

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 9 月 29 日 (29.09.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/198751 A1

(51) 国际专利分类号:
G06K 9/00 (2006.01) **G06N 3/08** (2006.01)
G06N 3/04 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/091026

(22) 国际申请日: 2021 年 4 月 29 日 (29.04.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202110322204.7 2021年3月25日 (25.03.2021) CN

(71) 申请人: 南京邮电大学(NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) [CN/CN];
中国江苏省南京市鼓楼区新模范马路 66 号, Jiangsu 210003 (CN)。

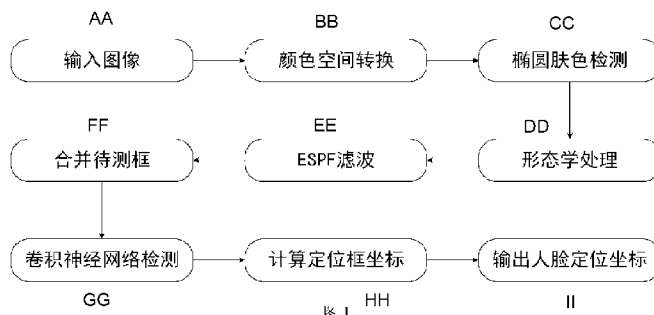
(72) 发明人: 张晖(ZHANG, Hui); 中国江苏省南京市鼓楼区新模范马路 66 号, Jiangsu 210003 (CN)。
叶子皓(YE, Zihao); 中国江苏省南京市鼓楼区新模范马路 66 号, Jiangsu 210003 (CN)。 赵海涛(ZHAO, Haitao); 中国江苏省南京市鼓楼区新模范马路 66 号, Jiangsu 210003 (CN)。 孙雁飞(SUN, Yanfei); 中国江苏省南京市鼓楼区新模范马路 66 号, Jiangsu 210003 (CN)。 朱洪波(ZHU, Hongbo); 中国江苏省南京市鼓楼区新模范马路 66 号, Jiangsu 210003 (CN)。

(74) 代理人: 南京经纬专利商标代理有限公司 (NANJING JINGWEI PATENT & TRADEMARK AGENCY CO., LTD); 中国江苏省南京市鼓楼区中山路179号12楼B座, Jiangsu 210005 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

(54) Title: RAPID FACIAL DETECTION METHOD BASED ON MULTI-LAYER PREPROCESSING

(54) 发明名称: 基于多层预处理的快速人脸检测方法



AA Input an image
BB Color space conversion
CC Elliptical skin color detection
DD Morphological processing
EE ESPF filtering
FF Merge boxes to be subjected to detection
GG Detection by a convolutional neural network
HH Calculate the coordinates of a locating box
II Output face locating coordinates

(57) Abstract: Disclosed is a facial detection method, comprising: performing color space conversion on an input original image; extracting a skin color region from the image by using an elliptical skin color model; correcting the skin color region by means of a morphological operation; by means of an effective search position filtering method, generating boxes to be subjected to detection; merging boxes to be subjected to detection that have an excessively high degree of overlapping; performing detection on the boxes to be subjected to detection one by one by using a convolutional neural network; and calculating the coordinates of a final face locating box.

(57) 摘要: 本申请公开了一种人脸检测方法, 包括: 对输入的原始图像进行颜色空间转换; 利用椭圆肤色模型提取出图像中的肤色区域; 通过形态学操作修正肤色区域; 通过有效搜索位置滤波方法生成待测框; 合并重叠程度过高的待测框; 使用卷积神经网络逐一检测每个待测框; 以及计算最终人脸定位框的坐标。

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

基于多层预处理的快速人脸检测方法

相关申请

本申请要求于 2021 年 3 月 25 日提交中国专利局、申请号为 2021103222047、申请名称为“一种基于多层预处理的快速人脸检测方法”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及目标检测领域，具体涉及一种通过多层预处理达到快速且精准地检测人脸的方法。

背景技术

人脸识别技术是一种被广泛应用于各种监控、安保、人员管理以及影像制作领域的重要技术。人脸识别技术包含了人脸的检测和区分两部分，其中人脸检测指的是找到图像中所有人脸出现的位置，而人脸区分则是可以判断两张人脸是否是同一人。人脸检测是人脸识别技术的基础，因为只有先找到所有人脸的位置才能进行下一步的处理。

人脸检测作为目标检测领域的一个子领域，已经有了许多成熟的算法，如通过结合数字图像特征和分类算法的 Haar 级联分类器或者深度学习领域中的卷积神经网络。其中卷积神经网络作为目前最先进的算法之一，在人脸检测问题中的表现十分优异。各种经过优化设计和充分训练的卷积神经网络能够十分精准地检测出各种光照、角度甚至部分遮挡情况下的人脸。

发明内容

本申请各示例性实施例提供了一种基于多层预处理的快速人脸检测方法，其结合多种图像处理方法和卷积神经网络技术，目的在于解决卷积神经网络运算较为缓慢的问题。

本申请的一方面，提供一种基于多层预处理的快速人脸检测方法，具体操作步骤如下：

S101, 将待检测图像从 RGB 颜色空间转换至 YCbCr 颜色空间;

