

基于肤色特征的 AdaBoost 人脸检测方法^①

许书环^{1,2,3} 孔斌^{1,3} 郑飞^{1,3} (1.中国科学院合肥智能机械研究所 安徽 合肥 230031;
2.中国科学技术大学 自动化系 安徽 合肥 230027;3.安徽省仿生感知与先进机器人技术重点实验室
安徽 合肥 230031)

摘要: 针对人脸检测准确率和实时性问题,提出了一种基于肤色特征的 AdaBoost 检测方法。通过将肤色特征应用到 AdaBoost 检测算法中,提高 AdaBoost 算法的检测率。实验结果表明,该算法能更好地实现多人脸检测,且减少计算量,保障了实时性的要求。

关键词: 人脸检测; AdaBoost; 肤色特征

AdaBoost Face Detection Based on the Skin-Color Characteristics

XU Shu-Huan^{1,2,3}, KONG Bin^{1,3}, ZHENG Fei^{1,3}

(1. Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Science, Hefei 230031, China; 2. Department of Automation, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China; 3. The Key Laboratory of Biomimetic Sensing and Advanced Robot Technology, Hefei 230031, China)

Abstract: To make face detection accurate and in real-time, this paper proposes the face detection method based on the skin-color model of AdaBoost. It can improve the accuracy of the AdaBoost results by applying color characteristics to the AdaBoost. The experimental results show that the method can make more faces detection, reduce the computation and satisfy the real-time demand.

Keywords: face detection; AdaBoost; complexion characteristics

1 引言

人脸检测(face detection)是指在输入图像中确定所有人脸(如果存在)的位置、大小、位姿的过程。人脸检测作为人脸信息处理中的一项关键技术,近年来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。

由于人脸是非刚性体,受姿态、脸部表情、遮挡、旋转方向、光线等因素的影响,其外观具有高度的可变性,难以提取共性的特征。为解决这个问题,国内外进行了很多研究并取得一定成效^[1,2]。在众多的人脸检测方法中,由 Paul Viola 和 Michael Jones 于 2001 年提出的 Adaboost 算法^[3]从根本上解决了检测速度的问题,并有较好的检测效果,但在多人脸图像中漏测

率较高^[4]。而基于肤色的检测方法利用肤色这一稳定且不依赖面部细节的特征,将图像分割为“肤色”与“非肤色”区域,在“肤色”区域中进一步确认检测人脸,检测速度快,但虚检率高,常出现将颜色相似的背景物体错判为人脸的情况。

基于此,本文将肤色特征应用到 AdaBoost 检测算法中,提出一种基于肤色特征的 Adaboost 检测方法,实验结果表明,本文提出的改良算法很好地提高了多人脸图像的检测率,并在单人脸图像检测中缩短了检测时间。

2 AdaBoost算法

1995年, Freund 和 Schapire 提出了 AdaBoost

① 收稿时间:2009-10-11;收到修改稿时间:2009-12-12

算法^[5], 2001年 Viola 和 Jones 在其基础上提出了改进。AdaBoost 全称为 Adaptive Boosting。该算法不需要任何关于弱分类器性能的先验知识, 很容易应用到实际问题中。这个算法的基本思想就是将大量的分类能力一般的弱分类器通过一定方法叠加起来, 构成一个分类能力很强的强分类器 $f(x) = \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x)$ 。理论证明, 只要每个弱分类器分类能力比随机猜测要好, 当弱分类器个数趋向于无穷时, 强分类器的错误率将趋于零。Adaboost 用于人脸检测时, 首先计算出大量的简单 Harr 型特征。这些 Harr 型特征都有一定的人脸和非人脸区分性, 再用 AdaBoost 学习方法挑选一些重要特征, 最终系统使用数千个一维 Harr 特征组合起来达到很好的分类效果^[6]并大大提高检测速度。

