

Vehicle Cup-Holder Defect Detection System Based on Machine Vision

Jinxing Liu, Xianwei Han*, Wei Gao

National Demonstration Center for Physics and Electronics Education, Henan University, Kaifeng Henan
Email: *xianweihan@vip.henu.edu.cn

Received: Jun. 1st, 2019; accepted: Jun. 14th, 2019; published: Jun. 24th, 2019

Abstract

Nowadays, the inspection of vehicle cup-holder parts mainly relies on manual inspection and fixture inspection, which affects the industrial production efficiency and quality, and the labor cost is also high. A defect detection system of vehicle cup-holder based on machine vision was designed. The design of light source system, high-speed image acquisition system and image processing system were respectively verified. The feasibility of the system was verified by experiments. Experiments show that the system has high detection efficiency and low false detection rate, which reduces the cost of industrial production and can run stably and at high speed for a long time.

Keywords

Machine Vision, Cup-Holder Defect Detection, Auto Parts, Image Collecting, Image Processing

基于机器视觉的汽车置杯盒缺陷检测系统

刘金星, 韩现伟*, 高伟

河南大学, 物理与电子国家级实验教学示范中心, 河南 开封
Email: *xianweihan@vip.henu.edu.cn

收稿日期: 2019年6月1日; 录用日期: 2019年6月14日; 发布日期: 2019年6月24日

摘要

现如今汽车置杯盒零部件生产中的检测环节主要依赖人工目检和具检, 影响工业生产效率和质量, 人工成本也较高。设计了一种基于机器视觉的汽车置杯盒缺陷检测系统, 分别对光源系统、高速图像采集系统和图像处理系统的设计进行了验证, 实验验证了系统的可行性。实验表明: 系统检测效率高、误检率低, 降低了工业生产成本, 且可以长时间稳定且高速地运行。

*通讯作者。

关键词

机器视觉, 置杯盒缺陷检测, 汽车零部件, 图像采集, 图像处理

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着机械自动化水平的发展, 汽车零部件生产中的大部分环节都已实现了智能化, 但零部件是否装配正确到位仍需人工目力或检具检测, 由于受到主观因素、工作强度以及视觉疲劳程度的影响, 人工的误检率较高, 效率和检测质量较低且人工成本较高, 影响工业的生产质量[1]。

机器视觉在检测缺陷方面具有非接触性、灵活性高、效率和准确率高的特点, 被广泛应用于制造业中的工况监视、成品检验和质量控制等环节[2] [3] [4] [5]。郭全民等人提出了一种基于机器视觉的多铆钉自动检测算法, 较传统 OTSU 算法更准确的对目标和背景进行聚类, 更多的污点区域未被划分为目标类, 有效解决了铆钉倾斜放置对检测过程的影响[6]。陈至坤等人针对传统的轮廓提取方法提取的图像轮廓有时存在断点的问题, 给出了 Radon 变换法对断点轮廓进行重构, 从而得到连续的单像素宽的图像轮廓, 且具有一定的抗干扰能力[7]。

针对汽车零部件检测的人力浪费和工人的误检率、漏检率高, 效率较低的问题, 设计了一种基于机器视觉的汽车零部件检测系统, 降低了质检环节的误检率和漏检率, 提高了工人工作效率, 为工业生产节省了生产成本, 有利于零部件质量信息的集成。

