

低空背景下红外目标提取跟踪算法研究

张晟翀, 刘彤宇

(光电系统信息控制技术国家级重点实验室, 河北 三河 065201)

摘要:为解决低空复杂背景下红外目标的提取和跟踪,提出了地平线检测排除地物背景的方法,然后在地平线之上的区域,采用边缘检测、阈值分割、边界搜索算法并结合多帧图像的相关性以及目标形态和运动参数的连续性来提取目标。实验表明,本文的算法计算量小、实时性强,可以有效检测出地平线,排除低空背景和假目标的干扰,实现稳定的跟踪,并最终完成了DSP的硬件实现。

关键词:低空背景;地平线检测;红外目标提取;边界搜索

中图分类号:TP391

文献标识码:A

Research on IR targets extraction and tracking under low altitude background

ZHANG Sheng-chong, LIU Tong-yu

(National Laboratory of Electro-optic System Technology, Sanhe 065201, China)

Abstract: In order to solve the extraction and tracking problems of IR targets under complicated low altitude background, a horizon detection algorithm is proposed to exclude background of ground objects. Then above the horizon region, uses the edge detection, the threshold segmentation, the boundary search algorithm combined with the multi-frame image correlation as well as the continuity of target shape and motion to extract the target. Experiments show that the algorithm of this article is small amount of calculation, real-time, horizon can be effectively detected to remove low altitude background and the false target disturbance, may realize stable tracking and eventually completed a DSP hardware implementation.

Key words: low altitude background; horizon detection; IR target extraction; boundary search

1 引言

低空背景下,由于有人造建筑物、树木等地面背景的干扰,红外目标的提取与跟踪是一项难度较大的课题。如果只是单一的天空背景其灰度变化不大,可以采用自适应背景预测^[1]、自适应阈值分割^[2]、基于 Contourlet 变换的检测算法^[3],以及传统的中值滤波、匹配滤波等滤波器算法来提取目标。而低空的地物背景很杂乱,并具有较强的灰度梯度,给目标的检测提取带来很大的困难。对于复杂背景下的红外目标提取,有相关文献提出了多量级多向梯度表决融合检测算法^[4],来消除海面及水天线等复杂背景。实际上经过分析天空背景和地物背景有明显的差别和分界线,即地平线,只要找出这条地平

线就可以将地物背景剔除,而只在相对简单的天空背景下,运用上面提到的各种基于灰度变化的阈值分割、滤波等算法提取目标。这就大大减小了在低空背景下红外目标提取及跟踪的复杂度和虚警率。

2 目标提取前的预处理

包含目标的红外图像 $f(x, y)$ 可以用下式描述^[5]:

$$f(x, y) = B(x, y) + T(x, y) + N(x, y) \quad (1)$$

式中, $B(x, y)$ 为背景图像; $T(x, y)$ 为目标图像;

作者简介:张晟翀(1973-),男,硕士研究生,研究方向为数字信号处理。E-mail: zsc417@126.com

收稿日期:2009-10-30

$N(x,y)$ 为噪声图像。目标提取前的预处理就是要尽可能地滤除背景图像 $B(x,y)$ 和抑制噪声 $N(x,y)$,使接下来的目标检测提取算法更快捷和准确。抑制噪声主要采用中值滤波的方法,即能有效地减少红外图像的随机噪声又不破坏目标的边缘特征。滤除背景主要是进行地平线检测,将地物背景排除,而天空中可能出现的云层等平缓变化的背景则可以在目标提取时再辨别剔除。

对图像进行中值滤波后就开始地平线检测,其算法如下:

(1)寻找图像每一列的最大梯度位置,即将下式中最大 $Gx(x,y)$ 的 y 坐标记录下来:

$$Gx(x,y) = |f(x,y) - f(x,y+2)| \quad (2)$$

(2)统计最大梯度位置中出现次数最多的位置 Y ;

(3)判断该位置 Y 是否是地平线,其判断准则是:该位置 Y 及上下行 $Y+1, Y-1$ 出现的次数和要大于一定的值;

