

基于机器视觉的红酒灌装品质检测

陈露, 程红, 秦帅, 刘星, 吴习宇
(西南大学, 重庆 400716)

摘要: **目的** 对红酒灌装后液位、杂质、瓶体裂纹等进行快速检测。**方法** 运用机器视觉技术, 选择合适的检测器件, 构建红酒灌装品质的机器视觉检测系统, 并利用 Matlab R2015a 软件设计液位、杂质与裂纹的算法程序, 采用竖直方向上 Sobel 算子检测液位, 采用差影法检测杂质与裂纹。**结果** 通过 Sobel 算子边缘检测对红酒灌装后的液位检测识别率为 97%, 差影法对瓶内杂质检测识别率为 98%。**结论** 该实验对于红酒灌装后的液位和杂质检测具有一定的可操作性。

关键词: 机器视觉; 红酒包装检测; 液位; 杂质

中图分类号: TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)09-0146-05

Filling Quality Detection of Wine Base on Machine Vision

CHEN Lu, CHENG Hong, QIN Shuai, LIU Xing, WU Xi-yu
(Southwest University, Chongqing 400716, China)

ABSTRACT: The work aims to quickly detect the liquid level, impurities and bottle cracks, etc. after the wine filling. Machine vision technology was used and an appropriate detection device was chosen to build a machine vision inspection system for wine filling quality. The algorithm procedures were designed by using Matlab R2015a software to detect the liquid level, impurities and cracks. Sobel operator in the vertical direction was utilized to detect liquid level. Background subtraction method was adopted to detect impurities and cracks. The recognition rate of liquid level measurement was 97% by means of Sobel operator edge detection after wine filling. After the detection of impurities in the bottle in background subtraction method, the recognition rate was 98%. The experiment has certain operability in detecting the liquid level and impurities after wine filling.

KEY WORDS: machine vision; detection of wine packaging; liquid level; impurity

由于我国经济发展速度迅猛与人民生活水平的大幅提高, 中国消费者对于红酒有着一种特殊的情结与喜爱, 这使得国内红酒市场具有良好的发展趋势。目前, 我国的葡萄酒消费已跃升为全球第 5 位^[1]。我国现阶段在灌装品质检测的自动化运用程度很低, 多采用传统人工检测, 其中存在诸多问题, 就红酒本身品质、颜色等方面, 人工目测的方法存在着很大的风险, 且效率较低。快速有效地进行检测且极大降低检测风险是研究人员现阶段主要的研究方向。

机器视觉是通过光学装置和非接触的传感器自动接收和处理一个真实物体的图像, 获得所需信息或

用于控制机器人运动的装置, 凭借其速度快、精度高、噪声低、抗电磁干扰能力强及应用方便灵活的特点, 为企业减少劳动力和提高生产效率^[2-4], 很好地适应了自动化检测^[5]。借此背景, 文中提出基于机器视觉对红酒灌装品质进行检测。

1 基于机器视觉的红酒检测硬件系统

1.1 机器视觉系统的组成

机器视觉是通过光学装置和传感器来对客观事物进行感知, 获取事物的数字图像, 利用计算机及其

收稿日期: 2016-09-30

基金项目: 国家星火计划 (2013GA811001); 中央高校基本科研业务费项目 (XDJK2015C137)

作者简介: 陈露 (1996—), 女, 西南大学本科生, 主攻食品贮藏与包装工程。

通讯作者: 吴习宇 (1978—), 女, 苗族, 西南大学讲师, 主要研究方向为食品贮藏与包装工程。

专门的应用软件来模拟人脑的判断准则,从而对所获取的数字图像进行识别和理解,对客观事物进行测量和判断的装置。机器视觉系统的主要技术包括光源、光学镜头、数字相机、图像处理软件、图像处理单元(或图像捕获卡)、监视器、通讯输入输出单元等。在对比度方面,由于文中研究的瓶体和液体均为深色,为使背景与前景之间产生最大的对比度,所以选择白色光源,从而易对目标物的特征进行提取与分离,综合考虑采用 LED 作为光源。数字相机能够把光学影像转化为数字信号,因此采用 CCD 相机。

