

基于小波融合技术的医学图像增强方法

李云红¹, 梁高鸣¹, 伊欣¹, 屈海涛²

(1. 西安工程大学电子信息学院, 陕西 西安 710048; 2. 哈尔滨市产品质量监督检验院, 黑龙江 哈尔滨 150036)

摘要:为了改善医学图像质量,在分析小波变换原理的基础上,根据医学图像的成像特征,提出了一种基于小波融合技术的医学图像增强方法。首先,对待增强图像进行多层小波变换处理,获取各个频率的小波系数。然后分别对各频率系数进行相应的处理后,进行小波重构并进行对比度增强处理,获得增强图像1;同时对待增强图像进行对数变换和对比度拉伸处理,获得增强图像2。最后将增强图像1和增强图像2变换至小波域进行图像融合处理,以获得最终的增强图像。结果表明:本文提出的增强方法具有明显的增强效果。该增强方法能有效提高医学图像的对比度,增强边缘细节信息,突出病灶点的位置,达到较好的增强效果,为医疗工作者观察病症提供更加清晰准确的依据。

关键词:医学图像;对比度拉伸;小波变换;小波融合

中图分类号:P391.41 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2013.10.24

Method of medical image enhancement based on wavelet fusion

LI Yun-hong¹, LIANG Gao-ming¹, YI Xin¹, QU Hai-tao²

(1. School of Electronics and information, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China

2. Harbin Product Quality Supervision and Inspection Institute, Harbin 150036, China)

Abstract:In order to improve the quality of ultrasound image, based on the wavelet transform principle, according to the imaging feature of medical image, a method of medical image enhancement based on wavelet fusion is proposed. Firstly, original image is processed by multi-layer wavelet transform to get each frequency of wavelet coefficients. Then frequency coefficients which are processed respectively are used to do wavelet reconstruction and contrast enhancement and the enhanced image 1 is gotten. At the same time original image is processed by logarithmic transformation and contrast stretching to get enhanced image 2. Finally, enhanced image 1 and enhanced image 2 are processed by wavelet fusion in wavelet domain to acquire the final enhanced image. The result shows that the proposed method has obvious enhancement effect. The method can effectively enhance the contrast of the medical image, enhance the detail information of the edge and give prominence to position of focal point to achieve better effect, which provides more clear and accurate base for medical workers.

Key words: medical image; contrast stretching; wavelet translate; wavelet fusion

1 引言

由于医学图像的成像原理有别于普通图像成像原理^[1-2],再加上外界各种物理因素的影响,往往导致医学图像的对比度较普通图像而言,差了很多,因而常出现边缘模糊,细节信息不清晰等问题。因此要获得一幅较好质量的增强医学图像就需要在去噪的基础上对图像进行增强处理,突出

细节,增强边缘效果。

基金项目:陕西省教育厅自然科学基金项目(No. 12JK0512);西安工程大学博士科研启动基金项目(No. BSI017)资助。

作者简介:李云红(1974-),女,满族,副教授,博士,主要从事红外热像技术、数字图像处理、信号与信息处理技术研究。E-mail: hit-liyunhong@163.com

收稿日期:2013-03-03; **修订日期:**2013-03-15

小波变换^[3-5]能同时在时域和频域上通过波形的拉伸与平移对图像进行多尺度分析,较其他变换方法更优秀一些,并且为增强图像提供了一条新的途径。除此之外,小波的自适应阈值处理方法^[6-8],能对图像进行有效的增强处理,并且运算速度较快,能够适应容积较大的图像信息或者动态图像。

为了改善医学图像边缘不清晰^[9-10]的特点,对图像进行锐化处理增强边缘信息是非常有必要的。由于小波分解后,细节、轮廓等信息都存储于高频子图中,同时高频子图中也包含了噪声点等多余信息,因此在对图像进行对比度拉伸之前先对高频子图进行滤波处理,能有效去除噪声点并增强图像整体效果。同时,对图像进行对比度增强处理^[11-12],能有效调整图像的对比度,增强人眼视觉效果。

