基于HALCON的医疗袋缺陷检测

王宏丽，赵不贿，孙智权，陈星星
（江苏大学，镇江 212013）

摘要：目的 针对现有医疗袋质量检测过程中存在的检测速度慢和检测精度低等问题，提出一种新的基于HALCON的医疗袋印刷图案缺陷检测方案。**方法** 根据不同医疗袋图案的区域特征进行手动定位，通过基于形状的模板匹配算法实现目标区域的快速匹配，利用灰度值差影匹配算法进行缺陷检测。**结果** 检测出的缺陷与实际存在的缺陷基本吻合，且检测速度和检测精度均满足要求。**结论** 该方案能够快速、准确、有效地检测出医疗袋图案缺陷，达到了一般生产线质量要求。

关键词： 缺陷检测；医疗袋；机器视觉；HALCON
中图分类号： TS807　　**文献标识码：** A　　**文章编号：** 1001-3563(2015)13-0125-05

Defect Detection of Medical Bags Based on Halcon

WANG Hong-li, ZHAO Bu-hui, SUN Zhi-quan, CHEN Xing-xing
(Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

ABSTRACT: In the current quality inspection of medical bags, there exists the problem of slow detection speed and low detection accuracy. Targeting at this problem, a new defect detection scheme was proposed based on HALCON in this paper. Firstly, manual positioning was executed based on different regional characteristics of medical bag patterns. Then the quick match of the target area was completed through the template matching algorithm based on shape. Finally, the defect detection was carried out with gray value subtraction matching algorithm. Detected defects were basically consistent with the actual ones, and the testing speed and the accuracy met the requirements. Pattern defects of medical bags can be detected quickly, accurately and effectively in this experiment which met the quality requirements of normal production line.

KEY WORDS: defect detection; medical bags; machine vision; HALCON

机器视觉[1-2]是用机器代替人眼来做测量和判断，具有易于信息集成的特点，是实现计算机集成制造的基础技术。在一些不适合于人工作业的危险工作环境或人工视觉难以满足要求的场合，常用机器视觉来替代人工视觉。同时，在大批量工业生产过程中，用机器视觉检测方法可以大大提高生产效率和生产的自动化程度，因此，机器视觉系统被广泛地用于现代自动化生产过程的各种领域。机器视觉检测技术[3-4]是基于机器视觉理论发展起来的新兴检测手段，它将机器视觉引入到工业生产过程当中，以实现对工业产品的检测与监控。

医疗袋不仅可以使灭菌的医疗器械在使用前保持无菌性和完整性，而且有助于正确地识别与使用产品。然而，由于印刷过程中存在不确定因素的干扰，致使医疗袋表面不可避免地会出现各种随机缺陷。通过人工方式对医疗袋表面进行缺陷检测是目前最普遍与最传统的方法，但是这种方法需要耗费大量人力、物力和财力，而且随着检测时间的加长，很容易导致检测员出现视觉疲劳，从而使缺陷漏检率变高。因此，将机器视觉引入医疗袋图案质量的检测中，解决了人工检测耗时长、效率低等问题[5-6]。

1 检测系统方案设计

基于HALCON软件的医疗袋缺陷检测系统，主要

收稿日期： 2014-12-19
作者简介： 王宏丽(1989—)，女，山西代县人，江苏大学硕士生，主攻图像处理与机器视觉。
通讯作者： 赵不贿(1957—)，男，江苏高淳人，江苏大学教授、博导，主要研究方向为离散事件系统、Petri网、电子设计自动化。

利用机器视觉对传送带上待检的医疗袋进行图像采集和处理，最后检测出缺陷所在。检测方案的硬件系统见图1，主要包括光源、相机、编码器和图像处理平台等。由于医疗袋的种类和大小都有所不同，最大的尺寸为297 mm × 420 mm，检测最小精度为290 μm，因此，系统采用的相机为韩国imi-tech千万像素级千兆网工业相机，相机的图像分辨率为4872像素 × 3248像素，镜头焦距选用12 mm，光源选用白光LED条形。在检测过程中，CCD相机首先通过固定在传送带驱动轴上的编码器实时触发而获取图像，而后获取到的图像通过图像采集单元被传输到上位机，最后运用上位机上的HALCON软件进行图像的各项处理并输出检测结果。

