

## 美瞳检测和虹膜识别方法、装置、可读存储介质及设备

### 相关申请的交叉引用

本申请要求于 2021 年 11 月 19 日提交中国专利局，申请号为 202111372916.6，名称为“美瞳检测和虹膜识别方法、装置、可读存储介质及设备”的中国专利申请的优先权，在此将其全文引入作为参考。

### 技术领域

本发明涉及虹膜识别领域，特别是指一种美瞳检测和虹膜识别方法、装置、可读存储介质及设备。

### 背景技术

虹膜是位于瞳孔和巩膜之间的类似环形的结构，如图 1 所示，虹膜外圆和虹膜内圆之间的部分为虹膜。由于眼睑以及眼睫毛的遮挡，丢失了一部分虹膜信息。虹膜的直径约 12mm，厚度约 0.5mm。虹膜中相互交错的类似于细丝、条纹等形状的细微特征是虹膜唯一性的体现，这些特征通常为虹膜的纹理特征，用于虹膜识别。

虹膜识别主要包括虹膜图像的获取，虹膜图像质量评估，虹膜图像的预处理，虹膜图像归一化，虹膜图像的特征提取以及虹膜特征比对等。

虹膜识别其实就是识别眼睛里面的虹膜区域，但是在虹膜识别的实际应用中，用户（尤其是女性用户）经常佩戴美瞳，美瞳给虹膜识别带来了一定的问题，影响虹膜识别的准确性。美瞳大致可包含透明美瞳（类似于隐形眼镜，基本上对于虹膜识别没有影响）、浅色美瞳和深色美瞳三种。具体如下图 2、3 所示，图 2 为深色美瞳，图 3 为浅色美瞳。

现有技术中检测美瞳的方法主要有以下两种：

1) 基于美瞳区域比较暗的特性，进行灰度判断，主要是直接判断像素灰度值，然后设定阈值判断美瞳区域。

该方法对于深色美瞳会有一定的识别效果，但是对于浅色美瞳基本识别不了。

2) 基于深度学习的方法，主要是收集训练样本数据，训练样本数据分为美瞳和非美瞳两类样本，然后根据建立深度网络模型，进行深度训练，识别佩戴美瞳或未佩戴美瞳。

深度学习对训练样本的依赖性比较大，尤其是对于美瞳样式，现实中不可能收集齐全所有美瞳的样式，导致训练的深度网络模型不能准确的分类。

## 发明内容

为解决上述美瞳检测方法无法识别美瞳、依赖训练样本的技术问题，本发明提供一种美瞳检测和虹膜识别方法、虹膜识别装置、可读存储介质及设备，对于深色美瞳和浅色美瞳都能实现精准的识别，且不需要依赖于图像样本，具有鲁棒性。

本发明提供技术方案如下：

第一方面，本发明提供一种美瞳检测方法，所述方法包括：

获取眼部图像；

计算所述眼部图像的平均像素值，并将所述眼部图像中灰度值小于平均像素值的像素进行灰度拉伸至[0, 1]的范围，大于平均像素值的像素的灰度值设为 0，得到第一图像矩阵；

对所述眼部图像进行梯度变换，并将梯度变换得到的图像上的各个像素灰度归一化到[0, 1]的范围，得到第二图像矩阵；

将所述第一图像矩阵和第二图像矩阵进行矩阵加法运算，并根据设置的二值化阈值对矩阵加法运算得到的图像上的各个像素进行二值化处理，得到二值化图像；

统计二值化图像上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素所占的比例，对应于比例大于设定的美瞳阈值的二值化图像，判断为未佩戴美瞳，对应于比例小于等于设定的美瞳阈值的二值化图像，判断为佩戴美瞳。

在一实施例中，所述获取所述眼部图像，包括：

对初始眼部图像进行瞳孔初定位，得到瞳孔位置、瞳孔半径、上眼睑边界和下眼睑边界；

分别选取上眼睑边界的顶点、下眼睑边界的底点、上眼睑边界与下眼睑边界的两个交点作为截取边界对所述初始眼部图像进行截取，得到眼睛区域图像；

对所述眼睛区域图像进行光斑检测，对检测到光斑的眼睛区域图像，利用双二次插值对所述眼睛区域图像中所检测到的光斑进行填充。

在一实施例中，所述统计二值化图像上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素所占的比例，包括：

在所述二值化图像上选取中部区域，并统计所述中部区域的像素总数  $N_T$ ；

统计所述中部区域上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素的数量  $N_I$ ；

通过公式  $N_I/N_T$  计算所述比例。

在一实施例中，所述二值化阈值为 0.6。

在一实施例中，所述美瞳阈值为 0.8。

在一实施例中，所述对初始眼部图像进行瞳孔初定位，得到瞳孔位置、瞳孔半径、上眼睑边界和下眼睑边界，包括：通过边缘检测算子和边缘梯度二值化检测，对初始眼部图像进

行瞳孔初定位，初步确定瞳孔位置和瞳孔半径大小，以及上眼睑边界和下眼睑边界。

在一实施例中，所述中部区域为所述二值化图像从上边缘往下切割所述二值化图像竖直方向上的  $1/3$ ，从下边缘往上切割所述二值化图像竖直方向上的  $1/3$ ，从左边界往右切割所述二值化图像水平方向上的  $1/3$ ，从右边界往左切割所述二值化图像水平方向上的  $1/3$  得到的图像。

