

DOI: 10.13382/j.jemi.2017.08.018

基于迟滞阈值分割的瓶口缺陷检测方法^{*}

黄森林¹ 王耀南¹ 彭玉¹ 周显恩¹ 严佳栋¹ 范涛¹ 刘学兵¹ 刘远强²

(1. 湖南大学机器人感知与控制技术国家工程实验室 长沙 410082;

2. 佛山市湘德智能科技有限公司 佛山 528000)

摘要:随着工业机器人和现代化工业的快速发展,人们对工业机器人的性能要求越来越高,为了提高工业生产的效率和产品的质量,智能、高速、高精度是工业机器人的必备要求。国内基于机器视觉的智能啤酒瓶口缺陷检测方法中,高速、高精度仍是一个亟待解决的问题。为此,提出了一种基于随机圆拟合评估的四圆周定位法,大大提高了瓶口检测区域的定位精度,并提出了基于投影特征的分区域磁滞阈值分割的智能瓶口缺陷检测方法。对采集的488幅灰度图像进行测试,检测正确率为99.4%,检测平均速度为38 ms,算法的检测速度快,检测精度高,可以很好地应用到高速、高精度的现代化工业机器人中。

关键词:机器视觉;迟滞阈值分割;随机圆检测;缺陷检测

中图分类号: TP391; TH89 文献标识码: A 国家标准学科分类代码: 510

Bottle mouth defect detection method based on hysteresis thresholding segmentation

Huang Senlin¹ Wang Yaonan¹ Peng Yu¹ Zhou Xian'en¹ Yan Jiadong¹
Fan Tao¹ Liu Xuebing¹ Liu Yuanqiang²

(1. National Engineering Laboratory for Robot Visual Perception and Control Technology, Changsha 410082, China;

(2. Foshan Xiangde Intelligent Technology Co. Ltd., Foshan 528000, China)

Abstract:With the development of industrial robots and modern industrial, the more performance requirements for industrial robots are needed. To improve production efficiency and product quality, intelligent, high speed and high precision are essential requirements for industrial robots. In summary of domestic intelligent beer bottle mouth defect detection method based on machine vision, high-speed and high-accuracy is still a problem to be solved. This paper presents the four-circle positioning method based on circle fitting assessment method, which greatly improves the accuracy of bottle mouth detection area, and the smart bottle mouth defects detection method based on sub-region hysteresis thresholding segmentation of projection features. Collected 488 image tests, the detection accuracy is 99.4%, the average speed of detection is 38 ms. The algorithm proposed in this paper has high detection speed and high detection precision, it can be well applied in the modern industrial robot with high speed and high precision.

Keywords: machine vision; hysteresis thresholding segmentation; random testing; defect detection

0 引言

随着工业3.0和工业4.0的快速发展,基于机器视觉的工业检测技术在工业自动化领域得到更加广泛应用,主要应用于工业检测^[1]、自动化生产线^[2-3]、农业^[4-5]、

电子制造^[6]、医药^[7-8]以及危险场合工作的机器人等^[9]。随着工业机器人和现代化工业的快速发展,对工业机器人的性能要求也越来越高,在智能啤酒瓶空瓶缺陷检测中,空瓶检测机器人的检测速度和检测精度是国内智能制造行业中的瓶颈。

国外,空瓶检测机器人最高检测速度最快可以达到

72 000 瓶/h,但是描述检测机器人检测原理的文献并不多见。在国内,湖南大学的段峰^[10]研制出首台多传感器融合智能检测机器人,提出了基于径向投影和经验规则的图像检测方法以及基于串联多神经网络的瓶口缺陷判决方法,但是在检测速度和检测精度上都不是很理想。张田田^[11]提出了基于感兴趣直线的置信值累计的计算法对断口和破损口进行检测,以及采用连通域分析的方法对脏污进行检测,检测速度可以达到 42 000 瓶/h,但在合格瓶口和脏污瓶口的检测上存在问题,检测的速度和精度需要提高。张莹等人^[12]在提取啤酒瓶的缺陷特征后,对多个基准样本进行分类性能、速度、准确性的详细比较和理论分析,得出了一对一多分类支持向量机可以应用于智能啤酒瓶检测机器人。刘文志^[13]采用模板匹配的方法对缺陷进行检测。郭克友等人^[14]和李娜^[15]通过提取瓶口图像的连通域周长、面积和圆形度以及相对圆心距离等特征作为特征向量,提出了基于 BP 神经网络的啤酒瓶口检测方法。周显恩等人^[16]提出了残差分析动态阈值分割和全局阈值分割结合的瓶口缺陷检测方法,克服了灰度变化和瓶口缺陷对检测结果的影响,但是阈值太多,需要大量实验测试确定。

