



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105469018 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 06

(21) 申请号 201410388103. X

(22) 申请日 2014. 08. 07

(71) 申请人 中兴通讯股份有限公司  
地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦法务部

(72) 发明人 王勃飞 邓伟洪 张殿凯 雷晨雨  
瞿广财

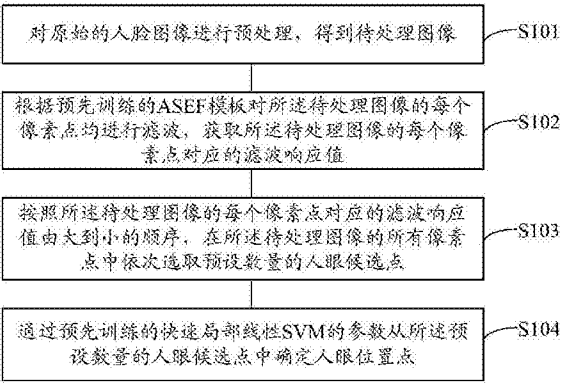
(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270  
代理人 张振伟 张颖玲

(51) Int. Cl.  
G06K 9/00(2006. 01)

权利要求书7页 说明书17页 附图3页

(54) 发明名称  
一种人眼定位的方法和设备

(57) 摘要  
本发明实施例公开了一种人眼定位的方法和设备,该方法可以包括:对原始的人脸图像进行预处理,得到待处理图像;根据预先训练的平均合成相关滤波器 ASEF 模板对所述待处理图像的每个像素点均进行滤波,获取所述待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值;按照所述待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值由大到小的顺序,在所述待处理图像的所有像素点中依次选取预设数量的人眼候选点;通过预先训练的快速局部线性支撑向量机 SVM 的参数从所述预设数量的人眼候选点中确定人眼位置点。



1. 一种人眼定位的方法,其特征在于,所述方法包括:

对原始的人脸图像进行预处理,得到待处理图像;

根据预先训练的平均合成相关滤波器 ASEF 模板对所述待处理图像的每个像素点均进行滤波,获取所述待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值;

按照所述待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值由大到小的顺序,在所述待处理图像的所有像素点中依次选取预设数量的人眼候选点;

通过预先训练的快速局部线性支撑向量机 SVM 的参数从所述预设数量的人眼候选点中确定人眼位置点。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

对预设数量的样本图像进行人脸检测,并将检测得到的人脸图像归一化至预设尺寸之后,进行高斯平滑,得到预设数量的人脸样本图像;

通过预设数量的人脸样本图像对所述 ASEF 模板及快速局部线性 SVM 的参数进行训练。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于,所述通过预设数量的人脸样本图像对所述 ASEF 模板进行训练,包括:

将第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  进行加窗处理之后,对加窗后的所述第  $i$  张人脸样本图像进行二维快速傅里叶变换,得到所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$ ,其中, $i$  表示人脸样本图像编号, $i$  的取值范围是大于零小于  $N$  的正整数,其中, $N$  为所述预设数量, $(x_i, y_i)$  表示图像域的第  $i$  张人脸样本图像, $(u_i, v_i)$  表示频域的第  $i$  张人脸样本图像;

根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人眼的实际位置  $(x_0, y_0)$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的对应的高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i-x_0)^2+(y_i-y_0)^2}{\sigma^2}}$ ,并对所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换,得到所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ,其中, $e$  为自然底数, $\sigma$  为所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的方差;

根据下式获取所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的滤波器模板  $Filter\_FFT(u_i, v_i)$ ,

$$Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)}。$$

根据下式对所有人脸样本图像对应的滤波器模板进行取均值运算获取所述 ASEF 模板  $Filter\_FFT(u, v)$ ,

$$Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N},$$

其中,符号  $\Sigma$  为求和运算符。

4. 根据权利要求 3 所述的方法,其特征在于,根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人眼的实际位置  $(x_0, y_0)$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域

图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的对应的高斯脉冲响应

$Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  进行二

维快速傅里叶变换, 得到所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ , 包括:

根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人左眼的实际位置  $(x_{0L}, y_{0L})$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的对应的左眼

高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i - x_{0L})^2 + (y_i - y_{0L})^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $L\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ;

根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人右眼的实际位置  $(x_{0R}, y_{0R})$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的对应的右眼

高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i - x_{0R})^2 + (y_i - y_{0R})^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $R\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ;

相应地, 所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的滤波器模板  $Filter\_FFT(u_i, v_i)$ , 包括:

所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的左眼滤波器模板  $L\_Filter\_FFT(u_i, v_i)$  和所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的右眼滤波器模板  $R\_Filter\_FFT(u_i, v_i)$ , 其中,

$$L\_Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{L\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)};$$

$$R\_Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{R\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)};$$

所述 ASEF 模板  $Filter\_FFT(u, v)$ , 包括: 左眼 ASEF 模板  $L\_Filter\_FFT(u, v)$  和右眼 ASEF 模板  $R\_Filter\_FFT(u, v)$ , 其中,

$$L\_Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N L\_Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N};$$

$$R\_Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N R\_Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N}.$$

5. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 通过预设数量的人脸样本图像对所述快速局部线性 SVM 的参数进行训练, 包括:

将预设数量的人脸样本图像生成对应地人眼样本图像, 并将所有人眼样本图像通过降维组成样本矩阵  $X$ ;

根据所述样本矩阵  $X$  获取任意两个人眼样本图像之间的相关性矩阵  $K$ ;

通过所述相关性矩阵  $K$  以及 SVM 优化算法, 获取所述样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重;

根据所述样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重计算所述快速局部线性 SVM 的参数。

6. 根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 将预设数量的人脸样本图像生成对应地人眼样本图像, 并将所有人眼样本图像通过降维组成样本矩阵  $X$ , 包括:

设置第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中的人眼正样本和人眼负样本, 其中,  $i$  表示人脸样本图像编号,  $i$  的取值范围是大于零小于  $N$  的正整数,  $N$  为所述预设数量,  $(x_i, y_i)$  表示图像域的第  $i$  张人脸样本图像;

在获取所有人眼样本图像的人眼正样本和人眼负样本后, 对所有的人眼正样本和人眼负样本进行去均值和模二归一化处理, 生成每张人脸样本图像对应的人眼样本图像;

通过将第  $i$  张人眼样本图像拉伸成所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量, 并将所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量作为所述样本矩阵  $X$  中第  $i$  个列向量。

7. 根据权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 所述根据样本矩阵  $X$  获取任意两个人脸样本图像之间的相关性矩阵  $K$ , 包括:

将所述样本矩阵  $X$  进行奇异值 SVD 分解, 得到如下式所示的结果:

$$X = V \Sigma U^H$$

其中, 第一分解矩阵  $V$  和第三分解矩阵  $U$  均为酉矩阵, 第二分解矩阵  $\Sigma$  为半正定的对角矩阵,  $H$  表示共轭转置;

根据所述第一分解矩阵  $V$  的前  $t$  个列向量组成的第一分解矩阵  $V$  的子矩阵  $\tilde{V}$  和所述第二分解矩阵  $\Sigma$  的前  $t$  行前  $t$  列组成的第二分解矩阵  $\Sigma$  的子矩阵  $\tilde{\Sigma}$ , 通过下式获取码生成矩阵  $G$ :

$$G = \tilde{V} \tilde{\Sigma}^{-1}$$

其中, 上标  $-1$  表示对第二分解矩阵  $\Sigma$  的子矩阵  $\tilde{\Sigma}$  进行求逆运算;

根据所述码生成矩阵  $G$ 、所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_i$  和所述第  $j$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_j$  通过下式获取所述相关性矩阵  $K$  第  $i$  行第  $j$  列的元素  $K_{ij}$ :

$$K_{ij} = (G^T x_i)^T (G^T x_j) x_i^T x_j$$

其中,  $K_{ij}$  表示所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_i$  和所述第  $j$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_j$  之间的相关程度,  $T$  表示转置运算。

8. 根据权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 所述根据所述样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重获取所述快速局部线性 SVM 的参数, 包括:

根据所述样本矩阵  $X$  的支撑向量、所述支撑向量对应的权重以及所述码生成矩阵  $G$  通过下式获取到中间矩阵  $A$ :

$$A = \sum_{j=1}^M y_j \alpha_j G G^T s_j s_j^T$$

其中,  $M$  为所述样本矩阵  $X$  的支撑向量的个数,  $s_j$  表示所述样本矩阵  $X$  的第  $j$  个支撑向量,  $\alpha_j$  表示第  $j$  个支撑向量对应的权重,  $y_j$  表示所述第  $j$  个支撑向量对应的训练样本标签;

根据所述中间矩阵  $A$  通过  $A' = (A+A^T)/2$  得到对称矩阵  $A'$  ；

将所述对称矩阵  $A'$  进行特征值分解, 获取所述对称矩阵  $A'$  的特征值及特征值对应的特征向量 ；

按照所述对称矩阵  $A'$  的特征值由大到小的顺序, 在所述对称矩阵  $A'$  的特征值中依次选取  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量, 并将所述  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量作为所述快速局部线性 SVM 的参数。

