

海面场景中弱目标的提取*

魏波¹⁾ 张启衡²⁾ 李在铭¹⁾

¹⁾电子科技大学通讯与信息工程学院, 四川, 成都, 610054;

²⁾中国科学院成都光电应用技术研究所, 四川, 成都, 610209

TN 216/5

摘要 讨论了在低对比度、强干扰的情况下, 对弱目标的提取和跟踪方法, 设计了独特的空域采样器, 进而提出了一种在实际系统上可实时实现的分割算法, 最后给出了实际外场实验中的处理结果, 说明了这种算法的有效性。

关键词 图像分割, 分割门限, 图像目标检测。

红外成像跟踪系统, 海面场景, 弱目标

EXTRACTING WEAK TARGET FROM THE OCEAN SCENES*

WEI Bo¹⁾ ZHANG Qi-Heng²⁾ LI Zai-Ming¹⁾

¹⁾ College of Communication and Information Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, Sichuan 610054, China;

²⁾ Chengdu Institute of Optics & Electronics Application, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, Sichuan 610209, China)

Abstract This paper discussed the extracting and tracking method for weak targets under the situation of low contrast and strong interaction in real battlefield. A special spatial sampler was designed according to the weak targets' distributing feature, and the special segmentation algorithm which can be run in real system in real time was provided. At last the results of real experiment were given and the results show that the algorithm is efficient.

Key words image segmentation, threshold of segmentation, detection of image target.

引言

对可见光或红外成像跟踪系统而言, 无论是在目标制导, 还是在近距拦截火控系统中的应用, 都存在着对弱小目标的稳定跟踪这一难题, 因为目标总是从远及近, 由小变大的, 只有在远距离捕获目标, 才能实施对目标的跟踪和测量, 故如何在小目标, 低信噪比的情况下提取出目标, 成为提高成像跟踪系统作用距离的关键。

通过灰度直方图来选择门限 T , 进而对图像进行分割提取目标, 是目标识别的基本方法, 但它也有一定的局限性, 特别是小目标的情况下, 集中表现在: (1) 灰度直方图完全丢弃了目标的位置信息; (2) 在小目标的情况下, 目标像素对直方图的贡献往往被噪声淹没; (3) 由于是小目标, 在直方图上, 很难表现出双峰, 所以很难确定门限 T ^[1,2,3]。

本文中的数字电视跟踪器是一基于其它系统引

导的跟踪系统, 其它系统进行搜索, 给出目标的最大概率存在区域, 以引导位置 (x_0, y_0) 为中心的 δ 领域, 然后由该系统完成对目标的精确跟踪, 针对以上问题, 并根据系统特点, 本文提出了一种相应的、可实时实现的门限提取方法, 理论分析和实验结果表明该算法是有效的。

1 空域开窗采样

在一幅 512×512 的标准图像中, 对于 $m \times m (m \leq 4)$ 的小目标, 提取目标是很困难的, 根据文献[2]可知, 某个固定的门限很难适应整幅图像的各个部分, 根据这一设想, 由于系统在引导状态下, 目标存在的最大概率区域为以引导位置 (x_0, y_0) 为中心的 δ 领域, 故我们设计了一空域开窗采样器 RECT

$$\left(\frac{x-x_0}{M_T}, \frac{y-(y_0-\Delta)}{N_T} \right), \text{ 并有}$$

$$B(x, y) = F(x, y) \cdot$$

* 国防科工委预研基金(编号 JD10021)资助项目
稿件收到日期 1999-05-18, 修改稿收到日期 2000-03-14

* The project supported by the Preliminary Research Foundation of National Defense at China (No. JD10021)
Received 1999-05-18, revised 2000-03-14

$$\text{RECT}\left(\frac{x-x_0}{M_T}, \frac{y-(y_0-\Delta)}{N_T}\right), \quad (1)$$

其中,

$$\text{RECT}\left(\frac{x-x_0}{M_T}, \frac{y-(y_0-\Delta)}{N_T}\right) = \begin{cases} 1, & \|x-x_0\| \leq M_T/2, \|y-(y_0-\Delta)\| \leq N_T/2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$F(x, y)$ 、 $B(x, y)$ 分别是采样前后的图像.

