

* 起伏背景下的自适应门限检测方法*

杨卫平 沈振康

(国防科技大学 ATR 国防科技实验室, 湖南, 长沙, 410073)

摘要 介绍了起伏背景下的自适应门限检测方法的基本原理, 并对其进行了改进, 利用该方法可有效地检测起伏背景下的微小目标, 并给出了实验结果的验证

关键词 自适应门限, 检测

引言

在现代化的高技术战争中, 要求武器系统具备极快的反应速度, 只有及时地发现目标、跟踪目标、及时地捕获和锁定目标, 才能实现有效的攻击。末制导技术广泛地应用于各种导弹、炮弹及空间武器中, 在整个末制导过程中, 最初捕获的目标在视场中一般呈现点状, 随着目标的逐渐接近, 点目标逐渐扩大为斑点目标、面目标, 在此过程中, 微小目标的检测以及目标的跟踪是关系到整个末制导过程成败的关键, 因为:

(1) 现代化高技术武器为了增大作战距离, 要求在远距离发现目标。因此在绝大部分时间内, 目标在视场中是以微小目标(点和斑点目标)形态出现的。从含有噪声、天空背景、诱饵和假目标的复杂场景中, 正确无误地检测真目标, 它在一定程度上决定了末制导的成败。

(2) 目标的跟踪为制导控制系统提供有关目标的位置、速度以至目标的细节等精确数据, 以保证在允许的误差范围内精确地跟踪目标的关键部位, 达到精确打击的目的。本文将针对云层背景中目标的有效检测^[1], 提出了改进的自适应门限检测算法, 对低信噪比起伏背景下的微小目标检测取得了良好的效果。

本文给出了一般意义上的自适应门限法^[2,3,4], 它对起伏背景下的微小目标有一定的检测效果, 还给出了改进的自适应门限检测法, 该算法对起伏背景下的微小目标有较好的检测效果, 但不能得到十分满意的结果, 为此, 我们提出了修正的自适应门限法, 取得了良好的检测效果, 并得到实验结果验证。

1 一般的自适应门限检测法

利用门限的目的是使规定的检测门限高得足以抑制背景起伏, 低得足以使目标信号通过, 这种方法可称为背景归一化。当门限的选取是随着局部背景分布而变化时, 则称该门限是空间自适应的。通常实现这一方法的措施是用一滑动窗口对背景分布进行变换。简单的背景归一化(自适应门限法)采用如下的掩模(5×5):

* 国防科技基金资助项目

稿件收到日期 1998-01-14, 修改稿收到日期 1999-01-26



$$W = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

设 $f(i, j)$ 表示某一帧图像中 (i, j) 点的灰度, 通过上述的掩模 W 处理后, 得到结果如下

$$g(i, j) = \begin{cases} f(i, j), & f(i, j) \geq T(i, j) \\ 0 & f(i, j) < T(i, j) \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中

$$T(i, j) = \sum_{x=-2}^2 \sum_{y=-2}^2 W(x+2, y+2) f(i+x, j+y), \quad (3)$$

考虑到实际实现中标号均是从 0 开始, 所以式(3)中 W 的标号取为 $(x+2, y+2)$; 同理, W 也可使用 $7 \times 7, 9 \times 9$ 的掩模 但有一点, W 的尺寸必为奇数

由式(3)可见, W 是一个加权因子, 是可调的, 因此可得到如下改进的自适应门限检测算法

2 改进的自适应门限检测法

当滑动窗口移动时, 我们取窗口中心 (m, n) 为坐标原点, 并假定窗口尺寸为 $M \times N$, 则窗口内任一点的坐标 (x_u, y_v) 可表示为

$$\begin{cases} x_u = u \cdot \Delta x, & - (M-1)/2 \leq u \leq (M-1)/2, \\ y_v = v \cdot \Delta y, & - (N-1)/2 \leq v \leq (N-1)/2, \end{cases} \quad (4)$$

如果目标在窗内不出现时, 窗内某一点的灰度值 $S(x_u, y_v)$ (从输入图像 $f(i, j)$ 得到) 可认为属于背景强度 滑动窗口内各像素灰度均值表示为

$$\bar{S} = \frac{1}{Z} \sum_{u=- (M-1)/2}^{(M-1)/2} \sum_{v=- (N-1)/2}^{(N-1)/2} W_{uv} f(m+u, n+v), \quad (5)$$