结合我国智能空瓶质量检测的现状,通过分析现有算法,发现我国智能空瓶质量检测算法主要分为两类:一类是基于神经网络的学习算法,另一类是依赖先验经验知识的阈值分割方法。基于神经网络的学习算法,通常需要大量的样本图像,对样本的可靠性依赖较高,此外训练的时间较慢,检测时间长,对干扰敏感,检测精度不高,而基于阈值的检测方法对先验经验知识过度依赖,设定的阈值参数过多,参数阈值需要大量实验确定。为此,本文提出了一种基于随机圆拟合评估^[17]的四圆周定位法对瓶口图像进行检测区域定位,通过坐标变换图像的垂直投影特征确定磁滞阈值分割的双阈值,最后采用迟滞阈值分割,分析图像连通域特征进行瓶口缺陷智能检测的方法,进一步提升算法检测正确率和检测速度。

1 瓶口检测系统结构

本文中的图像获取装置是利用实验室研制出的多传感器融合智能检测机器人进行瓶口图像的采集。基于机器视觉的啤酒瓶口图像采集部分主要由工业相机、LED 环形照明光源、光电传感器、PLC 和工控机组成。工业相机用于拍摄瓶口图像,LED 环形照明光源用于给瓶口提供合适亮度,光电传感器用于检测是否有啤酒瓶经过相机正下方,PLC 用于触发相机拍照和“点亮”LED 环形照明光源,工控机从工业相机中读取图像并进行处理。瓶口图像采集部分如图 1 所示。

在实际的啤酒瓶质量检测中,啤酒瓶都是在流水线

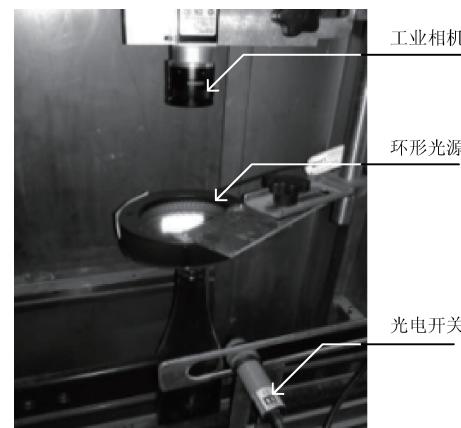


图 1 图像采集装置
Fig. 1 Image acquisition device

上高速运动的,在高速运动中的图像采集,若曝光时间太长,往往会产生重影,图像变得模糊不清,严重影响后续的质量检测。为了符合实际生产线上的高速运动情况,在实验中瓶口图像的采集采用触发模式进行采集,相机的曝光时间设置在 100 μs 之内。当啤酒瓶经过光电开关时,PLC 给工业相机和环形光源一个触发信号,“点亮”环形 LED 光源,同时触发工业相机拍照,获得瓶口图像。

2 瓶口图像缺陷检测

本文提出的瓶口缺陷检测方法由两部分组成:1) 基于随机圆拟合评估的四圆周瓶口检测区域定位;2) 基于迟滞阈值的分区域瓶口缺陷检测。

在瓶口检测区域定位阶段,首先对输入的瓶口图像进行全局阈值分割,得到二值图像,然后通过重心法获取瓶口图像的重心作为瓶口检测区域的大致中心,之后以重心为圆心沿径向方向由内向外扫描获取瓶口内外亮环的内外边缘点,随后采用随机圆拟合评估的方法对扫描的边缘点进行圆拟合,得到瓶口内外亮环边缘所在的 4 个圆周,完成瓶口检测区域的定位。瓶口检测区域的缺陷识别阶段,首先对瓶口检测区域进行坐标变换,然后对变换后的图像沿垂直方向投影,根据投影结果确定分割的迟滞阈值,最后进行迟滞阈值分割,采用连通域分析对图像缺陷进行识别。整个瓶口缺陷识别流程如图 2 所示。

2.1 瓶口图像缺陷分类

为了更好的对瓶口图像缺陷的分区域检测,将获取的瓶口图像缺陷可以按区域分为以下 4 类情况:1)、瓶口内环区域缺陷;2)、瓶口封盖面区域缺陷;3)、瓶口外环区域缺陷;4) 上述 3 种类型缺陷的任意组合情况。在前 3

