

基于机器视觉的扬声器分层装箱在线检测方法

黄彦相, 王永强, 许增朴, 周聪玲

(天津科技大学, 天津 300222)

摘要: **目的** 提出一种基于机器视觉技术对人工分层装箱的扬声器进行检测的方法。 **方法** 首先对采集的图像进行中值滤波等预处理, 然后采用canny算子进行边缘检测提取图像边缘轮廓, 并求出当前层边缘距离所选固定区域边界的像素值, 用以作为判定层数的依据。 **结果** 通过确定的层数, 分别求解该层20个区域的平均灰度, 从而判断是否缺失扬声器。 **结论** 该方法可以准确分辨出扬声器所在的层数与个数, 识别效果好、检测速度快、实时性好。

关键词: 扬声器; 分层装箱; 机器视觉; 边缘检测

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)21-0084-05

An Online Measurement Method for Loudspeaker Layered Packaging Based on Machine Vision

HUANG Yan-xiang, WANG Yong-qiang, XU Zeng-pu, ZHOU Cong-ling

(Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China)

ABSTRACT: In this paper, a method for testing the loudspeaker of artificial layered packing based on machine vision technology was put forward. First of all, the collected image underwent preprocessing such as median filtering, then, the canny operator was used for edge detection to extract the edge contour of the image, and the pixels of the distance between the current layer edge and the selected fixed area boundary were solved, which was used as the basis of determining layer amount. By determining the amount of layers, the average gray levels of the 20 regions were solved respectively, so as to determine whether there was a lack of speakers. The experimental results showed that this method could accurately distinguish the layer and number of the loudspeakers, with good recognition effect, fast detection speed, and good real-time performance.

KEY WORDS: loudspeaker; layered packing; machine vision; edge detection

在扬声器生产过程中, 在线分层装箱是传统工艺流程的重要环节。传统的人工分层装箱方法会带来由于人为因素而造成的漏装现象, 给生产企业带来严重后果, 因此研究采用机器视觉方法^[1]对扬声器分层装箱过程进行在线监测具有重要的应用价值。机器视觉检测技术在生产过程中应用广泛, 具有性价比高、柔性强、技术成熟、可实现非接触无损检测^[2]等优势。文中提出一种基于图像特征的扬声器装箱层数, 以及每层特定区域内扬声器缺失的检测方法。通过

中值滤波^[3]和边缘检测等方法, 来判别扬声器装箱的层数和每层上是否存在扬声器的漏装。

1 扬声器漏装视觉检测原理

扬声器装箱的层数和集装箱的体积有关, 文中以三层有序码放装箱^[4]为例。在此过程中视觉检测的重点在于首先进行层数的判断, 避免漏装1层, 然后识别当前层上的特定区域有无扬声器, 其关键技

收稿日期: 2015-02-25

作者简介: 黄彦相(1989—), 男, 山东莱阳人, 天津科技大学硕士生, 主攻机械参数测量与控制。

通讯作者: 王永强(1965—), 男, 天津人, 天津科技大学教授, 主要研究方向为机械参数测量与控制。

术应用包括中值滤波、边缘检测、区域分割^[5]等。检测流程见图1。



图1 检测流程

Fig.1 The flow chart of detection

1.1 图像采集

主要通过摄像机分别采集箱子和三层扬声器图像,采集过程人工每放1层采集1次,每次采集箱子的位置始终保持不变。同时要注意考虑光照、震动、相机本身性能参数^[6]和公共视野^[7]等对图像采集质量的影响。

1.2 图像灰度化

文中使用的图像均是使用普通数码相机拍摄的真彩图像(图2a)。采用加权平均^[8]的方法将RGB图像转化为数据量更小更易处理的灰度图像,处理结果见图2b。

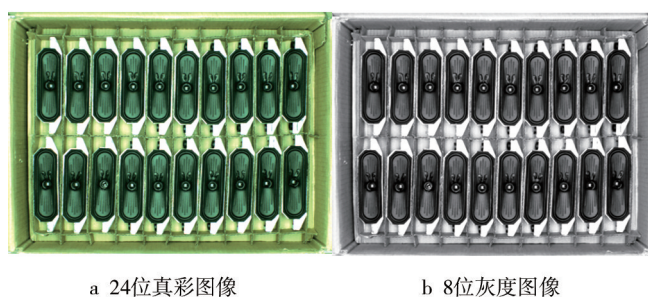


图2 灰度图像

Fig.2 Gray image

1.3 中值滤波

为了消除二值图像中的噪声,中值滤波可以在不减少图像对比度^[9]的情况下,在一定程度上有效消除脉冲噪声^[10]且不会模糊边界。它的原理是将数字图像中一点的值,用该点临域各点值的中值代替,让

