

一种改进的基于小波变换的图像边缘提取方法

李 红

(咸阳师范学院 信息工程学院, 陕西 咸阳 712000)

摘 要: 基于现有的小波去噪方法和边缘提取方法, 提出了一种通过自适应阈值设定的小波边缘提取算法, 从而改进了传统方法中通过固定阈值进行小波边缘检测中存在的问题, 通过对相关图像的分析结果可以看出, 该方法能够较好地对图像边缘进行自适应检测, 达到了较好的效果。

关键词: 边缘提取; 小波分析; 多尺度分析; 自适应算法

中图分类号: TN402

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)09-0170-03

A Revised Image Edge Detection Algorithm Based on Wavelet Transform

LI Hong

(School of Information Engineering, Xianyang Normal University, Xianyang 712000, China)

Abstract: Based on the existing wavelet denoising and edge detection method, this paper proposed a wavelet edge detection algorithm by set adaptive thresholds. Thus deduced the error in traditional method by set fixed threshold.

The analysis results are shown that this method can detect the image edge adaptively and achieve a good result.

Key words: edge detection; wavelet; multiscale analysis; adaptive algorithm

1 引言

图像边缘信息的提取和识别在模式识别、智能控制等图像处理领域有着重要的应用, 在边缘提取过程中能够保留图像的主要信息, 从而达到期望的效果, 是图像处理研究中的一个重要方面^[1]。

经典图像处理方法中, 图像边缘检测的方法有很多, 如 Canny 算子、Sobel 算子、Roberts 算子、Prewitt 算子和拉普拉斯算子提取方法等。但是这些边缘检测方法处理过程中引入的微分运算, 对噪声非常敏感, 往往得不到理想的处理效果^[2], 各种算子的改进算法也应运而生, 文献[3]中结合形态学方法对 Prewitt 算子进行改进, 使得结果图像的边缘更加清晰, 边缘线条更加完整; 文献[4]中提出了利用灰度图像边缘检测结果完成彩色图像边缘检测的算法, 并对 Canny 算子进行了改进, 改进后的 Canny 算子对噪声抑制效果明显, 且检测边缘更加精细。

小波分析理论为图像的边缘提取提供了一种多

尺度分析方法, 文献[5]中提出了一种固定阈值的图像边缘检测方法, 文献[6]中引入了小波多尺度边缘检测。传统的小波分析方法中用到的阈值是固定的, 不同的边缘信息采用同一个阈值标准会造成一定的误差, 本文在多尺度小波去噪和小波系数模局部极值检测的基础上, 加入阈值自适应设定算法, 讨论了其边缘检测的效果, 通过实验证明该方法是一种实用有效的方法。

2 小波多尺度去噪算法

利用多尺度分析去噪的过程, 是通过分析不同尺度下小波变换函数的极大值, 区分信号和噪声的奇异值, 从噪声信号中分辨出有用信号, 从而消除部分噪声的过程^[7]。

设 $n(x)$ 是方差为 σ^2 的高斯白噪声, $\Psi_s(x)$ 是小波基, 有

$$|W_n(s, x)|^2 =$$

收稿日期: 2013-11-29; 修回日期: 2014-01-22

基金项目: 陕西省教育科学“十二五”规划课题(SGH13334); 咸阳师范学院科研基金项目(11XSYK329, 13XSYK053)

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} n(u) n(v) \Psi_s(x-u) \Psi_s(x-v) du dv \quad (1)$$

由于有 $E(n(u)n(v)) = \sigma^2 \delta(u-v)$, 则
 $E(|W_n(s, x)|^2)$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \sigma^2 \delta(u-v) \Psi_s(x-u) \Psi_s(x-v) du dv \\ = \frac{||\Psi||^2 \sigma^2}{s} \quad (2)$$

式中, s 是小波尺度.

据此可以求得小波变换模极大值的平均密度:

$$D_s = \frac{1}{s\pi} \left| \frac{||\Psi''||}{2||\Psi'||} + \frac{||\Psi'||}{||\Psi||} \right| \quad (3)$$

由上式可知 $E(|W_n(s, x)|^2)$ 与 s 成反比.

当小波尺度 s 增大时, 高斯白噪声的小波系数的模极大值将减小.

在实际针对图像的处理过程中, 一般取 s 的离散值, 通常取 $s = 2^j, j \in \mathbb{Z}$. 此时的小波函数为

$$\Psi_s(x) = \Psi_{2^j}^j(x) = 2^{-j} \Psi(2^{-j}x) \quad (4)$$

此时小波变换可以表示为

$$W_s f(x) = W_{2^j}^j f(x) = f \cdot \Psi_{2^j}^j(x) \quad (5)$$

3 小波图像边缘提取基本原理

现假设某一二元函数 $\omega(x, y)$ 满足 $\iint_{RR} \omega(x, y) dx dy = 1$, 且 $\omega(x, y) = O\left(\frac{1}{(1+x^2)(1+y^2)}\right)$, 则称此函数为二维平滑函数^[8,9].

