

文章编号:1674-2869(2015)11-0043-04

# 柱面喷码字符的自动识别算法

王学华,王华龙,马凡杰,李安翼,刘 苏

武汉工程大学材料科学与工程学院,湖北 武汉 430074

**摘 要:**在大规模工业生产过程中,几乎所有产品表面都会负载产品标示的字符信息.采取字符识别的方式对产品信息进行自动采集及判别在产品的整个生命周期中起着重要作用,因此满足工业现场工况要求的字符识别系统必须具备识别速度快、辨识效率高、鲁棒性好的特点.基于机器视觉平台 MVTec HALCON,结合高级语言编程,设计和开发了铜环产品柱面喷码信息的自动采集及在线识别系统,包含物料输送、图像采集、信息判断及分拣,解决了工业铜环柱面不规则排列字符、扭曲变形字符和模糊字符信息的图像处理 and OCR(Optical Character Recognition)字符识别问题.运行结果表明不规则字符信息一次识别率达到 99%以上,实现了铜环产品的生产与检测过程一体化.

**关键词:**字符识别;HALCON;图像处理;字符图像分割

**中图分类号:**TP391

**文献标识码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2015.11.009

## 0 引 言

在工业生产中,许多产品上都记录着大量与产品相关的信息,如产品的质量精度、批次号、生产地、生产商等,这些信息有的用压铸或印刷喷码直接刻印到产品表面上去,不同的产品、不同的工艺流程及制造会造成刻印的文字信息不同,因此采取的识别方式也不同,如二维码扫描、条码扫描、字符识别等.其中字符信息由于工艺、字体、磨损等原因会出现字符模糊、破损、扭曲变形等缺陷,造成识别难度大,准确率不高.因此开发快速准确、辨别率高、鲁棒性好的字符识别产品信息采集系统具有非常重要的理论价值和工程应用价值<sup>[1]</sup>.

随着制造过程自动化及计算机技术在产品制造过程中的迅速普及,机器视觉也越来越多的贯穿到产品的整个生命周期,特别是制造过程和管理过程的监控.MVTec HALCON 是德国 MVTec Software GmbH 公司开发的专门用于图像处理的软件,具有功能强大的视觉处理函数库,包含了所有标准和高级的图像处理算法,覆盖了从不同的硬件图像采集到高级的模式匹配算法<sup>[2]</sup>.黄剑航等人<sup>[3]</sup>采用 HALCON 中极坐标变换算子将圆弧形排列的字符变换成直线排列字符,实现了圆环平面区域内字符的识别,识别率高达 96%.

由于柱面喷码容易呈现不规则和扭曲变形字符,识别难度较大.本文采用 HALCON 机器视觉系统中的中值滤波算子,结合高级语言开发了铜环圆面不规则字符的图像处理及 OCR 字符识别系统,实现了柱面不规则排列字符的在线自动识别.

## 1 系统设计

工业铜环信息自动采集检测系统需要将生产线上铜环柱面已经喷码好的字符信息采集和识别.在采集的过程中,需要根据表面字符信息的不同对铜环产品进行产品分类,对于字符信息存在缺漏或完全无法识别的产品进行剔除.整个采集检测系统包含配光系统、采集平台、传感器、图像采集及处理、自动送件和分拣机构等,总体结构图如图 1 所示.

## 2 图像处理

在上述系统中通过工业相机获取字符区域的原始图像,在对其进行光学字符识别(OCR).识别字符图像包含两个关键任务:一是将图像中单个字符分割,二是将分割出来的单个字符进行分类.在分类时要为分割得到的区域分配一个符号标记,再通过 BP(Back Propagation)三层神经网络分配器进行字符识别<sup>[3]</sup>.OCR 识别的主要步骤为图像采

收稿日期:2015-10-13

基金项目:武汉工程大学研究生教育创新基金(CX2014068)

作者简介:王学华(1976-),男,湖北襄阳人,教授,硕士生导师.研究方向:材料加工.

