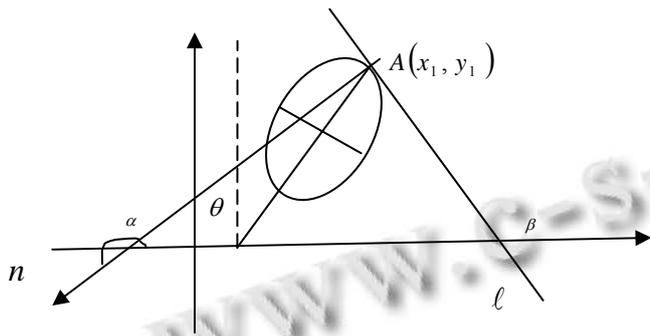


图 4 圆心在任一点的椭圆

椭圆的标准方程可以描述为

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (2)$$

若圆心在 (x_0, y_0) 处的方程为:

$$\frac{(x-x_0)^2}{a^2} + \frac{(y-y_0)^2}{b^2} = 1 \quad (3)$$

当椭圆长轴与 Y 轴的夹角等于 θ 时，椭圆边界上的任意一点的方程为:

$$\frac{[(x-x_0)\cos\theta - (y-y_0)\sin\theta]^2}{a^2} + \frac{[(x-x_0)\sin\theta + (y-y_0)\cos\theta]^2}{b^2} = 1 \quad (4)$$

$$\tan \beta = \frac{(b^2 \cos^2 \theta + a^2 \sin^2 \theta)(x-x_0) + (a^2 \sin \theta \cos \theta - b^2 \sin \theta \cos \theta)(y-y_0)}{(b^2 \sin \theta \cos \theta - a^2 \sin \theta \cos \theta)(x-x_0) - (b^2 \sin^2 \theta + a^2 \cos^2 \theta)(y-y_0)} \quad (7)$$

$$\Psi_B = a \tan \left(\frac{(b^2 \cos^2 \theta + a^2 \sin^2 \theta)(x-x_0) + (a^2 \sin \theta \cos \theta - b^2 \sin \theta \cos \theta)(y-y_0)}{(b^2 \sin \theta \cos \theta - a^2 \sin \theta \cos \theta)(x-x_0) - (b^2 \sin^2 \theta + a^2 \cos^2 \theta)(y-y_0)} \right) \quad (8)$$

假定 B 位于一个和椭圆环同心并且和外椭圆具有相同长短轴比的椭圆上，则可以通过式 (8) 确定 β_B 。通过边缘检测，我们可以计算出 α 和相应的 φ_B ，当

在一个标准的椭圆上任意选择边缘点 $A(x_1, y_1)$ ，如图所示。过 A 作椭圆的切线 ℓ ， β 是 ℓ 的倾角，确定了椭圆方程和点 A，则确定了角 β 。

设 A 点的边缘梯度方向为 n，且 n 与横轴正方向的夹角为 α ，令 $\varphi = \begin{cases} \alpha, & \alpha \leq \pi \\ \alpha - \pi & \alpha > \pi \end{cases}$ ，可以证明

φ 和 β 的夹角满足式 (5)。设椭圆上有 N 个边缘点，则有式 (6) 成立。

$$|\varphi - \beta| = \frac{\pi}{2} \quad (5)$$

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| |\varphi - \beta| - \frac{\pi}{2} \right| = 0 \quad (6)$$

此时椭圆上的任一点的切线与 X 轴的夹角的正切 $\tan \beta$ 如公式 (7)。

设 a 和 b 分别是椭圆环外椭圆的短半轴和长半轴，对于椭圆环内任意边缘点 $B(x_1, y_1)$ (如下图 5 所示)。

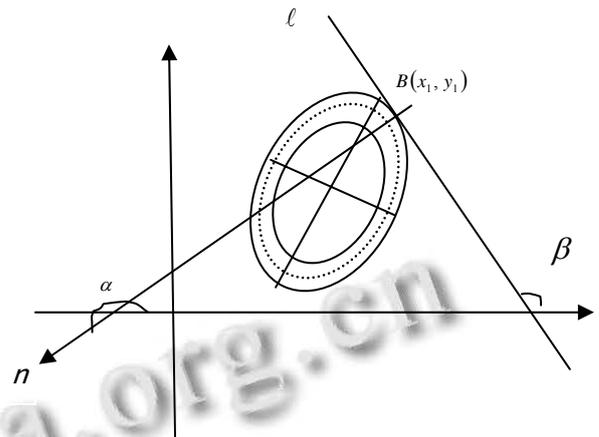


图 5 椭圆环示意图

$\left| |\varphi_B - \beta_B| - \frac{\pi}{2} \right| \rightarrow 0$ 对于椭圆环内的所有边缘点成立时，则可以认为这些边缘点围成了一个类椭圆。因此，

