



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115100221 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 23

(21) 申请号 202211002723.6

(22) 申请日 2022.08.22

(71) 申请人 启东市云鹏玻璃机械有限公司
地址 226200 江苏省南通市启东市海复镇
人民路

(72) 发明人 李坤

(74) 专利代理机构 绍兴三人行柯信知识产权代
理事务所(普通合伙) 33495
专利代理师 齐玉巧

(51) Int. Cl.

G06T 7/11 (2017.01)

G06T 7/13 (2017.01)

G06T 7/00 (2017.01)

G06V 10/762 (2022.01)

G06V 10/74 (2022.01)

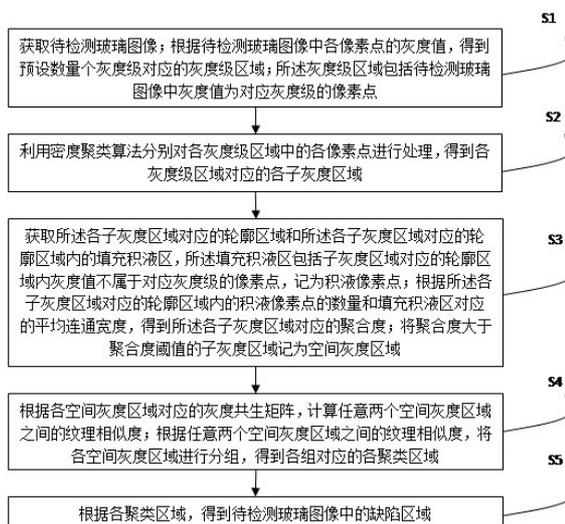
权利要求书4页 说明书10页 附图1页

(54) 发明名称

一种玻璃缺陷分割方法

(57) 摘要

本发明涉及玻璃缺陷分割技术领域,具体涉及一种玻璃缺陷分割方法。方法包括:根据待检测玻璃图像中各像素点的灰度值,得到各灰度级区域对应的各子灰度区域;获取各子灰度区域对应的轮廓区域和各子灰度区域对应的轮廓区域内的填充积液区;根据各子灰度区域对应的轮廓区域内的积液像素点的数量和填充积液区对应的平均连通宽度,得到各子灰度区域对应的聚合度;将聚合度大于聚合度阈值的子灰度区域记为空间灰度区域;根据各空间灰度区域对应的灰度共生矩阵,计算任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度;根据任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度,得到待检测玻璃图像中的缺陷区域。本发明提高了对玻璃缺陷进行识别的可靠性。



1. 一种玻璃缺陷分割方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

获取待检测玻璃图像;根据待检测玻璃图像中各像素点的灰度值,得到预设数量个灰度级对应的灰度级区域;所述灰度级区域包括待检测玻璃图像中灰度值为对应灰度级的像素点;

利用密度聚类算法分别对各灰度级区域中的各像素点进行处理,得到各灰度级区域对应的各子灰度区域;

获取所述各子灰度区域对应的轮廓区域和所述各子灰度区域对应的轮廓区域内的填充积液区,所述填充积液区包括子灰度区域对应的轮廓区域内灰度值不属于对应灰度级的像素点,记为积液像素点;根据所述各子灰度区域对应的轮廓区域内的积液像素点的数量和填充积液区对应的平均连通宽度,得到所述各子灰度区域对应的聚合度;将聚合度大于聚合度阈值的子灰度区域记为空间灰度区域;

根据各空间灰度区域对应的灰度共生矩阵,计算任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度;根据任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度,将各空间灰度区域进行分组,得到各组对应的各聚类区域;

根据各聚类区域,得到待检测玻璃图像中的缺陷区域。

2. 根据权利要求1所述的一种玻璃缺陷分割方法,其特征在于,根据待检测玻璃图像中各像素点的灰度值,得到预设数量个灰度级对应的灰度级区域,包括:

根据待检测玻璃图像中各像素点的灰度值,统计得到对应的灰度直方图;

根据灰度直方图和多阈值Otsu 大津法,将待检测玻璃图像划分为预设数量个灰度级区域。

3. 根据权利要求1所述的一种玻璃缺陷分割方法,其特征在于,获取所述各子灰度区域对应的轮廓区域,包括:

对于任一灰度级区域对应的任一子灰度区域:

确定该子灰度区域对应的各像素点对应的行坐标中的最大值,记为最大行坐标;确定该子灰度区域对应的各像素点对应的行坐标中的最小值,记为最小行坐标;

对最大行坐标和最小行坐标之间的行进行遍历,获取每一行包含的该子灰度区域对应的像素点中列坐标最大的像素点,记为第一像素点;获取每一行包含的该子灰度区域对应的像素点中列坐标最小的像素点,记为第二像素点;

将每一行对应的第一像素点和第二像素点作为对应行的两个端点;根据每一行对应的第一像素点和第二像素点,得到该子灰度区域对应的轮廓;将所述轮廓包含的区域记为该子灰度区域对应的轮廓区域。

4. 根据权利要求1所述的一种玻璃缺陷分割方法,其特征在于,根据所述各子灰度区域对应的轮廓区域内的积液像素点的数量和填充积液区对应的平均连通宽度,得到所述各子灰度区域对应的聚合度,包括:

对于任一子灰度区域:

对该子灰度区域进行闭合性检测,若判定该子灰度区域是闭合线结构,则令该子灰度区域对应的聚合度为1;

