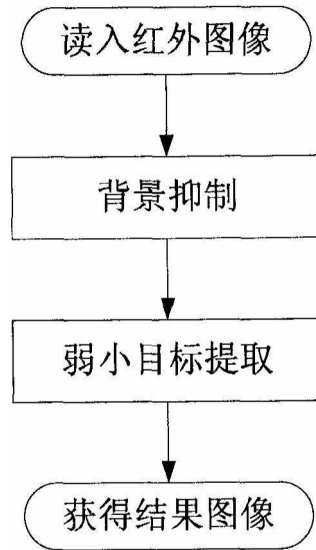


[0001] 一种基于多尺度双边最优化的红外图像弱小目标检测方法,包括:采用塔式对偶树方向滤波器组多尺度多方向分解读入的红外图像,获取与原始图像尺寸相同的子带;利用双边滤波方法修改其高频方向子带的系数值,利用中值滤波方法修改其低频子带的系数值;采用塔式对偶树方向滤波器组逆变换逐级对修改的子带进行方向和尺度重构,获得估计的背景图像,获得红外图像背景抑制结果;采用蚁群对背景抑制图像进行最优化处理;对图像进行分割从中提取弱小目标。本发明不仅能够保留并增强弱小目标信息、精确定位目标,同时还能够较好地抑制云层边缘、大面积连续起伏的云等复杂背景的强边缘信息,有效改善图像整体信杂比和对比度。



1. 一种基于多尺度双边最优化的红外图像弱小目标检测方法,其特征在于,包括:

(1)读入红外图像;

(2)对读入的红外图像进行背景抑制,所述背景抑制过程包括:

a. 分解图像

设定分解图像的尺度数和方向数,采用塔型对偶树方向滤波器组对读入图像按设定尺度数分解和设定方向数分解,各级分解后的图像尺寸之和为上一级图像的尺寸,各级分解后的图像的数目之和为上一级图像的数目;

所述塔型对偶树方向滤波器组由可平移塔型滤波器和一个对偶树 $2n$ 通道的方向滤波器组实现;

b. 采用双边滤波方法修改各个方向的高频方向子带系数;

c. 采用中值滤波方法修改低频子带系数;

d. 重构图像

采用塔型对偶树方向滤波器组逆变换逐级对子带系数进行方向重构和尺度重构,获得估计的背景图像;

e. 获得目标残差图像;

将读入的所述红外图像与重构获得的所述估计的背景图像相减,得到背景抑制的结果图像;

(3)提取弱小目标

a. 采用蚁群算法,利用背景抑制后的结果图像作为启发信息来计算蚂蚁的状态转移概率;

b. 每次循环过后,信息素按照蚂蚁系统中的信息素更新机制进行更新;

$$\tau'_{i,j} = (1 - \rho)\tau_{i,j} + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{i,j}^{(k)}$$

其中,第 k 只蚂蚁转移到 (i, j) 处时, $\Delta\tau_{i,j}^{(k)} = \tau'_{i,j}$;其他情况则 $\Delta\tau_{i,j}^{(k)} = 0$;

传统的蚁群算法信息素的更新机制会造成原访问过的目标路径的信息素随循环次数的增加而趋向于零,为此遍历所有循环次数并在每次循环后将信息素的值域范围限制在 $[\tau_{\min}, \tau_{\max}]$ 区间内,则有信息素的第二次更新:

$$\tau''_{i,j} = \begin{cases} \tau_{\min}, & \tau'_{i,j} < \tau_{\min} \\ \tau'_{i,j}, & \tau_{\min} \leq \tau'_{i,j} \leq \tau_{\max} \\ \tau_{\max}, & \tau'_{i,j} > \tau_{\max} \end{cases};$$

(4)获得结果图像

根据信息素分布分割图像提取目标。

2. 根据权利要求1所述的基于多尺度双边最优化的红外图像弱小目标检测方法,其特征在于,所述背景抑制结果作为蚁群算法中的启发信息,并对信息素进行二次更新。

3. 根据权利要求1所述的基于多尺度双边最优化的红外图像弱小目标检测方法,其特征在于,所述红外图像包含淹没于强起伏背景杂波的弱小目标,所述强起伏背景包括云层边缘、大面积连续起伏的云。

4. 根据权利要求1所述的基于多尺度双边最优化的红外图像弱小目标检测方法,其特

征在于,读入红外图像的步骤包括:采用红外热像仪采集红外图像,采用计算机键盘和鼠标将所述红外图像读入计算机。

5.根据权利要求1所述的基于多尺度双边最优化的红外图像弱小目标检测方法,其特征在于,提取目标的方法包括:蚂蚁搜索的路径随循环次数的增加逐渐向目标区域收敛,其在蚁群算法中表现为目标路径上遗留的信息素明显大于其他区域,在到达指定迭代次数和循环次数后,如果节点(i,j)上的信息素满足

$$\tau''_{i,j} \geq \tau'_{\max}$$

则节点(i,j)标记为目标,否则为背景。

一种基于多尺度双边最优化的弱小目标检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理技术领域,具体涉及抑制红外图像背景杂波提取弱小目标的方法。该方法是塔型对偶树复方向滤波器组与双边滤波理论相结合并将蚁群算法运用其中的弱小目标检测方法,主要应用于红外预警系统探测远距离目标。

