

DOI:10.16652/j.issn.1004-373x.2019.17.011

复杂背景下基于Halcon的刹车盘视觉检测

殷春华¹, 杨宏韬¹, 赵爱国², 李 岩¹, 师富杲², 刘克平¹

(1. 长春工业大学, 吉林 长春 130000; 2. 吉林省金沙数控机床股份有限公司, 吉林 长春 130000)

摘 要:为实现刹车盘自动上料仓快速准确地检测刹车盘的状态信息,提出一种复杂背景下基于Halcon的刹车盘检测系统的设计方案,实现检测系统中图像采集与显示、图像处理及运行控制等功能。首先控制机械手并利用CCD相机实时采集刹车盘图像;其次进行图像预处理,对图像在HSV颜色模式中进行阈值分割,确定感兴趣区域,对该区域进行阈值分割并结合形态学处理以得到更精准的刹车盘区域;最后结合刹车盘边缘轮廓寻找刹车盘位置,进而判断其在上料过程中的状态。实验结果表明,该系统具有较高的检测准确度和检测效率,能够满足实际生产的需要,为复杂背景下刹车盘上料仓在线检测提供了新的途径。

关键词: 刹车盘检测; 图像采集; 图像处理; 阈值分割; 感兴趣区域确定; HSV颜色模式

中图分类号: TN911.73-34; TP29

文献标识码: A

文章编号: 1004-373X(2019)17-0049-04

Visual detection of Halcon-based brake disc in complex background

YIN Chunhua¹, YANG Hongtao¹, ZHAO Aiguo², LI Yan¹, SHI Fugao², LIU Keping¹

(1. Changchun University of Technology, Changchun 130000, China; 2. Jilin JinSha CNC Machine Company, Changchun 130000, China)

Abstract: In order to detect the status information of brake disc fast and accurately by automatic feeding bin, a Halcon-based brake disc detection system in complex background is proposed to realize the functions of image collection and display, image processing, and operational controlling. Firstly, the manipulator is controlled and the brake disc image is collected by CCD camera in real time. Secondly, image preprocessing is carried out to perform threshold segmentation of the image in HSV color mode, to determine the region of interest, and to conduct threshold segmentation of the interested region and morphological processing to obtain more accurate brake disc area. Finally, the position of the brake disc is found by combining with its edge contour, so as to judge its state in the feeding process. The experimental results show that the system has high detection accuracy and efficiency, can meet the needs of actual production, and provide a new way for on-line detection of the automatic feeding bin in complex background.

Keywords: brake disc detection; image acquisition; image processing; threshold segmentation; interested region detection; HSV color mode

0 引 言

在经济飞速发展的今天,汽车作为便捷的交通工具被越来越多的人所购买使用,刹车盘作为汽车的基础配件对汽车的安全性能起到了至关重要的作用。在有限的生产周期内提升刹车盘的制造效率尤为重要。目前,我国的刹车盘自动上料仓大多采用机械手进行刹车盘的搬运,但在复杂的工业现场中,往往因机械手误抓、漏

抓现象而引起上料仓的一系列故障问题,破坏了工业现场的连续性,降低了刹车盘的生产效率^[1-2]。因此,研究一种在实际生产中能够准确检测到刹车盘的方法成为工业发展的需要。

在工业生产现场中,传统的人工巡检费时费力,且存在不稳定性等诸多问题,而采用重力传感器的方式进行刹车盘的检测则容易出现误检、漏检、成本过高等情况。机器视觉最大的特点就是提高检测的灵活性和稳

收稿日期:2018-12-14

修回日期:2019-01-07

基金项目: 吉林省科技厅科技支撑计划项目(20170204067GX);长春市科技计划项目(17DY032);吉林省省级产业创新专项资金项目(2018C038-2);长春市重大科技攻关项目(17SS012)

Project Supported by Key Science and Technology Project of Jilin Province (20170204067GX), Scientific and Technical Planning Projects of Changchun (17DY032), Industrial Innovation Special Funds Project of Jilin Province (2018C038-2), Significant Scientific and Technical key Projects of Changchun (17SS012)

