

一种改进的图像边缘检测算法

崔建军¹, 詹世富², 郑雄伟², 顾俊凯¹

(1 长安大学 地质工程与测绘学院, 陕西 西安 710054; 2 中国国土资源航空物探遥感中心 北京 100083)

摘要: 对传统的微分边缘检测算法的缺陷进行分析和评价, 并针对微分边缘检测算法的缺陷, 提出了一种改进的边缘检测算法。新算法摒弃了传统边缘检测算法中将每个像素单独进行考虑的模式, 而是将待检测像素及其相邻的像素作为一个整体来考虑, 通过将待检测像素为中心的某个领域进行整体计算, 得出能够反映这个领域性质的某些参数, 并以此作为边缘检测的判据, 进行检测。此算法充分考虑到中心像素与周围像素之间的关系, 从而增加了梯度运算的可靠性。实验表明: 新算法能够检测到更细的边缘, 并且在椒盐噪声的情况下要优于常用的微分边缘检测算法。

关键词: 边缘检测; 微分算子; 算法; 改进

中图分类号: P23 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2008)03-0323-03

An Improved Edge Detection Algorithm

CUI Jian-jun¹, ZHAN Shi-fu², ZHENG Xiong-wei², GU Jun-kai¹

(1 School of Geological Engineering and Surveying, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2 China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China)

Abstract The defects of conventional gradient edge detection are analyzed and evaluated. In order to avoid the defects of gradient operators, this paper proposes a new edge detection method. The new algorithm alters the traditional method of considering one pixel separately by considering the neighborhood of one image pixel as a whole part. Some special parameters of the area can be presented through calculating the pixel and its neighborhood. The edge detection is based on those parameters. The new algorithm thoroughly considers the neighborhood of one image pixel and improves the stability of the gradient results by introducing the value of the neighborhood to the gradient. The edge detection results of test image show that the new method can detect thinner edges and is more reliable under salt and pepper noisy condition.

Key words: edge detection; differential operator; algorithm; improving

0 引言

根据 Marr^[1-2] 视觉理论, 人眼对物体的辨识首先要得到它的轮廓, 而计算机视觉系统模仿人的视觉识别目标图像首先要得到表征目标图像轮廓的要素图, 图像中目标边缘轮廓是视觉感知的重要线索, 因此提取目标的边缘特征对于目标的描述和识别或者目标的解释都是很重要的^[3]。边缘检测是图像处理和模式识别中的一个重要环节。一些常

用的微分边缘检测算法, 如 Robert、Sobel、Haralick 等算子, 都是在图像像素处进行某种形式的梯度运算, 并将所得的边缘梯度与一阈值进行比较。如果边缘梯度超过了阈值, 则该边缘就被设定为当前边缘^[4-5]。通常这些算法都能取得较好效果, 但是, 这些算法的抗噪性能较差, 而且检测出来的边缘较粗, 对后续的图像处理不利。笔者提出了一种改进图像边缘检测算法, 实验表明, 改进的算法能够检测出更细的边缘, 而且在椒盐噪声的情况下, 效果

收稿日期: 2008-03-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(40672173)

作者简介: 崔建军(1974-), 男, 山东烟台人, 讲师, 理学博士研究生, 从事 GIS、激光雷达等研究。E-mail: stonecui@chd.edu.cn

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

也要优于常用的微分边缘检测算法。

1 传统微分边缘检测算法

假设连续图像为 $f(x, y)$, 图像函数 $f(x, y)$ 在 (x, y) 处的梯度是一个具有方向和大小的梯度矢量, 即

$$f(x, y) = \frac{\partial f}{\partial x}i + \frac{\partial f}{\partial y}j \quad (1)$$

式中: i, j 分别为 x, y 方向的单位矢量。基于梯度的算子都是建立在这一基础上的。绝大部分梯度算子把 (x, y) 处的边缘梯度幅度和方向定义为

$$\text{grad}[f(x, y)] = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

$$\theta_{\max} = \arctan \left[\frac{\partial f}{\partial y} \middle/ \frac{\partial f}{\partial x} \right] \quad (3)$$

它们分别求出灰度和方向上的变化率, 但是要对每一个像素进行以上运算, 运算量较大。所以在实际中采用小型模板, 利用卷积来做近似计算, 对 x, y 方向分边使用一个模板。例如 Sobel 算子, 就是利用

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

这 2 个模板作卷积, 前 1 个对垂直边缘的影响最大, 第 2 个对水平边缘的影响最大。两个卷积的最大值作为该点的输出, 运算结果是一幅边缘幅度图像。传统微分边缘检测算法对噪声具有平滑作用, 可以提供较为精确的边缘信息, 但它同时也会检测出许多伪边缘, 边缘定位不准且精度不高。当对精度要求不高时, 是一种较为常用的边缘检测方法。

