

非 Hough 变换的孔径几何参数检测算法

A non-Hough method for geometric parameters measurement of aperture

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究;2.中国科学院研究生院) 孟 勃^{1,2} 韩广良¹ 朱 明¹ 陈爱华^{1,2}

MENG Bo HAN Guang-liang ZHU Ming CHEN Ai-hua

摘要:针对 Hough 变换计算量较大,不能满足工程实时性要求的问题,提出了一种改进的、非 Hough 变换的孔径几何参数检测算法。首先对图像进行一步区域分割,分割出我们感兴趣的区域;其次为了提高结果的精度,使检测结果接近亚像素级,采取一步中值滤波的过程,将噪声滤掉,提取出相对干净的图像;然后再使用 Gauss-Laplace 过程进行边缘提取,得到较为准确的图像边缘信息;最后采用最小二乘拟合法,拟合出孔径的边缘,以此求出孔径的各项几何参数。实验结果表明:该算法具有精度高、速度快的优点,能够满足工程中实时检测孔径参数的要求。

关键词:孔径检测;最佳阈值分割;中值滤波;高斯-拉普拉斯算子;最小二乘拟合;实时

中图分类号: TP394

文献标识码: A

Abstract: The Hough transform can not satisfy the real-time requirement because of the heavy computing burden. So a improved non-Hough transform method was proposed in order to detect the geometric parameters of aperture. Firstly, the image was segmented by a optimal threshold segment method which could get the interested region. Then a median filter was employed to improve the computing precision and make the result closed to the sub-pixel. Afterwards the Gauss-Laplace was used to extract the edge of the aperture. Finally, least squares fitting method was adopted to fit the edge information of the aperture, and the geometric parameters was obtained. And the experiment results show that the proposed method has the advantages of high precision and rapid speed, furthermore can meet the real-time requirement very well.

Key words: aperture detect; optimal threshold segment; median filter; Gauss-Laplace; least squares fitting; real-time

1 引言

在工业生产中,经常涉及到圆或椭圆型零件参数的检测,随着零件加工精度的不断提高,对测量的精度、速度、实时性和自动检测化程度的要求越来越高,传统的检测方法很难满足要求。例如,传统的电机换向器的参数测量是人工离线接触测量,其劳动强度大,耗时长,效率低,漏检误检率高,测量精度低,不适应现代工业生产的测量要求。

新兴的图像测量技术是集光学、计算机技术及图像处理技术为一体的测量技术,具有高速度、实时性好、非接触、成本低等特点,广泛用于各种实时在线的零件几何尺寸的精密测量。

本文以基于 CCD 图像的测量系统为主体,提出了一种改进的、非 Hough 变换的孔径参数检测算法,并通过实验对算法的检测结果结合工业中对算法在精度和速度方面的要求进行了结果分析。结果表明,该算法具有较高的检测精度和计算速度,可以满足工程的实时性要求。

2 算法原理

2.1 最小二乘拟合法

设圆的方程为:

$$(x-m)^2 + (y-n)^2 = R^2, \quad (1)$$

残差为:

$$\varepsilon_i = (x_i - m)^2 + (y_i - n)^2 - R^2, \quad (2)$$

残差平方和为:

$$Q = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^N [(x_i - m)^2 + (y_i - n)^2 - R^2]^2, \quad (3)$$

式中 (m, n) 为圆心坐标, R 为半径, $i \in \pi, \pi$ 为圆上所有的边界点的集合。根据最小二乘法原理,有:

$$\frac{\partial Q}{\partial m} = \frac{\partial Q}{\partial n} = \frac{\partial Q}{\partial R} = 0, \quad (4)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial m} = 2 \sum_{i=1}^N [(x_i - m)^2 + (y_i - n)^2 - R^2](-2)(x_i - m) = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial n} = 2 \sum_{i=1}^N [(x_i - m)^2 + (y_i - n)^2 - R^2](-2)(y_i - n) = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial R} = 2 \sum_{i=1}^N [(x_i - m)^2 + (y_i - n)^2 - R^2](-2)R = 0 \end{cases}, \quad (5)$$

由最小二乘拟合公式可以看出,对图像边缘的提取效果好,噪声点越少,拟合的精度越高。

2.2 Gauss-Laplace 边缘检测算子

Gauss-Laplace 算子是对二维函数进行运算的二阶导数算子。由于噪声点对边缘检测有一定的影响,所以 Gauss-Laplace 算子是效果较好的边缘检测器。它把高斯平滑滤波器和拉普拉斯锐化滤波器结合了起来,先平滑掉噪声,再进行边缘检测,所以可以得到很好的效果。

3. 算法描述

孔径检测方法的整个过程是:首先对图像进行一步区域分割,分割出我们感兴趣的区域后;其次采取一步中值滤波的过程,将噪声滤掉,提取出较干净的图像;然后再使用 Gauss-Laplace 过程进行边缘提取;最后采用最小二乘拟合法,拟合出圆的边缘,以此求出圆的各项参数。

算法流程如下:如图 1 所示

孟 勃:在读博士研究生

基金项目:国家 863-707 项目《远距离非合作目标捕获、跟踪与瞄准技术研究》(2005AA778032)