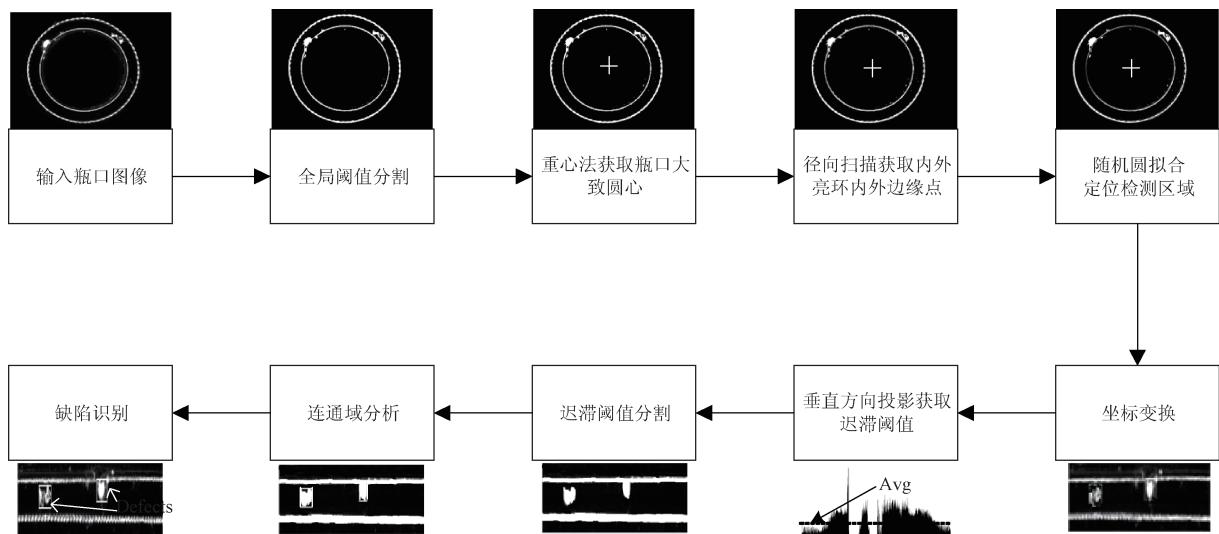


图2 瓶口缺陷检测流程

Fig. 2 Flow chart of bottle mouth defect detection

类缺陷类型中均为单一缺陷,即若为瓶口内环区域缺陷,则其他区域为完好的。完好的瓶口图像完好瓶口图像则呈现出2个明亮均匀的封闭圆环,背景部分和封盖面区域灰度值较小,呈现为黑色。缺陷图像和完好瓶口图像如图3所示。

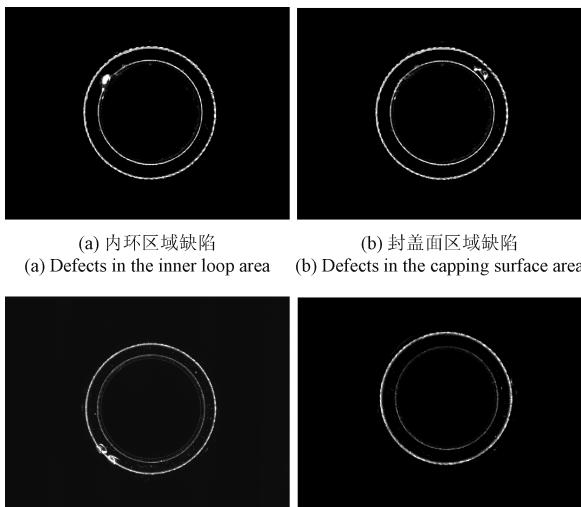


图3 瓶口图像

Fig. 3 The bottle mouth images

2.2 瓶口检测区域定位

在实际采集的瓶口图像中,瓶口检测区域在每幅图像的位置是存在着较大的变化的,因此,在对瓶口图像进行分区域缺陷检测之前,需要对每幅瓶口图像进行准确的定位。由于瓶口图像中会呈现出两个明亮的圆环,可以采用圆检测的方法,对瓶口检测区域进行准确定位。

传统的Hough圆检测方法,检测速度不够理想,本文采用基于随机圆拟合评估的方法来进行圆检测,并提出了四圆周法对瓶口检测区域进行准确定位。

2.2.1 径向扫描获取瓶口内外亮环边缘点

首先采用全局阈值法对瓶口图像进行阈值分割,然后求取瓶口图像的重心,求取的瓶口重心作为粗定位的瓶口中心。以粗定位的瓶口中心为圆心沿半径方向由内向外进扫描,扫描次数为 N_{scan} ,则扫描步进角为 $\Delta\mu = 360/N_{\text{scan}}$,扫描步进方向为顺时针或者逆时针,本文沿逆时针方向扫描,扫描范围设定为从内亮环半径大小的1/2开始至外环半径大小的1.5倍结束,获取内亮环内外边缘和外亮环的内外边缘的4个边缘点。若在设定的径向扫描范围内获取到的边缘点不足4个,则表明该径向方向的边缘点部分缺失,对于此种情况则舍弃该方向扫描得到的所有边缘点。最终可以得到 $4N'$ 个边缘点,在图像完整的情况下 $N' = N_{\text{scan}}$ 。通常情况下,扫描的步进角越小,得到的扫描边缘点越多, N' 越大,后续的基于随机圆评估法拟合的圆精度越高,但拟合的时间也越长。在本文中设定 N_{scan} 为540。径向扫描示意图如图4所示。