9. 根据权利要求 8 所述的方法, 其特征在于, 通过预先训练的快速局部线性支撑向量机 SVM 的参数从所述预设数量的人眼候选点中确定人眼位置点, 包括 ；

将第  $k$  个人眼候选点为邻域的像素块拉伸为待处理向量  $z_k$  ；

根据所述待处理向量  $z_k$ 、所述  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量, 通过下式获取所述第  $k$  个人眼候选点的候选判定值  $V1$  ；

$$V1 = \sum_{i=1}^P \lambda_i (z_k^T q_i)$$

其中,  $\lambda_i$  表示第  $i$  个选定特征值,  $q_i$  表示第  $i$  个选定特征值对应地特征向量 ；

将所述第  $k$  个人眼候选点的候选判定值  $V1$  与所述第  $k$  个人眼候选点对应的滤波响应值相加, 得到所述第  $k$  个人眼候选点的最终判定值 ；

从所述预设数量的人眼候选点中选取最终判定值最高的人眼候选点为所述人眼位置点。

10. 一种人眼定位的设备, 其特征在于, 所述设备包括: 预处理单元、滤波单元、选取单元和确定单元, 其中,

所述预处理单元, 用于对原始的人脸图像进行预处理, 得到待处理图像 ；

所述滤波单元, 用于根据预先训练的平均合成相关滤波器 ASEF 模板对所述待处理图像的每个像素点均进行滤波, 获取所述待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值 ；

所述选取单元, 用于按照所述待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值由大到小的顺序, 在所述待处理图像的所有像素点中依次选取预设数量的人眼候选点 ；

所述确定单元, 用于通过预先训练的快速局部线性支撑向量机 SVM 的参数从所述预设数量的人眼候选点中确定人眼位置点。

11. 根据权利要求 10 所述的设备, 其特征在于, 所述设备还包括: 检测单元、第一训练单元和第二训练单元, 其中,

所述检测单元, 用于对预设数量的样本图像进行人脸检测, 并将检测得到的人脸图像归一化至预设尺寸之后, 进行高斯平滑, 得到预设数量的人脸样本图像 ；

所述第一训练单元, 用于通过预设数量的人脸样本图像对所述 ASEF 模板进行训练 ；

所述第二训练单元, 用于通过预设数量的人脸样本图像对所述快速局部线性 SVM 的参数进行训练。

12. 根据权利要求 11 所述的设备, 其特征在于, 所述第一训练单元, 用于 ；

将第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  进行加窗处理之后, 对加窗后的所述第  $i$  张人脸样本图像进行二维快速傅里叶变换, 得到所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$ , 其中,  $i$  表示人脸样本图像编号,  $i$  的取值范围是大于零小于  $N$  的正整数, 其中,  $N$  为所述预设数量,  $(x_i, y_i)$  表示图像域的第  $i$  张人脸样本图像,  $(u_i, v_i)$  表示频域的

第  $i$  张人脸样本图像；

以及,根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人眼的实际位置  $(x_0, y_0)$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的对应的高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i-x_0)^2+(y_i-y_0)^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ , 其中,  $e$  为自然底数,  $\sigma$  为所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的方差;

以及,根据下式获取所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的滤波器模板  $Filter\_FFT(u_i, v_i)$ ,

$$Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)}.$$

根据下式对所有人脸样本图像对应的滤波器模板进行取均值运算获取所述 ASEF 模板  $Filter\_FFT(u, v)$ ,

$$Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N},$$

其中,符号  $\Sigma$  为求和运算符。

13. 根据权利要求 12 所述的设备,其特征在于,所述第一训练单元,用于根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人左眼的实际位置  $(x_{0L}, y_{0L})$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的对应的左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i-x_{0L})^2+(y_i-y_{0L})^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $L\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ;

以及,根据第  $i$  张人脸样本图像  $im\_origin(x_i, y_i)$  中人右眼的实际位置  $(x_{0R}, y_{0R})$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的对应的右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i-x_{0R})^2+(y_i-y_{0R})^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $R\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ;

相应地,所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的滤波器模板  $Filter\_FFT(u_i, v_i)$ , 包括:

所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的左眼滤波器模板  $L\_Filter\_FFT(u_i, v_i)$  和所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的右眼滤波器模板  $R\_Filter\_FFT(u_i, v_i)$ , 其中,  $L\_Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{L\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)}$ ;

$R\_Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{R\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)}$ ;

所述 ASEF 模板  $\text{Filter\_FFT}(u, v)$ , 包括 : 左眼 ASEF 模板  $L\_Filter\_FFT(u, v)$  和右眼 ASEF 模板  $R\_Filter\_FFT(u, v)$ , 其中,

$$L\_Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N L\_Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N};$$

$$R\_Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N R\_Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N}。$$

14. 根据权利要求 11 所述的设备, 其特征在于, 所述第二训练单元, 包括 : 降维子单元、获取子单元和计算子单元, 其中,

所述降维子单元, 用于将预设数量的人脸样本图像生成对应地人眼样本图像, 并将所有人眼样本图像通过降维组成样本矩阵  $X$ ;

所述获取子单元, 用于根据所述样本矩阵  $X$  获取任意两个人眼样本图像之间的相关性矩阵  $K$ ; 以及,

通过所述相关性矩阵  $K$  以及 SVM 优化算法, 获取所述样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重;

所述计算子单元, 用于根据所述样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重计算所述快速局部线性 SVM 的参数。

15. 根据权利要求 14 所述的设备, 其特征在于, 所述降维子单元, 用于:

设置第  $i$  张人脸样本图像  $\text{Im\_origin}(x_i, y_i)$  中的人眼正样本和人眼负样本, 其中,  $i$  表示人脸样本图像编号,  $i$  的取值范围是大于零小于  $N$  的正整数,  $N$  为所述预设数量,  $(x_i, y_i)$  表示图像域的第  $i$  张人脸样本图像;

以及, 在获取所有人脸样本图像的人眼正样本和人眼负样本后, 对所有的人眼正样本和人眼负样本进行去均值和模二归一化处理, 生成每张人脸样本图像对应的人眼样本图像;

以及, 通过将第  $i$  张人眼样本图像拉伸成所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量, 并将所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量作为所述样本矩阵  $X$  中第  $i$  个列向量。

16. 根据权利要求 15 所述的设备, 其特征在于, 所述获取子单元, 用于:

将所述样本矩阵  $X$  进行奇异值 SVD 分解, 得到如下式所示的结果:

$$X = V \Sigma U^H$$

其中, 第一分解矩阵  $V$  和第三分解矩阵  $U$  均为酉矩阵, 第二分解矩阵  $\Sigma$  为半正定的对角矩阵,  $H$  表示共轭转置;

以及, 根据所述第一分解矩阵  $V$  的前  $t$  个列向量组成的第一分解矩阵  $V$  的子矩阵  $\tilde{V}$  和所述第二分解矩阵  $\Sigma$  的前  $t$  行前  $t$  列组成的第二分解矩阵  $\Sigma$  的子矩阵  $\tilde{\Sigma}$ , 通过下式获取码生成矩阵  $G$ :

$$G = \tilde{V} \tilde{\Sigma}^{-1}$$

其中, 上标  $-1$  表示对第二分解矩阵  $\Sigma$  的子矩阵  $\tilde{\Sigma}$  进行求逆运算;

以及, 根据所述码生成矩阵  $G$ 、所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_i$  和所述第  $j$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_j$  通过下式获取所述相关性矩阵  $K$  第  $i$  行第  $j$  列的元素  $K_{ij}$ :

$$K_{ij} = (G^T x_i)^T (G^T x_j) x_i^T x_j$$

其中,  $K_{ij}$  表示所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_i$  和所述第  $j$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_j$  之间的相关程度,  $T$  表示转置运算。

17. 根据权利要求 16 所述的设备, 其特征在于, 所述计算子单元, 用于:

根据所述样本矩阵  $X$  的支撑向量、所述支撑向量对应的权重以及所述码生成矩阵  $G$  通过下式获取到中间矩阵  $A$ :

$$A = \sum_{j=1}^M y_j \alpha_j G G^T s_j s_j^T$$

其中,  $M$  为所述样本矩阵  $X$  的支撑向量的个数,  $s_j$  表示所述样本矩阵  $X$  的第  $j$  个支撑向量,  $\alpha_j$  表示第  $j$  个支撑向量对应的权重,  $y_j$  表示所述第  $j$  个支撑向量对应的训练样本标签;

以及, 根据所述中间矩阵  $A$  通过  $A' = (A + A^T) / 2$  得到对称矩阵  $A'$ ;

以及, 将所述对称矩阵  $A'$  进行特征值分解, 获取所述对称矩阵  $A'$  的特征值及特征值对应的特征向量;

以及, 按照所述对称矩阵  $A'$  的特征值由大到小的顺序, 在所述对称矩阵  $A'$  的特征值中依次选取  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量, 并将所述  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量作为所述快速局部线性 SVM 的参数。

18. 根据权利要求 17 所述的设备, 其特征在于, 所述确定单元, 用于:

将第  $k$  个人眼候选点为邻域的像素块拉伸为待处理向量  $z_k$ ;

以及, 根据所述待处理向量  $z_k$ 、所述  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量, 通过下式获取所述第  $k$  个人眼候选点的候选判定值  $V1$ :

$$V1 = \sum_{i=1}^P \lambda_i (z_k^T q_i)$$

其中,  $\lambda_i$  表示第  $i$  个选定特征值,  $q_i$  表示第  $i$  个选定特征值对应地特征向量;