1.2 红酒灌装检测系统的设计

机器视觉工业在线检测系统见图 1。其工作流程为:生产线上的红酒依次通过机械设备时,红外装置感应到产品通过,推动装置 1 将产品推至图像采集位置,此时触发器触发电信号,经通道传送到计算机,由计算机控制拍摄图像,在拍摄图像时托盘可进行 180° 旋转,拍摄 2 张产品图像(以便提高图像处理的准确性),后经图像处理分析,检测出产品是否合格,由推动装置 1 推至传送线,再由推动装置 2 对其进行分类^[6]。

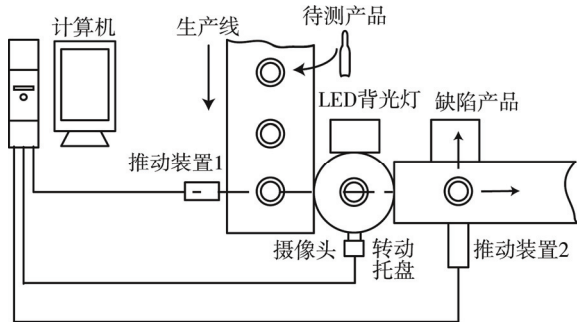


图 1 检测系统结构
Fig.1 Structure of the detection system

2 图像获取及处理

光源照明方式有侧光照射、背光照射、顺光照射等,见图 2。

为避免物体与背景的对比度过小而导致难以确定边界值,对图像进行灰度处理。在 Matlab 软件下输入代码:

```
I=imread('filename.fmt');  
J=rgb2gray(I);  
figure,imshow(J);
```

得到侧光、背光、顺光的灰度图像,见图 3。综合上述图像的检测效果,可明显看出背光拍摄具有通透性好、变形小等特点,且对后期图像处理与分析有利,更易检出杂质,因此选择背光照明的方式。

3 图像预处理算法设计

3.1 均值滤波

均值滤波算法是一种空间域线性滤波算法。这种

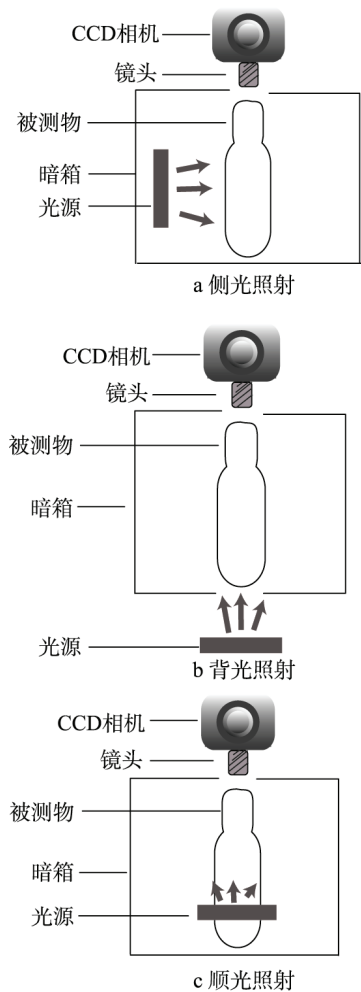


图 2 3 种照明方式
Fig.2 Three lighting methods



图 3 不同拍摄方式处理后的灰度图像
Fig.3 The gray images after processing by different photography methods

算法的基本思想是用局部窗口(掩模)内几个像素灰度的平均值来代替该窗口内中心像素的灰度值,将一个像素及其领域中的所有像素的平均值赋给输出图像中相应的像素,从而达到平滑去噪的目的^[7]。

3.2 中值滤波

中值滤波是一种既能有效衰减噪声,又能减少边缘所受影响的方法,基本原理是用该点所在的一个领

域中各点的中值来代换数字图像或数字序列中某一点的值。该方法在去除脉冲噪声、椒盐噪声（椒盐噪声是由图像传感器、传输信道、解码处理等产生的黑白相间的亮暗点噪声）的同时又能保持图像的边缘细节。在一定条件下可克服低通滤波法和均值滤波法带来的图像细节模糊的问题，同时在图像的计算过程中并不需要图像的特征统计^[8-9]。

背光照明获得的图像经灰度预处理、小波消噪再进行不同中值滤波后的结果见图4，经研究对比3×3中值滤波器的左下角亮斑稍多，5×5相比于7×7中值滤波器边缘更清晰，综合考虑选择5×5中值滤波器。