2 改进的梯度边缘检测算法

微分边缘检测算子用差分运算代替微分运算。由于差分运算仅考虑图像的灰度差值, 信息量较单一, 有可能导致检测结果不理想。但是如果考虑以这个像素点为中心的一个适当大小的区域, 相对于简单的差分运算, 这个区域的性质能够传递关于这个像素点更丰富的信息^[6], 利用这些信息就能更有效地检测边缘。而 Sigmoid 函数能很好地描述某个像素所在邻域的性质^[7]。设置 Sigmoid 函数, 通过它能够初步判断出一个点是属于目标还是属于背景, 再将 Sigmoid 函数算出值附加到梯度运算的结果中去, 则可增强边缘检测的效果。

对某待检测的像素点, 考虑它的一个邻域, 得

$$\text{sig}[\text{Im } g(x, y)] = \frac{1}{1 + e^{s(\text{Im } g(x, y) - \overline{\text{Im } g(x, y)})}} \quad (4)$$

式中: $\overline{\text{Im } g(x, y)}$ 为内像素点的平均灰度值; s 是一常量, 取值 $[0 \ 1 \ -10]$, 将得到的值加到梯度运算结果中去, 相当于增加了一重判据, 因而使算法变得更稳健, 实验证明这种方法也能得到更细的边缘, 从而增加定位准确性, 同时, 在椒盐噪声的情况下, 算法也要优于其他梯度算法。

对每个待检测像素点, 具体算法流程如下:

(1) 用公式 (4) 计算 sigmoid 值, 同时用公式 (2) 计算其梯度值。

(2) 将差分值和 sigmoid 值相乘, 作为该像素点最后的响应值。

(3) 对每个像素点进行相同的操作, 得到最后的边缘响应图。

(4) 设定阈值, 进行边缘检测。

3 试验

为了测试本文提出的算法, 做了大量的实验。首先对没有噪声的标准测试图片 Lena (图 1a) 图像进行检测, 比较不同类边缘检测方法的效果; 然后采用不同阈值, 对同一影像进行检测后, 比较不同阈值对检测结果的影响; 最后对 Couple 图像, 加上强度为 0.1 的椒盐噪声 (图 2a), 重复上面两步。考虑到 Sobel 和 LOG 算子分别为微分算子中一阶和二阶导数的代表性算子, 实验中, 采用这两个算子作为对照算子。为了能够统一比较, 将两个算法的初始阈值都采用 0.3。

对于 Lena 图像, 图 2c ~ d 是利用传统的边缘检测算法 Sobel 和 LOG 算子得到的结果, 图 2b 是用本算法得到的结果。从中可以看出, 相对于传统的边缘检测算子, 笔者提出的改进方法能够检测出更多的特征, 如图中用椭圆圈示的一些特征, 而且检测出来的边缘比其他方法要细。对于图 3, 使用不同的阈值对同一图像进行检测得到不同的结果, 其中图 3b ~ c 的目视效果较图 3a、d 又有明显改善, 在图 3 中效果最差的图 3d 同样能够检测出图 2b 中用椭圆圈示的一些特征。

对 Couple 图像, 如图 3a, 图像由于受噪声的污染变得很模糊, Sobel (图 4c) 和 LOG (图 4d) 检测的效果不太好, 不能有效检测出一些明显的边缘, 例如图中女士身体的轮廓, 并且在所检测出的边缘信息中, 由于检测出来的信息不够准确, 使得对一些明显的



图 1 Lena 图像检测结果

Fig. 1 Tested Results of the Lena Image



图 2 Lena 图像不同阈值检测结果

Fig. 2 Tested Results of Different Thresholds of the Lena Image

边缘表达不明显, 例如图中男士身体轮廓。尤其是 Sobel 算法, 一些主要的边缘都没有检测出来。相比而言, 新算法(图 3b)则取得了更好的检测效果。从图 4 中可以明显看出来, 在用本方法进行检测时, 取不同的阈值并不影响从原始图像检测出的信息。