根据以上分析,本文提出了一种基于小波融合技术的医学图像增强方法。该方法能有效提高医学图像的对比度,增强边缘细节信息,突出病灶点的位置,达到较好的增强效果。

2 小波变换

小波变换是一种起源于20世纪初发展于20世纪80年代的数学变换方法,其思想是由伸缩平移方法的启发而来。小波变换具有特殊的变换核,且变换核不是唯一的而是多种多样的,因此可选择性强。小波变换能够根据信号局部区域特性的不同对变换时频域分辨率进行相应地调整,即能使经小波分解后的低频信号具有较高的频率分辨率,而使分解得到的高频信号具有相对较高的时间分辨率。正是这种“变焦”特性,小波变换能更适用于非平稳信号,因此基于小波变换的分析方法对医学图像处理具有更强的适应性。

常用的阈值化方法主要分为两种:软阈值化方法和硬阈值化方法。

软阈值化表达式为:

$$W_{\delta} = \begin{cases} \text{sgn}(W)(|W| - \delta), & |W| \geq \delta \\ 0, & |W| < \delta \end{cases} \quad (1)$$

硬阈值化表达式为:

$$W_{\delta} = \begin{cases} W, & |W| \geq \delta \\ 0, & |W| < \delta \end{cases} \quad (2)$$

两种阈值化如图1所示。

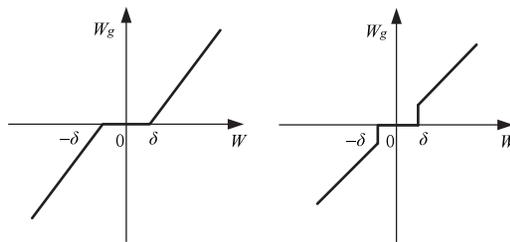


图1 两种阈值化方法

两种阈值方法各有特点,例如,软阈值更具连续性,且易于处理和实现,获得的去噪效果更加适应人眼的视觉感受,而硬阈值则更符合实际情况,能较软阈值处理更好地保留边缘细节信息。将两种阈值化方法结合起来,能获得更好的去噪效果。阈值化的关键在于阈值的选取,若选定的阈值过小,则起不到去除噪声的作用,若选定的阈值过大,则图像特征等重要信息就会被一起滤除掉。

Donoho等已于90年代提出了统一阈值的选取方法。

之后,Donoho又提出了一种针对小波软阈值尺度非线性阈值的选取方法:

$$\delta = \sigma_k \sqrt{(2 \log(k+1))/k} \quad (k = 1, 2, 3, \dots, N) \quad (3)$$

其中, σ_k 表示经小波分解的各尺度下图像的噪声标准方差; k 表示小波分解的层数。

通过利用该非线性阈值对各层小波分解图像进行小波软阈值处理,能有效的克服阈值单一的缺点,自适应能力更强,增强图像的能力也随之增强。

3 基于小波变换的图像增强方法

基于以上分析,本文根据医学图像对比度低、边缘模糊等特点提出了一种基于小波变换的医学图像增强方法,如图2所示。

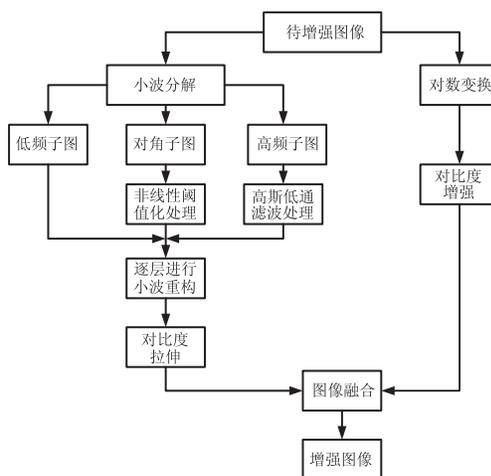


图2 增强方法流程图

增强步骤如下:

(1) 选择一个合适的小波基, 对待增强图像依次进行 3 层小波变换, 得到各层小波分解系数;

(2) 低频信息保留不变; 对高频系数进行滤波处理, 同时对对角系数进行非线性软阈值处理;

(3) 逐层进行小波逆变换, 得到小波重构图像;

(4) 对重构的小波图像进行对比度增强处理, 获得增强图像 1;

