

基于 MATLAB 的图像边缘检测算法的研究

杜云龙¹,徐冬冬¹,陶宏江²

(1. 长春大学电子信息工程学院,吉林 长春 130022;2. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,吉林 长春 130033)

摘要: 图像边缘包含图像的许多重要信息。边缘检测能够提取图像中的信息,是数字图像处理的重要步骤之一,也是目前图像处理研究的热点,因此,边缘检测算子的研究对于图像处理十分重要。运用 MATLAB 进行算法的仿真,分析与比较 Roberts 算子、Sobel 算子、LOG 算子和 Canny 算子的检测结果可为今后实际应用中的算子选择提供参考。

关键词: MATLAB, 边缘检测, 图像处理

中图分类号: TP391

文献标识码: A

Research on the Edge Detection Algorithm Based on MATLAB

DU Yunlong¹, XU Dongdong¹, TAO Hongjiang²

(1. School of Electronic and Information Engineering, Changchun University, Changchun, Jilin 130022, China; 2. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130033, China)

Abstract: The edge of the image contains many important information of the image. The edge detection can extract the information in the image, and it is one of the important steps of digital image processing. It is the hotspot of the current image processing research. Therefore, image processing is very important. This paper uses MATLAB to simulate the algorithm to analyze and compare the detection results of the Roberts operator, Sobel operator, LOG operator and Canny operator. It provides a reference for the choice of operators in the actual application in the future.

Key words: MATLAB, edge detection, image processing

0 引言

数字图像处理在日常生活中的需求越来越大,而边缘检测作为数字图像处理的重要步骤之一,对其需求也越来越高。数字图像处理在交通、地理、人脸识别、生物医疗等领域得到广泛应用。

处理数字图像时常会有局部变化显著的部分,这部分是图像边缘,是周围像素灰度有阶跃状或屋顶状变化的像素集合^[1]。像素灰度值变化较小的部分是沿图像边缘的方向,像素灰度值变化较大的部分是沿图像边缘法线的方向。图像边缘分为阶梯状、脉冲状和屋顶状^[2]。边缘检测算子分为一阶导数算子、二阶导数算子和其他边缘算子^[3]。在实验中常见的一阶导数算子有 Roberts 算子、Prewitt 算子和 Sobel 算子。一阶导数算子的基本思想是求局部最大值来对应边缘的位置^[4]。常见的二阶导数算子有 Laplacian 算子。二阶导数算子的基本思想是以过零点来对应边缘的位置。Canny 属于其他边缘算子,是在满足一定条件下推导的最优化算子。本文主要对 Roberts 算子、Sobel 算子、LOG 算子和 Canny 算子进行仿真分析与比较,并分别对

添加高斯噪声和椒盐噪声的同一张图像进行仿真和对比,以分析每个算子的优缺点。

1 边缘检测算子

1.1 Roberts 算子

Roberts 算子是利用局部差分法寻找边缘点,是最容易实现的一种边缘检测算法^[5]。其主要利用 2 个要素,分别是对角线的方向和相邻像素之差,所以其在图像边缘存在一定角度时效果最好,不适用于平滑的垂直或竖直边缘。此外,Roberts 算子对噪声较为敏感,不能抑制噪声,所以 Roberts 算子对有陡峭的低噪声图像效果较好。Roberts 算子的数学表达式为:

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

图 1 为 Roberts 算子模板。

-1	0	0	-1
0	1	1	0

图 1 Roberts 算子模板

作者简介: 杜云龙,男,1997 年生,硕士研究生,研究方向为嵌入式系统开发。

通讯作者: 徐冬冬,男,1987 年生,博士,讲师,研究方向为光电成像与图像压缩。

1.2 Sobel 算子

Sobel 算子在边缘检测中的使用率很高,它可以计算图像各点的灰度值,具有 2 个卷积计算核,操作模板为 3×3 模板,其运算的本质是梯度计算,将像素点上下、左右相邻的灰度求加权差。首先对图像进行加权求平均值,再微分求导,最后求梯度值,分别计算垂直方向与水平方向的卷积^[6]。Sobel 算子的孤数学表达式为:

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

$$G_y=f(x-1,y+1)+2f(x,y+1)+f(x+1,y+1)-f(x-1,y-1)-2f(x,y-1)-f(x+1,y-1) \quad (3)$$

图 2 为 Sobel 算子模板。

-1	0	1	-1	-2	-1
-2	0	2	0	0	0
-1	0	1	1	2	1

图 2 Sobel 算子模板

Sobel 算子受噪声的影响较小,对噪声有平滑的抑制作用,在边缘点精度不高的情况下效果较好,但检测结果较为粗糙,容易出现伪边缘的现象。

1.3 LOG 算子

拉普拉斯高斯算子(LOG 算子)是通过改进拉普拉斯算子(LAG 算子)得到的更优算子,属于二阶导数算子。其将拉普拉斯算子和高斯滤波器结合,由于拉普拉斯算子对噪声敏感性较大,需先进行高斯平滑处理来去除噪声^[7],然后利用拉普拉斯算子增强图像,最后利用二阶导数的零交叉点检测边缘。图 3 为 LOG 算子 5×5 模板。

