

基于机器视觉的编织袋缺陷在线检测方法

迟欢*

北京科技大学天津学院机械工程系, 天津 301830

摘要 针对人工检测编织袋缺陷的正确率低与效率较低的问题, 提出一种高效的在线检测编织袋缺陷方法。该方法在线采集编织袋图像并进行图像处理, 消除干扰项, 准确检测编织袋的缺陷。使用均值滤波器、灰度开闭操作对图像进行预处理, 消除图像中干扰缺陷检测的黑白条纹与灰度不均匀, 降低噪声。使用差分图像二值化对图像进行背景分割, 提取出孔洞缺陷、拉丝缺陷, 以及过大的丝线缝隙、褶皱和黑色物。同时, 进行开闭运算处理, 将断裂的缺陷连接起来并消除过大的丝线缝隙, 避免小缺陷的漏检。利用特征提取与缺陷检测消除褶皱和黑色物的干扰, 检测出孔洞和拉丝缺陷。实验结果表明, 500 个试样检测的平均正确检测率达到 97.20%, 检测效率为 720 m/h, 检测结果正确率高, 效率高。

关键词 机器视觉; 图像处理; 编织袋缺陷; 在线检测; 消除干扰项

中图分类号 TP391

文献标志码 A

doi: 10.3788/LOP57.201507

Online Detection Method of Woven Bag Defects Based on Machine Vision

Chi Huan*

Department of Mechanical Engineering, Tianjin College, University of Science and Technology Beijing, Tianjin 301830, China

Abstract To solve the problem of low accuracy and low efficiency in manual detection of woven bag defects, an efficient online detection method for woven bag defects is proposed. The method collects images of woven bags online and performs image processing to eliminate interference items and accurately detect defects in woven bags. The image is preprocessed by using the mean filter and gray-scale open and close operations to eliminate black and white stripes and gray-scale unevenness that interfere with defect detection in the image, and reduce noise. Use differential image binarization to perform background segmentation on the image, and extract hole defects, wire drawing defects, and excessive wire gaps, wrinkles, and black objects. At the same time, open and close operation is used to connect the broken defects and eliminate the excessive wire gaps in the silk thread, so as to avoid the omission of small defects. Feature extraction and defect detection are used to eliminate the interference of folds and black objects, and detect holes and drawing defects. Experimental results show that the average correct detection rate of 500 samples reaches 97.20%, the detection efficiency is 720 m/h, and the detection accuracy and efficiency are high.

Key words machine vision; image processing; woven bag defects; online detection; interference elimination term

OCIS codes 150.2945; 100.3008

1 引言

编织袋广泛应用于粮食、化工、建筑材料等产品的外包装, 其生产过程包括丝线编制、印刷、裁剪等工序。编织袋的检测包括印刷前的质量检测和印刷后的印刷检测^[1]。质量检测主要通过检测编织袋的

缺陷, 来判别编织袋是否为合格品。传统的质量检测一般采用人工检测方法, 编织机生产编织袋的同时, 1 名操作工人同时监测 4~5 台编织机生产的编织袋, 并判断其是否为合格品。人工检测编织袋缺陷时, 小面积的缺陷容易漏检, 正确检测率不高; 人工检测编织袋缺陷的效率与编织机的编织效率等

收稿日期: 2020-02-14; 修回日期: 2020-02-25; 录用日期: 2020-03-06

* E-mail: 18644070647@163.com

同,人工检测效率不高。为了克服传统编织袋检测方法中的不足,本文提出基于机器视觉的编织袋缺陷在线检测方法。

机器视觉检测是利用图像摄取装置和计算机模拟人类检测,图像摄取装置模拟人眼读取图像功能,计算机模拟人脑分析图像功能,识别图像特征并输出,代替人工进行在线检测^[2-3]。机器视觉检测技术因其具备在线检测、无损检测和检测效率高等优势,被广泛应用于各类物品的检测^[4-6]。国内研究学者有效地将机器视觉技术应用于检测食品包装袋质量^[7-9]、印刷质量^[10]和药品包装质量^[11-12]。

目前,应用机器视觉检测的包装袋均具备表面光滑、宏观无纹理及检测对象尺寸较小等特点。编织袋是由颜色单一的丝线编织而成,具有编织纹理和编织缝隙,且尺寸较大,本文提出一种基于机器视觉的在线检测编织袋缺陷方法,高效、准确地检测编织袋缺陷。利用均值滤波器、灰度开闭操作、差分图像二值化、开闭运算和特征提取与缺陷检测分析处理在线采集的编织袋图像,消除丝线纹理、丝线缝

