



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113610039 B

(45) 授权公告日 2024.03.15

(21) 申请号 202110945144.4

G06V 10/44 (2022.01)

(22) 申请日 2021.08.17

G06V 10/75 (2022.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113610039 A

(43) 申请公布日 2021.11.05

(73) 专利权人 北京融合汇控科技有限公司

地址 100041 北京市石景山区实兴大街30  
号院7号楼10层1008室

(72) 发明人 高勇 魏明明 陈剑锋 李涛

(74) 专利代理机构 杭州信与义专利代理有限公司  
33450

专利代理师 丁浩

(56) 对比文件

CN 109034185 A, 2018.12.18

CN 112949478 A, 2021.06.11

CN 110246175 A, 2019.09.17

CN 111783700 A, 2020.10.16

CN 105799740 A, 2016.07.27

CN 111562576 A, 2020.08.21

GB 202108377 D0, 2021.07.28

US 2014355843 A1, 2014.12.04

审查员 吴圆霞

(51) Int. Cl.

G06V 20/52 (2022.01)

G06V 10/28 (2022.01)

权利要求书4页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

基于云台相机的风漂异物识别方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于云台相机的风漂异物识别方法,步骤包括:S1,云台相机以不同角度对风漂异物监控区域进行周期性环扫拍摄,得到每次环扫拍摄的图像集;S2,对相同拍摄角度下前后两次环扫拍摄的两张图像作基于ORB特征点的图像对准预处理;S3,通过图像比对标记算法比较经对准后的两张图像的差异,并将差异区域判定为当前图像上的风漂异物区域并标记然后报警。本发明克服了传统解决方案需要多台专用相机进行监控的高成本、高复杂度的弊端,且解决了神经网络算法识别风漂异物所需的训练样本难以获取,实现难度较大的问题。



1. 一种基于云台相机的风漂异物识别方法,其特征在于,包括:

步骤S1,云台相机以不同角度对风漂异物监控区域进行周期性环扫拍摄,得到每次环扫拍摄的图像集;

步骤S2,对相同拍摄角度下前后两次环扫拍摄的图像 $I_m^{cur+1}$ 、图像 $I_m^{cur}$ 作基于ORB特征点的图像对准预处理;

步骤S3,通过图像比对标记算法比较所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 的差异,并将差异区域判定为所述图像 $I_m^{cur+1}$ 上的风漂异物区域并标记然后报警;

所述步骤S3中,所述图像比对标记算法在所述图像 $I_m^{cur+1}$ 上比对并标记出所述风漂异物区域的方法包括:

步骤S31,设定风漂异物的最小分辨率,并以风漂异物的最小分辨率为依据对所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 进行网格划分,所述图像 $I_m^{cur}$ 中的每个网格对应的第一子图与所述图像 $I_m^{cur+1}$ 中的多个网格分别对应的第二子图具有一对多的位置对应关系;

所述步骤S31中,对所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 进行网格划分的方法包括:

步骤S311,设与所述图像 $I_m^{cur}$ 对准后的所述图像 $I_m^{cur+1}$ 为图像 $I_m'^{cur+1}$ ,所述图像 $I_m^{cur}$ 和所述图像 $I_m'^{cur+1}$ 为维度为[Row, Col, Channel]三维矩阵,Row、Col分别表示所述图像 $I_m^{cur}$ 或所述图像 $I_m'^{cur+1}$ 中的像素行数和列数,Channel = {Red, Green, Blue}为颜色通道;设风漂异物的图像分辨率为 $P \times P$ ,记所述图像 $I_m^{cur} = [p_{k,l,c}]_{Row \times Col \times Channel}$ 、所述图像 $I_m'^{cur+1} = [p'_{k,l,c}]_{Row \times Col \times Channel}$ , $p_{k,l,c}$ 、 $p'_{k,l,c}$ 为RGB图像在c通道的第k行第j列的像素值, $k=1,2,\dots,Row$ , $j=1,2,\dots,Col$ ;

步骤S312,对每一颜色通道下的所述图像 $I_m^{cur}$ 按大小 $P \times P$ 进行分块,将所述图像 $I_m^{cur}$ 表示为分块矩阵 $I_m^{cur} = [A_{r \times s \times c}]_{R \times S \times Channel}$ , $A_{r \times s \times c}$ 为c通道下的 $[P, P, Channel]$ 三维子阵, $A_{r \times s \times c}$ 代表在所述图像 $I_m^{cur}$ 中划分的一个网格, $R = \frac{Row}{P}$ ;  $S = \frac{Col}{P}$ ;  $r=1,2,\dots,R$ ;  $s=1,2,\dots,S$ ;  $c \in Channel$ ;

步骤S313,将所述图像 $I_m'^{cur+1}$ 上与所述图像 $I_m^{cur}$ 上的分块 $A_{r \times s \times c}$ 位置对准的分块 $B_{r \times s \times c}^{(0,0)}$ 按上下左右四个方向逐行或逐列最大位移 $\sup(diff)$ 行或列,得到与所述分块 $A_{r \times s \times c}$ 具有位置对应关系的 $[2 \times \sup(diff) + 1]^2$ 个分块矩阵,记为 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ , $(i,j)$ 表示分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 相对于所述分块 $A_{r \times s \times c}$ 的偏移量; $i < 0$ 、 $i > 0$ 时分别表示所述分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 上移和下移, $j < 0$ 、 $j > 0$ 时分别表示所述分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 左移和右移,所述分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 代表在所述图像 $I_m'^{cur+1}$ 上划分的与所述分块 $A_{r \times s \times c}$ 具有位置对应关系的网格;

步骤S32,计算每张所述第二子图与具有位置对应关系的所述第一子图间的图像亮度差异指标值 $I_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 、对比度差异指标值 $C_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 以及结构差异指标值 $S_{i,j}^{Channel}(A,B)$ ;

步骤S33,根据所述亮度差异指标值 $I_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 、所述对比度差异指标值

$C_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 和所述结构差异指标值 $S_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 计算每张所述第二子图与具有位置对应关系的所述第一子图间的结构相似性加权指标值SSIM(A,B)；

