

# 交替滤波的加权形态边缘检测算法

杨述斌,陈艳菲,程 莉

(武汉工程大学电气信息学院,湖北 武汉 430074)

**摘 要:**针对常用的边缘检测算法因卷积运算造成图像边缘模糊,提出一种基于交替滤波的加权形态边缘检测算法.利用交替滤波滤除噪声以减少对边缘检测的干扰,进而作多方向的条件边缘检测来得到各个方向的最佳边缘,然后把这些边缘进行归一化运算并加权求和得图像的合成边缘,最后进行阈值处理得到包含各个方位的最佳边缘结果.实验结果表明,用基于交替滤波的加权形态边缘检测算法可有效克服噪声影响,得到理想的图像边缘.

**关键词:**图像处理;边缘检测;交替滤波;形态学

**中图分类号:**TP 391

**文献标识码:**A

## 0 引 言

边缘是图像的最基本特征,边缘包含着有价值的目标边界信息,这些信息可以用于图像分析、目标识别以及图像滤波.在图像中,边缘和噪声都在高频范围,很难用频带区分.边缘检测的任务是寻求噪声平滑与边缘定位的最佳折中<sup>[1]</sup>.Marr<sup>[2]</sup>和Canny<sup>[3]</sup>提出的边缘检测算子,利用高斯函数对原始图像作平滑或卷积运算,计算量较大.常用的多尺度的分析算法<sup>[4]</sup>是将图像与一宽度可调的高斯函数进行线性卷积,这种线性滤波算法在进行多尺度平滑时,很容易模糊图像的边缘,而且作为尺度参数的高斯函数的宽度并不与处理对象的大小直接相关.数学形态学作为一种非线性滤波算法可克服以上缺陷,利用大小不同的结构元素提取图像边缘特征<sup>[5]</sup>,小尺寸的结构元素去噪声能力弱,但能检测到好的边缘细节,大尺寸的结构元素去噪声能力强,但所检测的边缘较粗.因此,该算法即是利用大尺度下的抗噪特性抑制噪声,可靠地识别边缘,利用小尺度下的定位特性,再由粗到细跟踪边缘,得到边缘的位置,同时构造多方向的结构元可以有效保留各个方向的信息.基于此,本文先构造全方位结构元<sup>[6]</sup>,利用这些结构元进行交替滤波以滤除各类噪声,然后对每一方向的结构元作条件边缘检测<sup>[7]</sup>得到最佳的方向边缘,同时,为使各个方位检测的结果具有一致性,把所得的各个方向边缘检测结果进行归一化运算,

然后加权求和得图像最终边缘输出,最后进行阈值处理即得到包含各个方位的边缘检测图像结果.

## 1 算法分析与设计

### 1.1 条件边缘检测

用结构元素  $B(x, y)$  对图像  $f$  进行腐蚀运算,经过  $n$  次以后有  $f \ominus nB$ , 由于腐蚀运算是极小值卷积,最后将得到全局最小值,则  $f - f \ominus nB$  即为灰度剧烈变化的地方.但是图像局部边缘的灰度变化程度有差异,以全局最小值来检测得不到最佳边缘,应该进行有条件的腐蚀,使得对于局部边缘有更强的适应性.为此,把条件定义为局部灰度方差  $\sigma^2(i, j)$  最大,其中:

$$\sigma^2(i, j) = \left| \frac{1}{2M+1} \right|^2 \sum_{k=i-M}^{i+M} \sum_{l=j-M}^{j+M} (f(k, l) - \overline{f(i, j)})^2 \quad (1)$$

$$\overline{f(i, j)} = \left| \frac{1}{2M+1} \right|^2 \sum_{k=i-M}^{i+M} \sum_{l=j-M}^{j+M} f(k, l) \quad (2)$$

具体实现如下:设  $f_1$  为第1次检测后所得的图像函数,即  $f_1 = f - f \ominus k$ , 为满足局部灰度方差最大,定义

$$f'_1 = f_1 \cup f, f_1 \geq f \ominus k$$

$$f'_1 = f_1 \cap (f \ominus k), f_1 < f \ominus k$$

下一次腐蚀时,有

$$f_2 = f'_1 - f'_1 \ominus k$$

$$f'_2 = f_2 \cup f'_1, f_2 \geq f'_1 \ominus k$$

$$f'_2 = f_2 \cap (f'_1 \ominus k), f_2 < f'_1 \ominus k$$

直到  $\{(x, y) | f'_n - f'_{n-1} = 0\}$  为止. 按此得到的  
是灰度剧烈变化的边缘.

