



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112967305 B

(45) 授权公告日 2023. 10. 13

(21) 申请号 202110312071.5

CN 107578418 A, 2018.01.12

(22) 申请日 2021.03.24

CN 105004737 A, 2015.10.28

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 105574855 A, 2016.05.11

申请公布号 CN 112967305 A

CN 105741281 A, 2016.07.06

(43) 申请公布日 2021.06.15

CN 106327522 A, 2017.01.11

(73) 专利权人 南京莱斯电子有限公司

CN 106778499 A, 2017.05.31

地址 210000 江苏省南京市秦淮区永丰大

CN 108280823 A, 2018.07.13

道36号天安数码城05幢

CN 111507426 A, 2020.08.07

(72) 发明人 朱伟 刘羽 董小舒 邱文嘉

CN 111681262 A, 2020.09.18

辛付豪

CN 112184639 A, 2021.01.05

(74) 专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237

US 2016267675 A1, 2016.09.15

专利代理师 于瀚文 胡建华

WO 2021012757 A1, 2021.01.28

(51) Int. Cl.

蒋洁琦; 杨庚; 刘沛东; 钱晨. 表面弱边缘瑕疵检测算法及应用. 计算机技术与发展. 2018, (第05期), 全文.

G06T 7/13 (2017.01)

金长江; 师廷伟. 红外弱小目标检测背景抑制算法研究. 中国测试. 2016, (第04期), 全文.

G06T 7/181 (2017.01)

G06V 10/44 (2022.01)

G06T 5/00 (2006.01)

张路; 张志勇; 肖山竹; 卢焕章. 基于多向背景预测的红外弱小目标检测. 信号处理. 2010, (第11期), 全文.

(56) 对比文件

CN 108109155 A, 2018.06.01

审查员 刘江平

权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种复杂天空场景下的图像云背景检测方法

(57) 摘要

本发明提供了一种复杂天空场景下的图像云背景检测方法, 针对光电搜跟系统对空应用场景, 首先构建了邻域卷积核模板, 提取第一、第二邻域包络特征, 对原始图像进行相关邻域滤波; 其次构建了水平、垂直、正对角线、次对角线多方向形态学梯度方向结构算子, 对图像进行轮廓边缘提取, 自适应构建方向边缘权重因子对多方向检测结果进行融合得到轮廓边缘图像; 最后对边缘图像进行邻域连通域标记, 实现云背景轮廓的提取。



1. 一种复杂天空场景下的图像云背景检测方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1,构建5*5邻域卷积核模板S,提取相关第一、第二邻域包络特征中值,对原图Image1进行邻域卷积操作,得到相关邻域滤波图像Image2;

步骤2,构建方向梯度边缘算子,对图像Image2进行形态学方向梯度轮廓边缘提取;

步骤3,提取轮廓细节边缘得到单方向边缘检测结果,构建融合边缘权重因子 λ_i 对水平、垂直、主对角线、次对角线方向边缘检测计算得到边缘图像Image3;

步骤4,对边缘图像Image3进行连通域标记,提取得到云背景连通域轮廓;

步骤3中,所述构建融合边缘权重因子 λ_i 对水平、垂直、主对角线、次对角线方向边缘检测计算得到边缘图像Image3,包括:

通过如下公式构建融合边缘权重因子 λ_i :

$$D_i = \sum |d_i - d_0|$$

$$\lambda_i = \frac{D_i}{\sum D_i}$$

其中 D_i 表示各个方向梯度灰阶差值, i 取值分别为1、2、3、4时, d_i 分别表示水平、垂直、主对角线、次对角线的像素值, d_0 为中心点像素值;

提取多方向边缘检测结果生成最终边缘检测结果Z,即为边缘图像Image3:

$$Z = \sum_{i=1}^4 \lambda_i Z_i。$$

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤1包括:

步骤1-1,定义5*5邻域卷积核模板为S,S矩阵初始值为0;

步骤1-2,计算当前图像中心 $f(x,y)$ 窗口的第一邻域 W_1 的中值 m_1 ,即 $m_1 = \text{median}(W_1)$,其中 median 为计算向量的中值操作, x 为水平坐标, y 为垂直坐标, W_1 为:

$$W_1 = [f(x-1,y), f(x,y+1), f(x,y), f(x+1,y), f(x,y-1)]$$

步骤1-3,计算当前图像中心 $f(x,y)$ 窗口的第二邻域 W_2 的中值 m_2 ,即 $m_2 = \text{median}(W_2)$, W_2 为:

$$W_2 = \begin{bmatrix} f(x-2,y), f(x-1,y+1), f(x,y+2), f(x,y), f(x+1,y+1), \\ f(x+2,y), f(x+1,y-1), f(x,y-2), f(x-1,y-1) \end{bmatrix}$$