2. 问题描述

经工厂调研发现, 汽车置杯盒零部件装配后, 需对零部件进行如下检测, 如图 1 所示。

1) 各个连接件和零件是否安装, 包括: 卡扣, 泡棉, 铁片, 螺钉, 按键, 不织布。



Figure 1. Parts drawing

图 1. 零部件图

- 2) 泡棉是否装反, 破损。
- 3) 螺丝是否装配到位。
- 4) 铁片是否装反, 柱头是否经过热熔处理。

3. 系统硬件实现

3.1. 系统总体框架

汽车零部件检测系统结构图如图 2 所示。启动系统后, 系统处于待机状态, 等待工作人员放入标准产品。若光电传感器检测到物体被放置, 低电平信号由光电传感器传输到单片机, 系统处于激活状态, 两个启动开关同时被按下后, 下降沿触发单片机外部中断, 由中断服务程序发送高电平至继电器, 继电器控制电磁阀, 气缸压紧物体, 单片机发出下降沿的外触发信号触发相机拍摄采集零部件图像。图像信息由网线传输至工控机, 由程序检测图像的标准参数信息, 系统自动复位, 工作人员取出标准产品。系统开始检测状态, 由工作人员放入待检测产品, 由系统检测是否存在缺陷, 若存在缺陷, 经过串口通信, 通过单片机, 保持气缸原始状态不被松开, 蜂鸣器开始报警。等待复位开关按下, 低电平传输到单片机, 单片机发送低电平到继电器, 继电器控制电磁阀, 控制气缸松开, 蜂鸣器停止报警; 若不存在缺陷, 单片机发送低电平信号到继电器, 控制气缸松开, 检测流程结束。

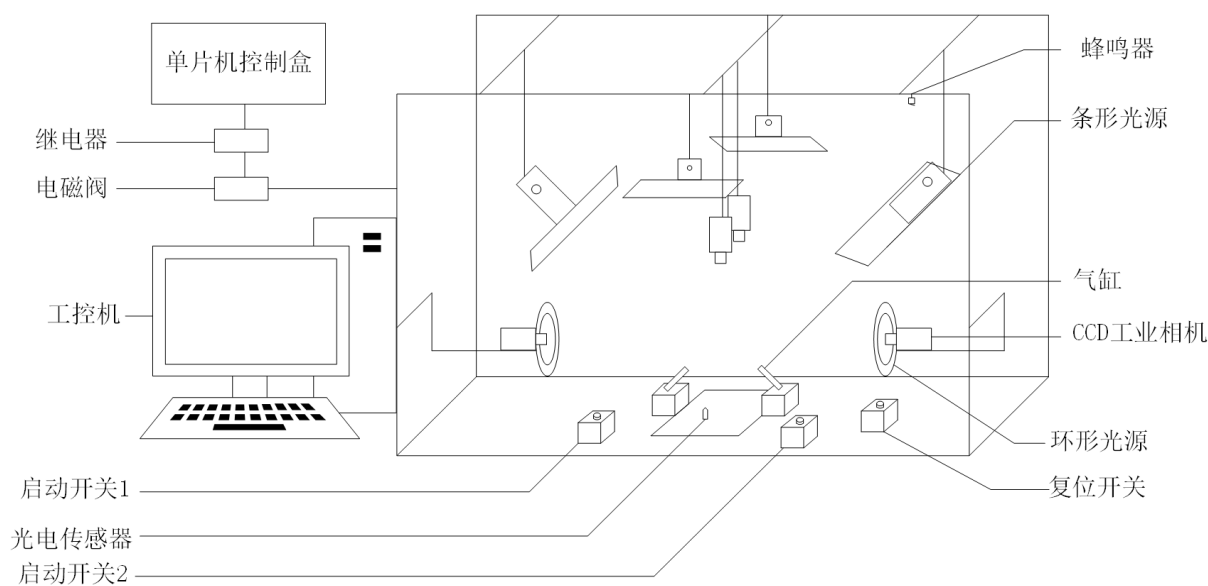


Figure 2. System structure
图 2. 系统结构

3.2. 系统硬件平台设计

一个典型的工业机器人视觉系统硬件设备包括: 光源、镜头、相机[8]。系统平台结构设计如图 3 所示, 主要由零件上方和两侧的相机, 多个光源组成。各个组件都可根据实际情况调节角度和高度。整个平台外围被铝塑板包围, 以杜绝环境光的影响, 只留一个供工人放置拿取零部件的矩形孔。