以及, 将所述第  $k$  个人眼候选点的候选判定值  $V1$  与所述第  $k$  个人眼候选点对应的滤波响应值相加, 得到所述第  $k$  个人眼候选点的最终判定值;

以及, 从所述预设数量的人眼候选点中选取最终判定值最高的人眼候选点为所述人眼位置点。



## 一种人眼定位的方法和设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理技术,尤其涉及一种人眼定位的方法和设备。

### 背景技术

[0002] 在诸如人脸跟踪、人脸识别、表情分析、眼球控制等人脸图像处理的相关技术中,因为眼睛是脸部最稳定和最突出的特征,并且有足够多的梯度信息便于精确定位,所以人眼定位都是非常关键的步骤。

[0003] 当前,在人眼定位的众多方法中,基于支撑向量机(SVM, Support Vector Machine)分类器方法的精度较高,但是计算过程中的时间复杂度为 $O(n^2)$ ,而且由于人眼的运动速度较快,较大的时间复杂度难以满足实际应用中对人眼进行快速定位的要求,定位效率较低。

### 发明内容

[0004] 为解决上述技术问题,本发明实施例期望提供一种人眼定位的方法和设备,能够在高精度条件下,降低人眼定位的时间复杂度,从而在保持高精度的人眼定位的同时,也实现较高的定位效率。

[0005] 本发明的技术方案是这样实现的:

[0006] 第一方面,本发明实施例提供了一种人眼定位的方法,该方法可以包括:

[0007] 对原始的人脸图像进行预处理,得到待处理图像;

[0008] 根据预先训练的平均合成相关滤波器 ASEF 模板对所述待处理图像的每个像素点均进行滤波,获取所述待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值;

[0009] 按照所述待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值由大到小的顺序,在所述待处理图像的所有像素点中依次选取预设数量的人眼候选点;

[0010] 通过预先训练的快速局部线性支撑向量机 SVM 的参数从所述预设数量的人眼候选点中确定人眼位置点。

[0011] 进一步地,所述方法还包括:

[0012] 对预设数量的样本图像进行人脸检测,并将检测得到的人脸图像归一化至预设尺寸之后,进行高斯平滑,得到预设数量的人脸样本图像;

[0013] 通过预设数量的人脸样本图像对所述 ASEF 模板及快速局部线性 SVM 的参数进行训练。

[0014] 进一步地,所述通过预设数量的人脸样本图像对所述 ASEF 模板进行训练,包括:

[0015] 将第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  进行加窗处理之后,对加窗后的所述第  $i$  张人脸样本图像进行二维快速傅里叶变换,得到所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$ , 其中,  $i$  表示人脸样本图像编号,  $i$  的取值范围是大于零小于  $N$  的正整数, 其中,  $N$  为所述预设数量,  $(x_i, y_i)$  表示图像域的第  $i$  张人脸样本图像,  $(u_i, v_i)$  表示频域的第  $i$  张人脸样本图像;

[0016] 根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人眼的实际位置  $(x_0, y_0)$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i-x_0)^2+(y_i-y_0)^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ , 其中,  $e$  为自然底数,  $\sigma$  为所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的方差;

[0017] 根据下式获取所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的滤波器模板  $Filter\_FFT(u_i, v_i)$ ,

$$[0018] \quad Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)}.$$

[0019] 根据下式对所有人脸样本图像对应的滤波器模板进行取均值运算获取所述 ASEP 模板  $Filter\_FFT(u, v)$ ,

$$[0020] \quad Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N},$$

[0021] 其中, 符号  $\Sigma$  为求和运算符。

[0022] 进一步地, 根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人眼的实际位置  $(x_0, y_0)$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i-x_0)^2+(y_i-y_0)^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ , 包括:

[0023] 根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人左眼的实际位置  $(x_{0L}, y_{0L})$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i-x_{0L})^2+(y_i-y_{0L})^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $L\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ;

[0024] 根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人右眼的实际位置  $(x_{0R}, y_{0R})$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i-x_{0R})^2+(y_i-y_{0R})^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $R\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ;

[0025] 相应地, 所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的滤波器模板  $Filter\_FFT(u_i, v_i)$ , 包括:

[0026] 所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的左眼滤波器模板  $L\_Filter\_$

FFT( $u_i, v_i$ ) 和所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的右眼滤波器模板  $R\_Filter\_FFT(u_i, v_i)$ , 其中,  $L\_Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{L\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)}$ ;

$$R\_Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{R\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)};$$

[0027] 所述 ASEF 模板  $Filter\_FFT(u, v)$ , 包括: 左眼 ASEF 模板  $L\_Filter\_FFT(u, v)$  和右眼 ASEF 模板  $R\_Filter\_FFT(u, v)$ , 其中,

$$[0028] \quad L\_Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N L\_Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N};$$

$$[0029] \quad R\_Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N R\_Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N}。$$

[0030] 进一步地, 通过预设数量的人脸样本图像对所述快速局部线性 SVM 的参数进行训练, 包括:

[0031] 将预设数量的人脸样本图像生成对应地人眼样本图像, 并将所有人眼样本图像通过降维组成样本矩阵  $X$ ;

[0032] 根据所述样本矩阵  $X$  获取任意两个人眼样本图像之间的相关性矩阵  $K$ ;

[0033] 通过所述相关性矩阵  $K$  以及 SVM 优化算法, 获取所述样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重;

[0034] 根据所述样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重计算所述快速局部线性 SVM 的参数。

[0035] 进一步地, 将预设数量的人脸样本图像生成对应地人眼样本图像, 并将所有人眼样本图像通过降维组成样本矩阵  $X$ , 包括:

[0036] 设置第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中的人眼正样本和人眼负样本, 其中,  $i$  表示人脸样本图像编号,  $i$  的取值范围是大于零小于  $N$  的正整数,  $N$  为所述预设数量,  $(x_i, y_i)$  表示图像域的第  $i$  张人脸样本图像;

[0037] 在获取所有人脸样本图像的人眼正样本和人眼负样本后, 对所有的人眼正样本和人眼负样本进行去均值和模二归一化处理, 生成每张人脸样本图像对应的人眼样本图像;

[0038] 通过将第  $i$  张人眼样本图像拉伸成所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量, 并将所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量作为所述样本矩阵  $X$  中第  $i$  个列向量。

[0039] 进一步地, 所述根据样本矩阵  $X$  获取任意两个人脸样本图像之间的相关性矩阵  $K$ , 包括:

[0040] 将所述样本矩阵  $X$  进行奇异值 SVD 分解, 得到如下式所示的结果:

$$[0041] \quad X = V \Sigma U^H$$

[0042] 其中, 第一分解矩阵  $V$  和第三分解矩阵  $U$  均为酉矩阵, 第二分解矩阵  $\Sigma$  为半正定的对角矩阵,  $H$  表示共轭转置;

[0043] 根据所述第一分解矩阵  $V$  的前  $t$  个列向量组成的第一分解矩阵  $V$  的子矩阵  $V'$  和所

述第二分解矩阵  $\Sigma$  的前  $t$  行前  $t$  列组成的第二分解矩阵  $\Sigma$  的子矩阵  $\tilde{\Sigma}$ , 通过下式获取码生成矩阵  $G$  :

$$[0044] \quad G = \tilde{V} \tilde{\Sigma}^{-1}$$

[0045] 其中, 上标  $-1$  表示对第二分解矩阵  $\Sigma$  的子矩阵  $\tilde{\Sigma}$  进行求逆运算;

[0046] 根据所述码生成矩阵  $G$ 、所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_i$  和所述第  $j$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_j$  通过下式获取所述相关性矩阵  $K$  第  $i$  行第  $j$  列的元素  $K_{ij}$  :

$$[0047] \quad K_{ij} = (G^T x_i)^T (G^T x_j) x_i^T x_j$$

[0048] 其中,  $K_{ij}$  表示所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_i$  和所述第  $j$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_j$  之间的相关程度,  $T$  表示转置运算。

[0049] 进一步地, 所述根据所述样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重获取所述快速局部线性 SVM 的参数, 包括:

[0050] 根据所述样本矩阵  $X$  的支撑向量、所述支撑向量对应的权重以及所述码生成矩阵  $G$  通过下式获取到中间矩阵  $A$  :

$$[0051] \quad A = \sum_{j=1}^M y_j \alpha_j G G^T s_j s_j^T$$

[0052] 其中,  $M$  为所述样本矩阵  $X$  的支撑向量的个数,  $s_j$  表示所述样本矩阵  $X$  的第  $j$  个支撑向量,  $\alpha_j$  表示第  $j$  个支撑向量对应的权重,  $y_j$  表示所述第  $j$  个支撑向量对应的训练样本标签;

[0053] 根据所述中间矩阵  $A$  通过  $A' = (A + A^T) / 2$  得到对称矩阵  $A'$ ;

[0054] 将所述对称矩阵  $A'$  进行特征值分解, 获取所述对称矩阵  $A'$  的特征值及特征值对应的特征向量;

[0055] 按照所述对称矩阵  $A'$  的特征值由大到小的顺序, 在所述对称矩阵  $A'$  的特征值中依次选取  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量, 并将所述  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量作为所述快速局部线性 SVM 的参数。

[0056] 进一步地, 通过预先训练的快速局部线性支撑向量机 SVM 的参数从所述预设数量的人眼候选点中确定人眼位置点, 包括:

[0057] 将第  $k$  个人眼候选点为邻域的像素块拉伸为待处理向量  $z_k$ ;

