

# 基于人脸检测和颜色分析的红眼自动消除

金秋明 王朔中

(上海大学通信与信息工程学院, 上海 200072)

**摘要** 用闪光灯进行人物摄影时由于眼底血管的反光会产生红眼现象, 小型照相机的闪光灯和镜头距离很近, 这一问题更为突出。为了自动消除用闪光灯进行人物摄影时产生的红眼现象, 在对基于颜色空间的常用红眼检测技术进行研究的基础上, 对现有较为复杂的检测方法进行了修正, 提出了一种基于人脸检测的红眼自动消除方法, 并在分析的基础上得出一组先验参数用于识别和处理, 从而大大降低了人眼定位的复杂度。实验表明, 该方法能快速有效地消除普通数字照片中的红眼现象。

**关键词** 红眼定位 红眼检测 红眼跟踪 红眼识别

中图法分类号: TP391.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2005)11-1441-04

## Redeye Removal Based on Face Detection and Color Analysis

JIN Qiu-ming, WANG Shuo-zhong

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072)

**Abstract** Redeye is an annoying defect in photographs caused by red light reflected from blood vessels on the retina when a flashgun is used. As the flashgun is close to the lens in a small sized digital camera, the problem becomes even worse. This paper studies detection and removal of red-eyes based on color space analysis, and proposes an automatic red-eye removal technique. Taking into account the prior knowledge of human face, and through experiments on a number of images, an existing approach to face detection is modified. Parameters in an empirical criterion for face detection are determined, resulting in satisfactory segmentation of the skin area. This is used as a basis for further location of eyes and correction of red eyes. Experimental results confirm the effectiveness of the proposed method.

**Keywords** redeye location, redeye detection, redeye recognition, redeye feature tracking

### 1 引言

“红眼”是指用闪光灯拍摄人物照片时, 由被拍摄者眼底血管的反光而导致的人眼瞳孔中央形成的红点现象, 它是由闪光灯的光线被眼睛反射回镜头形成的。随着数字照相机机身日益紧凑, 闪光灯和镜头的距离不断减小, 红眼现象也更为严重, 因此消除红眼已成为照相机技术改良的一个重要问题。

目前常用的人脸检测和红眼消除方法包括基于人脸检测的人眼定位<sup>[1]</sup>、复杂背景下的快速人眼定

位<sup>[2]</sup>、高效的红眼自动检测和消除算法<sup>[3]</sup>、基于肤色的人脸检测<sup>[4]</sup>等。但这些方法一般都较复杂, 所需处理时间长、实时性差。由于许多图像处理软件提供的消除红眼的功能大多用于事后处理, 往往需要人工干预, 因此研究一种快速、高效的自动红眼消除方法, 以便能快速消除拍摄人物相片的红眼现象具有重要的应用价值。

本文提出一种基于人脸检测和颜色分离的红眼自动消除法, 即根据对实际图像的处理需要, 利用一定的先验知识, 并通过避免一系列的冗余检测来减少计算量, 以便简单快速地确定红眼位置, 并加以消

基金项目: 上海市重点学科建设项目(T0102)

收稿日期: 2005-08-26; 改回日期: 2005-09-05

第一作者简介: 金秋明(1983~), 女, 2005年获上海大学学士学位, 现为上海大学硕士研究生。主要研究方向为图像处理。E-mail: catherine0898@sogou.com

除,实验表明,该方法在保证处理效果的同时还可提高处理效率。这一方法经过进一步完善后可望用于实时处理。

## 2 基于人脸检测的红眼消除

本算法主要由以下 4 步组成:

- (1) 结合肤色特征定位人脸;
- (2) 以红色为线索,分割出红色的区域;
- (3) 将两者结合划分出被选的人眼,再根据人眼的特征提取出红眼;
- (4) 以颜色分离法消除红眼并恢复正常人眼。

### 2.1 人脸检测和定位

当原始图像中存在多个红眼或者类似红眼的对象时,由于直接对整幅图像进行红眼识别计算量十分巨大,所以应首先通过检测人脸来确定红眼在图像中的大致区域,以达到减少红眼检测所需计算时间和提高算法效率的目的。

常用的人脸检测方法通常较为复杂,而本文的应用中则无需精确到人脸局部特征和细节,只要保留图像的色彩特征,能够对包含眼睛的人脸区域进行定位即可。肤色是人脸的重要信息,由于它不依赖于面部的细节特征,且对于旋转、表情变化等都适用,并具有相对的稳定性,而且能和大多数背景物体的颜色相区别,所以可首先根据人脸的肤色特征来进行检测和定位。实验结果证明,该算法既简洁又快速有效,可以作为进一步处理的基础。

采用简单的 RGB 三基色描述颜色时,由于色度和亮度之间难以分离,而且各颜色分量之间存在一定的相关性,但在基于颜色进行人脸区域分离时不够理想,为此可根据归一化 RGB 来确定肤色区域。归一化 RGB 定义如下<sup>[5]</sup>:

$$\begin{cases} r = \frac{R}{R+G+B} \\ g = \frac{G}{R+G+B} \\ b = \frac{B}{R+G+B} \end{cases} \quad (1)$$