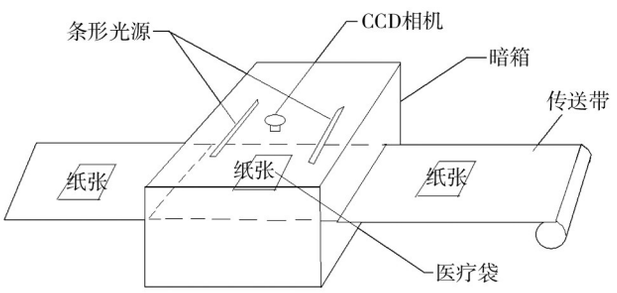

图1 检测平台

Fig.1 Detection platform

2 检测方案实现

2.1 检测流程

医疗袋缺陷检测主要包含配准与检测模板的建立和检测等2个阶段，见图2。当系统通过相机获取标准图像之后，首先对标准图像进行处理，生成配准和检测模板；然后对采集到的待检图像利用配准模板进行图像配准，当待检图像被移动到与标准图像同一位置之后，对待检图像进行图像灰度化、边缘滤波等图像预处理；最后将处理过的待检图像与检测模板进行比对，找出缺陷所在。

2.2 方案原理

2.2.1 图像预处理

由于医疗袋表面印刷图案及文字信息为彩色，医疗袋背景为白色，因此首先对彩色图像进行灰度化。图像灰度化方法有RGB三原色等权法和不等权法[7]。这里采用不等权方法，其转变公式为：

$$f(i,j)=0.30R(i,j)+0.59G(i,j)+0.11B(i,j) \quad (1)$$

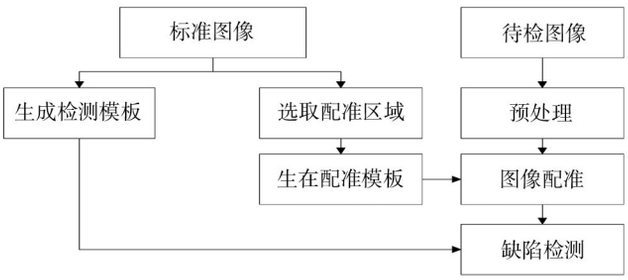

图2 检测流程

Fig.2 Detection flowchart

灰度化后的图像见图3。

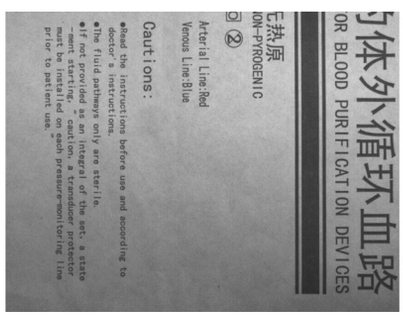

图3 医疗袋灰度图

Fig.3 Grayscale of medical bags

由于图像在采集、传输和量化过程中会受到系统各方面的随机干扰，从而产生图像噪声，影响图像缺陷的识别结果，因而必须对图像进行消噪处理[8—9]。医疗袋图像含有相互靠近的边缘，为了使相邻边缘振幅计算造成的影响最小化，这里使用 σ=0.5的Canny边缘滤波器对模板图像进行滤波，对应的掩模大小为3像素 × 3像素，然后，对振幅图像使用灰度膨胀，从而使被检测图像与模板图像间的允许差异增加，生成偏差模型。

2.2.2 图像配准

医疗袋在传送带上传输时，为了解决由于传送带的机械震动导致的纸张偏移，使得在检测图像的缺陷时出现漏检和误检现象，首先要对图像进行定位处理，然后利用手动选取的目标区域进行图像的配准[10—12]。采用基于形状的模板匹配对对象进行配准。

在进行图像配准时，首先假设医疗袋图像的模板点集为 $p_i=(r_i,c_i)^{\mathrm{T}}$，跟每个点关联的方向向量为 $d_i=(t_i,u_i)^{\mathrm{T}}$，$i=1,\cdots,n$。在搜索模板之前待检图像中每个点 $q=(r,c)$ 的方向向量为 $e_{r,c}=(v_{r,c},w_{r,c})^{\mathrm{T}}$。在匹配过程中，模板图像必须首先通过变换矩阵 $\boldsymbol{A}$ 进行仿射变换后才可以与待检图像中的对应点进行匹配，此时，变