定性,在大批量重复性的工业生产过程中,减少人为因素带来的误差,提高了检测效率和上料进程,具有较高的研究价值和应用价值^[3-5]。

本文针对复杂的工业现场环境,在刹车盘检测模块中结合机器视觉软件Halcon提出一种三次阈值的刹车盘检测方法。此方法能够动态地检测到刹车盘的状态信息,有效地获取目标区域,简化了图像处理的流程,且大大节省了工作时间,与人工巡检相比增强了工业生产的稳定性和连续性,从性价比、耐用程度来看也要强于重力传感器检测模式,为后续工业流程中刹车盘的放置工作铺垫了良好的前置条件。

1 刹车盘检测系统

1.1 系统结构

刹车盘检测系统主要由相机支架、工业相机、镜头、光源、计算机及输出设备组成,其整体结构如图1所示。机械手抓取刹车盘向上进行提拉,工业相机位于刹车盘左侧,镜头将刹车盘图像采集到计算机中。光源置于刹车盘右侧,让光照变得均匀。刹车盘检测程序采用Halcon+Visual Studio 2015作为软件的开发环境,基于C#的整体架构安装在计算机中,操作平台为Windows 7,应用程序包括刹车盘图像处理程序和机械手运行制动程序。图像处理软件采用灰度变换、滤波降噪、阈值分割、形态学处理等运算实现图像的处理和信息分析,对于分析的结果通过I/O卡直接驱动外部设备实现报警和控制工业机械手制动。工业相机为大恒图像公司生产的MER-132-43U3M/C工业相机;镜头为KOWA百万像素定焦镜头LM6NCM;光源为LDR2-32SW2型号白光光源;I/O卡为深圳旭为科技有限公司生产的电脑串口控制继电器模块。

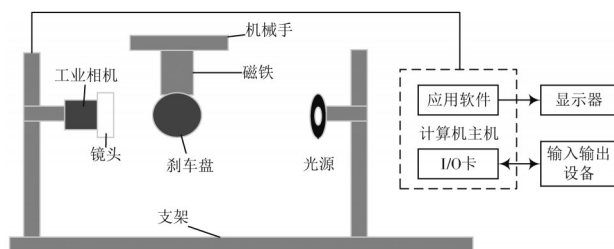


图1 刹车盘检测系统结构框图

Fig. 1 Block diagram of brake disc detection system

1.2 图像分析软件系统

系统的图像分析软件主要基于Halcon编程开发。Halcon是德国机器视觉软件领导者MVtec公司开发的一套机器视觉软件,计算分析能力强大,被广泛地应用在工业各类自动化检测中。

系统软件可以按照图像处理的流程进行描述,其中包括图像采集、图像预处理^[6]、阈值分割^[7-8]、形态学处理、刹车盘检测及状态分析等模块^[9-10]。组成框图如图2所示。

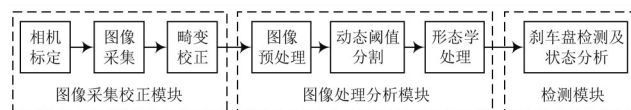


图2 刹车盘检测流程图

Fig. 2 Flowchart of brake disc detection system

2 刹车盘图像的处理方法

为了在复杂的工业现场环境中能够准确地对刹车盘进行实时检测,需要完成颜色空间转换^[11]、感兴趣区域获取^[12]、阈值分割等操作。本文采用Halcon软件的HDevelop平台通过一系列算子进行图像分析处理。

2.1 图像采集

利用Halcon软件中的read_image()算子从磁盘中加载拍摄到的图像。由于受制于各种外界因素,刹车盘所在的前景区域与背景区域的对比度较低,难以准确地实现刹车盘的定位和检测。为解决这个问题,本文基于HSV颜色模式进行图像分割,其中H为色相,S为明度,V为纯度。效果如图3所示,可以看出S通道对比度较强,对S通道图像分割获取区域后,在H通道图像中体现出来,再对划分后的H通道图像进行基于颜色的阈值分割,以动态地得到感兴趣的刹车盘区域。