隙、黑白条纹、灰度不均匀、黑色物和褶皱的干扰,快速、准确地检测孔洞缺陷和拉丝缺陷,正确判断编织袋是否为合格。

2 编织袋缺陷检测系统

编织袋缺陷检测系统是基于机器视觉和图像处理系统,在线自动采集编织袋的图像,并对图像进行处理,检测出编织袋缺陷,判别编织袋是否合格。如图1所示,系统由编织袋运输模块、图像采集模块、图像识别模块、上位机和剔除模块组成,其中,图像采集模块包括编码器、摄像头、光源和检测区域。编织袋运输模块输送未裁剪的编织袋到检测区域。编码器测定编织袋的位置,判别编织袋是否到检测区域。当判定编织袋达到检测区域时,触发摄像头获取编织袋图像并传给上位机,完成编织袋的图像采集。上位机控制图像识别模块分析处理图像,检测编织袋的缺陷并判别其是否合格;当判断编织袋不合格时,上位机输出信号到剔除模块,剔除模块剔除不合格的编织袋。

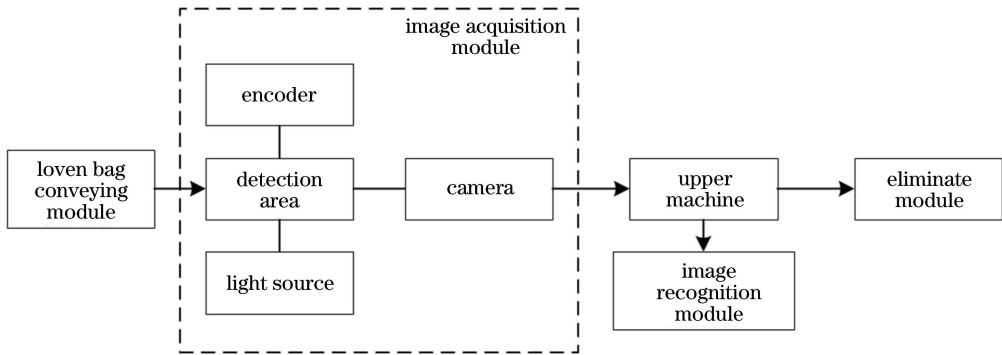


图1 系统框图

Fig. 1 System block diagram

本系统在线采集运动过程中的编织袋图像,利用背光光源,采集高质量的编织袋图像。当编织袋存在孔洞缺陷时,孔洞处缺少丝线,厚度较薄;当存在拉丝缺陷时,拉丝处存在多层丝线,厚度较厚。基于编织袋的厚度变化影响其透光性的特性,本文采用背光作为光源,设计背光的长宽高尺寸为 $630\text{ mm}\times 390\text{ mm}\times 16.7\text{ mm}$,实际发光区域的长宽为 $574\text{ mm}\times 320\text{ mm}$ 。

3 图像采集

图像采集过程为在线采集待检测的编织袋图像,编织袋图像经由图像处理过程进行处理,检测编织袋缺陷,判别编织袋是否合格。图像采集过程中,

常用的工业摄像头包括COMS摄像头和CCD摄像头。在相同分辨率下,COMS摄像头的拍摄帧率高。考虑采集编织袋图像所需的视野、精度与编织袋的运输速度,采用成本较低的面阵CMOS摄像头,摄像头为500万黑白摄像头,型号为RMER-502-79U3M,传感器像素尺寸为 $3.45\text{ }\mu\text{m}\times 3.45\text{ }\mu\text{m}$,靶面的宽高尺寸为 $8.8\text{ mm}\times 6.6\text{ mm}$,分辨率为 $2448(H)\times 2048(V)$,帧率为 79 frame/s ,采用 6 mm 镜头,型号为HF6XA-5M。依据中心成像原理,考虑摄像头和光源的装配条件,摄像头与光源的间距设置为 420 mm 。摄像头采集的编织袋图像效果较好,光源覆盖了图像的有效采集范围,表明光源和摄像头的设置合理。图像中孔洞缺陷、拉丝缺

陷、丝线缝隙、丝线纹理、黑白条纹、灰度不均匀、黑色物和褶皱清晰可见,表明高质量的编织袋图像有利于提高缺陷检测的准确率。

4 图像处理

图像处理是机器视觉检测技术的核心内容,根据图像精度和处理程度,图像处理分为图像预处理、图像分割处理、特征提取与缺陷检测。图像预处理可以去除图像中由环境、设备和光照等在外因素引

起的干扰,降低图像噪声,凸显图像的特征信息,校正图形的形状。图像分割处理是根据感兴趣目标,将图像的特征信息分割成具有不同特性的区域,包括目标区域与背景区域。特征提取与缺陷检测是提取感兴趣目标的特征值并与标准参数进行对比,筛选出缺陷,缺陷包括影响编织袋质量性能的孔洞和拉丝缺陷。本文检测方法可以准确地避开图像上的干扰,正确识别缺陷,准确判断编织袋是否合格。编织袋的缺陷检测的算法流程如图 2 所示。

