

# 基于 HS-CbCrCg 肤色模型的人脸检测算法

张 莉,汪烈军,钟森海

(新疆大学信息科学与工程学院,新疆 乌鲁木齐 830046)

**摘 要:**传统的人脸检测方法对于复杂背景彩色图像中人脸区域检测效果不理想。本文首先对不同光照条件下的输入图像进行光补偿和图像增强的预处理,然后利用 HS-CbCrCg 颜色空间建立肤色模型对图像进行肤色判别,之后用改进的 Adaboost 算法检测肤色区域的人脸信息,最后对重点区域重检测判别出确信人脸。实验数据表明,此方法对比传统的人脸检测方法,处理速度更快同时能够降低人脸漏检率和误检率。

**关键词:**人脸检测分割;HS-CbCrCg 肤色模型;改进的 Adaboost;重检测

**中图分类号:**TP391 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2013.12.19

## Face detection algorithm based on the HS-CbCrCg skin model

ZHANG Li, WANG Lie-jun, ZHONG Sen-hai

(Institute of Information Science and Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** Human face detection in complex background with conventional methods usually gets unsatisfied results. In this paper, a new method based on HS-CbCrCg color space and Adaboost algorithm is presented. First, light compensation and image enhancement are implemented for the input images under different illumination conditions, then color discrimination is carried out by using the established skin color model in HS-CbCrCg color space. Secondly, human face information in the skin region is obtained by using the improved Adaboost algorithm. Finally, the confident face can be discriminated by repeat tests on the key regions. The experimental results show that compared to the traditional face detection methods, the proposed method achieves excellent performance, it is fast to process and has lower missed detection rate and lower false detection rate.

**Key words:** face detection and segmentation; HS-CbCrCg skin model; improved Adaboost; re-testing

### 1 引 言

人脸识别技术的应用在日常生活中几乎无处不在。

对于人脸检测,国内外专家学者提出过很多算法,如 ZhiLiu<sup>[1]</sup>等人提出的基于人脸注意模型和种子区域生长与融合的方法确定人脸。Jie Yang<sup>[2]</sup>等人提出利用对皮肤颜色和表情的分析粗略定位,再通过广义对称变换对眼睛和嘴巴精确定位。Sayantan Thakur<sup>[3]</sup>等人提出的利用 RGB-HS-CbCr 的一些阈值约束条件来检测人脸。这些方法,虽然能够在一定程度上克服光线干扰、姿态角度等问题,但是对于具有复杂信息的自然图像在漏检率和误检率上却

仍存在着不足。

由于肤色区域包含人脸,且对姿态角度不敏感,因此常被用来进行复杂图像的人脸检测<sup>[4-5]</sup>。因此本文针对改善漏检率和误检率,首先对输入图像进行光补偿及图像增强的预处理,并首次利用 HS-CbCrCg 空间建立的肤色模型分割出肤色区域,再利用改进的 Adaboost 算法在肤色区域检测人脸,最后对重点区域重检测并标出确信人脸。算法流程如图 1 所示。

**基金项目:**国家自然科学基金(No. 61261036)资助。

**作者简介:**张 莉(1988 -),女,硕士研究生,研究方向为人脸识别,图像分割。E-mail: zhangli\_xju@sina.cn

**收稿日期:**2013-05-08; **修订日期:**2013-06-05

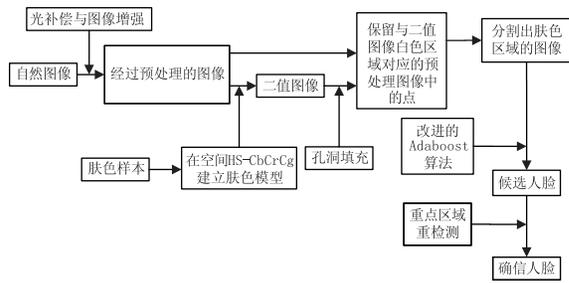


图1 本文算法流程

## 2 肤色区域的检测与分割

### 2.1 光补偿与图像增强

对于不同光照环境下的图像,人脸颜色所表现出的特征也不同。因此,为了消除复杂光源对图像的影响,本文先对输入图像进行光照补偿。一幅大小为  $M \times N$  的图像,光补偿过程通过以下公式联立实现:

$$R_s = \sum_M \sum_N R_{ij} \quad R_{avg} = R_s / M \times N$$

其中,  $R_{ij}$  是图像中某点处的  $R$  值;  $R_s$  是图像所有点的  $R$  值的总和;  $R_{avg}$  是图像中所有点的平均  $R$  值。用同样的方法分别求出图像中  $G$  值与  $B$  值的总和  $G_s$  与  $B_s$ , 以及图像中  $G, B$  的平均值  $G_{avg}$   $B_{avg}$ , 通过下式求出图像的平均灰度  $Gray_{avg}$ :

