



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103942769 B

(45)授权公告日 2016. 11. 02

(21)申请号 201310667191.2

G06T 5/00(2006.01)

(22)申请日 2013.12.10

G06T 7/40(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103942769 A

(56)对比文件

US 2004264796 A1,2004.12.30,

CN 101839979 A,2010.09.22,

(43)申请公布日 2014.07.23

Ying Zhang 等.A Pan-sharpening method

(73)专利权人 珠江水利委员会珠江水利科学研
究院

appropriate to vegetation applications.

地址 510611 广东省广州市天河区天寿路

《CHINESE OPTICS LETTERS》.2009,第7卷(第9

80号珠江水利大厦611

期),第781-783页.

(72)发明人 余顺超 卢敬德 刘超群 余文波

张玉珠 等.基于多光谱融合图像的背景分

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

割.《农机化研究》.2008,(第10期),第122-124

代理人 裘晖

页.

王力凡 等.基于CBERS-02B卫星影像光谱信

(51)Int.Cl.

G06T 5/50(2006.01)

息的水稻种植面积提取方法.《南京农业大学学

报》.2013,第36卷(第1期),第87-91页.

审查员 张露

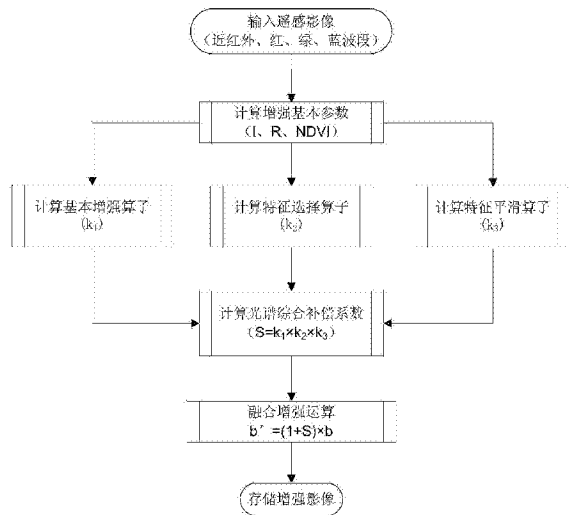
权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种卫星遥感影像融合方法

(57)摘要

本发明公开了一种卫星遥感影像融合方法,方法是:对于一幅具有近红外波段、红光波段、绿光波段、蓝光波段的多光谱遥感影像,分别计算自然色波段组合强度I、近红外波段强度与自然色波段组合强度I的比值R、归一化植被指数NDVI,然后根据比值R建立一个基本增强算子 k_1 ,根据NDVI建立特征选择算子 k_2 和特征平滑算子 k_3 , k_1 、 k_2 和 k_3 的乘积构成光谱综合补偿系数S,然后将影像中各波段值均乘以 $(1+S)$,则得到的结果即为各波段融合后的结果。本发明以近红外波段为增强处理的数据源,设计了物理意义明确的增强算子,对遥感影像进行有选择的特征融合增强,方法简单,运算快捷,适用于所有具有近红外、红、绿、蓝光谱数据的多波段卫星影像。



1. 一种卫星遥感影像融合方法,其特征在于,对于一幅具有近红外波段、红光波段、绿光波段、蓝光波段的多光谱遥感影像,分别计算自然色波段组合强度I、近红外波段强度与自然色波段组合强度I的比值R、归一化植被指数NDVI,然后根据比值R建立一个基本增强算子 k_1 ,根据NDVI建立一个特征选择算子 k_2 和一个特征平滑算子 k_3 , k_1 、 k_2 和 k_3 的乘积构成光谱综合补偿系数S,然后将影像中各波段值均乘以 $(1+S)$,则得到的结果即为各波段融合后的结果;

基本增强算子 k_1 的计算方法为: $k_1=R-c_1$;其中 c_1 为R的一个特征值; $c_1=R_{\min}$,基于该特征值 c_1 , k_1 的值采用以下方法得到:

$$k_1=R-R_{\min};$$

其中,R为近红外波段强度与自然色波段组合强度I的比值, R_{\min} 是指图像所有像素点中R的最小值;

特征选择算子 k_2 的计算方法为: $k_2=\delta$;其中,当NDVI的值大于植被与非植被的分类阈值 c_2 时,则 δ 取值为1,否则 δ 取值为0;

