

一种基于肤色的快速人脸检测算法

张宝峰, 赵静, 朱均超

(天津理工大学 自动化学院 天津市复杂系统控制理论及应用重点实验室, 天津 300384)

摘要: 针对待处理的图像为彩色图像, 提出了一种基于肤色和五官比例的快速人脸检测方法。系统分为两个部分, 首先对彩色图像进行预处理、建模、分割等, 然后对二值化图像进行人脸区域的锁定, 并计算各区域是否符合比例参数, 这样筛选出的区域可以过滤掉很多非人脸图像。实验证明这种方法快速、检测率高。

关键词: 人脸检测; 图像预处理; 肤色分割; 二值化

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)12-0038-04

A fast face detection method based on skin color

Zhang Baofeng, Zhao Jing, Zhu Junchao

(Tianjin Key Laboratory for Control Theory & Applications in Complicated Systems,
Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China)

Abstract: The image to be processed for color images, for this image, this paper proposed a rapid detection method based on the proportion of skin color and facial features. The system is divided into two parts, first, the color image pre-processing, modeling, split, etc., and then lock on the binarized image of the face region, and calculates each zone is in line with the proportional parameter. This screened area can filter out non-face images. Experiments show that this method is fast, the detection rate.

Key words: face detection; image preprocessing; skin color segmentation; binarization

近年来,人脸检测作为人脸信息处理中的一项关键技术,成为模式识别与计算机视觉领域内一项受到普遍重视、研究十分活跃的课题^[1]。国外从事自动人脸识别的研究与实践较早,目前有许多研究机构在从事人脸识别技术的研究及产品的开发。国内一些科研院所人脸识别技术方面也取得了很大进展。

人脸识别构成框图如图 1 所示,其中人脸检测是人脸识别系统的必要组成部分。人脸识别系统由于在各种复杂条件下存在鲁棒性、自适应性方面的不足,设计一个在光照、姿态、年龄、遮挡等各方面都适用的人脸检测系统是必要的。

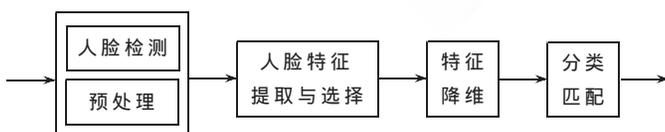


图 1 人脸识别部分的构成框图

从人脸检测的发展历程来看,检测方法大致有两类:基于特征的方法和基于图像的方法。基于特征的方法是利用人脸的面部特征进行检测的方法。人脸的特征多种多样,其中,肤色是较为明显和简单的一类^[2]。概括来说,《微型机与应用》2013 年 第 32 卷 第 12 期

肤色特征的优点有 3 个^[3-4]:(1)利用肤色,可以把大多数的背景与人脸很好地区分开,检测率高;(2)不同人的肤色不同,但是颜色上是相同的,在色彩空间上的频带范围大致一样,有很好的聚类性;(3)肤色的检测不依据细节特征,比如唇部在脸部只占小部分,这样即使脸部发生角度变化和表情变化,肤色特征还是可以检测出来。所以在快速检测的方法选取上,本文选择了基于肤色的人脸检测。又由于脖子等皮肤的干扰,肤色检测极易将别的裸露的非人脸皮肤划分为人脸,所以必须对人脸进行进一步的筛选。

本文首先基于肤色检测人脸,对区域进行筛选后再进一步确定人脸区域。首先对彩色图像进行预处理,包括几何归一化、光照补偿、图像增强等,然后建立肤色模型,并在 YCbCr 色彩空间内计算肤色相似度,阈值分割后的二值化图像要经过形态学滤波后进行人脸区域的锁定,并计算各区域是否符合比例参数。这样筛选出的区域可以过滤掉很多非人脸图像。通过在自行构建的人脸库上的实验证明,这种方法快速、检测率高,检测率达到 85.75%。

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 43

图形、图像与多媒体

1 人脸检测算法的流程图

算法的实现过程如图 2 所示。

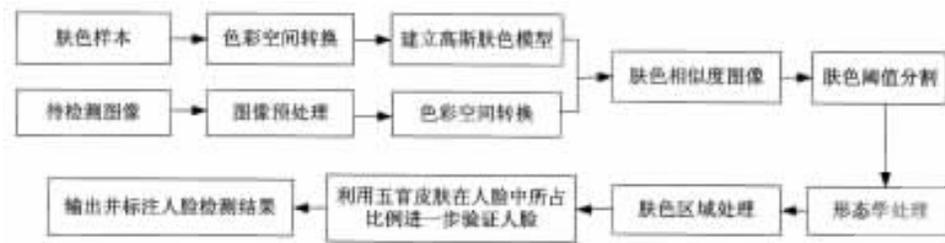


图 2 人脸检测算法的流程图

肤色及五官比例相结合的人脸检测算法的具体实现过程如下。

首先建立基于 YCbCr 色彩空间的高斯肤色模型。在收集大量的肤色样本后,对这些肤色样本进行色彩空间转换,转换成 YCbCr 色彩空间。利用式(1)、式(2)得出二维高斯模型 $G(M, C)$ 中的参数,即均值和方差,从而建立起 YCbCr 空间的高斯肤色模型。

