

DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.05.045

基于 PET 医学图像边缘检测算法的研究*

王娅囡¹ 谷方^{2△} 杨厚俊¹ 范延滨¹ 贾冬雪¹

(1 青岛大学信息工程学院 山东 青岛 266071; 2 青岛大学医学院 山东 青岛 266071)

摘要 目的:边缘检测在图像处理中至关重要,可被广泛应用于目标区域识别、区域形状检测、图像分割等图像分析领域。边缘是图像中不平稳现象和不规则结构的重要表现,往往携带着图像中的大量信息,并给出图像轮廓。在医学图像三维显示技术中,为了更精确的临床判别需要得到单像素的清晰轮廓,因此我们提出一种新的边缘检测算法。**方法:**在传统的的小波边缘检测的基础上,提出了一种新的边缘算法,即基于小波极大值边缘检测算法,应用模糊算法构造相应的隶属函数,再对得到的极大值进一步筛选。**结果:**将该算法应用到医学图像中,最终可以得到较清晰的单像素边缘轮廓,实验结果证明了该算法的可行性。**结论:**运用这种算法处理过的医学图像边缘锐化更好,更清晰,能够为肿瘤的早期识别提供依据,满足医学影像识别的需要。

关键词:医学图像;小波函数;边缘检测

中图分类号:TP391.4,R730.44 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2014)05-965-04

The Edge Detection Research Based on PET Medical Images*

WANG Ya-nan¹, GU Fang^{2△}, YANG Hou-jun¹, FAN Yan-bin¹, JIA Dong-xue¹

(1 Information Engineering College of Qingdao University, Qingdao, Shandong, 266071, China;

2 Qingdao University Medical College, Qingdao, Shandong, 266071, China)

ABSTRACT Objective: The edge detection of digital image is a very important foundation of the image analysis field, such as target area identification, regional shape detection, image segmentation and so on. The edge is the important performance between the rough phenomenon and the irregular structure of the image. It often carries most of the image information and gives the outline of the image. In the three dimensional display technology of medical image, hospital need get the more accurate clinical criterion, so we need a new edge algorithm. **Methods:** This paper put forward a new edge algorithm which is based on the traditional wavelet edge detection. The algorithm is based on wavelet maximum edge detection algorithm. First we construct a corresponding subordinate function by fuzzy algorithm; then we filter the maximum values of the obtained. **Results:** Applied this algorithm to medical image, finally can get a clear single pixel edge profile and the results of the experiment prove the feasibility of the algorithm. **Conclusion:** The medical image edge treated by this algorithm seems be more better and clearer. It can provide the basis for the the early recognition of tumor and meet the needs of the medical image recognition.

Key words: Medical image; Wavelet function; Edge algorithm

Chinese Library Classification(CLC): TP391.4,R730.44 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2014)05-965-04

前言

近几年来,由于 PET/CT 检验技术的引入,人们不但能利用螺旋 CT 的肿瘤成像技术得到清晰的肿瘤几何轮廓,而且可以利用 PET 检验提供的肿瘤的生物信息,得到肿瘤的扩散信息和活性指标,为放射治疗提供更准确地病灶信息。但 PET 生物信息图像给出的是肿瘤的生物信息,如何将这些信息以几何的形式表现出来并应用于适形调强医疗方案的优化是目前研究的热点问题,涉及到图形、图像处理以及优化算法等一系列问题的研究^[2]。得到目标图像的精确外形,能够将诊断误差降低到最小程度,但通常的边缘检测方法得到的轮廓线界限不是很清晰,存在着大量的数据冗余,这为进一步处理带来很大

的困难,如果能发现一种复杂并且精确的边缘检测方法,得到单像素的边缘,意义将十分重大。

早在 1965 年就有人提出边缘算法算子,主要分为经典算子,最优算子,多尺度^[3]方法及自适应平滑滤波算法,近年来随着模糊数学,神经网络的发展,人们不断探索将其用于图像的边缘检测中,提出了将模糊数学,神经网络和数学形态学^{[10][12][14]}应用于边缘检测的

思想。目前,人们提出了许多小波变换的检测边缘的方法,基于小波变换的多尺度特性,能够提取各种尺度的边缘,传统的小波变换检测边缘的方法是先对图像^[13]进行小波变换,然后采用相应的方法对模极大值做进一步合理的筛选,最终得到精确的边缘。本文在使用小波边缘检测极大值检测^[7,9]方法的基础

* 基金项目:国家自然科学基金面上项目(81171408);山东省教育厅课题(J10LF25)