背景技术

[0002] 在现代战争中,雷达面临着日益严重的对抗威胁,而无源或被动探测技术是解决雷达对抗威胁的有效途径之一,其中利用被动红外探测是一个重要的研究方向,它能辅助雷达系统有效地提高区域防御系统的生存和反击能力。但是当目标距离很远时,其在红外相机光敏面上的成像面积非常小,且目标与背景的对比度较低,常表现为淹没在复杂背景(例如强起伏、强边缘或大面积连续云层)中的几个像点,即为弱小目标。如果要可靠、稳定、准确地检测并跟踪这类目标,则必须对图像进行预处理,将弱小目标从复杂背景杂波中提取出来,而高性能的红外弱小目标检测技术便是其中重要而关键的一项技术。

[0003] 近二十多年来,红外弱小目标图像背景抑制技术得到较大的发展,主要有时域滤波、空域、频域、小波域和偏微分方程理论等方法。这些常见的红外目标背景抑制方法,满足了该领域的一些需求。然而,随着应用的发展,远距离的弱小运动目标的快速检测技术,成为新的迫切需求。但是,当背景为复杂的结构化背景时,这类滤波方法不能完全平滑边缘,从而导致对弱小运动目标的检测概率降低,虚警概率增大。在这种情况下,为了使有用的目标特征被保留并得到有效增强,则必须要对结构化背景实行自适应的抑制将弱小目标从中检测出来。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种红外弱小目标检测方法,以解决现有技术在背景为复杂的结构化背景时,对弱小运动目标的检测概率低的问题。

[0005] 为解决所述问题,本发明提供一种基于多尺度双边最优化的红外图像弱小目标检测方法,包括:

[0006] (1)读入红外图像;

[0007] (2)对读入的红外图像进行背景抑制,所述背景抑制过程包括:

[0008] a.分解图像

[0009] 设定分解图像的尺度数和方向数,采用塔型对偶树方向滤波器组对读入图像按设定尺度数分解和设定方向数分解,各级分解后的图像尺寸之和为上一级图像的尺寸,各级分解后的图像的数目之和为上一级图像的数目;

[0010] b.采用双边滤波方法修改各个方向的高频方向子带系数;

[0011] c.采用中值滤波方法修改低频子带系数;

[0012] d.重构图像

[0013] 采用塔型对偶树方向滤波器组逆变换逐级对子带系数进行方向重构和尺度重构,

获得估计的背景图像；

[0014] e.获得目标残差图像；

[0015] 将读入的所述红外图像与重构获得的所述估计的背景图像相减,得到背景抑制的结果图像；

[0016] (3)提取弱小目标,所述提取弱小目标的步骤包括：

[0017] a.采用蚁群算法,利用背景抑制后的结果图像作为启发信息来计算蚂蚁的状态转移概率；

[0018] b.每次循环过后,信息素按照蚂蚁系统中的信息素更新机制进行更新；

[0019] (4)获得结果图像

[0020] 根据信息素分布分割图像提取目标。

[0021] 进一步,提取目标的方法包括:蚂蚁搜索的路径随循环次数的增加逐渐向目标区域收敛,其在蚁群算法中表现为目标路径上遗留的信息素明显大于其他区域,在到达指定迭代次数和循环次数后,如果节点(i,j)上的信息素满足

[0022] $\tau''_{i,j} \geq \tau'_{\max}$

[0023] 则节点(i,j)标记为目标,否则为背景。

[0024] 进一步,所述背景抑制结果作为蚁群算法中的启发信息,并对信息素进行二次更新。

[0025] 进一步,所述红外图像包含淹没于强起伏背景杂波的弱小目标,所述复杂背景包括云层边缘、大面积连续起伏的云。

[0026] 进一步,采用塔型对偶树方向滤波器组对图像进行尺度分解,每级分解均包含一个两通道的二维多分辨率滤波器组和一对常规 2^n 通道的二维方向滤波器组。

[0027] 进一步,读入红外图像的步骤包括:采用红相仪产生红外图像,采用计算机键盘和鼠标将所述红外图像读入计算机。

[0028] 本发明所提供的方法在塔型对偶树方向滤波器组变换域对红外图像进行分解,采用双边滤波方法对分解后的各向异性区域的目标信号进行增强,并利用蚁群算法的优化性能完整地提取目标信号,有效地保持原图像中目标的辐射特性,对红外图像的同质区域复杂背景抑制效果性能优良,使纹理区域的相干斑得到有效的去除,纹理结构清晰,各项客观评价指标都优于现存的多种方法。

[0029] 本发明与现有技术相比具有以下优点：

[0030] 第一,本发明采用塔型对偶树复方向滤波器进行多尺度和多方向分解,因其具有丰富的尺度、方向信息以及平移不变性等特性,使得红外图像经处理后目标信号增强、轮廓边缘信息减弱,提高了目标的定位精度。

[0031] 第二,本发明在多尺度多方向分解的基础上,采用双边滤波处理分解后的高频子带系数,考虑了单个孤立位置的像素与相邻像素的相互关系和作用,充分利用了局部区域灰度和几何结构相似性等信息,很好地保留并增强弱小目标信号,有效改善图像整体信杂比和对比度。

