



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107292920 B

(45)授权公告日 2019.08.20

(21)申请号 201710454060.4

(22)申请日 2017.06.15

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107292920 A

(43)申请公布日 2017.10.24

(73)专利权人 武汉大学  
地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山  
武汉大学

(72)发明人 赵金奇 杨杰 李平湘 刘文宋  
赵伶俐 王猛 常永雷 杨乐  
姜维

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务  
所(特殊普通合伙) 42222  
代理人 薛玲

(51)Int.Cl.

G06T 7/33(2017.01)

G06K 9/00(2006.01)

G06K 9/46(2006.01)

(56)对比文件

CN 102609933 A,2012.07.25,

CN 102360503 A,2012.02.22,

WO 2012038705 A1,2012.03.29,

审查员 刘海艳

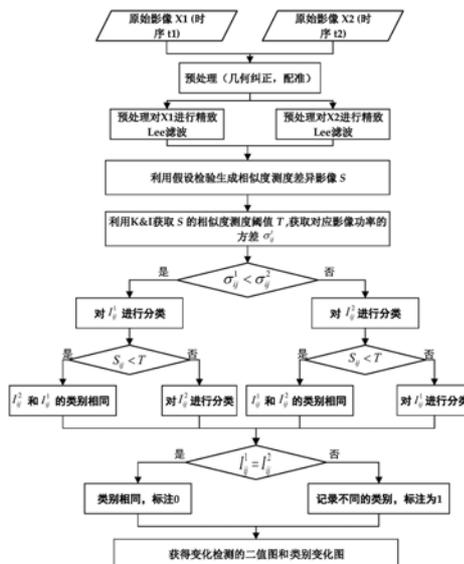
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种联合分类的多时相全极化SAR影像变化  
检测方法

(57)摘要

本发明一种联合分类的多时相全极化SAR影像变化检测方法,包括1)对多时相全极化SAR影像进行预处理;2)对经过预处理后的多时相全极化SAR影像自动进行相似度测度差异图和阈值的获取,并计算相应影像功率的方差;3)相应的影像功率的方差决定着先后分类的顺序,相似度测度决定联合分类的策略;4)利用适合全极化SAR影像的Wishart分类器作为联合分类的分类器,对多时相全极化SAR影像进行联合分类。5)通过对比多时相联合分类的分类结果,可以得到变化检测二值图和地物类别变换检测结果。本发明能够同时充分的利用多时相全极化信息获取变化检测的二值影像和相应的地表类别变化影像,可用于多时相全极化SAR影像变化检测。



1. 一种联合分类的多时相全极化SAR影像变化检测方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1,对多时相全极化SAR影像进行几何纠正和配准的预处理,得到相应配准之后的影像,对配准之后的影像进行滤波处理;

步骤2,获取已配准好的多时相全极化SAR影像相似度测度的差异影像S,相似度测度阈值T,多时相影像在位置(i, j)方差 $\sigma_{ij}^t$ ,其中t为时相,取1和2;

差异影像S的计算方法如下,

$$S = \frac{2q^2 - 4qn - 1}{2q} (2q \ln 2 + \ln |X^1| + \ln |X^2| - \ln |X^1 + X^2|) \quad (1)$$

其中, $X^1, X^2$ 分别表示时相1,2的 $q \times q$ 的全极化SAR图像协方差矩阵,q代表相应矩阵的维数;n表示进行待处理的极化SAR图像的视数;

相似度测度阈值T的计算方法如下,

$$\begin{cases} T = \arg \min_{th=0,1,\dots,L-1} J(th) \\ J(th) = 1 + 2[p_u(th) \log \sigma_u(th) + p_c(th) \log \sigma_c(th)] - 2[p_u(th) \log p_u(th) + p_c(th) \log p_c(th)] \end{cases} \quad (2)$$

其中, $p_u(th)$ 和 $p_c(th)$ 表示在灰度级为th的条件下差异影像中非变化类别和变化类别的先验概率,u代表非变化类别,c代表变化类别; $\sigma_u(th)$ 和 $\sigma_c(th)$ 表示在灰度级为th的条件下差异影像中非变化类别和变化类别的方差;th的取值为0~L-1,L表示灰度级;

