



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112686222 B

(45) 授权公告日 2021.06.29

(21) 申请号 202110268176.5

G06K 9/46 (2006.01)

(22) 申请日 2021.03.12

G06K 9/62 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G06T 7/11 (2017.01)

申请公布号 CN 112686222 A

G06T 7/187 (2017.01)

G06T 7/45 (2017.01)

(43) 申请公布日 2021.04.20

(56) 对比文件

(73) 专利权人 耕宇牧星(北京)空间科技有限公司

CN 111627030 A, 2020.09.04

CN 110414509 A, 2019.11.05

地址 100080 北京市海淀区地锦路9号院14号楼

CN 109117802 A, 2019.01.01

CN 106778495 A, 2017.05.31

(72) 发明人 王超伦

审查员 赵玲玉

(74) 专利代理机构 北京华创智道知识产权代理事务所(普通合伙) 11888

代理人 彭随丽

(51) Int. Cl.

G06K 9/00 (2006.01)

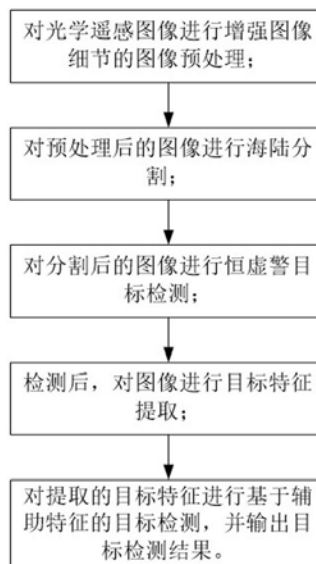
权利要求书4页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

星载可见光探测器对船舶目标检测的方法和系统

(57) 摘要

本发明涉及星载可见光探测器对船舶目标检测的方法、系统、电子设备及计算机可读存储介质,其中方法包括:对光学遥感图像进行增强图像细节的图像预处理;对预处理后的图像进行海陆分割;对分割后的图像进行恒虚警目标检测;检测后,对图像进行目标特征提取;对提取的目标特征进行基于灰度共生矩阵等辅助特征的目标检测,并输出目标检测结果。根据本发明的星载可见光探测器对船舶目标检测的方法,充分利用了光学遥感图像的相关图像特征,实现了对光学遥感图像中船舶目标的更精确的检测。



1. 星载可见光探测器对船舶目标检测的方法,其特征在于,包括:

对光学遥感图像进行增强图像细节的图像预处理;

对预处理后的图像进行海陆分割;

对分割后的图像进行恒虚警目标检测;

检测后,对图像进行目标特征提取;

对提取的目标特征进行基于辅助特征的目标检测,并输出目标检测结果;

所述对图像进行目标特征提取时,包括提取灰度共生矩阵、几何参数、灰度直方图和傅里叶形状描述子四个目标特征;

对于所述灰度共生矩阵,选取4个统计量作为船舶目标纹理特征描述,分别为:

角二阶矩 $f_1 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} P_d^2(i,j)$; 其中 $P_d^2(i,j)$ 是归一化的灰度共生矩阵, L 是图像的长宽;

方差 $f_2 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} (i-m)^2 P_d^2(i,j)$, 其中 m 为 $p_d(i,j)$ 的均值, $p_d(i,j)$ 为灰度共生矩阵;

协方差 $f_3 = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} ijp_d(i,j) - \mu_1\mu_2}{\sigma_1\sigma_2}$, 其中 $\mu_1 = \sum_{i=0}^{L-1} i \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j)$ 、
 $\mu_2 = \sum_{i=0}^{L-1} j \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j)$ 、 $\sigma_1 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu_1)^2 \sum_{j=0}^{L-1} P_d^2(i,j)$ 、

$$\sigma_2 = \sum_{j=0}^{L-1} (j - \mu_2)^2 \sum_{i=0}^{L-1} P_d^2(i,j);$$

$$\text{熵 } f_4 = - \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j) \log p_d(i,j);$$

然后局部二值模式对灰度图像中的局部邻域的纹理信息进行度量以及提取,计算公式为: $LBP_{P,R} = \sum_{i=0}^{P-1} s(g_i - g_c) 2^i$ 上式中, $s(g_i - g_c) = \begin{cases} 1, & g_i - g_c \geq 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$, g_c 是图像局部邻域

中心像素点的灰度值, $g_i (i=0, \dots, P-1)$ 则对应于 P 个等距离分布在以半径为 R 、中心像素点为圆心的圆周上的像素点的灰度值, 邻近区域的定义由 (P, R) 来表示;

经过LBP算子的计算,能够得到与原始图像大小相近的特征图,通过固定划分与直方图进一步计算LBP纹理特征,具体包括:

(1) 首先将候选区域划分为若干固定大小的区域;

(2) 对于每个区域用LBP算子进行计算得到LBP特征图;

(3) 计算LBP特征图中每个区域的直方图,即每个数字出现的频率,然后对该直方图进行归一化处理;

(4) 最后将得到的每个区域的统计直方图连接成为一个特征向量,得到候选区域的LBP纹理特征。

2. 根据权利要求1所述的星载可见光探测器对船舶目标检测的方法,其特征在于,所述

图像预处理为增强滤波处理,利用相邻元素的关系进行图像增强,并进行邻域操作,实现对图像的平滑或者锐化处理。

3. 根据权利要求1所述的星载可见光探测器对船舶目标检测的方法,其特征在于,所述对预处理后的图像进行海陆分割为:基于分割树模型的多尺度分割优化方案利用相同位置、不同尺度的分割区域之间的层次上下文,通过分析分割过程中区域扩展所导致的均质性变化特征,自动为图像中每一位置的地物确定最佳的分割尺度。

4. 根据权利要求3所述的星载可见光探测器对船舶目标检测的方法,其特征在于,所述对预处理后的图像进行海陆分割包括:(1)利用树模型中的节点表达每一尺度分割结果中的每一个区域;(2)利用树模型中的边连接相同位置、不同尺度的分割区域,方便计算、应用多尺度分割所包含的层次上下文信息。

5. 根据权利要求4所述的星载可见光探测器对船舶目标检测的方法,其特征在于,所述海陆分割为:首先在生成的边界一致多尺度分割结果中,选出全局最优的分割尺度,该尺度要求尽量减少过分割误差,允许存在适度的欠分割误差;进而将全局最优分割尺度中的欠分割部分分离出来,剩余的视为优质分割部分;最后,通过跨尺度局部优化的方式消除欠分割误差,并与优质分割部分重组得到最终的优化结果。

6. 根据权利要求5所述的星载可见光探测器对船舶目标检测的方法,其特征在于,采用局部相互最优合并LMM+尺度参数序列控制方法SWSP的区域合并方法生成边界一致的多尺度分割结果,利用分割树模型进行表达,面向图像中所有分割区域进行统计计算得到全局最优的分割尺度,采用的基础指标为衡量区域均质性的光谱标准差SD,计算每一分割尺度下所有区域的标准差之和,得到光谱标准差SD,表征该分割尺度的均质性水平;

定义标准差变化指标CR反映相邻分割尺度之间的均质性变化,如式所示:

$$CR = \frac{dSD}{dl} = \frac{SD(l) - SD(l - \Delta l)}{\Delta l};$$

当SD突然升高时,使得CR产生局部峰值,进而通过这些峰值可表征最优分割尺度;

进一步定义标准差的二阶变化来表征这些变化的峰值,如式所示:

$$LP = [CR(l) - CR(l - \Delta l)] + [CR(l) - CR(l + \Delta l)];$$

两式中l表示分割尺度, Δl 表示分割尺度的间隔;

根据最大的LP值获得全局最优分割尺度后,面向海域对象,将欠分割的海洋区域分离出来,若分割区域的光谱标准差高于设定的阈值TSD,其区域内同质性较低,将其视为欠分割对象,留待进一步优化;此外,计算该区域的水体指数NVWI,若NVWI低于设定阈值TN1,则该分割对象视为非海域对象,不予优化;若NVWI高于设定阈值TN2,尽管其区域内同质性较低,仍将该分割对象视为完整的海域对象,不予优化;