对于函数 $\omega(x, y)$, 定义两个二维小波变换:

$$\psi^1(x, y) = \frac{\partial \omega(x, y)}{\partial x} \quad (6)$$

$$\psi^2(x, y) = \frac{\partial \omega(x, y)}{\partial y} \quad (7)$$

同样在讨论中考虑尺度为 $2^j, j \in \mathbb{Z}$ 的二进小波.

现记 $\psi_{2^j}^i(x, y) = \frac{1}{2^j} \psi^i\left(\frac{x}{2^j}, \frac{y}{2^j}\right)$, 其中 $i = 1, 2$.

则函数 $f(x, y)$ 沿水平和垂直方向二进小波可以通过函数和二维小波的卷积得到

$$W_{2^j}^1 f(x, y) = f(x, y) * \psi_{2^j}^1(x, y) \quad (8)$$

$$W_{2^j}^2 f(x, y) = f(x, y) * \psi_{2^j}^2(x, y) \quad (9)$$

容易证明

$$\begin{bmatrix} W_{2^j}^1 f(x, y) \\ W_{2^j}^2 f(x, y) \end{bmatrix} \\ = 2^j \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} [f(x, y) * \omega_2^j(x, y)] \\ \frac{\partial}{\partial y} [f(x, y) * \omega_2^j(x, y)] \end{bmatrix}$$

$$= 2^j \nabla [f(x, y) * \omega_2^j(x, y)] \quad (10)$$

则可以得到在尺度为 2^j 时函数 $f(x, y)$ 的小波变换的模和幅角为

$$M_{2^j} f(x, y) = \sqrt{|W_{2^j}^1 f(x, y)|^2 + |W_{2^j}^2 f(x, y)|^2} \quad (11)$$

$$A_{2^j} f(x, y) = \arctan \left[\frac{W_{2^j}^2 f(x, y)}{W_{2^j}^1 f(x, y)} \right] \quad (12)$$

从上式可以看出, 平滑后函数的突变点(即图像的边缘信息)对应于梯度矢量方向 $A_{2^j} f(x, y)$ 上小波变换后模的局部极大值点, 因此只需沿着该矢量方向检测模的局部极大值点即可得到图像的边缘点.

将任意点由 $A_{2^j} f(x, y)$ 决定的梯度方向上取得的局部极大值点称为二维函数 $f(x, y)$ 的二进小波变换的模的局部极大值点, 即对应于图像中的边缘.

4 自适应阈值多尺度边缘提取的实现

使用小波变换对图像进行多尺度边缘分析, 得到的是表征图像中不同强度和大小结构的边缘信息. 在利用以上讨论的局部极大值法检测图像边缘时, 首先要设定一个判断阈值, 如果在判断过程中设定的阈值为同一值, 那么由微弱边缘形成的局部模极大值会因噪声等产生的模极大值一并被滤除. 于是考虑通过阈值的自适应调节来解决这一问题^[10], 因此, 我们提出基于自适应阈值的边缘检测方法, 希望能够对有强弱边缘同时存在的图像有较好的边缘提取效果.

具体设计流程如下

首先, 对待处理的图像进行二进小波多尺度分析, 生成模图像和相角图像.

然后, 在每一尺度下, 求得沿着相角方向的小波变换模的局部极大值点, 即图像的边缘点. 在上述讨论极大值点时, 为了更好地消除噪声等的干扰, 采用如下自适应方法来确定阈值.

使用 $m \times m$ 的窗口, 对可能的图像边缘进行扫描, 通过窗口内的小波变换系数来求得阈值, 正是通过该小波变换系数的变化, 来实现阈值的自适应调整, 计算公式如下:

$$M = M_0 + \frac{1}{\alpha_0 m^2} \sum_{i,j} \rho_{i,j} \quad (13)$$

式中, M 为自适应阈值, M_0 为初始值, $\rho_{i,j}$ 为与当前窗口相对应的小波系数, α_0 为窗口影响系数.

在实验过程中, 发现窗口的大小直接影响到图像边缘检测效果. 窗口太小, 误检率会提高, 出现伪边缘; 窗口太大, 边缘不能很好地提取, 造成边缘信息的丢失. 通过使用不同大小窗口的实验对比, 得到

采用 31×31 的检测效果最佳,本文中采用 31×31 的窗口,同时通过实验将 M_0 取为 5, α_0 取为 1.

