

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.02.012

基于图像行相关空中目标实时检测算法

彭超, 毛征, 郑利苹, 陆天舒

(北京工业大学电子信息与控制工程学院, 北京 100124)

摘要: 针对复杂背景中弱小目标的侦测问题, 提出一种弱小目标去背景检测的新方法。通过对图像做灰度反转, 根据图像相邻行之间的相关性做去除背景的预处理, 并计算图像中灰度值最大的像素点, 得到目标的位置坐标, 并对实拍的空中弱小目标视频图像进行实验验证。实拍的图像证明: 该方法可对弱小目标进行检测, 且检测速度快、抗噪声干扰性能强。

关键词: 红外小目标检测; 弱小目标检测; 灰度值

中图分类号: TP306 **文献标志码:** A

Real-Time Aerial Target Detection Algorithm Based on Line Cross Correlation

Peng Chao, Mao Zheng, Zheng Liping, Lu Tianshu

(College of Electronics Information & Control Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: Aiming at the detection problem of twilight target in complex background, A new method of twilight target detection was proposed in this article. The algorithm work as the following step: firstly, do row mean removing preprocessing operation to remove the clutter of background based on the strong correlation between adjacent lines; then, locating the target by search the maximum on the result image of preprocessing. Experiments on real world video shows the proposed method can robustly detect the twilight aerial target in real-time.

Key words: infrared target detection; twilight target detection; grey degree value

0 引言

复杂背景中弱小目标的检测一直是跟踪系统的主要环节, 跟踪系统必须具备极快的反应速度, 能及时地发现目标、跟踪目标和锁定目标。而跟踪系统为了增加有效跟踪的范围, 要求在远距离对目标进行检测、锁定、跟踪, 因此目标在视场中往往以小目标形态出现。一般情况下, 目标的背景比较复杂, 对比度很低, 要保证快速、可靠、稳定地检测和锁定跟踪目标难度很大。

已有的一些方法主要是利用相关匹配^[1]或图像的纹理特征^[2]进行目标检测, 但小目标图像的纹理变化不明显, 使得目标检测非常困难。熵是信息论中事件出现概率的不确定性量度, 能有效反映事件所包含的信息。用图像熵值作目标分割^[3-6]是一种有效的手段。对于背景图像而言, 由于其纹理特征是确定的, 所以其熵值是确定的。当图像中出现目标时, 图像的纹理特征被破坏, 其熵值会发生变化。对于空中小目标图像而言, 小目标对整幅图像的熵值贡献较小^[7-10], 可以认为是被噪声所淹没, 例如云层边界比较清晰, 其熵值就会很大, 从而干扰到对于小目标的检测。邻域熵方法有一定的检测弱小目标的能力, 但是计算量太大, 不利于实时检测跟

踪, 并且抗噪性能不强, 容易误检。灰度值反转平均处理计算简单, 检测速度快, 实时性强, 便于硬件实现。因此, 笔者介绍一种实时性好、且稳定可靠的算法。用空中复杂背景的小目标图像进行实验, 并和邻域熵算法处理的结果进行对比, 验证了算法的正确性和良好的效果。

1 行相关系数

图像匹配算法主要分为 2 类: 一类是基于灰度匹配的方法, 另一类是基于特征匹配的方法。笔者主要研究灰度匹配理论, 通常又称作相关匹配算法。相关跟踪算法在最大程度上利用了目标及背景的灰度特征。笔者主要研究基于图像像素灰度值的相关算法, 因为这种算法稳定性和实时性都比较好, 硬件实现也比较容易。

笔者首先研究的是图像相邻两行间的相关性, 如果相邻两行间的相关性较大, 就可以用其中一行去除另外一行, 从而达到去除背景的效果。由于空中目标图像的背景较为单调, 可以验证其相邻行之间的相关性较大。相邻行相关系数的公式如式 (1):

$$\gamma_j = \frac{\sum_{i=0}^n \{ [f(i, j) - \bar{f}_j][f(i, j+1) - \bar{f}_{j+1}] \}}{\sqrt{\sum_{i=0}^n [f(i, j) - \bar{f}_j]^2 \sum_{i=0}^n [f(i, j+1) - \bar{f}_{j+1}]^2}} \quad (1)$$

收稿日期: 2011-09-03; 修回日期: 2011-10-09

作者简介: 彭超 (1985—), 男, 湖北人, 工学硕士, 从事成像目标检测与跟踪。

其中: $f(i,j)$ 为某个像素的灰度值, i 表示图像中的第 i 列; j 表示图像中的第 j 行; n 为图像像素点矩阵的列数; $\overline{f_j}$ 为图像第 j 行的灰度平均值; γ 即相邻行去均值相关系数。相关系数满足 $|\gamma| \leq 1$, 在 $[-1,1]$ 绝对尺度范围之间衡量两者的相似性。相关系数刻画了两者之间的近似程度的线性描述, 一般说来, γ 的值越趋近于 1, 两者越近似的有线性关系。用大量空中目标图像进行实验, 得到了行相关系数值的统计分布表, 如表 1。