AdaBoost 用于人脸检测时使用的特征是 Harr 型特征, 由 Viola 和 Jones 提出, 因其类似于 Haar 小波而得名。

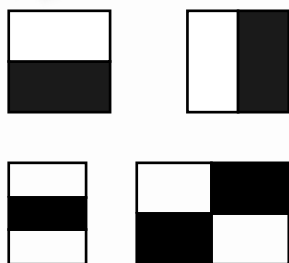


图1 简单的 Haar 型特征

如图1所示, Haar 型特征的定义是黑色矩形和白色矩形在图像子窗口中覆盖的区域的灰度级总和之差, 可见, 它反映了图像局部的灰度变化。P. Viola 和 M. Jones 最初用到的 Haar 型特征共有4种。此后的文献中对 Haar 特征的扩充不断出现, 其中较具代表性的有 R. Lienhart 和 J. Maydt 的 45° 方向的 Haar 特征, 如图2所示。

Viola 和 M. Jones 的工作^[3]主要贡献有三点: 1) 首先, 采用一种简单的矩形 Haar 特征来描述图像的灰度分布。2) 其次, 采用 AdaBoost 算法从大量 Haar 特征中挑选出很少的一部分构造出所谓的强分类器; 3) 最后, 提出了一种瀑布型检测器结构, 可以逐渐将非人脸区域剔除, 而把注意力集中在那些更像人脸的部分^[8]。

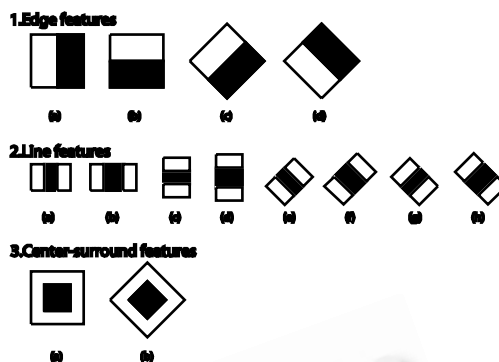


图2 45° 方向的 Haar 型特征

实验表明基于 AdaBoost 算法的人脸检测对于单人脸正面图像的检测效果较好, 误检率也比较低, 但是它只使用灰度尺度特征, 有一定的局限性。对于侧面及多人脸图像检测正确率不高, 出现了在侧面图像中不容易检测到人脸以及在多人脸图像中漏检太多的现象。

3 基于肤色特征的AdaBoost检测方法

由于 AdaBoost 方法在多人检测时效果不理想, 本文提出了基于肤色特征的 AdaBoost 检测方法, 肤色是人脸上最显著的特征之一, 相对比较稳定, 旋转、位姿等因素对其影响不大^[9]。因此, 本文在检测初期用 AdaBoost 算法做初定位, 再结合肤色特征和几何特征做进一步的检测。

步骤一: 用 AdaBoost 算法做初始定位:

(1) 准备样本: 在一个 20×20 的图片中提取一些简单的 Harr 特征(如图1、图2所示), 计算其白色区域和黑色区域的像素和之差, 这些特征值在人脸与非人脸图片的相同位置上的大小是不一样的。

(2) 训练分类器: 使用数千张切割好的人脸图片和上万张背景图片作为训练样本。训练图片一般归一化到 20×20 的大小, 通过 AdaBoost 算法挑选数千个有效的 Harr 特征来组成人脸检测器。

(3) 检测: 使用将分类器按比例依次缩放, 然后图像中移动搜索窗口, 检测每一个位置来确定可能的人脸。

得到初步的检测结果后, 记录其平均人脸面积 S_a 作为后续比较。

步骤二: 通过判断肤色点获取初步的人脸区域:

由三基色 RGB 空间经过变换, 可以得到各种彩色空间的色度表示。本文分别在 YUV 空间和 YIQ 空

间上进行人脸肤色分布特性的分析。

从RGB空间到YUV空间的矩阵转换表示为：^[10]