在 Matlab 软件中相关图像预处理的源代码为：

```
I=imread('filename,fmt');
I2=im2double(I);
I3=rgb2gray(I2);
[thr,sorh,keepapp]=ddencmp('den','wv',I3);
ixc=wdencmp('gbl',I3,'sym4',2,thr,sorh,keepapp);
k2=medfilt2(ixc,[5 5]);
figure,imshow(k2);
```



图4 不同中值滤波器处理后的图像
Fig.4 The images after median filtering

4 液位检测及算法处理

红酒装瓶时的液位与它所处的状态有关，红酒中液面与软木塞之间的空间被称为“缺量”，这里主要是惰性气体（氮气），同时存在少量氧气。不同的液面高度代表着不同的品质，也从侧面反映了红酒的储藏时长。在同批次红酒中酒瓶高度基本一致，因此以瓶口边缘中心点为基点，在竖直方向上确定液面的最大值和最小值，以最大值和最小值所形成的矩形区域为液位的合格区域，在此区域内的为合格品，不在此区域内的为不合格品。边缘检测采用 Sobel 算子^[10-11]，

其水平方向的模板为：
$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$
，其竖直方向的

模板为：
$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$
。经 Matlab 软件编写以下代码进行边缘检测：

```
I=imread('filename,fmt');
I2=im2double(I);
I3=rgb2gray(I2);
[thr,sorh,keepapp]=ddencmp('den','wv',I3);
ixc=wdencmp('gbl',I3,'sym4',2,thr,sorh,keepapp);
k2=medfilt2(ixc,[5 5]);
k3=edge(k2,'sobel',[],'nothinning');
figure,imshow(k3);
```

以瓶口边缘中点作为基点，在经过边缘检测处理后，设基点到标准灌装液线的距离为 S ，以大于 S 的 5 个像素点距离为最大值，以小于 S 的 5 个像素点距离为最小值，以最大值和最小值为上下边界，以大于瓶颈宽度为左右边界，以此形成一个矩形区域，因为同批产品的差异很小，所以基点和矩形区域相对不变。再将其进行二值化处理，获得特征像素点，统计目标区域内的像素点个数进行液位检测。当个数大于预定阈值时，可认为是合格品，否则为不合格品。经 Sobel 算子进行边缘检测，边缘及液面在处理前后的效果见图5。经 Sobel 算子进行边缘检测，液位过高或过低的不合格品效果见图6。

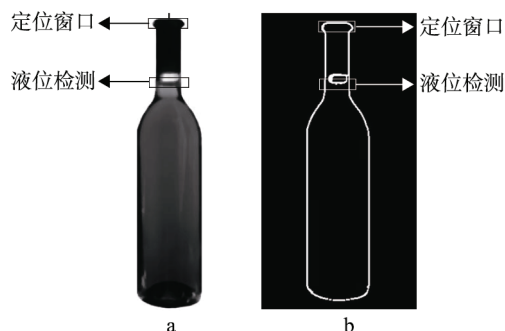


图5 液位检测处理前后效果
Fig.5 Before and after the detection of the liquid level

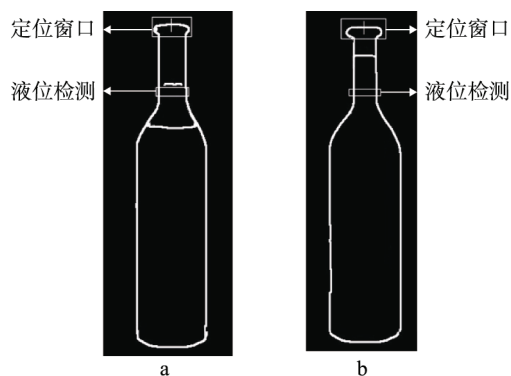


图6 不合格产品液位检测
Fig.6 Liquid level detection of unqualified products

5 杂质和瓶体裂纹检测及算法处理

红酒中会出现纤维、尘埃等杂质，他们主要来源于瓶清洗不净、生产线中落入杂物。另外，在红酒的生产和储藏过程中，由于工艺方面的缺陷或后期处理

不当,均可造成红酒的浑浊与沉淀,而澄清度是红酒的第一质量指标,成品酒装瓶后如果出现杂质或浑浊现象,必须重新进行处理,避免直接进入市场^[12],损害企业的利益。利用机器视觉技术进行杂质和裂纹的检测有利于提高产品质量、品牌知名度及消费者满意度。

