

一种基于 Haar 小波变换的彩色图像人脸检测方法

陈 健 周利莉 史红刚 苏大伟

(信息工程大学信息科学系, 河南, 郑州 450002)

摘 要 本文提出了一种基于 Haar 小波变换的彩色图像人脸检测方法。首先进行彩色空间的变换, 检测出图像中的肤色区域; 利用 Adaboost 算法训练出的基于 Haar 小波变换的检测器对该区域进行人脸检测; 建立眼睛颜色模型, 并根据眼睛、嘴在不同分量上的分布特征, 将它们从人脸区域中提取出来; 最后融合眼睛、嘴候选区域的信息, 利用特征不变的方法进行眼睛和嘴的确定。实验结果表明, 该方法能够快速有效地检测出人脸, 并能够确定眼、嘴的位置。

关键词 人脸检测 Haar 小波变换 Adaboost 信息融合

中图法分类号: TP391

文献标识码: A

An Approach of Face Detection In Color Images Based on Haar Wavelet

CHEN Jian ZHOU Li-li SHI Hong-gang SU Da-wei

(Institute of Information Engineering, Information Engineering University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract This paper presents an approach of face detection in color image based on Haar wavelet. First, color space transformation is used to detect skin color regions, then we train a Haar-based face detector using Adaboost learning algorithm and construct an eye color model and extract eye and mouth candidates based on the distribution features on each component of color space. Finally we fuse the information of each candidate and validate faces using feature invariant method. Experimental results show that this algorithm is effective in detecting faces as well as localizing mouth and eyes.

Keywords Face detection Haar Wavelet Adaboost Information fusion

一. 引言

人脸检测是指对任意给定的一幅图像判断其是否存在人脸; 如果存在, 则还需要进一步指出人脸的具体位置及范围。由于人们对视觉认知在脑中的活动并不清楚, 而且人脸局部特征本身具有很大的随机性, 形状、大小、纹理、颜色都会因为不同的人、时间、光照而发生很大的变化, 使得图像中的人脸检测成为一个非常具有挑战性的课题。Ming-Hsuan Yang[1]等人将目前人脸检测的主要方法分为 4 类: (1) 基于知识的方法; (2) 特征不变的方法; (3) 模板匹配的方法; (4) 基于表象的方法。由于图像的复杂程度较高, 仅利用单一特征信息往往不能得到准确的检测结果, 因此融合多个特征信息的检测方法越来越受到人们的重视。

在人脸检测应用中肤色信息被证明是一种有效的特征。利用人脸肤色对姿态、表情及旋转的变化不敏感的特点, 再融合面部纹理特征, 可以有效的检测出图像中人脸。据此, 结合方法 (2) 和 (4), 本文给出了一种基于 Haar 小波变换的彩色图像人脸检测算法, 实验结果表明该方法能够快速有效的检测出人脸区域并能够确定眼、嘴的位置, 为人脸的进一步识别提供了基础。

二. 基于 Haar 小波变换的彩色图像人脸检测算法

本文使用一个 YCbCr 空间肤色模型对图像进行分割得到肤色区域, 利用 Adaboost 学习算法训练出基于 Haar 小波变换的人脸检测器, 并对肤色区域进行检测确定出人脸区域; 对

基金项目: 军队科研基金项目

人脸区域利用人眼和嘴的颜色特征提取出眼、嘴的候选区域,最后根据面部器官的几何结构关系利用模板匹配的方法确定出眼睛和嘴部的位置。

1. 肤色区域分割

在数字图像处理中,通用的颜色模型是 RGB 模型,而在 YCbCr 彩色空间中,亮度和色度信息相关性很小,比 RGB 模型更符合描述人脸肤色颜色,而且与 RGB 的转换比较简单,因此本文选择 Anil K.Jain 等建立的肤色模型[3],只要将图像从 RGB 空间映射到 YCbCr 空间中的 Cb、Cr 分量二维平面上,根据肤色模型就可以确定出肤色候选区域并通过一些形态学区域开闭操作去除区域内细小的噪声并填充大的漏洞,得到肤色区域及相应的掩图。

2. 基于 Haar 特征的人脸检测

Papageorgiou[5]在利用Haar小波变换从人脸中提取特征时,提出了局部Haar 特征。本算法中一共使用了三类局部Haar特征,如图1,每一类的特征值都是白色矩形区域内所有像素灰度值之和减去黑色矩形区域内所有像素灰度值之和。

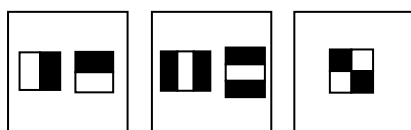


图 1 边界、细线、对角线特征

利用P.Viola[2] [4]提出的积分图像快速算法可以方便地提取出局部Haar 特征。定义图像中坐标在点 $p(x, y)$ 的积分图像 $ii(x, y)$ 为 p 点左上方所有像素灰度值 $i(x', y')$ 之和, $s(x, y)$ 表示一行上像素灰度值之和,利用公式(1)、(2),遍历原图像一次就可以计算出所有点的积分图像。利用积分图像,计算原图像任意一个矩形内像素灰度值之和所需的计算量只是一个常数,从而可以快速的计算出各个特征的特征值,如图2、式(3)。

