

# 医学图像增强系统设计

李云红,李尧,王丽莹,张恒,王文瑞,程霞,蔡澍雨  
(西安工程大学电子信息学院,陕西西安710048)

**摘要:**为了改善医学图像的视觉效果,提高图像的清晰度,使之更适合于机器的分析处理以及人的视觉特性,并突出病灶点,为病理学诊断和临床诊断提供可靠依据。设计了一个对医学图像十分具有针对性的图像增强系统。针对CT图像的电子噪声提出了基于修正维纳滤波的小波包去噪算法;针对B型超声图像的散斑噪声提出了基于脉冲耦合神经网络(PCNN)模型的小波自适应斑点噪声滤除算法;针对医学图像对比度低,边缘信息模糊等特点,提出了基于小波变换的医学图像增强算法。当噪声方差为0.01时,基于脉冲耦合神经网络(PCNN)模型的小波自适应斑点噪声滤除算法获得的PSNR比经Wiener滤波方法获得的PSNR高出9dB。系统能快速找到噪声点进行定点去噪,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,从而达到较好的处理效果,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;维纳滤波;脉冲耦合神经网络;小波变换

**中图分类号:**TP391.41 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2014.04.023

## System design of medical image enhancement

LI Yun-hong, LI Yao, WANG Li-ying, ZHANG Heng, WANG Wen-ru, CHENG Xia, CAI Shu-yu  
(School of Electronics and information, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** In order to improve the visual effects of the medical image and improve image clarity, a targeted image enhancement system for medical images is designed. For the electronic noise of CT images, a wavelet packet denoising algorithm based on amendments Wiener filtering is proposed; For speckle noise of B-mode ultrasound image, a wavelet adaptive speckle reduction algorithm based on the pulse coupled neural network (PCNN) model is proposed. For medical images with low contrast and blur edge, a wavelet-based medical image enhancement algorithm is proposed. The peak signal to noise ratio (PSNR) from the PCNN method is 9dB higher than that from the Wiener filtering when the noise variance is 0.01. Noise points can be quickly found, and fixed point denoising is carried out, the medical image contrast can be effectively improved, edge details are enhanced, the location of the lesion point is highlighted. It provides a more clear and accurate basis for symptoms observing of health workers.

**Key words:** medical image; Wiener filter; pulse coupled neural network (PCNN); wavelet translate

### 1 引言

随着医学影像技术的不断发展,医学图像处理在医学诊断中的地位也越来越重要,由于医学图像的成像原理有别于普通图像成像原理,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,相差了很多,因而常出现边缘模糊,细节信息不清晰等问题,致使诊断结果不准确。

因此一个针对医学图像特点开发的医学图像增强系

**基金项目:**陕西省教育厅自然科学专项(No. 12JK0512);中国纺织工业联合会科技指导性项目(No. 2010083);国家级大学生创新创业训练计划项目(No. 201310709004);大学生创新创业项目(No. 201203046)资助。

**作者简介:**李云红(1974-),女,博士,副教授,硕士生导师,主要从事红外热像测温技术,信号与信息处理技术,数字图像处理技术的研究。E-mail:hitliyunhong@163.com

**收稿日期:**2013-08-24

统是非常符合当今医疗工作需求的。

医学图像处理目前是数字图像处理的一个重要分支,数字技术的出现大大提高了医疗诊断的准确性,同时降低了成本。医学图像处理技术在临床诊断、教学科研等多个方面都发挥了重要的作用。

针对医学图像的有效处理算法方面,陈锐等<sup>[1]</sup>提出一种基于 PCNN 和视觉特性的图像对比度增强方法,该方法主要针对 X 射线影响的图像进行增强处理并能获得很好地增强效果。郭业才和王绍波<sup>[2]</sup>提出了一种基于 PCNN 的小波域超声医学图像去噪方法能达到有效去除斑点噪声的目的,并能很好地保留图像的边缘和细节信息。李云红等<sup>[3-4]</sup>提出了基于修正维纳滤波的小波包变换图像去噪算法、基于脉冲耦合神经网络模型的小波自适应斑点噪声滤除算法(W-PCNN-WD)以及基于小波变换的医学图像增强方法。从系统实现效果来看,这些方法能有效利用小波包变换较好地解决噪声与边缘细节之间的矛盾,利用脉冲耦合神经网络和小波变换相结合的优势,能够快速找到噪声点进行定点去噪处理,效果十分明显。在此基础上,系统在 VC++ 2005 编程环境下采用 CImage 类对图像进行处理,系统的处理对象主要是含有噪声的 CT 图像和 B 型超声图像等医学图像,针对各自不同的噪声特点对其进行针对性地去噪及增强处理,以突出病灶特征,提供准确的依据,方便医生结合实际经验,做出准确的诊断结果。

