

# AdaBoost 算法在 ATM 自动识别系统中的应用

张明慧<sup>1,2</sup>, 张尧禹<sup>2</sup>, 王心醉<sup>2</sup>, 郭立红<sup>2</sup>

(1. 空军航空大学, 吉林 长春 130022;

2. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

**摘要:** 基于 AdaBoost 算法构造了人脸检测系统。实验结果表明, 该算法实现人脸检测时间在 70 ms 左右, 在环境较好的情况下可有效检测单个人脸和多个人脸, 满足了该系统的要求。

**关键词:** Haar-Like 特征; AdaBoost 算法; 人脸检测; ATM

中图分类号: TP751.1

文献标识码: A

## Application of the AdaBoost algorithm in ATM automatic identification system

ZHANG Ming Hui<sup>1,2</sup>, ZHANG Yao Yu<sup>2</sup>, WANG Xin Zui<sup>2</sup>, GUO Li Hong<sup>2</sup>

(1. Aviation Institute of Chinese Air Force, Changchun 130022, China;

2. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** A face detection system is designed based on AdaBoost algorithm. Experiment results show that people's face detection time is about 70 ms using this algorithm, and can effectively measure the single and many personal faces under better environment, meeting the demand of the system.

**Key words:** Haar-Like character; AdaBoost algorithm; face detection; ATM

人脸检测是人脸识别的首要环节, 人脸检测的现有方法很多, 其中基于统计模型的算法是目前解决复杂背景图像中人脸检测问题的有效途径。1995 年, Freund 和 Schapire<sup>[1-2]</sup>提出了 AdaBoost (Adaptive Boosting) 算法, 最近 Viola 等人<sup>[3]</sup>提出了一种基于 Haar 型特征的 AdaBoost 算法, 是目前正确率最高的算法之一。本文研制开发的 ATM 自动识别系统就采用这种算法来实现人脸检测。

### 1 基于 AdaBoost 的人脸检测算法

#### 1.1 Haar-Like 特征

Haar-Like 特征是 Viola 等人提出的一种简单矩形特征<sup>[4]</sup>, 因类似于 Haar 小波而得名, 如图 1 所示。



图 1 Haar-Like 部分特征

Haar-Like 特征为黑色矩形和白色矩形在图像子窗口中对应区域的灰度级总和之差, 它反映了图像局部的

灰度变化。Viola 等使用了 3 类 Haar-Like 特征, 图 1 中第 1 个是二矩形特征, 第 2 个是三矩形特征, 第 3 个是四矩形特征。在实际使用时, 将每一特征在图像子窗口中进行滑动计算, 从而获得各个位置的多个 Haar-Like 特征, 如果选用的训练图像分辨率为  $24 \times 24$ , 则每个图像得到用于训练的 Haar-Like 特征超过  $18 \times 10$  个。

为了加快 Haar-Like 特征的计算, Viola 等人提出积分图像的定义, 积分图能够在多种尺度下, 使用相同的时间来计算不同的特征, 因此, 大大提高了检测速度。如图 2 所示, 对于图像中的某一点, 如点  $P_1$ , 设图像中某点灰度值表示为  $I(i, j)$ , 积分图表示为  $I_{PI}(x, y)$ , 则有:

$$I_{PI}(x, y) = \sum_{i,j=1}^{x,y} I(i, j) \quad (1)$$

可见,  $I_{PI}$  即为区域 A 中所有灰度值之和。同理, 可得:

$$D_{\text{灰度之和}} = I_{P4} + I_{P1} - I_{P2} - I_{P3} \quad (2)$$

$$F_{\text{灰度之和}} = I_{P6} + I_{P3} - I_{P4} - I_{P5} \quad (3)$$

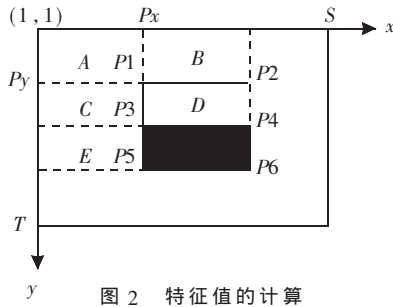


图2 特征值的计算

区域 D 和区域 F 组成了 Haar-Like 特征中的一个边缘特征，特征值的计算只与此特征端点的积分图有关，而与图像坐标值无关。其他 Haar-Like 特征值的计算依此类推。