S102, 利用椭圆肤色模型对 S101 得到的图像中所有像素逐个判断是否为肤色像素, 以得到肤色区域, 其中当任一像素的蓝色色度、红色色度分量满足椭圆肤色模型要求时, 则所述像素被判断为所述肤色像素;

S103, 对 S102 得到的所述肤色区域进行形态学处理以得到经处理的肤色区域;

S104, 对 S103 中处理得到的所述经处理的肤色区域进行有效搜索位置滤波, 得到有效搜索位置, 利用轮廓提取技术提取有效搜索位置的轮廓, 对应每个轮廓生成一个待测框;

S105, 使用具有人脸检测功能的卷积神经网络, 对 S104 得到的所述待测框进行逐个检测, 并给出所述待测框中的人脸定位坐标;

S106, 根据所述待测框的坐标和所述待测框中的所述人脸定位坐标, 确定人脸定位框的坐标。

在一实施例中, 所述椭圆肤色模型要求:

$$Cr(13Cr - 10Cb - 2900) + Cb(13Cb - 1388) + 295972 \leq 0$$

其中, Cb 表示像素的蓝色色度分量, Cr 表示像素的红色色度分量。

在一实施例中, 所述对所述经处理的肤色区域进行有效搜索位置滤波的步骤, 包括:

使用滤波矩阵对所述经处理的肤色区域进行有效搜索位置滤波, 其中所述经处理的肤色区域中的像素值、所述滤波矩阵中的像素值以及所述有效搜索位置中的像素值满足以下公式:

$$dst(i, j) = \begin{cases} 1 & \sum_{x=-a}^a \sum_{y=-b}^b src(i+x, j+y) f(x, y) \geq t \cdot area \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

其中, $dst(i, j)$ 为有效搜索位置 dst 中坐标 (i, j) 的像素值, $src(i+x, j+y)$ 为肤色区域 src 中坐标 $(i+x, j+y)$ 的像素值, $f(x, y)$ 为滤波矩阵 f 中坐标 (x, y) 的像素值, 滤波矩阵 f 的尺寸为 $(2a+1) \times (2b+1)$ 、中心坐标为 $(0, 0)$, t 为预设的有效

搜索率 ESR 阈值, $area$ 为滤波矩阵 f 中值为 1 的像素数量。

在一实施例中, 待测框的左上角坐标 $(left, top)$ 和右下角坐标 $(right, bottom)$ 分别为:

$$\begin{aligned}(left, top) &= (left' - b, top' - a) \\ (right, bottom) &= (right' + b, bottom' + a)\end{aligned}$$

其中, $(left', top')$ 、 $(right', bottom')$ 分别为轮廓外接矩形的左上角和右下角坐标。

在一实施例中, 所述有效搜索率定义为所述待测框中所述肤色区域的面积与所述待测框的面积之比。

在一实施例中, 所述将所述待检测图像从所述 RGB 颜色空间转换至所述 YCbCr 颜色空间的步骤包括:

利用如下公式对所述待检测图像进行所述颜色空间转换:

$$\begin{cases} Y = 0.299R + 0.587G + 0.144B \\ Cb = -0.1687R + 0.3313G + 0.5B + 128 \\ Cr = 0.5R - 0.4187G - 0.0813B + 128 \end{cases}$$

其中, Y、Cb、Cr 分别表示像素的亮度、蓝色色度分量、红色色度分量, R、G、B 分别表示像素的红色、绿色、蓝色分量。

在一实施例中, 对所述肤色区域进行形态学处理的步骤包括: 通过开操作去除游离的肤色点和细线结构。

在一实施例中, 对所述肤色区域进行形态学处理的步骤还包括: 通过闭操作填补孔洞并弥合缝隙。

在一实施例中, 所述待测框至少包括待测框 A 和待测框 B, 所述 S104 还包括:

对所述待测框 A、B 进行合并, 其中若所述待测框 A 和 B 合并后得到的待测框 C 的面积小于或等于所述待测框 A 和 B 的面积之和, 则将所述待测框 A 和 B 合并, 否则待测框 A 和 B 不合并。

在一实施例中, 待测框 C 的左上角坐标 (l_c, t_c) 和右下角坐标 (r_c, b_c) 分别为:

$$(l_c, t_c) = (\min(l_A, l_B), \min(t_A, t_B))$$

$$(r_c, b_c) = (\max(r_A, r_B), \max(b_A, b_B))$$

其中, (l_A, t_A) 、 (r_A, b_A) 分别为待测框A的左上角坐标和右下角坐标, (l_B, t_B) 、 (r_B, b_B) 分别为待测框B的左上角坐标和右下角坐标。

在一实施例中, S106 中人脸定位框的左上角和右下角的坐标分别为:

$$(l, t) = (l_c + l', t_c + t')$$

$$(r, b) = (r_c + r', b_c + b')$$

其中, (l_c, t_c) 、 (r_c, b_c) 分别为待测框c的左上角坐标和右下角坐标, (l', t') 、 (r', b') 分别为卷积神经网络输出的、待测框c中某个人脸定位的左上角和右下角坐标。

