

基于机器视觉的药品包装生产线自动检测系统

李姿景

(黄河科技学院, 郑州 450000)

摘要: **目的** 提高包装药品效率, 保证包装过程的正确率和安全性。**方法** 在充分研究药品包装生产线现状的基础上, 将机器视觉应用于药品包装生产线的自动检测, 采用基于最大熵阈值, 设计一种图像分割方法; 同时采用自适应高斯引导图像滤波算法, 设计一种图像去噪算法。**结果** 通过实验验证, 该系统可以实现药品包装生产线的自动检测, 并能自动剔除不合格药品, 保证生产安全。**结论** 研究的药品包装生产线自动检测系统具有自动化程度高、效率高的优点, 具有广阔的市场应用前景。

关键词: 机器视觉; 药品包装; 检测; 图像去噪; 阈值分割

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)17-0165-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.17.027

Automatic Detection System for Drug Packaging Line Based on Machine Vision

Li Zi-jing

(Huanghe Science and Technology College, Zhengzhou 450000, China)

ABSTRACT: In order to improve the efficiency and accuracy of drug packaging and ensure the safety of drug production. On the basis of full study of the present situation of drugs packaging production line, machine vision is applied to automatic detection of drugs in pharmaceutical packaging production line. Based on the maximum entropy threshold, an image segmentation method is designed. At the same time, adaptive gaussian guided image filtering algorithm is adopted to design an image denoising algorithm. Through the algorithm simulation and experiment verification, this system can realize the automatic detection of the drug packaging production line, and can automatically eliminate the unqualified drugs and ensure the production safety. The automatic detection system of the drug production line in the paper has the advantages of high automation and high efficiency, and has a broad market application prospect.

KEY WORDS: machine vision; drug packaging; detection; image denoising; threshold segmentation

近年来,产品包装自动化和智能化在工业化发展中变得越来越重要,这是由于产品自动包装机械既能节约人力和物力,又能提高包装效率,降低生产成本。其中,医药产品的包装更是越来越受到国内外的关注^[1-4]。医药产品的自动包装不仅仅使生产成本降低和生产效率提高,更是关系到身体健康和生命安全。我国工业自动化水平与发达国家相比还有较大差距,整体医药企业技术水平和科技创新能力还不能与其相比,医疗药品包装的整体水平也较低,因此,极大地制约了我国医疗卫生事业的发展,也不利于人民医疗卫生水平的提高。我国的药品包装企业多采用半自动检测设备对药品包装进行检测,由此可能会导致药品出现异物、

密封不严等问题^[5],这对人身安全构成了极大的威胁。机器视觉又可以称其为计算机视觉,它是借助于计算机来实现人体的视觉功能,即用机器代替人眼来判断。机器视觉是利用光电成像系统来采集图像信息,然后经过在计算机上运行软件进行图像信息的处理或者在专用的图像处理器上处理,最后进行识别分析来对目标物体的形状和尺寸等进行判断的技术,目前正被广泛应用于工业生产自动化中,这样可提高工业生产过程中物品检测的柔性,并且能够提高自动化程度,节省了大量的人力和物力,提高生产线上物品的检验效率。

文中在充分研究国内外药品包装以及机器视觉的原理和应用方法的基础上,提出一种以机器视觉技

收稿日期: 2018-03-08

基金项目: 郑州市光电信息技术及应用重点实验室(114PYFZX505)