采用这一开窗采样技术,大大减少了数据量,为实时处理创造了条件.而 M_T 和 N_T 的选取是根据大量的实验来确定的.本文设计的电视跟踪器是一舰用电视跟踪器,根据文献[4]取 $M_T=128, N_T=128$.同时,为保证背景灰度估计的准确,采样窗在纵向上偏离引导位置 y_0 的距离为 Δ .

2 一种可实时实现的迭代二值阈值选取方法

为分割提取出目标,并实时进行跟踪,我们设计了一种简易、快速的迭代算法.具体算法步骤如下.

(1) 初始估计目标平均灰度为

$$\hat{g}_{00} = E[f(x, y) | (x, y) \in R_u], \quad (2)$$

其中, R_u 为以 (x_0, y_0) 为中心的 5×5 区域.背景平均灰度为

$$\hat{g}_{b0} = E[f(x, y) | (x, y) \in R_b], \quad (3)$$

其中 R_b 为 128×64 的采样区的前 n 行的区域.实验中,取 $n=8$.实验表明,采样处理区域 $M_T \times N_T$ 的前 8 行为背景区域的概率很大,以此为背景的灰度估是合适的.这样,第一次阈值估计为

$$\hat{T}_0 = \hat{g}_{00} + \lambda |\hat{g}_{b0} - \hat{g}_{00}|, \quad (4)$$

其中 λ 为调节参数,与目标、背景的面积比有关.

(2) 以步骤(1)中的阈值估计 \hat{T}_0 可以重新估计目标和背景的平均灰度,目标平均灰度为

$$\hat{g}_{01} = E[f(x, y) | (x, y) < \hat{T}_0] \quad (5)$$

目标为黑目标.背景平均灰度为

$$\hat{g}_{b1} = E[f(x, y) | (x, y) \geq \hat{T}_0]. \quad (6)$$

同理可以得到第二次阈值估计 \hat{T}_1 .

(3) 如果 $|\hat{T}_1 - \hat{T}_0| \leq \eta$, 则停止迭代,取 \hat{T}_1 为阈值门限 T_r . 否则返回步骤(2)继续迭代.

由于目标的被引导特点,可知第一次目标和背景的平均灰度的估计是较准确的,因为目标位于采

样区域的中心,而在采样区域的前几行一般是背景区域.这样,只要根据实验设定 λ, η 等各个参数即可,上述迭代次数根据大量实验证明 ≤ 3 .

在实际系统的设计中,我们根据实际场景的情况,设计了两个调节参数 a 和 b ,自适应地调节目标象素检测的漏警率和虚警率.当目标较小时,必须保证目标不被腐蚀,可适当扩张,即增大目标象素检测的虚警率;当目标较大时,目标可适当的腐蚀,即适当增大目标象素检测的漏警率.图 1 体现了这一设计思想.以暗目标为例,当目标的点数(面积) n_0 较大时,初始阈值 T_r 经调整,减小较多,目标的象素点可能被腐蚀;当目标的点数 n_0 较小时,初始阈值 T_r 经调整,减小较少,目标的象素点可能被扩张.其中 $T = T_r - a - bn_0/n_b$, 目标为暗目标, $T = T_r + a + bn_0/n_b$ 目标为亮目标. n_0 和 n_b 分别为以 T_r 为分割门限的目标和背景的象素点数.

3 实际实验结果和讨论

我们设计的数字电视跟踪系统以 ADSP2181 为核心器件,采样为 7bit,以此 DSP 为基础的系统可在几 ms 内完成上述运算,给出目标的位置偏移量.参加在海军某基地进行的外场实验时,可在能见度很差的情况下,检测并跟踪在海面的船只.