步骤S34,判断所述结构相似性加权指标值SSIM(A,B)是否小于预设的阈值thres,

若是,则将图像 $I_m^{cur+1}$ 上与所述图像 $I_m^{cur}$ 的相似性小于所述阈值thres的第二子图标记为风漂异物所在区域；

若否,则判定所述图像 $I_m^{cur+1}$ 上与所述图像 $I_m^{cur}$ 上的相似性大于或等于所述阈值thres的第二子图为非风漂异物所在区域；

步骤S35,重复所述步骤S32-S34,在所述图像 $I_m^{cur+1}$ 上标记出所有风漂异物所在区域,然后对相邻的风漂异物所在区域进行拼接得到位置完整的风漂异物所在区域图像。

2.根据权利要求1所述的基于云台相机的风漂异物识别方法,其特征在于,所述云台相机为全方位云台相机,所述云台相机在同一次环扫拍摄中按照固定的垂直俯仰角定速旋转拍摄。

3.根据权利要求1所述的基于云台相机的风漂异物识别方法,其特征在于,所述步骤S2中,对所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 作基于ORB特征点的图像对准预处理包括:

步骤S21,通过BF暴力匹配算法对所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 进行ORB特征点匹配；

步骤S22,利用所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 中的ORB特征点间的映射关系,并对所述图像 $I_m^{cur+1}$ 进行透视变换以与所述图像 $I_m^{cur}$ 对准,使得所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 的错位偏差控制在5个像素范围内。

4.根据权利要求1所述的基于云台相机的风漂异物识别方法,其特征在于, $i, j = [-5, 5]$ ,  $i, j$ 为自然数,  $\sup(\text{diff}) = 5$ 。

5.根据权利要求1所述的基于云台相机的风漂异物识别方法,其特征在于,所述步骤S32中,所述亮度差异指标值 $I_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 通过以下公式(1)计算而得:

$$I_{i,j}^{Channel}(A,B) = \frac{2\mu_A^{Channel}\mu_B^{Channel} + C_1}{(\mu_A^{Channel})^2 + (\mu_B^{Channel})^2 + C_1} \text{公式(1)}$$

公式(1)中, $\mu_A^{Channel}$ 、 $\mu_B^{Channel}$ 分别为所述分块 $A_{r \times s \times c}$ 和所述分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 在 $c \in \text{Channel}$ 上的均值；

$C_1$ 为一正常数；

$\mu_A^{Channel}$ 通过以下公式(2)计算而得:

$$\mu_A^{Channel} = \frac{1}{p^2} \sum_{k=rP+1}^{(r+1)P} \sum_{l=sP+1}^{(s+1)P} p_{k,l,c} \text{公式(2)}$$

$\mu_B^{Channel}$ 通过以下公式(3)计算而得:

$$\mu_B^{Channel} = \frac{1}{p^2} \sum_{k=rP+i+1}^{(r+1)P+i} \sum_{l=sP+j+1}^{(s+1)P+j} p'_{k,l,c} \text{公式(3)}。$$

6. 根据权利要求1所述的基于云台相机的风漂异物识别方法,其特征在于,所述对比度差异指标值 $C_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 通过以下公式(4)计算而得:

$$C_{i,j}^{Channel}(A,B) = \frac{2\sigma_A^{Channel}\sigma_B^{Channel} + C_2}{(\sigma_A^{Channel})^2 + (\sigma_B^{Channel})^2 + C_2} \text{公式(4)}$$

公式(4)中, $\sigma_A^{Channel}$ 、 $\sigma_B^{Channel}$ 分别为所述分块 $A_{r \times s \times c}$ 和所述分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 在 $c \in \text{Channel}$ 上的标准差;

$C_2$ 为一正常数;

$\sigma_A^{Channel}$ 通过以下公式(5)计算而得:

$$\sigma_A^{Channel} = \sqrt{\frac{1}{p^2 - 1} \sum_{k=rP+1}^{(r+1)P} \sum_{l=sP+1}^{(s+1)P} (p_{k,l,c} - \mu_A^{Channel})^2} \text{公式(5)}$$

$\sigma_B^{Channel}$ 通过以下公式(6)计算而得:

$$\sigma_B^{Channel} = \sqrt{\frac{1}{p^2 - 1} \sum_{k=rP+i+1}^{(r+1)P+i} \sum_{l=sP+j+1}^{(s+1)P+j} (p'_{k,l,c} - \mu_B^{Channel})^2} \text{公式(6)}。$$

7. 根据权利要求1所述的基于云台相机的风漂异物识别方法,其特征在于,所述结构差异指标值 $S_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 通过以下公式(7)计算而得:

$$S_{i,j}^{Channel}(A,B) = \frac{\sigma_{AB}^{Channel} + C_3}{\sigma_A^{Channel}\sigma_B^{Channel} + C_3} \text{公式(7)}$$

公式(7)中, $\sigma_{AB}^{Channel}$ 为所述分块 $A_{r \times s \times c}$ 和所述分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 在 $c \in \text{Channel}$ 上的协方差;

$C_3$ 为一正常数;

$\sigma_{AB}^{Channel}$ 通过以下公式(8)计算而得:

$$\sigma_{AB}^{Channel} = \frac{1}{p^2 - 1} \sqrt{\sum_{k=rP+1}^{(r+1)P} \sum_{l=sP+1}^{(s+1)P} (p_{k,l,c} - \mu_A^{Channel})(p'_{k,l,c} - \mu_B^{Channel})} \text{公式(8)}。$$

8. 根据权利要求1或7所述的基于云台相机的风漂异物识别方法,其特征在于,所述步骤S33中,所述结构相似性加权指标值SSIM(A,B)通过以下公式(9)计算而得:

$$\text{SSIM}(A,B) = I(A,B)^\alpha C(A,B)^\beta S(A,B)^\gamma \text{公式(9)}$$

$$I(A,B) = \operatorname{argmax}_{i,j,Channel} I_{i,j}^{Channel}(A,B);$$

$$C(A,B) = \operatorname{argmax}_{i,j,Channel} C_{i,j}^{Channel}(A,B);$$

$$S(A,B) = \operatorname{argmax}_{i,j,Channel} S_{i,j}^{Channel}(A,B);$$

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  为权重系数,  $\alpha + \beta + \gamma = 1$ 。

9. 根据权利要求8所述的基于云台相机的风漂异物识别方法, 其特征在于, 所述阈值  $\text{thres} = 0.75$ 。

## 基于云台相机的风漂异物识别方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及变电站无人巡检技术领域,具体涉及一种基于云台相机的风漂异物识别方法。

### 背景技术

[0002] 变电站往往建设在郊区或农村的开阔地带,大量设备、线路密集裸露在外,在受到大棚塑料薄膜、塑料袋、气球、风筝、鸟巢等风漂异物侵袭时,极可能对变电站的安全运行造成严重威胁。由于侵入事件的偶发性,单靠人工巡检的方式很难及时消除隐患。