## 1.2 交替序列滤波

为了有效地去除噪声对边缘检测的影响, 对  
噪声图象进行全方位边缘检测处理前, 先对噪声  
图象进行全方位的交替序列滤波预处理, 消除噪  
声的影响. 交替序列滤波定义如下:

$$ASF_k(f) = \gamma_k \beta_k \gamma_{k-1} \beta_{k-1} \cdots \gamma_2 \beta_2 \gamma_1 \beta_1 \quad (3)$$

式(3)中:

$$\gamma_i = \max(f \circ B_1, f \circ B_2, \dots, f \circ B_{N-1}, f \circ B_N)$$

$$\beta_i = \min(f \circ B_1, f \circ B_2, \dots, f \circ B_{N-1}, f \circ B_N)$$

( $N$  为全方位结构元的个数)  $i = 1, 2, 3, \dots, k$

一般情况下,  $k$  取 2 就可得到较满意的结果.

## 1.3 具体算法流程

算法流程如下:

(1) 选定方形滤波窗口, 进行全方位结构元分  
解<sup>[4]</sup>;

(2) 对噪声图象进行(1)中方形窗内的交替  
滤波处理, 得到滤波后的图象  $f(m, n)$ ;

(3) 把滤波后的图象  $f(m, n)$ , 分别对分解得  
到的每个结构元  $B_i$  作条件边缘检测  $N$  次;

(4) 对每个结构元运算的结果归一化后加权  
求和, 即  $y' = \sum_{i=1}^N W_i y_i, w_i = 1/N$  ( $N$  为方向结构  
元的个数),  $y_i$  为各方位归一化边缘检测结果;

(5) 根据检测结果求阈值, 进行二值化, 得到  
最后的结果边缘.

## 2 实验结果与分析

实验一: 为了检验算法的性能, 先采用标准图  
像(Lenna)作为测试图像<sup>[8]</sup>, 其大小为  $256 \times 256$   
像素, 灰度为 256 级. 图 1 所示为无噪声时的各个  
算子边缘检测结果: 图 1(a) 为无噪声的原始  
Lenna 图象; 图 1(b) 为  $3 \times 3$  方形窗算法边缘检测  
结果; 图 1(c) 为  $5 \times 5$  方形窗算法边缘检测结果;  
图 1(d) 为 Sobel 算子检测结果; 图 1(e) 为 Guass\_  
laplace 算子检测结果; 图 1(f) 为 Rebert 算子检  
测结果. 图 2 所示为有噪声时的各个算子边缘检  
测结果: 图 2(a) 为加 8% 的随机噪声和椒盐噪声的噪  
声测试图; 图 2(b) 为  $3 \times 3$  方形窗算法边缘检测结  
果; 图 2(c) 为  $5 \times 5$  方形窗算法边缘检测结果; 图 2  
(d) 为 Guass\_laplace 算子检测结果; 图 2(e) 为  
Sobel 算子检测结果; 图 2(f) 为 Rebert 算子边  
缘检测结果.

从图 1、图 2 的结果中可以看出, 在无噪声时  
各个算子边缘检测的结果相差不是很大, 不过全

方位边缘检测算子检测结果更细腻, 边缘细节保  
持更多; 但在噪声 Lenna 图象边缘检测中, 本文算  
法提取的边缘, 和 Sobel、Guass\_laplace、Rebert 算  
子相比, 更好地抑制了噪声, 有效地检测出了边  
缘, 并且边缘更细, 在边缘细节 (如人物瞳孔), 头  
发、平滑边缘链 (如立柱) 等方面都得到了较好的  
检测结果. 同时,  $5 \times 5$  方形窗算法边缘检测结果与  
 $3 \times 3$  方形窗算法边缘检测结果相比, 边缘信息更  
多, 边缘细节更丰富.