式中, $R$ 、 $G$ 、 $B$  分别代表原始图像中红、绿、蓝 3 种颜色分量,而  $r$ 、 $g$ 、 $b$  分别为归一化的 3 基色分量。显然,由于 3 个归一化分量之和恒为 1,即仅有两个独立分量,所以可将元素  $b$  略去,以降低颜色空间的维数。这样, $r$  和  $g$  在光源 RGB 颜色中的亮度相互依

赖性就经过归一化而消失,称为“原色”。

以下确定图像中包含肤色的区域。“肤色”除了其物理属性外,还具有主观视觉属性。文献[5]采用下列准则确定肤色区域:

$$\begin{cases} R > 95, G > 40, B > 20 \\ \max(R, G, B) - \min(R, G, B) > 15 \\ |R - G| > 15 \\ R > G, R > B \end{cases} \quad (2)$$

其中, $R$ 、 $G$ 、 $B$  分别是未经归一化的原始三基色。本文采用归一化颜色分量,以减小分量之间的相关性和图像亮度的影响,并根据实验调整参数值,将上述准则修改为:

$$\begin{cases} S = R + G + B \\ 95/S < r < 1 - 90/S, g > 50/S \\ \max(r, g) - \min(r, g) > 30/S \\ |r - g| > 30/S \\ r > g \\ r - g < 0.2 \end{cases} \quad (3)$$

其中, $r$ 、 $g$ 、 $b$  为归一化三基色分量。式中常数值是在实验中经过对多组照片的检测确定的。由于人脸中红色(嘴唇、红眼、蝴蝶结等)成分较多,为了较精确地检测人脸范围,红色值也不能过大,所以加了式(3)中最后的约束条件。

这一方法的优势是肤色检测法则的简易性,且它构建了一个快速分类的模型。在运用这一方法时,获得高识别率的一个主要难题是要找到颜色分量所需满足的足够可靠的判决条件。由于目前尚无法从理论上导出这些条件,因此只能通过实验得到式(3)这样的经验关系式。其中的常数是根据对肤色特征的先验知识并通过实验确定的。本文的实验涉及 32 张人脸照片的检测,其得到的常数值具有一定的普适性,而且对于不同的人种(白种人 8 张、黄种人 22 张、黑种人 2 张),不同的数字照相机、不同的光照程度(白天 21 张、夜晚 11 张)都有较好的效果。图版 I 图 1 给出一个典型的实验结果,其中图版 I 图 1(a)是原图像,图版 I 图 1(b)是肤色检测的输出结果。

由图版 I 图 1 可见,图中人脸的主要部分被提取出来了,但仍有一些缺陷,如眉毛之间未被判断为肤色区。这是由于根据式(3)的判决条件判断的肤色区主要抑制了红色的色度和亮度,所以额头上由光线所造成的白色(其中红色处于饱和)也被抑制了,但这对于红眼检测并无影响。

## 2.2 红眼定位

下一步是在由联通的肤色区域所包围的范围内检测人眼和可能存在的红色瞳孔。人眼和瞳孔有以下几个区别于脸部背景的重要特征<sup>[2]</sup>:

(1) 瞳孔和虹膜的灰度值通常比人眼附近的肤色和眼白要小,因此本算法就通过一个适当的门限值来划分眼睛和人脸;

(2) 两眼几何中心之间的距离应与脸的宽度成一定比例,例如占人脸宽度的 1/3 左右;

(3) 在每个眼睛以下区域没有其他分割区;

(4) 假设人物处于直立姿势,则两眼的高度差较小,例如小于人脸宽度的 1/20;

(5) 每个眼睛区域所占的面积(像素数)应限制在一定的范围内;

(6) 两眼区域间没有其他的分割区;

(7) 眼珠形状类似于一个圆;

(8) 任何连接或接近人脸边界的区域就是人眼区域;

(9) 红眼的颜色特征是正常人眼所不具备的最大特点。

在本算法中将图像中符合以上这些特征的红色区域定义为红眼。

## 2.3 红眼定位和红眼消除

由于在图像的红色区域中,红色相对其他颜色的比重高得多,而在白色区域中,则红、绿、蓝 3 色都已达到饱和(255),所以本文以红色分量所占的比重来提取红眼。以红色为主要线索,通过抑制其他颜色来提取红色区域的方法如下:

$$F_{red} = \frac{r^2}{r + g + b + k} \quad (4)$$

式中, $r$ 、 $g$ 、 $b$  分别为归一化的三基色分量, $k$  是一个小正数,引入  $k$  是为了避免分母为 0。可见,式(4)是通过突出红色在整个颜色空间中所占的比例来提取红色区域。由于像素灰度值存在上限,因此,分子中  $r$  的幂进一步增大并不能提高识别红色的能力。为了突出红色所占比重,这样可适当减小分母值,因此将上式修改为

$$F_{red} = \frac{r^2}{g + b + k} \quad (5)$$

由于红色被部分抑制,所以图 1(b)中的人脸颜色较为灰暗。这在红眼定位中影响不大,若应用在人脸检测中,则可对人脸进行二值化处理,再与原图进行“与”运算就可以恢复原图的色彩。