多时相影像方差 $\sigma_{ij}^t$ 的计算方法如下,

$$\begin{cases} \sigma_{ij}^t = \omega_{ij}^t (I_{ij}^t - E_{ij})^2 \\ \omega_{ij}^t = I_{ij}^t / (I_{ij}^1 + I_{ij}^2) \\ E_{ij} = \sum_{t=1}^2 \omega_{ij}^t I_{ij}^t \end{cases} \quad (3)$$

其中, $I_{ij}^1$ 和 $I_{ij}^2$ 分别表示相同位置(i, j)时相1和2的全极化SAR影像的功率值;

步骤3,在多时相全极化SAR影像中人工的选取相同位置不同时相的分类样本点,并分别计算相应时相中各个样本点的聚类中心;

步骤4,判断 $\sigma_{ij}^1, \sigma_{ij}^2$ 的大小决定首先进行分类的影像,若 $\sigma_{ij}^1 < \sigma_{ij}^2$ ,则首先对时相1中对应位置(i, j)的 $X_{ij}^1$ 进行Wishart分类;否则,选择对时相2中对应位置(i, j)的 $X_{ij}^2$ 进行Wishart分类,

其中,Wishart分类的计算方法如下,

$$d(X_{ij}^t, V_m^t) = \ln |V_m^t| + \text{Tr}((V_m^t)^{-1} X_{ij}^t)$$

其中, $X_{ij}^t$ 表示第t个时相极化SAR图像在位置(i, j)对应的协方差矩阵; $V_m^t$ 表示第t个时相第m个类别的聚类中心; $d(X_{ij}^t, V_m^t)$ 表示 $X_{ij}^t$ 和相应聚类中心 $V_m^t$ 的距离; $\text{Tr}(\cdot)$ 表示相应的迹运算;

步骤5,记录步骤4中位置 $(i, j)$ 的所属分类类别,并对对应位置前后两时相进行相似度判断;若位置 $(i, j)$ 的相似度测度的差异影像 $S_{ij} < T$ ,认为在不同时相全极化SAR影像位置 $(i, j)$ 没有发生变化,后分类时相全极化SAR影像在位置 $(i, j)$ 的分类结果和步骤4中先分类时相的分类结果相同;否则,后分类时相全极化SAR影像在位置 $(i, j)$ 需单独进行Wishart分类;

步骤6,将多时相全极化SAR影像中的每个位置的协方差矩阵进行步骤4和步骤5的处理,直到每个位置对应相应的类别,通过对比多时相全极化SAR影像的分类结果获得每个位置的变化检测二值图和地物类别变换检测结果,检测方法处理完毕。

2.如权利要求1所述的一种联合分类的多时相全极化SAR影像变化检测方法,其特征在于,所述步骤3中聚类中心通过对人工提取的分类样本点求均值的方法获得。

3.如权利要求2所述的一种联合分类的多时相全极化SAR影像变化检测方法,其特征在于,所述滤波处理为精致Lee滤波处理。

4.如权利要求3所述的一种联合分类的多时相全极化SAR影像变化检测方法,其特征在于,所述几何纠正和配准的预处理通过Envi或PolSARpro实现。

## 一种联合分类的多时相全极化SAR影像变化检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于遥感图像处理技术领域,是一种多时相影像的变化检测算法,具体地说是一种对多时相全极化合成孔径雷达(Polarimetric Synthetic Aperture Radar, PolSAR)影像变化检测的新方法。

### 背景技术

[0002] 在遥感影像处理中,变化检测是通过多时相影像对同一位置的地物进行获取从而认知变化的一种技术手段。由于卫星重复轨道的特性,时间序列的遥感影像被广泛应用于变化检测研究中。在遥感影像变化检测的研究中,光学传感器在变化检测中的应用较为广泛,但是夜间和恶劣天气使得光学传感器使用受限,SAR传感器不仅可以获得周期时序影像而且不受气候和时间的限制,使得多时相SAR影像逐渐成为变化检测的研究热点。目前,针对SAR影像的变化检测方法较多,大致可以分为非监督变化检测和监督变化检测。非监督变化检测方法一般分为三个步骤1)预处理(几何纠正,配准,滤波);2)通过相关方法生成两两对应时相的差异影像;3)对多时相差异影像进行最优阈值的选择,生成变化检测的二值影像。非监督变化检测方法较为简单和高效,但是该方法只能检测变化和不变类别,并不能检测出地表的变化检测类别;监督变化检测方法能够对地表变化类别进行检测,但是容易受到人工解译的影响。先分类后变化检测是被广泛应用的一种监督变化检测方法,能够对多时相影像进行单独分类,通过最后的分类结果确定类别变化检测图 and 变化检测二值影像。以上变化检测方法大部分是针对单极化SAR影像,利用多时相全极化SAR影像进行变化检测的方法相对较少。

