

文章编号 :1001-5078(2004)06-0487-03

基于梯度变化分析的弱目标检测

祁小平,张启衡

(中国科学院光电技术研究所,四川 成都 610209)

摘 要:分析了噪声背景下弱目标区域的梯度分布特性,提出了一种利用弱目标边缘区域内梯度分布特点来分割出弱目标的方法。为了提高分割的准确性,利用了帧间信息,根据目标的运动特征提取出真目标,并根据现场采集到的数据进行仿真,证明了该方法的有效性。

关键词:图像分割;弱目标;梯度分析;目标检测

中图分类号: TN911.73 **文献标识码:** A

The Detection of Infrared Weak Targets Based on Gradient Analyzing

QI Xiao-ping, ZHANG Qi-heng

(Institute of Optic and Electronics, Chinese Academy of Science, Chengdu 610209, China)

Abstract: The distributing character of weak target in noise background is analyzed, and a method for detection of weak target by using gradient distributing character of edge field is proposed. For enhancing the nicety of segmentation and using information among frames, true target is detected based on movement character, and the results of experiment show that the method is efficient.

Key words: image segmentation; weak targets; gradient analyzing; detection of targets

1 引言

弱目标的检测问题是光电对抗领域中的一个重要问题,尽管已经有多种分割方法被提出来试图解决弱目标的检测问题,但由于噪声干扰,目标像弥散严重,仅利用单帧图像的信息来准确分割弱目标是困难的,而单纯利用多帧累加进行能量累积对于运动的弱目标效果也是不太理想的。只有提高单帧的检测能力,在允许一定虚警率的情况下,提取出若干待检测目标,然后利用帧间信息识别出真正的目标,才是比较理想的办法。本文提出的方法是根据区域内梯度变化的趋势来提取弱小目标,同时利用多帧反映的目标运动特性的信息来识别真正的目标,实现对弱目标的识别。

2 弱目标特性分析及识别的基本原理

一般情况下,灰度变化较大的位置称为边缘,

图像的边缘对人的视觉有重要意义,人判别物体很大程度上依赖边缘。传统的边缘检测基本上都是先计算出图像的一阶导数,然后设一个阈值的方法,但是对于低对比度图像中的弱目标,由于噪声和弥散,目标大部分区域(周边)已成为边缘的过渡区域,且目标边缘的梯度幅值较小,对于 8 位的图像,大部分边缘梯度值只有 2~6,而大量背景噪声的梯度幅值却有 10 左右,因此仅根据边缘的梯度幅度来确定阈值,对于弱目标效果很差。若根据噪声的随机性,用

基金项目:863 高技术项目资助;前沿领域部署课题(光电所)资助。

作者简介:祁小平(1974-),男,博士研究生,主要从事图像处理方面的研究。E-mail:lqxiaoping@163.com

收稿日期:2004-04-02

多帧累加的方法来降低噪声,增强目标,对于目标在图像中的位置固定不变或变化缓慢的情况,效果较好,但若目标移动速度较快,简单的累加效果不太明显,现在有很多算法,先估计目标移动的速度,然后移动补偿相加,但因目标移动速度本身难以估计,且计算量大,在实时系统中难以实现,且若速度估算不准,处理结果很差。

本方法是根据区域内梯度或灰度变化趋势来判断边缘,通过检测这种渐进边缘来分割出目标,受离散噪声的干扰小,对于低对比度的弱目标有较好的效果。

一般情况下,图像中目标和背景区域的灰度值是不同的,由于噪声和弥散的存在,目标和背景的边界是有一定宽度(待识别的目标要有一定面积,当大于 6×6 时,边界的宽度才能满足识别的条件),即有一个过渡区,在该边缘区域,沿某个方向(X 或 Y 等)在目标两侧的梯度是同方向的,即灰度是增加或减少的(虽然由于噪声干扰,有些点不同,但从一个区域看,灰度变化趋势应该是一致的),这样计算区域的灰度变化趋势,将符合灰度变化一致的区域标记出来,作为目标的边缘,这样提出来的目标中还有一些假目标,像噪声、光照不均匀留下的阴影等,需要利用多帧反映的目标运动特性的信息来去除噪声,分割出目标的边缘,但是得到的边缘不完整,因此下一步就以边缘处灰度均值为阈值,在边缘处区域内分割,求出完整的目标形状,并根据目标特性如面积、周长等,提取出真目标,具体内容如下:

2.1 利用梯度分析进行初始分割

根据梯度定义(2-1),

$$\left. \begin{aligned} f_x(i, j) &= \frac{2}{m=0} (f(i, j+m-1) - f(i+2, j+m-1))/3 \\ f_y(i, j) &= \frac{2}{m=0} (f(i+m-1, j) - f(i+m-1, j+2))/3 \\ f_{45}(i, j) &= \frac{2}{m=0} (f(i+m-2, j+m-2) - f(i+m, j+m))/3 \end{aligned} \right\} \quad (2-1)$$

求得某方向的图像梯度值(一般只求 X 方向,可根据需要可以求 Y 和 45 度方向,然后各方向的结果融合),利用式(2-2)和(2-3)计算 G_x 和 T_x ,其中 G_x 表示小区域内(如 6×6)梯度分布一致性参数, T_x 表示区域内 X 方向的总的灰度变化值:

$$G_x(i, j) = \frac{p=6, q=6}{p=1, q=1} (f_x(i+p, j+q) / |f_x(i+p, j+q)|) \quad (2-2)$$

$$T_x(i, j) = \frac{p=6, q=6}{p=1, q=1} |f_x(i+p, j+q)| \quad (2-3)$$

$$L_i(i, j) = \frac{m=6}{m=1} (f_x(i, j+m) / |f_x(i, j+m)|) \quad (2-4)$$

$$R_i = \begin{cases} 1 & L_i > 0.5 \\ 0 & -0.5 < L_i < 0.5 \\ -1 & L_i < -0.5 \end{cases} \quad (2-5)$$

$$S_x = \frac{6}{i=1} R_i / 6 \quad (2-6)$$

计算区域内的梯度分布一致性程度和梯度变化量,然后设一阈值来作为判断该区域的梯度变化趋势是否满足要求,一般梯度分布一致性参数绝对值阈值设为 0.5,即区域内有大于 75% 的梯度方向是一致的,梯度变化量设定的阈值为 36,平均梯度变化量大于 1,同时为了提高抗噪声干扰能力,还应按式(2-4)统计每行的梯度分布一致性参数,然后按式(2-5)及(2-6)计算区域内各行的梯度变化方向及一致性程度 $|S_x|$,阈值设为 0.5。

然后根据参数 $|G_x|$ 、 $|S_x|$ 和 T_x 设定的阈值进行分割,满足条件的用式(2-7)求得的该区域内灰度均值 E 来赋值,否则赋值 0。

$$E(i, j) = \frac{p=6, q=6}{p=1, q=1} f(i+p, j+q) \quad (2-7)$$

2.2 目标聚类

按上面方法处理后在某方向(X, Y, 45°)得到的边缘是分开的两部分,需要对目标的位置进行估计,凡在一定邻域内的点,我们认为都是一个目标,记录它的形心位置,并以该区域边缘灰度均值来赋值,记为 E_N ,表示第 N 个目标边缘的灰度均值(个数不大于 10 个,否则影响计算速度)。此时由于光照不均匀引起的光斑等其他干扰,可能分割出的不仅是目标,还分割出其它的假目标如噪声或云团等,需利用连续帧(2-3 帧)反映的目标的运动特征来去掉噪声或云团等假目标,主要根据由于运动而引起的位置变化来判断。

2.3 多帧判断

由于噪声是随机出现的,在相邻帧之间位置的变化是无规律的,目标的运动是有规律的,计算当前帧得到的目标位置,根据目标的运动特点^[6],估计在

后两帧可能出现的位置,当在后两帧估计目标可能出现的区域内再次出现,那么认为该目标是视场内真正的目标。

2.4 阈值分割

上面已经分割出目标来了,但得到的是分散的目标边缘,为了得到完整的目标形状需要再次根据边缘的灰度值作为阈值,以目标为中心,在小区域内进行阈值分割,分割的原则是:

计算该区域(如 40 ×40)内平均灰度值:

$$E_P = \frac{1}{n \times m} \sum_{n=1, m=1}^{n=40, m=40} f(i+m-20, j+n-20) \quad (2-8)$$

因分割出的目标以 E_N 赋的值,其意义是该目标边缘的灰度均值,故可以根据由(2-8)式计算得到的区域灰度均值来判断目标是亮目标还是暗目标,然后以式(2-9)来重新分割:

$$T(i, j) = \begin{cases} 0 & f(i, j) < E_N \\ f(i, j) & f(i, j) > E_N \end{cases} \quad E_N > E_P \quad \text{亮目标}$$

$$T(i, j) = \begin{cases} 0 & f(i, j) > E_N \\ f(i, j) & f(i, j) < E_N \end{cases} \quad E_N < E_P \quad \text{暗目标}$$

(2-9)

这样分割出的点绝大部分是目标点,但是一些孤立的噪声点可能也被分割出来,可以进一步目标聚类,原则是区域内的点数大于一定数目,去除孤立噪声点,然后记录目标的形心位置,在此过程中,聚合出目标,由于针对的是面目标,可通过面目标的几何特征,如面积、周长、不变矩等特征来增加目标识别的准确性。

3 目标分割的实验结果

对在现场采集的序列图像进行仿真,信噪比定义^[3]为:

$$SNR = 10 \lg \frac{(s_0 - m_0)^2}{\sigma_0^2} \quad (3-1)$$

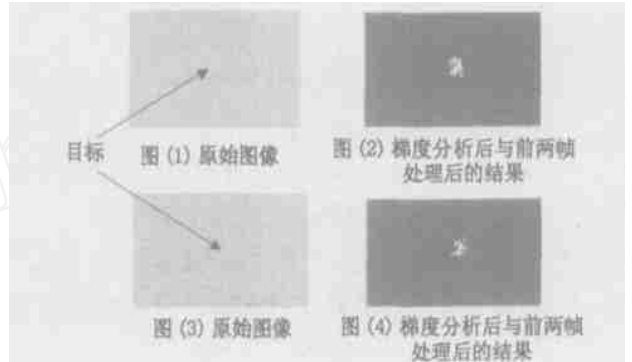
其中 s_0 为目标的平均亮度, m_0 为背景的平均亮度, σ_0 为背景噪声的标准差。

对比度^[7]定义为:

$$CON = \left| \frac{E_t - E_b}{E_b} \right| \times 100 \% \quad (3-2)$$

为方便起见,从序列中抽取了两幅图像说明,图

(1)为原始图像,信噪比为 2.158,对比度为 0.023,经提取目标后,根据目标的运动特性,与该帧的前两帧图像提取的目标做位置上的分析,分割出目标,最终结果如图(2),图(3)为噪声比较严重的原始图像,信噪比为 0.684,对比度为 0.037,图(4)为分割结果。



4 结论

噪声条件下弱目标的检测历来被认为是一个十分复杂的问题。在低信噪比的情况下,要保证可靠、稳定地检测目标是很困难的。根据区域内梯度变化的趋势来提取弱目标,能够实现快速单帧检测,并利用多帧反映的目标运动特性,较好地解决了低对比度弱目标的检测问题。同时也可结合其他算法,提高识别的稳定性和可靠性。

参考文献:

- [1] 章毓晋,图像分割[M].北京,科学出版社,2001.
- [2] 刘文耀,等.光电图像处理[M].北京,电子工业出版社,2002.
- [3] 熊艳,彭嘉雄,丁明跃,等.运动弱目标检测的一种方法数据采集与处理[J].Vol. 10, No. 3, sep, 1995.
- [4] 张弘,赵保军,毛二可.低信噪比下抖动的红外弱小目标的实时检测[J].激光与红外,2001,31(4):225-227.
- [5] 向健勇,徐军,刘燕,等.背景预测法检测空中红外弱小目标[J].激光与红外,1997,27(4):205-208.
- [6] 丁艳,赵一帆,运动目标的检测技术研究[J].光学技术,2002,28(4).
- [7] 郑敏,张启衡.弱小目标检测与跟踪算法[J].光电工程,2002,4.