

## 基于差分 and 肤色图像的人脸检测算法

张 宇

(成都航空职业技术学院计算机工程系 成都 610061)

**【摘要】**提出并实现了一种基于差分 and 肤色图像的人脸检测算法。该算法利用视频图像的运动信息,在帧间差分的基础上进行二值图像边缘提取,确定目标在原图像中坐标位置,然后设计肤色模型表征人脸颜色,采用彩色图像的色系坐标变换进行人脸的准确定位。该算法的优点是可将运动信息序列图像中与人脸肤色相似的固定区域删除,在目标跟踪和运动检测上,不仅能有效地抑止背景噪声,减少误检率,而且还能缩小人脸检测范围,加快检测速度。实验表明,该算法可行、有效。

**关键词** 差分图像; 人脸检测; 目标跟踪; 肤色模型

中图分类号 TP391.41 文献标识码 A

## Facial Feature Locating Algorithm Based on Inter-Frame-Differential and Skin Color-Space Segmentation

ZHANG Yu

(Dept. of Compute Engineering, Chengdu Aeronautic Vocational & Technical College Chengdu 610061)

**Abstract** In this paper, we proposed a facial feature locating algorithm based on inter-frame-differential and skin color-space segmentation. First, we utilize the moving information to calculate the binary inter-frame differential image and extract edge and locate a gross position of the target. Secondly, we design the skin color model and use the color space transform to accurately locate human-face. using inter-frame-differential algorithm can remove possible disturbing background in complicate environment which is quite possible in application, Using skin-color can further restrict the interest region to face. Doing feature extraction after the two-step preprocessing could not only remove environmental noise and decrease false identification, but also, as it largely down-size the searching-area, it actually increased the total processing speed. The results of the applications show that based on inter-frame-differential and skin color-space algorithm is practical and efficient.

**Key words** inter-frame differential image; face detection; object tracking; skin-color model

人脸识别包括人脸检测、人脸图像预处理、人脸特征提取和人脸识别等过程。人脸检测是指在输入图像中确定人脸的位置与大小。人脸检测的质量影响人脸识别的其他过程以及整个人脸识别的效果,在人脸识别过程中显得尤为重要。近年来,电子商务等网络资源的利用使得可视电话、视频会议、多媒体教学等快捷便利的交流方式成为时尚,如何实时实现复杂背景下对人脸检测和识别已成为人脸识别研究的热点<sup>[1]</sup>。目前,已有神经网络算法、基于Hough变换或可适应的Hough变换逼近、小波变换、镶嵌图方法、颜色纹理规则等多种人脸检测方法<sup>[2-6]</sup>。这些方法是针对静态图像的基于人脸特征的统计与结构分析方法,虽具有一般性,但分析计算量大,对噪声敏感,性能不稳定,难以实时检测。本文提出了一种基于差分 and 肤色图像

收稿日期: 2004-09-28

作者简介: 张 宇(1962-),女,硕士,副教授,主要从事模式识别和计算机视觉方面的研究。

的人脸检测算法, 该算法对人脸的检测与识别, 在安全检测、保管理、视频会议等实用环境中较好的应用前景。

## 1 图像预处理技术

### 1.1 差分图像处理

差分图像处理的基本原理是将检测区里的经过灰度变换的图像在图像空间域上与背景图像进行差分, 可以表示为:

$$Df_i, f_j(x, y) = f(x, y, t_i) - f(x, y, t_j) \quad (1)$$

式中  $f(x, y, t_i)$ ,  $f(x, y, t_j)$  分别为  $t_i$  与  $t_j$  时刻在  $(x, y)$  位置像素点的亮度值, 其大小在0到255之间。 $f(x, y, t_i)$  和  $f(x, y, t_j)$  在  $(x, y)$  位置像素点亮度的显著性差异为:

$$\frac{\left[ \frac{s_i + s_j}{2} + \left( \frac{m_i - m_j}{2} \right)^2 \right]^2}{s_i s_j} > t \quad (2)$$

式中  $m_k$  和  $s_k$  ( $k = i, j$ ) 是  $f(x, y, t_k)$  在  $(x, y)$  的某小邻域  $Q(x, y)$  内的均值和方差,  $t$  是门限。若式(2)成立, 则  $f(x, y, t_i)$  和  $f(x, y, t_j)$  的亮度在  $(x, y)$  位置有显著性差异, 取  $Df_i, f_j(x, y) = 1$ ; 若式(2)不成立, 则取  $Df_i, f_j(x, y) = 0$ 。

基于这种差分技术, 假设背景静止不动, 而人脸不停地运动, 人脸的位置可以通过简单的帧相减等技术轻易得到。

### 1.2 YCbCr 色彩系统

目前多数的图像采集设备所使用的是RGB色彩空间, 而这种彩色空间不利于肤色分割, 因为肤色要受到亮度的影响, 为了消除光照因素的影响, 在肤色分割中本文选择了YCrCb颜色模型, 它有将亮度分离的优点, 聚类特性比较好。RGB色彩系统与YCbCr色彩系统的转换关系如下:

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0 & 0.587 & 0 & 0.114 & 0 & 0 \\ -0.168 & 7 & -0.331 & 3 & 0.500 & 0 & 128 \\ 0.500 & 0 & -0.418 & 7 & -0.081 & 3 & 128 \\ 0 & & 0 & & 0 & & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1.402 & 0 & 0 \\ 1 & -0.344 & 1 & -0.714 & 1 \\ 1 & 1.772 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ Cb - 128 \\ Cr - 128 \end{bmatrix} \quad (4)$$

式(3)和(4)中,  $Y$ 为亮度,  $Cr$ 和 $Cb$ 分量分别表示红色和蓝色的色度。

## 2 算法实现

### 2.1 图像预处理

通常相对背景的人总是在运动的, 图像预处理的目的是利用视频图像的差分技术, 完成对运动区域的定位。人脸图像预处理的实现方案是先摄制一幅无人的背景图像储存起来(如图1a所示), 然后根据摄像头拍摄的有人的当前图像与背景图像的差别, 确定出人脸可能出现的部分, 再根据启发性的知识检测出人脸的位置。图像预处理过程包括3个步骤。

- 1) 将背景图像(图1a)与当前图像(图1b)相减。
- 2) 自动选取适当的阈值, 将差分图像二值化, 得到二值图像(图1c)。
- 3) 在帧间差分的基础上进行二值图像边缘提取, 确定出人脸在当前图像中的坐标位置, 并用矩形框进行标记(图1d)。

图像预处理过程如图1所示。

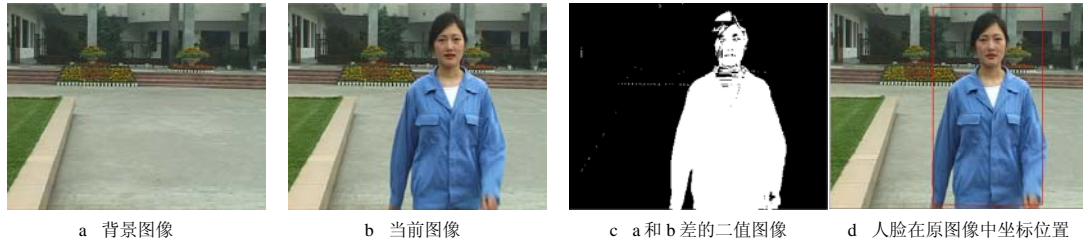


图1 对图像进行的预处理

### 2.2 人脸定位

人脸定位是完成对需定位的人脸运动区域进行肤色检测。在肤色分割阶段,采用YCrCb色度空间,能较好地获取肤色区域,排除一些类似人脸肤色的非人脸区域,并使用投影法正确标记人脸。人脸定位过程包括5个步骤。

1) 相似度计算,方法是定义  $r = R / (R + G + B)$  和  $b = B / (R + G + B)$ ,把三维RGB降为二维,在二维平面上,肤色的区域相对集中,根据肤色在色度空间的高斯(Gauss)分布,将彩色图像中的某个像素从RGB色彩空间变换到YCbCr空间,可以计算出该像素点属于肤色区域的概率,即根据该像素点离高斯分布中心的远近程度得到一个与肤色的相似度(图2a是待检测区域的相似度),相似度计算公式为:

$$P(r, b) = \exp[-0.5(x - m)^T C^{-1}(x - m)] \tag{5}$$

式中  $M$ 为均值;  $C$ 为方差。

- 2) 选择适当的阈值,对图像中的待检测区域进行二值化处理。
- 3) 对二值图像作形态学处理,利用圆形结构元素作膨胀变换,抹掉细节,使图像平滑。
- 4) 用直方图方式对二值图像进行垂直投影和水平投影,如图2b和图2c所示。

