

文章编号: 2095-2163(2019)05-0098-05

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

一种改进型 Adaboost 算法的人脸检测

刘燕, 贺松, 成雨风

(贵州大学 大数据与信息工程学院, 贵阳 550025)

摘要: 原有的 Adaboost 算法在复杂背景及光源下, 容易出现人脸的误检问题, 从而使人脸误检率较高。人脸相似区域的样本难以分类, 导致出现权重过拟合现象使检测率降低。针对这些问题, 本文提出了一种 YCbCr 肤色区域分割+改进型 Adaboost 算法的人脸检测算法。采用肤色区域分割排除复杂背景及光源的影响, 将权重更新与正负样本误检率相结合, 抑制人脸相似区域的权重过拟合现象, 同时引入符合人脸的 Haar-Like 特征进一步提高检测率。通过实验证明, 本文提出的算法在人脸检测中提高了检测率, 降低了误检率和检测所需时间。

关键词: Haar-Like 特征; Adaboost; 肤色分割; 人脸检测

An improved Adaboost algorithm for face detection

LIU Yan, HE Song, CHENG Yufeng

(College of Big Data and Information Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

[Abstract] The original Adaboost algorithm is prone to face false detection under complex background and light source, which leads to a high rate of face false detection. It is difficult to classify the samples of face similar regions, which leads to the phenomenon of weight overfitting and reduces the detection rate. To solve these problems, this paper proposes a face detection algorithm based on YCbCr skin color region segmentation + improved Adaboost algorithm. Skin color region segmentation is adopted to exclude the influence of complex background and light source, weight updating is combined with positive and negative sample false detection rate, which could suppress the weight overfitting phenomenon in face similar areas. Meanwhile, Haar-Like features conforming to face are introduced to further improve the detection rate. Experimental results show that the algorithm proposed in this paper improves the detection rate, reduces the false detection rate and the detection time.

[Key words] Haar-Like characteristics; Adaboost; skin color division; face detection

0 引言

随着计算机视觉的发展, 人脸识别已应用在生活中各个领域, 比如身份验证、智能人机接口、出入口控制等。其中的人脸检测是人脸识别的一个重要组成部分, 人脸检测的检测速度和检测率直接影响到人脸识别系统的性能, 因此人脸检测也是相关领域学者研究的热点课题, 近些年来也得到了不断拓展与创新。人脸检测的评价指标有检测率、检测速度、误检率、鲁棒性^[1]。

目前, 由 Viola 和 Jones 提出了经典的人脸检测 Adaboost 算法, 而且由其提出的人脸检测器比其它学者提出的人脸检测器性能更佳, 但是还存在着检测率和检测效率不足的问题。与此同时, 也还有研究发现, 肤色区域分割可以有效避免复杂背景、人脸姿态、表情变化和面部被遮挡等因素对人脸检测的影响^[2]。在待检测图像中, 肤色区域分割排除了大

部分非肤色部分, 所以基于肤色区域分割的人脸检测在速度上占据优势, 使其经常在快速的人脸检测系统中被应用。为了提高检测率和检测效率, 本文提出了结合 YCbCr 肤色区域分割+改进型 Adaboost 算法的人脸检测算法。

1 肤色区域检测

Jain 等人^[3]提出在 YCbCr 色彩空间中肤色具有良好的聚类性, 肤色在 CbCr 空间的映射形式也表现出椭圆的特性, 这些特性为肤色分割提供了很好的效果, 其中 Y 表示亮度分量, Cb 表示蓝色色度分量, Cr 表示红色色度分量^[3-4]。而肤色区域分割过程可表述如下。

(1) 选用色彩空间 YCbCr, 将图像颜色空间从 RGB 空间转换到 CbCr 空间中。

(2) 采用简单高斯模型进行肤色建模^[5]。

(3) 利用自适应阈值分割方法, 遍历整个待检

基金项目: 贵州省数字健康管理工程技术研究中心项目 (黔科合 G 字[2014]4002 号)。

作者简介: 刘燕(1992-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 数字图像处理、数据挖掘与分析; 贺松(1974-), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 医疗大数据、数字图像处理; 成雨风(1994-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 数据挖掘与分析。