逐个优化欠分割对象,根据分割树模型,自上而下找到每个欠分割对象范围内下层的分割节点,逐层计算LP并将具有最大LP值的层所对应的分割区域替代原欠分割对象,以消除欠分割误差;循环进行该优化步骤,直至图像范围内所有欠分割对象均优化完毕,得到最终的优化结果。

7. 根据权利要求1所述的星载可见光探测器对船舶目标检测的方法,其特征在于,所述

对分割后的图像进行恒虚警目标检测,包括:(1)利用瑞利分布、K分布、高斯分布、G0分布、伽玛分布、广义伽玛分布、对数正态分布和阿尔法稳态分布统计模型建立海洋背景统计模型;(2)依据经验值设置虚警率;

其中,所述依据经验值设置虚警率包括:对不同海况海杂波分布模型进行拟合、自适应滑动窗口构建和目标候选区获取。

8.根据权利要求1-7中任一项所述的星载可见光探测器对船舶目标检测的方法,其特征在于,所述对提取的目标特征进行基于辅助特征的目标检测,采用BP神经网络对候选区是否为舰船目标进行判定,网络训练完成后,提取候选舰船目标区域的纹理特征,输入到训练好的神经网络,得到候选区域为真实舰船目标的概率,当概率大于预设的阈值时,认为该候选区域为真实的舰船目标。

9.星载可见光探测器对船舶目标检测系统,其特征在于,包括:

图像预处理模块,用于对光学遥感图像进行增强图像细节的图像预处理;

图像分割模块,用于对预处理后的图像进行海陆分割;

恒虚警目标检测模块,用于对分割后的图像进行恒虚警目标检测;

特征提取模块,用于对图像进行目标特征提取;

目标检测模块,用于对提取的目标特征进行基于辅助特征的目标检测,并输出目标检测结果;

所述对图像进行目标特征提取时,包括提取灰度共生矩阵、几何参数、灰度直方图和傅里叶形状描述子四个目标特征;

对于所述灰度共生矩阵,选取4个统计量作为船舶目标纹理特征描述,分别为:

角二阶矩 $f_1 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} P_d^2(i,j)$;其中 $P_d^2(i,j)$ 是归一化的灰度共生矩阵, L 是图像的长宽;

方差 $f_2 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} (i-m)^2 P_d^2(i,j)$,其中 m 为 $p_d(i,j)$ 的均值, $p_d(i,j)$ 为灰度共生矩阵;

共生矩阵;

协方差 $f_3 = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} ij p_d(i,j) - \mu_1 \mu_2}{\sigma_1 \sigma_2}$,其中 $\mu_1 = \sum_{i=0}^{L-1} i \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j)$ 、

$\mu_2 = \sum_{i=0}^{L-1} j \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j)$ 、 $\sigma_1 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu_1)^2 \sum_{j=0}^{L-1} P_d^2(i,j)$ 、

$\sigma_2 = \sum_{j=0}^{L-1} (j - \mu_2)^2 \sum_{i=0}^{L-1} P_d^2(i,j)$;

熵 $f_4 = - \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j) \log p_d(i,j)$;

然后局部二值模式对灰度图像中的局部邻域的纹理信息进行度量以及提取,计算公式

为: $LBP_{p,R} = \sum_{i=0}^{p-1} s(g_i - g_c) 2^i$ 上式中, $s(g_i - g_c) = \begin{cases} 1, & g_i - g_c \geq 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$, g_c 是图像局部邻域

中心像素点的灰度值, $g_i (i=0, \dots, p-1)$ 则对应于 p 个等距离分布在以半径为 R 、中心像素

点为圆心的圆周上的像素点的灰度值,邻近区域的定义由 (P, R) 来表示;

经过LBP算子的计算,能够得到与原始图像大小相近的特征图,通过固定划分与直方图进一步计算LBP纹理特征,具体包括:

- (1) 首先将候选区域划分为若干固定大小的区域;
- (2) 对于每个区域用LBP算子进行计算得到LBP特征图;
- (3) 计算LBP特征图中每个区域的直方图,即每个数字出现的频率,然后对该直方图进行归一化处理;
- (4) 最后将得到的每个区域的统计直方图连接成为一个特征向量,得到候选区域的LBP纹理特征。

10. 一种电子设备,其特征在于,包括处理器和存储器,所述存储器存储有能够被所述处理器执行的机器可执行指令,所述处理器可执行所述机器可执行指令以实现权利要求1-8中任一项所述的方法。

11. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质上存储计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1-8中任一项所述的方法。

星载可见光探测器对船舶目标检测的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及卫星遥感信息智能处理领域,尤其涉及一种星载可见光探测器对船舶目标检测的方法、系统、电子设备和计算机可读存储介质。

背景技术

[0002] 恒虚警率检测的实现形式就是恒虚警率检测器,根据恒虚警率检测器对杂波的敏感程度可将恒虚警率检测器分为非参量型恒虚警率检测器和参量型恒虚警率检测器,其中非参量检测器对杂波类型没有严格要求,但这种检测器的恒虚警率效果较差。参量型恒虚警率检测器则需要预知杂波的类型,这种检测器的恒虚警率效果较好,目前实际应用较多。它是根据杂波的类型和强度的变化,自动调整检测门限,以达到一个恒定的虚警率的目的。一般来说,在恒虚警率处理过程中,用杂波幅值分布的概率密度分布来描述杂波的类型。最初的恒虚警率检测器都是建立在瑞利分布模型的基础上。最早的恒虚警率检测器是单元平均恒虚警率检测器。这种检测器在均匀杂波环境中具有优良的性能,但在非均匀杂波环境中和多目标环境中的性能较差,为弥补这个不足又相继出现了选大单元平均恒虚警率检测器和选小单元平均恒虚警率检测器,这几类检测器统称均值类检测器。目前均值类检测器已经形成了体系。另一种建立在瑞利分布模型基础上的恒虚警率检测器是有序统计(OS)恒虚警率检测器,它在杂波边缘和多目标情况下都具有较好的检测性能。删除均值(CMLD, censored mean level detector)恒虚警检测器也可以认为是一种OS类CFAR检测器,将CMLD推广又产生了削减平均TM(Trimmed mean)检测器,这两种检测器也属于有序统计恒虚警率检测器。均值类检测器和有序统计类检测器最初都是建立在瑞利分布模型的基础上的,以后又逐渐推广到其它模型上,它们构成了恒虚警率检测器的基本形式,其它的恒虚警率检测器都是在这两种检测器的基础上加以改进得来的。随着高分辨率雷达的广泛使用,描述高分辨率雷达杂波类型的对数-正态分布、韦布尔分布和K分布等模型相继出现,相对瑞利分布模型只有一个参数而言,这些模型具有两个参数,能够更好地拟合实验数据,相比于早期的主要描述低分辨率雷达杂波的瑞利分布模型,可以得到更为精确的结果。近几年来建立在对数-正态分布、韦布尔分布基础上的恒虚警率检测器越来越引起人们的兴趣。双参数有序统计恒虚警率处理方法,它是适应于两个参数未知的韦布尔分布和对数-正态分布杂波环境中的恒虚警率处理方法,它利用两个有序背景采样来估计两个参数,但是这种方法由于其对参数的估计有误差,因此检测损失一般是不能被接受的为减小形状参数的估计误差。用最大似然方法估计韦布尔分布背景参数的MLH-CFAR算法。另外,log-t检测器是在形状和尺度参数都未知的韦布尔分布和对数-正态分布杂波中提供恒虚警率检测的一种准最优检测策略。与K分布模型相关的恒虚警率检测技术,由于其数据处理方面遇到了较大的困难,所以目前还处于研究阶段,已成为今后国内外研究的方向。