系统相机采用大恒图像的水星(MERCURY)家族的 MER-G 系列数字相机, 具有高分辨率、高清晰度、低噪声等特点, 适用于工业检测、医疗、科研、教育以及安防等领域。系统一共设置四个相机, 两个位于零部件正上方, 用于采集零部件俯视图(一个彩色相机, 一个黑白相机), 两个位于零部件两侧(两个黑白相机), 用于采集零部件的侧视图。系统选择上方彩色相机镜头为 VS0816-5M; 黑白相机镜头为

VS1614-10M; 两侧相机镜头为 VS1614-4M。系统采用 4 个条形 LED 光源(位于零部件上方前后左右四个方位, 角度、高度可调节), 对零部件进行自上而下的前向照明。考虑到安装问题且环形光源对图像局部亮度较为均匀, 采用 2 个环形 LED 光源(位于零部件两侧)前向照明, 突出物体的立体信息, 节省安装空间, 如图 3 所示。

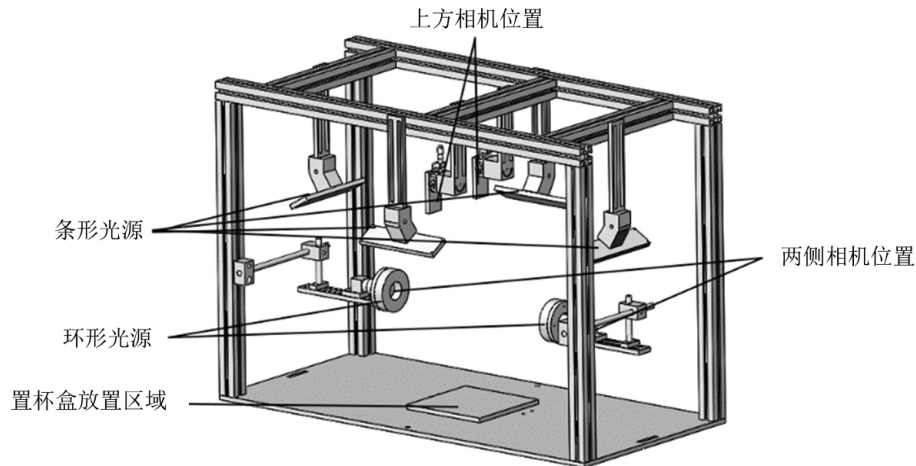


Figure 3. System hardware platform structure
图 3. 系统硬件平台结构图

4. 系统程序设计

4.1. 按键检测程序设计

在置杯盒零部件的生产中, 按键易装反和漏装, 工人在检测时也较难发现按键装配错误。程序使用一种基于边缘方向梯度的模板匹配算法检测按键[9] [10] [11]。主要用来检测按键装配方向和装配类型是否正确。由于各个按键图像形状特征有较大差别, 检测时首先获取标准按键图像, 放上待检测工件, 用模板匹配算法在待检测图像上进行搜索定位, 将图像模板在高层图像金字塔进行搜索匹配(模板有旋转有放缩的搜索), 映射到低层, 搜索速度较快。如果没有匹配到目标, 则以预先输入的三个按键图像作为模板图像, 如图 4 所示, 使用三个按键模板分别在待测工件按键区域内进行搜索匹配, 如果匹配到目标则按键安装正确, 否则提示安装错误, 算法流程如图 5 所示。其中滞后阈值需要两个阈值, 高阈值和低阈值, 二者之比在 2:1 和 3:1 之间较为合适。若某一像素值幅值高于高阈值, 则被保留; 低于低阈值, 则被舍弃; 若在二者之间, 仅当该像素连接一个高于高阈值的像素时才被保留。