[0032] 第三,本发明利用人工蚁群算法寻求最优化解的性能,在图像预处理的基础上,有效地将背景抑制后图像中的弱小目标进行提取,精确标识出目标在图像中的位置。

附图说明

- [0033] 图1是本发明实施例提供的基于多尺度双边最优化的弱小目标检测方法流程图；
- [0034] 图2是本发明实施例提供的背景抑制的流程图；
- [0035] 图3是本发明实施例提供的提取弱小目标的流程图；
- [0036] 图4是本发明实施例中塔型对偶树方向滤波器组结构示意图，其中图4a为分解部分，图4b为重构部分。对于多尺度表达，块P和Q能被迭代到更低尺度；
- [0037] 图5为本发明实施例中双树方向滤波器组频域分解示意图，其中图5a为二级分解 $n=2$ ，图5b为三级分解 $n=3$ ；
- [0038] 图6为本发明与最大中值滤波方法抑制纹理复杂的云层背景的性能比较效果图，其中图6a为未经处理的原始图像，图6b为最大中值滤波方法的处理效果图，图6c为本发明抑制背景后的效果图，图6d为本发明弱小目标检测的效果图；
- [0039] 图7为本发明与最大中值滤波方法抑制大面积连续云层背景的性能比较效果图，其中图7a为未经处理的原始图像，图7b为最大中值滤波方法的处理效果图，图7c为本发明抑制背景后的效果图，图7d为本发明弱小目标检测的效果图；
- [0040] 图8为本发明与最大中值滤波方法抑制强起伏云层背景的性能比较效果图，其中图8a为未经处理的原始图像，图8b为最大中值滤波方法的处理效果图，图8c为本发明抑制背景后的效果图，图8d为本发明弱小目标检测的效果图。

具体实施方式

[0041] 下文中结合附图和实施例对本发明做进一步说明：

[0042] 图1是本发明实施例提供的基于多尺度双边最优化的弱小目标检测方法流程图，本实施例所提供的基于多尺度双边最优化的弱小目标检测方法包括：读入红外图像；背景抑制；弱小目标提取；获得结果图像。

[0043] 步骤一，读入红外图像。

[0044] 采用红外热像仪产生一幅红外图像，并利用计算机的键盘和鼠标将所述红外图像读入计算机中。图6a、图7a、图8a所示的原始图像即为计算机设备读入的未处理的红外图像。所述红外图像包含淹没于强起伏背景杂波的弱小目标，所述复杂背景包括云层边缘、大面积连续起伏的云。如图6a、图7a、图8a所示，未处理的红外图像中背景较为复杂，弱小目标很难被检测出来。

[0045] 步骤二，对读入的红外图像进行背景抑制，将图像中的背景杂波尽可能地去除。

[0046] 图2是本发明实施例提供的背景抑制的流程图，包括：对所述红外图像进行多尺度分解、多方向分解；在对图像进行分解的基础上，最大中值滤波处理低频部分、双边滤波处理高频部分；接着重构图像，最后通过获取目标残差图像得到背景抑制结果。

[0047] (1)多尺度、多方向分解图像

[0048] 所述分解的尺度数和方向数可以根据检测精度的要求，进行设定。

[0049] 采用塔式对偶树方向滤波器组(PDITDFB)按设定的尺度数和方向数分解读入的红外图像，各级分解后的图像尺寸之和为上一级图像的尺寸，各级分解后的图像的数目之和为上一级图像的数目。

[0050] 本实施例中,通过塔式对偶树方向滤波器组进行3级尺度分解,每级的方向数依次按4/4/8对含背景杂波的图像进行多尺度和多方向分离,获得各尺度各方向的子带系数。

[0051] 塔式对偶树方向滤波器组由可平移塔型滤波器和一个对偶树 2^n 通道的方向滤波器(对偶树方向滤波器,DT-DFB)组实现。利用可平移塔型滤波器组提供一个多分辨率的图像分解,DT-DFB提取方向信息,得到图像在不同尺度和不同方向上的分解系数。塔式对偶树方向滤波器组的第一层分解如图4(a)所示,将红外图像 $x(n)$ 读入塔式对偶树方向滤波器组中,在可平移塔型滤波器组中通过高通滤波器 $R_0(w)$ 和低通滤波器 $L_0(w)$ 将图像分解为两部分:高频部分和低频部分。其中,高频部分在不同方向进行分解,低频部分则进入次级分解过程,再次分解为高频和低频两部分;次级高通滤波器 $R_1(w)$ 输出的高频成分通过DT-DFB分别经由原始方向滤波器和对偶方向滤波器输出生成 2^n 个用复数形式表示的复值子带的实部和虚部, $\tilde{H}_i(z)$ 代表复值子带的实部, $\tilde{H}_i^H(z)$ 代表复值子带的虚部, i 为分级层级数。低通滤波器 $L_1(w)$ 输出的低频成分则再次进入次级分辨率的下一层分解,即图4(a)中块P通过不断迭代来提供多尺度分解。

[0052] 对偶树方向滤波器组(DT-DFB)可以有效地标识图像的方向信息。DT-DFBs可以理解为由两个不关联且构造过程完全相同的方向滤波器(DFBs)树形结构组成,分别对应于复值图像的实部和虚部。该结构可以把信号的频谱 $[-\pi, \pi]$ 分成 2^n 个楔形区域, n 为每层分级的方向系数,每个楔形区域获取相应方向的细节信息,其分解示意图如图5所示,其中图5(a)为 $n=2$ 时两级方向分解,将图像按 0° 、 45° 、 135° 、 180° (与 x 轴的夹角)分为4个方向进行分解;图5(b)为 $n=3$ 时三级方向分解,将图像按 0° 、 22.5° 、 45° 、 67.5° 、 90° 、 112.5° 、 135° 、 157.5° 、 180° 分8个方向进行分解。