### 发明内容

[0003] 针对以上变化检测的缺陷,本发明结合非监督变化检测和监督变化检测各自的优势,提出利用相似度测度的联合分类方法对多时相全极化SAR影像进行变化检测。相较于单极化SAR影像,全极化SAR能够提供丰富的相位和强度信息,使得获得的相似度测度更加准确,高精度的相似度测度能够较好的对联合分类方法进行控制,通过基于相似度测度的联合分类方法可以对变化检测二值影像和变化检测类别变化图进行提取。该方法在一定程度上有效的降低了变化检测的虚警率,大大的提高了变化检测的精度。

[0004] 本发明的目的在于从根本上克服多时相SAR影像变化检测存在的问题,提出利用基于相似度测度的联合分类的方法对全极化SAR影像进行变化检测:利用全极化SAR数据能够提供更加丰富的地物特征信息;利用相似度测度能够更好的检测出相同位置不同时刻地物的相似程度,能够有效的控制联合分类算法流程。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供一种联合分类的多时相全极化SAR影像变化检测方法,包括如下步骤:

[0006] 步骤1,对多时相全极化SAR影像进行几何纠正和配准的预处理,得到相应配准之后的影像,对配准之后的影像进行滤波处理;

[0007] 步骤2,获取已配准好的多时相全极化SAR影像相似度测度的差异影像S,相似度测度阈值T,多时相影像在位置(i,j)方差 $\sigma_{ij}^t$ ,其中t(t=1,2)为时相;

[0008] 差异影像S的计算方法如下,

$$[0009] \quad S = \frac{2q^2 - 4qn - 1}{2q} (2q \ln 2 + \ln |X^1| + \ln |X^2| - \ln |X^1 + X^2|) \quad (1)$$

[0010] 其中, $X^1, X^2$ 分别表示时相1,2的 $q \times q$ 的全极化SAR图像协方差矩阵,q代表相应矩阵的维数;n表示进行待处理的全极化SAR图像的视数;

[0011] 相似度测度阈值T的计算方法如下,

[0012]

$$\begin{cases} T = \arg \min_{th=0,1,\dots,L-1} J(th) \\ J(th) = 1 + 2[p_u(th) \log \sigma_u(th) + p_c(th) \log \sigma_c(th)] - 2[p_u(th) \log p_u(th) + p_c(th) \log p_c(th)] \end{cases} \quad (2)$$

[0013] 其中, $p_u(th)$ 和 $p_c(th)$ 表示在灰度级为th的条件下差异影像中非变化类别和变化类别的先验概率,u代表非变化类别,c代表变化类别; $m_u(th)$ 和 $m_c(th)$ 表示在灰度级为th的条件下差异影像中非变化类别和变化类别的均值; $\sigma_u(th)$ 和 $\sigma_c(th)$ 表示在灰度级为th的条件下差异影像中非变化类别和变化类别的方差;th的取值为0~L-1,L表示灰度级;

[0014] 多时相影像方差 $\sigma_{ij}^t$ 的计算方法如下,

$$[0015] \quad \begin{cases} \sigma_{ij}^t = \omega_{ij}^t (I_{ij}^t - E_{ij})^2 \\ \omega_{ij}^t = I_{ij}^t / (I_{ij}^1 + I_{ij}^2) \\ E_{ij} = \sum_{t=1}^2 \omega_{ij}^t I_{ij}^t \end{cases} \quad (3)$$

[0016] 其中, $I_{ij}^1$ 和 $I_{ij}^2$ 分别表示相同位置(i,j)时相1和2的全极化SAR影像的功率值;

[0017] 步骤3,在多时相全极化SAR影像中人工的选取相同位置不同时相的分类样本点,并分别计算相应时相中各个样本点的聚类中心;

