



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105574887 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201610112981. 8

(22) 申请日 2016. 02. 29

(71) 申请人 民政部国家减灾中心

地址 100124 北京市西城区白广路 7 号

申请人 北京航空航天大学

(72) 发明人 王薇 范一大 刘庆杰 汤童

张秦川

(74) 专利代理机构 北京润平知识产权代理有限公司 11283

代理人 曹寒梅 肖冰滨

(51) Int. Cl.

G06T 7/00(2006. 01)

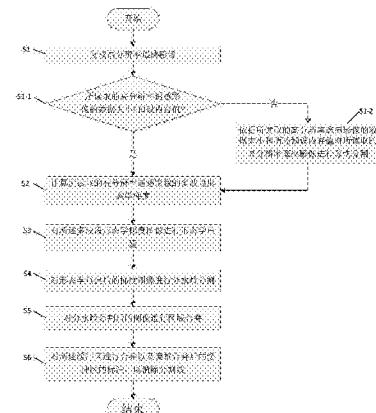
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

高分辨率遥感影像快速分割方法

(57) 摘要

本发明涉及图像处理领域，公开了一种高分辨率遥感影像快速分割方法，该方法包括：步骤 S1、读取高分辨率遥感影像；步骤 S2、计算所读取的高分辨率遥感影像的多波段形态学梯度，从而得到由所述多波段形态学梯度构成的多波段形态学梯度图像；步骤 S3、对所述多波段形态学梯度图像进行形态学重建，以得到形态学重建后的梯度图像；步骤 S4、对形态学重建后的梯度图像进行分水岭分割以得到分水岭分割后的图像；以及步骤 S5、对分水岭分割后的图像进行区域合并。本发明能够快速分割具有海量数据的遥感影像，并能够有效地减小过分割。



1. 一种高分辨率遥感影像快速分割方法,该方法包括:

步骤S1、读取高分辨率遥感影像;

步骤S2、计算所读取的高分辨率遥感影像的多波段形态学梯度,从而得到由所述多波段形态学梯度构成的多波段形态学梯度图像;

步骤S3、对所述多波段形态学梯度图像进行形态学重建,以得到形态学重建后的梯度图像;

步骤S4、对形态学重建后的梯度图像进行分水岭分割以得到分水岭分割后的图像;以及

步骤S5、对分水岭分割后的图像进行区域合并。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,在步骤S2中,计算所读取的高分辨率遥感影像的多波段形态学梯度包括:

步骤S21、选择适当大小的结构元素作为滑动窗口;

步骤S22、计算所述滑动窗口中的所有像素在各个波段上的光谱平均值;对于每一波段,逐一计算所述滑动窗口中的所有像素与所述光谱平均值之间的多波段欧式距离;将计算得到的多波段欧式距离中的最大多波段欧式距离值和最小多波段欧式距离值赋予所述滑动窗口中的中心像素,并依据该最大多波段欧式距离值和最小多波段欧式距离值来分别计算该中心像素的膨胀向量和腐蚀向量;以及计算所述中心像素的膨胀向量与腐蚀向量之间的多波段欧式距离以得到多波段形态学梯度;以及

步骤S23、以预定步长移动所述滑动窗口,并返回步骤S22。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,在步骤S3中,对所述多波段形态学梯度图像进行形态学重建包括:

对所述多波段形态学梯度图像进行形态学膨胀;

逐像素地将形态学膨胀后的梯度图像的梯度值增加预设浸没步长的大小;以及
进行测地腐蚀重建,以得到形态学重建后的梯度图像。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,在步骤S4中采用浸没分水岭分割法来进行分水岭分割。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,步骤S5包括:

步骤S51、构建区域邻接图;

步骤S52、计算相邻两个区域之间的区域间异质度;

步骤S53、将所计算的区域间异质度与预设异质度阈值进行比较;以及

步骤S54、将所计算区域间异质度小于所述预设异质度阈值的两个相邻区域进行合并,并强制合并几何尺寸小于预设几何尺寸阈值的相邻区域。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,在步骤S54之后,步骤S5还包括:

步骤S55、将所述预设异质度阈值增加预设异质度步长,并返回步骤S51。

7. 根据权利要求5或6所述的方法,其中,所述区域间异质度是区域间光谱均值异质度,所述预设异质度阈值是预设区域间光谱均值异质度阈值。

8. 根据权利要求1至7中任一权利要求所述的方法,其中,

在步骤S1与步骤S2之间,该方法还包括:

步骤S1-1、将所读取的高分辨率遥感影像的数据大小与预设内存值进行比较,若所读

取的高分辨率遥感影像的数据大小小于所述预设内存值，则转到步骤S2，若大于，则转到步骤S1-2；

步骤S1-2、依据所读取的高分辨率遥感影像的数据大小和所述预设内存值对所读取的高分辨率遥感影像进行分块分割，且分块分割后的每块高分辨率遥感影像均包括缓冲区，所述缓冲区使得所分块分割的相邻两块高分辨率遥感影像具有重合部分；

而且，在步骤S5之后，该方法还包括：

步骤S6、对所述缓冲区进行合并以及调整合并后的缓冲区的标注，以消除分割线。

高分辨率遥感影像快速分割方法

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理领域,具体地,涉及一种高分辨率遥感影像快速分割方法。

背景技术

[0002] 图像分割是图像处理领域中的一项关键技术。目前,常见的图像分割方法可分为三类:基于图论的分割方法、基于梯度下降的分割方法以及基于能量泛函的分割方法。其中,基于图论的分割方法效果较好,但是效率一般较低并且对内存需求很大;基于梯度下降的方法效率较高,但是与图像语义信息的联系不紧密,且更容易产生过分割;而基于能量泛函的分割方法往往需要根据特定的应用背景制定相应的能量函数,适用性较差。

