

SUSAN 边缘检测算法的设计与研究

李成, 彭良玉

(湖南师范大学 物理与信息科学学院, 湖南 长沙 410081)

摘要: 提出了一种完全不涉及梯度运算、只基于周边像素灰度比较的 SUSAN 边缘检测算法。主要介绍了 SUSAN 算法的原理, 并用 MATLAB 编程实现了该算法。在对噪声图像的边缘检测中, 与其他传统经典检测算子进行比较, 结果表明, 该算法较传统的边缘检测算法更具优势, 能够有效提高边缘定位精度, 降低漏检率, 使边缘更细致、光滑。

关键词: 图像; 边缘检测; SUSAN 算法

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)05-0037-03

Design and research of SUSAN edge detecting algorithm

Li Cheng, Peng Liangyu

(College of Physics and Information Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract: The paper proposes the SUSAN edge detection algorithm, which is not involved in gradient operation at all, only based on compared neighboring pixel grayscale. It mainly introduces the principle of the operator and realizes this SUSAN edge detector algorithm by using MATLAB. Finally, compared with other traditional detection operators in the process of testing images, the result shows that the effect of SUSAN edge detector to image containing noise is excellent than traditional edge detection method. It can effectively improve the accuracy and reduce the missing rate, and make the edge more detailed and continuous.

Key words: image; edge detection; SUSAN algorithm

边缘特征是图像的重要特征之一, 图像分割、图像融合、模式识别等很多方面都用到了图像的边缘特征。所谓边缘是指其周围像素灰度急剧变化的那些像素的集合, 它是图像最基本的特征。边缘检测就是检测图像局部特征值(如灰度)不连续或变化较为剧烈的像素点。传统的边缘检测算子(如 Sobel 算子、Prewitt 算子、Roberts 算子、Kirsch 算子和 Log 算子等)都是以原始图像为基础, 对图像各个像素考察其某个领域内灰度阶跃变化, 利用边缘邻近一阶或二阶方向导数变化规律来检测边缘^[1]。由于这些算法都涉及关于梯度的运算, 因此都存在对噪声比较敏感、计算量大等缺点。经过研究和探索发现, SUSAN 算法是一种只基于对周边像素的灰度比较, 完全不涉及梯度的运算^[2], 因此其抗噪声能力很强、运算量也比较小, 广泛应用于多类图像的边缘检测中。

1 SUSAN 算子原理

SUSAN 是最小吸收核同值区的缩写, 是英国牛津大学学者 SMITH S M 和 BRADY J M 提出的一种基于灰

度的特征点获取方法^[3], 它简单而有效, 适用于图像中边缘和角点的检测, 可以去除图像中的部分噪声。该算法提出使用一种近似圆形的模板在图像上移动, 遍历整个图像, 然后再把模板内部每个图像素点的灰度值都与模板中心像素的灰度值进行比较。如果它们的差值小于某个阈值, 则认为该点与核具有相同的灰度, 满足该条件的所有像素组成的区域统称为核值相似区(USAN)。当圆形模板在图像中移动时, USAN 区域面积也会相应地变化, 如图 1 所示。当圆形模板完全处在图像或背景中时, USAN 区域面积最大(如 a 和 b); 当模板移向图像边缘时, USAN 区域逐渐变小(如 c); 当模板中心处于边缘时, USAN 区域很小(如 d); 当模板中心处于角点时, USAN 区域最小(如 e)。可以看出, 在边缘处像素的 USAN 值都小于或等于其最大值的一半^[4], 因此, 计算图像中每一个像素的 USAN 值, 通过设定一个 USAN 阈值, 查找小于阈值的像素点, 即可确定为边缘点, 这就是 SUSAN 算法的思想。

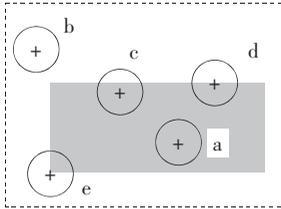


图1 SUSAN 特征检测原理

2 SUSAN 边缘检测算法

2.1 算法描述

该算法用一个模板对图像中的所有像素点进行局部的运算操作,并得到相应的边缘响应^[5],这个响应就作为输出得到图像的边缘。实现模板是一种圆形模板,能覆盖 37 个像素点,半径是 3.4 个像素。

首先把模板置于每个像素点上,并对模板所覆盖的像素点依次与模板中心所对应的像素点(称为核)进行比较,比较方法为:

$$c(r, r_0) = \begin{cases} 1, & |I(r) - I(r_0)| \leq t \\ 0, & |I(r) - I(r_0)| > t \end{cases} \quad (1)$$

其中, r_0 是核的像素点, r 是模板中其他的像素点, $I(r)$ 是 r 点的灰度值, t 是灰度差的阈值, c 是比较结果。为了更为精确地检测边缘,采用一种更稳定、更有效的相似比较函数:

$$c(r, r_0) = \exp\left(-\left(\frac{I(r) - I(r_0)}{t}\right)^6\right) \quad (2)$$

其中, $I(r_0)$ 为模板覆盖区域核心 r_0 的灰度值, $I(r)$ 为模板覆盖区域中其他像素 r 的灰度值, t 为灰度差别阈值, c 为比较函数。理论、实验均证明指数取 6 时,错误的否定与错误的肯定概率最小。

对模板下的每个像素点进行上述运算后,总的 n 计算如下:

$$n(r_0) = \sum_{r \neq r_0} c(r, r_0) \quad (3)$$

其中, n 是 USAN 的像素数目,即 USAN 区域。

然后, n 与预先取定的几何中心 g 进行比较, $g = \frac{3}{4} n_{\max}$, 其中 n_{\max} 是 n 可以取得的最大值。这样,初始边缘响应 $R(r_0)$ 可用如下规则得到:

$$R(r_0) = \begin{cases} g - n(r_0), & n(r_0) < g \\ 0, & n(r_0) \geq g \end{cases} \quad (4)$$

