

·信号与信息处理·

基于机器视觉的大型零件尺寸测量技术研究

李雪娇, 姜月秋, 李伟帅, 高宏伟

(沈阳理工大学, 沈阳 110159)

摘要:针对传统的接触式测量方法存在需要和零件接触以及测量时间和人为因素等局限性, 研发出基于机器视觉的大型零件尺寸测量系统, 从而满足产品的非接触、测量速度快、测量精度高、实时显示等测量要求。在基于机器视觉的大型零件尺寸测量系统中, 首先对于采集的图像进行预处理, 针对采集图像存在噪声等因素的影响, 利用小波去噪完成对图像的平滑去噪; 其次, 选取SIFT(尺度不变特征转换)算法进行图像配准, 选择基于加权平均的帽子函数加权平均融合算法无缝隙的完成图像融合, 从而完成图像的拼接。然后, 基于Canny检测算子提出了一种改进的单像素边缘检测方法用于提取零件图像边缘轮廓。最后, 对提取的图像边缘轮廓进行几何量的实验测量并分析实验数据。基于机器视觉的大型零件尺寸测量系统不仅操作简单, 价格低廉, 而且测量上能够在误差的允许范围内快速测量出零件的尺寸。

关键词: 机器视觉; 图像预处理; 图像拼接; SIFT; 边缘检测

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2017)-02-0044-05

Research on Large-scale Component Measurement Technology Based on Machine Vision

LI Xue-jiao, JIANG Yue-qiu, LI Wei-shuai, GAO Hong-wei

(Shenyang University of Science and Technology, Shenyang 110159, China)

Abstract: Due to the traditional contact measurement method which needs to contact with components and the limitations such as measurement time and human factor, a large-scale component measurement system based on machine vision has been developed to meet the non-contact, fast measurement speed, high measurement precision, real-time display and other measurement requirements. Firstly, in the large-scale component measurement system based on machine vision, the collected images are pretreated. Wavelet denoising method is used to finish the smooth denoising of the images in view of the existence of noise and other factors. Secondly, the scale invariant feature transformation (SIFT) algorithm is selected for image registration, the weighted average fusion algorithm based on the weighted average of the hat function is used to complete the image fusion without gaps, thus image mosaic is completed. And then, an improved single pixel edge detection method is proposed to extract the edge contour of the component image based on the Canny detection operator. Finally, geometrical experiment measurement is performed to the edge contour of the extracted images and the experimental data are analyzed. The large-scale component measurement system based on machine vision has simple operation, inexpensive price and the size of the component can be measured quickly within the allowable range of error.

Key words: machine vision; image preprocessing; image mosaic; scale invariant feature transform (SIFT); edge detection

目前国内外工业生产过程中测量方式多种多样, 大体可以分为接触式测量、非接触式测量和基

于机器视觉的测量技术^[1]。其中, 接触式测量方法存在效率低下、精度不高, 对于测量精度高的设备

收稿日期: 2017-04-01

作者简介: 李雪娇(1991-), 女, 河北保定人, 硕士研究生, 主要研究方向为图像处理。

要求测量环境比较高且价格比较昂贵等问题^[2]。非接触测量就是不和物体表面进行接触利用光电、电磁等技术进行测量。典型的非接触测量方法如激光三角法、结构光法等,但这些方法在测量时抗干扰能力差,方法复杂,其设备成倍较高^[3]。

针对传统的接触式和非接触式的零件测量方法存在的问题,国内外专家学者纷纷致力于开发操作简单,价格低廉,测量精确的测量系统^[4]。国外的专家最先开发研究出基于机器视觉的测量方法,并不断完善测量技术和功能,做到非接触式测量,并且有较高的测量速度和精度,满足工业产品的测量要求^[5]。1998-2002年机器视觉开始慢慢的引入我国,发展缓慢^[6]。从2002年至今,机器视觉处于快速发展的阶段,并且应用范围也在不断扩大,加快了工业生产制造的自动化进程^[7]。

