

基于自适应光线补偿的人脸检测算法

贾灵芝¹, 李 岚², 钱坤喜¹

(1. 江苏大学 生物医学工程研究所, 江苏 镇江 212013;

2. 江苏大学 电气信息工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘 要:人脸检测是计算机视觉、模式识别、人机交互中一个很受关注的研究热点。一般的肤色检测算法假定待测图像是在均匀光照下获得的,环境光照变化、光照不均必会影响图像的柔和度,进而影响人脸的正确检测。针对这一问题,提出一种自适应光线补偿的人脸检测算法,应用不同光照情况下拍摄的69幅彩色图像进行对比实验研究。实验结果表明:该方法有效可行,检测率达96.64%,比单纯应用肤色模型法提高检测率7个百分点,降低误检率5个百分点。

关键词:人脸检测;光线补偿;肤色分割

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)12-0120-03

Face Detection Algorithm Based on Self-adaptive Light Compensation

JIA Ling-zhi¹, LI Lan², QIAN Kun-xi¹

(1. Biomedical Engineering Research Institute, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China;

2. School of Electrical and Information Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: Face detection is a hotspot on the research of computer vision, pattern recognition and human-computer mutuality. General face detection algorithms based on skin color assumes that the color images were obtained on even illumination condition, so the uneven illumination distribution must affect the softness of the color images, which will result in detection error. In order to solve this problem, a new face detection algorithm based on self-adaptive light compensation is proposed in this paper. With 69 color pictures taken by different illumination as detection data, the method is tested. The result shows that this method, which can improve the detection rate 7% (detection accuracy is 96.64%) and reduce the false detection rate 5% than general face detection algorithms, is effectual and feasible.

Key words: face detection; light compensation; skin color segmentation

0 引 言

人脸检测最初来源于人脸识别,是指从不同的场景中确定是否包含人脸,以及定位所有人脸的位置、大小、姿态等。目前,人脸检测已远远超过了人脸识别的范畴,在基于内容的图像检索、视频编码、视频会议、视频监控和智能人机交互等领域都得到了广泛的应用。

国内外应用的人脸检测算法可归纳为以下几类^[1]:

- (1) 基于知识的方法;
- (2) 模板匹配方法;
- (3) 基于外观形状的方法;

(4) 基于特征的方法。

中国科学技术大学的杨光正教授提出的 Mosaic 法是典型的基于知识的人脸检测方法,检测率和误检率分别为 86.6% 和 46.7%, 该方法只对简单背景下的正面人脸具有较好的检测效果;1999 年梁路宏等提出了基于多模板匹配的人脸检测方法,在单人头肩部图像中检测率达 94.4%,但是此类方法不能有效地处理人脸尺度、姿态和形状等方面的变化,具有局限性;H. A. Rowley 提出神经网络检测方法是目前基于外观形状的主要方法,他将图像作为神经网络的输入,检测结果作为输出,设计了一个具有独特结构的适用于人脸检测的神经网络分类器,检测率为 85.4%,尽管此类方法理论上可行,但在实际应用过程中需要大量的训练样本集,相对检测速度较慢,同时也只对正面人脸比较有效;应用人脸特征、肤色或纹理等信息进行人脸检测的方法被归类为基于特征的方法,1997 年 K. C. Yow 等通过一系列规则检测到特征点并组合为人脸,然后进行验证,检测率为 89%。Guan and Yang^[2]采用

收稿日期:2008-03-26

基金项目:江苏省自然科学基金项目(04KJB310171);江苏大学高级人才启动基金(05JDG029)

作者简介:贾灵芝(1982-),女,山西晋中人,硕士研究生,研究方向为图像处理、模式识别;李 岚,博士,副教授,研究方向为图像处理、模式识别、自动控制。

基于肤色和几何信息的无监督人脸检测方法,检测率达 93.7%。作为彩色图像中最重要、最明显的特征,肤色受光照、姿势、表情等变化的影响较小,使用肤色信息可以大幅度降低搜索空间,降低检测难度,提高运算性能,近年来在人脸检测算法中得到越来越广泛的应用。