[0058] 根据所述待处理向量  $z_k$ 、所述  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量, 通过下式获取所述第  $k$  个人眼候选点的候选判定值  $V1$  :

$$[0059] \quad V1 = \sum_{i=1}^P \lambda_i (z_k^T q_i)$$

[0060] 其中,  $\lambda_i$  表示第  $i$  个选定特征值,  $q_i$  表示第  $i$  个选定特征值对应地特征向量;

[0061] 将所述第  $k$  个人眼候选点的候选判定值  $V1$  与所述第  $k$  个人眼候选点对应的滤波响应值相加, 得到所述第  $k$  个人眼候选点的最终判定值;

[0062] 从所述预设数量的人眼候选点中选取最终判定值最高的人眼候选点为所述人眼位置点。

[0063] 第二方面, 本发明实施例提供了一种人眼定位的设备, 所述设备包括: 预处理单元、滤波单元、选取单元和确定单元, 其中,

[0064] 所述预处理单元,用于对原始的人脸图像进行预处理,得到待处理图像;

[0065] 所述滤波单元,用于根据预先训练的平均合成相关滤波器 ASEF 模板对所述待处理图像的每个像素点均进行滤波,获取所述待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值;

[0066] 所述选取单元,用于按照所述待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值由大到小的顺序,在所述待处理图像的所有像素点中依次选取预设数量的人眼候选点;

[0067] 所述确定单元,用于通过预先训练的快速局部线性支撑向量机 SVM 的参数从所述预设数量的人眼候选点中确定人眼位置点。

[0068] 进一步地,所述设备还包括:检测单元、第一训练单元和第二训练单元,其中,

[0069] 所述检测单元,用于对预设数量的样本图像进行人脸检测,并将检测得到的人脸图像归一化至预设尺寸之后,进行高斯平滑,得到预设数量的人脸样本图像;

[0070] 所述第一训练单元,用于通过预设数量的人脸样本图像对所述 ASEF 模板进行训练;

[0071] 所述第二训练单元,用于通过预设数量的人脸样本图像对所述快速局部线性 SVM 的参数进行训练。

[0072] 进一步地,所述第一训练单元,用于:

[0073] 将第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  进行加窗处理之后,对加窗后的所述第  $i$  张人脸样本图像进行二维快速傅里叶变换,得到所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$ ,其中, $i$  表示人脸样本图像编号, $i$  的取值范围是大于零小于  $N$  的正整数,其中, $N$  为所述预设数量, $(x_i, y_i)$  表示图像域的第  $i$  张人脸样本图像, $(u_i, v_i)$  表示频域的第  $i$  张人脸样本图像;

[0074] 以及,根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人眼的实际位置  $(x_0, y_0)$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的对应的高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2}{\sigma^2}}$ ,并对所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换,得到所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ,其中, $e$  为自然底数, $\sigma$  为所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的方差;

[0075] 以及,根据下式获取所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的滤波器模板  $Filter\_FFT(u_i, v_i)$ ,

$$[0076] \quad Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)}$$

[0077] 根据下式对所有人脸样本图像对应的滤波器模板进行取均值运算获取所述 ASEF 模板  $Filter\_FFT(u, v)$ ,

$$[0078] \quad Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N}$$

[0079] 其中,符号  $\Sigma$  为求和运算符。

[0080] 进一步地,所述第一训练单元,用于根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人左眼的实际位置  $(x_{0L}, y_{0L})$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域

图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的对应的左眼高斯脉冲响应

$L\_Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i - x_{0L})^2 + (y_i - y_{0L})^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $L\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ;

[0081] 以及, 根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人右眼的实际位置  $(x_{0R}, y_{0R})$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的

对应的右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i - x_{0R})^2 + (y_i - y_{0R})^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $R\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ;

[0082] 相应地, 所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的滤波器模板  $Filter\_FFT(u_i, v_i)$ , 包括:

[0083] 所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的左眼滤波器模板  $L\_Filter\_FFT(u_i, v_i)$  和所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的右眼滤波器模板  $R\_Filter\_FFT(u_i, v_i)$ , 其中,  $L\_Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{L\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)}$ ;

$R\_Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{R\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)}$ ;

[0084] 所述 ASEF 模板  $Filter\_FFT(u, v)$ , 包括: 左眼 ASEF 模板  $L\_Filter\_FFT(u, v)$  和右眼 ASEF 模板  $R\_Filter\_FFT(u, v)$ , 其中,

[0085]  $L\_Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N L\_Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N}$ ;

[0086]  $R\_Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N R\_Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N}$ 。

[0087] 进一步地, 所述第二训练单元, 包括: 降维子单元、获取子单元和计算子单元, 其中,

[0088] 所述降维子单元, 用于将预设数量的人脸样本图像生成对应地人眼样本图像, 并将所有人眼样本图像通过降维组成样本矩阵  $X$ ;

[0089] 所述获取子单元, 用于根据所述样本矩阵  $X$  获取任意两个人眼样本图像之间的相关性矩阵  $K$ ; 以及,

[0090] 通过所述相关性矩阵  $K$  以及 SVM 优化算法, 获取所述样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重;

[0091] 所述计算子单元, 用于根据所述样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重计算所述快速局部线性 SVM 的参数。

[0092] 进一步地, 所述降维子单元, 用于:

[0093] 设置第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中的人眼正样本和人眼负样本, 其中,  $i$  表示人脸样本图像编号,  $i$  的取值范围是大于零小于  $N$  的正整数,  $N$  为所述预设数量,  $(x_i,$

$y_i$ ) 表示图像域的第  $i$  张人脸样本图像；

[0094] 以及,在获取所有人脸样本图像的人眼正样本和人眼负样本后,对所有的人眼正样本和人眼负样本进行去均值和模二归一化处理,生成每张人脸样本图像对应的人眼样本图像；

[0095] 以及,通过将第  $i$  张人眼样本图像拉伸成所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量,并将所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量作为所述样本矩阵  $X$  中第  $i$  个列向量。

[0096] 进一步地,所述获取子单元,用于：

[0097] 将所述样本矩阵  $X$  进行奇异值 SVD 分解,得到如下式所示的结果：

$$[0098] \quad X = V \Sigma U^H$$

[0099] 其中,第一分解矩阵  $V$  和第三分解矩阵  $U$  均为酉矩阵,第二分解矩阵  $\Sigma$  为半正定的对角矩阵, $H$  表示共轭转置；

[0100] 以及,根据所述第一分解矩阵  $V$  的前  $t$  个列向量组成的第一分解矩阵  $V$  的子矩阵  $\tilde{V}$  和所述第二分解矩阵  $\Sigma$  的前  $t$  行前  $t$  列组成的第二分解矩阵  $\Sigma$  的子矩阵  $\tilde{\Sigma}$ ,通过下式获取码生成矩阵  $G$ ：

$$[0101] \quad G = \tilde{V} \tilde{\Sigma}^{-1}$$

[0102] 其中,上标  $-1$  表示对第二分解矩阵  $\Sigma$  的子矩阵  $\tilde{\Sigma}$  进行求逆运算；

[0103] 以及,根据所述码生成矩阵  $G$ 、所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_i$  和所述第  $j$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_j$  通过下式获取所述相关性矩阵  $K$  第  $i$  行第  $j$  列的元素  $K_{ij}$ ：

$$[0104] \quad K_{ij} = (G^T x_i)^T (G^T x_j) x_i^T x_j$$

[0105] 其中, $K_{ij}$  表示所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_i$  和所述第  $j$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_j$  之间的相关程度, $T$  表示转置运算。

[0106] 进一步地,所述计算子单元,用于：

[0107] 根据所述样本矩阵  $X$  的支撑向量、所述支撑向量对应的权重以及所述码生成矩阵  $G$  通过下式获取到中间矩阵  $A$ ：

$$[0108] \quad A = \sum_{j=1}^M y_j \alpha_j G G^T s_j s_j^T$$

[0109] 其中, $M$  为所述样本矩阵  $X$  的支撑向量的个数, $s_j$  表示所述样本矩阵  $X$  的第  $j$  个支撑向量, $\alpha_j$  表示第  $j$  个支撑向量对应的权重, $y_j$  表示所述第  $j$  个支撑向量对应的训练样本标签；

[0110] 以及,根据所述中间矩阵  $A$  通过  $A' = (A + A^T) / 2$  得到对称矩阵  $A'$ ；

[0111] 以及,将所述对称矩阵  $A'$  进行特征值分解,获取所述对称矩阵  $A'$  的特征值及特征值对应的特征向量；

[0112] 以及,按照所述对称矩阵  $A'$  的特征值由大到小的顺序,在所述对称矩阵  $A'$  的特征值中依次选取  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量,并将所述  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量作为所述快速局部线性 SVM 的参数。

[0113] 进一步地,所述确定单元,用于：

[0114] 将第  $k$  个人眼候选点为邻域的像素块拉伸为待处理向量  $z_k$ ；

[0115] 以及,根据所述待处理向量  $z_k$ 、所述  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量,通过下式获取所述第  $k$  个人眼候选点的候选判定值  $V1$  :

$$[0116] \quad V1 = \sum_{i=1}^P \lambda_i (z_k^T q_i)$$

[0117] 其中,  $\lambda_i$  表示第  $i$  个选定特征值,  $q_i$  表示第  $i$  个选定特征值对应地特征向量 ;

