第 14卷 第 5期 哈 尔 滨 理 工 大 学 学 报 Vol. 14 No. 5
2009年 10月 JOURNAL OF HARBIN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY Oct 2009

Adaboost人脸检测算法研究及 OpenCV实现

郭 磊, 王秋光
(哈尔滨理工大学 电气与电子工程学院,黑龙江 哈尔滨 150040)

摘 要:针对复杂背景条件下人脸检测的检测率低速度慢的问题,选用了基于统计的人脸检测算法.详细介绍了 Adaboost人脸检测算法的原理及训练流程.利用 OpenCV图像处理软件与 Adaboost人脸检测算法的结合模块,选取扩展的 Haar特征,实现了人脸检测并给出了检测结果.设计的检测器对 592个人脸漏检 62个,可达倒 20帧/s左右.因此该方法具有较高的准确度和实时性.

关键词: Adaboost; 人脸检测; OpenCV
中图分类号: TP391.4 **文献标志码**: A **文章编号**: 1007-2683(2009)05-0123-04

Research of Face Detection Based on Adaboost Algorithm and OpenCV Implementation

GUO Lei, WANG Qiu-guang
(School of Electrical and Electronic Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150040, China)

Abstract: To solve the problem that the face detector is slow and its rate is low in complicated background, in this paper, we choose a face detector algorithm based on statistics. The principle and training flow of Adaboost face detector is detailedly introduced. The module combine imaging processing software OpenCV and Adaboost face detector algorithm is used to select extended Haar characteristics, then the face detector is realized and the result is given. 62 faces is undetected when detector designed for 592 individuals face, and it can reatch about 20 frame/s. Therefore the method of more accuracy and real time.

Key words: Adaboost; face detection; OpenCV; computer vision

0 引 言

人脸检测[1]是指在输入图像中确定所有存在的人脸的位置、大小的过程.作为人脸信息处理中的一项关键技术,人脸检测的应用背景已经远远超出了人脸识别[2]系统的范畴,在身份验证、基于内容的图像检索、数字视频处理、视觉监测等方面都有着重要的应用价值.

近年来出现了大量的人脸检测方法,其中 Paul Viola和 Michael Jones于 2001年提出的 Adaboost算法[3]是第一个实时的人脸检测算法,从根本上解决了检测的速度问题,同时具有较好的识别效果.

OpenCV是 Intel公司开发的数字图像处理和计算机视觉软件,可以应用于很多领域作为二次开发的工具.本文利用 OpenCV,实现了 Adaboost的人脸检测算法.

1 Adaboost人脸检测基本原理

1.1 扩展的 haar特征及特征值计算

Rainer Lienhart[4]等人给出了扩展的 Haar特

收稿日期: 2008-04-04
作者简介: 郭 磊(1982—),男,硕士研究生, E-mail: guolei0316@163.com;
王秋光(1949—),男,教授,硕士生导师.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

征.如图 1所示.

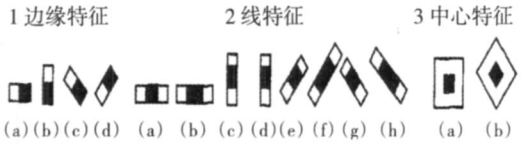

图 1 扩展的 Haar特征

它的特征值可用公式表示为

$$\text{feature}_j = \sum_{i\in(1,2)} \omega_i \text{RectSum}(r_i)$$

其中: feature_j代表第 j种 Haar块的特征值; ω_1是第 j个 Haar块的权值; ω_2是第 j个 Haar块中黑色矩形的权值. $\text{RectSum}(r_1)$代表第 j个 Haar块中包含的所有象素点的象素值之和. $\text{RectSum}(r_2)$代表第 j个 Haar块中黑色矩形块所包含象素的象素值之和.不同的 Haar块特征原型的特征值中的权值比 (ω_1: ω_2)如表 1(特征原型为图 1中依次的 14个 Haar特征原型).