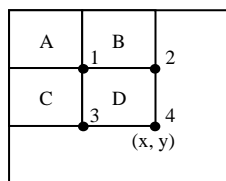


图 2

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y') \quad (1)$$

$$s(x, y) = s(x, y - 1) + i(x, y) \quad (2)$$

$$ii(x, y) = ii(x - 1, y) + s(x, y) \quad (3)$$

$$valueD = ii4 + ii1 - ii2 - ii3$$

我们从Google获取人脸图像并制作了一个包含1000张人脸,3000张非人脸图像的训练样本集,每一个样本尺寸均为 24×24 像素。针对每一个特征,计算各样本相应的特征值,将具有最小分类错误率的特征值做为门限,得到一个弱分类器:

$$h_j(x) = \begin{cases} 1 & p_j f_j(x) < p_j \theta_j \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (4)$$

x 表示 24×24 的样本图像, $f_j(x)$ 表示特征 j 的特征值, p_j 是一个对偶系数, θ_j 为门限。与P.Viola直接使用样本进行训练不同,我们赋给人脸样本一个大的权值,给非人脸样本一个小的权值,从而在训练弱分类器阶段就把注意力集中在人脸样本上,这样得到的弱分类器具有更好的分类效果,减少了强分类器中弱分类器的使用数量,提高了检测速度。

局部Haar特征的优点是计算简单方便,缺点是特征所含信息量较少,利用单个弱分类器很难取得理想的分类结果,为此本算法采用AdaBoost学习方法。每个人脸样本都赋予一个权值 $1/2000$,非人脸样本权值为 $1/6000$ 。进行 T 轮迭代学习,每轮学习后,都挑选出分类正确率最高的一个弱分类器并被赋予一个与其正确率呈正比的权值 α ,同时加大被错误分类的样本的权值,使下一轮学习更加注意这些样本。 T 轮过后共选出 T 个弱分类器组成一个强分类器。为了提高检测效率,可以降低每个强分类器的检测率标准,以减少使用的弱分类器

的数量，再将若干个强分类器串连组成最终的人脸检测器。

3. 人眼和嘴的检测

1) 人眼的颜色模型

为了建立人眼的颜色模型，我们从 Heinrich-Hertz-Institute(HHI)图库及 Google 搜索中获取 200 张人物照片，然后手工取出图像中的人眼。由于人眼眼白颜色基本相同，在选取人眼区域时，只保留角膜部分，并去除掉角膜反光产生的亮点，最后得到了一个包含 22000 个像素点的样本集。对样本集进行 RGB→YCbCr 的彩色空间变换，其分布如图 3。可以看出，人眼颜色在 YCbCr 彩色空间中的分布是比较集中的。绝大多数样本 Y 分量集中在 (0, 120) 内，另外，Cb 分量普遍比 Cr 分量的值要高。由上述分析，在色度空间中，人眼与皮肤的 Cb, Cr 分量有较大差异，据此可以比较好的确定人眼位置。

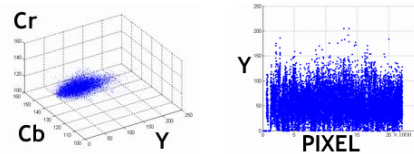


图 3

2) 基于色度分量的人眼提取

由于人眼具有很强的 Cb 分量，可以利用式 (5) 增强眼部区域：

$$EyeImageC = (Cb^2 + (255 - Cr)^2 + (Cb - Cr)^2) / 3 \quad Cb, Cr \in [0, 255] \quad (5)$$

与其它器官相比，嘴的颜色中含有更高强度的 Cr 分量及很低强度的 Cb 分量 [3]。于是，可以用非线性处理（如式 6）放大 Cr 和 Cb 分量强度间的差异以突出嘴部区域。

$$MouthImage = Cr^2 (Cr^2 - \eta Cr / Cb)^2, \quad \eta = 0.95 * \frac{\sum_{(x,y) \in f} Cr(x,y)^2}{\sum_{(x,y) \in f} Cr(x,y) / Cb(x,y)} \quad (f \text{ 为人脸候选区域}) \quad (6)$$

另外，测量发现人眼和嘴部面积分别约占脸部整个面积的 3%，因此在提取人眼和嘴时将灰度值最大的 3% 的像素点保留，利用形态学区域开闭操作去除细小的噪声，然后根据各个连通区域的几何特征如区域的面积、长宽比例、位置等把完全不可能为人眼或嘴的区域去除得到 EyeImage 和 MouthImage，如图 4。