(5) 同时对待增强图像依次进行对数变换和对比度拉伸处理, 得到增强图像 2;

(6) 将增强图像 1 和增强图像 2 进行融合, 获得最终的增强图像。

4 实验结果与分析

根据本文提出的方法, 在 MATLAB 2010a 的环境下, 使用大小为 512×512 的标准测试图片 lena 作为实验测试图片, 对增强方法进行实验, 实验结果将与原图进行比较, 以验证本文提出增强方法的有效性。

小波逐层分解结果如图 3 所示。从各分解子图可以看出, 边缘, 细节等信息大部分集中在分解成的高频子图以及对角子图中, 低频子图主要存储原始图像中的轮廓信息。

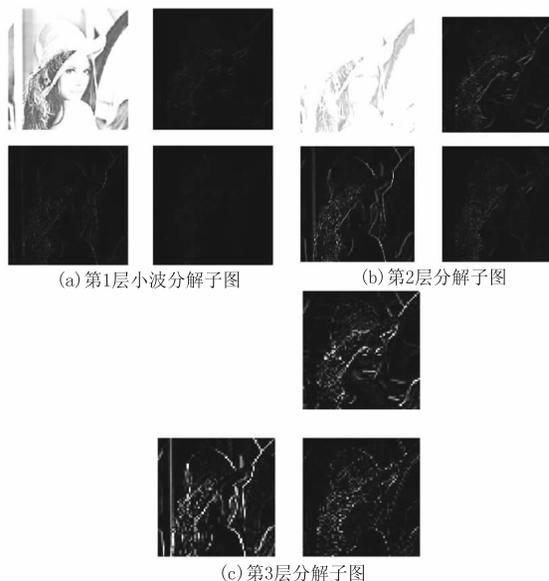


图 3 小波逐层分解子图

经处理后的小波系数进行重构后, 能获得较为平滑的图像信号, 再对图像进行灰度拉伸处理, 则能有效的增强图像的边缘信号且不会放大噪声对图像的影响。经滤波后非线性阈值处理后的各层小波重构图如图 4 所示。其中图 4(a) 为第 3 层小波重构图, 大小为 128×128 ; 图 4(b) 为第 2 层小波重构图, 大小为 256×256 ; 图 4(c) 为第 1 层小波重构图, 大小为 512×512 , 与原始图像大小相同。



图 4 小波各层重构图

原始图像如图 5 所示。经过图像融合后的增强图像如图 6 所示。与原始图像相比较, 增强图像能有效的突出图像的细节部分, 且经增强处理后的图像明显更适应于人眼的视觉特性, 具有更强的视觉效果。



图 5 原始图像



图 6 增强图像

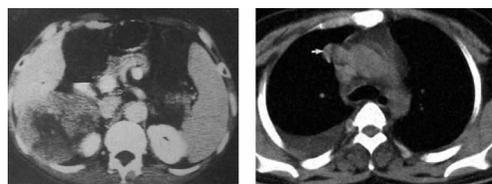
经过实验验证, 基于小波变换的图像增强方法具有一定的有效性, 具有一定的去噪功能的同时还能有效的增强图像的视觉效果, 起到突出细节和边缘信息的作用。下面对 CT 图像以及 B 型超声图像分别进行实验。

(1) CT 图像实验验证

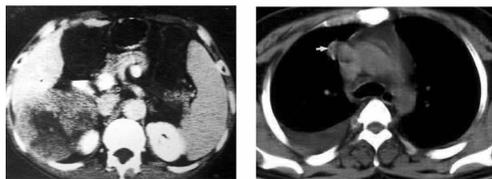
原始 CT 图像如图 7(a) 所示, 增强图像如图 7(b) 所示。其中左图为原发性肝癌 CT 图, 右图为纵隔淋巴结结核 CT 图。

(2) B 型超声图像实验验证

图 8(a) 为 B 型超声图像。增强图像如图 8(b) 所示。与原始图像相比较, 增强图像的边缘信息更加突出, 能快速有效的找到 B 超图像中的病灶点部位, 为准确的诊断提供可靠的依据。



