



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108629744 A

(43)申请公布日 2018.10.09

(21)申请号 201810311065.6

(22)申请日 2018.04.09

(71)申请人 北京无线电计量测试研究所

地址 100854 北京市海淀区永定路50号142

信箱408分箱

(72)发明人 郭慧杰 韩一梁 杨昆 王超楠

杨倩倩

(74)专利代理机构 北京国昊天诚知识产权代理

有限公司 11315

代理人 许志勇

(51)Int.Cl.

G06T 5/00(2006.01)

G06T 7/30(2017.01)

G06T 3/40(2006.01)

G06K 9/00(2006.01)

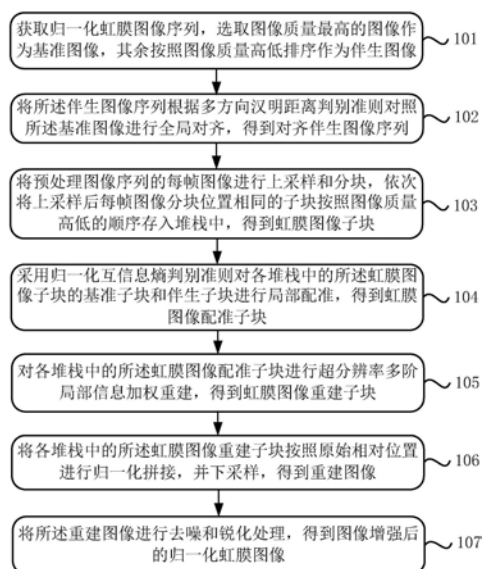
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种图像增强方法

(57)摘要

本发明公开了一种虹膜图像增强方法,解决现有方法无法对低质虹膜图像进行增强的问题。所述方法,包含:获取归一化虹膜图像序列,选取基准图像、伴生图像;将伴生图像序列对照基准图像全局对齐,得到对齐伴生图像序列;将预处理图像序列进行上采样和分块,并将上采样后分块位置相同的子块按照图像质量高低存入堆栈,得到虹膜图像子块;将各堆栈中虹膜图像子块进行局部配准,得到虹膜图像配准子块;对各堆栈中的虹膜图像配准子块进行超分辨率多阶局部信息加权重建;将各堆栈中的虹膜图像重建子块进行归一化拼接、下采样,得到重建图像;将重建图像进行去噪和锐化处理,得到图像增强后的归一化虹膜图像。本发明有助于提高系统的准确率和鲁棒性。



1. 一种虹膜图像增强方法,其特征在于,包含以下步骤:

获取归一化虹膜图像序列,选取图像质量最高的图像作为基准图像,其余按照图像质量高低排序作为伴生图像;

将所述伴生图像序列根据多方向汉明距离判别准则对照所述基准图像进行全局对齐,得到对齐伴生图像序列;

将所述基准图像、对齐伴生图像组成的预处理图像序列中的每帧图像进行上采样和分块,并依次将上采样后图像序列中每帧图像的分块位置相同的子块按照图像质量高低的顺序存入堆栈中,得到虹膜图像子块;

采用归一化互信息熵判别准则对各堆栈中的所述虹膜图像子块的基准子块和伴生子块进行局部配准,得到虹膜图像配准子块;

对各堆栈中的所述虹膜图像配准子块进行超分辨率多阶局部信息加权重建,得到虹膜图像重建子块;

将各堆栈中的所述虹膜图像重建子块按照原始相对位置进行归一化拼接,并下采样,得到重建图像;

将所述重建图像进行去噪和锐化处理,得到图像增强后的归一化虹膜图像。

2. 如权利要求1所述的虹膜图像增强方法,其特征在于,所述图像质量高低由图像质量分数的高低决定,所述图像质量分数为:

$$QI = HFE / MFE$$

其中,QI为所述图像质量分数,HFE为在所述归一化虹膜图像序列的频谱中去除噪声频谱后的高频能量,MFE为在所述归一化虹膜图像序列的频谱中去除直流频谱后的低频能量。

3. 如权利要求1所述的虹膜图像增强方法,其特征在于,所述将伴生图像序列根据多方向汉明距离判别准则对照所述基准图像进行全局对齐,得到对齐伴生图像序列的步骤,进一步包含:

将所述伴生图像序列中的每帧图像沿四周方向扩展,得到扩展伴生图像序列;

在所述扩展伴生图像序列的中开一个窗口,所述窗口大小与所述伴生图像序列中的每帧图像大小相同;

对所述扩展伴生图像序列的每帧图像,逐行、逐列滑动所述窗口,计算所述窗口内图像与所述基准图像的汉明距离,将所述汉明距离最小的所述窗口内图像记为对齐图像,根据每帧图像的所述对齐图像得到所述对齐伴生图像序列。

4. 如权利要求1所述的虹膜图像增强方法,其特征在于,所述上采样采用双立方插值法。

5. 如权利要求1所述的虹膜图像增强方法,其特征在于,所述采用归一化互信息熵判别准则对各堆栈中的所述虹膜图像子块的基准子块和伴生子块进行局部配准,得到虹膜图像配准子块的步骤,进一步包含:

计算各堆栈中所述虹膜图像子块中基准子块的信息熵;

计算各堆栈中所述虹膜图像子块中每个伴生子块的信息熵;

计算各堆栈中所述虹膜图像子块中基准子块与伴生子块联合熵;

计算各堆栈中所述基准子块与所述伴生子块的归一化互信息熵为:

$$NMI(BB, CB_m) = (H(BB) + H(CB_m)) / H(BB, CB_m)$$

其中,  $BB$  为所述基准子块,  $CB_m$  为所述第  $m$  个伴生子块,  $NMI(BB, CB_m)$  为所述归一化互信息熵,  $H(BB)$  为所述基准子块的信息熵,  $H(CB_m)$  为所述第  $m$  个伴生子块的信息熵,  $H(BB, CB_m)$  为所述联合熵;

将各堆栈中所述虹膜图像子块中的所述伴生子块与所述基准子块重合,并在沿水平方向、垂直方向滑动的范围内,找到所述归一化互信息熵最大的重叠区域为所述伴生子块的配准子块,并求得所述基准子块各像素点的累计配准次数矩阵。

6. 如权利要求1所述的虹膜图像增强方法,其特征在于,所述虹膜图像重建子块为:

$$RB = BB + \text{diff}(BB) + \text{diff2}(BB) + \sum_{m=1 \rightarrow M-1} w_m * (AB_m + \text{diff}(AB_m) + \text{diff2}(AB_m))$$

其中,  $RB$  为所述虹膜图像重建子块,  $BB$  为所述基准子块,  $AB_m$  为所述质量排序为  $m$  的配准子块,  $w_m$  为所述质量排序为  $m$  的配准子块的权值,  $\text{diff}$  为图像一阶导数函数,  $\text{diff2}$  为图像二阶导数函数。

7. 如权利要求1所述的虹膜图像增强方法,其特征在于,所述将各堆栈中的所述虹膜图像重建子块按照原始相对位置进行归一化拼接,进一步包含:

对各堆栈中的所述虹膜图像重建子块,利用归一化因子平滑拼接边缘,得到拼接归一化重建子块为:

$$RB_e' = RB_e / NR_e$$

其中,  $RB_e'$  为所述拼接归一化重建子块,  $RB_e$  为所述虹膜图像重建子块,  $NR_e$  为所述归一化因子。

8. 如权利要求1~7任一项所述的虹膜图像增强方法,其特征在于,所述去噪处理采用中值联合高斯低通滤波,所述锐化处理采用拉普拉斯算子。

9. 如权利要求1~7任一项所述的虹膜图像增强方法,其特征在于,所述下采样采用双线性插值法。

10. 如权利要求1~7任一项所述的虹膜图像增强方法,其特征在于,所述归一化虹膜图像序列的图像帧数为10,单帧图像分辨率为  $288 \times 64$ 。

## 一种图像增强方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及虹膜图像识别领域,尤其涉及一种虹膜图像增强方法。

### 背景技术

[0002] 目前的虹膜图像增强方法主要以对比度扩展、形态学修正、选择高通滤波和矩阵填充等手段为主,从提高图像的清晰度,去噪和复原虹膜细节信息等方面对单帧虹膜图像的全局信息进行增强,从而提升图像的质量,存在的缺点是,单帧低质虹膜图像的有效信息较少,对其进行去噪、去模糊等操作容易形成斑块效应,而图像复原操作填充的信息大部分为冗余信息,因此增强后的虹膜图像的信息熵并没有显著增加,无法实现有效的特征提取与识别,同时低质虹膜图像的全局变形和局部变形是异质的,对图像整体进行校准无法使各局部的变形得到最优的抑制,同时会使局部信息均质化,因此对感兴趣的虹膜区域的调谐具有不确定性,难以增强虹膜局部细节信息。

### 发明内容

[0003] 本发明提供一种虹膜图像增强方法,解决现有方法对远距离动态复杂环境成像条件下的低质虹膜图像进行增强的问题。

[0004] 一种虹膜图像增强方法,包含以下步骤:获取归一化虹膜图像序列,选取图像质量最高的图像作为基准图像,其余按照图像质量高低排序作为伴生图像;将所述伴生图像序列根据多方向汉明距离判别准则对照所述基准图像进行全局对齐,得到对齐伴生图像序列;将所述基准图像、对齐伴生图像组成的预处理图像序列中的每帧图像进行上采样和分块,并依次将上采样后图像序列中每帧图像的分块位置相同的子块按照图像质量高低的顺序存入堆栈中,得到虹膜图像子块;采用归一化互信息熵判别准则对各堆栈中的所述虹膜图像子块的基准子块和伴生子块进行局部配准,得到虹膜图像配准子块;对各堆栈中的所述虹膜图像配准子块进行超分辨率多阶局部信息加权重建,得到虹膜图像重建子块;将各堆栈中的所述虹膜图像重建子块按照原始相对位置进行归一化拼接,并下采样,得到重建图像;将所述重建图像进行去噪和锐化处理,得到图像增强后的归一化虹膜图像。

