

# 双阈值法在文字轮廓提取中的应用

野金花, 侯 杰

(黑龙江八一农垦大学 文理学院, 黑龙江 大庆 163319)

**摘 要:**在图像的边缘检测中,利用模角分离的小波变换,结合尺度独立的算法区分了阶梯型边界和跳跃型边界,从而提取了阶梯型边界.上述算法中需选择峰值阈值,将小波变换系数较小的点滤掉,但是一幅图像中边缘的奇异性并不均匀,对变换后的整幅图像取固定阈值时,那么微弱边缘将会随着因灰度不均匀、噪声等一并被滤除.针对这一问题,在上述算法中用双阈值法代替固定阈值,在文字图像轮廓提取中取得了较好的效果.

**关键词:**小波变换; 双阈值; 边缘检测

**中图分类号:** O241 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2683(2009)05-0110-04

## Application of Double Threshold Value Method in the Abstract of Character Figure

YE Jin-hua, HOU Jie

(School of Arts and Science, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319, China)

**Abstract:** In the image edge detection, the bounds of step-structure and dirac-structure are distinguished by using modular-angle-separated wavelet transform, or combining with scale-independent algorithm, thus obtaining the bounds of the step-structure. In order to filtrate the smaller point of the wavelet coefficient needs to chose threshold value of peak value used former algorithm, However, the singularity of the edge in a image is not uniform, the faintness edge will be filtered with the non-uniform of gray-scale and noise, etc. When taking the same threshold from the transformed whole image. To solve this problem, using double threshold value takes the place of character threshold value in the former algorithm. Good effect is achieved in abstract of character figure using the algorithm in this paper.

**Key words:** wavelet transform; double threshold value; edge detection

## 1 引 言

图像中,物体(对象)的边缘一般表现为其灰度(颜色)值的锐利变化.从视觉感知的观点来看,图像边缘对人们理解图像内容起着关键作用<sup>[1]</sup>.图像的边缘是分析和理解图像的基础,是图像中最基本的特征,因此图像处理的研究中许多都涉及到边缘

检测<sup>[2]</sup>.在实际应用中阶梯型边界检测有很广泛的应用,例如文字、细胞、稻谷颗粒以及飞机等的边缘都是阶梯型边界检测问题.在文本文字处理中,文字图像由于背景噪声的干扰,其文字特征并不明显,本文利用小波分析来处理这些噪声.

小波变换在局部时-频分析中具有很强的灵活性<sup>[3-5]</sup>,能聚焦到信号时段和频段的任意细节,被誉为时-频分析的显微镜<sup>[6]</sup>.直观的讲小波变换能够

更好地分析信号的奇异点的位置及奇异性的强弱<sup>[7]</sup>.在许多应用领域,小波分析是一个非常有效的工具,特别是在图像处理中它有广泛的应用<sup>[8]</sup>.文[9]给出了模角分离(MAS)的小波变换,用尺度独立的算法区分了阶梯型边界和跳跃型边界,从而提取了阶梯型边界,取得了较满意的效果.但是一幅图像中边缘的奇异性并不均匀,对变换后的整幅图像取固定阈值时,那么微弱边缘将会随着因灰度不均匀、噪声等一并被滤除,而奇异性较强的噪声又会被检测出来.本文提出一种方法将双阈值法用到阶梯型边缘检测中,克服了取同一固定阈值的缺点,并且在图像的阶梯型边界(文字轮廓为阶梯型边界)检测中取得了理想的结果.

## 2 二维 MAS 小波变换和尺度独立算法

首先给出文中需要的预备知识,理想边界、二维 MAS 小波的定义和尺度独立的算法.