表 1 特征值中的权值比

特征原型	$\omega_1:\omega_2$	特征原型	$\omega_1:\omega_2$
(1)	1:-2	(8)	1:-2
(2)	1:-2	(9)	1:-3
(3)	1:-2	(10)	1:-2
(4)	1:-2	(11)	1:-3
(5)	1:-3	(12)	1:-2
(6)	1:-2	(13)	1:-9
(7)	1:-3	(14)	1:-9

1.2 积分图

积分图是一种快速计算 $\text{RectSum}(r_i)$的方法.

定义一幅图像的每个象素灰度为 $i(x, y)$,那么该幅图像的积分图中的每个像素值 $ii(x, y)$表示为

$$ii(x, y) = \sum_{x'\le x, y'\le y} i(x', y')$$

对于一幅图像在任意点的积分图值,可以通过对行和列的累加一次循环得到

$$s(x, y) = s(x, y-1) + i(x, y)$$

$$ii(x, y) = ii(x-1, y) + s(x, y)$$

其中, $s(x, y)$为点 (x, y)所在位置的列积分值,但不包含 (x, y)点的值.迭代初始时 $s(x, -1) = 0$, $ii(-1, y) = 0$. 图 2(a)中点 (x, y)的积分图值为灰色矩形区域的象素灰度值求和.利用积分图可以方便地对图像中任意一个矩形内的灰度值求和,如图 2(b)所示.

1.3 Adaboost算法

Adaboost人脸检测方法是一种基于积分图、级联检测器和 Adaboost算法[5]的方法.

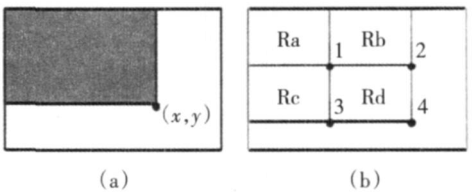

图 2 点 (x, y)积分图像值和象素灰度值的求和

这个算法的基本思想就是将大量分类能力一般的弱分类器通过一定方法叠加 (boost)起来,构成一个分类能力很强的强分类器.再将若干个强分类器串联成为分级分类器完成图像搜索检测.级联的级数依赖于系统对错误率和识别速度的要求.

算法描述如下:

已知有 n个训练样本 $(x_1, y_1), \cdots, (x_n, y_n)$的训练集,其中 $y_i = \{0, 1\}$ $(i = 1, 2, \cdots, n)$对应样本的假和真.在训练样本中共有 M个假样本, L个真样本,待分类物体有 K个简单特征,表示为 $f_j(\cdot)$,其中 $1\le j\le K$ 对于第 i个样本 x_i,它的 K个特征的特征值为 $\{f_1(x_i), f_2(x_i), \cdots, f_j(x_i), \cdots, f_k(x_i)\}$,对每一个输入的特征的特征值 f_j有一个简单二值分类器.第 j个特征的弱分类器由一个阈值 θ_j、一个特征值 f_j和一个指示不等式方向的偏置 p_j(只有 ±1两种情况)构成

$$h_j = \begin{cases} 1, & \text{if } p_j f_j < p_j\theta_j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$h_j = 1$表示第 j个特征判断此样本为真样本,反之则判断为假样本.

训练目标是通过对判断得出的真假样本进行分析,选择分类错误率最低的 T个弱分类器,最终优化组合成一个强分类器[6].

训练方法如下:

1)设 $w_{t,i}$为第 t次循环中第 i个样本的误差权重,对训练样本的误差权重按如下公式初始化: 对于 $y_i = 0$的样本, $w_{1,i} = 1/(2M)$;对于 $y_i = 1$的样本, $w_{1,i} = 1/(2L)$.

2) for $t = 1, \cdots, T$.

