

适用于医学图像的模糊边缘检测改进算法

何 鹏, 徐春伟, 张 裕

HE Peng, XU Chun-wei, ZHANG Yu

齐齐哈尔大学 通信与电子工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006

Communication and Electronic Engineering Institute, Qiqihaer University, Qiqihaer, Heilongjiang 161006, China

E-mail: xiaowei5418@163.com

HE Peng, XU Chun-wei, ZHANG Yu. Improved fuzzy edge examination algorithm using medical image. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(18): 231-233.

Abstract: Edge detection is one of the most important elements in medical image processing. This paper analyzes the drawback of Pal.King fuzzy edge detection algorithm, an improved algorithm of medical image is presented. The algorithm presents a scheme for optimal traditional Otsu algorithm using genetic algorithms to definite threshold parameters, a definition of membership function according to this threshold for extract the fuzzy characteristics plane is corresponded by the treatment image, to do fuzzy enhancement with separated regions and smooth processing of image up to the better edge detection effect. For the medical image which needs to be processed, the experiment indicates, this algorithm can withdraw boundary information true and integrity compared with some classic methods.

Key words: edge detection; fuzzy enhancement; medical image; threshold optimization

摘 要: 边缘检测是医学图像预处理中最重要的内容之一, 系统地分析了 Pal.King 模糊边缘检测算法的不足, 提出一种适用于医学图像的新型模糊边缘检测算法。该算法使用遗传算法对传统 Otsu 算法进行优化来确定阈值参数, 对待测图像所对应的模糊特征平面通过基于此阈值定义的隶属函数来提取, 并且对图像进行分区模糊增强和平滑处理以达到更好的边缘检测效果。仿真结果表明, 针对所要处理的医学图像, 与几种经典的处理方法相比, 该算法能够提取出更加真实和完整的边界信息。

关键词: 边缘检测; 模糊增强; 医学图像; 阈值优化

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.18.069 **文章编号:** 1002-8331(2009)18-0231-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391

1 引言

计算机视觉、军事制导等领域的重要特征而受到各方面研究人员的高度重视, 有着广泛的用途。图像最基本的特征是边缘, 是图像属性区域与另一个属性区域的交界处, 是区域属性发生突变的地方, 图像的边缘包含丰富的信息。因此图像边缘检测是医学图像处理中一个关键步骤, 在医学图像三维显示技术中, 表面重建的一个重要前提就是获得 CT 断层图像的清晰轮廓线。

经典边缘提取算子有 Roberts、Sobel、Prewitt、LOG、Canny, 它们的优点是计算简单, 速度较快, 缺点是对噪声的干扰都比较敏感, 它们可以结合其他算法或对本身进行改善来提取图像边缘^[1]。后面发展的还有基于能量最小化为准则的全局提取图像边缘的方法; 基于小波变换多尺度分析的图像边缘提取方法; 基于小波包分解的图像边缘提取方法; 基于数学形态学的图像边缘提取方法和基于分形理论的图像边缘提取方法等。这些方法取得了比传统方法更加理想的效果, 但也存在一些不

足。如有的计算复杂, 有的速度比传统算法慢等^[2-3]。

近年来, 人们对基于模糊边缘检测技术也进行了研究, 到 20 世纪 80 年代中期, Pal 和 King 从图像所具有的不确定性是由模糊性引起的观点出发, 提出了模糊边缘检测算法, 并在模式识别和医学图像处理中获得了良好的应用^[3-5]。但是 Pal.King 算法仍然存在缺陷。系统分析了 Pal.King 算法的不足之处, 并提出了一种新的模糊边缘检测算法, 最后对该算法的有效性进行了仿真实验。

2 Pal.King 模糊边缘检测算法分析

20 世纪 80 年代中期, Pal 和 King 首次将模糊集理论引入到图像的边缘检测中, 提出了图像边缘检测模糊算法。Pal.King 算法的思想将模糊集理论引入到图像的边缘检测算法中, 它能够有效地将目标从背景中分离出来^[6]。Pal.King 算法首先用隶属度函数 G 将图像 X 映射成一个模糊隶属度矩阵, 再对该矩阵进行多次非线性变换, 即通过增强变换, 增强边缘信息, 削弱

基金项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究项目 (Science and Technology Research Foundation of Heilongjiang Province Education Department, China under Grant No.11521331)。