特征平滑算子 k_3 等于NDVI的值。

2. 根据权利要求1所述的卫星遥感影像融合方法,其特征在于,所述自然色波段组合强度I的计算方法如下:

$$I = \frac{b_R + b_G + b_B}{3};$$

其中, b_R 、 b_G 、 b_B 分别为输入影像的红、绿、蓝波段强度。

3. 根据权利要求2所述的卫星遥感影像融合方法,其特征在于,所述近红外波段强度与自然色波段组合强度I的比值R的计算方法如下:

$$R = \frac{b_{NIR}}{I};$$

其中, b_{NIR} 为输入影像的近红外波段强度。

4. 根据权利要求2所述的卫星遥感影像融合方法,其特征在于,所述归一化植被指数NDVI的计算方法如下:

$$NDVI = \frac{b_{NIR} - b_R}{b_{NIR} + b_R};$$

其中, b_{NIR} 、 b_R 分别为输入影像的近红外波段强度和红波段强度。

5. 根据权利要求1所述的卫星遥感影像融合方法,其特征在于,所述建立特征选择算子 k_2 时所选择的植被与非植被的分类阈值 $c_2 \in [0, NDVI_{\max}] \subseteq [0, 1]$, $NDVI_{\max}$ 是指图像所有像素点中NDVI的最大值, c_2 根据NDVI的直方图特征与影像植被特征对照分析确定。

6. 根据权利要求5所述的卫星遥感影像融合方法,其特征在于,所述植被与非植被的分类阈值 c_2 取值为0。

一种卫星遥感影像融合方法

技术领域

[0001] 本发明涉及卫星遥感图像处理研究领域,特别涉及一种卫星遥感影像融合方法。

背景技术

[0002] 广义的遥感影像增强包括图像的辐射纠正、波段组合、波段运算、滤波、去噪、色彩变换、直方图调节等图像处理技术。狭义的图像增强特指对经过辐射纠正、波段组合的图像进行直方图调节的过程。传统的影像增强方法有分段线性拉伸、调节亮度/对比度调节、色彩平衡、色阶和曲线调节等。在影像增强处理过程中应遵循一定的原则,主要包括以下几点:(1)差异性原则:图像增强处理以突出不同地物间的差异为基本原则。(2)清晰性原则:根据影像的分辨率,制作的相应比例尺的遥感图不发虚。(3)适中性原则:在改善高亮地物和黯淡地物反差的基础上,尽可能多的保留原有色彩、纹理、对比度,尤其是高亮地物的细节和黯淡地物的层次差异,在色彩、亮度、对比度之间寻求整体平衡。

[0003] 遥感影像融合是传统影像增强技术的最新发展,是遥感图像处理技术的一个专门技术领域,目前已经发展了一系列方法。从融合原理来看大致可以分成以下三个基本类别:

[0004] 1. 基于信号分析原理的融合方法:将高通滤波、主成份分析(PCA)、傅立叶变换(FFT)、小波(Wavelet)变换、Gram-Schmidt变换、Curvelet变换等信号处理技术应用到数据融合中来,形成相应的融合技术和方法。

[0005] 2. 基于色彩空间理论的融合方法:将主要的色彩模型RGB、CMYK、Lab、IHS(HSB)、HSV等应用于图像融合,目前在遥感界常用的方法是IHS(HSB)变换融合。

[0006] 3. 基于数理统计分析、四则运算的融合方法:基于数理统计分析的融合方法主要有回归分析融合。基于四则运算的方法,主要包括比值法、差值法、加权叠加、倍数放大和四则混合运算办法。这类方法中,经典的方法是Brovey融合方法和CN融合方法。

[0007] 从融合技术应用研究的数据对象而言,大致包括以下几种类型:高分辨率全色图像和多光谱图像融合、光学图像和SAR图像融合、高光谱或多光谱图像融合、多时相图像融合。

[0008] 对于多光谱数据而言,传统增强方法侧重于影像增强的外在效果,多采用人机交互方式实现,其成果一般不适于光谱定量分析应用。融合增强方法一般具有明确的算法,适于计算机自动处理,增强成果也有利于后续的光谱定量分析应用。