我们按照式(6)的左边计算表示人脸轮廓模式的特征,它以累计误差的形式反映了椭圆环区域内边缘点做成类椭圆的程度。

4.2 匹配时的几个约束条件

1) 首先要计算椭圆环内的边缘的点数 N_1 , 如果 N_1 小于 N_0 , 则认为是非人脸不进行计算。

2) 其次计算椭圆内的总点数 N , 若 $N_1/N < \omega$, 则认为是非人脸不进行计算。

3) 若符合(1)(2)则计算该点处的 α 和相应的 φ_B 以及 β_B , 并将椭圆环上所有的点计算出的值累加并按公式(6)进行匹配。

在 ORL 人脸库上进行学习得到其阈值如下:

N_1/N 在 $[0.14, 0.32]$ 之间, N_0 最小值是 118^[9]。

4.3 脸图像归一化

不同的人脸可能具有不同的脸宽及不同的脸长。因为学习时的人脸规格为 20×20 的固定大小, 为了对不同的人脸进行特征提取后能正确地识别, 人脸的大小必须与学习时的人脸规格大小一致, 所以必须对检测到的人脸图像进行尺寸归一化。

4.4 于马赛克模板的虚假人脸的排除

椭圆环模板匹配法虽然有较高的准确率, 但虚警率也很高, 为了降低虚警率采用马赛克模板排除虚假人脸:

1) 对于大于 50×50 的人脸, 判断其眼睛和嘴区域非肤色相素占人脸区域的比例, 人脸区域左右近似对称, 非肤色相素数目差值不大;

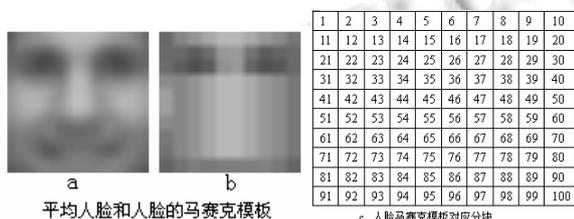


图 6 训练的平均人脸和对应的马赛克模板及其分块

2) 对于小于 50×50 人脸, 人脸平均图像如图 6(a) 所示, 将人脸分为 100 块以每块中的平均值替代块中的各相素, 如图 6(b)。从图中能够非常容易看出人眼区域的灰度特征非常明显。对于找出的人脸图像, 若对应的区域块的灰度值与平均图像对应的块的灰度

值相差较大, 则认为是非人脸^[11]。

5 验结果与分析

表 1 统在 ORL 库和自建图像库上测试结果

	人脸库	总人脸	正确数	共检数	正确率	虚警率
灰度图像	ORL 人脸库	400	388	388	0.97	0
彩色图像	自建数据库	300	276	332	0.92	0.16

从实验结果看, 基于人脸特征的方法具有较高准确率的同时也有较高的虚警概率, 但检测速度快, 并且能够检测有一定角度的人脸。图 7 为检测的部分实例:

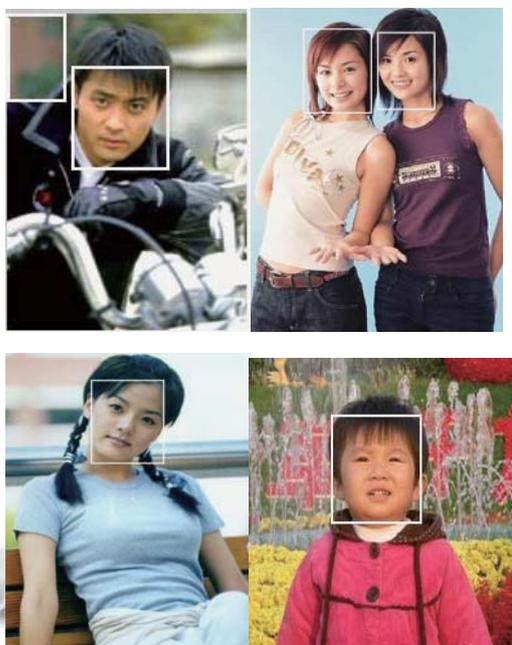


图 7 检测的部分实例

6 结论

本文提出了一种新颖的基于肤色信息和人脸轮廓特征的人脸检测算法。融合多源信息进行目标检测和人类生物视觉的机理是一致的。该算法首先通过肤色提取找出备选人脸区域, 然后对备选人脸区域进行边缘检测, 根据边缘检测点进行椭圆环模板特征的匹配, 找出人脸的准确位置, 最后利用马赛克模板排除虚假人脸。今后的工作中, 进一步改进融合算法的结构, 提高算法精度。

