



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108038883 B

(45) 授权公告日 2021.01.26

(21) 申请号 201711274813.X
 (22) 申请日 2017.12.06
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 108038883 A
 (43) 申请公布日 2018.05.15
 (73) 专利权人 陕西土豆数据科技有限公司
 地址 710000 陕西省西安市高新区天谷八
 路211号环普科技产业园E座504
 (72) 发明人 杨博 董建平 张荣荣
 (74) 专利代理机构 西安毅联专利代理有限公司
 61225
 代理人 文蓉
 (51) Int. Cl.
 G06T 7/73 (2017.01)
 G06T 7/13 (2017.01)
 G06T 5/00 (2006.01)

(56) 对比文件
 CN 106651872 A, 2017.05.10
 CN 105719259 A, 2016.06.29
 CN 1563891 A, 2005.01.12
 杨洋. 基于分形维数的路面裂缝图像分割方法研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑》.2015, (第3期), 第1-59页.
 Henrique Oliveira et al.. Automatic road crack segmentation using entropy and image dynamic thresholding.《2009 17th European Signal Processing Conference》.2015, 第622-626页.
 彭博等. 基于各向异性测度的路面三维图像裂缝识别.《西南交通大学学报》.2014, 第49卷 (第5期), 第888-895页.

审查员 杨阳

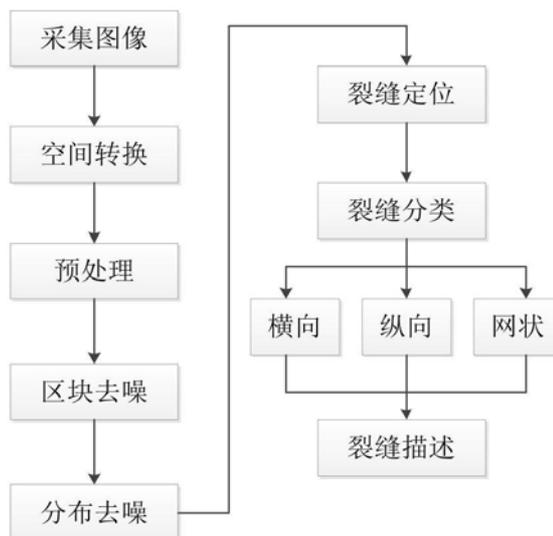
权利要求书4页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

一种应用于公路路面视频图像的裂缝检测及识别方法

(57) 摘要

本发明公开了一种应用于公路路面视频图像的裂缝检测及识别方法,该方法包括:通过对灰度图像进行低通滤波以及边缘提取得到边缘图像。采用一种自适应阈值获取的方法做图像阈值化处理。根据图像本身的特征计算适合当前图像的区块参数,并使用这些区块描述裂缝。进而对图像依次进行区块去噪和分布去噪运算。通过选取连通域中灰度累加值最小区块的方法确定裂缝精确定位结果。最后使用区块的分布特征完成对裂缝的描述。本发明适用于公路路面视频中的裂缝自动检测及识别,具有实时性好,应用场景广泛,抗干扰能力强等优点。



1. 一种应用于公路路面视频图像的裂缝检测及识别方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤1,对于输入图像,进行RGB到灰度的颜色空间转换,得到灰度图像,进而对灰度图像进行低通滤波,对低通滤波后的图像进行梯度算子边缘提取,得到边缘图像;

步骤2,对于得到的边缘图像,采用自适应阈值获取的方法阈值化图像,获得裂缝前景图像,进一步使用相同的阈值对步骤1中的灰度图像进行反向阈值化处理,将两次结果做按位与运算,获取裂缝阈值图像;

步骤21,对于边缘图像,采用基于收敛连通域判定的自适应阈值获取方法分割图像,首先计算图像上所有像素值的均值mean和标准差std,为了加快算法收敛速度,选取迭代初始阈值:

$$\text{Thresh}(0) = \text{mean} + \text{std}$$

之后每次迭代阈值设为 $\text{Thresh}(i)$, i 为当前迭代次数,按照下式计算:

$$\text{Thresh}(i) = \text{Thresh}(i-1) + 1, i \geq 1$$

使用 $\text{Thresh}(i)$ 阈值化图像,统计阈值图像中的连通域数量 $N(i)$,当 $N(i)$ 收敛时,即前后两次连通域数量相等,即满足下式:

$$N(k) \in [N(k-1) - N(k-1) \times \varepsilon, N(k-1) + N(k-1) \times \varepsilon]$$

