



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106127690 A

(43)申请公布日 2016. 11. 16

(21)申请号 201610524520.1

G06T 5/00(2006.01)

(22)申请日 2016.07.06

(71)申请人 李长春

地址 454000 河南省焦作市高新区世纪大道2001号河南理工大学测绘学院

(72)发明人 雷添杰 李长春 王双亭 李建委 都伟冰

(74)专利代理机构 郑州豫开专利代理事务所 (普通合伙) 41131

代理人 朱俊峰

(51)Int.Cl.

G06T 3/40(2006.01)

G06K 9/46(2006.01)

G06K 9/62(2006.01)

G06T 5/50(2006.01)

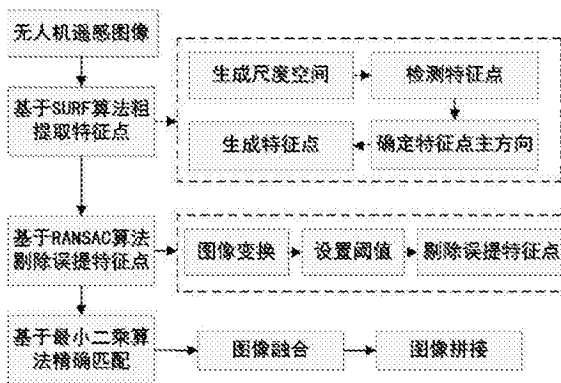
权利要求书3页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种无人机遥感图像快速拼接方法

(57)摘要

一种无人机遥感图像快速拼接方法,(1)基于SURF算法粗提取特征点;(2)利用RANSAC算法剔除误提取的特征点;(3)利用最小二乘匹配法精确匹配图像特征点;(4)进行图像融合工序;(5)对图像进行拼接,得到无人机遥感图像。本发明首先利用SURF算法粗提取无人机遥感图像的特征点,然后利用RANSAC算法剔除被误提取的特征点,最后利用最小二乘图像匹配法,实现特征点的精确匹配和图像的实时拼接。算法不但可以得到很好的拼接效果,而且拼接效率极高,能够满足实时拼接要求。待拼接的无人机遥感图像航向重叠度多于60%,旁向重叠度多于30%。本发明计算量小,拼接效果好,拼接效率高,匹配精度高,实现图像的实时拼接。



1. 一种无人机遥感图像快速拼接方法,其特征在於:包括以下步骤,

(1) 基于SURF算法粗提取特征点:先生成尺度空间,接着检测特征点,然后确定特征点主方向,最后生成特征点;

(2) 利用RANSAC算法剔除误提取的特征点:先进行图像变换,再设置阈值,最后删除误提取特征点;

(3) 利用最小二乘匹配法精确匹配图像特征点;

(4) 进行线性加权平均图像融合;

(5) 对图像进行拼接,得到无人机遥感图像。

2. 根据权利要求1所述的一种无人机遥感图像快速拼接方法,其特征在於:步骤(1)的具体过程为,

在参考图像和待匹配图像上,选取大小不同的箱式滤波器建立图像的尺度空间,使用快速Hessian矩阵检测每一层图像上的极值点;

设图像空间内任意一点 $(x, y)$ ,尺度为 $\sigma$ ,Hessian矩阵被定义为:

$$H(x, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, \sigma) & L_{xy}(x, \sigma) \\ L_{xy}(x, \sigma) & L_{yy}(x, \sigma) \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, $L_{xx}$ 表示高斯滤波二阶导数 $\frac{\partial^2 g(\sigma)}{\partial x^2}$ 与图像 $I=(x, y)$ 的卷积,其中高斯函数 $g(\sigma)$ 定义为 $g(\sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$ , $L_{xx}$ 与 $L_{yy}$ 的计算方法与相同,为计算方便,采用箱式滤波模板同输入图像的卷积 $D_{xx}$ 、 $D_{yy}$ 、 $D_{xy}$ 代替 $L_{xx}$ 、 $L_{xy}$ 和 $L_{yy}$ ,将 $9 \times 9$ 的箱式滤波器近似为 $\sigma=1.2$ 的高斯滤波二阶导数, $D_{xx}$ 、 $D_{yy}$ 与 $L_{xx}$ 、 $L_{yy}$ 的关系如下:

$$\omega = \frac{\|L_{yy}(1.2)\|_F \|D_{xx}(9)\|_F}{\|L_{xx}(1.2)\|_F \|D_{yy}(9)\|_F} = 0.9 \quad (2)$$