表 1 相邻行去均值相关系数统计分布表

| 相关系数 | 比率/% | 相关系数 | 比率/% |
|-------------|------|-------------|------|
| $[-1,0)$ | 3.5 | $[0.6,0.8)$ | 0.9 |
| $[0,0.4)$ | 0.8 | $[0.8,0.9)$ | 3.5 |
| $[0.4,0.6)$ | 0.9 | $[0.9,1]$ | 90.4 |

由表 1 中可看出, 大部分 γ 趋近于 1, 说明空中目标图像相邻行之间相关性很大, 由此可以应用相邻行之间灰度值相减来达到去除背景的效果。

2 背景抑制算法

对于背景噪声比较大(如背景云层很厚)的弱小目标检测, 为了降低噪声突出目标, 提高跟踪效率, 先将图像做出如下处理: 首先将整张图像的灰度值进行反转, 然后求某行的像素点的平均灰度值:

$$\overline{f_j} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n f(i,j) \quad (2)$$

其中 n 是图像每行像素点的个数。用下一行的每个像素点的灰度值分别减去这个平均值, 得:

$$\mu_i = f(i, j+1) - \overline{f_j}, (j=1,2,\dots,n) \quad (3)$$

接着判断 μ_i 是否大于零, 若大于零, 则用 μ_i 替换该像素点的灰度值, 若小于零, 则将该像素点的灰度值置零, 如式 (4) 所示:

$$f(i,j) = \begin{cases} \mu_i, & (\mu_i \geq 0) \\ 0, & (\mu_i < 0) \end{cases} \quad (4)$$

从上往下对每一行都做如此处理, 将最后一行像素点的灰度值全置零。图 1 为原背景图和经过背景抑制处理之后效果图的对比。



(a) 原背景图 (b) 背景抑制后的图

图 1 原背景图和背景抑制后效果图对比

3 目标检测

在一帧画面中, 相邻行之间通过式 (3)、(4) 来处理, 即用 A 行的平均灰度值处理 B 行, 分为 4 种情况:

- 1) A 行 B 行均为无目标背景行;
- 2) A 行 B 行均为有目标背景行;
- 3) A 行为有目标背景行, B 行为无目标背景行;
- 4) A 行为无目标背景行, B 行为有目标背景行。

当空中目标为可见光目标时, 在小目标情况下一般目标为深色, 背景为浅色, 经灰度值反转后, 目标变为浅色, 背景变为深色。在第 1 种情况下, 因为背景灰度值都大致相同, 由式 (3) 相减后置为零或接近于零; 第 2 种情况下, A 行的平均灰度值虽大于背景灰度值, 而远小于目标的灰度值, 根据式 (3), B 行的背景均为零, 而目标像素灰度值变化不大; 第 3 种情况, A 行的平均灰度值大于背景灰度值, 根据式 (3), B 行像素点灰度值全为零; 第 4 种情况, B 行背景灰度值为零, 目标像素灰度值变化不大。这样处理后, 整个画面起到了弱化背景, 即抑制了背景, 突出目标的效果。由于背景还没有被完全去除, 可做灰度拉伸的处理: 找出图像中灰度值最大的一点, 设此点的灰度值为 H , 将图像上灰度值小于 $0.6 \times H$ 的点灰度值置零, 即可基本去除背景。将图像上灰度值大于 $\lambda \times H$ 的像素点的灰度值置为 $255 \times f(i,j)/H$, 凸显了目标。上述 $\lambda \times H$ 是去除背景的阈值, 其中 $\lambda \in (0,1)$, 经过大量实验来调试验证, λ 的最佳取值应在 $[0.55,0.65]$ 之间。据此, 通过直接搜索灰度值最大点的方式来确定目标位置。

背景抑制与目标检测实时算法如下:

- 1) 对图像进行灰度反转;
- 2) 背景抑制;
- 3) 灰度拉伸;
- 4) 在处理之后的图像中搜索灰度值最大的点, 即为目标的中心点;
- 5) 以此点为中心取一正方形区域, 计算此区域的灰度值质心;
- 6) 在质心画框跟踪。

4 实验结果

为检验上述方法, 对于背景有云空中小目标的检测效果, 取 2 段视频进行处理, 一段是背景干扰较小的空中多目标; 一段是背景干扰较大的空中目标。2 段视频的处理结果分别如图 3 和图 4 所示。