第二方面，本发明提供一种美瞳检测装置，所述装置包括：图像获取模块、第一图像矩阵计算模块、第二图像矩阵计算模块、二值化图像计算模块和美瞳判断模块。

图像获取模块，用于获取眼部图像。

第一图像矩阵计算模块，用于计算所述眼部图像的平均像素值，并将所述眼部图像中小于平均像素值的像素进行灰度拉伸至  $[0, 1]$  的范围，大于平均像素值的像素设为 0，得到第一图像矩阵。。

第二图像矩阵计算模块，用于对所述眼部图像进行梯度变换，并将梯度变换得到的图像上的各个像素灰度归一化到  $[0, 1]$  的范围，得到第二图像矩阵。

二值化图像计算模块，用于将所述第一图像矩阵和第二图像矩阵进行矩阵加法运算，并根据设置的二值化阈值对矩阵加法运算得到的图像上的各个像素进行二值化处理，得到二值化图像。

美瞳判断模块，用于统计二值化图像上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素所占的比例，对应于所述比例大于设定的美瞳阈值的二值化图像，判断为未佩戴美瞳，对应于比例小于等于设定的美瞳阈值的二值化图像，判断为佩戴美瞳。

在一实施例中，所述图像获取模块包括：

瞳孔初定位单元，用于对初始眼部图像进行瞳孔初定位，得到瞳孔位置、瞳孔半径、上眼睑边界和下眼睑边界；

图像截取单元，用于分别选取上眼睑边界的顶点、下眼睑边界的底点、上眼睑边界与下眼睑边界的两个交点作为截取边界，对所述初始眼部图像进行截取，得到眼睛区域图像；

光斑填充单元，用于对所述眼睛区域图像进行光斑检测，对检测到光斑的眼睛区域图像，利用双二次插值对所述眼睛区域图像中所检测到的光斑进行填充。

在一实施例中，所述美瞳判断模块，包括：

中部区域选取单元，用于在所述二值化图像上选取中部区域，并统计所述中部区域的像素总数  $N_T$ ；

像素统计单元，用于统计所述中部区域上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素的数量  $N_1$ ；

比例计算单元，用于通过公式  $N_I/N_T$  计算所述比例。

第三方面，本发明提供一种用于美瞳检测的计算机可读存储介质，其上存储有处理器可执行的计算机程序，所述计算机程序，被所述处理器执行时，实现第一方面所述的美瞳检测方法的步骤。

第四方面，本发明提供一种用于美瞳检测的设备，包括至少一个处理器以及存储计算机程序的存储器，所述处理器执行所述计算机程序时实现第一方面所述的美瞳检测方法的步骤。

第五方面，本发明提供一种虹膜识别方法，所述方法包括：

通过第一方面所述的美瞳检测方法进行美瞳检测；

对所述眼部图像进行虹膜检测，得到虹膜区域；

统计所述二值化图像上虹膜区域内灰度取值为 1 的像素所占的比值，对应于所述比值小于设定的识别阈值的二值化图像，对所述眼部图像进行虹膜识别。

在一实施例中，所述对所述眼部图像进行虹膜识别，包括：将所述二值化图像上灰度取值为 1 的像素所在的区域作为噪声区域处理。

第六方面，本发明提供一种虹膜识别装置，所述装置包括：

第二方面所述的美瞳检测装置；

虹膜检测模块，用于对所述眼部图像进行虹膜检测，得到虹膜区域；

识别判断模块，用于统计所述二值化图像上虹膜区域内灰度取值为 1 的像素所占的比值，对应于所述比值小于设定的识别阈值的二值化图像，对所述眼部图像进行虹膜识别。

第七方面，本发明提供一种用于虹膜识别的计算机可读存储介质，其上存储有处理器可执行的计算机程序，所述计算机程序被所述处理器执行时实现包括第五方面所述的虹膜识别方法的步骤。

第八方面，本发明提供一种用于虹膜识别的设备，包括至少一个处理器以及计算机程序的存储器，所述处理器执行所述计算机程序时实现第五方面所述的虹膜识别方法的步骤。

本发明具有以下有益效果。

本发明利用美瞳区域纹理比较复杂，相对梯度比较大，而正常虹膜外圆较平滑的特点，并且利用美瞳区域的像素值相对于整个虹膜区域偏小的特点进行美瞳检测。首先获取眼部图像，然后分别对眼部图像进行灰度拉伸和梯度变换，并进行矩阵加法运算和二值化，根据得到的二值化图像上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素所占的比例判断是否佩戴美瞳。

