



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110232302 A

(43)申请公布日 2019. 09. 13

(21)申请号 201810182860.X

(22)申请日 2018.03.06

(71)申请人 香港理工大学深圳研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区高新园
南区粤兴一道18号香港理工大学产学研
研大楼205室

(72)发明人 史文中 邵攀

(74)专利代理机构 深圳中一专利商标事务所
44237

代理人 冷仔

(51)Int.Cl.

G06K 9/00(2006.01)

G06K 9/62(2006.01)

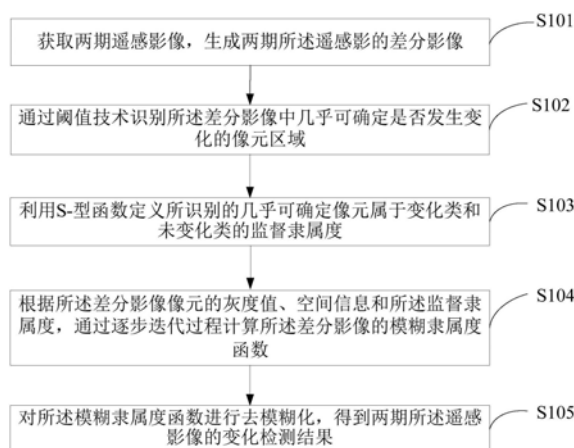
权利要求书2页 说明书12页 附图7页

(54)发明名称

一种集成灰度值、空间信息和类别知识的变化检测方法

(57)摘要

本发明适用于遥感技术领域,提供了一种非监督的遥感影像变化检测方法,所述方法包括:获取两期遥感影像,生成两期所述遥感影像的差分影像;通过阈值技术识别所述差分影像中几乎可确定是否发生变化的像元区域;利用S-型函数定义所识别的几乎可确定像元属于变化类和未变化类的监督隶属度;根据所述差分影像像元的灰度值、空间信息和所述监督隶属度,通过逐步迭代过程计算所述差分影像的模糊隶属度函数;对所述模糊隶属度函数进行去模糊化,得到两期所述遥感影像的变化检测结果。本发明协同利用差分影像的灰度值、空间信息和几乎可确定区域的像元的类别知识,提高了遥感变化检测的可靠性和检测结果的精度。



1. 一种非监督的遥感影像变化检测方法,其特征在于,包括:
获取两期遥感影像,生成两期所述遥感影像的差分影像;
通过阈值技术识别所述差分影像中几乎可确定是否发生变化的像元区域;
利用S-型函数定义所识别的几乎可确定像元属于变化类和未变化类的监督隶属度;
根据所述差分影像像元的灰度值、空间信息和所述监督隶属度,通过逐步迭代过程计算所述差分影像的模糊隶属度函数;
对所述模糊隶属度函数进行去模糊化,得到两期所述遥感影像的变化检测结果。
2. 如权利要求1所述的变化检测方法,其特征在于,所述根据所述差分影像像元的灰度值、空间信息和所述监督隶属度,通过逐步迭代过程计算所述差分影像的模糊隶属度函数,包括:
初始化迭代次数,初始化两个类别的聚类中心,设定最大迭代次数;
利用所述聚类中心、像元的灰度值和监督隶属度计算所述差分影像的模糊隶属度函数;
利用空间信息修正所述模糊隶属度函数;
利用像元的灰度值、修正后的所述模糊隶属度函数和监督隶属度计算所述两个类别的聚类中心,并将该聚类中心作为下一次迭代过程的初始值;
若迭代次数小于最大迭代次数,则执行下一次迭代过程;若迭代次数大于或等于最大迭代次数,则输出修正后的所述模糊隶属度函数。
3. 如权利要求1或2所述的变化检测方法,其特征在于,所述通过阈值技术识别所述差分影像中几乎可确定是否发生变化的像元区域,包括:
利用最大期望阈值技术求解所述差分影像的决策阈值;
根据所述决策阈值将所述差分影像中的像元初步划分为未变化像元集合和变化像元集合;
基于所述决策阈值诱导出第一阈值和第二阈值,利用所述第一阈值和第二阈值定义所述差分影像中几乎可确定的未变化区域和几乎可确定的变化区域,其中,所述第一阈值小于所述第二阈值。
4. 如权利要求3所述的变化检测方法,其特征在于,所述利用所述第一阈值和第二阈值定义所述差分影像中几乎可确定的未变化区域和几乎可确定的变化区域,包括:
将像元灰度值小于所述第一阈值的像元组成的区域定义成几乎可确定区域中几乎可确定的未变化区域,将像元灰度值大于所述第二阈值的像元组成的区域定义成几乎可确定区域中几乎可确定的变化区域。
5. 如权利要求1所述的变化检测方法,其特征在于,所述利用S-型函数定义所识别的几乎可确定像元属于变化类和未变化类的监督隶属度,包括:

$$\tilde{u}_{ci} = \begin{cases} 0 & g_i < \mu_u \\ \frac{1}{2} \times \left(\frac{g_i - \mu_u}{T - \mu_u} \right)^2, & \mu_u \leq g_i < T \\ 1 - \frac{1}{2} \times \left(\frac{g_i - \mu_c}{\mu_c - T} \right)^2, & T \leq g_i < \mu_c \\ 1, & g_i > \mu_c \end{cases},$$

$$\tilde{u}_{ui} = 1 - \tilde{u}_{ci}$$

其中, g_i 表示像元 p_i 的灰度值; $\tilde{u}_{ki}$ 表示像元 p_i 属于 w_k 的监督隶属度, $k \in \{u, c\}$, w_u 和 w_c 分别表示未变化类和变化类两个类别; μ_k 表示灰度值集合 $G_k = \{g_i | p_i \in D_k\}$ 的均值, D_u 表示通过决策阈值 T 初步得到的未变化像元集合, D_c 表示通过决策阈值 T 初步得到的变化像元集合。

6. 如权利要求1或2所述的变化检测方法, 其特征在于, 所述获取两期遥感影像, 生成两期所述遥感影像的差分影像, 包括:

获取两期遥感影像, 分别对两期所述遥感影像进行预处理;

根据预处理后的所述遥感影像, 生成两期所述遥感影像的差分影像。

7. 一种非监督的遥感影像变化检测装置, 其特征在于, 包括:

获取和生成单元, 用于获取并预处理两期遥感影像, 生成两期所述遥感影像的差分影像;

识别单元, 用于通过阈值技术识别所述差分影像中几乎可确定是否发生变化的像元区域;;

监督隶属度定义单元, 用于利用S-型函数定义所识别的几乎可确定像元属于变化类和未变化类的监督隶属度;

模糊隶属度函数计算单元, 用于根据所述差分影像像元的灰度值、空间信息和所述监督隶属度, 通过逐步迭代过程计算所述差分影像的模糊隶属度函数;

去模糊化单元, 用于对所述模糊隶属度函数进行去模糊化, 得到两期所述遥感影像的变化检测结果。

8. 一种终端设备, 包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序, 其特征在于, 所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求1至6任一项所述方法的步骤。

9. 一种计算机可读存储介质, 所述计算机可读存储介质存储有计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至6任一项所述方法的步骤。

一种集成灰度值、空间信息和类别知识的变化检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于遥感技术领域,尤其涉及一种集成灰度值、空间信息和类别知识的非监督遥感影像变化检测方法。

背景技术

[0002] 变化检测是遥感领域的一个研究热点,已广泛渗透到国民经济的各个领域,例如城市扩张和森林资源监测等。通过分析两期遥感影像的差分影像来获取地表变化信息是最常用的变化检测方法。