图4中两个白色圆环表示瓶口图像的两个内外亮环, O' 为瓶口图像粗定位圆心,称为扫描圆圆心, $\Delta\mu$ 表示扫描步进角, P_{ij} 表示第j次扫描第i($i=1,2,3,4$)个圆周上的边缘点,用 α_j 表示第j次扫描与第一次扫描的夹角,则有 $\alpha_j = \Delta\mu \cdot j$,用 R_{scan} 表示扫描半径,那么扫描半径末端坐标 P_j 的坐标可以用式(1)、(2)计算得到。

$$X_{P_j} = X_{O'} + R_{\text{scan}} \cos(\alpha_j) \quad (1)$$

$$Y_{P_j} = Y_{O'} + R_{\text{scan}} \sin(\alpha_j) \quad (2)$$

2.2.2 四圆周定位瓶口检测区域

在上述中通过径向扫描法得到了瓶口内外亮环的内

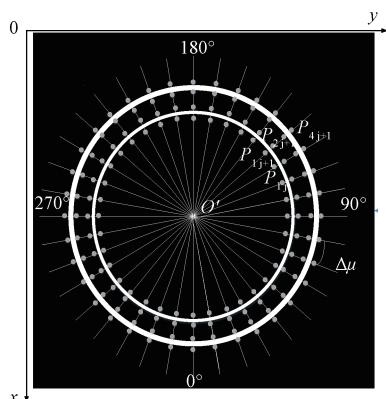


图4 径向扫描示意图

Fig. 4 Schematic diagram of radial scanning

外边缘点坐标后,采用基于随机圆拟合评估的方法对边缘点进行圆拟合,得到瓶口内外亮环内外边缘所在的4个圆周,设拟合得到的4个圆周的圆心坐标由内而外分别为 O_1 、 O_2 、 O_3 和 O_4 ,半径分别为 R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 ($R_1 < R_2 < R_3 < R_4$)。在理论上拟合出来的4个圆周的应该是圆点重合的同心圆,但是在实际中拟合出来的4个圆周的圆心是很难重合的,为了能够更加准确地定位出瓶口检测区域,将拟合出来得4个圆周做平均处理,经过测试选取第2个和第3个圆周圆心的坐标均值作为瓶口圆心精度最高,如式(3)和(4),最终得到的瓶口中心坐标 O 。

$$X_O = \sum_{i=2}^3 X_{O_i} \quad (3)$$

$$Y_O = \sum_{i=2}^3 Y_{O_i} \quad (4)$$

在准确地定位出瓶口中心坐标后,将瓶口检测区域由内而外划分为内亮环区域 ROI_1 、封盖面区域 ROI_2 和外亮环区域 ROI_3 ,其中内亮环区域 ROI_1 是由半径为圆周 R_2 和 R_1 所包围的圆环所在区域,封盖面区域 ROI_2 是由半径为 R_3 和 R_2 的圆周包围所包围的圆环区域,外亮环区域 ROI_3 是由半径为圆周 R_4 和 R_3 所包围的圆环所在的区域,整个瓶口检测区域如图5所示。

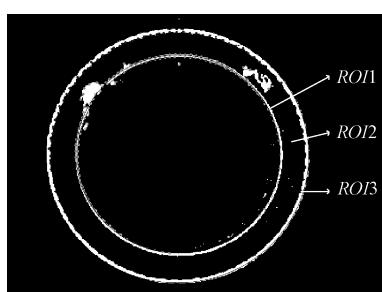


图5 瓶口检测区域

Fig. 5 The bottlemouth detection region

2.3 对检测区域进行坐标变换

由于瓶口检测区域是呈圆环形状,在原有图像上进行处理,存在着极大的不方便之处,特别是在后面的缺陷识别时的对检测区域进行投影分析。因此,本文对瓶口检测区域进行坐标变换,将原本是环形的瓶口图像转换成方便处理的矩形图像,这对后面的缺陷检测识别处理带来了极大的便利。本文的坐标变换采用径向扫描的方法,以瓶口定位的中心为圆心,在检测的区域范围内进行一圈沿着半径方向的径向扫描采样,每一次径向方向扫描的像素点对应着变换后的矩阵的一列像素点。径向扫描步进角为 $\frac{2}{R_2 + R_3}$ (这里的角度量采用弧度制),这样就可以得到转换后的检测图像区域 $ROI1'$ 、 $ROI2'$ 和 $ROI3'$,图象的长宽为 $[\pi(R_2 + R_3)] \times (R_4 - R_1)$, R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 表示在2.2.2节中定位出来的圆周的半径,[]符号表示对数据取整。变换后的图像如图6所示。