$$Gray_{avg} = (R_{avg} + G_{avg} + B_{avg}) / 3;$$

最后通过下式求出图像 RGB 空间各个分量调整的系数  $K_r$ ;

$$K_r = Gray_{avg} / R_{avg}$$

$G, B$  分量的系数  $K_g, K_b$  同法可求得。

用求出的系数与原图 RGB 分量分别相乘,就得到了光线补偿后的图像。

对消除了光干扰的图像,用空间滤波的方法增强,使之后的检测与分割过程更清晰精确。

### 2.2 肤色空间的选取与模型建立

对于肤色的描述,有很多颜色空间可以选取,不同的肤色在同一颜色空间中具有一定的聚类特性。本文选取了 200 幅皮肤样本图片,发现肤色在 CgCr、CgCb、CbCr、HS 上的分布都具有很好的聚类性,如图 2 所示。因此本文提出,利用 HS-CbCrCg 颜色空间特性判别肤色区域。首先通过 HS 分量的阈值分割,再利用 CbCrCg 分量拟合出椭圆肤色模型<sup>[6]</sup>。

根据读入皮肤样本图片在 HSV 空间上的分布,本文取  $0 \leq H \leq 50, 0.1 \leq S \leq 0.8$  作为肤色初步判别的边界。再在 CbCrCg 空间利用直接最小二乘法拟合椭圆肤色模型。将坐标系由 CbCr 转换为以左上角为坐标零点的 XY 坐标系。再提取出肤

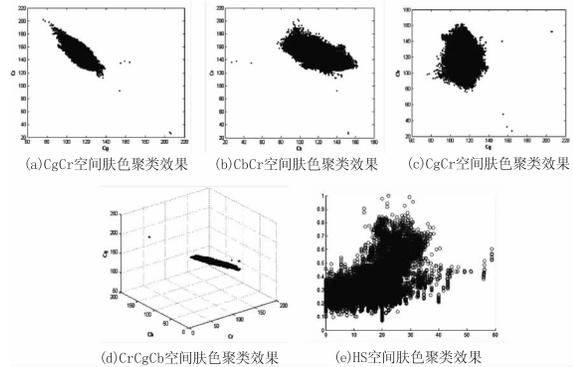


图2 各空间肤色样本聚类结果

色聚类区域的边界。二次曲线方程在一定约束条件下可以表示为椭圆:

$$F(x) = x \cdot a = ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0$$

其约束条件为  $4ac - b^2 = 1$ ; 其中  $a, b, c, d, e, f$  是系数,  $x, y$  是点的坐标,  $F(x)$  是椭圆曲线函数。

令  $X$  为坐标相关的集合  $[x^2, xy, y^2, x, y, 1]^T$ ;  $a$  为系数的集合  $[a, b, c, d, e, f]^T$ 。

这时最小二乘拟合问题就转化为了如下问题:

$$\begin{aligned} \min_a \sum_{i=1}^N F(x_i, y_i)^2 &= \min_a \sum_{i=1}^N (F_a(x_i))^2 \\ &= \min_a \sum_{i=1}^N (x_i * a)^2 \end{aligned}$$

落在椭圆内部和边缘的点,就是类肤色的点,而落在椭圆外部不是肤色区域。

CbCg 空间和 CgCr 空间用同样的方法拟合出椭圆模型,再将三者合并得到肤色模型。对经过肤色模型判别后的二值图像通过膨胀和腐蚀消除孔洞后,保留白色区域对应的彩色信息,黑色部分对应区域仍然保留为黑色,就分割出了皮肤区域。

## 3 改进的 Adaboost 算法人脸检测

### 3.1 Adaboost 算法描述

为了克服传统 Adaboost 算法检测速度慢并且误检率较高的缺点,本文采用改进的 Adaboost 算法,通过设置分类器的初始阈值构建分类器,根据分类器检测结果的返回值更新分类器阈值,最后将更新阈值后的弱分类器训练成强分类器。利用这种强分类器结合肤色区域检测人脸。

### 3.2 人脸 Haar 特征的提取

在 Adaboost 人脸检测过程中,首先通过建立与人脸特征相同并且能够区别于非人脸区域的特征模板,对 Haar 特征快速计算得到相应的特征值。使用 Haar 特征和一些扩展的矩形特征判别人脸。本文用到的 Haar 特征如图 3 所示。