若判定该子灰度区域不是闭合线结构:获取该子灰度区域对应的轮廓区域内所有像素

点的数量;计算该子灰度区域对应的轮廓区域内的积液像素点数量与所述所有像素点的数量之比,记为积液占比;计算1与积液占比之差,将差值作为该子灰度区域对应的填充度;若该子灰度区域对应的填充度小于预设阈值,则将该子灰度区域对应的聚合度设置为0;若该子灰度区域对应的填充度大于等于预设阈值,则计算该子灰度区域对应的填充积液区的平均连通宽度和该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度;根据所述填充度、所述平均连通宽度和所述不均匀度,计算该子灰度区域对应的聚合度。

5. 根据权利要求4所述的一种玻璃缺陷分割方法,其特征在于,计算该子灰度区域对应的填充积液区的平均连通宽度,包括:

构建该子灰度区域对应的二值图像;所述二值图像中积液像素点对应的点被标记为1,其他点被标记为0;

采用canny算子对该子灰度区域对应的二值图像进行处理,得到对应的边缘图像;将边缘图像中边缘上的像素点记为边缘像素点;

对于任一边缘像素点:在该边缘像素点梯度方向上寻找与其距离最近的边缘像素点;若在该边缘像素点梯度方向上找不到与其距离最近的边缘像素点,则将该边缘像素点记为无效边缘点;若在该边缘像素点梯度方向上能找到与其距离最近的边缘像素点,则将该边缘像素点记为目标边缘像素点;计算该目标边缘像素点与其梯度方向上距离最近的边缘像素点的欧式距离,将所述欧式距离作为该目标边缘像素点对应的连通宽度;

将各目标边缘像素点对应的连通宽度从小到大进行排序,获取连通宽度的中值;提取所述中值预设邻域范围内的连通宽度,将提取出来的连通宽度对应的目标边缘像素点记为有效边缘点;

计算各有效边缘点对应的连通宽度的平均值,将所述平均值作为该子灰度区域对应的填充积液区的平均连通宽度。

6. 根据权利要求5所述的一种玻璃缺陷分割方法,其特征在于,计算该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度,包括:

将所述二值图像均匀划分,得到多个图像块;

对于任一图像块:计算该图像块中包含的有效边缘点对应的连通宽度的均值,将所述均值作为该图像块包含的填充积液区的平均连通宽度;

根据各图像块包含的填充积液区的平均连通宽度,计算该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度;

所述该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度的计算公式为:

$$\beta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (f(i,j) - m)^2$$

$$m = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{np(i,j)}{Np} f(i,j)$$

其中, β 为该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度, N 为图像块的总数量, a 为二值图像被划分的行数, b 为二值图像被划分的列数, $f(i,j)$ 为第*i*行第*j*列的图像块包含的填充

积液区的平均连通宽度, m 为综合连通宽度, $np(i, j)$ 为第 i 行第 j 列的图像块包含的该子灰度区域对应的像素点的数目, Np 为该子灰度区域对应的像素点的总数。

7. 根据权利要求4所述的一种玻璃缺陷分割方法, 其特征在于, 根据所述填充度、所述平均连通宽度和所述不均匀度, 计算该子灰度区域对应的聚合度的公式为:

$$\delta = \alpha + c_1 e^{-c_2 \beta \overline{wid}}$$

其中, δ 为该子灰度区域对应的聚合度, c_1 为第一调节参数, c_2 为第二调节参数, α 为该子灰度区域对应的填充度, \overline{wid} 为该子灰度区域对应的填充积液区的平均连通宽度, e 为自然常数, β 为该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度。

8. 根据权利要求1所述的一种玻璃缺陷分割方法, 其特征在于, 根据各空间灰度区域对应的灰度共生矩阵, 计算任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度, 包括:

对于任意两个空间灰度区域:

分别将这两个空间灰度区域记为第一空间灰度区域和第二空间灰度区域;

根据第一空间灰度区域的灰度共生矩阵和第二空间灰度区域的灰度共生矩阵, 计算第一空间灰度区域对应的特征值和第二空间灰度区域对应的特征值; 所述特征值包括能量、熵值、对比度和逆差矩;

根据第一空间灰度区域对应的特征值, 构建第一空间灰度区域对应的纹理特征向量; 根据第二空间灰度区域对应的特征值, 构建第二空间灰度区域对应的纹理特征向量;

根据第一空间灰度区域对应的纹理特征向量和第二空间灰度区域对应的纹理特征向量, 计算第一空间灰度区域和第二空间灰度区域之间的纹理相似度;

所述第一空间灰度区域和第二空间灰度区域之间的纹理相似度的计算公式为:

$$\rho_{1,2} = \frac{\sum_{q=1}^{q=4} 2\gamma_1(1,q)\gamma_2(1,q)}{\sum_{q=1}^{q=4} (\gamma_1(1,q))^2 + \sum_{q=1}^{q=4} (\gamma_2(1,q))^2}$$

其中, $\rho_{1,2}$ 为第一空间灰度区域和第二空间灰度区域之间的纹理相似度, $\gamma_1(1,q)$ 为第一空间灰度区域对应的纹理特征向量中的第 q 个元素, $\gamma_2(1,q)$ 为第二空间灰度区域对应的纹理特征向量中的第 q 个元素。

9. 根据权利要求1所述的一种玻璃缺陷分割方法, 其特征在于, 根据各聚类区域, 得到待检测玻璃图像中的缺陷区域, 包括:

将各聚类区域对应的像素点数目由小到大排序; 将像素点数目最大的聚类区域进行剔除, 将剔除了像素点数目最大的聚类区域后的各聚类区域记为目标聚类区域;

利用凸包算法对待检测玻璃图像中的各目标聚类区域进行处理, 得到各目标聚类区域对应的凸包区域;

对于任意两个目标聚类区域对应的凸包区域: 对这两个目标聚类区域对应的凸包区域求交集, 若交集不为空集, 则将这两个目标聚类区域的相容度赋值为1; 若交集为空集, 则将