Figure 4. Key template
图 4. 按键模板

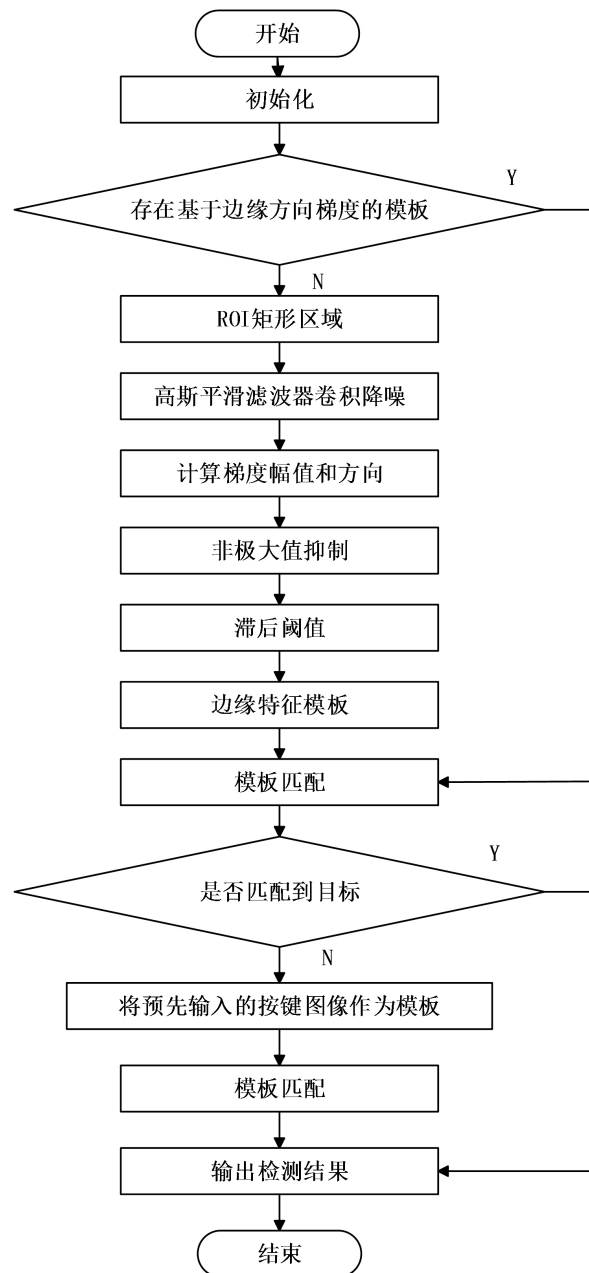


Figure 5. Key detection program flow chart
图 5. 按键检测程序流程图

4.2. 螺钉、卡扣检测程序设计

检测螺钉、卡扣零件是否装配，是利用处理后图像区域的灰度信息来判断。首先计算已装配的螺钉和卡扣区域的灰度平均值，结合未装配时此区域的灰度平均值，设定灰度平均值阈值，在检测时，计算螺钉和卡扣区域的灰度平均值与设定阈值比较即可判别是否装配。

检测螺钉是否装配到位，由两侧相机采集各个螺钉区域的图像，对其进行阈值分割处理，形态学处理，计算轮廓，计算区域的质心位置[12]。如图 6 所示为装配正确的螺钉图像和二值图像，图 7 为装配时未将螺钉拧紧的图像及其二值图像，程序处理时，分别计算其二值图像的质心高度，对其比较即可判别