[0003] 差分影像通常具有以下性质:像元的灰度值越大,其发生变化的可能性就越大;根据此性质通过一大一小两个阈值可将差分影像从概念上划分为三部分:1)几乎可确定的未变化区域:由灰度值小于较小阈值的像元组成;2)几乎可确定的变化区域:由灰度值大于较大阈值的像元组成;3)不确定性区域:由灰度值在两个阈值之间的像元组成。

[0004] 几乎可确定区域的像元具有相对可靠的变化或未变化类别知识。然而,现存的基于差分影像的遥感变化检测技术主要利用差分影像的灰度值和空间信息来分析差分影像,忽略了差分影像中几乎可确定是否发生变化区域像元的类别知识,影响了遥感变化检测结果精度的进一步提高。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明实施例提供了一种非监督的遥感影像变化检测方法、装置和终端,集成了差分影像的灰度值、空间信息和几乎可确定区域像元的类别知识,降低了差分影像变化检测的不确定性,提高了变化检测的可靠性和检测结果的精度。

[0006] 本发明实施例的第一方面提供了一种非监督的遥感影像变化检测方法,包括:

[0007] 获取并预处理两期遥感影像,生成两期所述遥感影像的差分影像;

[0008] 通过阈值技术识别所述差分影像中几乎可确定是否发生变化的像元区域;

[0009] 利用S-型函数定义所识别的几乎可确定像元属于变化类和未变化类的监督隶属度;

[0010] 根据所述差分影像像元的灰度值、空间信息和所述监督隶属度,通过逐步迭代过程计算所述差分影像的模糊隶属度函数;

[0011] 对所述模糊隶属度函数进行去模糊化,得到两期所述遥感影像的变化检测结果。

[0012] 本发明实施例的第二方面提供了一种非监督的遥感影像变化检测装置,包括:

[0013] 获取和生成单元,用于获取并预处理两期遥感影像,生成两期所述遥感影像的差分影像;

[0014] 识别单元,用于通过阈值技术识别所述差分影像中几乎可确定是否发生变化的像元区域;

[0015] 监督隶属度定义单元,用于利用S-型函数定义所识别的几乎可确定像元属于变化类和未变化类的监督隶属度;

[0016] 模糊隶属度函数计算单元,用于根据所述差分影像像元的灰度值、空间信息和所述监督隶属度,通过逐步迭代过程计算所述差分影像的模糊隶属度函数;

[0017] 去模糊化单元,用于对所述模糊隶属度函数进行去模糊化,得到两期所述遥感影像的变化检测结果。

[0018] 本发明实施例的第三方面提供了一种终端设备,包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现如第一方面所述方法的步骤。

[0019] 本发明实施例的第四方面提供了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如第一方面所述方法的步骤。

[0020] 与现有技术相比,本发明实施例通过识别出差分影像的几乎可确定区域的像元,并将所获取的几乎可确定像元的类别知识转化为监督隶属度;在分析差分影像的过程中协同利用差分影像的灰度值、空间信息和几乎可确定区域像元的监督隶属度,从而降低了差分影像变化检测的不确定性,提高了变化检测的可靠性和检测结果的精度。

附图说明

[0021] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中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。

[0022] 图1是本发明实施例提供的一种非监督的遥感影像变化检测方法的实现流程图;

[0023] 图2是本发明实施例提供的一种非监督的遥感影像变化检测方法的步骤101实现流程图;

[0024] 图3是本发明实施例提供的一种非监督的遥感影像变化检测方法的步骤102实现流程图;

[0025] 图4是本发明实施例提供的一种非监督的遥感影像变化检测方法的步骤104实现流程图;

[0026] 图5(a)是本发明实施例所使用的 t_1 时刻遥感影像第3波段的示意图;

[0027] 图5(b)是本发明实施例所使用的 t_2 时刻遥感影像第3波段的示意图;

[0028] 图5(c)是本发明实施例提供的 t_1 时刻和 t_2 时刻遥感影像的变化参考图;

[0029] 图6(a)是通过最大期望阈值技术得到的变化检测图;

[0030] 图6(b)是通过模糊C均值聚类得到的变化检测图;

[0031] 图6(c)是通过模糊局部信息C均值聚类得到的变化检测图;

[0032] 图6(d)是通过本发明实施例提供的非监督的遥感影像变化检测方法得到的变化检测图;

[0033] 图7是本发明实施例提供的一种非监督的遥感影像变化检测装置的示意图;

[0034] 图8是本发明实施例提供的终端设备的示意图。

具体实施方式

[0035] 以下描述中,为了说明而不是为了限定,提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节,以便透彻理解本发明实施例。

[0036] 为了说明本发明所述的技术方案,下面通过具体实施例来进行说明。请参考图1,图1示出了本发明实施例提供的一种非监督的遥感影像变化检测方法的实现流程,包括步骤S101至S105:

[0037] S101,获取两期遥感影像,生成两期所述遥感影像的差分影像。

[0038] 其中,两期遥感影像为两个不同时刻的遥感影像。在本发明实施例中,为便于描述,后面将采用在 t_1 时刻和 t_2 时刻的两期遥感影像作为示例进行说明,其中, $t_1 \neq t_2$ 。

[0039] 由于不同时期的遥感影像的成像条件可能不尽相同,或者影像的质量不够理想,会影响后续的变化检测结果,降低检测结果的精度,需对遥感影像进行预处理。如图2所示,S101可包括步骤S1011至S1012。

[0040] S1011,获取两期遥感影像,并对两期所述遥感影像进行预处理。

[0041] 其中,对遥感影像进行预处理的过程为遥感领域中的基础步骤,包括但不限于配准和辐射校正等。需要说明的是,此处仅为示例性描述,并不能解释为对本发明的限制。

[0042] 在本发明实施例中,为便于描述,将进行预处理后的 t_1 时刻的遥感影像记为 X_1 ,将进行预处理后的 t_2 时刻的遥感影像记为 X_2 。进行预处理后的两期遥感影像 X_1 和 X_2 均包括B个波段, X_m^b 表示 X_m 的第b个波段, $1 < b \leq B, m = 1, 2$ 。B的值与影像的类型有关,不同类型的遥感影像具有不同的波段。

[0043] S1012,根据预处理后的所述遥感影像,生成两期所述遥感影像的差分影像。

[0044] 其中,根据预处理后的两期所述遥感影像,利用主成分分析技术生成两期所述遥感影像的差分影像。采用主成分分析技术生成两期遥感影像 X_1 和 X_2 的差分影像 X_D , X_D 考虑了两期遥感影像在波谱空间的点位变化和方向变化。每个遥感影像包括I个像元。

[0045] 具体的,步骤S1012包括:

[0046] 首先,通过差值算子来求取两期遥感影像矢量 $X_1(p_i)$ 和 $X_2(p_i)$ 在像元 p_i 处的变化矢量 $CV(p_i)$:

$$[0047] \quad CV(p_i) = X_2(p_i) - X_1(p_i) = [X_1^1(p_i) - X_1^1(p_i), X_2^2(p_i) - X_1^2(p_i), \dots, X_2^B(p_i) - X_1^B(p_i)]^T,$$

[0048] 其中,上标T表示转置运算。

[0049] 再通过反余弦函数求解影像矢量 $X_1(p_i)$ 和 $X_2(p_i)$ 在像元 p_i 处的夹角A,即 $X_1(p_i)$ 和 $X_2(p_i)$ 的方向变化:

$$[0050] \quad A(p_i) = \cos^{-1} \left(\frac{\sum_{b=1}^B X_1^b(p_i) \cdot X_2^b(p_i)}{\sqrt{\sum_{b=1}^B (X_1^b(p_i))^2} \cdot \sqrt{\sum_{b=1}^B (X_2^b(p_i))^2}} \right),$$