[0009] 自然色(真彩色)影像数据具有波段间相关性强、蓝色波段受水汽干扰影响光谱响应偏强、植被光谱响应相对较弱等固有缺陷,造成自然色(真彩色)组合图像表现出层次感不强、亮度和清晰度不高,其一些主要地物自然色不自然、真彩色不真实等外在缺点,很长一段时间它几乎成为被忽略的应用模式。

[0010] 随着卫星遥感技术的发展,高分辨率卫星影像数据日益丰富。影像分辨率的提高在一定程度上弥补了自然色(真彩色)影像的上述缺点,同时高分辨率影像波段较少,彩色合成影像的波段组合方式有限,自然色(真彩色)影像逐渐成为高分辨率彩色合成影像应用的主流模式。

[0011] 尽管如此,自然色(真彩色)影像的固有缺陷、外在缺点依然如故,严重影响了其应用效果。直接采用传统直方图调节等一般增强技术可以在一定程度上克服其外在缺点,但难度大,效率低,且与操作人员的经验和认知有很大关系;而要用来克服其固有缺陷则几乎不可能。因此,如何获取色彩协调、层次分明、细节丰富的自然色(真彩色)影像增强结果成为后续图像处理的一个关键步骤。

发明内容

[0012] 本发明的主要目的在于克服现有技术的缺点与不足,提供一种卫星遥感影像融合方法,该方法改变了卫星遥感领域影像各波段之间的相关性,有效提高了该组合的信息丰富程度,且改善了影像的数据结构,降低了其后处理的难度,增强后的影像可同时满足目视分析和光谱定量分析应用,具有极高的推广价值。

[0013] 本发明的目的通过以下的技术方案实现:一种卫星遥感影像融合方法,该方法是:对于一幅具有近红外波段(NIR波段)、红光波段(R波段)、绿光波段(G波段)、蓝光波段(B波段)的多光谱遥感影像,分别计算自然色波段组合强度I、近红外波段强度与自然色波段组合强度I的比值R、归一化植被指数NDVI,然后根据比值R建立一个基本增强算子 k_1 ,根据NDVI建立一个特征选择算子 k_2 和一个特征平滑算子 k_3 , k_1 、 k_2 和 k_3 的乘积构成光谱综合补偿系数S,然后将影像中各波段值均乘以 $(1+S)$,则得到的结果即为各波段融合后的结果;

[0014] 基本增强算子 k_1 的计算方法为: $k_1=R-c_1$;其中 c_1 为R的一个特征值;

[0015] 特征选择算子 k_2 的计算方法为: $k_2=\delta$;其中,当NDVI的值大于植被与非植被的分类阈值 c_2 时,则 δ 取值为1,否则 δ 取值为0;

[0016] 特征平滑算子 k_3 等于NDVI的值。

[0017] 本发明针对自然色(真彩色)组合影像各波段之间的相关性,信息冗余多等结构缺陷,引入外部增强源近红外波段作为增强处理的数据源,对自然色(真彩色)组合影像融合增强;针对传统增强技术不利于后续定量分析应用,而直接应用现有融合方法又容易造成水域等特征地物自然色不自然、真彩色不真实等的缺点,借鉴IHS等图像融合方法的表达形式,设计了一个基本增强算子 k_1 。针对自然色(真彩色)影像,影像层次感不强、清晰度不高、植被等特征地物自然色不自然、真彩色不真实等外在缺陷,参照传统增强技术中的分段线性拉伸的核心思想,设计了一个用于图像特征选择的增强算子 k_2 。同时,为了消除特征选择造成的图像噪声增加,设计了一个用于图像色彩平滑的增强算子 k_3 。通过计算光谱综合补偿系数,获得光谱融合成果。

