

## 基于目标模型的红外弱小目标预检测

刘建华, 毕笃彦, 叶广强

(空军工程大学工程学院, 陕西西安 710038)

**摘要:**为解决高空背景中低信噪比运动点目标的检测问题,本文提出了一种利用红外弱小目标和背景的不同模型来实现检测小目标的预检测方法。根据在同一帧图像中红外弱小目标与噪声点在局部图像中特性的不同,提出检测局部图像中一个点与目标模型的相似程度来判断是否为红外弱小目标的预检测方法。实验表明,该方法可以有效提高单帧目标的信噪比,可用于噪声环境的红外弱小目标检测。

**关键词:** 红外弱小目标; 目标预检测; 目标模型

**中图分类号:** TN219    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1009-3516(2006)05-0036-03

低信噪比条件下的红外小目标检测,在单帧检测很难检出目标<sup>[1]</sup>,通常单帧检测的任务是通过处理提高小目标的信噪比和减小背景噪声,检测输出目标和少量噪声点,为利用帧间性质检测出目标提供保证。可使用的方法有通带滤波<sup>[2]</sup>,基于数学形态学的滤波方法<sup>[3]</sup>,基于小波变换的方法<sup>[4]</sup>,基于背景和目标模型的性质不同来检测目标<sup>[5]</sup>等。本文提出了一种利用红外弱小目标和背景的不同模型来实现小目标的预检测方法。

## 1 目标模型

从光学角度看,点目标经红外成像系统形成的图像可模型化为1个在2维空间的离散余弦脉冲<sup>[6-9]</sup>。

$$T(R, i, j) = A[1 + \cos(\pi/R\sqrt{i^2 + j^2})], i^2 + j^2 \leq R^2 \quad (1)$$

式中: $A$ 是目标强度; $R$ 是目标范围; $i, j$ 是目标在二维图像中的坐标,它表示了目标图像的强度和大小。

由于多种因素的综合作用,在低信噪比条件下,图像中有较强的白噪声。图像中背景是大面积缓变的云层,在局部图像来看,云层的灰度是基本相同的,缓变的,没有明显的极大值点,因此本文着重考虑目标与噪声的特点而忽略云层,并不影响对目标的检测。

图1是目标模型,图2是白噪声。可以看出,二者在局部图像中的差异巨大。目标在局部图像中有1个最大值,其它部分连续变化,而噪声在局部中不只有1个极大值,且变化很快。可以利用这个区别来提高目标的信噪比和检测目标。在低信噪比(小于2)的情况下,目标和噪声叠加在一起,而且噪声的幅值可能会大于目标幅值。根据目标模型,我们利用等效处理的方法对红外图像进行局部处理,提高目标的信噪比,进而提高检测概率。

点目标的能量见式(2),对于两个能量相同的点目标有式(3),由式(3)得式(4)。

$$E = \iint |T(R, i, j)|^2 di dj = \frac{3\pi^2 - 20}{2\pi} A^2 R^2 \quad (2) \quad E_1 = E_2 \quad (3) \quad A_1/A_2 = R_2/R_1 \quad (4)$$

因此,在能量相同的条件下用一个范围较小的等效目标来代替图像中的目标,这样可以较大的提高目标的信噪比,为检测目标提供有利条件。

收稿日期:2005-09-06

作者简介:刘建华(1976-),男,陕西西安人,讲师,博士生,主要从事图像处理、电子对抗研究;  
毕笃彦(1962-),男,陕西扶风人,教授,博士生导师,主要从事图像处理等研究。