周围的像素值更接近真实值,从而消除孤立的噪声点^[11]。文中采用 3×3 中值模板滤波结果见图3。



图3 中值模板滤波

Fig.3 The median filter template

1.4 边缘检测

边缘是图像基本的特征之一,文中研究的扬声器层与每层数量的漏装检测均基于图像边缘特征。常用的边缘算法包括 sobel, prewitt, roberts, log, canny 等5种,文中采用 canny 边缘检测算子^[12],选用准则如下所述。

1) 信噪比准则。对边缘的错误检测率要尽可能低,尽可能检测出图像的真实边缘,且尽可能减少检测出虚假边缘,获得一个好的结果。在数学上即指使信噪比尽量大,输出信噪比SNR越大,错误率越小。

$$SNR = \frac{\left| \int_{-\omega}^{+\omega} G(-x)f(x)dx \right|}{n_0 \left[\int_{-\omega}^{+\omega} f^2(x)dx \right]^{1/2}} \quad (1)$$

式中: $f(x)$ 为边界为 $[-\omega, +\omega]$ 有限滤波器的脉冲响应^[13]; $G(x)$ 为边缘; n_0 为高斯噪声的均方根。

2) 定位精度准则。检测出的边缘要尽可能接近真实边缘。数学上就是寻求滤波函数 $f(x)$ 使式(2)中的Loc尽量大。

$$Loc = \frac{\left| \int_{-\omega}^{+\omega} G'(-x)f'(x)dx \right|}{n_0 \left[\int_{-\omega}^{+\omega} f'^2(x)dx \right]^{1/2}} \quad (2)$$

式中: $G'(-x), f'(x)$ 分别为 $G(-x), f(x)$ 的一阶导数。

3) 单边缘响应准则。对同一边缘响应次数要低,即对单边缘最好只有一个响应。滤波器对边缘响应^[14]的极大值之间的平均距离为:

$$d_{\max} = 2\pi \left| \frac{\int_{-\omega}^{+\omega} f'^2(x)dx}{\int_{-\omega}^{+\omega} f^2(x)dx} \right|^{1/2} \approx KW \quad (3)$$

因此在宽度 $2W$ 内,极大值的数目为:

$$N = \frac{2W}{KW} = \frac{2}{K}$$

(4)

式中: K 为滤波器的宽度; W 为滤波器的尺度。显然,只要固定了 K ,就固定了极大值的个数。canny边缘检测图像见图4,可知canny算子提取边缘^[15]较完整清晰,噪声较小边缘连续性好。

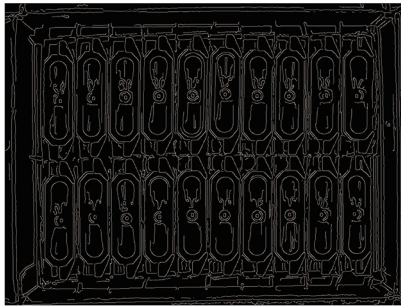


图4 Canny边缘检测图像
Fig.4 Canny edge detection image

2 装箱层数检测

不同层装箱后在图像中的固定区域存在明显的特征,基于此特征的提取,实现对应层的检测。

2.1 层边界检测区域的选取

在层数检测过程中,先对整张图像进行边缘检测,再进行区域分割。层数检测是基于距离检测区域最左侧最近白色像素的距离值,因此在进行区域分割时,检测区域不能包含箱子的左侧边缘。检测区域的选取原则是选取不同层图像的相同区域,检测区域如图5所示的矩形区域,其中 a, b, c, d 依次代表矩形检测区域的4个顶点。点 a 到点 b 的距离作为区域宽度,记为 l_{ab} 。

