

橡胶圈缺陷检测算法研究

朱红莉¹, 朱红岩²

(1. 河南工业大学 信息科学与工程学院, 河南 郑州 450001;

2. 合肥工业大学 电气与自动化工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要: 提出了一种基于数字图像处理的边缘检测算法, 分别利用 Sobel 算子和 Canny 算子对预处理后的图像进行边缘检测, 将所得图像进行图像相加, 并用 Matlab 进行仿真。结果表明, 该算法比单一边缘检测算子检测效果要好, 并具有良好的检测精度。

关键词: 数字图像处理; 橡胶圈; 自适应中值滤波; Sobel 算子; Canny 算子

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)22-0037-03

Research on defect detection in rubber rings

ZHU Hong Li¹, ZHU Hong Yan²

(1. College of Information Science and Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China;

2. School of Electrical and Automation Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: This paper presented a method of detecting defects in the rubber ring, which was based on digital image processing. we detected its edges by Sobel operator and Canny operator respectively after image preprocessing, and then integrated the results of the two images, and finally emulated them with the MATLAB software. The results indicate that this algorithm is better than a single detection operators' and has a better detection precision.

Key words: digital image processing; rubber ring; adaptive median filter; sobel operator; canny operator

图像的边缘是指图像灰度值的不连续点或变化剧烈的点的集合, 橡胶圈边缘检测是要提取缺陷和背景的边界线。工业用橡胶圈在生产过程中不可避免地会出现各种各样的缺陷, 例如切割不平、厚度不均、毛边和气泡等。本文以橡胶圈的气泡缺陷为例, 提出了一种基于数字图像处理的混合边缘检测算法, 并给出了分析过程与实验结果^[1]。

1 算法研究

目标图像一般都含有噪声, 所以在边缘检测前必须进行图像预处理以消除噪声, 然后再对其分别用 Sobel 算子和 Canny 算子进行边缘检测, 最后把两者结果相加, 即得到较好的检测效果。算法框图如图 1 所示。

1.1 图像预处理

橡胶圈图像在拍摄、存储、传送的过程中会受到噪声的污染, 从而导致图像出现失真、模糊等退化现象。常用的滤波算法有均值滤波、维纳滤波、自适应中值滤波等。实验证明, 自适应中值滤波能有效去除橡胶圈图像噪声, 更为重要的是, 在去除噪声的同时, 自适应中值滤波还能保护图像细节^[2]。所以本文采用自适应中值滤波来进行图像预处理。实验效果如图 2 所示。

1.2 边缘检测

1.2.1 Sobel 算子边缘检测

基于微分方法的边缘检测算子包括 Roberts 算子、Prewitt 算子、Sobel 算子、Laplacian 算子、LoG 算子等, 其

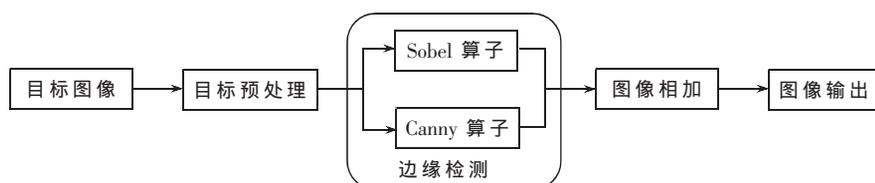


图 1 算法框图

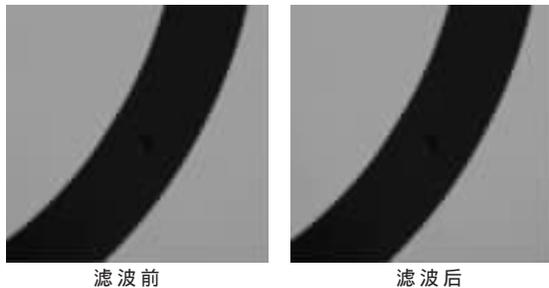


图2 自适应中值滤波

中前三者是基于—阶导数的边缘检测算子,后两者是基于二阶导数的边缘检测算子。在算法实现过程中,通过模板与图像中的每个像素点做卷积和运算,然后选取合适的阈值以提取边缘。—阶导数和二阶导数的不同在于,—阶导数认为最大值对应边缘位置,而二阶导数则以过零点对应边缘位置。