步骤1-4,设置卷积核模板中心像素 $S(2,2) = \text{Max}(m_1, m_2)$,得到邻域卷积核模板S,其中 Max 为计算向量的最大值操作。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,步骤2中,所述构建方向梯度边缘算子,包括:

分别建立水平、垂直、主对角线、次对角线方向梯度结构算子 U_1 、 U_2 、 U_3 、 U_4 ,方向梯度结构算子 U_i 为:

$$U_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad U_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$U_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad U_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

其中, $i=1,2,3,4$ 。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在於,步骤2中,所述对图像Image2进行形态学方向梯度轮廓边缘提取,包括:

采用如下公式进行形态学方向梯度轮廓边缘提取:

$$ZE_i = f \oplus U_i \circ L - f \bullet U_i$$

$$ZI_i = f \bullet U_i - f \ominus U_i \bullet L$$

其中 ZE_i 为外轮廓线边缘粗提取结果, ZI_i 为内轮廓线边缘粗提取结果, f 为图像Image2, \oplus 为形态学膨胀操作, \ominus 为形态学腐蚀操作, \circ 为形态学开操作, \bullet 为形态学闭操作,结构算子 L 为:

$$L = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}。$$

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在於,步骤3中,所述提取轮廓细节边缘得到单方向边缘检测结果,包括:

采用如下公式提取轮廓细节边缘得到单方向边缘检测结果:

$$ZX_i = \text{Max}(ZE_i, ZI_i) - \text{Min}(ZE_i, ZI_i)$$

$$Z_i = ZE_i + ZI_i + ZX_i$$

其中 ZX_i 为轮廓细节边缘, Z_i 为单方向边缘检测结果,Min表示计算向量的最小值。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在於,步骤4包括:遍历边缘图像Image3,提取Image3中像素值为1的像素点作为种子像素点,将种子像素点相邻4邻域或8邻域像素值为1的所有前景像素点都标记为L,将同一标记为L所有像素构成区域生成连通域轮廓 Q_1 ,重复上述步骤直至遍历整个图像得到最终连通域向量 (Q_1, Q_2, \dots, Q_i) , $i \in (1, 2, 3, \dots)$, Q_i 表示第 i 个连通域轮廓。

一种复杂天空场景下的图像云背景检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理与计算机视觉领域,尤其涉及一种复杂天空场景下的图像云背景检测方法。

背景技术

[0002] 随着现代战争环境复杂性加剧,光电搜索跟踪系统由于其被动性及不易受环境影响等特点,在各种战场防御场景有着越发广泛的需求。针对光电对空检测小目标存在较厚云层遮挡目标的问题,目前的解决方案主要有神经网络、形态学滤波、帧间差分法等,这在背景变化平缓时具有不错的性能,但是在复杂云层背景下低帧频时检测性能受到较大影响,并且算法虚警较高。

发明内容

[0003] 发明目的:本发明所要解决的技术问题是针对现有技术的不足,提供一种复杂天空场景下的图像云背景检测方法,包括如下步骤:

[0004] 步骤1,构建5*5邻域卷积核模板S,提取相关第一、第二邻域包络特征中值,对原图Image1进行邻域卷积操作,得到相关邻域滤波图像Image2;

[0005] 步骤2,构建方向梯度边缘算子,对图像Image2进行形态学方向梯度轮廓边缘提取;

[0006] 步骤3,提取轮廓细节边缘得到单方向边缘检测结果,构建融合边缘权重因子 λ_1 对水平、垂直、主对角线、次对角线方向边缘检测计算得到边缘图像Image3;

[0007] 步骤4,对边缘图像Image3进行连通域标记,提取得到云背景连通域轮廓。

[0008] 步骤1包括:

[0009] 步骤1-1,定义5*5邻域卷积核模板为S,S矩阵初始值为0;

[0010] 步骤1-2,计算当前图像中心 $f(x,y)$ 窗口的第一邻域 W_1 的中值 m_1 ,即 $m_1 = \text{median}(W_1)$,其中median为计算向量的中值操作, x 为水平坐标, y 为垂直坐标, W_1 为:

[0011] $W_1 = [f(x-1,y), f(x,y+1), f(x,y), f(x+1,y), f(x,y-1)]$

[0012] 步骤1-3,计算当前图像中心 $f(x,y)$ 窗口的第二邻域 W_2 的中值 m_2 ,即 $m_2 = \text{median}(W_2)$, W_2 为:

[0013] $W_2 = \begin{bmatrix} f(x-2,y), f(x-1,y+1), f(x,y+2), f(x,y), f(x+1,y+1), \\ f(x+2,y), f(x+1,y-1), f(x,y-2), f(x-1,y-1) \end{bmatrix}$

[0014] 步骤1-4,设置卷积核模板中心像素 $S(2,2) = \text{Max}(m_1, m_2)$,得到邻域卷积核模板S,其中Max为计算向量的最大值操作。

[0015] 步骤2中,所述构建方向梯度边缘算子,包括:

[0016] 分别建立水平、垂直、主对角线、次对角线方向梯度结构算子 U_1 、 U_2 、 U_3 、 U_4 ,方向梯度结构算子 U_i 为:

$$[0017] \quad U_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad U_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[0018] \quad U_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad U_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

[0019] 其中, $i=1,2,3,4$ 。

[0020] 步骤2中,所述对图像Image2进行形态学方向梯度轮廓边缘提取,包括:

[0021] 采用如下公式进行形态学方向梯度轮廓边缘提取:

$$[0022] \quad ZE_i = f \oplus U_i \circ L - f \bullet U_i$$

$$[0023] \quad ZI_i = f \bullet U_i - f \ominus U_i \bullet L$$

[0024] 其中 ZE_i 为外轮廓线边缘粗提取结果, ZI_i 为内轮廓线边缘粗提取结果, f 为图像Image2, \oplus 为形态学膨胀操作, \ominus 为形态学腐蚀操作, \circ 为形态学开操作, \bullet 为形态学闭操作,结构算子 L 为:

$$[0025] \quad L = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}。$$

[0026] 步骤3中,所述提取轮廓细节边缘得到单方向边缘检测结果,包括:

[0027] 采用如下公式提取轮廓细节边缘得到单方向边缘检测结果:

$$[0028] \quad ZX_i = \text{Max}(ZE_i, ZI_i) - \text{Min}(ZE_i, ZI_i)$$

$$[0029] \quad Z_i = ZE_i + ZI_i + ZX_i$$

[0030] 其中 ZX_i 为轮廓细节边缘, Z_i 为单方向边缘检测结果,Min表示计算向量的最小值。

[0031] 步骤3中,所述构建融合边缘权重因子 λ_i 对水平、垂直、主对角线、次对角线方向边缘检测计算得到边缘图像Image3,包括:

[0032] 通过如下公式构建融合边缘权重因子 λ_i :

$$[0033] \quad D_i = \sum |d_i - d_0|$$

$$[0034] \quad \lambda_i = \frac{D_i}{\sum D_i}$$

[0035] 其中 D_i 表示各个方向梯度灰阶差值, i 取值分别为1、2、3、4时, d_i 分别表示水平、垂直、主对角线、次对角线的像素值, d_0 为中心点像素值;

[0036] 提取多方向边缘检测结果生成最终边缘检测结果 Z ,即为边缘图像Image3:

$$[0037] \quad Z = \sum_{i=1}^4 \lambda_i Z_i。$$

[0038] 步骤4包括:遍历边缘图像Image3,提取Image3中像素值为1的像素点作为种子像素点,将种子像素点相邻4邻域或8邻域像素值为1的所有前景像素点都标记为L,将同一标记为L所有像素构成区域生成连通域轮廓 Q_1 ,重复上述步骤直至遍历整个图像得到最终连通域向量 (Q_1, Q_2, \dots, Q_i) , $i \in (1, 2, 3, \dots)$, Q_i 表示第*i*个连通域轮廓。

[0039] 本发明主要是通过提出改进的形态学梯度边缘特征来提取云层与背景边缘特征,并通过各个方向形态学梯度融合自适应加权,能够有效地检测出较云层背景区域,预判目标被遮挡区域。

[0040] 有益效果:本发明是针对图像对空检测目标存在云干扰的场景下,提出的一种复杂天空场景下的图像云背景检测方法。通过相关邻域滤波,有效减少了图像噪声对目标背景边缘干扰,利用多方向形态学梯度算子精确刻画云层背景的轮廓特征,大大减少伪边缘的生成与干扰,本发明方法对多种天空背景进行测试,均能有效对云背景进行有效检测,在国产化FT-2000平台上测试验证,处理平均帧频达到35Hz。