[0005] 进一步地,所述图像质量高低由图像质量分数的高低决定,所述图像质量分数为:

[0006]  $QI = HFE/MFE$

[0007] 其中, $QI$ 为所述图像质量分数, $HFE$ 为在所述归一化虹膜图像序列的频谱中去除噪声频谱后的高频能量, $MFE$ 为在所述归一化虹膜图像序列的频谱中去除直流频谱后的低频能量。

[0008] 优选地,所述将伴生图像序列根据多方向汉明距离判别准则对照所述基准图像进行全局对齐,得到对齐伴生图像序列的步骤,进一步包含:将所述伴生图像序列中的每帧图像沿四周方向扩展,得到扩展伴生图像序列;在所述扩展伴生图像序列的中开一个窗口,所述窗口大小与所述伴生图像序列中的每帧图像大小相同;对所述扩展伴生图像序列的每帧图像,逐行、逐列滑动所述窗口,计算所述窗口内图像与所述基准图像的汉明距离,将所述

汉明距离最小的所述窗口内图像记为对齐图像,根据每帧图像的所述对齐图像得到所述对齐伴生图像序列。

[0009] 优选地,所述上采样采用双立方插值法。

[0010] 优选地,所述采用归一化互信息熵判别准则对各堆栈中的所述虹膜图像子块的基准子块和伴生子块进行局部配准,得到虹膜图像配准子块的步骤,进一步包含:计算各堆栈中所述虹膜图像子块中基准子块的信息熵;计算各堆栈中所述虹膜图像子块中每个伴生子块的信息熵;计算各堆栈中所述虹膜图像子块中基准子块与伴生子块联合熵;计算各堆栈中所述基准子块与所述伴生子块的归一化互信息熵为:

[0011]  $NMI(BB, CB_m) = (H(BB) + H(CB_m)) / H(BB, CB_m)$

[0012] 其中,  $BB$  为所述基准子块,  $CB_m$  为所述第  $m$  个伴生子块,  $NMI(BB, CB_m)$  为所述归一化互信息熵,  $H(BB)$  为所述基准子块的信息熵,  $H(CB_m)$  为所述第  $m$  个伴生子块的信息熵,  $H(BB, CB_m)$  为所述联合熵;将各堆栈中所述虹膜图像子块中的所述伴生子块与所述基准子块重合,并在沿水平方向、垂直方向滑动的范围内,找到所述归一化互信息熵最大的重叠区域为所述伴生子块的配准子块,并求得所述基准子块各像素点的累计配准次数矩阵。

[0013] 进一步地,所述虹膜图像重建子块为:

[0014]  $RB = BB + \text{diff}(BB) + \text{diff2}(BB) + \sum_{m=1 \rightarrow M-1} w_m * (AB_m + \text{diff}(AB_m) + \text{diff2}(AB_m))$

[0015] 其中,  $RB$  为所述虹膜图像重建子块,  $BB$  为所述基准子块,  $AB_m$  为所述质量排序为  $m$  的配准子块,  $w_m$  为所述质量排序为  $m$  的配准子块的权值,  $\text{diff}$  为图像一阶导数函数,  $\text{diff2}$  为图像二阶导数函数。

[0016] 优选地,所述将各堆栈中的所述虹膜图像重建子块按照原始相对位置进行归一化拼接,进一步包含:对各堆栈中的所述虹膜图像重建子块,利用归一化因子平滑拼接边缘,得到拼接归一化重建子块为:

[0017] ,

[0018]  $RB_e = RB_e / NR_e$

[0019] 其中,  $RB_e$  为所述拼接归一化重建子块,  $RB_e$  为所述虹膜图像重建子块,  $NR_e$  为所述归一化因子。

[0020] 优选地,所述去噪处理采用中值联合高斯低通滤波,所述锐化处理采用拉普拉斯算子。

[0021] 优选地,所述下采样采用双线性插值法。

[0022] 优选地,所述归一化虹膜图像序列的图像帧数为10,单帧图像分辨率为288\*64。

[0023] 本发明有益效果包括:针对远距离动态虹膜识别系统成像易受用户形态影响,获取的虹膜图像往往存在变形、模糊和噪声等污染的特点,通过对序列低质虹膜图像进行分块超分辨率局部信息加权融合来增强虹膜的细节信息,解决了常规图像增强方法难以对远距离动态低质虹膜图像进行有效增强的问题;本发明方法能在抵抗虹膜图像变形、模糊和噪声污染的同时有效复原虹膜局部细节信息,从而有助于提高系统的准确率和鲁棒性。

## 附图说明

[0024] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本发明的一部分,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0025] 图1为一种虹膜图像增强方法流程实施例；

[0026] 图2为一种包含全局对其的虹膜图像增强方法流程实施例。

### 具体实施方式

[0027] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明具体实施例及相应的附图对本发明技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动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。

