

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.08.030

复杂背景中奶粉罐内配件数量检测研究

何 利, 李伯全*

(江苏大学 机械工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘要: 针对在奶粉罐底部(麻面拱形铝箔)这一复杂背景中检测奶粉勺等配件数量的要求,设计了基于机器视觉实时在线检测系统,提出了一种基于自适应形态学复杂背景图像中前景提取的方法,通过运用球积分光源照明,将采集的图像通过图像平滑、模板匹配、阈值分割、连通区域、自适应形态学去噪,对提取出的奶粉勺配件的像素点进行了统计分析,检测出了奶粉勺数量。实验结果表明,在线检测过程中勺子等配件的正检率为99.99%,误检率小于0.05%,并且该技术适用于现在市面上各种奶粉罐或异型罐内配件、罐内异物及罐壁缺陷的在线检测。

关键词: 机器视觉; 球积分光源; 模板匹配; 形态学滤波

中图分类号: TP27 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2014)08-1098-05

Detection of the number of accessories in the milk powder cans in complex background

HE Li, LI Bo-quan

(School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: Aiming at detection requirements of the number of spoons and other accessories in the milk powder cans with the bottom of pock arched aluminum foil, a new adaptive morphological filter-based method for extracting foreground in the complex background was presented and a real-time detection system based on machine vision was designed. In the ball integral light source, the image was acquired, and it was processed through the image smoothing, template matching, thresholding, connected region, and adaptive morphological filter. After such processing, the quantity of milk spoon was detected by the statistic analysis of pixels of the extracted parts. The experiment results show that the rate of right detections is 99.99%, and the rate of false detections is less than 0.05% over the on-line detection. The designed system is suitable for detection of accessories, foreign material and defects of cans wall in the various milk powder cans or alien cans.

Key words: machine vision; integral sphere light source; template matching; morphological

0 引 言

奶粉质量及其包装生产环节倍受政府、媒体和消费者的关注。某媒体曾曝光某知名品牌罐装奶粉内有18个奶粉勺,该现象严重影响民众对奶粉生产质量的信任。厂商为解决该问题采用机器视觉检测,能够达到无接触检测、检测准确率高效果,其应用优势

明显。国内针对罐装检测,梁冬泰等^[1]提出了基于在线多元图像分析的检测方法,通过实验验证,在减少缺陷漏检和误检方面,取得了令人满意的效果;朱明等^[2-3]对奶粉管内壁缺陷检测系统的研发,在多平面的复杂内壁缺陷检测上取得良好的效果。总的来说,在奶粉罐检测中,基于机器视觉检测技术针对的都是奶粉罐壁或罐底为平滑表面的检测,检测效果较好。

但实际包装过程中,部分奶粉罐底部为麻面拱形

收稿日期: 2014-03-04

作者简介: 何 利(1988-),男,河北保定人,主要从事机器视觉方面的研究。E-mail: 326847158@qq.com

通信联系人: 李伯全,男,教授,博士生导师。E-mail: ujslibq@163.com

铝箔,在这一复杂背景中,罐壁缺陷、罐内配件及异物的检测研究还比较少。究其原因主要是麻面拱形铝箔背景会出现与配件(缺陷和异物)灰度值范围相近的斑点状噪声,导致无法准确提取出奶粉勺配件(缺陷和异物)而产生误检测。

本研究针对复杂背景干扰前景奶粉勺数量检测的问题,运用球积分光源照明降低背景噪声的影响^[4],利用图像的灰度特征进行初步图像分割,根据奶粉罐底部形状特征进行兴趣区域定位,利用自适应形态学进行背景去噪,最终根据奶粉勺的灰度特征将其准确提取,从而实现高效、准确地在复杂背景中奶粉勺配件数量的检测。