①权重归一化,使得 $w_{t,i}$为 $w_{t,i} \leftarrow w_{t,i} / \sum_{i=1}^{n} w_{t,i}$; ②对于每个特征 j,训练出其弱分类器 h_j也就是确定阈值 θ_j和偏置 p_j,使得特征 j的误差函数 $\varepsilon_j = \sum_{i=1}^{n} w_{t,i} \mid h_j(x_i) - y_i \mid$达到本次循环中的最小; ③从 2)确定的所有弱分类器中找出一个具有最小误差

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

函数的弱分类器 h_t,其误差函数为 ε_t,并把该弱分类器 h_t 加入到强分类器中; ④更新每个样本所对应的权重, $w_{t+1,i} = w_{t,i}\beta_t^{1-e_i}$, e_i 确定的方法为:若第 i 个样本 x_i 被正确分类,则 $e_i = 0$;反之 $e_i = 1$. $\beta_t = \varepsilon_t/(1-\varepsilon_t)$.

3) 经过 T 轮训练后,可以得到由 T 个弱分类器并联形成的强分类器

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

其中 $\alpha_t = \log(1/\beta_t)$.

将强分类器串联在一起形成分级分类器[7]. 每层的强分类器经过阈值调整,使得每一层都能让几乎全部的人脸样本通过,而拒绝很大一部分非人脸样本. 而且,由于前面的层使用的矩形特征数很少,计算起来非常快,越往后通过的候选匹配图像越少. 即串联时应遵循"先重后轻"的分级分类器思想[8],将由更重要特征构成的结构较简单的强分类器放在前面,这样可以先排除大量的假样本. 尽管随着级数的增多矩形特征在增多,但计算量却在减少,检测的速度在加快,使系统具有很好的实时性.

2 用 OpenCV实现 Adaboost算法的人脸检

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) 是由 Intel公司资助的开源计算机视觉库. 它由一系列 C函数和少量的 C++类构成,可以方便的实现图像处理和计算机视觉方面的很多通用算法[9].

2.1 OpenCv中 Haar分类器的数据结构

OpenCV用 4个结构体定义了 Boost Haar分类器结构,其中的 CvHaarStageClassifie结构如下:

```
#define CV_HAAR_FEATURE_MAX 3
/*一个 Haar特征由 2～3个具有相应权重的矩形组成 */
typedef struct CvHaarStageClassifier
{
int count;
/*构成强分类器的弱分类器的数量 */
float threshold; /*叠加分类器的阈值 */
CvHaarClassifier * classifier;
/*定义分类器数组 */
int next;
int child;
int parent;
}CvHaarStageClassifier;
```

CvHaarClassifierCascade结构如下:

```
typedef struct CvHaarClassifierCascade
{
int flags; /*标志位 */
int count;
/*分级分类器中强分类器的数量 */
CvSize orig_window_size;
/*训练中原始目标的大小 */
CvSize real_window_size;
/*待检测物体的大小 */
double scale; /* Haar块缩放的尺寸 */
CvHaarStageClassifier * stage_classifier;
/*定义强分类器数组 */
CvHidHaarClassifierCascade * hid_cas;
}CvHaarClassifierCascade;
```

2.2 OpenCv人脸检测模块及相关函数

基于 Adaboost的人脸检测器主要包含训练和检测 2个模块,现对 OpenCV中的检测模块进行简要介绍.

检测模块的流程如图 3所示.

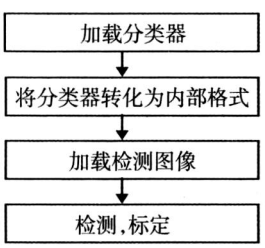

图 3　检测程序流程图

1)函数 LoadHaarClassifierCascade 装载训练好的级联分类器,其格式为

```
CvHaarClassifierCascade * cv LoadHaarClassifierCascade(const char * directory, CvSize orig_window_size);
```

其中 directory为包含训练好的级联分类器文件的路径. orig_window_size为级联分类器在训练中采用的检测目标的尺寸.

