



基于AdaBoost的人脸检测系统设计与实现

作者：蔡亦铮（3993001101）

指导教师：吴朝晖教授

人脸检测的概念及应用

■何谓人脸检测？

人脸检测的定义：任意给定一幅的图像，人脸检测的目的是确定图中是否有人脸，如果有，则返回人脸的**位置**和**范围**。



■人脸检测有什么用？

人脸检测的应用范围非常广泛。特别是在**视频追踪**，**实时监控**，和**刑事侦查**等领域都有非常重要的作用。



本文的内容

■ 本文的目的

借助Paul Viola最新提出的实时特征检测的技术，实现一个能够进行快速人脸检测的系统。并且通过训练，得到尽可能优化的分类器构造参数，从而获得具有高检测速度和检测正确率的人脸检测系统。

■ 引用的算法

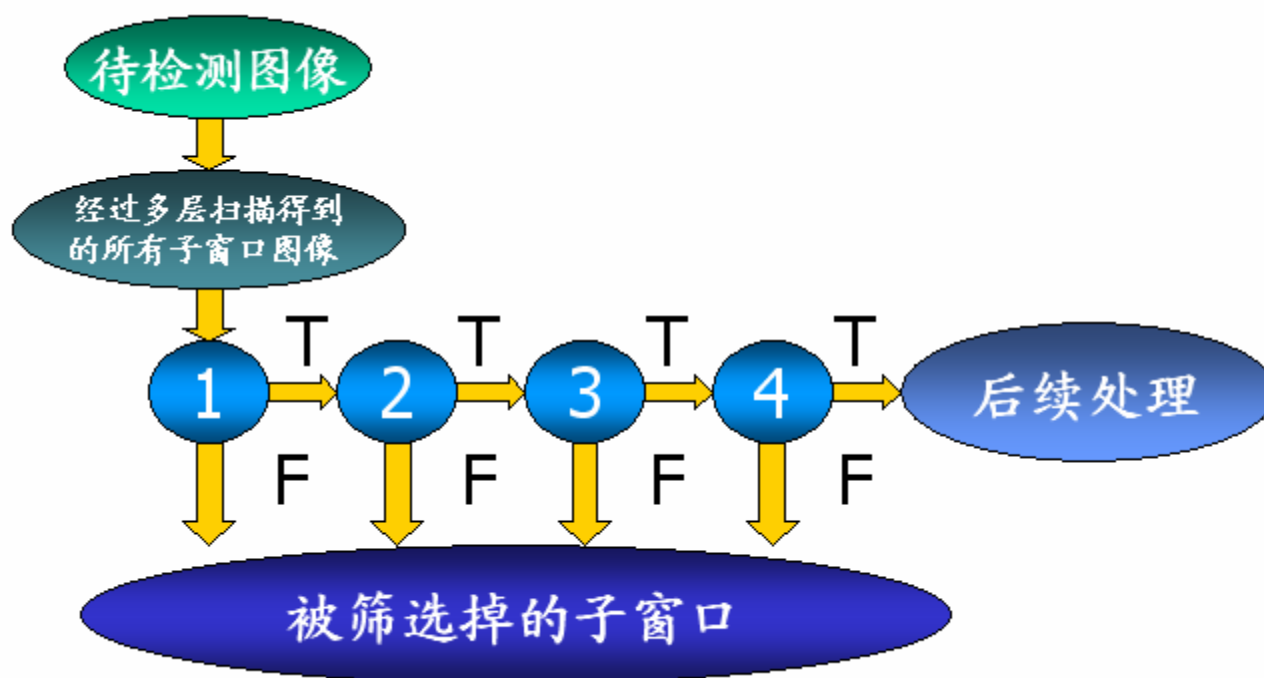
- 基于Attentional Cascade的多层分类器架构方法
- 积分图的概念 (Integral Image)
- 基于AdaBoost 的分类器选择方法

■ 本文的主要工作

- 提出用于系统训练的数据预处理方法
- 提出用于训练评价的图像快速扫描方法
- 单特征简单分类器的初始化方法以及相应的算法优化
- 实现完整的快速人脸检测系统
- 对系统在不同参数下的特征选取以及整个系统的检测效果进行分析。