作者简介: 李姿景(1980—),女,硕士,黄河科技学院讲师,主要研究方向为信息与检测技术。

术^[6-10]为基础的药品包装检测系统,来对药品包装生产线上不合格药品进行检测,以提高药品包装的效率,保证生产安全性。

1 机器视觉检测系统原理

机器视觉检测的过程简要描述为图像获取、图像处理、特征提取以及决策判断,这也是机器视觉的普遍原理及运行依据^[11-14]。首先,通过触发采集或连续采集模式进行图像信息获取,相机将待检测目标的光学特性变成二维的电信号,经过数据采集卡将其转化成数字图像。然后,PC机对数字图像进行处理,这些处理主要包括图像的预处理、图像的分割、图像的特征提取以及最后进行图像分析对比等,最后控制器作出决策判断。基于机器视觉的药品包装自动检测系统的具体流程见图1。在系统初始化之后,硬件控制器处于准备状态,当传送线上输送过药品时,传感器就会检测到药品到来,并且触发相机进行拍摄,相机在获取到药品的图像信息之后,就会将图像信息传送给控制器进行处理,判断出药品是否合格,然后将不合格的药品剔除,合格的药品就保留下来并且进行后台数据库的记录。

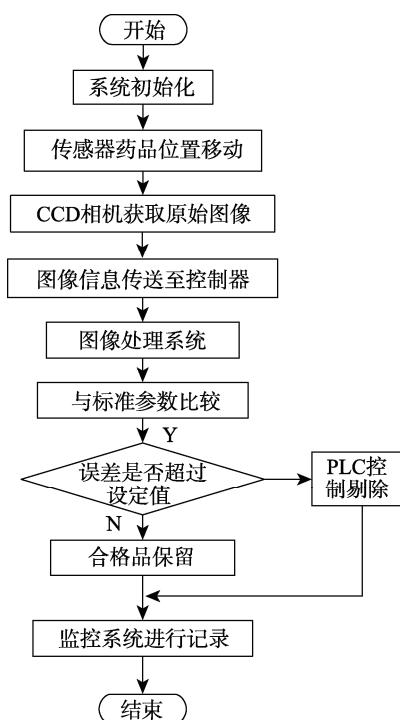


图1 检测系统流程

Fig.1 The flow chart of detecteyion system

2 关键算法研究

2.1 图像阈值分割的算法

文中采用最大熵阈值算法实现图像阈值分割,即

选取一个恰当的阈值将图像分割为目标和背景 2 个区域,此时灰度分布最均匀。

最大熵阈值的计算:设图像灰度范围为 $(1, L)$;

不同灰度频率为 $f_1, f_2 \dots f_i$, 其中像素总数 $N = \sum_{i=1}^L f_i$;

灰度 i 发生的概率 P 满足以下条件:

$$P_i = \frac{f_i}{N}; P_i \geq 0; \sum_{i=1}^L P_i = 1 \tag{1}$$

假设图像灰度阈值 T 可将图像分为 A, B 两区域:目标区域和背景区域。根据最大熵阈值可知,当图像灰度小于 T 时则该区域为 A ;反之,则为 B ,那么可用 P_A, P_B 表示其概率:

$$P_A = \sum_{i=1}^T P_i \tag{2}$$

$$P_B = \sum_{i=T+1}^L P_i \tag{3}$$

A 区域熵用 $H(A)$ 表示,则有:

$$H_A = -\sum_{i=1}^T \left(\frac{P_i}{P_A}\right) \lg \left(\frac{P_i}{P_A}\right) = \lg P_A + \frac{H_A}{P_A} \tag{4}$$

同理,对于 B 区域,则有:

$$H_B = -\sum_{i=T+1}^L \left(\frac{P_i}{P_B}\right) \lg \left(\frac{P_i}{P_B}\right) = \lg P_B + \frac{H_B}{P_B} \tag{5}$$

$H(A)$ 和 $H(B)$ 的和记为 $\phi(T)$, 即:

$$\phi(T) = H_A + H_B = \lg [P_A(1-P_A)] + \frac{H_A}{P_A} + \frac{H_B}{1-P_A} \tag{6}$$

