

·信号与信息处理·

## 基于序列图像分组决策算法

蔡 君, 张尚悦, 王书晓, 刘晓光

(海军大连舰艇学院, 辽宁 大连 116018)

**摘 要:** 针对红外运动弱小目标检测中单帧图像检测率低的问题, 在分析了红外图像中运动弱小目标特性的基础上, 提出了一种基于序列图像分组决策检测红外弱小目标的方法。该方法利用图像差分法进行目标信息的提取, 对图像进行扩边, 选取连通域质心来构建滑动邻域块, 最后充分利用目标航迹的连续性和噪声的随机分布特性进行目标位置的决策。实验证明, 序列图像检测方法对红外弱小目标的检测率要高于单帧图像检测率。

**关键词:** 序列图像; 分组决策; 目标检测

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2013)-02-0055-04

## Grouped Decision Algorithm Based on Sequence Image

CAI Jun, ZHANG Shang-yue, WANG Shu-xiao, LIU Xiao-Guang

(Naval Dalian Ship College, Dalian 116018, China)

**Abstract:** According to the problem of low detection rate for single frame image during the small moving infrared target detection process, on the basis of analyzing the characteristics of infrared images of small moving targets, a method for detecting small infrared targets based on sequence image grouped decision is put forward. Image difference method is used to extract target information. Edges of images are expanded and centroid of connected domains is chosen to construct sliding neighborhood blocks. Decisions of target positions are made by making full use of continuity of target tracks and random distribution characteristics of noise finally. The experiments prove that the detection method of sequence image has a higher detection rate than that of single frame image detection method.

**Key words:** sequence image; grouped decision; target detection

利用红外探测器进行空中探测时, 如果目标距离较远, 一般在探测图像中没有明显的形状信息, 呈现为点状, 尺寸偏小, 像素偏少。图像一般含有目标信息、背景信息以及噪声信息, 背景信息主要由大面积的云、雾以及雨等组成, 噪声信息一般是红外探测系统内部的噪声干扰<sup>[1-2]</sup>。红外图像背景干扰面积大, 噪声杂乱, 信噪比低, 如果从目标的大小、形状和特征来进行目标检测, 难度较大, 因此单帧图像检测能力是有限的<sup>[3-4]</sup>。针对远距离小目标检测难度较高的现状, 越来越多的方法开始转向多帧序列图像来检测目标, 常用的方法是管道滤波法<sup>[5-6]</sup>。文中综

合考虑了小目标的特性, 提出了一种充分利用目标航迹相关性以及噪声随机性, 能够快速、准确地检测出运动弱小目标的方法。

### 1 红外运动小目标特性分析

红外运动小目标图像主要包含三方面的信息, 分别是小目标信息、噪声信息以及背景信息<sup>[7]</sup>。

红外运动小目标的特性主要是:

(1) 目标弱小: 红外弱小目标检测对象的“弱”主要是红外探测器接收到的目标的热辐射能量较低, 因此在

收稿日期: 2013-01-09

基金项目: 海军大连舰艇学院科研发展基金资助项目(201212)

作者简介: 蔡君(1988-), 男, 江苏丹阳人, 硕士研究生, 研究方向为红外技术、图像处理等。

输出的红外图像上表现出来的灰度值较低<sup>[8]</sup>。“小”是因为目标距离远,在红外图像上表现出来的目标特征是尺寸较小,通常定义小目标在红外图像中的尺寸大小不大于 $6 \times 6$ <sup>[9-10]</sup>,或者是像素数不超过30个。

(2)运动速度快:运动目标从被检测开始可能就处于高速的运行环境,伴随大量的噪声,要想从单帧图像中判断出真实的运动目标有较大难度,现在普遍采用的是邻帧差分检测法,但目标高速运动时,邻帧间位移较大,此种方法将导致严重的目标区重复现象,极大地影响目标特征参数估计精度。

(3)航迹相关性:运动小目标在视频图像中表现出运动连续性,即它有一定航迹。因为一个小目标在运动过程中,不会从图像中突然消失。在分析小目标的时候,不仅要考虑其在红外图像中的特性,更要考虑其航迹的相关性。依据目标运动的连续性,可以方便找到真实的运动目标并进行目标识别、跟踪以及航迹预测。