[0028] 虹膜识别以其准确性、稳定性、安全性和非接触性等显著优势已成为生物识别领域的重点研究方向和发展趋势。当前的虹膜识别产品以近距离静止识别为主，需要用户进行较好的配合以实现精准的识别，这在一定程度上限制了虹膜识别技术的普及和推广。为了提高用户使用时的自由度和认可度，虹膜识别技术和产品必须向远距离动态虹膜识别应用场景扩展。而远距离动态虹膜识别的难点在于，由于用户在识别过程中形态各异，行进速度时快时慢，因此远距离动态虹膜识别系统的成像模块很难捕获到清晰的高质量的虹膜图像用于识别，获取的原始虹膜图像往往存在变形、模糊和噪声等污染。所以，由远距离动态虹膜识别系统采集的虹膜图像必须经过图像增强满足一定质量要求才能实现有效的识别，图像增强是远距离动态虹膜识别的关键。

[0029] 以下结合附图，详细说明本发明各实施例提供的技术方案。

[0030] 图1为一种虹膜图像增强方法流程实施例，本发明实施例提供一种虹膜图像增强方法，包含以下步骤：

[0031] 步骤101，获取归一化虹膜图像序列，选取图像质量最高的图像作为基准图像，其余按照图像质量高低排序作为伴生图像。

[0032] 进一步地，所述图像质量高低由图像质量分数的高低决定，所述图像质量分数为：

[0033]  $QI = HFE / MFE$  (1)

[0034] 其中， $QI$ 为所述图像质量分数， $HFE$ 为在所述归一化虹膜图像序列的频谱中去除噪声频谱后的高频能量， $MFE$ 为在所述归一化虹膜图像序列的频谱中去除直流频谱后的低频能量。

[0035] 在步骤101中，所述归一化虹膜图像序列为从远距离动态虹膜识别系统拍摄的视频流中选取连续多帧含有虹膜的图像，并对每帧图像进行虹膜定位和极坐标归一化处理，得到归一化虹膜图像序列。

[0036] 在步骤101中，假设所述归一化虹膜图像序列的傅立叶变换频谱为 $F(u, v)$ ，其中心点为原点，假设 $RL = \{(u, v) | -x \leq u \leq x, -y \leq v \leq y, (u, v) \neq (0, 0)\}$ 为去除直流频谱的低频分量区，其系数的幅度平方和为低频能量 $LFE$ ， $RH = \{(u, v) | -x-x' \leq u < -x \cup x < u \leq x+x', -y-y' \leq v \leq y+y'\} \cup \{(u, v) | -x \leq u \leq x, -y-y' \leq v < -y \cup y < v \leq y+y'\}$ 为去除噪声频谱的高频分量区，其系数的幅度平方和为高频能量 $HFE$ ，其中 $x, y$ 为低频分量区的门限， $x', y'$ 分别为高频分量区的门限，典型地， $x=48, y=16, x'=88, y'=12$ ，这里不做特别限定。由于傅立叶频谱的高频分量代表图像的细节信息，因此所述图像质量分数越高表示图像越清晰，质量越好。

[0037] 需要说明的是，所述归一化虹膜图像序列的图像帧数可以为10，也可以为其他数值，所述图像的单帧分辨率可以为 $288 \times 64$ ，也可以为其他数值，这里不做特别限定。

[0038] 步骤102,将所述伴生图像序列根据多方向汉明距离判别准则对照所述基准图像进行全局对齐,得到对齐伴生图像序列。

[0039] 在步骤102中,为了将伴生图像序列与基准图像进行融合以增强虹膜区域的细节,首先以基准图像作为参照,将伴生图像逐帧进行全局对齐,以减少由相邻帧图像的全局变形带来的干扰,利用多方向滑动汉明距离窗检测的方法将伴生图像与基准图像进行对齐,将汉明距离最小的窗内图像作为对齐后的图像。

[0040] 步骤103,将所述基准图像、对齐伴生图像组成的预处理图像序列中的每帧图像进行上采样和分块,并依次将上采样后图像序列中每帧图像的分块位置相同的子块按照图像质量高低的顺序存入堆栈中,得到虹膜图像子块。

[0041] 优选地,所述上采样采用双立方插值法。

[0042] 在步骤103中,由于低质序列虹膜图像存在局部变形和失真,因此分块信息融合更有利于细节信息增强,为了将多帧图像进行分块超分辨率信息融合,首先对每帧图像进行上采样将图像分辨率扩展,典型地所述上采用为1:2上采样,假设所述图像的分辨率为 $X \times Y$ ,则上采样后的图像分辨率为 $2X \times 2Y$ ,需要说明的是,所述上采样也可以采用1:3上采样,或其他采样率上采样,这里不做特别限定。