图 2 显示了系统对一弱目标的跟踪结果.由图 2(d)的直方图可以看出,该图像为一单峰直方图.传统的门限提取方法很难适用,原图像的信噪比 $\text{SNR} = 1.57$.图 2(b)为初始二值化结果,用前文中的分割门限提取方法,分割门限为 41, $\text{SNR} = 3.15$.图 2(c)为经过一形态学腐蚀算子后的最终二值化结果, $\text{SNR} = 3.85$.图 3 显示了另一跟踪结果,其中 3(a)信噪比 $\text{SNR} = 2.19$; 3(b)信噪比 $\text{SNR} = 4.58$,分割门限为 33; 3(c)信噪比 $\text{SNR} = 4.70$.

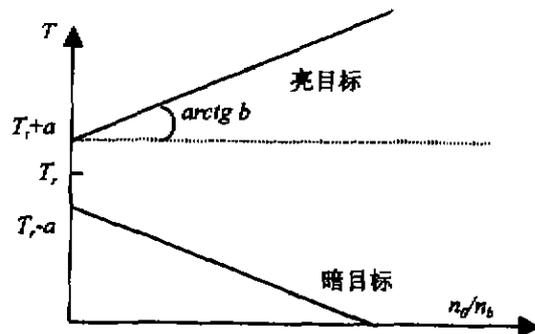


图 1 门限调节示意

Fig. 1 Diagram of adjusting the threshold

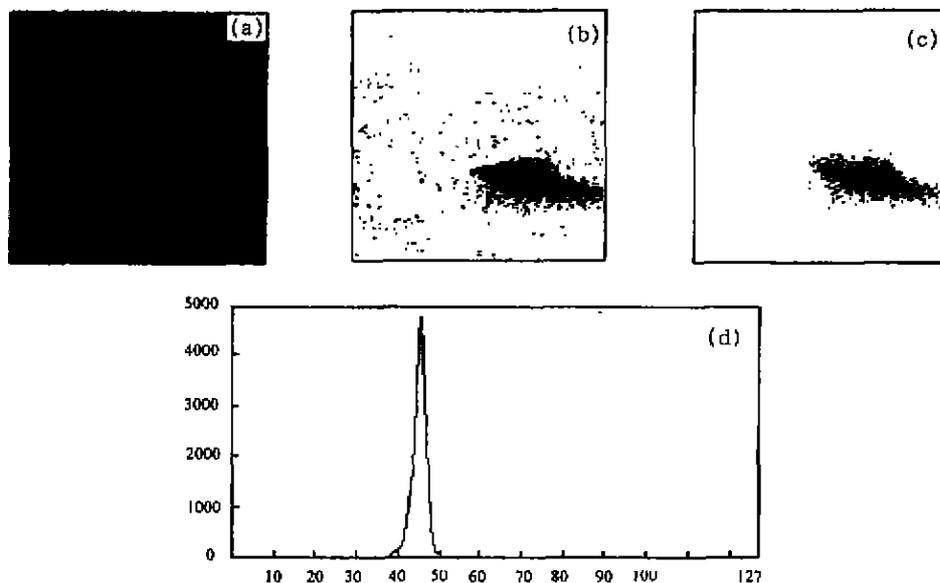


图 2 实际系统处理实际图像结果 1

(a) 原始图像(黑影为小船), (b) 初始二值化结果, (c) 最终二值化结果, (d) 原始图像直方图

Fig. 2 Results of real system to process real image (part 1)

(a) original image (the black area is a small boat), (b) original binary image, (c) binary image, (d) histogram of original image