## 2 图像增强算法

在医学图像影像技术的成像应用中,对不同医学图像的噪声特点进行归纳总结,可以得出 CT 图像的噪声主要来源于电子噪声,而 B 型超声图像中的噪声为散斑噪声。通过对噪声特点的分析,利用小波包及 PCNN 去噪基本理论<sup>[5-8]</sup>进行滤波及图像增强,最后通过生成系统软件进行功能实现。

### 2.1 CT 图像及 B 型超声图像噪声

#### 2.1.1 CT 图像噪声

CT 图像的噪声主要来源于电子噪声。CT 管电压、CT 管电流以及层厚等物理因素直接影响着电子噪声的强度。从 CT 图像的噪声模型的概率分布来看,可以近似地认为 CT 图像中的噪声是一种符合高斯直方图分布的加性噪声。

加性噪声的模型可以表示为:

$$X(i,j) = I(i,j) + N(i,j) \quad (i,j) \in Z^2 \quad (1)$$

其中, $X(i,j)$  表示含噪图像; $I(i,j)$  表示输入时的原始图像; $N(i,j)$  表示噪声信号。

高斯噪声可以用特定的概率密度函数来描述,如下式所示:

$$P(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} \exp\left(-\frac{(z-u)^2}{2\delta^2}\right) \quad (2)$$

其中, $z$  代表的是噪声点的灰度值; $u$  代表  $z$  的平均值; $\delta$  则表示  $z$  的标准方差。

#### 2.1.2 B 型超声图像噪声

超声成像原理主要是通过利用频率为 2.5 ~ 10MHz 的超声波在人体内传播时,因遇到人体器官或不同性质的人体组织而发生折射和反射等产生的回波信号,通过对超声仪器接收返回的回波信号,进而转换为电信号,最后经过显像技术处理得到最后的超声医学图像。由于超声波在传播途中经过了折射或者反射,因为得到的回波信号的强弱有所不同,进而使得最终获得的超声医学图像各部分的灰度值有所区别,为医疗诊断提供了依据。通过了解超声图像的成像原理可以知道,B 型超声图像中的散斑噪声的强弱往往受到人体组织器官表面的粗糙程度和超声波相互干涉作用强弱的影响。

散斑噪声的噪声模型可以用下式表示:

$$X(i,j) = I(i,j) \cdot N_m(i,j) + N_a(i,j) \quad (i,j) \in Z^2 \quad (3)$$

其中, $X(i,j)$  表示含噪图像; $I(i,j)$  表示未被噪声污染的图像信号; $N_m(i,j)$  表示乘性噪声; $N_a(i,j)$  表示加性噪声; $(i,j)$  表示像素点的空间位置。

由于加性噪声对图像的影响远远小于乘性噪声对图像的影响,因此常常忽略加性噪声的作用,而将散斑噪声简化的认为是一种乘性噪声。

散斑噪声可以通过推广的 K-分布 (Generalized K-Distribution) 来进行描述,概率密度分布函数如下式所示:

$$P(x | \alpha, \nu, \eta) = \frac{2b}{\Gamma(a)} \left(\frac{2\alpha x}{b\eta^2}\right)^\alpha I_0\left(\frac{\nu x}{\eta}\right) K_{\alpha-1}\left(b \frac{x}{\eta}\right) \quad (4)$$

其中, $b = \sqrt{4a + \nu^2}/\eta$ ;  $\nu$  代表回声振幅的相干部分; $\eta$  代表比例因子。当  $\alpha \rightarrow \infty$  且  $\nu = 0$  时,推广的 K-分布可以近似地认为是瑞利分布 (Rayleigh Distribution)。

