

基于肤色和 Adaboost 算法的人脸检测研究

陈伟琦¹, 梁一川², 易强², 秦文虎²

(1. 江南大学 信息工程学院, 江苏 无锡 214000;

2. 东南大学 仪器科学与工程学院 虚拟现实技术中心, 江苏 南京 210096)

摘要:人脸检测是计算机视觉和人工智能领域中的一项富有挑战性的工作,在虚拟现实、人机交互等很多领域都有广泛的应用。研究了基于 Adaboost 的人脸检测,并提出了肤色与 Adaboost 算法相结合的人脸检测方法。对输入的彩色图像进行从 RGB 空间到 YCrCb 空间的转换,再结合形态学等方法进行区域肤色分割,排除背景干扰,然后用 Adaboost 算法对可能区域进行检测,得到人脸位置。实验表明,该方法有较高的准确性和鲁棒性,可以得到满意的检测效果。

关键词:人脸检测; Adaboost 算法; 肤色分割; Haar-like 特征提取

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)12-0044-03

Face Detection Based on Skin Color and Adaboost Arithmetic

CHEN Wei-qi¹, LIANG Yi-chuan², YI Qiang², QIN Wen-hu²

(1. School of Information Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214000, China;

2. Virtual Reality Technology Center, School of Instrument Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Face detection is a challenge in computer vision and artificial intelligence area, and applies in virtual reality, human-computer interaction techniques and so on. Studies the face detection based on Adaboost arithmetic, and presents a face detection method based on skin color and Adaboost arithmetic. First transforms the input color images from RGB space to YCrCb space, then uses morphologic methods to make area skin segmentation, at last uses Adaboost arithmetic to detect the face in the possible area, and gets the face position. The experiments show that this method has high accuracy and robustness, can get satisfied detect results.

Key words: face detection; Adaboost arithmetic; skin segmentation; Haar-like feature extract

0 引言

人脸作为人类最重要的外部特征,在人与人的通信交流中起着极为重要的作用。随着人机交互技术日益成为人工智能领域中研究的热点,人脸的检测已成为计算机视觉的一个备受关注的研究方向,在虚拟现实和人机交互等领域有广泛的应用前景。

针对人脸检测,各国的科研人员作了很多研究。国外的 CMU, MIT 等,国内的有微软亚洲研究院、中科院计算所、中科院自动化研究所,清华大学等。长期以来,人脸检测受到检测精度和检测的速度困扰,直到 Paul Viola 和 Michael Jones^[1]于 2001 年提出的基于 Adaboost 算法的人脸检测方法,极大地提高了人脸检

测的速度和精度,使人脸检测技术真正走向实用^[2]。但是,Adaboost 算法只是运用了人脸的灰度特征,有一定局限。文中提出了一种肤色与 Adaboost 相结合的人脸检测方法,首先结合形态学等方法进行区域肤色分割,排除背景干扰,然后用 Adaboost 算法检测出人脸位置。

1 肤色分割

所谓肤色分割是指把人的肤色像素从图像中分割出来,剔除背景,得到只包含肤色信息的图像。在色度空间里,不同人种的肤色分布具有聚类性,因而利用肤色信息具有计算量小、易于实时处理等优点。目前,常用的颜色模型主要有 RGB、HSV 和 YCbCr 等颜色模型。RGB 颜色模型是图像处理中最常用、最基础的模型。但是 RGB 颜色模型的各分量均含有亮度信息,相关度太大,环境光照变换时很容易导致 RGB 值的变化。YCrCb 颜色模型作为肤色分布统计的映射空间,

收稿日期:2008-06-24

基金项目:江苏省社会发展项目(BS2007048);南京市软件产业计划(2007 软资 119);江苏省交通科学计划(06C04)

作者简介:陈伟琦(1969-),男,江苏无锡人,工程师,从事计算机应用技术研究。

该空间的优点是受亮度变化的影响较小,而且是两维独立分布,能较好地限制肤色分布区域。在 YCrCb 颜色模型中,Cr 和 Cb 分量分别表示红色和蓝色的色度。为消除光照因素的影响,选择 YCrCb 颜色模型,对输入的彩色图像进行颜色空间转换,将其从相关性较高的 RGB 空间转换到颜色分量互不相关的 YCrCb 颜色空间。通过大量分析人体肤色的颜色直方图分布,发现当像素满足 $Cb \in [80, 130]$ 且 $Cr \in [135, 170]$ 时,该像素为皮肤像素,否则为非肤色像素。

2 基于 Adaboost 的人脸检测

Adaboost 算法是 1995 年由 Yoav Freund 和 Robert E. Schapire 提出的^[3],是目前最具实用价值的机器学习方法之一,它是一种迭代的学习方法,根据每次训练集中每个样本的分类是否正确,以及上次的总体分类准确率,来确定每个样本的权值,每次训练得到的弱分类器最后融合起来,将一组弱学习算法提升为一个强学习算法。