收稿日期: 2019-07-25

哈尔滨工业大学主办 ◆ 学术研究与应用

测图像中的每个像素点,按照 C_b 、 C_r 分割阈值分割肤色区域,像素点在设定的 C_b 、 C_r 阈值区间内,则判断像素点为肤色^[6],分离肤色像素,实现肤色二值化处理。

(4)对肤色二值化图像采用数字形态学的相关运算进行优化处理,消除不平滑的数据点或小连通域,从而得到平滑的二值化图像。数学形态学主要包括着:膨胀运算、腐蚀运算、开运算和闭运算^[7]。

肤色区域分割效果如图1所示。在 $YCbCr$ 空间的肤色区域分割,很好地将大部分背景区域与肤色区域区分开,为后续的人脸检测缩小了检测范围。

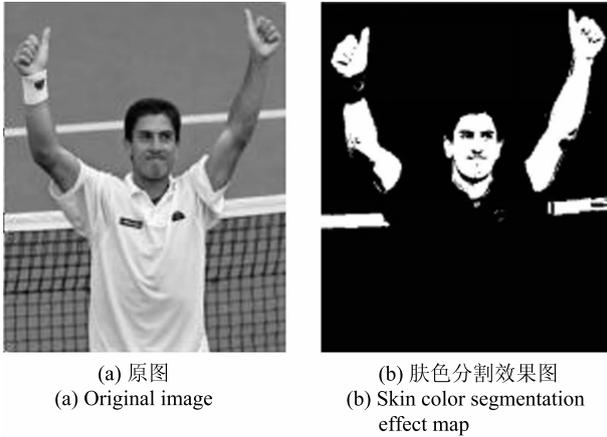


图1 肤色区域分割
Fig. 1 Segmentation of skin color region

2 Haar-Like 特征

2.1 基本的 Haar-Like 特征

基本的 Haar 特征模板有 5 种^[8],如图2所示。除此之外,还延伸了一些常用的 Haar 特征,如:边缘特征、线性特征和中心特征。

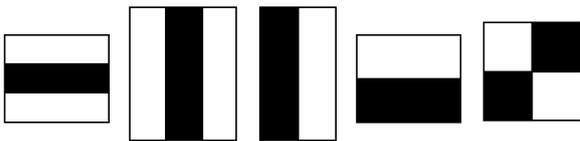


图2 基本的5种 Haar 特征
Fig. 2 Five basic Haar features

2.2 扩展的 Haar-Like 特征

特征值就是白色矩形内的像素和减去黑色矩形内的像素和^[9]。Haar-like 特征模板可以通过平移、缩放提取不同位置和尺度的特征值,在人脸图像中 Haar 特征能够描述人脸的灰度分布情况,眼睛和嘴巴的灰度值较高且位置相对固定^[10]。为了更快地提取人脸特征,进一步优化 Haar 分类器,并根据人脸的眼睛和嘴巴分布位置特征,加入了扩展的 Haar

-Like 特征,从而达到提升检测率的目的。本文扩展的 Haar-Like 特征如图3所示。

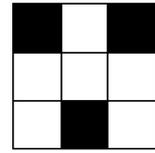


图3 扩展的 Haar-Like 特征
Fig. 3 Extended Haar-Like feature

3 Adaboost 算法及改进

在人脸检测过程中,Adaboost 算法先是计算待检图像的积分图,在积分图中得出 Haar 特征值,快速提取人脸的灰度分布特性,通过大量的训练选出最优的 Haar 特征,将其转化为最佳弱分类器。得到一个最佳弱分类器后,样本的权重将全部更新,所有训练样本也将全部重新训练才能再次选出最优的 Haar 特征,从而转化为最佳弱分类器,转化出的若干个最佳弱分类器组合得到一个强分类器^[11-12]。