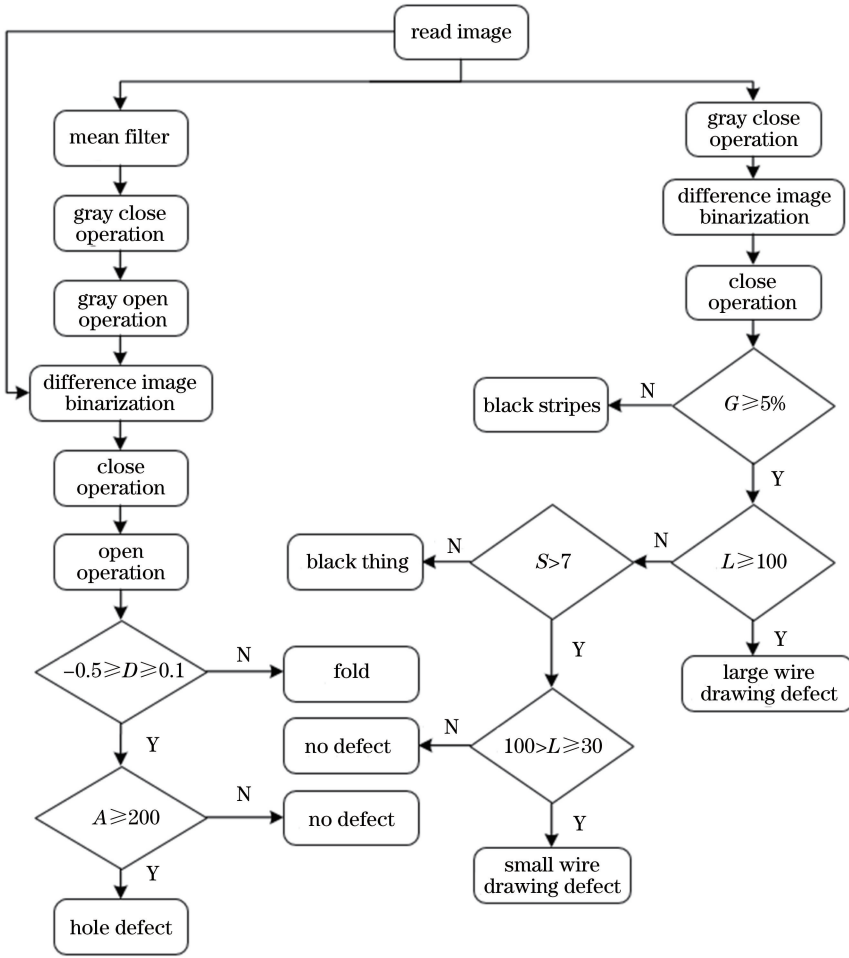


图 2 缺陷检测算法流程图

Fig. 2 Flow chart of defect detection algorithm

4.1 图像预处理

图像预处理的目的在于降低图像噪声和消除被检测目标的结构干扰,凸显图像中目标的特征。孔洞缺陷形成于编织袋的丝线之间,由编织袋运输造成的图像局部灰度不均匀,以及不均匀的丝线缝隙均会对检测孔洞缺陷造成干扰。为消除上述干扰,图像预处理采用均值滤波、灰度闭操作和灰度开操作。均值滤波采用算术均值滤波器对图像进行处理,根据丝线缝隙的大小建立一个 15×15 的矩形滤

波器,平滑图像中的局部变化,降低图像的噪声,减少不均匀的丝线缝隙对检测的干扰。灰度闭操作处理,先用 31×51 的矩形掩码对图像做膨胀,再用上述矩形掩码对所得结果做腐蚀,去除图像中纬丝线方向较小的暗细节,消除图像中的黑色纹路的干扰,保持整体灰度级别和较大的明亮特征相对不变。灰度开操作处理,先用 51×51 的矩形掩码对图像做腐蚀,随后用上述矩形掩码对所得结果做膨胀,消除图像中的白色间隙和孔洞,生成没有孔洞缺陷的对比

图像,与原图进行比较,提取出孔洞。拉丝缺陷是由丝线的过度拉扯形成,图像中的黑色纹路对拉丝缺陷检测存在干扰。为消除上述干扰,图像预处理采用灰度闭运算。先用 21×31 的矩形掩码对图像做膨胀,再用上述矩形掩码对所得结果做腐蚀,生成没有拉丝缺陷的对比图像,与原图进行比较,提取拉丝缺陷。