这两个目标聚类区域的相容度赋值为0；

将待检测玻璃图像中相容度为1的两个目标聚类区域进行合并，得到待检测玻璃图像中的缺陷区域。

一种玻璃缺陷分割方法

技术领域

[0001] 本发明涉及玻璃缺陷分割技术领域,具体涉及一种玻璃缺陷分割方法。

背景技术

[0002] 玻璃是工业领域和民用领域的重要材料之一,并且是一种易碎的建筑材料,因此其强度和安全性尤为重要。但是在玻璃生产过程中,由于工艺不到位、环境有污染等原因,会生产出有缺陷的玻璃,从而严重影响了玻璃的结构性能;玻璃在生产过程中所产生的缺陷主要包括气泡、划痕、结石和夹杂等。

[0003] 在玻璃生产中对玻璃上的缺陷区域进行识别的方法往往是人工检测,而人工检测主要依靠检测人员的视觉以及经验,主观性较强,易于出错,进而导致对玻璃缺陷进行识别的可靠性较低。

发明内容

[0004] 为了解决现有基于人工检测的方式对玻璃缺陷进行识别的可靠性较低的问题,本发明的目的在于提供一种玻璃缺陷分割方法,所采用的技术方案具体如下:

本发明提供了一种玻璃缺陷分割方法包括以下步骤:

获取待检测玻璃图像;根据待检测玻璃图像中各像素点的灰度值,得到预设数量个灰度级对应的灰度级区域;所述灰度级区域包括待检测玻璃图像中灰度值为对应灰度级的像素点;

利用密度聚类算法分别对各灰度级区域中的各像素点进行处理,得到各灰度级区域对应的各子灰度区域;

获取所述各子灰度区域对应的轮廓区域和所述各子灰度区域对应的轮廓区域内的填充积液区,所述填充积液区包括子灰度区域对应的轮廓区域内灰度值不属于对应灰度级的像素点,记为积液像素点;根据所述各子灰度区域对应的轮廓区域内的积液像素点的数量和填充积液区对应的平均连通宽度,得到所述各子灰度区域对应的聚合度;将聚合度大于聚合度阈值的子灰度区域记为空间灰度区域;

根据各空间灰度区域对应的灰度共生矩阵,计算任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度;根据任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度,将各空间灰度区域进行分组,得到各组对应的各聚类区域;

根据各聚类区域,得到待检测玻璃图像中的缺陷区域。

[0005] 优选的,根据待检测玻璃图像中各像素点的灰度值,得到预设数量个灰度级对应的灰度级区域,包括:

根据待检测玻璃图像中各像素点的灰度值,统计得到对应的灰度直方图;

根据灰度直方图和多阈值 *Otsu* 大津法,将待检测玻璃图像划分为预设数量个灰度级区域。

[0006] 优选的,获取所述各子灰度区域对应的轮廓区域,包括:

对于任一灰度级区域对应的任一子灰度区域：

确定该子灰度区域对应的各像素点对应的行坐标中的最大值，记为最大行坐标；
确定该子灰度区域对应的各像素点对应的行坐标中的最小值，记为最小行坐标；

对最大行坐标和最小行坐标之间的行进行遍历，获取每一行包含的该子灰度区域对应的像素点中列坐标最大的像素点，记为第一像素点；获取每一行包含的该子灰度区域对应的像素点中列坐标最小的像素点，记为第二像素点；

将每一行对应的第一像素点和第二像素点作为对应行的两个端点；根据每一行对应的第一像素点和第二像素点，得到该子灰度区域对应的轮廓；将所述轮廓包含的区域记为该子灰度区域对应的轮廓区域。

[0007] 优选的，根据所述各子灰度区域对应的轮廓区域内的积液像素点的数量和填充积液区对应的平均连通宽度，得到所述各子灰度区域对应的聚合度，包括：

对于任一子灰度区域：

对该子灰度区域进行闭合性检测，若判定该子灰度区域是闭合线结构，则令该子灰度区域对应的聚合度为1；

若判定该子灰度区域不是闭合线结构：获取该子灰度区域对应的轮廓区域内所有像素点的数量；计算该子灰度区域对应的轮廓区域内的积液像素点数量与所述所有像素点的数量之比，记为积液占比；计算1与积液占比之差，将差值作为该子灰度区域对应的填充度；若该子灰度区域对应的填充度小于预设阈值，则将该子灰度区域对应的聚合度设置为0；若该子灰度区域对应的填充度大于等于预设阈值，则计算该子灰度区域对应的填充积液区的平均连通宽度和该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度；根据所述填充度、所述平均连通宽度和所述不均匀度，计算该子灰度区域对应的聚合度。

[0008] 优选的，计算该子灰度区域对应的填充积液区的平均连通宽度，包括：

构建该子灰度区域对应的二值图像；所述二值图像中积液像素点对应的点被标记为1，其他点被标记为0；

采用canny算子对该子灰度区域对应的二值图像进行处理，得到对应的边缘图像；将边缘图像中边缘上的像素点记为边缘像素点；

对于任一边缘像素点：在该边缘像素点梯度方向上寻找与其距离最近的边缘像素点；若在该边缘像素点梯度方向上找不到与其距离最近的边缘像素点，则将该边缘像素点记为无效边缘点；若在该边缘像素点梯度方向上能找到与其距离最近的边缘像素点，则将边缘像素点记为目标边缘像素点；计算该目标边缘像素点与其梯度方向上距离最近的边缘像素点的欧式距离，将所述欧式距离作为该目标边缘像素点对应的连通宽度；