[0118] 以及,将所述第  $k$  个人眼候选点的候选判定值  $V1$  与所述第  $k$  个人眼候选点对应的滤波响应值相加,得到所述第  $k$  个人眼候选点的最终判定值 ;

[0119] 以及,从所述预设数量的人眼候选点中选取最终判定值最高的人眼候选点为所述人眼位置点。

[0120] 本发明实施例提供了一种人眼定位的方法和设备,通过对待定位的图像经过预先训练得到的 ASEF 模板和快速局部线性 SVM 的参数确定人眼的位置 ;能够在高精度条件下,降低人眼定位的时间复杂度,从而在保持高精度的人眼定位的同时,也实现较高的定位效率。

#### 附图说明

[0121] 图 1 为本发明实施例提供的一种人眼定位的方法流程示意图 ;

[0122] 图 2 为本发明实施例提供的一种根据预先训练的 ASEF 模板对待处理图像的每个像素点均进行滤波的流程示意图 ;

[0123] 图 3 为本发明实施例提供的一种确定人眼位置点的流程示意图 ;

[0124] 图 4 为本发明实施例提供的一种 ASEF 模板和快速局部线性 SVM 的参数的训练方法流程示意图 ;

[0125] 图 5 为本发明实施例提供的一种高斯脉冲响应示意图 ;

[0126] 图 6 为本发明实施例提供的一种人眼定位的设备结构示意图 ;

[0127] 图 7 为本发明实施例提供的另一种人眼定位的设备结构示意图。

#### 具体实施方式

[0128] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。

[0129] 参见图 1,其示出了本发明实施例提供的一种人眼定位的方法流程,该方法可以包括 :

[0130] S101 :对原始的人脸图像进行预处理,得到待处理图像 ;

[0131] 示例性地,由于人脸图像是在自然条件下获得的,因此,在对人脸图像进行处理之前,需要通过对原始的人脸图像进行预处理,以便去除原始的人脸图像中由于光照不均、噪声等因素而引起的干扰 ;

[0132] 在本实施例中,对原始的人脸图像进行预处理的过程可以包括 :

[0133] 首先,通过常用的人脸检测器从原始获得的图像中检测出原始的人脸图像 ;

[0134] 然后,将原始的人脸图像归一化到预设尺寸的图像中,本实施例中选择预设的尺寸为  $100 \times 100$ ,单位为像素 ;

[0135] 接着,将归一化之后的图像进行高斯平滑,并且用归一化之后的图像对应位置像



素值除以高斯平滑后的图像对应位置的像素值,从而完成对原始的人脸图像的预处理,并得到去除了不均匀光照、噪声等影响后的待处理图像。

[0136] 需要说明的是,由于预处理的作用是去除原始图像中不均匀光照、噪声等影响,因此,本发明实施例并不限定仅用上述这一种预处理方法,其他可以达到相应作用的预处理方法也可以适用于本发明实施例。

[0137] S102:根据预先训练的 ASEF 模板对所述待处理图像的每个像素点均进行滤波,获取所述待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值;

[0138] 需要说明的是,所述预先训练的 ASEF 模板在实质上属于一种滤波器,因此,根据预先训练的 ASEF 模板对所述待处理图像的每个像素点均进行滤波的具体过程可以如图 2 所示:将所述待处理图像的每个像素点作为所述预先训练的 ASEF 模板的输入值 IN,通过预先训练的 ASEF 模板的滤波处理之后,得到的输出值 OUT 就是待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值;

[0139] 如图 2 所示的滤波过程,可以理解的,在图像域上,是将待处理图像和预先训练的 ASEF 模板进行卷积运算;在频域上,是将待处理图像的频谱和预先训练的 ASEF 模板的频谱进行相乘运算。

[0140] S103:按照所述待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值由大到小的顺序,在所述待处理图像的所有像素点中依次选取预设数量的人眼候选点;

[0141] S104:通过预先训练的快速局部线性 SVM 的参数从所述预设数量的人眼候选点中确定人眼位置点;

[0142] 示例性地,步骤 S104 中可以通过预先训练的快速局部线性 SVM 的参数为每个人眼候选点确定相应的判定值,用来在人眼候选点中确定人眼位置点;但是,为了提高人眼位置点的确定精度,还可以将每个人眼候选点相应的判定值与步骤 S102 所获取的人眼候选点相应的滤波响应值进行结合考虑,得到每个人眼候选点相应的最终判定值,将最终判定值最高的人眼候选点作为人眼位置点;

[0143] 具体地,参见图 3,通过预先训练的快速局部线性支撑向量机 SVM 的参数从所述预设数量的人眼候选点中确定人眼位置点,可以包括 S1041 至 S1044:

[0144] S1041:将第 k 个人眼候选点为邻域的像素块拉伸为待处理向量  $z_k$ ;

[0145] S1042:根据所述待处理向量  $z_k$ 、P 个选定特征值以及 P 个选定特征值对应的特征向量,通过下式获取第 k 个人眼候选点的候选判定值 V1:

$$[0146] \quad V1 = \sum_{i=1}^P \lambda_i (z_k^T q_i);$$

[0147] 进一步地,所述 P 个选定特征值以及所述 P 个选定特征值对应的特征向量则是所述预先训练的快速局部线性支撑向量机 SVM 的参数,  $\lambda_i$  表示第 i 个选定特征值,  $q_i$  表示第 i 个选定特征值对应地特征向量, T 为转置运算;

[0148] S1043:将所述第 k 个人眼候选点的候选判定值 V1 与所述第 k 个人眼候选点对应的滤波响应值相加,得到所述第 k 个人眼候选点的最终判定值;

[0149] S1044:从所述预设数量的人眼候选点中选取最终判定值最高的人眼候选点为所述人眼位置点。

[0150] 可以理解地,现有技术中,通常直接通过 SVM 进行人眼定位的方法,需要对人脸图

像的每个像素点进行运算,因此,现有技术对于人眼定位方法的时间复杂度为  $O(n^2)$ ;而本实施例提供的人眼定位方法,由于仅在预设数量的人眼候选点中通过快速局部线性 SVM 进行定位,所以,本实施例提供的方法的时间复杂度为  $O(n)$ ,因此降低了对人眼定位过程中的时间复杂度,提高了效率。

[0151] 需要说明的是,由于步骤 S102 和步骤 S104 分别利用的是预先训练得到的 ASEF 模板和预先训练得到的快速局部线性 SVM 的参数,因此,在图 1 所示的方法对人眼进行定位之前,还需要对 ASEF 模板和快速局部线性 SVM 的参数进行训练。所以,在图 1 所示的实施例的基础上,参见图 4,其示出了本发明实施例提供的一种 ASEF 模板和快速局部线性 SVM 的参数训练方法流程,该训练方法可以通过对预设数量的已有的样本图像进行训练得到,具体过程可以包括:

[0152] S401:对预设数量的样本图像进行人脸检测,并将检测得到的人脸图像归一化至预设尺寸之后,进行高斯平滑,得到预设数量的人脸样本图像;

[0153] 可选地, S401 的具体过程可以与 S101 的具体过程相同,在此不再赘述。

[0154] S402:通过预设数量的人脸样本图像对所述 ASEF 模板及快速局部线性 SVM 的参数进行训练;

[0155] 示例性地,所述 ASEF 模板及快速局部线性 SVM 的参数可以分别通过预设数量的人脸样本图像来进行训练;所以,以下为本发明实施例通过预设数量的人脸样本图像分别对 ASEF 模板和快速局部线性 SVM 的参数训练过程进行详细描述。

[0156] 优选地,所述通过预设数量的人脸样本图像对所述 ASEF 模板进行训练,可以包括:

[0157] 首先,将第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  进行加窗处理之后,对加窗后的所述第  $i$  张人脸样本图像进行二维快速傅里叶变换,得到所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$ ;

[0158] 其中,  $i$  表示人脸样本图像编号,  $i$  的取值范围是大于零小于  $N$  的正整数,其中,  $N$  为所述预设数量,  $(x_i, y_i)$  表示图像域的第  $i$  张人脸样本图像,  $(u_i, v_i)$  表示频域的第  $i$  张人脸样本图像;在本实施例中,可以先将第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  通过余弦窗进行加窗处理之后,再进行二维快速傅里叶变换。

[0159] 其次,根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人眼的实际位置  $(x_0, y_0)$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之

后的对应的高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i-x_0)^2+(y_i-y_0)^2}{\sigma^2}}$ ,并对所述高斯脉冲响应

$Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换,得到所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ,其中,  $e$  为自然底数,  $\sigma$  为所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的方差;而所述高斯脉冲响应可以如图 5 所示;

[0160] 可以理解地,由于人的眼睛可以分为左眼和右眼,因此,该步骤具体地可以包括:

[0161] 根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人左眼的实际位置  $(x_{0L}, y_{0L})$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的对应的左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i-x_{0L})^2+(y_i-y_{0L})^2}{\sigma^2}}$ ,并对所述左眼高斯脉

冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $L\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ; 以及,

[0162] 根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人右眼的实际位置  $(x_{OR}, y_{OR})$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的对

应的右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i - x_{OR})^2 + (y_i - y_{OR})^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $R\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ;

