

文章编号 1004-924X(2000)04-0325-03

一种图像边缘特征提取算法

赵巨波¹, 孙华燕², 杜 巍³

(1. 38611 部队 96 分队, 辽宁 葫芦岛 125000;

2. 装备指挥技术学院测量控制系, 北京 怀柔 101416;

3. 38611 部队 82 分队, 辽宁 葫芦岛 125000)

摘要: 边缘作为一个重要特征是图像目标检测中基础而又困难的一个问题。用常规方法进行边缘检测时, 噪声会影响到边缘特征提取的准确性。为了减小噪声对图像边缘特征的影响, 改善边缘特征的定位精度, 本文提出了一种新的图像边缘特征提取算法。该方法利用小波变换天生的多尺度特性, 对小波变换各尺度下的细节图像用互能量交叉的方法进行噪声抑制和边缘识别。最后作了实例验证。

关键词: 图像; 边缘特征; 小波变换; 多尺度分析; 互能量交叉

中图分类号: O438 文献标识码: A

边缘作为一个重要特征是图像目标检测中基础而又困难的一个问题。一是边缘的成因复杂, 实际景物图像中的边缘往往是各种类型的边缘以及它们模糊化后结果的组合, 物体几何边缘、光照阴影以及物体表面纹理等因素在图像中均表现为边缘, 对它的确认甚至涉及心理学的因素。第二个困难是要在噪声和边缘中作取舍。图像边缘在图像中表现为灰度的不连贯, 与噪声信号类似, 二者都是高频信号, 容易混淆且很难用频带区分。

本文采用基于正交小波变换的多尺度边缘检测方法, 利用小波变换天生的多尺度特性, 对各尺度下的细节图像用互能量交叉的方法进行噪声抑制, 减小噪声对图像边缘特征的影响。实验证明, 用该方法提取图像边缘特征有一定的实用性。

1 离散信号的多尺度小波表示

设 $\{V_j\}_{j \in Z}$ 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。对于二维图像来讲, 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 $\{C_{n,m}^0\}_{n,m \in Z}$ 的多尺度分解。若分解 N 次, 则分解公式为:

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

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, $\{C_{n,m}^j\}_{j=1}^N$ 是各层次的平滑分量(低频成分)。

从滤波器的观点来看, 二维图像的正交小波分解的过程可用图 1 表示。其中 \boxed{X} 表示对 X 进行滤波, $\boxed{2}$ 表示两个样本取一个。

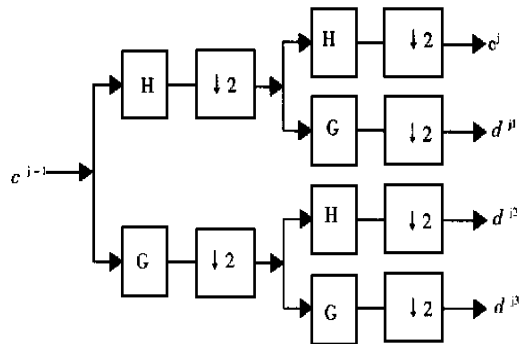


Fig. 1 Two dimensional discrete wavelet transform

2 多尺度边缘特征提取

基于小波分解图像的带通特性,目标边缘存在于高频分量中,由视觉特性的研究结果我们知道,图像的水平方向和垂直方向的边缘对人眼的视觉特性有较大的敏感性,它们代表了图像的主要边缘特征。为了提取这些图像的主要边缘,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,例如对三幅高频子图像进行“或”运算:

$$D_{e,j} = D_{1,j} \oplus D_{2,j} \oplus D_{3,j}$$

3 互能量交叉

互能量交叉的噪声抑制方法的基本出发点是:在含噪图像的小波分解的细节图像上,一般边缘在小波分解的各个尺度都具有相对较大的能量,而噪声的能量随着尺度的增大而相对减小,所以可分别对每个通道分量进行相邻通道能量交

叉,突出主要边缘。

互能量交叉的噪声抑制方法定义为:

$$D_e = \text{sgn}\{D_{e,j}\} \times |D_{e,j}| \times |D_{e,j+1}|$$

其中, $\text{sgn}\{\}$ 表示取函数的符号,即在保持原边缘图像性质(正或负)不变的情况下,对获得的边缘图像作相邻两层(或多层)交叉处理,生成新的边缘图像,在处理过程中达到抑制噪声的目的。这是因为:一是小波分解把噪声分散到每个通道,由于噪声在每个通道的能量分布不同,且彼此之间不相关,所以互能量交叉的结果,可抑制总的噪声影响;二是信号相对噪声在每个通道都有较大的能量,互能量交叉的结果,可使边缘的能量值相对提高,进一步突出主要边缘。

4 实验结果及分析

图 2(a) 是一幅飞机目标图像,对其采用上述多尺度分解方法进行边缘特征提取。图中(b)、(c) 分别对应于尺度 $j = 2, 3$ 时的边缘图像, (d) 为尺度 $j = 1, 2, 3$ 时边缘图像互能量交叉后边缘特征的最终结果。为了与传统方法相比较,图中的(e) 给出了 Sobel 算子边缘提取的图像。