本发明对于深色美瞳和浅色美瞳都能进行精准的识别，且不需要依赖于图像样本，具有鲁棒性，能够识别各种样式的美瞳。

## 附图说明

- 图 1 为本申请一实施例中眼睛各个部位（包括虹膜）的示意图；
- 图 2 为本申请一实施例中佩戴深色美瞳的眼部图像示意图；
- 图 3 为本申请一实施例中佩戴浅色美瞳的眼部图像示意图；
- 图 4 为本申请一实施例的美瞳检测方法的流程图；
- 图 5 为本申请一实施例中瞳孔初定位结果的示意图；
- 图 6 为本申请一实施例中截取得到的眼睛区域图像的示意图；
- 图 7 为本申请一实施例中光斑填充后的眼部图像的示意图；
- 图 8 为本申请一实施例中二值化图像的示意图；
- 图 9 为本申请一实施例中二值化图像中选取中部区域的示意图；
- 图 10 为本申请一实施例的美瞳检测装置的示意图；
- 图 11 为本申请一实施例中的虹膜识别方法的流程图；
- 图 12 为本申请一实施例中膜图像上的虹膜内、外边界定位结果示意图；
- 图 13 为本申请一实施例中噪声模板的示意图；
- 图 14 为本申请一实施例的虹膜识别装置的示意图。

### 具体实施方式

为使本发明要解决的技术问题、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图及具体实施例对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。因此，以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围，而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明的实施例，本领域技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

本发明一实施例提供了一种美瞳检测方法，如图 4 所示，该方法包括步骤 S100 至 S500。

S100：获取眼部图像。

所述眼部图像，可以为初始眼部图像，也可以是基于初始眼部图像，根据需要对初步眼部图像进行预处理得到的图像。在其中一个示例中，该预处理包括步骤 S101 至 S103。

S101：对初始眼部图像进行瞳孔初定位，得到瞳孔位置、瞳孔半径、上眼睑边界和下眼睑边界。

本步骤首先通过边缘检测算子和边缘梯度二值化检测，对初始眼部图像进行瞳孔初定位，初步确定瞳孔位置和瞳孔半径大小以及上、下眼睑边界。上、下眼睑边界均为抛物线，如图 5 所示。

S102: 分别选取上眼睑边界的顶点、下眼睑边界的底点、上眼睑边界与下眼睑边界的两个交点作为截取边界, 对初始眼部图像进行截取, 得到眼睛区域图像。

本步骤用于根据 S101 的瞳孔初定位结果, 进行图像截取, 缩小图像的大小, 减少噪声。

具体过程可以为: 分别选取上眼睑边界抛物线的顶点, 下眼睑边界抛物线的底点, 上、下眼睑抛物线在左侧的交点, 上、下眼睑抛物线在右侧的交点作为截取图像的上、下、左、右边界, 截取得到的眼镜区域图像如图 6 所示。

S103: 对眼睛区域图像进行光斑检测, 对检测到光斑的眼睛区域图像, 利用双二次插值对所述眼睛区域图像中所检测到的光斑进行填充。

在采集眼部图像时, 由于补光等因素的影响, 瞳孔内容容易产生光斑, 本发明利用光斑检测和双二次差值对光斑进行填充, 光斑填充后的效果图如图 7 所示。

S200: 计算眼部图像的平均像素值, 并将眼部图像中灰度小于平均像素值的像素进行灰度拉伸至[0, 1]范围, 大于平均像素值的像素的灰度值设为 0, 得到第一图像矩阵。

本步骤的一个具体实现方式为: 对眼部图像中的所有像素的灰度值求和并取平均, 计算出平均像素值。将眼部图像中灰度值小于平均像素值的像素进行灰度拉伸至[0,1]范围, 大于平均像素值的像素的灰度取值为 0, 得到第一图像矩阵  $Img1$ 。在本申请中, 灰度值指像素值。

S300: 对眼部图像进行梯度变换, 并将梯度变换得到的图像上的各个像素灰度归一化到[0, 1]范围, 得到第二图像矩阵。

本步骤可以利用边缘检测 Canny 算子对眼部图像进行梯度变换, 然后将梯度变换得到的图像上的各个像素灰度归一化到[0,1]范围, 得到第二图像矩阵  $Img2$ 。