1 配件数量图像识别方案设计

基于机器视觉技术的奶粉罐内配件在线检测系统结构如图1所示。

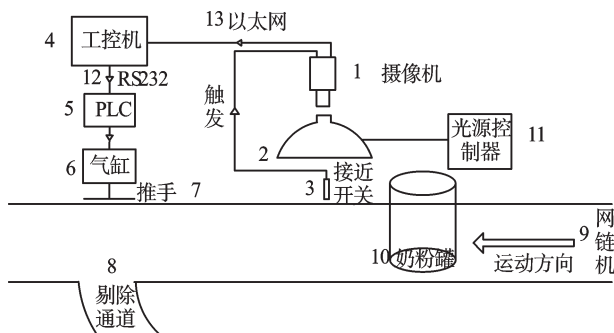


图1 奶粉罐内配件检测系统结构简图

软件算法流程如图2所示,由离线检测、实时检测、离线统计3个模块组成。其中,离线检测为实时检

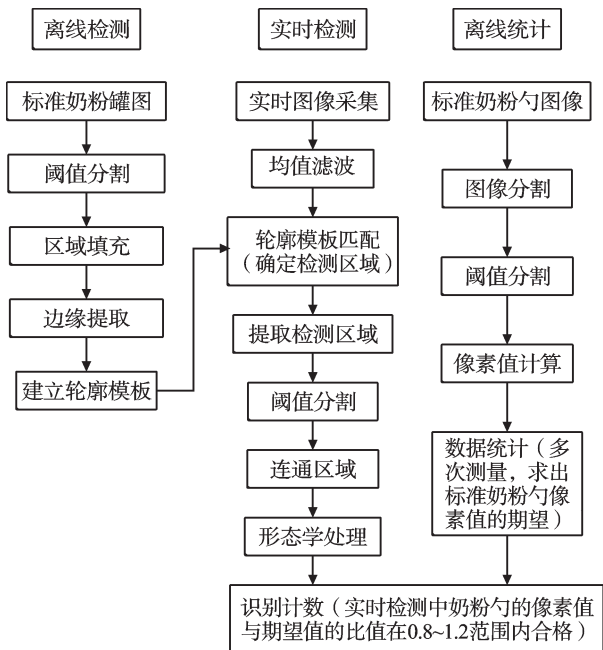


图2 软件算法流程

测建立轮廓模板,选取奶粉罐底部亮度高且易识别的圆形区域作为轮廓模板;离线统计通过计算得出标准奶粉勺配件像素值的期望值;实时检测中利用均值滤波消除图像中的噪声,根据奶粉罐底部为圆形的特征,应用轮廓模板匹配定位并提取检测区域,运用自适应形态学滤除奶粉罐底部的斑点状噪声,从而将奶粉勺配件从复杂背景中提取,计算奶粉勺配件的像素值,并与标准奶粉勺配件的像素值期望比较,最终检测出奶粉勺配件数量。

2 配件数量图像识别过程

2.1 均值处理

图像在特征提取之前需进行图像预处理,目的在于去除图像传输过程中受到干扰而产生的噪声,增强图像的对比度,突出检测特征。检测过程中,因受到环境影响,图像灰度值会有轻微浮动,致使后续阈值计算产生偏差。逆谐波均值滤波器能有效地衰减随机噪声,平滑图像灰度值。

逆谐波均值滤波器对图像处理基于以下表达式^[5]:

$$f = \frac{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s,t)^{Q+1}}{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s,t)^Q} \quad (1)$$

式中: S_{xy} —滤波器中心在 (x,y) 点; $g(s,t)$ —在滤波区域被干扰图像的灰度平均值; Q —滤波器的阶数。

本研究利用该滤波器将拍摄图像灰度均衡在同一范围内,阈值分割中将不会出现因图像灰度值变化产生的错误分割,同时滤波器模糊待检图像中过多的斑点细节,也即将图像模糊化。处理效果如图3所示,从图3(a),3(b)变化中可看出图像灰度略微降低,斑点噪声被模糊。