$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

在YUV空间中，U和V是平面上的两个相互正交的矢量，如图3所示。每一种颜色对应一个色度信号矢量，它的饱和度由模值Ch表示，色调由相位角θ表示：

$$Ch = \sqrt{|U|^2 + |V|^2},$$

$$\theta = \tan^{-1}(V/U).$$

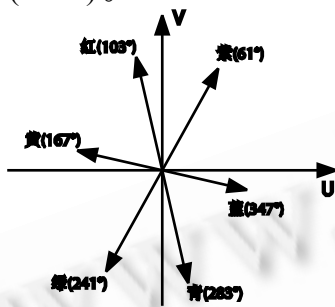


图3 色度信号矢量平面

根据对人脸图像样本的θ值分析结果^[10](如图4所示)，可以认为人脸肤色的色调范围是在105°和150°之间。以此为特征进行图像分割可以滤掉与人脸肤色在色调上有较大区别的背景。

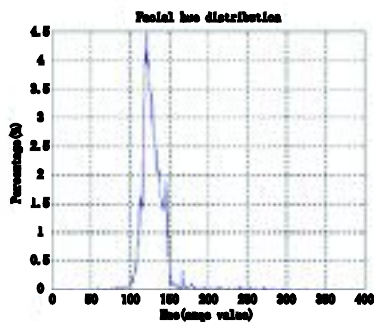


图4 人脸色调分布：相位角

此外还可以在YIQ空间上利用彩色的饱和度信息来增强分割效果。将YUV色空间的UV平面逆时针方向旋转33°，就得到了YIQ空间的IQ平面。从RGB空间到YIQ空间的矩阵转换表示为：

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.3121 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

实验发现，人脸肤色在YIQ空间内的I值在一个

特定范围变化，可以确定在30到100之间^[11]，如图5所示。

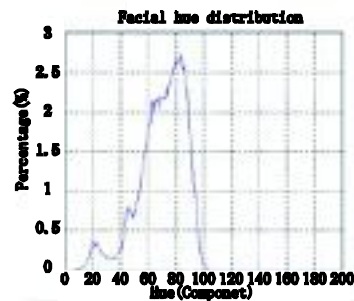


图5 人脸色调分布：分量

采用YUV空间的相位角θ和YIQ空间的I分量作为特征，能够联合确定人脸肤色的色度信息分布范围。即彩色图像的像素p由RGB空间变换到YUV空间和YIQ空间，如果同时满足条件：105° ≤ θ ≤ 150°和30 ≤ I ≤ 100，则p是肤色点，继而确定一个初步的候选人脸区域。

步骤二的粗定位可以把图像中的大多数人脸检测到，且速度较快，但是检测到人脸的同时，也会将非人脸的背景区域误检。因此，步骤三的精检测通过对初始的候选区域进行一系列几何特征的限制，剔除出不符合人脸条件的噪声，筛选出人脸，实验证明，该方法具有一定的有效性。

步骤三：

首先，对初始的候选区域用数学形态学的闭运算进行平滑处理，去除当中存在的空洞，得到多个连通的区域。

其次，对候选的各个连通域进行人脸几何特征判断：

(1) 将各个连通域的面积S_i与AdaBoost算法检测得到的人脸面积进行比较，将差距很大(S_i < 0.3S_a且S_i > 2S_a)的连通域判定为非人脸并将其剔除，这样就可以将很多明显的背景及其噪声排除。

(2) 运用人脸的几何性质对其进行判别。本文先对各个连通域求得最外层矩形边界，再计算矩形的长宽比h_i/w_i。对于人脸来说，长宽比一般为1左右，因此我们将h_i/w_i > 2的这样区域判定为非人脸区域，可将手臂、腿等非人脸区域从候选区域中排除。

(3) 通过连通区域最外层矩形边界的区域面积占有率去除干扰区域。即计算矩形边界中连通域的像素点个数占整个矩形像素数的比例 r_s = ∑_{A ∈ S_i} / ∑_{A ∈ S_{rect}}，若r_s小于一定的阈值就把该连通区域判定为非人脸区域，

将其从候选区域中排除。

(4) 通过连通区域与最外层矩形的周长占有率去除干扰区域。即计算连通区域的轮廓曲线周长和矩形边界周长的比例 $r_l = l_i / l_{rect}$ ，若 r_l 小于一定的阈值就把该连通区域判定为非人脸区域，将其从候选区域中排除。