3 实验结果及算法分析

对检测算法进行了仿真试验, 试验在 Windows XP 平台上用 Visual C++6.0 编程实现。下面给出检测结果图, 如图 2 所示。

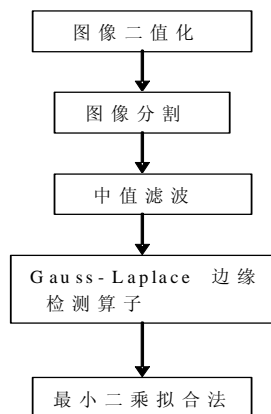
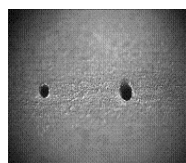
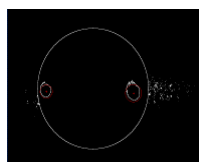


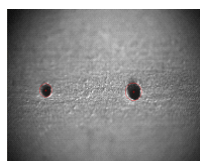
图 1 Gauss-Laplace 检测圆心流程图
Fig1. Flow chart of Gauss-Laplace method



(a) 原始图像
(a) original image



(b) Gauss-Laplace 边缘检测算子
(b) image after Gauss-Laplace



(c) 最小二乘拟合后的图像
(c) image after least squares fitting

图 2 试验结果图

Fig2 Result images of examination

从图中可以看出算法的优势: 通过中值滤波过程能够为后续的处理提供较好的结果图像, 将噪声滤掉, 提取出较干净的图像, 是后续步骤得以圆满完成的有力保障。试验结果表明算法所用时间仅为 15ms, 可以满足工程的实时性要求。

4 结论

本文以基于 CCD 图像的测量系统为主体, 提出了一种改进的、非 Hough 变换的孔径参数检测算法, 并通过实验对算法的检测结果结合工业中对算法在精度和速度方面的要求进行了结果分析。结果表明, 该算法具有较高的检测精度和计算速度, 可以满足工程的实时性要求。

本文作者创新点: 设计了一种新的非 Hough 变换的方法来检测孔径, 能够取得采用 Hough 变换方法所能达到的亚像素级的结果。

参考文献

- [1] 左爱秋, 吴江宁等. 基于几何特性的椭圆中心象坐标的快速求取. 信号处理. 2000, 16(2): 108-111
- [2] 于莉娜, 胡正平, 练球生. 基于改进随机 Hough 变换的混合圆/

椭圆快速检测方法. 电子测量与仪器学报. 2004 18(2): 92-98

[3] 段红, 徐晓峰. 基于 SUSAN 算法的孔径几何参数检测方法研究. 《传感技术学报》2004, 12(4)

[4] 林玉池, 崔彦平, 黄银国. 复杂背景下边缘提取与目标识别方法研究. 光学精密工程, 2006, 16(3): 509-514.

[5] 刘恒殊, 黄廉卿. 基于模糊集理论的 CR 图像处理方法. 光学精密工程, 2002, 10(2): 188-192.

[6] 孟勃, 朱明. 粒子滤波算法在非线性目标跟踪系统中的应用. 光学精密工程 2007, 9

[7] 陈爱华, 王栋, 朱明, 杨本全. 涡轮叶片孔距测量系统设计. 微计算机信息 2007, 10(28)

作者简介: 孟勃, (1980-) 女(汉族) 吉林省吉林市人, 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所在读博士研究生 主要研究方向为: 数字图像的采集与处理; 朱明, 男(汉族), 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所研究员, 图像室副主任 主要研究方向为: 数字图像的采集与处理, 目标的快速捕获及实时跟踪, 模式识别, 计算机视觉

Biography: MENG Bo (1980-), female, Jilin Province, Ph. D of Institute of Optics, Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences. Major: Photoelectronicity Engineering. Research area: Image Processing, Pattern Recognition, Object Tracking, Computer Vision.

(130033 长春 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所) 孟勃 韩广良 朱明 陈爱华

(100039 北京 中国科学院 研究生院) 孟勃 陈爱华

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;) MENG Bo HAN Guang-liang ZHU Ming CHEN Ai-hua

(Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China) MENG Bo CHEN Ai-hua

通讯地址: (130033 长春经济技术开发区东南湖大路 16 号光机所图像室) 孟勃

(收稿日期: 2008.10.23)(修稿日期: 2008.11.18)

(上接第 253 页)

岳彬, 男, 1980.1, 汉族, 空军油料研究所, 硕士, 研究方向为油料储运自动化及装备; 施毅, 男, 1980.11, 汉族, 空军工程大学工程学院装备管理系博士研究生, 专业方向: 装备系统工程与管理决策。

Biography: XU Gang, male, born in November, 1976, Han folk, doctor, speciality of equipment system and management decision, Department of Equipment Administration, Engineering College, Air Force Engineering University

(710038 陕西西安 空军工程大学工程学院装备管理系) 徐刚 施毅

(221003 江苏徐州 徐州空军学院) 徐刚 殷克功

(100854 北京 空军油料研究所) 岳彬

(Department of Equipment Administration, Engineering College, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

XU Gang SHI Yi

(Xu Zhou Air Force College 221003, China) XU Gang

YIN Ke-gong

(Air Force oil institute, Beijing 100854, China) YUE Bin

通讯地址: (710038 西安空军工程大学工程学院研究生 16 队) 徐刚

(收稿日期: 2008.10.23)(修稿日期: 2008.11.18)