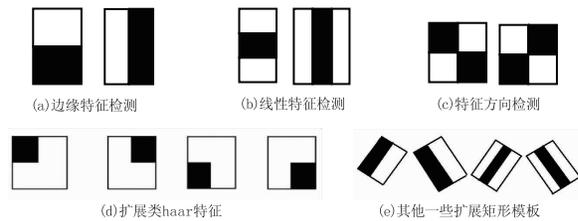


图 3 Haar 特征模板

### 3.3 构建分类器

改进的 Adaboost 算法<sup>[7]</sup>避免了用分类器来查找阈值,缩短了训练时间,降低了人脸漏检率。具体流程如图 4 所示。

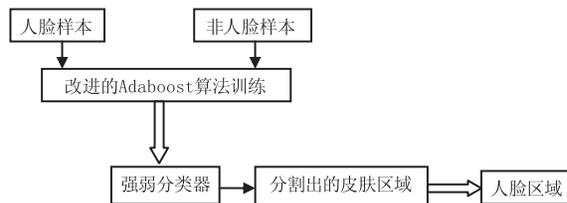


图 4 改进的 Adaboost 算法对肤色区域检测人脸流程

### 4 重点区域重检测

在复杂背景图像中一些区域具有与人脸局部区域相似的特征,分类器有时会将其误判为人脸。对上步中已被判为脸的区域检测是否有人眼和嘴巴存在,以判断确信人脸,降低误检率。

### 5 实验结果分析

本文所提出的人脸检测算法包含的每个处理步骤都在 MATLAB 9.0 软件下进行了编程实现。为了验证本文算法的优越性,选择了来自日常生活中手机、相机拍摄,互联网图像、视频截图的 100 张不同背景、光照条件、角度的包含人脸的图像进行人脸检测。100 张图片中共包含人脸 480 个,检测结果统计如表 1 所示。

表 1 检测结果统计

检测方法	检出真人脸	检出假人脸	漏检	检测率	漏检率	平均检测时间
本文方法	432	15	48	90%	10%	2.5s
结合 YcbCr 的方法	406	22	74	84.6	15.4%	2.3s
传统 Adaboost 方法	378	18	102	78.7%	21.3%	3.9s

图 5 是本文进行人脸检测流程的一个例子,图 (a)至图 (d)是各步骤的处理结果。



图 5 图像各步处理结果

由图 5 可以看出,本文算法能够克服光照不均匀对图像的影响并正确检测标记出图像中的全部人脸信息。

以下是一些经本文算法检测人脸后的图例,如图 6 所示。



图 6 人脸检测分割图例

由图 6 可以看出对于部分遮挡、复杂背景、不同大小和角度人脸的图片本文算法均能表现出很好的检测正确性。

### 6 结束语

本文提出了结合图像光补偿与增强等预处理操作,并首次利用 HS-CbCrCg 空间描述肤色建立肤色模型,并用改进的 Adaboost 算法检测人脸,最后通过重点区域重检测的方法,排除类人脸区域最终得到确信人脸并在图像中标出以及分割,不仅在漏检率上有所改进,还大大降低了误检率,适用于复杂背景、光照不均匀、多姿态表情及墨镜遮挡等环境。

### 参考文献:

- [1] Liu Zhi, Li Weiwei, Zhang Xiang, et al. Efficient face segmentation model and seeded region merging [C]//Proceedings of International Conference on Signal Processing. Beijing: ICSP2008 Proceedings, 2008: 1116 - 1119.
- [2] Yang Jie, Ling Xufeng, Zhu Yitan, et al. A face detection and recognition system in color image series [J]. Mathematics and Computers in Simulation, 2008, 77 (5): 531 - 539.
- [3] Thakur Sayantan. Face detection using skin tone segmentation [C]//Proceedings of 2011 World Congress on Information and Communication Technologies (WICT). Mumbai: Information and Communication Technologies proceeding, 2011: 53 - 60.
- [4] Kherchaoui s, Houacine, Amrane. Face detection based on a model of the skin color with constraints and template

- matching[C]//proceedings of 2010 International Conference on Machine and Web Intelligence (ICMWI). Algiers:International Conference on Machine and Web Intelligence(ICMWI),2010;469-472.
- [5] Rehanullah Khan, Allan Hanbury, Julian Stottinger, et al. Color based skin classification [J]. Pattern Recognition Letters,2012,33(2):157-163.
- [6] JY Lee, SI Yoo. An elliptical boundary model for skin color detection[C]//Proceedings of International Conference on Imaging Science, Systems, and Technology. Las Vegas, USA: Imaging Science, Systems, and Technology, 2002: 579-584.
- [7] Ma Songyan, Du Tiancang. Improved adaboost face detection[C]//Proceedings of 2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA). Changsha City: ICMTMA, 2010: 434-437.
- [8] Wen Shuhuan, Tang Yinggan. Thresholding image segment based on PSO-fisher algorithm [J]. Laser & Infrared, 2008, 38(7): 741-744. (in Chinese)  
温淑焕, 唐英干. 基于 Fisher 准则的多阈值图像分割方法[J]. 激光与红外, 2008, 38(7): 741-744.
- [9] Zhao Shiwei, Zhuo Li, Wang Suyu, et al. Data-mining based skin color detection method in compressed domain [J]. Acta electronica Sinica, 2010, 38(3): 605-610. (in Chinese)  
赵士伟, 卓力, 王素玉, 等. 基于数据挖掘的图像压缩域肤色检测算法[J]. 电子学报, 2010, 38(3): 605-610.