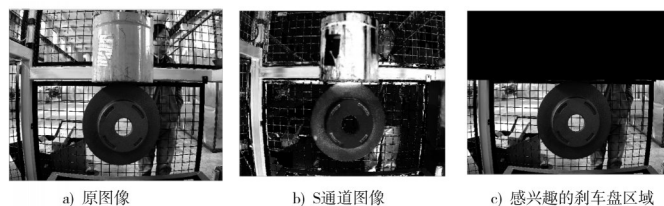


图3 原图与部分处理后的效果图

Fig. 3 Original and partially processed pictures

2.2 图像预处理

在获取图像的过程中,复杂的工业生产环境及机器视觉系统本身的问题会带来随机扰动。图像预处理后能够消除噪声、最大程度地还原真实图像。方法如下:

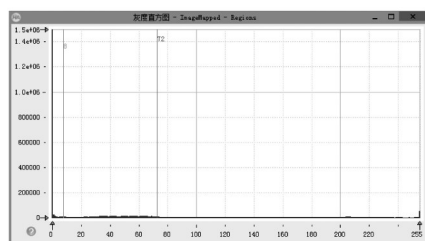
- 1) 调用Halcon中rgb1_to_gray()算子对彩色图像进行灰度化处理,以缩减图像处理过程中的复杂程度。
- 2) 调用median_image()算子对缩减后的刹车盘区域进行中值滤波;map_image()算子对滤波后的图片进行畸变校正,消除外界环境因素引起的噪声,使图像不再扭曲,为后续的图像处理、刹车盘检测奠定良好基础。

2.3 图像分割

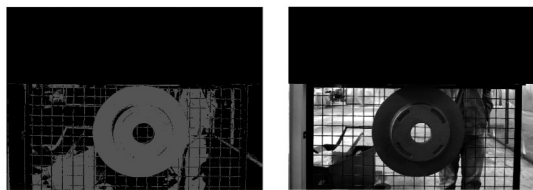
对校正好的图像进行分割可以有效地将刹车盘从背景中分离出来。二值化处理就是利用图像中刹车盘与其背景在灰度特性上的差异而实现的。在采集的图像中,若某一像素的灰度值高于这个阈值,则认为这个像素为背景区域,低于这个阈值,则为前景区域。设原始图像为 $g(x, y)$, 二值化后的图像为 $G(x, y)$, 阈值为 T , 则:

$$G(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{foreground } g(x) \leq T \\ 0, & \text{background } g(x) > T \end{cases}$$

式中:值为1的部分表示目标刹车盘;值为0的部分表示背景。其灰度直方图如图4a)所示,二值化处理后图像如图4b)所示,运算后输出结果如图4c)所示。



a) 灰度直方图



b) 阈值分割图像

c) 滤波校正后图像

图4 图像二值化处理

Fig. 4 Image binarization processing

2.4 区域处理

为确保阈值分割后获得的图像中仅有刹车盘,避免存在其他杂点,首先,调用 `connection` 命令,将阈值后图像中的区域根据连通关系独立分开;然后,调用 `fill_up()` 算子,用于填充区域中的小漏洞,使检测时的刹车盘信息更加完整;接着,使用圆形结构元素进行开运算处理,用来分离在图像中与刹车盘粘连的物体,平滑刹车盘的边界;最后,利用 `select_shape()` 算子进行筛选,以期从图像中检测出刹车盘。根据刹车盘图像的先验知识,采用面积“area”和圆度“circularity”特征进行选择。

