



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109636785 A
(43)申请公布日 2019.04.16

(21)申请号 201811494388.X

(22)申请日 2018.12.07

(71)申请人 南京埃斯顿机器人工程有限公司
地址 211106 江苏省南京市江宁经济开发区燕湖路178号

(72)发明人 尹章芹 张冶 周奇 王杰高

(74)专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237
代理人 程化铭

(51)Int.Cl.
G06T 7/00(2017.01)
G06T 7/70(2017.01)

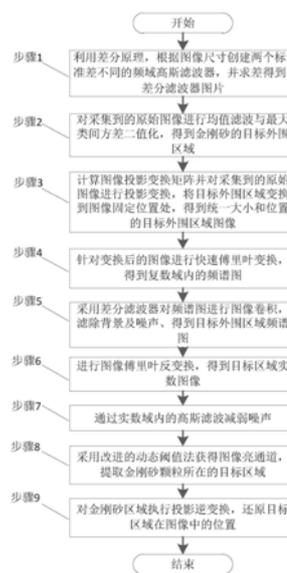
权利要求书3页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种识别金刚砂颗粒的视觉处理方法

(57)摘要

本发明公开了一种识别金刚砂颗粒的视觉处理方法,解决了人工检测效率低、基于形态学的检测方法受光源影响精准度低等问题,针对现有通用金刚砂线,采用频域分析的方法寻找金刚砂颗粒突变点,在保证图像精度的前提下,提取目标外围区域,进行统一投影定位,实现了金刚砂线表面金刚砂颗粒的快速精确提取。



1. 一种识别金刚砂颗粒的视觉处理方法,其步骤是:

步骤1. 设计频域高斯滤波器,利用差分原理,根据采集的图像尺寸创建两个标准差分别为 c_1 、 c_2 的频域高斯滤波器,并求差得到差分滤波器图片;

步骤2. 对图像进行均值滤波与二值化处理,对采集到的原始图像进行图像的均值滤波与图像最大类间方差二值化,得到金刚砂线所在的目标外围区域图像;

步骤3: 对图像进行投影处理,根据步骤2中得到的目标外围区域图像,计算图像投影变换矩阵,并对采集到的原始图像进行投影变换,将目标外围区域变换到图像的固定位置处,得到统一大小和位置的目标外围区域图像;

步骤4. 图像处理软件调用快速傅里叶变换模块,针对投影变换后的图像进行快速傅里叶变换,得到复数域内的频谱图;

步骤5. 图像处理软件调用图像卷积模块,采用步骤1中创建的频域差分滤波器对频谱图进行图像卷积计算,增强特征,得到金刚砂所在的目标区域频谱图像;

步骤6. 再利用用图像傅里叶反变换,对目标区域频谱图像进行图像傅里叶反变换,得到目标区域实数图像;

步骤7. 图像处理软件调用空间域的高斯滤波模块,通过空间域的高斯滤波处理目标区域实数图像,得到噪声减弱的目标区域图;

步骤8. 图像处理软件调用动态阈值模块,采用改进的动态阈值法,设定阈值 d ,获得目标区域图像的亮通道,得到金刚砂颗粒的位置图;

步骤9. 图像处理软件调用投影逆变换模块,对金刚砂颗粒的位置图执行投影逆变换,还原目标区域在图像中的位置。

2. 根据权利要求1所述的识别金刚砂颗粒的视觉处理方法,其特征是:

所述创建两个频域高斯滤波器的标准差 c_1 、 c_2 的值,根据目标区域所在频域图上频段的确定;所采集的图像中,目标区域的高度占整幅图像高度的 $1/n$,频域高斯滤波器宽度、高度分别设定为整幅图像宽度、高度的 $1/n$, c_1 等于图像的宽度, c_2 等于 n ;

$$n=W/W_1$$

W 是相机的视野范围, W_1 是金刚砂的线宽度,单位都是毫米。

3. 根据权利要求1所述的识别金刚砂颗粒的视觉处理方法,其特征是:

所述步骤3,步骤如下:

步骤301: 投影矩阵的计算:

假设投影变换前的图像左上、右上、右下、左下四个顶点的行、列坐标向量分别为:

$$P_x = (p_{x1}, p_{x2}, p_{x3}, p_{x4})^T, P_y = (p_{y1}, p_{y2}, p_{y3}, p_{y4})^T$$

式中, $p_{x1} \dots p_{x4}, p_{y1} \dots p_{y4}$ 分别为上述四个顶点(以下简称顶点)的行坐标、列坐标; P_x 、 P_y 分别为顶点的行坐标向量、列坐标向量;

假设投影变换后对应的坐标分别为:

$$Q_x = (q_{x1}, q_{x2}, q_{x3}, q_{x4})^T, Q_y = (q_{y1}, q_{y2}, q_{y3}, q_{y4})^T$$