### 2.1 理想边界的定义

重点讨论理想边界,理想边界的定义为:

1) 理想的阶梯型边界:

$$e(x) = \begin{cases} 1, & x \geq x_0 \\ 0, & x < x_0 \end{cases}$$

2) 理想的屋脊型边界:

$$e(x) = \begin{cases} m(x - x_0) + c_0, & x_0 - h_1 < x \leq x_0 \\ n(x - x_0) + c_0, & x_0 < x < x_0 + h_2 \end{cases}$$

3) 理想的跳跃型边界:

$$e(x) = \begin{cases} \infty, & x = x_0 \\ 0, & x \neq x_0 \end{cases}$$

### 2.2 二维 MAS 小波变换定义

定义 1 对  $\psi \in L^2(\mathbf{R})$ , 记

$$\begin{cases} \psi^1(u, v) = \psi(r) k_1(\theta) \\ \psi^2(u, v) = \psi(r) k_2(\theta) \end{cases} \quad (1)$$

小波的模和辐角是可以分开的,其中  $\psi(r)$  代表模函数  $r = \sqrt{u^2 + v^2}$ ,  $k_1(\theta)$  和  $k_2(\theta)$  表示相应角  $\theta = \arctan\left(\frac{v}{u}\right)$  的角函数.称这类小波是模角分离(modular-angle-separated, MAS)小波.

定义 2 二维 MAS 小波变换定义如下:

$$W_s^i f(x, y) = \iint (x - u, y - v) \psi_s^i(u, v) du dv \quad (i = 1, 2) \quad (2)$$

其中

$$\psi_s^i(u, v) = \frac{1}{s^2} \psi\left(\frac{u}{s}, \frac{v}{s}\right) \quad (i = 1, 2)$$

如果  $s = 2^j$  ( $j \in \mathbf{Z}$ ), 则称它们是二进小波.

若  $\int_0^{2\pi} k_1(\theta) d\theta = \int_0^{2\pi} k_2(\theta) d\theta = 0$ , 容易证明

$\psi^i(u, v)$  ( $i = 1, 2$ ) 都是二维小波.为了推导方便且不失一般性,考虑一种特殊的情形,取

$$k_1(\theta) = \cos\theta, \quad k_2(\theta) = \sin\theta$$

令

$$\nabla W_s f(x, y) = \begin{pmatrix} W_s^1 f(x, y) \\ W_s^2 f(x, y) \end{pmatrix}$$

且

$$|\nabla W_s f(x, y)| = \sqrt{|W_s^1 f(x, y)|^2 + |W_s^2 f(x, y)|^2} \quad (3)$$

MAS 小波具有以下特性:

- 1) 边界的小波变换与边界梯度方向无关;
- 2) 阶梯型边界的小波变换与变换尺度无关.

然而,实际的信号要比理想的情况复杂的多,但我们可以将信号理解为一个理想边界和一个光滑背景的叠加,而光滑背景的小波系数与边界的小波系数相比较要小的多,可以忽略.所以从理想情况下推导的结论都能用在实际的信号中.

### 2.3 尺度独立算法

在上述分析基础上可以得到二维 MAS 小波尺度独立算法.该算法主要用于提取图像中的阶梯型边界,删除其他结构的边界.图像的灰度不均匀和噪声等影响也会产生细小的边缘,在小波变换中,只有那些比较大的值才被考虑为边界.因此要设置阈值  $T$ ,使得

$$|\nabla W_{s_j}(x, y)| \geq T \quad (4)$$

取一个实数  $R$ , 让  $R$  非常接近于 1, 但又比 1 大, 则有

$$\frac{1}{R} \leq \frac{|\nabla W_{s_j}(x, y)|}{|\nabla W_{s_l}(x, y)|} \leq R \quad j, l = 1, 2, \dots, J \quad (5)$$

从数学角度来看,式(5)中的实数  $R$  理解为均衡阈值.

归纳如下,对于二维信号首先保留满足式(4)的点,得到的信号再保留满足式(5)的点,最后保留的为阶梯型边界点.由于上述算法与小波变换的尺度无关,所以这个算法被称为尺度独立算法.

## 3 双阈值法用于文字图像轮廓提取

在阶梯型边界的检测中,利用尺度独立算法可

以区分阶梯型边界和跳跃型边界,而阈值的选取在图像的边缘检测中至关重要,它直接决定了边缘图像的质量.下面利用双阈值法和尺度独立法来提取文字轮廓.

### 3.1 双阈值法

图像经变换后取两次阈值,  $Th_1$  和  $Th_2$ , 两者关系为  $Th_1 = 0.4Th_2$  我们把小于  $Th_1$  的像素的灰度值设为 0, 得到图像 1. 把小于  $Th_2$  的像素的灰度值设为 0, 得到图像 2 我们以图像 2 为基础, 以图像 1 为补充来链接图像的边缘. 链接边缘的具体步骤如下:

1) 对图像 2 进行扫描, 当遇到一个非零灰度的像素  $P$  时, 跟踪以  $P$  为开始点的轮廓线, 直到轮廓的终点  $Q$ .