式中, $\|\cdot\|_F$ 表示Frobenius范数, $\omega$ 为权重系数;

对于某一尺度的图像,利用Hessian矩阵求出极值点后,在 $3 \times 3 \times 3$ 的立体邻域内进行非极大值抑制操作,将比上下尺度各9个及本尺度周围8个共26个邻域值都大或都小的极值点,作为特征点,然后在尺度空间和图像空间中进行差值运算,得到特征点位置及其所在尺度。

3. 根据权利要求1或2所述的一种无人机遥感图像快速拼接方法,其特征在於:步骤(2)的具体过程为,

设一幅图像中任意特征点的坐标为 $(X, Y)$ ,另一幅图像中特征点的坐标为 $(x, y)$ ,且 $D$ 表示这两幅图像的尺度变换、 $\theta$ 表示旋转变换、 $A$ 和 $B$ 表示平移变换;利用下列公式表示两幅图像间的变换:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = D \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A \\ B \end{pmatrix} \quad (3)$$

从两幅图像中选出4对粗特征点,代入公式(3),计算变换参数 $D'$ 、 $\theta'$ 、 $A'$ 和 $B'$ ,

利用计算出的变换参数将第二幅图像中特征点变换到第一幅图像中,变换后的特征点坐标为 $(X', Y')$ ,即

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix} = D' \begin{pmatrix} \cos \theta' & -\sin \theta' \\ \sin \theta' & \cos \theta' \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A' \\ B' \end{pmatrix} \quad (4)$$

如果第二幅图像上的某一特征点变换到第一幅图像上与它在第一幅图像上的对应特征点满足下列关系

$$\sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2} < T \quad (5)$$

则认为它们是该变换确定的一对对应特征点;若对应特征点的个数占区域中全部特征点个数的比例达到一定的阈值,则认为这组变换关系是可以接受的;利用求出的变换关系和设定的阈值 $T$ ,精选出欲保留的特征点。

4. 根据权利要求1或2所述的一种无人机遥感图像快速拼接方法,其特征在于:步骤(3)包括以下具体过程,

1)最小二乘匹配法

设 $\phi = (x, U, \theta)$ 和 $\phi' = (x', U', \theta')$ 为任意特征匹配,以 $x$ 为中心取大小为 $(2\omega + 1) \times (2\omega + 1)$ 邻域;利用变换矩阵 $H$ 近似对应邻域窗口之间几何变换,则:

$$\begin{cases} p' = \frac{l_1 p + l_2 q + l_3}{l_4 p + l_5 q + 1} \\ q' = \frac{l_6 p + l_7 q + l_8}{l_4 p + l_5 q + 1} \end{cases} \quad (6)$$

令:

$$A = \begin{bmatrix} l_1 & l_2 \\ l_4 & l_5 \end{bmatrix}, T = \begin{bmatrix} l_3 \\ l_8 \end{bmatrix}, V = \begin{bmatrix} l_6 \\ l_7 \end{bmatrix}, \text{则 } H = \begin{bmatrix} A & T \\ V^T & 1 \end{bmatrix}$$

式中, $A, T, V$ 分别为邻域窗口之间的仿射、平移和透视变换参数;令 $p = [p, q]^T \in [-\omega, \omega]$ , $p' = [p', q']^T$ 为 $p$ 按(7)式进行变换后的坐标;以 $x$ 和 $x'$ 为中心的2个相关窗口 $W$ 和 $W'$ 可以表示为:

$$\begin{cases} W = I(x + p) \\ W' = I'(x' + Hp) \end{cases} \quad (7)$$

引入辐射变换参数 $k$ 和 $k'$ ,建立最小二乘匹配方程;