[0163] 然后, 根据下式获取所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的滤波器模板  $Filter\_FFT(u_i, v_i)$ ,

$$[0164] \quad Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)};$$

[0165] 与上一个步骤相对应的, 左眼的高斯脉冲响应  $L\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$  和右眼的高斯脉冲响应  $R\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ , 本步骤得到的第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的滤波器模板  $Filter\_FFT(u_i, v_i)$ , 可以包括: 第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的左眼滤波器模板  $L\_Filter\_FFT(u_i, v_i)$  和所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的右眼滤波器模板  $R\_Filter\_FFT(u_i, v_i)$ , 其中,

$$[0166] \quad L\_Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{L\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)};$$

$$[0167] \quad R\_Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{R\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)}.$$

[0168] 最后, 根据下式对所有人脸样本图像对应的滤波器模板进行取均值运算获取所述 ASEF 模板  $Filter\_FFT(u, v)$ ,

$$[0169] \quad Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N},$$

[0170] 其中, 符号  $\Sigma$  为求和运算符。

[0171] 对应于上一个步骤中得到的第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  左眼滤波器模板  $L\_Filter\_FFT(u_i, v_i)$  和第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的右眼滤波器模板  $R\_Filter\_FFT(u_i, v_i)$ , 本步骤得到的 ASEF 模板  $Filter\_FFT(u, v)$ , 可以包括: 左眼 ASEF 模板  $L\_Filter\_FFT(u, v)$  和右眼 ASEF 模板  $R\_Filter\_FFT(u, v)$ , 其中,

$$[0172] \quad L\_Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N L\_Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N};$$

$$[0173] \quad R\_Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N R\_Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N}.$$

[0174] 优选地, 通过预设数量的人脸样本图像对所述快速局部线性 SVM 的参数进行训

练,可以包括:

[0175] 首先,将预设数量的人脸样本图像生成对应地人眼样本图像,并将所有人眼样本图像通过降维组成样本矩阵  $X$ ;

[0176] 进一步地,本步骤可以包括:

[0177] 设置第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中的人眼正样本和人眼负样本,其中,  $i$  表示人脸样本图像编号,  $i$  的取值范围是大于零小于  $N$  的正整数,  $N$  为所述预设数量,在本实施例中,  $N$  为 10000,  $(x_i, y_i)$  表示图像域的第  $i$  张人脸样本图像;需要说明的是,在本实施例中,可以将以人眼为中心的固定尺寸的矩形像素块作为人眼的正样本;将以距离人眼中心固定像素之外的人眼区域的矩形像素块作为人眼的负样本,可以理解的,人眼正样本和人眼负样本之间存在着公共区域。

[0178] 以及,在获取所有人脸样本图像的人眼正样本和人眼负样本后,对所有的人眼正样本和人眼负样本进行去均值和模二归一化处理,生成每张人脸样本图像对应的人眼样本图像;在本实施例中,每张人脸样本图像对应的人眼样本图像的大小可以是 31 像素  $\times$  31 像素;

[0179] 以及,通过将第  $i$  张人眼样本图像拉伸成所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量,并将所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量作为所述样本矩阵  $X$  中第  $i$  个列向量;在本实施例中,所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量的维数为  $31 \times 31 = 961$ ;

[0180] 以及,对每张人眼样本图像进行上述的处理,最后就可以得到样本矩阵  $X$ ,从而可以得知,在本实施例中,样本矩阵为  $961 \times 10000$  矩阵。

[0181] 其次,根据所述样本矩阵  $X$  获取任意两个人眼样本图像之间的相关性矩阵  $K$ ;

[0182] 进一步地,本步骤可以包括:

[0183] 将所述样本矩阵  $X$  进行奇异值 SVD 分解,得到如下式所示的结果:

$$[0184] \quad X = V \Sigma U^H$$

[0185] 其中,第一分解矩阵  $V$  和第三分解矩阵  $U$  均为酉矩阵,第二分解矩阵  $\Sigma$  为半正定的对角矩阵,  $H$  表示共轭转置;

[0186] 在本实施例中,第一分解矩阵  $V$  为  $961 \times 961$  矩阵,第二分解矩阵  $\Sigma$  为  $961 \times 10000$  矩阵,第三分解矩阵  $U$  为  $10000 \times 10000$ 。

[0187] 以及,根据所述第一分解矩阵  $V$  的前  $t$  个列向量组成的第一分解矩阵  $V$  的子矩阵  $\tilde{V}$  和所述第二分解矩阵  $\Sigma$  的前  $t$  行前  $t$  列组成的第二分解矩阵  $\Sigma$  的子矩阵  $\tilde{\Sigma}$ ,通过下式获取码生成矩阵  $G$ :

$$[0188] \quad G = \tilde{V} \tilde{\Sigma}^{-1}$$

[0189] 其中,上标  $-1$  表示对第二分解矩阵  $\Sigma$  的子矩阵  $\tilde{\Sigma}$  进行求逆运算;

[0190] 在本实施例中,  $t$  的取值可以设置为 150,因此,第一分解矩阵  $V$  的子矩阵  $\tilde{V}$  为  $961 \times 150$  矩阵,第二分解矩阵  $\Sigma$  的子矩阵  $\tilde{\Sigma}$  为  $150 \times 150$  矩阵,码生成矩阵  $G$  为  $961 \times 150$  矩阵。

[0191] 根据所述码生成矩阵  $G$ 、所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_i$  和所述第  $j$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_j$  通过下式获取所述相关性矩阵  $K$  第  $i$  行第  $j$  列的元素  $K_{ij}$ :

$$[0192] \quad K_{ij} = (G^T x_i)^T (G^T x_j) x_i^T x_j$$

[0193] 其中,  $K_{ij}$  表示所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_i$  和所述第  $j$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_j$  之间的相关程度,  $T$  表示转置运算, 可以理解的, 通过该步骤, 可以获取得到相关性矩阵  $K$  的所有元素, 所述相关性矩阵  $K$  为对称矩阵。

[0194] 然后, 通过所述相关性矩阵  $K$  以及 SVM 优化算法, 获取所述样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重; 在本实施例中, 所述样本矩阵  $X$  的支撑向量可以用一个标号列向量来表示, 该标号列向量中的元素为所述样本矩阵  $X$  的支撑向量在所述样本矩阵  $X$  中的列标号; 而所述支撑向量对应的权重也可以用一个权重列向量表示, 该权重列向量中的元素为标号列向量中相应位置所表示的样本矩阵  $X$  的支撑向量对应的权重,

[0195] 最后, 根据所述样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重计算所述快速局部线性 SVM 的参数;

[0196] 进一步地, 本步骤可以包括:

[0197] 根据所述样本矩阵  $X$  的支撑向量、所述支撑向量对应的权重以及所述码生成矩阵  $G$  通过下式获取到中间矩阵  $A$ :

$$[0198] \quad A = \sum_{j=1}^M y_j \alpha_j G G^T s_j s_j^T$$

[0199] 其中,  $M$  为所述样本矩阵  $X$  的支撑向量的个数,  $s_j$  表示所述样本矩阵  $X$  的第  $j$  个支撑向量,  $\alpha_j$  表示第  $j$  个支撑向量对应的权重,  $y_j$  表示所述第  $j$  个支撑向量对应的训练样本标签;

[0200] 以及, 根据所述中间矩阵  $A$  通过  $A' = (A + A^T) / 2$  得到对称矩阵  $A'$ ;

[0201] 以及, 将所述对称矩阵  $A'$  进行特征值分解, 获取所述对称矩阵  $A'$  的特征值及特征值对应的特征向量;

[0202] 以及, 按照所述对称矩阵  $A'$  的特征值由大到小的顺序, 在所述对称矩阵  $A'$  的特征值中依次选取  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量, 并将所述  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量作为所述快速局部线性 SVM 的参数。

[0203] 通过上述的两个优选的训练方法, 就可以得到 ASEF 模板和快速局部线性 SVM 的参数, 然后就可以根据训练得到的 ASEF 模板和快速局部线性 SVM 的参数通过图 1 所示的实施例来对图像中的人眼进行定位。

[0204] 本发明实施例提供了一种人眼定位的方法, 通过对人脸图像经过预先训练得到的 ASEF 模板和快速局部线性 SVM 的参数确定人眼的位置; 能够在高精度条件下, 降低人眼定位的时间复杂度, 从而在保持高精度的人眼定位的同时, 也实现较高的定位效率。

[0205] 基于前述实施例相同的技术构思, 参见图 6、其示出了本发明实施例提供的一种人眼定位的设备 60, 该设备可以包括: 预处理单元 601、滤波单元 602、选取单元 603 和确定单元 604, 其中,

[0206] 所述预处理单元 601, 用于对原始的人脸图像进行预处理, 得到待处理图像;

[0207] 所述滤波单元 602, 用于根据预先训练的平均合成相关滤波器 ASEF 模板对所述预处理单元 601 得到的待处理图像的每个像素点均进行滤波, 获取所述待处理图像的每个像素点对应的滤波响应值;

[0208] 所述选取单元 603, 用于按照所述滤波单元 602 获取到的所述待处理图像的每

个像素点对应的滤波响应值由大到小的顺序,在所述待处理图像的所有像素点中依次选取预设数量的人眼候选点;

[0209] 所述确定单元 604,用于通过预先训练的快速局部线性支撑向量机 SVM 的参数从所述选取单元 603 选取得到的预设数量的人眼候选点中确定人眼位置点。