5 实验结果

采用常用的 lena 和 carmer 两幅图像进行本算法和文献中算法的分析比较,对比了 canny 算法、传统小波提取算法在取不同阈值下(阈值取 0.1 和 0.2)的提取效果和本文算法的边缘提取效果.普通的 canny 算法和基本小波方法能够较好地提取图像中的主要边缘,但是随着阈值的不同,对边缘细节的提取有较为明显的变化,当阈值较小时,提取结果中会出现较多的冗余边缘信息,不能突出主要边缘信息;当阈值较大时,提取结果中对边缘细节或较为微弱的边缘信息描述不够,边缘信息描述的不够丰富.而本文提出的算法能够较好的解决这个问题.在边缘提取中,通过对阈值实现自适应设定,能够在不同的边缘信息中选择不同的阈值,对图像中的主要边缘有清晰的表示,同时对边缘中的微弱信息也有一定的反映,能够在检测到主要边缘的同时又对微弱边缘有较好区分和检测,能够较为丰富的表现图像的边缘信息.

参考文献:

- [1] 季虎,孙即祥,邵晓芳,等. 图像边缘提取方法及展望[J]. 计算机工程与应用, 2004, (14), 70-73.

(上接第 169 页)

逆序输入且末尾添 m 个零,可获得生成电路的初始状态的逆序;对于 II 型生成电路,同构校验电路需逆序输入,输出结果需要逆序后左乘 F^m (图 5 是其中一种实现方案),获得生成电路的初始状态.

参考文献:

- [1] TANENBAUM A S. Computer Networks (4th Edition) [M]. New Jersey: Prentice Hall, 2003: 192-200.
 [2] 斯廷森. 密码学原理与实践[M]. 冯登国, Douglas R Stinson, 等译. 3 版. 北京: 电子工业出版社, 2009.
 [3] STINSON D R. Cryptography theory and practice third edition [M]. London: Chapman and Hall, 2005.
 [4] Peterspm W W, B D T. Cyclic codes for error detection [J]. Proceedings of The Institute of Radio Engineers, 1961, 49(1): 228-235.
 [5] Shieh M D, Sheu M H, Chen CH H. A systematic approach for parallel CRC computations [J]. Journal of Information Science and Engineering, 2001(17): 445-461.

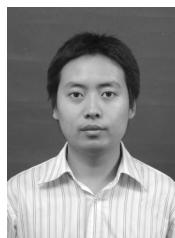
- [2] 解梅, 马争, 顾德仁. 小波变换在有噪图像边缘检测中的应用[J]. 系统工程与电子技术, 2000, 22(1): 25-27, 46.
 [3] 邹柏贤, 张然, 苗军. Prewitt 图像边缘检测方法的改进[J]. 微电子学与计算机, 2013, 30(5): 23-26.
 [4] 杜文亮, 刘晓东, 吕园园. 基于 C-Canny 算子与灰度空间的彩色图像边缘检测[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(4): 17-20.
 [5] 杜慧茜, 梅文博, 苏广川. 一种固定阈值的毫米波图像边缘检测方法[J]. 微电子学与计算机, 2005, 22(4): 1-3, 7.
 [6] 文武, 苗放. 基于小波的多尺度边缘检测在遥感图像处理中的应用[J]. 微电子学与计算机, 2013, 30(2): 18-20.
 [7] 郭玮玮, 黄贤武. 基于样条小波的有噪图像边缘检测方法[J]. 计算机应用, 2001, 21(10): 47-48.
 [8] 高国荣, 刘冉等. 一种改进的基于小波变换的图像边缘提取算法[J]. 武汉大学学报: 理学版, 2005, 51(5): 615-619.
 [9] 程正兴. 小波分析算法与应用[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1998.
 [10] 连静, 王珂. 基于 B 样条小波的自适应阈值多尺度边缘检测[J]. 吉林大学学报: 工学版, 2005, 35(5): 542-546.

作者简介:

李红女, (1976-), 讲师. 研究方向为图像处理.

- [6] 梁海华, 盘丽娜. 快速 CRC 逆序校验方法[J]. 计算机应用, 2013(7): 1833-1835.
 [7] 嘉杰克. 线性动态系统与信号[M]. 王立琦, 韩崇昭, 译. 西安: 西安交通大学出版社, 2004.
 [8] Campobello G, Patane G, Russo M. Parallel CRC realization [J]. IEEE Transactions on Computers, 2003, 52(10): 1312.

作者简介:



梁海华 男, (1981-), 硕士, 讲师. 研究方向为计算机数据通信、网络安全.

盘丽娜 女, (1981-), 硕士, 讲师. 研究方向为通信网络规划与信道容量优化.

李克清 男, (1966-), 博士, 教授. 研究方向为无线传感网络、网络服务质量.