附图说明

[0041] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做更进一步的具体说明,本发明的上述和/或其他方面的优点将会变得更加清楚。

[0042] 图1是本发明实施例中一种复杂天空场景下的图像云背景检测的流程图。

[0043] 图2是本发明实施例中第一邻域示意图。

[0044] 图3是本发明实施例中第二邻域示意图。

[0045] 图4是本发明实施例中形态学方向梯度示意图。

[0046] 图5是本发明实施例中输入图像。

[0047] 图6是本发明实施例中图像边缘检测的结果。

[0048] 图7是本发明实施例中轮廓检测结果。

具体实施方式

[0049] 如图1所示,本发明提供了一种复杂天空场景下的图像云背景检测方法,包括:

[0050] a) 如图5所示,获取红外图像数据image1,构建5*5邻域卷积核模板S,矩阵所有值设置为0,如图2、图3所示,提取到当前图像中心 $f(x, y)$ 的5*5像素矩阵 fw_1 :

$$[0051] \quad fw_1 = \begin{bmatrix} 156 & 158 & 164 & 165 & 173 \\ 153 & 170 & 172 & 172 & 165 \\ 163 & 166 & 178 & 174 & 168 \\ 167 & 165 & 176 & 176 & 167 \\ 164 & 165 & 178 & 174 & 169 \end{bmatrix}$$

[0052] 计算当前窗口的第一邻域 $W_1 = (172, 166, 178, 176, 174)$ 的中值 $m_1 = 174$,同理计算当前窗口的第二邻域 W_2 的中值 $m_2 = 170$,设置卷积核模板中心像素 $S(2, 2) = \text{Max}(m_1, m_2)$,可得 $S(2, 2) = 170$,其中Max为计算向量的最大值操作,对原图Image1遍历进行邻域卷积S操

作,得到相关邻域滤波图像Image2;

[0053] b) 构建方向梯度边缘算子,为进一步增强对云背景边缘的提取,如图4所示,分别建立水平、垂直、主对角线、次对角线方向梯度结构算子 U_1 、 U_2 、 U_3 、 U_4 ,方向梯度结构算子 U_i ($i=1,2,3,4$)为:

$$[0054] \quad U_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad U_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[0055] \quad U_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad U_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

[0056] 形态学方向梯度轮廓边缘提取包括:

$$[0057] \quad ZE_i = f \oplus U_i \circ L - f \bullet U_i$$

$$[0058] \quad ZI_i = f \bullet U_i - f \oplus U_i \bullet L$$

[0059] 其中 ZE_i 为外轮廓线边缘粗提取结果, ZI_i 为内轮廓线边缘粗提取结果, f 为图像Image2, U_i 为方向梯度边缘算子, i 取值为1、2、3、4, \oplus 为形态学膨胀操作, \ominus 为形态学腐蚀操作, \circ 为形态学开操作, \bullet 为形态学闭操作,结构算子 L 为:

$$[0060] \quad L = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

[0061] c) 提取轮廓细节边缘得到单方向边缘检测结果 Z_i :

$$[0062] \quad ZX_i = \text{Max}(ZE_i, ZI_i) - \text{Min}(ZE_i, ZI_i)$$

$$[0063] \quad Z_i = ZE_i + ZI_i + ZX_i$$

[0064] 其中 ZX_i 为轮廓细节边缘, Z_i 为单方向边缘检测结果,Max为计算向量的最大值,Min为计算向量的最小值。如图6所示,提取多方向边缘检测结果生成最终边缘检测结果 Z ,即为边缘图像Image3,具体为:

$$[0065] \quad Z = \sum_{i=1}^4 \lambda_i Z_i$$

[0066] 其中融合边缘权重因子 λ_i 包括:

$$[0067] \quad D_i = \sum |d_i - d_0|$$

$$[0068] \quad \lambda_i = \frac{D_i}{\sum_{i=1}^4 D_i}$$

[0069] 其中 D_i 表示各个方向梯度灰阶差值, d_i 表示水平、垂直、主对角线、次对角线的各个像素值, d_0 为中心点像素值, i 取值为1、2、3、4。