在一实施例中, 有效搜索率定义为待测框中肤色区域面积与待测框面积之比。

本申请的另一方面, 提供一种计算机设备, 包括存储器和处理器, 所述存储器存储有计算机程序, 其中, 所述处理器执行所述计算机程序时实现上述任一实施例的方法的步骤。

本申请的又一方面, 提供一种计算机可读存储介质, 其上存储有计算机程序, 其中, 所述计算机程序被处理器执行时实现上述任一实施例所述的方法的步骤。

有益效果: 本申请能在保留人脸检测卷积神经网络高准确率的同时通过多层预处理技术减少其需要搜索区域的大小, 从而大幅提升其运行速度。

附图说明

图 1 是本申请一实施例的一种基于多层预处理的快速人脸检测方法的流程图。

图 2 是本申请一实施例的有效搜索位置滤波 (ESPF 滤波) 的示意图。

图 3 是本申请一实施例的待测框生成示意图。

图 4 是本申请一实施例的待测框合并示意图。

具体实施方式

如前所述, 虽然各种经过优化设计和充分训练的卷积神经网络能够十分精准地检测出各种光照、角度甚至部分遮挡情况下的人脸。但是, 卷积神经网络也有自身的缺点, 即快速运算十分依赖具有强大浮点运算能力的 GPU 进行支持。受

限于成本、体积和功率的制约，在小型边缘终端上很难支持卷积神经网络的快速运算。

为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本申请进行进一步详细说明。应当理解，此处描述的具体实施例仅仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。

下面结合附图以及具体实施例对本申请的技术方案作进一步阐述：

如图 1 所示的实施例中，一种基于多层预处理的快速人脸检测方法，具体包括如下操作步骤。

S101，对输入图像（待检测图像）进行颜色空间转换，从默认 RGB 颜色空间转换为 YCbCr 颜色空间。这是因为 YCbCr 分离出了颜色的亮度和色度，所以比较适用于不同光照情况下对颜色进行分类的场景。

由于计算机领域中图像或视频的编码绝大部分是基于 RGB 颜色空间的，因此如果要使用 YCbCr，则需要先将 RGB 颜色空间转换到 YCbCr 颜色空间。因为人眼对红绿蓝三种颜色的敏感度并不相同，所以转换亮度 Y 的时候需要给予红、绿、蓝不同的权重。具体转换公式如下：

$$\begin{cases} Y = 0.299R + 0.587G + 0.144B \\ Cb = -0.1687R + 0.3313G + 0.5B + 128 \\ Cr = 0.5R - 0.4187G - 0.0813B + 128 \end{cases} \quad (\text{公式 1})$$

S102，利用椭圆肤色模型对 S101 得到的图像中所有像素逐个判断是否为肤色像素，以得到肤色区域，其中当任一像素的蓝色色度、红色色度分量满足椭圆肤色模型要求时，则所述像素被判断为所述肤色像素。

经过统计大量肤色可以发现，在 YCbCr 空间中肤色近似呈现椭圆柱状分布，即在 CbCr 平面中肤色的分布更接近一个椭圆。根据统计研究，如果以 Cr 为横轴 Cb 为纵轴建立平面直角坐标系，那么肤色椭圆的中心位置为 (155,113)，长轴长度为 30，短轴长度为 20，且倾斜角度为 45°（逆时针旋转）。因此，肤色椭圆方程为：

$$\frac{x^2}{30^2} + \frac{y^2}{20^2} = 1$$

$$\begin{aligned} x &= (Cr - 155)\cos(-45^\circ) - (Cb - 113)\sin(-45^\circ) \\ y &= (Cr - 155)\sin(-45^\circ) + (Cb - 113)\cos(-45^\circ) \end{aligned} \quad (\text{公式 2})$$

有了肤色椭圆模型之后，对于一个像素，若其蓝色色度 Cb 和红色色度 Cr 分量构成的点在肤色椭圆内，则可以判断其为肤色像素，否则就是非肤色像素。对公式 2 进行化简，获得像素是肤色像素的判断条件如下：

$$Cr(13Cr - 10Cb - 2900) + Cb(13Cb - 1388) + 295972 \leq 0 \text{ (公式 3)}。$$

S101 中，RGB 图像转换到 YCbCr 空间后，当其中某像素的 Cb 、 Cr 分量满足公式 3 时，就可以认为该像素为肤色像素。对于输入图像中的每一个像素利用公式 3 进行判断可以得到肤色区域（或肤色蒙版）。

S103，对 S102 得到的所述肤色区域进行形态学处理以得到经处理的肤色区域。

形态学操作是图像处理领域中一系列处理二值化图像形状特征的技术。其基本思想是利用一个特定形状的结构元和规则来修改图像中像素值，从而达到消除噪点、弥补孔隙、修剪毛刺和光滑边缘等效果，以便进一步进行图像分析和目标识别。基本的形态学操作包括腐蚀（Erosion）和膨胀（Dilation）。腐蚀用来消除噪点、毛刺等精细结构，而膨胀用来弥补孔洞、缝隙。进行腐蚀操作时，将结构元在输入图像上逐个像素地进行滑动，将结构元中所有 1 值正对的输入图像像素称为对应像素，每次滑动将对应像素的最小值写入输出图像的正对结构元锚点位置的像素，其用公式表示如下：

$$dst(i,j) = \min_{(x,y) \in \{(x,y) | E(x,y)=1\}} src(i+x,j+y) \quad \text{(公式 4)}$$