何谓Attention Cascade

- 主要思想：
构造一个多层分类器。用尽可能简单的算法在多层结构早期筛选掉大部分的图像背景，而把更多的计算开销放在那些更有可能是人脸的子窗口中。
- 主要的框架：



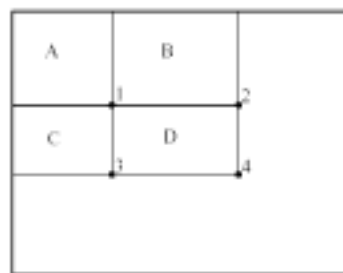
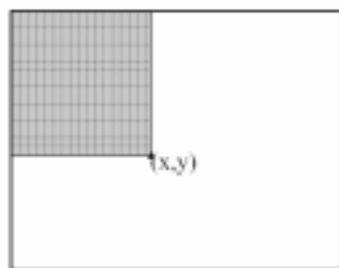


Attentional Cascade的基本构架方法

- | 用户自定义 f 的值, 以及 d 的值
- | 用户选择系统最终的整体错误判对率, F_{target}
- | P : 用于以AdaBoost学习训练算法筛选简单特征分类器的训练正例集
- | N : 用于以AdaBoost学习训练算法筛选简单特征分类器的训练负例集
- | $F_0=1.0$; $D_0=1.0$
- | $i = 0$;
- | while $F_i > F_{\text{target}}$
- | -- $i = i + 1$
- | -- $n_i = 0$; $F_i = F_{i-1}$
- | -- while $F_i > f \times F_{i-1}$
- | $n_i = n_i + 1$
- | 用 P 和 N 训练集, 以AdaBoost训练一个有 n_i 个特征的分类器
- | 用已训练好的多层分类器对验证集进行一次分类评估以得到当前训练好的多层分类器的 D_i 和 F_i
- | 降低当前第 i 个分类器的阈值, 直到当前多层分类器的检测率至少大于 $d \times D_{i-1}$ (此操作也会影响当前分类器的 F_i)
- | -- $N = \emptyset$
- | -- If $F_i > F_{\text{target}}$ 用当前的多层分类器对无人脸的图象集进行分类, 把得到的错误判对的负例放到 N 集中用于后续的训练

积分图和单特征分类器

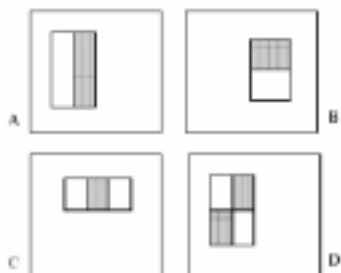
■ 何谓积分图



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

$$D = 4 - 3 - 2 + 1$$

■ 特征类型



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



基于AdaBoost的分类器选择方法

- 基本算法框架
- 为给定训练图像初始化权值
- For $t = 1, \dots, T$:

归一化训练图像权值

对于每一个特征 j ，训练一个分类器 h_j ，并计算： $\varepsilon_j = \sum_i \omega_i |h_j(x_i) - y_i|$

找出分类器 h_t 使得计算得到的 ε_t

更新权值： $\omega_{t+1,i} = \omega_{t,i} \beta_t^{1-e_i} \quad \beta_t = \frac{\varepsilon_t}{1-\varepsilon_t}$

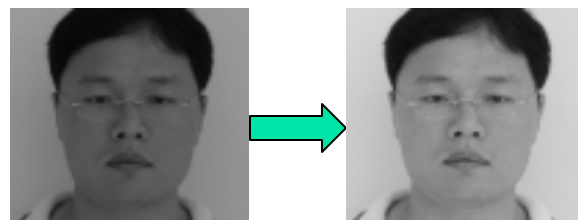
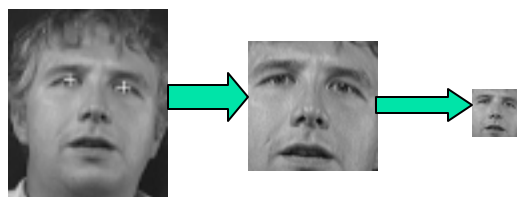
最终的强分类器如下：