[0051] 其中, $\cos^{-1}$ 表示反余弦函数。

[0052] 再接着将方向变化A(p_i)集成到变化矢量 $CV(p_i)$ 中得到扩展的变化矢量 $CV_{ext}(p_i)$:

$$[0053] \quad CV_{ext}(p_i) = [X_2^1(p_i) - X_1^1(p_i), X_2^2(p_i) - X_1^2(p_i), \dots, X_2^B(p_i) - X_1^B(p_i), \beta \cdot A(p_i)]^T,$$

[0054] 其中, β 是一个常数,用来调整分量A(p_i)的尺度,通过下式计算 β :

$$[0055] \quad \beta = \frac{2}{\pi \cdot B} \sum_{b=1}^B \max_{p_i} \{ |X_2^b(p_i) - X_1^b(p_i)| \},$$

[0056] 其中, $\max_{p_i}$ 表示关于像元 p_i 取最大值运算。

[0057] 然后,对遥感影像中所有像元的扩展的变化矢量 $CV_{\text{ext}}(p_i)$ 组合成的扩展的变化矢量矩阵 CV_{ext} 实施主成分分析技术,得到 CV_{ext} 的 H 个主成分 $Y_1, Y_2, \dots, Y_H$ 。其中, H 不一定等于 B , 而是小于等于 B 。

[0058] 最后,根据各主成分的方差贡献率通过加权平均的方法生成差分影像 X_D :

$$[0059] \quad X_D = \sum_{h=1}^H \alpha_h \cdot Y_h,$$

[0060] 其中, α_h 表示第 h 个主成分的方差贡献率。

[0061] S102,通过阈值技术识别所述差分影像中几乎可确定是否发生变化的像元区域。

[0062] 其中,基于最大期望阈值技术自动获取所述差分影像中几乎可确定的变化区域与几乎可确定的未变化区域。

[0063] 差分影像满足以下性质:像元的灰度值越大,其发生变化的可能性就越大。

[0064] 在本发明实施例中,如图3所示,步骤102可包括:S1021至S1023。

[0065] S1021,利用最大期望阈值技术求解所述差分影像的决策阈值。

[0066] 其中,利用最大期望阈值技术求解所述差分影像 X_D 的决策阈值 T ,是遥感领域的常规技术手段,本发明实施例中不详细描述。

[0067] S1022,根据所述决策阈值将所述差分影像中的像元初步划分为未变化像元集合和变化像元集合。

[0068] 其中,利用所述差分影像 X_D 的决策阈值 T ,将所述差分影像 X_D 中的像元初步划分为未变化像元集合 D_u 和变化像元集合 D_c 两部分:

$$[0069] \quad \begin{cases} D_u = \{p_i \in X_D \mid g_i < T\} \\ D_c = \{p_i \in X_D \mid g_i \geq T\} \end{cases},$$

[0070] 其中, g_i 表示像元 p_i 的灰度值。

[0071] 通过决策阈值 T 将所述差分影像 X_D 中的像元初步划分为未变化像元集合 D_u 和变化像元集合 D_c 两部分,一方面,通过决策阈值 T 能够有效的分割差分影像;另一方面,未变化像元集合和变化像元集合中的像元的灰度值存在一个混叠区域,灰度值接近决策阈值 T 的像元具有很强的变化不确定性,这些像元属于不确定区域。因此,未变化像元集合 D_u 和变化像元集合 D_c 可分别划分为不确定性区域和几乎可确定区域。几乎可确定区域的像元具有相对可靠的变化或未变化类别,即具有很强的变化确定性。不确定区域的像元具有很强的变化不确定性。在未变化像元集合 D_u 中获取几乎可确定的未变化区域,在变化像元集合 D_c 中获取几乎可确定的变化区域。

[0072] S1023,基于所述决策阈值诱导出第一阈值和第二阈值,利用所述第一阈值和第二阈值定义所述差分影像中几乎可确定的未变化区域和几乎可确定的变化区域,其中,所述第一阈值小于所述第二阈值。

[0073] 其中,由于灰度值接近决策阈值 T 的像元具有很强的变化不确定性,因此,基于所述决策阈值 T 诱导出第一阈值 T_u 和第二阈值 T_c ,所述第一阈值小于所述决策阈值,所述决策

阈值小于所述第二阈值,满足 $T_u < T < T_c$,利用 T_u 和 T_c 定义差分影像的所述几乎可确定区域中的几乎可确定的未变化区域 C_u 和几乎可确定的变化区域 C_c ,将像元灰度值小于所述第一阈值的像元组成的区域定义成几乎可确定区域中几乎可确定的未变化区域,将像元灰度值大于所述第二阈值的像元组成的区域定义成几乎可确定区域中几乎可确定的变化区域:

$$[0074] \quad \begin{cases} C_u = \{p_i \in D_u \mid g_i < T_u\} \\ C_c = \{p_i \in D_c \mid g_i > T_c\} \end{cases}.$$

[0075] 根据经验,不确定区域的像元通常约占差分影像像元总数的15%。因此可假设几乎可确定的未变化区域 C_u 的像元等于未变化像元集合 D_u 的像元总数的85%,几乎可确定的变化区域 C_c 的像元等于变化像元集合 D_c 的像元总数的85%,因此,在本发明实施例中,通过设置以下方程作为诱导第一阈值 T_u 和第二阈值 T_c 的前提条件:

$$[0076] \quad \frac{\|C_k\|}{\|D_k\|} = 85\%, \quad k \in \{u, c\},$$

[0077] 其中, $\|C_k\|$ 和 $\|D_k\|$ 分别表示集合 C_k 和集合 D_k 的像元个数。需要说明的是,此处仅为示例性描述,在本发明其他实施例中,还可以设置其他经验数值,如85%至90%中的任一数值,本发明对此不做具体限定。

[0078] 基于所述决策阈值 T 诱导出第一阈值 T_u 和第二阈值 T_c 包括:诱导第二阈值 T_c 的过程是依次对决策阈值 T 加1,然后每次加1之后验证上述前提条件是否满足,直到等式首次满足或等式的比值首次大于85%,所对应的阈值就是要求解的第二阈值。诱导第一阈值 T_u 的原理及过程与诱导第二阈值 T_c 的过程类似,其过程改为依次对决策阈值 T 递减1即可,其他步骤相同。

[0079] S103,利用S-型函数定义所识别的几乎可确定像元属于变化类和未变化类的监督隶属度。

[0080] 其中,得到几乎可确定的未变化区域 C_u 和几乎可确定的变化区域 C_c 后,基于像元的类别知识,利用S-型函数来定义所述差分影像几乎可确定的变化区域和几乎可确定的未变化区域中的像元属于变化类和未变化类的监督隶属度。