[0003] 基于光学遥感图像的自然图像属性,目标丰富的细节更接近人眼视觉特性,可应用常规图像处理中的特殊目标检测技术进行船舶检测,现存的基于特征的目标检测方法主要如下:

[0004] 基于灰度统计特征的方法:利用海域和船舶的灰度差异进行图像分割,灰度差异性包括灰度、图像信息熵、形态学对比度等。

[0005] 基于分形模型的方法:在恶劣海况与气候条件下,船舶检测异常困难,有研究表明,自然物体具有分形特征,而人造目标不具备分型特征,因此,可根据海浪、云层与船舶分形特性的差异检测船舶目标。

[0006] 基于视觉感知模型的方法:视觉感知模型是近年来目标识别领域研究的热点,将人类视觉系统可快速聚焦于感兴趣区域的特性应用于目标疑似区域的提取中,具有代表性的是Itti模型。利用Top-hat形态学算子增强船舶目标并抑制背景,然后利用Gabor滤波对船舶目标进行聚焦和联想分析。其文献中采用视觉显著度模型,利用灰度、纹理等特征计算显著图来进行船舶目标候选区域的提取。

[0007] 目前关于船舶检测的相关方法大多都直接利用相关检测算法对目标进行检测,而没有做出相关预处理操作。现有的目标检测方法中,通过构建图像特征图,进而得到频域特征图,最后利用元胞自动机融合空域和频域的特征图,得到最终的检测结果。由此可知,现有技术普遍只是在空频域上进行目标检测,而没有对其进行预处理或者分割处理,以提升检测结果。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于解决上述背景技术中的至少一个技术问题,提供一种星载可见光探测器对船舶目标检测的方法、系统、电子设备及计算机可读存储介质。

[0009] 为解决上述技术问题,本发明提供一种星载可见光探测器对船舶目标检测的方法,包括:

[0010] 对光学遥感图像进行增强图像细节的图像预处理;

[0011] 对预处理后的图像进行海陆分割;

[0012] 对分割后的图像进行恒虚警目标检测;

[0013] 检测后,对图像进行目标特征提取;

[0014] 对提取的目标特征进行基于辅助特征的目标检测,并输出目标检测结果。

[0015] 根据本发明的一个方面,所述图像预处理为增强滤波处理,利用相邻元素的关系进行图像增强,并进行邻域操作,实现对图像的平滑或者锐化处理。

[0016] 根据本发明的一个方面,所述对预处理后的图像进行海陆分割为:基于分割树模型的多尺度分割优化方案利用相同位置、不同尺度的分割区域之间的层次上下文,通过分析分割过程中区域扩展所导致的均质性变化特征,自动为图像中每一位置的地物确定最佳的分割尺度。

[0017] 根据本发明的一个方面,所述对预处理后的图像进行海陆分割包括:(1)利用树模型中的节点表达每一尺度分割结果中的每一个区域;(2)利用树模型中的边连接相同位置、不同尺度的分割区域,方便计算、应用多尺度分割所包含的层次上下文信息。

[0018] 根据本发明的一个方面,所述海陆分割为:首先在生成的边界一致多尺度分割结果中,选出全局最优的分割尺度,该尺度要求尽量减少过分割误差,允许存在适度的欠分割误差;进而将全局最优分割尺度中的欠分割部分分离出来,剩余的视为优质分割部分;最后,通过跨尺度局部优化的方式消除欠分割误差,并与优质分割部分重组得到最终的优化

结果。

[0019] 根据本发明的一个方面,采用局部相互最优合并LMM+尺度参数序列控制方法SWSP的区域合并方法生成边界一致的多尺度分割结果,利用分割树模型进行表达,面向图像中所有分割区域进行统计计算得到全局最优的分割尺度,采用的基础指标为衡量区域均质性的光谱标准差SD,计算每一分割尺度下所有区域的标准差之和,得到光谱标准差SD,表征该分割尺度的均质性水平;

[0020] 定义标准差变化指标CR反映相邻分割尺度之间的均质性变化,如式所示:

$$CR = \frac{dSD}{dl} = \frac{SD(l) - SD(l - \Delta l)}{\Delta l};$$

[0021] 当SD突然升高时,使得CR产生局部峰值,进而通过这些峰值可表征最优分割尺度;

[0022] 进一步定义标准差的二阶变化来表征这些变化的峰值,如式所示:

$$LP = [CR(l) - CR(l - \Delta l)] + [CR(l) - CR(l + \Delta l)];$$

[0023] 两式中l表示分割尺度, Δl 表示分割尺度的间隔;

[0024] 根据最大的LP值获得全局最优分割尺度后,面向海域对象,将欠分割的海洋区域分离出来,若分割区域的光谱标准差高于设定的阈值TSD,其区域内同质性较低,将其视为欠分割对象,留待进一步优化;此外,计算该区域的水体指数NVWI,若NVWI低于设定阈值TN1,则该分割对象视为非海域对象,不予优化;若NVWI高于设定阈值TN2,尽管其区域内同质性较低,仍将该分割对象视为完整的海域对象,不予优化;

[0025] 逐个优化欠分割对象,根据分割树模型,自上而下找到每个欠分割对象范围内下层的分割节点,逐层计算LP并将具有最大LP值的层所对应的分割区域替代原欠分割对象,以消除欠分割误差;循环进行该优化步骤,直至图像范围内所有欠分割对象均优化完毕,得到最终的优化结果。

[0026] 根据本发明的一个方面,所述对分割后的图像进行恒虚警目标检测,包括:(1)瑞利分布、K分布、高斯分布、GO分布、伽玛分布、广义伽玛分布、对数正态分布和阿尔法稳态分布等分布统计模型建立海洋背景统计模型;(2)依据经验值设置虚警率;

[0027] 其中,所述依据经验值设置虚警率包括:对不同海况海杂波分布模型进行拟合、自适应滑动窗口构建和目标候选区获取。

[0028] 根据本发明的一个方面,所述对图像进行目标特征提取时,包括提取灰度共生矩阵、几何参数、灰度直方图和傅里叶形状描述子四个目标特征。

[0029] 根据本发明的一个方面,对于所述灰度共生矩阵,选取4个统计量作为船舶目标纹理特征描述,分别为:角二阶矩 $f_1 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} P_d^2(i,j)$;其中 $P_d^2(i,j)$ 是归一化的灰度共生矩阵,L是图像的长宽;

[0030] 方差 $f_2 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} (i-m)^2 P_d^2(i,j)$,其中为 $p_d(i,j)$ 的均值;

[0031] 协方差 $f_3 = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} ij p_d(i,j) - \mu_1 \mu_2}{\sigma_1 \sigma_2}$,其中 $\mu_1 = \sum_{i=0}^{L-1} i \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j)$ 、

$$\mu_2 = \sum_{i=0}^{L-1} j \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j), \sigma_1 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu_1)^2 \sum_{j=0}^{L-1} P_d^2(i,j),$$

$$\sigma_2 = \sum_{j=0}^{L-1} (j - \mu_2)^2 \sum_{i=0}^{L-1} P_d^2(i,j);$$

$$[0032] \quad \text{熵 } f_4 = - \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j) \log p_d(i,j);$$

[0033] 然后局部二值模式对灰度图像中的局部邻域的纹理信息进行度量以及提取,计算

$$\text{公式为: } LBP_{P,R} = \sum_{i=0}^{P-1} s(g_i - g_c) 2^i \text{ 上式中, } s(g_i - g_c) = \begin{cases} 1, & g_i - g_c \geq 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}, g_c \text{ 是图像局部}$$

邻域中心像素点的灰度值, $g_i (i = 0, \dots, p-1)$ 则对应于 p 个等距离分布在以半径为 R 、中心

像素点为圆心的圆周上的像素点的灰度值, 邻近区域的定义可以由 (P, R) 来表示;