(4)噪声分布特性:在红外图像中存在着大量的噪声,一部分是因为探测器本身引起的<sup>[5]</sup>,比如扫描系统的扫描噪声,凝视系统中探测器非均匀性、非线性、行与行直接的噪声,这些噪声去噪处理难度较大。还有一部分是外界背景中包含的噪声,经过特殊的去噪方法处理,可以获得较好的红外预处理图像。

图1所示是一幅30帧序列的含有弱小运动目标的二值图像,从图中可以直观地看到有一条连续的目标轨迹,周围还有很多随机杂乱的噪点。



图1 30帧序列图像航迹图

## 2 基于分组决策的检测方法

### 2.1 算法思想

红外小目标作为一个热辐射体,温度随时间进

行缓慢变化,若不考虑系统噪声和其他干扰的影响,则可认为在相邻帧图像中的目标灰度特性和尺寸特征是不变的。此外红外图像的背景在短时间之内变化不大,这为小目标检测提供了较好的条件依据。运动目标存在航迹相关性,而噪声和背景的产生则是随机的,在时间和空间上没有相关性,因此通过运动目标独有的航迹相关性来判断其位置。对决策图像进行二值化,利用小目标的特性去除大噪声目标,可以提高目标检测的准确性。然后根据噪声的随机性和运动小目标的连续性,即可判断出真实目标所在位置。

### 2.2 图像差分运算

图像差分法是目标检测方法中最快速的方法之一。红外图像由背景、运动小目标和噪声杂波组成,一般可以描述为如式(1)的数学模型

$$f(i, j) = f_B(i, j) + f_T(i, j) + f_Z(i, j) \quad (1)$$

式中, $f(i, j)$ 表示的是红外图像, $f_B(i, j)$ 表示的是红外图像中的背景信息, $f_T(i, j)$ 表示的是红外图像中的目标信息, $f_Z(i, j)$ 表示的是红外图像中的噪声和杂波信息。

$$f(m) = f_B(m) + f_T(m) + f_Z(m) \quad (2)$$

$$f(n) = f_B(n) + f_T(n) + f_Z(n) \quad (3)$$

由式(2)减式(3)得

$$f(m) - f(n) = f_B(m) - f_B(n) + f_T(m) - f_T(n) + f_Z(m) - f_Z(n) \quad (4)$$

式(2)表示的是在 $m$ 时刻的红外图像,式(3)表示的是在 $n$ 时刻的红外图像,式(4)表示的是在 $m$ 时刻的红外图像,式(3)表示的是在 $n$ 时刻和 $m$ 时刻的红外图像差分运算式。将同一背景不同时刻两幅图像进行比较,可以反映出—个运动物体在此背景下运动的结果。经过分析,运动背景变化较缓慢,噪声的出现绝大部分是因为探测器系统内部的噪声,相邻图像差分之后,在相减后的图像中,灰度不发生变化的那部分被减掉,包括大部分背景、噪声和一小部分目标,所以经过差分运算之后的图像保留了大部分运动目标信息,还遗留少量一些背景和噪声信息。

### 2.3 扩边

经过二值化处理的图像连通域会出现在其边缘的现象,因此需要对此图像进行扩边。扩边就是分别将图像的上下左右边界都扩大一定的尺寸,如图2所示:图像中的黑色区域为原图信息,外面的黑色边

框区域为扩边后增大的尺寸,扩大的范围所有像素的值为0。A、D处邻域块超出了原有图像的边界而导致不能进行处理,而B、C处邻域块则可以顺利进行处理。

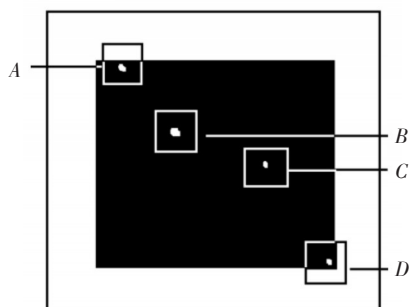


图2 扩边

经过扩边之后连通域的质心位置所确定的邻域块的大小就能够很好地适应图像的大小,处理后的图像不仅能够呈现原来图像的信息,而且增加的尺寸能够很好地适应图像处理的需要。但是这种扩边操作也给编程实现带来了很大的不便,在后续的实验必须保证坐标转化的正确性。

