

医学图像边缘检测算法的研究

李靖宇, 穆伟斌, 沈焕泉

(齐齐哈尔医学院 医学技术学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要: 边缘检测是医学图像处理中非常重要的一个环节, 通过对几种经典边缘检测算法的分析, 提出了一种基于 Canny 算子的改进算法。该算法以图像增强法代替原算法中的高斯滤波, 以去除图像中的计算噪声, 达到更好的边缘检测效果。仿真结果表明, 该算法边缘检测定位精度得到较大的提高。

关键词: 医学图像; 边缘检测; 算法

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)10-0039-03

Medical image edge detection algorithm

LI Jing Yu, MU Wei Bin, SHEN Huan Quan

(Dept. of Medical and Technology Institute, Qiqihar Medical University, Qiqihar 161006, China)

Abstract: Edge detection is a very important part in medical image processing. There is a algorithm which is based on canny operator by several classics analysis of edge detection algorithm. The algorithm instead of the original algorithm in the Gaussian filter by imaging enhancement method to used to remove the image in the calculation of noise, to achieve a better edge detection results, simulation results also show that the positioning accuracy of edge detection algorithm is to be greatly improved.

Key words: medical image; edge detection; algorithm

边缘检测就是要检测出图像中灰度变化的非连续性, 提取图像中不连续部分的特征, 根据闭合的边缘确定区域, 同时确定它们在图像中的精确位置。边缘检测是图像分析过程中非常基础的研究领域, 为后面的图像处理提供信息。边缘是位置的标志, 对灰度的变化不敏感, 因此边缘也是图像匹配的重要特征。边缘提取的好坏将直接影响后续处理的准确性和难易程度。由于自然景物和人类世界的复杂性, 以及各种噪声源的干扰, 图像大多非常复杂, 在这种情况下, 想要检测出实际的边缘轮廓十分困难^[1]。

1 边缘检测算法

边缘检测的实质是采用某种算法来提取图像中物体和背景间的交接线。图像灰度的变化情况可以用图像灰度分布的梯度来描述, 因此可以用局部图像微分来获得边缘检测算子, 其过程如图 1 所示。

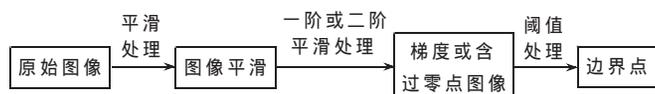


图 1 边缘检测算子流程图

从本质上讲, 边缘检测并不只是简单地进行梯度运算来决定像素是否为边缘点, 在决定一个像素是否为当前边缘点时, 需要考虑其他像素的影响; 它也不是简单的边界跟踪, 在寻找边缘点时, 需要根据当前像素及前面处理过的像素来进行判断, 它把边缘检测问题转换为检测函数极大值的问题。评价分割质量的好坏, 主要包含 3 个部分:

(1) 错误率低, 即要求即使将边缘像素漏掉, 也要尽可能少地将非边缘点误判为边缘点;

(2) 检测位置精度高, 即检测出的边缘点位于真正的边界上;

(3) 每个边缘点的响应是唯一的, 即得到的边缘宽度为单像素。

1.1 Roberts 算子

Roberts 提出利用局部差分算子寻找边缘, 在 2×2 邻域上计算对角导数

$$g(x,y) = \sqrt{[f(x,y) - f(x+1,y+1)]^2 + [f(x,y+1) - f(x+1,y)]^2} \quad (1)$$

$g(x,y)$ 又称为 Roberts 交叉算子。在实际应用中, 为了简化计算, 用梯度函数的 Roberts 绝对值来近似

图形、图像与多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

$$g(x,y)=|f(x,y)-f(x+1,y+1)|+|f(x,y+1)-f(x+1,y)| \quad (2)$$

或者用 Roberts 最大值算子来计算梯度函数

$$g(x,y)=\max(|f(x,y)-f(x+1,y+1)|,|f(x,y+1)-f(x+1,y)|) \quad (3)$$

Roberts 边缘检测算子对图像运算后,代入 Roberts 绝对值近似式,可求得图像的梯度幅度值 $g(x,y)$,然后选取适当门限 TH 并进行判断。若 $g(x,y)>TH$,则 (i,j) 为阶跃状边缘点, $\{g(i,j)\}$ 为一个二值图像,即为图像的边缘。