是否装配正确。

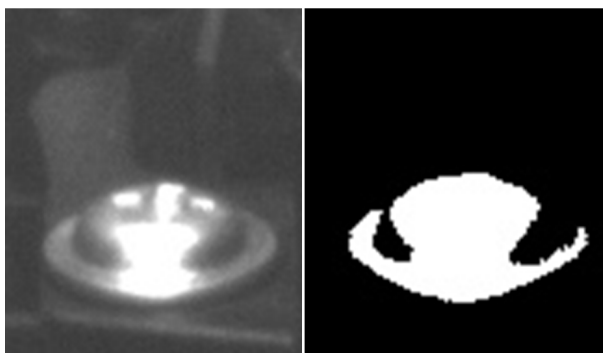


Figure 6. Correct screw detection

图 6. 正确的螺钉检测

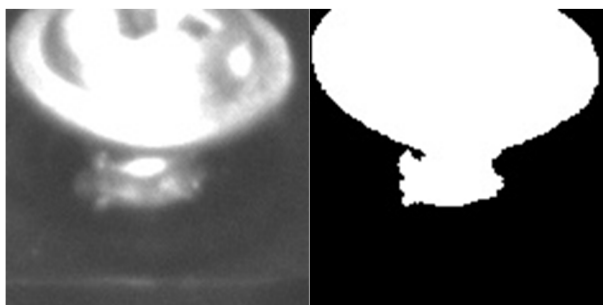


Figure 7. Wrong screw detection

图 7. 错误的螺钉检测图

4.3. 不织布检测程序设计

不织布只需检测是否装配，使用一种局部阈值分割的方法[13]。如图 8 所示，不织布 1 和不织布 2 由于和周围区域有较明显区分，使用灰度信息即可判别。不织布 3 周围区域与不织布区别不大，实验分析发现，不织布 3 检测到的灰度值为 7，周围区域灰度值大于 10，使用阈值为 10 来分割图像，之后检测像素值为 255 的面积，如图 10 所示。若面积为 0，则表示不织布 3 未装配，否则表示已装配。图 9 位不织布 3 阈值分割后的图像。

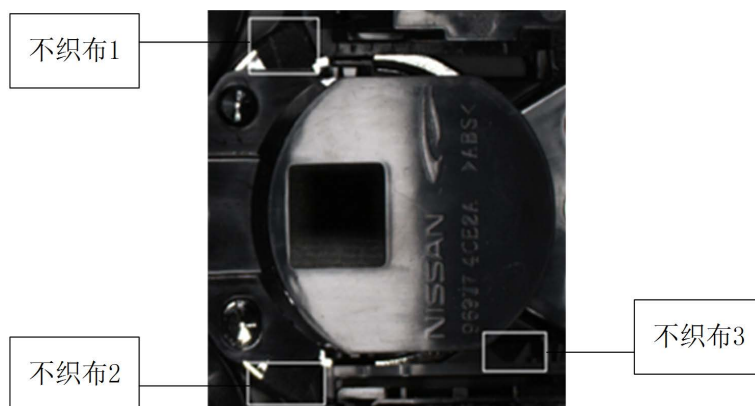


Figure 8. Nonwoven region

图 8. 不织布区域



Figure 9. Nonwoven 3
图 9. 不织布 3

4.4. 泡棉检测程序设计

程序在检测泡棉时分为两步，第一步检测泡棉是否安装，第二步检测泡棉是否缺损。泡棉是否安装使用灰度信息即可简单判别，在此不多加赘述。检测泡棉是否缺损时，由于泡棉本身存在许多气孔，在进行灰度变换和阈值分割后会形成许多明暗相间的点，但是背景图像较为平滑。算法使用 scharr 滤波器计算出图像的梯度信息图把泡棉和背景区分开，如图 10 所示。

Scharr 滤波器的原理和 Sobel 算子类似，用来计算图像 x 或 y 方向的图像梯度信息。由于 Sobel 算子的内核大小为 3 时会产生比较明显的误差，Scharr 滤波器只针对大小为 3 的内核，Scharr 滤波器和 Sobel 算子运算速度一样快，但结果却更加精确。

算法使用孔洞填充和去除小区域将泡棉本身的气孔剔除[14]，再将泡棉分为 4 段，如图 11 所示，由于破损面积一般远大于泡棉本身的气孔，因此并不会被去除。计算未破损泡棉像素值为 0 的个数 N，由此设定泡棉是否缺损的阈值 T。在实际检测时依据此阈值即可判别泡棉是否破损。如图 12 为泡棉检测流程图。