[0003] 电力系统的无人巡检主要采取摄像机巡检、无人机巡检、机器人巡检等方式,由于风漂异物的主要威胁在于高空电力设备,且变电站内部电塔林立、输电线密布,并不适合无人机巡检或机器人巡检,因此当前一般采用摄像机巡检方式,采取在变电站内架设多台摄像机实现实时检测,这种方式需要额外布设多台对高空区域监视的专用摄像机、成本较高。同时,在识别方式上,被讨论最多的是采取深度学习的方法,比如Faster R-CNN、YOLO等神经网络算法,然而由于风漂异物种类、材质、形态多变,在真是变电站环境下样本稀少,很难收集到足够的训练数据集,因此此类方法的实现难度很大。

### 发明内容

[0004] 本发明以克服传统解决方案需要多台专用相机进行监控的高成本、高复杂度的弊端,且解决神经网络算法识别风漂异物所需的训练样本难以获取,实现难度较大的问题为目的,提供了一种基于云台相机的风漂异物识别方法。

[0005] 为达此目的,本发明采用以下技术方案:

[0006] 提供一种基于云台相机的风漂异物识别方法,包括:

[0007] 步骤S1,云台相机以不同角度对风漂异物监控区域进行周期性环扫拍摄,得到每次环扫拍摄的图像集;

[0008] 步骤S2,对相同拍摄角度下前后两次环扫拍摄的图像 $I_m^{cur+1}$ 、图像 $I_m^{cur}$ 作基于ORB特征点的图像对准预处理;

[0009] 步骤S3,通过图像比对标记算法比较所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 的差异,并将差异区域判定为所述图像 $I_m^{cur+1}$ 上的风漂异物区域并标记然后报警。

[0010] 优选地,所述云台相机为全方位云台相机,所述云台相机在同一次环扫拍摄中按照固定的垂直俯仰角定速旋转拍摄。

[0011] 优选地,所述步骤S2中,对所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 作基于ORB特征点的图像对准预处理包括:

[0012] 步骤S21,通过BF暴力匹配算法对所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 进行ORB特征点匹配;

[0013] 步骤S22,利用所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 中的ORB特征点间的映射关系,并对

所述图像 $I_m^{cur+1}$ 进行透视变换以与所述图像 $I_m^{cur}$ 对准,使得所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 的错位偏差控制在5个像素范围内。

[0014] 优选地,所述步骤S3中,所述图像比对标记算法在所述图像 $I_m^{cur+1}$ 上比对并标记出所述风漂异物区域的方法包括:

[0015] 步骤S31,设定风漂异物的最小分辨率,并以风漂异物的最小分辨率为依据对所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 进行网格划分,所述图像 $I_m^{cur}$ 中的每个网格对应的第一子图与所述图像 $I_m^{cur+1}$ 中的多个网格分别对应的第二子图具有一对多的位置对应关系;

[0016] 步骤S32,计算每张所述第二子图与具有位置对应关系的所述第一子图间的图像亮度差异指标值 $I_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 、对比度差异指标值 $C_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 以及结构差异指标值 $S_{i,j}^{Channel}(A,B)$ ;

[0017] 步骤S33,根据所述亮度差异指标值 $I_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 、所述对比度差异指标值 $C_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 和所述结构差异指标值 $S_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 计算每张所述第二子图与具有位置对应关系的所述第一子图间的结构相似性加权指标值SSIM(A,B);

[0018] 步骤S34,判断所述结构相似性加权指标值SSIM(A,B)是否小于预设的阈值thres,

[0019] 若是,则将所述图像 $I_m^{cur+1}$ 上与所述图像 $I_m^{cur}$ 的相似性小于所述阈值thres的第二子图标记为风漂异物所在区域;

[0020] 若否,则判定所述图像 $I_m^{cur+1}$ 上与所述图像 $I_m^{cur}$ 上的相似性大于或等于所述阈值thres的第二子图为非风漂异物所在区域;

[0021] 步骤S35,重复所述步骤S32-S34,在所述图像 $I_m^{cur+1}$ 上标记出所有风漂异物所在区域,然后对相邻的风漂异物所在区域进行拼接得到位置完整的风漂异物所在区域图像。

[0022] 优选地,所述步骤S31中,对所述图像 $I_m^{cur+1}$ 和所述图像 $I_m^{cur}$ 进行网格划分的方法包括:

[0023] 步骤S311,设与所述图像 $I_m^{cur}$ 对准后的所述图像 $I_m^{cur+1}$ 为图像 $I_m'^{cur+1}$ ,所述图像 $I_m^{cur}$ 和所述图像 $I_m'^{cur+1}$ 为维度为[Row, Col, Channel]三维矩阵,Row、Col分别表示所述图像 $I_m^{cur}$ 或所述图像 $I_m'^{cur+1}$ 中的像素行数和列数,Ch={R,G,B}为颜色通道;设风漂异物的图像分辨率为 $P \times P$ ,可记所述图像 $I_m^{cur} = [p_{k,l,c}]_{Row \times Col \times Channel}$ 、所述图像 $I_m'^{cur+1} = [p'_{k,l,c}]_{Row \times Col \times Channel}$ ,

$p_{k,l,c}$ 、 $p'_{k,l,c}$ 为RGB图像在c通道的第k行第j列的像素值, $k=1,2,\dots,Row$ , $j=1,2,\dots,Col$ ;

[0024] 步骤S312,对每一颜色通道下的所述图像 $I_m^{cur}$ 按大小 $P \times P$ 进行分块,可将所述图像 $I_m^{cur}$ 表示为分块矩阵 $I_m^{cur} = [A_{r \times s \times c}]_{R \times S \times Channel}$ , $A_{r \times s \times c}$ 为c通道下的 $[P, P, Channel]$ 三维子

阵, $A_{r \times s \times c}$ 代表在所述图像 $I_m^{cur}$ 中划分的一个网格, $R = \frac{Row}{P}$ , $S = \frac{Col}{P}$ , $r=1,2,\dots,R$ , $s=1,2,\dots,S$ , $c \in Channel$ ;