[0018] 具体的,所述自然色波段组合强度I的计算方法如下:

$$[0019] \quad I = \frac{b_R + b_G + b_B}{3};$$

[0020] 其中, b_R 、 b_G 、 b_B 分别为输入影像的红、绿、蓝波段强度。

[0021] 具体的,所述近红外波段强度与自然色波段组合强度I的比值R的计算方法如下:

$$[0022] \quad R = \frac{b_{NIR}}{I};$$

[0023] 其中, b_{NIR} 为输入影像的近红外波段强度。

[0024] 具体的,所述归一化植被指数NDVI的计算方法如下:

$$[0025] \quad NDVI = \frac{b_{NIR} - b_R}{b_{NIR} + b_R};$$

[0026] 其中, b_{NIR} 、 b_R 分别为输入影像的近红外波段强度和红波段强度。

[0027] 优选的,所述建立基本增强算子 k_1 时所选择的 $c_1=R_{min}$,基于该特征值, k_1 的值采用以下方法得到:

$$[0028] \quad k_1=R-R_{min};$$

[0029] 其中, R 为近红外波段强度与自然色波段组合强度 I 的比值, R_{min} 是指图像所有像素点中 R 的最小值。

[0030] 优选的,所述建立特征选择算子 k_2 时所选择的植被与非植被的分类阈值 $c_2 \in [0, NDVI_{max}) \subseteq [0, 1]$, $NDVI_{max}$ 是指图像所有像素点中NDVI的最大值, c_2 根据NDVI的直方图特征与影像植被特征对照分析确定。

[0031] 更进一步的,所述植被与非植被的分类阈值 c_2 取值为0。

[0032] 本发明引入特征平滑算子 k_3 ,主要是保证增强后的影像相邻地物色间的色彩过渡自然平滑。试验表明,直接采用克罗内克 δ 函数会造成影像的噪声增加,原有影像从植被到裸露岩石、土壤、人工建筑物再到水体的色彩自然过渡特征遭到破坏,尤其在从陆地到水体的过渡带,从密植被到稀疏植被的过渡带会形成明显的噪声(斑点),打破了原有真彩色影像地物之间的平衡过渡。而采用上述平滑算子可以有效克服上述缺点。

[0033] 本发明与现有技术相比,具有如下优点和有益效果:

[0034] 1、对于具有近红外、红、绿、蓝波段的可见光卫星遥感影像,由于其缺少“热度”信息,较之TM、ETM一类的数据的“热度、亮度、绿度、湿度”四维结构少一维,只有“亮度、绿度、湿度”的三维结构,其自然色(真彩色)组合的3个可见光波段(红波段、绿波段、蓝波段)之间相关性很高,其信息冗余度很高,而近红外波段与它们的相关性都很低,其信息有很大的独立性。这种数据在其三波段组合彩色影像中,自然色(真彩色)组合的信息最不丰富。本发明的融合对象为多光谱数据,融合层次为特征级融合,融合方法为基于色彩空间理论的融合方法与基于统计分析的四则运算融合方法的综合,同时借鉴了常规增强处理中的分段线性增强的思想。本发明方法以近红外波段为增强处理的数据源,设计了物理意义明确的基本增强算子、特征选择算子和特征平滑算子,对自然色(真彩色)影像进行有选择的特征融合增强,方法简单,运算快捷,适用于所有具有近红外、红、绿、蓝光谱数据的多波段卫星影像,也适用于通过各种几何增强融合方法(如主成份分析(PCA)、傅立叶变换(FFT)、小波(Wavelet)变换、Gram-Schmidt变换、Curvelet变换)得到的近红外、红、绿、蓝多波段卫星影像。

[0035] 2、自然色(真彩色)影像由于其蓝波段很容易受到大气中水汽的干扰,使其获得的地物光谱不稳定,根据相关研究,蓝色波段的亮度值较实际地物实测光谱值偏大,使得影像蒙上一层蓝色,使得整体影像偏蓝。同时影像植被总体暗淡,而有些地物如建筑物和裸露岩石等镜面反射强烈,亮度很高,暗淡地物与高亮地物两者形成强烈反差,影像色彩与地物实际色彩一致性较差,一些特征地物自然色不自然,真彩色不真实。本发明方法所得到的增强成果为光谱融合成果,增强效果显著,有效改善了自然色(真彩色)影像数据结构,提高了自