5.1 边缘检测方法

对预处理后的图像直接采用边缘检测,边缘检测的目的是提取图像中对象与背景间的交界线。仍采用前文中使用的 Sobel 算子对含有杂质的红酒包装瓶图像进行边缘检测处理,之后与未含杂质时的图像进行匹配对比便能确定产品合格与否^[13-14]。

5.2 差影法检测

差影法就是图像的相减运算,即直接对 2 幅图像求差,从差图像中衡量 2 幅图像的相似性。通过对差图像进行门限化处理就可以确定缺陷区域,但其关键点在于 2 幅图像配比的准确性。在 Sobel 算子边缘检测基础上进行差影法图像处理,观察是否检出杂质点。相同条件下拍摄的 2 幅产品图像,若产品存在差异,则在差图像中灰度值不为 0 就是差异所在^[15-16]。

假设标准合格产品的图像为 $f_1(x, y)$, 待检测产品图像为 $f_2(x, y)$, 因此可得差图像:

$$k(x, y) = f_1(x, y) - f_2(x, y)$$

由于存在噪声,没有缺陷的区域差图像的像素会出现不为 0 的情况,所以需对其进行门限化处理,当差别大于门限值时才认为是缺陷。设门限值为 T , 当 $k(x, y)$ 的绝对值大于 T 时像素为 1, 否则图像像素为 0。选取合适的门限值是检出缺陷的重要步骤,过高的阈值会导致一些真实缺陷丢失,过低又会导致缺陷的误判,因此文中采用迭代法选取合适的 T 值。迭代法是基于逼近的思想,首先选择整体图像的平均灰度作为初始的阈值 $T(j)$ (j 为迭代次数,初始时 j 为 0), 用 $T(j)$ 分割图像,将图像分为 2 个区域 $C_1(j)$ 和 $C_2(j)$, 重新计算 2 个区域的平均灰度值。

$$u_1(j) = \frac{1}{N_1(j)} \sum_{f(x,y) \in C_1(j)} f(x, y)$$

$$u_2(j) = \frac{1}{N_2(j)} \sum_{f(x,y) \in C_2(j)} f(x, y)$$

式中: $f(x, y)$ 为图像中 (x, y) 点的灰度值; $N_1(j)$ 和 $N_2(j)$ 分别为第 j 次迭代时区域 $C_1(j)$ 和 $C_2(j)$ 的像素个数。

再重新计算新的门限值:

$$T(j+1) = \frac{u_1(j) + u_2(j)}{2}$$

令 $j=j+1$, 重复计算到 $T(j+1)$ 与 $T(j)$ 的差小于规定

值。经差影法运算后得到的图像见图 7。



图 7 差影法检测

Fig.7 Detection using background subtraction

5.3 检测结果

选用 100 个样品用以上方法检测时,对液位检测的识别率为 97%,对杂质的识别率为 98%。

6 结语

在对液位检测时采取窗口定位可极大地减小算法识别的时间,运用竖直方向上 Sobel 算子可将液面边缘进行有效提取,但阈值设置得过于敏感会使其产生误差,因此阈值的设置需要先进行谨慎的分析。在对杂质与瓶体裂纹进行分析时,差影法在相同拍摄环境下,标准产品和待测产品在配准方面需要较高精度,红酒瓶在同批产品中实际要求较为严格,具有一定的可操作性。该实验完成了红酒灌装检测的机器视觉系统设计、图像数据采集、图像预处理、液位检测及杂质检出这几部分工作,所设计的基于机器视觉的红酒灌装在线检测系统未真正实现,还有待后续工作的深入研究。

参考文献:

- [1] 王苹苹,孔梦佳,吴文星. 中国红酒市场研究与分析[J]. 经济交际, 2013(5): 155—156.
WANG Ping-ping, KONG Meng-jia, WU Wen-xing. China's Wine Market Research and Analysis[J]. Modern Communication, 2013(5): 155—156.
- [2] 张晓琳,毛建旭,龚全华,等. 软袋组合盖质量视觉检测系统研究[J]. 计算机工程与应用, 2015, 51(2): 236—240.
ZHANG Xiao-lin, MAO Jian-xu, GONG Quan-hua, et al. Research on Visual Detection System for Combination of Covers Quality of Soft Infusion[J]. Computer Engineering and Applications, 2015, 51(2): 236—240.
- [3] 杨红亮,徐国宝,刘新乐,等. 基于机器视觉的偏口桶旋压盖一体机应用研究[J]. 包装工程, 2016, 37(5): 135—140.
YANG Hong-liang, XU Guo-bao, LIU Xin-le, et al. Research and Application of Eccentric Bung-hole Cap Screwing-Pressing Machine Based on Robot Vision Technique[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(5): 135—140.