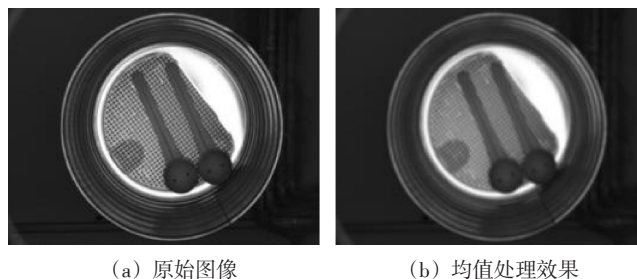


图3 逆谐波均值滤波器处理效果

2.2 轮廓模板匹配

奶粉罐被拍摄位置因受到传送带震动以及触发开关传递信号延迟的影响会产生偏移,故在特征提取前必须进行检测区域定位,又根据奶粉罐底部为易于识别的圆形,系统采用模板匹配^[6-7]定位方法。模板建

立过程:对标准奶粉罐进行阈值分割(即将灰度值范围110~254的区域灰度值设为1,其余区域设为0),再应用形态学填充方法对兴趣区域填充,利用兴趣区域像素值最大将其提取,最终利用Canny算法^[8]提取兴趣区域的轮廓并建立模板。模板建立过程如图4所示。

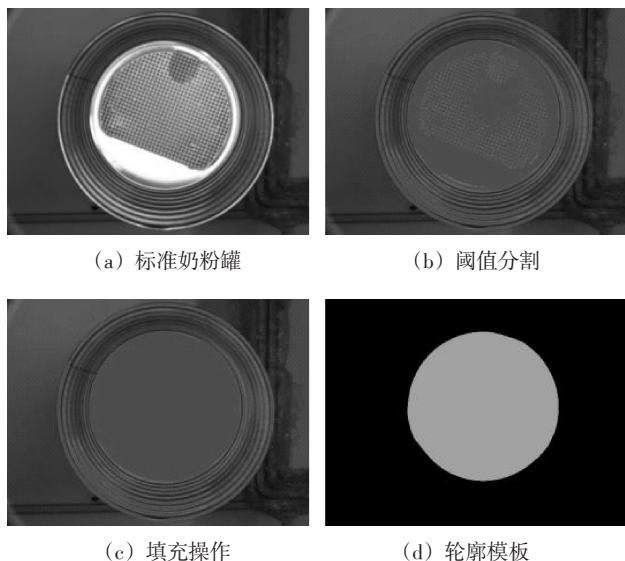


图4 轮廓模板建立过程

本研究利用已建立的圆轮廓模板在待检图像中遍历寻找模板位置。检测过程中,勺子配件投入奶粉罐后有可能会遮挡所要查找的轮廓边缘。基于这种情况,本研究运用改进的Hausdorff距离作为模板匹配中的相似值。其表达式^[9]为:

$$H(T, E) = 100 / n \% (h(T, E), h(E, T)) \quad (2)$$

$$h(T, E) = \max_{t \in T} \min_{e \in E} \|t - e\| \quad (3)$$

式中: $H(T, E)$ —两点集之间的Hausdorff距离; T —模板中边缘点; E —图像中边缘点; $\| \quad \|$ —欧式距离。

Hausdorff距离由决定的两个距离最大值 $h(T, E)$ 、 $h(E, T)$ 组成,而改进的Hausdorff距离是模板边缘与最近图像边缘之间的第 f 级距离,图像边缘与最近模板边缘之间的第 f 级距离。在 $f=0$ 表示最大距离, n 表示模板边缘中的点数。这样在图像边缘被遮挡时,轮廓匹配仍是可靠的。通过式(2,3)的计算,本研究寻找到图像中存放奶粉少配件的区域位置,并保存其位置和轮廓矩阵,为刚性仿射变换提供基础数据。

2.3 区域提取

模板匹配后,仅找到图像中兴趣区域的位置,并没有提取出该区域,本研究运用刚性仿射变换,将模板轮廓的坐标转换为被检图像中坐标,转换矩阵计算公式如下:

$$\begin{pmatrix} RTrans \\ CTrans \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -0.5 \\ 0 & 1 & -0.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times J \times \begin{pmatrix} R \\ C \\ 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

式中: $RTrans$, $CTrans$ —转换后轮廓模板在被检图像中的横、纵坐标; J —轮廓模板矩阵; R , C —模板匹配所找到的模板位于检测图像中的重心横、纵坐标。