[0043] 在步骤103中,假设分块的大小为 $x \times y$ 的子块,因此单帧图像包含 $(2X/x) \times (2Y/y)$ 个子块。

[0044] 假设所述预处理图像的分辨率为 $288 \times 64$ ,为了将多帧图像进行分块超分辨率信息融合,对每帧图像进行1:2上采样将图像分辨率扩展至 $576 \times 128$ ,然后将其划分成大小为 $48 \times 32$ 的子块,因此单帧图像包含 $12 \times 4 = 48$ 个子块,依次将上采样后的序列中每帧图像的相同位置的子块按照质量高低的顺序存入堆栈中,得到48个堆栈,每个堆栈中含有10个子块。

[0045] 其中,图像上采样采用双立方插值法:

[0046]  $I' = \text{imresize}(I, [128 \ 576], 'bicubic')$  (2)

[0047] 其中,imresize为图像插值函数,I表示分辨率为 $288 \times 64$ 的原图像,I'表示分辨率为 $576 \times 128$ 的1:2上采样图像。

[0048] 需要说明的是,所述上采样的采样率、分块的子块分辨率可以是本发明实施例中的数值,也可以是其他数值,这里不做特别限定。

[0049] 步骤104,采用归一化互信息熵判别准则对各堆栈中的所述虹膜图像子块的基准子块和伴生子块进行局部配准,得到虹膜图像配准子块。

[0050] 步骤105,对各堆栈中的所述虹膜图像配准子块进行超分辨率多阶局部信息加权重建,得到虹膜图像重建子块。

[0051] 进一步地,所述虹膜图像重建子块为:

[0052]  $RB = BB + \text{diff}(BB) + \text{diff2}(BB) + \sum_{m=1-M-1} w_m * (AB_m + \text{diff}(AB_m) + \text{diff2}(AB_m))$  (3)

[0053] 其中,RB为所述虹膜图像重建子块,BB为所述基准子块, $AB_m$ 为所述质量排序为m的配准子块, $w_m$ 为所述质量排序为m的配准子块的权值,diff为图像一阶导数函数,diff2为图像二阶导数函数。

[0054] 在步骤105中,由于图像的一阶导数可以提取较粗的边缘信息,二阶导数能提取更为精细的纹理信息,因此通过叠加苏搜狐基准子块、配准伴生子块及其一阶、二阶导数实现超分辨率局部信息融合,以增强图像的局部细节信息。考虑到各配准伴生子块图像质量的

高低,通过加权叠加重建局部细节信息,计算各堆栈的所述虹膜图像配准子块的权值为:

$$[0055] \quad w_m = e^{(8M-7m-9)/(M-2)} / \sum_{m=1 \rightarrow M-1} e^{(8M-7m-9)/(M-2)} \quad (4)$$

[0056] 其中, $w_m$ 为所述质量排序为 $m$ 的配准子块的权值, $M$ 为所述归一化虹膜图像序列的图像帧数, $m$ 为所述各堆栈中配准子块的质量序数。

[0057] 步骤106,将各堆栈中的所述虹膜图像重建块按照原始相对位置进行归一化拼接,并下采样,得到重建图像。

[0058] 进一步地,对各堆栈中的所述虹膜图像重建子块,利用归一化因子平滑拼接边缘,得到拼接归一化重建子块为:

$$[0059] \quad RB_e' = RB_e / NR_e \quad (5)$$

[0060] 其中, $RB_e'$ 为所述拼接归一化重建子块, $RB_e$ 为所述虹膜图像重建子块, $NR_e$ 为所述归一化因子。

[0061] 在步骤106中,假设所述所述虹膜图像重建子块的分辨率为 $(2X/x) \times (2Y/y)$ ,为了消除子块拼接时产生的边界灰度跳跃现象,利用归一化因子平滑拼接边缘,并进行下采样,假设所述下采样为2:1下采样,则所述重建图像的分辨率为 $X \times Y$ 。优选地,所述下采样的方法为双线性插值法。

[0062] 假设在各堆栈中的所述虹膜图像中,有48个堆栈,每个堆栈有10个虹膜图像,每帧图像的分辨率为 $576 \times 128$ ,将48个重建子块按照原始相对位置进行拼接,并进行2:1下采样,得到一幅分辨率大小为 $288 \times 64$ 的超分辨率信息融合重建归一化虹膜图像。其中,图像下采样采用双线性插值法:

$$[0063] \quad P' = \text{imresize}(P, [64 \ 288], 'bilinear') \quad (6)$$

[0064] 其中, $\text{imresize}$ 为图像插值函数, $P$ 表示分辨率为 $576 \times 128$ 的原图像, $P'$ 表示分辨率为 $288 \times 64$ 的2:1下采样图像。