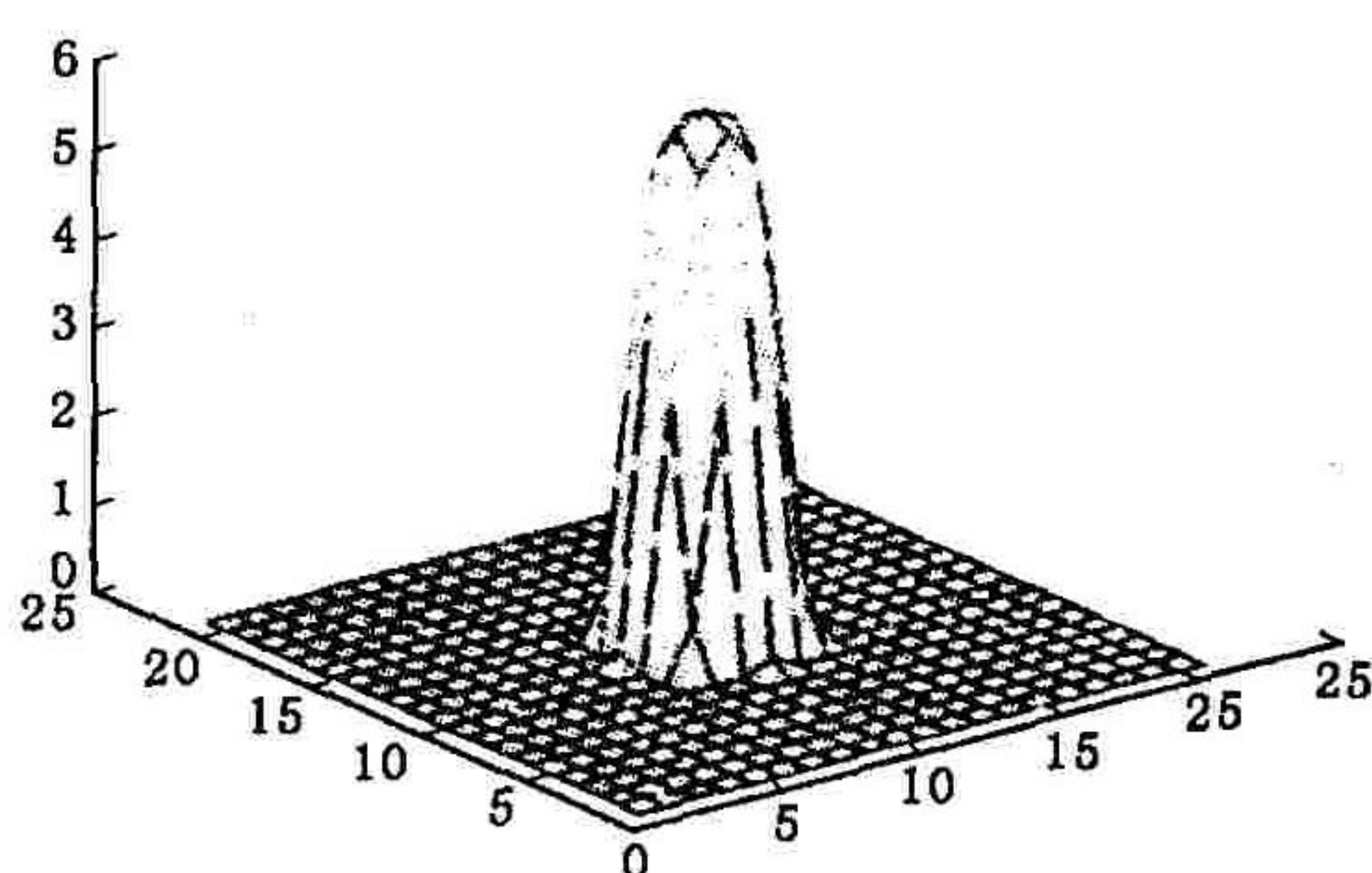


图1 目标模型

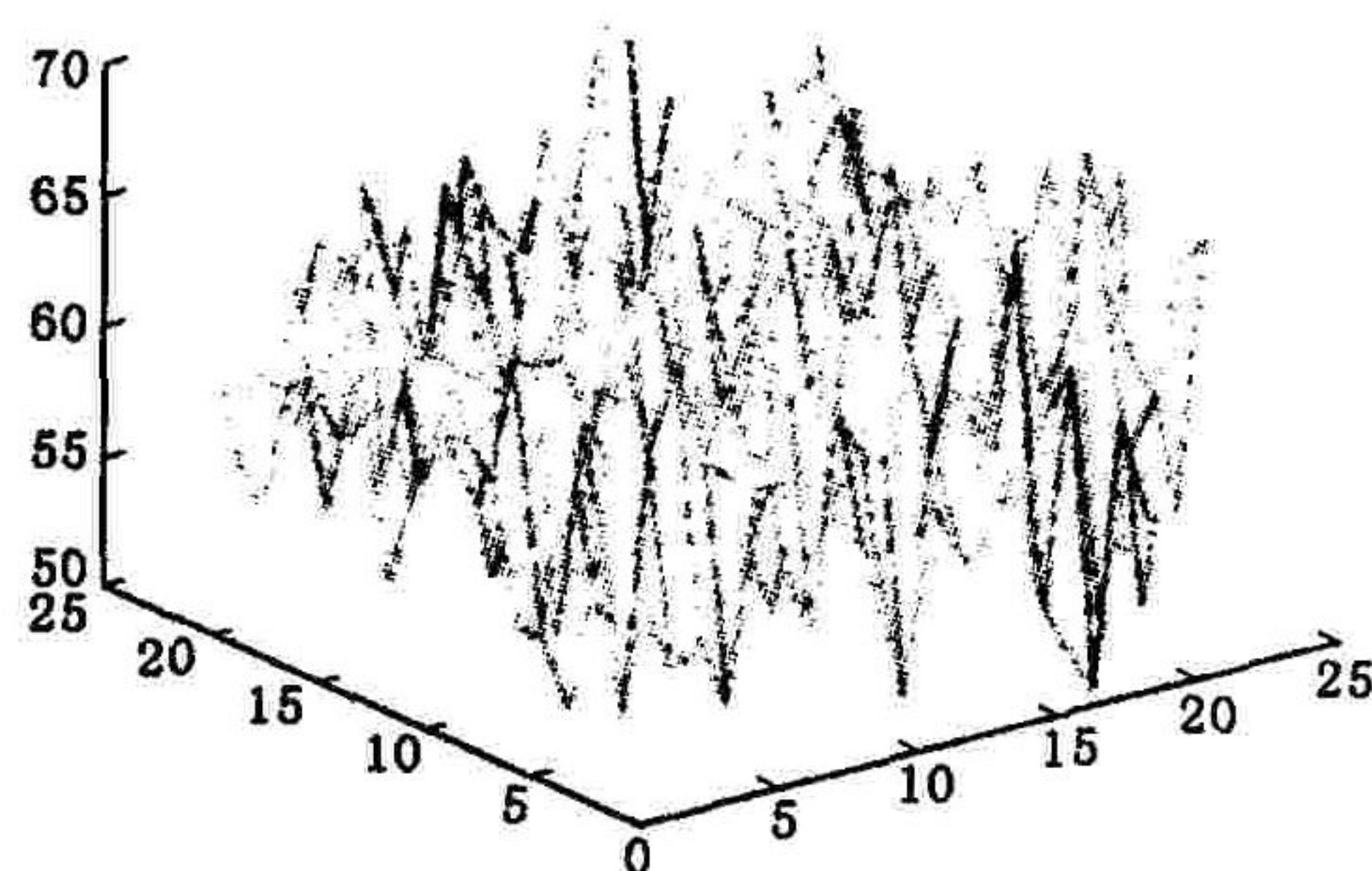


图2 白噪声

## 2 实现方法

第1步,选择局部最大值点(极大值点)。

对于第 $i$ 个极大值点应有  $m_{axi} > \bar{m}$ ,  $\bar{m}$  是图像均值。

第2步,对可能的目标点进行局部处理。

选择在合适的局部区域内进行判别,通过实验,选择  $15 \times 15$  像素作为局部区域检测的范围。

针对一个选定的极值点,以极值点为中心,判断周围像素的灰度值是否符合目标模型的范围,如果符合,就进行等效替换,并记录相应的范围和幅值。判断顺序应以极值点为中心分别向周围辐射展开查找。判断条件是:极值点的灰度值最大,向外扩展后,外层点的灰度不大于内层点;并且外层点的平均灰度要小于内层点的平均灰度。当不满足判断条件,就停止,完成一次判别,记录停止点到极大值的距离和灰度差。等效替换是用距离与灰度差的乘积来叠加到极大值点来代替极大值点的原灰度。定义一个参数  $\alpha$ ,它是  $15 \times 15$  局部区域内除判断点外的灰度最大值与判断点灰度的比值。表示了图像的灰度起伏程度,与目标的信噪比有关。 $0 \leq \alpha \leq 1$ ,显然, $\alpha$  越大,图像的灰度起伏越大,目标的信噪比越低。