Roberts 算子采用对角线方向相邻两像素之差近似梯度幅值检测边缘。检测水平和垂直边缘的效果好于斜向边缘,定位精度高,对噪声敏感。

1.2 Sobel 算子

由于 Roberts 算子在计算方向差时对噪声敏感,Sobel 提出一种将方向差运算与局部平均相结合的方法,即 Sobel 算子。该算子是在以 $f(x,y)$ 为中心的 3×3 邻域上计算 x 和 y 方向的偏导数,即:

$$S_x=\{f(x+1,y-1)+2f(x+1,y)+f(x+1,y+1) \\ -\{f(x-1,y-1)+2f(x-1,y)+f(x-1,y+1)\} \quad (4)$$

$$S_y=\{f(x-1,y+1)+2f(x,y+1)+f(x+1,y+1) \\ -\{f(x-1,y-1)+2f(x,y-1)+f(x+1,y-1)\}$$

实际上,式(4)利用了 $f(x,y)$ 邻域图像强度的加权平均差值。其梯度大小为:

$$g(x,y)=\sqrt{S_x^2+S_y^2} \text{ 或 } g(x,y)=|S_x|+|S_y| \quad (5)$$

两个卷积算子对图像运算后,代入 $g(x,y)=|S_x|+|S_y|$,可求得图像的梯度值 $g(x,y)$,然后选取适当门限 TH 并进行判断。若 (i,j) 为阶跃状边缘点,则 $\{g(i,j)\}$ 为一个二值图像,即为图像的边缘。Sobel 算子利用像素上、下、左、右相邻点的灰度加权算法,根据在边缘点处达到极值进行边缘检测。

Sobel 算子对噪声具有平滑作用,提供较为精确的边缘方向信息,但边缘定位精度不够高。当对精度要求不是很高时,Sobel 算子是一种较为常用的边缘检测方法。

1.3 Prewitt 算子

Prewitt 提出了类似于计算偏微分估计值的方法:

$$P_x=\{f(x+1,y-1)+f(x+1,y)+f(x+1,y+1) \\ -\{f(x-1,y-1)+f(x-1,y)+f(x-1,y+1)\} \quad (6)$$

$$P_y=\{f(x-1,y+1)+f(x,y+1)+f(x+1,y+1) \\ -\{f(x-1,y-1)+f(x,y-1)+f(x+1,y-1)\}$$

其梯度大小为:

$$g(x,y)=\sqrt{P_x^2+P_y^2} \text{ 或 } g(x,y)=|P_x|+|P_y| \quad (7)$$

当用两个掩模板组成边缘检测器时,一种方法是取较大的幅度作为输出值,这使得它们对边缘的走向敏感,取其平方和的开方可以获得性能更一致的全方位响应,更接近真实的梯度值;另一种方法是将 Prewitt 算子扩展到 8 个方向,即边缘算子模板,这些算子模板由理想的边缘子图像构成,依次用边缘模板去检测图像,由与被检测区域最为相似的模板给出最大值,用这个最大

值作为算子的输出值 $P(i,j)$,就可将边缘像素检测出来^[2-4]。

Prewitt 算子利用像素点上、下、左、右邻点灰度差,在边缘处达到极值检测边缘。Prewitt 算子对噪声具有平滑作用,定位精度不够高。

2 Canny 算子及改进的 Canny 算子

2.1 Canny 算子

Canny 边缘检测算子是一阶算子,其实质是用一个准高斯函数作平滑运算,然后以带方向的一阶微分算子定位导数最大值,它可用高斯函数的梯度来近似,在理论上它很接近 4 个指数函数的线性组合形成的最佳边缘算子。算法实现主要包括图像滤波、计算图像梯度、抑制梯度非最大点、搜索边界的起点、跟踪边界,具体描述如下:

(1)用 3×3 高斯滤波器对图像滤波,以去除图像中的噪声。

(2)对每个像素计算其梯度的大小 N 和方向 θ 。为此要使以下 2×2 大小的模板作为对 x 和 y 方向偏微分的一阶近似:

$$p=\frac{1}{2} \times \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}, q=\frac{1}{2} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

由此得到梯度的大小 N 和方向 θ

$$N=\text{sprt}(p \times p+q \times q) \quad (9)$$

$$\theta=\arctan(q/p)$$

(3)对梯度进行“非极大抑制”,梯度的方向可以被定义为属于 4 个区域之一(水平、 45° 、竖直、 135°),各个区域有不同的邻近像素用来进行比较,以决定局部极大值。例如,如果中心像素 x 的梯度方向属于第 3 区,则把 x 的梯度值与其左上和右下相邻像素的梯度值进行比较,看 x 的梯度值是否是局部极大值,如果不是,就把像素 x 的灰度设为 0。这个过程叫作“非极大抑制”。

(4)用双阈值算法检测和连接边缘,使用累积直方图计算两个阈值,大于高阈值的为边缘,小于低阈值则不是边缘;如果检测结果在两者之间,则要看这个像素的邻接像素中有没有超过高阈值的边缘像素,如果有它就是边缘,否则就不是边缘^[5]。

2.2 改进的 Canny 算子

Canny 边缘检测首先要对图像进行滤波,以消除噪声的影响。传统的 Canny 边缘检测采用的是高斯平滑,用于去除图像中的计算噪声,这种去噪方法虽然对抑制高斯噪声效果较好,但对脉冲噪声等的去除并不理想。根据医学图像的特点,本文采用如图 2 所示的图像增强算法,该算法能够很好地消除噪声对图像的影响。改进的 Canny 边缘检测使用图像增强算法进行滤波,以代替高斯滤波。

在算法上对传统的 Canny 算子的梯度运算时不仅考虑水平和垂直分量的影响,还考虑了 45° 和 135° 方向的影响,并对不同方向给予不同的权值。 $\mu(x,y)$ 代表 (x,y) 点的像素值,其梯度为:

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 45

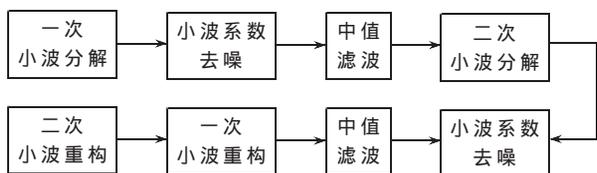


图2 图像增强算法

$$\nabla \mu(x,y) = \frac{\partial \mu}{\partial x} i + \frac{\partial \mu}{\partial y} j \quad (10)$$

梯度是最大方向导数,其几何意义是数据场中等位线的法线方向。对图像求梯度后得到的向量场含有物体边缘的重要信息。 i 点梯度大小的运算可用模板表示,如式(11)所示。

$$\begin{vmatrix} a & b & c \\ h & i & d \\ g & f & e \end{vmatrix} \quad (11)$$

其中 $a \sim h$ 为图像中 i 点周围的 8 邻域点。则对图像梯度运算时,梯度的水平分量可表示为:

$$\frac{\partial \mu}{\partial x} = \omega_a(c-g) + \omega_b(e-a) + \omega_c(d-h) \quad (12)$$

梯度的垂直分量表示为:

$$\frac{\partial \mu}{\partial y} = \omega_a(c-g) + \omega_b(a-e) + \omega_c(b-f) \quad (13)$$

其中 ω_a 为对角分量权值, ω_b 为直角分量权值。

通过计算梯度的幅值和方向,对梯度幅值进行非极大值抑制,再使用双阈值算法跟踪检测和连接边缘就可以得到改进的 Canny 边缘检测结果。

3 仿真实验

分别采用 Sobel 算子、Roberts 算子、Powitt 算子、Canny 算子和改进的 Canny 算子对原始图像进行边缘检测,结果如图 3 所示。由于医学图像的复杂性,边缘提取具有相当的难度,图像中间区域的灰度变化情况比较复杂,