图 4 EyeImage、MouthImage

4. 人脸的确认

将 EyeImage 和 MouthImage 进行或操作，得到 FeatureImage，并确定各连通区域的中心点，由这些中心点构造三角形，其中两个顶点必须取自 EyeImage，另一个取自 MouthImage。根据人脸中两眼与嘴的几何关系，生成一个三角形模板，如图 5，计算各三角形与该模板的相似度 finalScore，如式(7)~(9)，根据相似度的大小最终做出判断。

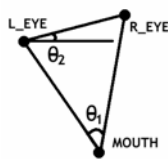


图 5 FaceTriangle model

$$f_1(\theta_1) = 1 - \frac{(\theta_1 - 0.8237)^2}{0.6785} \quad 0 \leq \theta_1 < \frac{\pi}{2} \quad (7)$$

$$f_2(\theta_2) = \begin{cases} \exp\left(\frac{-\theta_2^2}{0.1921}\right) & 0 \leq \theta_2 < \frac{\pi}{2} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (8)$$

$$finalScore = f_1(\theta_1) f_2(\theta_2) \quad (9)$$

三. 实验结果

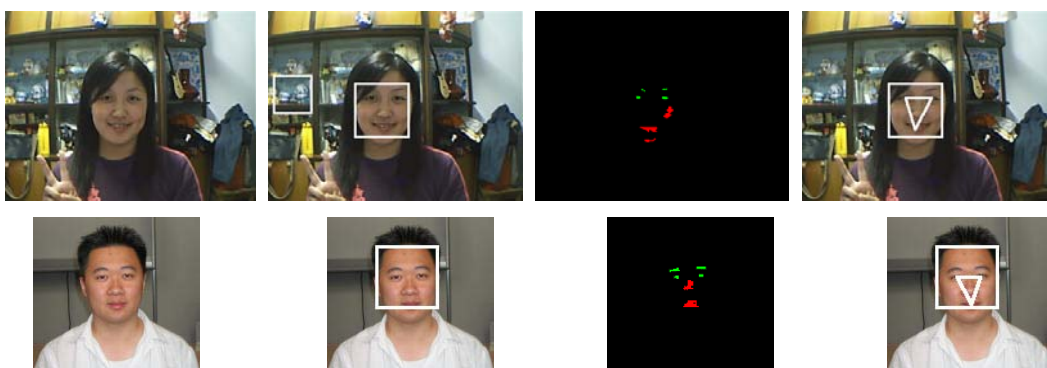


图 6 实验结果

我们对不同彩色人物图像分别进行了试验。从图 6 可以看出，结合肤色信息利用 Adaboost 学习算法训练出的人脸检测器能够准确的检测出图像中的人脸区域，对每一个矩形区域，利用眼、嘴在 Cb、Cr 分量上分布的特点进行特征提取，有效的排除掉大部分非人脸区域，并能在实际人脸区域内找到眼、嘴的候选位置；最后通计算与模板的相似度，准确的确定了眼睛和嘴部的位置。

四. 结论

本文提出了一种基于 Haar 小波变换的彩色图像人脸检测方法。首先将图像从 RGB 空间变换到 YCbCr 空间，用肤色模型检测出皮肤区域；利用 Adaboost 学习算法训练出基于 Haar 小波变换的检测器，并对肤色区域进行检测确定出人脸区域；然后根据人眼和嘴在 Cb、Cr 分量上的差异分别提取出相应的候选区域；最后综合各个候选区域信息，组成三角形结构，采用模板匹配的方法进行人眼和嘴的确定。实验结果表明该算法能够快速有效地检测出人脸并确定人眼和嘴的位置。我们下一步的工作是进一步完善我们的算法，如减少光照影响、提高检测速度、进一步提高检测的准确率。

参考文献

1. Ming-Hsuan Yang, David J.Kriegman, and Narendra Ahuja, *Detecting Faces in Images: A Survey*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 24, No.1, January, 2002.
2. Paul Viola, Michael Jones, *Rapid object detection using a boosted cascade of simple features.*,Conference On Computer Vision and Pattern Recognition, 2001.
3. Rein-Lien Hsu, Mohamed Abdel-Mottaleb and Anil K.Jain, *Face Detection in Color Images*, 2002.
4. Paul Viola, Michael Jones, Robust Real-time Object Detection. In Proc.of IEEE Workshop on Statistical and Computational Theories of Vision, 2001.
5. Constantine P.Papageorgiou, Michael Oren, Tomaso Poggio. *A General Framework for Object Detection*. International Conference on Computer Vision, January 1998.

陈 健 男，汉，1980 年生，解放军信息工程大学硕士研究生，研究方向为数字视频处理，人脸检测。

周利莉 女，汉，1971 年生，博士，解放军信息工程大学副教授，主要研究方向为人脸检测，模式识别，数字视频处理。

CHEN Jian was born in 1980, graduate student in PLA Information Engineering University. Research interests include digital video processing and face detection.

ZHOU Li-li was born in 1971, associate professor of PLA Information Engineering University and research in digital Image processing, face detection ,pattern recognition , and digital video processing.

联系人 陈健 河南省郑州市 1001 信箱 835 分箱

E-mail: kronn@163.com