[0081] 一般的,几乎可确定的变化区域 C_c 中像元发生变化的可能性较大,几乎可确定的未变化区域 C_u 中像元发生变化的可能性较小,根据下式给出的S-型函数来定义所述几乎可确定区域的像元属于两个类别的监督隶属度:

$$[0082] \quad \tilde{u}_{ci} = \begin{cases} 0 & g_i < \mu_u \\ \frac{1}{2} \times \left(\frac{g_i - \mu_u}{T - \mu_u} \right)^2, & \mu_u \leq g_i < T \\ 1 - \frac{1}{2} \times \left(\frac{g_i - \mu_c}{\mu_c - T} \right)^2, & T \leq g_i < \mu_c \\ 1, & g_i > \mu_c \end{cases},$$

$$[0083] \quad \tilde{u}_{ui} = 1 - \tilde{u}_{ci}$$

[0084] 其中, $\tilde{u}_{ki}$ 表示像元 p_i 属于 w_k 的监督隶属度, w_u 和 w_c 分别表示未变化和变化两个类

别; μ_k 表示灰度值集合 $G_k = \{g_i | p_i \in D_k\}$ 的均值, $k \in \{u, c\}$ 。

[0085] 步骤S103是一个准备步骤,所定义的几乎可确定像元的监督隶属度将用来指导步骤S104的聚类过程。

[0086] S104,根据所述差分影像像元的灰度值、空间信息和所述监督隶属度,通过逐步迭代过程计算所述差分影像的模糊隶属度函数。

[0087] 其中,本发明实施例提出全新的模糊聚类算法,协同利用差分影像的灰度值、空间信息和几乎可确定区域像元的类别知识,并通过逐步迭代过程求解差分影像的模糊隶属度函数 $u = [u_{ui}, u_{ci}]^T$, u_{ki} 表示像元 p_i 属于类别 w_k , $k \in \{u, c\}$ 的隶属度, w_u 和 w_c 分别表示未变化和变化两个类别。在每次迭代中,所述类别知识以预先给定的监督隶属度的形式来指导聚类过程,空间信息用来修正像元隶属度。

[0088] 具体的,首先利用目标函数:

$$[0089] \quad J = \sum_{i=1}^I \sum_{k \in \{u, c\}} u_{ki}^2 \|g_i - v_k\|^2 + \alpha \sum_{i=1}^I \sum_{k \in \{u, c\}} b_i (u_{ki} - \tilde{u}_{ki})^2 \|g_i - v_k\|^2$$

[0090] 将灰度值和类别知识引入到模糊聚类过程中,其中, g_i 表示像元 p_i 的灰度值, I 表示像元个数; v_k 为 w_k 类别的聚类中心, $k \in \{u, c\}$; $\|g_i - v_k\|$ 表示 g_i 到 v_k 的欧式距离。 α 为一个平衡系数,用来控制目标函数中第二项的贡献程度。在本发明一个实施例中令 $\alpha = 0.5$, 此为根据经验来取值的,取0.5能够达到较优的检测结果,在其他实施例中,还可以取其他值; b_i 是二值变量,用于标记像元 p_i 是否属于几乎可确定区域的像元,若是则令 $b_i = 1$, 否则令 $b_i = 0$; $\tilde{u}_{ki}$ 为步骤S103求解的几乎可确定区域的像元的监督隶属度。目标函数 J 通过 $\tilde{u}_{ki}$ 将类别知识引入到聚类过程: 当 u_{ki} 越接近 $\tilde{u}_{ki}$ 时, 目标函数 J 越小, 使得聚类过程中 u_{ki} 的值向 $\tilde{u}_{ki}$ 靠近, 从而实现类别知识对聚类过程的指导。在每一次迭代中, 利用空间信息通过提出的隶属度修正公式来修正像元隶属度。

[0091] 如图4所示,所述步骤S104包括:S1041至S1046。

[0092] S1041,初始化迭代次数,初始两个类别的聚类中心,设定最大迭代次数。

[0093] 其中,初始化迭代次数 n , 初始化未变化类和变化类的聚类中心 v_u 和 v_c , 并设定最大迭代次数 N 。

[0094] 在本发明实施例中,将迭代次数初始化为 $n = 0$, 并采用集合 $G_u = \{g_i | p_i \in D_u\}$ 和 $G_c = \{g_i | p_i \in D_c\}$ 的均值 μ_u 和 μ_c 来初始化未变化类和变化类的聚类中心 v_u 和 v_c , 即令 $v_u = \mu_u$ 和 $v_c = \mu_c$, 并设定最大迭代次数 N 。

[0095] S1042,利用所述聚类中心、像元的灰度值和监督隶属度计算所述差分影像的模糊隶属度函数

[0096] 其中,利用所述聚类中心 v_u 和 v_c 、像元灰度值 g_i 和步骤S103求解的几乎可确定区域像元的两个类别的监督隶属度,计算差分影像的模糊隶属度函数 u 。

[0097] 在本发明实施例中,利用聚类中心 v_u 和 v_c 、像元灰度值 g_i 以及步骤S103求解的监督隶属度 $\tilde{u}_{ki}$, 通过公式:

$$[0098] \quad u_{ki} = \frac{\alpha b_i}{(1 + \alpha)} \cdot \tilde{u}_{ki} + \left(1 - \frac{\alpha b_i}{(1 + \alpha)} \cdot \sum_{s \in \{u, c\}} \tilde{u}_{si} \right) \frac{1}{\sum_{s \in \{u, c\}} \|g_i - v_k\|^2 / \|g_i - v_s\|^2}$$

[0099] 计算像元 p_i 属于 $w_k, k \in \{u, c\}$ 的隶属度,此处像元隶属度 u_{ki} 的计算公式是通过最小化目标函数 J 得到的;在计算得到所有像元的隶属度 u_{ki} 之后,组合得到所述差分影像的模糊隶属度函数 $u = [u_{ui}, u_{ci}]^T$ 。

[0100] S1043,利用空间信息修正所述模糊隶属度函数。

[0101] 其中,利用空间信息通过修正公式来修正所得到的模糊隶属度函数 u 。通过空间信息进一步优化像元的模糊隶属度函数,去除噪声和异常值,提高了检测结果的精度。

[0102] 在本发明实施例中,通过提出的修正公式:

$$[0103] \quad u_{ki}^{Mod} = u_{ki} + \delta_i \cdot u_{ki}^{Spatial}$$

[0104] 利用空间信息来修正所得到的差分影像的模糊隶属度函数 $u = [u_{ui}, u_{ci}]^T$ 。其中 u_{ki}^{Mod} 表示通过空间信息修正后的像元 p_i 属于类别 w_k 的隶属度; δ_i 用于标记像元 p_i 是否为边界像元,若是则令 $\delta_i = 0$,否则令 $\delta_i = 1$;通过设置 δ_i 使得边界像元的隶属度不被空间信息调整,从而避免空间信息对边界的过度平滑;边界像元通过Canny边缘检测算子确定。其中, $u_{ki}^{Spatial}$ 通过下式确定:

$$[0105] \quad u_{ki}^{Spatial} = \sum_{p_j \in N_i, p_j = w_k} \frac{\sum_{p_s \in N_i} D_{is} - D_{ij}}{\sum_{p_s \in N_i} D_{is}} u_{kj},$$

[0106] 其中

$$[0107] \quad D_{ij} = \frac{|g_i - g_j|}{\zeta + \frac{1}{N_R - 1} \sum_{p_s \in N_i, p_s \neq p_j} |g_i - g_s|} \cdot d_{ij}$$

[0108] N_i 表示像元 p_i 的邻域,本发明实施例中 N_i 为二阶邻域,其他实施例中可采用其他的邻域,本发明对此不做限定; p_j 和 p_s 表示像元 p_i 的邻域像元; g_i, g_j 和 g_s 分别表示像元 p_i, p_j 和 p_s 的灰度值; D_{is} 与 D_{ij} 的求解公式相同; N_R 表示邻域 N_i 包含的像元个数; $\zeta = 0.5$ 用来防止分母为0; d_{ij} 表示像元 p_i 和 p_j 的空间距离; u_{kj} 表示像元 p_j 属于类别 w_k 的隶属度; $p_j = w_k$ 表示根据第 $n-1$ 次的迭代结果像元 p_j 被判断为属于类别 w_k ; n 表示当前的迭代次数。本发明实施例通过考虑条件 $p_j = w_k$,在利用空间信息的过程中引入了分类信息,从而能够更加准确的利用差分影像的空间信息。

