

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2108506

基于机器视觉的芯片字符识别系统*

杨桂华 唐卫卫 戴志诚 卫嘉乐

(桂林理工大学机械与控制工程学院 桂林 541006)

摘要: IC芯片表面的字符主要包括厂商名称和序列号,这些字符对于芯片的制造和应用具有重要现实意义,针对芯片表面印刷字符的检测,基于HALCON视觉软件开发平台研发了一套芯片字符识别系统。首先,采用灰度值投影法获得字符区域的行和列坐标分割点,进行字符分割。然后,利用形状匹配技术对欲检测芯片图像进行定位与校正,采用BP神经网络分类算法实现字符的识别。通过不同算法的对比实验分析,实验结果表明单张图片检测时间为42 ms,完整字符与缺陷字符的分割准确率均为100%,字符识别率达到99.5%。本系统能有效快速、准确的对IC芯片表面字符进行识别,检测精度满足要求。

关键词: 机器视觉;HALCON;灰度值投影;字符分割;字符识别

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.2050

Chip character recognition system based on machine vision

Yang Guihua Tang Weiwei Dai Zhicheng Wei Jiale

(College of Mechanical and Control Engineering, Guilin University of Technology, Guilin 541006, China)

Abstract: The characters on the surface of IC chip mainly include the manufacturer's name and serial number. These characters are of great practical significance for chip manufacturing and application. For the detection of printed characters on the chip surface, a chip character recognition system is developed based on HALCON visual software development platform. Firstly, the gray value projection method is used to obtain the row and column coordinate segmentation points of the character region for character segmentation. Then, the shape matching technology is used to locate and correct the chip image to be detected, and the BP neural network classification algorithm is used to realize character recognition. Through the comparative experimental analysis of different algorithms, the experimental results show that the detection time of a single picture is 42 ms, the segmentation accuracy of complete characters and defective characters is 100%, and the character recognition rate is 99.5%. The system can effectively, quickly and accurately recognize the characters on the surface of IC chip, and the detection accuracy meets the requirements.

Keywords: machine vision; HALCON; gray value projection; character segmentation; character recognition

0 引言

随着国内半导体产业的迅速发展,中国电子信息产品制造业发展势头迅猛^[1]。芯片是信息产业的核心之一,半导体芯片需求量随之大增,然而芯片表面具有很多字符,主要包括厂商名称和序列号,这些字符对于芯片的制造和应用具有重要意义。日前对IC芯片表面字符的识别,很多都由人工完成,受人为因素影响,易发生漏检、误检和速度慢等问题,因此如何利用一种智能方法和技术快速、准确对IC芯片表面字符自动识别是亟需解决的问题。这驱动了不少学者投入到这一领域的研究,徐雯斐^[2]针对芯片上字

符的识别,采用Hough变换对芯片进行校正,然后利用全局阈值分割法将字符分割出来,采用BP神经网络进行训练和识别,但对于相似字符识别准确度仍需进一步研究。郭晓峰等^[3]学者首先利用芯片表面辅助圆进行芯片定位与校正,并应用字符的纵横比和面积比特征对字符进行分割,获取分割字符图像轮廓的最小外接圆,进行归一化处理后,使用差分法对字符进行识别与缺陷检测。但是该算法在多样化缺陷字符分割和相似字符识别准确度等方面存在进一步优化空间。

本文基于HALCON软件开发平台,利用Visual Studio C++(VS)2015软件设计上位机界面控制相机获

收稿日期:2021-12-04

* 基金项目:国家自然科学基金地区基金(52065016)项目资助

取标准芯片的图像,设置匹配模板和字符区域,建立匹配模板与字符区域之间的对应关系,通过灰度值投影法获得字符的分割坐标。最后通过形状匹配法在新的芯片图像上获得模板位置,利用已知对应关系,通过仿射变换得到字符区域和字符分割坐标点,相比利用去噪和连通域处理方法分割字符更准确。实验表明基于机器视觉检测具有良好的连续性和识别率,提高了工业检测的实时性和准确率,生产效率和质量也得到很好地提升。

1 芯片定位

由于芯片引脚位置是随时变动的,加上噪声以及光线等原因,利用 Blob 分析定位等技术不能很好地找到字符区域和分割字符,而通过以芯片上特征标示为模板,基于形状的模板匹配方法并结合金字塔搜索算法对芯片字符模板进行匹配定位,不仅对环境光照的变化适应性强,而且对自身灰度值变化并不敏感。利用已知模板与字符区域的对应关系,通过形状匹配在新的图片上查找模板,获得模板之间的转换矩阵,最终通过仿射变换^[4]得到芯片上字符区域。