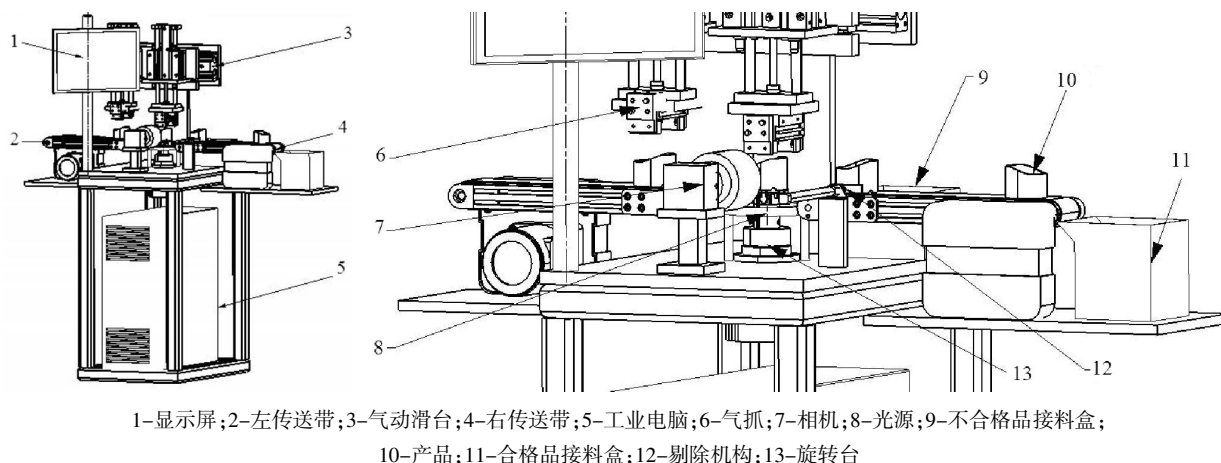


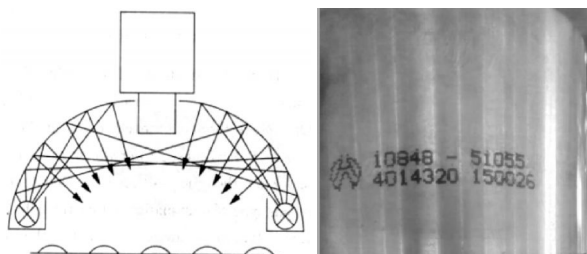
图 1 系统总体结构图

Fig.1 Overall structural diagram of the acquisition system

集,处理图像,OCR 字符识别和结果显示。

## 2.1 图像采集

图像采集设备采用以太网数字信号 CMOS 相机(方诚 FC-IU030M-30 相机,配备镜头),如图 2 (a) 所示的光源采用正面明场同轴漫反射 LED 环形白光光源,防止产生阴影,减少或防止镜面反射,使字符图像对比度增强<sup>[4]</sup>。在 HALCON 软件平台上采用 open\_framegrabber 算子连接相机,使用 grab\_image\_start 算子采集图像,结果如图 2(b)所示。



(a) 环形漫反射半球照明示意图 (b) 采集到的原始图像

图 2 照明系统示意图及获取的原始图像

Fig.2 Lighting schematic and raw image acquired

## 2.2 处理图像

将采集得到的图像要经过处理,以便得到字符轮廓,再进行识别,包括获取 OCR 字符区域、OCR 字符阈值分割、OCR 字符区域排序。因为铜环产品上面的喷码是印刷在圆柱面上,摄像机只是采集到的面阵图像,各字符区域间存在连通且布局稍有变形,因此对这些连通区域要进行图像分割,将变形的区域进行校正,再提取图像中的目标区域。

**2.2.1 获取 OCR 字符区域** 每幅图像都包含某种程度的噪声,必须通过图像平滑、均值滤波处理进行抑制。常用的降噪方法就是采集同一场景的多幅图像并对这些图像进行平均,计算公式如式(1)。

$$gr,c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{gr},c;i \quad (1)$$

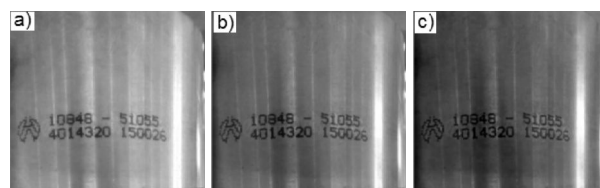
式(1)中  $\hat{gr},c;i$  代表第  $i$  幅图像位置  $(r,c)$  处的灰度值,计算得到的图像为时域平均图像。实际情况下,希望在仅仅一幅图像上就可以对灰度值真值进行估计,可以大大提高图像采集效率。式(2)提供了一种空间平均操作的方法,即均值滤波<sup>[5]</sup>,它通过估算像素为  $(2n+1) \times (2m+1)$  窗口内的像素真值,再用原始图像与之求差达到降噪的目的。

$$gr,c = \frac{1}{(2n+1)(2m+1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=-m}^m \hat{gr}-i,c-i \quad (2)$$

式(2)中可以看出,经过几次降噪后,图像噪声降低到原来的  $\frac{1}{(2n+1)(2m+1)}$ 。

HALCON 中选择目标区域并提取字符轮廓的具体步骤操作如下:

**a.** 采用 HALCON 的 decompose3(R、G、B)算子将采集得到的图像分成红(R)、绿(G)、蓝(B)三个单通道图像,如图 3(a)、3(b)、3(c)所示。



(a. R 通道; b. G 通道; c. B 通道)

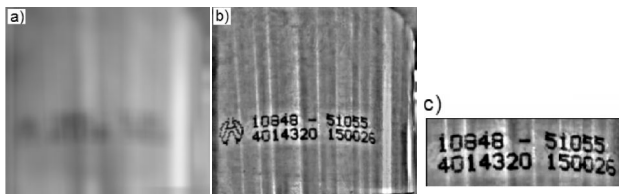
图 3 R、G、B 单通道图像

Fig.3 R、G and B single channel images

**b.** 调用 HALCON 的 gen\_rectangle1 算子函数提取目标区域 ROI\_0,再用 mean\_image 算子对图像做均值滤波降噪处理,得到的图像如图 4(a)所示。

c.调用 HALCON 的 `sub_image (Mult, Add:)` 算子对前两幅图像做减法,调整参数得到的清晰图像如图 4(b)所示。

d.调用 HALCON 的 `reduce_domain` 算子截取目标区域图像,如图 4(c)所示。



(a.均值滤波图;b.求差图;c.从 b 图截取的目标区域图)

图 4 OCR 字符区域的获取

Fig.4 Character region acquisition of OCR

2.2.2 OCR 字符阈值分割 为了得到更加清晰醒目的 OCR 字符轮廓,因此我们需要调节 ROI\_0 图灰度值,进行阈值分割及形态学处理<sup>[6]</sup>. 图像阈值分割是基于图像灰度值自身的,只要被分割的物体与背景之间存在非常明显的灰度差时,都能使用阈值分割. 阈值分割操作定义为如式(3)所示的形式。

$$S = \{ (r, c) \in R | g_{\min} \leq f_{r,c} \leq g_{\max} \} \quad (3)$$

式 (3) 中  $R$  表示输入图像  $f_{r,c}$  灰度值在  $(g_{\min}, g_{\max})$  的集合, 阈值分割时将图像 ROI\_0 内灰度值处于某一指定灰度值范围  $(0, 2^b - 1)$  内的全部点选到输出区域  $S$  中, 其中  $b$  为位深, 起阈值调节作用. 阈值分割后, 必须调整区域的形状以获取预期的结果, 所有的区域形态学处理根据并集、交集、差集、补集、平移和转置操作来定义<sup>[7]</sup>.

在 HALCON 里面调用 `threshold` 算子或者直接在灰度直方图中对 ROI\_0 图进行调整, 再调用 `dilation_rectangle1` 算子对 ROI\_0 图进行形态学膨胀处理, 后调用 `connection` 算子计算区域的连通域. 本文中当  $g_{\min}=0, g_{\max}=70$  时, ROI\_0 图经过形态学处理后得到的图像如图 5 所示, 合理的阈值范围能够提取较清晰的字符轮廓。



图 5 提取的目标字符轮廓

Fig.5 Obtained outline of character objects



图 6 目标区域进行膨胀腐蚀、分割排序后的结果

Fig.6 Result of character objects after dilation, erosion, segmentation and sorting operations

2.2.3 OCR 字符区域排序 为了方便后续的字符识别, 需要将字符区域排序, 首先调用 `gen_empty_obj` 算子创建一个空对象, 通过循环搜索学习得到需要的字符, 之后调用 `select_obj` 算子选择字符对象, 再调 `intersection` 算子将要学习的字符返回给对象. 在这里还需要进行字符分割, 调用 `connection` 和 `partition_rectangle` 算子对图像膨胀腐蚀, 以便得到更加清晰的字符区域, 再调用 `sort_region` 算子将区域字符进行排列, 再次对字符区域进行形态学字符分割, 调用 `concat_obj` 算子对区域进行图像膨胀, 将独立区域连成一个整体区域, 经过图像处理得到的图像如图 6 所示。

### 2.3 OCR 字符识别

OCR 字符识别是利用 BP (Back propagation) 三层神经网络将采集得到的图像经图像处理与 HALCON 软件系统中自带的字体模板进行分类匹配, 自行判断识别, 然后输出识别内容. 本文中调用了算子 `read_ocr_class_mlp` 分类器, 再调用 `do_ocr_multi_class_mlp` 算子将处理后的字符轮廓与 HALCON 软件字符库自行逐个匹配识别, 并返回结果和置信度。

经过图像处理、OCR 字符识别之后, 调用 `area_center` 算子对字符区域做行和列的坐标计算, 再利用循环将 `do_ocr_multi_class_mlp` 算子得到的字符串显示在窗口上, 结果如图 7 所示。