[0053] 经过所述多尺度多方向分解图像的步骤后,红外图像被分解为高频方向子带和低频子带。高频方向子带对应于图像纹理较密的部分,该部分包含目标信息以及云层边缘等信息。低频子带对应于图像纹理较疏的部分,该部分包含图像中背景较为平坦的区域。

[0054] (2)采用双边滤波方法修改各个方向的高频方向子带系数。

[0055] $\{C_{h,j}^f(m), C_{l,j}^f(m), j=1,2,3\}$ 表示采用塔式对偶树方向滤波器组变换分解后各个子带系数,其中 $C_{l,j}^f(m)$ 为低频子带系数, $C_{h,j}^f(m)$ 为各个带通子带系数。于是,自适应背景估计可以表示为:

$$[0056] \quad C_{h,j}^B(p,q) = \sum_{(m,n) \in \Omega} w(m,n) C_{h,j}^f(p-m, q-n) = W^T S$$

[0057] 式中, $W = \{w(m,n)\}$ 为加权系数, Ω 为带通区域 (p,q) 的某个邻域。其加权系数 w 为:

$$[0058] \quad w(m,n) = \frac{1}{Ch} e^{-\frac{\|m-n\|^2}{2\sigma_d^2}} e^{-\frac{\|N(m)-N(n)\|^2}{2\sigma_r^2}}$$

$$[0059] \quad Ch = \sum_{n \in \Omega(m)} e^{-\frac{\|m-n\|^2}{2\sigma_d^2}} e^{-\frac{\|N(m)-N(n)\|^2}{2\sigma_r^2}}$$

[0060] 式中, σ_d 和 σ_r 分别控制空间和子带系数域的权值自由度,其分别与子带系数间的距离和系数值有关可以通过有限次试验获得。 m 与 n 均代表图像中某一点的二维坐标; Ω ($\square$)为子带 $C_{j,h}^f(\square)$ 的邻域空间,代表图像中以某点为中心的一个区域,该区域的大小应根据

目标大小选取,一般为 3×3 ; $N(m)$ 代表 m 点处的子带系数值即图像的灰度值; Ch 为归一化常数。

[0061] 由于双边滤波结合了空间和灰度域两种滤波,权值 w 取决于子带空间和子带系数值的欧式距离,因此能适应子带背景变化复杂的情况,对子带中较强的结构性特征背景分量的抑制效果明显。

[0062] (3)采用中值滤波方法修改低频子带系数。

[0063] 本发明实施例中,选取大小为 5×5 、中心位于低频子带系数 $\{C_{i,j}^f\} (j=1,2,3)$ 位置 (s, t) 的滤波窗,对该窗口内的25个子带系数 $x(s, t)$ 的采样值进行从小到大排序,取其中间第13个数作为该中心系数 $x(s, t)$ 的滤波结果,如下式所示:

$$[0064] \quad x(s, t) = \text{median} \left(\begin{array}{l} x(s-2, t-2), x(s-2, t-1), \dots, x(s, t), \dots, \\ \dots, x(s+1, t-1), x(s+2, t-2) \end{array} \right)$$

[0065] 根据以上各式遍历低频子带 $C_{i,j}^f$ 的每一个系数,可得到修改的背景子带 $C_{i,j}^B$ 。中值滤波可以保持原图像的边缘特征,滤掉尖峰性干扰和点状小目标等高频分量,可以有效的去处背景中的弱小目标,估计背景子带系数。

[0066] (4)重构图像

[0067] 本发明实施例中采用塔式对偶树方向滤波器组重构子带系数,获得背景抑制图像。重构过程为塔式对偶树方向滤波器组分解的逆过程。如图4(b)所示, $\tilde{H}_i(z)$ 和 $\tilde{H}_i^H(z)$ 由原始方向滤波器和对偶方向滤波器组处理后经由高通滤波器 $R_1(-w)$ 合成高频部分,得到的高频部分与低通滤波器 $L_1(-w)$ 形成的低频部分合成并经由上一级的低通滤波器 $L_0(-w)$ 处理得到上一级的低频部分,并与上一级的高频部分再次合并,通过不断重复该过程得到重构图像 $y(n)$ 。重构过程通过重构高频部分和低频部分获得,如图4(b)中块Q通过不断迭代来重构并合成最后的图像。

[0068] 首先,重构高频方向子带 $\{C_{h,j,i}^B\} (j=1,2, 1 \leq i \leq 4; j=3, 1 \leq i \leq 8)$,去除方向信息,获得高频子带系数 $\{C_{h,j}^B, (j=1,2,3)\}$;其次,重构高频子带 $C_{h,3}^B$ 和低频子带 $C_{i,3}^B$,获得上一级的低频子带 $C_{i,2}^{B'}$,同理再进行上一级的重构并最终获得估计背景图像 C^B 。

[0069] (5)获得目标残差图像

[0070] 将重构获得的估计的背景图像与原始图像相减,即将步骤一读入的红外图像与此时获得的估计背景图像 C^B 相减,便可获得背景抑制结果。如图6c、图7c、图8c所示。