由图 3(a)、(b)可知,经过算术均值滤波器的处理,减少了丝线间隙过亮或过暗的干扰,图像整体平滑,噪声降低,滤波效果较好。由图 3(a)、(c)可知,

经由灰度闭操作,消除了图像中黑色纹路的干扰。由图 3(a)、(d)可知,经由灰度开操作,图像中的纬丝线方向较小明亮细节和孔洞已去除干净;孔洞缺陷的图像预处理采用均值滤波、灰度闭操作和灰度开操作,预处理效果较好,图像整体平滑,消除黑色纹路的干扰。由图 3(e)、(f)可知,灰度闭操作处理后,图像中的黑色纹路和拉丝缺陷均被去除。由图 3(g)、(h)可知,灰度闭操作处理后,图像中的黑色物没有被消除;拉丝缺陷的图像预处理采用灰度闭运算,预处理效果较好,消除了黑色纹路的干扰。

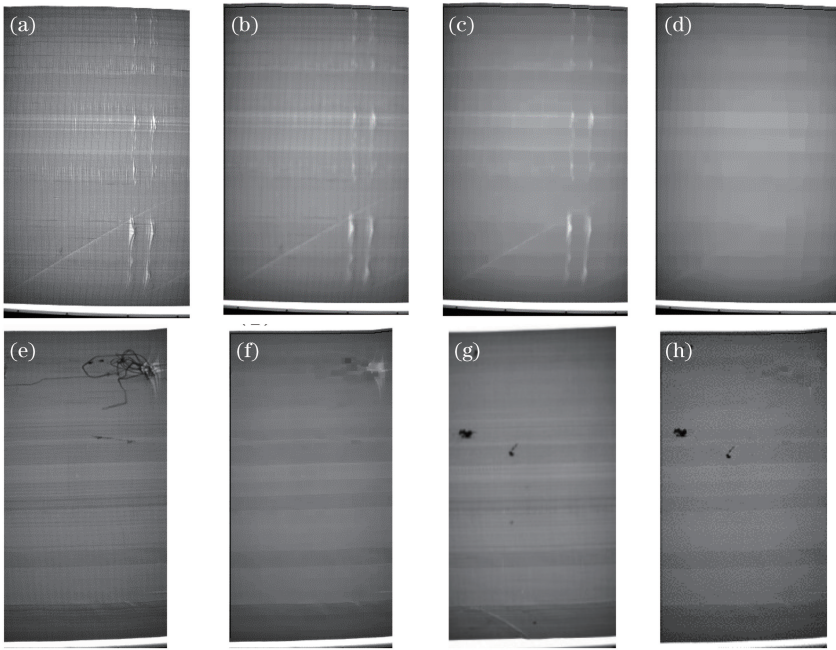


图 3 预处理图像。(a)孔洞原图;(b)孔洞均值滤波图;(c)孔洞灰度闭操作图;(d)孔洞灰度开操作图;(e)拉丝原图;(f)拉丝闭操作图;(g)黑色物原图;(h)黑色物闭操作图

Fig. 3 Preprocessing images. (a) Original hole image; (b) mean filtered image of hole; (c) gray close operation image of hole; (d) gray open operation image of hole; (e) original wire drawing; (f) close operation image of wire drawing; (g) original black thing; (h) close operation image of the black thing

4.2 图像分割处理

图像分割处理将预处理后的图像进行分割,按照感兴趣的目标特征将图像分割成目标区域和背景区域,为后期特征提取与缺陷检测做准备。本文利用差分图像二值化^[13]对图像进行分割处理。将预处理后的图像与原图像进行减法运算,判断所得差值图像中的像素灰度值,像素灰度值大于等于设定阈值的为目标区域,否则为背景区域。具体定义为

$$O(i, j) = Y(i, j) - \tilde{Y}(i, j), \quad (1)$$

$$Y_0(i, j) = \begin{cases} 255, & O(i, j) \geq T \\ 0, & O(i, j) < T \end{cases}, \quad (2)$$

式中: i, j 为目标图像中每一像素的坐标; $O(i, j)$ 为

提取出的目标图像每一像素的灰度值; $Y_0(i, j)$ 是差值图像二值化后的每一像素的灰度值; T 为阈值,阈值决定着识别目标区域的灵敏度; Y 为预处理后的图像; \tilde{Y} 为原图像。

孔洞缺陷的表征为明亮,拉丝缺陷的表征为灰暗。检测孔洞缺陷时,将原图像与预处理的图像进行减法运算,阈值选择为 15。检测拉丝缺陷,将像预处理的图像与原图进行减法运算,阈值为 20。

由图 4(a)可知,孔洞缺陷、不均匀的丝线缝隙和褶皱均被提取出来。由图 4(b)、(c)可知,拉丝缺陷、黑色纹路和黑色物均被提取出来。孔洞缺陷和拉丝缺陷的图像分割处理采用差分图像二值化,背