其中 dst 、 src 、 E 分别表示输出图像、输入图像和结构元，结构元以锚点为坐标中心， (i,j) 为当前结构元的锚点位置坐标，而 (x,y) 为结构元的相对锚点的偏移量。公式 4 表明了，在腐蚀过程中，只有结构元的 1 值区域被输入图像的 1 值区域完全覆盖时，输出图像的锚点位置的像素值才为 1。这会导致图像的 1 值区域轮廓收缩，即从视觉上 1 值区域仿佛被腐蚀了一样。膨胀操作与腐蚀操作类似，只不过最小值变为了最大值，其公式表示如下：

$$dst(i,j) = \max_{(x,y) \in \{(x,y) | E(x,y)=1\}} src(i+x,j+y) \quad \text{(公式 5)}$$

公式 5 表明了，在膨胀过程中，只有结构元的 1 值区域被输入图像的 0 值区域完全覆盖时，输出图像锚点位置的像素值才为 0。这会导致图像的 1 值区域轮廓扩张，即从视觉上 1 值区域仿佛膨胀了一样。腐蚀和膨胀会导致肤色区域面积大幅变化。

为了在不影响肤色区域大小的情况下消除噪点、填补孔隙,需要使用开操作(Opening)和闭操作(Closing)。开操作指用同一结构元对图像先后进行腐蚀和膨胀操作。开操作可以断开细小的连接、去除噪点。闭操作则是指先膨胀后腐蚀,其可以连接相近的区域、填补孔隙。对得到的肤色区域进行形态学处理,通过开操作去除游离的肤色点和细线结构,通过闭操作填补较小的肤色区域孔洞并弥合小缝隙。开操作和闭操作对肤色区域面积的影响不大同时还能去除噪点、填补孔隙。对 S102 中得到的肤色蒙版分别进行开操作和闭操作,可以得到最终的肤色蒙版。

S104,对 S103 中处理得到的所述经处理的肤色区域进行有效搜索位置滤波,得到有效搜索位置,利用轮廓提取技术提取有效搜索位置的轮廓,对应每个轮廓生成一个待测框。

对最终得到的肤色区域进行有效搜索位置滤波(Effective Search Position Filtering, ESPF)得到所有有效搜索位置像素区域。ESPF 滤波是一种特殊的图像滤波操作,其使用了椭圆形状的滤波矩阵和基于有效搜索率(Effective Search Rate, ESR)的滤波计算操作。其中有效搜索率被定义为待测框中肤色区域面积 A_s 与待测框面积之比 A_r ,其公式如下:

$$ESR = \frac{A_s}{A_r} \quad (\text{公式 6})$$

ESPF 计算过程可以用公式表示为:

$$dst(i,j) = \begin{cases} 1 & \sum_{x=-a}^a \sum_{y=-b}^b src(i+x,j+y) f(x,y) \geq t \cdot area \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (\text{公式 7})$$

公式中的 dst 、 src 和 f 分别为输出图像、输入图像和滤波矩阵。滤波矩阵的尺寸为 $(2a+1) \times (2b+1)$ 、中心坐标为 $(0,0)$, t 为预设的 ESR 阈值, $area$ 为滤波矩阵中 1 值像素的数量。在 ESPF 滤波中使用的滤波矩阵是一个椭圆矩阵,其中的 1 值排列为一个内切于矩形的正椭圆形,如图 2 中滤波矩阵所示。

如图 2 所示,ESPF 滤波的输出图像即为有效搜索位置,再利用轮廓提取技术提取其中有效搜索位置的轮廓,对每个轮廓生成一个待测框。待测框由轮廓外

接矩形向周围扩展一定距离得到,该轮廓外接矩形四边均与轮廓相外切且各边与图像的各边平行。扩展距离等于滤波矩阵尺寸的一半,如果轮廓外接矩形框左上角和右下角的坐标分别为 $(left',top')$ 、 $(right',bottom')$,滤波矩阵尺寸为 $(2a+1)\times(2b+1)$,那么扩展得到的待测框的左上角坐标和右下角坐标为:

$$\begin{aligned}(left,top) &= (left'-b,top'-a) \\ (right,bottom) &= (right'+b,bottom'+a)\end{aligned}\quad (公式 8)$$

最终生成待测框效果如附图 3 所示,经过 ESPF 滤波后得到的每个待测框具有较高的 ESR。此时小面积肤色区域、狭长型肤色区域等非人脸肤色部分被 ESPF 滤波消除,而肤色区域连通的问题也被解决。

S105,使用具有人脸检测功能的卷积神经网络,对 S104 得到的所述待测框进行逐个检测,并给出所述待测框中的人脸定位坐标。

检查是否有可以合并的待测框并将其全部合并,得到最终待测框。合并待测框即用一个更大的待测框 C 代替两个需要合并的待测框 A 和 B ,待测框 C 应当完全覆盖 A 和 B 同时面积尽量小,因此可得待测框 C 的左上角坐标和右下角坐标为:

$$\begin{aligned}(l_C,t_C) &= (\min(l_A,l_B),\min(t_A,t_B)) \\ (r_C,b_C) &= (\max(r_A,r_B),\max(b_A,b_B))\end{aligned}\quad (公式 9)$$