换后的模板对应点为$p_i^{'} = \boldsymbol{A}p_i$，对应的方向向量为$d_i^{'} = (\boldsymbol{A}^{-1})^{\mathrm{T}}d_i$；然后在待检图像中某一特定点$q^{'} = (r.c)^{\mathrm{T}}$处，计算变换后模板中所有点$p_i^{'}$的方向向量$d_i^{'}$，与待检图像中相对应点处的方向向量的点积的总和，即变换后模板在点$q^{'}$处的相似度量s为：

$$s = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} d_i^{\mathrm{T}} e_{q^{'}+p^{'}} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \left(t_i^{'} v_{r+r_i^{'},c+c_i^{'}} + u_i^{'} w_{r+r_i^{'},c+c_i^{'}}\right) \tag{2}$$

当相似度量s与定义的阈值一致时，说明与模板匹配的部分在点$q=(r,c)^{\mathrm{T}}$处。

2.2.3　缺陷检测

印刷品缺陷在线检测[13—15]是将采集的实时图像与标准模板图像进行比对，找出缺陷信息。目前，比较经典的三大类印刷品缺陷检测算法是图像差分法、分区域比较法和分层检测算法。

由于医疗袋的模板图像和待检医疗袋图像均采集自同一系统，硬件保证了图像采集到的图像大小一致，灰度值也相差不大，因而该系统采用图像差分法对医疗袋图像进行缺陷检测。

设模板图像为$T(i,j)$，待检图像为$S(i,j)$，匹配相减后的图像（称之为差分图像）为$D(i,j)$，则有：

$$D(i,j)=|S(i,j)-T(i,j)| \tag{3}$$

$D(i,j)$值越小，说明待检印刷品图像与模板印刷品图像对应像素值的差别越小，2幅图像越相似。

2.3　检测实现

HALCON是德国MVTcc Software GmbH公司开发的一套标准的、完善的机器视觉算法包，拥有应用广泛的机器视觉集成开发环境，包括了所有标准的和高级的图像处理方法，应用范围几乎没有限制，涵盖医学、遥感探测、监控等领域的各类自动化检测。

2.3.1　获取图像

在HALCON中可以通过以下算子组合获取图像。

```
open_framegrabber ( )
grab_image_start (AcqHandle, -1)
while (true)
grab_image_async (Image, AcqHandle, -1)
* Do something
endwhile
close_framegrabber (AcqHandle)
```

其中，算子open_framegrabber用来打开图像采集设备，执行算子grab_image_start开始对图像进行采集，在while循环里完成每幅图像的处理，最后执行算子close_framegrabber关闭相机。

2.3.2　配准与检测模板建立

由于医疗袋种类不止1种，因此，首先对采集到的标准图像利用threshold算子进行灰度化处理；然后利用draw_rectangle2算子人工选取配准区域ROI，再使用算子gen_rectangle2与算子reduce_domain得到配准区域ROI在标准图像中的位置，从而进行截取；最后使用算子create_shape_model，创建基于形状的配准模板。

检测模板是用无缺陷的标准医疗袋印刷图像，经过一系列处理制作而成的标准模板，用来检测待检测医疗袋是否存在缺陷。系统首先对采集到的无缺陷标准医疗袋图像利用edges_image算子进行边缘滤波，滤波器类型选用Canny；然后对滤波后的边缘图像利用算子gray_dilation_rect进行灰度膨胀，生成偏差图像，见图4；最后使用算子create_variation_model创建检测对比模板。

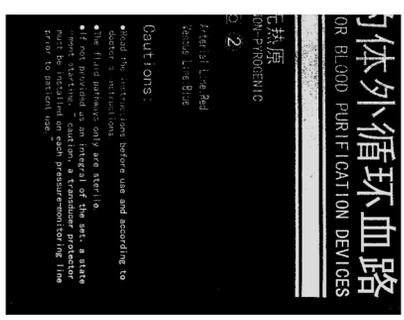

图4　偏差图像

Fig.4 Deviation image

2.3.3　缺陷检测

在进行缺陷检测的过程中，为了能够将待测图像的位置尽可能地与标准图像位置保持一致，系统首先采用基于形状匹配模板的算子find_scaled_shape_model进行模板匹配，找到配准区域后，利用算子vector_angle_to_rigid与算子affine_trans_pixel对搜索到的待检图像进行仿射变换，从而完成图像配准工作。