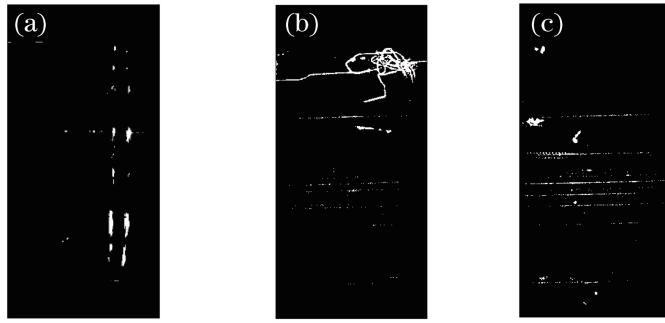


图4 差分图像二值化的图像。(a)孔洞;(b)拉丝;(c)黑色物

Fig. 4 Images of difference image binarization. (a) Hole image; (b) wire drawing; (c) black thing

景分割明确,准确提取出了感兴趣的目标特征。为消除不均匀的丝线缝隙和褶皱对孔洞缺陷检测的干扰、黑色纹路和黑色物对拉丝缺陷检测的干扰,利用特征提取与缺陷检测,消除干扰,正确识别缺陷。

4.3 特征提取与缺陷检测

4.3.1 开运算和闭运算处理

分别利用开运算和闭运算对孔洞缺陷进行处理,再利用闭运算对拉丝缺陷进行处理,消除干扰,连接断裂的缺陷,避免较小的缺陷漏检。对于孔洞缺陷的处理,先进行闭运算,连接断裂的孔洞缺陷,避免小孔洞缺陷的漏检;过大的不均匀的丝线缝隙与孔洞的结构相似,再进行掩码大小为 15×21 的开运算处理,消除过大的丝线缝隙,避免丝线缝隙对缺陷检测的

干扰。对于拉丝缺陷的处理,由于拉丝缺陷较细,其与丝线缝隙有明显的区别,无需进行开运算,只对其继续闭运算,将断裂的丝线连接起来,避免小缺陷的漏检。

由图4(a)、图5(a)和(b)对比可知,闭运算处理后,相邻的孔洞缺陷被连接起来;开运算处理后,消除了过大的不均匀的丝线缝隙,孔洞缺陷突出显示。由图4(b)和图5(c)对比可知,开运算处理后,断裂的拉丝缺陷被连接起来,防止小拉丝缺陷的漏检,拉丝缺陷突出显示。由图4(a)~(c)和图5(b)~(d)可知,开运算和闭运算处理后,图像中的黑丝纹路、褶皱和黑色物干扰并没有消除,且均被提取出,需进一步特征分析,判断缺陷的独有特征,正确检测出孔洞缺陷和拉丝缺陷。

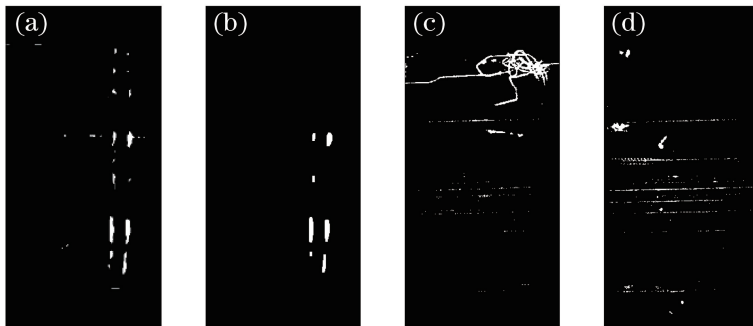


图5 缺陷检测结果图。(a)孔洞闭运算;(b)孔洞开运算;(c)拉丝闭运算;(d)黑色物闭运算

Fig. 5 Diagram of defect detection results. (a) Close operation of the hole image; (b) open operation of the hole image; (c) close operation of the wire drawing; (d) close operation of the black thing

4.3.2 特征的选择

孔洞缺陷检测中,特征选取面积特征 A (单位:像素)和方向特征 D (单位:弧度)。小面积的孔洞缺陷不会影响编织袋的性能,带有小面积的孔洞缺陷的编织袋认定为是合格品。不同规格的编织袋对孔洞缺陷的面积要求不同,根据本文选择的编织袋的规格和厂家给出的要求,设定 $A \geq 200$ 判定为孔洞缺陷,即不合格品; $A < 200$ 判定为合格品。由于孔洞缺陷的面积与褶皱的面积接近,面积特征不能消除褶皱对孔

