

基于肤色模型与人脸结构特征的人脸检测

肖 红 南威治

(东北石油大学计算机与信息技术学院, 大庆 163318)

摘要 人脸检测是自动人脸识别中的关键环节。提出了基于人脸肤色模型和人脸结构特征的人脸检测。首先利用人脸图片样本, 提取肤色像素, 建立肤色 CbCr 高斯模型。根据高斯肤色模型求得人脸似然图, 并采用最佳阈值对之进行二值化。之后再采取形态学处理, 除去部分非人脸区域, 分割出待定人脸区域。最后根据人脸的结构特征进行再次筛选, 得到人脸区域。此方法运用在一般的人物照片中都能达到比较理想的效果。

关键词 人脸检测 肤色模型 结构特征

中图法分类号 TP391.41; **文献标志码** A

人脸检测(face detection)问题最初来源于人脸识别(face recognition), 是自动识别系统中的关键环节。它的任务是在复杂背景下检测图像中是否有人脸, 从而判断人是否存在, 并且提取出人脸面部的图像信息。在很多领域都需要自动提取人脸特征, 例如人脸识别, 人脸合成和基于对象的编码等。因此人脸能够在图像中精确快速的被检测出来, 对人脸识别, 人脸合成等应用具有重要意义。人脸检测是一项十分困难的工作, 原因主要有几个方面^[1]: (1)复杂的图像背景; (2)人脸结构和纹理变化大; (3)图像光照不均匀影响了人脸特征的规律性等。

本文针对一般彩色图像中的人脸的检测问题, 提出了基于肤色的区域分割与基于人脸形状结构特征的人脸检测综合起来的算法。首先利用 Cb-Cr 颜色信息分割出可能包含人脸的区域, 然后在各区域中计算其长宽比, 可疑人脸面积与框出人脸的方框面积比, 可疑人脸面积是否大于一定阈值等人脸的结构特征, 从而更精确的搜索并确定人脸。该算法以大量样本的统计为依据, 具有较强的鲁棒性。在实验测试中, 该算法对一般的人脸图片具有

较好的分割效果。

1 建立肤色模型

1.1 图像预处理及颜色提取

肤色模型是根据大量样本的统计所建立的。所以需要采集大量的人脸图像资源来计算它的统计特征。样本资源的格式和尺度大小, 人物, 光照背景等都不相同, 因此就将样本图片统一规定为 jpg 格式, 尺度为 300×300 的正常室内光照人脸彩色图像。

常用的肤色样本选取方法^[2]是选取眼睛以下, 嘴唇以上的矩形区域作为肤色统计区域, 或者直接将整个人脸手工框出作为肤色统计区域。由于人脸中还有眼睛, 牙齿, 阴影等非肤色区域, 所以本文采用手工框出眼睛以下嘴唇以上的区域作为肤色区域。如图 1, 图 2 所示。选取 50 幅图像采集颜色构成 RGB 颜色空间。



图 1 人脸样本



图 2 样本裁剪区域

1.2 颜色空间转换

在计算机视觉中,经常采用的彩色空间主要有 RGB,HSV,HSI,YCbCr,YIQ,YUV 等。其中 YCbCr 作为肤色分布统计特性的映射空间,由于亮度和色度相互分离,且在色度空间上两个向量 CbCr 相互独立,能够较好地反映肤色的聚类特性。使用 YCbCr 作为肤色空间,具有如下特点^[3]:(1) 在该空间下,由于亮度 Y 和色度 CbCr 相互分离,在纯粹的由 Cb-Cr 构成的色度空间下不受亮度信息的影响,从而有效地将亮度分离出来;(2) 由于 YCbCr 可以直接通过线性变换从 RGB 空间而得到,相对而言具有较高的计算效率;(3) YCbCr 在当前的视频图像传输和压缩领域应用非常广泛,可以很好地将分割算法扩展到基于视频的人脸检测。肤色样本数据在该空间下的统计分布特性如图 3、图 4 所示。从图中可以发现,肤色样本绝大多数分布在一个很窄的范围之内,体现了肤色数据在该空间下的聚类特性,为建立简单模型提供了依据。本文采用 YCbCr 肤色模型进行数学建模,这样就可以轻松的避免了不同光亮度对人脸颜色所造成的影响。同时,按照以下公式将 RGB 颜色空间其转换到 YCbCr 颜色空间中,计算简单快速。