$$M = E(x) \quad (1)$$

$$C = E[(x-m)(x-m)^T]$$

$$x = [Cb, Cr]^T$$

$$f(x|\text{skin}) = \frac{1}{2\pi|C|^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2}(x-\mu)^T \Sigma^{-1}(x-\mu)\right] \quad (2)$$

其中, x 是颜色向量, μ 是平均颜色向量。

在进行人脸检测时,首先对待处理图像进行图像预处理和色彩空间转换,利用前一步得出的高斯肤色模型对其进行处理得到肤色相似度图像。然后采用自适应阈值分割方法分割出肤色区域,得到二值化的肤色区域图像。由于该二值图像可能存在着一些其他肤色区域(非人脸区域)或者类肤色区域,这就需要对肤色区域进行筛选。

筛选采用的方法是,计算五官皮肤在人脸中所占比例的范围,并对可能的肤色区域进行最后的验证,进一步地除去肤色检测后包含的非人脸区域,从而使更多的人脸被检测出来,更准确地定位出人脸所在位置,同时也降低了误检率。如果待检测图像中存在人脸,最终实现输出并标注其人脸所在的区域。

2 基于肤色和五官比例的人脸检测

2.1 图像预处理

由于图像采集受到光照、距离等因素的影响,首先要对人脸库进行归一化和光照处理,包括调整大小、角度等。本文选用的改善图像的方法有光照补偿和平滑滤波。

(1) 补偿算法

首先计算出图像中各个像素点的灰度值,根据这些灰度值的情况设置一定大小的临界常数,排列出所有灰度值的大小顺序,取前面较大的 5% 的像素,求出这些像素点的平均灰度值 k ; 然后求出图像的光线补偿系数 $255/k$; 最后根据光线补偿系数对图像中的各个像素点

的 R 、 G 、 B 分量进行分别调整。

(2) 平滑滤波

图像平滑滤波主要用来消除在图像采集、传输及显示等环节产生的噪声。图像平滑滤波器的作用是滤除噪声的同时不使图像的边缘轮廓和线条变模糊,即减少局部的灰度变化,使图像变得比较平滑。

一般来说,在 $M \times N$ 的图像上,用 $m \times n$ 的模板处理后的图像是由式(3)得到的。

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b \omega(s, t) f(x+s, y+t) \quad (3)$$

其中, $a = (m-1)/2$, $b = (n-1)/2$, 且 m 和 n 通常都取奇数。为了得到一幅完整的处理后的图像,必须对原图像中的所有像素点依次应用式(3)。

2.2 二值化图像

用计算机来表示肤色,需要在归一化图像后对大量的肤色像素进行建模。由于在光照条件一定时肤色信息是正态分布的,因此本文采用的是简单高斯模型。

建立模型后要计算肤色相似度:

$$P(Cb, Cr) = \exp\left[-\frac{1}{2}(x-m)^T C^{-1}(x-m)\right] \quad (4)$$

计算出图像中像素和肤色的相似度后,本文利用自适应阈值分割来分割人脸区域。阈值的选择要经过比较获得,首先将肤色分割阈值的起始点设为 0.7,用该值对肤色似然图分割并计算二值图像的肤色区域面积。阈值每次减少 0.1,且每次都要计算该二值图像的肤色区域的面积。然后计算出相邻两次二值图像面积差。将相邻两次二值图像的差值变化最小时的阈值作为最佳阈值,这时的二值化图像就是最终的二值图像。

2.3 肤色区域的锁定

在对肤色分割后的二值图像进行去噪处理后,就可以提取出每一个人脸区域的边界了。具体方法如下。

(1) 对每一个连通区域计算每一列的白色像素点个数,标记像素点最大值所在列;

(2) 把该列作为中心向两边扩展,寻找左右边界;

(3) 在左右边界和区域边界限定范围寻找人脸的顶部位置;

(4) 根据适当的人脸长宽比(考虑脖子等部位,本文长宽比设为 $[0.8, 2.5]$)确定人脸的底部位置,这样就标定了人脸区域的矩形框。

实验结果如图 3 所示。

2.4 肤色区域的筛选

在对二值图像进行去噪和肤色块标记后,还需要对得到的肤色块进行一定的筛选以提高人脸检测的正确率。人脸的局部特征主要体现在面、双眉、双眼、唇部以及鼻子等五官部位。由于五官的色彩差异,本文利用这