[0210] 示例性地,参见图 7,所述设备还包括:检测单元 605、第一训练单元 606 和第二训练单元 607,其中,

[0211] 所述检测单元 605,用于对预设数量的样本图像进行人脸检测,并将检测得到的人脸图像归一化至预设尺寸之后,进行高斯平滑,得到预设数量的人脸样本图像;

[0212] 所述第一训练单元 606,用于通过所述检测单元 605 得到的预设数量的人脸样本图像对所述 ASEF 模板进行训练;

[0213] 所述第二训练单元 607,用于通过所述检测单元 605 得到的预设数量的人脸样本图像对所述快速局部线性 SVM 的参数进行训练。

[0214] 优选地,所述第一训练单元 606,可以用于:

[0215] 将第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  进行加窗处理之后,对加窗后的所述第  $i$  张人脸样本图像进行二维快速傅里叶变换,得到所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$ ,其中, $i$  表示人脸样本图像编号, $i$  的取值范围是大于零小于  $N$  的正整数,其中, $N$  为所述预设数量, $(x_i, y_i)$  表示图像域的第  $i$  张人脸样本图像, $(u_i, v_i)$  表示频域的第  $i$  张人脸样本图像;

[0216] 以及,根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人眼的实际位置  $(x_0, y_0)$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的对应的高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2}{\sigma^2}}$ ,并对所述高斯脉冲响应

$Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换,得到所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ,其中, $e$  为自然底数, $\sigma$  为所述高斯脉冲响应  $Response\_im(x_i, y_i)$  的方差;

[0217] 以及,根据下式获取所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的滤波器模板  $Filter\_FFT(u_i, v_i)$ ,

$$[0218] \quad Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)}.$$

[0219] 根据下式对所有人脸样本图像对应的滤波器模板进行取均值运算获取所述 ASEF 模板  $Filter\_FFT(u, v)$ ,

$$[0220] \quad Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N},$$

[0221] 其中,符号  $\Sigma$  为求和运算符。

[0222] 具体地,所述第一训练单元 606,用于:

[0223] 根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人左眼的实际位置  $(x_{0L}, y_{0L})$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的对

应的左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i - x_{0L})^2 + (y_i - y_{0L})^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述左眼高斯脉冲响应  $L\_Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $L\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ;

[0224] 以及, 根据第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中人右眼的实际位置  $(x_{0R}, y_{0R})$  获取所述第  $i$  张人脸样本图像的频域图像  $Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)$  经过所述滤波器模板之后的

对应的右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i) = e^{-\frac{(x_i - x_{0R})^2 + (y_i - y_{0R})^2}{\sigma^2}}$ , 并对所述右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i)$  进行二维快速傅里叶变换, 得到所述右眼高斯脉冲响应  $R\_Response\_im(x_i, y_i)$  的频域响应  $R\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)$ ;

[0225] 相应地, 所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的滤波器模板  $Filter\_FFT(u_i, v_i)$ , 包括:

[0226] 所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的左眼滤波器模板  $L\_Filter\_FFT(u_i, v_i)$  和所述第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  对应的右眼滤波器模板  $R\_Filter\_FFT(u_i, v_i)$ , 其中,  $L\_Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{L\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)}$ ;

$$R\_Filter\_FFT(u_i, v_i) = \frac{R\_Response\_im\_FFT(u_i, v_i)}{Im\_origin\_FFT(u_i, v_i)};$$

[0227] 所述 ASEF 模板  $Filter\_FFT(u, v)$ , 包括: 左眼 ASEF 模板  $L\_Filter\_FFT(u, v)$  和右眼 ASEF 模板  $R\_Filter\_FFT(u, v)$ , 其中,

$$[0228] \quad L\_Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N L\_Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N};$$

$$[0229] \quad R\_Filter\_FFT(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^N R\_Filter\_FFT(u_i, v_i)}{N}。$$

[0230] 优选地, 参见图 7, 所述第二训练单元 607, 包括: 降维子单元 6071、获取子单元 6072 和计算子单元 6073, 其中,

[0231] 所述降维子单元 6071, 用于将预设数量的人脸样本图像生成对应地人眼样本图像, 并将所有人眼样本图像通过降维组成样本矩阵  $X$ ;

[0232] 所述获取子单元 6072, 用于根据所述降维子单元 6071 组成的样本矩阵  $X$  获取任意两个人眼样本图像之间的相关性矩阵  $K$ ; 以及,

[0233] 通过所述相关性矩阵  $K$  以及 SVM 优化算法, 获取所述样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重;

[0234] 所述计算子单元 6073, 用于根据所述获取子单元 6072 获取到的样本矩阵  $X$  的支撑向量以及所述支撑向量对应的权重计算所述快速局部线性 SVM 的参数。

[0235] 具体地, 所述降维子单元 6071, 用于:

[0236] 设置第  $i$  张人脸样本图像  $Im\_origin(x_i, y_i)$  中的人眼正样本和人眼负样本, 其中,

$i$  表示人脸样本图像编号,  $i$  的取值范围是大于零小于  $N$  的正整数,  $N$  为所述预设数量,  $(x_i, y_i)$  表示图像域的第  $i$  张人脸样本图像;

[0237] 以及, 在获取所有人脸样本图像的人眼正样本和人眼负样本后, 对所有的人眼正样本和人眼负样本进行去均值和模二归一化处理, 生成每张人脸样本图像对应的人眼样本图像;

[0238] 以及, 通过将第  $i$  张人眼样本图像拉伸成所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量, 并将所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量作为所述样本矩阵  $X$  中第  $i$  个列向量。

[0239] 具体地, 所述获取子单元 6072, 用于:

[0240] 将所述样本矩阵  $X$  进行奇异值 SVD 分解, 得到如下式所示的结果:

$$[0241] \quad X = V \Sigma U^H$$

[0242] 其中, 第一分解矩阵  $V$  和第三分解矩阵  $U$  均为酉矩阵, 第二分解矩阵  $\Sigma$  为半正定的对角矩阵,  $H$  表示共轭转置;

[0243] 以及, 根据所述第一分解矩阵  $V$  的前  $t$  个列向量组成的第一分解矩阵  $V$  的子矩阵  $\tilde{V}$  和所述第二分解矩阵  $\Sigma$  的前  $t$  行前  $t$  列组成的第二分解矩阵  $\Sigma$  的子矩阵  $\tilde{\Sigma}$ , 通过下式获取码生成矩阵  $G$ :

$$[0244] \quad G = \tilde{V} \tilde{\Sigma}^{-1}$$

[0245] 其中, 上标  $-1$  表示对第二分解矩阵  $\Sigma$  的子矩阵  $\tilde{\Sigma}$  进行求逆运算;

[0246] 以及, 根据所述码生成矩阵  $G$ 、所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_i$  和所述第  $j$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_j$  通过下式获取所述相关性矩阵  $K$  第  $i$  行第  $j$  列的元素  $K_{ij}$ :

$$[0247] \quad K_{ij} = (G^T x_i)^T (G^T x_j) x_i^T x_j$$

[0248] 其中,  $K_{ij}$  表示所述第  $i$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_i$  和所述第  $j$  张人眼样本图像对应的列向量  $x_j$  之间的相关程度,  $T$  表示转置运算。

[0249] 具体地, 所述计算子单元 6073, 用于:

[0250] 根据所述样本矩阵  $X$  的支撑向量、所述支撑向量对应的权重以及所述码生成矩阵  $G$  通过下式获取到中间矩阵  $A$ :

$$[0251] \quad A = \sum_{j=1}^M y_j \alpha_j G G^T s_j s_j^T$$

[0252] 其中,  $M$  为所述样本矩阵  $X$  的支撑向量的个数,  $s_j$  表示所述样本矩阵  $X$  的第  $j$  个支撑向量,  $\alpha_j$  表示第  $j$  个支撑向量对应的权重,  $y_j$  表示所述第  $j$  个支撑向量对应的训练样本标签;

[0253] 以及, 根据所述中间矩阵  $A$  通过  $A' = (A + A^T) / 2$  得到对称矩阵  $A'$ ;

[0254] 以及, 将所述对称矩阵  $A'$  进行特征值分解, 获取所述对称矩阵  $A'$  的特征值及特征值对应的特征向量;

[0255] 以及, 按照所述对称矩阵  $A'$  的特征值由大到小的顺序, 在所述对称矩阵  $A'$  的特征值中依次选取  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量, 并将所述  $P$  个选定特征值以及所述  $P$  个选定特征值对应的特征向量作为所述快速局部线性 SVM 的参数。

[0256] 进一步地, 所述确定单元 604, 用于:



[0257] 将第 k 个人眼候选点为邻域的像素块拉伸为待处理向量  $z_k$ ；

[0258] 以及,根据所述待处理向量  $z_k$ 、所述 P 个选定特征值以及所述 P 个选定特征值对应的特征向量,通过下式获取所述第 k 个人眼候选点的候选判定值 V1：

[0259] 
$$V1 = \sum_{i=1}^P \lambda_i (z_k^T q_i)$$

[0260] 其中,  $\lambda_i$  表示第 i 个选定特征值,  $q_i$  表示第 i 个选定特征值对应地特征向量；

[0261] 以及,将所述第 k 个人眼候选点的候选判定值 V1 与所述第 k 个人眼候选点对应的滤波响应值相加,得到所述第 k 个人眼候选点的最终判定值；

[0262] 以及,从所述预设数量的人眼候选点中选取最终判定值最高的人眼候选点为所述人眼位置点。

[0263] 本实施例提供了一种人眼定位的设备 60,通过对人脸图像经过预先训练得到的 ASEF 模板和快速局部线性 SVM 的参数确定人眼的位置；能够在高精度条件下,降低人眼定位的时间复杂度,从而在保持高精度的人眼定位的同时,也实现较高的定位效率。