S400: 将第一图像矩阵和第二图像矩阵进行矩阵加法运算, 并根据设置的二值化阈值对矩阵加法运算得到的图像上的各个像素进行二值化处理, 得到二值化图像。

本步骤将第一图像矩阵  $Img1$  和第二图像矩阵  $Img2$  相加, 得到结果矩阵  $Image = Img1 + Img2$ 。然后与二值化阈值比较, 例如设置二值化阈值为 0.6, 然后进行二值化处理。其中, 二值化阈值 0.6 仅作为举例说明, 并不用于限制本发明。具体的二值化方式如下:

$$Image(x, y) = \begin{cases} 0 & Image(x, y) < 0.6 \\ 1 & Image(x, y) \geq 0.6 \end{cases}$$

二值化图像的一个示例如图 8 所示。

S500: 统计二值化图像上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素所占的比例, 对应于比例大于设定的美瞳阈值的二值化图像, 判断为未佩戴美瞳, 对应于比例小于等于设定的美瞳阈值的二值化图像, 判断为佩戴美瞳。

正常非美瞳图像, 除了瞳孔区域外, 大部分像素的灰度取值为 1, 而美瞳图像除了瞳孔区域外, 会有很大比例的像素灰度取值为 0。因此, 根据二值化图像上瞳孔区域以外的部分中灰

度取值为 1 的像素所占的比例即可判断出是否佩戴美瞳。

前述的 S101 已经得到瞳孔的位置和半径,即可知道瞳孔区域大小和坐标,然后可以统计图 8 中瞳孔区域外的灰度取值为 1 的像素分布,瞳孔区域外灰度取值为 1 的像素组成的区域即可以认为是美瞳区域。然后计算美瞳区域与二值化图像的比例,该比例代表了瞳孔区域外美瞳所占比例的大小,将该比例与设定的美瞳阈值进行比较,即可判断出是否佩戴美瞳。

考虑到一些边缘噪声的影响,在一些实施例中,美瞳阈值为 0.8。其中,0.8 仅为举例说明,并不用于限制本发明。统计二值化图像上非瞳孔区域灰度取值为 1 的像素的比例,若比例大于 0.8,则认为未佩戴美瞳,小于等于 0.8 则认为佩戴美瞳。

本发明利用美瞳区域纹理比较复杂,相对梯度比较大,而正常虹膜外圆较平滑的特点,并且利用美瞳区域的像素值相对于整个虹膜区域偏小的特点进行美瞳检测。首先获取眼部图像,然后分别对眼部图像进行灰度拉伸和梯度变换,并进行矩阵加法运算和二值化,根据得到的二值化图像中瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素所占的比例判断是否佩戴美瞳。

本发明对于深色美瞳和浅色美瞳都能进行精准的识别,且不需要依赖于图像样本,具有鲁棒性,能够识别各种样式的美瞳。

在本申请的一些实施例中,为了排除上下眼睑,眼睫毛噪声的影响,统计二值化图像上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素所占的比例的步骤,具体包括步骤 S501 至 S502。

S501: 在二值化图像上选取中部区域,并统计中部区域的像素总数  $N_T$ 。

示例性的,其中,中部区域为二值化图像从上边缘往下切割二值化图像竖直方向上的 1/3,从下边缘往上切割二值化图像竖直方向上的 1/3,从左边界往右切割二值化图像水平方向上的 1/3,从右边界往左切割二值化图像水平方向上的 1/3 得到的图像,如图 9 中的矩形部分。其中,二值化图像一个方向上的 1/3 仅为举例说明,并不用于限制本发明。

S502: 统计中部区域上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素的数量  $N_I$ 。

中部区域上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素所组成的区域代表中部区域内的美瞳区域。

S503: 通过公式  $N_I/N_T$  计算比例。

本步骤即计算美瞳区域占中部区域的比例,以此比例作为所述二值化图像中瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素所占的比例,排除了上下眼睑、眼睫毛噪声等影响。

本发明的一实施例提供了一种美瞳检测装置 10,如图 10 所示,该装置包括:图像获取模块 100、第一图像矩阵计算模块 200、第二图像矩阵计算模块 300、二值化图像计算模块 400 和美瞳判断模块 500。

图像获取模块 100,用于获取眼部图像。

第一图像矩阵计算模块 200, 用于计算眼部图像的平均像素值, 并将眼部图像中灰度值小于平均像素值的像素进行灰度拉伸至 $[0, 1]$ 范围, 大于平均像素值的像素的灰度值设为 0, 得到第一图像矩阵。

第二图像矩阵计算模块 300, 用于对眼部图像进行梯度变换, 并将梯度变换得到的图像上的各个像素灰度归一化到 $[0, 1]$ 范围, 得到第二图像矩阵。

二值化图像计算模块 400, 用于将第一图像矩阵和第二图像矩阵进行矩阵加法运算, 并根据设置的二值化阈值对矩阵加法运算得到的图像上的各个像素进行二值化处理, 得到二值化图像。

美瞳判断模块 500, 用于统计二值化图像上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素所占的比例, 对应于比例大于设定的美瞳阈值的二值化图像, 判断为未佩戴美瞳, 对应于比例小于等于设定的美瞳阈值的二值化图像, 判断为佩戴美瞳。