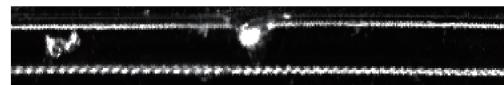


图6 坐标变换后的图象

Fig. 6 The image after coordinate transformation

根据投影特征确定迟滞阈值对上述坐标变换后的图像分区域沿垂直方向进行投影,投影图像如图7所示。在2.2.1节中得到坐标变换后的图像分别为 $ROI1'$ 、 $ROI2'$ 和 $ROI3'$,他们的投影结果为一维行向量,用 P_i ($i = 1, 2, 3$)表示,投影结果中的元素都需要经过规格化处理,即投影值除以投影方向的像素个数,这样可以保证投影结果中的值规格化在范围[0, 255]之间。

(a) $ROI1$ 投影结果
(a) $ROI1$ projection result(b) $ROI2$ 投影结果
(b) $ROI2$ projection result(c) $ROI3$ 投影结果
(c) $ROI3$ projection result

图7 图像投影结果

Fig. 7 The image projection results

从图7中可以明显的看出封盖面区域存在两个较大的波峰,该位置处的灰度值较大,可能存在白色缺陷

区域,而内外环亮度区域的投影值较为均匀,一般不存在缺陷。为此,本文根据投影结果确定图像的图像分割的迟滞阈值(双阈值)。

根据图像投影结果确定图像分割的迟滞阈值确定方法如下:设投影结果中的元素最大值为 P_{imax} ,最小值为 P_{imin} ,平均值为 P_{avg} ,迟滞阈值为 Th_{high} 和 Th_{low} ($Th_{low} < Th_{high}$)其中 i 表示第 i 个检测区域,则迟滞阈值的计算方法采用式(5)和(6)确定。

$$\begin{cases} Th_{high} = P_{avg} + 50 \\ Th_{low} = P_{avg} + 30 \end{cases} \quad i = 1, 3 \quad (5)$$

$$\begin{cases} Th_{high} = 2P_{avg} - P_{imax} - 10 \\ Th_{low} = 2P_{avg} - P_{imax} + 20 \end{cases} \quad i = 2 \quad (6)$$

2.4 迟滞阈值分割与缺陷识别

瓶口图像封盖面区域,灰度值较低,缺陷表现为较亮的区域,由于图像光照强度并不是完全均匀的,采用单一阈值进行分割,很容易将不是缺陷的区域误分割为缺陷,是缺陷的区域漏分割为正常区域,为此,本文采用迟滞阈值对封盖面区域进行分割,然后对分割后的图像进行连通域分析,最后根据连通域的长、宽和面积判定是否为缺陷。

设分割前的图像 I 表示为 $I = f(x, y)$, $f(x, y)$ 表示图像 I 在坐标 (x, y) 处的像素值,分割后的图像 G 表示为 $G = g(x, y)$, $g(x, y)$ 表示图像 G 在坐标 (x, y) 处的像素值,磁滞阈值分割采用如下方式进行。

1) 当图像 I 在坐标 (x, y) 出的像素值 $f(x, y)$ 大于迟滞阈值的较大值 Th_{high} ,则将图像 G 在该处的像素值置为 255;

2) 当图像 I 在坐标 (x, y) 出的像素值 $f(x, y)$ 大于迟滞阈值的较小值 Th_{low} ,则将图像 G 在该处的像素值置为 0;

3) 当图像 I 在坐标 (x, y) 出的像素值 $f(x, y)$ 介于迟滞阈值的较小值 Th_{low} 和较大值 Th_{high} 之间,则将图像 G 在该处的像素值置为 1。

步骤 1) ~3) 可以采用式(7)进行描述。

$$g(x, y) = \begin{cases} 255, & f(x, y) > Th_{high} \\ 0, & f(x, y) < Th_{low} \\ 1, & Th_{low} < f(x, y) < Th_{high} \end{cases} \quad (7)$$

4) 判断图像 G 中像素值为 1 的像素点的四邻域是否存在像素值为 255 的像素点,若存在,则将该像素点的值置为 255,若不存在则将该像素点的值置为 0,原图和分割后的图像如图 8 所示。



图 8 迟滞值分割

Fig. 8 The hysteresis thresholding segmentation

采用上述方式对封盖面区域进行迟滞阈值二值分割后,对得到的二值化图像 G 进行连通域分析,求像素值为 255 的所有连通域的最小外接矩。将外接矩的长、宽和面积与设定阈值进行比较判断是否为缺陷区域,阈值的大小根据检测缺陷的尺寸进行设定,本文外接矩的长度设置为 8,宽度设置为 4 面积设置为 14。