作者简介: 何鹏 (1970-), 男, 副教授, 主要研究领域为数字图像处理; 徐春伟 (1983-), 男, 硕士, 主要研究领域为数字图像处理; 张裕 (1978-), 男, 讲师, 主要研究领域为计算机技术。

收稿日期: 2008-04-10 **修回日期:** 2008-07-07

非边缘信息,再对模糊隶属度矩阵进行 G^{-1} 变换,得到经过增强的图像,最后用‘min’或‘max’算子提取图像的边缘,实现边缘检测。

由于图像边缘的不确定性往往是模糊性,因此该算法明显优于传统边缘检测算法,并在医学图像处理中得到广泛的应用。但是 Pal 算法依然存在以下缺点^[7-8]:

(1)将模糊矩阵的元表示图像像素 (m,n) 的灰度级相对于最大灰度级的隶属度,这样的硬性处理必然使图像中一部分本应增强的灰度级没有被增强,不应增强的灰度级却得到了很大增强,影响了下一步的边缘检测效果。

(2)算法中,因 G 和其逆变换 G^{-1} 采用复杂的幂函数作为模糊隶属函数,所以包含复杂的浮点运算,故存在运算量大,耗时多的缺点。

(3) T_r 变换时,将原图中相当多的低灰度值硬性置为 0,损失了低灰度值边缘信息,也使边缘检测质量受到了影响; T_r 变换中 u_c 选择为 0.5 不能满足不同类型图像边缘检测的要求,使用该算法在对不同图像进行边缘检测时效果存在很大差异。

(4)从 Pal 算法的模糊边缘检测过程可见,在提取边缘前没有单独作抑噪处理。当图像受到噪声干扰而变得比较模糊,若按照这一方案进行模糊边缘检测,边缘检测的效果有时不是很理想,一些不在边缘上的点被误判为边缘点,这样就会给后续处理带来误差。

综合看来,Pal 算法没有充分利用图像已给出统计的信息,在隶属函数构造上也没有利用图像所给出的统计特征。

3 基于模糊边缘检测的改进算法

针对 Pal 算法的不足,本文提出的改进算法的基本思想为在增强过程中先求出背景和目标的阈值,然后分区域定义模糊矩阵的元,采用空域法在模糊平面上分区修改像素以达到增强目的。接下来对图像进行平滑处理,再提取上述图像的模糊特征并继续增强相继区域对比度,以实现最优的模糊边缘检测。以下为具体的算法过程:

步骤 1 应用遗传算法对传统 Otsu 算法进行优化来确定阈值参数 x_T ,步骤如下^[9]:

(1)遗传编码方案的确定

由于图像灰度值在 0~255 之间,故将每个可能的灰度阈值编码为 8 位 0,1 符合组成的二进制码。这些灰度阈值的初始值为随机产生的,其相应的适应度值也各有高低。

(2)遗传人口模型的确定

若人口数过多,则每一代适应度值的计算量大,因此人口数设置应该合理。在此,设置人口数为 20,最大繁殖代数 40。

(3)适应度函数的确定

对于单阈值分割来说,适应度函数取 Otsu 法中的类间方差如式(1)所示。记 u 为图像总均值,图像前景点数占图像比例为 w_0 ,平均灰度为 u_0 ;图像背景点数占图像比例为 w_1 ,平均灰度为 u_1 。则图像的总平均灰度为:

$$g=w_0 \times (u_0-u)2+w_1 \times (u_1-u)2 \quad (1)$$

(4)遗传算子的确定

根据遗传算法的收敛定理,赌轮法(蒙特卡罗法),进行个体选择。交叉互换的重要特征是它能产生不同于父体的子体。交叉概率越大,交叉操作的可能性也越大;如果交叉率太低,收

敛速度可能降低。单阈值分割由于只有一个参数,所以采用一点交叉,在此设置交叉概率为 0.65。设置变异概率为 0.01。

由于样本是在 0~255 中随机取得的,所以在每代中都会有较高的适应度存在,而经过遗传、淘汰,会使整体的适应度越来越高,最后达到稳定的最大适应度,即可求出所需的 0~255 之间适应度最大的灰度值。最后得到的最优阈值为 x_T 。