[0065] 步骤107,将所述重建图像进行去噪和锐化处理,得到图像增强后的归一化虹膜图像。

[0066] 在步骤107中,将重建图像进行去噪和锐化等后处理的目的是进一步提升图像的对比度和清晰度,最终得到一幅增强后的归一化虹膜图像。

[0067] 在步骤107中,去噪采用中值联合高斯低通滤波,以有效去除白噪声和椒盐噪声:

$$[0068] \quad RI' = \text{imfilter}(RI, 'median' * 'Gaussian\_low') \quad (7)$$

[0069] 其中, $\text{imfilter}$ 表示二维中值联合高斯低通滤波函数, $RI'$ 表示去噪后的图像。

[0070] 在步骤107中,锐化采用拉普拉斯算子,以有效增强局部细节像素的灰度对比度:

$$[0071] \quad EI = \text{del2}(RI') \quad (8)$$

[0072] 其中, $RI'$ 表示去噪后的图像, $\text{del2}$ 表示离散拉普拉斯变换函数, $EI$ 为增强后的归一化虹膜图像。

[0073] 本发明实施例提供了一种虹膜图像增强方法,所述虹膜图像序列为连续10帧低质的归一化虹膜图像序列,通过分块超分辨率局部信息加权融合的方法,得到一幅增强后的归一化虹膜图像。可以看出,本发明所述技术方案,能在抵抗虹膜图像变形、模糊和噪声污染的同时有效复原虹膜局部细节信息,解决了常规图像增强方法难以对远距离动态低质虹膜图像进行有效增强的问题,从而有助于提高系统的准确率和鲁棒性。

[0074] 图2为一种包含全局对其的虹膜图像增强方法流程实施例,具体包含以下步骤:



[0075] 步骤101,获取归一化虹膜图像序列,选取图像质量最高的图像作为基准图像,其余按照图像质量高低排序作为伴生图像。

[0076] 步骤201,将所述伴生图像序列中的每帧图像沿四周方向扩展,得到扩展伴生图像序列。

[0077] 在步骤201中,假设所述伴生图像分别沿四周的方向扩展p列和q行,其分辨率大小变为 $(X+2p) \times (Y+2q)$ 。

[0078] 步骤202,在所述扩展伴生图像序列的中开一个窗口,所述窗口大小与所述伴生图像序列中的每帧图像大小相同。

[0079] 步骤203,对所述扩展伴生图像序列的每帧图像,逐行、逐列滑动所述窗口,计算所述窗口内图像与所述基准图像的汉明距离,将所述汉明距离最小的所述窗口内图像记为对齐图像,根据每帧图像的所述对齐图像得到所述对齐伴生图像序列。

[0080] 在步骤203中,在 $(X+2p) \times (Y+2q)$ 大小的伴生图像中开一个 $X \times Y$ 大小的窗口,逐行、逐列滑动窗口并计算窗内图像与基准图像的汉明距离,将汉明距离最小的窗内图像记为对齐图像,逐帧对伴生图像序列进行全局对齐,得到对齐伴生图像序列。

[0081] 假设所述伴生图像的分辨率大小为 $288 \times 64$ ,将伴生图像分别沿四周的方向扩展8列和8行,则扩展后的伴生图像分辨率大小变为 $304 \times 80$ 。在 $304 \times 80$ 大小的伴生图像中开一个 $288 \times 64$ 大小的窗口,逐行、逐列滑动窗口并计算窗内图像与基准图像的汉明距离,将汉明距离最小的窗内图像记为对齐图像。逐帧对伴生图像序列进行全局对齐,得到对齐伴生图像序列。

[0082] 步骤103,将所述基准图像、对齐伴生图像组成的预处理图像序列中的每帧图像进行上采样和分块,并依次将上采样后图像序列中每帧图像的分块位置相同的子块按照图像质量高低的顺序存入堆栈中,得到虹膜图像子块。

[0083] 步骤204,计算各堆栈中所述虹膜图像子块中基准子块的信息熵。

[0084] 所述基准子块的信息熵为:

$$[0085] \quad H(BB) = -\sum_i (s_i \log s_i) \quad (9)$$

[0086] 其中,BB为所述基准子块, $H(BB)$ 为所述基准子块的信息熵, $s_i$ 表示灰度级 $i$ 在所述基准子块中出现的概率, $i=0,1,\dots,255$ 。

[0087] 步骤205,计算各堆栈中所述虹膜图像子块中每个伴生子块的信息熵。

[0088] 所述每个伴生子块的信息熵为:

$$[0089] \quad H(CB_m) = -\sum_i (t_i \log t_i) \quad (10)$$

[0090] 其中, $CB_m$ 为第 $m$ 个伴生子块, $H(CB_m)$ 为所述第 $m$ 个伴生子块的信息熵, $t_i$ 表示灰度级 $i$ 在所述伴生子块 $CB_m$ 中出现的概率, $i=0,1,\dots,255$ 。

[0091] 步骤206,计算各堆栈中所述虹膜图像子块中基准子块与伴生子块联合熵。

[0092] 所述联合熵为:

$$[0093] \quad H(BB, CB_m) = -\sum_{j,k} (z(j,k) \log z(j,k)) \quad (11)$$

[0094] 其中,BB为所述基准子块, $CB_m$ 为所述第 $m$ 个伴生子块, $H(BB, CB_m)$ 为所述联合熵, $z(j,k)$ 为灰度级对 $(j,k)$ 在所述基准子块BB和所述第 $m$ 个伴生子块 $CB_m$ 相应位置上出现的概率, $j,k=0,1,\dots,255$ 。