瓶口图像明亮的内外环处的缺陷呈现出较暗的区域,灰度值较低,但是亮环的宽度太窄,直接采用迟滞阈值对变换后的图像进行分割,然后对分割后的图像进行联通域分析,缺陷检测容易受到干扰,效果并不好。内外亮环处的缺陷灰度值通常较低,跟背景灰度值接近,在投影图中表现为投影值较小,呈现为波谷形状。为此,本文对瓶口图像内外亮环区域缺陷的识别,采用对坐标变换后的图像的投影的结果进行迟滞阈值分割,然后对分割后的结果进行缺陷判定。

将图像垂直投影的结果用一维行向量 $P[N]$ 表示, $Q[N]$ 表示迟滞阈值二值化后的投影结果, N 表示向量的值的列数, $P[n]$ 表示向量 $P[N]$ 第 n 列的值, $Q[n]$ 表示向量 $Q[N]$ 第 n 列的值。对投影结果的迟滞阈值分割采用如下方式进行。

1) 当投影结果中的值 $P[n]$ 大于迟滞阈值的较大值 Th_{high} ,则将 $P[n]$ 的值置为 1;

2) 当投影结果中的值 $P[n]$ 小于迟滞阈值的较小值 Th_{low} ,则将 $P[n]$ 的值置为 0;

3) 当投影结果中的值 $P[n]$ 大于迟滞阈值的较大值 Th_{low} ,小于迟滞阈值的较小值 Th_{high} ,则将 $P[n]$ 的值置为 2。

步骤 1) ~3) 可以采用式(8)进行描述。

$$Q[N] = \begin{cases} 1, & P[n] > Th_{high} \\ 0, & P[n] < Th_{low} \\ 2, & Th_{low} < P[n] < Th_{high} \end{cases} \quad (8)$$

4) 判断 $Q[N]$ 中值为 2 的元素的左右邻域是否存在值为 0 的元素,若存在则将其值置为 0,若不存在,则将其值置为 1。

采用上述方式对瓶口内外亮环的投影结果进行迟滞阈值分割后得到值为只有 0 和 1 的一维行向量,也即为 $1 \times N$ 的矩阵,若将该行向量视为图像矩阵,亦可以对其进行连通域分析,求出值为 0 的连通域的面积(这里面积采用元素个数进行计算),面积大于设定的阈值,则判定为缺陷区域,若小于设定阈值则为正常区域,阈值的大小根据检测精度进行设定,本论文中设定为 10。

通过上述方法对瓶口图像的封盖面区域和内外亮环区域进行缺陷检测后,通过检测结果综合判定瓶口是否为合格瓶。若封盖面区域和内外亮环区域均为合格瓶,则判定检测瓶为合格瓶;若封盖面和内外亮环区域有任何一区域存在缺陷,则判定检测瓶为不合格瓶。

3 实验结果与分析

瓶口图像的获取采用实验室的多传感器融合智能检测机器人进行图像的采集,设备实物图和瓶口采集模块如图9所示。图像的采集部分由工业CCD相机Baumer TXG12和奥普特的CCS红色环形光源OPT-RI12080-R组成,相机分辨率为 1296×966 ,环形光源外径为120 mm,内径为84 mm,辐射角为80°。图像采用Binning方式进行读取,在水平方向和垂直方向同时进行Binning,得到的瓶口图像的分辨率为 648×483 。图像处理部分由一台华硕ALL Series台式电脑(英特尔第四代酷睿i3-4170处理器,主频3.70 GHz,内存4 G)对图像进行处理。实验软件系统为32位的Windows 7操作系统,采用开源计算机视觉处理库OpenCV2.4.9在Visual Studio 2012开发环境下采用C++语言编程实现。



图9 实验平台实物图

Fig. 9 The picture of experiment platform

为了验证算法的有效性,对青岛啤酒600 mL绿色瓶进行图像采集,对采集的488幅图像进行测试,其中合格瓶图像数量为295幅,不合格瓶图像数量为193幅。按照本文2.1节中对瓶口缺陷分类方法,将不合格瓶分为4类缺陷,在不合格的193幅图像中每类缺陷的数量以及检测结果如表1所示。

表1 每类缺陷数量

Table 1 Quantity of each type of defect

缺陷类型	内环区	封盖面区	外环区	内环、外环和封盖面
	域缺陷	域缺陷	域缺陷	区域缺陷的组合
数量/幅	39	44	62	48
正确检测数/幅	39	44	61	48

结合工业检测中对瓶口缺陷检测指标,实验中对检测正确率、检测漏检率和检测误检率3个指标进行验证,检测正确率指检测结果正确的图像数量占所有检测的瓶口图像的比例,漏检率指本身是不合格瓶被检测为合格瓶的数量占不合格瓶图像数量的比例,误检率指本身是

