

扩展Haar特征检测人眼的方法

甘玲¹, 朱江¹, 苗东²

(1. 重庆邮电大学计算机科学与技术学院 重庆 南岸区 400065; 2. 四川九洲电器集团有限责任公司 四川 绵阳 621000)

【摘要】人眼检测在人脸识别中起着非常重要的作用,其检测的准确性可以有效地提高人脸识别率。该文扩展了一种Haar特征,并基于该特征运用Adaboost算法对人眼进行准确检测。首先基于扩展的Haar特征运用Adaboost算法检测到眼睛和眉毛的粗轮廓,然后将粗轮廓的灰度图像制成模板,最后与眼睛和眉毛非常相似的图像样本进行匹配,从而准确检测到人眼。该方法有效地避免该由于眼睛和眉毛非常相似而引起的误判。

关键词 Adaboost算法; 分类器; 人眼检测; Haar特征

中图分类号 TP391.41

文献标识码 A

doi:10.3969/j.issn.1001-0548.2010.02.020

Application of the Expansion Haar Features in Eye Detection

GAN Ling¹, ZHU Jiang¹, and MIAO Dong²

(1. School of Computer Science and Technology, Chongqing University of Posts&Telecommunications Nanan Chongqing 400065;

2. Sichuan Jiuzhou Electric Group Co., Ltd. Mianyang Sichuan 621000)

Abstract Eye detection plays a very important role in the face recognition. This paper expands a Haar features by using Adaboost algorithm to accurately detect the eye. By combining an extremely efficient classifier based on Adaboost algorithm, the wide outlines of eye and eyebrow are detected, and then the templates of these wide outlines are formed. Finally, these templates are used to match the pictures with eyes and eyebrow. Result shows that the wrong judgement due to the similitude of the eyes and eyebrow can be avoided.

Key words adaboost algorithm; classificator; eye detecting; haar feature

计算机视觉技术的发展,使得人脸识别越来越受到重视,并且成为一个独立的研究课题。而人脸检测作为人脸识别的前提,其检测精度和速度直接影响到识别的精度和速度。

眼部特征是人脸中重要的特征之一。作为一种预处理手段,人眼检测^[1]的准确性可以有效地提高人脸识别率,因此,人眼检测作为人脸识别的前提非常重要。目前,用于人眼检测的方法主要包括肤色和灰度变化的方法^[2]、复杂的统计学习方法^[3]等。

本文扩展了一种Haar特征,并基于该特征运用Adaboost算法对人眼准确检测。Haar特征是Adaboost算法中规定的标准矩形特征的一种,通过对简单的矩形特征及其扩展特征的计算,能够快速、准确地找到所需要的图像,如眼、眉、鼻、嘴的位置以及轮廓线或关键点。Adaboost算法是一种自适应Boosting迭代算法^[4-6],其原理是将一些简单的弱分类器(即矩形特征),训练成具有很强分类能力的强分类器。当弱分类器对样本进行正确分类时,减少样本的权值;当进行错误分类时,增加样本的权值。

在不断的循环中,弱分类器将其注意力集中至权重较大的分类器,根据检测率和误检率的要求,将简单的弱分类器按照权重叠加成强分类器,并将强分类器级联起来生成最需要的分类器。该方法能较好地解决检测速度问题,并具有较好的识别效果。

1 Haar特征

目前,检测的特征主要是用文献[4]等提出的一种简单矩形特征——Haar特征(因其类似于Haar小波而得名),其值是黑色矩形和白色矩形在图像子窗口对应的区域的灰度值之和的差,它反映图像局部的灰度变化。

1.1 Haar特征原型

文献[4]最初选取的Haar型特征原型共有4种,如图1所示。

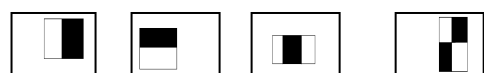


图1 文献[4]的Haar特征原型

收稿日期: 2008-09-10; 修回日期: 2009-03-26

基金项目: 电子信息产业发展基金(信部运[2007]292)

作者简介: 甘玲(1964-),女,教授,主要从事计算机语言及编译系统、计算机图像处理等方面的研究。

为了能够尽量使得Haar特征适应检测目标的灰度分布, 此后的文献对Haar特征的扩充不断出现。较具代表性的有文献[7]的45°方向的Haar特征, 以及在此基础上扩展的14种Haar特征原型, 分别表示为边缘、线形和中心特征, 如图2所示。

