

包装印刷品条码质量检测方法

田敏¹, 刘全香²

(1.深圳市裕同包装科技股份有限公司, 深圳 518108; 2.武汉大学, 武汉 430079)

摘要: **目的** 为保证商品条码在物流系统中的快速识别和信息传递, 研究条码的质量检测方法。**方法** 首先分出条码区域, 考虑到条码的特殊属性, 需要满足其可识读功能, 设计针对 EAN-13 商品条码的印制质量检测方法, 包括可识读检测和印刷缺陷检测。根据条码检测的国家标准, 条码可识读检测部分, 采用扫描反射率曲线分析法和条码质量分级法对条码的可识读性进行判定。条码缺陷检测部分经过条码校正、条码与字符的分割和条码大小的归一化等处理后, 选定基于垂直投影的缺陷检测算法对条码的脱墨和污点缺陷进行检测。**结果** 条码识读程序对合格品和缺陷品的识读准确率都为 100%, 条码缺陷检测算法程序的平均检测耗时为 93.35 ms, 检测准确率为 94%。**结论** 条码质量检测系统具有较高的检测准确率, 并且能够很好地满足机器视觉缺陷检测速度的要求。

关键词: 印刷品; EAN-13 条码; 条码质量检测; 条码可识读; 缺陷检测

中图分类号: TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)17-0194-06

Detection Method for Barcode Quality of Package Printed Matter

TIAN Min¹, LIU Quan-xiang²

(1.Shenzhen YUTO Packaging Technology Co., Ltd., Shenzhen 518108, China;

2.Wuhan University, Wuhan 430079, China)

ABSTRACT: The work aims to study the quality detection method of barcode, in order to ensure the rapid identification and information transmission of the commodity barcode in the logistics system. Barcode area was separated firstly. Considering the special properties of barcode and meeting its readable function, the printing quality detection method of EAN-13 commodity barcode was designed, including the readable detection and printing defect detection. On the basis of national standard for the barcode detection, the barcode could read the detected part, and the scan reflectance profile analysis and barcode quality grading method were used to determine whether the barcode could be read. After the part to be detected for barcode defect was treated by barcode correction, segmentation of barcode and character and barcode size normalization, the barcode defect detection algorithm based on vertical projection was chosen to detect such barcode defects as void and spot. The reading accuracy of the barcode reading program for the qualified and defective products was 100%. The average detection time of the barcode defect detection algorithm program was 93.35 ms, and the detection accuracy was 94%. In conclusion, the quality detection system of barcode has higher detection accuracy and can well meet the requirements of machine vision defect detection speed.

KEY WORDS: printed matter; EAN-13 barcode; barcode quality detection; readable barcode; defect detection

当今物流业发展迅速, 商品的流通和结算是通过条码来快速识别和传递信息的, 因此条码的质量直接关系到条码所在的商品信息的表达与传递, 所以针对条码图像的质量检测技术得到了广泛的研究^[1-4]。条码是根据一定的编码规则, 由宽度不同的条和空排列

组成的, 它的特殊属性决定了条码的质量检测与其他产品的不同。首先, 条码的本质是传递信息的特殊图形, 条码的光学特性、尺寸精度等必须满足国家标准的要求, 这样才能成功地识读出条码。其次, 商品上的条码是通过印刷工艺印刷出来的, 不可避免地会出

收稿日期: 2017-01-17

作者简介: 田敏 (1991—), 女, 武汉大学硕士生, 主攻包装印刷品质量控制与质量检测。

通讯作者: 刘全香 (1965—), 女, 武汉大学教授、硕导, 主要研究方向为成像质量分析与控制。

现印刷缺陷, 所以, 需要区别于一般的印刷品, 单独设计条码的质量检测方法^[5]。文中的条码质量检测工作主要包含条码的可识读检测和条码的缺陷检测两方面, 选取的条码研究对象类型为包装印刷品中大都使用的 EAN-13 条码, 针对离线检测平台。

1 条码图像的预处理

1.1 条码图像的去噪处理

对条码图像使用中值滤波, 可以降低噪声的干扰, 同时保证图像中条码边界区域的完整性, 提高图像的质量。对条码图像来说, 由于边缘信息十分重要, 消除噪声最好的结果是噪声被消除了, 而边缘还完好地保留着, 条码图像经过中值滤波进行去噪处理前后的效果对比见图 1。