3.1 Adaboost 算法原理

(1) 给定训练样本集 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$,其中 x 表示样本, $y_i = 1$ 或 -1 ,标记正样本用 1,标记负样本用 -1 。

(2) 初始化样本训练权重。对应数学公式可表示为:

$$w_{t,i} = \begin{cases} \frac{1}{2m}, y_i = 1; \\ \frac{1}{2l}, y_i = -1. \end{cases} \quad (1)$$

其中, l 为负样本数量, m 为正样本数量。

(3) 迭代训练 T 轮,训练 T 个弱分类器。对此过程,可做设计阐述如下。

① 将权值做归一化处理,则训练样本的权重之和为 1。研究时会用到如下公式:

$$w_{t,i} = \frac{w_{t,i}}{\sum_{j=1}^n w_{t,j}}, \quad (2)$$

② 每一个特征对应生成一个弱分类器,弱分类器的公式为:

$$h_j(x) = \begin{cases} 1, & p_j f_j < p_j \theta_j; \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (3)$$

其中, f_j 为窗口区域的特征值; p_j 为控制不等式方向; θ_j 为弱分类器的阈值。

③ 获取最佳弱分类器。计算所有特征的弱分类误差率 ϵ_j ,在计算的所有特征的弱分类误差率

中,选取最小误差率作为最佳弱分类器,此时的数学公式可写为:

$$\varepsilon_j = \sum w_{i,i} |h_j(x_i) - y_i|, \quad (4)$$

④ 计算权重系数。设最小错误率为 ε_i , 研究中可用下式计算求出:

$$\alpha_i = \frac{1}{2} \log \frac{1 - \varepsilon_i}{\varepsilon_i}, \quad (5)$$

⑤ 更新权重:按照选取的最佳弱分类器,对所有样本进行分类权重更新。

(a) 当样本分类正确,即 $y_i h_i(x_i) = 1$ 时,具体公式为:

$$w_{i+1,i} = w_{i,i} \exp(-\alpha_i y_i h_i(x_i)) = w_{i,i} \exp(-\alpha_i), \quad (6)$$

(b) 当样本分类错误,即 $y_i h_i(x_i) = -1$ 时,具体公式为:

$$w_{i+1,i} = w_{i,i} \exp(-\alpha_i y_i h_i(x_i)) = w_{i,i} \exp(\alpha_i), \quad (7)$$

(4) 把 T 个弱分类器进行组合,形成强分类器。其数学定义如下:

$$H(x) = \begin{cases} 1, & \sum_{i=1}^T \alpha_i h_i(x) \geq 0.5 \sum_{i=1}^T \alpha_i; \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (8)$$

3.2 Adaboost 算法改进

Adaboost 算法在每次训练样本时,都会更新全部样本权重,对于错误分类的样本在下一轮训练中的权重将会增大,对于正确分类的样本在下一轮训练中的权重将会减少。但是对于那些特殊、难以被分类的样本,尤其是经过肤色区域分割出来的待检测区样本,随着训练的迭代进行,如果这些样本一直被错误分类,那么所占权重会越来越大,出现权重过拟合现象,此时检测率将会受到影响^[13-14]。Viola 等人^[15]提出的 Adaboost 算法改进内容可描述为:当发生误检时,增加正样本的比重,减小负样本的比重,但是该方法效果并不理想。

为了防止过拟合现象的发生,处理那些难以被分类的训练样本,本文即对权重更新方式做出了改进。该方法结合了正样本错分率和负样本错分率,同时还会抑制一直被错误分类样本的权重增长幅度。本文针对权重更新的改进可做阐释分述如下。

(1) 当样本分类正确,即 $y_i h_i(x_i) = 1$ 时,研究中的数学公式可改写为:

$$w_{i+1,i} = w_{i,i} \exp(-\alpha_i y_i h_i(x_i)) = w_{i,i} \exp(-\alpha_i), \quad (9)$$

(2) 当样本分类错误,即 $y_i h_i(x_i) = -1$ 时,则需考虑 2 种情况,详论如下:

① 正样本错分率 $FNR > \delta_1$, δ_1 为趋近于零的正实数,则错分的正样本权重更新为:

$$w_{i+1,i} = w_{i,i} \exp(-\alpha_i y_i h_i(x_i) (1 - FNR)) = w_{i,i} \exp(\alpha_i (1 - FNR)), \quad (10)$$

② 负样本错分率 $FPR > \delta_2$, δ_2 为趋近于零的正实数,则错分的负样本权重更新为:

$$w_{i+1,i} = w_{i,i} \exp(-\alpha_i y_i h_i(x_i) (1 - FPR)) = w_{i,i} \exp(\alpha_i (1 - FPR)). \quad (11)$$

在原有 Adaboost 算法中,当样本被错误分类时,权重更新公式为 $w_{i,i} \exp(\alpha_i)$, 如果样本一直被错误分类,权重就会不停增长。改进后因为 $1 - FPR < 1$ 、 $1 - FNR < 1$, 所以能够降低权重扩张幅度,被错分的样本权重将会受到抑制,综上即为对原有 Adaboost 算法提出的权重更新改进方法。

4 人脸检测过程

本文的人脸检测过程主要分为 3 部分,分别是:样本分类器训练、图像预处理、在线人脸检测。其整体设计过程如图 4 所示。由图 4 可知,对其中各重点环节的功能设计可做解析剖述如下。

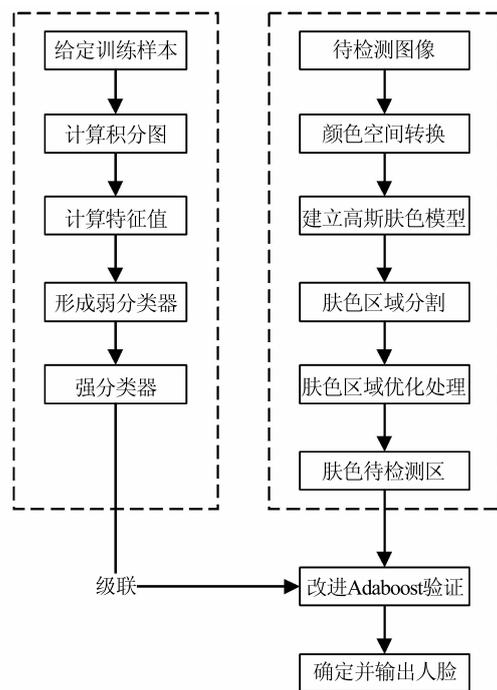


图4 肤色分割+改进 Adaboost 算法相结合的人脸检测实现过程

Fig. 4 Face detection implementation process combining skin color segmentation and improved Adaboost algorithm

(1) 样本分类器训练包括:准备训练样本、积分

图计算、特征值计算、形成弱分类器及强分类器。该部分是利用已经改进的 Adaboost 算法训练分类器, 为人脸检测做准备, 其中的人脸样本和非人脸样本统称为训练样本。

(2) 图像预处理包括: 颜色空间转换、建立高斯肤色模型、肤色区域分割、肤色区域优化处理。该部分是用于提供肤色待检测区, 为在线人脸检测排除复杂背景或大部分非肤色区域。

(3) 在线人脸检测: 将改进型 Adaboost 算法训练得到的强分类器进行级联, 对肤色待检区域做进一步人脸验证, 对于检测出来的人脸, 定位并标注出人脸所在位置。

(4) 强分类器级联: 只有当前层强分类器判定为人脸区域, 才能进入下一层的强分类器继续进行判断, 即只有每层的强分类器都判定为人脸, 才会输出为人脸。级联类似于决策树算法的思想。

5 算法实现与结果分析

本实验使用的开发平台是 Visual Studio 2013, OpenCV2.4.9, 训练样本使用的是各大主流人脸检测数据库。为了保证每个 Haar 特征都在每个样本中出现, 将所有前期准备的训练样本都转换为 20×20 的灰度图。测试样本来自于网络收集, 共 220 张图像, 图像有 435 张人脸, 图像包括了多人图像和单人图像。