[0264] 本领域内的技术人员应明白,本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本发明可采用硬件实施例、软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器和光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0265] 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0266] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0267] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0268] 以上所述,仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围。

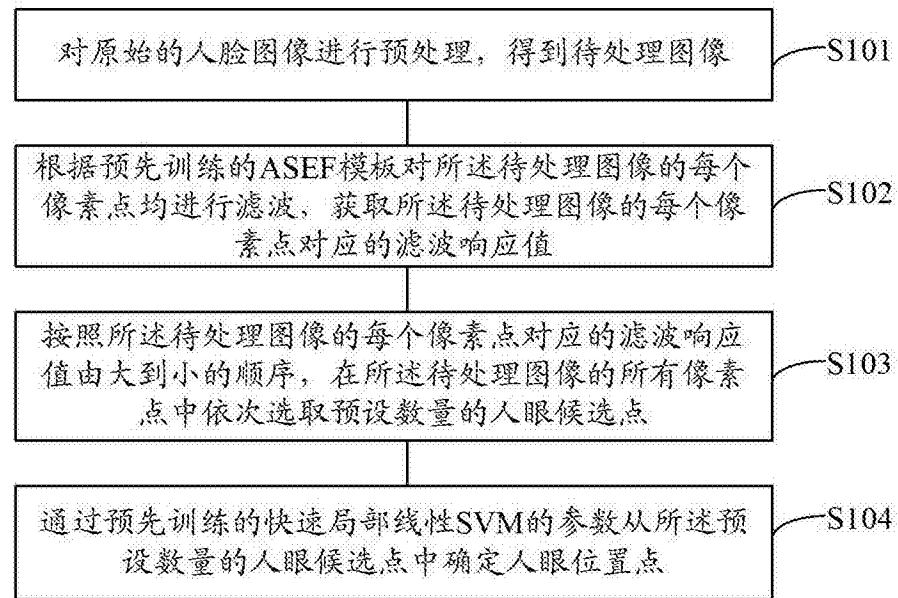


图 1



图 2

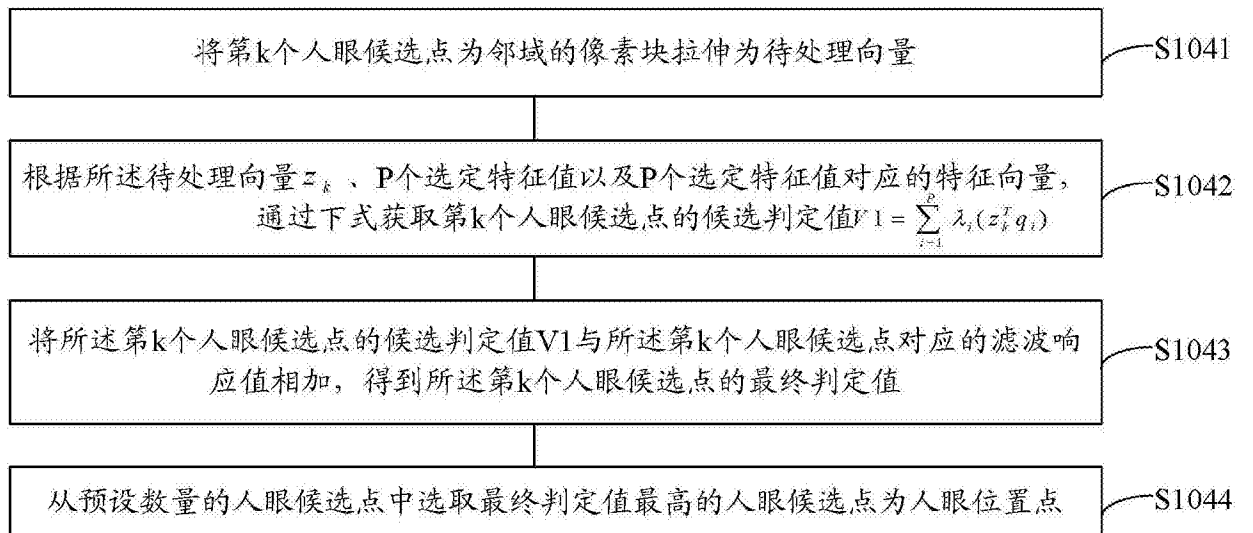


图 3

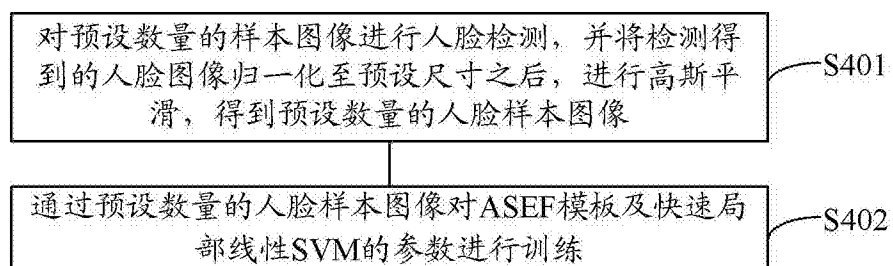


图 4

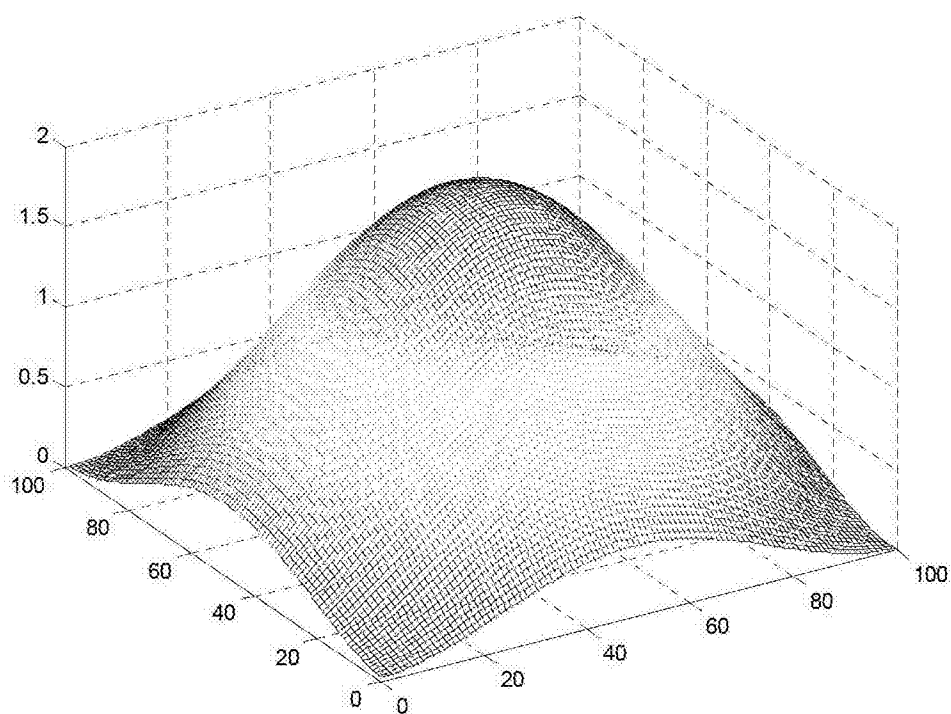


图 5

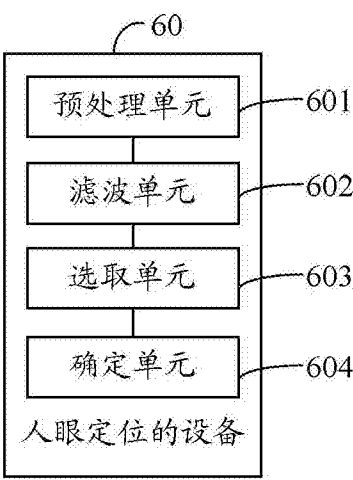


图 6

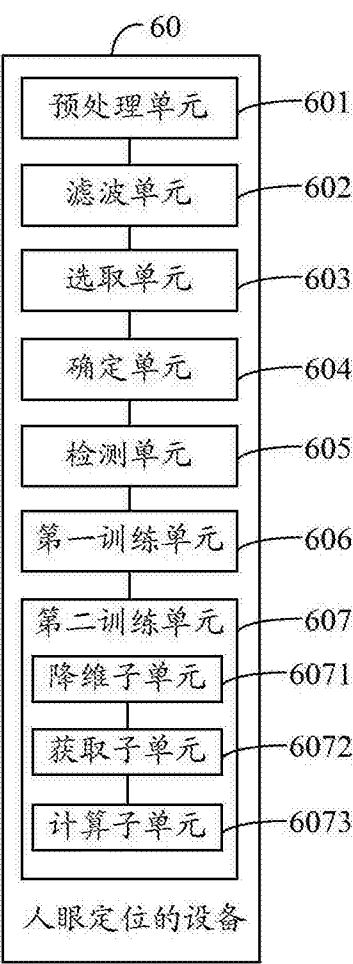


图 7