将各目标边缘像素点对应的连通宽度从小到大进行排序，获取连通宽度的中值；提取所述中值预设邻域范围内的连通宽度，将提取出来的连通宽度对应的目标边缘像素点记为有效边缘点；

计算各有效边缘点对应的连通宽度的平均值，将所述平均值作为该子灰度区域对应的填充积液区的平均连通宽度。

[0009] 优选的，计算该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度，包括：

将所述二值图像均匀划分，得到多个图像块；

对于任一图像块：计算该图像块中包含的有效边缘点对应的连通宽度的均值，将

所述均值作为该图像块包含的填充积液区的平均连通宽度；

根据各图像块包含的填充积液区的平均连通宽度，计算该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度；

所述该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度的计算公式为：

$$\beta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (f(i,j) - m)^2$$

$$m = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{np(i,j)}{Np} f(i,j)$$

其中， β 为该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度， N 为图像块的总数量， a 为二值图像被划分的行数， b 为二值图像被划分的列数， $f(i,j)$ 为第 i 行第 j 列的图像块包含的填充积液区的平均连通宽度， m 为综合连通宽度， $np(i,j)$ 为第 i 行第 j 列的图像块包含的该子灰度区域对应的像素点的数目， Np 为该子灰度区域对应的像素点的总数。

[0010] 优选的，根据所述填充度、所述平均连通宽度和所述不均匀度，计算该子灰度区域对应的聚合度的公式为：

$$\delta = \alpha + c_1 e^{-c_2 \beta \overline{wid}}$$

其中， δ 为该子灰度区域对应的聚合度， c_1 为第一调节参数， c_2 为第二调节参数， α 为该子灰度区域对应的填充度， \overline{wid} 为该子灰度区域对应的填充积液区的平均连通宽度， e 为自然常数， β 为该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度。

[0011] 优选的，根据各空间灰度区域对应的灰度共生矩阵，计算任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度，包括：

对于任意两个空间灰度区域：

分别将这两个空间灰度区域记为第一空间灰度区域和第二空间灰度区域；

根据第一空间灰度区域的灰度共生矩阵和第二空间灰度区域的灰度共生矩阵，计算第一空间灰度区域对应的特征值和第二空间灰度区域对应的特征值；所述特征值包括能量、熵值、对比度和逆差矩；

根据第一空间灰度区域对应的特征值，构建第一空间灰度区域对应的纹理特征向量；根据第二空间灰度区域对应的特征值，构建第二空间灰度区域对应的纹理特征向量；

根据第一空间灰度区域对应的纹理特征向量和第二空间灰度区域对应的纹理特征向量，计算第一空间灰度区域和第二空间灰度区域之间的纹理相似度；

所述第一空间灰度区域和第二空间灰度区域之间的纹理相似度的计算公式为：

$$\rho_{1,2} = \frac{\sum_{q=1}^{q=4} 2\gamma_1(1,q)\gamma_2(1,q)}{\sum_{q=1}^{q=4} (\gamma_1(1,q))^2 + \sum_{q=1}^{q=4} (\gamma_2(1,q))^2}$$

其中, $\rho_{1,2}$ 为第一空间灰度区域和第二空间灰度区域之间的纹理相似度, $\gamma_1(1,q)$ 为第一空间灰度区域对应的纹理特征向量中的第 q 个元素, $\gamma_2(1,q)$ 为第二空间灰度区域对应的纹理特征向量中的第 q 个元素。

[0012] 优选的, 根据各聚类区域, 得到待检测玻璃图像中的缺陷区域, 包括:

将各聚类区域对应的像素点数目由小到大排序; 将像素点数目最大的聚类区域进行剔除, 将剔除了像素点数目最大的聚类区域后的各聚类区域记为目标聚类区域;

利用凸包算法对待检测玻璃图像中的各目标聚类区域进行处理, 得到各目标聚类区域对应的凸包区域;

对于任意两个目标聚类区域对应的凸包区域: 对这两个目标聚类区域对应的凸包区域求交集, 若交集不为空集, 则将这两个目标聚类区域的相容度赋值为1; 若交集为空集, 则将这两个目标聚类区域的相容度赋值为0;

将待检测玻璃图像中相容度为1的两个目标聚类区域进行合并, 得到待检测玻璃图像中的缺陷区域。

[0013] 本发明具有如下有益效果:

本发明首先根据待检测玻璃图像中各像素点的灰度值, 得到各灰度级区域对应的各子灰度区域, 然后根据所述各子灰度区域对应的轮廓区域内的积液像素点的数量和填充积液区对应的平均连通宽度, 得到所述各子灰度区域对应的聚合度, 本发明将聚合度大于聚合度阈值的子灰度区域记为空间灰度区域, 进而计算任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度, 最后根据任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度, 得到待检测玻璃图像中的缺陷区域。本发明通过对待检测玻璃图像中不同类型缺陷的区域进行分割处理, 以识别出缺陷所在的区域, 为后续对玻璃缺陷的分析提供了更加可靠的缺陷区域; 本发明提高了对玻璃缺陷进行识别的可靠性。

附图说明

[0014] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案和优点, 下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单的介绍, 显而易见地, 下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例, 对于本领域普通技术人员来讲, 在不付出创造性劳动的前提下, 还可以根据这些附图获得其它附图。

[0015] 图1为本发明所提供的一种玻璃缺陷分割方法的流程图。

具体实施方式

[0016] 为了更进一步阐述本发明为达成预定发明目的所采取的技术手段及功能效果, 以下结合附图及较佳实施例, 对依据本发明提出的一种玻璃缺陷分割方法进行详细说明如下。