本发明利用美瞳区域纹理比较复杂, 相对梯度比较大, 而正常虹膜外圆较平滑的特点, 并且利用美瞳区域的像素值相对于整个虹膜区域偏小的特点进行美瞳检测。首先获取眼部图像, 然后分别对眼部图像进行灰度拉伸和梯度变换, 并进行矩阵加法运算和二值化, 根据得到的二值化图像中瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素所占的比例判断是否佩戴美瞳。

本发明对于深色美瞳和浅色美瞳都能进行精准的识别, 且不需要依赖于图像样本, 具有鲁棒性, 能够识别各种样式的美瞳。

图像获取模块 100 获取的眼部图像, 可以为初始眼部图像, 也可以是基于初始眼部图像, 根据需要对初步眼部图像进行预处理得到的图像。在一些实施例中, 图像获取模块 100 还用于对初步眼部图像进行预处理包括: 瞳孔初定位单元、图像截取单元、光斑填充单元。

瞳孔初定位单元, 用于对初始眼部图像并进行瞳孔初定位, 得到瞳孔位置、瞳孔半径、上眼睑边界和下眼睑边界。

图像截取单元, 用于分别选取上眼睑边界的顶点、下眼睑边界的底点、上眼睑边界与下眼睑边界的两个交点作为截取边界, 对所述初始眼部图像进行截取, 得到眼睛区域图像。

光斑填充单元, 用于对眼睛区域图像进行光斑检测, 对检测到光斑的眼睛区域图像, 利用双二次插值对所述眼睛区域图像中所检测到的光斑进行填充。

在一些实施例中, 所述的美瞳判断模块 500 包括: 中部区域选取单元、像素统计单元和比例计算单元。

中部区域选取单元, 用于在二值化图像上选取中部区域, 并统计中部区域的像素总数  $N_T$ 。

像素统计单元, 用于统计中部区域上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素的数量  $N_1$ 。

比例计算单元，用于通过公式  $N_I/N_T$  计算比例。

本发明实施例所提供的装置，其实现原理及产生的技术效果和前述方法实施例相同。为简要描述，该装置实施例部分未提及之处，可参考前述美瞳检测方法的实施例中相应内容。所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，前述描述的装置和单元的具体工作过程，均可以参考上述美瞳检测方法的实施例中的对应过程，在此不再赘述。

本说明书提供的上述实施例的美瞳检测方法，可以通过计算机程序实现业务逻辑并记录在存储介质上，所述的存储介质可以计算机读取并执行，实现本说明书的美瞳检测方法的实施例所描述方案的效果。因此，本发明还提供用于美瞳检测的计算机可读存储介质，其上存储有处理器可执行的计算机程序，所述计算机程序，被所述处理器执行时，实现包括上述任一所述的美瞳检测方法的实施例的步骤。

本发明对于深色美瞳和浅色美瞳都能进行精准的识别，且不需要依赖于图像样本，具有较强的鲁棒性，能够识别各种样式的美瞳。

所述存储介质可以包括用于存储信息的物理装置，通常是将信息数字化后再以利用电、磁或者光学等方式的媒体加以存储。所述存储介质有可以包括：利用电能方式存储信息的装置如，各式存储器，如 RAM、ROM 等；利用磁能方式存储信息的装置如，硬盘、软盘、磁带、磁芯存储器、磁泡存储器、U 盘；利用光学方式存储信息的装置如，CD 或 DVD。当然，还有其他方式的可读存储介质，例如量子存储器、石墨烯存储器等等。

上述所述的装置根据美瞳检测方法的实施例的描述还可以包括其他的实施方式。具体的实现方式可以参照美瞳检测方法的实施例的描述，在此不作一一赘述。

本发明还提供一种用于美瞳检测的设备，所述的设备可以为单独的计算机，也可以包括使用了本说明书的一个或多个所述方法或一个或多个实施例装置的实际操作装置等。所述用于美瞳检测的设备可以包括至少一个处理器以及存储计算机程序的存储器，处理器执行所述计算机程序时实现上述任一所述美瞳检测方法的实施例中的步骤。