[0070] d) 遍历边缘图像Image3,提取Image3中像素值为1的像素点作为种子像素点,将其相邻4邻域或8邻域像素值为1的所有前景像素点都标记L,将同一标记为L所有像素构成区域生成连通域 Q_1 ,重复上述步骤直至遍历整个图像得到最终连通域向量 (Q_1, Q_2, \dots, Q_i) , $i \in (1, 2, 3, \dots)$ 。最终结果如图7所示。

[0071] 本发明提供了一种复杂天空场景下的图像云背景检测方法,具体实现该技术方案的方法和途径很多,以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。本实施例中未明确的各组成部分均可用现有技术加以实现。

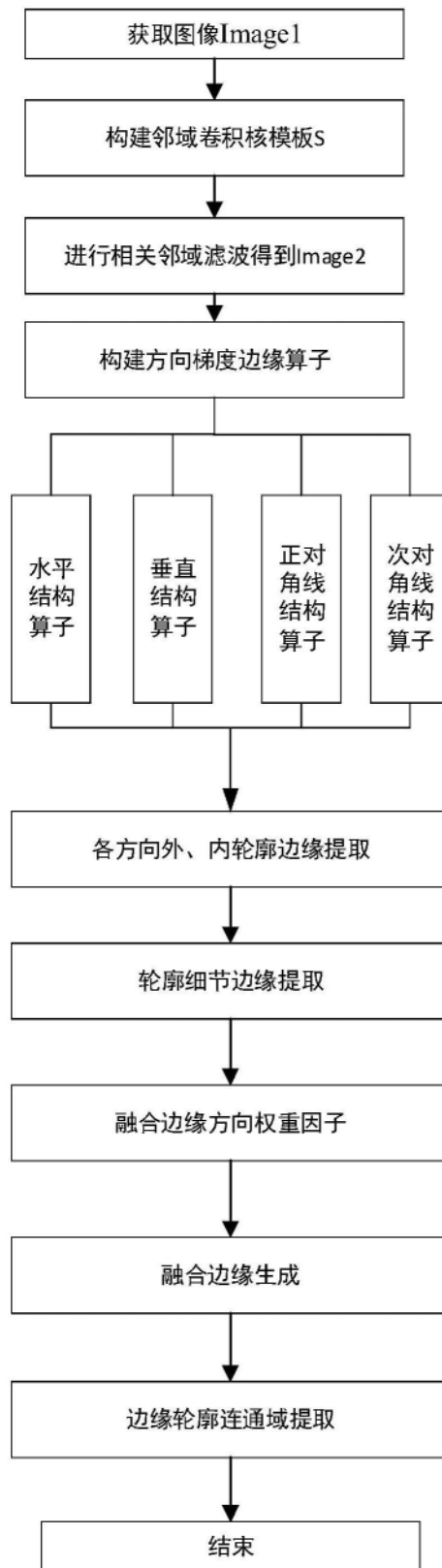


图1

$f(x-2,y-2)$	$f(x-1,y-2)$	$f(x,y-2)$	$f(x+1,y-2)$	$f(x+2,y-2)$
$f(x-2,y-1)$	$f(x-1,y-1)$	$f(x,y-1)$	$f(x+1,y-1)$	$f(x+2,y-1)$
$f(x-2,y)$	$f(x-1,y)$	$f(x,y)$	$f(x+1,y)$	$f(x+2,y)$
$f(x-2,y+1)$	$f(x-1,y+1)$	$f(x,y+1)$	$f(x+1,y+1)$	$f(x+2,y+1)$
$f(x-2,y+2)$	$f(x-1,y+2)$	$f(x,y+2)$	$f(x+1,y+2)$	$f(x+2,y+2)$

图2

$f(x-2,y-2)$	$f(x-1,y-2)$	$f(x,y-2)$	$f(x+1,y-2)$	$f(x+2,y-2)$
$f(x-2,y-1)$	$f(x-1,y-1)$	$f(x,y-1)$	$f(x+1,y-1)$	$f(x+2,y-1)$
$f(x-2,y)$	$f(x-1,y)$	$f(x,y)$	$f(x+1,y)$	$f(x+2,y)$
$f(x-2,y+1)$	$f(x-1,y+1)$	$f(x,y+1)$	$f(x+1,y+1)$	$f(x+2,y+1)$
$f(x-2,y+2)$	$f(x-1,y+2)$	$f(x,y+2)$	$f(x+1,y+2)$	$f(x+2,y+2)$