[0025] 步骤S313,将所述图像 $I_m^{cur+1}$ 上与所述图像 $I_m^{cur}$ 上的分块 $A_{r \times s \times c}$ 位置对准的分块 $B_{r \times s \times c}^{(0,0)}$ 按上下左右四个方向逐行或逐列最大位移 $\sup(\text{diff})$ 行或列,得到与所述分块 $A_{r \times s \times c}$ 具有位置对应关系的 $[2 \times \sup(\text{diff}) + 1]^2$ 个分块矩阵,记为 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ , $(i,j)$ 表示所述分块矩阵 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 相对于所述分块 $A_{r \times s \times c}$ 的偏移量; $i < 0, i > 0$ 时分别表示所述分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 上移和下移, $j < 0, j > 0$ 时分别表示所述分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 左移和右移,所述分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 代表在所述图像 $I_m^{cur+1}$ 上划分的与所述分块 $A_{r \times s \times c}$ 具有位置对应关系的网格。

[0026] 优选地, $\sup(\text{diff}) = 5, i, j = (-\sup(\text{diff}), -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, \sup(\text{diff}))$ 。

[0027] 优选地,所述步骤S32中,所述亮度差值指标值 $I_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 通过以下公式(1)计算而得:

$$[0028] \quad I_{i,j}^{Channel}(A,B) = \frac{2\mu_A^{Channel} \mu_B^{Channel} + C_1}{(\mu_A^{Channel})^2 + (\mu_B^{Channel})^2 + C_1} \quad \text{公式(1)}$$

[0029] 公式(1)中, $\mu_A^{Channel}$ 、 $\mu_B^{Channel}$ 分别为所述分块 $A_{r \times s \times c}$ 和所述分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 在 $c \in \text{Ch}$ 上的均值;

[0030]  $C_1$ 为一正常数;

[0031]  $\mu_A^{Channel}$ 通过以下公式(2)计算而得:

$$[0032] \quad \mu_A^{Channel} = \frac{1}{P^2} \sum_{k=rP+1}^{(r+1)P} \sum_{l=sP+1}^{(s+1)P} p_{k,l,c} \quad \text{公式(2)}$$

[0033]  $\mu_B^{Channel}$ 通过以下公式(3)计算而得:

$$[0034] \quad \mu_B^{Channel} = \frac{1}{P^2} \sum_{k=rP+i+1}^{(r+1)P+i} \sum_{l=sP+j+1}^{(s+1)P+j} p'_{k,l,c} \quad \text{公式(3)}。$$

[0035] 优选地,所述对比度差异指标值 $C_{i,j}^{Channel}(A,B)$ 通过以下公式(4)计算而得:

$$[0036] \quad C_{i,j}^{Channel}(A,B) = \frac{2\sigma_A^{Channel} \sigma_B^{Channel} + C_2}{(\sigma_A^{Channel})^2 + (\sigma_B^{Channel})^2 + C_2} \quad \text{公式(4)}$$

[0037] 公式(4)中, $\sigma_A^{Channel}$ 、 $\sigma_B^{Channel}$ 分别为所述分块 $A_{r \times s \times c}$ 和所述分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 在 $c \in \text{Channel}$ 上的标准差;

[0038]  $C_2$ 为一正常数;

[0039]  $\sigma_A^{Channel}$ 通过以下公式(5)计算而得:

$$[0040] \quad \sigma_A^{Channel} = \sqrt{\frac{1}{P^2 - 1} \sum_{k=rP+1}^{(r+1)P} \sum_{l=sP+1}^{(s+1)P} (p_{k,l,c} - \mu_A^{Channel})^2} \quad \text{公式 (5)}$$

[0041]  $\sigma_B^{Channel}$  通过以下公式 (6) 计算而得:

$$[0042] \quad \sigma_B^{Channel} = \sqrt{\frac{1}{P^2 - 1} \sum_{k=rP+i+1}^{(r+1)P+i} \sum_{l=sP+j+1}^{(s+1)P+j} (p'_{k,l,c} - \mu_B^{Channel})^2} \quad \text{公式(6)}。$$

[0043] 优选地,所述结构差异指标值  $S_{i,j}^{Channel}(A,B)$  通过以下公式 (7) 计算而得:

$$[0044] \quad S_{i,j}^{Channel}(A,B) = \frac{\sigma_{AB}^{Channel} + C_3}{\sigma_A^{Channel} \sigma_B^{Channel} + C_3} \quad \text{公式 (7)}$$

[0045] 公式 (7) 中,  $\sigma_{AB}^{Channel}$  为所述分块  $A_{r \times s \times c}$  和所述分块  $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$  在  $c \in \text{Channel}$  上的协方差;

[0046]  $C_3$  为一正常数;

[0047]  $\sigma_{AB}^{Channel}$  通过以下公式 (8) 计算而得:

$$[0048] \quad \sigma_{AB}^{Channel} = \frac{1}{P^2 - 1} \sqrt{\sum_{k=rP+1}^{(r+1)P} \sum_{l=sP+1}^{(s+1)P} (p_{k,l,c} - \mu_A^{Channel}) (p'_{k,l,c} - \mu_B^{Channel})} \quad \text{公式(8)}。$$

[0049] 优选地,所述步骤S33中,所述结构相似性加权指标  $SSIM(A,B)$  通过以下公式 (9) 计算而得:

$$[0050] \quad SSIM(A,B) = I(A,B)^\alpha C(A,B)^\beta S(A,B)^\gamma \quad \text{公式 (9)}$$

$$[0051] \quad I(A,B) = \operatorname{argmax}_{i,j,Channel} I_{i,j}^{Channel}(A,B);$$

$$[0052] \quad C(A,B) = \operatorname{argmax}_{i,j,Channel} C_{i,j}^{Channel}(A,B);$$

$$[0053] \quad S(A,B) = \operatorname{argmax}_{i,j,Channel} S_{i,j}^{Channel}(A,B);$$

[0054]  $\alpha, \beta, \gamma$  为权重系数,  $\alpha + \beta + \gamma = 1$ 。

[0055] 优选地,所述阈值  $\text{thres} = 0.75$ 。

[0056] 本发明依托云台相机并通过创新提出的图像比对标记算法实现了对整个变电站环境的风漂异物的监控和识别,克服了传统解决方案需要多台专用相机进行监控的高成本、高复杂度的弊端,同时在识别方法上,无需采集变电站环境风漂异物的实例作为训练集,解决现有的神经网络算法识别风漂异物所需的训练样本难以获取实现难度较大的问题。