本发明对于深色美瞳和浅色美瞳都能进行精准的识别，且不需要依赖于图像样本，具有较强的鲁棒性，能够识别各种样式的美瞳。

上述所述的设备根据方法或者装置实施例的描述还可以包括其他的实施方式，具体的实现方式可以参照美瞳检测方法的实施例的描述，在此不作一一赘述。

本发明一实施例还提供一种虹膜识别方法，如图 11 所示，该方法包括步骤 S100‘和 S300’。S100’：通过上述任一所述美瞳检测方法进行美瞳检测。

S200': 对眼部图像进行虹膜检测, 得到虹膜区域。

虹膜检测可以在前述的美瞳检测方法实施例的步骤 S100 中同时进行, 也可以与前述的实施例中的步骤 S100 分开进行, 本发明对此不做限制。

虹膜检测得到虹膜内边界(虹膜内边界即为瞳孔外圆)和外边界, 进而得到虹膜区域, 如图 12 所示。

S300': 统计二值化图像上虹膜区域内灰度取值为 1 的像素所占的比值, 对应于比值小于设定的识别阈值的二值化图像, 对眼部图像进行虹膜识别。

本步骤中, 二值化图像上虹膜区域内灰度取值为 1 的像素即为虹膜区域内的美瞳区域, 该比值即为虹膜区域内美瞳区域与虹膜区域的比值, 当该比值较大时, 虹膜纹理较大面积的被美瞳遮挡, 不能用该眼部图像来进行虹膜识别, 反之, 可以使用该眼部图像进行虹膜识别。

本发明对眼部图像进行美瞳检测, 并根据美瞳检测结果判断是否能够进行虹膜识别, 主要思路是利用虹膜内、外边界的定位结果, 然后生成噪声模板, 判断美瞳区域所占的整个虹膜区域的比值, 根据该比值判断是否可以用该眼部图像来进行虹膜识别。图 12 本申请一实施例中膜图像上的虹膜内、外边界定位结果示意图, 图 13 本申请一实施例中噪声模板的示意图。

在一些实施例中, 基于图 12 所示的虹膜内、外边界的定位结果, 参照图 13 所示的噪声模板中灰度取值为 1 的像素在虹膜区域内所占的比值, 例如识别阈值设定为 50%, 根据比值和识别阈值确定否用可以该眼部图像是来可以进行虹膜识别。其中, 识别阈值 50%仅为举例说明, 并不用于限制本发明。

同时在虹膜识别中, 在提取虹膜特征的过程中, 将二值化图像上灰度取值为 1 的像素所在的区域作为噪声区域处理, 也就是将虹膜区域中的美瞳区域作为噪声区域来处理, 不参与虹膜特征提取, 也不参与特征比对。

本发明中, 确认美瞳区域所占用的虹膜区域的比值, 以及通过该比值判断该眼部图像是否能够用于虹膜识别, 并且在虹膜识别的过程中将美瞳区域作为噪声来处理, 提高了虹膜识别的准确性。

本发明的所述虹膜识别方法的实施例包括前述美瞳检测方法的实施例, 为简要描述, 所述虹膜识别方法的实施例未提及之处, 可参考前述美瞳检测方法的实施例, 在此不再赘述。

本发明一实施例还提供一种虹膜识别装置, 如图 14 所示, 该装置包括: 美瞳检测装置 10、虹膜检测模块 20 和识别判断模块 30。

美瞳检测装置 10 为上述实施例中的任一美瞳检测装置 10。

虹膜检测模块 20, 用于对眼部图像进行虹膜检测, 得到虹膜区域。

识别判断模块 30, 用于统计二值化图像上虹膜区域内灰度取值为 1 的像素所占的比值,

对应于比值小于设定的识别阈值的二值化图像，对眼部图像进行虹膜识别。

其中，在进行虹膜识别时，将二值化图像中灰度取值为 1 的像素所在的区域作为噪声区域处理。

本发明实施例所提供的虹膜识别装置，其实现原理及产生的技术效果和前述虹膜识别方法的实施例相同，为简要描述，该装置实施例部分未提及之处，可参考前述虹膜识别方法的实施例相应内容，在此不再赘述。

本说明书提供的所述虹膜识别方法的实施例可以通过计算机程序实现业务逻辑并记录在存储介质上，所述的存储介质可以计算机读取并执行，实现本说明书实施例 5 所描述方案的效果。因此，本发明还提供用于虹膜识别的计算机可读存储介质，包括用于存储处理器可执行指令的存储器，指令被处理器执行时实现包括所述虹膜识别方法的实施例的步骤。

上述所述的装置根据所述虹膜识别方法的实施例的描述还可以包括其他的实施方式。具体的实现方式可以参照美瞳检测方法的实施例的描述，在此不作一一赘述。

本发明还提供一种用于虹膜识别的设备，所述的设备可以为单独的计算机，也可以包括使用了本说明书的一个或多个所述方法或一个或多个实施例装置的实际操作装置等。所述用于虹膜识别的设备可以包括至少一个处理器以及存储计算机可执行指令的存储器，处理器执行所述指令时实现上述任意一个或者多个所述虹膜识别方法的实施例的步骤。

上述所述的设备根据方法或者装置实施例的描述还可以包括其他的实施方式，具体的实现方式可以参照美瞳检测方法的实施例的描述，在此不作一一赘述。

需要说明的是，本说明书上述所述的装置或者系统根据相关方法实施例的描述还可以包括其他的实施方式，具体的实现方式可以参照方法实施例的描述，在此不作一一赘述。本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其，对于硬件+程序类、存储介质+程序实施例而言，由于其基本相似于方法实施例，所以描述的比较简单，相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

