

文章编号:1000-582X(2005)07-0064-03

一种改进的利用背景检测弱小目标的方法*

何伟,晋兆虎,张玲

(重庆大学通信工程学院,重庆 400030)

摘要:提出一种基于背景检测弱小目标的改进算法.该算法通过双重预测窗,分别用来预测当前像素的背景灰度和真实灰度,不仅能解决传统预测算法的边缘模糊问题,而且适用于双极性目标的检测,运算速度更快,是背景预测算法的一个重要改进.在导弹视频实时跟踪中,检测的可靠性和稳定性要求目标检测算法既要克服边缘模糊问题,又能保证导弹在亮、暗背景下都能正常工作.针对导弹跟踪系统提供的实际图像的试验表明,提出的算法能快速准确地检测出目标.

关键词:背景预测;双极性目标;预测窗;目标检测;阈值确定;差分检测

中图分类号:TN919.8

文献标识码:A

在现代高度信息化的战争中,要求防空武器系统具备极快的反应速度,只有及时地发现目标并稳定地跟踪才能实现有效的攻击.为了尽早发现目标使防御武器有足够的反应时间,要求在远距离发现目标,在此过程中小目标的检测以及目标的跟踪是关系到整个跟踪系统成败的关键^[1].在目标跟踪过程中,一旦目标丢失,则需要进行新的目标检测,因而目标检测问题尤为重要.目前的算法主要是多帧积累^[2-3]或阈值分割^[4]的算法.多帧积累检测的方法可抑制噪声干扰,并利用目标的运动特性来提高检测效率.可提高检测能力,但积累时间较长,从而很难满足实际系统中的实时性要求.阈值分割算法具有运算速度快,实时性强的特点,但由于还没有很好的针对红外弱小目标的阈值算法,使得检测效率大大降低.近来从背景出发,充分利用在图像中占绝大部分的背景来构造弱小目标检测方法的观点逐渐被人们所接受^[5],但在导弹跟踪系统的研究中,现有算法都存在一定的局限,为此笔者提出一种新的背景预测算法.

1 背景预测的原理

背景预测的原理是^[5-6]:假定背景的灰度变化相对于目标出现处的灰度变化是缓慢的(这一假定在实际工程中是合理的),那么,对于图像中的任何像素,可以通过其周围的像素的灰度值对当前像素灰度值进行预测.如果发现当前像素真实值和预测值相差太远

(大于某个阈值),则认为此像素属于目标;反之,如果小于此阈值,则认为此像素属于背景.从而实现了目标与背景的分离.

2 现行的背景预测算法的特点

2.1 传统的背景预测算法

一般情况下背景预测的模型^[5]为

$$Y(m, n) = \sum_{l=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} W_j(l, k) X(m-l, n-k),$$
$$(m, n = 0, 1, \dots, M-1), \quad (1)$$

其中, X 为 $M \times M$ 输入图像, Y 为预测图像, 预测窗的大小为 $N \times N$, W_j 为第 j 级的权重矩阵. 将预测图像与实际图像差分得到误差图像

$$D(m, n) = |Y(m, n) - X(m, n)|. \quad (2)$$

设定一个阈值 V , 则背景预测得到的图像为

$$X'(m, n) = \begin{cases} 1 & D(m, n) > V(m, n), \\ 0 & D(m, n) \leq V(m, n). \end{cases} \quad (3)$$

不同的背景预测算法其权重矩阵往往不同. 常见的有

$$W_j(l, k) = (N \times N)^{-1}, \quad (4)$$

$$W_j(l, k) = \frac{\sqrt{l^2 + k^2}}{\sum_{l=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} \sqrt{l^2 + k^2}}. \quad (5)$$

以上公式只用了单级权重, 利用最小二乘法以及最快

* 收稿日期:2005-02-21

作者简介:何伟(1964-),男,四川南充人,重庆大学副教授,硕士,主要从事电子系统设计和图像处理的研究.

下降法可以得到多级的权重矩阵^[7].