式中, $q_{x1} \dots q_{x4}, q_{y1} \dots q_{y4}$ 分别为投影变换后顶点的行坐标、列坐标; Q_x 、 Q_y 分别为投影变换后顶点的行坐标向量、列坐标向量;

则投影变换矩阵:

$$\text{MatH} = (Q_x, Q_y, 1, 1) \cdot (P_x, P_y, 1, 1)^{-1}$$

投影逆变换矩阵:

$$\text{MatH}^{-1} = \{ (Q_x, Q_y, 1, 1) \cdot (P_x, P_y, 1, 1)^{-1} \}^{-1};$$

步骤302: 图像的投影变换, 采用像素加权插值法确定投影变换后图像坐标点 (x, y) 的像素值 $f(x, y)$ 。

4. 根据权利要求3所述的识别金刚砂颗粒的视觉处理方法, 其特征是:

所述步骤302所述的图像投影变换, 其步骤是:

步骤3021: 依次遍历投影变换前原图像中的每一个像素点对应的坐标点 (x_0, y_0) , 根据投影变换矩阵确定投影变换后的坐标点 (x, y) ;

由

$$(x, y, 1, 1) = \text{MatH} \cdot (x_0, y_0, 1, 1)$$

确定投影变换后的坐标点 (x, y) ;

步骤3022: 加权插值法计算像素点, 具体步骤为:

步骤30221: 根据两点式直线解析式计算公式计算投影变换前坐标点 (x_0, y_0) 周围4个像素点的两条对角线的解析式 f_1, f_2 分别为:

$$f_1 = \frac{(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)} x + y_1 - \frac{(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)} x_1$$

$$f_2 = \frac{(y_4 - y_2)}{(x_4 - x_2)} x + y_2 - \frac{(y_4 - y_2)}{(x_4 - x_2)} x_2$$

式中, $x_1 \dots x_4$ 以及 $y_1 \dots y_4$ 分别为投影变换前坐标点 (x_0, y_0) 周围顶点的行坐标、列坐标;

步骤30222: 根据点斜式直线解析式计算公式计算投影变换前坐标点 (x_0, y_0) , 且与两条对角线分别垂直的两条垂线的解析式 g_1, g_2 分别为:

$$g_1 = \frac{(y_4 - y_2)}{(x_4 - x_2)} x + y_0 - \frac{(y_4 - y_2)}{(x_4 - x_2)} x_0$$

$$g_2 = \frac{(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)} x + y_0 - \frac{(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)} x_0$$

步骤30223: 连立方程组求解 f_1 与 g_1 ; f_2 与 g_2 的交点 (投影点) j_1, j_2 ;

步骤30224: 将投影变换前坐标点 (x_0, y_0) 与四个周围像素点间的欧几里得距离投影到各自所对应的对角线上;

步骤30225: 计算投影变换后坐标点 (x, y) 处像素值:

$$f(x, y) = \frac{1}{2} \left(\frac{u}{L} T_1 + \frac{L-u}{L} T_3 \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{v}{L} T_2 + \frac{L-v}{L} T_4 \right)$$

式中, 投影变换前坐标点 (x_0, y_0) 周围的四个像素值, 按照左上、右上、右下、左下的顺序分别为 $T_1(x_1, y_1)$, $T_2(x_2, y_2)$, $T_3(x_3, y_3)$, $T_4(x_4, y_4)$; u, v 分别是投影变换前坐标点 (x_0, y_0) 与坐标点 T_1, T_2 间的欧几里得距离根据步骤30224所得的投影距离;

L 为对角线长度:

$$L = \sqrt{(x_i - x_{i-2})^2 + (y_i - y_{i-2})^2}$$

式中, i 取值为3或4。

5. 根据权利要求1所述的识别金刚砂颗粒的视觉处理方法,其特征是:所述步骤8具体步骤为:

步骤801. 对图像进行中值滤波;

步骤802. 采用步骤7得到的图像与步骤801得到的图像求差,得到两幅图像的偏差图像 $g(x,y)$;

步骤803. 提取图像亮通道;根据步骤801滤波前与滤波后的图像局部灰度值偏差 $offset$;亮通道的集合为:

$$B = \{(x,y) \mid offset(x,y) \geq d\}$$

式中, (x,y) 为变换后的坐标点, d 为设定的阈值。

一种识别金刚砂颗粒的视觉处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种识别金刚砂颗粒的视觉处理方法,特别是一种基于计算机视觉的金刚砂线表面金刚砂颗粒提取的图像处理方法,属于机器视觉应用领域。

背景技术

[0002] 金刚砂线是由金刚砂颗粒电镀到细钢丝表面所构成的一种常见的切割或打磨工具,主要用于材料与精度要求较高的行业,比如光伏行业中硅原料的切片;金刚砂线表面的金刚砂颗粒数量与密度是评判金刚砂线品质的一种重要指标,工业上也常以此指标对所生产的金刚砂线进行质量评判。