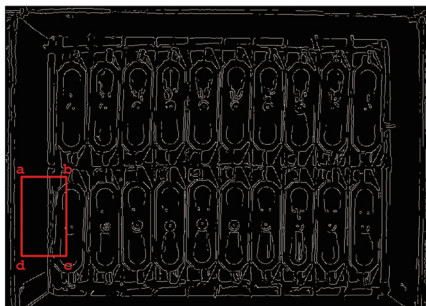


图5 检测区域
Fig.5 Detection area

检测层数是基于当前层边缘距离选取的固定区

域左侧边线的最短距离,检测的目标对象 l_1, l_2, l_3 见图6。

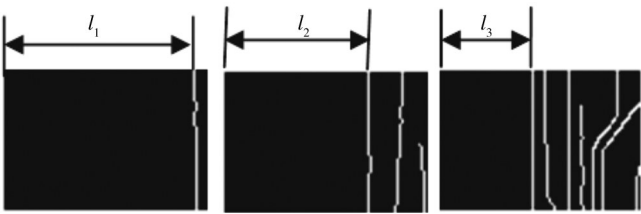


图6 检测对象
Fig.6 Detection object

2.2 基于边缘最短距离的层检测算法

在框选出来的感兴趣区域里面通过算法,依次按列搜索目标边缘距离左侧边缘的最短距离,首选确定检测区域行数 m 和列数 n ,预设最短距离 d_{min} 为区域宽度,依次按列搜索,检测流程见图7。

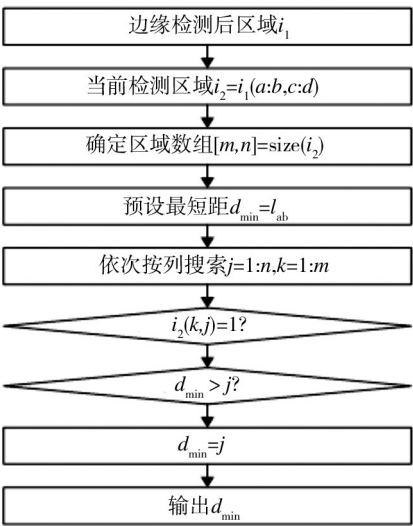


图7 最小距离检测流程
Fig.7 The flow chart of minimum distance detection

实验时每层随机抽取300幅图像作为样本进行实验统计,运用Matlab对实验统计的数据进行处理得出密度直方图,通过对直方图的分析发现,直方图的形状与正态分布曲线很接近。运用Matlab对三层的直方图分别进行正态拟合,拟合结果见图8,并得出正态分布的均值 μ 、方差 σ^2 和标准差 σ 结果见表1。

通过拟合结果和 3σ 概率原则,最终可由 $\mu \pm 3\sigma$ 来判断层数,即当检测的最短距离位于 $(70,90)$ 区间,可判断该层是第1层;当检测的最短距离位于 $(50,69)$ 区间,可判断该层是第2层;当检测的最短距离位于 $(30,49)$ 区间,可判断该层是第3层。

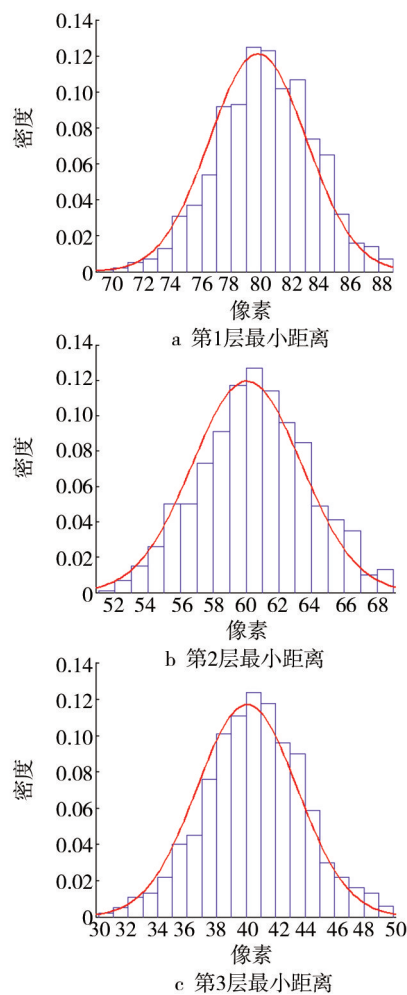


图8 密度直方图
Fig.8 Density histograms

表1 正态拟合结果

Tab.1 Results of normality fitting

层数	均值 μ	方差 σ^2	标准差 σ
1	80	10.8142	3.288 54
2	60	11.1349	3.336 94
3	40	11.5824	3.403 29