[0071] 步骤三,提取弱小目标

[0072] 图3是本发明实施例提供的提取弱小目标的流程图,包括:设置蚁群初始参数,所设置的初始参数包括蚂蚁数目和循环次数;蚁群随机分布在图像像素点上;设置启发信息;计算状态转移概率;更新信息素,计算是否所有蚂蚁遍历,如果是则二次更新信息数,并计算是否到达指定循环次数,如果到达指定循环次数,则提取目标;如果没有到达指定循环次数,则回到计算转移状态概率的步骤;如果不是所有蚂蚁遍历,也回到计算转移状态概率的步骤。

[0073] (1)计算蚂蚁的状态转移概率;

[0074] 假设数量为 m 的蚁群随机分布在步骤二得到的背景抑制后图像的像素点上,并在一个像素为 $M \times N$ 的图像中运动,像素中的每一个点被看作是节点。在蚁群搜索过程中,每一个蚂蚁根据信息素及启发信息从其8领域节点中按状态转移概率选择下一个节点,直到满足搜索中止条件,并遍历所有蚂蚁。蚂蚁根据各路径上的信息素及路径的启发信息来计算转移概率,令 R 为节点 (i, j) 的8领域内所有节点的集合,第 n 只蚂蚁从节点 (i, j) 转移到邻近节点 (r, s) 的概率为:

$$[0075] \quad P_{(i,j),(r,s)}^{(n)} = \begin{cases} \frac{(\tau_{(i,j)})^\alpha (\mu_{(i,j)})^\beta}{\sum_u \sum_v [\tau(u,v)]^\alpha [\mu(u,v)]^\beta} & (u,v) \in R \\ 0 & other \end{cases}$$

[0076] 式中, α 和 β 为控制信息素和启发信息的权值因子; $\tau_{i,j}$ 是节点 (i, j) 上的信息素; $\mu_{(i,j)}$ 是节点 (i, j) 上的启发信息。此处将步骤二中获得的背景抑制结果作为蚁群算法中的启发信息,有利于蚂蚁更好地识别图像中的目标区域,更准确地使得蚂蚁向目标区域汇聚。

[0077] (2)更新信息素;

[0078] 每只蚂蚁搜索过后,信息素按照蚂蚁系统中的信息素更新机制进行更新,即:

$$[0079] \quad \tau'_{i,j} = (1-\rho)\tau_{i,j} + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{i,j}^{(k)}$$

[0080] 其中,第 k 只蚂蚁转移到 (i, j) 处时, $\Delta\tau_{i,j}^{(k)} = \tau'_{i,j}$; 其他情况则 $\Delta\tau_{i,j}^{(k)} = 0$ 。

[0081] 传统的蚁群算法信息素的更新机制会造成原访问过的目标路径的信息素随循环次数的增加而趋向于零,为此遍历所有循环次数并在每次循环后将信息素的值域范围限制在 $[\tau_{\min}, \tau_{\max}]$ 区间内,则有信息素的第二次更新:

$$[0082] \quad \tau''_{i,j} = \begin{cases} \tau_{\min}, & \tau'_{i,j} < \tau_{\min} \\ \tau'_{i,j}, & \tau_{\min} \leq \tau'_{i,j} \leq \tau_{\max} \\ \tau_{\max}, & \tau'_{i,j} > \tau_{\max} \end{cases}$$

[0083] 所述的步骤三中采用人工蚁群算法对背景抑制后的结果图像进行优化处理,利用蚂蚁算法的鲁棒性、正反馈、并行性等特点进行仿生进化。

[0084] 步骤四,获得结果图像

[0085] 根据信息素分布分割图像提取目标。蚂蚁搜索的路径随循环次数的增加逐渐向目标区域收敛,其在蚁群算法中表现为目标路径上遗留的信息素明显大于其他区域,在到达指定迭代次数和循环次数后,如果节点 (i, j) 上的信息素满足

$$[0086] \quad \tau''_{i,j} \geq \tau_{\max}$$

[0087] 则节点 (i, j) 标记为目标,否则为背景。由此便获得本发明实施例中弱小目标检测的结果图像,如图6d、图7d、图8d所示。

[0088] 分别比较图6d与图6b、图7d与图7b、图8d与图8b,其中图6(b)、7(b)、8(b)为仅采用最大中值滤波法得到的弱小目标检测的结果图像。由图可见,本发明在很好地保留并增强弱小目标信号的同时较好地抑制了纹理复杂、大面积连续变化以及强起伏的云层背景,能够精确定位并提取出淹没于复杂背景中的红外弱小目标。

[0089] 本发明虽然已以较佳实施例公开如上,但其并不是用来限定本发明,任何本领域

技术人员在不脱离本发明的精神和范围内,都可以利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出可能的变动和修改,因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化及修饰,均属于本发明技术方案的保护范围。

[0090] 综上,本发明的优点包括:

[0091] 第一,本发明采用塔型对偶树复方向滤波器进行多尺度和多方向分解,因其具有丰富的尺度、方向信息以及平移不变性等特性,使得红外图像经处理后目标信号增强、轮廓边缘信息减弱,提高了目标的定位精度。

[0092] 第二,本发明在多尺度多方向分解的基础上,采用双边滤波处理子带局部邻域内和邻域间系数值,考虑了单个孤立位置的像素与相邻像素的相互关系和作用,充分利用了局部区域光度、灰度和几何结构相似性等信息,很好地保留并增强弱小目标信号,有效改善图像整体信杂比和对比度。