然色(真彩色)影像的清晰度、层次感、色彩平衡性、信息丰富度。

[0036] 3、真彩色影像的波段特征和地物结构特征,决定了直接用传统的增强技术如直方图调节等进行处理很容易顾此失彼。在整体特征差异增强时,某些局部特征差异可能因增强而消失了。增强了暗淡地物,则损失了高亮地物的细节;保留了暗淡地物的细节,又会造成暗淡地物的混沌不清。在整体特征差异增强的同时能否保持局部细节特征,传统理论和一些成熟的应用软件提供了分段线性拉伸思路和手段,但处理难度大。因而一般的真彩色影像处理,主要还是以保留暗淡地物为主,实际上是不作过多的影像增强,增强效果有限。本发明方法通过光谱补偿运算,对自然色(真彩色)组合影像进行特征融合增强,且与融合增强前的影像相比,改善了其数据结构,降低了其后处理的难度,大大提高了其处理效率;对增强后的数据进行传统的直方图调节等处理很容易获得目视效果较好的自然色(真彩色)影像

[0037] 4、本发明方法所得融合结果既可以进一步通过常规图像处理获取优质自然色(真彩色)影像,为遥感影像目视解译提供优良的自然色(真彩色)影像底图,也可以为自然色(真彩色)影像的定量分析提供光谱融合数据,有利于进一步通过光谱分析定量获取多种专题信息。从应用角度而言,本发明拓展了卫星遥感自然色(真彩色)影像目视分析和定量分析等多目标应用空间,为专家和大众、目视分析用户和定量解析用户等不同的遥感影像用户,为计算机网络平台、手机平台、GPS平台、打印机输出平台等不同的遥感影像应用平台提供一种新选择,有助于推动遥感影像商业化、大众化应用及遥感技术的普及应用。特别是能够有效推动国产卫星数据的广泛应用。

附图说明

[0038] 图1是本发明方法的流程图。

[0039] 图2是本实施例1中输入的遥感影像示例图。

[0040] 图3是图2对应的自然色波段组合强度I的图像。

[0041] 图4是图2对应的比值R的图像。

[0042] 图5是图2对应的归一化植被指数NDVI图像。

[0043] 图6是图2对应的光谱综合补偿系数S的图像。

[0044] 图7是图2融合后的自然色影像。

具体实施方式

[0045] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述,但本发明的实施方式不限于此。

[0046] 实施例

[0047] 本实施例以一幅如图2所示的、具有近红外波段(NIR)、红光波段(R)、绿光波段(G)、蓝光波段(B)的遥感影像图对本发明中的融合方法进行描述。具体流程图如图1所示。

[0048] 1、输入遥感影像图

[0049] 打开一幅具有近红外波段(NIR)、红光波段(R)、绿光波段(G)、蓝光波段(B)的多光谱遥感影像,如图2所示,均为1%拉伸效果图。

[0050] 2、计算融合增强的各基本参数

[0051] 融合增强的各基本参数具体是指:自然色波段组合强度I、近红外波段强度与自然色波段组合强度I的比值R、归一化植被指数NDVI。各参数具体计算过程如下。

[0052] 对于自然色波段组合强度I,

$$[0053] \quad I = \frac{b_R + b_G + b_B}{3};$$

[0054] 其中, b_R 、 b_G 、 b_B 分别为输入影像的红、绿、蓝波段强度。计算结果见图3。

[0055] 对于近红外波段强度与自然色波段组合强度I的比值R:

$$[0056] \quad R = \frac{b_{NIR}}{I};$$

[0057] 其中, b_{NIR} 为输入影像的近红外波段强度。计算结果见图4。

[0058] 对于归一化植被指数NDVI:

$$[0059] \quad NDVI = \frac{b_{NIR} - b_R}{b_{NIR} + b_R};$$

[0060] 其中, b_{NIR} 、 b_R 分别为输入影像的近红外波段强度和红波段强度。计算结果见图5。

[0061] 3、计算光谱综合补偿系数

[0062] 光谱综合补偿系数S为基本增强算子 k_1 、特征选择算子 k_2 和特征平滑算子 k_3 的乘积,计算所得S图像见图6。

[0063] 对于基本增强算子 k_1 ,其计算过程如下:

$$[0064] \quad k_1 = R - c_1;$$

[0065] 其中, R 为近红外波段强度与自然色波段组合强度I的比值, c_1 为R的一个特征值, $c_1 \in [R_{\min}, R_{\max}] \subseteq [0, R_{\max}]$,一般取 $c_1 = R_{\min}$ 。