[0003] 针对高分辨率遥感影像信息丰富、影像规模巨大的特点以及以上各种图像分割方法的利弊,目前的遥感影像分割技术普遍采用超像素分割来得到初步分割结果,然后利用超像素构建区域连接图并进行基于图论的分割得到最终分割结果。超像素分割常用的方法包括均值漂移、分水岭、Graph Cuts、SLIC等等,而分水岭和均值漂移凭借其效果和速度在遥感影像分割中应用最为广泛。特定到遥感减灾领域,灾情的快速评估对图像分割的速度提出了更加苛刻的要求。相比之下,分水岭分割的效率较高,更能满足快速分割的需求,但是其对微弱边缘极为敏感,因此更容易产生过分割;均值漂移具有较好的抗噪能力,而它的计算复杂度较高,难以适应具备海量特性的遥感影像,对于快速分割的需求也是无法满足。

[0004] 在超像素分割结束后,因为图像噪声以及算法本身缺陷往往会产生明显的过分割现象。因此,本领域提出构建区域连接图(RAG),再根据连接区域的光谱、纹理等信息进行合并以减少过分割的区域合并方法,这其实就是基于图论的分割方法在超像素上的应用。实际分割中要取得好的分割效果与效率,有两个问题是无法回避的,一是合并的策略,即如何提高合并的速率;二是合并的距离,即相邻区域在什么样的条件下进行区域合并,前者是为了更快地完成区域合并,后者是为了更好地完成合并。在遥感减灾的快速评估环节,合并速率是关键,即应在满足一定的合并准则下尽可能地提高合并速率。

[0005] 然而,上述分割技术在应用上仍存在一些问题。以分水岭分割为例:分水岭分割所采用的梯度图像一般是由传统的灰度梯度计算方法得到,其并未很好地利用遥感影像多波段的光谱信息;传统的浸没法分水岭分割不能控制浸没的速度,也不能排除噪声所带来的伪极值点的干扰。另外,上述所有的分割算法存在一个共同的问题,即无法处理具有海量数据的遥感影像。这是因为,上述所有分割算法需要将海量遥感影像数据一次性调入内存并进行分析与处理,这就使得当遥感影像的数据量过大时,这些分割算法可能会出现异常,而且分割的速度会骤然降低,并给海量数据(如整景的融合数据)的快速处理带来困难。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种高分辨率遥感影像快速分割方法,其能够快速分割具有海量数据的遥感影像,并能够有效地减小过分割。

[0007] 为了实现上述目的,本发明提供一种高分辨率遥感影像分割方法,该方法包括:步

骤S1、读取高分辨率遥感影像；步骤S2、计算所读取的高分辨率遥感影像的多波段形态学梯度，从而得到由所述多波段形态学梯度构成的多波段形态学梯度图像；步骤S3、对所述多波段形态学梯度图像进行形态学重建，以得到形态学重建后的梯度图像；步骤S4、对形态学重建后的梯度图像进行分水岭分割以得到分水岭分割后的图像；以及步骤S5、对分水岭分割后的图像进行区域合并。

[0008] 通过上述技术方案，由于其可计算高分辨率遥感影像的多波段形态学梯度，因此能够更好地利用多波段遥感影像的光谱信息；形态学重建时能够有效地消除部分局部极小值点，进而能够加快后续分水岭分割的速度，并有效地减小过分割。

[0009] 本发明的其它特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

附图说明

[0010] 附图是用来提供对本发明的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与下面的具体实施方式一起用于解释本发明，但并不构成对本发明的限制。在附图中：

[0011] 图1是根据本发明一种实施方式的高分辨率遥感影像快速分割方法的流程图；

[0012] 图2示出了浸没分水岭分割的原理示意图；

[0013] 图3a为浸没分水岭分割结果示意图；

[0014] 图3b为针对图3a建立的区域邻接图；

[0015] 图4a-4c示出了采用均分方法进行的分块分割方法的示意图；

[0016] 图4d-4g示出了本发明中所采用的分块分割方法的示意图；

[0017] 图5示出了根据本发明一种实施方式的分块分割中的缓冲区的示意图；

[0018] 图6示出了根据本发明一种实施方式的分块分割中合并缓冲区的示意图；以及

[0019] 图7a-7g示出了采用现有的Graph-Based方法、Turbo pixels(TP)方法、Meanshift(EDISON)方法、传统分水岭方法、SLIC方法、SEEDS方法以及根据本发明的快速分割方法得到的分割结果对比示意图。

具体实施方式

[0020] 以下结合附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是，此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明，并不用于限制本发明。

[0021] 本发明提供一种高分辨率遥感影像快速分割方法，如图1所示，该方法可以至少包括步骤S1至S5。

[0022] 步骤S1、读取高分辨率遥感影像。

[0023] 步骤S2、计算所读取的高分辨率遥感影像的多波段形态学梯度，从而得到由所述多波段形态学梯度构成的多波段形态学梯度图像。

[0024] 优选地，在步骤S2中，计算所读取的高分辨率遥感影像的多波段形态学梯度可以包括：

[0025] 步骤S21、选择适当大小的结构元素作为滑动窗口B。其中，滑动窗口B的大小和形状可以根据实际应用需求来设定，以便尽可能地保留更多的边缘信息。例如，可以选择3*3像素大小的矩形作为滑动窗口B。再例如，还可以选择具有预定像素数量的六边形作为滑动窗口B。以上滑动窗口B的大小和形状仅是示例，不构成对本发明保护范围的限制。