基于微分方法的边缘检测算子中,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效果好于斜向边缘,定位精度较高,但对噪声敏感。Prewitt 算子和 Sobel 算子是实践中最常用的两种算子,两者都是利用像素点上下、左右邻点的灰度加权算法,根据在边缘点处达到极值这一原理来检测边缘。Prewitt 算子实现起来更为简单,但在抑制噪声方面不如 Sobel 算子。Sobel 算子能够较为精确地检测出边缘点,对噪声具有平滑作用,但检测出的边缘较宽。

Laplacian 算子是一种线性二阶微分算子,对噪声非常敏感,一般不直接用于边缘检测。LoG 算子是 Laplacian 算子的改进方式,它选用 Gaussian 函数对图像进行平滑滤波,然后对平滑后的图像进行 Laplacian 运算。使用 Laplacian 算子是为了提供一幅能确定边缘位置的图像。

Sobel 算子是一组方向算子,从不同的方向检测边缘。方向算子是利用一组模板对图像中的同一像素求卷积,选取其中最大的值作为边缘强度,而将与之对应的方向作为边缘方向。

其梯度为:

$$G_x=(z_7+2z_8+z_9)-(z_1+2z_2+z_3)$$

$$G_y=(z_3+2z_6+z_9)-(z_1+2z_4+z_7)$$

一幅图像的 3×3 区域如图 3 所示,其中 z 是图像的灰度值,则 Sobel 算子模板如图 4 所示,用以实现上述梯度公式。

$$\begin{pmatrix} z_1 & z_2 & z_3 \\ z_4 & z_5 & z_6 \\ z_7 & z_8 & z_9 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

图3 3×3 大小的区域

图4 Sobel 算子模板

Prewitt 算子是平均滤波,而 Sobel 算子是加权平均滤波。在 Prewitt 算子中像素邻域与当前像素产生的影响是等价的,而 Sobel 算子中邻域像素与当前像素的距离有

不同的权值,一般距离越小,权值越大。Sobel 算子的权值 2 意味着通过增加中心点的重要性来达到一些平滑效果,由于引入了平均因素,因而对图像中的随机噪声有一定的平滑作用。Sobel 算子是相隔两行或两列之差分,所以边缘两侧元素得到了增强,边缘显得粗而亮^[3]。

实验证明,当阈值设为 0.017 时,用 Sobel 算子对橡胶圈缺陷检测效果最好。而上述其他算子均不能有效检测出橡胶圈图像的缺陷边缘。

1.2.2 Canny 算子边缘检测

在图像边缘检测中,抑制噪声和边缘精确定位是无法同时满足的,边缘检测算法通过平滑滤波去除图像噪声的同时,也增加了边缘定位的不确定性;反之,提高边缘检测算子对边缘的敏感性的同时,也提高了对噪声的敏感性。Canny 算子在抗噪声干扰和精确定位之间寻求最佳折中方案^[4]。

Canny 算子边缘检测的原理与上述几个不同,它不是通过微分算子检测边缘,而是在满足一定约束条件下推导出边缘检测最优化算子。

Canny 算子边缘检测的基本原理是:采用二维高斯函数的任意方向上的一阶导数为噪声滤波器,通过与图像卷积进行滤波;然后对滤波后的图像寻找图像梯度的局部极大值,以确定图像边缘。Canny 算子是一种最优边缘检测算子,其实现检测图像边缘的步骤与方法如下:(1)选择一定的高斯滤波器平滑图像,抑制图像噪声,然后计算滤波后图像梯度的幅值和方向;(2)对梯度幅值应用非极值抑制,寻找图像梯度中的局部极值点,把其他非局部极值点置零以得到细化的边缘,再用双阈值算法检测和连接边缘,实现边缘提取。