[0003] 传统的金刚砂颗粒检测方法有显微镜人工观察计算法,以及通过化学或物理方法(颗粒分离法)分离出单位长度内的金刚砂颗粒并进行计数。显微镜观察法需要人工进行取样与观察计算,效率较低;颗粒分离法操作过程繁琐,并且对金刚砂线本身造成了破坏。

[0004] 近年,基于机器视觉的自动检测法逐渐发展起来。现有的视觉检测方法虽然针对金刚砂颗粒的提取具有一定效果,但是由于在图像处理过程中采用了形态学的基本操作,使图像精度显著受损,不具有较高的准确性。此外,考虑到金刚砂颗粒具有粘连的现象,现有视觉检测法中,主要通过提取目标区域的特征凹点进行计数,但是这种方法易受光线强度影响,并且在凹点不明显的情况下,难以进行金刚砂颗粒的精准提取。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于,克服现有技术存在的缺陷,提供一种识别金刚砂颗粒的视觉处理方法,针对现有通用金刚砂线,采用频域分析的方法寻找突变点,在保证图像精度的前提下,提取目标外围区域,进行统一投影定位,实现了金刚砂线表面金刚砂颗粒的快速精确提取。

[0006] 本发明的一种识别金刚砂颗粒的视觉处理方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤1,设计频域高斯滤波器,利用差分原理,根据采集的图像尺寸创建两个标准差分别为 c_1 、 c_2 的频域高斯滤波器,并求差得到差分滤波器图片。

[0008] 所创建的两个频域高斯滤波器的标准差 c_1 、 c_2 的值根据目标区域所在频域图上频段分析确定。所采集的图像中,目标区域的高度占整幅图像高度的 $1/n$,为提高滤波速度,并保持图像比例,频域高斯滤波器宽度、高度分别设定为整幅图像宽度、高度的 $1/n$, c_1 等于图像的宽度, c_2 等于 n 。

[0009] $n=W/W_1$

[0010] W 是相机的视野范围, W_1 金刚砂的线宽度是,单位都是毫米。

[0011] 步骤2.对图像进行均值滤波与二值化处理,对采集到的原始图像进行图像的均值滤波与图像最大类间方差二值化,得到金刚砂线所在的目标外围区域图像。

[0012] 步骤3:对图像进行投影处理,根据步骤2中得到的目标外围区域图像,计算图像投影变换矩阵,并对采集到的原始图像进行投影变换,将目标外围区域变换到图像的固定位

置处,得到统一大小和位置的目标外围区域图像;具体包括如下步骤:

[0013] 步骤301:投影矩阵的计算:

[0014] 假设投影变换前的图像左上、右上、右下、左下四个顶点的行、列坐标向量分别为:

$$[0015] \quad P_x = (p_{x1}, p_{x2}, p_{x3}, p_{x4})^T, P_y = (p_{y1}, p_{y2}, p_{y3}, p_{y4})^T \quad (1)$$

[0016] 式(1)中, $p_{x1} \dots p_{x4}, p_{y1} \dots p_{y4}$ 分别为上述四个顶点(以下简称顶点)的行坐标、列坐标; P_x, P_y 分别为顶点的行坐标向量、列坐标向量。

[0017] 假设投影变换后对应的坐标分别为:

$$[0018] \quad Q_x = (q_{x1}, q_{x2}, q_{x3}, q_{x4})^T, Q_y = (q_{y1}, q_{y2}, q_{y3}, q_{y4})^T \quad (2)$$

[0019] 式(2)中, $q_{x1} \dots q_{x4}, q_{y1} \dots q_{y4}$ 分别为投影变换后顶点的行坐标、列坐标; Q_x, Q_y 分别为投影变换后顶点的行坐标向量、列坐标向量。

[0020] 则投影变换矩阵:

$$[0021] \quad \text{MatH} = (Q_x, Q_y, 1, 1) \cdot (P_x, P_y, 1, 1)^{-1} \quad (3)$$

[0022] 投影逆变换矩阵:

$$[0023] \quad \text{MatH}^{-1} = \{(Q_x, Q_y, 1, 1) \cdot (P_x, P_y, 1, 1)^{-1}\}^{-1} \quad (4)$$

[0024] 步骤302:图像的投影变换,具体步骤为,采用像素加权插值法确定投影变换后图像坐标点 (x, y) 的像素值 $f(x, y)$ 。具体步骤为:

[0025] 步骤3021:依次遍历投影变换前原图像中的每一个像素点对应的坐标点 (x_0, y_0) ,根据投影变换矩阵确定投影变换后的坐标点 (x, y) ;

[0026] 由

$$[0027] \quad (x, y, 1, 1) = \text{MatH} \cdot (x_0, y_0, 1, 1) \quad (5)$$

[0028] 可确定投影变换后的坐标点 (x, y) 。

[0029] 步骤3022:像素点的加权插值法计算,具体步骤为:

[0030] 步骤30221:根据两点式直线解析式计算公式计算投影变换前坐标点 (x_0, y_0) 周围4个像素点的两条对角线的解析式 f_1, f_2 分别为:

$$[0031] \quad f_1 = \frac{(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)}x + y_1 - \frac{(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)}x_1 \quad (6)$$

$$[0032] \quad f_2 = \frac{(y_4 - y_2)}{(x_4 - x_2)}x + y_2 - \frac{(y_4 - y_2)}{(x_4 - x_2)}x_2 \quad (7)$$

[0033] 式(6)、(7)中, $x_1 \dots x_4$ 以及 $y_1 \dots y_4$ 分别为投影变换前坐标点 (x_0, y_0) 周围顶点的行坐标、列坐标。

[0034] 步骤30222:根据点斜式直线解析式计算公式计算投影变换前坐标点 (x_0, y_0) ,且与两条对角线分别垂直的两条垂线的解析式 g_1, g_2 分别为:

$$[0035] \quad g_1 = \frac{(y_4 - y_2)}{(x_4 - x_2)}x + y_0 - \frac{(y_4 - y_2)}{(x_4 - x_2)}x_0 \quad (8)$$

$$[0036] \quad g_2 = \frac{(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)}x + y_0 - \frac{(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)}x_0 \quad (9)$$

[0037] 步骤30223:连立方程组求解 f_1 与 $g_1; f_2$ 与 g_2 的交点(投影点) j_1, j_2 ;

[0038] 步骤30224:将投影变换前坐标点 (x_0, y_0) 与四个周围像素点间的欧几里得距离投影到各自所对应的对角线上;

[0039] 步骤30225:计算投影变换后坐标点 (x, y) 处像素值:

$$[0040] \quad f(x, y) = \frac{1}{2} \left(\frac{u}{L} T_1 + \frac{L-u}{L} T_3 \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{v}{L} T_2 + \frac{L-v}{L} T_4 \right) \quad (10)$$

[0041] 式(10)中,投影变换前坐标点 (x_0, y_0) 周围的四个像素值,按照左上、右上、右下、左下的顺序分别为 $T_1(x_1, y_1)$, $T_2(x_2, y_2)$, $T_3(x_3, y_3)$, $T_4(x_4, y_4)$; u, v 分别是投影变换前坐标点 (x_0, y_0) 与坐标点 T_1, T_2 间的欧几里得距离根据步骤30224所得的投影距离。

[0042] 另外,在式(10)中,对角线长度 L 定义为:

$$[0043] \quad L = \sqrt{(x_i - x_{i-2})^2 + (y_i - y_{i-2})^2} \quad (11)$$

[0044] 式(11)中, i 取值为3或4。

[0045] 步骤4.对图像进行快速傅里叶变换处理,针对投影变换后的图像进行快速傅里叶变换,得到复数域内的频谱图。

[0046] 步骤5.对图像进行卷积计算,采用步骤1中创建的频域差分滤波器对频谱图进行图像卷积计算,增强特征,得到金刚砂所在的目标区域频谱图像。

[0047] 步骤6.对图像傅里叶反变换处理,对目标区域频谱图像进行图像傅里叶反变换,得到目标区域实数图像。

[0048] 步骤7.对图像进行高斯滤波处理,通过空间域的高斯滤波处理目标区域实数图像,得到噪声减弱的目标区域图。

[0049] 步骤8.对图像进行动态阈值处理,采用改进的动态阈值法,设定阈值 d ,获得目标区域图像的亮通道,得到金刚砂颗粒的位置图;具体步骤为:

[0050] 步骤801.对图像进行中值滤波。

[0051] 步骤802.采用步骤7得到的图像与步骤801得到的图像求差,得到两幅图像的偏差图像 $g(x, y)$ 。

[0052] 步骤803.提取图像亮通道;根据步骤801滤波前与滤波后的图像局部灰度值偏差 $offset$;亮通道的集合为:

$$[0053] \quad B = \{ (x, y) \mid offset(x, y) \geq d \} \quad (12)$$

[0054] 式(12)中, (x, y) 为变换后的坐标点, d 为设定的阈值。

[0055] 步骤9.对图像进行投影逆变换处理,对金刚砂颗粒的位置图执行投影逆变换,还原目标区域在图像中的位置。

[0056] 本发明的优点或者有益效果

[0057] 1、本发明通过计算图像投影变换矩阵并进行投影变换,将通过均值滤波与最大类间方差阈值得到的目标外围区域变换到图像固定位置处,既缩小了需要进行后续图像处理的区域,提高了图像处理算法的执行速度;又实现了随机性变换的目标区域的统一定位,可防止由于图像背景纹理发生变化所造成的单张图片处理耗时过长而影响系统执行效率。