[0026] 步骤S22、计算所述滑动窗口B中的所有像素在各个波段上的光谱平均值；对于每一波段，逐一计算所述滑动窗口B中的所有像素与所述光谱平均值之间的多波段欧式距离；将计算得到的多波段欧式距离中的最大多波段欧式距离值和最小多波段欧式距离值赋予所述滑动窗口B中的中心像素，并依据该最大多波段欧式距离值和最小多波段欧式距离值来分别计算该中心像素的膨胀向量和腐蚀向量；以及计算所述中心像素的膨胀向量与腐蚀向量之间的多波段欧式距离以得到多波段形态学梯度。这里所述的中心像素指的是位于滑动窗口B的中心位置处的像素。这里所谓的多波段是以颜色空间为基础的，例如三波段可以指代R(红)、G(绿)和B(蓝)波段。以下举例描述步骤S22。若所读取的高分辨率遥感影像是二维影像，则可以将该高分辨率遥感影像看作二维函数f，其中该遥感影像上的每一点可由坐标(x,y)确定，而函数f(x,y)则是一个多维向量且其维数与遥感影像的波段数相同，函数f(x,y)的值为遥感影像在对应波段中的光谱值。然后，计算所述滑动窗口B中的所有像素在各个波段上的像素光谱平均值(该像素光谱平均值也是一个向量)，从而得到所读取的高分辨率遥感影像的像素光谱平均值图像 f_{mean} 。接下来，对于每一波段，逐一计算所述滑动窗口B中的所有像素与像素光谱平均值之间的多波段欧式距离。然后，将计算得到的最大多波段欧式距离值和最小多波段欧式距离值赋予所述滑动窗口B中的中心像素，并依据该最大多波段欧式距离值和最小多波段欧式距离值来分别计算该中心像素的膨胀向量和腐蚀向量，这样，当所读取的高分辨率遥感影像中的每个像素均被作为中心像素进行计算之后(也即执行了下述步骤S23之后)，就能够得到由膨胀向量组成的膨胀图像 f_{dilate} 以及由腐蚀向量组成的腐蚀图像 f_{erode} 。最后，计算该滑动窗口B中的中心像素的膨胀向量与腐蚀向量之间的多波段欧式距离以得到多波段形态学梯度，这样，当所读取的高分辨率遥感影像中的每个像素均被作为中心像素进行计算之后(也即执行了下述步骤S23之后)，就能够得到由多波段形态学梯度构成的多波段形态学梯度图像G(f)。

[0027] 步骤S23、以预定步长移动所述滑动窗口B，并返回步骤S22。例如，可以按照自左向右、自上向下的方向或者其他方向、以例如一个像素大小为步长来不断移动滑动窗口B。上述一个像素大小的步长仅是示例，实际上，该步长大小可以根据实际情况进行调整。

[0028] 步骤S3、对所述多波段形态学梯度图像进行形态学重建，以得到形态学重建后的梯度图像。

[0029] 在得到多波段形态学梯度图像之后，由于噪声以及遥感影像中物体表面细微灰度变化的影响，会产生部分“伪极值点”(通常情况下，如果不对这些伪极值点进行处理的话，伪极值点的数量会很多)，因此，若直接进行后续步骤S4中的分水岭变换将会导致严重的过分割现象。有鉴于此，在步骤S3中进行形态学重建以便对多波段形态学梯度图像进行滤波是非常有意义的。

[0030] 因此，优选地，在步骤S3中，对所述多波段形态学梯度图像进行形态学重建可以包括：对所述多波段形态学梯度图像进行形态学膨胀 $G(f) \oplus B_s$ ，以消除部分局部极小值点；逐像素地将形态学膨胀后的梯度图像的梯度值增加预设浸没步长h的大小，即 $G(f) \oplus B_s + h$ ；以及进行测地腐蚀重建 $\varphi_{G(f)}^{rec}(G(f) \oplus B_s + h)$ (请参阅L.Vincent, Morphological grayscale reconstruction in image analysis,《IEEE Transactions on Image Processing》,1993,2(2):176–201)，以得到形态学重建后的梯度图像。测地腐蚀

重建能够进一步消除局部极小值点。另外,这里所谓的预设浸没步长 h ,其实就是梯度下降的速度,它反映了遥感影像的对比度变化。通过控制预设浸没步长 h 的大小,可以再次过滤梯度差小于预设浸没步长 h 的极小值点,这样,不仅再次减少了局部极小值点以进而减轻过分割现象,同时还引入了量化标准,使得能够很好地控制后续步骤S4中分水岭分割时所生成的区域(也即超像素或“积水盆”的数目,因此,这在某种意义上也加快了后续分水岭分割的速度和效果(因为局部极小值点的数目减少了,则需要合并的区域的数目也就减小了)。

[0031] 步骤S4、对形态学重建后的梯度图像进行分水岭分割以得到分水岭分割后的图像。

[0032] 在该步骤中可以采用浸没分水岭分割法来进行分水岭分割,该浸没分水岭分割法采用的是经典的Vincent浸没模型,本发明并未对该模型做出太大的改动,该浸没分水岭分割的速度与步骤S3中的预设浸没步长 h 呈正相关。