洞缺陷检测的干扰。褶皱是由丝线叠加而形成,褶皱的表象特征呈长条状,且与丝线成一定的角度;孔洞缺陷的表象特征呈椭圆形,椭圆的长轴趋近于平行或垂直丝线。基于上述区别,选取与丝线成一定角度的方向特征 D ,消除褶皱对孔洞缺陷检测的干扰。根据经验设定: $0.1 \geq D \geq -0.5$ 判定为孔洞缺陷,即不合格品; $D < -0.5$ 或 $D > 0.1$ 判定为褶皱。

拉丝缺陷检测中,特征选取最小灰度所占比例 G 、长度 L (单位:像素)和结构因子 S 。图像中拉丝

缺陷所在区域的灰度值较小,通过判断目标区域中最小灰度值区域所占的比例,可以消除丝线纹理和黑色条纹干扰; $G < 5\%$ 判定为黑色条纹; $G \geq 5\%$ 且 $L \geq 100$ 判定为大拉丝缺陷; $100 > L \geq 30$ 可能为小拉丝缺陷或黑色物。黑色物在图像中的所在区域的灰度值也较小,不能利用最小灰度所占比例消除掉黑色物干扰,并且,其长度与小拉丝缺陷的长度接近,长度特征只能用于判别大拉丝缺陷,不能消除黑色物对小拉丝缺陷的干扰。由于拉丝缺陷的普遍形状为细长条,黑色物的普遍形状为实心且其长宽比较小,因此利用结构因子消除黑色物干扰。结构因子等于等距因子点乘缩放因子后减1。

等距因子为

$$A_n = \frac{R_a}{R_b} \tag{5}$$

缩放因子为

$$B = \frac{\pi \cdot R_a \cdot R_b}{A_m} \tag{6}$$

结构因子为

$$S = A_n \cdot B - 1, \tag{7}$$

式中: A_n 为等距因子; R_a, R_b 为目标区域外接椭圆的长短轴; B 为缩放因子; A_m 为目标区域的面积。

如图6所示,结构越是细长,其结构因子的特征值 S 越大。当 $S > 7$ 时,判定为小拉丝缺陷;当 $S \leq 7$ 时,判定为黑色物干扰。特征与缺陷匹配分类如表1所示。

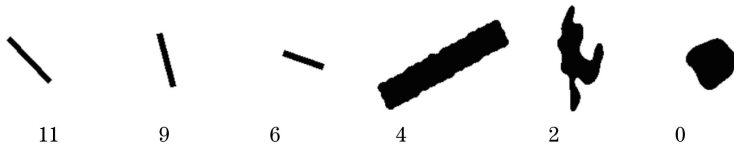


图6 结构因子特征图

Fig. 6 Structural factor characteristic diagram

表1 特征与缺陷分类匹配表

Table 1 Feature and defect classification matching table

No.	Condition	Classification
1	$G \geq 5\%$ and $L \geq 100$	Big wire drawing
2	$G \geq 5\%$ and $100 > L \geq 30$ and $S > 7$	Small wire drawing
3	$G < 5\%$	Black stripes
4	$G \geq 5\%$ and $100 > L \geq 30$ and $S \leq 7$	Black thing
5	$A \geq 200$ and $0.1 \geq D \geq -0.5$	Hole
6	$D < -0.5$ or $D > 0.1$	Fold

由图7(a)~(c)可知,特征提取和缺陷检测后,消除了褶皱对孔洞的干扰,正确检测出孔洞缺陷;消除了丝线纹理和黑色条纹的干扰,正确检测出大拉丝缺陷;消除了黑色物对小拉丝缺陷的干扰,正确检测出小拉丝缺陷。

5 实验与结果分析

实验选取 Win10 操作系统,硬件配置为英特尔 i7,算法运行环境为 halcon+VS2015。实验所需图样来源于天津市某编织袋生产厂。本文中系统的有效检测区域为光源所在的范围,每次检测编织袋的有效长度为 300 mm。为了增加检测效果,减少漏检率,编织袋每向前运行 150 mm 采集一张图像。实验所用编织袋的单位面积质量为 80 g/m²、丝线宽度为 4 mm、丝线厚度为 0.5 mm。实验选取 500 张编织袋在线检测图像,其中合格品 400 个,孔洞缺陷 48 个,拉丝缺陷 52 个。图8为部分编织袋检测结果,图中绿色虚线框区域为检测区域,红色细实线区域为孔洞缺陷,蓝色粗实线区域为拉丝缺陷。