合格瓶图像被检测为不合格瓶的数量占合格瓶数量的比例。对采集的488幅图像进行测试,将本文提出的方法同文献[16]中提出的残拆分割(residual segmentation, RS)算法进行了对比,得到结果如表2所示。

表2 对比实验结果

Table 2 Comparison of experiment results

检测指标	检测方法	迟滞阈值法	RS法
检测总数/瓶		488	488
好瓶数/瓶		295	295
坏瓶数/瓶		193	193
漏检数/瓶		1	2
漏检率/%		0.5%	1%
误检数/瓶		2	2
误检率/%		0.7%	0.7%
正确率/%		99.4%	99.2%
检测时间/ms		38	62

从表2实验结果可以看出,采用基于投影特征确定迟滞阈值参数进行迟滞阈值分割的方法,检测正确率为99.4%,比RS法略高,检测漏检率为0.5%,是RS法的一半,误检率两者相当,算法的执行速度快,平均检测时间为38 ms,比RS法快。可以满足检测速度为72 000瓶的生产线,应用于实际的瓶酒瓶口缺陷检测中。

虽然算法的检测正确率已经达到了99.4%,但是依然存在0.7%误检率,0.5%的漏检率。从样本图像中找出了未能正确检测出外环缺陷的图像,如图10(a)所示。



(a) 漏检瓶口采集图像
(a) Missing detection image of bottle mouth



(b) 漏检瓶实物图
(c) Missing detection image of physical bottle

图10 瓶口漏检图像

Fig. 10 The missing detection images of bottle mouth

从采集的图像来看,瓶口应该是完好无损的,并没有缺陷区域。通过找出标定的啤酒瓶实物,如图10(b)所示,发现瓶口外环区域的侧面处有一小块磨损,设计的图象采集系统只能采集到瓶口表面的缺陷部分,对于瓶口的侧面磨损是无法完全采集到的。

误检瓶口图像如图11所示,由于采集图像时链道存在抖动,采集到的少数瓶口图像的内外环存在干扰,导致对瓶口检测区域的定位出现较大误差,从而导致瓶口误检。



图11 误检瓶口图像

Fig.11 The false detection image of bottle mouth

本文提出的算法可以很好的检测瓶口缺陷,由于瓶口采集系统的不完善以及链道存在的机械抖动,导致算法存在一定的漏检和误检。虽然在对株洲青岛啤酒厂的实际考察中发现,瓶口外环出现磨损的瓶口极少,但是仍然需要做出改进,为此以后的工作中需要从两个方向去改进。第1点需要完善图像的采集系统,减少链道抖动,减少瓶口采集盲区;第2点要进一步优化算法,改进瓶口定位方法,增强定位的抗干扰能力。

4 结 论

针对啤酒瓶口图像的缺陷检测的问题,本文提出了基于随机圆拟合评估的4圆周定位法对瓶口图像进行检测区域定位,定位精度高,实现了瓶口检测区域的准确定位。对瓶口检测区域进行坐标变换,转换为便于处理的矩形图像,根据变换后的图像的垂直投影特征确定分割的迟滞阈值,然后采用迟滞阈值对图像进行图像分割,能够有效的排除噪声对图像分割的影响,分割效果好,能有效提升缺陷检测正确率。最后,对迟滞阈值分割后的结果进行连通域分析,根据连通域特征进行缺陷判定。实验结果表明,算法检测速度快、精度高,检测速度可满足速度为72 000瓶/h高速生产线要求,能够广泛应用于啤酒瓶口缺陷检测工业生产中。

参考文献

[1] 郭平. 基于机器视觉的钢板表面缺陷检测技术研

究[D]. 南昌:南昌大学,2010.

GUO P. Research of technology on surface defects detection for steel plate based on machine vision [D]. Nanchang: Nanchang University.