2)图像特征点精确匹配

在无人机遥感图像上,利用SURF算法粗提取特征点,基于RANSAC算法剔除误提取的特征点,最后利用最小二乘精匹配方法,实现图像的精确匹配。

5. 根据权利要求1或2所述的一种无人机遥感图像快速拼接方法,其特征在于:步骤(4)

的具体过程为:为了消除匹配后图像的亮度和颜色差异,使用线性加权平均融合算法,

线性加权平均融合算法为:设  $I_1(x, y)$  和  $I_2(x, y)$  分别表示待拼接两幅图像的像素值,则重叠区域图像的像素值  $I(x, y)$  表示为:

$$I(x, y) = \omega(x, y)I_1(x, y) + (1 - \omega(x, y))I_2(x, y) \quad (8)$$

$\omega(x, y)$  表示权函数,其取值为该点到拼接中线的距离;最后将拼接图像中的各个子图像进行信息综合。

## 一种无人机遥感图像快速拼接方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于无人机遥感技术领域,尤其涉及一种一种无人机遥感图像快速拼接方法。

### 背景技术

[0002] 无人机遥感图像实时拼接可以实时地反映测区状况,并为后续图像处理奠定基础。基于SURF算法的无人机遥感图像拼接方法,在拼接过程中大量误特征点被提取出来,导致计算量大、匹配效率低,工序繁琐,无法满足实时拼接的要求,且采用距离阈值匹配法,匹配精度低,拼接效果差。

### 发明内容

[0003] 本发明为了解决现有技术中的不足之处,提供一种计算量小、匹配效率高、可实时拼接、匹配精度高、拼接效果好的无人机遥感图像快速拼接方法。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:一种无人机遥感图像快速拼接方法,包括以下步骤:

(1)基于SURF算法粗提取特征点:先生成尺度空间,接着检测特征点,然后确定特征点主方向,最后生成特征点;

(2)利用RANSAC算法剔除误提取的特征点:先进行图像变换,再设置阈值,最后删除误提取特征点;

(3)利用最小二乘匹配法精确匹配图像特征点;

(4)进行线性加权平均图像融合;

(5)对图像进行拼接,得到无人机遥感图像。

[0005] 步骤(1)的具体过程为,

在参考图像和待匹配图像上,选取大小不同的箱式滤波器建立图像的尺度空间,使用快速Hessian矩阵检测每一层图像上的极值点;

设图像空间内任意一点 $(x, y)$ ,尺度为 $\sigma$ ,Hessian矩阵被定义为:

$$H(x, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, \sigma) & L_{xy}(x, \sigma) \\ L_{xy}(x, \sigma) & L_{yy}(x, \sigma) \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, $L_{xx}$ 表示高斯滤波二阶导数 $\frac{\partial^2 g(\sigma)}{\partial x^2}$ 与图像 $I = (x, y)$ 的卷积,其中高斯函数 $g(\sigma)$

定义为 $g(\sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$ , $L_{xx}$ 与 $L_{yy}$ 的计算方法与相同。为计算方便,采用箱式滤波模

板同输入图像的卷积 $D_{xx}$ 、 $D_{yy}$ 、 $D_{xy}$ 代替 $L_{xx}$ 、 $L_{yy}$ 和 $L_{xy}$ 。将 $9 \times 9$ 的箱式滤波器近似为的高斯滤波二阶导数, $D_{xx}$ 、 $D_{yy}$ 与 $L_{xx}$ 、 $L_{yy}$ 的关系如下:

$$\omega = \frac{\|L_{\sigma}(1,2)\|_F \|D_{\sigma}(9)\|_F}{\|L_{\sigma}(1,2)\|_F \|D_{\sigma}(9)\|_F} = 0.9 \quad (2)$$