(4)如果判断有地平线,则将地平线位置提升三行设为 $Y+3$,否则设为 0,即没有地平线。

通过地平线检测就可以实现只在地平线以上的天空背景中提取目标,从而将地物背景干扰滤除。

3 目标搜索提取算法

对于有一定形状的红外目标,可通过目标的形状和统计特征与其他地物背景的不同实现目标提取,如数字形态滤波方法,分形和特征匹配方法等。而大多红外图像都是在远距离摄取的,目标成像面积很小,没有形状信息,这时一般多采用阈值分割检测的方法,有的还加入多门限、自适应和多帧累加的方法^[6]。本文对红外小目标的提取主要是两种思路:①目标和背景的灰度差所形成的边缘和轮廓是最重要的特征,可以对单帧图像采用边缘检测加阈值分割后,再进行边界搜索提取目标;②利用多帧图像相关性和运动目标的位置、大小的连续性特征,进一步去除假目标。算法步骤如下:

(1)用 Sobel 算子进行边缘检测,并通过阈值分割形成只含边缘的黑白二值图像,因为像素值只有 0 和 1,有利于简化目标的搜索和提取;

(2)利用相邻两帧图像的差分,去掉像面的坏点以及镜头的杂质等形成的位置固定的噪声。由于目标是运动的,或者红外成像系统是在转动的,因此两帧的目标有位移不会被差分掉。通过将二值图像差分中为负值的像素设为 0,就可以去掉差分形成的多余目标像素。

(3)采用区域生长法进行边界搜索,提取目标

并保存其大小和位置信息。

(4)对多帧图像搜索到的目标进行融合。首先将云层边缘形成的比较大的或细长的目标剔除;然后利用系统的位置信息计算目标的方位俯仰和运动的方向及变化范围,进一步剔除相对不运动的背景目标;最后将距离很近运动变化又相同的目标合并,因为前面的处理可能会造成同一个目标边缘的不连续;

上面第 3 步区域生长法进行边界搜索提取目标的方法是:

(1)从图像的左上角开始按行搜索到的第一个不为 0 的像素设为目标的种子点;

(2)从该种子点开始向下、左、右生长。而上边界已经确定了,因为是从上到下搜索的;

(3)在生长的过程中每找到一个像素点就置为 0,以防以后被重复搜索到;

(4)每生长一次目标的边界就扩大一次,直到下、左、右边界都不变时停止生长,保存该目标信息。

图 1 示意了区域生长法搜索一个不规则边界的目標过程。黑色方块表示起始的种子点,实线表示每次生长的搜索范围,虚线表示上次生长确定的边界。

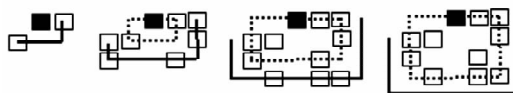


图 1 区域生长法进行边界搜索提取目标的示意图

4 目标跟踪算法

在低空背景下为了提高实时跟踪的精度和稳定性,需要排除目标形态的变化、目标被遮挡以及其他相似目标的干扰等影响。比较常用的目标跟踪算法有质心跟踪法、相关法、边沿法以及基于阈值分割的跟踪算法^[7],但都没有完全解决上面提到的问题。本文的跟踪算法是先进行前面目标提取算法,再通过建立目标集,将目标的位置、大小、亮度等参数信息保存起来,并加入下面的跟踪目标准则的方法,使算法简单满足实时性和跟踪的稳定性。目标跟踪算法准则为:

(1)目标两帧之间不可能有太大位移,只在目标周围的一定区域内进行跟踪,减小计算量。

(2)目标形态、大小不可能突然变化太大,否则可能是两目标重合,则停止跟踪,保持原目标参数不变,直到分开后重新跟踪。

(3)目标的运动方向不可能突然变化,否则可能是新目标出现不予理睬。

(4)跟踪时要实时更新目标参数,适应目标的形态变化,达到稳定跟踪目标的目的。

5 实验结果及分析

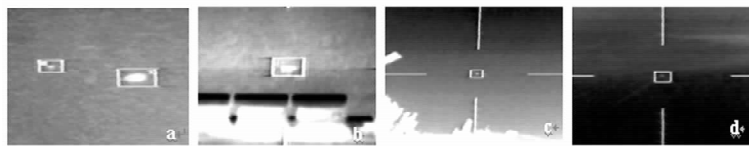
本文的算法均通过 TMS320C6416 DSP 编程,在

硬件上实现实时的图像预处理和目标提取与跟踪。

图2~6分别是各算法实验结果的实际截图。



图2 地平线检测结果图(图中白线为算法绘出的地平线)