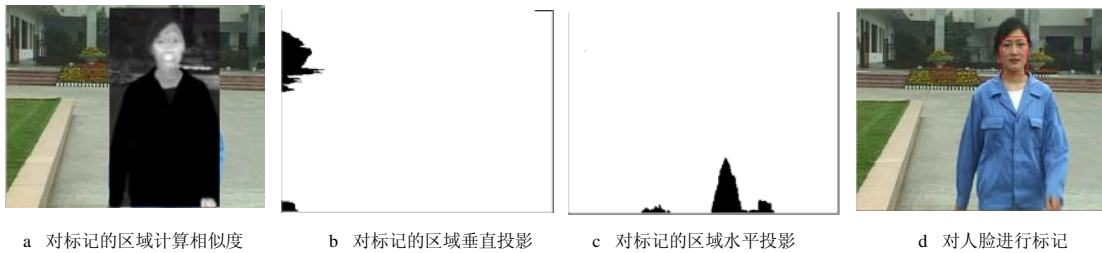


图2 对标记的区域进行人脸定位

投影法是根据图像在一些方向上的投影的分布特征对图像进行检测,本质上是一种统计方法。投影为分垂直投影和水平投影,其过程是先用垂直投影确定头部的左右两界left和right。然后用由左右两界限定的人脸图像的列的水平投影确定头部的上下两界vertex和chin,统计出人脸图像中每列及每行某区间中非零像素点的数目。水平投影的关键是根据某行非零像素和头部的刚性特征找出头顶的位置(vertex)。设二值图像为  $f(x, y)$ ,大小为  $M \times N$ ,非零像素值为  $T$ ,记第  $i$  列的非零像素点的数目为  $xs[i]$ ,设第  $j$  行在由left和right两界限定的区域的非零像素点的数目为  $ys[j]$ ,则:

$$\begin{cases} xs[i] = \sum_{j=0}^{M-1} f(i, j) / T & i = 0, 1, \dots, N - 1 \\ ys[j] = \sum_{i=left}^{right-1} f(i, j) / T & j = 0, 1, \dots, M - 1 \end{cases} \tag{6}$$

- 5) 根据投影结果,对人脸用矩形框进行标记,如图2d。

## 3 实验结果分析

本课题的研究软件用VC++编程语言编写,并在复杂背景中固定摄像机并以25 帧/s 采集视频序列图像。采集的图像大小为342×288,并在P II 300M 以上PC机上调试通过。

### 3.1 差分图像分析

一般地,当摄像机固定不动,利用视频图像的运动信息,在帧间差分的基础上进行二值图像边缘提取,确定出目标在原图像中的坐标位置,此方法的优点是,在目标跟踪和运动检测上缩小了基于肤色的人脸检测范围,有效地抑止了背景噪声,减少了误检率,提高了检测速度,具有实用可靠的特点。

### 3.2 色彩模型分析

由于采用Y-Cr-Cb彩色模型,肤色区域搜索受亮度的变化影响不大。

### 3.3 投影法来对人脸进行定位分析

在实验中,图像每次连续运行5min,对于 $342 \times 288$ 的图像,所实现的人脸检测速率达到10帧/s,检测结果正确率大于97%,而错误发生在头部倾斜接近 $45^\circ$ 时,可见投影法的结果是令人满意的,如图3a所示。显然,投影法更具一般性,对于检测条件的要求也更为宽松,如待测者所在中心位置有其他干扰存在时仍然可用。如图3b,干扰源处于次要地位时仍能正确检测出人脸图像。



图3 对标记的区域进行人脸定位

### 3.4 检测结果分析

表1是在白色光源的情况下,头部姿势对检测的影响,当脸的朝向发生变化时,识别的正确性大大降低。表2是在头部正对无倾斜的情况下,光源颜色对检测的影响,在有色光源的情况下,肤色检测将失效,从而影响整个检测过程的成功。

表1 头部姿势对检测的影响

头部姿势	图片幅数	识别正确率 / (%)
正对、无倾斜	40	97
正对、倾斜	20	72
非正对	10	10

表2 光源颜色对检测的影响

光源颜色	图片幅数	识别正确率 / (%)
白色光源	40	93
红色光源	5	55
蓝色光源	5	10
绿色光源	5	0

## 4 结束语

人脸检测及识别算法研究近年来受到很大关注,同时也得到了很大的进展。但是考虑到视频处理的复杂程度,大多数检测或识别率高的算法往往都要在计算上付出很大的代价而失去了使用价值。而本文提出的一种基于差分和肤色的人脸检测算法,在计算量上大大减少,同时抑制背景噪声。随着硬件技术的进步,采用摄像机的图像系统的成本已经不高,使得这种算法有大量应用的条件,实验表明该算法具有可行性。

### 参 考 文 献

- [1] 刘党辉,沈兰荪.人脸检测研究进展[J].计算机工程与应用,2003,28(5):5-9
- [2] Rowley H A, Baluja S, Kanade T. Neural network-based face detection[J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998, 20(1): 23-38
- [3] Li X, Roeder N. Face contour extraction from front-view images[J]. Pattern Recognition, 1995, 28(8):1 167-1 179
- [4] 马秀红,曹继平,董晟飞,等.小波分析及其应用[J].微机发展,2003,13(8):58-61
- [5] 马丽红,余英林,张宇.复杂背景中的人脸特征定位与提取[J].数据采集与处理,2000,15(1):33-38
- [6] 姚鸿勋,刘明宝,高文,等.基于彩色图像的色系坐标变换的面部定位与跟踪法[J].计算机学报,2000,23(2):158-165