图 7 OCR 识别结果显示

Fig.7 OCR recognition results shown in original image

## 3 结 语

采用 HALCON 的图像处理算子结合高级语言开发了柱面喷码字符自动识别算法, 实现了流水线上铜环柱面不规则喷码信息的连续自动采集及判别, 运行结果表明采用均值滤波算法结合图像分割技术可以有效处理模糊及形状不规则字符的识别问题, 一次识别率可到 99% 以上, 该系统已成功应用于铜环制造生产线, 避免了人工采集效率

低、容易疲劳导致误判的风险。

## 致 谢

感谢武汉桑普瑞奇科技有限公司提供的研究平台和武汉工程大学研究生创新基金的支持!

## 参考文献:

- [1] 孙怀远,杨丽英,周夫之.基于机器视觉技术的药品瓶包装在线检测系统[J].机电信息,2011(2):46-50,55.  
SUN Huai-yuan, YANG Li-ying, ZHOU Fu-zhi. The real-time detection System of pharmaceutical bottles based on machine vision technology[J]. Mechanical and Electrical Information, 2011(2):46-50,55.(in Chinese)
- [2] 郭佳寅,岳秀江,吴双,等.基于 HALCON 的乳制品箱体喷码字符识别方法研究[J].制造业自动化, 2013(3):21-22,30.  
GUO Jia-yin, YUE Xiu-jiang, WU Shuang, et al. Study of print character recognition of dairy box batch Information based on HALCON[J]. Manufacturing Automation. 2013(3):21-22,30.(in Chinese)
- [3] 黄剑航.基于 HALCON 的圆环区域字符识别实现[J].现代计算机:专业版,2010(7):58-60,71.  
HUANG Jian-hang. Implementation of character recognition in annular region based on HALCON[J]. Modern Computer, 2010(7):58-60,71.(in Chinese)
- [4] 朱正礼.基于三层 BP 神经网络的字符识别系统的实现[J].现代计算机,2006(10):93-95.  
ZHU Zheng-li. Realization of character recognition system used by three layer back-propagation neural networks[J]. Modern Computer, 2006(10):93-95.(in Chinese)
- [5] 肖海俊,葛广英,姚坤,等.基于 HALCON 的喷码字符识别技术的研究与实现[J].现代电子技术, 2015, 15:95-98.  
XIAO Hai-jun, GE Guang-ying, YAO Kun, et al. Research and implementation of ink-jetted code character recognition technology based on HALCON [J]. Modern Electronics Technique, 2015, 15:95-98. (in Chinese)
- [6] 彭晓辉.基于 HALCON 的 IC 卡喷码符号识别技术研究与实现[D].广州:广东工业大学,2006.  
PENG Xiaohui. The Research and implementation of symbol recognition technology of IC card printing based on HALCON [D]. Guangzhou:Guangdong University of Technology, 2006.(in Chinese)
- [7] 肖晖,王宏丽,赵不贿,等.基于 HALCON 的燃气表表盘字符识别方法研究[J].计量技术,2015(6):15-17.  
XIAO Hui, WANG Hong-li, ZHAO Bu-hui, et al. The research of gas meter dial character recognition method based on HALCON[J]. Measurement Technique, 2015 (6):15-17.(in Chinese)
- [8] 张银苹,葛广英.基于 HALCON 的车牌识别研究[J].现代电子技术, 2014, 16:92-95.  
ZHANG Yin-ping, GE Guang-ying. Study on license plate recognition based on HALCON[J]. Modern Electronics Technique, 2014, 16:92-95.(in Chinese)

## Automatic recognition algorithm of cylindrical printing character

WANG Xue-hua, WANG Hua-long, MA Fan-jie, LI An-yi, LIU Su

School of Materials Science and Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China

**Abstract:** The character information about product ID will be attached on the surfaces of almost all of the products in the large-scale industrial production process, and the automatic collection and identification of product ID in the way of character recognition plays an important role in the whole life cycle of the products. To meet the workshop working applications, the character recognition system must have the characteristics of rapid recognition speed, high identification efficiency and good robustness. Combined with advanced language programming, an automatic data collection and online recognition system for the information printed on the cylinder surface copper ring product was proposed based on MVTec HALCON machine vision platform. The proposed system includes parts automated delivery, image acquisition, information judgment and sorting, in which the problems of image processing and optical character recognition(OCR) of characters with irregular arrangement, distortion and blur on the cylinder surface of copper ring was solved. The result indicates that the recognition rate of the irregular character information is up to 99%, and the integration of products producing and detecting process is realized for the copper ring production.

**Keywords:** character recognition; HALCON; image processing; character image segmentation

本文编辑:龚晓宁