最后，将 AdaBoost 算法初始定位，结合颜色特征和几何特征的精检测作为多人脸检测的结果。

此外，对于特定的单人场合(例如驾驶室等)，将 AdaBoost 方法和颜色特征结合，的方法应用于单人脸检测中，可大大缩短检测时间，提高效率。由于 AdaBoost 检测方法对单人脸可以达到较高的准确率。因此，本文对单人脸图像先进行肤色区域分割，提取最大的连通域作为候选的人脸区域，对该区域运用 AdaBoost 检测方法，使其不用再遍历整幅图像，继而减少检测时间，在实时性方面更加符合检测要求，保障了下一步视频序列的实时检测。

4 实验结果及分析

本实验采用 VC++6.0 作为编程平台，实现了上述的基于肤色特征的 AdaBoost 人脸检测算法。实验对多个人脸图像样本进行了研究分析，现选取其中一个进行说明。图 6 为 AdaBoost 算法的多人脸检测结果，图 7 为通过颜色特征分割的结果，本文算法的检测结果如图 8 所示。

(1) 多人脸检测：



图 6 Adaboost 检测结果



图 7 颜色特征分割结果



图 8 本文算法的检测结果

表 1 两种方法的比较

测试项	Adaboost 算法	本文方法
实际人脸数量	24	24
正确检测人脸数	3	16
检测率 %	12.5	66.67
误检人脸数	0	0
误检率 %	0	0

(2) 在单人活动视频中，为了提高视频的检测效率，在单帧图像中先应用颜色特征提取候选的人脸区域如图 10 所示，再应用 AdaBoost 对候选区域进行检测，使之不用遍历整幅图像，缩短检测时间，提高效率，为下一步视频操作工作的实时性提供保障。

运行时间：(ms)

1016(本文方法)

3547(AdaBoost 方法)



图 9 原始图像



图 10 候选的遍历区域



图 11 检测结果

从实验结果来看, 本文的算法在多人检测时, 大大改善了 AdaBoost 方法检测率低的情况, 虽然有可能出现误检, 但是个数极少, 总体来说仍是提高了系统的实用性。在对单人脸检测时, 由于减少了 AdaBoost 算法的遍历区域, 使得运行时间更短, 从而保障了下一步图像序列检测的实时性。

5 结论

本文提出了一种基于肤色特征的 Adaboost 人脸检测方法, 该算法的特点是将肤色信息应用到 Adaboost 人脸检测中, 提高多人脸图像的检测率, 单人脸图像的检测速度, 为下一步图像序列的实时检测打下基础。但是该算法本身也有一定的局限性, 不可避免地存在一定的误差, 比如虚检的情况还有待改善。因此还需要结合其他的特征, 以弥补其不足。

参考文献

- 1 Yang MH, Kriegman D, Ahuja N. Detecting faces in images: A survey. *IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2002,24(1):34 – 58.
- 2 梁路宏,艾海舟,徐光佑,张钊.人脸检测研究综述. *计算机学报*, 2002,25(5):449 – 458.
- 3 Viola P, Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. *Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Kauai, Hawaii, USA: IEEE Computer Society, 2001. 511 – 518.
- 4 龙敏,黄福珍,边后琴.基于 Adaboost 算法的多角度人脸检测. *计算机仿真*, 2004,24(11):206 – 209.
- 5 Freund Y, Schapire R. A Short Introduction to Boosting. *Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence*, 1999,14(5):771 – 780.
- 6 魏冬生,李林青. Adaboost 人脸检测方法的改进. *计算机应用*, 2006,26(3):619 – 621.
- 7 Lienhart R, Maydt J. An extended set of Haar-like features for rapid object detection. *Proc. of the IEEE International Conference on Image Processing*. Rochester, NY, USA: IEEE Computer Society, 2002. 900 – 903.
- 8 武勃.多角度人脸检测与人口统计学分类[硕士学位论文].北京:清华大学, 2004.
- 9 方彦.基于肤色和 AdaBoost 算法的彩色人脸图像检测[硕士学位论文].厦门:厦门大学, 2008.
- 10 张洪明.人脸检测技术的研究与实现[硕士学位论文].哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2000.
- 11 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):150 – 1256.