当函数 $\phi(T)$ 达到最大时,即为最大熵阈值。

2.2 图像滤波去噪

文中采用了一种自适应高斯引导图像滤波算法 (AGGF)^[15],利用引导滤波器进行参数优化。 f_i^{AGGF} 可看作输出图像, G_i 可看作引导图像, a_i 和 b_i 可看作滤波器比例系数,在 AGGF 中通过核值和线性转换模型对其进行表示:

$$f_i^{AGGF} = \bar{a}_i^w (G_i + \eta_i) + \bar{b}_i^w, \forall i \in \Omega_k \tag{7}$$

式中: \bar{a}_i^w 和 \bar{b}_i^w 均为重叠窗口 Ω_k 高斯的权值, $\bar{a}_i^w = \sum_k w_{ik} a_k$, $\bar{b}_i^w = \sum_k w_{ik} b_k$ 。其中 w_{ik} 为高斯滤波核, $w_{ik} = \frac{1}{K_i} \exp\left(-\|x_i - x_k\|^2 / 2\sigma_g^2\right)$; K_i 为归一化参数, $K_i = \sum_k \exp\left(-\|x_i - x_k\|^2 / 2\sigma_g^2\right)$; x_i 和 x_k 为窗口像素点坐标; σ_g 为中心点邻近区域大小。

由线性回归模型,可得到参数值为:

$$a_k = \frac{\sum_{i \in \Omega_k} w_{ik} G_i f_i - \mu_k \bar{f}_k^w}{\sigma_k^2 + \zeta} \tag{8}$$

$$b_k = \bar{f}_k^w - a_k u_k \tag{9}$$

式中： $\bar{f}_k^w = \sum_{i \in \Omega_k} w_{ik} f_i$ 。AGGF 中滤波核 f_i^{AGGF} 对 f_i 求取偏导，将滤波器转变为对输入图像权值求和：

$$f_i^{AGGF} = \sum_j W_{ij}(G) f_j \quad (10)$$

式中： $W_{ij}(G)$ 为输入图像权值。

偏导数可表示为：

$$\frac{\partial f_i^{AGGF}}{\partial f_i} = \sum_{k \in \Omega_i} w_{ik} \left[\frac{\partial a_k}{\partial f_i} ((G_i + \eta_i) - \mu_k) + \frac{\partial \bar{f}_k^w}{\partial f_j} \right] \quad (11)$$

可以得到：

$$\frac{\partial a_k}{\partial f_i} = \frac{1}{\sigma_k^2 + \xi} \left(\sum_i w_{ik} \frac{\partial f_i}{\partial f_j} G_i - \mu_k \frac{\partial \bar{f}_k^w}{\partial f_j} \right) \quad (12)$$

$$\frac{\partial \bar{f}_k^w}{\partial f_i} = \sum_i w_{ik} \delta_{j \in \Omega} = \sum_i w_{ik} \delta_{k \in \Omega_j} \quad (13)$$

如果 $\delta_{j \in \Omega_k}$ 在窗口中时记为 1，其他记为 0，则有：

$$\frac{\partial a_k}{\partial f_i} = \frac{1}{\sigma_k^2 + \xi} \left(\sum_i w_{ik} (G_i - \mu_k) \delta_{k \in \Omega_k} \right) \quad (14)$$

将式(13)和(14)代入式(11)中，可得最终的滤波核函数为：

$$\frac{\partial f_i^{AGGF}}{\partial f_i} = \sum_k w_{ik}^2 \left[1 + \frac{((G_i + \eta_i) - \mu_k)(G_j - \mu_k)}{\sigma_k^2 + \xi} \right] \quad (15)$$

由此看出 AGGF 可以去噪。理想一维信号边界见图 2，若像素点在同一侧， $[(G_i + \eta_i) - \mu_k]$ 与 $G_j - \mu_k$ 的符号相反。