[0058] 2、本发明所采用的像素加权插值法在图像投影变换中的应用,在实现图像位置与尺寸缩放的同时,在有限的计算复杂度(低于高阶线性插值法)范围内最大限度的还原了图像细节信息,解决了图像边缘区域插值模糊的问题,保持了图像的精度。

[0059] 3、本发明针对投影变换后的图像进行快速傅里叶变换,转换为复数域内的频谱图进行差分滤波提取特征提取,可有效避免空间域内普遍存在的图像噪声干扰问题。

[0060] 4、本发明在进行金刚砂颗粒的最终提取时,采用了改进的动态阈值法,设定阈值d,从图像局部特征考虑,根据局部区域相对灰度差获得满足灰度条件的图像亮通道,提取金刚砂颗粒所在目标区域,有效避免了图像亮度不均以及图像噪声对特征提取的干扰。

附图说明

[0061] 图1是本发明识别金刚砂颗粒的视觉处理方法流程框图。

[0062] 图2是图像的投影变换示意图。

[0063] 图3是金刚砂的相机采集图。

[0064] 图4是金刚砂识别的结果图片。

具体实施方式

[0065] 下面结合实施例和附图,对本发明方法作进一步详细说明。

[0066] 实施例:

[0067] 本实施例所处理的图像是由CMOS灰度工业相机采集得到,视觉图片是640*480的灰度图,金刚砂的相机视野范围是4mm左右,精钢砂的宽度是1mm左右,。

[0068] 步骤1.高斯滤波器的标准差分别是 $c_1=640$ 和 $c_2=4$,高斯滤波器的宽度是640,高度是120。

[0069] 步骤2.对采集到的原始图像进行图像的均值滤波与图像最大类间方差二值化,得到金刚砂线所在的目标外围区域图像。

[0070] 步骤3:根据步骤2中得到的目标外围区域图像,建立投影矩阵,计算图像投影变换矩阵,并对采集到的原始图像进行投影变换,将目标外围区域变换到图像的固定位置处,得到统一大小和位置的目标外围区域图像;具体包括如下步骤:

[0071] 步骤301:投影矩阵的计算:

[0072] 投影变换前的图像左上、右上、右下、左下四个顶点的行、列坐标向量分别为:

$$[0073] \quad px = (px_1, px_2, px_3, px_4)^T = (0, 0, 504, 504)^T$$

$$[0074] \quad py = (py_1, py_2, py_3, py_4)^T = (0, 640, 640, 0)^T \quad (1)$$

[0075] 式(1)中, $px_1 \dots px_4, py_1 \dots py_4$ 分别为上述四个顶点(以下简称顶点)的行列坐标; P_x, P_y 分别为顶点的行、列坐标向量。 px_1, px_2 ,表示第一个目标所在区域的行坐标, px_3, px_4 表示最后一个目标所在的行坐标, py_1, py_4 值是0, py_2 和 py_3 值是宽度。

[0076] 投影变换后对应的行列坐标向量 Q_x, Q_y :

$$[0077] \quad Q_x = (0, 0, 504, 504)$$

$$[0078] \quad Q_y = (0, 640, 640, 0)_1 \quad (2)$$

[0079] 则投影变换矩阵:

[0080] _____

$$[0081] \quad MatH = \begin{bmatrix} 0.149518 & 1.23478e-16 & -6.74992e-14 \\ -1.94343e-17 & 0.301428 & 5.87964e-14 \\ -7.06663e-20 & 1.0118e-18 & 0.602855 \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0082] 投影逆变换矩阵:

$$[0083] \quad \text{MatH}^{-1} = \begin{bmatrix} 6.68817 & -2.73977e-15 & 7.48848e-13 \\ 4.31214e-16 & 3.31755 & -3.2356e-13 \\ 7.83984e-19 & -5.56801e-18 & 1.65877 \end{bmatrix} \quad (4)$$

[0084] 步骤302:图像的投影变换,采用像素加权插值法确定投影变换后图像坐标点(x, y)的像素值f(x, y)。具体步骤为:

[0085] 步骤3021:依次遍历投影变换前原图像中的每一个像素点对应的坐标点(x₀, y₀),根据投影变换矩阵确定投影变换后的坐标点(x, y);

[0086] 由

$$[0087] \quad (x, y, 1, 1) = \text{MatH} \cdot (x_0, y_0, 1, 1) \quad (5)$$

[0088] 可确定投影变换后的坐标点(x, y)。

[0089] 步骤3022:像素点的加权插值法计算,具体步骤为:

[0090] 步骤30221:如图2,根据两点式直线解析式计算公式计算投影变换前坐标点(x₀, y₀)周围4个像素点的两条对角线的解析式f₁, f₂分别为:

$$[0091] \quad f_1 = \frac{(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)}x + y_1 - \frac{(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)}x_1 \quad (6)$$

$$[0092] \quad f_2 = \frac{(y_4 - y_2)}{(x_4 - x_2)}x + y_2 - \frac{(y_4 - y_2)}{(x_4 - x_2)}x_2 \quad (7)$$