[0034] 经过LBP算子的计算, 能够得到与原始图像大小相近的特征图, 通过固定划分与直方图进一步计算LBP纹理特征, 具体包括:

[0035] (1) 首先将候选区域划分为若干固定大小的区域;

[0036] (2) 对于每个区域用LBP算子进行计算得到LBP特征图;

[0037] (3) 计算LBP特征图中每个区域的直方图, 即每个数字出现的频率, 然后对该直方图进行归一化处理;

[0038] (4) 最后将得到的每个区域的统计直方图连接成为一个特征向量, 得到候选区域的LBP纹理特征。

[0039] 根据本发明的一个方面, 所述对提取的目标特征进行基于辅助特征的目标检测, 采用BP神经网络对候选区是否为舰船目标进行判定, 网络训练完成后, 提取候选舰船目标区域的纹理特征, 输入到训练好的神经网络, 得到候选区域为真实舰船目标的概率, 当概率大于预设的阈值时, 认为该候选区域为真实的舰船目标。

[0040] 为实现上述目的, 本发明还提供一种星载可见光探测器对船舶目标检测系统, 包括:

[0041] 图像预处理模块, 用于对光学遥感图像进行增强图像细节的图像预处理;

[0042] 图像分割模块, 用于对预处理后的图像进行海陆分割;

[0043] 恒虚警目标检测模块, 用于对分割后的图像进行恒虚警目标检测;

[0044] 特征提取模块, 用于对图像进行目标特征提取;

[0045] 目标检测模块, 用于对提取的目标特征进行基于辅助特征的目标检测, 并输出目标检测结果。

[0046] 为实现上述目的, 本发明还提供一种电子设备, 包括处理器和存储器, 所述存储器存储有能够被所述处理器执行的机器可执行指令, 所述处理器可执行所述机器可执行指令以实现上述方法。

[0047] 为实现上述目的, 本发明还提供一种计算机可读存储介质, 所述计算机可读存储介质上存储计算机程序, 所述计算机程序被处理器执行时实现上述方法。

[0048] 根据本发明的一个方案, 使用多尺度分割可以在获得相同水平的均质区域的遥感图像分割方法生成可独立、完整表达均质性各异的不同地物对象。为了实现局部最佳分割

尺度,提出分割树模型的多尺度分割优化框架。此外针对在利用地物先验知识进行多尺度分割优化通过监督分类得到逐像元的分类结果过程中需要人机交互,无法完全自动化的问题,发明了仅利用区域演化过程中区域特征变化的跨尺度自动优化方法,具体设计了以水体指数为先验知识的面向单类地物多尺度分割优化方法。通过融合多个尺度的分割结果,可以消除单尺度分割可能造成的过、欠分割误差,可以突破单尺度分割精度的上线。根据本发明的方法可以自动获得优化的分割结果,为面向对象分析中尺度选择难题提供解决方案。

[0049] 根据本发明的一个方案,根据上述自适应滑动窗口的船舶目标检测算法,可以针对不同尺度光学遥感图像以及海面稀疏分布的船舶目标进行更有效地检测。

[0050] 根据本发明的一个方案,海陆分割和恒虚警算法所提取海面船舶目标具有漏检低、虚警率高的特点,根据的基于辅助特征的船舶检测算法可以通过提取海面船舶特征,对其进行船舶和非船舶分类。通过设计不同空间尺度语义样本库,可以在一定程度上减少虚警率。最后通过BP神经网络完成对目标的检测任务。

附图说明

[0051] 一个或多个实施例通过与之对应的附图中的图片进行示例性说明,这些示例性说明并不构成对实施例的限定,附图中具有相同参考数字标号的元件表示为类似的元件,除非有特别申明,附图中的图不构成比例限制。

[0052] 图1和图2示意性表示根据本发明的星载可见光探测器对船舶目标检测的方法的流程图;

[0053] 图3和图4示意性表示根据本发明的一种实施方式的分割树模型图;

[0054] 图5为灰度共生矩阵像素对示意图;

[0055] 图6为BP神经网络结构示意图;

[0056] 图7示意性表示根据本发明的星载可见光探测器对船舶目标检测系统结构框图。

具体实施方式

[0057] 下面结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护范围。

[0058] 图1和图2示意性表示根据本发明的星载可见光探测器对船舶目标检测的方法的流程图。如图1和图2所示,根据本发明的星载可见光探测器对船舶目标检测的方法,包括以下步骤:

[0059] a. 对光学遥感图像进行增强图像细节的图像预处理;

[0060] b. 对预处理后的图像进行海陆分割;

[0061] c. 对分割后的图像进行恒虚警目标检测;

[0062] d. 检测后,对图像进行目标特征提取;

[0063] e. 对提取的目标特征进行基于辅助特征的目标检测,并输出目标检测结果。

[0064] 在本实施方式中,辅助特征包括灰度共生矩阵(反映图像中像素关于方向与间隔

的变化)、几何参数(即尺寸信息)、灰度直方图(对图像中灰度级分布的统计)和傅里叶形状描述子(可以用来描述曲线形状)。

[0065] 由上可知,根据本发明的上述方法,针对星载可见光探测器的数据进行处理,特别涉及两个方面,第一为对光学遥感图像处理方法,具体为光学卫星遥感图像的处理、图像分割以及目标特征提取;第二为对典型光学遥感目标的检测算法,具体为基于统计特征的恒虚警率检测算法以及基于辅助特征的目标检测算法。

[0066] 根据本发明的一种实施方式,在上述a步骤中,对光学遥感图像进行增强图像细节的图像预处理为增强滤波处理,利用相邻元素的关系进行图像增强,通常借助模板进行邻域操作,实现对图像的平滑或者锐化处理。

[0067] 根据本发明的一种实施方式,在上述b步骤中,如图3和图4的分割树模型示意图所示,对预处理后的图像进行海陆分割为:基于分割树模型的多尺度分割优化方案利用相同位置、不同尺度的分割区域之间的层次上下文,通过分析分割过程中区域扩展所导致的均质性变化特征,自动为图像中每一位置的地物确定最佳的分割尺度。分割要点包括:(1)利用树模型中的节点表达每一尺度分割结果中的每一个区域;(2)利用树模型中的边连接相同位置、不同尺度的分割区域,方便计算、应用多尺度分割所包含的层次上下文信息。

[0068] 进一步地,在本实施方式中,海陆分割为:首先在生成的边界一致多尺度分割结果中,选出全局最优的分割尺度,该尺度要求尽量减少过分割误差,允许存在适度的欠分割误差;进而将全局最优分割尺度中的欠分割部分分离出来,剩余的视为优质分割部分;最后,通过跨尺度局部优化的方式消除欠分割误差,并与优质分割部分重组得到最终的优化结果。

[0069] 在本实施方式中,采用局部相互最优合并LMM+尺度参数序列控制方法SWSP的区域合并方法生成边界一致的多尺度分割结果,利用分割树模型进行表达,面向图像中所有分割区域进行统计计算得到全局最优的分割尺度,采用的基础指标为衡量区域均质性的光谱标准差SD,计算每一分割尺度下所有区域的标准差之和,得到光谱标准差SD,表征该分割尺度的均质性水平;

[0070] 定义标准差变化指标CR反映相邻分割尺度之间的均质性变化,如式所示:

$$CR = \frac{dSD}{dl} = \frac{SD(l) - SD(l - \Delta l)}{\Delta l};$$

[0071] 当SD突然升高时,使得CR产生局部峰值,进而通过这些峰值可表征最优分割尺度;

[0072] 进一步定义标准差的二阶变化来表征这些变化的峰值,如式所示:

$$LP = [CR(l) - CR(l - \Delta l)] + [CR(l) - CR(l + \Delta l)];$$

[0073] 两式中l表示分割尺度, Δl 表示分割尺度的间隔;