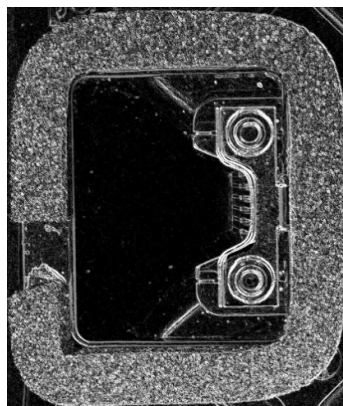


Figure 10. Foam gradient information
图 10. 泡棉梯度信息

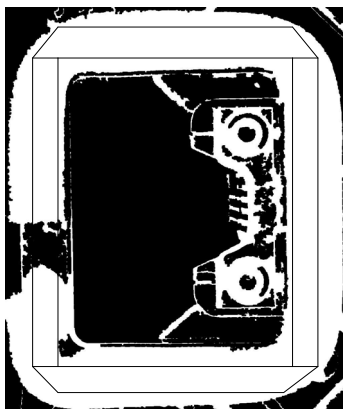


Figure 11. Foam subsection
图 11. 泡棉分段

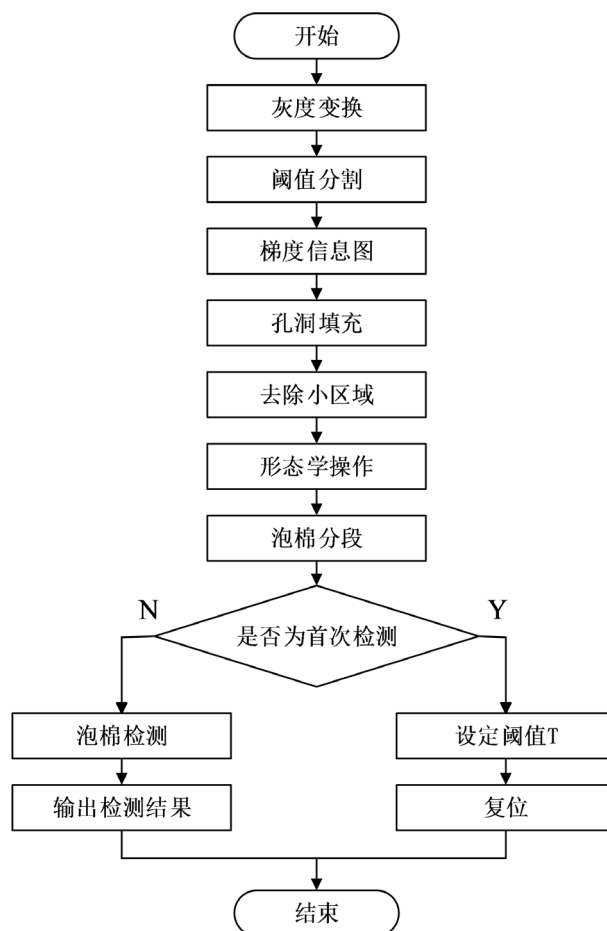


Figure 12. Foam detection program flow chart

图 12. 泡棉检测流程图

4.5. 铁片检测程序设计

铁片检测有三个方面：是否装配、是否装反和柱头是否经过热熔处理。算法采集如图 13 所示的铁片中部区域图像信息进行分析。对铁片图像进行阈值分割处理。由于在铁片没有装配和装反的情况下，此区域像素值全部为 255，因此只需检测此区域像素值为 255 的像素个数即可检测是否装配和装反。

检测铁片柱头是否经过热熔处理，算法首先采集经过热熔处理的铁片柱头区域，进行灰度变换，阈值分割，形态学操作和形状匹配法等操作[15]，计算出柱头区域(白色圆形区域)面积，依据此面积值设定阈值，在检测时即可判别铁片柱头是否经过热熔处理，如图 14 所示为铁片柱头热熔处理对比图。



Figure 13. Detection region

图 13. 检测区域



Figure 14. Comparison of hot melt treatment
图 14. 热熔处理对比

5. 实验分析

本文选择样品 1400 例,其中每种缺陷各取 200 例(每个零部件只存在一种缺陷),无缺陷样品 200 例。实验数据如下表 1。实验结果表明,系统可对置杯盒零部件进行十分精确地检测,比人工检测结果更加准确且效率较高,满足工业生产需求,系统检测界面如图 15 所示。