(下转第 104 页)

网络聚类算法对数据集聚类边缘样本或噪声的敏感性,提出一种半监督的人工免疫网络聚类方法。该方法使用成对约束信息指导抗原-抗体亲和度计算、网络抑制和记忆网络分割的过程,可有效抑制聚类边缘处的样本或噪声对免疫网络的激活能力,使得记忆网络的边界更加清晰、记忆网络分割的依据更加充分合理,因此,聚类精度、效率和有效性均得到了明显的改善。

参考文献

- 1 De Castro LN, Von Zuben FJ. aiNet: An Artificial Immune Network for Data Analysis. In Data Mining: A Heuristic Approach. USA: Idea Group Publishing, 2001: 231-259.
- 2 焦李成,杜海峰,刘芳,公茂果.免疫优化——计算、学习与识别.北京:科学出版社,2006.
- 3 李昆仑,曹铮,曹丽苹,张超,刘明.半监督聚类若干新进展.模式识别与人工智能,2009,22(5):735-742.
- 4 李洁.基于自然计算的模糊聚类新算法研究.西安:西安电子科技大学,2004.
- 5 de Castro LN, Von Zuben FJ. An Evolutionary Immune Network for Data Clustering. Proc. of IEEE SBRN, 2000,17(2):84-89.
- 6 钟将,吴中福,吴开贵,欧灵.基于人工免疫网络的动态聚类算法.电子学报,2004,32(8):1268-1272.
- 7 Bezerra GB, Barra TV, de Castro LN, Von Zuben FJ. Adaptive Radius Immune Algorithm for Data Clustering. ICARIS 2005, 2005,(2):290-303.
- 8 Li J, Gao XB, Jiao LC. A Novel Clustering Method with Network Structure Based on Clonal Algorithm. ACTA Electronica Sinica, 2004,7:1115-1118.
- 9 肖宇,于剑.基于近邻传播算法的半监督聚类.软件学报,2008,19(11):2083-2813.

(上接第90页)

参考文献

- 1 Campadelli P, Lanzarotti R. A Feature-based Face Recognition System. Proc of ICIPA IEEE, 2003:707-723.
- 2 Rowley HA, Baluja S, Kandade T. Neural Network-Based Face Detection, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998,20(1):23-38.
- 3 Garcia C, Tziritas G. Face detection using quantized skin color regions merging and Wavelet packet analysis. IEEE Transactions on Multimedia, 1999,1(3):264-277.
- 4 Liu CJ. A Bayesian Discriminating Features Method for Face Detection. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, June 2003,725-740.
- 5 Hsu RL, Jain AK. Face Detection in Color Images IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, may 2002.
- 6 汪孔桥.数字图像的质量评价.测控技术,2000,19(5):14-16.
- 7 Eskicioglu AM, Fisher PS. Image measures and their performance Image. IEEE Transactions Communications, 1995,43(12):2959-2965.
- 8 Yang G. Human face detection in a complex background. Pattern Recognition, 1994,27(1):53-63.
- 9 方昱春,王蕴红,谭铁牛.融合人脸轮廓和区域信息改进人脸检测.计算机学报,2004,27(4):482-491.
- 10 梁路宏,艾海舟,肖习攀.基于模板匹配与支持矢量机的人脸检测.计算机学报,2002,1(25):22-29.
- 11 黄金海.彩色图像中的正面人脸检测[硕士学位论文].西安:西安电子科技大学,2004.
- 12 Graf HP, Cosatto E, Gibbon D, Kocbeisen M, Petajan E. Multimodal System for Locating Heads and Faces. Proceedings of Second international Conference, Automatic Face and Gesture Recognition,1996,89-93.
- 13 Crowley JL, Bedrune JM. Integration and Control of Reactive Visual Processes. Proc. 3rd European Conf. Computer Vision,1994,1(2):47-58.