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

$$\alpha_t = \log \frac{1}{\beta_t}$$

图像预处理

- 人眼位置标定

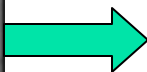


- 脸部区域提取

- 子窗口缩放

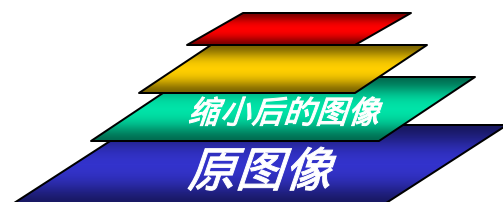
- ✍ 部分训练图像（P集图像）的对比度调整

- ✍ 验证集图像的直方图均衡



待检测图像的快速扫描方法

■ 金字塔模型



■ 快速扫描方法

u For $t = 1, \dots, T$ (T 为所有待检测图像数)

—将Scale初始化为图像短边的大小；

—While: $\text{Scale} > 24$

* 将原图缩放到Scale大小（短边值等于Scale）

* 计算并保存缩放后图像的积分图，同时赋ID值

* 记录当前缩放比例

* 扫描当前比例下的积分图，记录子窗口在当前积分图中的位置以及当前被检测图

的ID和当前大小积分图的ID号。

* $\text{Scale} \leftarrow \text{Scale} \times \text{ResizeRatio}$; (ResizeRatio 就是每次缩放的比例系数)

单特征分类器的初始化方法

■ 分类器原型

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

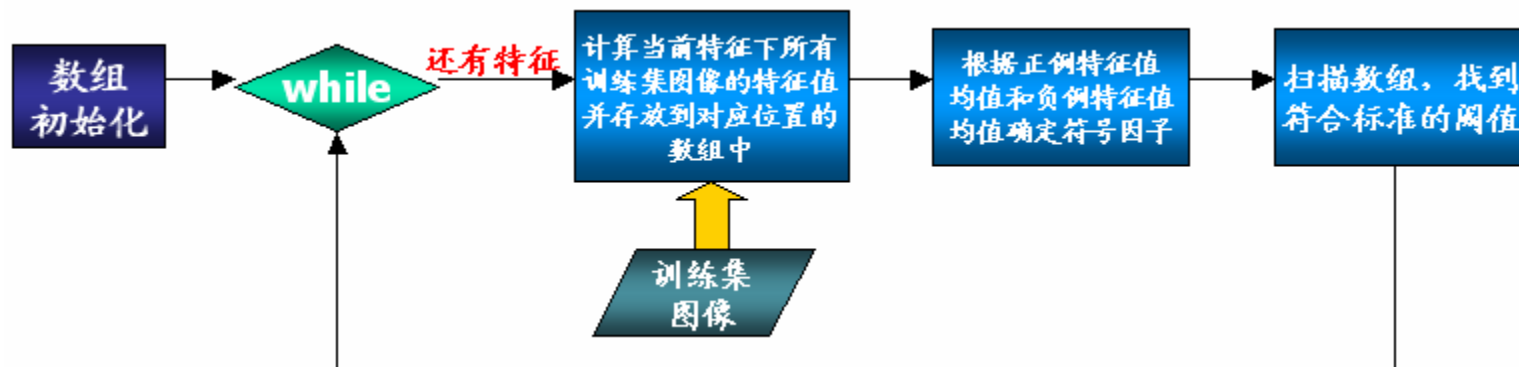
■ 方法主要思想

以空间换时间，从而避免3层以上的循环

以数组方式（往往是稀疏数组）存储数据结果，从而避免了排序的环节

阈值选定的标准：使得在当前阈值下的分类器错误判对率等于错误判错率

■ 主要流程





效果演示

- DetectDemo



Thank you for your attention!!

感谢：吴朝晖教授和潘纲博士的悉心指导
实验室同组的师兄师姐的帮助
韩石，陈锟在平时给予的帮助