图 1 条码图像中值滤波效果

Fig.1 Median filtering effect of barcode image

1.2 条码图像的二值化

条码本质上由一组并排的条和空构成。由于图片采集时可能会受到光线的影响, 或者其他原因, 因此条码的空白区或者空中可能存在一定的灰色^[6], 多余的灰色信息都是不需要的。

为了减少数据量的计算, 缩短运算时间, 同时便于后续条码图像的识读和缺陷检测, 需要做二值化处理。某条码的灰度直方图见图 2, 可看出条码图像具有双峰特性, 用最大类间方差法进行二值化处理的优点是无论图像是否具有双峰特性, 二值化之后都能得到较理想的结果。

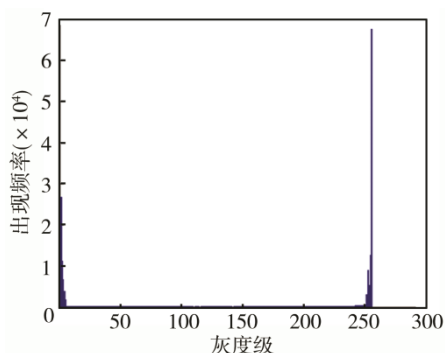


图 2 条码灰度直方图

Fig.2 Gray histogram of barcode

利用 Matlab 中的 `im2bw()` 函数将条码图像做二值化处理后的效果见图 3, 其中可通过 `graythresh()` 函数获得二值化的最佳阈值。



图 3 条码图像二值化

Fig.3 Binarization of barcode image

2 条码的可识读检测

一维条码是由反射率具有明显差别的条和空排列而成的平行图案, “条”的部分反射率低, “空”的部分反射率高。GB/T 14258—2003 中规定了采用扫描反射率曲线(scan reflectance profile)分析法和条码符号质量分级法, 对条码符号的可识读性进行评价。GB/T 18348—2008 依据商品条码的特点, 规定了质量检验的方法, 检验项目和各检测项目参数等级的判定标准。

扫描反射率曲线^[7-8]是对一个条码进行扫描时, 反射率值沿着扫描路径的线性距离变化的关系曲线, 因此反射率值的大小与扫描位置有关。扫描反射率曲线上横坐标代表线性距离或位置, 纵坐标代表反射率值, 扫描反射率曲线见图 4。分析扫描反射率曲线可得到译码正确性、光学特性参数、可译码度和空白区宽度等参数, 其中光学特性参数包括最低反射率、符号反差、最小边缘反差、调制比和缺陷度, 每个质量参数都有相应的等级(依据), 条码符号的整体等级是所有参数等级里的最小值。条码可识读检测的流程见图 5。