[0093] 第三,本发明利用人工蚁群算法寻求最优化解的性能,在图像预处理的基础上,有效地将背景抑制后图像中的弱小目标进行提取,精确标识出目标在图像中的位置。

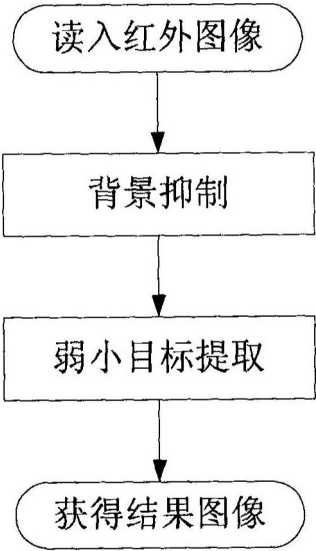


图1

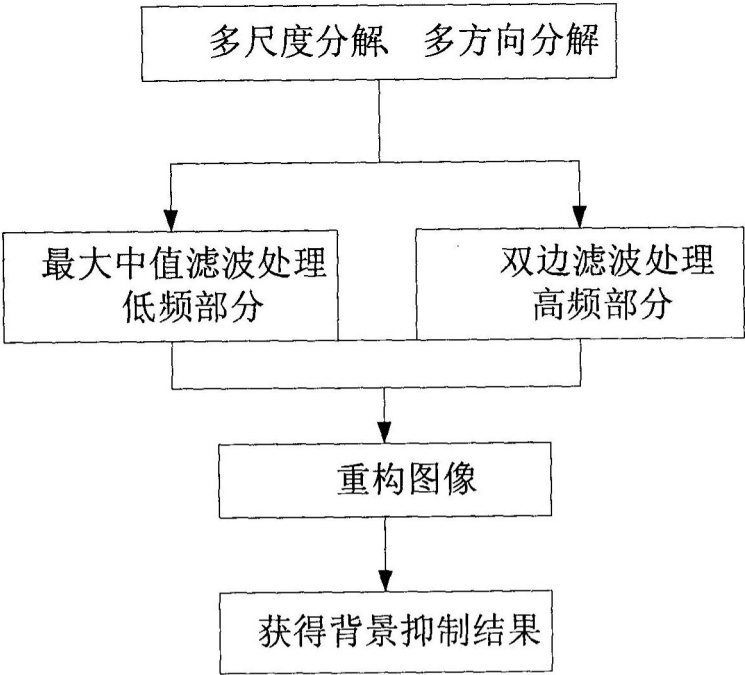