目前基于肤色的人脸检测算法大多假定待检测图像是在光照均匀情况下获得的,而在实际中光的照明肯定是不均匀的,这必然会影响到算法的检测精度。2002 年,Anil K. Jain^[3]等首次提出了光线补偿方法,简称“参考白”;2004 年,汪更生等^[4]提出了逆向光线补偿方法,简称“参考黑”,二者的优点是没有从亮度分量单方面补偿,避免了彩色信息的丢失,但却难以解决复杂光照环境下人脸的正确检测。针对此问题,笔者对大量彩色图像的光照特性进行研究,提出了一种对不同光照情况下进行自适应光线补偿的新方法。实验结果表明:该方法有效可行,能有效提高检测率 7 个百分点,降低误检率 5 个百分点。

1 自适应光线补偿的人脸检测方法

1.1 算法思想

文中首先对输入的原图像进行归一化处理,其次进行自适应光线补偿,然后选择合适的色彩空间,找出图像中的肤色区域并进行肤色分割,最后将得到的二值图像进行去噪处理,获得候选人脸区域,从而检测出人脸。具体算法流程如图 1 所示。

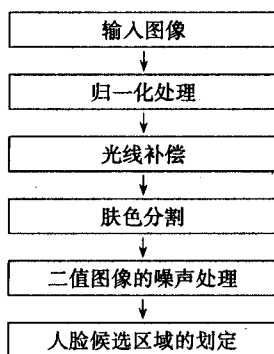


图 1 基于肤色模型的人脸检测算法流程图

1.2 肤色空间的选择

常用肤色空间有 HSI 和 YCbCr 色彩空间。2003 年,李雪威利用 HSI 色彩空间进行肤色分割检测率为 83.98%;同年,胡晓燕利用 YCbCr 色彩空间进行肤色分割检测率达 89%。HSI 肤色模型可以分离亮度信息和色度信息,但无法排除前景与背景中噪音的影响,故皮肤区域分割效果不理想;YCbCr 色彩空间具有二维独立分布的优点,因此能将肤色较好地限制在一定的色彩分布区域内,故文中选取 YCbCr 色彩空间来建

立肤色模型。

1.3 光线补偿

针对实际图像中光照过亮、过暗等情况,文中提出了一种自适应光线补偿方法。通过将图像亮度灰度范围内的两端区域进行压缩,降低过亮和过暗区域的对比度;再用对数函数做非线性变换函数,使变换后图像的对比度增加。该方法能够对过亮、过暗以及中间区域的像素灰度值进行修正,为后续的肤色分割、人脸检测奠定基础。

①对光照过亮和过暗区域的修正。

将原彩色图像转换到 YCbCr 空间,设其亮度值为 $f(x, y)$, 像素总数为 N , 灰度级为 L (文中取 $L = 256$), 第 k 级灰度的值为 r_k , 灰度级 r_k 出现的频数为 n_k , $p(r_k)$ 为第 k 个灰度级出现的概率:

$$p(r_k) = n_k / N \quad 0 \leq r_k \leq 1, k = 0, 1, 2, \dots, L - 1;$$

$$\text{令 } s_k = \sum_{i=0}^k p(r_i)$$

当 $s_k < 0.05, s_{k+1} > 0.05$ 时,将此时的亮度值 $f(x, y)$ 赋值给 B ,即将这些像素的最大亮度值令为 B ;当 $s_k < 0.97, s_{k+1} > 0.97$ 时,则将此时的亮度值 $f(x, y)$ 赋值给 E ,将这些像素的最低亮度值令为 E 。

②对中间灰度区域的修正。

Frank S.^[5] 研究指出:人眼视觉感受的亮度与入射光强呈对数函数关系。为了使变换后图像柔和,层次清晰,取得最佳视觉效果,要求变换后图像 $g(x, y)$ 的直方图与模拟人视觉的视敏响应曲线相匹配。变换形式如下:

$$g(x, y) = (G - S) / (\ln n - \ln m) [\ln f(x, y) - \ln m] + S \quad (1)$$

式中, $g(x, y)$ 为经过变换后的图像像素的亮度值; m, n 表示变换前图像中的最大灰度和最小灰度; S 和 G 是图像变换后的最小灰度和最大灰度。

本研究中,经过灰度变换后的图像像素的亮度值 $g(x, y)$ 表达如下:

$$g(x, y) = \begin{cases} 255(\ln f(x, y) - \ln B) / (\ln E - \ln B) & B \leq f(x, y) \leq E \\ 0 & f(x, y) < B \\ 255 & f(x, y) > E \end{cases} \quad (2)$$