[0074] 根据最大的LP值获得全局最优分割尺度后,面向海域对象,将欠分割的海洋区域分离出来,若分割区域的光谱标准差高于设定的阈值TSD,其区域内同质性较低,将其视为欠分割对象,留待进一步优化;此外,计算该区域的水体指数NVWI,若NVWI低于设定阈值TN1,则该分割对象视为非海域对象,不予优化;若NVWI高于设定阈值TN2,尽管其区域内同质性较低,仍将该分割对象视为完整的海域对象,不予优化;

[0075] 逐个优化欠分割对象,根据分割树模型,自上而下找到每个欠分割对象范围内下

层的分割节点,逐层计算LP并将具有最大LP值的层所对应的分割区域替代原欠分割对象,以消除欠分割误差;循环进行该优化步骤,直至图像范围内所有欠分割对象均优化完毕,得到最终的优化结果。

[0076] 根据本发明的一种实施方式,在上述c步骤中,对分割后的图像进行恒虚警目标检测,包括:(1)利用分布统计模型建立海洋背景统计模型;(2)依据经验值设置虚警率;

[0077] 其中,分布统计模型包括瑞利分布、K分布、高斯分布、G0分布、伽玛分布、广义伽玛分布、对数正态分布和阿尔法稳态分布等。

[0078] 依据经验值设置虚警率是针对不同尺度光学遥感图像以及海面船舶目标稀疏分布特点,设计一种自适应滑动窗口船舶目标检测算法实现的,主要包括:对不同海况海杂波分布模型进行拟合、自适应滑动窗口构建和目标候选区获取。

[0079] 根据本发明的一种实施方式,在上述d步骤中,对图像进行目标特征提取时,包括提取灰度共生矩阵、几何参数、灰度直方图和傅里叶形状描述子四个目标特征。其中,图5为灰度共生矩阵像素对示意图,结合图5,对于所述灰度共生矩阵,选取4个统计量作为船舶目标纹理特征描述,分别为:角二阶矩 $f_1 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} P_d^2(i,j)$;其中 $P_d^2(i,j)$ 是归一化的灰度共生矩阵,L是图像的长宽;

[0080] 方差 $f_2 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} (i-m)^2 P_d^2(i,j)$,其中为 $p_d(i,j)$ 的均值;

[0081] 协方差 $f_3 = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} ij p_d(i,j) - \mu_1 \mu_2}{\sigma_1 \sigma_2}$,其中 $\mu_1 = \sum_{i=0}^{L-1} i \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j)$ 、

$\mu_2 = \sum_{i=0}^{L-1} j \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j)$ 、 $\sigma_1 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu_1)^2 \sum_{j=0}^{L-1} P_d^2(i,j)$ 、

$\sigma_2 = \sum_{j=0}^{L-1} (j - \mu_2)^2 \sum_{i=0}^{L-1} P_d^2(i,j)$;

[0082] 熵 $f_4 = - \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j) \log p_d(i,j)$;

[0083] 然后局部二值模式对灰度图像中的局部邻域的纹理信息进行度量以及提取,计算

公式为: $LBP_{P,R} = \sum_{i=0}^{P-1} s(g_i - g_c) 2^i$ 上式中, $s(g_i - g_c) = \begin{cases} 1, & g_i - g_c \geq 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$, g_c 是图像局部

邻域中心像素点的灰度值, $g_i (i=0, \dots, P-1)$ 则对应于 P 个等距离分布在以半径为R、中心像素点为圆心的圆周上的像素点的灰度值,邻近区域的定义可以由 (P, R) 来表示;

[0084] 经过LBP算子的计算,能够得到与原始图像大小相近的特征图,通过固定划分与直方图进一步计算LBP纹理特征,具体包括:

[0085] (1) 首先将候选区域划分为若干固定大小的区域;

[0086] (2) 对于每个区域用LBP算子进行计算得到LBP特征图;

[0087] (3) 计算LBP特征图中每个区域的直方图,即每个数字出现的频率,然后对该直方图进行归一化处理;

[0088] (4)最后将得到的每个区域的统计直方图连接成为一个特征向量,得到候选区域的LBP纹理特征。

[0089] 根据本发明的一种实施方式,在上述e步骤中,对提取的目标特征进行基于辅助特征的目标检测,采用BP神经网络对候选区是否为舰船目标进行判定,图6为BP神经网络结构示意图,网络训练完成后,提取候选舰船目标区域的纹理特征,输入到训练好的神经网络,得到候选区域为真实舰船目标的概率,当概率大于预设的阈值时,认为该候选区域为真实的舰船目标。

[0090] 由上可知,通过本发明的上述方法,首先通过对原始图像进行预处理,采用增强滤波的方式增强图像细节,获得滤波增强后的图像。然后对预处理后的图像进行水陆分割。之后对利用恒虚警技术对分割后的图像进行目标检测。之后对图像进行特征提取。最后对图像进行基于辅助特征的目标检测,并输出相应的目标检测结果。由此解决了可见光探测器对船舶目标的检测问题。

[0091] 根据本发明的上述方法,使用多尺度分割可以在获得相同水平的均质区域的遥感图像分割方法生成可独立、完整表达均质性各异的不同地物对象。为了实现局部最佳分割尺度,提出分割树模型的多尺度分割优化框架。此外针对在利用地物先验知识进行多尺度分割优化通过监督分类得到逐像元的分类结果过程中需要人机交互,无法完全自动化的问题,发明了仅利用区域演化过程中区域特征变化的跨尺度自动优化方法,具体设计了以水体指数为先验知识的面向单类地物多尺度分割优化方法。通过融合多个尺度的分割结果,可以消除单尺度分割可能造成的过、欠分割误差,可以突破单尺度分割精度的上线。根据本发明的方法可以自动获得优化的分割结果,为面向对象分析中尺度选择难题提供解决方案。

[0092] 进一步地,根据上述自适应滑动窗口的船舶目标检测算法,可以针对不同尺度光学遥感图像以及海面稀疏分布的船舶目标进行更有效地检测。

[0093] 不仅如此,海陆分割和恒虚警算法所提取海面船舶目标具有漏检低、虚警率高的特点,根据的基于辅助特征的船舶检测算法可以通过提取海面船舶特征,对其进行船舶和非船舶分类。通过设计不同空间尺度语义样本库,可以在一定程度上减少虚警率。最后通过BP神经网络完成对目标的检测任务。

[0094] 为实现上述目的,本发明还提供一种星载可见光探测器对船舶目标检测系统。图7示意性表示根据本发明的星载可见光探测器对船舶目标检测系统结构框图。如图7所示,根据本发明的星载可见光探测器对船舶目标检测系统,包括:

[0095] 图像预处理模块,用于对光学遥感图像进行增强图像细节的图像预处理;

[0096] 图像分割模块,用于对预处理后的图像进行海陆分割;

[0097] 恒虚警目标检测模块,用于对分割后的图像进行恒虚警目标检测;

[0098] 特征提取模块,用于对图像进行目标特征提取;

[0099] 目标检测模块,用于对提取的目标特征进行基于辅助特征的目标检测,并输出目标检测结果。

[0100] 由上可知,根据本发明的上述系统,针对星载可见光探测器的数据进行处理,特别涉及两个方面,第一为对光学遥感图像处理方法,具体为光学卫星遥感图像的处理、图像分割以及目标特征提取;第二为对典型光学遥感目标的检测算法,具体为基于统计特征的恒

虚警率检测算法以及基于辅助特征的目标检测算法。

[0101] 根据本发明的一种实施方式,图像预处理模块对光学遥感图像进行增强图像细节的图像预处理为增强滤波处理,利用相邻元素的关系进行图像增强,通常借助模板进行邻域操作,实现对图像的平滑或者锐化处理。