为了验证 Adaboost 算法改进后的性能, 本文进行了检测率、检测时间和误检率的比较实验。2 种人脸检测算法性能比较结果见表 1。其中, 误检率是被错误检测的目标与检测到的目标总量之比, 检测率是被检测到的人脸目标与所有人脸总量之比。

从表 1 的性能比较结果来看, 肤色分割+改进型 Adaboost 算法的检测率为 92.7%, 其检测率明显高于原有的 Adaboost 算法检测率 86.2%, 由此得知本文提出的人脸检测算法有效地提高了检测率。2 种人脸检测算法的误检率分别为 18.6% 和 11%, 检测时间分别为 368 s 和 179 s, 在保证了检测率的情况下, 改进后的算法的误检率和检测时间也明显降低, 说明了没有经过肤色区域切割的图像在人脸检测时会被更多因素干扰, 检测尺寸也较大, 因而检测速度较慢, 误检的几率也就更大。综上所述, 在人脸检测中, 肤色分割+改进型 Adaboost 算法比原有 Adaboost 算法的性能更佳。

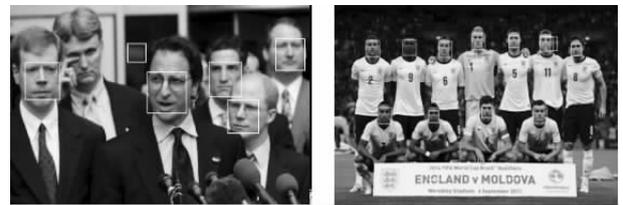
2 种人脸检测算法的效果比较如图 5 所示。在运用原有 Adaboost 算法进行人脸检测效果图中, 图

5(a) 左子图出现漏检及误检, 图 5(b) 左子图出现漏检, 两图出现漏检均是因为人脸面部遮挡难以检测。在第二组人脸检测效果图中, 图 5(a) 右子图出现多处误检, 图 5(b) 右子图检测出所有人脸。从人脸检测输出结果上来说, 肤色分割+改进型 Adaboost 算法比原有 Adaboost 算法的检测率更高, 误检率也更低。

表 1 2 种人脸检测算法的性能比较

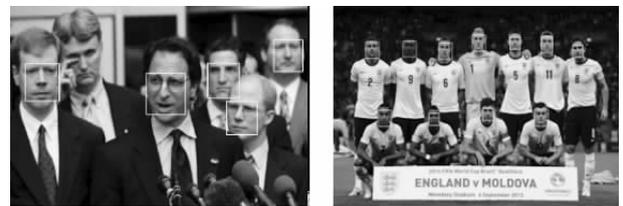
Tab. 1 Performance comparison of two face detection algorithms

算 法	实际 人脸数	检测率 /%	误检率 /%	检测时间 /s
原有 Adaboost 算法	435	86.2	18.6	368
肤色分割+改进的 Adaboost 算法	435	92.7	11.0	179



(a) 原有 Adaboost 算法的检测效果

(a) The detection effect of the original Adaboost algorithm



(b) 肤色分割+改进的 Adaboost 算法的检测效果

(b) The detection effect of skin color segmentation + improved Adaboost algorithm

图 5 2 种人脸检测算法效果对比

Fig. 5 Comparison of two face detection algorithms

6 结束语

本文提出的肤色分割+改进型 Adaboost 人脸检测算法, 对待检测图像做肤色区域分割预处理可以有效降低检测时间和误检率。同时改进的权重更新方式也有针对性地抑制了权重过拟合现象, 验证了引入符合人脸的 Haar-Like 特征可有效提高检测率。在今后的人脸检测研究中, 则亟需研究如何检测带有遮挡物的人脸, 从而进一步完善人脸检测系统。

参考文献

[1] 邵林昌. 基于肤色分割的人脸检测[D]. 南京: 东南大学, 2006.