1.4 肤色分割

肤色分割是将光线补偿后的彩色图像分为肤色和非肤色区域,生成只有黑、白两色的二值图像。具体的算法流程如下:

(1) 读入光线补偿处理后的彩色图像。

(2) 扫描图像,获取该彩色图像每一像素 R, G, B

颜色分量值。

(3) 对每一像素, 转换到 YCbCr 空间, 并计算 Cb、Cr 值。

(4) 肤色在 CbCr 空间的分布具有良好的聚类性^[6]。若满足条件 $Cb \in [77, 127]$ 且 $Cr \in [133, 173]$, 该像素设为白色(回写 R、G、B 颜色分量值均为 255); 否则, 该像素设为黑色(回写 R、G、B 颜色分量值均为 0)。

1.5 二值图像去噪处理

经肤色分割后, 将得到一些连通区域。这些区域包括人脸区域, 也包括非人脸区域。为了正确检测人脸, 笔者采用形态学运算对这些区域进行去噪。通过膨胀运算合并一些肤色分割过程中的错误分割点, 如眼睛和嘴等非皮肤区域; 通过腐蚀运算消除肤色分割中错误定为肤色的非肤色点; 并利用开、闭运算去除图像中孤立的小点、毛刺与填充物体内的细小空洞、连接邻近物体。

1.6 人脸区域的检测

经过去噪处理后的二值图像中会有多块白色区域(包括肤色和非肤色区域), 这些白色区域是需进一步处理的目标区域。如何区分这些目标区域是准确检测人脸的关键。

笔者首次提出应用面积提取法来区分这些目标区域。具体方法如下: 首先计算所有目标区域的总面积, 并统计目标区域的个数, 然后计算各个目标区域的平均面积, 因为在统计到的目标区域中人脸区域所占的比例较大, 故可以采用面积比较法, 将小于平均面积的目标区域舍去, 这样检测到的人脸区域会更精确。

2 实验结果与分析

为了验证算法的有效性, 并尽量使测试结果具有通用性, 笔者搜集了来自数码相机拍摄或 Internet 下载的 69 幅 JPG 格式图片作为测试集。测试集中的图像是在不同光照条件下拍摄的, 共包含 586 张人脸, 人脸信息复杂多样, 包括带眼镜、侧脸、低头等姿态, 且部分人脸有局部的遮挡。应用肤色模型法、肤色模型 + 面积提取法、肤色模型 + 面积提取 + 光线补偿法分别进行检测, 实验统计结果见表 1。部分检测结果如图 2 所示, 图中用黑框标识出检测到的人脸位置和大小。

表 1 实验结果统计表

方 式	人脸域	检测率	误检率
未用光线补偿	586	89.76 %	10.73 %
面积提取法	5869	2.70 %	6.91 %
自适应光线补偿 + 面积提取	586	96.64 %	5.69 %

表 1 表明: 采用面积提取法可以有效去除一些不可能包含人脸的小面积区域, 大幅度降低误检率。自适应光线补偿和面积提取法则大幅度提高了算法的检测率, 进一步降低误检率。



a 原图 b 未采用光线补偿 c 只采用面积提取法

图 2 检测结果

(下转第 126 页)

从图 6 可以得出以下三个结果:

- (1) R_2 、 R_3 、 R_4 效果优于 R_1 ;
- (2) R_3 、 R_4 又优于 R_2 ;
- (3) R_4 优于 R_3 。

结果(1)表明频域高阶统计矩优于空域;实验结果(2)表明权重函数的改进起到了放大偏差的作用,有利于频域内敏感特征向量的提取;实验结果(3)说明隐密图像与原始图像的 n 阶矩存在交叉重叠部分,因此必须对特征量进行归一化处理。

从表 1 数据可知:从 R_1 到 R_4 ,增量比从 1.0387 ~ 1.7212 提高到 1.3605 ~ 6.7910,这表明特征量的提取效果较先前有了很大的改进。