同时合并待测框还应该满足总面积不增大的条件,即满足 $S_C \leq S_A + S_B$,其中面积 $S = (r-l)(b-t)$ 。如图 4 所示为合并待测框效果,其中两对大面积重叠的待测框被合并,进一步减小了卷积神经网络需要搜索的面积,提高了搜索效率。

S106,根据所述待测框的坐标和所述待测框中的所述人脸定位坐标,确定人脸定位框的坐标,以得到人脸检测结果。

使用具有人脸检测功能的卷积神经网络逐个检测每个最终待测框并给出其中的人脸定位坐标,这里输出的定位坐标是相对于待测框的。

步骤 7,卷积神经网络会输出待测框内所有人脸定位框相对于待测框的坐标,若待测框左上角和右下角坐标为 (l_C,t_C) 和 (r_C,b_C) ,卷积神经网络输出某个人脸定位框左上角和右下角坐标为 (l',t') 和 (r',b') ,那么该人脸定位框左上角和右下角的实际坐标分别为:

$$\begin{aligned}(l, t) &= (l_c + l', t_c + t') \\ (r, b) &= (r_c + r', b_c + b')\end{aligned}\quad (\text{公式 } 10)$$

根据待测框坐标和其中的人脸定位坐标计算人脸定位框在图像中的实际坐标并输出，得到最终的人脸检测结果。

应该理解的是，虽然图 1 的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示，但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明，这些步骤的执行并没有严格的顺序限制，这些步骤可以以其它的顺序执行。而且，图 1 中的至少一部分步骤可以包括多个子步骤或者多个阶段，这些子步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成，而是可以在不同的时刻执行，这些子步骤或者阶段的执行顺序也不必然是依次进行，而是可以与其它步骤或者其它步骤的子步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读存储介质中，该计算机程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，本申请所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用，均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器（ROM）、可编程 ROM（PROM）、电可编程 ROM（EPROM）、电可擦除可编程 ROM（EEPROM）或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器（RAM）或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限，RAM 以多种形式可得，诸如静态 RAM（SRAM）、动态 RAM（DRAM）、同步 DRAM（SDRAM）、双数据率 SDRAM（DDRSDRAM）、增强型 SDRAM（ESDRAM）、同步链路（Synchlink） DRAM（SLDRAM）、存储器总线（Rambus）直接 RAM（RDRAM）、直接存储器总线动态 RAM（DRDRAM）、以及存储器总线动态 RAM（RDRAM）等。

以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普

通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求书

1、一种人脸检测方法，包括：

S101，将待检测图像从 RGB 颜色空间转换至 YCbCr 颜色空间；

S102，利用椭圆肤色模型对 S101 得到的图像中所有像素逐个判断是否为肤色像素，以得到肤色区域，其中当任一像素的蓝色色度、红色色度分量满足椭圆肤色模型要求时，则所述像素被判断为所述肤色像素；

S103，对 S102 得到的所述肤色区域进行形态学处理以得到经处理的肤色区域；

S104，对 S103 中处理得到的所述经处理的肤色区域进行有效搜索位置滤波，得到有效搜索位置，利用轮廓提取技术提取有效搜索位置的轮廓，对应每个轮廓生成一个待测框；

S105，使用具有人脸检测功能的卷积神经网络，对 S104 得到的所述待测框进行逐个检测，并给出所述待测框中的人脸定位坐标；

S106，根据所述待测框的坐标和所述待测框中的所述人脸定位坐标，确定人脸定位框的坐标。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述椭圆肤色模型要求为：

$$Cr(13Cr - 10Cb - 2900) + Cb(13Cb - 1388) + 295972 \leq 0$$

其中，Cb 表示所述像素的所述蓝色色度分量，且 Cr 表示所述像素的所述红色色度分量。

3、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述对所述经处理的肤色区域进行有效搜索位置滤波的步骤，包括：

使用滤波矩阵对所述经处理的肤色区域进行有效搜索位置滤波，其中所述经处理的肤色区域中的像素值、所述滤波矩阵中的像素值以及所述有效搜索位置中的像素值满足以下公式：

$$dst(i,j) = \begin{cases} 1 & \sum_{x=-a}^a \sum_{y=-b}^b src(i+x,j+y) f(x,y) \geq t \cdot area \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

其中， $dst(i,j)$ 表示有效搜索位置 dst 中坐标 (i,j) 处的像素值， $src(i+x,j+y)$ 表示肤色区域 src 中坐标 $(i+x,j+y)$ 处的像素值， $f(x,y)$ 表示滤波矩阵 f 中坐标

(x, y) 处的像素值, 所述滤波矩阵 f 的尺寸为 $(2a+1) \times (2b+1)$ 、中心坐标为 $(0, 0)$, t 表示预设的有效搜索率 ESR 的阈值, 以及 $area$ 表示所述滤波矩阵 f 中值为 1 的像素数量。