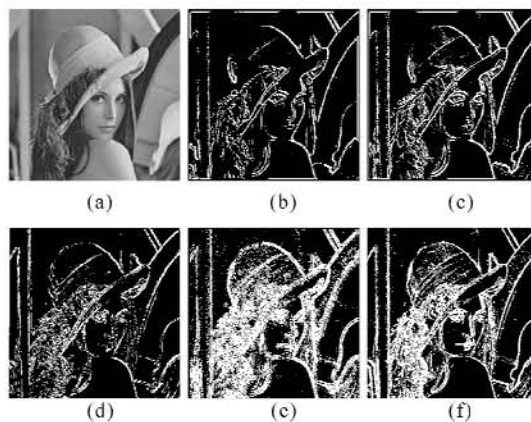


图 1 无噪声时各算子边缘检测结果

Fig. 1 Edge detection results on image without noise

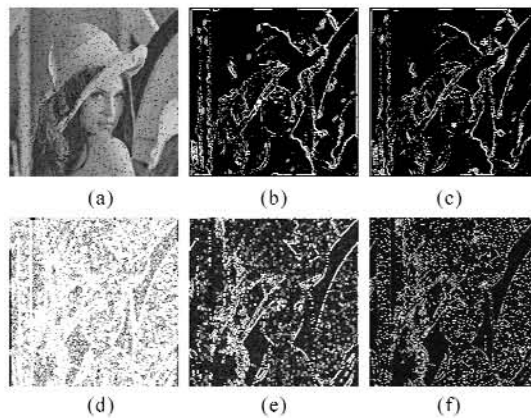


图 2 噪声图象各算子边缘检测结果

Fig. 2 Edge detection results on image with noise

实验二: 为了验证应用本文边缘检测算法的广  
泛适用性, 对实际的遥感图象进行边缘检测实验如  
下. 图 3(a) 为实际遥感图象 (大小  $514 \times 514$ , 256 灰  
度级), 图 3(b) 为  $3 \times 3$  方形窗算法边缘检测结果,  
图 3(c) 为  $5 \times 5$  方形窗算法边缘检测结果.

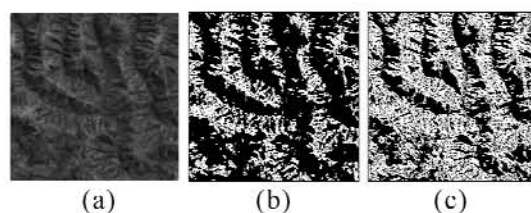


图 3 遥感图象边缘检测结果

Fig. 3 Edge detection results on remoting image

从图 3 遥感图象的边缘检测结果可见,本文的检测算法也可以较好的检测出边缘,抑制了噪声.方位结构元的个数越多检测的边缘越细(如图 3(b)、图 3(c)所示).由此可见,交替滤波的加权形态边缘检测算法具有较好的适应性,对各种图像皆有良好的边缘检测效果.

### 3 结 语

边缘是图像的最基本特征,边缘中包含着有价值的目标边界信息.交替滤波的加权形态边缘检测算法,很好地利用了形态学全方位结构元的交替滤波和边缘提取特性,对于各类图像既可很好地抑制图像噪声,同时又能保持各个方向的细节特征,检测到的边缘细节更多,效果更好,对各类图像皆具有很好的鲁棒性.

参考文献:

- [1] 陈扬,苏义鑫,刘鲤晔.基于偏微分方程的条码预处理[J].武汉工程大学学报,2009,31(5):90-92.
- [2] Marr D. Theory of Edge Detection[J],Proc Roy Soc, 1980,B(27): 187-217.
- [3] Canny J F. A Computational Approach to Edge Detection[J]. IEEE Trans on PAMI, 1985, 18(6): 679-698.
- [4] 徐国庆,张彦铎,王海晖.基于多分辨分解的乐音水印算法实现[J].武汉工程大学学报,2008,30(2):91-93.
- [5] 王建彬,纪玉波,李依令.基于多结构元素的数学形态学图像边缘检测[J].辽宁石油化工大学学报,2006,26(2):79-82.
- [6] YANG Shu-Bin, PENG Fu-Yuan. Filtering algorithm on underwater laser image stained by speckle noise [J]. Infrared and laser engineering, 2004, 2(1): 107-111.
- [7] 梁勇,李天牧.多方位形态学结构元素在图像边缘检测中的应用[J].云南大学学报,1999,21(5):392-394.
- [8] 龚声蓉.数字图像处理与分析[M].北京:清华大学出版社,2006.

## Weight adding morphological edge detection algorithm based on alternate filtering

YANG Shu-bin, CHEN Yan-fei, CHEN Li

(School of Electrical and Information, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** A type of weighted form edge detection algorithm based on alternate filtering was proposed against the problem that the edge of image is ambiguous caused by convolution operation. Alternate filtering was used to filter noise and decrease its effect to edge detection, and the best edges were attained by multidirectional conditional edge detection. After that, these edges were normalized and the final edge was outputted through the weighted summation. Finally, the best edges of every azimuth were obtained by threshold processing. It is proved that this method can not only efficiently remove noise but also detect noise image edge well.

**Key words:** image processing; edge detection; alternate filtering; morphology

本文编辑:陈晓萍