2.3 层数检测实验结果与分析

当确定了层数检测的像素区间后,换用500个不同的箱子和不同的扬声器,每层进行500次检测实验,实验结果见表2,可知该方法针对层数识别的准确率 $\gg 99.8\%$ 。

3 单层扬声器漏装检测

3.1 区域选择

文中研究对象为单层满装20个扬声器。为了检

表2 实验结果统计
Tab.2 Statistics of the experimental results

层数	像素区间	不合格数	误判率/%
1	(70,90)	0	0
2	(50,69)	0	0
3	(30,49)	1	0.2

测是否存在扬声器的缺失,首先要确定相应的区域,便于后续平均灰度的检测。检测对象选取的是前景与背景灰度区别明显的20个区域见图9。



图9 平均灰度检测区域
Fig.9 Detection area of the average gray level

3.2 平均灰度检测算法

设层内每个扬声器的图像区域像素数为 n ,则区域内的平均灰度为:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n i(p,q)}{n} \tag{5}$$

其中 $i(p,q)$ 为每个像素的灰度值。为了找到每一层相同区域有无扬声器平均灰度的分界值,每层随机抽取300幅图像作为样本进行实验统计,每幅图像提取有扬声器的最大灰度值和缺失扬声器最小灰度值,分别运用Matlab对实验统计的数据进行处理得出密度直方图,通过对直方图的分析发现,直方图的形状与正态分布曲线很接近。运用Matlab对三层直方图分别进行正态拟合,拟合结果见图10,并得出正态分布的均值 μ 、方差 σ^2 和标准差 σ 结果见表3。

通过拟合结果和3 σ 概率原则,最终可由 $\mu \pm 3\sigma$ 来判断是否缺失扬声器。各层之间有无扬声器平均灰度差别非常明显,故取三层有无扬声器临界平均灰度为150。