0	0	-1	0	0
0	-1	-2	-1	0
-1	-2	-16	-2	-1
0	-1	-2	-1	0
0	0	-1	0	0

图 3 LOG 算子模板

1.4 Canny 算子

Canny 算子是基于—阶导数改进而来的算子^[8],是边缘检测效果最优的算子,常常用于对比其他算子的检测效果。Canny 算子对噪声的抑制效果较好,对边缘的定位也较为精准,正确率很高,但当图像具有模糊边缘时,容易平滑部分边缘信息^[9]。

Canny 算子首先对图像进行平滑处理来消除噪声,然后对平滑去噪后的图像进行求—阶偏导来得到图像梯度的幅值和方向,再进行非极大值抑制处理初步得到边缘

点,最后使用两个阈值确定强边缘和弱边缘,只有当弱边缘与强边缘连接时,弱边缘才会输出^[10]。

2 基于 MATLAB 的算法实现与比较

首先对彩色图像进行灰度处理^[11-12],而后分别利用 Roberts 算子、Sobel 算子、LOG 算子和 Canny 算子对图像的原图、加入高斯噪声图像和加入椒盐噪声图像进行边缘检测。加入的噪声分别为均值 0、标准差 0.04 的高斯噪声,噪声密度为 0.004 的椒盐噪声。利用 4 种算子得到的实验结果如图 4—图 6 所示。4 种算法的 MES 值如表 1 所示。4 种算法的 PSNR 值如表 2 所示^[13]。

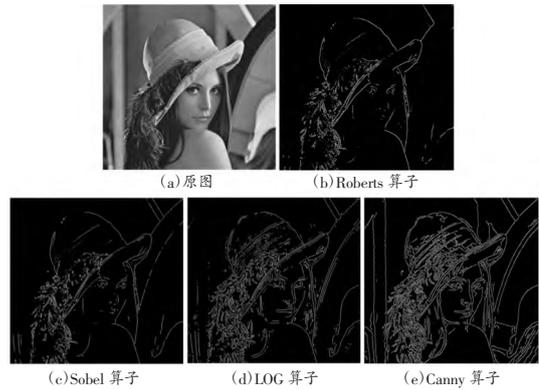


图 4 对原始图像的处理结果

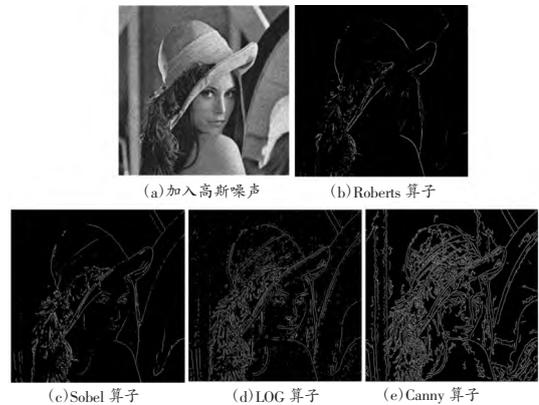


图 5 对加入高斯噪声图像的处理结果

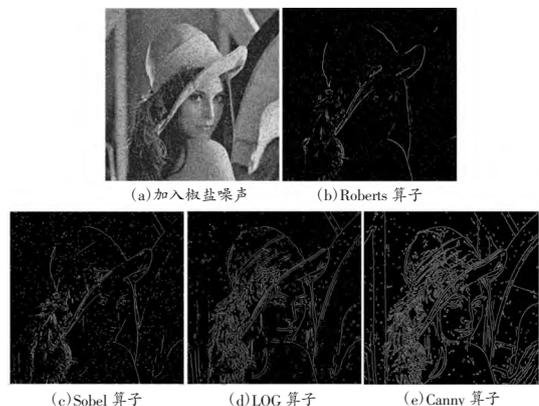


图 6 对加入椒盐噪声图像的处理结果

表 1 4 种算法的 MES 值

图片	Roberts 算子	Sobel 算子	LOG 算子	Canny 算子
原始图像	194.0309	259.8840	716.5829	419.4125
添加高斯噪声	78.0172	242.2041	485.3377	1019.6573
添加椒盐噪声	74.8303	80.4156	301.8398	878.3878

表 2 4 种算法的 PSNR 值

图片	Roberts 算子	Sobel 算子	LOG 算子	Canny 算子
原始图像	25.2521	23.9830	19.5781	21.9044
添加高斯噪声	29.2089	24.2890	21.2704	18.0467
添加椒盐噪声	29.3900	29.0774	23.3330	18.6939