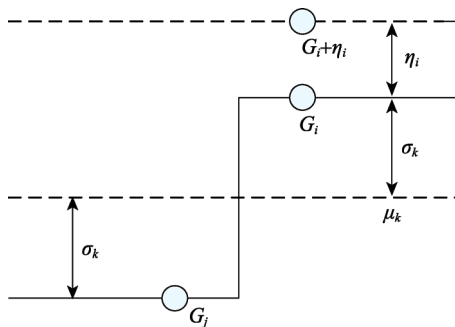


图 2 理想的一维边界

Fig.2 Ideal one dimensional boundary

在以上研究的图像滤波算法中， η_i 对于图像处理过程中的图像增强有着非常关键的作用，因此需要对其进行优化。利用最优模糊掩膜法对 η_i 进行优化，主要从基于一阶高斯滤波和高斯引导滤波的像素分类方法以及最小均方误差 2 个方面着手，高斯滤波的滤波核的计算表达式见式 (16)。

$$G(x) = -\frac{x}{\sqrt{2\pi}\sigma_g^3} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_g^2}\right) \quad (16)$$

用高斯引导滤波器进行去噪，将图像与高斯滤波器的导数求卷积，然后对图像边缘进行提取。之后由

$\sigma=1$ 的一阶高斯滤波器获取输出图像 $G_d(m, n)$ ，并且对图像进行分类：

$$G_0(m, n) = \begin{cases} |G_d(m, n)| \leq 5 \leq |G_d(m, n)| \leq 60 \\ 0 \quad \text{其他} \end{cases} \quad (17)$$

参数最优可以表述为：

$$\eta_i = \arg \min \|f_i^{AGGF} - f_i\|_s^2 \quad (18)$$

式中： S 为这个期间所有像素点的目录， S 的取值可以从控制器处理之后的像素点中得到，是像素点的集合。结合上述各式可得：

$$\eta_i = \arg \min \|a_i^w (G_i + \eta_i) + b_i^w - f_i\|_s^2 \quad (19)$$

将式 (19) 改写为：

$$\eta_i = [a_i^w G_i + b_i^w - f_i] + \eta_i a_i^w \times [(a_i^w G_i + b_i^w - f_i) + \eta_i a_i^w] \quad (20)$$

3 实验

3.1 检测系统

药品包装自动检测系统硬件见图 3，主要由光源模块、图像采集器单元、触发采集传感器模块、图像处理模块以及剔除装置等组成。其中，光源采用 LED 背光红光光源，CCD 相机获取图像使用触发抓拍的形式，传感器使用 OMORN 的 E3Z-D61。图像采集单元获得的图像传输给图像处理模块，最后经由机器视觉处理软件对其进行处理运算。

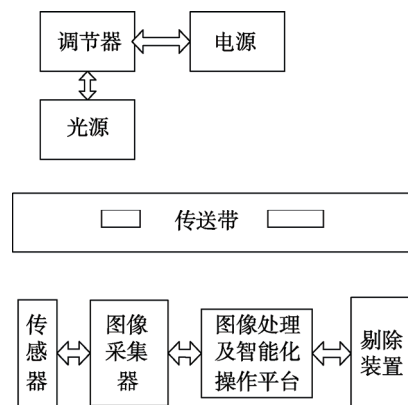


图 3 视觉检测整体系统构成

Fig.3 The machine vision detection system

3.2 检测流程

实验过程中，首先对药片视觉识别算法的流程和计算公式进行说明。识别过程中，先处理药品图像，然后进行目标特征提取，目标特征包括目标面积、目标周长、目标圆形度。药片面积的计算公式为：

$$A = N_{\text{all}} - \left(\frac{N_a}{2} + 1 \right) \quad (21)$$

式中： N_{all} 为全部像素点； N_e 为边缘上的像素点。计算药片边缘的周长时，用像素点代替实际边缘。周长 P 计算见式（22）。

$$P = N_e + N_o \quad (22)$$

式中： N_e 为像素点所有的偶数和； N_o 为像素点所有的奇数和。圆形度可以检测药品的边界形状，圆形度 $C=P^2/2$ 。药片的面积、周长和圆形度的识别流程见图 4。