第3步,设置门限,输出目标点。

在判断完所有的极大值点后,把等效变化值从大到小排序,输出前  $n$  个作为可能的目标点进行进一步判别。门限的选择应该是使目标点能够输出而噪声点尽量少。

## 3 预检测流程

第1步,读入1帧图像。

第2步,搜索全图,找出所有大于图像均值的极大值点。

第3步,读入1个极大值点,判别符合目标模型的范围并进行等效替换。如此循环,对所有极大值点进行判别。

第4步,选择合适门限,输出目标。

在获得目标列表后,可以利用目标的时间特性,采用帧间相关等方法来进一步检测并跟踪目标。如采用流水线法<sup>[1]</sup>进行检测。

## 4 仿真实验与结论

本文对实际拍摄的红外图像进行检测(参见表1)。图3是原始图像,每幅图像中包含一个点目标,图像分辨率  $576 \times 768$ 。图4是检测结果。使用 matlab7,在 PIV2.0,512M 内存的计算机上运行。

表 检测数据

图像	原始 $SNR_0$	预检测后 $SNR_1$	$SNR_1/SNR_0$	目标坐标	$\alpha$	运行时间/s
子图像(a)	1.894 5	5.494 8	2.900 4	(559,162)	0.01	0.871 9
子图像(b)	1.085 5	4.569 7	4.234 6	(362,315)	0.01	0.920 2