Canny 算子边缘检测的三条准则是^[5]:

(1)低误判率,既要尽可能地检查出真实的边缘,同时又要尽量避免检测中出现的虚假边缘;

(2)高定位精度,即检测出的边缘位置要尽量接近真正的边缘位置;

(3)对同一边缘要有低的响应次数,即同一边缘产生多个响应的概率要低^[6]。

实验证明,当阈值设为 0.08 时,用 Canny 算子对橡胶圈缺陷检测效果最好。

1.2.3 图像相加

Sobel 算子对灰度渐变的图像处理较好,这点在橡胶圈缺陷检测中得到了验证。Sobel 算子对垂直和水平方向上的边缘有较好的检测结果,但对其他方向的检测效果一般,且对边缘的定位不是很准确,图像的边界宽度要大于或等于 2 个像素。

Canny 算子虽然是基于最优化思想推出的边缘检测算子,但实际效果并不一定最优。Canny 算子也会将一些高频边缘平滑掉,造成边缘丢失^[4]。

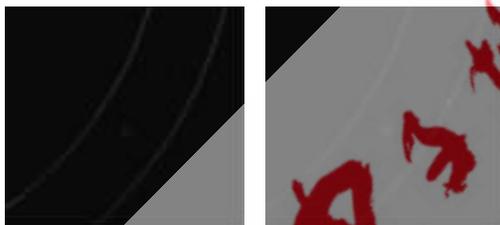
橡胶圈缺陷的灰度和橡胶圈的灰度非常接近,对比

度较低,边缘两侧的灰度变化不明显。经过大量实验,发现 Sobel 算子和 Canny 算子对橡胶圈的缺陷检测有较好的效果,但又有些瑕疵,如果把二者检测结果相加,可以使两者的优势互补,能大大提高边缘检测的效果,取得令人满意的结果。

2 实验结果与分析

图 5 (a) 为 Sobel 算子的边缘检测结果,图 5 (b) 为 Canny 算子的边缘检测结果,图 6 为两者相加的结果。可以看出,由于橡胶圈缺陷部分和背景部分灰度非常相近,边缘检测难度较大,因此尽管分别采用了对灰度渐变处理效果较好的 Sobel 算子和最优边缘检测算子——Canny 算子,但边缘检测的结果仍不是很理想。而图 6 所示的混合边缘检测结果要明显优于图 5,缺陷边缘被清晰地分割出来,并且没有出现受到噪声干扰的伪边缘。

本文讨论了橡胶圈缺陷检测算法,分析了几种常用算法的优缺点,提出了一种基于 Sobel 算子和 Canny 算子的混合边缘检测算法,并用 Matlab 软件进行了实验仿真,证明了其检测精度要高于传统的边缘检测算子。



(a) Sobel 算子

(b) Canny 算子

图 5 单个算子边缘检测



图 6 混合算子边缘检测

参考文献

- [1] 刘春,利新琴,鲁昌华,等. 密封橡胶圈凸点缺陷检测的研究[J]. 电子测量与仪器学报,2008(增刊):178-181.
- [2] GONZALEZ R C, WOODS R E. 数字图像处理 [M]. 阮秒琦,阮宁智,译.北京:电子工业出版社,2007.
- [3] 蔡立晶,蔡立娟,杨立.基于指纹图像边缘检测算法的比较研究[J]. 中国新技术新产品,2009(1):3-4.
- [4] 姚敏.数字图像处理[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [5] 秦襄培.Matlab 图像处理与界面编程宝典[M].北京:电子工业出版社,2009.
- [6] 田岩,彭复原. 数字图像处理与分析[M].武汉:华中科技大学出版社,2009.

(收稿日期:2010-08-25)

作者简介:

朱红莉:女,1978年生,硕士,讲师,主要研究方向:计算机应用。

朱红岩:男,1985年生,硕士在读,主要研究方向:图像处理。