基于机器视觉的大型零件尺寸测量技术,针对摄像机视野范围小,对大型的零件进行拍摄难以满足拍摄零件的整体图像^[8],所以先对图像拼接后,再对拼接后的整幅零件图像利用边缘检测算法提取图像轮廓图,最后利用几何量算法进行测量研究,得到测量数据,并进行分析研究^[9]。

1 图像预处理

1.1 图像灰度化

灰度化处理是把采集到的彩色的图像利用相关算法处理成灰度图像的过程。将采集得到彩色零件图像信息首先进行灰度化处理,处理后的图像对于后续图像研究的计算量和复杂度将大大降低^[10]。

1.2 图像去噪

选取的零件图像包括混入高斯噪声和混入椒盐噪声,采用小波去噪处理,其流程图如图1所示^[11]。

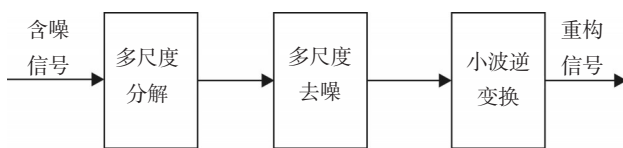


图1 小波去噪流程图

2 图像拼接

在图像拼接的过程中,两个重要步骤是图像配

准和图像融合,其中图像配准是图像拼接过程中最难的也是这些年研究的重点技术,因为配准的精确度完全影响着图像拼接质量的好坏,它直接决定着图像拼接算法的成功率和运行速度。

2.1 图像配准

配准技术中关键是提取出共同特征,而传统的基于灰度的和基于特征的图像匹配算法不能很好的解决图像的配准问题。因此,采用尺度不变特征转换算法(SIFT)^[12],即在尺度空间中找到匹配图像中的极值点,并且确定出位置、尺度以及旋转的不变量。该算法非常适用图像的配准,不会因为待配准图像的灰度信息和旋转的变换而影响图像的配准精度,对图像的拼接起到了非常好的作用。

利用SIFT特征匹配算法进行图像配准的主要步骤如下:

- (1) 建立图像的尺度空间,检测图像中的极值点;
- (2) 检测关键点;
- (3) 关键点方向的分配;
- (4) 特征点的描述;
- (5) 图像特征点的匹配。

SIFT算法的特点有:

- (1) 如果待匹配图像经过旋转、尺度缩放、亮度变化后,利用SIFT算法能使图像的局部特征保持不变性;
- (2) 提取的特征信息量丰富,能够很好的利用这些特征信息,特别对于在大量特征数据库中进行快速、准确匹配;
- (3) 对于待匹配的图像中,重叠区域特征点相识别度很高的情况下,也能产生大量的SIFT特征向量;
- (4) SIFT的算法具有非常高的效率,可以快速、准确的计算出要匹配的特征点^[13]。

2.2 图像融合

对图像进行配准后,两幅配准图像并不能很好的拼接出完整图像,会存在一些拼接缝隙,需要运用图像融合使其形成一幅完整且无缝隙的图像。

帽子函数加权平均法是基于待融合的图像中的像素所处的位置与该图像重叠区域中心处的距离成反比,待融合图像重叠区域中心处的像素占的

权重值比较大,而对于其他区域处的像素占的权值比较小。

采用帽子函数加权平均法进行图像融合可以很好地拼接出无缝隙的完整图像,且图像的边缘细节信息也能很好的显现出来,为后期的测量研究提供了非常好的前期处理,帽子函数加权平均法融合过程中可以实现图像间的平滑过渡,从而消除拼接痕迹^[14]。最终结果如图2所示。