## 附图说明

[0057] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对本发明实施例中所需要使

用的附图作简单地介绍。显而易见地,下面所描述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他的附图。

[0058] 图1是本发明一实施例提供的基于云台相机的风漂异物识别方法的实现流程图;

[0059] 图2是对相同拍摄角度下前后两次环扫拍摄的两张图像作图像对准预处理的方法步骤图;

[0060] 图3是在当前环扫拍摄的图像上比对并标记出风漂异物区域的方法步骤图;

[0061] 图4是对相同拍摄角度下前后两次环扫拍摄的两张图像进行网格划分的方法步骤图。

### 具体实施方式

[0062] 下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案。

[0063] 其中,附图仅用于示例性说明,表示的仅是示意图,而非实物图,不能理解为对本专利的限制;为了更好地说明本发明的实施例,附图某些部件会有省略、放大或缩小,并不代表实际产品的尺寸;对本领域技术人员来说,附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

[0064] 本发明实施例的附图中相同或相似的标号对应相同或相似的部件;在本发明的描述中,需要理解的是,若出现术语“上”、“下”、“左”、“右”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明,不能理解为对本专利的限制,对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

[0065] 在本发明的描述中,除非另有明确的规定和限定,若出现术语“连接”等指示部件之间的连接关系,该术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个部件内部的连通或两个部件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0066] 本发明实施例以使用单台云台相机为例,对提供的风漂异物识别方法的过程原理进行阐述。如图1所示,本发明实施例提供的基于云台相机的风漂异物识别方法,包括:

[0067] 步骤S1,单台云台相机以不同角度对风漂异物监控区域进行周期性环扫拍摄,得到每次环扫拍摄的图像集Scene;云台相机单次环扫遍历序列比如可记为 $\langle \alpha_1, \beta_1 \rangle, \langle \alpha_2, \beta_2 \rangle, \dots, \langle \alpha_m, \beta_m \rangle, \dots, \langle \alpha_N, \beta_N \rangle$ ,拍摄的图像序列可记为 $(I_1, I_2, \dots, I_m, \dots, I_N)$ , $\alpha_m$ 表示云台相机的水平方位角, $\beta_m$ 表示云台相机的垂直俯仰角, $I_m$ 表示云台相机指向 $\langle \alpha_m, \beta_m \rangle$ 位置时所拍摄的图像, $m=1, 2, \dots, N, I_1 \cup I_2 \cup \dots \cup I_m \dots \cup I_N \supseteq \text{Scene}, I_m \cap I_{m+1} \neq \emptyset$ 。

[0068] 步骤S2,对相同拍摄角度下前后两次环扫拍摄的图像 $I_m^{cur+1}$ 、图像 $I_m^{cur}$ 作基于ORB特征点的图像对准预处理;图像 $I_m^{cur+1}$ 、图像 $I_m^{cur}$ 分别为云台相机在 $\langle \alpha_m, \beta_m \rangle$ 拍摄位置的第cur+1次、第cur次环扫所拍摄的图像。本发明将已判定不存在风漂异物的图像 $I_m^{cur}$ 作为对图像 $I_m^{cur+1}$ 进行对准的依据。将图像 $I_m^{cur+1}$ 与图像 $I_m^{cur}$ 对准可以有效消除由云台位置、相机焦距

飘逸等因素引起的图像偏差。

[0069] 图2示出了对相同拍摄角度下前后两次环扫拍摄的图像 $I_m^{cur+1}$ 和图像 $I_m^{cur}$ 作图像对准预处理的方法步骤图,如图2所示,对图像 $I_m^{cur+1}$ 和图像 $I_m^{cur}$ 作基于ORB特征点的图像对准预处理包括:

[0070] 步骤S21,通过BF暴力匹配对图像 $I_m^{cur+1}$ 和图像 $I_m^{cur}$ 进行ORB特征点匹配;

[0071] 步骤S22,利用图像 $I_m^{cur+1}$ 和图像 $I_m^{cur}$ 中的ORB特征点间的映射关系,并对图像 $I_m^{cur+1}$ 进行透视变换以与图像 $I_m^{cur}$ 对准,使得图像 $I_m^{cur+1}$ 和图像 $I_m^{cur}$ 的错位偏差控制在5个像素范围内。

[0072] 步骤S3,通过图像比对标记算法比较图像 $I_m^{cur+1}$ 和图像 $I_m^{cur}$ 的差异,并将差异区域判定为图像 $I_m^{cur+1}$ 上的风漂异物区域并标记然后报警。标记出风漂异物区域后,云台相机停止遍历环扫,保持在当前位置 $\langle \alpha_m, \beta_m \rangle$ ,同时启动报警模块。如果判定图像 $I_m^{cur+1}$ 上不存在风漂异物,则云台继续环扫遍历,以图像 $I_m^{cur+1}$ 替换更新作为图像对准和图像特征匹配依据的图像 $I_m^{cur}$ 。

[0073] 图3示出了在当前环扫拍摄的图像上比对并标记出风漂异物区域的方法步骤图。如图3所示,比对并标记风漂异物区域的方法包括:

[0074] 步骤S31,设定风漂异物的最小分辨率,并以风漂异物的最小分辨率为依据对图像 $I_m^{cur+1}$ 和图像 $I_m^{cur}$ 进行网格划分,图像 $I_m^{cur}$ 中的每个网格对应的第一子图与图像 $I_m^{cur+1}$ 中的多个网格分别对应的第二子图具有一对多的位置对应关系;

[0075] 网格划分方法如图4所示,具体为:

[0076] 步骤S311,设与图像 $I_m^{cur}$ 对准后的图像 $I_m^{cur+1}$ 为图像 $I_m'^{cur+1}$ ,尺寸相同的RGB图像 $I_m^{cur}$ 和图像 $I_m'^{cur+1}$ 为维度为[Row, Col, Channel]三维矩阵,Row、Col分别表示图像 $I_m^{cur}$ 或图像 $I_m'^{cur+1}$ 中的像素行数和列数,Channel = {R, G, B}为颜色通道;设风漂异物的图像分辨率为P

$\times P$ ,可记图像 $I_m^{cur} = [p_{k,l,c}]_{Row \times Col \times Channel}$ 、图像 $I_m'^{cur+1} = [p'_{k,l,c}]_{Row \times Col \times Channel}$ , $p_{k,l,c}$ 、 $p'_{k,l,c}$ 为RGB图像在c通道的第k行第l列的像素值, $0 \leq p_{k,l,c} \leq 255$ , $0 \leq p'_{k,l,c} \leq 255$ , $k=1, 2, \dots, Row$ , $l=1, 2, \dots, Col$ ;