利用上述运算后获得的图像如图5e)所示,可以看出虽然检测到了刹车盘,但是仍然存在刹车盘信息检测不完整和误检测到网格的情况。

2.5 边缘轮廓获取

为准确获取目标的信息,确保检测图像中仅有刹车

盘,需要对刹车盘边界区域进行处理。首先,调用 `boundary()` 算子,并进行膨胀运算以获取完整的刹车盘边缘图像;其次,利用 `edges_sub_pix()` 算子获取刹车盘的亚像素边缘轮廓,结合 `select_shape_xld()` 算子选取感兴趣的轮廓边缘;然后,遍历感兴趣的刹车盘边缘,得到其数组中点的横坐标及纵坐标;最后,根据各个点生成多边形,其外接圆即为刹车盘的完整轮廓边缘。利用上述运算后获得的图像如图5所示。

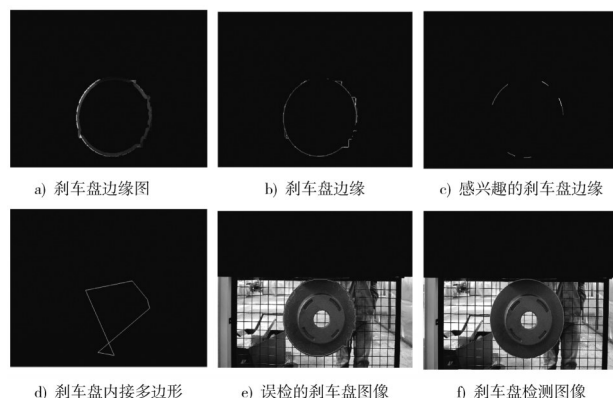


图5 刹车盘检测图像

Fig. 5 Detection image of brake disc

3 刹车盘视觉检测系统实验

由于刹车盘检测系统用于刹车盘上料仓,为流水线作业,因此在工作过程中需要保证较高的实时性、准确性及鲁棒性。刹车盘系统主要分为检测和控制两个过程,即在线刹车盘检测和决策处理。

首先对系统上电进行初始化,然后根据实际需要配置工业相机的参数和运动控制的相关参数。机械手启动后系统进入工作状态,磁铁通电时吸取刹车盘进行移动,当红外传感器检测到刹车盘后,触发相机进行图像采集,之后图像送入计算机进行图像处理和判断决策。不同的输出信号(1为有盘,0为无盘)通过I/O卡输出的信号直接控制机械手进行运动。如果输出信号为0,则表明此时情况为无盘,系统报警并二次吸取刹车盘,具体流程如图6所示。

为了验证系统的检测效率,开展了共计500次的刹车盘抓取实验进行测试,其中已知有40次为无盘的情况。实验结果显示,全部正确检测识别出无盘的特殊情况,成功报警并进行下一次抓取,在其余460次检测实验中,成功检测识别出有盘情况456次,检测成功率达99.2%。其中,4次未成功检测识别是由于个别刹车盘存在反光问题、外界环境变化过大等因素造成的,在后续工作中将进一步研究本文所提出方法在变化的工业生产现场环境下的适应性问题。

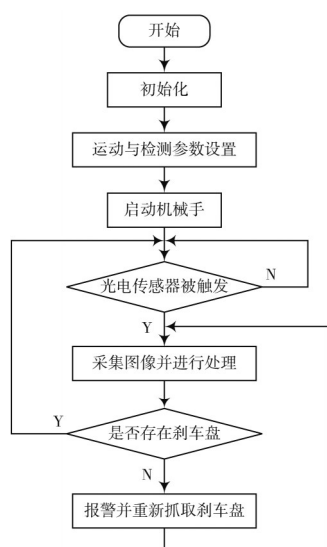


图6 主程序流程图

Fig. 6 Flowchart of the main program

4 结 论

作为重要的汽车基础配件,刹车盘被应用于各类汽车产品中,而传统的刹车盘检测手段存在刹车盘检测效率低、识别不准确等问题。本文将三次阈值分割技术应用于刹车盘上料仓系统的检测系统中,取得了良好的效果。但在研究过程中,由于受制于外界环境的变化及刹车盘自身材质及亮度的影响,刹车盘检测过程中仍存在漏检的区域,在后续的研究过程中,针对不同材质的刹车盘,进一步研究本文所提出方法在变化的工业生产现场环境下的适应性问题,从而提高方法的有效性和普适性。