[0018] 步骤4,判断 $\sigma_{ij}^1, \sigma_{ij}^2$ 的大小决定首先进行分类的影像,若 $\sigma_{ij}^1 < \sigma_{ij}^2$ ,则首先对时相1中对应位置(i,j)的 $X_{ij}^1$ 进行Wishart分类;否则,选择对时相2中对应位置(i,j)的 $X_{ij}^2$ 的影像进行Wishart分类,

[0019] 其中,Wishart分类的计算方法如下,

$$[0020] \quad d(X_{ij}^t, V_m^t) = \ln |V_m^t| + \text{Tr}((V_m^t)^{-1} X_{ij}^t)$$

[0021] 其中, $X_{ij}^t$ 表示第t(t=1,2)个时相全极化SAR图像在位置(i,j)对应的协方差矩阵; $V_m^t$ 表示第t个时相(t=1,2)第m个类别的聚类中心; $d(X_{ij}^t, V_m^t)$ 表示 $X_{ij}^t$ 和相应聚类中心 $V_m^t$ 的距离; $\text{Tr}(\cdot)$ 表示相应的迹运算;

[0022] 步骤5,记录步骤4中位置(i,j)的所属的分类类别,并对对应位置前后两时相进行

相似度判断;若位置  $(i, j)$  的相似度测度差异影像  $S_{ij} < T$ , 认为在不同时相全极化SAR影像位置  $(i, j)$  没有发生变化, 后分类时相全极化SAR影像在位置  $(i, j)$  的分类结果和步骤4中先分类时相的分类结果相同; 否则, 后分类时相全极化SAR影像在位置  $(i, j)$  需单独进行Wishart分类;

[0023] 步骤6, 将多时相全极化SAR影像中的每个位置的协方差矩阵进行步骤4和步骤5的处理, 直到每个位置对应相应的类别, 通过对比多时相全极化SAR影像的分类结果获得每个位置的变化检测二值图和地物类别变换检测结果, 基于相似度测度的联合分类变化检测方法处理完毕。

[0024] 而且, 所述步骤3中聚类中心通过对人工提取的分类样本点求均值的方法获得。

[0025] 而且, 所述滤波处理为精致Lee滤波处理。

[0026] 而且, 所述几何纠正和配准的预处理通过Envi或PolSARpro实现。

[0027] 本发明的创新之处在于: 1) 提出了利用多时相全极化SAR影像信息进行变化检测的方法, 能够充分的利用全极化SAR影像的信息。2) 提出了利用相似度测度对多时相影像进行相似性判断, 从而指导联合分类。3) 利用联合分类的方法对多时相全极化SAR影像进行变化检测, 不仅可以有效的检测出变化检测的二值影像图, 而且还能对地表类别的变化进行描述。4) 本方法综合监督变化检测和非监督变化检测的优势, 能够有效的降低变化检测的虚警率。

## 附图说明

[0028] 图1是本发明的流程图。

## 具体实施方式

[0029] 以下结合附图和实施例详细说明本发明的技术方案。

[0030] 步骤1, 通过相关软件Envi, PolSARpro, 对全极化SAR影像  $X^1$  (时序为  $t_1$ ),  $X^2$  (时序为  $t_2$ ) 进行几何纠正和配准的预处理, 得到相应配准之后的影像。对配准之后的影像进行精致Lee滤波处理, 去除相干斑噪声对影像的影响。

[0031] 步骤2, 获取已配准好的多时相全极化SAR影像相似度测度的差异影像  $S$ , 相似度测度阈值  $T$ , 多时相影像在位置  $(i, j)$  方差  $\sigma_{ij}^2$ 。其中差异影像  $S$  的计算公式为:

$$[0032] \quad S = \frac{2q^2 - 4qn - 1}{2q} (2q \ln 2 + \ln |X^1| + \ln |X^2| - \ln |X^1 + X^2|) \quad (1)$$

[0033] 其中  $X^1, X^2$  分别表示时相1, 2的  $q \times q$  的全极化SAR图像协方差矩阵,  $q$  代表相应矩阵的维数;  $n$  表示进行待处理的全极化SAR图像的视数, 本实施例中, 为了简化处理, 默认待处理的多时相全极化SAR影像数据的视数相同。

[0034] 相似度测度阈值  $T$  的计算方法如下:

[0035]

$$\begin{cases} T = \arg \min_{th=0,1,\dots,L-1} J(th) \\ J(th) = 1 + 2[p_u(th) \log \sigma_u(th) + p_c(th) \log \sigma_c(th)] - 2[p_u(th) \log p_u(th) + p_c(th) \log p_c(th)] \end{cases} \quad (2)$$

[0036] 其中,  $p_u(th)$  和  $p_c(th)$  表示在灰度级为  $th$  的条件下差异影像中非变化类别和变化类别的先验概率,  $u$  代表非变化类别,  $c$  代表变化类别;  $m_u(th)$  和  $m_c(th)$  表示在灰度级为  $th$  的条件下差异影像中非变化类别和变化类别的均值;  $\sigma_u(th)$  和  $\sigma_c(th)$  表示在灰度级为  $th$  的条件下差异影像中非变化类别和变化类别的方差;  $th$  的取值为  $0 \sim L-1$ ,  $L$  表示灰度级, 其值由用户定义。

[0037] 多时相影像方差  $\sigma_{ij}^t$  的计算方法如下:

$$\begin{cases} \sigma_{ij}^t = \omega_{ij}^t (I_{ij}^t - E_{ij})^2 \\ \omega_{ij}^t = I_{ij}^t / (I_{ij}^1 + I_{ij}^2) \\ E_{ij} = \sum_{t=1}^2 \omega_{ij}^t I_{ij}^t \end{cases} \quad (3)$$

[0039] 其中  $I_{ij}^1$  和  $I_{ij}^2$  分别表示相同位置  $(i, j)$  时相1和2的全极化SAR影像的功率值。

[0040] 步骤3, 在对应的多时相全极化SAR影像中人工的选取相同位置不同时相的分类样本点, 并分别通过对人工提取的分类样本点求均值的方法, 获得相应时相  $t$  的类别聚类中心  $V_m^t$ ,  $m$  表示第  $m$  个类别, 本发明实施例中的类别数通过人工设定。

[0041] 步骤4, 判断  $\sigma_{ij}^1, \sigma_{ij}^2$  的大小决定首先进行分类的影像。若  $\sigma_{ij}^1 < \sigma_{ij}^2$ , 则首先对时相1中对应位置  $(i, j)$  的  $X_{ij}^1$  进行Wishart分类; 否则, 选择对时相2中对应位置  $(i, j)$  的  $X_{ij}^2$  进行Wishart分类。Wishart分类的计算方法如下:

$$[0042] \quad d(X_{ij}^t, V_m^t) = \ln |V_m^t| + \text{Tr}((V_m^t)^{-1} X_{ij}^t)$$

[0043] 其中,  $X_{ij}^t$  表示第  $t$  个时相 ( $t=1, 2$ ) 全极化SAR图像在位置  $(i, j)$  对应的协方差矩阵;  $V_m^t$  表示第  $t$  个时相 ( $t=1, 2$ ) 第  $m$  个类别的聚类中心;  $d(X_{ij}^t, V_m^t)$  表示  $X_{ij}^t$  和相应聚类中心  $V_m^t$  的距离;  $\text{Tr}(\cdot)$  表示相应的迹运算。

[0044] 步骤5, 记录步骤4中位置  $(i, j)$  的所属的分类类别, 并对对应位置前后两时相进行相似度判断。若位置  $(i, j)$  的相似度测度的差异影像  $S_{ij} < T$ , 认为在不同时相全极化SAR影像位置  $(i, j)$  没有发生变化, 后分类时相全极化SAR影像在位置  $(i, j)$  的分类结果和步骤4中先分类时相的分类结果相同; 否则, 需要对后分类时相全极化SAR影像在位置  $(i, j)$  单独进行Wishart分类。

[0045] 步骤6, 将多时相全极化SAR影像中的每个位置的协方差矩阵进行步骤4和步骤5的处理, 直到每个位置对应相应的类别, 通过对比联合分类的结果, 若两个时相对应位置类别相同, 则认为该位置没有发生变化, 在变化检测二值图和地物类别变换检测结果中都标注

为0;若对应位置类别不相同,则认为该位置发生变化,并在变化检测二值图标注为1,同时在地物类别变换检测结果中记录地物类别的变化信息;可以获得对应的变化检测二值图和地物类别变换检测结果,基于相似度测度的联合分类变化检测方法处理完毕。