(a)多目标提取 (b)低空目标提取 (c)低空目标跟踪 (d)云层下目标跟踪

图3 各种目标提取跟踪结果图

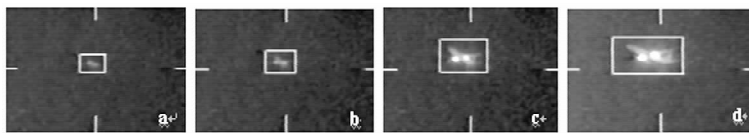


图4 跟随目标形态变化的连续跟踪结果图

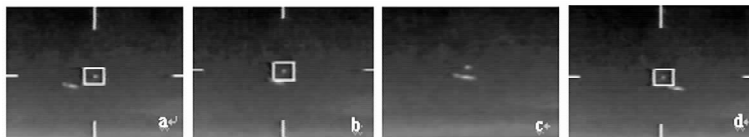


图5 遇到空中运动目标干扰时的连续跟踪结果图

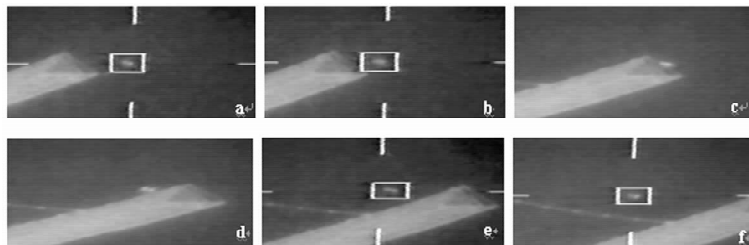


图6 遇到低空固定目标干扰时的连续跟踪结果图

从图中可以看出地平线检测是有效而准确的,使低空背景下的目标能被顺利提取和跟踪。在有效提取目标的基础上,对运动目标的跟踪也是比较稳定的(如图4~图6所示)。在目标形态变化、有其他目标闯入、目标被暂时遮挡的情况下,均能有效地排除干扰保持跟踪。

6 结束语

本文的算法通过对地平线的检测,有效地滤除了低空下的复杂地物背景,并运用边缘检测、边界搜索、多帧图像的相关性以及目标形态和运动参数的连续性,对阈值分割提取和跟踪目标的方法加以改进,实现了很好的目标提取效果和稳定的跟踪。算法的计算量小、实时性强,且完成了基于 DSP 的硬件实现,具有一定的实用价值。只是阈值的确定还不太准确,如果加入自适应阈值的方法可能会更好。

参考文献:

- [1] 陈振学,汪国有.基于自适应背景预测的红外弱小目标检测算法[J].激光与红外,2005,35(8):9-12.
- [2] 薛丰廷,彭鼎祥.红外跟踪系统中的自适应阈值分割[J].激光与红外,2008,38(4):386-388.
- [3] 吴文怡,吴一全.基于 Contourlet 变换的红外弱小目标检测方法[J].激光与红外工程,2008,37(1):136-138.
- [4] 宗思光,王江安,陈启水.海空复杂背景下红外弱点目标检测新算法[J].光电工程,2005,32(4):9-12.
- [5] 于素芬,车宏,周洪武.一种新的红外序列图像运动小目标分割算法[J].光电与控制,2005,12(3):40-46.
- [6] 侯晓晖,胡方明.基于红外弱小目标门限阈值检测的新方法[J].激光与红外,2008,38(4):389-391.
- [7] 吴畏,张晔.基于 DSP 的海上目标跟踪系统[J].光电技术应用,2007,22(1):20-23.