图2

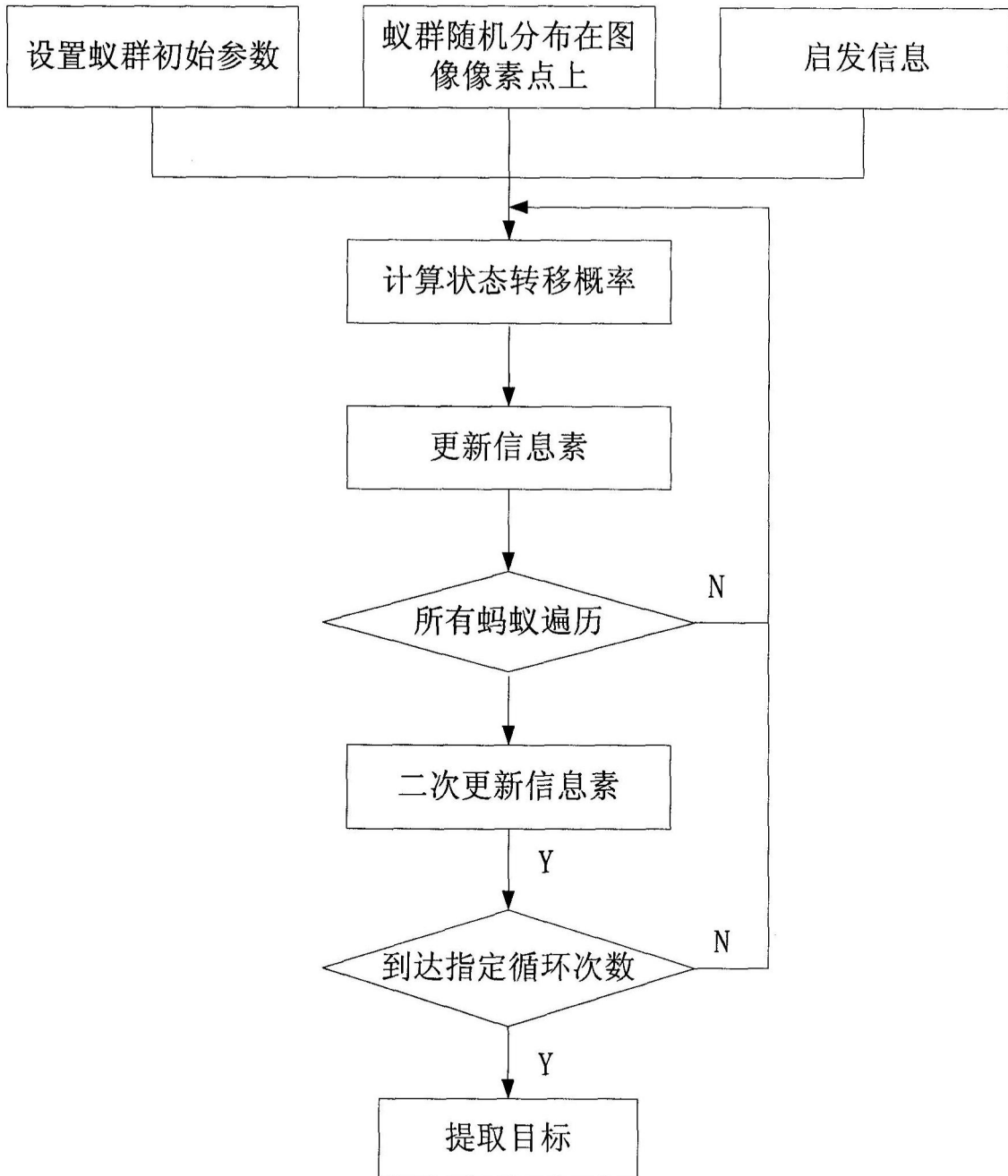
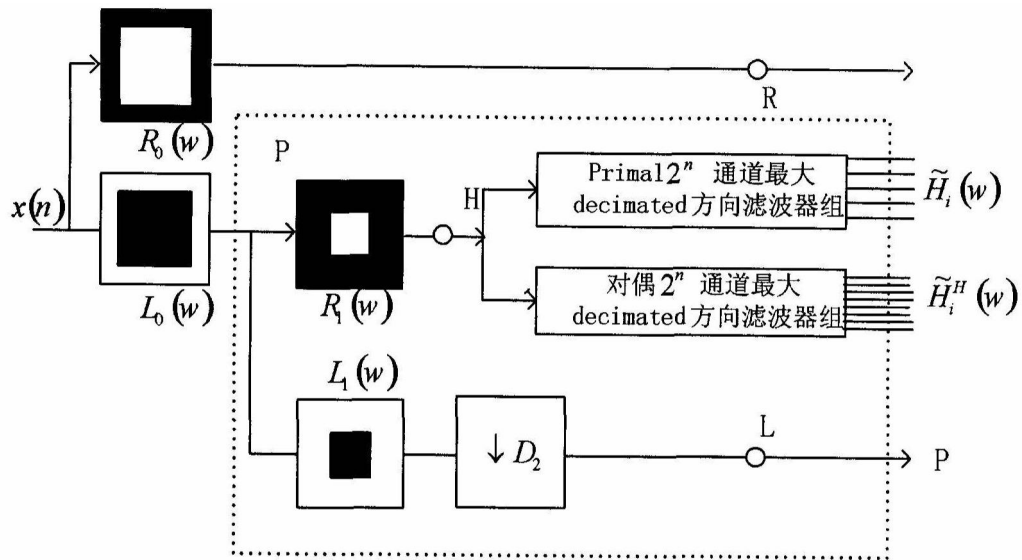
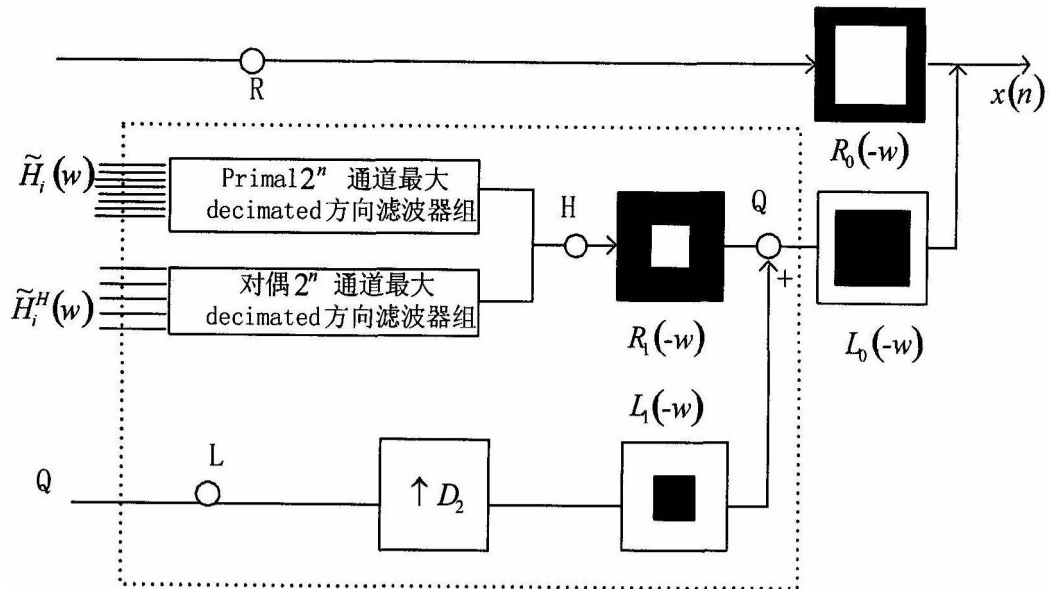


图3



(a)



(b)