- [4] 汪传民, 叶邦彦, 黄先德, 等. 基于计算机视觉的轴承外径检测系统的研究[J]. 微计算机信息, 2006, 22(5): 205—207.
WANG Chuan-min, YE Bang-yan, HUANG Xian-de, et al. Machine Vision System for Outer Diameter Inspection of Bearing[J]. Microcomputer Information, 2006, 22(5): 205—207.
- [5] 李旭, 王俊元, 曾志强, 等. 色差对机器视觉尺寸测量精度的影响研究[J]. 包装工程, 2015, 36(19): 93—96.
LI Xu, WANG Jun-yuan, ZENG Zhi-qiang, et al. Influence of Chromatic Aberration on the Size Measurement Accuracy of Vision[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(19): 93—96.
- [6] 冯玉. 视觉检测系统在烟草包装机中的应用[J]. 包装工程, 2015, 36(1): 121—124.
FENG Yu. Application of Vision Detection System in Tobacco Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(1): 121—124.
- [7] 张文娟, 康家银. 一种用于图像降噪的自适应均值滤波算法[J]. 小型微型计算机系统, 2011, 32(12): 2496—2498.
ZHANG Wen-juan, KANG Jia-yin. Adaptive Mean Filtering Algorithm for Image Denoising[J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2011, 32(12): 2496—2498.
- [8] SONG Li-mei, WANG Peng-qiang, CHANG Yu-lan, et al. A Non-contact Real-time Measurement of Lamp Dimension Based on Machine Vision[J]. Optoelectronics Letters, 2015, 11(2): 145—148.
- [9] HEISKANEN V, MARJANEN K, KALLIO P, et al. Machine Vision Based Measurement of Dynamic Contact Angles in Microchannel Flows[J]. Journal of Bionic Engineering, 2008, 5(4): 282—290.
- [10] 赵鹏. 基于机器视觉的药品包装检测技术研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2009.
ZHAO Peng. Pharmaceutical Packaging Detection Based on Machine Vision Technology Research[D]. Changsha: Hunan University, 2008.
- [11] TAO Lin-mi, XU Guang-you. Color in Machine Vision and Its Application[J]. Chinese Science Bulletin, 2001, 46(17): 1411—1421.
- [12] 张新杰, 王记侠, 任玉华, 等. 葡萄酒浑浊与沉淀的原因及其预防[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2008(1): 52—55.
ZHANG Xin-jie, WANG Ji-xia, REN Yu-hua, et al. The Reason and Prevention of Wine Turbidity and Precipitate[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2008(1): 52—55.
- [13] 张新伟, 赵学观, 张健东, 等. 基于数据融合的玉米种子内部机械裂纹检测方法[J]. 农业工程学报, 2012, 28(9): 136—141.
ZHANG Xin-wei, ZHAO Xue-guan, ZHANG Jian-dong, et al. Detection of Internal Mechanical Cracks in Corn Seeds Based on Data Fusion Technology[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(9): 136—141.
- [14] 马林涛, 陈德勇. 基于 Matlab 程序的图像灰度均衡化及其边缘检测[J]. 广西师范学院学报, 2012, 29(2): 37—42.
MA Lin-tao, CHEN De-yong. Gray Symmetrization and Edge Detection of an Image with Matlab Programming[J]. Journal of Guangxi Teachers Education University, 2012, 29(2): 37—42.
- [15] 李小昱, 陶海龙, 高海龙, 等. 基于多源信息融合技术的马铃薯痂疮病无损检测方法[J]. 农业工程学报, 2013, 29(19): 277—284.
LI Xiao-yu, TAO Hai-long, GAO Hai-long, et al. Nondestructive Detection Method of Potato Scab Based on Multi-sensor Information Fusion Technology[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(19): 277—284.
- [16] SINGH S, SAINI A K, SAINI R, et al. A Novel Real-time Resource Efficient Implementation of Sobel Operator-based Edge Detection on FPGA[J]. International Journal of Electronics, 2014, 101(12): 1705—1715.