[0102] 根据本发明的一种实施方式,如图3和图4的分割树模型示意图所示,图像分割模块对预处理后的图像进行海陆分割:基于分割树模型的多尺度分割优化方案利用相同位置、不同尺度的分割区域之间的层次上下文,通过分析分割过程中区域扩展所导致的均质性变化特征,自动为图像中每一位置的地物确定最佳的分割尺度。分割要点包括:(1)利用树模型中的节点表达每一尺度分割结果中的每一个区域;(2)利用树模型中的边连接相同位置、不同尺度的分割区域,方便计算、应用多尺度分割所包含的层次上下文信息。

[0103] 进一步地,在本实施方式中,海陆分割为:首先在生成的边界一致多尺度分割结果中,选出全局最优的分割尺度,该尺度要求尽量减少过分割误差,允许存在适度的欠分割误差;进而将全局最优分割尺度中的欠分割部分分离出来,剩余的视为优质分割部分;最后,通过跨尺度局部优化的方式消除欠分割误差,并与优质分割部分重组得到最终的优化结果。

[0104] 在本实施方式中,采用局部相互最优合并LMM+尺度参数序列控制方法SWSP的区域合并方法生成边界一致的多尺度分割结果,利用分割树模型进行表达,面向图像中所有分割区域进行统计计算得到全局最优的分割尺度,采用的基础指标为衡量区域均质性的光谱标准差SD,计算每一分割尺度下所有区域的标准差之和,得到光谱标准差SD,表征该分割尺度的均质性水平;

[0105] 定义标准差变化指标CR反映相邻分割尺度之间的均质性变化,如式所示:

$$CR = \frac{dSD}{dl} = \frac{SD(l) - SD(l - \Delta l)}{\Delta l};$$

[0106] 当SD突然升高时,使得CR产生局部峰值,进而通过这些峰值可表征最优分割尺度;

[0107] 进一步定义标准差的二阶变化来表征这些变化的峰值,如式所示:

$$LP = [CR(l) - CR(l - \Delta l)] + [CR(l) - CR(l + \Delta l)];$$

[0108] 两式中l表示分割尺度, Δl 表示分割尺度的间隔;

[0109] 根据最大的LP值获得全局最优分割尺度后,面向海域对象,将欠分割的海洋区域分离出来,若分割区域的光谱标准差高于设定的阈值TSD,其区域内同质性较低,将其视为欠分割对象,留待进一步优化;此外,计算该区域的水体指数NVWI,若NVWI低于设定阈值TN1,则该分割对象视为非海域对象,不予优化;若NVWI高于设定阈值TN2,尽管其区域内同质性较低,仍将该分割对象视为完整的海域对象,不予优化;

[0110] 逐个优化欠分割对象,根据分割树模型,自上而下找到每个欠分割对象范围内下层的分割节点,逐层计算LP并将具有最大LP值的层所对应的分割区域替代原欠分割对象,以消除欠分割误差;循环进行该优化步骤,直至图像范围内所有欠分割对象均优化完毕,得到最终的优化结果。

[0111] 根据本发明的一种实施方式,恒虚警目标检测模块对分割后的图像进行恒虚警目标检测,包括:(1)利用分布统计模型建立海洋背景统计模型;(2)依据经验值设置虚警率;

[0112] 其中,分布统计模型包括瑞利分布、K分布、高斯分布、GO分布、伽玛分布、广义伽玛分布、对数正态分布和阿尔法稳态分布等。

[0113] 依据经验值设置虚警率是针对不同尺度光学遥感图像以及海面船舶目标稀疏分布特点,设计一种自适应滑动窗口船舶目标检测算法实现的,主要包括:对不同海况海杂波分布模型进行拟合、自适应滑动窗口构建和目标候选区获取。

[0114] 根据本发明的一种实施方式,特征提取模块对图像进行目标特征提取时,包括提取灰度共生矩阵、几何参数、灰度直方图和傅里叶形状描述子四个目标特征。其中,图5为灰度共生矩阵像素对示意图,结合图5,对于所述灰度共生矩阵,选取4个统计量作为船舶目标纹理特征描述,分别为:角二阶矩 $f_1 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} P_d^2(i,j)$;其中 $P_d^2(i,j)$ 是归一化的灰度共生矩阵,L是图像的长宽;

[0115] 方差 $f_2 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} (i-m)^2 P_d^2(i,j)$,其中为 $p_d(i,j)$ 的均值;

[0116] 协方差 $f_3 = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} i j p_d(i,j) - \mu_1 \mu_2}{\sigma_1 \sigma_2}$,其中 $\mu_1 = \sum_{i=0}^{L-1} i \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j)$ 、
 $\mu_2 = \sum_{i=0}^{L-1} j \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j)$ 、 $\sigma_1 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu_1)^2 \sum_{j=0}^{L-1} P_d^2(i,j)$ 、
 $\sigma_2 = \sum_{j=0}^{L-1} (j - \mu_2)^2 \sum_{i=0}^{L-1} P_d^2(i,j)$;

[0117] 熵 $f_4 = - \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} p_d(i,j) \log p_d(i,j)$;

[0118] 然后局部二值模式对灰度图像中的局部邻域的纹理信息进行度量以及提取,计算公式为: $LBP_{P,R} = \sum_{i=0}^{P-1} s(g_i - g_c) 2^i$ 上式中, $s(g_i - g_c) = \begin{cases} 1, g_i - g_c \geq 0 \\ 0, \text{其他} \end{cases}$, g_c 是图像局部

邻域中心像素点的灰度值, $g_i (i=0, \dots, p-1)$ 则对应于 p 个等距离分布在以半径为R、中心像素点为圆心的圆周上的像素点的灰度值,邻近区域的定义可以由 (P, R) 来表示;

[0119] 经过LBP算子的计算,能够得到与原始图像大小相近的特征图,通过固定划分与直方图进一步计算LBP纹理特征,具体包括:

[0120] (1) 首先将候选区域划分为若干固定大小的区域;

[0121] (2) 对于每个区域用LBP算子进行计算得到LBP特征图;

[0122] (3) 计算LBP特征图中每个区域的直方图,即每个数字出现的频率,然后对该直方图进行归一化处理;

[0123] (4) 最后将得到的每个区域的统计直方图连接成为一个特征向量,得到候选区域的LBP纹理特征。

[0124] 根据本发明的一种实施方式,目标检测模块对提取的目标特征进行基于辅助特征的目标检测,采用BP神经网络对候选区是否为舰船目标进行判定,图6为BP神经网络结构示意图,网络训练完成后,提取候选舰船目标区域的纹理特征,输入到训练好的神经网络,得到候选区域为真实舰船目标的概率,当概率大于预设的阈值时,认为该候选区域为真实的

舰船目标。

[0125] 由上可知,通过本发明的上述系统,首先通过对原始图像进行预处理,采用增强滤波的方式增强图像细节,获得滤波增强后的图像。然后对预处理后的图像进行水陆分割。之后对利用恒虚警技术对分割后的图像进行目标检测。之后对图像进行特征提取。最后对图像进行基于辅助特征的目标检测,并输出相应的目标检测结果。由此解决了可见光探测器对船舶目标的检测问题。

[0126] 根据本发明的上述系统,使用多尺度分割可以在获得相同水平的均质区域的遥感图像分割方法生成可独立、完整表达均质性各异的不同地物对象。为了实现局部最佳分割尺度,提出分割树模型的多尺度分割优化框架。此外针对在利用地物先验知识进行多尺度分割优化通过监督分类得到逐像元的分类结果过程中需要人机交互,无法完全自动化的问题,发明了仅利用区域演化过程中区域特征变化的跨尺度自动优化方法,具体设计了以水体指数为先验知识的面向单类地物多尺度分割优化方法。通过融合多个尺度的分割结果,可以消除单尺度分割可能造成的过、欠分割误差,可以突破单尺度分割精度的上线。根据本发明的方法可以自动获得优化的分割结果,为面向对象分析中尺度选择难题提供解决方案。