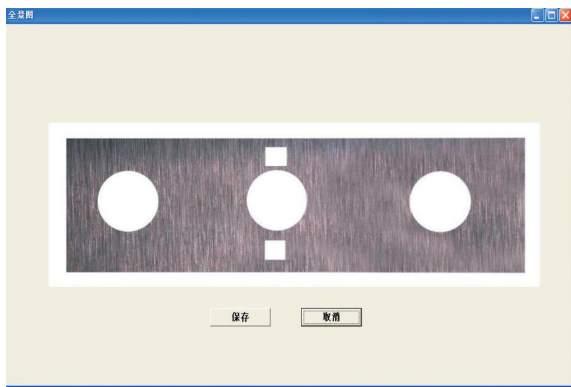


图2 图像融合完整信息

3 边缘检测

3.1 像素边缘检测

基于经典算法 Canny 算子改进了一种单像素边缘检测方法,使其能够准确地定位到单像素宽的边缘^[15]。

改进的边缘检测方法可以分为两个阶段,第一阶段是利用 Canny 算子进行边缘检测,步骤如下:

(1)利用高斯滤波器平滑处理灰度化图像,但其方差要选择小方差,本课题选择方差 σ 为 1;

(2)计算求解梯度的幅值 G 和方位 θ ,和 Canny 算子第二步相同;

(3)然后通过处理梯度幅值来达到抑制非极大值;

(4)采取双阈值的方法检测边缘和连接边缘轮廓,从而能够获得单像素宽边缘轮廓。

第二阶段是利用灰度图像中梯度进行判断分析,把检测出来的边缘轮廓进行细化。其实现原理是利用灰度图像中梯度进行判断分析,对于图像中边缘像素点梯度的幅值和梯度方向相邻的两个像素点的幅值进行比较大小,如果小于其中任何一个像素点,就判定不是边缘点进行删除,否则保留这

个边缘点^[16]。

选择块状零件和环状零件进行单像素边缘检测分析,检测的实验结果如图3所示。

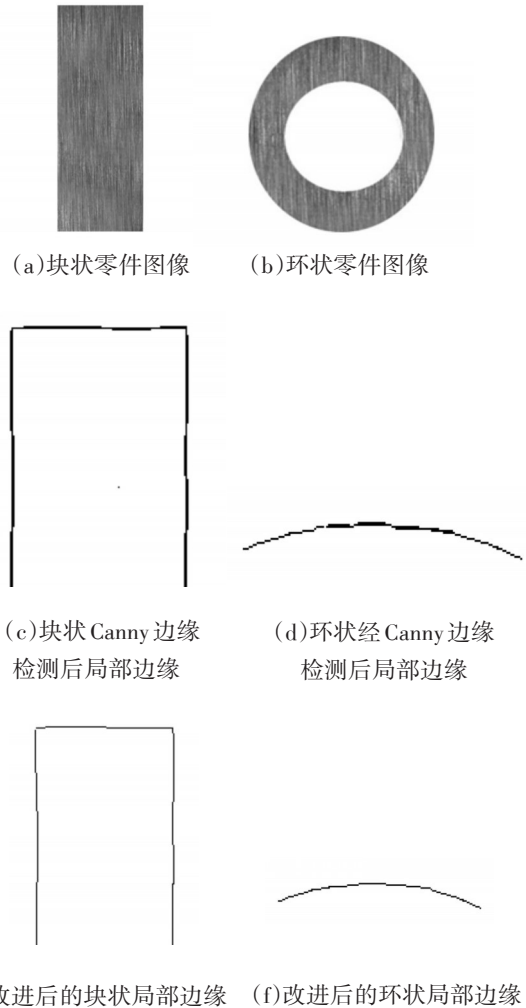


图3 像素级的边缘检测效果图

利用改进的算法不论是对于零件图像中直线的边缘还是曲线的边缘,都能够获得单像素宽的边缘轮廓,并且能较好地处理掉伪边缘,有利于提高后面的亚像素边缘检测^[17]。

3.2 亚像素边缘检测

对于大型零件图像,其视野比较宽阔,对于图像分辨率的要求较高,运用边缘检测改进的方法获得单像素宽的边缘处于像素级水平,达不到高精度测量的要求^[21]。因此,采用二次曲线拟合法将边缘检测定位到亚像素级别上,运用亚像素边缘检测方法结合前期提取单像素边缘的轮廓可以有效提高