通过人脸检测和定位、红眼定位和红眼提取等步骤,就可有效地获得红眼在图像中的准确坐标,然后将坐标映射回原图像,并仿照原先红眼定位中抑制绿色和蓝色的方法,将瞳孔位置的红色抑制掉,即可较自然地恢复人眼特征。考虑到不同种族有不同的虹膜颜色,应在处理时有所区别,以便能较自然地恢复人眼图像。

## 3 实验结果

用 Matlab 实现了本文算法,为了验证本文算法的效果,通过对多幅图像进行的实验结果表明,取得了满意的效果,其处理结果如图版 I 图 2 所示,图版 I 图 2(b)是眼睛定位情况,图版 I 图 2(c)是红色瞳孔的定位结果。这样通过简单的人眼分层,就消除了照片上的红眼(如图版 I 图 2(d)所示)。

本文用上述方法对一系列不同的照片进行了处理,包括不同的人种和背景光照,图版 I 图 3、图 4 是另外两幅图像的处理结果。处理结果均表明,本算法能消除不同情况下拍摄人物图像的红眼现象。

## 4 结 论

本文通过对常用的人脸检测和红眼消除方法的分析,提出一种基于人脸检测的红眼自动消除算法。由于该算法结合了高效人脸检测和红色对象的定位方法,有效地实现了基于颜色空间的颜色抑制,从而降低了处理复杂度,并提高了红眼的识别率和效率。该算法具有以下特点:

(1) 有效的检测功能:该算法能够自动对人像的红眼进行跟踪识别,并能可靠地区分红眼和其他红色物体。

(2) 无需人工干预,就可发展为数字照相机中可选的处理功能。

(3) 可靠的红眼消除功能:一旦红眼被正确地探测,则该部分就会被进行自动修复。目前一些红眼消除系统只是通过简单地在红眼部分覆盖上黑色或者蓝绿色象素来进行修改,这样使得照片看上去不够自然。本文的方法则能使修复后的区域和周围有比较自然的过渡。

由于数字照相机日益普及,本文提出的红眼消除技术具有十分广泛的应用前景,但还需要对不同性质的对象,特别是对各种肤色的人像还需进行大

量的实验和进一步分析。为了使算法具有更好的稳健性,并尚需采用自适应技术对式(3)中的参数进行调整。这是今后继续研究的课题之一。

致谢 本研究得到“新型显示技术及应用集成教育部重点实验室”的支持,特此致谢。

### 参考文献 (References)

- 1 Kim H, Lee J H, Kee S C. A fast eye localization method for face recognition [A]. In: Proceedings of 13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, Roma, Italy [C], 2004:241 ~ 245.
- 2 LIANG Tao, Kwan H K. Automatic localization of human eyes in complex background [A]. In: Proceedings of IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'02) [C], London 2002, 5: 26 ~ 29, 669 ~ 672.
- 3 LOU Hui-tao, Yen J, Tretter D. An efficient automatic redevye detection and correction algorithm [A]. In: Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'04) [C], Palo Alto, CA, USA. 2004, 2: 883 ~ 886.
- 4 YI Cong-qing, LI li, MENG Chuan-liang. Face detection in color image based on skin segmentation [J]. Journal of Guizhou University of Technology, 2003, 32(4): 65 ~ 68. [易丛琴, 李丽, 孟传良. 基于肤色分割的彩色图像的人脸检测 [J]. 贵州工业大学学报, 2003, 32(4): 65 ~ 68.]
- 5 Vezhnevets V, Sazonov V, Andreeva A. A survey on pixel based skin color detection techniques [A]. In: Proceedings of Graphicon'03 [C], Moscow, Russia, 2003: 85 ~ 92.



图1 肤色检测结果  
Fig.1 Result of skin color detection

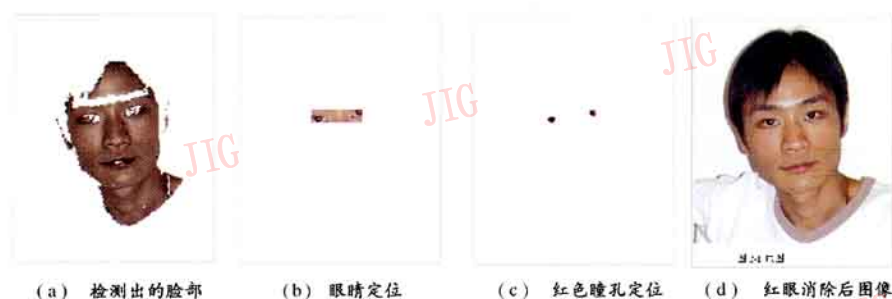


图2 红眼检测和消除  
Fig.2 Redeye detection and removal



图3 黄种人红眼检测和消除实验结果  
Fig.3 Experimental result of redeye detection and removal



图4 白种人红眼检测和消除实验结果  
Fig.4 Experimental result of redeye detection and removal