[0077] 步骤S312,对每一颜色通道下的图像 $I_m^{cur}$ 按大小 $P \times P$ 进行分块,可将图像 $I_m^{cur}$ 表示为分块矩阵 $I_m^{cur} = [A_{r \times s \times c}]_{R \times S \times Channel}$ , $A_{r \times s \times c}$ 为c通道下的 $[P, P, Channel]$ 三维子阵, $A_{r \times s \times c}$ 即代表在图像 $I_m^{cur}$ 中划分的一个网格, $R = \frac{Row}{P}$ , $S = \frac{Col}{P}$ , $r=1, 2, \dots, R$ , $s=1, 2, \dots, S$ , $c \in Channel$ ;

[0078] 步骤S313,将图像 $I_m'^{cur+1}$ 上与图像 $I_m^{cur}$ 上的分块 $A_{r \times s \times c}$ 位置对准的分块 $B_{r \times s \times c}^{(0,0)}$ 按上下左右四个方向逐行或逐列最大位移 $\sup(diff)$ 行或列,得到与分块 $A_{r \times s \times c}$ 具有位置对应关系的 $[2 \times \sup(diff) + 1]^2$ 个分块矩阵,记为 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ , $(i, j)$ 表示分块矩阵 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 相对于分块

$A_{r \times s \times c}$ 的偏移量,  $i < 0$ 、 $i > 0$ 时分别表示分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 上移和下移,  $j < 0$ 、 $j > 0$ 时分别表示分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 左移和右移, 分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 代表在图像 $I_m^{cur+1}$ 上划分的与图像 $I_m^{cur}$ 上的分块 $A_{r \times s \times c}$ 具有位置对应关系的网格。

[0079] 我们在具体应用中发现, 当 $\text{sup}(\text{diff}) = 5$ , 即 $i, j = (-5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5)$ , 与一个分块 $A_{r \times s \times c}$ 具有位置对应关系的分块矩阵 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 的数量为121时, 能够确保风漂异物是否存在的判定误差控制在理想范围内, 且判断速度也达到了实际需求, 所以我们将 $\text{sup}(\text{diff})$ 的值设定为5。

[0080] 请继续参照图3, 比对并标记风漂异物区域的方法还包括:

[0081] 步骤S32, 计算每张第二子图与具有位置对应关系的第一子图间的图像亮度差异指标值 $I_{i,j}^{Channel}(A, B)$ 、对比度差异指标值 $C_{i,j}^{Channel}(A, B)$ 以及结构差异指标值 $S_{i,j}^{Channel}(A, B)$ ;

[0082] 其中, 亮度差值指标值 $I_{i,j}^{Channel}(A, B)$ 通过以下公式(1)计算而得:

$$[0083] \quad I_{i,j}^{Channel}(A, B) = \frac{2\mu_A^{Channel}\mu_B^{Channel} + C_1}{(\mu_A^{Channel})^2 + (\mu_B^{Channel})^2 + C_1} \quad \text{公式(1)}$$

[0084] 公式(1)中,  $\mu_A^{Channel}$ 、 $\mu_B^{Channel}$ 分别为分块 $A_{r \times s \times c}$ 和分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 在 $c \in \text{Channel}$  (相同通道, 或R通道或G通道或B通道)上的均值;

[0085]  $C_1$ 为一正常数;

[0086]  $\mu_A^{Channel}$ 通过以下公式(2)计算而得:

$$[0087] \quad \mu_A^{Channel} = \frac{1}{P^2} \sum_{k=rP+1}^{(r+1)P} \sum_{l=sP+1}^{(s+1)P} p_{k,l,c} \quad \text{公式(2)}$$

[0088]  $\mu_B^{Channel}$ 通过以下公式(3)计算而得:

$$[0089] \quad \mu_B^{Channel} = \frac{1}{P^2} \sum_{k=rP+i+1}^{(r+1)P+i} \sum_{l=sP+j+1}^{(s+1)P+j} p'_{k,l,c} \quad \text{公式(3)}。$$

[0090] 对比度差异指标值 $C_{i,j}^{Channel}(A, B)$ 通过以下公式(4)计算而得:

$$[0091] \quad C_{i,j}^{Channel}(A, B) = \frac{2\sigma_A^{Channel}\sigma_B^{Channel} + C_2}{(\sigma_A^{Channel})^2 + (\sigma_B^{Channel})^2 + C_2} \quad \text{公式(4)}$$

[0092] 公式(4)中,  $\sigma_A^{Channel}$ 、 $\sigma_B^{Channel}$ 分别为分块 $A_{r \times s \times c}$ 和分块 $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$ 在相同通道 $c \in \text{Channel}$ 上的标准差;

[0093]  $C_2$ 为一正常数;

[0094]  $\sigma_A^{Channel}$ 通过以下公式(5)计算而得:

$$[0095] \quad \sigma_A^{Channel} = \sqrt{\frac{1}{P^2 - 1} \sum_{k=rP+1}^{(r+1)P} \sum_{l=sP+1}^{(s+1)P} (p_{k,l,c} - \mu_A^{Channel})^2} \quad \text{公式 (5)}$$

[0096]  $\sigma_B^{Channel}$  通过以下公式 (6) 计算而得:

$$[0097] \quad \sigma_B^{Channel} = \sqrt{\frac{1}{P^2 - 1} \sum_{k=rP+i+1}^{(r+1)P+i} \sum_{l=sP+j+1}^{(s+1)P+j} (p'_{k,l,c} - \mu_B^{Channel})^2} \quad \text{公式(6)}。$$

[0098] 结构差异指标值  $S_{i,j}^{Channel}(A, B)$  通过以下公式 (7) 计算而得:

$$[0099] \quad S_{i,j}^{Channel}(A, B) = \frac{\sigma_{AB}^{Channel} + C_3}{\sigma_A^{Channel} \sigma_B^{Channel} + C_3} \quad \text{公式 (7)}$$

[0100] 公式 (7) 中,  $\sigma_{AB}^{Channel}$  为所述分块  $A_{r \times s \times c}$  和所述分块  $B_{r \times s \times c}^{(i,j)}$  在  $c \in Ch$  上的协方差;