[0109] S1044,利用像元的灰度值、修正后的所述模糊隶属度函数和监督隶属度计算所述两个类别的聚类中心,并将该聚类中心作为下一次迭代过程的初始值。

[0110] 其中,利用差分影像的像元灰度值 g_i 、修正后的模糊隶属度函数 $u = [u_{ui}, u_{ci}]^T$ 和几乎可确定区域的像元的监督隶属度 $\tilde{u}_{ki}$ 计算两个类别的聚类中心 v_u 和 v_c 。将该聚类中心作为下一次迭代过程的初始值。

[0111] 在本发明实施例中,通过公式:

$$[0112] \quad v_k = \frac{\sum_{i=1}^I (u_{ki}^2 + \alpha b_i \cdot (u_{ki} - \tilde{u}_{ki})^2) g_i}{\sum_{i=1}^I (u_{ki}^2 + \alpha b_i \cdot (u_{ki} - \tilde{u}_{ki})^2)}, \quad k \in \{u, c\}$$

[0113] 计算两个类别的聚类中心 v_u 和 v_c ,此处计算聚类中心的公式是通过最小化目标函数J得到的。至此完成第n次迭代计算。

[0114] S1045,判断迭代次数n是否小于预设的最大迭代次数,若迭代次数n小于最大迭代次数,则执行下一次迭代过程;若迭代次数n大于或等于最大迭代次数,则执行S1046,输出修正后的所述模糊隶属度函数。

[0115] 其中,判断迭代次数n是否小于预设的迭代次数最大值。若是,则迭代次数n加1,返回S1042以进行下一次迭代计算。若否,即迭代次数n大于或等于预设的迭代次数最大值,则执行S1046,输出修正后的所述模糊隶属度函数。

[0116] 可选地,所述最大迭代次数可以为1000。需要说明的是,最大迭代次数可以设置成500到1000左右都可以,但是取值太大会增加计算时间,太小则有可能没有求解到最优值,本领域技术人员可以根据经验进行设置,本发明对此不做具体限制。

[0117] S1046,输出修正后的所述模糊隶属度函数。

[0118] 其中,所输出的模糊隶属度函数 $u = [u_{ui}, u_{ci}]^T$ 作为本次遥感影像变化检测的差分影像的模糊隶属度函数。

[0119] 本发明实施例通过所提出的模糊聚类算法,协同利用差分影像的灰度值、空间信息和几乎可确定像元的类别知识,能够得到更加准确的模糊隶属度函数,从而提高变化检测的效果。

[0120] S105,对所述模糊隶属度函数进行去模糊化,得到两期所述遥感影像的变化检测结果。

[0121] 其中,利用最大隶属度原则对所得到的模糊隶属度函数进行去模糊化操作,得到两期所述遥感影像的变化检测结果。可选地,该变化检测结果可以为生成最终的变化检测图。

[0122] 在本发明一个实施例中,采用最大隶属度原则对模糊隶属度函数 $u = [u_{ui}, u_{ci}]^T$ 进行去模糊化操作:对任给像元 p_i ,将其分配给具有较大隶属度的类别。用 $M_{CD}(i)$ 表示像元 p_i 在变化检测图中的类别,示例性的, $M_{CD}(i)$ 的确定公式为:

$$[0123] \quad M_{CD}(i) = \begin{cases} w_u & \text{若 } u_{ui} > u_{ci} \\ w_c & \text{若 } u_{ui} \leq u_{ci} \end{cases},$$

[0124] 其中, $M_{CD}(i) = w_u$ 表示像元 p_i 被标记为未变化类, $M_{CD}(i) = w_c$ 表示像元 p_i 被标记为变化类。

[0125] 本发明实施例通过划分出差分影像的几乎可确定是否发生变化的区域,并将所获取的几乎可确定像元的类别知识转化为其监督隶属度;并在分析差分影像的过程中协同利用差分影像的灰度值、空间信息和几乎可确定区域像元的类别知识:所述类别知识以预先定义的监督隶属度形式来指导聚类过程,从而提高聚类过程中得到的模糊隶属度函数的准确程度;此外,空间信息用来进一步优化像元隶属度,去除噪声和异常值;利用空间信息的过程中同时考虑了边界信息和分类信息,从而能够更加准确的利用差分影像的空间信息。本发明实施例能够取得较优的变化检测结果。

[0126] 为说明本发明实施例提供的非监督的遥感影像变化检测方法的变化检测效果,通过真实遥感数据进行实验验证。图5(a)给出了所使用的 t_1 时刻遥感影像的第3波段,图5(b)给出了所使用的 t_2 时刻遥感影像的第3波段,图5(c)给出了 t_1 时刻和 t_2 时刻遥感影像的变化

参考图,两期影像发生变化的主要原因是森林砍伐。所述变化参考图是通过人工标记获取的,黑色为人工标记的未变化类像元,而白色为人工标记的变化类像元。

[0127] 为验证本发明实施例提供的遥感影像变化检测方法的有效性,将其检测结果与三种相关的当前先进水平的变化检测技术的结果进行比较。所述三种对比变化检测技术包括最大期望阈值技术、模糊C均值聚类、模糊局部信息C均值聚类。图6(a)给出了最大期望阈值技术的变化检测图,图6(b)给出了模糊C均值聚类的变化检测图,图6(c)给出了模糊局部信息C均值聚类的变化检测图,图6(d)给出了本发明实施例提供的非监督的遥感影像变化检测方法的变化检测图。

[0128] 通过比较图6(a)至图6(d)的变化检测图和图5(c)的变化参考图,可以发现本发明实施例得到了最接近真实变化的变化检测图。

[0129] 表1进一步给出了上述各变化检测技术的定量分析指标:A行表示最大期望阈值技术的变化检测结果;B行表示模糊C均值聚类的变化检测结果;C行表示模糊局部信息C均值聚类的变化检测结果;D行表示本发明实施例提供的遥感影像变化检测方法的变化检测结果。所述指标包括:1、虚检错误(将未变化类像元检测为变化类像元的像元个数);2、漏检错误(将变化类像元检测为未变化类像元的像元个数);3、总体错误(虚检错误与漏检错误之和);4、Kappa系数。

[0130] 从表1的比对中可得,本发明实施例提供的变化检测结果明显优于其他三种变化检测技术:与其他三种技术相比,本发明实施例提供的变化检测结果的总体错误减少超过2700像元,Kappa系数提高6.02%—8.05%。因此,本发明实施例提供的遥感影像变化检测方法能够取得较优的变化检测结果。

[0131] 表1

[0132]

方法	漏检错误	虚检错误	总体错误	Kappa系数
A	171	7792	7963	0.8607
B	6118	166	6284	0.8694
C	5633	128	5761	0.8810
D	2301	701	3002	0.9412

[0133] 在本发明实施例中,首先基于最大期望阈值技术划分出所述差分影像的几乎可确定区域的像元,并利用S-型函数定义所述几乎可确定像元的监督隶属度;然后利用所提出的模糊聚类算法,协同利用差分影像的灰度值、空间信息和几乎可确定区域的像元的类别知识,并通过迭代过程求解差分影像的模糊隶属度函数;在每次迭代中,所述类别知识以监督隶属度的形式来指导聚类中心和像元隶属度的计算过程,空间信息用来进一步修正所得到的差分影像的模糊隶属度函数。从而能够得到更加准确的模糊隶属度函数,实现提高变化检测的可靠性和检测结果的精度的技术效果。

[0134] 应理解,上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后,各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不应对本发明实施例的实施过程构成任何限定。

[0135] 本发明实施例还提供一种遥感影像的变化检测装置,该装置用于执行上述的遥感影像的变化检测的方法。该变化检测装置配置于终端,可由软件和/或硬件实现。该装置实