[0017] 除非另有定义, 本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。

[0018] 下面结合附图具体的说明本发明所提供的一种玻璃缺陷分割方法的具体方案。

[0019] 一种玻璃缺陷分割方法实施例：

如图1所示，本实施例的一种玻璃缺陷分割方法包括以下步骤：

步骤S1，获取待检测玻璃图像；根据待检测玻璃图像中各像素点的灰度值，得到预设数量个灰度级对应的灰度级区域；所述灰度级区域包括待检测玻璃图像中灰度值为对应灰度级的像素点。

[0020] 玻璃在生产过程中会经常出现气泡、结石、夹杂和划痕等缺陷；其中，气泡缺陷是由于玻璃在生产的时候出现材料或外界环境含有气体导致的，气泡的轮廓有圆形和线性，且轮廓内部为中空结构；结石缺陷是由于材料本身和外界环境的热胀系数的差异导致的，形状为圆形的凸起结构；夹杂缺陷呈现暗黑色片状分散分布的特点；划伤缺陷是由于玻璃原板与硬质介质互相摩擦产生的，外表呈线性分布。

[0021] 考虑到传统的阈值分割的方法，会基于不同的灰度值将图像中的像素分割成不同的区域；但是由于玻璃缺陷的结构比较复杂，会导致传统的阈值分割法难以区分出玻璃内的缺陷区域；例如：对于气泡缺陷，气泡的边缘区域较暗对应的灰度值较小，但是气泡内部是中空结构，具有透光性，因此其灰度值与气泡边缘外部区域的灰度值近似，进而采用传统的阈值分割会导致气泡内部区域被划分到气泡外部的背景区域，这样错误的分割会影响对缺陷类型的判断；对于结石缺陷，结石外包裹部分的折射率比较小，会出现结石外包裹部分不清楚的情况，同时结石周围由于表面张力比较大可能在结石部分出现比较长的“尾巴”（即长尾区域），结石外包裹部分和“尾巴”区域的灰度值相对于结石来说会比较大，即同一个缺陷区域会出现灰度分布较为复杂的情况，因此采用传统的阈值分割并不能得到精确完整的结石区域。由此本实施例提出一种基于缺陷结构特点的分割方法，来对玻璃中的缺陷区域进行分割，将属于不同缺陷类别的区域分开提取，便于后续的检测工作。

[0022] 为了对玻璃的缺陷进行识别，本实施例利用RGB相机对待检测玻璃进行拍摄，得到对应的玻璃图像，所述玻璃图像中仅包含待检测玻璃；对玻璃图像进行预处理，具体的：将玻璃图像从RGB图像转化为灰度图像；然后采用中值滤波法对灰度图像进行处理，以过滤灰度图像中的噪声；最后采用直方图均衡化法对去噪后的灰度图像进行图像增强，进而得到待检测玻璃图像。

[0023] 根据待检测玻璃图像中各像素点的灰度值，统计得到对应的灰度直方图，所述灰度直方图的横坐标为灰度值；统计灰度直方图中灰度峰值的个数，然后采用多阈值Otsu大津法，设置分类个数为灰度直方图中灰度峰值的个数k，根据待检测玻璃图像中的像素点的灰度值，划分得到k个灰度级区域，即将灰度值分为k个灰度级，每个灰度级对应一个灰度值范围，将待检测玻璃图像中属于同一个灰度级的各像素点构成一个灰度级区域，进而得到各灰度级对应的灰度级区域。

[0024] 步骤S2，利用密度聚类算法分别对各灰度级区域中的各像素点进行处理，得到各灰度级区域对应的各子灰度区域。

[0025] 本实施例根据步骤S1得到了待检测玻璃图像中各灰度级对应的灰度级区域；考虑到每个灰度级区域中包含的像素点会分布在图像中的不同位置，因此本实施例采用DBSCAN聚类算法（密度聚类算法）分别对各灰度级区域中的各像素点进行处理，将各灰度级区域对应的各像素点进行分组，进而得到各灰度级区域对应的各子灰度区域；本实施例

中DBSCAN聚类算法为现有技术,其中的参数需根据实际需要来设置,在此就不再详细赘述。

[0026] 至此,本实施例得到待检测玻璃图像中各灰度级对应的灰度级区域,以及各灰度级区域对应的子灰度区域。

[0027] 步骤S3,获取所述各子灰度区域对应的轮廓区域和所述各子灰度区域对应的轮廓区域内的填充积液区,所述填充积液区包括子灰度区域对应的轮廓区域内灰度值不属于对应灰度级的像素点,记为积液像素点;根据所述各子灰度区域对应的轮廓区域内的积液像素点的数量和填充积液区对应的平均连通宽度,得到所述各子灰度区域对应的聚合度;将聚合度大于聚合度阈值的子灰度区域记为空间灰度区域。

[0028] 接下来本实施例对各灰度级区域对应的各子灰度区域分别进行聚合度检测,来判断子灰度区域中对应的像素点的空间位置距离,如果像素点与周围像素点的空间位置距离都比较小,则判定对应的子灰度区域为空间灰度区域,即子灰度区域对应的各像素点具有空间位置相近和灰度值相近的特点。

[0029] 对于任一灰度级区域对应的任一子灰度区域:

本实施例首先获取该子灰度区域的轮廓,具体的:首先确定该子灰度区域对应的各像素点对应的行坐标中的最大值和最小值,分别记为最大行坐标和最小行坐标,所述行坐标为像素点在图像中所在的行数;对最大行坐标和最小行坐标之间的行进行遍历,获取每一行包含的该子灰度区域对应的像素点中列坐标最大的像素点(记为第一像素点)和列坐标最小的像素点(记为第二像素点);将每一行对应的第一像素点和第二像素点作为对应行的两个端点,若其中某一行中没有该子灰度区域对应的像素点出现或者只有一个像素点出现,那就将其相邻行(行号比当前行小于1或者大于1)对应的第一像素点的列坐标和第二像素点的列坐标在该行对应的两个像素点作为该行的两个端点,所述列坐标像素点在图像中所在的列数;至此可以得到所述最大行坐标和最小行坐标之间所有行对应的两个端点(所述所有行包含最大行坐标和最小行坐标对应的行),进而得到该子灰度区域对应的轮廓,本实施例将所述轮廓包含的区域记为该子灰度区域对应的轮廓区域。