其中, k 表示收敛时的迭代次数, ε 是差额控制参数,当前 $\text{Thresh}(k)$ 值即为自适应阈值 $g\text{Thresh}$;

步骤22,使用 $g\text{Thresh}$ 对边缘图像进行阈值化,提取裂缝前景图像 threshImg1 ,为了滤除图像当中的亮色行道线干扰,使用 $g\text{Thresh}$ 对步骤1中的灰度图像做反向阈值化,获得图像当中的暗色区域;

使用 $g\text{Thresh}$ 对 edgeImg 进行图像阈值化,获得裂缝前景图像 threshImg1 ,按照下式计算:

$$\text{threshImg1}(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{edgeImg}(i, j) \leq g\text{Thresh}, \\ 255, & \text{edgeImg}(i, j) > g\text{Thresh} \end{cases}$$

式中: $\text{threshImg1}(i, j)$ 是图像在位置 (i, j) 上的灰度值,为了滤除图像当中的亮色行道线干扰,使用 $g\text{Thresh}$ 对灰度图像做反向阈值化,获得反向阈值图像 threshImg2 ,按照下式计算:

$$\text{threshImg2}(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{grayImg}(i, j) > g\text{Thresh} \\ 255, & \text{grayImg}(i, j) \leq g\text{Thresh} \end{cases}$$

式中: $\text{threshImg2}(i, j)$ 是图像在位置 (i, j) 上的灰度值;

步骤23,对于反向阈值图像,利用数学形态学对其进行矩形掩模的膨胀运算,进而将其与裂缝前景图像进行按位与运算,运算结果就是裂缝阈值图像;

对于 threshImg2 ,利用数学形态学对其进行矩形掩模的膨胀运算,选择膨胀操作掩模大小为 9×9 ,将膨胀后的 threshImg2 与 threshImg1 进行按位与运算,运算结果就是裂缝阈值图像 threshImg ;

$$\text{rectLen} = 2 \times \sqrt{\text{areaPerRect}} + 1$$

通过该参数确定正方形区块大小；

步骤32,对于裂缝阈值图像,将非0区域划分为N个同样大小的区块,每个区块中的图像作为当前感兴趣区域ROI,统计ROI中的非0像素的个数 $\text{areaROI}^{(i)}$, $i \in [0, N)$,依据下式对图像进行区块去噪操作:

$$\text{areaROI}^{(i)} = \begin{cases} \text{areaROI}^{(i)}, & \text{areaROI}^{(i)} \geq \text{areaPerRect} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

将剩余的区块和其对应的裂缝阈值图像位置记录,得到疑似裂缝图像。

4.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤4进一步包括以下步骤:

步骤41,对于疑似裂缝图像,分别计算并记录每个区块的中心坐标 (x, y) ,统计这些中心坐标在X和Y方向的分布直方图;

步骤42,使用分布直方图,计算每一段连续分布区域长度 $\text{lenX}^{(i)}$ 和 $\text{lenY}^{(j)}$,其中 $i \in [0, P_1)$, $j \in [0, Q_1)$, P_1 和 Q_1 分别是X和Y方向分布直方图上的连续区域数量,记录连续分布的最大长度为 maxLenX 和 maxLenY ,给定判定阈值系数 lenThresh ,进行分布去噪操作,既满足下式:

$$\begin{cases} \text{lenX}^{(i)} > \text{maxLenX} \times \text{lenThresh} \\ \text{lenY}^{(j)} > \text{maxLenY} \times \text{lenThresh} \end{cases}$$

的连续区域保留,得到裂缝图像。

5.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤5进一步包括以下步骤:

步骤51,记录计算裂缝图像时的每个区块 $\text{rect}^{(m)}$ 的位置信息,其中 $m \in [0, M)$,之后分别在 $\text{rect}^{(m)}$ 的中心坐标的值域上,找到连续的区块作为连通域 $D_x^{(i)}$ 和 $D_y^{(j)}$,其中 $i \in [0, P_2)$, $j \in [0, Q_2)$, P_2 和 Q_2 是 $\text{rect}^{(m)}$ 的中心坐标每个值域上的连通域数量;

步骤52,在每个连通域当中计算各个区块内所包含的像素灰度值之和,选择灰度值之和最小的区块保存,得到精确定位后的裂缝位置。

6.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤6进一步包括以下步骤:

步骤61,对于精确定位后的裂缝位置,记录所有用于描述裂缝的区块,对这些区块计算最大外接矩形,该矩形宽、高分别记为: w, h ,二者比值记为: $\text{hov} = w/h$;