### 2.4 分组决策检测流程

基于分组决策的红外弱小目标检测流程如图3所示。

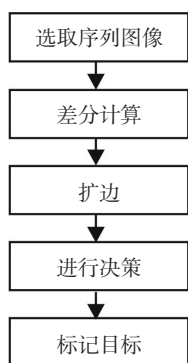


图3 目标检测流程图

具体操作步骤如下:

步骤1:根据帧差法原理,随机抽取连续的 $m$ 帧图像 $\{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ ,对这组红外图像进行相邻帧的差分运算来消除其背景噪声,得到 $m-1$ 幅差分图像并二值化,记为 $\{B_1, B_2, \dots, B_{m-1}\}$ 。

步骤2:对每幅二值化的图像进行扩边,上下左右行、列扩展均扩相等的数值 $q$ 。

步骤3:对扩边后的图像消除较大面积的连通

域,面积大于阈值 $Th$ 的连通域都将消除。

步骤4:对消除了大噪声的二值化图像进行质心标注,并且将每幅图像中的质心坐标统计到相应的质心数组中,记为 $\{U_1, U_2, \dots, U_i\}$ ,其中 $i>0$ 。

步骤5:选取第二幅二值化图像的质心数组,计算其邻域块,定义邻域块大小为 $r \times c$ ,用其邻域块分别对其他 $m-2$ 幅二值化图像进行相同位置的分割,并分别用数组储存其分割图像,记为 $\{C_1, C_2, \dots, C_{m-1}\}$ 。

步骤6:定义 $num$ 数值为0,分别对每幅二值化图像同一质心的邻域块分割图像进行判断,如果邻域块内的连通域面积大于等于0,则相应的 $num$ 数值增加1,并分别记录每个质心邻域块的 $num$ 数值大小。

步骤7:对 $num$ 数值大小进行判断,若 $num$ 数值为 $m-2$ ,则判断该质心所在位置的连通域为运动目标,并在原图上进行标记,判决结束。

### 3 仿真实验及分析

实验采用了如图4所示的红外序列图像进行测试。观察内容为远距离飞行的机动目标,背景中存在大面积红外云团。实验序列图像的技术参数为:红外图像尺寸为 $200 \times 256$ 像素,小目标尺寸为 $5 \sim 9$ 像素。选取6幅连续图像为一组,扩边大小为20,定义邻域块大小为 $20 \times 20$ 。

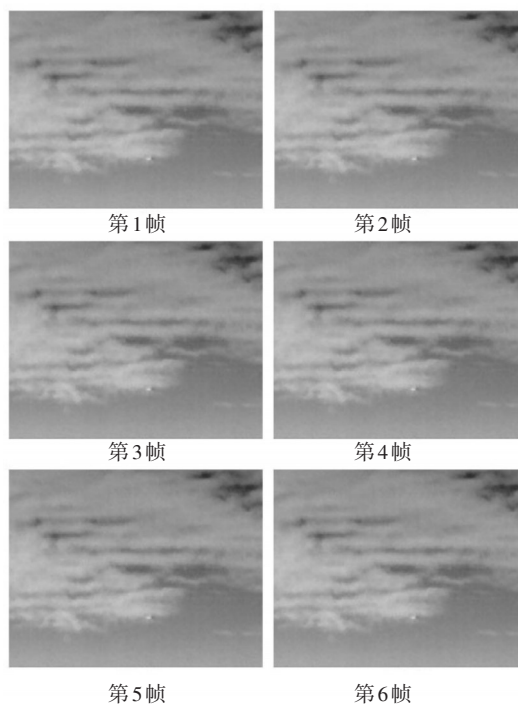


图4 实验原图

实验结果如图6所示,结论分析如下:

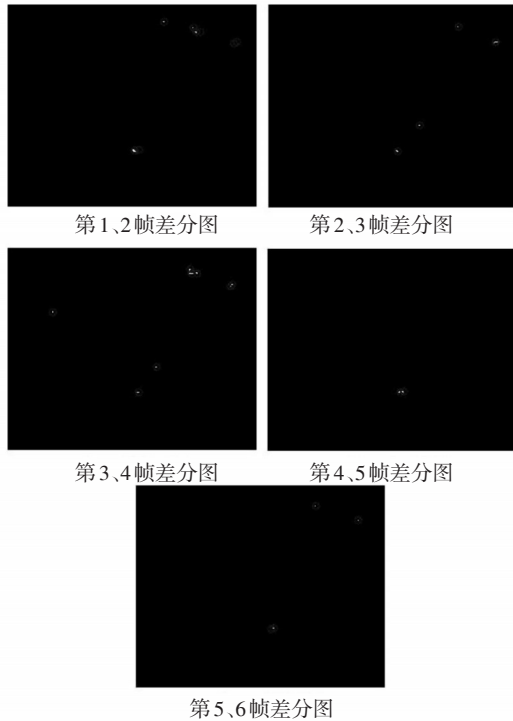


图5 连通域质心标记图

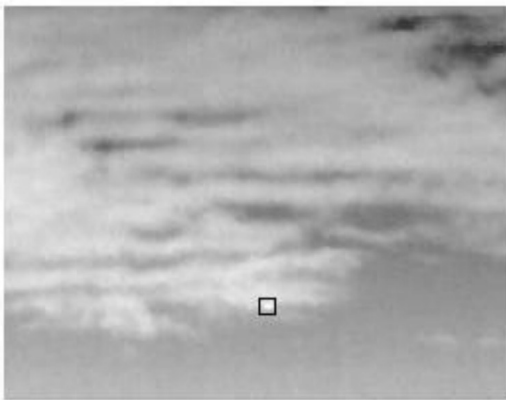


图6 目标检测结果图

(1)实验采用6幅图像为一组,图5为一组经过差分、质心选取以及图像扩边的二值图像。从图5中可以看出,经差分后的图像去除了大量的背景信息和系统噪声。直接用图像进行差分,很大程度上减少了图像处理时间,保证了时效性。另外差分后的图像遗留了大量的大噪声,这些可以肯定地认为不是小目标,可将这些大噪声直接删除,使图像更加简洁,也减少了需要处理的连通域的数量。

(2)邻域块的处理采用第2、3帧差分图的质心。邻域块对其他4幅图像进行分割后即可得到一组分

割图像数组,对分割图像数组进行决策之后即可得到目标检测结果,整个实验费时0.35 s比传统管道滤波方法的0.5 s时间短30%。实验结果表明,检测方法是快速有效的。

(3)将该方法应用于连续的序列图像检测中,则是以 $n$ 幅图像为一组,不断地进行遍历计算,将结果直接显示在原图上,直观地观察小目标运动轨迹。本实验能够很好地检测出尺寸大小为 $5 \times 5$ 以内的小目标。

为了定量说明此算法较单帧检测方法的优越性,对照采用成熟的小波变换法处理单帧图像,进行检测率和检测时间的比较,检测率 $P$ =检测到的真实目标数/图像帧数,检测时间 $T$ =检测完图像帧数所耗时间。针对信噪比不同的30帧图像,分别用文中方法和小波变换法对图像进行检测,并计算它们平均的检测率和检测时间,结果如表1所示。

表1 两种方法检测性能比较

检测方法	文中方法	小波变换法
$P$	0.97	0.87
$T/s$	3.24	5.12

由表1可知,无论是在检测率还是速度方面,序列图像分组决策方法都比单帧的检测方法具有更好的优势。

## 4 结 论

首先分析了红外图像中弱小目标的特性,得出了运动小目标航迹相关性和噪声的随机分布等特性。然后提出了一种基于序列图像分组决策的真实目标决策方法。实验表明,该方法能够快速准确地检测出目标。但是也有一些不足之处,比如对于较大目标的检测则缺乏自适应能力,在下一步的研究中该算法有待进一步完善,使之能够适用于不同大小的运动目标检测。

## 参考文献

- [1] 刘万成,张悦玲,王春风. 基于动态规划的红外弱小目标检测算法的硬件实现[J]. 光电技术应用,2011,26(5):77-80.
- [2] 连可,王厚军,李丹. 基于红外目标局部灰度特性分析的管道滤波方法[J]. 火箭与制导学报,2011,31(4):201-203.
- [3] 高波,包国彬. 基于动态图像处理技术的动目标检测与跟