1.1 图像灰度化

相机获取的图片为彩色图片,如图 1(a)所示,因此需要对图片进行灰度化处理,利用式(1),其中 gray 为转换后图像灰度值, r 、 g 和 b 为原图中红绿蓝色的分量值^[5],灰度化结果如图 1(b)所示。

$$gray = 0.299 \times r + 0.587 \times g + 0.114 \times b \quad (1)$$

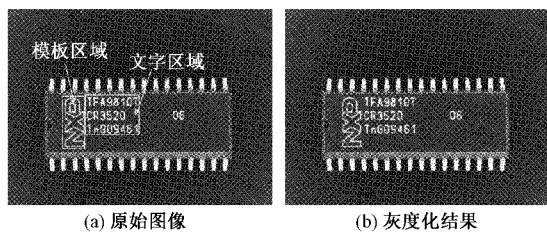


图 1 图像灰度化

1.2 图像增强

图像灰度变换是图像增强的一种常用的方法,可以将检测目标信息突显出来,同时抑制背景。为了提高字符特征,减少背景影响,首先对字符区域采用分段性灰度缩放^[6-7],如图 2 所示。

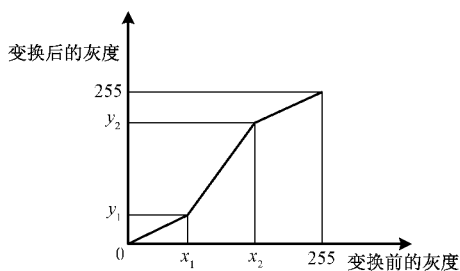


图 2 分段线性变换

图 2 中点 (x_1, y_1) 和点 (x_2, y_2) 是图像目标灰度值区间的转折点。对应的表达式如式(2)所示。

$$f(x) = \begin{cases} \frac{y_1}{x_1}x, & x < x_1 \\ \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1, & x_1 \leq x \leq x_2 \\ \frac{255 - y_2}{255 - x_2}(x - x_2) + y_2, & x > x_2 \end{cases} \quad (2)$$

通过图 1(b)可以发现,芯片表面印刷文字的灰度值区间为 $[130, 249]$,因此根据灰度线性变换公式取 $x_1 = 130$ 、 $x_2 = 249$ 、 $y_1 = 0$ 、 $y_2 = 255$,结果如图 3 所示。

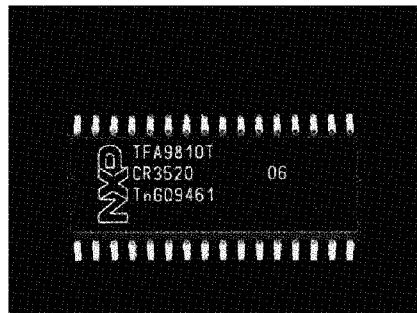


图 3 分段性灰度变换结果

1.3 形状匹配

利用标准图像建立模板和字符区域,如图 1(a)中箭头所指向的区域,首先采用 Canny^[8]边缘检测算法获取模板的边缘轮廓^[9],然后在检测图像上利用金字塔分层搜索策略查找模板^[10],算子为 find_shape_mode,最后得到目标模板匹配位置,如图 4 所示,即为形状匹配得到的结果。