上述对本说明书特定实施例进行了描述。其它实施例在所附权利要求书的范围内。在一些情况下，在权利要求书中记载的动作或步骤可以按照不同于实施例中的顺序来执行并且仍然可以实现期望的结果。另外，在附图中描绘的过程不一定要示出的特定顺序或者连续顺序才能实现期望的结果。在某些实施方式中，多任务处理和并行处理也是可以的或者可能是有利的。

上述实施例阐明的系统、装置、模块或单元，具体可以由计算机芯片或实体实现，或者由具有某种功能的产品来实现。一种典型的实现设备为计算机。具体的，计算机例如可以为个人计算机、膝上型计算机、车载人机交互设备、蜂窝电话、相机电话、智能电话、个人数字助理、媒体播放器、导航设备、电子邮件设备、游戏控制台、平板计算机、可穿戴设备或者这些设备中的任何设备的组合。

为了描述的方便，描述以上装置时以功能分为各种模块分别描述。当然，在实施本说明书一个或多个时可以把各模块的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现，也可以将实现同一功能的模块由多个子模块或子单元的组合实现等。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

本领域技术人员也知道，除了以纯计算机可读程序代码方式实现控制器以外，完全可以通过将方法步骤进行逻辑编程来使得控制器以逻辑门、开关、专用集成电路、可编程逻辑控制器和嵌入微控制器等的形式来实现相同功能。因此这种控制器可以被认为是一种硬件部件，而对其内部包括的用于实现各种功能的装置也可以视为硬件部件内的结构。或者甚至，可以将用于实现各种功能的装置视为既可以是实现方法的软件模块又可以是硬件部件内的结构。

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。

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。

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。

在一个典型的配置中，计算设备包括一个或多个处理器(CPU)、输入/输出接口、网络接口和内存。

还需要说明的是，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法或者设备中还存在另外的相同要素。

本领域技术人员应明白，本说明书一个或多个实施例可提供为方法、系统或计算机程序产品。因此，本说明书一个或多个实施例可采用完全硬件实施例、完全软件实施例或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本说明书一个或多个实施例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、CD-ROM、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

本说明书一个或多个实施例可以在由计算机执行的计算机可执行指令的一般上下文中描述，例如程序模块。一般地，程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、组件、数据结构等等。也可以在分布式计算环境中实践本说明书一个或多个实施例，在这些分布式计算环境中，由通过通信网络而被连接的远程处理设备来执行任务。在分布式计算环境中，程序模块可以位于包括存储设备在内的本地和远程计算机存储介质中。

本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其，对于系统实施例而言，由于其基本相似于方法实施例，所以描述的比较简单，相关之处参见方法实施例的部分说明即可。在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本说明书的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述并不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

最后应说明的是：以上所述实施例，仅为本发明的具体实施方式，用以说明本发明的技术方案，而非对其限制，本发明的保护范围并不局限于此，尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改或可轻易想到变

化，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改、变化或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例技术方案的精神和范围。都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

## 权利要求

1. 一种美瞳检测方法，其特征在于，所述方法包括：

获取眼部图像；

计算所述眼部图像的平均像素值，并将所述眼部图像中灰度值小于平均像素值的像素进行灰度拉伸至[0, 1]的范围，大于平均像素值的像素的灰度值设为 0，得到第一图像矩阵；

对所述眼部图像进行梯度变换，并将梯度变换得到的图像上的各个像素灰度归一化到[0, 1]的范围，得到第二图像矩阵；

将所述第一图像矩阵和第二图像矩阵进行矩阵加法运算，并根据设置的二值化阈值对矩阵加法运算得到的图像上的各个像素进行二值化处理，得到二值化图像；

统计二值化图像上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素所占的比例，对应于比例大于设定的美瞳阈值的二值化图像，判断为未佩戴美瞳，对应于比例小于等于设定的美瞳阈值的二值化图像，判断为佩戴美瞳。

2. 根据权利要求 1 所述的美瞳检测方法，其特征在于，所述获取所述眼部图像，包括：

对初始眼部图像进行瞳孔初定位，得到瞳孔位置、瞳孔半径、上眼睑边界和下眼睑边界；

分别选取上眼睑边界的顶点、下眼睑边界的底点、上眼睑边界与下眼睑边界的两个交点作为截取边界对所述初始眼部图像进行截取，得到眼睛区域图像；

对所述眼睛区域图像进行光斑检测，对检测到光斑的眼睛区域图像，利用双二次插值对所述眼睛区域图像中所检测到的光斑进行填充。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的美瞳检测方法，其特征在于，所述统计二值化图像上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素所占的比例，包括：