- [2] 阎镭,梁冬泰,向桂山,等. 机器视觉在自动化生产线状态检测与故障诊断中的应用[J]. 液压与气动, 2006(12):65-68.
- [3] YAN L, LIANG D Q, XIANG G SH, et al. The application of machine vision in state monitoring and fault diagnosis for automatic product line [J]. Chinese Hydraulics & Pneumatics, 2006, (12):65-68.
- [4] 刘焕军. 灌装自动化生产线上视觉检测机器人研究[D]. 长沙:湖南大学,2008.
- [5] LIU H J. The research on vision-based inspectors for liquid filling line [D]. Changsha: Hunan University, 2008.
- [6] 周竹,黄懿,李小昱,等. 基于机器视觉的马铃薯自动分级方法[J]. 农业工程学报,2012, 28 (7):178-183.
- [7] ZHOU ZH, HUANG Y, LI X Y, et al. Automatic detecting and grading method of potatoes based on machine vision[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(7): 178-183.
- [8] 李恺,杨艳丽,刘凯,等. 基于机器视觉的红掌检测分级方法[J]. 农业工程学报,2013,29 (24):196-203.
- [9] LI K, YANG Y L, LIU K, et al. Determination and grading of anthurium based on machine vision [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(24): 196-203.
- [10] 刘良江. 先进电子制造生产线机器视觉检测方法与技术研究[D]. 长沙:湖南大学,2010.
- [11] LIU L J. VisualIns peetion methods and teehnology for advaneed eletronics manufaecturing production line [D]. Changsha:Hunan University,2010.
- [12] 周博文,王耀南,葛继,等. 基于机器视觉的医药注射剂智能检测系统研究[J]. 机器人, 2009, 31 (1): 53-60.
- [13] ZHOU B W, WANG Y N, GE J, et al. A machine-visipn-based intelligent inspection system for pharmaeeutical injections[J]. Robert, 2009, 31 (1):53-60.
- [14] 周博文. 保健酒智能视觉检测机器人技术研究[D]. 长沙:湖南大学,2012.
- [15] ZHOU B W. Vision-based intelligent inspection robot technology for health wine [D]. Changsha: Hunan University,2012.
- [16] 张五一,赵强松,王东云. 机器视觉的现状及发展趋势[J]. 中原工学院学报,2008,19(1):9-12,15.
- [17] ZHANG W Y, ZHAO Q S, WANG D Y. Present situation and development trend of machine vision [J]. Journal of

- Zhong Yuan University of Technology, 2008, 19 (1): 9-12, 15.
- [10] 段峰. 啤酒瓶视觉检测机器人研究[D]. 长沙:湖南大学, 2007: 82-92.
DUAN F. Study on visual empty bottle inspector for beer bottle [D]. Changsha: Hunan University, 2007: 82-92.
- [11] 张田田. 基于机器视觉的啤酒瓶口检测系统的研究[D]. 青岛: 山东科技大学, 2009.
ZHANG T T. Research on beer bottle detection system based on machine vision [D]. Qingdao: Shandong University of Science and Technology, 2009.
- [12] 张莹, 王耀南, 文益民. 啤酒瓶检测中多分类支持向量机算法的选择[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2009, 36(5): 37-41.
ZHANG Y, WANG Y N, WEN Y M. Choice of multi-class support vector machines on beer bottle detection [J]. Journal of Hunan University: Natural Sciences, 2009, 36(5): 37-41.
- [13] 刘文志. 基于机器视觉的啤酒瓶口检测系统研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
LIU W ZH. The Research on beer bottle inspection system based on machine vision [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2001.
- [14] 郭克友, 廉丽冰, 李娜. 基于BP神经网络的啤酒瓶口检测方法[J]. 北京工商大学学报: 自然科学版, 2014, 32(4): 69-74.
GUO K Y, LIAN L B, LI N. Method of beer bottle mouth inspection based on BP neural network [J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 32(4): 69-74.
- [15] 李娜. 啤酒瓶口破损检测技术的研究[D]. 北京: 北京工商大学, 2013.
LI N. The research on beer bottle mouth defect inspection system [D]. Beijing: Beijing Technology and Business University, 2013.
- [16] 周显恩, 王耀南, 朱青, 等. 基于机器视觉的瓶口缺陷检测方法研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(5): 702-713.
ZHOU X EN, WANG Y N, ZHU Q, et al. Research on defect detection method for bottle mouth based on machine vision [J]. Journal of Electronic Measurement and Instrumentation, 2016, 30(5): 702-713.
- [17] 周显恩, 王耀南, 李康军, 等. 一种多次随机圆检测及拟合度评估的瓶口定位法[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(9): 2021-2029.
ZHOU X EN, WANG Y N, LI K J, et al. New bottle mouth positioning method based on multiple randomized circle detection and fitting degree evaluation [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2015, 36(9): 2021-2029.

作者简介



黄森林(通讯作者), 1991年出生, 2015年于湖南大学获得学士学位, 现为湖南大学硕士研究生, 主要研究方向为图像处理, 计算机视觉。

E-mail: huangsenlin@hnu.edu.cn

Huang Senlin (Corresponding author) was born in 1991, received B. Sc. from Hunan University in 2015. Now he is a M. Sc. candidate in control science and control engineering at Hunan University. His main research interest includes image processing and computer vision.



王耀南, 1957年出生, 现为湖南大学教授、博士生导师, 主要研究方向为智能控制理论与智能信息处理。

E-mail: yaonan@hun.edu.cn

Wang Yaonan was born in 1957, professor in Hunan University. His main research interest includes intelligent control theory and intelligent information profession.