[0030] 本实施例对该子灰度区域进行闭合性检测,具体的:从该子灰度区域的一个像素点出发,对该子灰度区域对应的所有像素点进行遍历,判断遍历到的每个像素点对应的八邻域内该子灰度区域对应的像素点存在的数量;遍历过程中只要有一个像素点对应的八邻域内存在该子灰度区域对应的像素点的数量小于2,就判断该子灰度区域不是闭合线结构;若该子灰度区域是闭合线结构,则直接令该子灰度区域对应的聚合度为1。

[0031] 若该子灰度区域不是闭合线结构,则对该子灰度区域对应的轮廓区域进行分析,得到该子灰度区域对应的聚合度,具体的:

将该子灰度区域对应的轮廓区域内不属于该子灰度区域的像素点标记为积液像素点,将轮廓区域内的各积液像素点组成填充积液区,即填充积液区包括子灰度区域对应的轮廓区域内灰度值不属于对应灰度级的像素点。

[0032] 本实施例在对该子灰度区域对应的聚合度进行分析时,借助该子灰度区域对应的轮廓区域内的填充积液区来对该子灰度区域的聚合度进行分析。

[0033] 本实施例根据该轮廓区域内的填充积液区的形态结构的特点来衡量该子灰度区

域的聚合度,如果填充积液区包含的像素点数量(即积液像素点的数量)与该轮廓区域包含的所有像素点的数量比例越低、填充积液区的平均连通宽度越小且填充积液区的连通宽度分布的越均匀,则表明该子灰度区域的聚合度越高。

[0034] 本实施例首先获取该子灰度区域对应的轮廓区域内的积液像素点数量和该轮廓区域内所有像素点的数量;计算所述积液像素点数量与所述所有像素点的数量之比,记为积液占比;计算1与积液占比之差,其差值作为该子灰度区域对应的填充度,所述填充度反映的是子灰度区域对应的轮廓区域内该子灰度区域对应的像素点所占的比例。

[0035] 若该子灰度区域对应的填充度小于0.5,则说明轮廓区域内属于该子灰度区域的像素点数量少于一半,即该子灰度区域的密度较低,此时本实施例直接将该子灰度区域的聚合度设置为0;若该子灰度区域对应的填充度大于等于0.5,则对该子灰度区域对应的轮廓区域内的填充积液区进行分析,本实施例首先计算填充积液区的平均连通宽度来反映填充积液区的粗细程度,具体的:

本实施例首先构建该子灰度区域对应的二值图像,其二值图像的大小与该轮廓区域的最小外接矩形的大小相同,所述二值图像中积液像素点对应的点被标记为1,其他点被标记为0;然后采用canny算子对该子灰度区域对应的二值图像进行处理,提取出二值图像中的边缘,并保存边缘上各像素的梯度方向;最后采用形态学闭操作对边缘中的断裂部分进行填充,进而得到对应的边缘图像,即提取到的边缘为填充积液区的边缘;本实施例将边缘图像中边缘上的像素点记为边缘像素点,同时边缘图像的各像素点与二值图像中对应位置的像素点一一对应。

[0036] 本实施例对各边缘像素点进行遍历,以得到填充积液区的平均连通宽度,具体的:

以任意一个边缘像素点为起点进行遍历,对于任一边缘像素点:在该边缘像素点梯度方向上寻找与其距离最近的边缘像素点,并计算该边缘像素点与其梯度方向上距离最近的边缘像素点的欧式距离,将所述欧式距离作为该边缘像素点对应的连通宽度,并在该边缘像素点在二值图像对应位置处标记对应的连通宽度;若在该边缘像素点梯度方向上找不到与其距离最近的边缘像素点,则本实施例将该边缘像素点标记为Null;本实施例将标记为Null的边缘像素点记为无效边缘点,将没有被标记为Null的边缘像素点记为目标边缘像素点。

[0037] 根据上述过程,可以得到各目标边缘像素点对应的连通宽度;为了确保计算得到的平均连通宽度的有效性,本实施例删除各目标边缘像素点对应的连通宽度中的极端值(即最大值和最小值);然后对剩余的各目标边缘像素点对应的连通宽度从小到大进行排序,并求取连通宽度的中值;接着将中值预设邻域范围内的连通宽度提取出来(将提取出来的连通宽度对应的目标边缘像素点记为有效边缘点),所述中值预设邻域范围为小于中值且距离中值最近的45%的连通宽度和大于中值且距离中值最近的45%的连通宽度,具体可根据实际需要来设置;最后计算各有效边缘点对应的连通宽度的平均值,将所述平均值作为填充积液区的平均连通宽度。至此本实施例得到了该子灰度区域对应的填充积液区的平均连通宽度。