从式(4)可以看出,USAN 区域越小,边缘响应就越大^[6]。

2.2 阈值 g 、 t 的确定

阈值 g 决定了边缘点的 USAN 区域的最大值^[7],即只要图像中的像素的 USAN 值小于 g ,则该点就被判定为边缘点。 g 过大时,可能会把附近的其它边缘点像素作为边缘点提取出来;过小,则会漏检部分边缘点。经过实验验证,取 $g = \frac{3}{4} n_{\max}$, 可以相对较完整地提取出

边缘点。

灰度差阈 t 决定 SUSAN 算子所能检测到的最小的对比度以及去除噪声点的能力。阈值 t 是区分特征目标与背景的一个重要阈值,其表示的是所能检测特征点的最小对比度,它主要决定了能够提取的特征数量, t 越小,则可从对比度越低的图像中提取特征,且提取的特征也越多。因此对于不同对比度和噪声情况的图像^[8],应取不同的 t 值。实际上可以根据图像中目标与背景的对比程度来确定 t 的取值。

3 实验结果与分析

3.1 客观分析

本文采用的评价指标为均方误差 (MSE) 和峰值信噪比 (PSNR)。

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f(i, j) - \hat{f}(i, j))^2 \quad (5)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (6)$$

其中, $f(i, j)$ 和 $\hat{f}(i, j)$ 分别定义为原图像灰度值和利用算子进行边缘提取后的图像灰度值, $M \times N$ 为图像的大小。表 1 为测算的数据结果。

表 1 测算数据结果

评价指标	Sobel	Robert	Prewitt	SUSAN
MSE	61 658	61 666	61 662	60 893
PSNR	0.230 9	0.230 4	0.230 7	0.285 1

从定量的角度分析,PSNR 越大,提取的边缘质量越高;MSE 越小,提取的边缘效果越好。从表 1 可以看出,3 种传统边缘检测算子的 PSNR 值均比 SUSAN 算子的 PSNR 值小,MSE 值均比 SUSAN 算子 MSE 值大,可以得出结论,SUSAN 算子精度高于这 3 种传统边缘检测算子精度。

3.2 主观分析

采用 MATLAB 编程,分别用 SUSAN 算法和传统的 Sobel 算子、Robert 算子、Prewitt 算子对图 2 中的两幅灰度测试图像进行边缘检测。其中,图 2(a)是原始测试图像,图 2(b)是加入椒盐噪声(密度为 0.005)的测试图像。图 3 和图 4 分别是对图 2 中两幅图像进行边缘检测的结果。

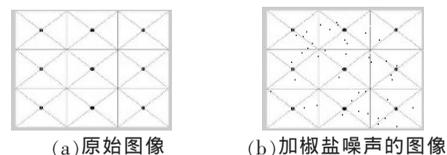


图 2 原始图像和加椒盐噪声的图像

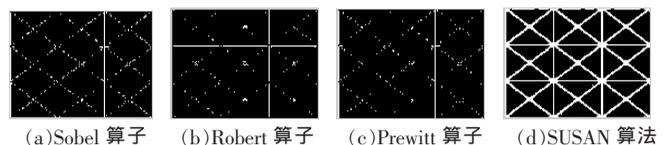
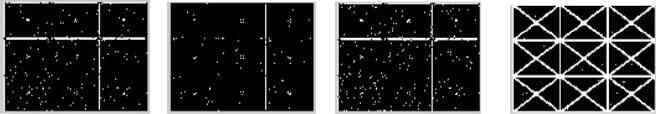


图 3 原始测试图像的边缘检测结果



(a)Sobel 算子 (b)Robert 算子 (c)Prewitt 算子 (d)SUSAN 算法
图 4 加椒盐噪声后的边缘检测结果

对比图 3 和图 4 的边缘检测结果可以看出, SUSAN 算法的边缘检测效果最好, 检测出的边缘细腻而光滑, 连续性好, 定位较高, 对加入噪声的图像检测也有很好的效果。而 Sobel 算子、Robert 算子、Prewitt 算子检测的边缘连续性不好, 漏检率相对较高, 而且对噪声图像的检测效果不好, 很多边缘检测不出来。

SUSAN 边缘检测算法不计算梯度而直接利用图像灰度相似性的比较, 具有算法简单、定位准确、抗噪声能力强等特点, 非常适合于低对比度灰度图像或含噪图像的边缘检测。

参考文献

- [1] GONZALEZ R C, WOODS R E. 数字图像处理[M]. 阮秋琦, 阮宇智, 译. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [2] 孙即祥. 图像分析[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [3] 陈彦燕, 王元庆. 常用边缘检测算法的定量比较[J]. 计算

机工程, 2008, 34(17): 202-204.

- [4] SMITH S M, BRADY J M. SUSAN—a new approach to low level image processing [J]. Journal of Computer Vision, 1997, 23(1): 45-78 .
- [5] 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(8): 189-191.
- [6] 翁木云, 何明一. 图像综合特征及其在图像检测与匹配中的应用[J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(1): 121-126.
- [7] 张坤华, 王敬儒, 张启衡. 多特征复合的角点提取算法[J]. 中国图象图形学报, 2002(4): 124.
- [8] 陈志方, 张艳宁, 杨将林, 等. 一种改进的 SUSAN 算法[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(11): 142-144.

(收稿日期: 2013-10-15)

作者简介:

李成, 男, 1987 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 数字图像处理。

彭良玉, 女, 1965 年生, 博士, 博士后, 教授, 研究生导师, 主要研究方向: 信号处理和有源滤波器设计。