本研究利用式(4)计算出待检图像中轮廓模板的坐标矩阵,重新建立轮廓模板区域,并将轮廓区域与待检图像取交集,最终运用图像切割提取出奶粉罐底区域。其提取过程如图5所示。从处理结果可明显看出无用背景区域被大幅度减少,并准确找到检测区域。

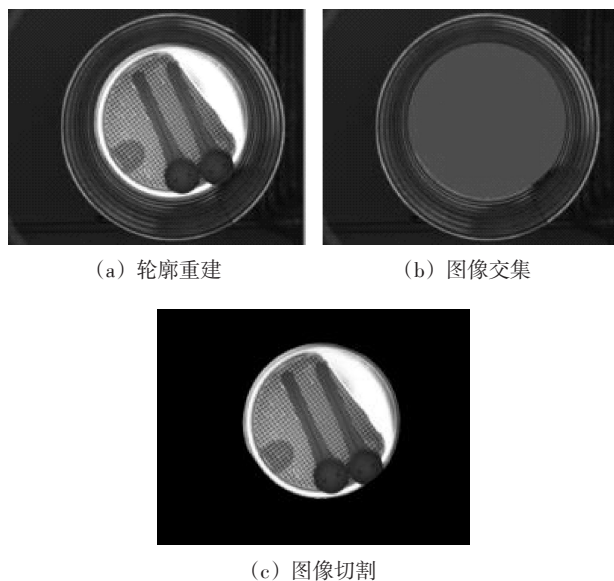


图5 待检区域提取过程

2.4 阈值分割与连通区域

本研究通过阈值分割粗略提取奶粉勺配件,设定灰度阈值门限为(110,254),分割效果如图6所示。

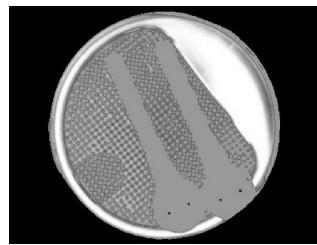


图6 阈值分割

从处理结果中可看出奶粉勺配件已被粗略提取,但背景中的斑点噪声亦被提取。

自适应形态学滤波过程中,需要对噪声点像素值及其出现频率进行统计,故本研究对阈值分割后的区域进行8-连通区域^[10]处理,即利用8-邻接的方法分割阈值处理后的二值图像,从而获得每个连通区域的特征。

2.5 形态学处理

形态学处理操作是奶粉罐内配件数量检测能否

成功最关键的步骤。在阈值切割后的图像中仍然存在与奶粉勺配件灰度值相同的斑点噪声。该斑点噪声的形状具有面积小且离散的特点。根据这一特性,通过运用自适应形态学处理能够有效地将斑点噪声去除。

数学形态学^[11]主要研究图像的形态几何特征、结构特征。在其运算中,有一个很重要的问题,就是结构元的选取,它决定了形态学滤波的结果和性能,现有的形态学运算的结构元选取大多为人为定义的。若结构元选择过大,会影响图像的细节和局部特征;若结构元选择过小,则降低滤波的能力。为此,本研究提出根据待处理图像中噪声特征自适应选取正方形结构元大小的方法,算法描述如下:

(1) 统计各连通区域的像素值及其出现的频率,并计算各像素值的均值;

(2) 计算最大像素值与像素均值的差,若结果大于奶粉勺配件像素值期望的50%,则剔除该最大值,并重新计算各像素值均值;反之,则保留该均值;

(3) 重复步骤(2),直至最大像素值满足步骤(2)中要求,确定像素值均值;

(4) 像素值均值进行开方运算,结果作为正方形结构元的边长;