(下转第75页)



CCW光通过SOA时具有相同的增益曲线,输出信号波形对称且对比度高。采用饱和增益上升时间很快,增益恢复时间比较缓慢的SOA能获得质量更高的单波峰输出信号。

### 3 结 论

详细研究了单控制脉冲TOAD结构开关窗口的非对称缺陷。通过理论分析和仿真证实了采用双控制脉冲可以很好地解决单控制脉冲TOAD的输出窗口缺陷。研究表明,双控制脉冲TOAD在不增加器件复杂度和功率消耗的情况下获得了性能更好的开关窗口。

### 参考文献

- [1] Sokoloff. A terahertz optical asymmetric demultiplexer (TOAD)[J]. *Photonics Technology Letters, IEEE*, 1993, 5 (7): 787-790.
  - [2] Melo. Photonic time-division multiplexing (OTDM) using ultrashort picosecond pulses in a terahertz optical asymmetric demultiplexer (TOAD) [J]. *Optics Communications*, 2002, 205(4): 299-312.
  - [3] Lee C G. Experimental demonstration of 10-Gb/s data format conversions between NRZ and RZ using SOA-loop-mirror. *Journal of Lightwave Technology*, 2005, 23 (2): 834-841.
  - [4] Durhuus. All-optical wavelength conversion by semiconductor optical amplifiers[J]. *Journal of Lightwave Technology*, 1996, 14(6): 942-954.
  - [5] Le-Minh. Terahertz optical asymmetric demultiplexer switch with a symmetrical switching window[J]. *London Communications Symposium*, 2008: 89-92.
  - [6] Kane M G. Analysis of an all-optical switch[J]. *Applied Optics*, 1994, 33(29): 6833-6842.
  - [7] Sokoloff. Performance of a 50 Gbit/s optical time domain multiplexed system using a terahertz optical asymmetric demultiplexer[J]. *Photonics Technology Letters, IEEE*, 1994, 6 (1): 98-100.
  - [8] Le Minh, Z Ghassemlooy, W P Ng. Characterization and performance analysis of a TOAD switch employing a dual control pulse scheme in high-speed OTDM demultiplexer[J]. *Communications Letters, IEEE*, 2008, 12(4): 316-318.
  - [9] 斋藤富士郎. 超高速光器件[M]. 北京:科学出版社,2002: 145-148.
  - [10] BI, W, L ZHANG, et al. Simulation study of WDM based on the optisystem[J]. *Optical Communication Technology*, 2009, 1: 5.
  - [11] 董建绩, 张新亮, 黄德修. SOA 动态增益特性的理论和实验研究[J]. *物理学报*, 2005, 54(2): 763-767.
  - [12] M Eiselt, W Pieper, H G Weber. Semiconductor laser amplifier in a loop mirror[J]. *Light Tech.*, 1995, 13 (10): 2 099-2 110.
- 
- (上接第58页)
- 踪[J]. *光电技术应用*, 2010, 25(4): 73-76.
  - [4] 刘刚, 梁晓庚. 基于小波变换和管道滤波的红外空中小目标检测[J]. *计算机工程与应用*, 2011, 47(30): 198-201.
  - [5] J Fiser, S Subramaniam, I Biederman. Size tuning in the absence of spatial frequency tuning in object recognition[J]. *Vision Research*, 2001, 41(15): 235-237.
  - [6] 刘靳, 姬红兵. 基于移动式加权管道滤波的红外弱小目标检测[J]. *西安电子科技大学学报(自然科学版)*, 2007, 34 (5): 743-747.
  - [7] 张强, 蔡敬菊, 张启衡, 等. 基于局部极大值的红外弱小目标分割方法[J]. *红外技术*, 2011, 33(1): 41-44.
  - [8] 王洋. 基于DSP的红外弱小目标检测技术研究[D]. 太原: 中北大学, 2008.
  - [9] L Yang, J Yang, K Yang. Adaptive detection for infrared small target under sea-sky complex background[J]. *Electronics Letters*, 2004, 40(17): 1083-1085.
  - [10] 蒋跃, 邓磊, 徐生求. 红外弱小目标检测算法[J]. *红外与激光工程*, 2009, 38: 365-368.