4 实验及结果

基于扬声器层数的判断以及有无扬声器,平均灰

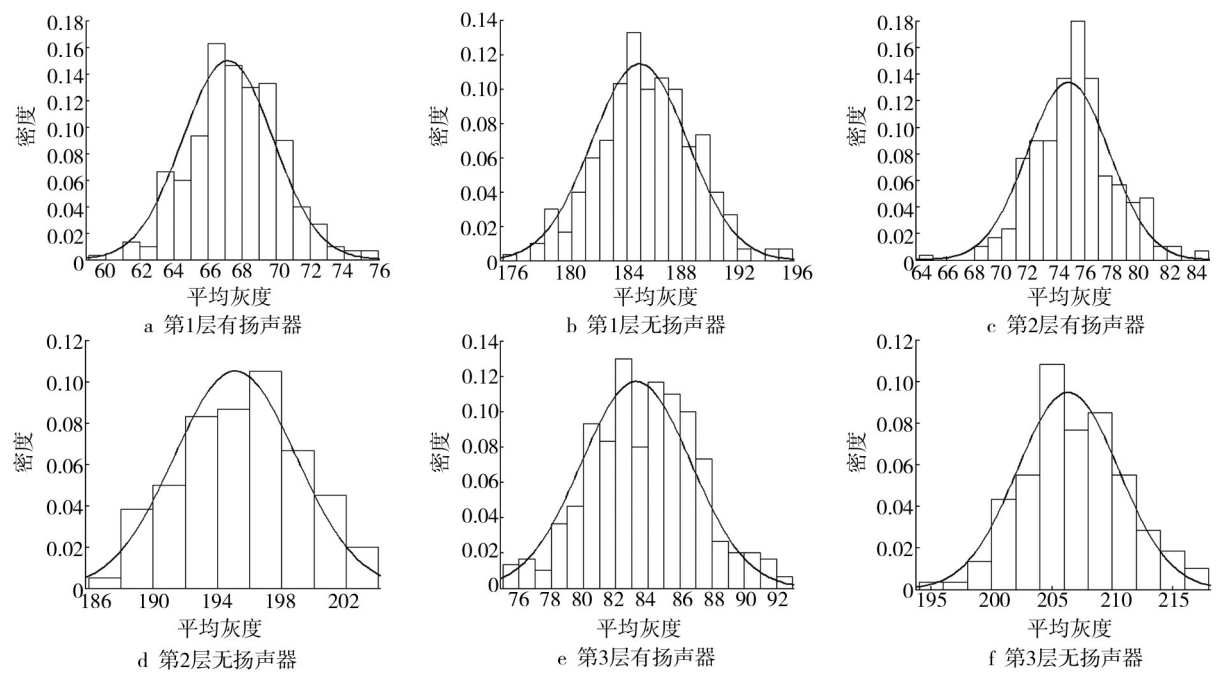


图10 平均灰度密度直方图

Fig.10 The histogram of the average gray level vs. density

表3 正态拟合结果

Tab.3 Results of normality fitting

层数	有无扬声器	均值 μ	标准差 σ
1	有	67	2.67
	无	185	3.62
2	有	75	2.95
	无	195	4.05
3	有	83	3.34
	无	206	4.32

度的临界值确定为150,对采集到的图像首先判断属于第几层,判断该层的20个区域平均灰度是否大于150,若大于150则代表缺失扬声器,若小于150则代表不缺失扬声器。为了验证算法的稳定性,随机换用不同的扬声器和不同的箱子,做了500组实验,每层拍摄了500张图像,实验结果见表4。

表4 实验结果统计

Tab.4 Statistics of the experimental results

层数	像素区间	合格	不合格	误判率/%
1	(70,90)	500	0	0
2	(50,69)	500	0	0
3	(30,49)	499	1	0.2

5 结语

三层的误判率不超过0.2%,实际生产中要求误判

率为0.6%,满足生产需要。该方法可行实用。

参考文献:

[1] 贾云得. 机器视觉[M]. 北京:科学出版社,2000.
JIA Yun-de. Machine Vision[M]. Beijing: Science of Society, 2000.

[2] 张留刚. 基于机器视觉技术的烟条检测系统研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2008.
ZHANG Liu-gang. Article Smoke Detection System Based on Machine Vision Technology Research[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2008.

[3] 谢勇,彭涛. 机器视觉及其在现代包装行业中的运用[J]. 珠江工学院商报,2002,16(4):1—4.
XIE Yong, PENG Tao. Machine Vision and Its Use in Modern Packaging Industry[J]. Journal of Pearl River Engineering Business, 2002(4): 1—4.

[4] 尹业宏,王涛,陈颖. 基于FPGA的图像预处理滤波算法[J]. 光学与光电技术,2004,2(5):61—64.
YIN Ye-hong, WANG Tao, CHEN Ying. Image Preprocessing Filter Algorithm Based on FPGA[J]. Optical and Optoelectronic Technology, 2004, 2(5): 61—64.

[5] CASTLEMAN K R. Digital Image Processing[M]. New York: Prentice Hall Inc, 1996.

[6] DERICHE R. Using Canny' s Criteria to Derive a Recursively Implemented Optimal Edge Detector[J]. Computer Vision, 1987, 1(2): 167—187.