边缘检测的精度,其运用该算法提取的完整零件图像边缘如图4所示。

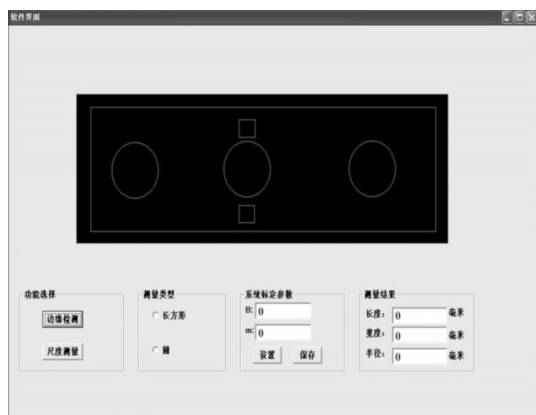


图4 完整零件图像边缘

4 几何量测量

对于大型零件的图像轮廓已经提取出来,研究利用几何量的测量原理对图像的轮廓信息进行测量。对于本课题几何量的测量包括:零件距离、零件中出现的圆的半径^[18]。

4.1 距离测量

零件图像上距离就是边缘到对边边缘的距离也即线到线距离,由于有些零件图像两条对边的拟合直线不是平行的,所以其测量的距离也是不断变化的,对于零件图像距离的测量采用平均距离的方法。

4.2 半径测量

在零件图像上的圆或者圆弧经过亚像素边缘检测后也都是亚像素点的集合。利用最小二乘法拟合原理对圆或者圆弧进行拟合,然后求出圆形零件的半径^[19]。

5 测量结果与分析

5.1 实验设备和软件平台

硬件上采用的是 CCD 工业数字相机 MV - VS078FM, MV -VS078FM 工业数字摄像机采用的是 CCD 传感器为帧曝光,利用该摄像机采集的图像有较高质量。并且需要一个测量仪器架方便固定

采集图像,整个设备如图5所示。



图5 图像采集设备

在软件平台上,运行环境是基于 Windows XP 系统上运用 VC6.0 平台开发的,并且在图像一些处理上是基于 Opencv 库的。图6是软件测量界面。

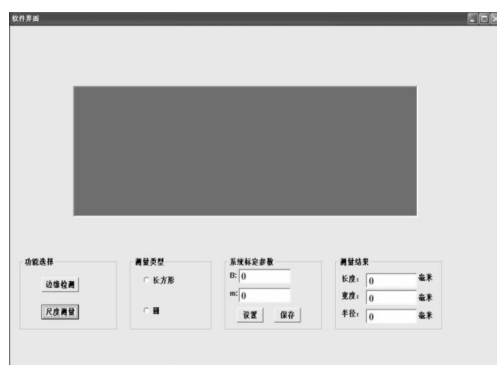


图6 软件测量界面

5.2 实验结果与分析

5.2.1 系统标定

基于机器视觉的测量系统中,要利用采集图像来获得零件尺寸的大小,那么就需要把图像中的像素点和现实零件尺寸大小建立一一对应关系,即摄像机系统标定。首先要获得像素在坐标系中尺度大小,然后再利用二次标定法将零件图像的像素表示的几何量转化为标准的几何量。