[0127] 进一步地,根据上述自适应滑动窗口的船舶目标检测算法,可以针对不同尺度光学遥感图像以及海面稀疏分布的船舶目标进行更有效地检测。

[0128] 不仅如此,海陆分割和恒虚警算法所提取海面船舶目标具有漏检低、虚警率高的特点,根据的基于辅助特征的船舶检测算法可以通过提取海面船舶特征,对其进行船舶和非船舶分类。通过设计不同空间尺度语义样本库,可以在一定程度上减少虚警率。最后通过BP神经网络完成对目标的检测任务。

[0129] 为实现上述目的,本发明还提供一种电子设备,包括处理器和存储器,存储器存储有能够被处理器执行的机器可执行指令,处理器可执行机器可执行指令以实现上述方法。

[0130] 为实现上述目的,本发明还提供一种计算机可读存储介质,计算机可读存储介质上存储计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现上述方法。

[0131] 根据本发明的上述方案,充分利用了光学遥感图像的相关图像特征,实现了对于光学遥感图像中船舶目标的更精确的检测。

[0132] 最后说明的是,以上优选实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管通过上述优选实施例已经对本发明进行了详细的描述,但本领域技术人员应当理解,可以在形式上和细节上对其作出各种各样的改变,而不偏离本发明权利要求书所限定的范围。