参 考 文 献

- [1] 李绍鹏. 汽车刹车盘典型工艺方案分析[J]. 金属加工: 冷加工, 2016(3): 32.
LI Shaopeng. Analysis on typical process of automobile brake disc [J]. Metal working (Cold processing), 2016(3): 32.
- [2] 姜凤国, 朱彬, 王燕涛. 刹车盘自动检测设备的设计[J]. 仪表技术与传感器, 2014(2): 42-44.
JIANG Fengguo, ZHU Bin, WANG Yantao. Design of automatic detection device for brake disc [J]. Instrumentation technology and sensor, 2014(2): 42-44.
- [3] 马贺贺, 齐亮, 张茂松, 等. 机器视觉技术在生产制造智能化进程中的发展应用[J]. 装备机械, 2014(3): 19-24.
MA Hehe, QI Liang, ZHANG Maosong, et al. Development and application of machine vision technology in manufacturing intelligent process [J]. Equipment machinery, 2014(3): 19-24.
- [4] 郭静, 罗华, 张涛. 机器视觉与应用[J]. 电子科技, 2014, 27(7): 185-188.
GUO Jing, LUO Hua, ZHANG Tao. Machine vision and application [J]. Electronic technology, 2014, 27(7): 185-188.
- [5] 罗尤春, 孙容磊. 机器视觉理论及应用[J]. 软件导刊, 2014(3): 13-14.
LUO Youchun, SUN Ronglei. Machine vision theory and application [J]. Software guide, 2014(3): 13-14.
- [6] 黄宇密. 数字图像处理技术及其应用[J]. 信息与电脑, 2016(3): 144-145.
HUANG Yumi. Digital image processing technology and its application [J]. China computer & communication, 2016(3): 144-145.
- [7] 雷建锋, 汪伟. 基于OpenCV的图像阈值分割研究与实现[J]. 现代电子技术, 2013, 36(24): 73-76.
LEI Jianfeng, WANG Wei. Research and implementation of image threshold segmentation based on OpenCV [J]. Modern electronics technique, 2013, 36(24): 73-76.
- [8] 苏艳刚. 图像的自动阈值分割研究[J]. 电脑与电信, 2016(4): 37-39.
SU Yangang. Research on the image automatic threshold segmentation [J]. Computer and telecommunication, 2016(4): 37-39.
- [9] 侯宾, 张文志, 戴源成, 等. 基于OpenCV的目标物体颜色及轮廓的识别方法[J]. 现代电子技术, 2014, 37(24): 76-79.
HOU Bin, ZHANG Wenzhi, DAI Yuancheng, et al. Method of objects' color and contour recognition based on OpenCV [J]. Modern electronics technique, 2014, 37(24): 76-79.
- [10] 张银苹, 葛广英. 基于HALCON的车牌识别研究[J]. 现代电子技术, 2014, 37(16): 92-95.
ZHANG Yinping, GE Guangying. Study on license plate recognition based on HALCON [J]. Modern electronics technique, 2014, 37(16): 92-95.
- [11] 杨敏, 刘国联, 戴宏钦. 基于HSV颜色空间的人体轮廓提取方法研究[J]. 北京服装学院学报(自然科学版), 2015(2): 41-46.
YANG Min, LIU Guolian, DAI Hongqin. Study of human contour extraction method based on HSV color space [J]. Journal of Beijing Institute of Clothing Technology (Natural science edition), 2015(2): 41-46.
- [12] 姚萌, 贾克斌, 萧允治. 基于关键区域的二值化场景特征快速提取方法[J]. 计算机工程与应用, 2018(6): 14-18.
YAO Meng, JIA Kebin, XIAO Yunzhi. Key region identification with binary feature extraction for high accurate scene matching [J]. Computer engineering and applications, 2018(6): 14-18.

作者简介: 殷春华(1993—), 男, 吉林长春人, 硕士, 研究方向为控制工程。