式(5)中 Z 为滑动窗口内掩模非零的点数, $Z = M \times N - (M-1) \times (N-1)$, $W_{uv} = W[u+(M-1)/2, v+(N-1)/2]$, $W_{uv} f(m+u, n+v) = S(x_u, y_v)$,

式(5)可变为

$$\bar{S} = \frac{1}{Z} \sum_{u=- (M-1)/2}^{(M-1)/2} \sum_{v=- (N-1)/2}^{(N-1)/2} S(x_u, y_v), \quad (6)$$

W 仍假定为类似于式(1)的 $M \times N$ 矩阵

由式(4)的定义, 显然有



$$\begin{cases} \bar{x} = \frac{1}{Z} \sum_{u=-\frac{M-1}{2}}^{\frac{M-1}{2}} \sum_{v=-\frac{N-1}{2}}^{\frac{N-1}{2}} w_{uv} x_u = 0, \\ \bar{y} = \frac{1}{Z} \sum_{u=-\frac{M-1}{2}}^{\frac{M-1}{2}} \sum_{v=-\frac{N-1}{2}}^{\frac{N-1}{2}} w_{uv} y_v = 0, \end{cases} \quad (7)$$

其中, w 为与 W 相对应的加权阵, $w_{uv} = w [u + (M - 1)/2, v + (N - 1)/2]$, 它限制了 x, y 取平均时所用的点, 当 $M = N = 5$ 时, w 表示为

$$w = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

由于我们所要处理的数据是数字图像, 它在空间的分布是离散的, 故须对背景的灰度分布进行内插. 我们采用如下的二次多项式来进行内插:

$$S(x, y) = Ax^2 + Bxy + Cy^2 + ax + by + c, \quad (8)$$

为了确定式(7)中的未知参数, 利用最小二乘估计, 使

$$\epsilon = \sum_u \sum_v [S(x_u, y_v) - S(x_u, y_v)]^2 \quad (9)$$

达到最小

经过推导, 可以得到改进的自适应门限方法所用的近似掩模 w ($M = N = 5$) 如下:

$$W = \begin{bmatrix} -0.3 & 0.125 & 0.3 & 0.125 & -0.3 \\ 0.125 & 0 & 0 & 0 & 0.125 \\ 0.3 & 0 & 0 & 0 & 0.3 \\ 0.125 & 0 & 0 & 0 & 0.125 \\ -0.3 & 0.125 & 0.3 & 0.125 & -0.3 \end{bmatrix}; \quad (10)$$

同理, 我们也可以导出 $7 \times 7, 9 \times 9$ 的掩模, 从而实现自适应门限检测

利用式(10)的掩模进行自适应门限检测的判决准则同式(2)类似, 只是使用的门限不同而已, 如下所示, 其中的 $c(i, j)$ 和上面讨论中的 c 是一致的

$$g(i, j) = \begin{cases} f(i, j), & f(i, j) > c(i, j) \\ 0 & f(i, j) < c(i, j) \end{cases} \quad (11)$$

3 修正的自适应门限检测方法

考虑到用式(11)得到的检测结果含有大量的虚警和杂波, 不利于后续处理, 因而对式



(11) 进行一些修正是必要的 这里, 给 $c(i, j)$ 加了一个调整因子 $\delta(i, j)$, 则式(11)变为

$$g(i, j) = \begin{cases} f(i, j), & f(i, j) > c(i, j) + \delta(i, j) \\ 0, & f(i, j) < c(i, j) + \delta(i, j) \end{cases} \quad (12)$$

式(12)中

$$\delta(i, j) = k\sigma(i, j) \quad (13)$$

而 $\sigma(i, j)$ 为滑动窗口内各像素灰度的均方差, k 可选为一常数, 也可根据检测后输出的图像 $g(i, j)$ 中非零像素的个数来自适应调整

经过修正后, 检测出的虚警数大大减小, 其实验结果见图 1.