$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B \quad (1)$$

$$Cb = -0.1687 R - 0.3313 G + 0.5000 B + 128 \quad (2)$$

$$Cr = 0.5000 R - 0.4187 G - 0.0813 B + 128 \quad (3)$$

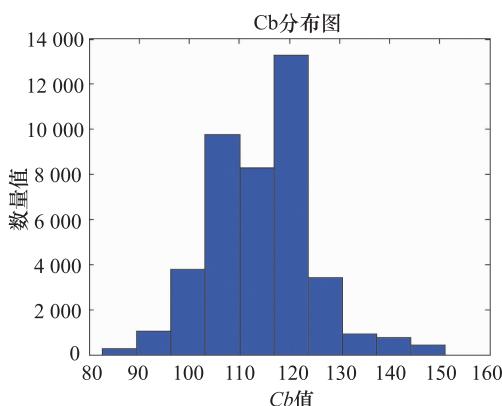


图 3 Cb 分布

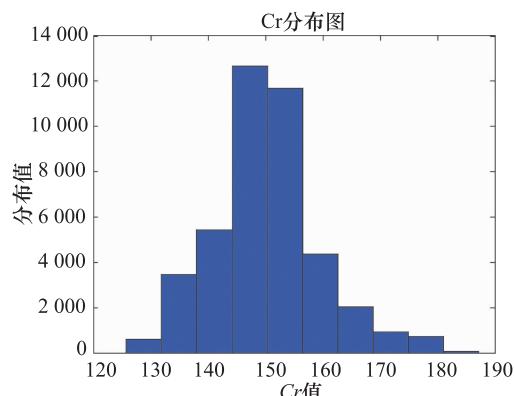


图 4 Cr 分布

1.3 建立肤色高斯模型

肤色采样统计和颜色空间的转换的目的是为了更好的体现出人脸肤色的特征。尽管已经得到了肤色在 YCbCr 空间中的大致分布,但是由于所采集的颜色样本都是离散点,如果直接通过像素 Cb 和 Cr 值来判断是否为肤色像素并不很现实。因此,需要一个能代表肤色的模型,这样,当输入样本点的像素值,输出为判断改点像素是否为肤色像素的结果。目前最常见的肤色模型有高斯模型,几何模型,神经网络模型和椭圆模型。本文采用了高斯肤色模型。高斯模型并不是一般的二值肤色像素定位,而是通过计算像素点的概率值来构成连续数据信息并得到一个肤色概率图,根据数值大小来确定肤色,这是几何模型无法达到的^[4]。同时由于神经网络模型在提取肤色样本之外,还需要提取非肤色样本,而高斯模型也避免了这一步骤。因此,高斯模型适用于采用肤色信息进行人脸检测。

以高斯模型作为肤色模型的理论基础是肤色分布必须近似于高斯分布。下图对比可以看出两者的分布是相似的。

假设肤色分布用高斯模型 $N(m, C)$ 表示,其中 m 是均值, C 是协方差矩阵^[5]。

$$m = E\{x\}, x = (r, b)^T \quad (4)$$

$$C = E\{(x - m)(x - m)^T\} \quad (5)$$

可以计算得到 m 值和 C 值。如下所示:

$$m = [114.3763 \quad 150.1374]^T;$$

$$C = [99.7596 \quad -68.6397 \quad -68.6397 \quad 84.4983]^T.$$

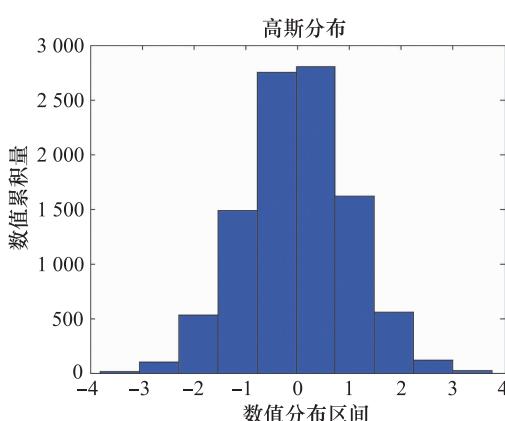


图 5 高斯分布

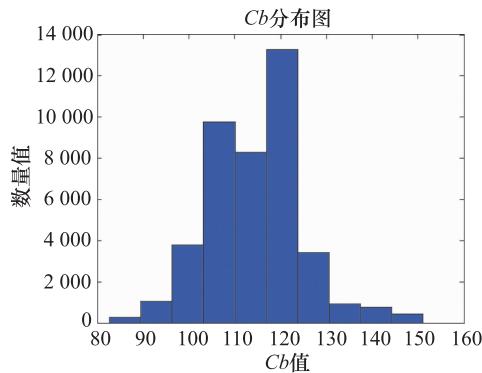


图 6 Cb 分布

于是从输入的一幅 RGB 图像中的任意一个像素点,将其从 RGB 空间转换到 YCbCr 空间中得到 (Cb, Cr) 值,再通过公式(6)计算,都可以得到一个接近肤色的概率值。

$$x = (cr, cb)^T;$$

$$P(cr, cb) = \exp[-0.5(x - m)^T C^{-1}(x - m)] \quad (6)$$

2 区域分割

2.1 肤色似然图的确立

对于一幅图像,在高斯 CbCr 肤色模型的基础上,可以计算得出肤色相似度 $P(Cb, Cr)$,再将其乘以 255,以灰度表征这个点属于皮肤的概率,从而可以得到肤色似然图。在肤色似然图中,灰度值越大就表示其可能为人脸的概率越大(即越亮的区域就表明越接近肤色)。如图 7—图 10 所示。图中的肤

色区域,包括人脸、脖子、耳朵等区域的灰度都与其他区域有明显的不同,能够较好的区分出来。



图 7 原图



图 8 肤色似然图



图 9 原图



图 10 肤色似然图

2.2 二值化与形态学处理

$F_T(x, y)$ 在得到图像的肤色似然图后,需要对肤色似然图进行二值化^[6] 处理。二值化处理过程可具体表述为:设原图像为 $F(x, y)$,阈值为 T ,则经过阈值运算后, $F(x, y)$ 转换为二值图像,即:

$$F_T = \begin{cases} 1, & F(x, y) > T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

从复杂背景中分辨出目标并将之提取出来,阈值的确定至关重要。如果阈值选取过高,则过多的目标点将被误归为背景,如果阈值选取过低,则会出现相反的情形。目前国内外学者针对阈值这一课题提出了各种各样的阈值处理技术^[7],其中包括全局阈值,自适应阈值,最佳阈值。其中,全局阈值分割对图像背景要求很高,而自适应阈值分割的检测速度不够快。本文采用最佳阈值的分割方法对肤色似然图进行二值化处理。最佳阈值选定的思路是:由于相似度的直方图成 M 型,存在双峰。其中一个是肤色集中区域,另一个则是非肤色集中区域,取得双峰之间谷底的拐点便是最佳阈值。这个点代表了肤色区域减少而非肤色区域大量增加。具体步骤为:首先设定阈值为 0.55,每次以 0.1 的间隔

减少直到 0.15。记录下每次阈值变化时属于肤色像素量的变化量,然后找出属于肤色像素数量变化最小时的那个阈值作为最佳阈值。将相似度图像带入公式(7)计算可得二值图像。其中白色区域为肤色区域,黑色区域为非肤色区域。如图 11、图 12 所示:



图 11 二值化的肤色区域



图 12 二值化的肤色区域

但是,在二值化后的图像中依旧存在一些并非人脸的区域(包括一些小白点,小线条等),需要采取形态学开闭运算处理,从而消除掉或者合并一些小区域。处理效果如图 13、图 14 所示。