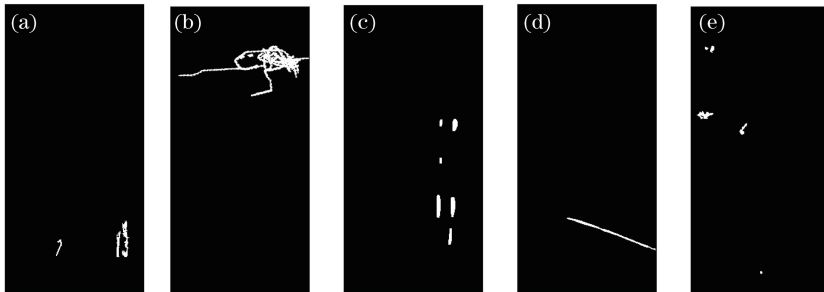


图7 特征图。(a)小拉丝缺陷;(b)大拉丝缺陷;(c)孔洞缺陷;(d)褶皱干扰;(e)黑色物干扰

Fig. 7 Feature maps. (a) Defects of small wire drawing; (b) defects of big wire drawing; (c) defects of hole; (d) defects of fold; (e) defects of the black thing

表 2 为缺陷检测分类结果。

表 2 测试分类结果
Table 2 Test classification results

No.	Specie	Sample	Success number	Error number
1	Nonconforming product	400	389	11
2	Hole defects	48	46	2
3	Drawing defects	52	51	1
	Total	500	486	14

由图 8 可知,本文方法消除了干扰,正确检测出孔洞缺陷和拉丝缺陷。由表 2 可知,合格的编织袋的检测准确率为 97.25%,误检率为 2.75%。孔洞缺陷检测准确率为 95.83%,漏检率为 4.17%,拉丝缺陷检测准确率为 98.08%,漏检率为 1.92%。实验分析后发现,漏检的缺陷为孔洞缺陷和小拉丝缺陷,计算机平均检测一张编织袋图像的时间约为 50 ms。人工检测编织袋缺陷时,较小的缺陷容易漏检,1 名操作工人同时检测 4~

5 台编织机,检测的准确率约为 85%,而本系统的平均检测准确率为 97.20%,检测准确率高。编织机的生产效率为 60~70 m/h,每名操作工人的检测效率为 240~350 m/h。而本文检测方法为在线检测,检测效率实际为编织袋运输模块的运输效率,编织袋的输送效率为 2 m/s,利用本文检测方法检测编织袋缺陷,检测效率为 720 m/h。因此本文检测方法的检测效率为人工检测效率的 2~3 倍,检测效率高。

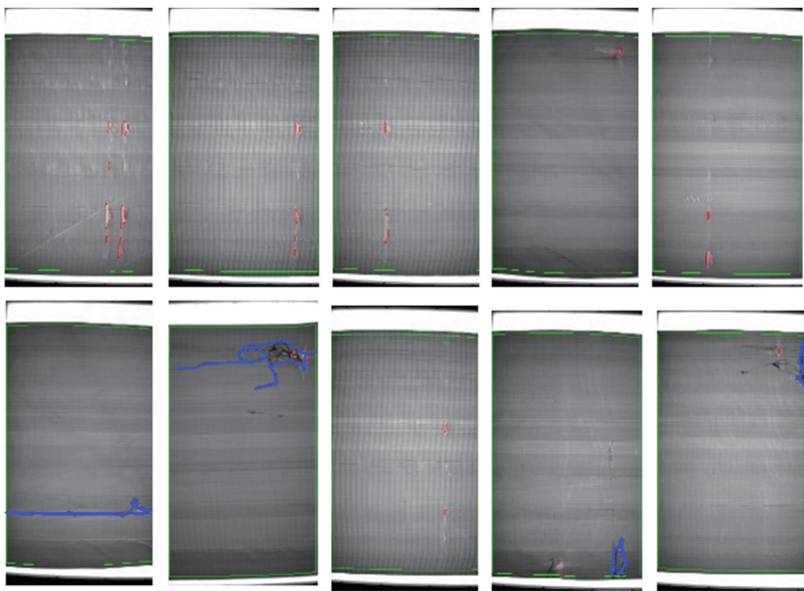


图 8 缺陷检测结果图

Fig. 8 Diagram of defect detection results

6 结 论

本文提出的基于机器视觉的编织袋缺陷在线检测方法,通过分析处理在线采集的编织袋图像,高效、准确地检测出编织袋的缺陷,判断编织袋是否为合格品。根据孔洞缺陷和拉丝缺陷的不同特性,采用具有针对性的检测方法,准确检测出孔洞和拉丝缺陷。针对孔洞缺陷的结构呈椭圆状,椭圆的长轴趋近平行于丝线,图像上的表征为明亮的特性,利用均值滤波器和灰度开闭操作进行图像预处理,利用差