[0046] 本文中所描述的具体实例仅仅是对本发明精神作举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代。如预处理过程中的精致Lee滤波算法可以采用其它滤波算法代替;多时相全极化SAR影像相似度测度的差异影像和阈值的获取方法可采用其它方法代替;联合分类变化检测中的分类算法可以选择其它方法代替Wishart距离法;等等。但这并不会超出本发明所提算法的框架,不会偏离本发明的精神,或者超越所附权利要求书所定义的范围。

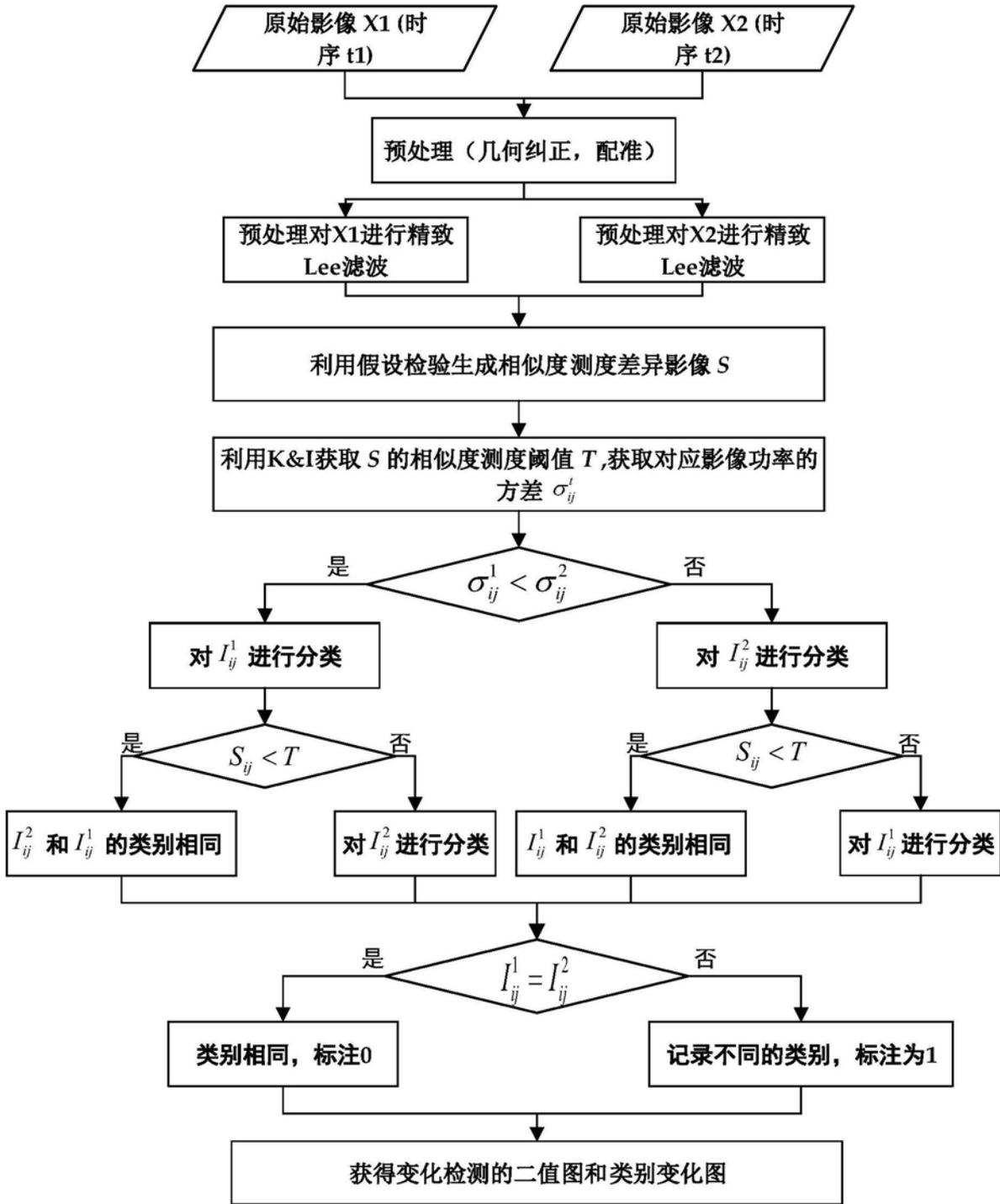


图1