下面以 3×3 的预测窗为例,选用式(5)中的权重矩阵,则有

$$W_j(l, k) = \frac{\sqrt{l^2 + k^2}}{\sum_{l=0}^2 \sum_{k=0}^2 \sqrt{l^2 + k^2}},$$

将式(5)代入式(1),可以得到预测图像.

可见,这种预测方法相当于用当前点的左下角的8个像素对当前点的背景灰度进行预测,这种方法的优点是计算简单,但是,由于其只采用了左下角的8个像素对当前点的背景灰度进行预测,因而,当左下角的这8个像素大部分落在目标上的时候,则其对当前点的属性判断就可能会出现错误.用这种方法的预测结果常常伴随着边缘模糊,这对提取边缘敏感的信息(如周长,形状)非常不利.

2.2 最大化背景预测方法

作为一种改进,文献[7]提出了最大化背景模型,该模型将像素点周围背景的像素点以该像素点为中心划分为4个区域,对应着欧几里德空间的4个象限.图像中的任何一点的背景预测值为这4个象限分别预测出一个灰度值之后再取得的最大值^[7].这种改进克服了传统背景预测算法中的边缘模糊问题,同时能很好地抑制背景的干扰,但是这种算法由于要对每个像素周围的4个象限分别预测,然后找最大值,同时,为了尽可能地获取背景,抑制目标本身的干扰,使得所选用的预测窗不能太小,这将导致运算量的增加;同时,由于算法中选取各象限预测灰度值的最大值作为最终背景预测值,因而当背景灰度较低而目标灰度较高时,这种算法的检测效率下降.

3 改进的背景预测算法

笔者提出的背景预测算法是基于双重的预测窗的思想:对图像中任何一个像素点选取2个预测窗,一个是背景灰度预测窗,该窗应该选择能尽可能准确地反映出当前像素灰度中的背景分量的那些像素.另一个是真实灰度预测窗,该窗应该选择能反映当前像素灰度真实灰度值那些像素.背景灰度预测窗由远离该像素点的环状带构成,其大小 N_1 由所检测的小目标的大小而定;真实灰度预测窗由紧贴该像素的小领域构成,其大小为 N_2 .算法先求出背景灰度预测窗内的各像素的中间值作为当前像素点的背景值,

$$Y_B(m, n) = \text{median}\{w_1(m, n), w_2(m, n), \dots, w_{N_1}(m, n)\}, \quad (6)$$

然后求出真实灰度预测窗内各像素的平均值作为当前像素点的实际灰度值,

$$Y_T(m, n) = \frac{1}{N_2} \sum_{i=1}^{N_2} w'_i(m, n). \quad (7)$$

再将当前像素点的背景值与当前像素点的实际灰度值差分从而得到差分图像

$$D(m, n) = |Y_B(m, n) - Y_T(m, n)|. \quad (8)$$

最后利用式(3)即可分离出来可疑目标.

改进的背景预测算法一方面用背景灰度预测窗内像素的中值作为当前像素点的背景值,从而降低计算复杂度.另一方面,用真实灰度预测窗内各像素的平均值作为当前像素点的实际灰度值,从而排除了灰度测量时的随机干扰.

4 试验结果

为验证本文算法的有效性,试验采用某导弹视频跟踪课题中的实际图像进行测试.图1为典型的导弹飞经云层的情况.

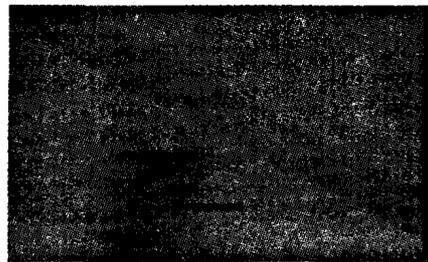


图1 原始图

由图2可见传统的背景预测方法使目标的边缘模糊,这是由于其用于背景预测的点大部分已经在目标上,使得预测值与真实值相差不大,从而错误地以为该点是背景所致.最大背景预测的方法采用像素周围的4个象限作为背景预测窗,有效地解决了边缘模糊问题,该方法采用各象限预测的最大值作为当前点的背景值,虽然可以有效抑制亮背景的干扰,但是当目标周围出现暗背景干扰时(本试验中为暗云层对导弹的干扰),效果不理想.由图3可见,在暗背景的边缘出现了大量的干扰.