[0033] 分水岭的概念和形成可以通过模拟浸入过程来说明:在每一个局部极小值表面,刺穿一个小孔,然后把整个模型慢慢浸入水中,随着浸入的加深,每一个局部极小值的影响域慢慢向外扩展,在两个积水盆汇合处构筑大坝,形成分水岭,请见图2的浸没法分水岭示意图所示。浸没分水岭分割法通过迭代标注来实现,其主要包含排序和淹没两个步骤:首先,将梯度图像中的像素按照值的大小进行排序,然后从低到高进行淹没。其中,对每一个局部极小值采用先进先出结构进行判断及标注。

[0034] 步骤S5、对分水岭分割后的图像进行区域合并。

[0035] 在在步骤S4中执行了浸没分水岭分割之后,需要进行区域合并。这是因为,尽管在浸没分水岭分割之前已经通过形态学重建消除了部分局部极小值点并进而减轻了过分割现象,但是在浸没分水岭分割结束后,仍然会出现一定程度的过分割,这是由浸没分水岭分割算法本身的局限性所导致的。由于经过浸没分水岭分割的初始分割之后,各图像子集(也即积水盆)的内部灰度具有一定的均匀性质,同时相邻图像子集之间有一定的相似性和连通性,所以可以按照一定的准则对各图像子集进行区域合并以进一步减少过分割,并得到具有一定语义信息的分割结果。

[0036] 因此,优选地,该步骤S5可以包括:步骤S51、构建区域邻接图,例如,通过对浸没分水岭分割得到的小区域(也即超像素)进行八邻域搜索(八邻域搜索仅是示例,实际上,四邻域搜索、16邻域搜索等也是可行的)来构建区域邻接图,图3中示出了一种示例性的区域邻接图,其中图3a为浸没分水岭分割结果示意图,图3b为针对图3a建立的区域邻接图;步骤S52、计算相邻两个区域之间的区域间异质度;步骤S53、将所计算的区域间异质度与预设异质度阈值 θ 进行比较;以及步骤S54、将所计算区域间异质度小于所述预设异质度阈值 θ 的两个相邻区域进行合并,并强制合并几何尺寸小于预设几何尺寸阈值的相邻区域。

[0037] 在本发明中,通过综合考虑区域合并的效果与速度,最终选择将简单的区域光谱平均值作为区域相似性度量。其原因在于,随着区域的合并,区域面积不断增大,区域光谱平均值越来越能体现区域的特性;而增加其它的一些常用光谱特性、纹理特征等对区域合并效果的改善并不明显,所以考虑到区域合并的速度因素,采用了区域光谱平均值作为区域相似性度量。这样,就选择区域间光谱均值异质度作为所述区域间异质度,选择预设区域间光谱均值异质度阈值作为所述预设异质度阈值 θ 。其中,区域间光谱均值异质度可以通过

以下公式来计算：

$$[0038] \quad d = ||p_i - p_j||$$

[0039] 其中, p_i 、 p_j 分别为区域 i 、 j 的区域光谱平均值向量, 求取 p_i 、 p_j 的差的二范数即可得到区域间光谱均值异质度 d 。

[0040] 另外, 考虑到各地物类别内部的光谱变化不同, 若对整个遥感影像采用统一的预设异质度阈值, 则很难使所有地物类别同时得到最优的分割结果。因此, 在本发明中, 在步骤 S5 中, 在步骤 S54 之后, 步骤 S5 还可以包括: 步骤 S55、将所述预设异质度阈值 θ 增加预设异质度步长, 并返回步骤 S51。这样, 在步骤 S5 中就相当于采用了迭代增长式的区域合并过程, 也即首先采用一个较小的预设异质度阈值 θ 进行区域合并, 每次迭代将预设异质度阈值 θ 增加一定的步长, 这样随着迭代次数的增加, 预设异质度阈值 θ 不断增长, 使得区域合并的地物类别间差异也越来越大, 因此起到了较好的控制作用。本发明未采用基于区域相似度排序的传统方法, 也即每次合并最相似的区域, 最终以能量熵最大来判定区域合并是否结束。这是因为, 现在不存在很好的区域合并结束判别方法, 而每次区域合并都进行区域相似度排序则降低了区域合并的速度, 因此, 在实用层面上, 本发明的区域合并方法具有相当的速度优势。

[0041] 至此, 根据本发明的高分辨率遥感影像快速分割方法就完成了遥感影像的快速分割。

[0042] 但是, 若所读取的高分辨率遥感影像的数据大小大于运行根据本发明的快速分割方法的机器的实际物理内存, 则也将无法完成高分辨率遥感影像的快速分割。因此, 在根据本发明的又一优选实施方式中, 在前述的步骤 S1 与步骤 S2 之间, 根据本发明的快速分割方法还可以包括以下步骤:

[0043] 步骤 S1-1、将所读取的高分辨率遥感影像的数据大小与预设内存值进行比较, 若所读取的高分辨率遥感影像的数据大小小于所述预设内存值, 则转到步骤 S2, 若大于, 则转到步骤 S1-2;

[0044] 步骤 S1-2、依据所读取的高分辨率遥感影像的数据大小和所述预设内存值对所读取的高分辨率遥感影像进行分块分割, 且分块分割后的每块高分辨率遥感影像均包括缓冲区, 所述缓冲区使得所分块分割的相邻两块高分辨率遥感影像具有重合部分;

[0045] 而且, 在前述的步骤 S5 之后, 根据本发明的快速分割方法还包括:

[0046] 步骤 S6、对所述缓冲区进行合并以及调整合并后的缓冲区的标注, 以消除分割线。其中, 分割线是由步骤 S1-2 中的分块分割处理导致的。

[0047] 在上述步骤 S1-1 中, 预设内存值的设定方式可由使用者自行决定, 一般与运行根据本发明的高分辨率遥感影像快速分割方法的机器的实际物理内存相关。而且, 在步骤 S1-1 中, 还可以基于所读取的高分辨率遥感影像的长、宽、波段数等数据来估算对该遥感影像进行快速分割所需的内存数值, 若所估算的运行所需的内存数值大于预设内存值, 则转至步骤 S1-2。

[0048] 以下详细描述如何在步骤 S1-2 中进行分块分割。图 4a-4c 示出了采用均分方法进行的分块分割方法, 图 4d-4g 示出了本发明中所采用的分块分割方法。

[0049] 若采用图 4a-4c 中的均分方法进行分块分割, 在图 4a-4c 中示出了将一个原始数据块均分成两个数据分块, 则这两个数据分块彼此间并没有考虑对方数据的影响, 由于不同

的图像数据块具有不同的局部特征,因此在对这两个数据分块分别进行步骤S2-S4的处理之后,在在步骤S5中将分割结果进行合并之后,这两个数据分块的分割区域不能完好对应,导致数据分块之间有一条明显的分界线,因而不符合实际情况。

[0050] 针对图4a-4c的缺陷,本发明在在步骤S1-2中进行分块分割时,采用了一种增加缓冲区的数据分块方法。如图4d-4g所示,每个数据分块的行数都比均分原始数据块的情况多一些,这样在在步骤S4中采用浸没分水岭分割方法处理每一块数据分块时,在接近数据分块的边界处都会对边界起到缓冲的作用(其实就是增加冗余信息,把缓冲区分割了两次)。

[0051] 以下对步骤S6中的“对所述缓冲区进行合并以及调整合并后的缓冲区的标注,以消除分割线”进行详细描述。

[0052] 首先结合图5来描述可能的缓冲区情况。因为在步骤S1-2中分块分割时采用的数据不同,所以缓冲区部分的分割结果会有一定的差异。然而无论是上数据分块T1、还是下数据分块T2,在这些数据分块的缓冲区中,都有且仅有4种可能的分割区域:A类区域邻接数据分块的上边界、B类区域邻接数据分块的下边界、C类区域不邻接数据分块的边界、D类区域与数据分块的上下边界均邻接。其中D类区域是由于缓冲区设置过小导致的,一般当缓冲区的大小设置合适时不会产生D类区域。由于缓冲区数据的局限性,T2中的A类区域、T1中的B类区域、T1和T2中的D类区域无法获得足够的邻接信息,而其他区域则不受影响(如T2中的B类区域、T1中的A类区域,所有的C类区域)。所以,为保证分割结果的准确性,并消除分割线,对上数据分块T1的缓冲区中的A类区域、D类区域设置掩膜并记录对应像素的标注(即分割标注),对下数据分块T2的缓冲区中的B类区域、D类区域设置掩膜并记录对应像素的标注,剩下的C类区域因为不与边界相交所以具备足够的邻接信息,在T1、T2中的分割结果基本一致(这里选取了T2中的C类区域)。所以,最终缓冲区内的分割结果由掩膜内的A类区域、B类区域、D类区域以及掩膜外的C类区域组成。应当注意的是,由于上数据分块T1、下数据分块T2中的区域分割结果不一致,所以在设置掩膜后可能会出现相交部分,如图6所示;同时,T2中的C类区域也可能会与T1中的A类区域或D类区域相交。当合并缓冲区后会出现一些不连通的小区域,如图6中的区域h和g,这时还需要对这些小区域进行强制合并(即合并到最近的区域中并修改标注),这样就能够得到最终的分割结果。

[0053] 分块分割的意义在于:一、解决了具有海量数据的遥感影像无法完全读入内存的困境;二、当条件允许时可以对每块数据的分割过程采取并行策略,因为每块数据不相关,所以并行策略比较容易实现,这样起到了加速分割的作用。

[0054] 图7a-7g示出了采用现有的Graph-Based方法、Turbo pixels(TP)方法、Meanshift(EDISON)方法、传统分水岭方法、SLIC方法、SEEDS方法以及根据本发明的快速分割方法得到的分割结果对比示意图。可见,Turbo pixels和SLIC方法都能产生规则和紧凑的超像素;而Meanshift方法、Graph-based方法、传统分水岭方法能够保持良好的边缘信息;在当前测试样例上,SEEDS方法的表现最差。同时,对比Turbo pixels(TP)和SLIC方法,TP方法对边界的保持很差,而SLIC方法从边界保持和超像素形状等方面均要超出TP方法。总体来看,Meanshift方法与Graph-Based方法以及传统分水岭方法的过分割程度相对较低,这是因为三者都进行了区域合并,即根据一定的区域相似性准则合并相邻区域,这样虽然大大增加了计算时间和存储空间,但是在减少过分割方面效果显著。另外,还可以看出,与现有的分割方法相比,根据本发明的快速分割方法的过分割现象已经大大改善,不同地物大都相互

分离开来。而且,根据本发明的快速分割方法在效果上优于现有的分割方法,同时,在分割边缘上也优于SLIC方法,但速度上要低于SLIC方法。

[0055] 以上结合附图详细描述了本发明的优选实施方式,但是,本发明并不限于上述实施方式中的具体细节,在本发明的技术构思范围内,可以对本发明的技术方案进行多种简单变型,这些简单变型均属于本发明的保护范围。