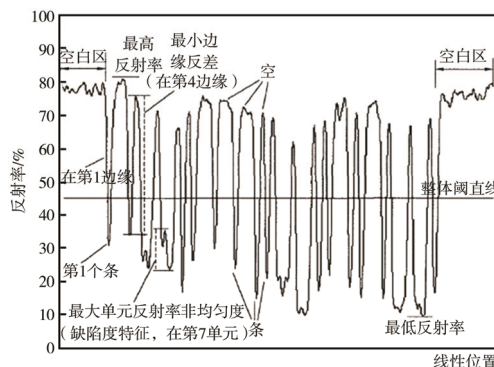


图 4 条码扫描反射率曲线

Fig.4 Scan reflectance profile of barcode

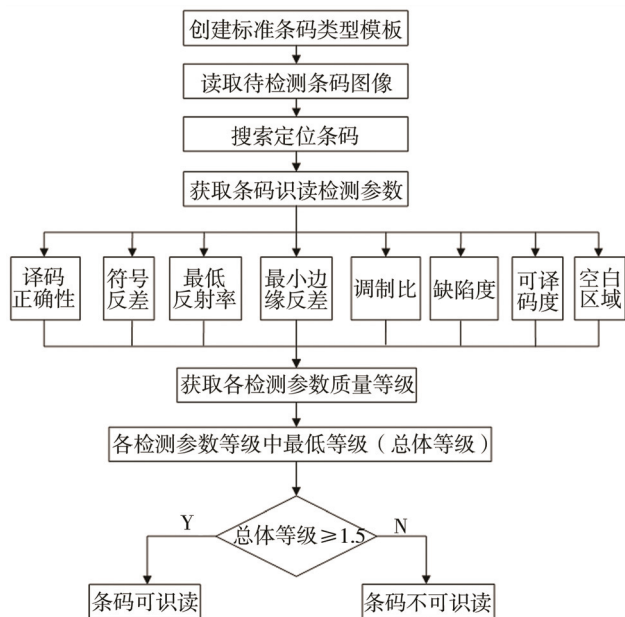


图 5 条码可识读检测流程

Fig.5 Detection flow chart of readable barcode

3 条码的缺陷检测

3.1 条码图像的校正

由于外界环境和相机内部元器件的影响,所采集的图像可能会发生一些几何变形。

1) 条码图像的边缘检测。图像的边缘是图像中像素值呈现动态变化的不连续区域,条码图像采用边缘检测的数字图像处理技术,找出条码与背景之间的分界线,从而分割出条码对象。经过边缘检测和边缘分割之后得到图像的轮廓点,借助 Hough 变换理论可进一步得到条码的垂直和水平直线^[9]。使用 Matlab 中的 edge() 函数,评价常见的边缘检测算子对条码图像做边缘检测的效果见图 6,从图 6 中可看出 Canny 算子比其他几种常见算子提取的条码边缘更清晰,边缘检测效果更好。

2) 基于 Hough 变换的直线提取及倾角计算。条码图像的光学编码由若干条和空组成,可将直线作为图像中的定位要素。在机器视觉系统中, Hough 变换是最常见的从图像的全局特性中识别出图像轮廓和几何形状的方法^[10]。Hough 变换在预先已知区域形状的前提下,检测已知形状的目标时,受曲线间断和噪声的影响较小,具有很强的抗干扰能力^[11]。文中通过 Hough 变换查找条码图像中的垂直和水平直线并实现定位,从而达到条码图像的自适应处理^[12]。

3.2 条码与字符的分割

条码分为条码区和字符区,为了后续对条码中的质量缺陷进行检测,需要分割出不含供人识读字符的条码区,文中依据条码的特征选择基于水平投影的条

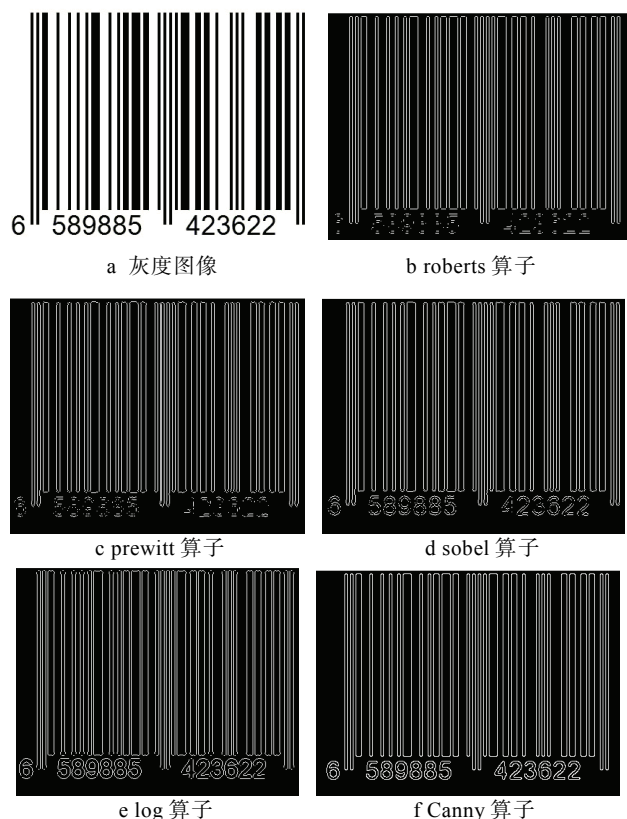


图 6 常见的边缘检测算子检测效果

Fig.6 Common edge detection operator detection results

码分割方法。水平投影法是以图像水平方向为单位,条码水平投影图像的获得方法是从上到下逐行扫描二值化后的条码图像,并统计每个扫描行的像素数量,因在水平方向上,条码图像中条码区的黑点像素数相差无几,而字符区的黑点像素数与条码区的黑点像素数有很大差别,故可使用水平投影法分割条码与字符。条码水平方向投影见图 7,黑色线条的长度表示所在行上黑点像素的数量,投影图上方水平方向上长度较长的黑色区域是条码区域,而下方长度较短的黑色区域为字符位置。