式中,  $\|\cdot\|_F$  表示 Frobenius 范数,  $\omega$  为权重系数;

对于某一尺度的图像, 利用 Hessian 矩阵求出极值点后, 在的立体邻域内进行非极大值抑制操作, 将比上下尺度各 9 个及本尺度周围 8 个共 26 个邻域值都大或都小的极值点, 作为特征点, 然后在尺度空间和图像空间中进行差值运算, 得到特征点位置及其所在尺度。

[0006] 步骤(2)的具体过程为,

设一幅图像中任意特征点的坐标为, 另一幅图像中特征点的坐标为, 且  $D$  表示这两幅图像的尺度变换、 $\theta$  表示旋转变换、 $A$  和  $B$  表示平移变换; 利用下列公式表示两幅图像间的变换:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = D \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A \\ B \end{pmatrix} \quad (3)$$

从两幅图像中选出 4 对粗特征点, 代入公式(3), 计算变换参数  $D'$ 、 $\theta'$ 、 $A'$  和  $B'$ 。利用计算出的变换参数将第二幅图像中特征点变换到第一幅图像中, 变换后的特征点坐标为  $(X', Y')$ , 即

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix} = D' \begin{pmatrix} \cos \theta' & -\sin \theta' \\ \sin \theta' & \cos \theta' \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A' \\ B' \end{pmatrix} \quad (4)$$

如果第二幅图像上的某一特征点变换到第一幅图像上与它在第一幅图像上的对应特征点满足下列关系

$$\sqrt{(X-X')^2 + (Y-Y')^2} < T \quad (5)$$

则认为它们是该变换确定的一对对应特征点; 若对应特征点的个数占区域中全部特征点个数的比例达到一定的阈值, 则认为这组变换关系是可以接受的; 利用求出的变换关系和设定的阈值  $T$ , 精选出欲保留的特征点。

[0007] 步骤(3)包括以下具体过程,

1) 最小二乘匹配法

设  $\phi = (x, U, \theta)$  和  $\phi' = (x', U', \theta')$  为任意特征匹配, 以  $x$  为中心取大小为  $(2\omega+1) \times (2\omega+1)$  邻域; 利用变换矩阵  $H$  近似对应邻域窗口之间几何变换, 则:

$$\begin{cases} p' = \frac{l_1 p + l_2 q + l_3}{l_4 p + l_5 q + 1} \\ q' = \frac{l_6 p + l_7 q + l_8}{l_9 p + l_{10} q + 1} \end{cases} \quad (6)$$

令:

$$A = \begin{bmatrix} l_1 & l_2 \\ l_4 & l_5 \end{bmatrix}, T = \begin{bmatrix} l_3 \\ l_8 \end{bmatrix}, V = \begin{bmatrix} l_6 \\ l_7 \\ l_9 \\ l_{10} \end{bmatrix}, \text{ 则 } H = \begin{bmatrix} A & T \\ V^T & 1 \end{bmatrix},$$

式中,  $A, T, V$  分别为邻域窗口之间的仿射、平移和透视变换参数。令  $p = [p, q]^T = [-\omega, \omega]$ ,  $p' = [p', q']^T$  为  $p$  按(7)式进行变换后的坐标;以和为中心的2个相关窗口和可以表示为:

$$\begin{cases} W = I(x+p) \\ W' = I'(x'+Hp) \end{cases} \quad (7)$$

引入辐射变换参数  $k$  和  $b$ , 建立最小二乘匹配方程;