步骤62,当 $\text{hov} \geq 1$ 时,对所有区块在X方向上的投影个数进行统计,记录X方向上的投影的最大值,记为 maxX ,记录投影取值为1的点的个数为 xSize ,记录区块总个数为 blockSize ,设置判定系数 singleThresh ,按照下式判定裂缝分类:

$$\begin{cases} \text{xSize} \geq \text{blockSize} \times \text{singleThresh} : \text{横向裂缝} \\ \text{xSize} < \text{blockSize} \times \text{singleThresh} : \text{网状裂缝} \end{cases}$$

裂缝最大累计宽度和最大累计长度为:

$$\begin{cases} \text{maxWidth} = \text{maxX} \times \text{rectLen} \\ \text{maxLength} = \text{blockSize} \times \text{rectLen} \end{cases}$$

步骤63,当 $\text{hov} < 1$ 时,对所有区块在Y方向上的投影个数进行统计,记录Y方向上的投影

的最大值,记为maxY,记录投影取值为1的点的个数为ySize,记录区块总个数为blockSize,设置判定系数singleThresh,按照下式判定裂缝分类:

$$\begin{cases} ySize \geq blockSize \times singleThresh : \text{纵向裂缝} \\ ySize < blockSize \times singleThresh : \text{网状裂缝} \end{cases}$$

裂缝最大累计宽度和最大累计长度为:

$$\begin{cases} maxWidth = maxY \times rectLen \\ maxLength = blockSize \times rectLen \end{cases} \circ$$

一种应用于公路路面视频图像的裂缝检测及识别方法

技术领域

[0001] 本发明属于人工智能和图像处理技术领域,涉及一种应用于公路路面视频图像的裂缝检测及识别方法。

背景技术

[0002] 近年来我国公路建设飞速发展,但是道路病害也日益增多,尤其是道路裂缝病害。这些裂缝如果不能及时有效的修复,会给公路带来更加严重的破坏,同时也会对交通安全造成隐患。目前在对公路路面情况进行检测时,大部分还是使用传统的人工检测方法。这种传统的方法效率低、误差大,而且对交通有较大的影响,检测人员的人身安全也不能完全保证。现有的自动化检测方法当中,受限于费用昂贵的激光或红外设备,系统成本居高不下;基于机器视觉的裂缝检测算法,很多仅仅做到了检测出裂缝,而缺乏必要的对裂缝的分类及描述,不能够有效的帮助相关部门及时制定合适的养护计划。

发明内容

[0003] 本发明的目的是为了克服以往检测裂缝方法的缺陷,提出一种准确的,鲁棒的算法,该算法能够在公路视频图像中有效的检测及识别路面裂缝。算法包括以下步骤:

[0004] 一种应用于公路路面视频图像的裂缝检测及识别方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

[0005] 步骤1,对于输入图像,进行RGB到灰度的颜色空间转换,得到灰度图像,进而对灰度图像进行低通滤波,对低通滤波后的图像进行梯度算子边缘提取,得到边缘图像;

[0006] 步骤2,对于得到的边缘图像,采用自适应阈值获取的方法阈值化图像,获得裂缝前景图像,进一步使用相同的阈值对步骤1中的灰度图像进行反向阈值化处理,将两次结果做按位与运算,获取裂缝阈值图像;

[0007] 步骤3,通过设置分辨率参数,计算正方形区块边长,利用这些区块以及裂缝阈值图像中的非零像素位置,对图像进行区块去噪,剩余区块中的非零像素作为疑似裂缝图像,并保存去噪后的区块;

[0008] 步骤4,计算步骤3中每个标定区块的中心坐标,再分别计算这些坐标在X方向和Y方向的分布直方图,对疑似裂缝图像进行分布去噪,得到裂缝图像,并保存分布去噪后的区块;

[0009] 步骤5,对于裂缝图像,记录分布去噪后每个区块位置信息,在步骤1中的灰度图像上找出区块在X和Y方向上相互连通的区域,计算连通域中各区块内灰度值之和,取灰度值之和最小的区块作为精确定位后的裂缝位置;

[0010] 步骤6,对于精确定位裂缝位置,使用区块的分布特征计算得出裂缝分类:横向、纵向和网状,进一步根据不同的裂缝分类,计算得出裂缝的最大累计宽度和最大累计长度,完成对裂缝的描述。