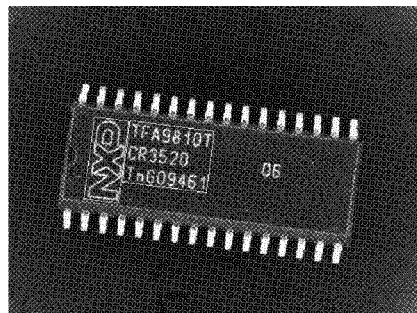


图 4 形状匹配结果

通过形状匹配得到的目标模板位置后,为了下一步字符训练与识别,需要对芯片位置进行校正处理,利用 rotate_image 算子,校正结果如图 5 所示。

2 字符识别

2.1 图像二值化

经过对原始图像灰度值增强后,但是字符区域的灰度值还是有多种灰度级别,为了下一步对字符进行分割,更好地识别字符,需要将字符区域转换成灰度值为 255、背景区

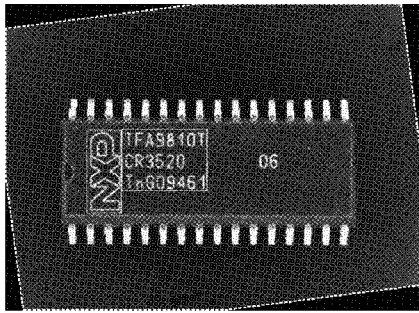


图5 图像校正

域转换成灰度值为0。

本实验采用全局动态二值化方法中的 Otsu 算法^[11], 将字符区域里的所有像素分成两个区域, 前景为包含不同灰度值级别的字符, 背景为黑色, 然后求出字符区域和背景区域的类间方差和类内方差, 并求出两个方差比值最大的阈值 g , 如式(3)、(4)所示。

$$U = W_1 \times U_1 + W_2 \times U_2 \quad (3)$$

$$g = W_1 \times (U_1 - U)^2 + W_2 \times (U_2 - U)^2 \quad (4)$$

简化可得:

$$g = W_1 \times W_2 \times (U_2 - U_1)^2 \quad (5)$$

式中: U 为去噪图像的总平均灰度值, U_1 、 U_2 分别为字符区域和背景的平均灰度值, W_1 、 W_2 分别为字符和背景的区域概率。通过计算获得最大 g 值即为图像的最佳分割阈值, 设为 T , 然后对图像进行二值化, 如式(6)所示。

$$g(i, j) = \begin{cases} 255, & f(i, j) \geq T \\ 0, & f(i, j) < T \end{cases} \quad (6)$$

式中: $f(i, j)$ 为图像灰度值, $g(i, j)$ 为二值化后的图像结果, 效果如图6所示。

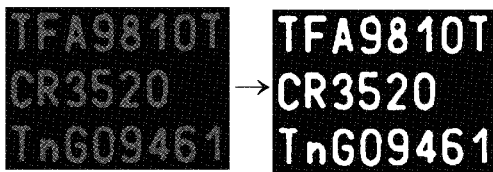


图6 二值化

2.2 基于改进的灰度值投影法字符分割

利用没有噪声干扰的芯片为标准模板, 此时字符无粘连和断裂情况, 然后对字符区域进行水平和垂直灰度值投影, 可以很好地发现字符区域每行和每列字符灰度值的变换情况, 并将每个字符分割出来, 同时记录下字符区域每行和每列字符的分割点。在进行下一张图片处理时, 通过获取芯片模板的位置, 利用仿射变换, 获得芯片字符区域以及字符分割的标准点, 该算法可以很好地将字符分割出来, 只需要对芯片上字符区域进行一次分割, 既可以获得标准分割点, 不仅在分割速度上有很大的提高, 同时提高对粘连、断裂字符分割的正确率, 字符分割流程如图7所示。

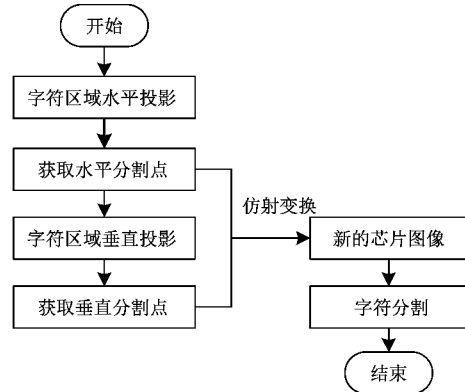


图7 字符分割流程

1) 芯片字符水平分割

由于芯片上的文字区域一般不止一行, 如图8所示, 直接利用投影分割。通过投影原理可知, 包含多行文本时, 先要进行水平分割, 然后进行垂直分割。先对文字区域进行水平投影, 对应的灰度值曲线如图9所示, 通过分析曲线图, 当灰度值为0值时, 之间的区域即为对应的字符行分割的起始点, 为了使字符分割区域更加准确, 取每个字符灰度值波峰两边的灰度值零点作为分割点, 效果如图8中的水平横线所示。