[0056] 另外需要说明的是,在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征,在不矛盾的情况下,可以通过任何合适的方式进行组合。为了避免不必要的重复,本发明对各种可能的组合方式不再另行说明。

[0057] 此外,本发明的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合,只要其不违背本发明的思想,其同样应当视为本发明所公开的内容。

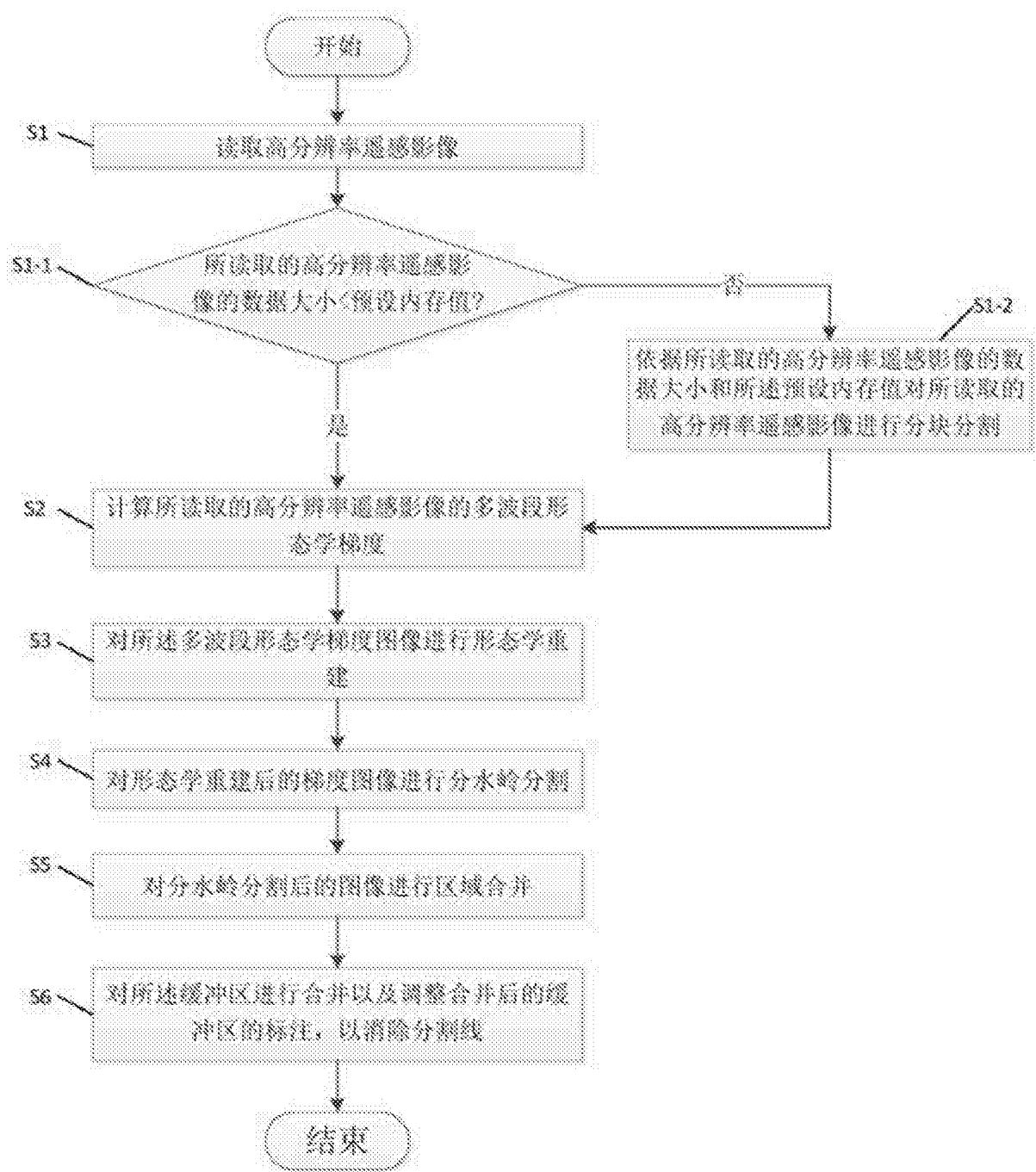


图1

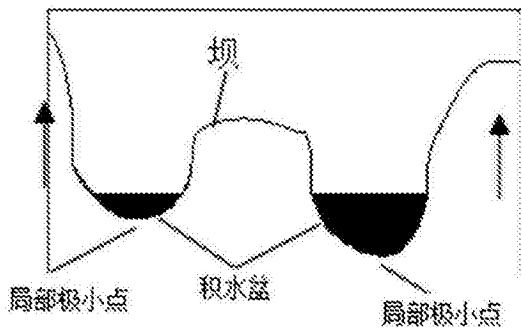


图2

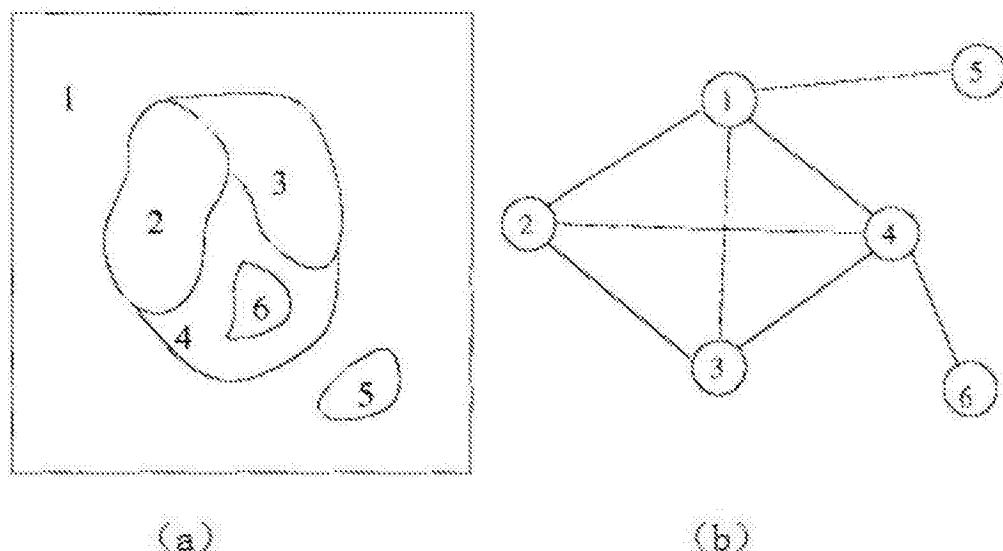


图3

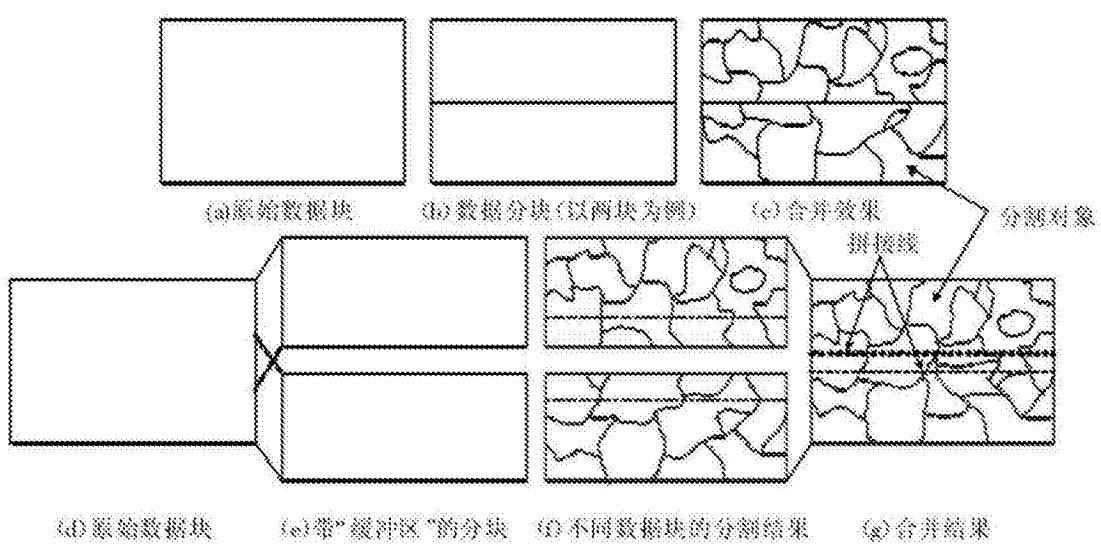


图4

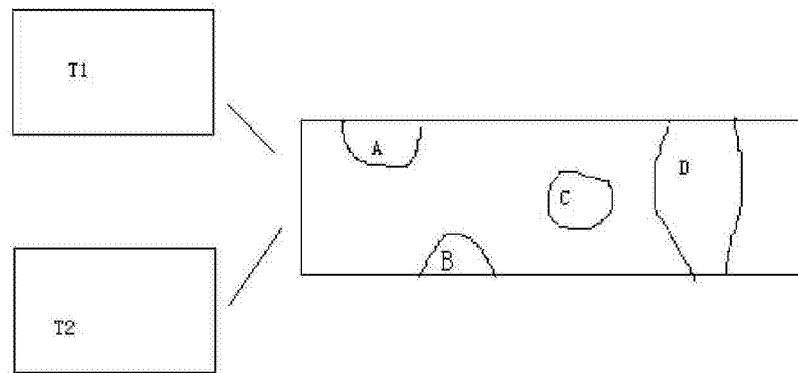