[0011] 通过以上技术方案,本发明的技术效果在于:

[0012] 本发明适用于公路路面视频中的裂缝自动检测及识别,具有实时性好,应用场景广泛,抗干扰能力强等优点。

附图说明

- [0013] 图1是裂缝检测及识别算法的流程图。
 [0014] 图2是待检测裂缝灰度图像。
 [0015] 图3是对图2的预处理过程示意图。
 [0016] 图4是对图2低通滤波后的图像。
 [0017] 图5是方向梯度算子提取边缘结果图像。
 [0018] 图6是裂缝阈值图像。
 [0019] 图7是对图6进行区块去噪后的结果图像。
 [0020] 图8a,图8b是区块中心坐标X和Y方向的分布直方图。
 [0021] 图9是对图7进行分布去噪后的结果图像。
 [0022] 图10裂缝标记结果示意图。
 [0023] 图11裂缝精确定位示意图。

具体实施方式

- [0024] 以下结合具体实施例并参照附图,对本发明进一步详细说明。
 [0025] 图1是本发明裂缝检测及识别算法的流程图,如图所示,具体包含以下步骤:
 [0026] 步骤1,对于输入图像,进行RGB到灰度的颜色空间转换,得到灰度图像,进而对灰度图像进行低通滤波,对滤波后的图像进行梯度算子边缘提取,得到边缘图像。
 [0027] 所述步骤1进一步包括以下步骤:
 [0028] 步骤11,对于输入图像,考虑裂缝相较于路面其他区域呈现较为暗淡的特点,对图像灰度化处理,得到如图2的灰度图像grayImg;
 [0029] 步骤12,对grayImg的预处理过程如图3所示。考虑一般情况下裂缝灰度值较低,所以对grayImg进行低通滤波,本实施例中,遍历图像当中相邻的 3×3 邻域,将邻域中9个像素按照从小到大的顺序排列,按照以下模板对当前邻域按位计算:

$$[0030] \quad \frac{1}{5} \times \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

[0031] 相当于取前5个像素的平均值作为邻域中心处的灰度值保留,得到如图4的滤波图像blurImg;

[0032] 步骤13,考虑到使用8方向梯度算子计算边缘图像,会产生8次卷积运算,对算法效率造成影响,本实施例中,采用如下的4种模板对blurImg进行卷积运算:

[0033] $0^\circ 45^\circ 90^\circ 135^\circ$

$$[0034] \quad \begin{vmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} -1 & -2 & 0 \\ -2 & 0 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 0 & 2 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & -2 & 0 \end{vmatrix}$$

[0035] 对运算结果计算绝对值,记录这些边缘图像上对应位置取值最大的像素值作为最

终边缘图像edgeImg,如图5所示。

[0036] 步骤2,对于得到的边缘图像,采用一种自适应阈值获取的方法阈值化图像,获得裂缝前景图像,进一步使用相同的阈值对步骤11中的灰度图像进行反向阈值化处理,将两次结果做按位与运算,获取裂缝阈值图像。

[0037] 所述步骤2进一步包括以下步骤:

[0038] 步骤21,对于edgeImg,采用一种基于收敛连通域判定的自适应阈值获取方法阈值化图像,首先计算图像上所有像素的均值mean和标准差std:

$$\text{mean} = \frac{1}{\text{rows} \times \text{cols}} \sum_{i=0}^{\text{rows}-1} \sum_{j=0}^{\text{cols}-1} \text{edgeImg}(i, j)$$

[0039]

$$\text{std} = \sqrt{\frac{1}{\text{rows} \times \text{cols}} \sum_{i=0}^{\text{rows}-1} \sum_{j=0}^{\text{cols}-1} [\text{edgeImg}(i, j) - \text{mean}]^2}$$

[0040] 式中:edgeImg(i, j)是图像在位置(i, j)上的灰度值,rows和cols分别是图像的高和宽。为了加快算法收敛速度,选取迭代初始阈值:

[0041] $\text{Thresh}(0) = \text{mean} + \text{std}$

[0042] 之后每次迭代阈值设为Thresh(i),i为当前迭代次数,按照下式计算:

[0043] $\text{Thresh}(i) = \text{Thresh}(i-1) + 1, i \geq 1$

[0044] 使用Thresh(i)阈值化图像,统计阈值图像中的连通域数量N(i),当N(i)收敛时(前后两次连通域数量相等),即满足下式:

[0045] $N(k) \in [N(k-1) - N(k-1) \times \varepsilon, N(k-1) + N(k-1) \times \varepsilon]$