[0038] 本实施例将二值图像均匀的分为 4×4 的图像块(具体可根据实际需要来划分),

对于任一图像块:计算该图像块中包含的有效边缘点对应的连通宽度的均值,将所述均值作为该图像块包含的填充积液区的平均连通宽度。根据上述过程,可以得到二值图像中各图像块包含的填充积液区的平均连通宽度;本实施例根据各图像块包含的填充积液区的平均连通宽度来计算该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度,即:

$$\beta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (f(i,j) - m)^2$$

$$m = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{np(i,j)}{Np} f(i,j)$$

其中, β 为该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度, N 为图像块的总数量, a 为二值图像被划分的行数, b 为二值图像被划分的列数, $f(i,j)$ 为第*i*行第*j*列的图像块包含的填充积液区的平均连通宽度, m 为综合连通宽度, $np(i,j)$ 为第*i*行第*j*列的图像块包含的该子灰度区域对应的像素点的数目, Np 为该子灰度区域对应的像素点的总数;本实施例中 $N=16,a=b=4$ 。

[0039] 根据上述公式,当各图像块的平均连通宽度与综合连通宽度越接近时,说明填充积液区的不同位置的平均连通宽度分布越均匀,则该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度越小。

[0040] 由此本实施例根据该子灰度区域对应的填充度、该子灰度区域对应的填充积液区的平均连通宽度和该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度,计算得到当该子灰度区域对应的填充度不小于0.5时,该子灰度区域对应的聚合度,即

$$\delta = \alpha + c_1 e^{-c_2 \beta \overline{wid}}$$

其中, δ 为该子灰度区域对应的聚合度, c_1 为第一调节参数, c_2 为第二调节参数, α 为该子灰度区域对应的填充度, \overline{wid} 为该子灰度区域对应的填充积液区的平均连通宽度, e 为自然常数;本实施例中第一调节参数和第二调节参数的大小根据实际需要进行设置。

[0041] 根据上述公式,当该子灰度区域对应的填充度越大,该子灰度区域对应的填充积液区的平均连通宽度越小,该子灰度区域对应的填充积液区的不均匀度越小时,则该子灰度区域对应的聚合度越高。

[0042] 至此本实施例可以根据上述过程得到各灰度级区域对应的各子灰度区域对应的聚合度;本实施例设置一个聚合度阈值,将聚合度大于聚合度阈值的子灰度区域记为空间灰度区域;所述聚合度阈值的大小根据实际需要进行设置。

[0043] 步骤S4,根据各空间灰度区域对应的灰度共生矩阵,计算任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度;根据任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度,将各空间灰度区域进行分组,得到各组对应的各聚类区域。

[0044] 本实施例根据步骤S3得到了待检测玻璃图像中的各空间灰度区域;考虑到不同的

空间灰度区域在结构上较为独立,但是若两个空间灰度区域的纹理相似度比较高,说明这两个空间灰度区域为同一缺陷的可能性越大,因此本实施例将这两个空间灰度区域合并成一个区域。具体的:

对于任意两个空间灰度区域:分别将这两个空间灰度区域记为第一空间灰度区域和第二空间灰度区域;分别获取第一空间灰度区域和第二空间灰度区域的灰度共生矩阵,然后根据第一空间灰度区域的灰度共生矩阵和第二空间灰度区域的灰度共生矩阵,计算第一空间灰度区域对应的特征值和第二空间灰度区域对应的特征值;本实施例中所述特征值包括能量、熵值、对比度和逆差矩;根据第一空间灰度区域对应的特征值,构建第一空间灰度区域对应的纹理特征向量;根据第二空间灰度区域对应的特征值,构建第二空间灰度区域对应的纹理特征向量;所述纹理特征向量记为 $\gamma = [ASM, ENT, CON, IDM]$,其中 γ 为纹理特征向量, ASM 为能量, ENT 为熵值, CON 为对比度, IDM 为逆差矩。本实施例根据第一空间灰度区域对应的纹理特征向量和第二空间灰度区域对应的纹理特征向量,计算第一空间灰度区域和第二空间灰度区域之间的纹理相似度,即:

$$\rho_{1,2} = \frac{\sum_{q=1}^{q=4} 2\gamma_1(1,q)\gamma_2(1,q)}{\sum_{q=1}^{q=4} (\gamma_1(1,q))^2 + \sum_{q=1}^{q=4} (\gamma_2(1,q))^2}$$

其中, $\rho_{1,2}$ 为第一空间灰度区域和第二空间灰度区域之间的纹理相似度, $\gamma_1(1,q)$ 为第一空间灰度区域对应的纹理特征向量中的第 q 个元素, $\gamma_2(1,q)$ 为第二空间灰度区域对应的纹理特征向量中的第 q 个元素。上述公式中 $\rho_{1,2}$ 越大,说明第一空间灰度区域和第二空间灰度区域之间的纹理越相似。

[0045] 至此,本实施例根据上述过程可以得到待检测玻璃图像中任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度。根据任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度,将各空间灰度区域进行分组,得到各组对应的聚类区域,具体的:本实施例设置一个纹理相似度阈值,将待检测玻璃图像中纹理相似度大于纹理相似度阈值的两个空间灰度区域合并(即归为一组),进而得到各聚类区域;一个聚类区域中可能包含多个空间灰度区域,也可能只包含一个空间灰度区域。本实施例中纹理相似度阈值的大小根据实际需要来设置。

[0046] 至此,本实施例得到了待检测玻璃图像中的各聚类区域。

[0047] 步骤S5,根据各聚类区域,得到待检测玻璃图像中的缺陷区域。

[0048] 本实施例中步骤S4根据任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度,得到了待检测玻璃图像中的各聚类区域;除此之外,本实施例还考虑到互相包裹或者相交的两个区域也属于同一缺陷,例如内部中空的气泡缺陷以及出现长尾和外包裹的结石缺陷;本实施例根据各聚类区域的相容度将再次进行合并,进而得到不同的缺陷区域,具体的:

考虑到待检测玻璃图像中正常玻璃区域占比是最大的且分布比较均匀,会被作为一个聚类区域;因此本实施例将各聚类区域对应的像素点的数目由小到大排序,将像素点数目最大的聚类区域作为背景区域(即正常玻璃区域)进行剔除,本实施例将剔除像素点数目最大的聚类区域后的各聚类区域记为目标聚类区域。

[0049] 接下来本实施例对任意两个目标聚类区域之间的相容度进行检测,判断目标聚类区域是否相交或者相互包裹,例如内部中空的气泡缺陷和外部有包裹的结石缺陷是外部包裹内部的结构;出现长尾的结石缺陷是长尾区域与结石区域相互交叉的结构。具体的:

本实施例利用凸包算法对待检测玻璃图像中的各目标聚类区域进行处理,得到各目标聚类区域对应的凸包区域;对于任意两个目标聚类区域对应的凸包区域:对这两个目标聚类区域对应的凸包区域求交集,如果交集不为空集,则将这两个目标聚类区域的相容度赋值为1,否则将这两个目标聚类区域的相容度赋值为0;由此本实施例将相容度为1的两个目标聚类区域合并为一个区域,进而得到待检测玻璃图像中的缺陷区域;待检测玻璃图像中的缺陷区域可能为1个,也可能为多个;一个缺陷区域对应一个缺陷类型。

[0050] 至此,本实施例根据上述过程得到了待检测玻璃图像中的缺陷区域。对于待检测玻璃图像中出现的多种缺陷类型的情况,本实施例可以将不同缺陷分成不同区域,进而便于后续根据不同的缺陷区域进行检测,以提高检测的可靠性。

[0051] 本实施例首先根据待检测玻璃图像中各像素点的灰度值,得到各灰度级区域对应的各子灰度区域,然后根据所述各子灰度区域对应的轮廓区域内的积液像素点的数量和填充积液区对应的平均连通宽度,得到所述各子灰度区域对应的聚合度,本实施例将聚合度大于聚合度阈值的子灰度区域记为空间灰度区域,进而计算任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度,最后根据任意两个空间灰度区域之间的纹理相似度,得到待检测玻璃图像中的缺陷区域。本实施例通过对待检测玻璃图像中不同类型缺陷的区域进行分割处理,为后续对玻璃缺陷的分析提供了更加可靠的缺陷区域;本实施例提高了对玻璃缺陷进行识别的可靠性。

[0052] 需要说明的是:以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

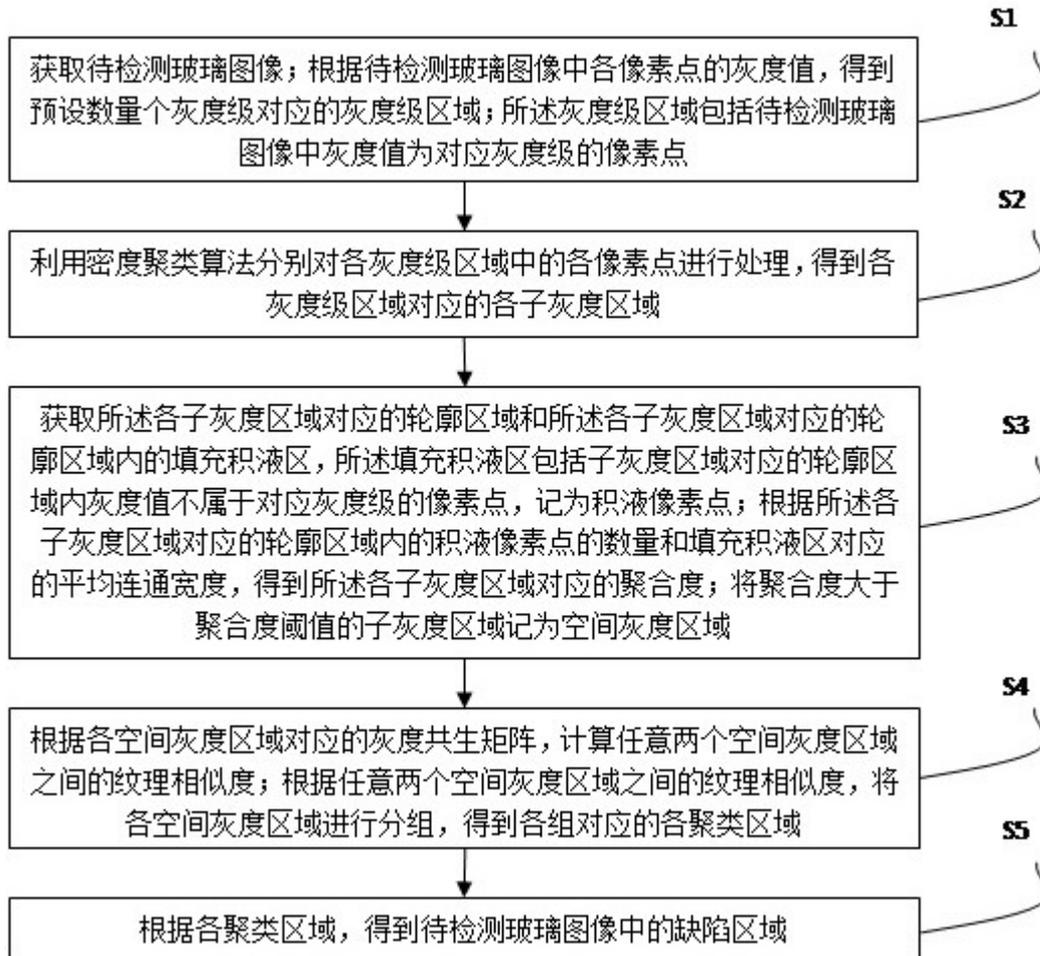


图1