2) 考察图像 1 中与图像 2 中  $Q$  点位置对应的点  $Q$  的 8 邻近区域. 如果  $Q$  点的 8 邻近区域中有非零像素  $R$  存在, 则将其包括到图像 2 中, 作为  $R$  点. 从  $R$  开始, 重复第一步, 直到在图像 1 和图像 2 中无法继续为止.

3) 当完成包含  $P$  的轮廓线的链接之后, 将这条轮廓线标记已访问. 回到第一步, 寻找下一条轮廓线, 重复第一步、第二步、第三步, 直到图像 2 中找不到新轮廓线为止.

### 3.2 双阈值法用于文字图像轮廓提取具体算法步骤

1) 文字图像转换的二维信号  $f(x, y)$  为取不同尺度  $s_1, \dots, s_j$ , 根据式 (3) 计算  $|\nabla W_{s_j} f(x, y)|$  ( $1 \leq j \leq J$ );

2) 在每个尺度下保留满足双阈值法的点. 记做  $|\nabla W_{s_j} f(x, y)|$  ( $1 \leq j \leq J$ )

3) 选择均衡阈值  $R$ , 保留满足下列条件的点  $(x, y)$ :

$$\frac{1}{R} \leq \frac{|\nabla W_{s_j} f(x, y)|}{|\nabla W_{s_l} f(x, y)|} \leq R \quad (1 \leq j, l \leq J)$$

点  $(x, y)$  就是检测出的阶梯型边界点, 将满足算法点的灰度值记做 255, 其余点灰度值记为 0 就得到边缘图像.

## 4 实验结果及结论

图 1 大小为  $192 \times 192$  的灰度图像, 为待检测的文字图像, 图像中加了细线条和椒盐噪声, 这两种噪声边界奇异性较大, 一般的边缘检测方法很难去除这两种噪声, 下面我们提取图像中的文字轮廓. 图 2 为小波变换的模极大值法测到的图像, 可以看到这

个算法检测出了所有的边界, 出现较多噪声; 图 3 为固定阈值的尺度独立算法检测到的图像, 图 4 为本文算法得到的图片. 重点比较后两幅图片, 由于噪声的影响, 阶梯型边界点的小波变换模值与尺度无关的特性会遭到部分破坏, 因此要增大均衡阈值. 所以两幅图片对应算法的均衡阈值都取做 1.5. 两幅图像的阈值 (峰值阈值) 通过试验得到, 图 3 阈值取做 22, 图 4 大阈值取做 38. 在一幅图片中边缘奇异性并不均匀, 如果取一固定阈值, 那么微弱边缘将会随着因灰度不均匀、噪声等一并被滤除, 而奇异性较强的噪声又会被检测出来. 而双阈值法可以将噪声滤除, 又可以保留弱边缘, 在边缘检测中取得很好的效果. 可以看到图 3 边界有不连续现象, 并且有噪音出现; 图 4 较好的提取了文字得轮廓, 很好的去掉了各种噪声, 而得到的边缘轮廓比较清晰、连续.

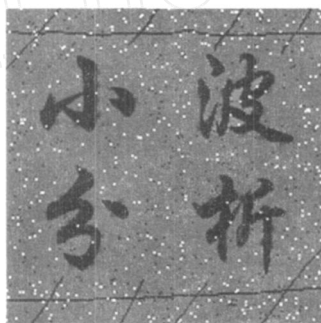


图1 原始图像

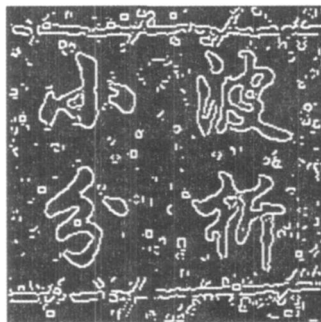


图2 模极大值边缘图像



图3 尺度独立边缘图像(固定阈值)



图 4 文中算法得到的边缘图像

实验结果表明:算法保留了区分阶梯型边界和跳跃型边界的能力,又能很好的去除各种噪声得到的边缘像素抗噪性好、边缘连续的同时又保证了边缘定位的准确性.对文字图像轮廓提取得到理想的效果,本文方法简单,有一定实用价值.当然本文算法对其他梯型边界图像的检测也是有效的.