4 结束语

文中通过建立小波域高频系数的广义高斯分布实验模型,对小波系数直方图的空域和频域高阶统计矩特征提取算法进行了分析研究,提取了更适合于作为小波域的通用盲检测的特征量。实验数据表明对于小波域加性隐藏的通用盲检测而言,频域高阶统计矩的检测效果要优于空域。经过改进后的特征提取算法能够更加有效地反映出信息隐藏对原始图像频域系数造成的影响。此外,该优化算法不仅适用于广义高斯分

布的信号检测问题,同样适用于原始信号为尖峰型而接收信号为平滑型的信号检测问题。但特征提取必须建立在一个足够大的样本空间基础之上,因此如何进一步解决精度与样本空间的大小之间的矛盾是目前高阶统计分析的焦点,也是后续工作研究的重点。

参考文献:

- [1] 孙中伟,冯登国,武传坤.基于弱信号检测理论的离散小波变换域数字水印盲检测算法[J].计算机研究与发展,2006,43(11):1920-1926.
- [2] 汪太月,李志明.一种广义高斯分布的参数快速估计算法[J].工程地球物理学报,2006,3(3):172-176.
- [3] Farid H. Detecting hidden messages using higher-order statistical models in Proc[C]//IEEE Int. Con. Image Processing. New York:[s. n.],2002:905-908.
- [4] Goljan M, Fridrich J, Holotyak T. New blind steganalysis and its implications[C]//In Proc. SPIE. Security, Steganography, and Watermarking of Multimedia Contents VI. San Jose, CA:[s. n.],2006:1-13.
- [5] Harmsen J J, Pearlman W A. Steganalysis of additive noise modelable information hiding[C]//In Proc. SPIE, Security, Steganography, and Watermarking of Multimedia Contents VI. San Jose, CA:[s. n.],2003:131-142.

(上接第 122 页)

从图 2 可知,a(1)、a(2)、a(3)分别是光线过暗、复杂背景下多人脸以及光线过亮三种情况下的原始图片,b、c、d 分别是采用三种不同的检测算法得到的检测结果输出图像,黑框显示的即为检测结果。在未采用光线补偿进行检测时,b(1)中的墙壁,b(2)中的地板,以及 b(3)中胳膊等部分被误检为人脸区域;在采用面积提取法后消除了一些小面积的的非人脸区域,降低了误检率,但是检测精度还不够高;而采用自适应光线补偿与面积提取法后,较好地消除了光照不均的影响,大幅度提高了检测精度。

3 结束语

在基于肤色模型的基础上,笔者提出一种自适应光线补偿的人脸检测算法。应用 69 幅不同光照情况下的图像进行对比实验研究,实验结果表明:该算法结合面积提取法具有较高的检测率,检测精度达到 96.64%,误检率为 5.69%。

进一步分析表明:当人脸旋转角度较大时,漏检率将上升。因此如何通过平面旋转法、面部特征点提取方法来进一步提高检测率将成为进一步研究方向。

参考文献:

- [1] Yang Ming-Hsuan, Kriegman D J, Ahuja N. Detecting Faces in Images: A Survey[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2002,24(1):34-58.
- [2] Guan Yepeng, Yang Lin. An unsupervised face detection based on skin color and geometric information[C]//In: Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on Intelligent System Design and Applications, ISDA 2006. Los Alamitos, USA:[s. n.],2006:272-276.
- [3] Hsu Rein-Lien, Abdel-Mottaleb M, Jain A K. Face Detection in Color Images[J]. IEEE Transactions on PAMI,2002,24(5):696-706.
- [4] 汪更生,林家骏,刘云翔.基于色度信息及投影法的彩色图像中人脸区域分割方法[J].长春工程学院学报:自然科学版,2004,5(3):777-782.
- [5] Werblin F S. Control of Retinal Sensitivity[J]. The Journal of General Physiology,1974,63(1):62-87.
- [6] Garcia C, Tziritas G. Face detection using quantized skin color regions, merging and wavelet packet analysis[J]. IEEE Trans Multimedia,1999,9(1):264-277.