通过图像配准之后，将转换后的待检图像（见图5），与标准图像利用compare_variation_model算子进行比较，得到缺陷区域。由于得到的缺陷区域可能含有杂乱的东西或者部分区域不连通的现象，因此再用dilation_circle算子对缺陷区域进行膨胀处理，最后使用connection算子与select_shape算子使缺陷区域连通，并选出面积超过预设面积阈值的部分，判定为缺陷。缺陷检测结果见图6，其圆圈圈出的部分为缺陷所在；缺陷的细节见图7。

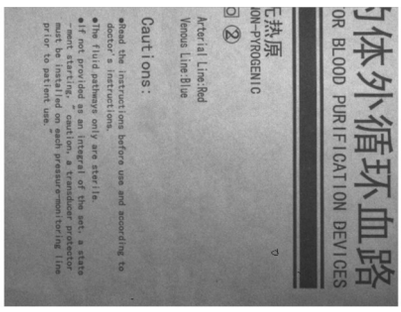

图5 缺陷图像

Fig.5 Defect image

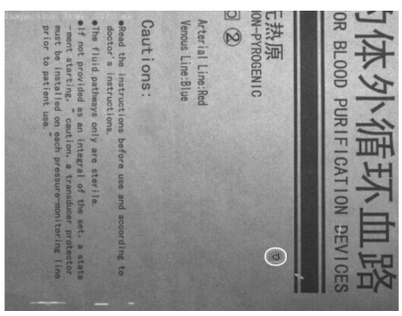

图6 缺陷检测结果

Fig.6 Defect detection results

图7 缺陷细节

Fig.7 Details of defects

3 检测方案运行结果

医疗袋缺陷检测系统在运行试验过程中，采用5组大小不一、图案各异的医疗袋进行了连续90 min的试验，针对系统的准确性与快速性进行评定。试验结果见表1。

由表1可以看出，提出的检测方案可以使医疗袋缺陷检测的检测速度达到2 ~3张/s，比传统人工检测的1 ~2张/s提高1 ~1.5倍；同时，准确率高达99.9%以上，相较于传统的人工检测有相当大的提高。

表1 医疗袋缺陷检测实验数据

Tab.1 Experimental data of medical bag defect detection

组别	样品总数/个	样品大小/(mm×mm)	缺陷样品数/个	检测时间/s	平均检测时间/ms	误检数/个	正检率/%
第1组	3000	297×420	20	1183	394.33	0	99.99
第2组	3000	250×353	25	1039	346.33	1	99.97
第3组	3000	148×210	18	1010	336.67	2	99.93
第4组	3000	52×297	28	1069	356.33	1	99.97
第5组	3000	52×105	30	1136	378.67	3	99.90

4 结语

与传统的人工检测方法相比，利用HALCON软件设计的医疗袋印刷图案缺陷检测方案，能够更准确、快速地检测出医疗袋上的缺陷，达到了一般生产线的质量要求。

参考文献：

[1] 赵丹，丁金华，孙秋花，等. 基于计算机图像处理的印刷品缺陷检测[J]. 包装工程，2008，29(12)：1—2.
ZHAO Dan，DING Jin-hua，SUN Qiu-hua，et al. Print Defect Detection Based on Computer Image Processing[J]. Packaging Engineering，2008，29(12)：1—2.

[2] 李小东，陈路，龚修端. 基于数字图像处理的印刷品图像清晰度检测算法研究[J]. 包装工程，2009，30(1)：2—3.
LI Xiao-dong，CHEN Lu，GONG Xiu-duan. Research of Definition Checking Algorithm of Printing Image Based on Digital Image Processing[J]. Packaging Engineering，2009，30(1)：2—3.

[3] 王梅，梁锦华. 蜂窝纸芯成形质量在线检测系统的开发[J]. 包装工程，2013，34(23)：88—91.
WANG Mei，LIANG Jin-hua. Development of Honeycomb Core Quality Online Detection System[J]. Packaging Engineering，2013，34(23)：88—91.

[4] 黄柳倩. 基于机器视觉的冲压件缺陷检测系统研究[D]. 广州：广东工业大学，2012.
HUANG Liu-qian. Research on Stamping Parts Inspection

Based on Machine Vision[D]. Guangzhou:Guangdong University of Technology,2012.

