

一种自然纹理背景下的图像目标检测方法

陈晓钟, 孙华燕

(装备指挥技术学院测量控制系, 北京 怀柔 101416)

摘要: 本文根据被测图像纹理背景和目标区域在小波变换域内图像能量的分布不同, 以及经过多尺度分解后在各子空间信息分布的不同, 运用与背景纹理的方向无关, 对目标的变化具有旋转、平移以及尺度不变性的能量特征作为检测目标的依据。为了有效地提高目标边界的定位精度, 抑制背景噪声, 本文提出了能量特征图和基于多尺度分析的边缘特征图相融合的特征融合方法进行目标检测。实验证明该方法具有较好的适应性。

关键词: 多尺度分析; 能量特征; 边缘特征; 目标检测; 图像

中图分类号: TN911.74 文献标识码: A

1 引言

军事目标检测图像一般是由自然背景和少量的人造目标所组成。现有的图像目标检测方法大多是基于对目标本身特性进行分析, 利用人造目标和自然背景在上述几何构成上的固有差别, 通过寻找和分析人造目标所对应的几何基元及目标本身具有的大小、方向、平移不变的特征, 来实现目标的检测与识别, 其前提是目标本身特性已知或可估计。而实际的如军事图像目标检测中, 目标本身特性一般是未知的, 目标成像时的大小、形状和姿态都在随着目标运动而不断变化, 不同的目标类型及姿态角也会产生不同目标成像形状。同时, 受成像系统和环境条件的限制, 在最终获取的图像中, 人造目标与自然背景在几何构成上的固有差别被模糊了, 难以正确地检测人造目标所对应的几何基元及其特征, 造成误检和漏检。因此, 要在目标所处的自然背景随着天气、季节、地点等外界条件的改变而不断变化的情况下, 准确地检测出自然背景中的人造目标, 必须寻找一种能更有效地区分人造目标和自然背景的新特征及相应的图像目标检测方法。

本文根据被测图像纹理背景和目标区域在小波变换域内图像能量的分布不同, 以及经过多尺度分解后在各子空间信息分布的不同, 提出与背景纹理的方向无关, 对目标的变化具有旋转、平移以及尺度不变性的能量特征和基于多尺度分析的边缘特征相融合的特征融合方法, 进行目标检测。实验证明, 该方法有较好的实用性。

2 图像的能量特征

设 $\theta(x, y)$ 是一低通平滑函数,

令 $\Psi^1(x, y) = \frac{\partial \theta(x, y)}{\partial x}$, $\Psi^2(x, y) = \frac{\partial \theta(x, y)}{\partial y}$, $\Psi^1(x, y)$, $\Psi^2(x, y)$ 可以看做小波函数。对一幅图像 $f(x, y)$:

$$\begin{cases} W_{\frac{1}{2}} f(x, y) = f \times \Psi_{\frac{1}{2}}^1(x, y) \\ W_{\frac{1}{2}} f(x, y) = f \times \Psi_{\frac{1}{2}}^2(x, y) \end{cases}$$

称 $Wf = \{W_{\frac{1}{2}} f(x, y), W_{\frac{1}{2}} f(x, y)\}_j$ z 为 $f(x, y)$ 的二维二进小波变换, 它的能量表达式为:

$$E(j, k) = |W_{\psi} f|^2 = |W_{\frac{1}{2}} f(x, y)|^2 + |W_{\frac{1}{2}} f(x, y)|^2$$

它为一个不随空间坐标平移和旋转而改变的一个空间频率特征。

对于二维图像来讲,利用 Mallat 算法通过张量积可由一维正交小波构造二维正交小波基,从而得到离散图像 $\{C_{n,m}^0\}_{n,m}$ 的多尺度分解。