Table 1. System resulting data of standard experiment

表 1. 标准试验系统结果数据

缺陷类型	数量	误检数	正确率
螺钉	200	7	96.5%
卡扣	200	5	97.5%
泡棉	200	4	98%
铁片	200	4	98%
不织布	200	6	97%
按键	200	9	95.5%
无缺陷	200	3	98.5%
合计	1400	38	97.29%



Figure 15. System interface
图 15. 系统界面

6. 总结与展望

本文阐述了用于控制检测系统启停及报警的硬件控制平台(包括光源、相机、镜头、单片机和工控机等设备)的设计方案和汽车置杯盒零部件检测算法。系统可以精确地检测出实际生产中可能存在的各种缺陷,满足工业生产的需求,提高了汽车生产质检环节的效率和质量,节省了人力,降低了工业制造成本,但在自动化设计方面有进一步提升的空间。

基金项目

本文获得河南大学科研基金项目(2015YBZR044)的资助。

参考文献

- [1] 我国汽车生产自动化系统的发展趋势[J]. 自动化博览, 2007, 24(2): 34-35.
- [2] Malamas, E.N., Petrakis, E.G.M., Zervakis, M., Petit, L. and Legat, J.-D. (2003) A Survey on Industrial Vision Systems, Applications and Tools. *Image and Vision Computing*, **21**, 171-188. [https://doi.org/10.1016/S0262-8856\(02\)00152-X](https://doi.org/10.1016/S0262-8856(02)00152-X)
- [3] Golnabi, H. and Asadpour, A. (2007) Design and Application of Industrial Machine Vision Systems. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, **23**, 630-637. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2007.02.005>
- [4] 刘振宇, 李中生, 冯柏润, 郭名坤, 赵雪. 机器视觉在工业生产线上的应用实现[J]. 微型机与应用, 2013, 32(17): 27-30.
- [5] Di Leo, G., Liguori, C., Pietrosanto, A. and Sommella, P. (2017) A Vision System for the Online Quality Monitoring of Industrial Manufacturing. *Optics and Lasers in Engineering*, **89**, 162-168. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2016.05.007>
- [6] 郭全民, 胡辉. 基于机器视觉的多铆钉自动检测算法研究[J]. 传感器与微系统, 2013, 32(4): 48-50+53.
- [7] 陈至坤, 潘晓娣, 王福斌, 周亚罗, 刘杰. 基于 Radon 变换的图像轮廓提取方法研究[J]. 传感器与微系统, 2010, 29(2): 63-65+68.
- [8] 李福建, 张元培. 机器视觉系统组成研究[J]. 自动化博览, 2004(2): 61-63.
- [9] 田娟, 郑郁正. 模板匹配技术在图像识别中的应用[J]. 传感器与微系统, 2008, 27(1): 112-114+117.
- [10] 吴晓军, 邹广华. 基于边缘几何特征的高性能模板匹配算法[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(7): 1462-1469.
- [11] 李强, 杨涛. 形心和匹配跟踪算法的改进[J]. 光电工程, 2000, 27(2): 28-30.
- [12] Sun, J.-Q., Zhou, J., Zhang, Z. and Zhang, Y.-P. (2011) Centroid Location for Space Targets Based on Energy Accumulation. *Optics and Precision Engineering*, **19**, 3043-3048.
- [13] Zaitoun, N.M. and Aqel, M.J. (2015) Survey on Image Segmentation Techniques. *Procedia Computer Science*, **65**, 797-806. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.027>
- [14] 杨顺辽. 数学形态学在小区域去除处理中的应用[J]. 长江大学学报(自科版), 2005, 2(10): 323-325.
- [15] 周瑜, 刘俊涛, 白翔. 形状匹配方法研究与展望[J]. 自动化学报, 2012, 38(6): 889-910.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-8801，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：csa@hanspub.org