《微型机与应用》2013 年 第 32 卷 第 12 期



图3 人脸区域锁定图

些色彩差异先将各器官分离,再用区域像素统计方法得到各区域的面积,然后建立比例关系的特征值,最后若在特征值的范围内就判断这个矩形框是人脸区域。

本文选择在 RGB 彩色空间对样本的五官进行直方图表示,进而得到五官的 RGB 范围。

(1) 面部范围

在 RGB 色彩空间对肤色像素点进行直方图分析,如图 4 所示,可以看出,肤色对应的 RGB 值为 $R \in [180,240]$, $G \in [110,200]$, $B \in [180,60]$ 。在此区域的像素可以判断为人脸中的皮肤区域。

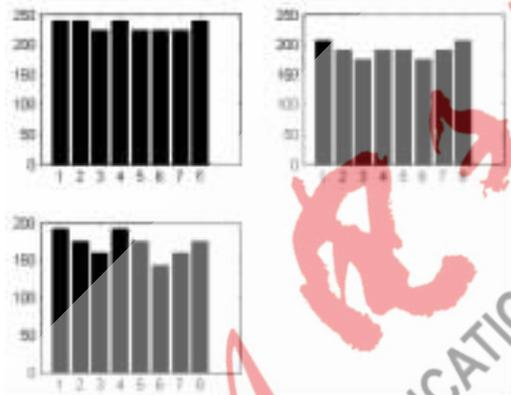


图4 肤色的 RGB 范围

(2) 眉毛范围

如图 5 所示,眉毛对应的 RGB 值为 $R \in [190,100]$, $G \in [160,40]$, $B \in [140,40]$,在此分量范围内可以确定为眉毛区域。

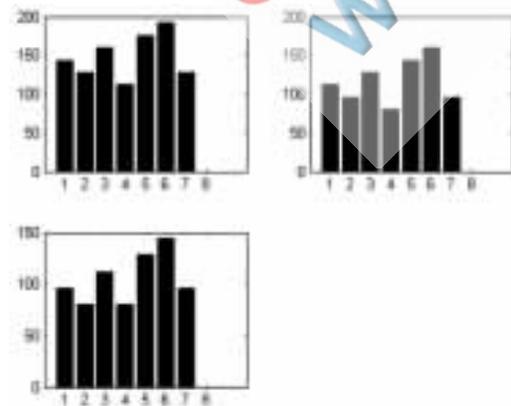


图5 眉毛的 RGB 范围

(3) 瞳孔范围

眼睛部分包括瞳孔和眼白,两部分的 RGB 颜色范围不同,需要分别进行直方图变换。如图 6 所示,瞳孔 RGB 值的范围是 $R \in [80,30]$, $G \in [50,15]$, $B \in [50,15]$ 。

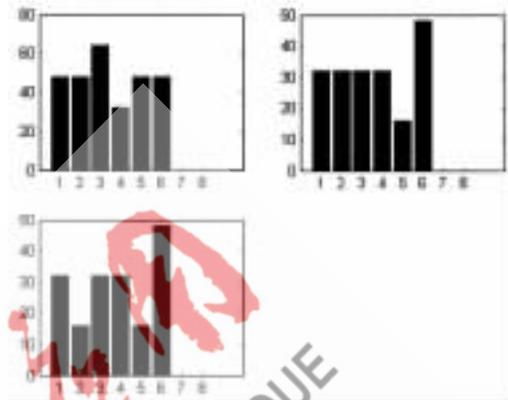


图6 瞳孔的 RGB 范围

(4) 眼白范围

如图 7 所示,眼白部分的 RGB 值为 $R \in [230,150]$, $G \in [230,130]$, $B \in [220,120]$ 。

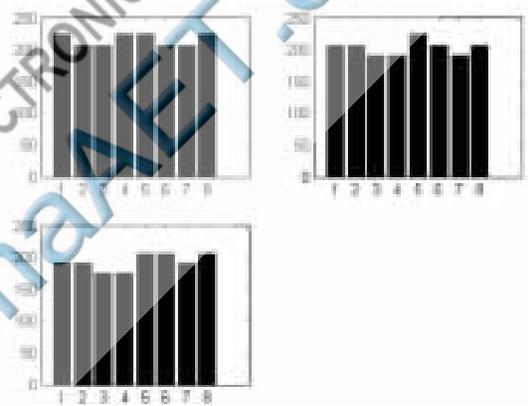


图7 眼白的 RGB 范围图

(5) 唇部范围

唇部与脸部器官的色彩有着明显的区别,嘴唇的色彩分布如图 8 所示,可以看出, $R \in [240,160]$, $G \in [150,070]$, $B \in [160,60]$,按此色彩分布区域从人脸中提取嘴唇。