(5) 进行形态学开操作和闭操作处理。

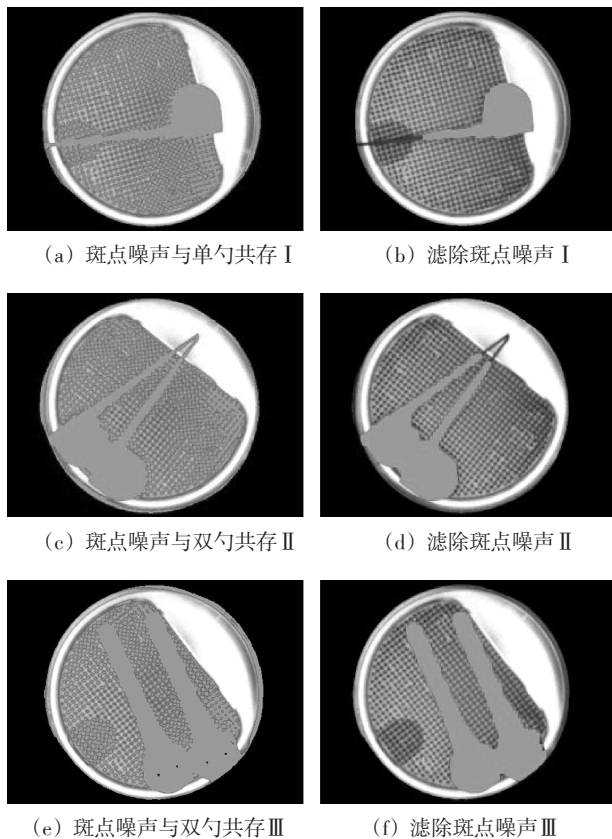


图7 多种状态下自适应形态学去噪

经计算,本研究最终选取的正方形结构元的边长为4。对多种情况运用自适应形态学去噪算法后的效果如图7所示。图7中,(a,b)、(c,d)、(e,f)分别为3组图像:图7(a)、7(c)、7(e)为图像中存在斑点噪声图像;图7(b)、7(d)、7(f)为经过自适应形态学处理滤除斑点噪声图像,其中图7(b)、7(d)、7(f)选取的正方形结构元大小分别为3、4、5。从3组图像对比可知,在不同勺子数量、不同勺子摆放状态的情况下,系统自适应形态学滤波算法均能有效地去除斑点噪声,证明自适应形态学去噪方法适合该系统并能达到预期效果。

2.6 识别计数

本研究计算奶粉勺配件的像素值,与离线统计的标准奶粉勺配件的像素值期望倍进行比较(其值为10 000),若大于1.2倍期望值,则奶粉罐内有多多个奶粉勺配件;若小于1.2倍且大于0.8倍期望值,则有且仅有一个奶粉勺配件;若小于0.8倍期望值,则没有奶粉勺配件。最终测得图7(f)中奶粉勺配件像素值为19 371,则结果为存在多个奶粉勺配件。

3 实验验证

现场运行的基于机器视觉技术的奶粉罐内配件在线检测系统实物如图8所示。



图8 奶粉罐内配件检测系统实物

整个检测系统现场运行3个月,取得了良好的效果,在线检测过程中奶粉勺等配件的正检率为99.99%,误检率小于0.05%。

其中,笔者经过查看误检产品图像发现,由于光电开关表面覆盖奶粉粉尘,导致奶粉罐被拍摄位置偏差过大而产生误检测。经分析后,笔者将光电开关更换为接近开关(应用霍尔效应检测铁质奶粉罐),从而解决了生产线上误检测问题。

4 结束语

本研究结合生产实际,针对奶粉罐底部(麻面拱形铝箔)这一特殊复杂背景结构,选用合适的光源进行照明,综合利用前景与背景的灰度差、背景形状以及噪声的特征设计基于自适应形态学滤波的算法,从复杂背景中准确提取前景,并检测出奶粉勺配件数量。整个检测系统经过现场运行3个月,取得了良好的效果,在线检测过程中勺子等配件的正检率为99.99%,误检率小于0.05%。并且该系统只需修改模板匹配中的模板和自适应滤波器结构元的确定标准,即可适用于现在市面上各种奶粉罐或异型罐内奶粉勺等配件数量、罐内异物及罐壁缺陷的在线检测。

参考文献(References):

- [1] 梁冬泰. 多尺度多元图像分析机器视觉检测理论及其应用研究[D]. 杭州:浙江大学机械学院,2009.
- [2] 朱 明. 奶粉罐内壁缺陷视觉检测系统研发及关键技术研究[D]. 杭州:中国计量学院计测学院,2013.
- [3] 朱 明,曾其勇,洪 涛,等. 基于机器视觉技术的奶粉罐

内壁缺陷检测系统设计[J]. 制造业自动化,2012,37(24):37-40.