图 7 条码水平方向投影

Fig.7 Horizontal projection of barcode

3.3 条码图像的归一化处理

不同类型包装印刷品上条码的大小是不同的,由于拍摄距离的影响,所得到的条码图像大小也将存在差别。为了便于后续对条码进行缺陷检测,需要将每一个待检测条码设为相同的尺寸,即归一化处理。

归一化处理包括位置归一化和大小归一化^[13]。位置归一化包括重心归一化和外框归一化。大小归一化包括 2 种类型,一种是图像的外边框为参照,对整个图像进行一定比例的缩放,将图像转化为相同的大小,但这种方法图像变换前后可能会有很大的差别;另外一种是先计算图像在垂直和水平 2 个方向上的质心^[14-15],然后,对条码图像进行线性放大或缩小处理,从而将条形码图像变换为具有统一规格大小的散点矩阵。

3.4 条码图像缺陷检测算法

条码的印刷缺陷,主要表现为脱墨和污点 2 种缺陷,对 2 种缺陷的定义:脱墨(void)为条码中条内缺墨的现象;污点(spot)为条码中空或空白区内存在的污渍。脱墨和污点缺陷见图 8。



图 8 脱墨和污点缺陷
Fig.8 Void and spot defects

常用的印刷品缺陷检测算法包括图像差分法、模板匹配法和分层检测法。考虑到条码的类型和种类较多,缺陷检测模块需要满足质量检测的实时性要求,同时基于条码图像是一种由条和空排列而成的图形的特点,因此文中的条码缺陷检测算法不采用基于模板匹配的方法,而是采用一种基于垂直投影的缺陷检测算法。

垂直投影法是对二值化后的条码图像在垂直方向上统计像素的数量,与水平投影的原理类似。条位置上的像素量较多,而空位置上的像素量很少或几乎没有,在垂直投影图上,通过波谷可以确定条和空的位置。由于绝大部分条码都是黑条和白空,而在图像学中,0 表示黑的灰度值,1 表示白的灰度值。由于垂直投影需要对条和空位置的像素进行统计,为了便于统计和记录,将统计对象点的灰度值设为 1,需要取反处理二值化图像,黑色和白色像素的灰度值分别定成 1 和 0^[16]。条码图像的垂直投影缺陷检测方法具体的检测过程如下所述。

1) 首先从左到右逐列扫描二值化后的条码图像,对各个列的像素个数进行统计,计算出每个扫描列的像素数量,即黑点个数,再统计包括有黑点的所有列数,进而计算包括有黑点的所有列数的每一列的平均黑点像素数量,用 N_A 表示。

2) 若统计得到的某列的黑点像素数量大于 $75\%N_A$, 就将该列判定为条,并且将该列所有的像素点值设置为 1,反之则判定为空,像素点值设置为 0。

3) 在条的垂直投影中,根据统计的条中的平均黑点像素数量 N_A ,如果发现条中某列黑点像素数量小于 $95\%N_A$ (文中所采集的条码图像的分辨率为 300 ppi,经实验验证,在条中缺陷的像素数量大于等于 $5\%N_A$ 时,人眼可察觉出缺陷),记录下该列 L_1 ,继续向右扫描,直到满足条中某列黑点像素数量大于等于 $95\%N_A$,记录下此列 L_2 ,判定缺陷为脱墨,并根据 L_1, L_2 标记出缺陷位置。

4) 在空的垂直投影中,如果发现空中某列黑点像素数量大于 N (文中所采集的条码图像的分辨率为 300 ppi,经实验验证,在空中缺陷的像素数量 $N=10$ 时符合人眼视觉特性,可察觉出缺陷),记录下该列 L_1 ,继续向右扫描,直到满足空中某列黑点像素数量小于等于 N ,记录下此列 L_2 ,判定缺陷为污点,并根据 L_1, L_2 标记出缺陷位置。

4 实验结果

实验所用计算机硬件配置:处理器为 Intel Pentium 4,主频为 2.6 GHz,显卡为 NVIDIA GeForce2 440,显存为 64M,内存为 256MDDR。软件配置:操作系统为 Windows XP 32bit,编程平台为 Microsoft Visual Studio 2010/MFC,编程语言为 Visual C++,算法仿真平台为 Matlab R2012b, Halcon 11.0,视觉开发包为 OpenCV。