图3

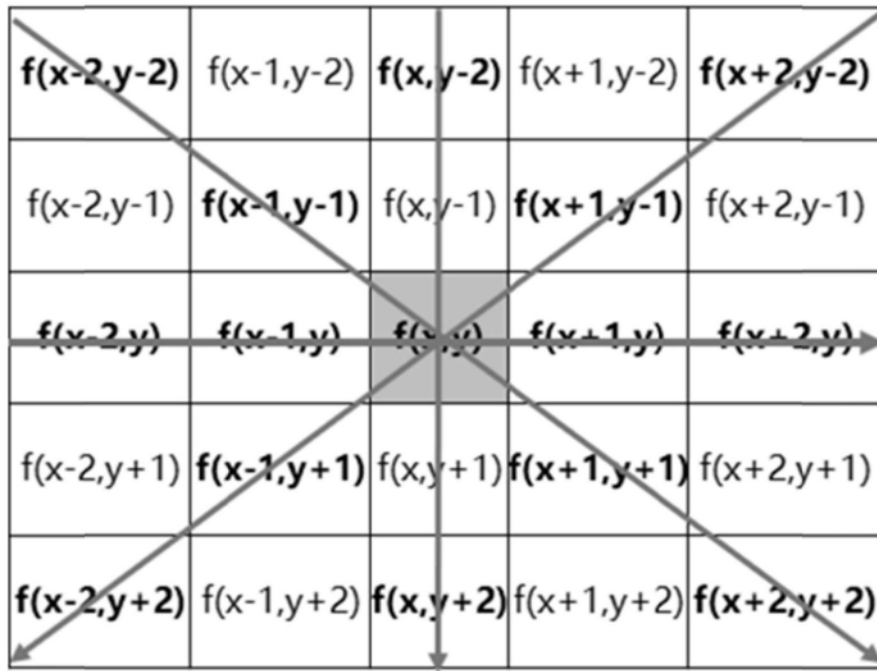


图4



图5

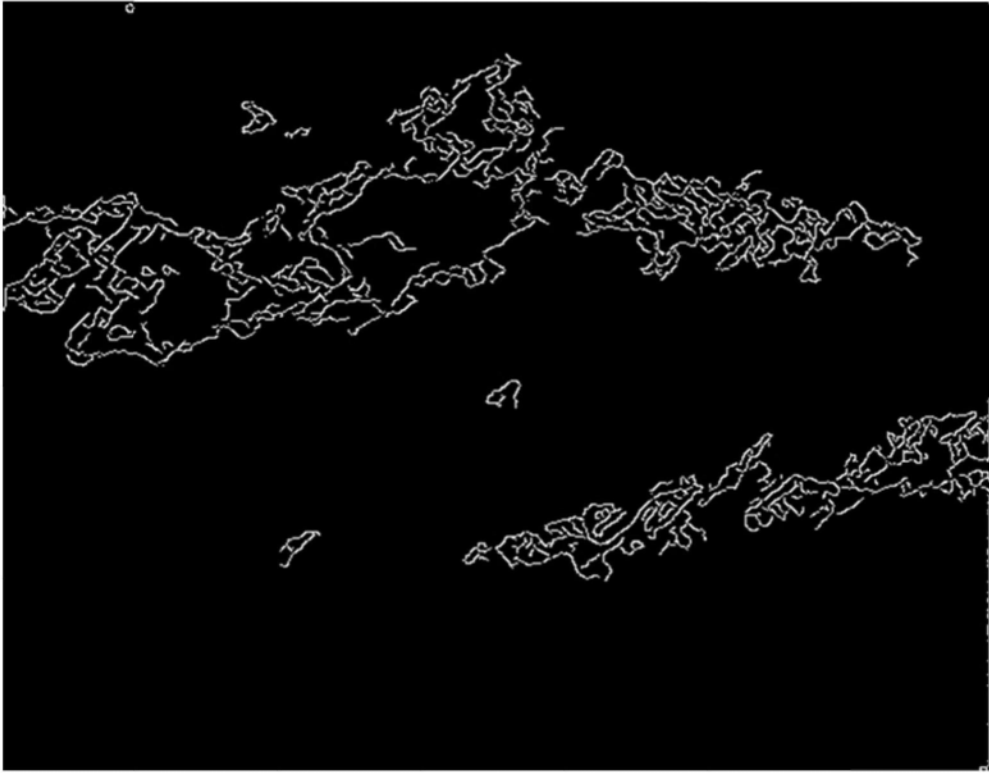


图6



图7