4、根据权利要求 3 所述的方法, 其中, 所述待测框的左上角坐标 $(left, top)$ 和右下角坐标 $(right, bottom)$ 分别为:

$$\begin{aligned}(left, top) &= (left' - b, top' - a) \\ (right, bottom) &= (right' + b, bottom' + a)\end{aligned}$$

其中, $(left', top')$ 、 $(right', bottom')$ 分别表示轮廓外接矩形的左上角和右下角坐标。

5、根据权利要求 3 所述的方法, 其中, 所述有效搜索率定义为所述待测框中所述肤色区域的面积与所述待测框的面积之比。

6、根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述将所述待检测图像从所述 RGB 颜色空间转换至所述 YCbCr 颜色空间的步骤包括:

利用如下公式对所述待检测图像进行所述颜色空间转换:

$$\begin{cases} Y = 0.299R + 0.587G + 0.144B \\ Cb = -0.1687R + 0.3313G + 0.5B + 128 \\ Cr = 0.5R - 0.4187G - 0.0813B + 128 \end{cases}$$

其中, Y、Cb、Cr 分别表示所述像素的亮度、所述蓝色色度分量、所述红色色度分量, 以及 R、G、B 分别表示所述像素的红色、绿色、蓝色分量。

7、根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 对所述肤色区域进行形态学处理的步骤包括:

通过开操作去除游离的肤色点和细线结构。

8、根据权利要求 7 所述的方法, 其中, 对所述肤色区域进行形态学处理的步骤还包括:

通过闭操作填补孔洞并弥合缝隙。

9、根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述待测框至少包括待测框 A 和待测框 B, 所述 S104 还包括:

对所述待测框 A、B 进行合并, 其中若所述待测框 A 和 B 合并后得到的待测

框 C 的面积小于或等于所述待测框 A 和 B 的面积之和,则将所述待测框 A 和 B 合并,否则待测框 A 和 B 不合并。

10、根据权利要求9所述的方法,其中,所述待测框 C 的左上角坐标 (l_c, t_c) 和右下角坐标 (r_c, b_c) 分别为:

$$(l_c, t_c) = (\min(l_A, l_B), \min(t_A, t_B))$$

$$(r_c, b_c) = (\max(r_A, r_B), \max(b_A, b_B))$$

其中, (l_A, t_A) 、 (r_A, b_A) 分别为所述待测框 A 的左上角坐标和右下角坐标, 以及 (l_B, t_B) 、 (r_B, b_B) 分别为所述待测框 B 的左上角坐标和右下角坐标。

11、根据权利要求9所述的方法,其中,所述人脸定位框的左上角坐标 (l, t) 和右下角坐标 (r, b) 分别为:

$$(l, t) = (l_c + l', t_c + t')$$

$$(r, b) = (r_c + r', b_c + b')$$

其中, (l_c, t_c) 、 (r_c, b_c) 分别为所述待测框 C 的左上角坐标和右下角坐标, 以及 (l', t') 、 (r', b') 分别为所述卷积神经网络输出的、所述待测框 C 中任一人脸定位框的左上角坐标和右下角坐标。

12、一种计算机设备,包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,其中,所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求1至11中任一项所述方法的步骤。

13、一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其中,所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求1至11中任一项所述的方法的步骤。