4.1 条码可识读检测

条码的可识读检测以机器视觉软件 Halcon 11.0 为算法仿真平台^[17]。文中的检测对象 EAN-13 条码在 VS 2010 中实现识读检测的过程为:首先是创建标准的 EAN-13 条码模板,然后载入需要识读的条码图像,可以是单个的条码图像,见图 9a,也可是含有条码的一整幅图像,进行搜索定位,见图 9b。识读检测选取的 6 张条码图像各检测参数的数据见表 1。



a 直接



b 搜索定位

图 9 识读条码

Fig.9 reading barcode

表 1 条码检测数据
Tab.1 Barcode detection data

序号	译码 正确性	符号反差/%	最低反射率/%	最小边缘 反差/%	调制比/%	缺陷度/%	可译码度/%	空白区域	总体 等级
1	N/A(4)	91.37(4)	10.89(4)	72.49(4)	81.38(4)	2.38(4)	90.23(4)	N/A(4)	4
2	N/A(4)	73.73(4)	4.04(4)	47.87(4)	66.27(3)	3.98(4)	67.73(4)	N/A(4)	3
3	N/A(4)	91.37(4)	0.82(4)	54.25(4)	59.15(2)	8.03(4)	72.42(4)	N/A(1)	1
4	N/A(4)	83.14(4)	2.70(4)	40.98(4)	50.21(2)	4.62(4)	57.59(3)	N/A(4)	2
5	N/A(4)	100(4)	0(4)	98.83(4)	98.83(4)	0.59(4)	41.14(2)	N/A(0)	0
6	N/A(4)	94.51(4)	14.65(4)	61.12(4)	78.23(4)	6.75(4)	67.03(4)	N/A(4)	4

注：括号内为等级

4.2 条码缺陷检测

条码缺陷检测的操作流程为：首先导入待检测条码图像，然后做图像校正处理，点击缺陷检测。脱墨和污点的缺陷检测示例见图 10—11，缺陷处用矩形框标记。

4.3 实验结果统计与分析

用检测耗时和检测准确率 2 个指标对 2 个模块的实验效果进行评价。EAN-13 条码识读和条码缺陷检测方法的效果评价见表 2、3。由表 2 可知，条码识读

程序对合格品和缺陷品的识读准确率都为 100%，说明文中的条码识读程序可行，可以实现较好的效果。由表 3 得出条码缺陷检测算法中，统计选取的条码样本的平均检测耗时为 93.35 ms，满足机器缺陷检测速度的要求；统计选取的条码样本的检测准确率为 94%，其中文中的条码缺陷检测程序对无需校正的条码缺陷检测准确率接近 100%，错误判断缺陷数来源于部分有旋转的条码，说明文中的条码校正不能满足绝对的水平和垂直校正，进而影响后续基于垂直投影的缺陷检测判断。



a



b

图 10 脱墨缺陷检测结果
Fig.10 Defect detection results of void



a



b

图 11 污点缺陷检测结果
Fig.11 Defect detection results of spot

表 2 EAN-13 条码识读检测效果评价

Tab.2 Evaluation of EAN-13 barcode reading detection effect

识读结果	样本数	可正确判断数	错误判断数	识读准确率/%
合格品 (可识读)	30	30	0	100
缺陷品 (不可识读)	30	30	0	100

表 3 EAN-13 条码缺陷检测算法效果评价

Tab.3 Evaluation of EAN-13 barcode defect detection algorithm effect

缺陷类型	样本数	正确判断缺陷数	错误判断缺陷数	检测准确率/%	总体检测准确率/%	平均检测时间/ms
合格	20	20	0	100		
脱墨	20	19	1	95	94	93.35
污点	20	18	2	90		

5 结语

商品条码质量检测包括 2 部分：条码识读检测，以 Halcon 机器视觉软件为算法仿真平台，创建了标准的 EAN-13 条码模板，根据条码的扫描反射率曲线，获取译码正确性、光学特性参数、可译码度和空白区宽度等质量参数的数值并判断等级，并可实现条码的搜索定位，来实现条码的可识读检测；条码缺陷检测，使用 Canny 算子和 Hough 变换进行条码图像的几何校正，使用水平投影法分割条码和字符，然后再对条码图像作归一化处理，最后采用垂直投影的方法，统计垂直方向的像素来判断条码是否存在脱墨或污点的缺陷。因为条码图像经过校正后不能保证所有存在旋转的图像绝对的水平和垂直，会影响后续条码的分割和基于垂直投影的缺陷检测，所以还需对校正算法进行优化处理。

参考文献：

[1] 孙俊玲. 一维条码印刷质量检测研究[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2012, 40(4): 141—143.
SU Jun-lin. One-dimension Bar Code Printing Quality Detection[J]. Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition), 2012, 40(4): 141—143.