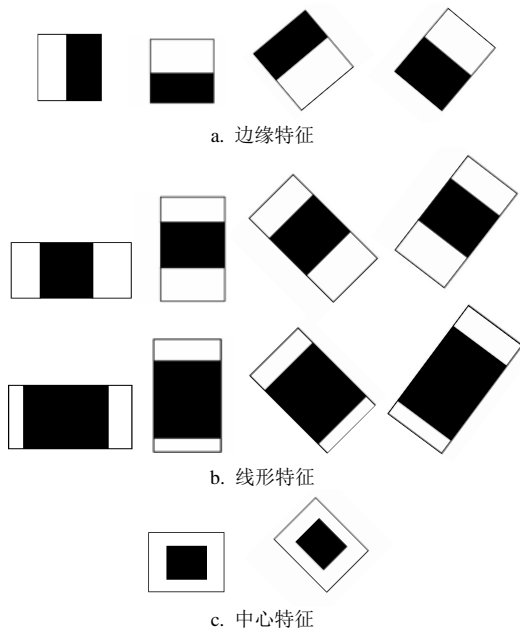


图2 文献[7]的Haar特征

1.2 扩展的Haar特征

在实际生活中, 由于个体差异, 眉毛与眼睛可能很相似为线型。如利用边缘提取的方法检测眼睛时, 眼睛和眉毛都为线型“—”。为避免由于眼睛和眉毛非常相似而引起的误判, 并加快样本检测速度, 本文扩展了Haar特征, 将眉毛和眼睛置于同一灰度。扩展的Haar特征及其在人脸的实际采样匹配特征如图3所示。

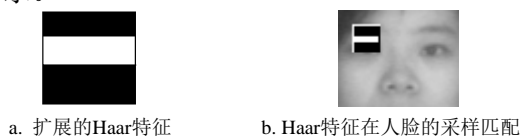


图3 扩展的Haar特征和人脸采样匹配

1.3 积分图像

为降低Haar特征的计算成本, 本文采用积分图像的算法^[8], 如图4所示。图中SAT(x, y)表示左上方矩形特征点的像素值。



图4 积分图像

SAT(x,y)积分图像的计算公式为:

$$SAT(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} I(x', y') = SAT(x, y-1) +$$

$$SAT(x-1, y) + I(x, y) - SAT(x-1, y-1) \quad (1)$$

式中 $I(x', y')$ 表示左上方各矩形特征点的像素值。

1.4 特征提取过程的算法描述

本文对所选用的矩形特征在每一像素使用式(1)计算其特征值。

假设矩形特征的大小为 $m \times n$, 待检测的图片大小为 $M \times N$, 则在水平和垂直方向的比例系数为 $X=M/m$, $Y=N/n$ 。

算法^[8]描述如下:

```
number=0//特征个数计数器, 循环至 For(A, B) =
(1, 2, ..., X) × (1, 2, ..., Y)
//将矩形特征放大至 Am × Bn
//将矩形特征平移 Am × Bn 遍历至每个像素点:
For x=1, 2, ..., M - Am + 1
  For y=1, 2, ..., N - Bn + 1
    //计算特征值
    number=number+1
  end
end
end
```

由以上算法可以计算出每个矩形特征在图像上的个数。

2 Adaboost算法描述

由前述可知, 扩展的Haar特征在图像上匹配的个数远远超过了像素点个数, 而只有少数的特征可以组成有效的分类器。因此, 如何根据少数有效特征组成分类器成为关键。本文采用Adaboost算法来实现。

2.1 Adaboost算法基本原理

Adaboost算法既是一种自适应迭代算法^[4-6], 还是一种分类器算法^[9-10], 其基本思想是利用大量的训练集训练简单分类器, 然后通过一定的方法叠加起来, 构成一个分类能力很强的强分类器。理论证明, 弱分类器个数趋向无穷时, 强分类器的错误率将趋于零。

假设待分类物体有 k 个简单特征(采用的是一个类似Haar小波系数的矩形特征), 记为 $f_j(\cdot)$, 其中 $1 \leq j \leq k$; 对于第 i 个样本 x_i , 它的特征为 $\{f_1(x_i), f_2(x_i), \dots, f_j(x_i), \dots, f_k(x_i)\}$, 每个输入特征 $f_j(\cdot)$ 对应一个弱分类器。

2.2 弱分类器

一个弱分类器 $h_j(x)$ 的构造分为矩形特征 f_j 、分类阈值 θ_j 、分类符号 p_j 等3个部分。其中, 一个矩形特征对应一个弱分类器; 分类阈值是一个对所有矩形进

行分类的特定值; 分类符号则是一个方向符号。

定义 第*j*个特征的弱分类器为:

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

式中 h_j 为弱分类器的值; θ_j 为阈值; p_j 用于控制不等号方向, 取+1或者-1; $f_j(x)$ 为矩形特征值。

2.3 训练集

已知*n*个训练样本 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, 其中 $y_i = \{0, 1\}$ 对应样本的假和真, Adaboost算法的具体步骤如下^[10]:

(1) 取 *n*个训练样本, 其中*m*个人脸样本, *l*个非人脸样本, 表示为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, 其中 $y_i=0$ 、 $y_i=1$ 分别对应人脸样本和非人脸样本。

(2) 初始化误差权重, 对于 $y_i=0$ 的样本, $w_{1,i}=1/2m$; 对于 $y_i=1$ 的样本, $w_{1,i}=1/2l$ 。

(3) 循环选择弱分类器(即Haar特征):

For $t=1, 2, \dots, T$

将权值归一化训练样本从1递增至*T*为一个概率分布:

$$\omega_{t,i} \leftarrow \frac{\omega_{t,i}}{\sum_{j=1}^n \omega_{t,j}}$$

每个特征*f*训练一个弱分类器 $h(x, f, p, \theta)$; 计算其对应的弱分类器的加权(q_i)的错误率 $\varepsilon_f = \sum_i |h_i(x_i) - q_i|$, 并选出本次循环的弱分类器。

对最佳弱分类器调整权重 $\omega_{t+1,i} = \omega_{t,i} \beta_i^{1-e_i}$, 其中 $e_i=0$ 表示被正确地分类, $e_i=1$ 表示被错误地分类;

$$\beta_i = \frac{\varepsilon_i}{1 - \varepsilon_i}。$$

(4) 最后得到的强分类器为:

$$h(x) = \begin{cases} 1 & \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \alpha_t; \alpha_t = \lg \frac{1}{\beta_t} \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

3 实验结果

基于以上扩展的Harr特征和Adaboost算法, 本文在VisualC++6.0平台下、选取AR人脸库和网络图片进行检测实验, 训练样本如图5所示。

一般地, Adaboost算法需要的样本量比较大, 本文选择眼睛和眉毛比较相似的个体为正样本。实验中, 所有的人眼训练样本选取了两种矩形特征: 第一种是包含眼睛和眉毛的矩形(即本文新增的Haar特征), 如图3所示; 第二种是眼睛轮廓的外接

矩形, 如图2b中所示。本文实验所有的训练样本都是相同尺寸、相同光照的灰度图。测试样本如图6所示。



图5 眼睛和眉毛相似的人脸训练样本



a. AR人脸库检测的人眼样本



b. 网络图片中检测的人眼样本

图6 眼睛和眉毛相似的训练样本

样本的训练步骤如下:

(1) 按照Adaboost算法选择弱分类器, 然后形成强分类器, 最后由强分类器级联成为一个有效的分类器。本文实验在训练时给出的检测率和误检率分别为0.99和0.3。即当有待检图像样本检测时, 用不同大小的矩形框扫描整个图像(每一个扫描的矩形区域都要进行级联分类器判决), 如果矩形区域能够通过级联分类器, 则说明该区域就是所需的检测结果。

(2) 对于第一种Haar特征(包括眼睛和眉毛的矩形特征), 运用Adaboost算法, 将眼睛和眉毛快速地进行粗定位。然后制成眉毛与眼睛组合在一起的模板, 利用模板匹配^[11]有效地检测到眼睛。

(3) 对于第二种Haar特征(眼睛轮廓的外接矩形), 直接运用Adaboost算法检测到眼睛。

两种不同特征的检测结果如表1所示。

表1 两种特征检测结果的检测率

训练样本	眼睛检测率/(%)
眼睛外接矩形样本	90.5
眼睛+眉毛样本	95.4

在样本的训练过程中, 矩形特征通过的候选匹配越来越多, 计算量看似较大, 但是从表1中的数据可以看出, 包含眼睛和眉毛的矩形训练样本检测效果较眼睛外接矩形训练样本效果更好。

4 结束语

本文在分析Haar特征的基础上, 扩展了一种Haar特征。通过扩展的Haar特征运用Adaboost算法找到眼睛和眉毛的粗轮廓, 再利用模板匹配快速有效地检测到眼睛。实验表明, 基于扩展的Haar特征