图4

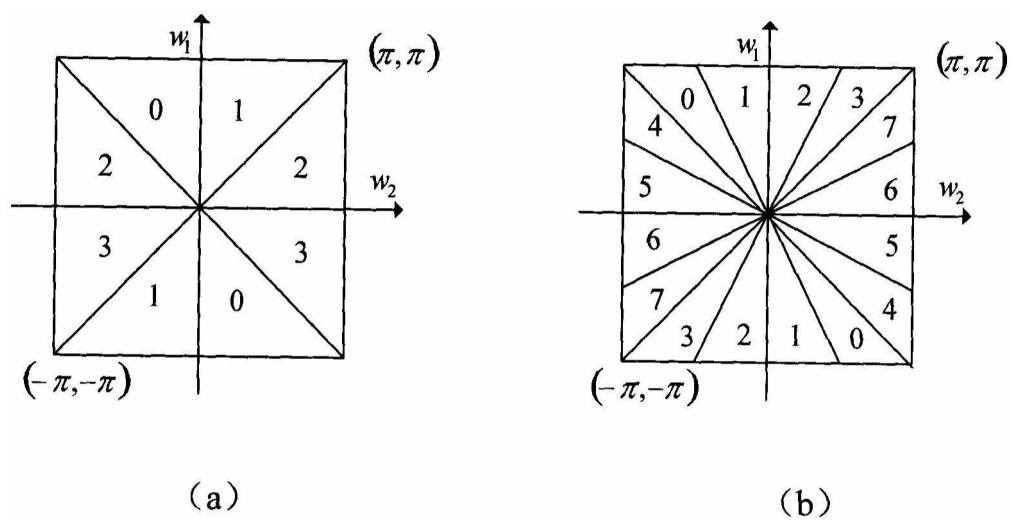


图5

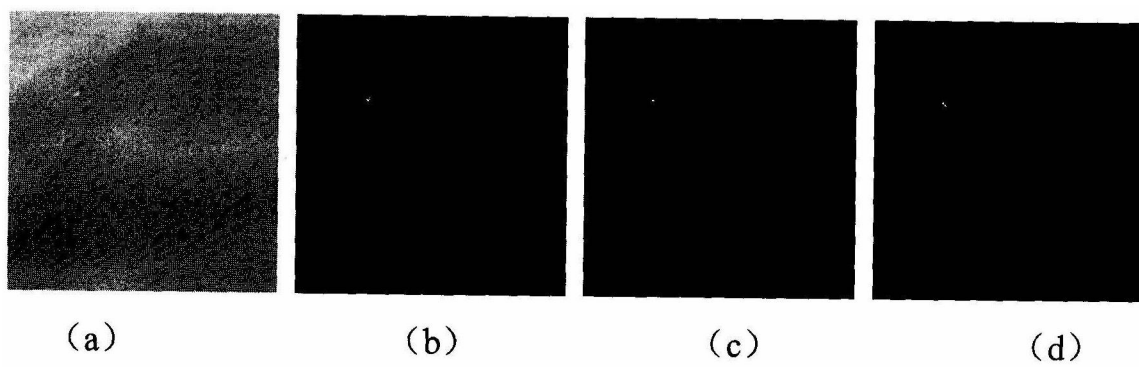


图6

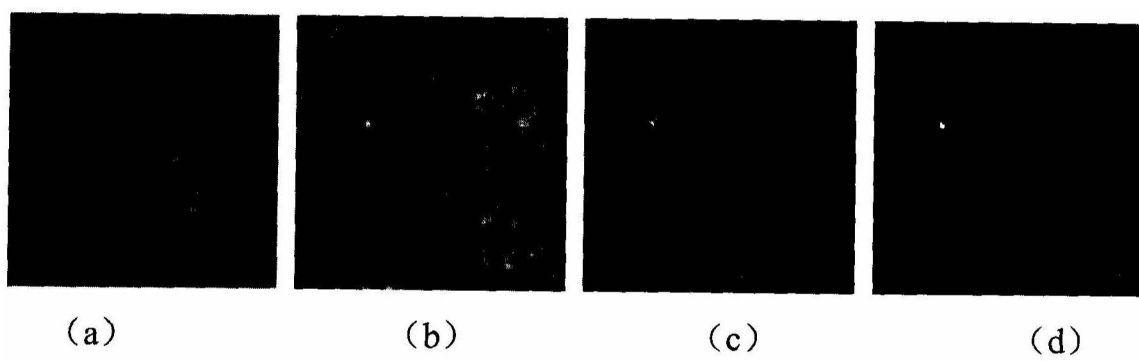


图7

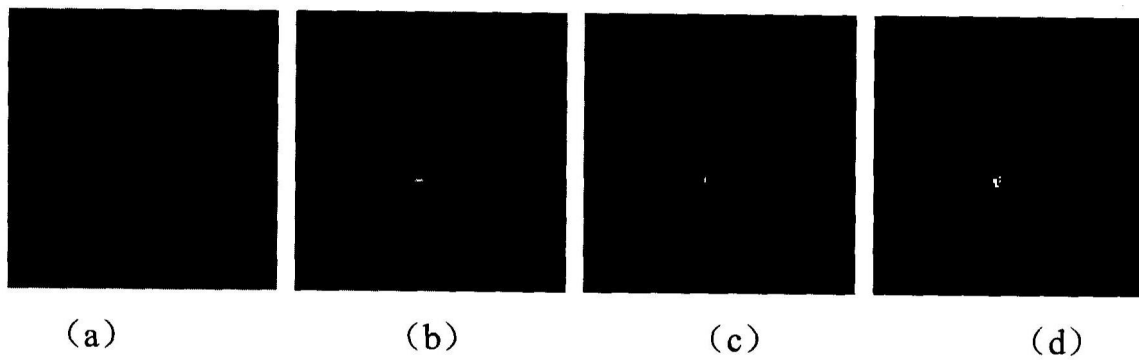


图8