作者简介:王娅囡(1989-),女,硕士研究生,计算机应用技术,E-mail:tinzhuo@sina.com

△ 通讯作者:谷方,E-mail:gufang61@163.com

(收稿日期:2013-04-11 接受日期:2013-05-12)

上,提出了一种新的算法,即应用模糊数学原理构造相应的函数,提取弱边缘的信息,筛选出合适的极大值点作为边缘点,最终得到图像的单像素边缘。

1.材料与方法

1.1 实验材料

青岛市中心医院 PET/CT 中心:PET/CT Biograph Sensation 16 一体断层图像成像机(德国西门子公司)获取的 pet 图像。

1.2 方法

1.2.1 基于小波变换的图像边缘检测算法 当选取 x,y 两个方向上的基小波函数^[4], $\psi_s^x(x, y), \psi_s^y(x, y)$,为平滑的一阶导数时, $\psi_s^x = \frac{a\Phi_s(x, y)}{ax}, \psi_s^y = \frac{a\Phi_s}{ay}$,对表示图像的而为函数 f(x,y),在 x,y 两个方向上进行小波变换为:

$$WT^1 f(s,x,y) = f(x, y) * \psi_s^x(x, y) = s \frac{a}{ax} (f * \Phi_s)(x, y) \quad (1)$$

$$WT^2 f(s,x,y) = f(x, y) * \psi_s^y(x, y) = s \frac{a}{ay} (f * \Phi_s)(x, y) \quad (2)$$

式中,s 为尺度因子,通常取为,这样,上式成为 f(x,y)的二进小波变换,其模值为:

$$Mf(2^j, x,y) = \sqrt{|WT^1 f(2^j, x,y)|^2 + |WT^2 f(2^j, x,y)|^2} \quad (3)$$

小波变换矢量在(x,y)平面的幅角为:

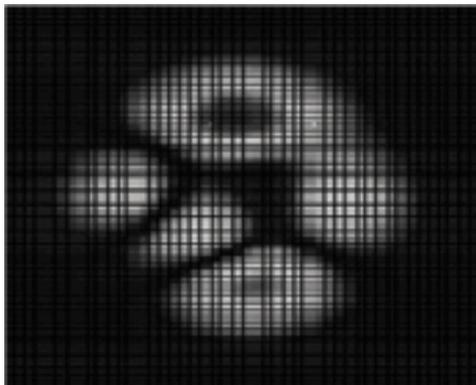


图1 原始灰度图像
Fig.1 Original gray image

$$Af(2^j, x,y) = \arg \tan \left| \frac{WT^2 f(2^j, x,y)}{WT^1 f(2^j, x,y)} \right| \quad (4)$$

图像的剧烈变化点对应小波变换的模极大值^[7]。同时图像的剧烈变化点也对应噪声与边缘,但边缘的小波变换不随尺度而变换,而噪声的小波变换模值随尺度的增加而迅速减少,因而可以在低信噪比的情况下利用小波变换检测出图像的边缘,鉴于这一原理我们可设计详细的检测边缘的算法。

1.对原始图像 f(x, y)进行各个尺度的小波变换并得到其系数,同时计算出模图像族 $M_2^j f(x, y)$ 和象角图像族 $A_2^j f(x, y)$ 。

2.通过模图像族 $M_2^j f(x, y)$ 找出象角 $A_2^j f(x, y)$ 方向的局部模极大值点。将非局部模极大值点的像素均标记为零,保留局部模极大值点,得到可能的边缘图像 $P_2^j(x, y)$ 。

3.采用 $n \times n$ 的窗口,对 $P_2^j(x, y)$ 进行扫描,求得图像像素的模值后,还需要对其进行阈值处理。选取阈值 T,所有模值小于 T 的图像像素的模值都置为零。如果不作处理,最后得到的模极大点太多。阈值 T 选取越大,保留下来的边缘信息越少^[4]。通用的图像的阈值 T 一般选择 10 左右的数字。对于各个模极大值,不大于 T 的滤除掉,其余的作为边缘点输出。

4.移动扫描窗口,依次对图像 $P_2^j(x, y)$ 进行扫描并按照步骤 3 取边缘点,并求出所有的边缘点^[6,7]。

5.重复步骤 1-4,直到求出所有尺度下的边缘图像为止。

6.输出各个尺度下的边缘图像。

实验结果如下图所示:



图2 小波检测后图像
Fig.2 After wavelet edge detection

1.2.2 运用到 PET 影像中的算法 使用上述方法得到的边缘细节过多,轮廓线较粗,无法满足 PET 影像中提取单像素边缘的要求,需要在此基础上做一些改进^[9]。模值的局部极值点才有可能真正的边缘点,鉴于图像自身的某些原因,有些真正的边缘点有可能会丢失,但是即使是弱边缘,也可以检测出在与边缘走向垂直的方向会有一个局部的峰值,故本文采用模糊算法理论来提取候选边缘点^[7,10]。

对于传统的小波检测算法,通常求整幅图像尺度为 1 的模极大值的平均值 T,并把 T 作为阈值,如果尺度为 1 的模极大值小于 T 则滤除,反之,则作为待选边缘点。阈值求取:

$$T = \frac{C}{N} \sum_{x=1}^W \sum_{y=1}^W Mf(2^1, x,y) \quad (5)$$

式中:C 为一常数;H 为图像高度,W 图像的宽度;N 是整幅图像的像素总数。

经小波变换得到的个尺度的模极大值,首先,们选定某个较小阈值 T1,在 T1 以下肯定不是边缘;其次,我们选定某个较大的阈值 T2,在 T2 以上肯定也不是边缘;在两个阈值之间的值可能是也可能不是边缘,具有模糊性。在任何边缘与边缘走向垂直的方向都可以检测出一个局部峰值,我们根据这个特点来判断是否是边缘。因此本文就根据这一特征参数建立隶属函数^[20]:

$$u(Mf(2^j, x,y)) = \begin{cases} 1; Mf(2^j, x,y) \geq r * 1.2 \\ 0; Mf(2^j, x,y) \leq r * 0.8 \\ \frac{1}{1 + |m - Mf(2^j, x,y)|^2} \\ r * 0.8 < Mf(2^j, x,y) < r * 1.2 \end{cases} \quad (6)$$

式中:m 为与边缘方向垂直的 5 个像素的小邻域的最大值,对于 $u(Mf(2^j, x,y))=1$ 的点保留作为边缘点,对于 $u(Mf(2^j, x,y)) \neq 1$ 的点,应用模糊化算法进一步筛选,即如果大于某个确

定的值则是边缘点,反之不是边缘点。

小波变换的二维空间域的离散形式可以用以下公式求得:

$$Sf(2^j, x, y) = \sum_{n_1} \sum_{n_2} h_{n_1} h_{n_2} Sf(2^{j-1}, x-2^{j-1}n_1, y-2^{j-1}n_2) \quad (7)$$

$$WT^j f(2^j, x, y) = \sum_{n_1} \sum_{n_2} h_{n_1} g_{n_2} Sf(2^{j-1}, x-2^{j-1}n_1, y-2^{j-1}n_2) \quad (8)$$

式中:序列 $\{h_n, n \in Z\}$ 为低通脉冲响应,为高通滤波器的脉冲响应。 $Sf(2^j, x, y)$ 反应了图像的概貌,表示信号的低通部分, $j=0$ 时即为原始图像,

对传统的小波变换边缘检测算法进行改进,改进后的算法如下:

由(1)和(2)式对 $f(x,y)$ 进行 0 到 j 的小波变换得到各个尺度 $WT^j f(2^j, x, y)$ 的 $WT^j f(2^j, x, y)$ 和,并计算得到相应的模值 $Mf(2^j, x, y)$ 和角度值 $Af(2^j, x, y)$ 。

(2)选取在 0~ j 尺度上的模值大致相近的点,作为我们的候选点;把随尺度增大模极大值急剧减小的点去掉。

(3)选取符合条件的模极大值,求得单像素级边缘。

① 查找水平方向的边缘,得到水平边缘。即满足(9)式的模极大值点:

$$|WT^j f(2^j, x, y)| \geq |WT^j f(2^j, x, y) \cdot \varepsilon| \quad (9)$$

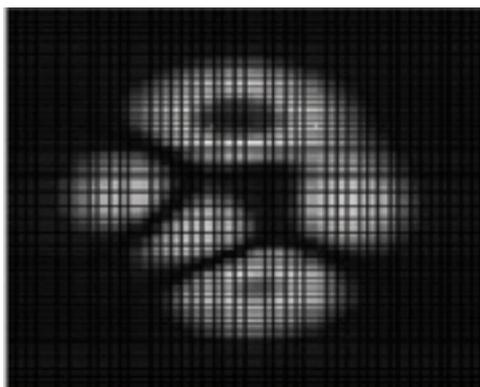


图3 原始图像

Fig.3 original gray image

式中:为任意小的正数,选取模值不少于其上下邻域并大于其中之一同时满足上式(9)和下式(10)的点,即可得到水平方向的单像素边缘^[20]。

$$Mf(2^j, x, y) \geq Mf(2^j, x, y-1) \text{ and}$$

$$Mf(2^j, x, y) \geq Mf(2^j, x, y+1) \text{ or} \quad (10)$$

$$Mf(2^j, x, y) \geq Mf(2^j, x, y-1) \text{ and}$$

$$Mf(2^j, x, y) \geq Mf(2^j, x, y+1)$$

②与步骤①相同,在列方向上选取不少于其左右邻域并严格大于其中之一同时满足下面(11)和(12)两个条件的点,即可得到垂直方向的单像素边缘:

$$|WT^j f(2^j, x, y)| \geq |WT^j f(2^j, x, y) - \varepsilon| \quad (11)$$

$$Mf(2^j, x, y) \geq Mf(2^j, x-1, y) \text{ and}$$

$$Mf(2^j, x, y) \geq Mf(2^j, x+1, y) \text{ or}$$

$$Mf(2^j, x, y) \geq Mf(2^j, x-1, y) \text{ and} \quad (12)$$

$$Mf(2^j, x, y) \geq Mf(2^j, x+1, y)$$

通过模糊算法得到的候选点中,选取满足②中条件的垂直边缘的点或①中条件的水平边缘,即可获得图像的单像素边缘。

实验结果如下图所示:



图4 改进后图像

Fig.4 improved image

2 结果

由实验结果可知使用传统小波边缘检测极大值方法得到的图像细节过多,边缘较粗,不能满足 PET 影像中提取单像素边缘的要求。使用改进后的算法得到的图像更加清晰,边缘锐化更好,能够为肿瘤的早期诊断及提供依据,满足医学领域的需要。

3 讨论

小波变换在医学图像中具有广泛的应用,并且在许多方面都取得了良好的效果,例如:将小波分析应用于医学图像压缩,压缩后的图像与原始图像的特征能保持基本不变、具有压缩比高;经专家评估小波压缩重构图像边缘锐化比较好,要好于原始图像。

在实际图像处理中,边缘是图像的一种基本特征,能够为人们识别或描述目标图像以及解释图像提供了一个重要的参数。目前人们已经提出许多小波检测边缘算法,经典的检测算

法有 Prewitt 算子, Sobel 算子, Log 算子和 Roberts 算子,但都有不足之处,在某些情况下并不能检测到物体的最佳边缘。比如,利用 Roberts 算子提取边缘的结果是边缘比较粗,边缘定位不是很准确,进对于具有陡峭的低噪声的图像效果较好; Sobel 对灰度渐变和噪声较多的图像处理效果比较好; Log 算子主要用来判断边缘像素是位于图像的明暗区域,很少用此算子来检测边,因为 Log 算子对噪声比较敏感。因此,基于 PET 医学图像在传统的小波边缘检测基础上提出了上述新的边缘算法:在小波极大值边缘检测算法的基础上,采用模糊算法来构造相应的隶属函数,并且对得到的极大值做进一步筛选,最终将得到我们所需要的单像素边缘。

由以上实验结果可知,运用这种算法处理过的 PET 图像边缘锐化更好,更清晰,为在临床上早期判别微小病灶,为肿瘤的早期诊断,及制定精确的放疗计划提供依据。

参考文献(References)