[0101]  $C_3$  为一正常数;

[0102]  $\sigma_{AB}^{Channel}$  通过以下公式 (8) 计算而得:

$$[0103] \quad \sigma_{AB}^{Channel} = \frac{1}{P^2 - 1} \sqrt{\sum_{k=rP+1}^{(r+1)P} \sum_{l=sP+1}^{(s+1)P} (p_{k,l,c} - \mu_A^{Channel}) (p'_{k,l,c} - \mu_B^{Channel})} \quad \text{公式(8)}。$$

[0104] 步骤S33, 根据亮度差异指标值  $I_{i,j}^{Channel}(A, B)$ 、对比度差异指标值  $C_{i,j}^{Channel}(A, B)$  和结构差异指标值  $S_{i,j}^{Channel}(A, B)$  计算每张第二子图与具有位置对应关系的第一子图间的结构相似性加权指标值  $SSIM(A, B)$ ;

[0105] 该结构相似性加权指标  $SSIM(A, B)$  通过以下公式 (9) 计算而得:

$$[0106] \quad SSIM(A, B) = I(A, B)^\alpha C(A, B)^\beta S(A, B)^\gamma \quad \text{公式 (9)}$$

$$[0107] \quad I(A, B) = \operatorname{argmax}_{i,j,Channel} I_{i,j}^{Channel}(A, B);$$

$$[0108] \quad C(A, B) = \operatorname{argmax}_{i,j,Channel} C_{i,j}^{Channel}(A, B);$$

$$[0109] \quad S(A, B) = \operatorname{argmax}_{i,j,Channel} S_{i,j}^{Channel}(A, B);$$

[0110]  $\alpha, \beta, \gamma$  为权重系数,  $\alpha + \beta + \gamma = 1$ 。

[0111] 步骤S34, 判断结构相似性加权指标值  $SSIM(A, B)$  是否小于预设的阈值  $thres$  (本实施例中, 阈值  $thres$  取值为 0.750),

[0112] 若是, 则将图像  $I_m^{cur+1}$  上与所述图像  $I_m^{cur}$  的相似性小于所述阈值  $thres$  的第二子图标记为风漂异物所在区域;

[0113] 若否, 则判定图像  $I_m^{cur+1}$  上与图像  $I_m^{cur}$  上的相似性大于或等于阈值  $thres$  的第二子图为非风漂异物所在区域;

[0114] 步骤S35,重复步骤S32-S34,在图像 $I'_m^{cur+1}$ 上标记出所有风漂异物所在区域,然后对相邻的风漂异物所在区域进行拼接得到位置完整的风漂异物所在区域图像。

[0115] 综上,本发明依托云台相机并通过创新提出的图像比对标记算法实现了对整个变电站环境的风漂异物的监控和识别,克服了传统解决方案需要多台专用相机进行监控的高成本、高复杂度的弊端,同时在识别方法上,无需采集变电站环境风漂异物的实例作为训练集,解决了现有的神经网络算法识别风漂异物所需的训练样本难以获取实现难度较大的问题。

[0116] 需要声明的是,上述具体实施方式仅仅为本发明的较佳实施例及所运用技术原理。本领域技术人员应该明白,还可以对本发明做各种修改、等同替换、变化等等。但是,这些变换只要未背离本发明的精神,都应在本发明的保护范围之内。另外,本申请说明书和权利要求书所使用的一些术语并不是限制,仅仅是为了便于描述。