1.2 AdaBoost 算法描述

AdaBoost 算法的基本思想是：将单个目标特征作为弱学习算法，给定一个训练集  $(x_i, y_i), \dots, (x_L, y_L)$ ，其中  $x_i$  是输入的训练样本， $y_i$  是分类的类别标志。由于人脸检测是判断某幅图像是否是人脸图像，因而可以视为两类区分问题，故可以取  $y_i \in (1, 0)$  分别表示真假样本。在初始化时，对所有训练样本均赋以一个相同的权重，然后用该弱学习算法对训练样本集进行  $T$  轮训练。在每一轮训练结束后，从若干个简单分类器中选择最小误差的那个作为一个弱分类器  $h_i$ ，并对训练失败的样本赋以较大的权重，以便让学习算法在后来的学习中主要对比较难的训练样本进行学习。这样，就可以得到一个弱分类器序列  $(h_1, h_2, \dots, h_t)$ ，其中，分类效果比较好的权重较大。最终的分类函数  $f(x)$  采用一种有权重的投票方式产生，即将多个弱分类器通过一定的方法叠加 (boost) 起来组合成一个强分类器，即：

$$f(x) = \sum_{i=1}^T \alpha_i h_i(x) \tag{4}$$

该算法通过结合多个特征构造的强分类器，共同完成目标的检测任务，大大提高了检测的稳定性和精度。具体算法如下：

(1) 对于训练集合  $(x_1, y_1), \dots, (x_L, y_L)$ ， $g_j(x_i)$  代表第  $i$  个训练图像的第  $j$  个 Haar-Like 特征， $y_i \in (1, 0)$  分别表示真假样本。

(2) 初始化权重  $w_{1,i} = 1/2m, 1/2n$ ，其中  $m, n$  分别是真样本、假样本的数目，总样本数  $L = m + n$ 。

(3) 寻找  $T$  个弱分类器  $h_t (t = 1, 2, \dots, T)$ 。

① 对所有样本的权重进行归一化：

$$w_{t,i} = w_{t,i} / \sum_{i=1}^L w_{t,i} \tag{5}$$

② 对于每个样本中第  $j$  个 Haar-Like 特征，可以得到 1 个简单分类器  $h_j$ ，也就是确定阈值  $\theta_j$  和偏置  $p_j$ ，使

得误差  $\varepsilon_j = \sum_{i=1}^L w_{t,i} |h_j(x_i) - y_i|$  达到最小，而且：

$$h_j(x) = \begin{cases} 1 & p_j g_j(x) < p_j \theta_j \\ 2 & \text{其他} \end{cases} \tag{6}$$

偏置  $p_j$  决定不等式方向，只有  $\pm 1$  两种情况。

③ 在确定的简单分类器中，找出一个具有最小误差  $\varepsilon_t$  的弱分类器  $h_t$ 。

④ 对所有样本的权重进行更新：

$w_{t+1,i} = w_{t,i} \beta_i^{1-e_i}$ ，其中  $\beta_i = \varepsilon_i / (1 - \varepsilon_i)$ ，如果  $x_i$  被  $h_t$  正确分类，则  $e_i = 0$ ，反之  $e_i = 1$ 。

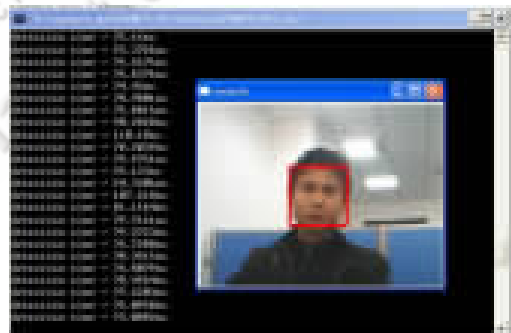
(4) 最后得到的强分类器为：

$$H(x) = \begin{cases} 1 & \sum_{i=1}^T \alpha_i h_i(x) \geq 0.5 \sum_{i=1}^T \alpha_i \\ 2 & \text{其他} \end{cases} \tag{7}$$