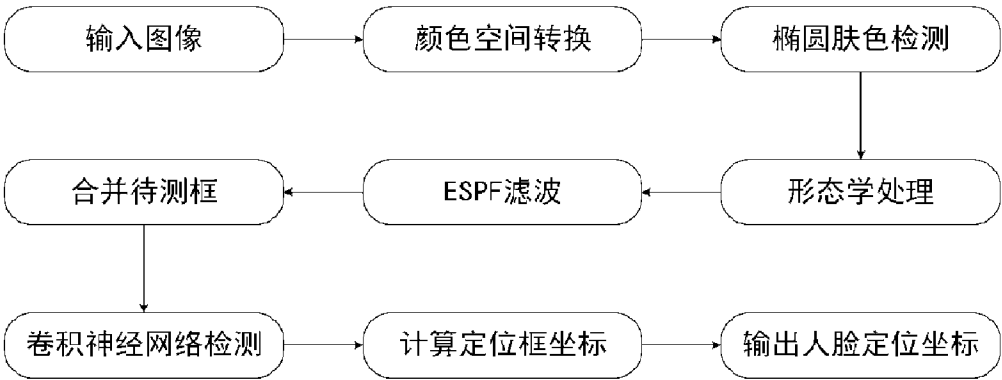


图 1

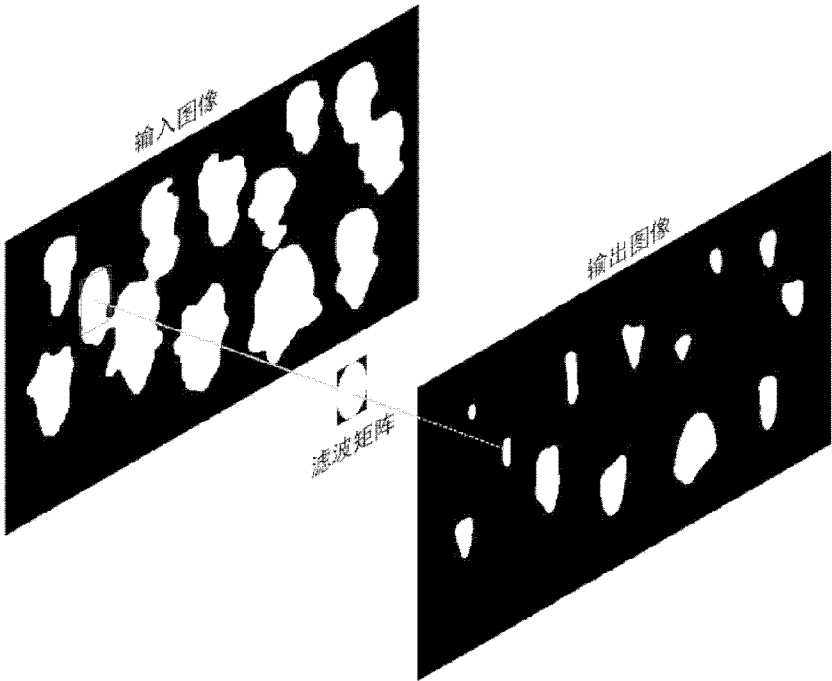


图 2

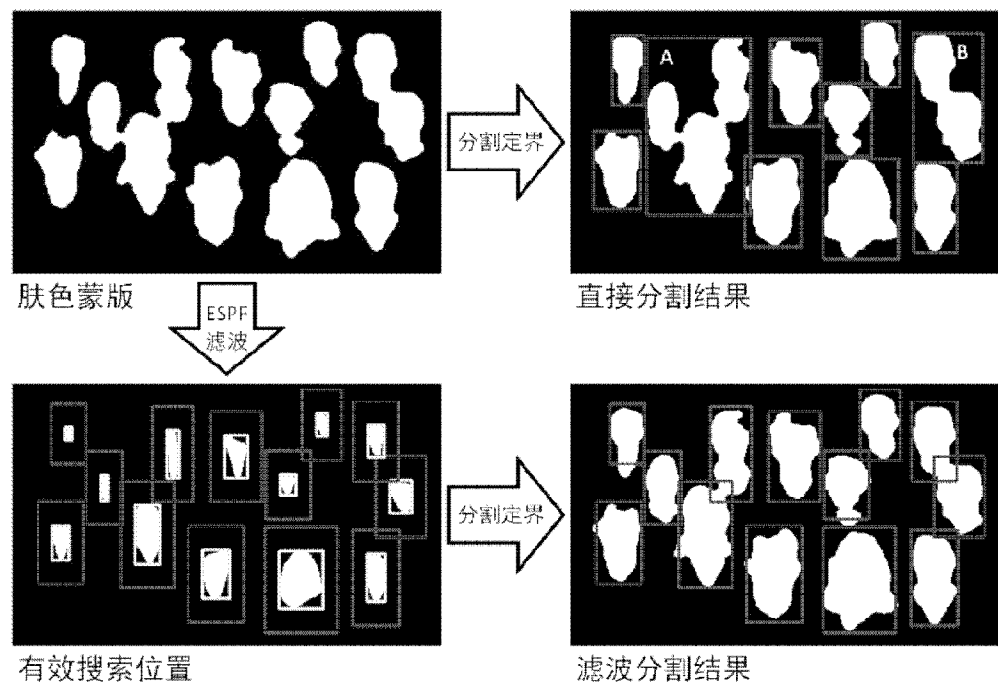


图 3

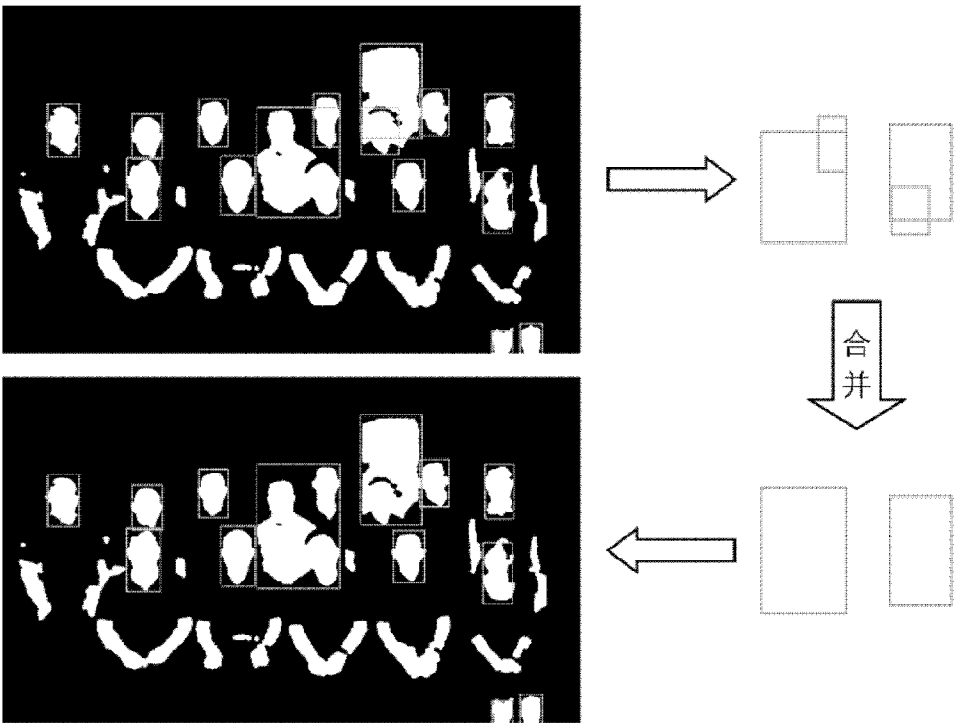


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/091026

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06K 9/00(2006.01)i; G06N 3/04(2006.01)i; G06N 3/08(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06K; G06N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNKI, CNPAT: 人脸, 检测, 图像, 颜色, 转换, 椭圆, 肤色, 模型, 形态学, 滤波, 搜索, 轮廓, 提取, 卷积, 神经网络, CNN, 坐标, 矩阵, face, human, detect, colorful, image, skin color, transfer, ellipse, morphology, filter, search, pick up, convolution, coordinates, matrix

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	朱正平等 (ZHU, Zhengping et al.). "基于肤色与模板匹配的人脸检测方法研究 (Face Detection Method based on Complexion and Template Matching)" <i>自动化与仪器仪表 (Automation & Instrumentation)</i> , No. 6, 31 December 2008 (2008-12-31), pages 91-93	1-2, 6-13
Y	CN 111191532 A (SHENZHEN POWER SUPPLY BUREAU CO., LTD.) 22 May 2020 (2020-05-22) description, paragraphs [0077]-[0089]	1-2, 6-13
A	CN 106485222 A (SHANGHAI DIANJI UNIVERSITY) 08 March 2017 (2017-03-08) entire document	1-13
A	CN 103632132 A (GUANGXI UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 12 March 2014 (2014-03-12) entire document	1-13
A	CN 110706295 A (PING AN LIFE INSURANCE COMPANY OF CHINA, LTD.) 17 January 2020 (2020-01-17) entire document	1-13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 November 2021

Date of mailing of the international search report

24 December 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/091026

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004034611 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 19 February 2004 (2004-02-19) entire document	1-13
A	曲仕茹等 (QU, Shiru et al.). "基于Gabor滤波和神经网络的人脸检测方法研究 (A New and Better Face Detection Algorithm Using Gabor Filter and Neural Network)" <i>西北工业大学学报 (Journal of Northwestern Polytechnical University)</i> , Vol. 29, No. 5, 31 October 2011 (2011-10-31), pages 690-693	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/091026