## 2) 图像特征点精确匹配

在无人机遥感图像上, 利用SURF算法粗提取特征点, 基于RANSAC算法剔除误提取的特征点, 最后利用最小二乘精匹配方法, 实现图像的精确匹配。

[0008] 步骤(4)的具体过程为: 为了消除匹配后图像的亮度和颜色差异, 使用线性加权平均融合算法,

线性加权平均融合算法为: 设  $I_1(x, y)$  和  $I_2(x, y)$  分别表示待拼接两幅图像的像素值, 则重叠区域图像的像素值表示为:

$$I(x, y) = \omega(x, y)I_1(x, y) + (1 - \omega(x, y))I_2(x, y) \quad (8)$$

$\omega(x, y)$  表示权函数, 其取值为该点到拼接中线的距离; 最后将拼接图像中的各个子图像进行信息综合。

[0009] 采用上述技术方案, 本发明首先利用SURF算法粗提取无人机遥感图像的特征点, 然后利用RANSAC算法剔除被误提取的特征点, 最后利用最小二乘图像匹配法, 实现特征点的精确匹配和图像的实时拼接。算法不但可以得到很好的拼接效果, 而且拼接效率极高, 能够满足实时拼接要求。待拼接的无人机遥感图像航向重叠度多于60%, 旁向重叠度多于30%。本发明计算量小, 拼接效果好, 拼接效率高, 匹配精度高, 实现图像的实时拼接。

## 附图说明

[0010] 图1是本发明的流程图。

## 具体实施方式

[0011] 如图1所示, 本发明的一种无人机遥感图像快速拼接方法, 包括以下步骤:

(1) 基于SURF算法粗提取特征点: 先生成尺度空间, 接着检测特征点, 然后确定特征点主方向, 最后生成特征点;

(2) 利用RANSAC算法剔除误提取的特征点: 先进行图像变换, 再设置阈值, 最后删除误提取特征点;

(3) 利用最小二乘匹配法精确匹配图像特征点;

(4) 进行线性加权平均图像融合;

(5) 对图像进行拼接, 得到无人机遥感图像。

[0012] 步骤(1)的具体过程为,

在参考图像和待匹配图像上, 选取大小不同的箱式滤波器建立图像的尺度空间, 使用快速Hessian矩阵检测每一层图像上的极值点;

设图像空间内任意一点  $(x, y)$ , 尺度为  $\sigma$ , Hessian矩阵被定义为:

$$H(x, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, \sigma) & L_{xy}(x, \sigma) \\ L_{xy}(x, \sigma) & L_{yy}(x, \sigma) \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中,  $L_{xx}$  表示高斯滤波二阶导数  $\frac{\partial^2 g(\sigma)}{\partial x^2}$  与图像  $I = (x, y)$  的卷积, 其中高斯函数  $g(\sigma)$  定义为  $g(\sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$ ,  $L_{xx}$  与  $L_{yy}$  的计算方法与相同。为计算方便, 采用箱式滤波模板同输入图像的卷积  $D_{xx}$ 、 $D_{xy}$ 、 $D_{yy}$  代替  $L_{xx}$ 、 $L_{xy}$  和  $L_{yy}$ 。将  $9 \times 9$  的箱式滤波器近似为  $\sigma = 1.2$  的高斯滤波二阶导数,  $D_{xx}$ 、 $D_{xy}$  与  $L_{xx}$ 、 $L_{xy}$  的关系如下:

$$\omega = \frac{\|L_{xy}(1.2)\|_F \|D_{xx}(9)\|_F}{\|L_{xx}(1.2)\|_F \|D_{xy}(9)\|_F} = 0.9 \quad (2)$$

式中,  $\|\cdot\|_F$  表示 Frobenius 范数,  $\omega$  为权重系数;

对于某一尺度的图像, 利用 Hessian 矩阵求出极值点后, 在  $3 \times 3 \times 3$  的立体邻域内进行非极大值抑制操作, 将比上下尺度各 9 个及本尺度周围 8 个共 26 个邻域值都大或都小的极值点, 作为特征点, 然后在尺度空间和图像空间中进行差值运算, 得到特征点位置及其所在尺度。