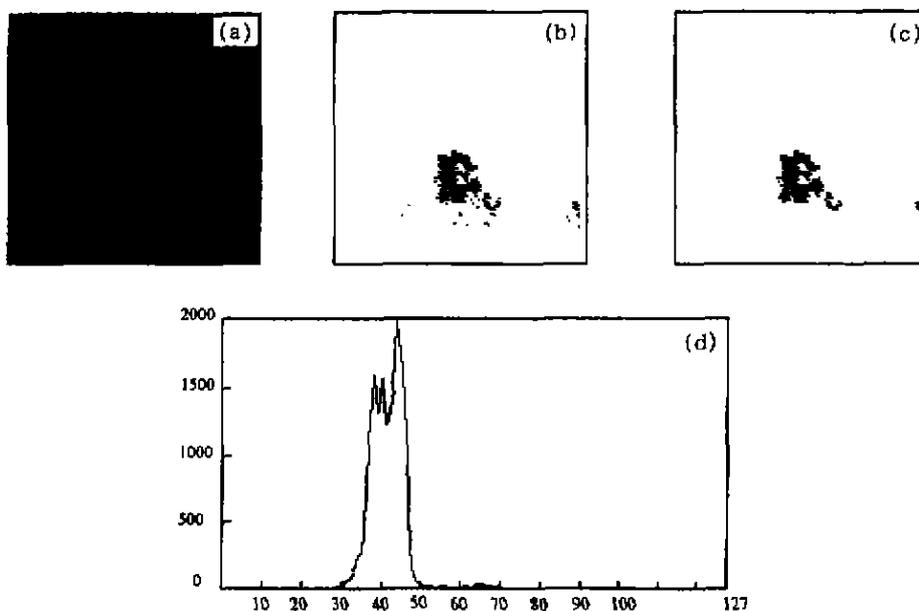


图 3 实际系统处理实际图像结果 2

(a) 原始图像(黑影为小船), (b) 初始二值化结果, (c) 最终二值化结果, (d) 原始图像直方图

Fig. 3 Results of real system to process real image (part 2)

(a) original image (the black area is a small boat), (b) original binary image, (c) binary image, (d) histogram of original image

实验中各参数设置为 $\Delta=16, \lambda=0.15, \eta=2$. 在图 2 的实验中, $a=0.5, b=1.0$, 此时门限的调整较小, 目标像素检测的虚警率较高, 表现在图 2(b)中

离散点较多. 而在图 3 的实验中, $a=0.5, b=2.5$, 此时门限的调整较大, 目标像素检测的漏警率较高, 表现在图 3(b)中目标被部分腐蚀, 但仍保留了可跟踪

的船只的上部特征.

本文信噪比定义为 $SNR = (\text{图像平均灰度} - \text{目标灰度}) / \text{图像灰度的标准偏差}$. 图 2 和 3 中白点为目标引导位置.

4 结论

本文根据实际设计的数字电视跟踪器的引导特点,提出了一种快速提取分割门限的算法,并可根据目标特点,调整分割门限,准确地提取出目标,理论分析和实验结果证明了该算法的有效性.

在强干扰、低对比度的场景,实时检测提取小目标是一个难题,它要求算法既要准确地检测目标,又要简易可行. 各种图像处理的新方法,如小波、形态

学、神经网络等,都可以应用到实际系统中,但在提高系统硬件运算速度的同时,也要求简化各种算法,才能得以实际应用.

REFERENCES

- [1] Tekalp A Murat. *Digital Video Processing*. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1995: 204—213
- [2] Weszka Joan S, Rosenfeld Azriel. Threshold evaluation techniques, *IEEE Transaction on Systems Man and Cybernetics*, 1978, 8(8): 566—579
- [3] Haddon John F. General threshold selection for edge detection, *Pattern Recognition*, 1988, 21(3): 195—203
- [4] TONG Zhi-Rong. *Basic Theory of Warship Commanding System*. Beijing: National Defence Industry Publishing House (童志荣. 舰艇指挥系统的理论基础. 北京: 国防工业出版社), 1995: 133—141