施例中未详细描述之处,请参见前述的方法实施例。

[0136] 具体地,参见图7,是本发明实施例提供的一种非监督的遥感影像变化检测装置的示意框图。本实施例的非监督的遥感影像变化检测装置包括:获取和生成单元71、识别单元72、监督隶属度定义单元73、模糊隶属度函数计算单元74和去模糊化单元75。

[0137] 其中,获取和生成单元71,用于获取并预处理两期遥感影像,生成两期所述遥感影像的差分影像;

[0138] 识别单元72,用于通过阈值技术识别所述差分影像中几乎可确定是否发生变化的像元区域;

[0139] 监督隶属度定义单元73,用于利用S-型函数定义所识别的几乎可确定像元属于变化类和未变化类的监督隶属度;

[0140] 模糊隶属度函数计算单元74,用于根据所述差分影像像元的灰度值、空间信息和所述监督隶属度,通过逐步迭代过程计算所述差分影像的模糊隶属度函数;

[0141] 去模糊化单元75,用于对所述模糊隶属度函数进行去模糊化,得到两期所述遥感影像的变化检测结果。

[0142] 可选地,获取和生成单元71包括获取模块和生成模块。

[0143] 其中,获取模块,用于获取两期遥感影像,并对两期所述遥感影像进行预处理;

[0144] 生成模块,用于根据预处理后的所述遥感影像,生成两期所述遥感影像的差分影像。

[0145] 图8是本发明一实施例提供的终端设备的示意图。如图8所示,该实施例的终端设备8包括:处理器80、存储器81以及存储在所述存储器81中并可在所述处理器80上运行的计算机程序82,例如遥感影像的变化检测程序。所述处理器80执行所述计算机程序82时实现上述遥感影像的变化检测方法实施例中的步骤,例如图1所示的步骤:S101至S105。或者,所述处理器80执行所述计算机程序82时实现上述各装置实施例中各模块/单元的功能,例如图7所示单元71至75的功能。

[0146] 示例性的,所述计算机程序82可以被分割成一个或多个模块/单元,所述一个或者多个模块/单元被存储在所述存储器81中,并由所述处理器80执行,以完成本发明。所述一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段,该指令段用于描述所述计算机程序82在所述终端设备8中的执行过程。例如,所述计算机程序82可以被分割成获取和生成单元71、识别单元72、监督隶属度定义单元73、模糊隶属度函数计算单元74和去模糊化单元75(虚拟装置中的单元),各单元具体功能如下:

[0147] 获取和生成单元71,用于获取并预处理两期遥感影像,生成两期所述遥感影像的差分影像;

[0148] 识别单元72,用于通过阈值技术识别所述差分影像中几乎可确定是否发生变化的像元区域;

[0149] 监督隶属度定义单元73,用于利用S-型函数定义所识别的几乎可确定像元属于变化类和未变化类的监督隶属度;

[0150] 模糊隶属度函数计算单元74,用于根据所述差分影像像元的灰度值、空间信息和所述监督隶属度,通过逐步迭代过程计算所述差分影像的模糊隶属度函数;

[0151] 去模糊化单元75,用于对所述模糊隶属度函数进行去模糊化,得到两期所述遥感

影像的变化检测结果。

[0152] 所述终端设备8可以是桌上型计算机、笔记本、掌上电脑及云端服务器等计算设备。所述终端设备可包括,但不仅限于,处理器80、存储器81。本领域技术人员可以理解,图8仅仅是终端设备8的示例,并不构成对终端设备8的限定,可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如所述终端设备还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

[0153] 所称处理器80可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

[0154] 所述存储器81可以是所述终端设备8的内部存储单元,例如终端设备8的硬盘或内存。所述存储器81也可以是所述终端设备8的外部存储设备,例如所述终端设备8上配备的插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)等。进一步地,所述存储器81还可以既包括所述终端设备8的内部存储单元也包括外部存储设备。所述存储器81用于存储所述计算机程序以及所述终端设备8所需的其他程序和数据。所述存储器81还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

[0155] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为了描述的方便和简洁,仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成,即将所述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中,上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。另外,各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分,并不用于限制本申请的保护范围。上述系统中单元、模块的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0156] 在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中未详述或记载的部分,可以参见其它实施例的相关描述。

[0157] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

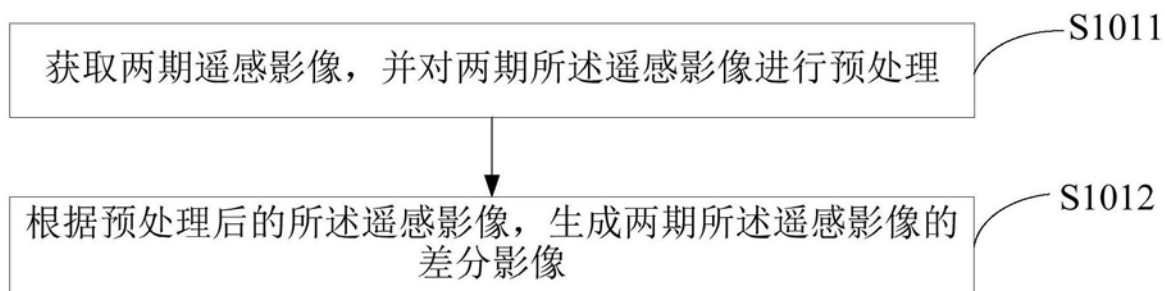
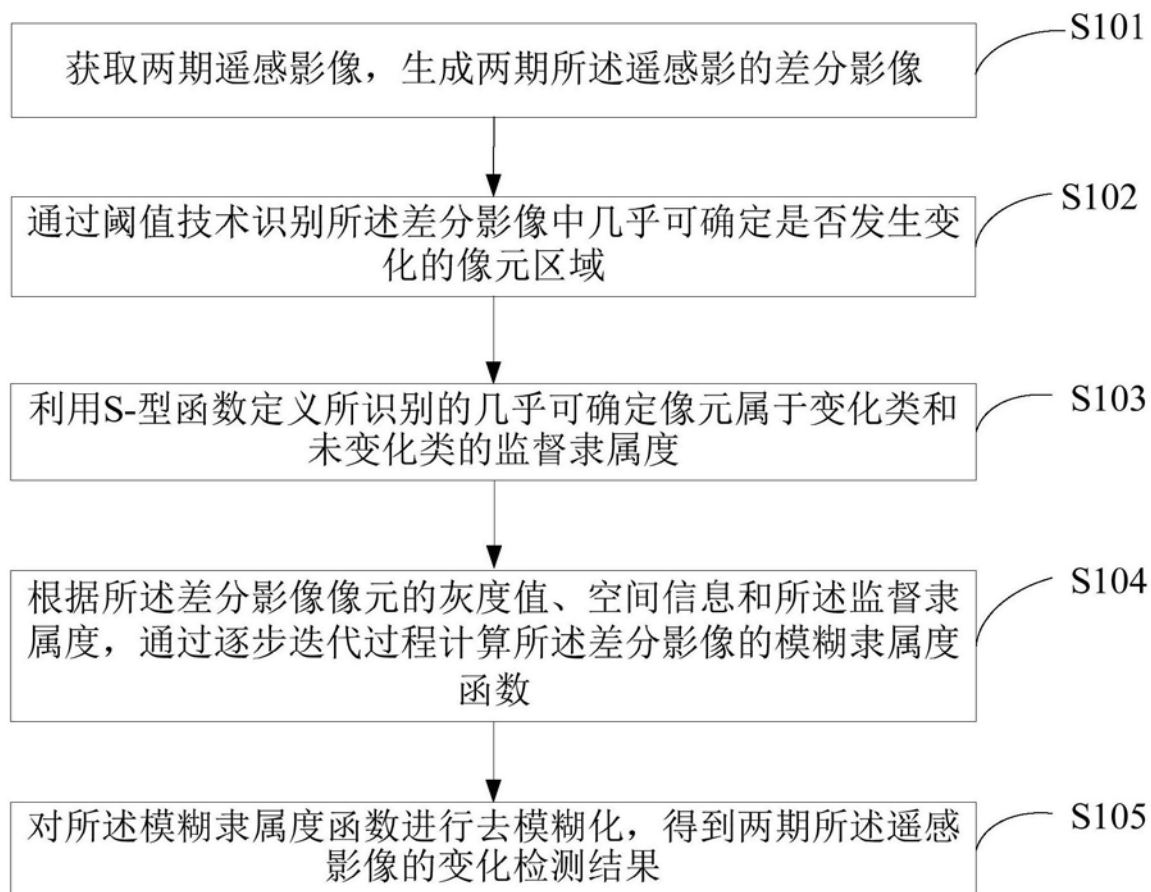
[0158] 在本发明所提供的实施例中,应该理解到,所揭露的装置/终端设备和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置/终端设备实施例仅仅是示意性的,例如,所述模块或单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通讯连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通讯连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0159] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0160] 另外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0161] 所述集成的模块/单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明实现上述实施例方法中的全部或部分流程,也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中,该计算机程序在被处理器执行时,可实现上述各个方法实施例的步骤。其中,所述计算机程序包括计算机程序代码,所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括:能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是,所述计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减,例如在某些司法管辖区,根据立法和专利实践,计算机可读介质不包括电载波信号和电信信号。