2.1 Haar-like 特征提取及计算

用 Adaboost 算法进行人脸检测时,需要从人脸中抽取大量的简单特征。Pagageorgiou 等^[4]提出了一种 Haar-like 小波的特征描述方法,Viola 等^[5,6]沿用了这样的特征,使用 Haar-like 矩形特征作为分类的依据。本检测器选择由 Rainer Lienhart^[7]等人提出的扩展的 Haar-like 特征,每个特征由 2~3 个矩形组成,分别检测边界特征、线特征和中心特征,这些特征可表示为:

$$\text{feature}_j = \sum_{i \in \{1, \dots, N\}} \omega_i * \text{RectSum}(r_i) \quad (1)$$

式中: ω_i 为矩形的权,RectSum(r_i) 为矩形所围图像的灰度积分, N 是组成 feature_j 的矩形个数。

为了快速计算矩形特征值,Lienhart^[8]引入了积分图像的概念。对于一个输入图像,像素(x, y) 处的像素值定义为 $I(x, y)$,积分图像 $iI(x, y)$ 定义为该点上方和左侧的所有的像素的总和。若令 $s(x, y)$ 表示(x, y) 所在列的所有纵坐标不超过 y 的点的像素值的总和,则有 $s(x, y) = \sum_{y_j \leq y} I(x, y_j)$ 并且

$$s(x, -1) = 0, iI(-1, y) = 0$$

一个输入图像的积分图像,可以通过递推公式逐点扫描原图像一次计算出来。有了积分图像,就可以很容易地计算出任意矩形区域的像素总和。在进行多尺度检测时,采取缩放特征模板的方法,即使在任意尺度搜索,都可以使用这一个积分图像。

2.2 Adaboost 分类器训练

设一个有 n 个训练样本 $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ 的训练集,其中 $y_i = \{0, 1\}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) 对应样本的

假和真,样本中有 u 个假样本, v 个真样本,待分类样本有 k 个简单特征表示为 $f_j(\cdot)$,其中 $1 \leq j \leq k$,对于第 i 个训练样本 x_i ,它的特征为 $f_i(x_i)$ 。第 j 个特征的弱分类器 $h_j(x)$ 由一个特征 f_i ,一个阈值 θ_j 和一个指示不等式方向的偏置值 p_j (只有 ± 1 两种情况) 构成:

$$h_j(x) = \begin{cases} 1, & p_j f_j < p_j \theta_j \\ 0, & \text{其他情况} \end{cases} \quad (2)$$

通过对正反例进行分析,选择错误率最低的 T 个弱分类器,优化成一个强分类器。训练过程如下:

1) 设 $\omega_{t,i}$ 为第 t 次循环中第 i 个样本的误差权重。对训练样本中的误差权重按如下公式初始化:对于 $y_i = 0$ 的样本, $\omega_{1,i} = \frac{1}{2u}$; 对于 $y_i = 1$ 的样本, $\omega_{1,i} = \frac{1}{2v}$ 。

2) 将 $\omega_{t,i}$ 权重归一化,对于每个特征 j ,训练出其若分类器 h_j ,也就是确定阈值 θ_j 和偏置 p_j ,使其目标函数达到最小;从上述弱分类器中,找出具有最小的错误 ϵ_t 的弱分类器 h_t ;对所有样本的权重进行更新 $\omega_{t+1,i} = \omega_{t,i} \beta_i^{1-\epsilon_t}$, ϵ_t 的确定方法:如果刚才 x_i 被 h_t 正确分类, $\epsilon_t = 0$;反之 $\epsilon_t = 1 - \beta_t = \frac{\epsilon_t}{1 - \epsilon_t}$,这样保证后面训练提取的弱分类器更加强化对这些分类错误样本训练。

3) 最后求得的强分类器是:

$$h(x) = \begin{cases} 1, & \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq 0.5 \sum_{t=1}^T \alpha_t \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad \alpha_t = \log \frac{1}{\beta_t}$$

采用人脸图像作为正样本,以非人脸图像作为反样本进行训练,得到的人脸分类器,对输入的图像进行基于 Adaboost 算法的人脸检测。

3 肤色与 Adaboost 结合的鲁棒性人脸检测

虽然传统的基于 Adaboost 算法和基于肤色的人脸检测方法都可以从图像中检测出人脸,但存在着一定缺陷。基于肤色的人脸检测以人的肤色为特征检测人脸,某些情况下,受到手臂、手等皮肤区域的干扰,“孔洞”大于 3 个时,仍可能受到“非人脸”肤色区域的干扰,无法正确地检测人脸。同样,Adaboost 算法在大多数情况下可以正确检测出人脸,但是由于受到图像噪声、背景纹理等的影响,可能将“非人脸”区域判定为人脸区域。

所以,文中提出了一种肤色与 Adaboost 相结合的鲁棒性人脸检测方法:对输入图像进行基于 Adaboost 算法的人脸检测,如果检测出人脸,则将其标出,假定为可能的人脸区域;如果基于 Adaboost 算法的人脸检测方法没有检测出人脸,则结束。针对检测出的可能的人脸区域进行肤色分割,如果在该区域中肤色像素大于一定的阈值,则将其判定为脸区域,否则仍为非