[5] 孙怀远,廖跃华,周夫之,等. 基于HALCON的药品包装瓶批号检测技术研究[D]. 上海:上海理工大学,2008.
SUN Huai-yuan, LIAO Yue-hua, ZHOU Fu-zhi, et al. Study on the Batch Detection Technology of Pharmaceutical Bottles Based on HALCON[D]. Shanghai: University of Shanghai for Science and Technology,2008.

[6] 尚会超. 印刷图像在线检测的算法研究与系统实现[D]. 武汉:华中科技大学,2006.
SHANG Hui-chao. The Study on Algorithm and System Implementation of Printing Image Online Detection[D].Wuhan: Huazhong University of Science and Technology,2006.

[7] GONZALEZ R C,WOODS R E. Digital Image Processing[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
GONZALEZ R C,WOODS R E. Digital Image Processing[M]. Beijing:Publishing House of Electronics Industry,2007.

[8] HASHEMI S, SOHEILA K, NOROOZI N, et al. An Image Contrast Enhancement Method Based on Genetic Algorithm[J]. Pattern Recognition Letters,2010,7(2):1816—1824.

[9] 刘苏阳,唐万有. 图像去噪在印刷品质量检测上的应用[J]. 包装工程,2014,35(15):83—86.
LIU Su-yang,TANG Wan-you. Application of Image Denoising in Print Quality Detection[J]. Packaging Engineering, 2014,35(15):83—86.

[10] 王瑶,尤丽华,吴静静,等. 基于改进SIFT的图像快速自适应匹配算法[J]. 包装工程,2014,35(11):96—99.
WANG Yao, YOU Li-hua, WU Jing-jing, et al. Fast Adaptive Image Matching Algorithm Based on Improved SIFT[J]. Packaging Engineering,2014,35(11):96—99.

[11] CHEN C Y, DENG Q L, LIN B S, et al. Quartz-Blazed Grating Applied on Auto Stereoscopic Display[J]. Journal of Display Technology,2012,8(8):433—438.

[12] JOO D Y, YOUNGSHIN K, SEUNGJOON Y. Evaluation of Perceptual Resolution and Crosstalk in Stereoscopic Displays [J]. Journal of Display Technology,2013,9(2):106—111.

[13] STEGER C, ULRICH M, WIEDEMANN C,等. 机器视觉算法与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2008.
STEGER C, ULRICH M, WIEDEMANN C, et al. Machine Vision Algorithms and Applications[M]. Beijing: Tsinghua University Press,2008.

[14] 张瑾,高军,付衍文. 一种基于改进动态阈值的缺陷提取算法[J]. 包装工程,2012,33(11):107—111.
ZHANG Jin, GAO Jun, FU Yan-wen. A Defect Extraction Algorithm Based on Improved Dynamic Threshold[J]. Packaging Engineering,2012,33(11):107—111.

[15] SHI Rui-zhi, FAN Kai-bo, ZHOU Xiao, et al. Study on the Model of Chromaticity Closed-loop Control for Print Online Detection[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 262: 291—296.

(上接第124页)

terization of Multicolor Printer Based on BP Neural Network [J]. Packaging Engineering,2014,35(13):110—115.

[12] 卓金武. MATLAB在数学建模中的应用[D]. 北京:北京航空航天大学,2011.
ZHUO Jin-wu. Application of MATLAB in Mathematical Modeling[D]. Beijing: Beihang University,2011.

[13] 周维华. RBF神经网络隐层结构与参数优化研究[D]. 上海:华东理工大学,2013.
ZHOU Wei-hua. Research of Hidden Layer Structure and Parameters Optimization of RBF Neural Network[D]. Shanghai: East China University of Science and Technology,2013.

[14] 万晓霞,易尧华. 全彩色遥感影像彩色合成效应的研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2002,27(2):203—207.
WAN Xiao-xia, YI Yao-hua. Color Compound Domino Effect of True Color Remote Sensing Imagery[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University,2002,27(2):203—207.

[15] 刘浩学. CIE均匀颜色空间与色差公式的应用[J]. 北京印刷学院学报,2003,11(3):3—9.
LIU Hao-xue. The Application of CIE Uniform Color Space and Its Color Difference Formula[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication,2003,11(3):3—9.