### 2.2 小波包及 PCNN 去噪基本理论

#### 2.2.1 小波包基本理论

下面对小波包分析进行图解说明,以一个三层小波包分析为例,其小波包分解树如图 1 所示。

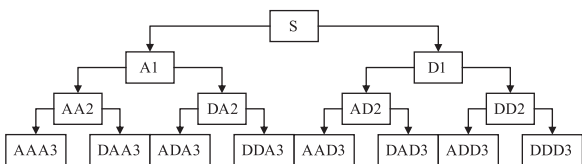


图1 三层小波包分解树

Fig. 1 Three wavelet packet decomposition tree

图1中, A表示低频, D表示高频, 末尾的序号表示小波分解层数。分解级数越大, 也就是选择的小波包尺度越大, 小波包系数对应的空间分辨率就越低。

分解具有以下关系:

$$S = AAA3 + DAA3 + ADA3 + DDA3 + AAD3 + DAD3 + ADD3 + DDD3 \quad (5)$$

下面给出小波包分解算法和重构算法。

设  $g_j^n(t) \in U_j^n$ , 则  $g_j^n$  可表示为:

$$g_j^n(t) = \sum_l d_l^{j+1,n} u_n(2^j t - l) \quad (6)$$

小波包分解算法: 由  $\{d_l^{j+1,n}\}$ , 求  $\{d_l^{j+1,2n}\}$  和  $\{d_l^{j+1,2n+1}\}$ 。

$$\begin{cases} d_l^{j,2n} = \sum_k a_{k-2l} d_k^{j+1,n} \\ d_l^{j,2n+1} = \sum_k b_{k-2l} d_k^{j+1,n} \end{cases} \quad (7)$$

小波包重构算法: 由  $\{d_l^{j,2n}\}$  和  $\{d_l^{j,2n+1}\}$ , 求  $\{d_l^{j+1,n}\}$ 。

$$d_l^{j+1,n} = \sum_k [h_{l-2k} d_k^{j,2n} + g_{l-2k} d_k^{j,2n+1}] \quad (8)$$

与小波变换<sup>[9-10]</sup>相比较, 小波包变换能够更好地对图像的高频部分进行细分, 具有更强的适应性, 更加适用于图像的各种处理, 特别是抑制噪声处理。

### 2.2.2 PCNN 去噪

针对超声医学图像的实时特性, 为了减少图像处理时间, 因此选用简化 PCNN 模型<sup>[11]</sup>。简化 PCNN 单个神经元结构如图2所示。

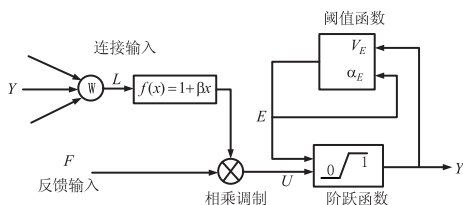


图2 简化 PCNN 单个神经元结构

Fig. 2 Single neural architecture of simplified PCNN

神经元按照 ([11]) 方式进行迭代运算:

$$F_{ij}(n) = I_{ij} \quad (9)$$

$$L_{ij}(n) = \sum_{kl} w_{ijkl} Y(n-1) \quad (10)$$

$$U_{ij}(n) = F_{ij}(n)(1 + \beta L_{ij}(n)) \quad (11)$$

$$Y_{ij}(n) = \begin{cases} 1, & U_{ij}(n) > E_{ij}(n-1) \\ 0, & U_{ij}(n) \leq E_{ij}(n-1) \end{cases} \quad (12)$$

$$E_{ij}(n) = e^{-\alpha E} E_{ij}(n-1) + V_E Y_{ij}(n) \quad (13)$$

其中,  $F_{ij}$  表示神经元的输入项;  $I_{ij}$  表示输入图像;  $E_{ij}$ ,  $U_{ij}$ ,  $Y_{ij}$ ,  $L_{ij}$  和分别表示神经元的动态阈值、内部活动项、脉冲输出以及连接输入。

利用噪声点与周围的像素灰度值具有差异这一特性, 在 PCNN 进行迭代处理时, 噪声点对应的神经元不会与周围的其他神经元同时被激发<sup>[12]</sup>。因此, 可以根据迭代后输出的结果按照预设定的步长逐次增加或者减少噪声点的灰度值, 直至与其他神经元同步输出脉冲。该方法的流程图如图3所示。