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111191532	A	22 May 2020	None			
CN	106485222	A	08 March 2017	None			
CN	103632132	A	12 March 2014	None			
CN	110706295	A	17 January 2020	None			
US	2004034611	A1	19 February 2004	JP	2004078959	A	11 March 2004
				KR	20040015613	A	19 February 2004

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/091026

A. 主题的分类

G06K 9/00(2006.01)i; G06N 3/04(2006.01)i; G06N 3/08(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06K; G06N

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

WPI, EPDOC, CNKI, CNPAT, 人脸, 检测, 图像, 颜色, 转换, 椭圆, 肤色, 模型, 形态学, 滤波, 搜索, 轮廓, 提取, 卷积, 神经网络, CNN, 坐标, 矩阵, face, human, detect, colorful, image, skin color, transfer, ellipse, morphology, filter, search, pick up, convolution, coordinates, matrix

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	朱正平等. “基于肤色与模板匹配的人脸检测方法研究” 自动化与仪器仪表, 第6期, 2008年12月31日 (2008 - 12 - 31), 第91至93页	1-2, 6-13
Y	CN 111191532 A (深圳供电局有限公司) 2020年5月22日 (2020 - 05 - 22) 说明书第[0077]-[0089]段	1-2, 6-13
A	CN 106485222 A (上海电机学院) 2017年3月8日 (2017 - 03 - 08) 全文	1-13
A	CN 103632132 A (广西工学院) 2014年3月12日 (2014 - 03 - 12) 全文	1-13
A	CN 110706295 A (中国平安人寿保险股份有限公司) 2020年1月17日 (2020 - 01 - 17) 全文	1-13
A	US 2004034611 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2004年2月19日 (2004 - 02 - 19) 全文	1-13

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件
---	---

国际检索实际完成的日期

2021年11月25日

国际检索报告邮寄日期

2021年12月24日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

沈敏洁

电话号码 86-(10)-53961293

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	曲仕茹等. “基于Gabor滤波和神经网络的人脸检测方法研究” 西北工业大学学报, 第29卷, 第5期, 2011年10月31日 (2011 - 10 - 31), 第690至693页	1-13

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/091026

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	111191532	A	2020年5月22日	无	
CN	106485222	A	2017年3月8日	无	
CN	103632132	A	2014年3月12日	无	
CN	110706295	A	2020年1月17日	无	
US	2004034611	A1	2004年2月19日	JP 2004078959 A	2004年3月11日
				KR 20040015613 A	2004年2月19日