[0013] 步骤(2)的具体过程为,

设一幅图像中任意特征点的坐标为  $(X, Y)$ , 另一幅图像中特征点的坐标为  $(x, y)$ , 且  $D$  表示这两幅图像的尺度变换、 $\theta$  表示旋转变换、 $A$  和  $B$  表示平移变换; 利用下列公式表示两幅图像间的变换:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = D \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A \\ B \end{pmatrix} \quad (3)$$

从两幅图像中选出 4 对粗特征点, 代入公式(3), 计算变换参数  $D'$ 、 $\theta'$ 、 $A'$  和  $B'$ 。利用计算出的变换参数将第二幅图像中特征点变换到第一幅图像中, 变换后的特征点坐标为  $(X', Y')$ , 即

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix} = D' \begin{pmatrix} \cos \theta' & -\sin \theta' \\ \sin \theta' & \cos \theta' \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A' \\ B' \end{pmatrix} \quad (4)$$

如果第二幅图像上的某一特征点变换到第一幅图像上与它在第一幅图像上的对应特征点满足下列关系

$$\sqrt{(X - X')^2 + (Y - Y')^2} < T \quad (5)$$

则认为它们是该变换确定的一对对应特征点; 若对应特征点的个数占区域中全部特征点个数的比例达到一定的阈值, 则认为这组变换关系是可以接受的; 利用求出的变换关系和设定的阈值  $T$ , 精选出欲保留的特征点。

[0014] 步骤(3)包括以下具体过程,

1) 最小二乘匹配法



设  $\varphi=(x, U, \varphi)$  和  $\varphi'=(x', U', \varphi')$  为任意特征匹配, 以  $x$  为中心取大小为  $(2\omega+1) \times (2\omega+1)$  邻域; 利用变换矩阵  $H$  近似对应邻域窗口之间几何变换, 则:

$$\begin{cases} p' = \frac{l_1 p + l_2 q + l_3}{l_4 p + l_5 q + 1} \\ q' = \frac{l_6 p + l_7 q + l_8}{l_4 p + l_5 q + 1} \end{cases} \quad (6)$$

令:

$$A = \begin{bmatrix} l_1 & l_2 \\ l_4 & l_5 \end{bmatrix}, T = \begin{bmatrix} l_3 \\ l_8 \end{bmatrix}, V = \begin{bmatrix} l_6 \\ l_7 \end{bmatrix}, \text{ 则 } H = \begin{bmatrix} A & T \\ V^T & 1 \end{bmatrix}$$

式中,  $A, T, V$  分别为邻域窗口之间的仿射、平移和透视变换参数。令  $p = [p, q]^T \in [-\omega, \omega]$ ,  $p' = [p', q']^T$  为  $p$  按(7)式进行变换后的坐标; 以  $x$  和  $x'$  为中心的2个相关窗口  $W$  和  $W'$  可以表示为:

$$\begin{cases} W = I(x+p) \\ W' = I'(x'+Hp) \end{cases} \quad (7)$$

引入辐射变换参数  $k$  和  $k'$ , 建立最小二乘匹配方程;

## 2) 图像特征点精确匹配

在无人机遥感图像上, 利用SURF算法粗提取特征点, 基于RANSAC算法剔除误提取的特征点, 最后利用最小二乘精匹配方法, 实现图像的精确匹配。

[0015] 步骤(4)的具体过程为: 为了消除匹配后图像的亮度和颜色差异, 使用线性加权平均融合算法,

线性加权平均融合算法为: 设  $I_1(x, y)$  和  $I_2(x, y)$  分别表示待拼接两幅图像的像素值, 则重叠区域图像的像素值  $I(x, y)$  表示为:

$$I(x, y) = \omega(x, y)I_1(x, y) + (1 - \omega(x, y))I_2(x, y) \quad (8)$$

$\omega(x, y)$  表示权函数, 其取值为该点到拼接中线的距离; 最后将拼接图像中的各个子图像进行信息综合。

[0016] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解, 本发明不受上述实施例的限制, 上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理, 在不脱离本发明精神和范围的前提下, 本发明还会有各种变化和改进, 这些变化和进步都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