[0162] 以上所述实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围,均应包含在本发明的保护范围之内。



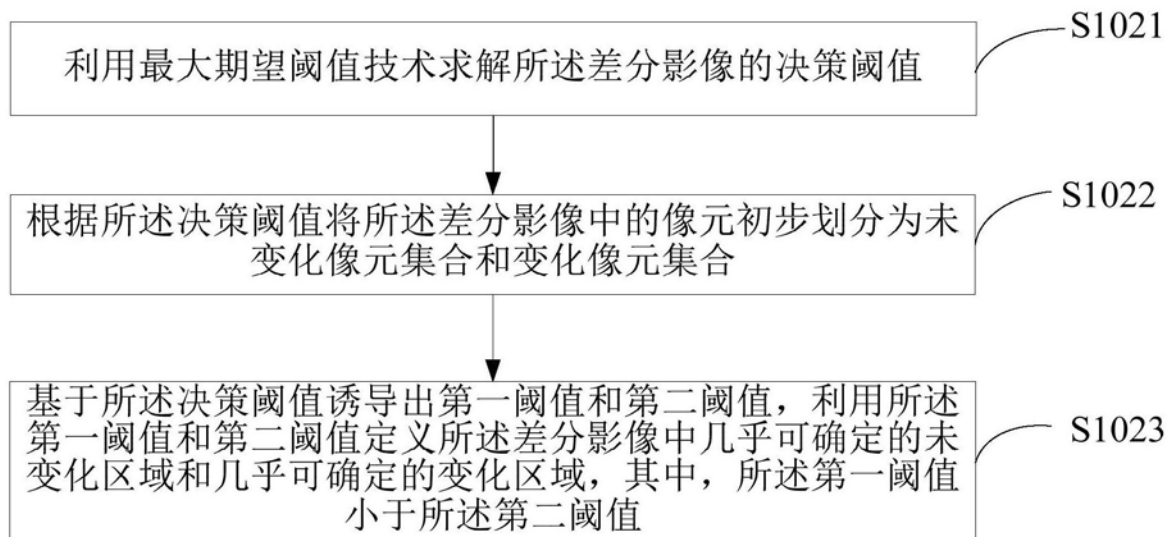


图3

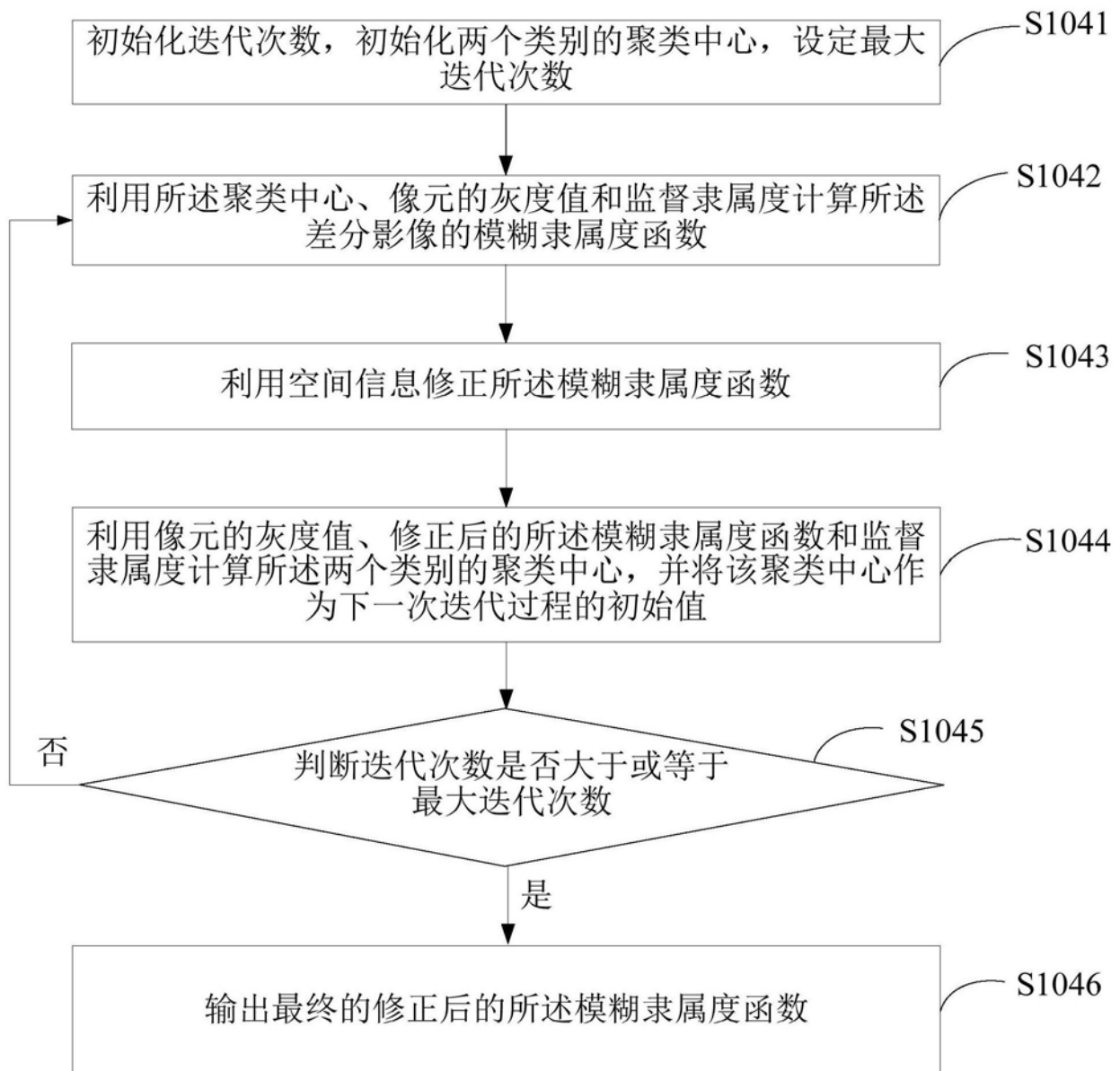


图4

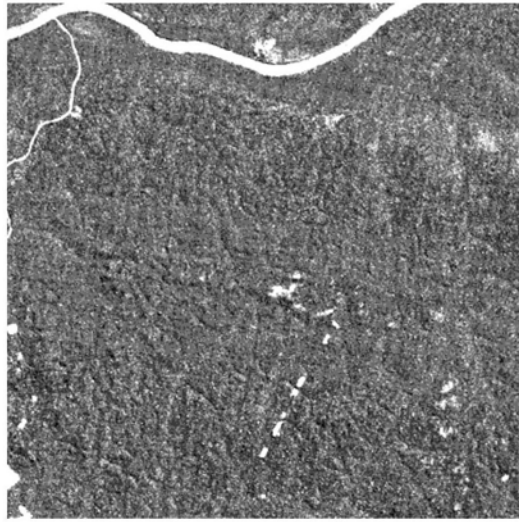


图5 (a)