图8 水平分割效果

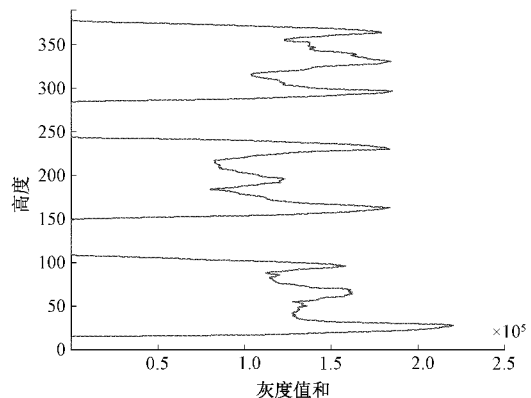


图9 水平灰度值投影

2) 芯片字符垂直分割

将字符区域分割成对应行后, 如图10所示, 需要对每一行的文字进行单个分割, 字符垂直分割方法和水平分割方法类似, 如图11所示为字符对应的垂直分割灰度投影^[12], 通过观察, 每个字符区域都是一个波峰形成的, 同理

取每个字符灰度值波峰两边的灰度值零点作为分割点,效果如图 10 中的垂直垂线所示。



图 10 垂直分割效果图

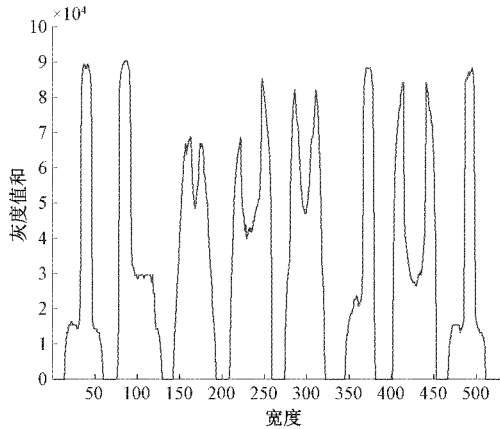


图 11 垂直灰度值投影

标准芯片表面字符区域通过灰度值水平和垂直投影法进行分割,得到的结果如图 12 所示。

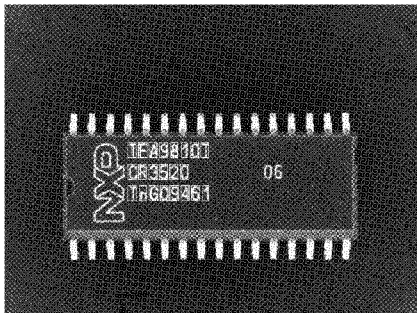


图 12 标准芯片图片字符分割结果

通过对标准芯片字符区域进行基于灰度投影行和列的分割,得到字符分割点,利用形状匹配得到目标模板匹配位置,并且得到仿射变换矩阵,将标准图像字符分割点通过仿射变换得到在新的检测图片上的字符分割点,结果如图 13 所示。