[0095] 步骤207,计算各堆栈中所述基准子块与所述伴生子块的归一化互信息熵。

[0096] 所述基准子块与所述伴生子块的归一化互信息熵为：

$$[0097] \quad NMI(BB, CB_m) = (H(BB) + H(CB_m)) / H(BB, CB_m) \quad (12)$$

[0098] 其中, BB为所述基准子块,  $CB_m$ 为所述第m个伴生子块,  $NMI(BB, CB_m)$ 为所述归一化互信息熵,  $H(BB)$ 为所述基准子块的信息熵,  $H(CB_m)$ 为所述第m个伴生子块的信息熵,  $H(BB, CB_m)$ 为所述联合熵。

[0099] 在步骤207中, 所述基准子块与所述伴生子块的归一化互信息熵越大, 表示所述基准子块与所述伴生子块两幅图像越相似。

[0100] 步骤208, 将各堆栈中所述虹膜图像子块中的所述伴生子块与所述基准子块重合, 并在沿水平方向、垂直方向滑动的范围内, 找到所述归一化互信息熵最大的重叠区域为所述伴生子块的配准子块, 并求得所述基准子块各像素点的累计配准次数矩阵。

[0101] 在步骤208中, 所述累计配准次数矩阵的个数为  $0, 1, \dots, (2X/x) \times (2Y/y)$ , 其中X、Y为所述归一化虹膜图像序列的图像分辨率, x、y为所述分块的子块分辨率。

[0102] 步骤105, 对各堆栈中的所述虹膜图像配准子块进行超分辨率多阶局部信息加权重建, 得到虹膜图像重建子块。

[0103] 步骤106, 将各堆栈中的所述虹膜图像重建子块按照原始相对位置进行归一化拼接, 并下采样, 得到重建图像。

[0104] 步骤107, 将所述重建图像进行去噪和锐化处理, 得到图像增强后的归一化虹膜图像。

[0105] 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、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0106] 以上所述仅为本发明的实施例而已, 并不用于限制本发明。对于本领域技术人员来说, 本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的权利要求范围之内。