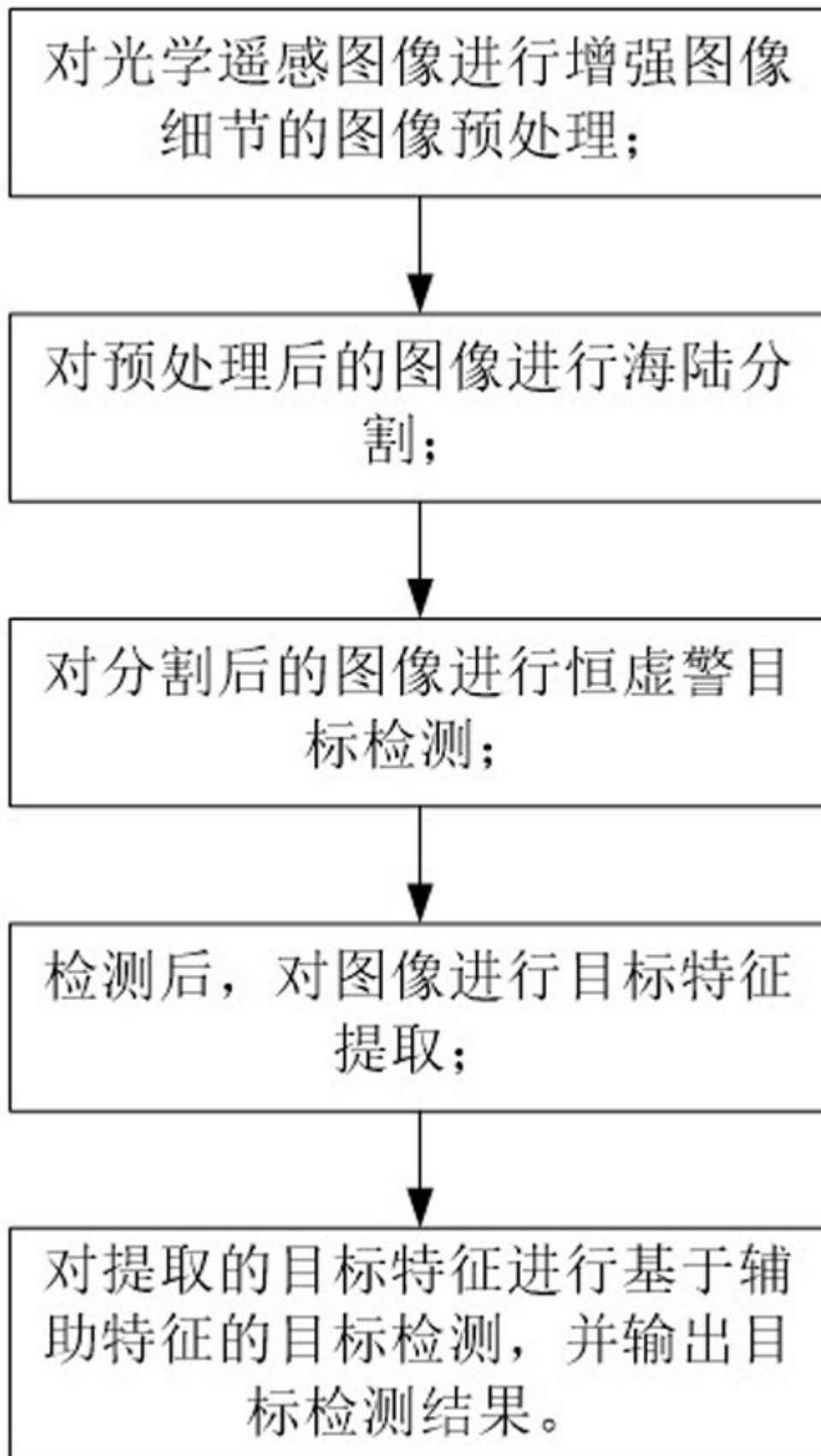


图1

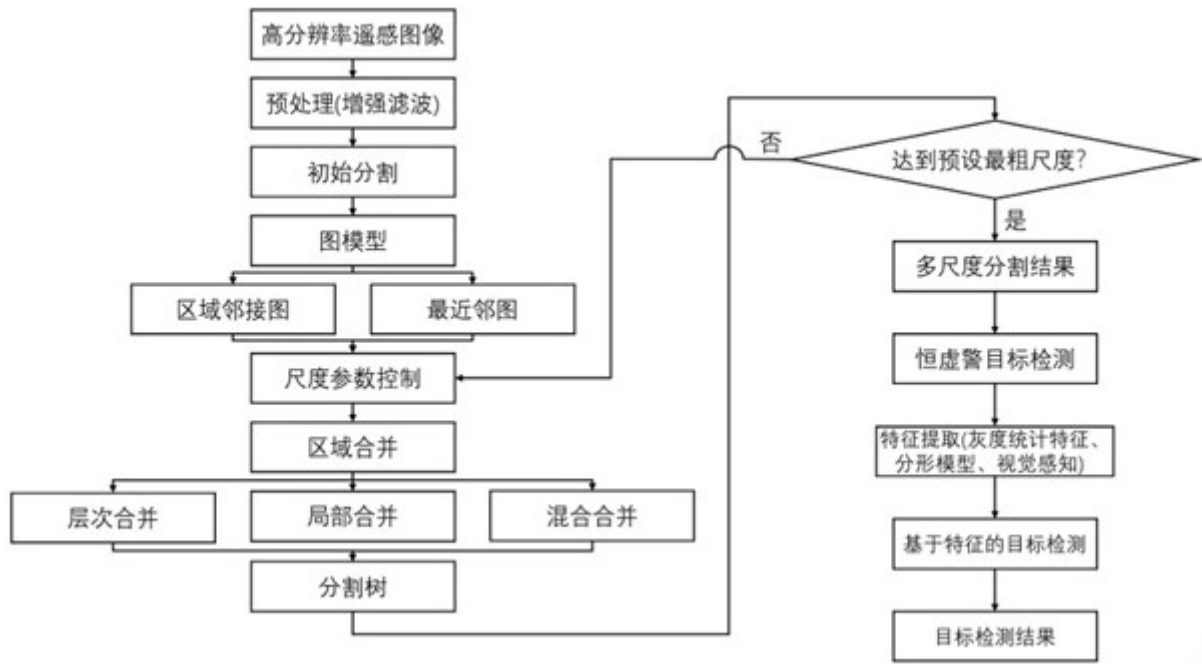


图2

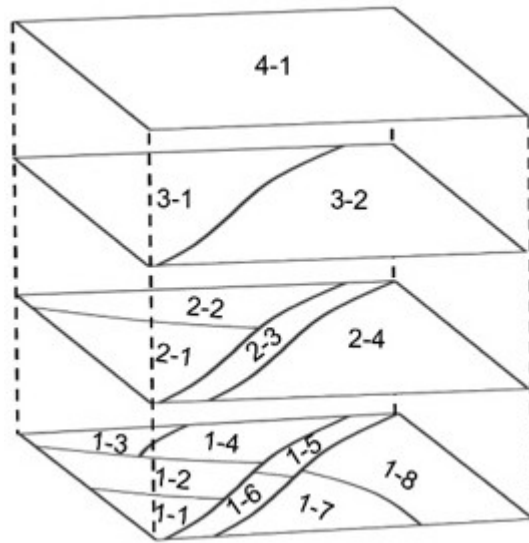


图3

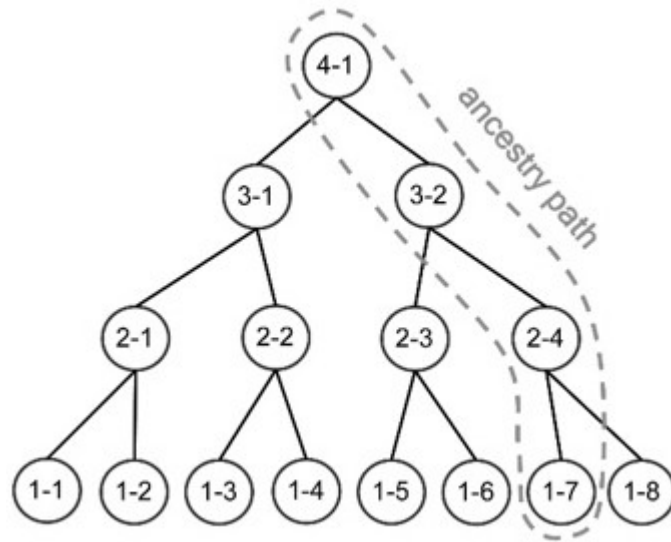


图4

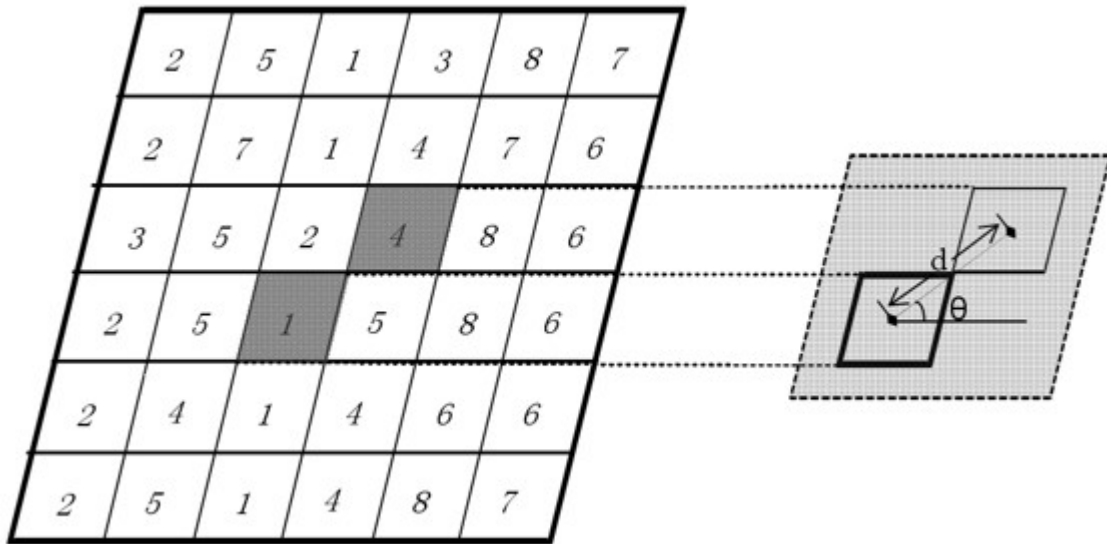


图5

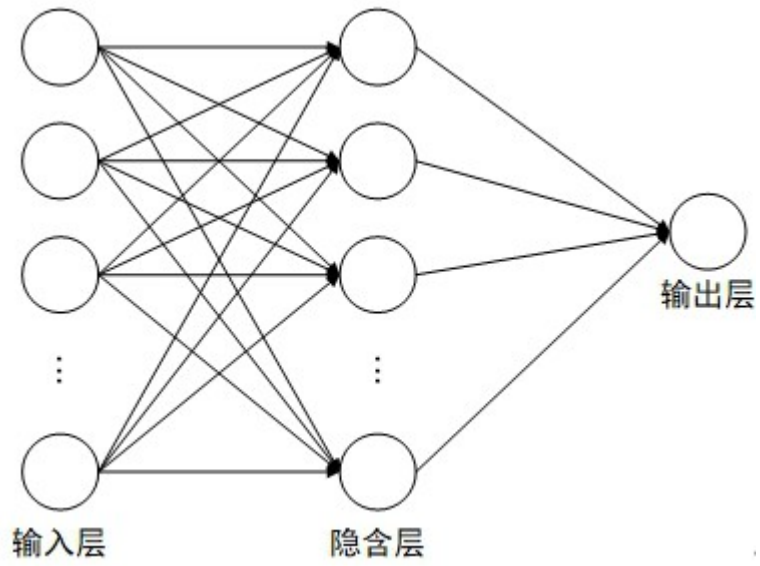


图6

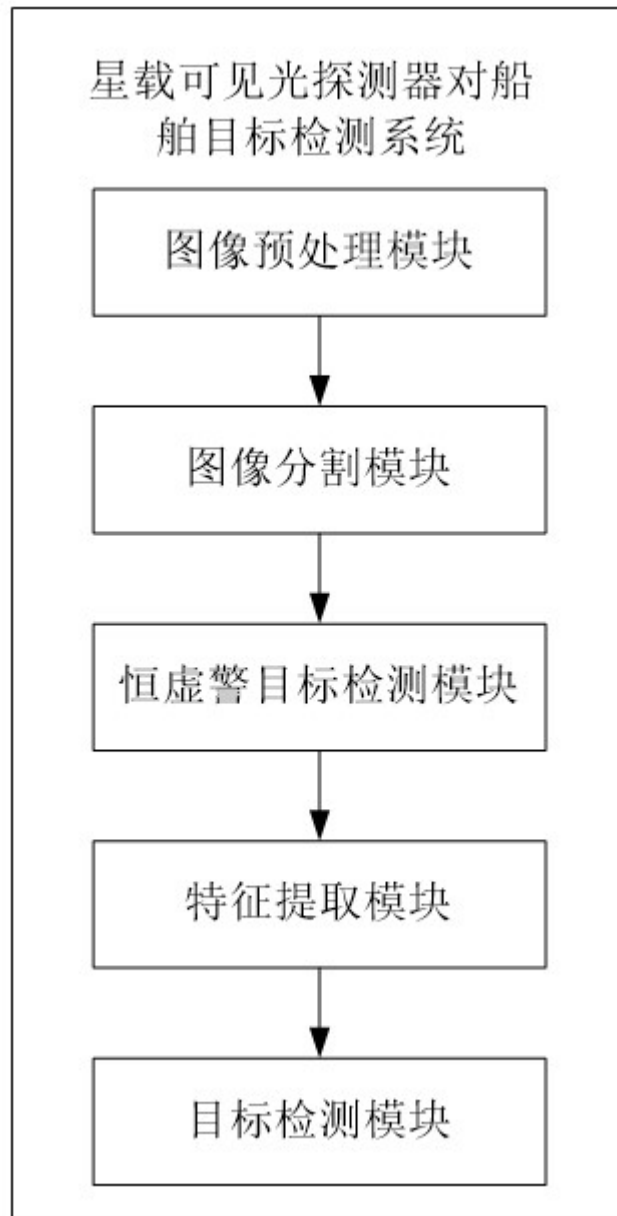


图7