设 $\{V_j\}_j$ 是给定的多尺度分析, $\mathcal{Q}(x)$ 和 $\Psi(x)$ 是相应的尺度函数和小波函数。若分解 N 次,则分解公式为:

$$\left. \begin{aligned} C_{n,m}^j &= \frac{1}{2} \frac{1}{k,l} \bar{h}_{k-2n} \bar{h}_{l-2m} C_{k,l}^{j-1} \\ d_{n,m}^{j1} &= \frac{1}{2} \frac{1}{k,l} \bar{h}_{k-2n} \bar{g}_{l-2m} C_{k,l}^{j-1} \\ d_{n,m}^{j2} &= \frac{1}{2} \frac{1}{n,m} \bar{g}_{k-2n} \bar{h}_{l-2m} C_{k,l}^{j-1} \\ d_{n,m}^{j3} &= \frac{1}{2} \frac{1}{n,m} \bar{g}_{k-2n} \bar{g}_{l-2m} C_{k,l}^{j-1} \end{aligned} \right\} j = 1, 2, \dots, N$$

其中, $\{d_{n,m}^{j1}\}_{j=1}^N$ 是各层次的垂直细节分量, $\{d_{n,m}^{j2}\}_{j=1}^N$ 是各层次的水平细节分量, $\{d_{n,m}^{j3}\}_{j=1}^N$ 是各层次的斜细节分量, $\{C_{n,m}^1\}_{j=1}^N$ 是各层次的平滑分量(低频成分)。

由于正交小波分解满足能量保持等式,图像中的信息被分散到各个小波子空间上,能量在各个小波空间上的分布就可以作为对图像特征的一种很好的描述。如图 1 将图像作二级小波分解,其中通道 1 为低频分量 c^2 , 通道 2—4 为中频分量 d^{21} 、 d^{22} 、 d^{23} , 通道 5—7 为高频分量 d^{11} 、 d^{12} 、 d^{13} 。各通道的能量可用下式计算:

$$E_n = \frac{1}{M} \sum_{i,j} y_n^2(i,j) \quad n = 1, 2, \dots, 7$$

其中, M 表示 R 内的像素个数, $y_n(i,j)$ 为各通道的像素灰度值。

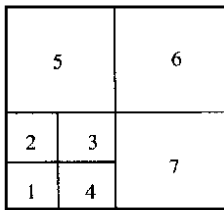


Fig. 1 The wavelet decomposition in second step

在图像的小波变换域,系数的幅值代表了原始图像在该分辨率下灰度变化的剧烈程度,故局部能量较大的像素代表了原始图像中的明显特征。分别计算 7 个通道及三个频带的能量:

$$E_L = E_1$$

$$E_M = E_2 + E_3 + E_4$$

$$E_H = E_5 + E_6 + E_7$$

并定义

$$r = k \cdot \frac{E_L}{E_H + E_M}$$

其中, k 是一个大于 1 的常数,为了使 r 值不致太小。

经过对各种图像的统计表明,纹理图像的 r 值与目标图像的 r 值相差较大。图像的纹理背景含丰富的高频成分, r 值小;平滑目标的低频成分多, r 值大。且由于比值反映的是一种比例关系,不会随不同的图像改变太大,因此,将值作为区别纹理背景与检测平滑目标所依据的特征。

设有大小为 $(2\omega+1) \times (2\omega+1)$ 的窗口,沿 $N \times N$ 大小含有目标的待检测图像行的顺序连续移动,将待检测图像分解为完全相互覆盖的窗口的集合。在每一个窗口计算出其特征 r 值,将 r 值赋予窗口所对应的中心像素作为其新的灰度值,则得到 r 值特征图像。在特征图像上,图像的纹理背景 r 值小,表现为暗区;目标的 r 值大,所以表现为亮区。由于这种暗、亮的差异,所以在特征图像的灰度直方图上必存在两个相距明显的“波峰”,在“波谷”处选择一灰度门限值就可将特征图像的暗、亮区域分开,形成一个二值图像,完成纹理背景与待测目标的分离处理。

3 图像的边缘特征

为了提取图像的主要边缘,对小波分解的三幅高频分量图像 $D_{1,j}$ 、 $D_{2,j}$ 和 $D_{3,j}$ 适当选取门限,生成各自的边缘图像,再根据需要通过不同的组合生成所要求的边缘图像。由于子图像 $D_{1,j}$ 、 $D_{2,j}$ 和 $D_{3,j}$ 分别包含水平方向、垂直方向和对角方向的边缘信息,所以生成的边缘图像 $D_{e,j}$ 中包含了原图像的主要边缘信息,可以看到在放松对边缘图像幅度限制的情况下,该方法可获得较好的边缘图像。