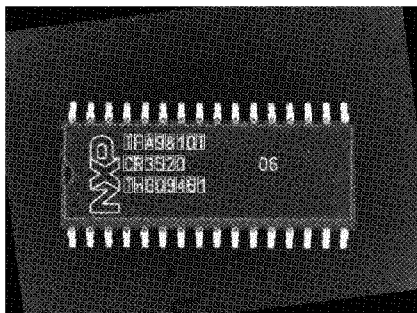


图 13 检测图片字符分割结果

标准字符分割实验对比如图 14 所示。

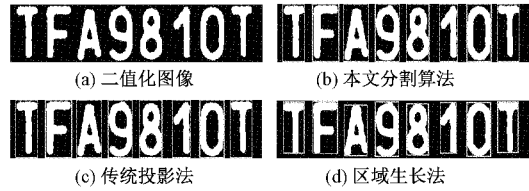


图 14 标准图像分割结果对比

字符粘连实验对比如图 15 所示。

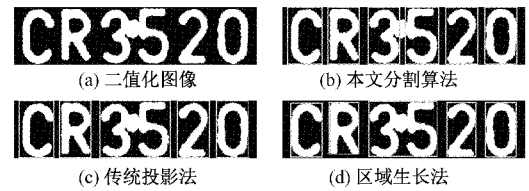


图 15 字符粘连图像分割结果对比

字符断裂实验对比如图 16 所示。

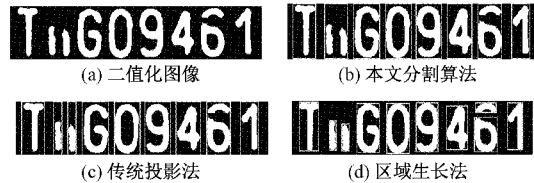


图 16 字符断裂图像分割结果对比

2.3 BP 神经网络设计

字符识别采用 BP 全连接神经网络分类算法, BP 是一种误差逆传播神经网络^[13-14], 结构如图 17 所示, 主要包括输入层、隐含层和输出层。

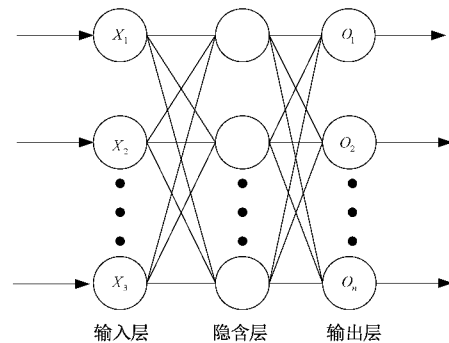


图 17 BP 神经网络结构

字符识别时, 首先利用输入层的值与隐含层的节点权值进行计算, 并通过隐含层激活函数得到隐含层的输出结果, 然后计算隐含层到输出层权值, 最后通输出层激活函数计算输出结果, 当结果与实际值相差大于设定范围内, 通过反方向传播对模型参数进行更新, 直到输出值达到预期值为止, 其算法的流程如图 18 所示。

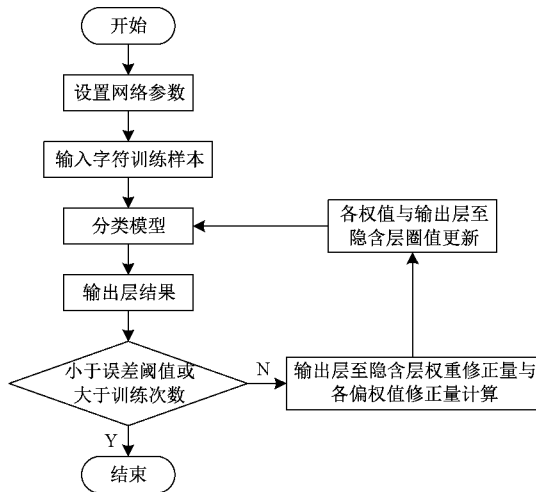


图 18 BP 神经网络算法步骤

2.4 字符训练

本实验选择 50 张字符完整的不同位置和不同方向图像进行训练,利用 append_ocr_trainf 算子将需要识别的字符加载到训练文件中,将归一化后的字符区域以及区域里的字符灰度值和字符对应的名字添加到一个文件里,添加步骤如图 19 所示。

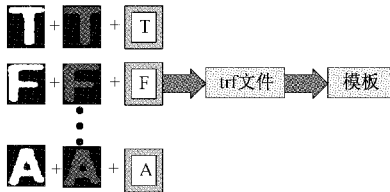


图 19 字符添加模型

利用 create_ocr_class_mlp 算子创建 OCR 分类器,可以获得 OCR 分类的句柄,再利用 trainf_ocr_class_mlp 算子进行 OCR 分类器训练。

3 实验结果与分析

综上分析,实验建立了基于机器视觉的芯片字符识别系统,硬件采用 PC 机搭配 i5 处理器,主频 2.4 GHz,内存为 8 GB,软件采 HALCON 与 MFC 联合编程,设计出芯片字符识别系统上位机,如图 20 所示。

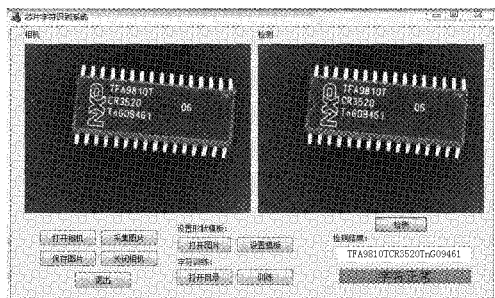


图 20 上位机界面图

实验通过采集了 60 张图片,其中包含 30 张字符完整图像,30 张字符断裂或者字符粘连图像进行实验测试,测试过程对基于连通域的字符分割方法和基于灰度投影的字符分割方法进行了对比分析,结果如表 1、2 所示,识别正确率如表 3 所示。

表 1 正常字符分割结果

实验方法	正确	错误	总数	正确率/%
区域生长法	29	1	30	96.7
传统投影法	29	1	30	96.7
本文方法	30	0	30	100

表 2 缺陷字符分割结果

实验方法	正确	错误	总数	正确率/%
区域生长法	22	8	30	73.3
传统投影法	24	6	30	80.0
本文方法	30	0	30	100

表 3 字符识别结果

实验方法	正确	错误	总数	正确率/%
区域生长法	1 288	32	1 320	97.6
传统投影法	1 296	24	1 320	98.2
本文方法	1 314	6	1 320	99.5