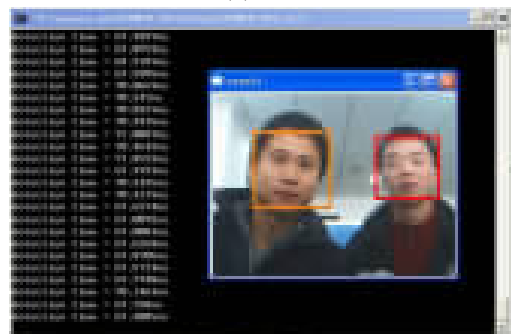
式中， $\alpha_i = \ln(1/\beta_i)$ ，根据  $h_t$  的预测错误衡量，也就是对第  $t$  轮产生的分类规则  $h_t$  的评价， $\alpha_t$  越大， $h_t$  的重要性越大。

1.3 实验结果

在 ATM 自动识别功能系统中，采用了基于 AdaBoost 算法构造了人脸检测系统，实验结果如图 3 所示。目前在 ATM 自动识别功能拓展系统中，使用该算法实现人脸的检测时间在 70 ms 左右，在环境较好的情况下可有效检测单个人脸和多个人脸。



(a) 单人



(b) 多人

图3 人脸检测图片

2 ATM 自动识别功能拓展系统

针对目前 ATM 自动柜员机使用过程中存在的不安全因素，在现有的 ATM 自动柜员机上拓展人脸识别方式，以增强 ATM 自动柜员机的自动识别能力。

ATM 自动识别功能系统由 ATM 机、自动识别功能

软件组成。人脸识别模块是自动识别功能的一部分,是利用取款人的脸图像的自动识别进行身份鉴别,防范恶意持卡人的诈骗行为。

在整个系统中,图像采集装置用于采集取款人的图像信息并对该数字编码进行实时计算和处理;同时将处理结果传递给终端计算机,由终端计算机将计算和处理的结果与其数据库中存储的持卡人图像数据进行信息比对,确定其相似度;如果相似度大于规定的阈值,则说明取款人的信息与数据库中持卡人的图像数据信息匹配,此时终端计算机发出吐钞指令,ATM自动柜员机吐钞,完成取款过程;若取款人的信息与数据库中持卡人的信息不匹配,则终端计算机报警。通过取款人与持卡人的信息比对,可以确定取款人身份的真伪,避免了取款人使用假卡、盗用卡盗取持卡人的钱款;并且可以实时记录和显示取款人图像信息,将其与终端计算机数据库中犯罪分子图像作比对。

本研究针对ATM机存在的不安全因素,开发研制了ATM自动识别功能拓展系统,在现有的ATM机上增加人脸识别功能,而人脸检测是人脸识别首要环节,是

该系统的一项关键技术。采用了基于AdaBoost算法构造了人脸检测系统,实验结果表明,该算法实现人脸检测时间在70ms左右,在环境较好的情况下可有效检测单个人脸和多人脸,满足了ATM自动识别功能拓展系统的要求。

#### 参考文献

- [1] FREUND Y, SCHAPIRE R E. Experiments with a new boosting algorithm[J]. Proc. the 13th Conf. Machine Learning, San Francisco: Morgan Kaufmann, 1996:148-156.
- [2] SCHAPIRE R E, SINGER Y. Improved boosting algorithms using confidence-rated predictions[J]. Machine Learning, 1999, 37(3):297-336.
- [3] VIOLA P, JONES M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features[A]. IEEE Conference on CVPR'2001[C]. Lihue, Kauai, Hawaii, USA, IEEE Computer Society Press, 2001:511-518.
- [4] 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, 28(11): 2106-2109.

(收稿日期:2009-05-08)