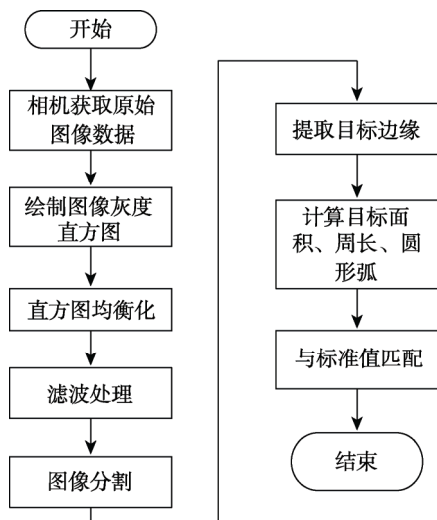


图 4 图像处理流程
Fig.4 Image processing flow

3.3 检测结果

结合某企业的现场环境，对设计的药品包装生产线自动检测系统进行实验。每组进行 100 次自动包装实验，通过上位机系统记录实验过程中的药品合格数、药品不合格数、误检数、漏检次数，结果统计见表 1。

表 1 实验数据
Tab.1 Experimental data

| 组次 | 实验个数 | 不合格数 | 误检数 | 漏检次数 | 合格药品数 | 峰值信噪比/dB |
|----|------|------|-----|------|-------|----------|
| 1 | 100 | 7 | 2 | 1 | 93 | 29.54 |
| 2 | 100 | 9 | 1 | 0 | 91 | 28.89 |
| 3 | 100 | 10 | 0 | 1 | 90 | 29.94 |
| 4 | 100 | 11 | 1 | 1 | 89 | 30.28 |
| 5 | 100 | 5 | 1 | 1 | 95 | 30.12 |

从表 1 中可以看出，文中设计的药品包装生产线误检数和漏检次数很小，检测到的药品不合格数的成功率很大，图像处理的信噪比大，能够满足应用要求，且可以大大节省人力，降低生产成本，提高药品检测的效率。

4 结语

文中在介绍药品包装在线检测系统的整体构成、硬件结构和软件设计的基础上，通过机器视觉检测原理、图像去噪算法及阈值分割算法，设计了一套基于机器视觉的药品包装自动检测系统，并通过某种药品包装检测进行实验验证。由结果可知文中提出的算法能够避免误分割，其检验正确率高，漏检率低，系统安全可靠，因此，具有极大的应用价值。

参考文献：

- [1] 侯张艳, 张晓军. 药品包装生产线实时监控[J]. 包装与食品机械, 2008, 26(2): 17—19.
HOU Zhang-yan, ZHANG Xiao-jun. Real-time Monitoring System of Drug Packaging Production Line[J]. Packaging and Food Machinery, 2008, 26(2): 17—19.
- [2] 孟秀玉, 曹巨江, 陈秀梅. 药品自动包装生产线监控系统设计[J]. 起重运输机械, 2008(12): 54—55.
MENG Xiu-yu, CAO Ju-jiang, CHEN Xiu-mei. Design of Monitoring System for Automatic Packaging Production line[J]. Lifting the Transport Machinery, 2008(12): 54—55.
- [3] 樊文侠, 张敏, 王新明, 等. 基于图像处理的药品包装质量在线检测系统设计[J]. 西安工程科技学院学报, 2004, 18(2): 160—163.
FAN Wen-xia, ZHANG Min, WANG Xin-ming, et al. Design of Online Detection System for Drug Packaging Quality Based on Image Processing[J]. Journal of Xi'an University of Engineering Science and Technology, 2004, 18(2): 160—163.
- [4] 张登荣, 刁建峰. 浅析药品包装的在线检测[J]. 机电信息, 2005(18): 22—24.
ZHANG Deng-rong, DIAO Jian-feng. A Brief Analysis of Online Detection of Drug Package[J]. Mechanical and Electronic Information, 2005(18): 22—24.
- [5] 李媛媛. 基于机器视觉的封印产品防伪条码在线检测系统[J]. 科技资讯, 2015, 13(6): 14—17.
LI Yuan-yuan. Seal Product Anti-counterfeiting Bar Code Online Detection System Based on Machine Vision[J]. Science & Technology Information, 2015, 13(6): 14—17.
- [6] 孙怀远, 杨丽英, 周夫之. 基于机器视觉技术的药品瓶包装在线检测系统[J]. 现代制造, 2011, 12(2): 46—50.
SUN Huai-yuan, YANG Li-ying, ZHOU Fu-zhi. The Online Detection System of Medicine Bottle Packaging Based on Machine Vision Technology[J]. Modern Manufacturing, 2011, 12(2): 46—50.
- [7] ALATA M, EI-KHASAWNEH B, AI-HOURANI S. Mechatronics in Pharmaceutical Engineering: Advanced Control to Upgrade a Tablet Coating Machine[C]// International Symposium on