4 结语

针对传统的微分边缘检测算法的一些缺点, 提出了一种改进边缘检测算法。算法改变了传统边缘

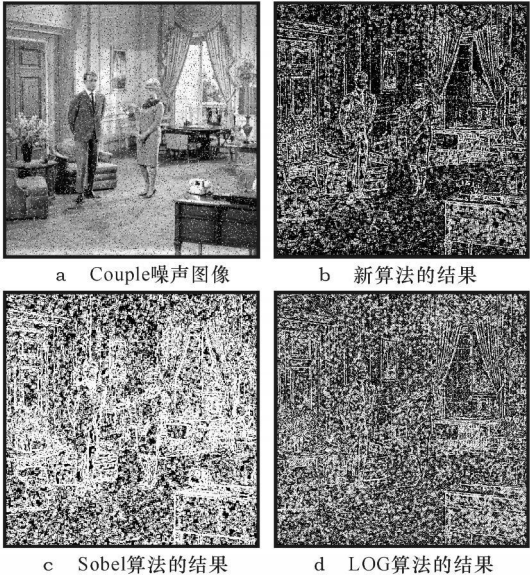


图 3 Couple 图像检测结果

Fig. 3 Tested Results of the Couple Image

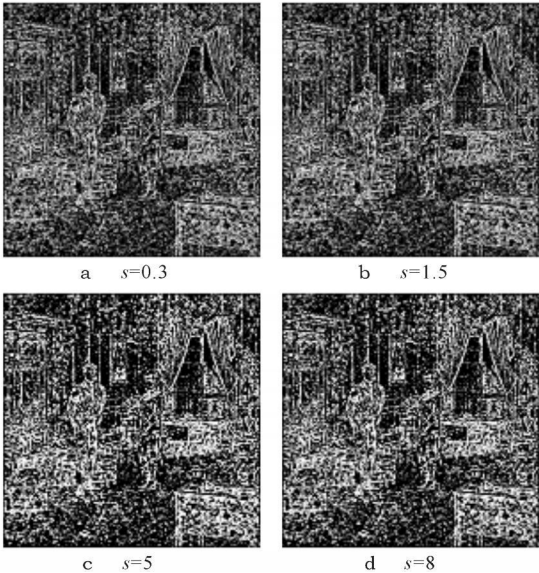


图 4 Couple 图像不同阈值检测结果

Fig. 4 Tested Results of Different Thresholds of the Couple Image

检测中将待检测点与检测窗口分离的处理方法。新算法将待检测像素及其邻域作为一个整体考虑对象, 通过将该区域的性质传递到梯度运算结果中去, 充分从理论上考虑到待检测点周围的检测窗口对检测点的影响, 从而增加梯度运算的可靠性, 提高了算法检测的精度。实验证明, 这种方法能够检测出更细的边缘; 在椒盐噪声的情况下, 效果也要优于常用的梯度算法, 并且新算法原理简单, 易于实现。

(下转第 330 页)

[J] . 地球科学与环境学报, 2007, 29(1): 103-106.

[3] Daubechies I, Sweldens W. Factoring Wavelet Transforms into Lifting Steps[J] . J Fourier Anal 1998, 4(3): 245-267.

[4] Sweldens W. The Lifting Scheme: A Custom-design Construction of Biorthogonal Wavelets[J] . Appl Comput Harmon Anal 1996, 3: 186-200.

[5] Candes E J. Ridgelets: Theory and Application[D] . Stanford; Stanford University, 1998.

[6] Candes E J. Monoscale Ridgelets for the Representation of Images with Edges[R] . Stanford: Stanford University, 1999.

[7] 李晖晖, 郭 雷, 刘 航. 基于二代 curvelet 变换的图像融合研究[J] . 光学学报, 2007, 26(5): 657-662.

[8] 焦李成, 谭 山, 刘 芳. 脊波理论: 从脊波波变换到 Curvelet 变换[J] . 工程数学学报, 2005, 22(5): 761-773.

(上接第 325 页)

参考文献:

[1] Marr D, Hildreth E. Theory of Edge Detection[M] . London: Proc Roy Soc 1980.

[2] 杨枝灵, 王 开. 数字图像获取、处理及实践应用[M] . 北京: 人民邮电出版社, 2003.

[3] 陈 哲, 王富嘉, 张常云. INS/GPS/TAN/SMN 组合导航系统的仿真研究[R] . 北京: 中国航空工业总公司, 1999.

[4] 卜纳特. 数字图像处理[M] . 邓鲁花, 译. 北京: 机械工业出版社, 2005.

[5] Schiele B. Object Recognition Using Receptive Field Histograms[R] . Grenoble: Institut National Polytechnique de Grenoble 1997.

[6] Smith S, Brady M. SUSA: A New Approach to Low Level Image Processing[J] . International Journal of Computer Vision, 1997, 23: 45-78.

[7] Vincent E, Laganier R. Detecting and Matching Feature Points[J] . Vis Commun Image R, 2004, 16: 38-54.