- [4] OPT INC.. OPT Machine Vision[EB/OL][2011-02-18]. <http://www.optmv.com/in-dex.asp>.
- [5] GONZALEZ R C, WOODS R E. 数字图像处理[M]. 2版. 阮秋奇,阮宇智译. 北京:电子工业出版社,2005.
- [6] 曼祖根,李 明,徐克非,等. 高速机器人分拣系统机器视觉技术的研究[J]. 包装与食品机械,2014(1):28-31.
- [7] STEGER C, ULRICH M, WIED-EMANN C. 机器视觉算法与应用[M]. 杨少荣,吴迪靖,段德山,译. 北京:清华大学出版社,2008.
- [8] CANNY J. A computational approach to edge detection[J]. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, 1986, 8(6):679-698.
- [9] WU Jian-ming, JING Zhong-liang, WU Zheng, et al. Study on an improved Hausdorff distance for multi-sensor image matching[J]. **Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation**, 2012, 17(2):513-520.
- [10] 左文明. 连通区域提取算法[J]. 计算机软件与应用, 2006, 23(1):97-98.
- [11] BUADES A, COLL B, MOREL J M. Nonlocal image and movie denoising[J]. **International Journal of Computer Vision**, 2008, 76(2):123-139.

[编辑:李 辉]

本文引用格式:

何 利,李伯全. 复杂背景中奶粉罐内配件数量检测研究[J]. 机电工程,2014,31(8):1098-1102.

HE Li, LI Bo-quan. Detection of the number of accessories in the milk powder cans in complex background[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2014, 31(8):1098-1102.

《机电工程》杂志:<http://www.meem.com.cn>

(上接第1089页)

- [3] 李秀丽. 智能家居系统中手持终端的软件设计与实现[D]. 南京:南京邮电大学通信与信息工程学院,2012.
- [4] 何东之,于敬芝,王书锋,等. 基于环境智能的智能家居控制系统研究[J]. 计算机工程, 2007, 33(10):261-263.
- [5] 贾文杰,孙志锋. 基于Android平台的智能导游系统[J]. 机电工程, 2011, 28(10):1257-1259.
- [6] FIAWOO S Y, SOWAH A. Design and Development of an Android Application to Process and Display Summarized Corporate data [C]//International Conference on Adapter Science and Technology. Seoul:[s.n.],2012:86-91.
- [7] 徐 航,赵国军. 基于Android的电梯远程监控系统[J]. 机电工程,2012,29(9):1065-1068.
- [8] 闵 锋,邹 旭,彭 思,等. 基于Andriod系统的类人机器人设计与开发[J]. 机电工程技术,2013(5):11-15.
- [9] 唐 敏. 基于Android平台的通讯帮手的设计与开发[J]. 计算机科学,2012,39(6A):573-576.
- [10] GAVALAS D, ECONOMOU D. Development platforms for

mobile applications:status and trends[J]. **IEEE Software**, 2011, 28(1):77-86.

- [11] FIAWOO S Y, SOWAH A. Design and Development of an Android Application to Process and Display Summarized Corporate Data [C]//International Conference on Adapter Science and Technology. Seoul:[s.n.],2012:86-91.
- [12] 鹿 曼. 基于Android的智能家居控制系统的设计与实现[D]. 济南:山东建筑大学信息与电气工程学院,2013.
- [13] 彭风凌,庾先国,王洪辉. 安卓手机与数据库交互系统的设计与实现[J]. 计算机工程与设计,2013,34(11):3907-3911.
- [14] 程 伟,王 伟,谢广明,等. 面向物联网的智能家居原型系统[J]. 兵工自动化,2013,32(11):93-96.
- [15] 尚庆生,郭建文,李建轩. 黑河流域生态水文观测数据库设计与实现[J]. 遥感技术与应用,2013,28(3):411-414.

[编辑:李 辉]