[0066] 对于用于特征选择的特征选择算子 k_2 ,其计算过程如下:

$$[0067] \quad k_2 = \delta;$$

[0068] 其中, δ 取值0或1,当NDVI的值大于植被与非植被的分类阈值 c_2 时, $c_2 \in [0, NDVI_{\max}] \subseteq [0, 1]$,则 δ 取值为1,否则 δ 取值为0。 c_2 根据NDVI的直方图特征与影像植被特征对照分析确定,一般取值为0。

[0069] 对于用于特征平滑的特征平滑 k_3 ,其计算过程如下:

$$[0070] \quad k_3 = NDVI。$$

[0071] 4、图像融合

[0072] 建立波段运算表达式 $(1+S)*b$ 计算自然色(真彩色)组合各波段的增强影像,其中 b 为自然色(真彩色)组合的各波段,运算结果为增强后的对应各波段。融合后的自然色影像见图7。

[0073] 5、存储融合增强成果

[0074] 将上面增强后的对应各波段图像分别封装存储。

[0075] 表1本实例融合前后影像各波段亮度、纹理特征的统计表

[0076]

		特征融合增强前	特征融合增强后
均值	band1 (红)	233	248
	band2 (绿)	372	398
	band3 (蓝)	269	269
中值	band1 (红)	190	221
	band2 (绿)	352	370
	band3 (蓝)	262	262
标准差	band1 (红)	88.56	88.51
	band2 (绿)	82.25	81.44
	band3 (蓝)	40.48	40.48
梯度 (9×9)	band1 (红)	-0.933	-1.326
	band2 (绿)	-1.425	-2.395
	band3 (蓝)	-0.061	-0.061

[0077] 表2本实例融合前后影像波段间相关系数和信息熵的统计表

[0078]

		特征融合增强前			特征融合增强后		
		band1 (红)	band2 (绿)	band3 (蓝)	band1 (红)	band2 (绿)	band3 (蓝)
相关系数	band1 (红)	1.00	0.96	0.92	1.00	0.94	0.83
	band2 (绿)	0.96	1.00	0.98	0.94	1.00	0.80
	band3 (蓝)	0.92	0.98	1.00	0.83	0.80	1.00
熵	band1 (红)	1.87			1.92		
	band2 (绿)	1.90			1.96		
	band3 (蓝)	1.73			1.73		
联合熵		5.51			5.61		

[0079] 表1为融合前后影像各波段亮度、纹理特征的统计表,从该表中的数据可得出:影像灰度中值、均值总体提高,说明影像总体亮度增强;标准差减小,说明本方法在提高植被总体亮度的同时有效改善了植被与其它地物亮度对比;梯度绝对值总体加大,说明影像的纹理、层次、细节更加清晰。这与融合前后的目视效果是一致的。

[0080] 表2为融合前后影像波段间相关系数和信息熵的统计表,从该表中的数据可得出:

相关系数总体降低,各波段的熵与合成影像的联合熵总体增加,说明融合改善了真彩色(自然色)影像的数据结构关系,且波段及合成影像的信息量更加丰富,有利于融合成果进一步定量处理和分析。