如图 14 对字符进行分割结果可以看出,对于没有缺陷的印刷字符,3 种方法都可以将每个字符单独分割出来,但是当印刷字符存在粘连和断裂缺陷时,利用连通域和基于灰度值直接投影法进行分割,通过图 15 和 16 可以发现不能很好地分割字符,导致字符分割正确率较低。本文缺陷字符分割正确率 100% 高于文献[3]的 90%、文献[15]的 98.1%。

通过表 3 可以得到,利用本实验得到字符识别率大于利用区域生长法及传统投影法,特别是在字符区域包含杂物,导致相邻的字符粘连,而区域生长法和传统投影法会识别错误,而本文方法可以正确的识别出来。

4 结 论

本文研究设计了基于机器视觉的芯片字符识别系统,该算法不仅能对芯片表面印刷字符的准确分割,而且也能进行识别与缺陷检测。最后,通过多次实际测试,证明本系统具有较高字符分割正确率和字符识别率,解决了人工对芯片字符识别率检测效率较低的问题,该系统能够广泛地应用到芯片检测上,应用前景十分广阔。由于本实验是利用表面印刷特征建立模板,基于形状匹配的模板匹配进行芯片定位的,当有多种不同芯片时,需要对每种芯片建立对应的模板,造成工序步骤增加,可以考虑深度学习算法,利用计算机视觉技术形成芯片的训练集,直接对目标芯片进行视觉定位。

参考文献

- [1] 赵凌. 我国电子制造业发展研究[J]. 现代工业经济和信
息化, 2018, 8(7): 9-10.
- [2] 徐雯斐. 基于 HALCON 芯片字符识别技术实验研
究[D]. 青岛: 山东科技大学, 2015.
- [3] 郭晓峰, 王耀南, 毛建旭. 基于几何特征的 IC 芯片字符分
割与识别方法[J]. 智能系统学报, 2020, 15(1): 144-151.
- [4] 赵涛, 张思祥, 徐文超, 等. 热电池装配缺陷的灰度峰值
坐标比对算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2020, 34(7):
133-140.
- [5] 张有, 陈晓荣. 基于 HALCON 的发票号字符识别研
究[J]. 电子测量技术, 2017, 40(6): 126-131.
- [6] 牛进才, 余建立, 李孟君. 车辆牌照识别算法的研究与
实现[J]. 电子测量技术, 2018, 41(6): 45-49.
- [7] 陈明亮, 陈成新, 古建平. 一种基于直方图的自适应分
段线性变换法[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(2):
36-38.
- [8] 张聪聪, 牟莉. 基于机器视觉的图像边缘检测算法研
究[J]. 国外电子测量技术, 2020, 39(12): 80-85.
- [9] 亢宇欣, 湛贵辉, 张三炳, 等. 基于 Halcon 的贴片电阻
方向检测系统[J]. 包装工程, 2017, 38(23): 116-120.
- [10] 于鲲, 丛明煜, 戴文聪. 基于三维模型的空间目标视觉
位姿测量[J]. 仪器仪表学报, 2019, 40(4): 179-188.
- [11] 韩嘉隆, 毛征, 王宁, 等. 基于二维 OTSU 的海天分界
线提取算法[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(8):
67-70.
- [12] 胡蝶, 侯俊, 张全年, 等. 基于卷积神经网络的生产日期
识别[J]. 电子测量技术, 2020, 43(1): 152-156.
- [13] 刘伍丰, 何前磊, 郑维. 基于 HAAR 特征与 BP 神经网
络的车牌识别技术研究[J]. 电子测量技术, 2019,
42(8): 61-67.
- [14] 盛兆亮, 高军伟. 基于区域统计和 BP 神经网络的车牌
识别[J]. 电子测量技术, 2019, 42(8): 78-82.
- [15] 胡洋. IC 芯片印刷字符识别算法研究与应用[D].
武汉: 华中科技大学, 2015.

作者简介

杨桂华, 副教授, 硕士研究生导师, 主要研究方向为计算
机检测与控制技术。

E-mail: 954991219@qq.com

唐卫卫(通信作者), 硕士研究生, 主要研究方向为计算机
检测与控制技术。

E-mail: 1421583518@qq.com

戴志诚, 硕士研究生, 主要研究方向为计算机检测与控制
技术。

E-mail: mr. d-mail@qq.com

卫嘉乐, 硕士研究生, 主要研究方向为计算机检测与控制
技术。

E-mail: 1350254001@qq.com