5.2.2 大型零件实验测量结果

选取拼接好的零件,其实际尺寸是长度为 4 m,宽度 1.5 m 且里面圆的半径为 0.4 m。图7是利用该

测量系统测出的实验结果图。

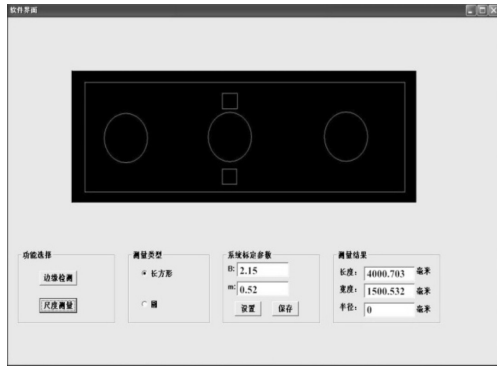


图7 实验结果图

表1是测量零件长度的测量值。表2是测量零件宽度的测量值。表3是测量零件上圆形轮廓半径值。

表1 大型零件的长度测量值 单位:mm

测量次数	像素数	测量值	绝对误差
1	1 860.55	4 000.703	0.703
2	1 860.05	3 999.627	0.373
3	1 860.48	4 000.552	0.552
4	1 860.66	4 000.939	0.939
5	1 860.22	3 999.993	0.007
6	1 860.57	4 000.745	0.745
7	1 860.34	4 000.251	0.251
8	1 860.67	4 000.960	0.960
9	1 860.68	4 000.982	0.982
10	1 860.27	4 000.100	0.100
11	1 860.53	4000.659	0.659
12	1 860.41	4 000.401	0.401
平均值	1 860.45	4 000.492	0.556

表2 大型零件的宽度测量值 单位:mm

测量次数	像素数	测量值	绝对误差
1	697.48	1 500.102	0.102
2	697.32	1 499.758	0.242
3	697.68	1 500.532	0.532
4	697.02	1 499.113	0.887
5	697.89	1 500.983	0.983
6	697.55	1 500.252	0.252
7	697.61	1 500.381	0.381
8	696.99	1 499.048	0.952
9	697.23	1 499.564	0.564
10	697.16	1 499.414	0.586
11	696.98	1 499.027	0.973
12	697.05	1 499.177	0.823
平均值	697.33	1 499.779	0.606

表3 大型零件圆的半径测量值 单位:mm

测量次数	像素数	测量值	绝对误差
1	185.86	400.119	0.119
2	186.11	400.656	0.656
3	186.05	400.527	0.527
4	185.98	400.377	0.377
5	186.20	400.850	0.850
6	186.21	400.871	0.871
7	185.67	399.710	0.290
8	185.82	400.033	0.033
9	186.06	400.549	0.549
10	186.25	400.957	0.957
11	186.26	400.979	0.979
12	185.91	400.226	0.226
平均值	186.03	400.487	0.536

通过表1、表2、表3可以看出,测量结果都在误差范围之内,通过多次测量求平均值可以大大缩小误差范围。

5.2.3 误差分析

(1)采集图像时边缘处的微小杂粒和杂质没有经过去除就采集图像可能会造成边缘波动,引起较大的误差;

(2)利用亚像素定位方法可能引起边缘检测的波动,造成一定的误差;

(3)利用最小二乘法进行圆拟合,在拟合圆心的时候由于此算法的复杂度,在简化算法时存在原理误差,造成圆心的位置误差;

(4)基于图像拼接过程中会由于在拼接时出现微小错位;

(5)利用亚像素定位边缘时出现定位误差增大。

6 结论

针对传统的接触式测量方法存在效率低下、精度不高,对于测量精度高的设备要求测量环境比较高且价格比较昂贵等问题,基于机器视觉测量技术以其非接触、测量速度快、测量精度高、实时显示等优势在生产制造业中得到迅速的发展。首先对于采集的图像进行预处理,然后对图像进行拼接并提取零件图像边缘轮廓,最后利用图像测量相关算法进行实验测量并分析实验数据,完成了在线尺寸测

(下转第67页)

行原理和实现,在特定的条件和运行环境下对红外探测部件的探测过程模拟,经过了仿真和验证,可以用于对抗模拟系统中进行战术模拟训练,具有较强的应用价值。在后续的开发与验证过程中,还可通过试验数据修正模型参数,进一步提高模型的精确性。