步骤 2 定义新的隶属函数为:

$$p_{mn}=G(x_{mn})=\begin{cases} \left(\frac{x_{mn}}{x_T}\right)^2, & x_{mn} \leq x_T \\ \left(\frac{x_{mn}}{x_{\max}}\right)^2, & x_{mn} > x_T \end{cases} \quad (2)$$

式中, $m=1,2,\dots,M;n=1,2,\dots,N;x_{mn}$ 为原始数据矩阵, x_T 为阈值, x_{\max} 为图像的最大灰度级。

步骤 3 对图像进行分区域模糊增强预处理。首先根据图像的灰度值大小将图像大致平均分成低、中、高三区域,先利用 G 函数得到一个模糊特征平面 X_1 ,对 X_1 进行如式(4)中($0 < p_{mn} < p_c$)对应的非线性变换增强第一个图像区域对比度,之后运用 G^{-1} 变换得到修改后的空间域。继续利用 G 函数得到模糊特征平面 X_2 ,再对 X_2 进行如式(4)中($p_c \leq p_{mn} \leq 1$)对应的非线性变换增强最后一个图像区域对比度,同样再运用 G^{-1} 变换得到修改后的空间域。此模糊增强预处理的过程是对 p_{mn} 进行非线性变换,其结果是对低灰度区域进行模糊衰减,而对高灰度区域进行模糊增强处理。本文选用的增强算子为:

$$p_{mn}^{(r)}=T_r(p_{mn})=T_1(T_{r-1}(p_{mn})) \quad (3)$$

其中:

$$T_1(p_{mn})=\begin{cases} 2(p_{mn})^2, & 0 < p_{mn} < p_c \\ 1-2(1-p_{mn})^2, & p_c \leq p_{mn} \leq 1 \end{cases} \quad (4)$$

并且根据下式进行逆变换:

$$x'_{mn}=G^{-1}(p_{mn})=\begin{cases} p_{mn}^{1/2} x_T, & x_{mn} \leq x_T \\ p_{mn}^{1/2} x_{\max}, & x_{mn} > x_T \end{cases} \quad (5)$$

式(5)实现从模糊域到空间域的转换,得到增强后的图像。

步骤 4 对增强后的空域图像进行平滑运算,滤除一定噪声以减小噪声对提取边缘的影响。本文采用的方法为平均法,经过平滑后第 (m,n) 像素的灰度级为:

$$x'_{mn}=\frac{1}{N} \sum_Q x_{ij}, (i,j) \neq (m,n), (i,j) \in Q \quad (6)$$

再进一步用门限法以减少产生的图像模糊。

步骤 5 对图像进行平滑处理后,再进一步对图像中间灰度区域进行模糊增强处理。首先利用 G 函数提取图像中间灰度区域的模糊特征,然后对特征平面进行如式(4)所示的 T_1 变换增强此区域对比度,最后对修改后的特征平面再运用 G^{-1} 变换就可以得到对比度增强的相继区域。通过这样的分区域处理,可以使图像增强后的高灰度和低灰度区域之间层次更清楚,对低灰度区域的大部分像素进行了衰减运算,对高灰度区域的大部分像素进行了增强运算,只有这样边缘检测质量才会得到根本的改善。

步骤 6 提取图像边缘。采用“max”和“min”相结合的运算对增强图像作边缘检测。图像的边缘定义如下:

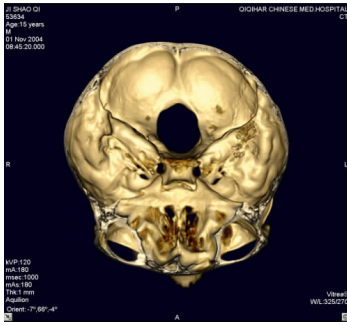


图1 原始图像



图2 LOG算法结果

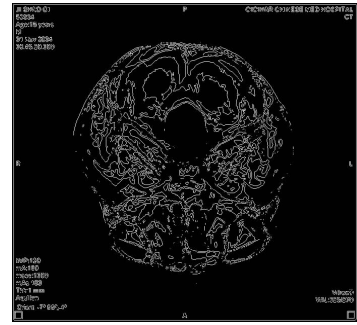


图3 Sobel算法结果

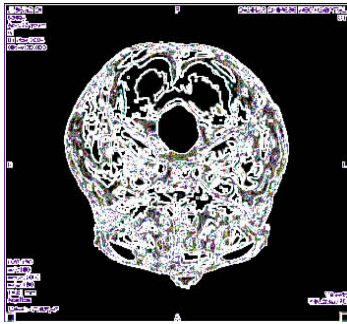


图4 Pal.King算法结果

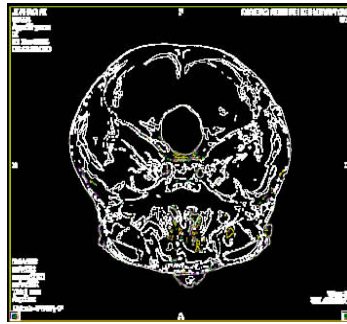


图5 隶属函数为P=I/MAX的改进算法



图6 本文改进算法结果

$$Edges = \bigcup_m \bigcup_n x'_{mn} \quad (7)$$

式中:

$$x'_{mn} = \left| \max_Q(x_{ij}) - \min_Q(x_{ij}) \right|, (i,j) \in Q \quad (8)$$

Q 可取以坐标 (m,n) 为中心的 3×3 的窗口。

4 仿真结果分析

针对本文提出的算法,本文用(删除)选用一个人脑CT图像进行了仿真实验,为了对比实验结果还用各种边缘检测方法进行了仿真,仿真结果如图2~图6所示。

由于医学图像的复杂性,边缘提取具有相当的难度,如图1所示,图像中间区域的灰度变化情况比较复杂,常用的边缘检测算子无法将其较好地检测出来。从实验结果中可以看出,图3 Sobel算法的检测效果最差,甚至出现边缘的损失。图2 LOG算法和图4 Pal.King算法虽然能将边缘检测出来但是出现了很多无用的边缘,这是由于人脑图像表面光线强度不均照成的,如图1中人脑顶部因光线原因产生的明亮区域边缘也被检测出来了,这不利于以后对图像作进一步处理与重建工作。图5与图6中的两种算法检测的效果较好,但是基于本文改进算法的结果从整体和细节上都优于图5检测效果。

这说明通过设定图像最佳阈值和分区模糊增强处理后再进行边缘检测能够更有效的体现图像边缘信息。

经过反复实验证明,通过设置合适的迭代次数 r 和 P_c 可以得到符合要求的检测图像,这里的 r 取2或3, P_c 取0.7以上均有较好的检测效果,对图像进行分区模糊增强时,经过多次尝试发现将图像按灰度值大致平均分成三个灰度区域进行分区模糊增强时增强的效果最好。

5 结论

针对Pal算法存在的问题,提出一种改进的算法,此算法通过选取最佳阈值定义一个新的隶属函数,再在模糊特征平面上分区域应用模糊增强算子提高不同区域对比度,最后提取边缘。仿真结果表明,经过这样分区模糊增强后图像区域之间的对比度大幅增强,层次更加清楚,最后检测出的边缘更加清晰。因此,本算法是一个适用于医学图像的新型高效实用的边缘检测算法。

参考文献:

- [1] 罗玉玲,唐贤英.基于阈值优化的图像模糊边缘检测算法[J].微计算机信息,2007,23(23):286-288.
- [2] Lee J,Haralick R M,Shapiro LG.Morphology edge detection[J].IEEE Trans R A,1987,3(4):142-156.
- [3] Song J,Delp J.The analysis of morphological filters with multiple structuring elements[J].Computer Vision Graphics and Image Processing,1990,50:308-328.
- [4] Mallat S,Hwang W L.Singularity detection and processing with wavelets[J].IEEE Trans on Information Theory,1992,38(2):679-681.
- [5] 高敬东.一种基于形态学多结构元素的图像边缘检测算法[J].工程图学学报,2005(2):106-109.
- [6] Pal S K,King R A.On edge detection of X-ray images using fuzzy sets[J].IEEE Trans Patt Analand Machine Intell,1983,5(1):69-77.
- [7] 马志峰,杨水超,赵保军,等.改进的快速图像模糊边缘检测算法[J].激光与红外,2005,35(4):300-302.
- [8] 刘金华,唐竞新.一种改进的模糊边缘检测快速算法[J].系统仿真学报,2003,15(2):273-274.
- [9] 王高平,王永骥.改进的多目标遗传算法在营养决策中应用[J].计算机工程与应用,2007,43(4):198-201.