在所述二值化图像上选取中部区域，并统计所述中部区域的像素总数  $N_T$ ；

统计所述中部区域上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素的数量  $N_I$ ；

通过公式  $N_I/N_T$  计算所述比例。

4. 根据权利要求 1 所述的美瞳检测方法，其特征在于，所述二值化阈值为 0.6。

5. 根据权利要求 1 所述的美瞳检测方法，其特征在于，所述美瞳阈值为 0.8。

6. 根据权利要求 2 所述的美瞳检测方法，其特征在于，所述对初始眼部图像进行瞳孔初定位，得到瞳孔位置、瞳孔半径、上眼睑边界和下眼睑边界，包括：通过边缘检测算子和边

缘梯度二值化检测,对初始眼部图像进行瞳孔初定位,初步确定瞳孔位置和瞳孔半径大小,以及上眼睑边界和下眼睑边界。

7. 根据权利要求3所述的美瞳检测方法,其特征在于,所述中部区域为所述二值化图像从上边缘往下切割所述二值化图像竖直方向上的 $1/3$ ,从下边缘往上切割所述二值化图像竖直方向上的 $1/3$ ,从左边界往右切割所述二值化图像水平方向上的 $1/3$ ,从右边界往左切割所述二值化图像水平方向上的 $1/3$ 得到的图像。

8. 一种美瞳检测装置,其特征在于,包括:

图像获取模块,用于获取眼部图像;

第一图像矩阵计算模块,用于计算所述眼部图像的平均像素值,并将所述眼部图像中小于平均像素值的像素进行灰度拉伸至 $[0, 1]$ 的范围,大于平均像素值的像素设为0,得到第一图像矩阵;

第二图像矩阵计算模块,用于对所述眼部图像进行梯度变换,并将梯度变换得到的图像上的各个像素灰度归一化到 $[0, 1]$ 的范围,得到第二图像矩阵;

二值化图像计算模块,用于将所述第一图像矩阵和第二图像矩阵进行矩阵加法运算,并根据设置的二值化阈值对矩阵加法运算得到的图像上的各个像素进行二值化处理,得到二值化图像;

美瞳判断模块,用于统计二值化图像上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为1的像素所占的比例,对应于所述比例大于设定的美瞳阈值的二值化图像,判断为未佩戴美瞳,对应于比例小于等于设定的美瞳阈值的二值化图像,判断为佩戴美瞳。

9. 根据权利要求8所述的美瞳检测装置,其特征在于,所述图像获取模块包括:

瞳孔初定位单元,用于对初始眼部图像进行瞳孔初定位,得到瞳孔位置、瞳孔半径、上眼睑边界和下眼睑边界;

图像截取单元,用于分别选取上眼睑边界的顶点、下眼睑边界的底点、上眼睑边界与下眼睑边界的两个交点作为截取边界,对所述初始眼部图像进行截取,得到眼睛区域图像;

光斑填充单元,用于对所述眼睛区域图像进行光斑检测,对检测到光斑的眼睛区域图像,利用双二次插值对所述眼睛区域图像中所检测到的光斑进行填充。

10. 根据权利要求8或9所述的美瞳检测装置,其特征在于,所述美瞳判断模块,包括:

中部区域选取单元,用于在所述二值化图像上选取中部区域,并统计所述中部区域的像

素总数  $N_T$ ;

像素统计单元, 用于统计所述中部区域上瞳孔区域以外的部分中灰度取值为 1 的像素的数量  $N_1$ ;

比例计算单元, 用于通过公式  $N_1/N_T$  计算所述比例。

11. 一种计算机可读存储介质, 其上存储有处理器可执行的计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序, 被所述处理器执行时, 实现包括权利要求 1-7 任一所述美瞳检测方法的步骤。

12. 一种用于美瞳检测的设备, 其特征在于, 包括至少一个处理器以及存储计算机程序的存储器, 所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求 1-7 任一所述美瞳检测方法的步骤。

13. 一种虹膜识别方法, 其特征在于, 包括:

通过权利要求 1-7 任一所述的美瞳检测方法进行美瞳检测;

对所述眼部图像进行虹膜检测, 得到虹膜区域;

统计所述二值化图像上虹膜区域内灰度取值为 1 的像素所占的比值, 对应于所述比值小于设定的识别阈值的二值化图像, 对所述眼部图像进行虹膜识别。

14. 根据权利要求 13 所述的虹膜识别方法, 其特征在于, 所述对所述眼部图像进行虹膜识别, 包括: 将所述二值化图像上灰度取值为 1 的像素所在的区域作为噪声区域处理。

15. 一种虹膜识别装置, 其特征在于, 包括:

权利要求 8-10 任一所述的美瞳检测装置;

虹膜检测模块, 用于对眼部图像进行虹膜检测, 得到虹膜区域; 和

识别判断模块, 用于统计二值化图像上虹膜区域内灰度取值为 1 的像素所占的比值, 对应于比值小于设定的识别阈值的二值化图像, 对眼部图像进行虹膜识别。