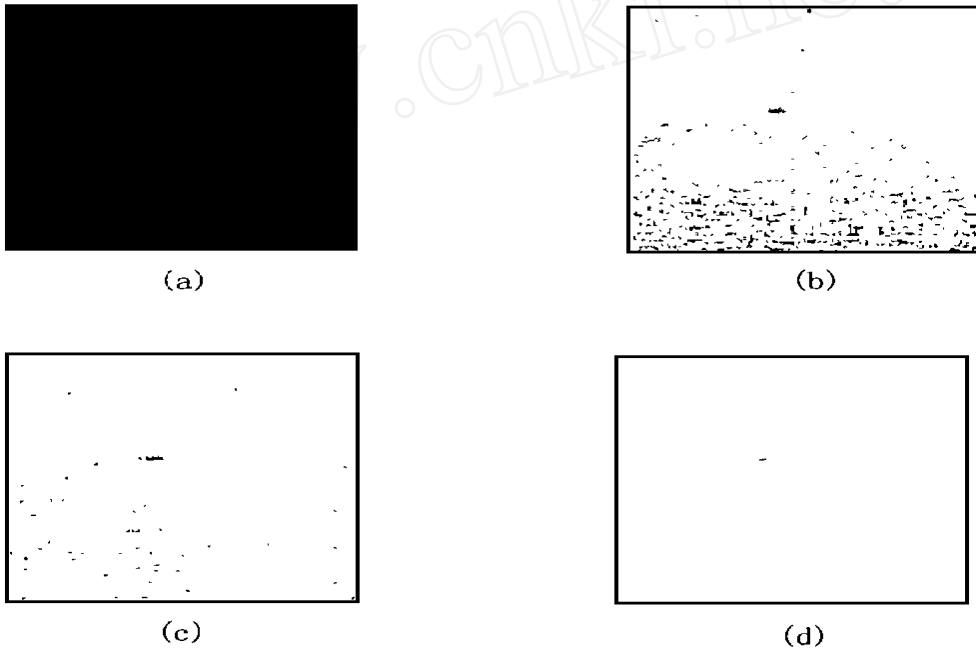


图 1 第 1 帧原始图像及检测结果

(a) 原始图像 (b) 简单的自适应门限法结果
(c) 改进的自适应门限法检测结果 (d) 修正的自适应门限法检测结果

Fig. 1 The original image and detection results of the first frame

(a) original image, (b) the detection result of the simple adaptive thresholding method,
(c) the detection result of the modified adaptive thresholding method,
(d) the detection result of the ameliorated adaptive thresholding method

4 实验结果

图 1 中给出了上述几种目标检测方法用实际红外图像数据进行的实验结果, 可以看出, 这几种方法的检测效果中, 第三种最好, 而第一种最差 三种方法的检测虚警率依次大大下降, 减轻了下一级处理的负担

5 结语

众所周知,低信噪比条件下小目标的检测和跟踪历来被认为是一个十分复杂的问题。小目标没有形状、尺寸、纹理结构,可用于检测的信息很少,特别是在低信噪比的情况下,要保证可靠、稳定地检测并跟踪目标是很困难的。本文着重研究了小目标的检测问题。文中提出的自适应门限检测算法,有效地解决了起伏背景下低信噪比小目标的检测问题。

REFERENCES

- 1 Patterson T J, Charles D M, Christiansen R W. Detection algorithms for image sequence analysis, *IEEE Trans on A SSP*, 1989, **37**(9): 1130~ 1137
- 2 Rauch H E. Adaptive background suppression for real time signal processing, *Proc SPIE*, 1980, **241**: 37~ 46
- 3 Sun Ji-Xiang. *Digital Image Processing*, Shijiazhuang: Hebei Educational Press (孙即祥, 数字图像处理, 石家庄: 河北教育出版社), 1993: 228~ 234
- 4 LANG Xiao-Hong. Detecting and tracking of infrared targets in undulant background: Degree thesis, Changsha: National University of Defense Technology (朗晓红, 起伏背景下红外目标的检测与跟踪: 学位论文, 长沙: 国防科技大学), 1995, 10~ 24

THE DETECTION METHOD OF ADAPTIVE THRESHOLDING IN UNDULANT BACKGROUND*

YANG Wei-Ping SHEN Zheng-Kang

(ATR Laboratory, National University of Defense Technology,
Changsha, Hunan 410073, China)

Abstract The principle of adaptive thresholding detection method in undulant background was introduced, and its modified methods given. The methods can be used to detect small targets in undulant background effectively and it was proved by the experiment results.

Key words adaptive thresholding, detection.

* The project supported by the Fund of National Defense Technology
Received 1998-01-14, revised 1999-01-26