图 13 闭运算的肤色区域

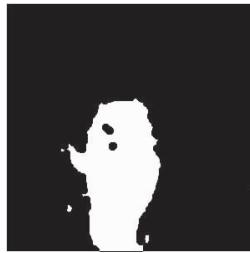


图 14 闭运算的肤色区域

3 人脸检测

3.1 连通区域的确立

在二值化和形态学处理后,在图中选择 4 连通区域确认为可以人脸区域。如图 15,图 16 所示。



图 15 待定人脸区域



图 16 待定人脸区域

3.2 人脸特征定位

在待定人脸中,根据人脸的特征进行再筛选。本文所采取的人脸特征主要有:(1) 人脸的长宽比,范围在 0.4 至 2.0 之间;(2) 人脸和所选框面积之比,范围在 0.6 至 0.9 之间;(3) 人脸的面积必须大于 400,若小于这个值,肉眼也几乎难以辨认。根据上述三个特征进行在筛选,从而确认真正的人脸区域。并将之分割出来。图 17、图 18 为检测结果。



图 17 分割结果



图 18 分割结果

4 结 论

本文针彩色人物图像中的正面人脸的检测问题,提出了一种人脸的检测方法。该方法综合利用了基于彩色信息的图像分割,人脸结构特征筛选等技术来检测人脸。该算法使用按统计方法建立的 $YCbCr$ 空间的肤色模型检测肤色区域,建立了一个针对白色人种,黑色人种和黄色人种的人脸肤色模型,来进行分割,结合人脸结构特征的人脸检测方法。实验结果表明,该方法能够有效的检测出一般图像中的人脸,适应一定的光照环境,具有较快的检测速度。

参 考 文 献

- 高全学,潘 泉,程咏梅,等. 基于肤色和独立成分的人脸检测. *计算机应用研究*,2004;21(12):160—163
- 张洪明,赵德斌,高 文. 基于肤色模型、神经网络和人脸结构模型的平面旋转人脸检测. *计算机学报*,2002;25(11):1250—1256
- 艾海舟,梁路宏,徐 光,等. 基于肤色和模板的人脸检测. *软件学报*,2001;12(12):1784—1792
- 武 秀,张家树. 基于肤色分割和统计学的彩色人脸检测实现. 成都:西南交通大学研究生学位论文,2005
- 张明吉,高 文. 自适应人体肤色检测中的若干关键技术研究.

- 北京:中国科学院研究生院硕士学位论文,2005
6 梁路宏,艾海舟,肖习攀,等. 基于模板匹配与支持矢量机的人脸
检测. 计算机学报,2002;25(1):22—29
7 冯亚丽,蒋文文,刘泽光. 一种改进的基于肤色分割和PCA人脸
检测的方法. 科学技术与工程,2010;10(10):2343—2347

Face Detection Based on Skin Color Model and Structural Features

XIAO Hong, NAN Wei-zhi

(School of Computer & Information Technology, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, P. R. China)

[Abstract] Face detection plays a key role in automatic face recognition. A human face detection method based on skin color model and structural features of face is presented. Firstly, skin color pixels are extracted from face images, and CbCr Gaussian model can be constructed. Secondly, the likely region of face is gained according to the Gaussian model, and the binary image can be got by the best threshold. And then, use morphological processing to remove some non-face part of the image, so can be got the suspicious face region. Finally, the face region is chosen according to the structural features of face. The ideal effect can be achieved through using the method in the general character photos.

[Key words] face detection skin color model structural features

(上接第 5178 页)

An Improved Ant Colony Optimization to the Armed Logistics Network Survivability Analysis

YU Shi-wei^{1,2}, LIU Wu-yang^{1,3}, CHEN Ying-wu¹, XING Li-ning¹, LIU Yan¹

(College of Information System and Management Science, National University of Defense Technology¹, Changsha 410073, P. R. China;
Corps Headquarters, General Logistics Department, the Headquarters of the People's Armed Police², Beijing 100089, P. R. China;
Hunan Police Security College³, Changsha 410138, P. R. China)

[Abstract] An improved ant colony optimization with the dynamic parameter decision model is applied to the armed logistics network survivability analysis. The computational results show that the method is correct, feasible and effective.

[Key words] parameter setting ant colony optimization job shop scheduling problem dynamic pa-
rameter decision