图 9 为在各个五官范围内统计像素后的面积大小。

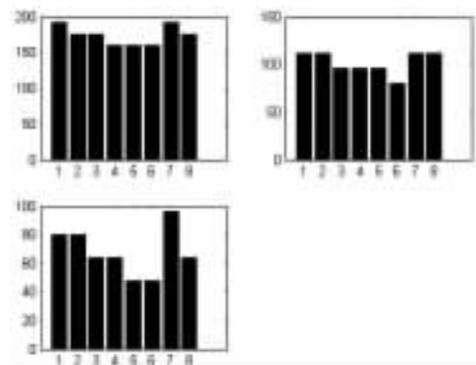


图8 唇部的 RGB 范围

图形、图像与多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

将人脸区域面积设为 S_f ，人脸皮肤面积为 S_s ，眉毛区域面积为 S_b ，眼睛区域面积的大小为瞳孔面积、眼白面积之和，设眼睛区域的面积为 S_e ，取嘴唇面积的大小为 S_m 。

令 $t_1=S_s/S_f$, $t_2=S_b/S_f$, $t_3=S_e/S_f$, $t_4=S_m/S_f$ 。经过对训练样本进行统计分析，本文的比例范围取 $0.8 < t_1 < 0.9$, $0.035 < t_2 < 0.07$, $0.025 < t_3 < 0.04$, $0.03 < t_4 < 0.07$ 。根据脸部各器官分布范围可以方便准确地筛选出真实的人脸。

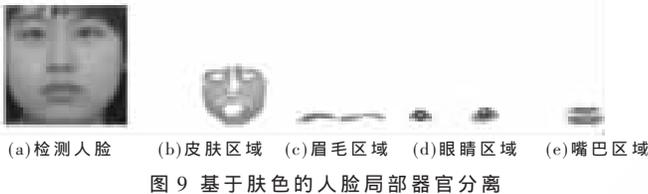


图9 基于肤色的人脸局部器官分离

3 实验

本实验开发环境: MATLAB R2008a 图像处理工具; AMD X2 M340 处理器, 1 GB 内存; 图像普通彩色数码相机。

本文建立了彩色图像测试库, 部分图像如图 10 所示, 这些测试图像主要来源于数码相机拍摄的照片, 一共 150 张, 其中单人照片 80 张, 多人照片 70 张。



图 10 部分人脸库

实验结果如图 11 所示, 实验数据统计如表 1 所示。



图 11 部分实验结果

表 1 人脸检测结果

| 方法 | 实际人脸数目 | 正确检测人脸数目 | 人脸检测正确率/% | 误检人脸数目 | 人脸检测误检率/% |
|-------------|--------|----------|-----------|--------|-----------|
| 基于肤色的人脸检测方法 | 400 | 343 | 85.75 | 85 | 21.25 |
| 本文方法 | 400 | 367 | 91.75 | 78 | 19.5 |

可以得出以下的结论:

(1) 该算法适应性好, 对姿态、旋转和脸部表情的变化有一定的鲁棒性, 基本上能对人脸进行准确的检测。

(2) 当图像的分辨率较高或为单人脸图像时, 本文采用的算法很容易将人脸区域和背景进行分离。但是也发现, 在背景比较复杂的多人脸或低分辨率的情况下, 对脸部的检测容易因露出的脖子和胳膊而失败。

本文针对人脸检测这一热门的研究应用, 提出了一种快速检测的方法。该算法在传统的肤色检测基础上加入了五官比例的检测, 具有较高的检测率和较低的误检率, 检测速度快, 是一种有效的人脸检测方法。实验证明本文提出的人脸检测系统具有很好的检测效果, 检测率可以达到 85% 以上。

参考文献

- [1] 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.
- [2] BIRCHFIELD S. Elliptical head tracking using intensity gradients and color histograms[C]. Proceedings of the IEEE Conference on CVPR '98, Santa Barbara, CA, 1998: 232-237.
- [3] 陈霞. 基于肤色和人工神经网络方法的人脸识别研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2011.
- [4] 欧凡. 机器视觉人脸识别若干关键问题研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2011.

(收稿日期: 2013-02-26)

作者简介:

张宝峰, 男, 1962 年生, 博士生导师, 主要研究方向: 激光及光电测试技术, 计算机可视化技术, 先进检测方法和智能化仪表。

赵静女, 1989 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能控制理论及其应用。

朱均超, 男, 1972 年生, 副教授, 主要研究方向: 光电检测和图像处理技术。