参考文献

- [1] 刘小荷. 空军作战模拟[M]. 北京: 空军指挥学院出版社, 2002.
- [2] 李兆展. 面向对抗的新型地空导弹训练模拟器关键技术研究[D]. 西安: 西安交通大学, 2007.
- [3] 魏毅寅. 世界导弹大全[M]. 北京: 军事科学出版社, 2011.
- [4] David Marran. Turbine engine exhaust gas measurements using in-situ FT-IR emission/transmission spectroscopy [J]. Proceedings of the SPIE(S0277-786X), 2001, 4201: 118-128.
- [5] 谢蓄芬, 任智斌, 曹小燕. 巡航导弹尾焰红外辐射特性建模及分析[J]. 光电工程, 2009, 36(4): 70-74.
- [6] 孟凡斌, 郑丽. 基于LOWTRAN7的红外大气透过率计算方法[J]. 光电技术应用, 2009, 24(3): 29-32.
- [7] 张晓哲, 李云霞, 马丽华, 等. 红外制导半实物仿真系统中大气传输模型的分析[J]. 弹箭与制导学报, 2009, 29(1): 104-106.
- [8] 韩涛, 朱学光. 一种计算大气透过率的方法[J]. 红外技术, 2002, 24(6): 51-53.
- [9] 白延柱, 金伟其. 光电成像原理与技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2006.
- [10] 安毓英, 曾晓东. 光电探测原理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2009.
- [11] 张幼文. 红外光学工程[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1982.

(上接第48页)

量。基于机器视觉的大型零件尺寸测量系统可以方便有效地对大型的零件进行测量,并且满足非接触、测量速度快、测量精度高、实时显示等测量要求,为工业的发展提供了有力支持。

参考文献

- [1] 刘祥锋. 基于机器视觉技术的零件尺寸检测系统的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2005.
- [2] 马玉真, 胡亮, 方志强. 计算机视觉检测技术的发展及应用研究[J]. 济南大学学报, 2004(3): 222-227.
- [3] 薛琴. 基于图像拼接的零件几何尺寸的图像测量算法的研究[D]. 广州: 广州工业大学, 2007.
- [4] 徐孙浩. 大尺寸零件的机器视觉在线测量方法研究[D]. 南京: 东南大学, 2009.
- [5] Ya-jun FANG, Ichiro Masaki. Depth-based target segmentation for intelligent vehicles: fusion of radar and binocular stereo[J]. IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems, 2002, 3(3).
- [6] Lu R S. On-line measurement of the straightness of seamless steel pipes using machinevision technique[J]. Sensors and Actuators, 2001(94): 417-427.
- [7] 罗胜彬, 宋春华, 韦兴平. 非接触测量技术发展研究综述[J]. 机床与液压, 2013, (23): 150-153.
- [8] 刘超. 基于机器视觉的微小零件自动测量与装配[D]. 大连: 大连理工大学, 2009.
- [9] Bremner J F. Automatic vision inspection system for the inspection of shapes cut in sheet material[J]. Proceeding on Image Processing, 1986: 40-43.
- [10] 彭激汐, 赵冠先, 王志前. 基于图像识别系统的灰度化算法研究与效率分析[J]. 电子世界, 2014(7): 105-106.
- [11] 杨山. 基于中值滤波和小波变换的图像去噪[D]. 南京: 南京理工大学, 2002.
- [12] 张恒. 基于SIFT的图像拼接算法研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2012.
- [13] Matthew Bown, David G Lowe. Automatic panoramic image stitching using invariant features[J]. International Journal of Computer Vision, 2007, 74(1): 59-73.
- [14] 杨威. 基于机器视觉的图像配准技术的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2014.
- [15] 段振云, 杨丹, 赵文辉. 一种改进的Canny自适应边缘检测算法[J]. 机械工程师, 2015(3): 7-9.
- [16] 张永宏, 胡德金, 徐俊杰. 基于视觉图像的加工零部件亚像素边缘定位[J]. 机械工程学报, 2004(6): 179-182.
- [17] 艾红干. 基于亚像素的图像检测方法与关键技术研究[D]. 长沙: 中南大学, 2012.
- [18] Triggs B. Empirical filter estimation for subpixel interpolation and matching [J]. ICCV, 2001, 2(2): 550-557.
- [19] 陈华江. 基于机器视觉的零件几何量测量方法研究与系统开发[D]. 上海: 东华大学, 2011.