(a) 原始CT图像



(b) 增强效果图

图7 CT图像增强效果对比图



(a) 原始B超图像

(b) 增强图像

图8 B型超声图像增强效果对比图

5 结论

根据医学图像的特点,在分析了小波非线性阈值处理方法和小波融合方法的基础上,结合小波融合的处理方法,提出了一种基于小波变换的医学图像增强方法。经过标准测试图片的实验,确定该方法的有效性。通过多次对各种医学图像进行增强处理可知,该方法能有效提高医学图像的对比度,增强边缘细节信息,突出病灶点的位置,达到较好的增强效果,为医疗工作者观察病症提供更加清晰准确的依据。

参考文献:

- [1] Jiang Yuxin, Wang Zhigang. Medical ultrasound imageology [M]. Beijing: People's Health Publishing House, 2010:1-10. (in Chinese)
姜玉新, 王志刚. 医学超声影像学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010:1-10.
- [2] Xing Zhanfeng. Study on several problems of ultrasound medical image processing [D]. Tianjin: Tianjin University, 2003. (in Chinese)
邢占峰. 超声医学图像处理中若干问题的研究[D]. 天津: 天津大学, 2003.
- [3] Ni Lin. Wavelet transform and image processing [M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2010:140-146. (in Chinese)
倪林. 小波变换与图像处理[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2010:140-146.
- [4] Donoho D L. Denoising by soft-thresholding [J]. IEEE Trans on Information Theory, 1995, 41(3):613-627.
- [5] Li Yingchun, Sun Jiping, Fu Xingjian. Infrared image denoising based on wavelet transform [J]. Laser & Infrared, 2006, 36(10):988-991. (in Chinese)
李迎春, 孙继平, 付兴建. 基于小波变换的红外图像去噪[J]. 激光与红外, 2006, 36(10):988-991.
- [6] Guo Min, Ma Yuanliang, Zhu Ting. A method of medical ultrasonic image denoising and enhancement based on wavelet transform [J]. Chin J Med Imaging Technol, 2006, 22(9):1435-1437 (in Chinese)
郭敏, 马远良, 朱霆. 基于小波变换的医学超声图像去噪及增强方法[J]. 中国医学影像技术, 2006, 22(9):1435-1437.
- [7] A Sawant, H Zeman, D Muratore, et al. An adaptive median filter algorithm to remove impulse noise in X-ray and CT images and speckle in ultrasound images [J]. Image Processing, 1999, 3661(2):1263-1274.
- [8] Chen Xiaoxi, Wang Yanjie, Liu Lian. Deep study on wavelet threshold method for image noise removing [J]. Laser & Infrared, 2012, 42(1):105-110. (in Chinese)
陈晓曦, 王延杰, 刘恋. 小波阈值去噪法的深入研究[J]. 激光与红外, 2012, 42(1):105-110.
- [9] Wen Xuebing, Luan Mengjie. An algorithm for mammogram enhancement based on weighted fusion [J]. Journal of Beihua University: Natural Science, 2007, 8(2):185-189. (in Chinese)
温学兵, 栾孟杰. 一种加权融合的乳腺图像增强方法[J]. 北华大学学报: 自然科学版, 2007, 8(2):185-189.
- [10] Fan Lulu, An Chengbin. Research of image fusion algorithm based on LWT [J]. Laser & Infrared, 2012, 42(9):1076-1079. (in Chinese)
范璐璐, 安成斌. 基于提升小波变换的图像融合算法研究[J]. 激光与红外, 2012, 42(9):1076-1079.
- [11] Liu Xuan, Liu Jiabin. Mammary image enhancement based on contrast limited adaptive histogram equalization [J]. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(10):173-175. (in Chinese)
刘轩, 刘佳宾. 基于对比度受限自适应直方图均衡的乳腺图像增强[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(10):173-175.
- [12] Yang Hui, Zhai Lirong. The method and implementation of medical image enhancement based on wavelet transform [J]. Journal of Liaoning University, 2010, 37(4):355-358. (in Chinese)
杨晖, 翟丽荣. 基于小波变换的医学图像增强方法与实现[J]. 辽宁大学学报, 2010, 37(4):355-358.