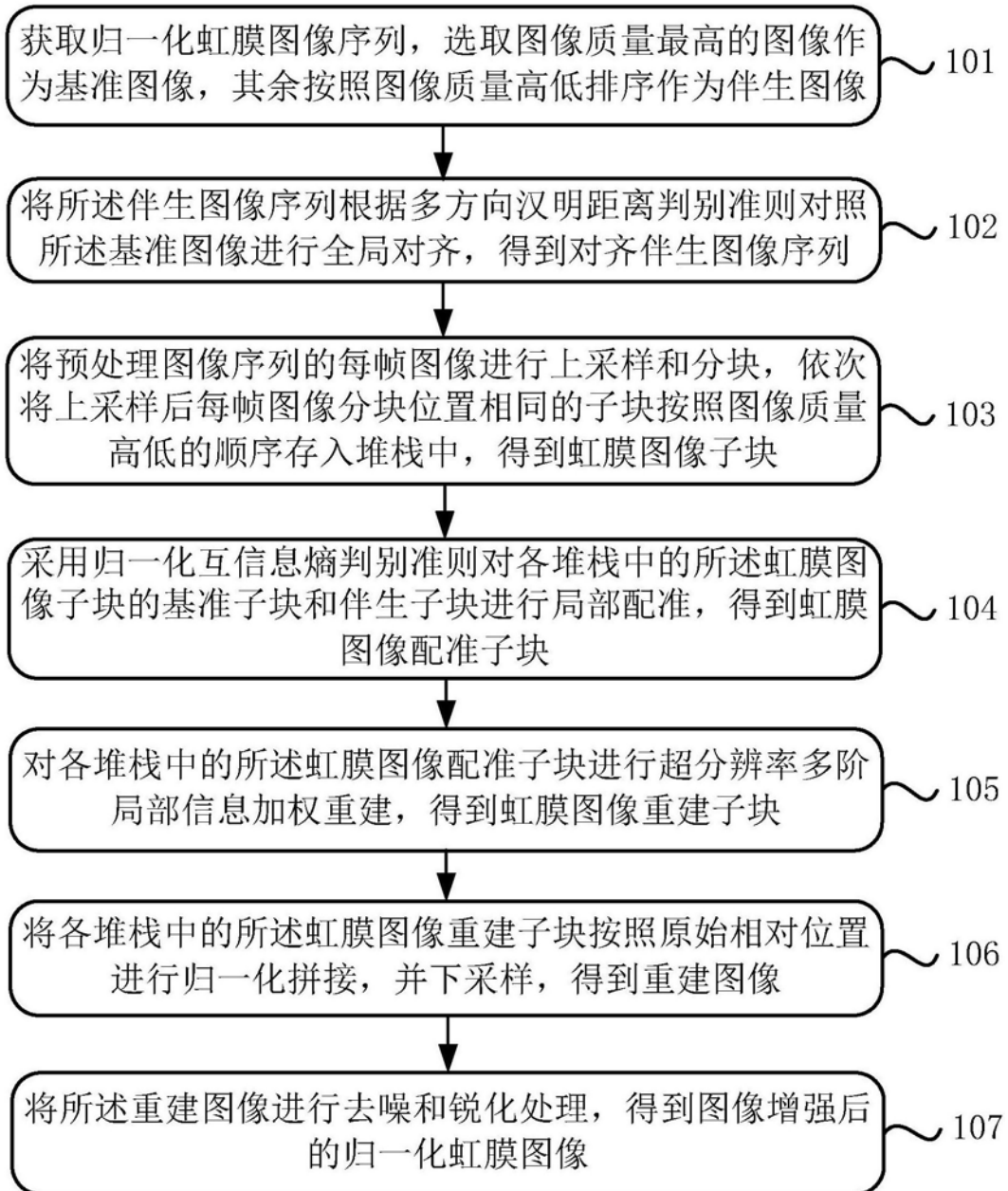


图1

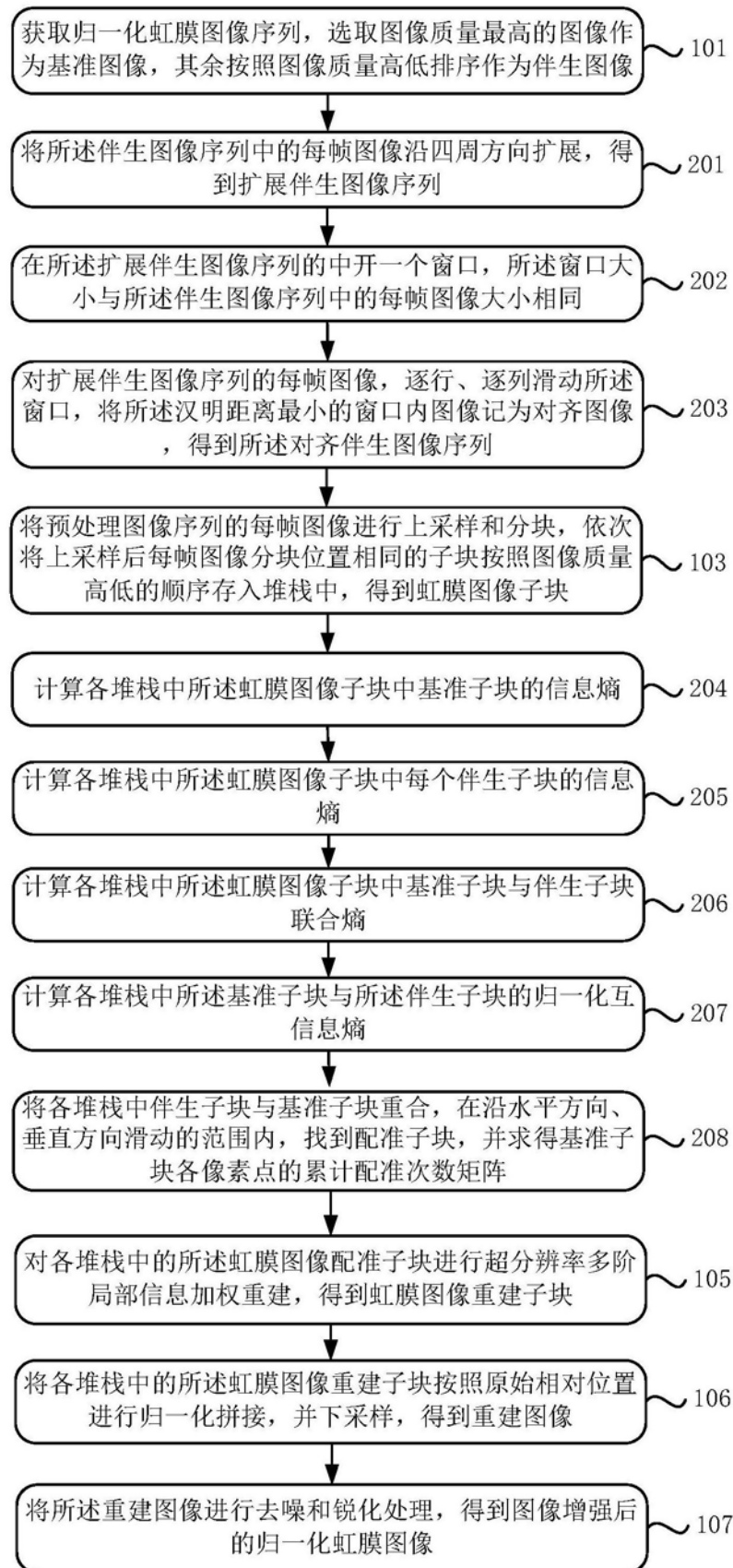


图2