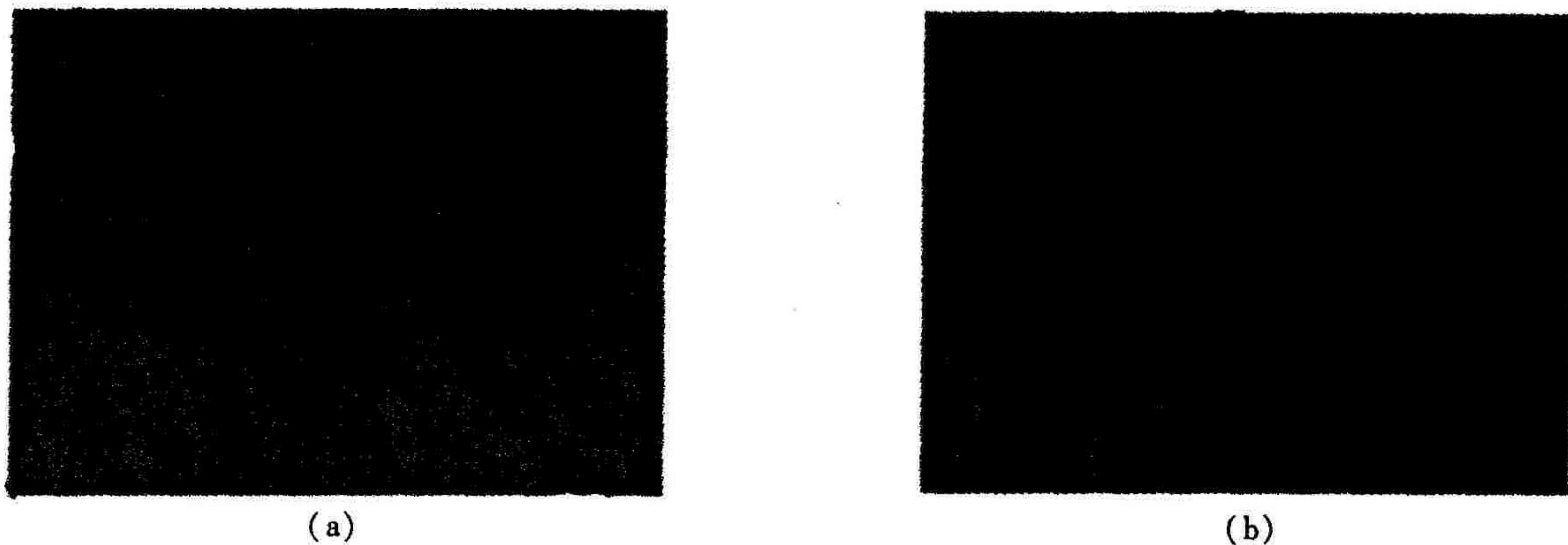


图3 原始图像

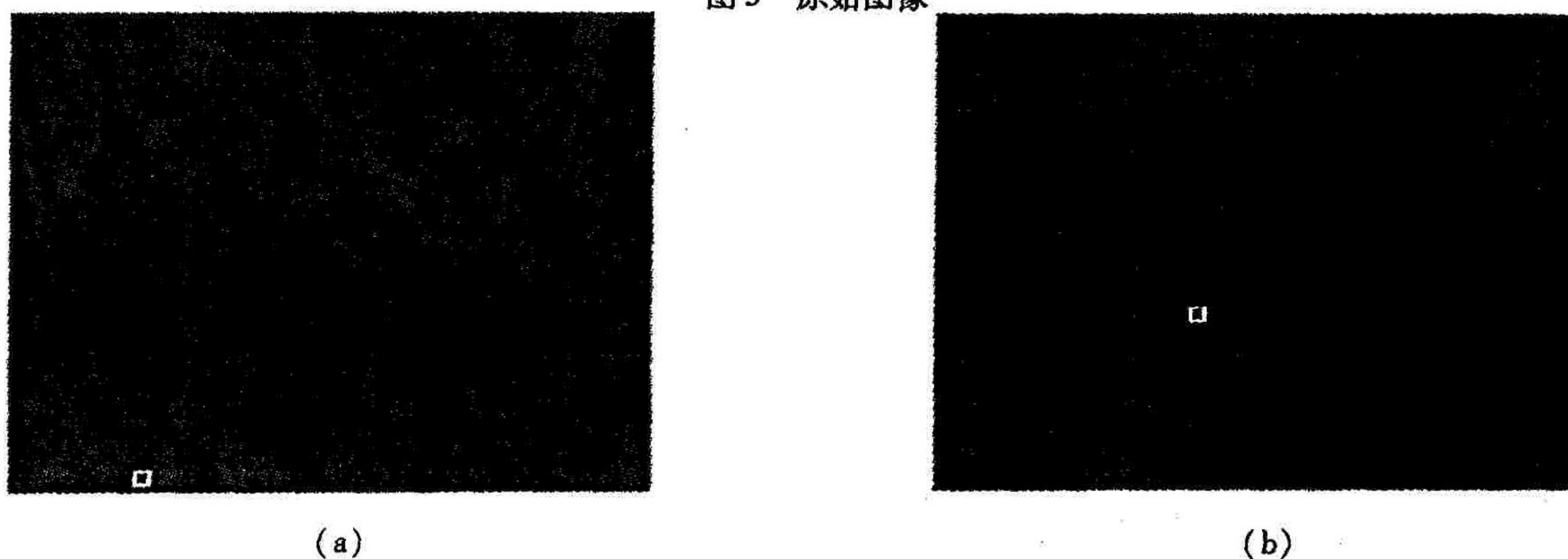


图4 检测结果

通过仿真试验可以看出,使用目标模型的预检测方法,可以有效提高单帧图像内的红外弱小目标的信噪比,并能确定目标的坐标,为可靠检测和跟踪目标提供了保障。

#### 参考文献:

- [1] 彭嘉雄,周文琳. 红外背景抑制与小目标分割检测[J]. 电子学报,1999,12,(27):47-51.
- [2] 周卫祥,孙德宝. 红外图像序列运动小目标检测的预处理算法研究[J]. 国防科技大学学报,1999,21(5):57-60
- [3] 叶 斌,彭嘉雄,卢汉清. 基于顺序形态滤波的红外运动小目标检测[J]. 数据采集与处理,2001,9(16):315-319.
- [4] 李国宽,彭嘉雄. 基于小波变换的红外成像弱小目标检测方法[J]. 华中理工大学学报,2000,5(28):69-71.
- [5] 王岳环,张天序. 基于视觉注意机制的实时红外小目标预检测[J]. 华中科技大学学报,2001,6(29):7-9.
- [6] 张 弘,赵保军,毛二可,等. 复杂背景下红外点目标的检测[J]. 红外与激光工程,2001,30(02):96-98.
- [7] Srephm L Johnston. An Extended Track - Before - Detect Algorithm for Infrared Target Detection [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems ,1997,33(3):1087-1092.
- [8] Toulson D L ,Boyee J F,Bernhard M ,et al. A Probabilistic Frame Work for Tracking Small Objects in Infrared Images [J]. Target Tracking and Defusing,IEEE,1996,25(3):1-3.

(编辑:姚树峰)

Pre -detecting Weak and Small Infrared Target Based on Target Model

LIU Jian - hua, BI Du -yan, YE Guang - qiang

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China)

Abstract:The characteristics of weak and small target are different from these of clutter in smaller area, which is used as a pre - detection weak and small IR target. Experiments are presented to demonstrate that this method can enhance the SNR and can be used in clutter background.

Key words:weak and small infrared target; small target detection; target model