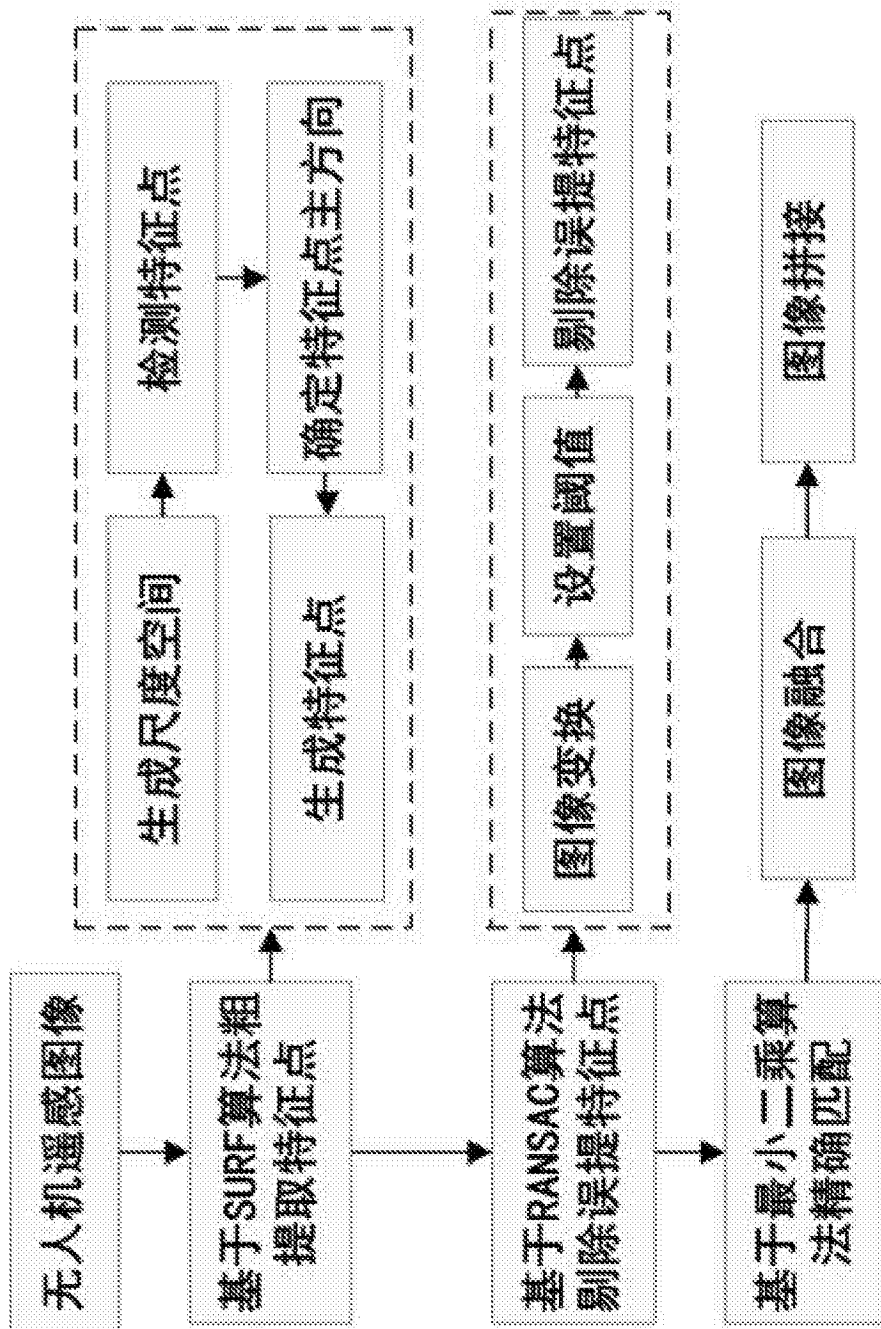


图1