[7] 杨德荣,杨超. 三维装箱布局的单向寻优搜索法[J]. 工程图

- [9] JI Q H, SHI R G. A Novel Method of Image Segmentation Using Watershed Transformation[C]// International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT), 2011: 1590—1594.
- [10] 李秀馨, 王敬东, 徐烨晔, 等. 基于改进FCM算法的卫星云图聚类方法研究[J]. 红外技术, 2013, 35(3): 150—154.
LI Xiu-xin, WANG Jing-dong, XU Ye-ye, et al. Satellite Image Clustering Research Based on Improved FCM Algorithm [J]. Infrared Technology, 2013, 35(3): 150—154.
- [11] 陈阳. 拓扑梯度耦合FCMC的全自动图像修复优化算法[J]. 包装工程, 2014, 35(21): 96—103.
CHEN Yang. The Automatic Image Inpainting Optimization Algorithm Based on Topological Gradient Coupled FCM[C]. Packaging Engineering, 2014, 35(21): 96—103.
- [12] COMANICIU D, MEER P. Mean Shift Analysis and Applications[J]. IEEE Seventh International Conference on Computer Vision, 1999, 2(2): 1197—1203.
- [13] CHENG Y Z. Mean Shift, Mode Seeking, and Clustering[J]. IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1995, 17(8): 790—799.
- [14] 北京凌云光技术有限责任公司. 基于凌云PackRoll视觉系统实现卷筒包装100%印品质量检测[EB/OL]. [2015-04]. <http://shop.eprint.cn/>.
BEI JING LUSTER LightTech Limited company. Application of Machine Vision Technology in Detection of Print Quality realized by reel packaging[EB/OL] [2015-04]. <http://shop.eprint.cn/>.
- [15] GEORGE E M, JOAO CAMARGO N. Verification of Color Vegetation Indices for Automated Crop Imaging Applications [J]. Computer and Electronics in Agriculture, 2008, 63(2): 282—293.
- [16] 刘国栋, 陈艳, 陈永常. 图像噪声对印刷墨斑评价的影响[J]. 包装工程, 2014, 35(11): 105—108.
LIU Guo-dong, CHEN Yan, CHENG Yong-chang. Effect of Image Noise on Evaluation of Print Mottle[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(11): 105—108.

(上接第88页)

- 学学报, 2007, 28(2): 35—41.
YANG De-rong, YANG Chao. Three Dimensional Layout Using the One-way Optimization Search Method[J]. Journal of Engineering Graphics, 2007, 28(2): 35—41.
- [8] 张铮. 数字图像处理与机器视觉[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2012.
ZHANG Zheng. Digital Image Processing and Machine Vision [M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Publishing House, 2012.
- [9] 王福生, 齐国清. 二值图像中目标物体轮廓的边界跟踪算法[J]. 大连海事大学学报, 2006, 32(1): 62—64.
WANG Fu-sheng, QI Guo-qing. The Boundary of the Target Object in the Binary Image Contour Tracking Algorithm[J]. Journal of Dalian Maritime University, 2006, 32(1): 62—64.
- [10] 蔡叶蓄, 彭涛, 何静, 等. 机器视觉在包装检测过程中的应用研究[J]. 包装工程, 2003, 24(2): 45—48.
CAI Ye-lei, PENG Tao, HE Jing, et al. The Application of Machine Vision in the Packaging Process[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(2): 45—48.
- [11] 姚峰林, 詹海英, 李元宗. 机器视觉中的边缘检测技术研究[J]. 机械工程与自化, 2005, 1(1): 108—110.
YAO Feng-lin, ZHAN Hai-ying, LI Yuan-zong. Research on Edge Detection Technology in Machine Vision[J]. Mechanical Engineering and Since, 2005, 1(1): 108—110.
- [12] 范兆周, 孟月. 机器视觉在封装设备中的应用[J]. 包装工程, 2007, 28(9): 1—4.
FAN Zhao-zhou, MENG Yue. Application of Machine Vision in the Packaging Equipment[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(9): 1—4.
- [13] 房超. 机器视觉及其在工业检测中的应用[J]. 自动化博览, 2007, 25(4): 46—48.
FANG Chao. Machine Vision and Its Application in Industrial Detection[J]. Automation Expo, 2007, 25(4): 46—48.
- [14] 王健. 机器视觉系统在现代包装行业中的应用[J]. 包装与食品机械, 2004, 22(5): 46—49.
WANG Jian. The Application of Machine Vision System in Modern Packaging Industry[J]. Packaging and Food Machinery, 2004, 22(5): 46—49.
- [15] 孙慧. 图像处理中边缘检测技术的研究[J]. 电脑开发与应用, 2002, 15(10): 7—9.
SUN Hui. Edge Detection in Image Processing Technology Research[J]. Computer Development and Application, 2002, 15(10): 7—9.