- Mechatronics and Its Applications, 2006: 1—6.
- [8] 黄志平, 许亮. 基于机器视觉的工业炸药包装缺陷在线检测系统[J]. 爆破器材, 2015, 44(3): 43—47.
HUANG Zhi-ping, XU Liang. An Online Detection System for Packaging Defects of Industrial Explosives Based on Machine Vision[J]. Explosive Materials, 2015, 44(3): 43—47.
- [9] 管经纬, 周虎, 杨慧斌. 基于机器视觉的工件自动分拣系统的研究[J]. 机械工程师, 2014(8): 18—20.
GUAN Jing-wei, ZHOU Hu, YANG Hui-bin. The Research of Automatic Sorting System Based on Machine Vision[J]. Mechanical Engineer, 2014(8): 18—20.
- [10] 朱作付, 徐超, 葛红美. 机器视觉技术在包装领域的应用[J]. 包装工程, 2010, 31(3): 24—26.
ZHU Zuo-fu, XU Chao, GE Hong-mei. The Application of Machine Vision Technology in Packaging Field[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(3): 24—26.
- [11] 夏贤华, 谢经明, 柯丰恺, 等. 基于机器视觉的玻璃瓶在线检测系统研究与开发[J]. 机械与电子, 2013(11): 67—70.
XIA Xian-hua, XIE Jing-ming, KE Feng-kai, et al. Research and Development of Glass Bottle Online Detection System Based on Machine Vision[J]. Machinery & Electronics, 2013(11): 67—70.
- [12] 高绍嵩, 范洪达, 魏宇. 基于机器视觉的玻璃瓶检测系统[J]. 海军航空工程学院学报, 2006, 21(2): 285—288.
GAO Shao-song, FAN Hong-da, WEI Yu. Glass Bottle Detection System Based on Machine Vision[J]. Journal of Naval Aeronautical and Astronautical University, 2006, 21(2): 285—288.
- [13] 李正军. 现场总线及其应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
LI Zheng-jun. Fieldbus and Its Application Technology[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2005.
- [14] 边娟娟, 陈婵娟, 田卫明, 等. 基于 PLC 的全自动药板装盒机控制系统设计[J]. 包装与食品机械, 2008, 26(4): 13—16.
BIAN Juan-ge, CHEN Chan-juan, TIAN Wei-ming, et al. The Control System Design of The Automatic Cartridge Box Machine Based on PLC[J]. Packaging and Food Machinery, 2008, 26(4): 13—16.
- [15] 黄果, 蒲亦非, 陈庆利. 基于分数阶积分的图像去噪[J]. 系统工程与电子技术, 2011, 33(4): 925—932.
HUANG Guo, PU Yi-fei, CHEN Qing-li. Image Denoising Based on Fractional Integral[J]. Systems Engineering and Electronics, 2011, 33(4): 925—932.