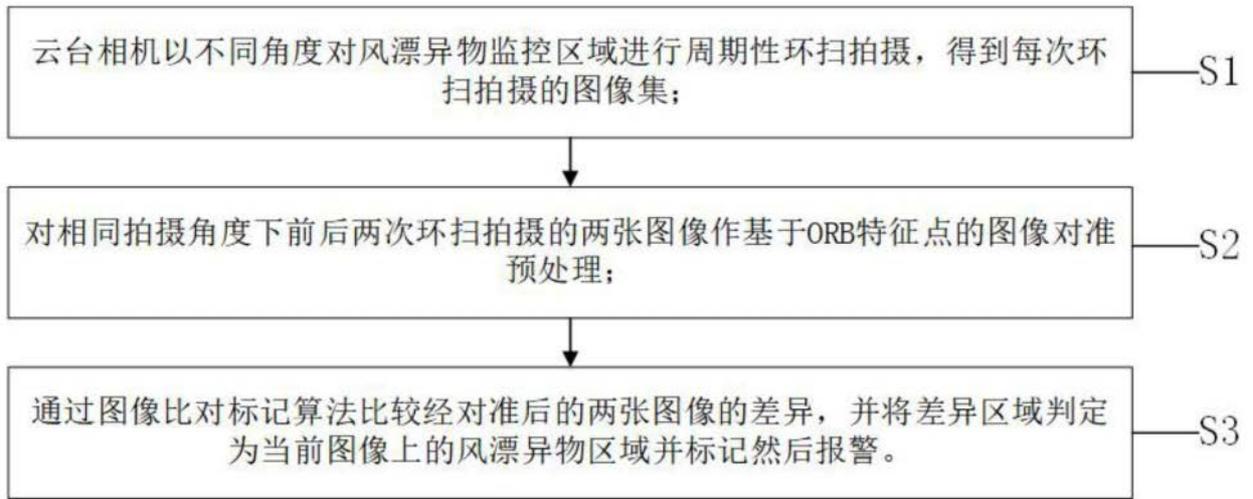


图1

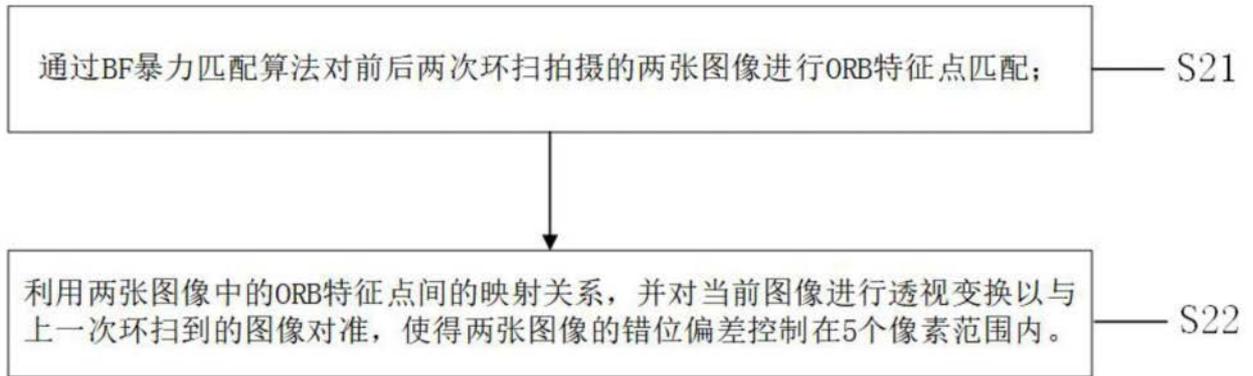


图2

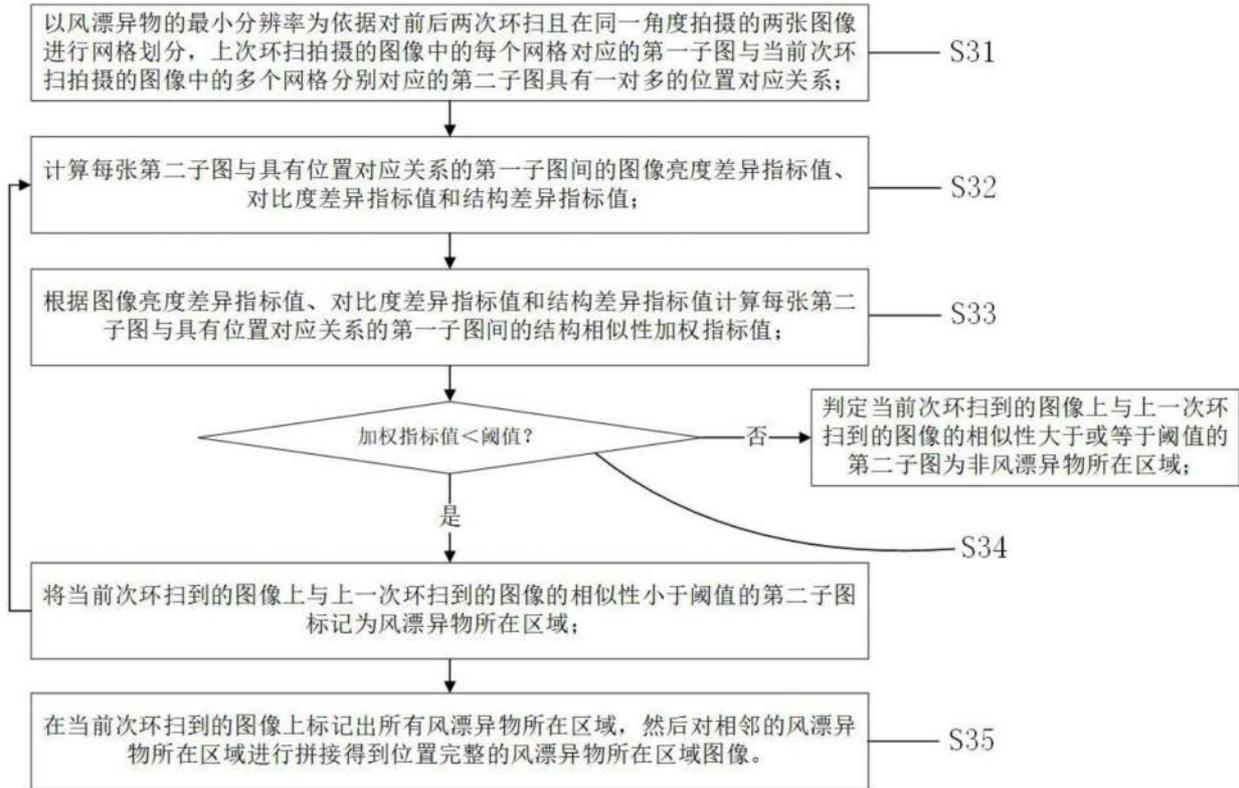


图3

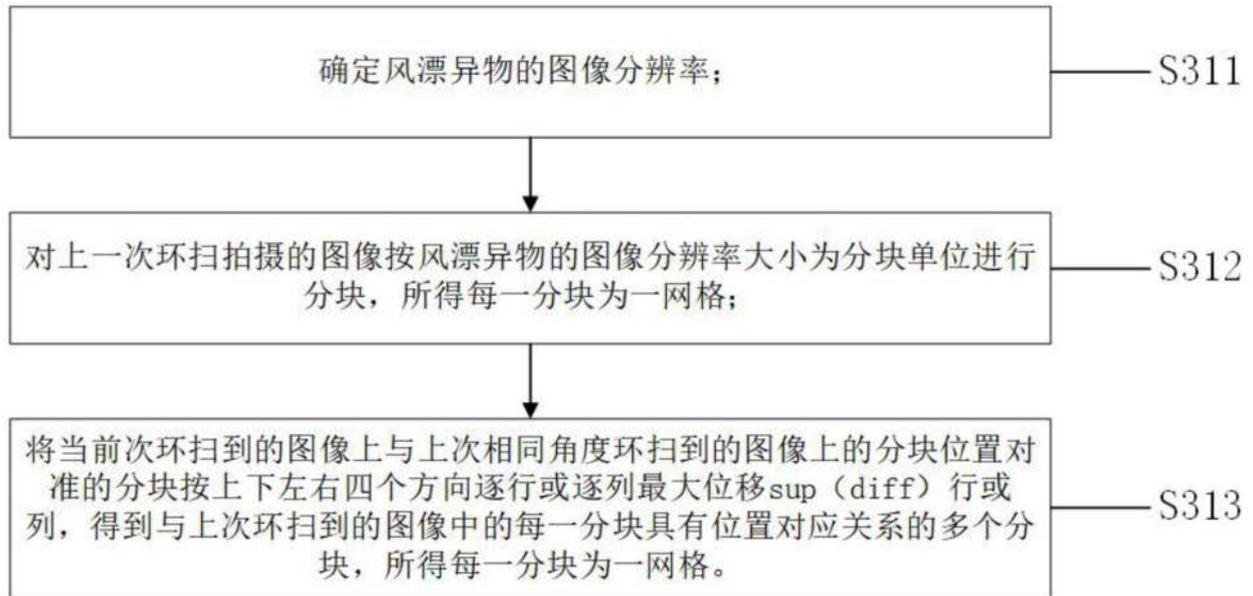


图4