[0081] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

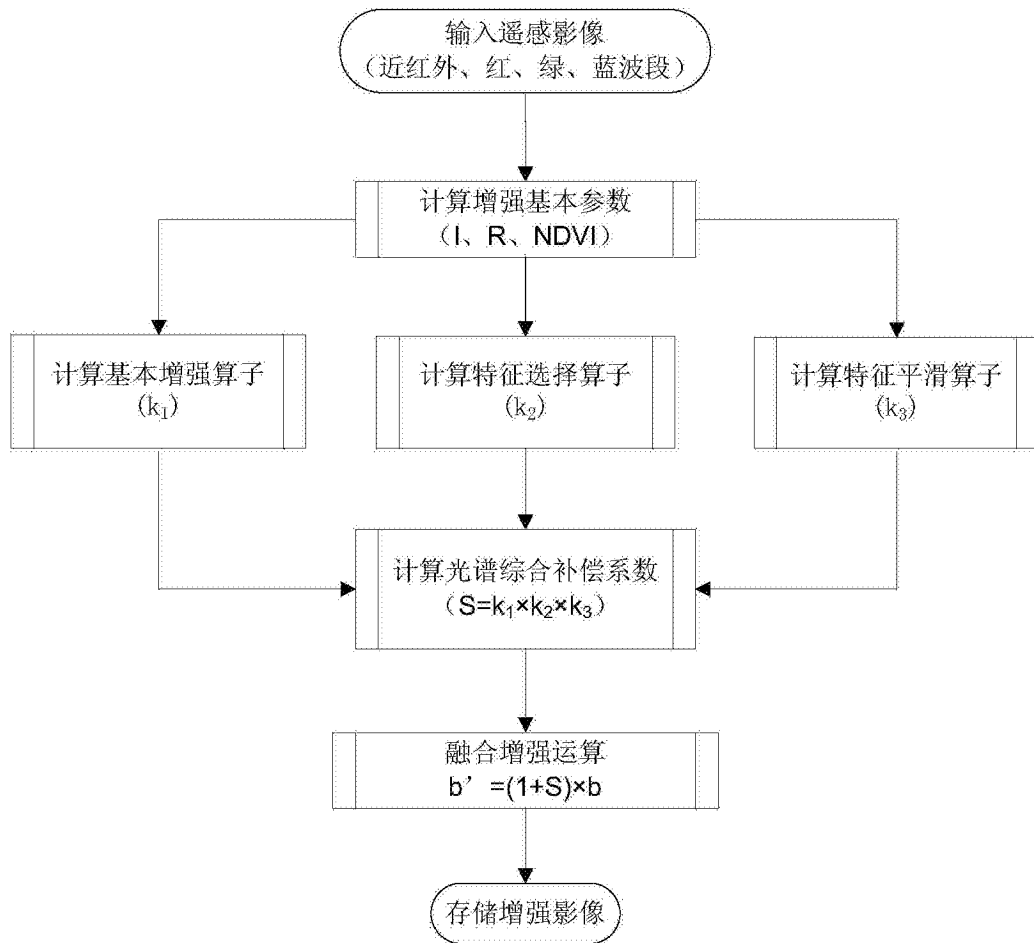


图1



图2



图3



图4

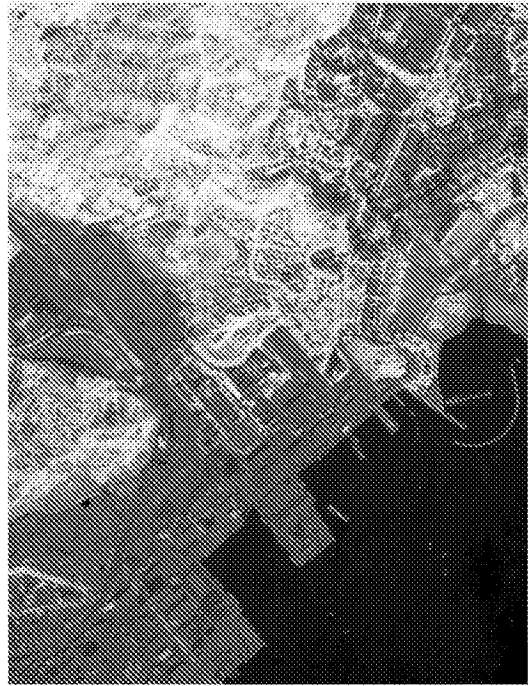


图5

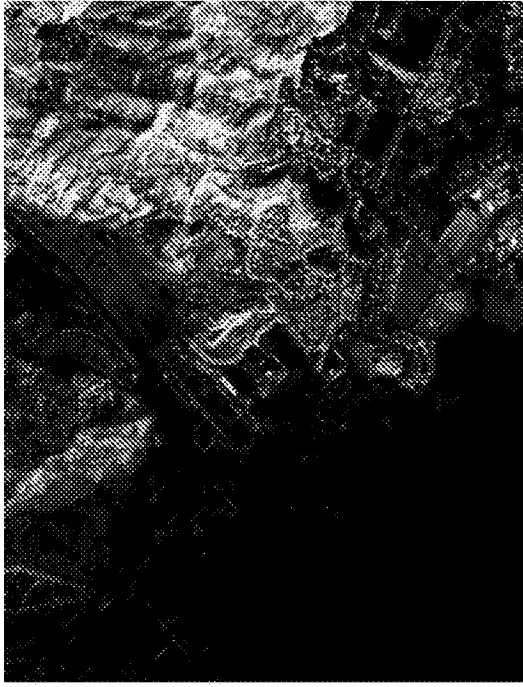


图6



图7