[0046] 其中,k表示收敛时的迭代次数, ε 是差额控制参数。当前Thresh(k)值即为自适应阈值gThresh。本实施例中, $\varepsilon = 0.2, g\text{Thresh} = 33$ 。

[0047] 步骤22,使用gThresh对edgeImg进行图像阈值化,获得裂缝前景图像threshImg1,按照下式计算:

$$\text{threshImg1}(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{edgeImg}(i, j) \leq g\text{Thresh}, \\ 255, & \text{edgeImg}(i, j) > g\text{Thresh} \end{cases}$$

[0049] 式中:threshImg1(i, j)是图像在位置(i, j)上的灰度值,为了滤除图像当中的亮色行道线干扰,使用gThresh对步骤11中灰度图像做反向阈值化,获得反向阈值图像threshImg2,按照下式计算:

$$\text{threshImg2}(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{grayImg}(i, j) > g\text{Thresh} \\ 255, & \text{grayImg}(i, j) \leq g\text{Thresh} \end{cases}$$

[0051] 式中:threshImg2(i, j)是图像在位置(i, j)上的灰度值。

[0052] 步骤23,对于threshImg2,利用数学形态学对其进行矩形掩模的膨胀运算,本实施例中选择膨胀操作掩模大小为 9×9 ,将膨胀后的threshImg2与threshImg1进行按位与运算,运算结果就是裂缝阈值图像threshImg,如图6所示。

[0053] 步骤3,通过设置分辨率参数,计算正方形区块边长,利用这些区块以及裂缝阈值图像中的非零像素位置,对图像进行区块去噪,剩余区块中的非零像素作为疑似裂缝图像,并保存去噪后的区块。

[0054] 所述步骤3进一步包括以下步骤:

[0055] 步骤31,计算threshImg当中所有非0像素个数之和bgArea,本实施例中,设置分辨率参数resolution=100,按照下式计算正方形区块包含面积:

[0056] $areaPerRect = bgArea / resolution$

[0057] 通过该参数计算边长参数:

[0058] $rectLen = 2 \times \sqrt{areaPerRect} + 1$

[0059] 通过该参数确定正方形区块大小;

[0060] 步骤32,对于threshImg,将非0区域划分为N个同样大小的区块,每个区块中的图像作为当前感兴趣区域ROI,统计ROI中的非0像素的个数 $areaROI^{(i)}, i \in [0, N)$,依据下式对图像进行区块去噪操作:

[0061] $areaROI^{(i)} = \begin{cases} areaROI^{(i)}, & areaROI^{(i)} \geq areaPerRect \\ 0, & otherwise \end{cases}$

[0062] 将剩余的区块和其对应的threshImg图像位置记录,得到疑似裂缝图像dNImg,如图7所示。

[0063] 步骤4,计算步骤3中每个标定区块的中心坐标,再分别计算这些坐标在X方向和Y方向的分布直方图,对疑似裂缝图像进行分布去噪,得到裂缝图像,并保存分布去噪后的区块。

[0064] 所述步骤4进一步包括以下步骤:

[0065] 步骤41,对于dNImg,分别计算并记录每个区块的中心坐标(x,y),将最左上方区块所在的位置设为坐标原点,统计这些中心坐标在X和Y方向的分布直方图,如图8a和图8b所示,它反应了区块在某个位置上出现的频率。图8a中横轴xBin表示区块中心坐标x的取值,取值间隔是区块边长,纵轴blockNum表示满足某一个x取值条件下的区块数量;图8b中横轴yBin表示区块中心坐标y的取值,取值间隔是区块边长,纵轴blockNum表示满足某一个y取值条件下的区块数量;

[0066] 步骤42,使用分布直方图,计算图9上的每一段连续分布区域长度 $lenX^{(i)}$ 和 $lenY^{(j)}$,其中 $i \in [0, P_1), j \in [0, Q_1)$, P_1 和 Q_1 分别是X和Y方向分布直方图上的连续区域数量。本实施例中, $P_1=1, Q_1=2$ 。记录连续分布的最大长度为:

[0067] $\begin{cases} maxLenX = \max(lenX^{(i)}), i \in [0, P_1) \\ maxLenY = \max(lenY^{(j)}), j \in [0, Q_1) \end{cases}$

[0068] 设置判定阈值系数 $lenThresh=0.2$,进行分布去噪操作,既满足下式:

$\begin{cases} lenX^{(i)} > maxLenX \times lenThresh \\ lenY^{(j)} > maxLenY \times lenThresh \end{cases}$ 的连续区域保留,其他的区域认为是道路当中的

微小陷坑滤除,得到裂缝图像crackImg,如图9所示。

[0069] 步骤5,对于裂缝图像,记录分布去噪后每个区块位置信息,在步骤11中的灰度图像上找出区块在X和Y方向上相互连通的区域,计算连通域中各区块内灰度值之和,取灰度值之和最小的区块作为精确定位后的裂缝位置。

[0070] 所述步骤5进一步包括以下步骤:

[0071] 步骤51,记录计算crackImg图像时的每个区块 $rect^{(m)}$ 的位置信息,其中 $m \in [0, M)$,之后分别在 $rect^{(m)}$ 的中心坐标的值域上,找到连续的区块作为连通域 $Dx^{(i)}$ 和 $Dy^{(j)}$,其中 $i \in [0, P_2)$, $j \in [0, Q_2)$, P_2 和 Q_2 是 $rect^{(m)}$ 的中心坐标值域上的连通域数量。本实施例中,使用黄色矩形特别描述了 $x=77, y=150$ 时的连通域,标记结果如图10所示,绿色矩形即为所有 $rect^{(i)}$;

[0072] 步骤52,在每个连通域当中计算各个区块内所包含的像素灰度值之和,选择灰度值之和最小的区块保存,即按照下式计算:

$$[0073] \quad \begin{cases} \min(\text{grayImg}(\text{rect}^{(\alpha)})), \alpha \in Dx^{(i)} \\ \min(\text{grayImg}(\text{rect}^{(\beta)})), \beta \in Dy^{(j)} \end{cases}$$

[0074] 式中: $rect^{(a)}$ 和 $rect^{(b)}$ 分别是连通域 $Dx^{(i)}$ 和 $Dy^{(j)}$ 中的区块。得到精确定位后的K个裂缝区块 $crack^{(k)}$, $k \in [0, K)$ 。位置如图11所示。

[0075] 步骤6,对于精确定位裂缝位置,使用区块的分布特征计算得出裂缝分类:横向、纵向和网状,进一步根据不同的裂缝分类,计算得出裂缝的最大累计宽度和最大累计长度,完成对裂缝的描述。

[0076] 所述步骤6进一步包括以下步骤:

[0077] 步骤61,对于K个裂缝区块 $crack^{(k)}$,计算最大外接矩形,该矩形宽、高分别记为:w, h。二者比值记为:hov=w/h;

[0078] 步骤62,当hov ≥ 1 时,对K个区块在X方向上的投影个数进行统计,记录X方向上的投影的最大值,记为maxX,记录投影取值为1的点的个数为xSize,记录区块总个数为blockSize,本实施例中,设置判定系数singleThresh=0.6,按照下式判定裂缝分类:

$$[0079] \quad \begin{cases} xSize \geq blockSize \times singleThresh : \text{横向裂缝} \\ xSize < blockSize \times singleThresh : \text{网状裂缝} \end{cases}$$

[0080] 裂缝最大累计宽度和最大累计长度为:

$$[0081] \quad \begin{cases} maxWidth = maxX \times rectLen \\ maxLength = blockSize \times rectLen \end{cases}$$

[0082] 步骤63,当hov < 1 时,对K个区块在Y方向上的投影个数进行统计,记录Y方向上的投影的最大值,记为maxY,记录投影取值为1的点的个数为ySize,记录区块总个数为blockSize,本实施例中设置判定系数singleThresh=0.6,按照下式判定裂缝分类:

$$[0083] \quad \begin{cases} ySize \geq blockSize \times singleThresh : \text{纵向裂缝} \\ ySize < blockSize \times singleThresh : \text{网状裂缝} \end{cases}$$

[0084] 裂缝最大累计宽度和最大累计长度为:

$$[0085] \quad \begin{cases} \text{maxWidth} = \text{maxY} \times \text{rectLen} \\ \text{maxLength} = \text{blockSize} \times \text{rectLen} \end{cases}$$

[0086] 本实施例中,裂缝走向为横向,最大累计宽度占36个像素,最大累计长度占504个像素,完成裂缝描述。后续可以方便的按照相机的有关参数计算实际裂缝的数据,能够有效的帮助及时制定合适的养护计划。