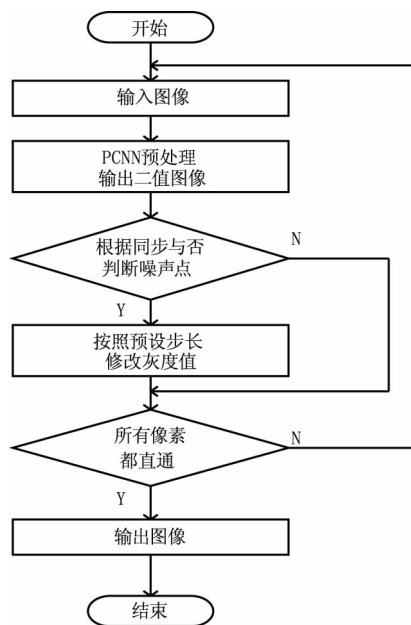


图3 PCNN 去噪流程图

Fig. 3 Flow process of PCNN denoising

### 3 系统实现

系统采用 VC++ 2005 编程环境下的 CImage 类对图像进行处理, 而没有采用传统的自己封装的设备无关类图 (DIB 类) 对不同格式的图像数据进行读写操作, 使得指针的使用率大大降低, 以达到简化代码, 简捷编程的目的。界面由几个方面构成: (1) 基本软件功能: 打开图像、保存以及退出功能; (2) 图像基本处理功能: 图像旋转、图像放大和缩小、图像镜像以及直方图信息等功能; (3) 图像分析处理功能: 中值滤波、均值滤波、二值化、针对 CT 和 B 超的不同去噪功能以及增强和边缘检测功能等。主界面如图4所示。





诊断。增强效果图如图9(b)所示。

### 3.7 图像的二值化

二值化处理,能有效地将医学图像信息与背景相分离,达到突出图像信息的目的。二值化处理效果如图9(d)所示。

### 3.8 图像的边缘检测

图9(e)为边缘检测的功能效果图,该边缘检测采用的 Robert 算子来进行图像处理的,能很清晰的获得图像的边缘信息,特别是病变等突出部位能很好地显现出来,以方便与正常图像进行对比,判断出病变的位置及大小等信息。

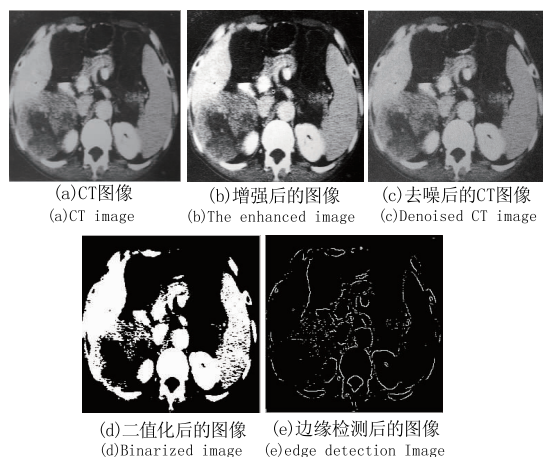


图9 CT 图像处理

Fig. 9 CT image processing

## 4 结论

根据现今社会的医学发展要求,我们建立了一个医学图像增强系统,介绍了图像增强的原理与图像增强算法模型。研究了基于 PCNN 的小波自适应斑点噪声滤除算法和基于修正维纳滤波的小波包变换图像方法,当噪声方差为 0.01 时,基于脉冲耦合神经网络(PCNN)模型的小波自适应斑点噪声滤除算法获得的 PSNR 比经 Wiener 滤波方法获得的 PSNR 高出 9dB。在研究前算法基础上设计了一个能使医疗工作者在短时间快速掌握使用方法的医学图像增强系统。试验结果表明:该系统不仅能完成一般的图像处理软件的基本功能,而且对于不清晰的医学图像系统能针对噪声特点对其进行针对性地去噪及增强处理,在提高图像清晰度的同时有效地去除了噪声的干扰,使得医学图像更加的清晰,以突出病灶特征,为医生提供准确的依据,同时诊断时间更短,方便医生结合实际经验,做出准确的诊断结果,从而提高诊断的效率和准确率。