[2] SPAULDING M. Squeezing Out Print Quality: Tube Maker Cebal Americas Employs Bst Pro Mark Defect-detection, Process-control Hardware to Achieve Color Consistency and Error-free Bar Codes[J]. (Label & Narrow Web), Converting(April), 2003.

[3] GARETH W. How Printers Deliver the Right Image[J]. World Tobacco, 2008, 229: 28—29.

[4] POLEMITIS S. Innovating, Improving and Growing [J]. Pulp & Paper, 2008, 82(4): 40—41.

[5] 马超. 面向条形码图像缺陷的表面检测系统研究与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2013.
MA Chao. The Research and Implementation of Surface Inspection Systems Based on Barcode Defects[D].

Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2013.

[6] 陈超, 杨柳. 基于数字图像处理的条形码识别预处理算法研究[J]. 河南工程学院学报(自然科学版), 2015(3): 69—73.
CHEN Chao, YANG Liu. The Research on Pretreatment Algorithmic of the Bar Code Image Processing [J]. Journal of Henan Institute of Engineering(Natural Science Edition), 2015(3): 69—73.

[7] 赵静. 喷墨印刷条码等级在线检测系统的研究[D]. 北京: 北京印刷学院, 2012.
ZHAO Jing. Study on Printing Barcode Level Online Detection System[D]. Beijing: Beijing Institute of Graphic Communication, 2012.

[8] 李强. 印刷品全画面色彩检测算法性能优化研究 [D]. 汕头: 汕头大学, 2013.
LI Qiang. Research on Performance of Detection Algorithm for Full Width Color Print[D]. Shantou: Shantou University, 2011.

[9] 杨家耀. 基于图像处理的嵌入式一维条形码识别系统研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2012.
YANG Jia-yao. The Research on Embedded 1-D Barcodes Recognition System Based on Image Processing [D]. Changsha: Changsha University of Science & Technology, 2012.

[10] NGUYEN T T, XUAN D P, KIM D, et al. A Test Framework for the Accuracy of Line Detection by Hough Transforms[C]// IEEE International Conference on Industrial Informatics, 1935: 1528—1533.

[11] 刘震. 条形码自动识别技术及缺损条码纠错算法的研究[D]. 沈阳: 沈阳理工大学, 2010.
LIU Zhen. A Thesis for the Master Degree of Engineering[D]. Shenyang: Shenyang Ligong University, 2010.

[12] 宋晓静. 基于 Hough 变换目标检测问题研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2014.
SONG Xiao-jing. Object Detection Based on Hough Transform[D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2014.

[13] ZENG X, CHEN Y W, TAO C, et al. Feature Selection Using Recursive Feature Elimination for Handwritten Digit Recognition[C]// Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, International Conference on IEEE, 2009: 1205—1208.

[14] 刘润田. 基于 Hopfield 神经网络的脱机手写体数字识别分析与研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2011.
LIU Run-tian. Based on Hopfield Neural Network Off-line Handwritten form Digital Recognition Analysis and Research[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2011.

[15] 张冬娇, 甘早斌. 基于模板匹配的人民币纸币序列号识别系统研究[J]. 计算机与数字工程, 2012(1): 104—108.
ZHANG Dong-jiao, GAN Zao-bin. Research on RMB Currency Number Identification System Based on Template Matching[J]. Computer & Digital Engineer, 2012 (1): 104—108.

[16] 曹卫. 基于二分法的字符垂直投影分割算法[J]. 软件导刊, 2010, 9(10): 71—72.
CAO Wei. Segmentation Algorithm of Character Vertical Projection Based on Dichotomy[J]. Software Guide, 2010, 9(10): 71—72.

[17] 金灿. 基于 HALCON 的印刷图像质量检测技术研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2013.
JIN Can. Research on Printing Image Quality Detection Technology Cased on HALCON[D]. Changsha: Central South University, 2013.