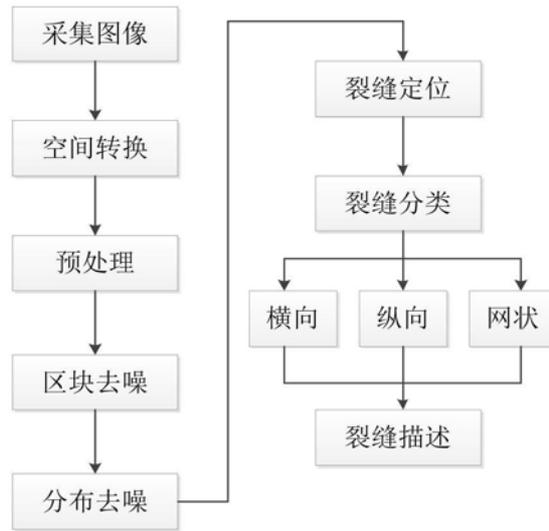


图1



图2

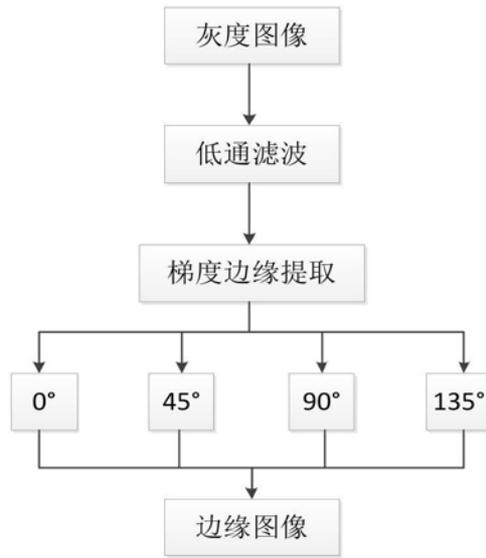


图3

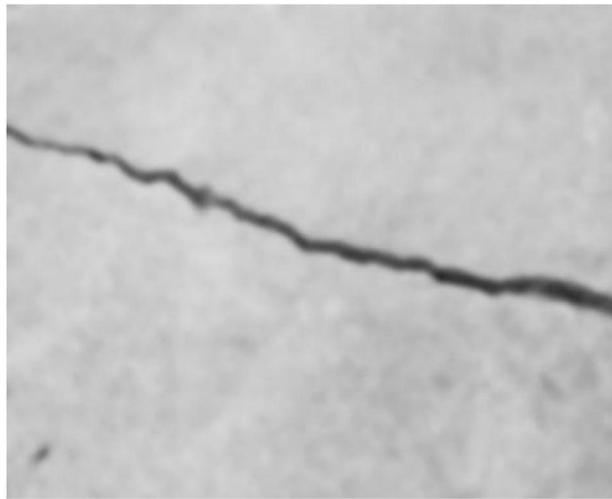


图4

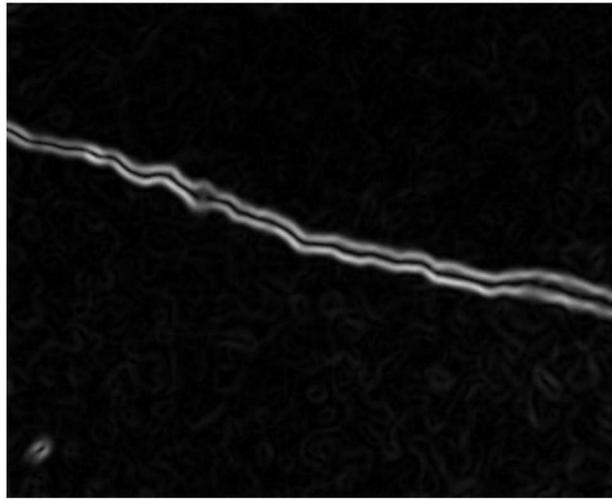


图5

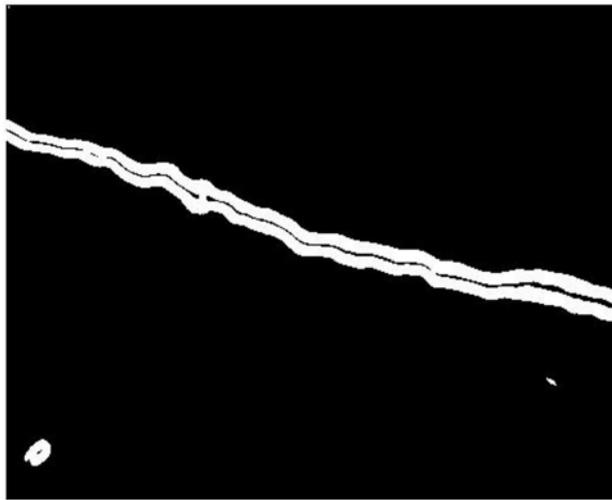