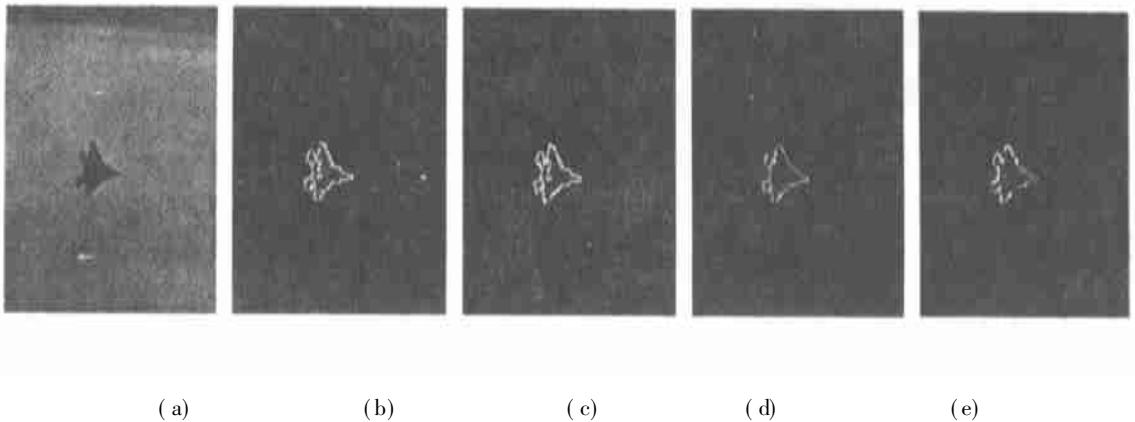


Fig. 2 Edge detection for image of airplane

由图可知,小尺度下背景区和目标区域内部的噪声所形成的伪边缘对边缘特征提取的影响非常明显。随着尺度的增大,图像中的细节部分被忽略,大部分伪边缘受到抑制,目标的主要轮廓逐渐显现出来。经过互能量交叉后的图像则只保留了精确定位的目标边缘特征。与传统的 Sobel 边缘检测算子相比较,该方法获得了较好的边缘特征提取效果。

图 3 显示了加入均值为零、均方差为 0.01 的高斯噪声后的目标图像进行边缘特征提取的实验结果。在分辨率较高时,对于加有噪声的图像,则将适当尺度的噪声也作为细节边缘检测出来;在分辨率较低时,这种方法同时抑制了噪声和细节边缘特征。与(d)图中 Sobel 算子所检测到的边缘特征图像相比可以说明,该方法具有良好的抗噪性能。

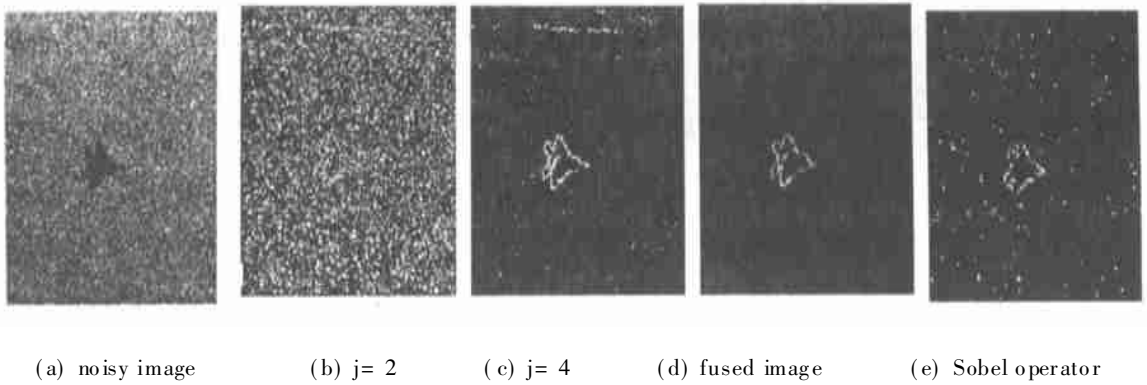


Fig. 3 Edge feature extraction for noisy image

综上所述, 本文基于多尺度分析的边缘特征提取方法, 采用对检测出的不同尺度下的边缘特征, 经过互能量交叉可以正确地提取目标边缘, 定位精度较高, 并且具有一定的抑制噪声的能力。但

这种方法只适合于具有一定外形和较大尺寸的人造目标, 而对于图像中尺寸较小的人造目标检测或点目标检测效果不明显。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 朱长青, 小波分析理论与影像分析[M]. 北京: 测绘出版社, 1998.
- [3] 马建波. C语言图像处理程序集[M]. 北京: 海洋出版社, 1992.
- [4] 荆仁杰, 等. 计算机图形处理[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1990.
- [5] 章国宝, 等. 基于正交小波变换的多尺度边缘提取[J]. 中国图像图形学报. 1998, 3(8): 651- 654.
- [6] 常鹏, 阎平凡. | 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.
- [7] 孙华燕, 周道炳, 李生良, 等. | 种序列图像的拼接方法[J]. 光学 精密工程, 2000, 8(1): 35- 37.

Edge feature extraction method for image

ZHAO Ju-bo¹, SUN Hua-yan², DU Wei³

- (1. *The 96 Detachment of 38611 Troops, Liaoning Huludao 125000, China;*
2. *Department of Measuring and Control, Institute of Command and Technology, Beijing Huairou 101416, China;*
3. *The 82 Detachment of 38611 Troops, Liaoning Huludao 125000, China)*

Abstract: The boundary of the object is an important feature for an image. Because of the influence of the noise the edge feature extraction is a basic and difficult problem. In order to restrain the noise of background, improve the edge accuracy of detection, this paper presents an edge feature extraction method for image by the multiscale characteristic of wavelet transform. Using the method of mutual energy cross for edge features in variety of scale and accuracy, this method can restrain noise and recognize edge. Simulations show this method is valid.

Key words: image; edge feature; wavelet transform; multiscale analysis; mutual energy cross

作者简介: 赵巨波(1970-), 女(满族), 辽宁鞍山市人。工程师, 国防科技大学 98 级硕士研究生。92 年参加工作以来, 一直从事事后数据处理工作, 先后有四项有关数据处理的研究成果荣获军队科技进步三等奖。