

基于改进SUSAN算法的医学图像边缘检测*

王敏¹, 龚晓峰¹, 曾军²

Medical image edge detection based on the improved SUSAN algorithm

Wang Min¹, Gong Xiao-feng¹, Zeng Jun²

Abstract

BACKGROUND: Medical image edge detection is an important technology of medical image process, which is also the foundation of the deeper medical image process.

OBJECTIVE: To use improved SUSAN algorithm to detect the medical image edge, so that richer medical image edge will be get and which is benefit for the deeper process of medical images.

METHODS: Sobel operator was used to improve the SUSAN algorithm and the C++ programming language was adopted. The improved algorithm was realized based on the VC++6.0 development platform.

RESULTS AND CONCLUSION: Experimental results showed that our algorithm could realize the threshold adaptive selection and had a better detection result in low contrast image edge of medical images.

Wang M, Gong XF, Zeng J. Medical image edge detection based on the improved SUSAN algorithm. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2012;16(22): 4109-4111. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 医学图像的边缘检测是医学图像处理中的一项重要技术,也是医学图像进一步处理的基础。

目的: 运用改进的 SUSAN 算法对医学图像进行边缘检测,取得更丰富的医学图像边缘信息,以便于医学图像的进一步处理。

方法: 运用 Sobel 算子对 SUSAN 算法进行了改进,采用 C++ 语言编程,并在 VC++6.0 开发平台上实现了改进算法。

结果与结论: 实验结果表明,该算法能实现阈值的自适应选取,对医学图像中的低对比度的图像边缘有较好的检测效果。

关键词: 医学图像边缘检测; SUSAN 算法; Sobel 算子; 阈值自适应; 梯度模
doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2012.22.028

王敏, 龚晓峰, 曾军. 基于改进 SUSAN 算法的医学图像边缘检测[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(22):4109-4111. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

¹Department of Automation, Electrical and Information Engineering of Sichuan University, Chengdu 610065, Sichuan Province, China; ²China North Industries Group 209 Research Institute, Chengdu 610041, Sichuan Province, China

Wang Min, Studying for master's degree, Department of Automation, Electrical and Information Engineering of Sichuan University, Chengdu 610065, Sichuan Province, China wangmin6727@126.com

Corresponding author: Gong Xiao-feng, Master's supervisor, Professor, Department of Automation, Electrical and Information Engineering of Sichuan University, Chengdu 610065, Sichuan Province, China gongxiaofeng@cdhuari.com

Received: 2011-10-05 Accepted: 2011-11-17

0 引言

图像的边缘检测是医学图像处理和关键的分析技术,其在临床诊断、病理分析以及医学图像的三维重建中起着很重要的作用^[1-2],图像的边特征能为图像识别提供有用的信息。目前,国内外已经提出了很多边缘特征的检测算法,新的检测方法正朝着更好的检测效果,更简单的运算处理这两方面发展^[3]。SUSAN算法在边缘特征检测算法中,能较好的满足以上两个条件。SUSAN算法是由英国牛津大学Smith等^[4]提出的一种灰度图像处理方法,其优点是运算简单,有比较好的抗噪性能。

在运用SUSAN算法检测图像的边缘时,该算法用一个包含37个像素的近似圆形的模板对图像进行扫描。在模板覆盖的区域内,计算出与模板中心位置像素具有相近灰度值的像素个数,以此作为边缘检测的依据。用来衡量与中心像素点灰度值近似程度的阈值需要人工输入,因此对不同对比度的图像要求输入不同的

阈值。在该算法中,当模板在灰度分布相对均匀的位置和不均匀的位置都采用的是相同的阈值,显然会影响到图像的边缘检测效果。为此,本文提出了一种能自适应的计算阈值的改进的SUSAN算法。

1 SUSAN算法

SUSAN算法直接利用图像像素灰度进行角点检测,该算法探测算子的基本原理:与图像每一像素点相关的局部区域具有相同亮度^[5]。

圆形模板内的每一个像素点都与中心像素点做比较,可以定义一个与模板中心像素点具有相同或相似亮度的区域,该区域叫做核值相似区(Univalued Segment Assimilating Nucleus, USAN)。该区域包含了图像结构的最重要的信息。从图1可以看出,当模板位于平坦的区域时,USAN区最大,在边缘处时,USAN区下降为一半,而在角点附近时,USAN区会变得更小。这就是SUSAN算法的原理,即USAN区在边缘、角点处最小。

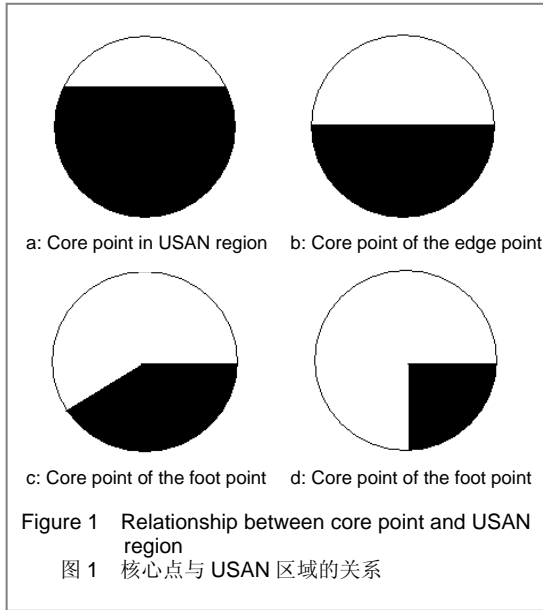
¹ 四川大学电气信息学院自动化系, 四川省成都市 610065; ² 中国兵器工业集团第 209 研究所, 四川省成都市 610041