人脸区域。在文中的实验中,将肤色像素数目阈值设定为整个区域的 80%。

图 1 给出了采用肤色与 Adaboost 结合的鲁棒性人脸检测算法的实验结果。实验中采用的是宽为 320,长为 240 的图片。(a)为基于 Adaboost 算法的误检测结果,得到宽为 109,长为 135 的矩形区域为可能的人脸区域;(c)为对可能的人脸区域进行肤色分割并处理后,得到肤色像素数目为 779,得到肤色像素区域占整个区域的 5.3%;(e)为经过阈值判定后的最终的人脸检测结果,该图像中并不含有人脸;(b)为基于 Adaboost 算法的检测结果,得到宽为 106,长为 132 的矩形区域为可能的人脸区域;(d)为对可能的人脸区域进行肤色分割并处理后,得到肤色像素数目为 12187,得到肤色像素区域占整个区域的 87.1%;(f)为经过阈值判定后的最终的人脸检测结果,该图像中含有人脸区域。

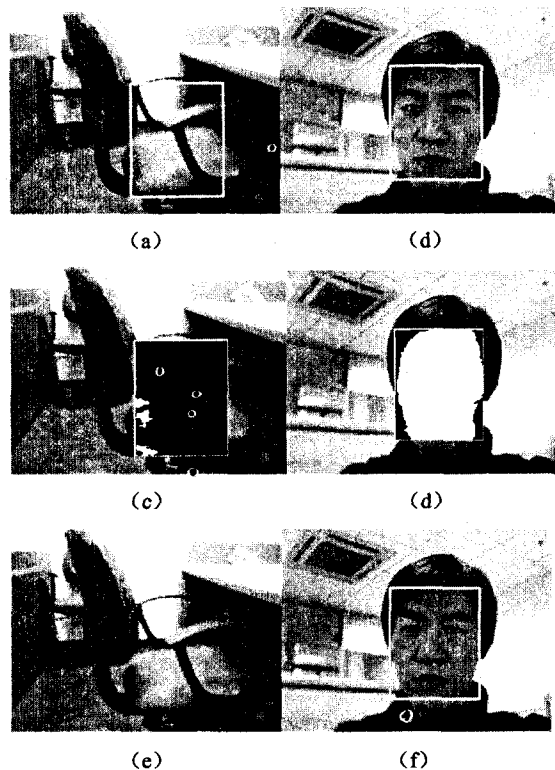


图 1 肤色与 Adaboost 结合的人脸检测实验结果

4 结束语

文中实现了一种肤色与 Adaboost 相结合的人脸

检测方法,先进行区域肤色分割,再用 Adaboost 算法检测出人脸。研究表明:

(1)虽然基于肤色的和基于 Adaboost 算法的方法都可以正确检测出人脸,但是各自存在缺陷,有很多误检及漏检的情况发生。

(2)采用肤色与 Adaboost 算法相结合的人脸检测方法同时考虑了人脸的灰度和肤色特征,可以去除背景及孔洞的干扰。

(3)该方法具有很强的准确性和鲁棒性,可以得到满意的检测效果。

我们将进一步研究人脸检测方法 & 跟踪的相关理论,以达到更好的检测跟踪效果。

参考文献:

[1] Viola P, Jones Robust M. real-time object detection[R]. Technical Report 2001 /01, Compaq CRL,2001.

[2] 梁路宏,艾海舟,徐光佑,等.人脸检测研究综述[J].计算机学报,2002,25(5):449-458.

[3] Freund Y, Schapire R E. Experiments with a new boosting algorithm[C]//Proc of the 13th International Conference on Machine Learning. San Francisco:[s. n.],1996:148-156.

[4] Papageorgiou C, Oren M, Poggio T. A General Framework for Object Detection[C]//International Conference on Computer Vision (ICCV'98). Bombay, India:[s. n.],1998:555-562.

[5] Paul V, Michael J. Robust Real-time Object Detection[C]//Second International Workshop on Statistical and Computational Theories of Vision—Modeling, Learning, Computing, and Sampling. Vancouver, Canada:[s. n.],2001.

[6] Viola P, Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features [C]//Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference. Kauai, Hawaii:[s. n.],2001:511-518.

[7] Lienhart R, Maydt J. An extended set of Haar-like features for rapid object detection[C]//Image Processing. 2002. Proceedings. 2002 International Conference. New York, USA:[s. n.],2002:900-903.

[8] Lienhart R, Kuranov A, Pisarevsky V. Empirical analysis of detection cascades of boosted classifiers for rapid object[C]//in Proceedings of the 25th Pattern Recognition Symposium (DAGM'03). Magdeburg, Germany:[s. n.],2003:297-304.

(上接第 43 页)

work management of TCP/IP based internets: MIB2II[S]. RFC 1213. 1991.

[4] 刘航,王春水,王积忠.基于 Creator/Vega 的虚拟场景设

计与实现[J].计算机仿真,2007,24(9):228-231.

[5] 杨利兵,陈艳红,刘亚立.基于 Geodatabase 的地理数据库的设计[J].山西建筑,2007,33(25):367-368.