分图像二值化进行图像分割处理,利用开闭运算和特征提取与缺陷检测处理方式正确检测孔洞缺陷。针对拉丝缺陷呈长条状,长条状的方向趋近平行于丝线方向,图像上的表征为黑暗的特性,利用灰度闭操作进行图像预处理,利用差分图像二值化进行图像分割处理,利用闭运算和特征提取与缺陷检测处理方式正确检测拉丝缺陷。消除了图像中的黑白条纹、灰度不均匀、丝线缝隙和褶皱的干扰,正确检测出了孔洞缺陷,避免了小孔洞缺陷的漏检;消除了图像中的丝线纹理、黑色条纹和黑色物,正确检测出了

拉丝缺陷,避免了小拉丝缺陷的漏检。本文检测方法检测编织袋缺陷的平均检测准确率为97.20%,检测效率为720 m/h,相比于人工检测,其正确检测率和检测效率均较高。

参 考 文 献

- [1] Xue Y X, Zhang E H, Wu X Y. The defects detection system of printed products base on computer vision[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(5): 185-187.
薛延学, 张二虎, 吴学毅. 基于计算机视觉的印刷包装品缺陷检测系统[J]. 包装工程, 2004, 25(5): 185-187.
- [2] Mou X G, Cai Y C, Zhou X, et al. On-line yarn cone defects detection system based on machine vision[J]. Journal of Textile Research, 2018, 39(1): 139-145.
牟新刚, 蔡逸超, 周晓, 等. 基于机器视觉的筒子纱缺陷在线检测系统[J]. 纺织学报, 2018, 39(1): 139-145.
- [3] Dai B Y, Wu J J. Research of surface defect detection system for stator based on machine vision [J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2019, 32(10): 1589-1594.
戴斌宇, 吴静静. 基于机器视觉的定子表面缺陷检测系统研究[J]. 传感技术学报, 2019, 32(10): 1589-1594.
- [4] Wang Q C, Jing J F. Horizontal crack detection of metal surface based on machine vision[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2018, 32(11): 71-77.
王清晨, 景军锋. 采用机器视觉的金属表面横向裂纹检测[J]. 电子测量与仪器学报, 2018, 32(11): 71-77.
- [5] He Z D, Wang Y N, Liu J, et al. Background differencing-based high-speed rail surface defect image segmentation[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2016, 37(3): 640-649.
贺振东, 王耀南, 刘洁, 等. 基于背景差分的高铁钢轨表面缺陷图像分割[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(3): 640-649.
- [6] Lu S Z, Du W L, Chen Z, et al. On-line measuring method of buckwheat hulling efficiency parameters based on machine vision [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2019, 50(10): 35-43.
吕少中, 杜文亮, 陈震, 等. 基于机器视觉的荞麦剥壳性能参数在线检测方法[J]. 农业机械学报, 2019, 50(10): 35-43.
- [7] Li D, Bai G J, Jin Y Y, et al. Machine-vision based defect detection algorithm for packaging bags [J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2019, 56(9): 091501.
李丹, 白国君, 金媛媛, 等. 基于机器视觉的包装袋缺陷检测算法研究与应用[J]. 激光与光电子学进展, 2019, 56(9): 091501.
- [8] Li M, Sun T B. Research of food packaging defects detection based on machine vision[J]. Food Research and Development, 2016, 37(24): 125-127.
李萌, 孙铁波. 基于机器视觉的食品包装缺陷检测研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(24): 125-127.
- [9] Jia Z Z, Zhang T, Cao X Q, et al. Design and realization of the food inner packaging detection device based on the machine vision [J]. Food and Machinery, 2018, 34(7): 111-114.
贾真真, 张涛, 曹兴强, 等. 基于机器视觉的食品内包装缺陷检测装置设计与实现[J]. 食品与机械, 2018, 34(7): 111-114.
- [10] Chen H L, Li J W. Detection system design of instant noodle packaging quality based on machine vision[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(13): 159-163.
陈慧丽, 李继伟. 基于机器视觉的方便面包装品质检测系统设计[J]. 包装工程, 2017, 38(13): 159-163.
- [11] Li Z J. Automatic detection system for drug packaging line based on machine vision[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(17): 165-169.
李姿景. 基于机器视觉的药品包装生产线自动检测系统[J]. 包装工程, 2018, 39(17): 165-169.
- [12] Li M, Sun T B. Design of machine vision based aluminum-plastic drug packaging on-line detection system[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(4): 138-141.
李萌, 孙铁波. 基于机器视觉的铝塑药品包装在线检测系统[J]. 塑料工业, 2016, 44(4): 138-141.
- [13] Chen W H, Zhang J, Fan Y Y, et al. A method based on background subtraction and frame difference algorithm for moving target detection[J]. Electronic Design Engineering, 2013, 21(3): 24-26.
陈文会, 张晶, 樊养余, 等. 一种基于背景减法和帧差的运动目标检测算法[J]. 电子设计工程, 2013, 21(3): 24-26.