王敏★, 女, 1987 年出生, 四川省泸州市人, 汉族, 四川大学在读硕士, 主要从事控制工程和信号、图像处理方面的研究。
wangmin6727@126.com

通讯作者: 龚晓峰, 硕士生导师, 教授, 四川大学自动化系, 四川省成都市 610065
gongxiaofeng@cdhuari.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225
(2012)22-04109-03

收稿日期: 2011-10-05
修回日期: 2011-11-17
(20110905026/D·G)



在 SUSAN 算法的模板内, 需要比较核心像素点与其他像素的点的灰度值, 衡量核心像素点与其它像素点的相似程度的公式如下:

$$c(\vec{r}, \vec{r}_0) = \begin{cases} 1 & \text{当 } |I(\vec{r}) - I(\vec{r}_0)| \leq t \text{ 时} \\ 0 & \text{当 } |I(\vec{r}) - I(\vec{r}_0)| > t \text{ 时} \end{cases} \quad (1)$$

式中 \vec{r}_0 为核心像素点的位置, \vec{r} 是模板内其它像素点的位置, $I(\vec{r}_0)$ 是核心点的灰度值, $I(\vec{r})$ 是其它像素点的灰度值。t 是衡量其它像素点与核心像素点相似程度的阈值。模板内的点与核心点的灰度比较结果为:

$$n(\vec{r}_0) = \sum_{\vec{r}} c(\vec{r}, \vec{r}_0) \quad (2)$$

其中 n 是落在 USAN 区域的像素点的个数。将 n 与一个固定的阈值 g 作比较, 在边缘检测中, n 一般设定为 $3n_{\max}/4$, 最后的边缘响应由下式给出:

$$R(\vec{r}_0) = \begin{cases} g - n(\vec{r}_0) & \text{如果 } n(\vec{r}_0) < g \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (3)$$

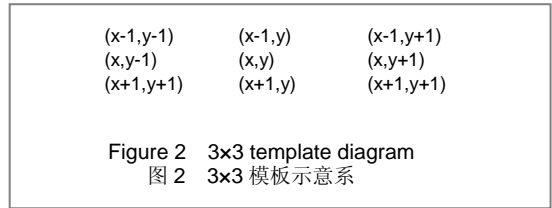
根据以上原则, 扫描图像的像素点, 检测出图像的边缘。

2 sobel算子

对于一幅数字图像, 用 (x, y) 表示像素点的位置, f(x, y) 表示对应点的灰度值, 其梯度可以定义为:

$$\nabla f(x, y) = [G_x, G_y]^T = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right]^T \quad (4)$$

数字图像采用一阶差分来实现梯度运算, 常用一个 N×N 的模板 (如图 2 所示) 配合图像的卷积完成梯度计算。



Sobel 算子是边缘检测中最常用的算子之一, 其基本原理是: 由于图像边缘附近的亮度变化比较大, 所以可以把那些在领域内灰度超过某个值的像素点当作边缘^[6]。sobel 算子计算图像在点 (x, y) 的梯度:

$$G_x = [f(x-1, y-1) + 2f(x-1, y) + f(x-1, y+1)] - [f(x+1, y-1) + 2f(x+1, y) + f(x+1, y+1)] \quad (5)$$

$$G_y = [f(x-1, y-1) + 2f(x, y-1) + f(x+1, y-1)] - [f(x-1, y+1) + 2f(x, y+1) + f(x+1, y+1)] \quad (6)$$

3 改进的 SUSAN 算法

SUSAN 算法在执行的过程中, 模板在图像上滑动。如果设置一个固定阈值 t, 模板在图像不同的位置处, 都采用的是相同的阈值。在图像不同的位置, 模板的灰度值分布情况不同, 若都采用相同的阈值, 会使边缘检测的效果受到影响。基于此, 文中提出了一种基于 sobel 算子的改进的 SUSAN 算法。通常图像中大多数服从高斯分布的噪声的梯度模一般不会很大, 而在边缘附近的像素点却有较大的梯度模^[7]。梯度模 $G[f(x, y)]$ 可由下式表示:

$$G[f(x, y)] = |G_x| + |G_y| \quad (7)$$

其中 G_x 和 G_y 分别由 (5) 式和 (6) 式给出。根据梯度模的定义, 可以看出其与确定相似程度的阈值 t 在物理意义上是一致的。于是, 在每个模板内求出梯度模值最大的像素点, 以此点作为模板覆盖区域的像素点的阈值。此阈值将模板内的像素点分为两类, 一类与核心点灰度值相似, 另一类则反之。衡量与模板内核心点的灰度值相似的式子变为:

$$c(\vec{r}, \vec{r}_0) = \begin{cases} 1 & \text{当 } (I(\vec{r}) - I(\vec{r}_1)) \times (I(\vec{r}_0) - I(\vec{r}_1)) \geq 0 \\ 0 & \text{当 } (I(\vec{r}) - I(\vec{r}_1)) \times (I(\vec{r}_0) - I(\vec{r}_1)) < 0 \end{cases} \quad (8)$$