[0093] 式(6)、(7)中, x₁...x₄以及y₁...y₄分别为投影变换前坐标点(x₀, y₀)周围顶点(如图2)的行、列坐标。

[0094] 步骤30222:如图2,根据点斜式直线解析式计算公式计算投影变换前坐标点(x₀, y₀),且与两条对角线分别垂直的两条垂线的解析式g₁, g₂分别为:

$$[0095] \quad g_1 = \frac{(y_4 - y_2)}{(x_4 - x_2)}x + y_0 - \frac{(y_4 - y_2)}{(x_4 - x_2)}x_0 \quad (8)$$

$$[0096] \quad g_2 = \frac{(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)}x + y_0 - \frac{(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)}x_0 \quad (9)$$

[0097] 式(8)、(9)中, x₁...x₄以及y₁...y₄分别为投影变换前坐标点(x₀, y₀)周围顶点(如图2)的行、列坐标。

[0098] 步骤30223:连立方程组求解f₁与g₁; f₂与g₂的交点(投影点),如图2中的j₁, j₂;

[0099] 步骤30224:将投影变换前坐标点(x₀, y₀)与四个周围像素点间的欧几里得距离投影到各自所对应的对角线上(如图2);

[0100] 步骤30225:计算投影变换后坐标点(x, y)处像素值:

$$[0101] \quad f(x, y) = \frac{1}{2} \left(\frac{u}{L} T_1 + \frac{L-u}{L} T_3 \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{v}{L} T_2 + \frac{L-v}{L} T_4 \right) \quad (10)$$

[0102] 式(10)中,投影变换前坐标点(x₀, y₀)周围的四个像素值(如图2),按照左上、右上、右下、左下的顺序分别为T₁(x₁, y₁), T₂(x₂, y₂), T₃(x₃, y₃), T₄(x₄, y₄); u, v分别是投影变换前坐标点(x₀, y₀)与坐标点T₁, T₂间的欧几里得距离根据步骤30224所得的投影距离。

[0103] 另外,在式(10)中,如图2,对角线长度L定义为:

$$[0104] \quad L = \sqrt{(x_i - x_{i-2})^2 + (y_i - y_{i-2})^2} \quad (11)$$

[0105] 式(11)中, i 取值为3或4,本次实验中,取的 $i=3$

[0106] 步骤4.对投影变换后的图像进行快速傅里叶变换,将图像由空间域转换到频域中,得到复数域内的频谱图。

[0107] 步骤5.采用步骤1中创建的频域差分滤波器对频谱图进行图像卷积,滤除背景及噪声,得到金刚砂所在的目标区域频谱图像。

[0108] 步骤6.利用图像傅里叶反变换,对目标区域频谱图像进行反变换,得到目标区域空间图像信息。

[0109] 步骤7.利用空间域的高斯滤波,通过空间域的高斯滤波处理目标区域实数图像,得到噪声减弱的目标区域图。

[0110] 步骤8.利用动态阈值,设定阈值变换幅度为 $d=12$,获得目标区域图像的亮通道,得到金刚砂颗粒的位置图;具体步骤为:

[0111] 步骤801.对图像进行中值滤波。

[0112] 步骤802.采用步骤7得到的图像与步骤801得到的图像求差,得到两幅图像的偏差图像 $g(x, y)$ 。

[0113] 步骤803.提取图像亮通道;根据步骤801滤波前与滤波后的图像局部灰度值偏差 $offset$;亮通道的集合为:

$$[0114] \quad B = \{(x, y) \mid offset(x, y) \geq (d=12)\} \quad (12)$$

[0115] 式(12)中, (x, y) 为变换后的坐标点, d 为设定的阈值。

[0116] 步骤9.利用投影逆变换模块,对金刚砂颗粒的位置图执行投影逆变换,还原目标区域在图像中的位置并输出位置信息。该实施例下的金刚砂颗粒提取效果见图4。

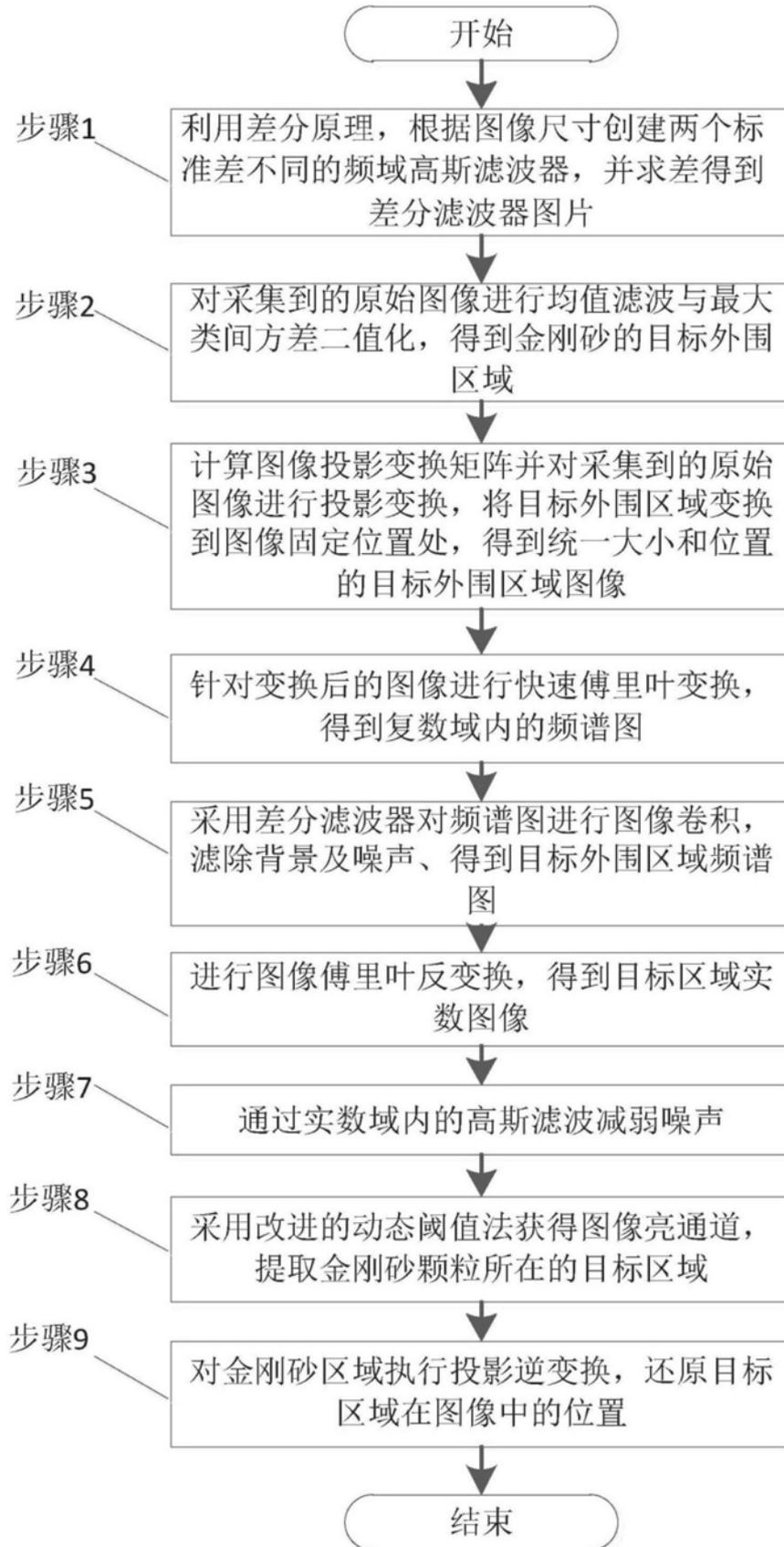


图1

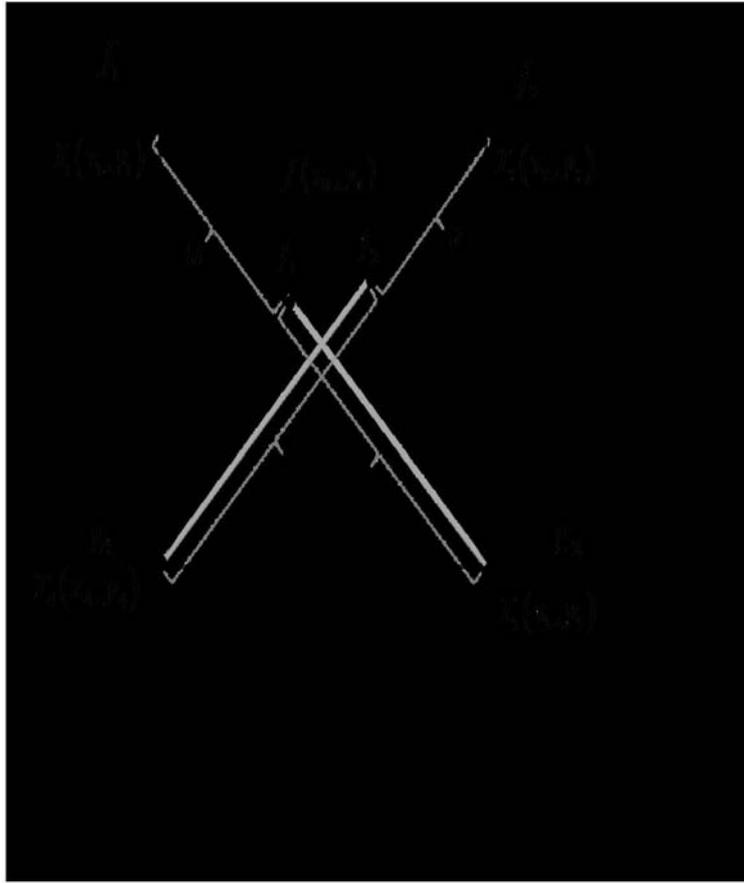


图2

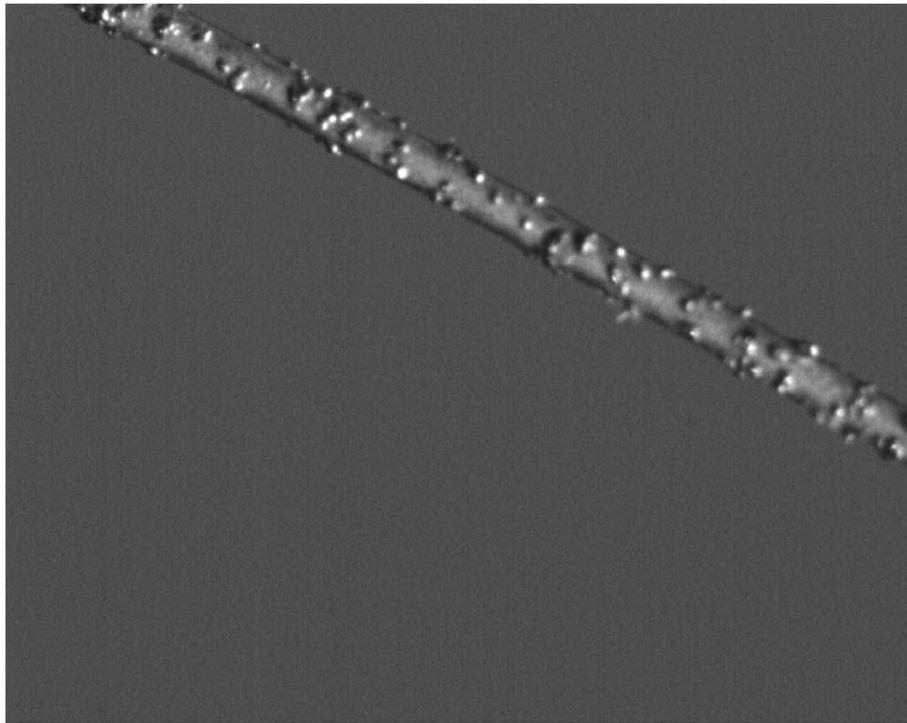


图3

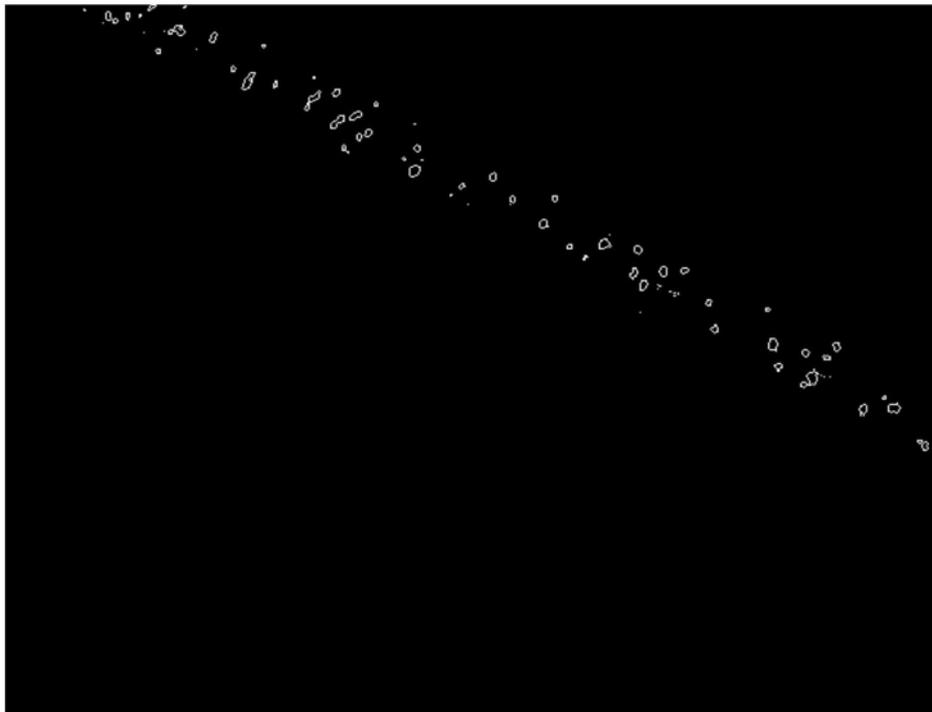


图4