## 参考文献:

- [1] CHEN Rui, MA Yide, ZHENG Xiao, et al. An imaging contrast enhancement algorithm based on PCNN and physiological character of eyesight[J]. Microcomputer Information, 2010, 26(4): 108, 111 - 112. (in Chinese)  
陈锐, 马义德, 郑晓, 等. 基于 PCNN 和视觉特性的图像对比度增强[J]. 微计算机信息, 2010, 26(4): 108, 111 - 112.
- [2] GUO Yecai, WANG Shaobo. Method of medical ultrasonic image de-noising based on PCNN in the wavelet domain[J]. Journal of Anhui University: Natural Science Edition, 2010, 34(5): 54 - 59. (in Chinese)  
郭业才, 王绍波. 基于 PCNN 的小波域超声医学图像去噪方法[J]. 安徽大学学报: 自然科学版, 2010, 34(5): 54 - 59.
- [3] LI Yunhong, YIN Xin. Image denoising using wavelet packet transform based on correctional Wiener filtering[J]. Computer Engineering and Applications, 2012, 48(21): 182 - 185. (in Chinese)  
李云红, 伊欣. 基于修正维纳滤波的小波包变换图像去噪[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(21): 182 - 185.
- [4] LI Yunhong, YIN Xin. Wave adaptive denoising method based on PCNN[J]. Optics and Precision Engineering, 2012, 20(9): 2060 - 2067. (in Chinese)  
李云红, 伊欣. 基于脉冲耦合神经网络模型的小波自适应斑点噪声滤除算法[J]. 光学精密工程, 2012, 20(9): 2060 - 2067.
- [5] TONG Wuqin, LING Yongshun, HUANG Chaochao, et al. Processing method of IR image based on mathematical morphology and wavelet transform[J]. Optics and Precision Engineering, 2007, 15(1): 138 - 144. (in Chinese)  
同武勤, 凌永顺, 黄超超, 等. 数学形态学和小波变换的红外图像处理[J]. 光学精密工程, 2007, 15(1): 138 - 144.
- [6] 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.
- [7] FAN Lulu, AN Chenbin. 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.
- [8] ZHANG Tianyu. Research on wavelet image denoising algorithm based on WIENER filter[J]. Journal of Jinggang-

- shan University; Natural Science, 2011, 32(1): 92 - 96. (in Chinese)
- 张天瑜. 基于维纳滤波的小波图像去噪算法研究[J]. 井冈山大学学报: 自然科学版, 2011, 32(1): 92 - 96.
- [9] LU Gang, YAN Jingwen, KOU Yequan, et al. Dual-tree complex wavelet image denoising based on parental and neighboring[J]. Optics and Precision Engineering, 2009, 17(4): 916 - 922. (in Chinese)
- 卢刚, 闫敬文, 寇业泉, 等. 由双树复数小波变换的父系数及邻域系数实现图像去噪[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(4): 916 - 922.
- [10] GONG Weiguo, LIU Xiaoying, LI Weihong, et al. Local adaptive image denoising based on double-density dual-tree complex wavelet transform[J]. Optics and Precision Engineering, 2009, 17(5): 1171 - 1179. (in Chinese)
- 龚卫国, 刘晓营, 李伟红, 等. 双密度双树复小波变换的局域自适应图像去噪[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(5): 1171 - 1179.
- [11] CHEN Xingjie, CHAI Xiaodong. Infrared image segmentation based on a simplified PCNN[J]. Journal of Anhui University; Natural Science Edition, 2010, 34(1): 74 - 77. (in Chinese)
- 陈兴杰, 柴晓冬. 一种基于简化 PCNN 的红外图像分割方法[J]. 安徽大学学报: 自然科学版, 2010, 34(1): 74 - 77.
- [12] WANG Yuanyuan, JIAO Jing. Detection of regions interests from breast tumor ultrasound images using improve PCNN[J]. Optics and Precision Engineering, 2011, 19(6): 1398 - 1405. (in Chinese)
- 汪源源, 焦静. 改进型脉冲耦合神经网络检测乳腺肿瘤超声图像感兴趣区域[J]. 光学 精密工程, 2011, 19(6): 1398 - 1405.
- [13] LI Qi, XIA Zhiwei, DING Shenghui, et al. Image denoising of CW THz images by use of non-local mean[J]. Infrared and Laser Engineering. 2012, 41(2): 517 - 522. (in Chinese)
- 李琦, 夏志伟, 丁胜晖, 等. 采用非局部均值的连续太赫兹图像去噪处理[J]. 红外与激光工程, 2012, 41(2): 517 - 522.
- [14] LI Yan, TANG Xinyi, GE Jun, et al. Real-time multi-channels infrared image acquisition system based on FPGA[J]. Infrared and Laser Engineering. 2012, 41(5): 1363 - 1368. (in Chinese)
- 李燕, 汤心溢, 葛军, 等. 基于 FPGA 的多通道红外图像实时采集系统[J]. 红外与激光工程, 2012, 41(5): 1363 - 1368.