式中 $I(\vec{r}_0)$ 为梯度模最大的点的像素值。

4 实验结果分析

本文运用的是 5×5 模板的SUSAN算法, 基于VC++6.0开发平台, 采用C++编程语言, 针对本文算法, 对图3所示的图片进行处理。图4~6是利用SUSAN算法并分别取阈值为15, 25, 35时的结果。图7是利用本文算法得到的结果。通过比较可以看出, 利用SUSAN算法不能检测出对比度相对较低的边缘轮廓, 随着阈值的增大, 边缘检测的效果越差。这是因为当模板扫描到不同的位置时, 分割的阈值都相同, 实际上模板在不同的位置, 模板内像素点的灰度分布情况是不同的, 如果整个图片都采用统一的分割阈值, 就会导致有的边缘检测不出来的情况。本文的算法能使模板在不同的位置都能自适应的选取一个阈值, 能检测出对比度相对较低的边缘, 更能完整的检测出图像的边缘。

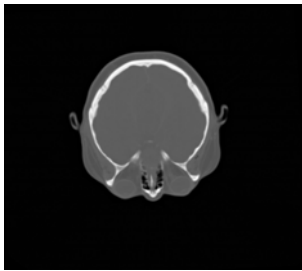


Figure 3 Original drawing
图3 原图

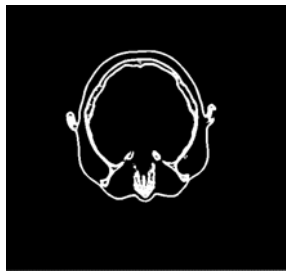


Figure 4 SUSAN algorithm threshold was 15
图4 SUSAN 算法阈值为 15

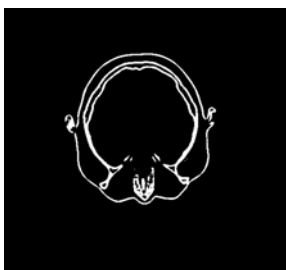


Figure 5 SUSAN algorithm threshold was 25
图5 SUSAN 算法阈值为 25



Figure 6 SUSAN algorithm threshold was 35
图6 SUSAN 算法阈值为 35

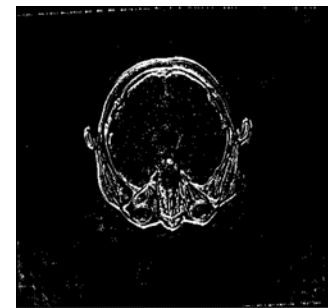


Figure 7 Proposed algorithm
图7 本文算法

5 总结与展望

本文介绍了SUSAN算法, 并提出了一种基于sobel算子改进的SUASAN算法, 该算法能自适应地选取阈值, 能检测出灰度对比度相对较低的边缘。能较好的运用于医学图像的边缘检测, 有助于医学图像的进一步处理。

6 参考文献

- [1] Zhang GY, Zhang XJ. Yixue Xinxi. 2011;24(1):533-535. 张贵英, 张先杰. 医学图像分割技术研究[J]. 医学信息, 2011, 24(1): 533-535.
- [2] Li J, Zhu SA. Shengwu Yixue Gongchengxue Zazhi. 2006;23(4): 891-894. 李璟, 朱善安. 医学图像分割技术[J]. 生物医学工程学杂志, 2006, 23(4): 891-894.
- [3] Rezai-Rad G, Aghababae M. Comparison of SUSAN and sobel edge detection in MRI images for feature extraction. IEEE Information and Communication Technologies. 2006, 1:1103-1107.
- [4] Smith SM, Brady M. SUSAN: a new approach to low level image processing. International Journal of Computer Vision. 1997; 23(1): 45-78.
- [5] Ma GZ, Fang ZL, Yao ZZ. Xiandai Dianzi Jishu. 2007;30(8): 189-191. 马桂珍, 房宗良, 姚宗中. SUSAN边缘检测算法性能分析与比较[J]. 现代电子技术, 2007, 30(8): 189-191.
- [6] Li YJ, Yang H. Guangdian Jishu Yingyong. 2009;24(4):64-66. 李颖杰, 杨华. 基于改进的SUSAN算法的红外图像边缘增强方法[J]. 光电技术应用, 2009, 24(4): 64-66.
- [7] Lu HW, Yu QF. Yingyong Guangxue. 2000;21(1):32-37. 陆宏伟, 于起峰. 最小核值相似区低层次图像处理算法的改进及应用[J]. 应用光学, 2000, 21(1): 32-37.