图5

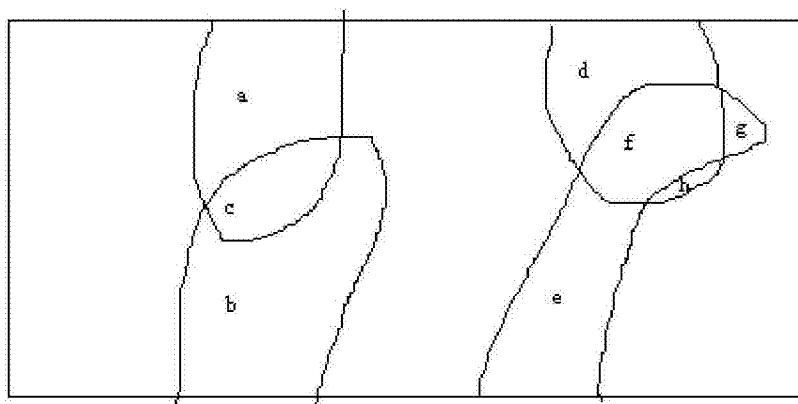


图6

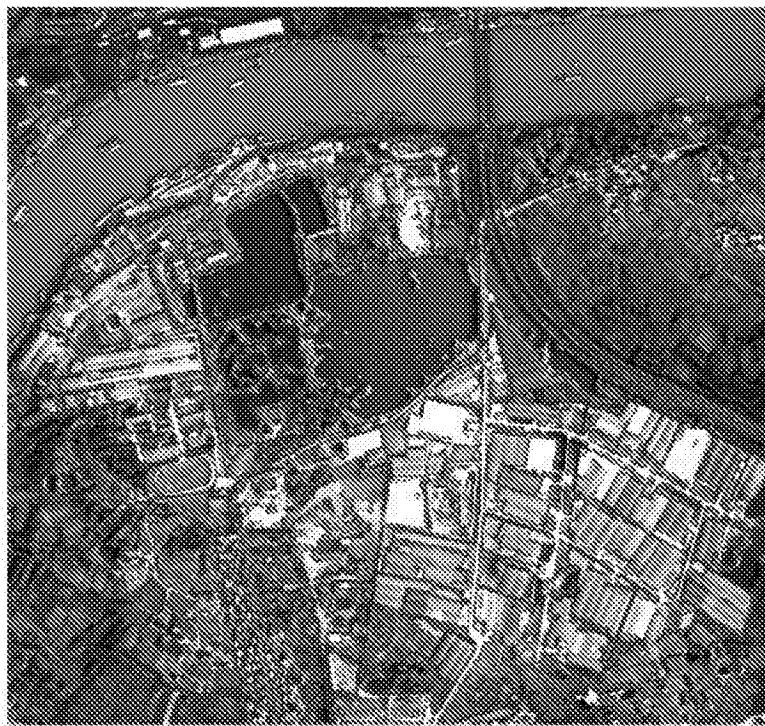


图7a

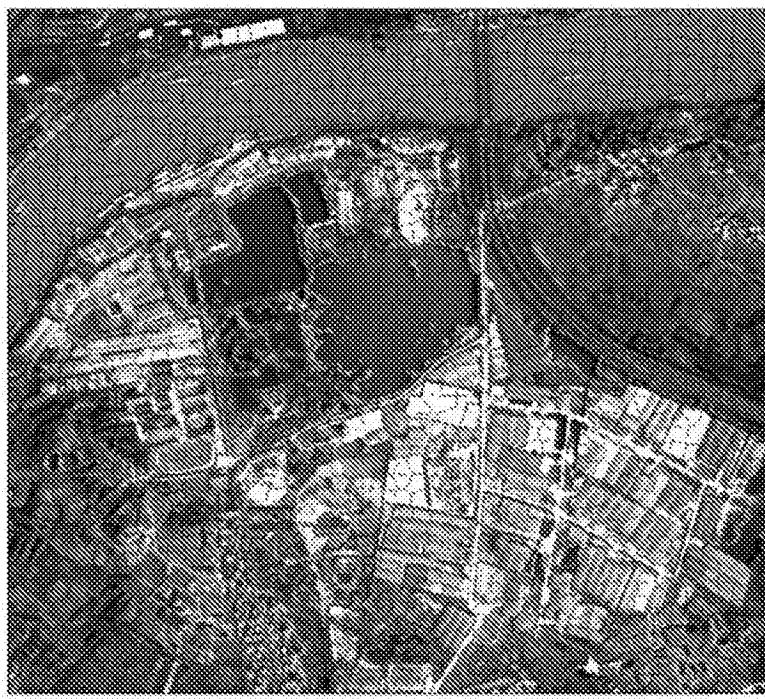


图7b



图7c



图7d

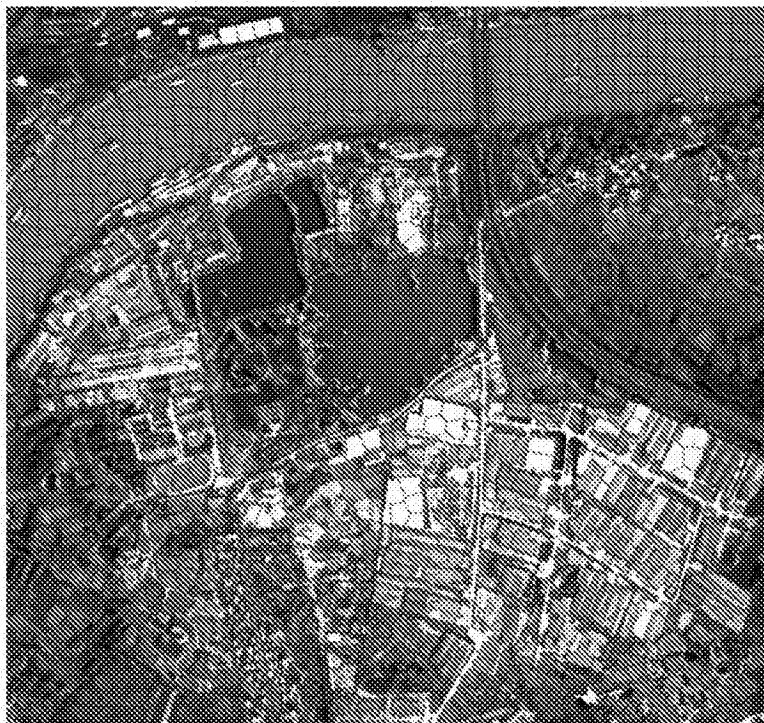


图7e



图7f



图7g