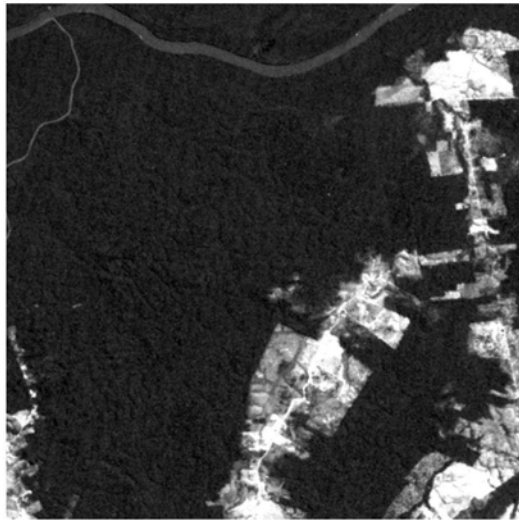


图5 (b)

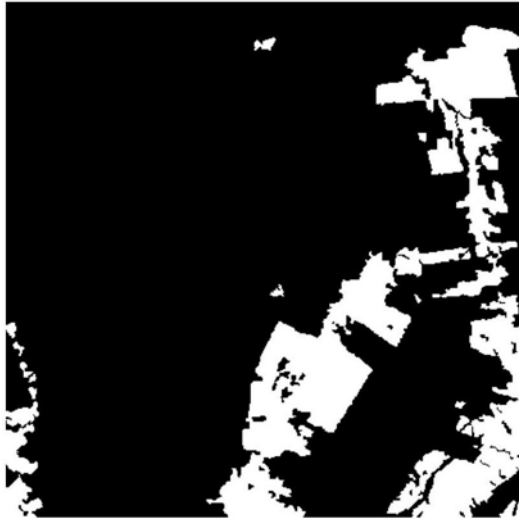


图5 (c)

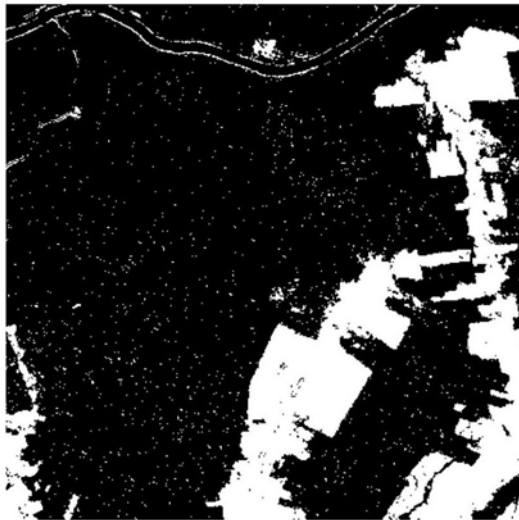


图6 (a)

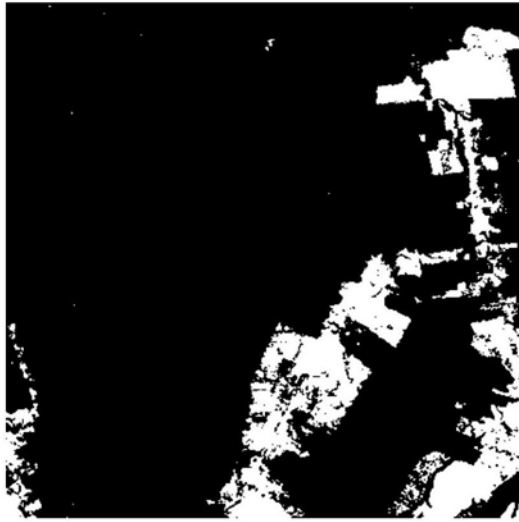


图6 (b)

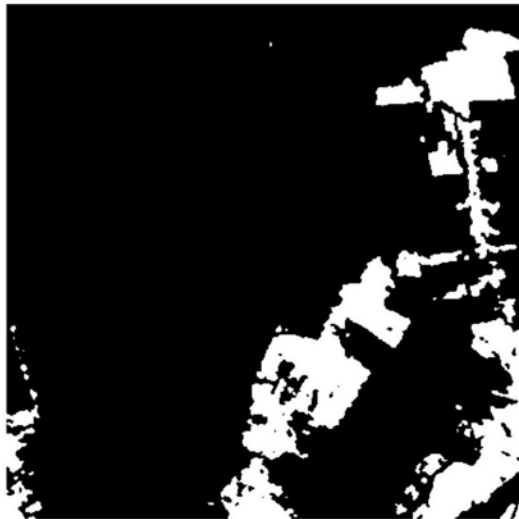


图6 (c)



图6(d)

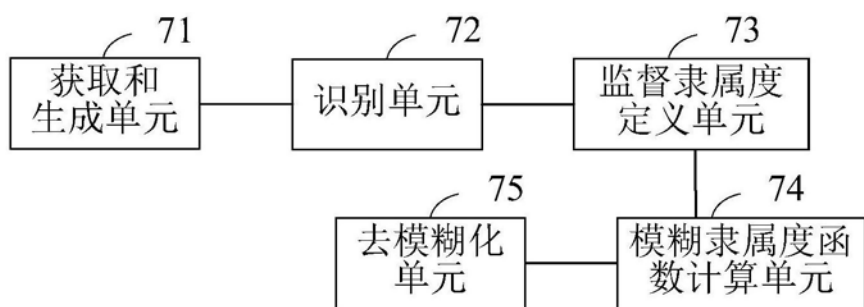


图7

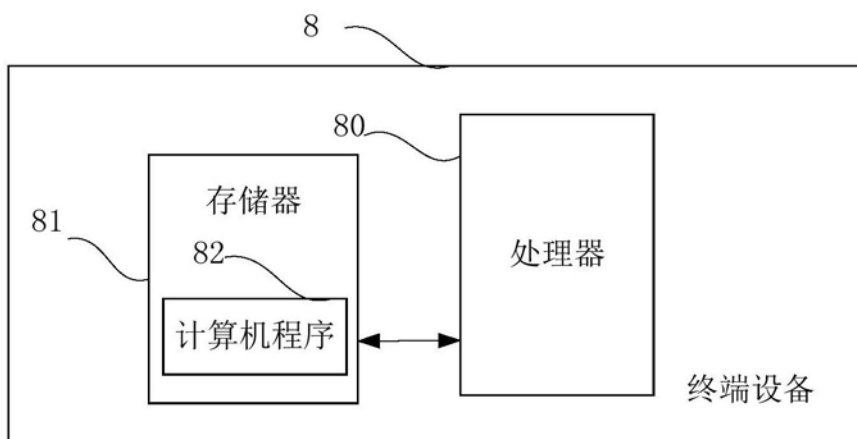


图8