4 能量特征与边缘特征的特征融合

由于目标图像的灰度或纹理经常是不均匀的,由实际图像直接获得的能量特征图像往往存在目标与背景之间边界模糊、检测出的纹理背景中含有一些假目标、目标区域内部有暗线以及移动窗口覆盖在目标边界时所造成的目标边缘定位精度低等问题,因此对能量映射后所分割出来的 r 值特征图像,采用与边缘特征图像相融合的方法对目标与背景之间的边界定位。由多尺度边缘

检测方法, 遵循由粗到细的原则, 在低分辨率下确定目标存在及宏观结构, 在高分辨率下精确定位及提高微观边界的精度。然后根据生成的边缘特

征图, 对粗糙分割后的 r 值特征图像在边缘的一个 $N \times N$ 的区域内进行目标边界补偿, 从而精确定位出目标图像的边界, 提高目标的检测精度。

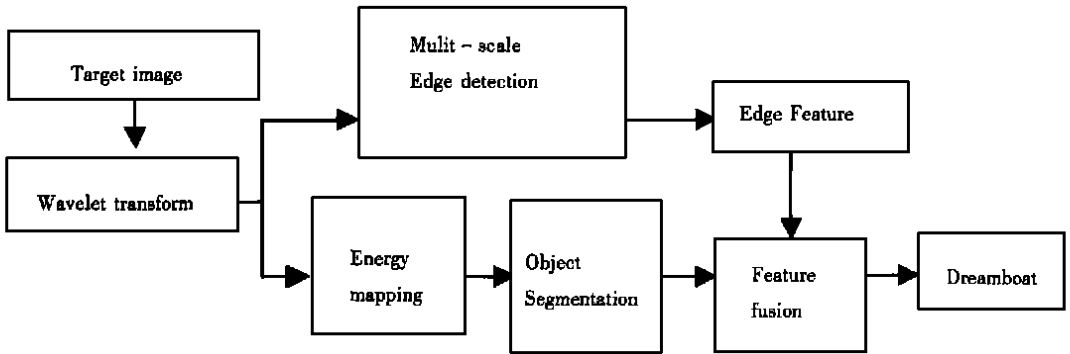


Fig. 2 Targets detection method for image

图 2 为图像目标检测框图, 其具体步骤为:

(1) 首先利用小波变换技术对目标图像进行多尺度分解, 得到不同分辨率下的子图像;

(2) 对图像进行多尺度边缘检测, 精确定位出目标边界, 并把边界特征作为提高目标检测精度的主要依据;

(3) 采用能量特征法, 对目标图像生成能量特征图像; 抑制目标图像背景的干扰, 去除能量特征图中个别被误检测为目标的小区域。对检测得到的目标进行内轮廓的提取和膨胀, 以消除与目标相连的自然背景之间的边沿;

(4) 根据能量特征图像的灰度直方图, 通过选取适当门限从背景中分离出目标区域, 实现目标与背景之间的区域定位;

(5) 将边缘特征与分割出的目标区域进行融合。以边缘图像为依据进行边缘跟踪, 在膨胀后的目标区域中确定目标的理想边界, 并抑制其他非目标区域, 从而抑制背景, 突出目标。

(6) 以上一步得到的理想图像为基础, 目标区域以原始图像的灰度为特征, 并抑制纹理背景, 以获得最终的目标检测图像。

5 实验结果及分析

下面对各种不同情况下的目标进行实验。图 3、4 中, (a) 为原始目标图像, (b) 为多尺度边缘检测图像, (c) 为 r 值能量特征图像, (d) 为 r 特征图像二值化后与边缘图像融合, 再经过后处理消除背景噪声所得到的最终结果。

(1) 海平面上的船只检测:

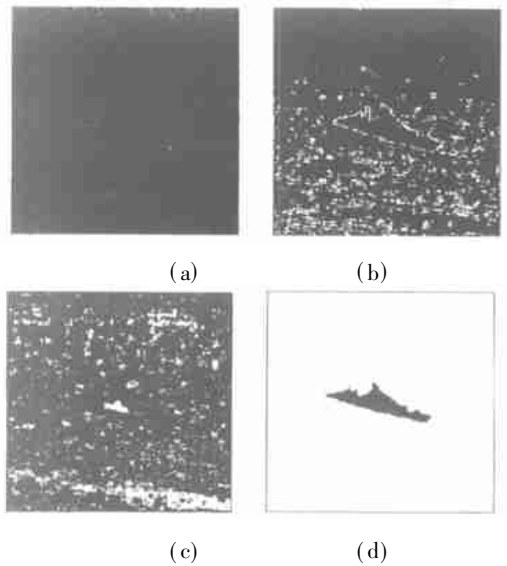


Fig. 3 Ship detection

(2) 天空背景下的飞机检测:

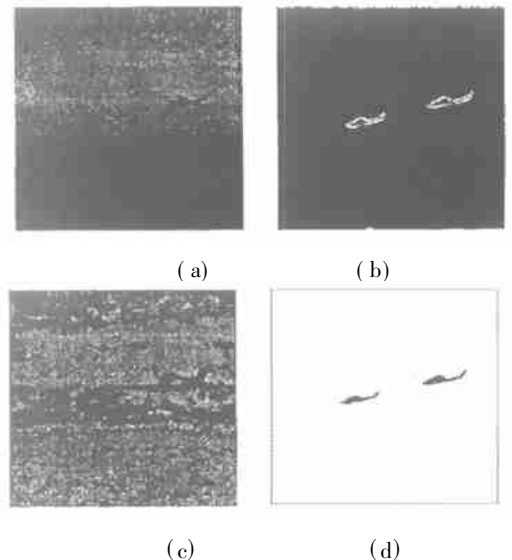


Fig. 4 Airplanes detection

从上可看出,本文提出的能量特征与边缘特征相融合的目标检测方法,可以有效地提高目标边界的定位精度,抑制背景噪声,具有较好的实用性。但其存在的不足是:在不同环境下采集的原始

图像进行目标检测,对得到的能量特征图进行处理时,须针对不同的实际情况调整处理参数,以获得满意的检测结果。

参考文献:

- [1] 朱长青.小波分析理论与影像分析[M].北京:测绘出版社,1998.
- [2] 赵松年,熊小芸.子波变换与子波分析[M].北京:电子工业出版社,1996.
- [3] 张晔.小波变换及在图像多分辨率分析与分割中的应用研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,1996.
- [4] 闫丽,袁家虎,刘江,李展.光学子波用于图像处理[J].光学精密工程,2000,8(3):225-230.
- [5] 张继贤,柳健.基于能量分解的影像纹理多尺度分析[J].电子学报,1997,25(12):15-20.
- [6] 杨海波,姚庆栋,荆仁杰.一种自然场景中的目标分割方法[J].中国图像图形学报,1998,3(8):646-650.
- [7] 常鹏,阎平凡.一种基于小波变换的多尺度边缘检测方法[J].模式识别与人工智能,1996,9(3):251-257.
- [8] Strickland Robin N. Wavelet transform methods for object detection and recovery[J]. IEEE Trans. Image Processing, 1997,6(5):614-618.

Targets detection method for image under nature texture background

CHEN Xiao-zhong, SUN Hua-yan

(*Department of Measuring and Control, Institute of Command and Technology, Beijing Huairou 101416, China*)

Abstract: Based on the energy distribution difference between targets and background and on the information distribution difference in wavelet field after multiscale decomposing, the energy feature is chosen as one of the detection basis. It brings the independence of background texture direction and the invariance of rotation and translation for the changes of targets. In order to restrain the noise of background, improve the edge precision and probability of detection, the fusion method of energy feature and multiscale-based edge feature is proposed. The results of experiments prove that this method has relative adaptability.

Key words: multiscale analysis; energy feature; edge feature; target detection; image

作者简介:陈晓钟(1976-),男,江苏省江阴市,现在装备指挥技术学院攻读硕士,研究方向为图像信息处理。