试验中利用笔者提出的算法,背景灰度预测窗选取外半径为15,内半径为14的近似圆环上的24个像素,真实灰度预测窗为以自身为中心的9个像素.算法在计算背景时选用的24个像素由于距离当前像素较远,从而可以预测到更为真实的背景;同时,当前像素的灰度值由真实灰度预测窗内的9个像素平均来获得,这样可以获得更为真实的当前像素灰度值,防止测量噪声的干扰.图4是采用笔者提出的算法得到的结果,该结果表明新的算法不仅没有传统算法的边缘模糊问题,而且适应于双极性信号.

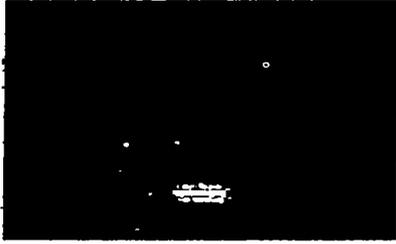


图2 传统的背景预测效果



图3 最大化背景预测效果



图4 本文算法的预测效果

5 结 语

利用背景的缓变特性,从背景出发,对当前点的灰度进行预测,从而对其进行属性的划分,可以有效地从

复杂背景中分离出目标.笔者提出的算法不仅可以克服传统算法的边缘模糊问题,而且适合双极性信号,计算也更简单.在检测时间方面,提出的算法在一帧内便可以完成粗略的目标检测,比差分检测方法快一帧,比传统的背景检测算法稍快.但是当背景灰度变化十分剧烈时,提出的算法需要采用较为复杂的背景预测算法,此时要求的运算量就相应加大,从而,寻找简单有效的背景预测算法以适应更复杂的背景变化将是本算法进一步改进的关键.

参考文献:

- [1] 郑敏,张启衡.弱小目标检测与跟踪算法[J].光子学报,2002,29(4):10-12.
- [2] 王钰,陈钱,张保民.微光电视自适应实时帧积分处理图像增强[J].兵工学报,2000,21(3):237-240.
- [3] 张伟,汪岳峰,董伟,等.利用帧积分法去除微光图像噪声研究[J].光电子技术,2002,22(2):90-92.
- [4] 王茜蓓,彭中,刘莉.一种基于自适应阈值的图像分割算法[J].北京理工大学学报,2003,23(4):521-524.
- [5] 徐军,向健勇,林晓春.背景预测方法在空中红外弱小目标检测、识别中的应用[J].西安电子科技大学学报,1998,25(4):471-474.
- [6] DENNEY B S, DE FIGUEIREDO R J P. Optimal Point Target Detection Using Adaptive Auto Regressive Background Prediction[J]. Signal and Data Processing of Small Targets SPIE, 2000, 4048:46-57.
- [7] 徐军,向健华,梁昌洪.最大化背景模型用于检测红外图像中的弱小目标[J].光子学报,2002,31(12):1484-1486.

Improved Method of Small Weak Targets Detection Based On Background

HE Wei, JIN Zhao-hu, ZHANG Ling

(College of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: An improvement method is given to detect small weak targets. It predicts the background gray and the actual gray of the current pixel molded by two predicting windows. The method can not only solve the edge blur problem of the traditional method, but fit for the detection of the bipolar targets. It can perform at a high calculation speed, which is an important improvement in the filed. In the process of real-time missile-tracking. The reliability and stability of detection require that the method cannot only solve the edge blur problem of the traditional method, but work well with the background no matter it is bright or dark. According to the experiment using the images provided by DX-1 missile-tracking project, the method is proved effective.

Key words: background prediction; bipolar target; predicting window; target detection; threshold determination; differential detection