#### 参考文献:

- [1] HOU Jie, DENG Caixia, YE Jinhua Application of Canny Algorithm and Wavelet Transform in The Bound of Step-Structure Edge

Detection [J]. Journal of Information and Computation Science, 2008, 5(4): 1759 - 1764.

- [2] WANG Jingdong, XU Yibin, LI Peng Study of Border Processing in Image Wavelet Edge Detection [J]. Computer Engineering, 2007, 33(5): 161 - 163.
- [3] GONZALO Pajares A Wavelet - based Image Fusion Tutorial [J]. Pattern Recognition, 2004, 37: 1855 - 1872.
- [4] ELL NAS J N, SANGRDTIS M S Stereo Image Compression Using Wavelet Coefficients Morphology [J]. Image and Vision Computing, 2004, 22: 281 - 290.
- [5] MALLAT S, ZHANG S Characterization of signals from multiscale edges [J]. IEEE Trans PAM I, 1992, 14(7): 710 - 732.
- [6] DAUBECHIES I Ten lectures on Wavelets CBMS-NSF Ser Appl Math [M]. SIAM. Philadelphia, 1992.
- [7] 孙延奎. 小波分析及其应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [8] 邓彩霞, 曲玉玲, 侯杰. Gauss小波像空间的描述 [J]. 数学学报, 2008, 51(2): 225 - 234.
- [9] 唐远炎, 王铃. 小波分析与文本文字识别 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.

(编辑:王 萍)

#### (上接第 109页)

则定理 1 中条件 2)成立的充分必要条件为矩阵  $u$  是酉矩阵.

定理 3 说明当滤波器  $T_l, l=0, 1, 2, 3$  为式 (12) 定义且由它的系数  $t_l(i, j), i, j=0, 1$  构造的矩阵  $u$  是一个酉矩阵时, 对任意一个正交的单小波函数  $\Psi(x, y)$ , 就可以构造出一个多小波函数

$$\Psi(x, y) = (\Psi^0(x, y), \Psi^1(x, y), \Psi^2(x, y), \Psi^3(x, y))^T$$

其中

$$\Psi^l(x, y) = 2 \sum_{n,m=0}^1 t_l(n, m) \Psi(2x - n, 2y - m) \quad l = 0, 1, 2, 3 \quad (13)$$

由式 (13) 知,  $\Psi^l(x, y) (l=0, 1, 2, 3)$  的伸缩平移生成的空间与正交单小波函数的伸缩平移生成的空间是完全一样的, 由此构造的二维正交多小波具备正交性, 保持了能量, 而且与原来的正交单小波相比, 获得了更大的自由度和灵活性.

### 3 结 语

本文利用二维正交单小波函数构造了二维正交

多小波函数, 并给出了表达式, 在其构造过程中需要找一个酉矩阵, 然后和二维正交单小波函数做组合就可以构造出一种二维正交多小波.

#### 参考文献:

- [1] GOODMAN T, LEE S Wavelets of Multiplicity [J]. Tran on Amer Math Soc, 1994, 342: 307 - 324.
- [2] GERONMO J S, HARDN D P, MASSOPUST P R Fractal Function and Wavelet Expansions Based on Several Functions [J]. J of Approx Theory, 1994, 78: 373 - 401.
- [3] DAUBECHIES I Orthonormal Bases of Compactly Supported Wavelets [J]. Pure Appl Math, 1988, 41: 909 - 996.
- [4] 崔丽鸿, 程正兴. 由给定尺度函数构造短支撑正交多小波的一种算法 [J]. 西安交通大学学报, 2003, 37(2): 211 - 214.
- [5] DAUBECHIES I Ten Lectures on Wavelets [M]. Society for Industrial and Applied Math, 1992.
- [6] 程正兴. 小波分析算法与应用 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002.
- [7] 程正兴. 多小波理论的发展与研究 [J]. 工程数学学报, 2001, 18(5): 2 - 3.

(编辑:王 萍)