[1] 陈芬. 基于多尺度小波变换的边缘检测[J]. 计算机工程与应用. 2009, 45(27): 160-162

- Chen Fen. An edge detection based on the multi-scale wavelet transform[J]. Computer Engineering And Applications, 2009, 45(27):160-162
- [2] 徐珍璐. 基于 PET/CT 的 IMRT 数学模型计算法研究 [D]. 青岛: 青岛大学, 2010:6-13
- Xu Zhen-lu. A mathematical model calculation method research based on PET/CT IMRT[D]. Qingdao: Qingdao University, 2010:6-13
- [3] 郑晓林, 赵璐, 侯文生, 等. 一种应用于视皮质假体图像压缩及编码系统的设计 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(48): 8933-8936
- Zheng Xiao-lin, Zhao Lu, Hou Wen-sheng, et al. An application in visual cortex prosthesis image compression and coding system design [J]. Chinese Tissue Engineering Research and Clinical Rehabilitation. 2010,14(48):8933-8936
- [4] 沈飞. 小波变换在图像处理中的应用[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2009:1-8
- Shen Fei. Wavelet transform application in image processing[D]. HaErberbin: HaErerbin Engineering University, 2009:1-8
- [5] 杨敏. 基于内容的医学图像检索中特征提取技术研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2007:45-56
- Yang Min. A feature extraction technology research Based on the content of the medical image retrieval[D]. Northwestern Polytechnical University, 2007:45-56
- [6] 邓秀华, 朱伟形. 一种改进的小波模极大值杂草图像边缘检测算法 [J]. 农业化研究, 2008, 30(2):30-32
- Deng Xiu-hua, Zhu Wei-xing. An improved weeds image edge detection algorithm based on the modulus maxima of wavelet [J]. Farming Research, 2008, 30(2):30-32
- [7] 邓秀华, 朱伟兴. 改进的小波变换模极大值检测图像边缘的算法[J]. 农业网络信息, 2007, 2(2):111-116
- Deng Xiu-hua, Zhu Wei-xing. An improved image edge detection algorithm based on the modulus maximum of wavelet [J]. Agricultural Network Information, 2007, 2(2):111-116
- [8] Sen, D. Pal, S. K. Histogram Thresholding using fuzzy and rough measures of association error [J]. Image Processing IEEE Transactions, 2009, 18(4):879-888
- [9] J.Morlet, G.arenis, E. Foureau and D.Giard, et al. Wave propagation and sampling theory [J]. GeoPhysics, 1982, (47): 202-236
- [10] Xiao meng Wang, Detlef D. Nauck, Martin Spott, Rudolf Kruse. Intelligent data analysis with fuzzy decision trees[J]. Soft Computer, 2007, 11(5):439-457
- [11] M. Sezgin and B. Sankur, Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation[J]. J. Electron. Imag., 2004, 13(1): 146-168
- [12] 苗亮亮, 李山. 小波分析在图像边缘检测中的应用[J]. 重庆工学院学报, 2008, 22(3):35-37
- Miao Liang-liang, Li Shan. Wavelet analysis in the application of image edge detection[J]. Journal of Chongqing Institute of Technology 2008, 22(3): 35-37
- [13] 邹文, 罗金香. 小波变换在医学图像处理中的应用[J]. 中国医疗设备, 2008, 23(4):58-60
- Zou Wen, Luo Jin-xiang. Application of Wavelet Transform in Medical Image Processing[J]. China Medical Equipment, 2008, 23(4):58-60
- [14] 郑慕之, 陶玲, 王惠南, 等. 多尺度 MRI 断层图像特征提取新技术研究[J]. 生物医学工程研究, 2004, 30(2):85-89
- Zheng Mu-zhi, Tao Ling, Wang Hui-nan, et al. A new technology research of Multi-scale mri fault image feature extraction[J]. Biomedical Engineering Research, 2004, 30(2): 85-89
- [15] 付丽华, 陈涛, 李落清, 等. 基于方向小波变换的边缘检测[J]. 湖北大学学报, 2003, 25(2):95-99
- Fu Li-hua, Chen tao, Li Luo-qing, et al. The edge detection based on direction wavelet transform [J]. Journal of HuBbei University, 2003, 25(2):95-99
- [16] 汪培庄, 李洪兴. 模糊系统理论与模糊计算机[M]. 北京: 科学出版社, 1996:120-128
- Wang Pei-zhuang, Li Hong-xing. Fuzzy system theory and fuzzy computer[M]. BeiJing: Science and Technology Press, 1996:120-128
- [17] Mallat S.A theory for multi-resolution signal decomposition:the Wavelet representation[J]. IEEE Trans PAMI, 1989, 11(2):679-702
- [18] 杨华千, 张伟. 基于小波多尺度变换和模糊聚类的图像边缘检测研究[J]. 计算机科学, 2006, 33(1):274-276
- Yang Hua-qian, Zhang Wei. An edge detection research Based on wavelet multi-scale transform and fuzzy clustering image [J]. Computer Science Technology, 2006, 33(1):274-276
- [19] 田岩岩, 齐国清. 基于小波变换模极大值的边缘检测方法[J]. 大连海事大学学报, 2007, 33(1):102-106
- Tian Yan-yan, Qi Guo-qing. An edge detection method based on the wavelet transform modulus maxima [J]. Dalian Maritime University Journal, 2007, 33(1):102-106
- [20] 袁野, 欧宗瑛. 基于小波变换和模糊算法医学图像边缘检测算法 [J]. 大连理工大学学报, 2002, 42(4):121-124
- Yuan Ye, Ou Zong-ying. Medical image edge detection algorithm Based on wavelet transform and fuzzy Algorithm[J]. Journal of dalian university of technology, 2002, 42(4):121-124
- [21] Canny J. A computational approach to edge detection[J]. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell 1986, 8(6):679-698