2)将分类器转化为 OpenCV的内部格式,这一步骤是必不可少的. 这是因为 OpenCV只能处理内部优化格式的分类器.

3)检测要用到函数 HaarDetectObjects 该函数使用针对某目标物体训练的级联分类器在图像中找到包含目标物体的矩形区域,并将这些区域作为一

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

系列的矩形框返回.其格式为

CvSeq * cvHaarDetectObjects(const CvArr * image, CvHaarClassifierCascade * cascade, CvMemStorage * storage, double scale_factor = 1.1, int min_neighbors = 3, int flags = 0, CvSize min_size = cvSize(0,0));

其中 image是被检图像. cascade haar是级联分类器内部标志形式. storage用来存储检测到的一系列候选目标矩形框的内存区域. scale_factor是在前后两次相继的扫描中,搜索窗口的比例系数. min_neighbors是构成检测目标的相邻矩形的最小个数(默认为 -1). flags是操作方式. min_size是检测窗口的最小尺寸.默认情况下被设为分类器训练时采用的样本尺寸.

4)标定要用到函数 RunHaarClassifierCascade.该函数在给定位置的图像中运行级联分类器,用于对单幅图片进行检测.其格式为

int cvRunHaarClassifierCascade (CvHaarClassifierCascade * cascade, CvPoint pt, int start_stage = 0);

其中 cascade Haar是级联分类器. pt是 待检测区域的左上角坐标. start_stage是级联层的初始下标值.

2.3 检测结果及分析

将待检测图片加载,检测结果如图 4和图 5所示.图 4中正面人脸全部检出,可见该检测器对于正面人脸具有比较好的效果.图 5中存在一个人脸的漏检和一个非人脸的误检,可见对于人脸在平面内有一定旋转的情况还存在不足.但随着强分类器个数的增加,这种情况可以得到很大的改善.

图 4 效果图

图 5 效果图

对 CMU图像库进行检测,结果如表 2.

表 2 CMU 图象检测结果

灰度图片 180 张人脸 592 个		图片尺寸(人脸数:22)	检测速度 /ms
漏检人脸数	检测率	62 × 62	8
62	89.5%	320 × 240	49

通过表 2,可以看出,设计的检测器对 592个人脸漏检 62个,检测率达到 89.5%;检测速率可达倒 20帧 /s左右.从而利用 OpenCV图像处理软件与 Adaboost人脸检测算法的结合模块,基本实现了复杂背景下的人脸检测.

3 结 语

利用 OpenCV图像处理软件与 Adaboost人脸检测算法的结合模块,选取扩展的 Haar特征,实现了人脸检测并给出了检测结果.设计的检测器对 592个人脸漏检 62个,可达倒 20帧 /s左右.实现了 Adaboost的人脸检测算法.

参 考 文 献:

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

[2] 张翠平,苏光大.人脸识别技术综述[J].中国图象图形学报,2000,5(11):885 - 894.

[3] VIOLA P, JONES M. Robust Real Time Object Detection [C]//8th IEEE International Conference on Computer Vision. Vancouver, 2001: 151 - 155.

[4] LIENHART R, MAYDT J. An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection [J]. IEEE ICIP 2002, 2002, 1: 900 - 903.

[5] FREUND Y, SCHAPIRE R. A Short Introduction to Boosting[J]. Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence, 1999, 14(5): 771 - 780.

[6] 武 妍,项恩宁.动态权值预划分实值 Adaboost人脸检测算法[J].计算机工程,2007,2: 208 - 209.

[7] 严云洋,郭志波,杨静宇.基于特征空间划分的 AdaBoost人脸检测算法[J].小型微型计算机系统,2007,11: 2106 - 2109.

[8] 孔凡芝,张兴周,谢耀菊. 基于 Adaboost的人脸检测技术[J].应用科技, 2005, 32(6): 7 - 9.

[9] 刘瑞祯,于仕琪. OpenCV教程 —基础篇[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 2007.

(编辑:温泽宇)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net