进行人眼检测能有效地避免由于眼睛和眉毛非常相似而引起的误判, 具有检测精度较高的优点。

参 考 文 献

- [1] LI Yong-jie, XIE Wei-fu, YAO De-Zhong. A preliminary study of automatic delineation of eyes on CT images using ant colony optimization[J]. Journal of Electronic Science and Technology of China, 2007, 5(1): 66-69.
- [2] RIOPKA T P, BOULT T. The eyes have it[C]//Proceeding of the 2003 ACM SIGMM Workshop on Biometrics Methods and Applications. California: ACM Press, 2003: 9-16.
- [3] 宋如涛, 刘济林, 池哲儒. 人脸正面图像中眼睛的精确定位[J]. 计算机辅助设计与图形学报, 2005, 17(3): 540-545.
SONG Jia-tao, LIU Ji-lin, CHI Zhe-ru. Precisely locating human eyes from front-view face images[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2005, 17(3): 540-545.
- [4] VIOLA P J M. Robust real-time object detection[R]. Technical Report 2001/01, Compaq CRL, 2001.
- [5] 武 勃. 多角度人脸检测与人口统计学分类[D]. 北京: 清华大学, 2004.
WU Bo. Multi-view face detection and demography classification[D]. Beijing: Tsinghua University, 2004.
- [6] 樊 宁, 苏 菲. 改进的人脸检测训练方法[J]. 北京邮电大学学报, 2008, 1(4): 73-76.
FAN Ning, SU Fei. An improved face detection training method[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2008, 31(4): 73-76.
- [7] RAINER L, JOCHEN M. An extended set of haar-like features for rapid object detection[J]. IEEE ICIP, 2002, 900-903.
- [8] 罗明刚, 李一民, 曾素娣. 基于Adaboost算法的人脸检测研究[J]. 计算机与数字工程, 2007, 35(2): 7-9.
LUO Ming-gang, LI Yi-min, ZENG Su-di. Research on face detection based on adaboost algorithm[J]. Computer and Digital Engineering, 2007, 35(2): 7-9.
- [9] FREUND Y, SCHAPIRE R E. A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting[J]. Journal of Computer and System Sciences, 1997, 55(1): 11-139.
- [10] LIENHART R, KURANOV A, PISAREVSKY V. Empirical analysis of detection cascades of boosted classifiers for rapid object detection[C]//Proceedings of the 25th German Pattern Recognition Symposium. Magdeburg: ICIP, 2003: 297-304.
- [11] 杨清凤, 游志胜, 张先玉. 基于豪斯多夫距离的快速多人脸检测算法[J]. 电子科技大学学报, 2004, 33(4): 407-409.
YANG Qing-su, YOU Zhi-sheng, ZHANG Xian-yu. Fast multi-face detection algorithm based on hausdorff distance[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China of China, 2004, 33(4): 407-409.

编辑 蒋 晓

(上接第231页)

- YUE Xi-cai, ZHENG Chong-xun, CHEN De-ze. Signal detection in short-wave telegraph for discrete gabor spectrum[J]. Journal of Data Acquisition & Processing, 1999, 11(4): 317-320.
- [6] 张汝波, 何立刚, 李雪耀. 强噪声背景下莫尔斯信号的自动检测与识别[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2006, 27(1): 112-117.
ZHANG Ru-bo, HE Li-gang, LI Xue-yao. Automatic detection and recognition of Morse signal in strong noise environment[J]. Journal of Harbin Engineering University, 2006, 27(1): 112-117.
- [7] 林金朝, 李国军, 周晓娜, 等. 强噪声背景下高频CW电报信号的自动检测[J]. 重庆邮电大学学报, 2008, 20(5): 6-10.
LIN Jin-zhao, LI Guo-jun, ZHOU Xiao-na, et al. Automatic detection of weak high-frequency CW telegraph signal[J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications, 2008, 20(5): 6-10.
- [8] YANG Yuan-xi, XU Tian-he. An adaptive Kalman filter based on sage window weights and variance components[J]. The Journal of Navigation, 2003, 56: 231-240.
- [9] AGUIRRE S, HINEDI S. Two novel automatic frequency tracking loops[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1989, 25(5): 749-760.
- [10] 李金海, 巴晓辉, 陈 杰. 三阶卡尔曼滤波数字锁频环设计及性能分析[J]. 电子科技大学学报, 2008, 37(5): 677-681.
LI Jin-hai, BA Xiao-hui, CHEN Jie. Design and performance analysis of 3rd order Kalman filter digital frequency-locked loop[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2008, 37(5): 677-681.
- [11] 尤德昌. 线性系统理论基础[M]. 北京: 电子工业出版社, 1985.
YOU De-chang. Fundamentals of linear system theory [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 1985.
- [12] BOX G E P, JENKINS G M, RENISEL G C. Time series analysis, forecasting and control[M]. 3rd ed. San Francisco: Holden-Day, Prentice-Hall, Inc, 1994.
- [13] 邓自立, 马建为, 杜洪越. ARMA模型参数估计的两段最小二乘法[J]. 科学技术与工程, 2002, 2(5): 3-5.
DENG Zi-li, MA Jian-wei, DU Hong-yue. Two-stage least squares method for parameter estimation of ARMA models [J]. Science Technology and Engineering, 2002, 2(5): 3-5.
- [14] 邓自立, 王 欣, 高 媛. 建模与估计[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
DENG Zi-li, WANG Xin, GAO Yuan. Modeling and estimation[M]. Beijing: Science Press, 2007.

编辑 张俊