3 实验结果

经对比实验,Roberts 算子和 Sobel 算子的检测精度较高,但对噪声抑制效果较差,不适用于噪声较高的图像,而 Roberts 算子的定位精度较高,Sobel 算子的抗噪声能力比 Roberts 算子稍强一些。LOG 算子能减弱并抑制部分噪声,但容易过度平滑而丢失一部分边缘点。Canny 算子得到的结果在这几种算子中最好,得到的边缘较为连续,对噪声的抑制也比较好,但也容易平滑掉一部分边缘点。

4 结语

通过实验分析比较了 4 种算子,Roberts 算子定位准确性比 Sobel 算子好,而 Sobel 算子的抗噪声能力比 Roberts 算子好。LOG 算子虽然可抑制一部分的噪声,但也可能导致信息缺失。总体而言,Canny 算子的效果最好,无论是定位准确性还是对噪声的抑制效果、边缘检测效果都较好。在实际应用中,结合现实情况选择合适的算子能达到事半功倍的效果,并且在边缘检测前期可处理图像,选择合适的阈值能进一步增强检测效果。

参考文献

[1]Huang Yitao. Overview of research progress of digital image

(上接第 180 页)

为施工方式效果好。

4 结语

(1)通过统计某矿工作面的现场实施情况,测量了工作面上覆煤岩的运移情况,最先移动的是距离煤层底板较远的监测点,而位移量最大的是距离开采工作面较近的位置,在开采工作面后方 3.0~4.5 m 时,所有钻孔测量的位移量均达到测量期间的峰值。测站在工作面前方 -4.5~30 m 的位移量迅速减小,在 30 m 后逐渐平稳,直至为 0。

(2)分析不同采高与不同放煤步距下的煤岩运移规律以及顶煤放出率,最终选取单轮顺序上行放煤,选择放煤步距 1.5 m,采高为 4.0 m 作为施工方案。随着工作面的推进和工人对设备掌握的水平逐渐提升,煤炭出产率逐渐提

processing technology[J]//Journal of Physics:Conference Series, 2022:276-281.

[2]李武. Matlab 中图像边缘检测算法研究[J]. 北京测绘, 2014(3): 65-68+146.

[3]迟慧智, 田宇. 图像边缘检测算法的分析与研究[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2021, 39(4): 92-97.

[4]贾敬典, 刘艳, 李雷. 模糊图像边缘检测算法研究[J]. 计算机技术与发展, 2017, 27(7): 62-64.

[5]熊秋菊, 杨慕升. 数字图像处理中边缘检测算法的对比研究[J]. 机械工程与自动化, 2009(2): 43-44+47.

[6]张萍萍, 李童, 李茹, 等. 一种改进的 Sobel 图像边缘检测算法及其实现[J]. 电视技术, 2022, 46(5): 42-45.

[7]张阳, 刘缠宇, 卢伟家, 等. 基于 LoG 算子的双滤波边缘检测算法[J]. 电子测量技术, 2019, 42(4): 95-98.

[8]Cao Yiqin, Wu Dan, Duan Yeyu. A new image edge detection algorithm based on improved Canny[J]. Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering, 2019, 20(2): 1-14.

[9]王军, 林宇航, 贾玉彤, 等. 一种改进 Canny 算子的图像边缘检测算法[J/OL]. 小型微型计算机系统: 1-6 [2023-09-14]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1106.TP.20230224.1729.017.html>.

[10]Wang Shuqiang, Liang Shuo, Peng Fei. Image edge detection algorithm based on fuzzy set[J]. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2020, 38(4): 3557-3566.

[11]欧冰, 杨晶晶. 数字图像处理技术现状与展望[J]. 中国新通信, 2023, 25(1): 76-78.

[12]姜维. 浅析数字图像处理技术及其应用[J]. 信息与电脑(理论版), 2012(6): 130-131.

[13]代文征, 杨勇. 基于改进高斯-拉普拉斯算子的噪声图像边缘检测方法[J]. 计算机应用研究, 2019, 36(8): 2544-2547+2555.

(责任编辑:李 顺)

高,月工作面推进距离也不断延长,证明该施工方式效果好。

参考文献

[1]张晋. 放顶煤初采和末采放煤工艺[J]. 煤, 2018, 27(5): 50-53.

[2]邓维元, 康天合. 特厚煤层综放开采放煤工艺优化研究[J]. 煤炭工程, 2017, 49(4): 52-55.

[3]刘俊杰. 枣泉煤矿 12206 综放工作面放煤工艺的探索与实践[J]. 山西煤炭, 2015, 35(5): 64-66.

[4]孙利辉, 纪洪广, 蔡振禹, 等. 大倾角厚煤层综放工作面放煤工艺及顶煤运动特征试验[J]. 采矿与安全工程学报, 2016, 33(2): 208-213.

[5]赵铁林, 解兴智. 浅埋坚硬顶煤冒落结构及合理放煤工艺分析[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(S1): 10-13.

(责任编辑:黄 霞)