图6

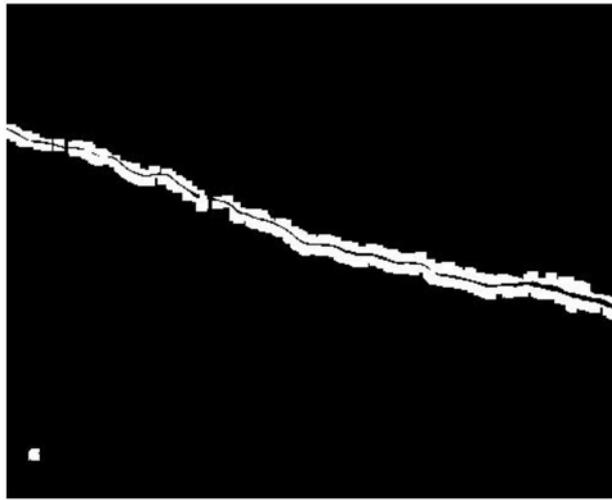
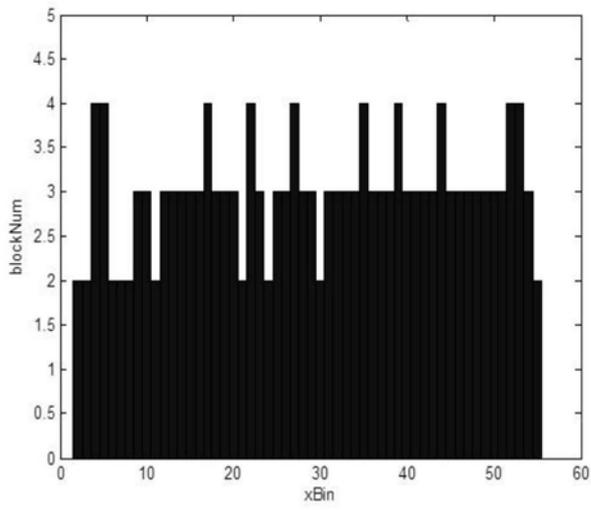
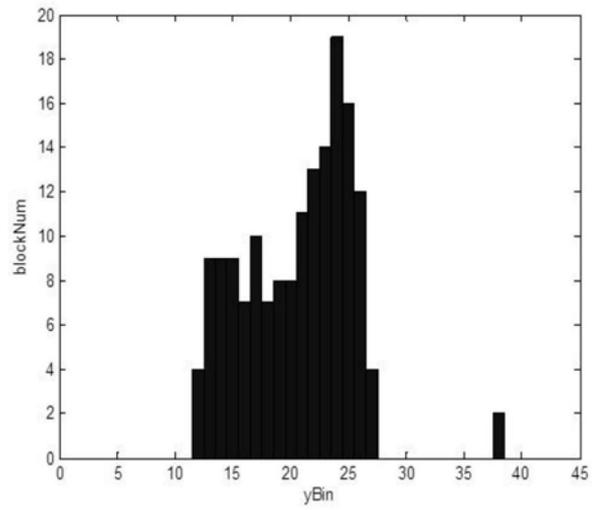


图7



(a)



(b)

图8

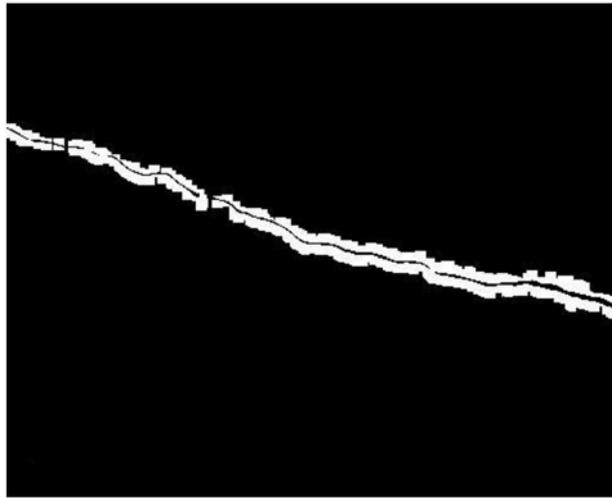


图9



图10



图11