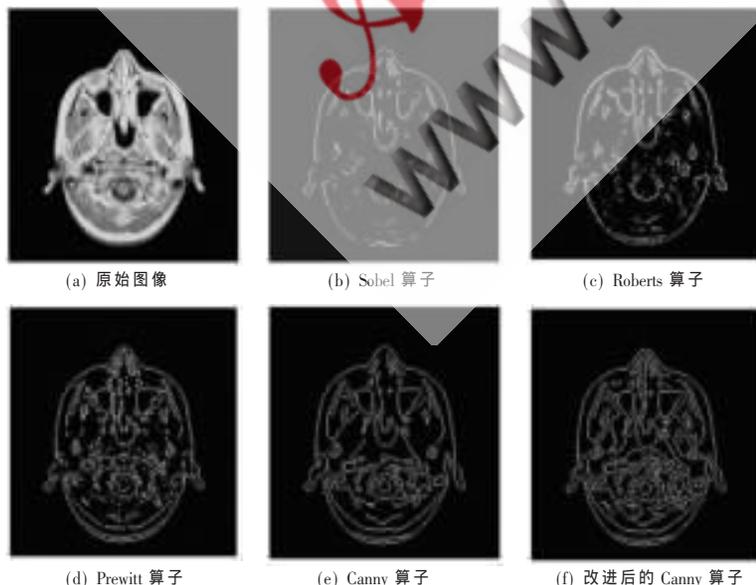


图3 仿真实验结果

常用的边缘检测算子无法将其较好地检测出来。从实验结果可以看出, Sobel 算子检测的图像边缘定位精度不够高,在灰度变化平缓的地方失效,导致有相当一部分边缘没有检测出来,而且检测出来的边缘连续性不好,出现了较多的孤立点; Roberts 算子对斜向边缘的检测效果明显不够精确; Prewitt 算子依据边缘样板检测图像,检测精度不够高; Canny 算子和改进的 Canny 算子检测的效果较好,但利用改进 Canny 算法提取的边缘检测结果更为完整、平滑、清晰,从整体和细节上都优于 Canny 算子检测效果。

传统的 Canny 边缘检测采用的是高斯平滑去除噪声的方法,但对脉冲噪声等的去除并不理想。结合医学图像的特点,本文采用图像增强算法代替高斯滤波消除噪声的影响,改进的 Canny 边缘检测使用此方法进行滤波。与传统的 Canny 边缘检测方法相比较,改进的 Canny 算子边缘检测定位精度得到较大的提高,边缘连接更加完整,伪边界显著减少,有效地检测出了图像的真实边缘,是一种实用的边缘检测方法。

参考文献

- [1] 杨蓓姝,黄昶,范毅君. 用多结构元素实现医学图像边缘检测[J]. 光电工程, 2008, 35(3): 112-116.
- [2] 朱士虎,朱红,何培忠. 基于小波变换及融合技术的图像边缘提取[J]. 徐州师范大学学报(自然科学版), 2007, 25(3): 48-51.
- [3] LU Xue Song, ZHANG Su, SU He, et al. Non-rigid medical image registration with joint histogram estimation based on mutual information[J]. Transactions of Tianjin University, 2007, 13(6): 452-455.
- [4] 程丹松,黄建华,于志国,等. 基于模糊理论的医学图像增强方法[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2007, 39(3): 435-437.
- [5] 韩利华,黎蔚,陈家新. 一种医学图像的边缘检测算法[J]. 计算机应用与软件, 2009, 26(3): 44-46.

(收稿日期: 2010-02-10)

作者简介:

李靖宇,男,1976年生,硕士,讲师,主要研究方向:数字图像处理。

穆伟斌,男,1981年生,硕士,讲师,主要研究方向:数字图像处理。

沈焕泉,男,1980年生,学士,助教。主要研究方向:影像工程。