其中由图 2 可看出，当背景干扰较小时，背景抑制后的效果已经近似理想；而由图 3 可看出，当背景干扰较大时，经背景抑制之后，还需对图像进行灰

度拉伸处理，才能达到理想效果。由对比可看出，经过上述去噪方法处理之后，背景云层的干扰效果明显减弱，目标较周围背景更加突出。



图 2 干扰噪声较少时的处理结果

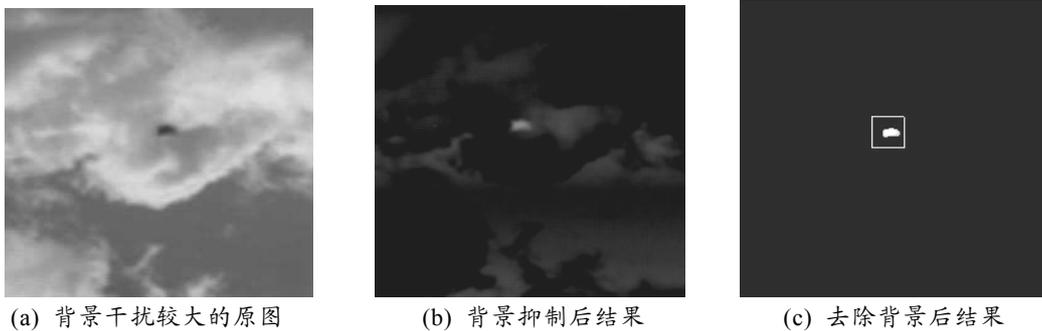


图 3 受严重背景干扰时的图像处理结果

最后，分别将邻域熵跟踪算法的处理速度和本文背景抑制算法的处理速度相比较进行仿真实验，硬件条件为 Intel Core2.30GHz 双核 CPU, 2GB 内存，软件环境为 Win7 系统，VC++6.0，图像单帧大小为 640×480，实验结果如表 2 所示。

表 2 背景抑制与邻域熵的单帧执行时间对比

| 算法 | 单帧执行时间/ms |
|------|-----------|
| 邻域熵 | 25 |
| 背景抑制 | 12 |

由表 2 可看出，本算法对于空中目标的跟踪不仅可靠性好，处理速度也很快。

5 结论

经过去背景处理之后，基于图像行相关空中目标实时检测算法就具有了很好的抗噪性能，从而能快速稳定地对目标进行检测跟踪，从图 3、图 4 的处理结果也可以看出其明显的抑制背景噪声的效果。检测结果证明：该算法抗噪能力强，能非常稳定地检测低信噪比弱小目标，并适用于各类背景噪声污染的场景图像；还可用于不同大小的目标检测，对较大目标则检测出其轮廓，对多目标图像也有一定的检测能力。此外，该算法灰度值反转平均处理计算简单，检测速度快，实时性强，便于硬件实现。

参考文献：

- [1] 易亨瑜, 叶一东, 张卫, 等. 云层背景中目标的相关识别[J]. 强激光与粒子束, 2002, 14(5): 693-696.
- [2] 朱立, 盛文, 彭复员. 基于图像纹理频谱的弱目标自动检测[J]. 红外与激光工程, 1999, 28(5): 43-47.
- [3] Beghdadi A, Negrata AL, Lesegno P V. Entropic thresholding using a block source model[J]. Computer Models Image Process, 1995, 57: 197-205.
- [4] Chang C I, Chen K, Wang J, et al. A relative entropy based approach to image thresholding[J]. Pattern Recognition, 1993, 120: 215-227.
- [5] Pal N, et al. Object-background segmentation using new definitions of entropy[J]. IEEE Proc. Pt. E, 1989, 136(4): 284-295.
- [6] Pal N R, Pal S K. Entropy thresholding[J]. Signal Process, 1989, 16: 97-108.
- [7] 孙乐公, 毛征, 毛羽忻, 等. 空中小目标实时检测的快速局部熵算法研究[J]. 国外电子测量技术, 2011(6): 28-32.
- [8] Zheng Mao, Legong Sun, Yue Qin, et al. Small Aerial Target Detection Based on Improved Local Entropy Algorithm[C]. 2010 Second International Conference on Test and Measurement: 225-228.
- [9] 王广君, 田金文, 柳健. 基于局部熵的红外图像小目标检测[J]. 红外与激光工程, 2000: 27-29.
- [10] 周冰, 王永仲, 孙立辉, 等. 图像局部熵用于小目标检测研究[J]. 光子学报, 2008: 380-387.