

改进Otsu算法在铝塑泡罩药品包装缺陷检测中的应用

于惠钧¹, 吴婉¹, 成运²

(1. 湖南工业大学, 株洲 412008; 2. 湖南人文科技学院, 娄底 417000)

摘要: **目的** 为了满足药品缺陷检测系统的具体要求, 需要有更好的图像分割效果。**方法** 在二维Otsu法的基础上, 提出新的阈值分割输出函数, 并改进传统算法, 使运算量大幅度降低。**结果** 理论分析和仿真实验结果表明, 该方法更能顾及药品图像边缘细节, 具有好的分割效果, 且分割速度也能满足实时检测要求。**结论** 该改进算法用于铝塑泡罩药品包装缺陷检测更具有适用性和实时性。

关键词: 图像分割; Otsu法; 缺陷检测

中图分类号: TS206; TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)15-0015-04

Application of Improved Otsu Algorithm in the Defect Detection of Aluminium-plastic Blister Drugs

YU Hui-jun¹, WU Wan¹, CHENG Yun²

(1. Hunan University of Technology, Zhuzhou 412008, China;

2. Hunan Institute of Humanities Science and Technology, Loudi 417000, China)

ABSTRACT: **Objective** In order to meet the specific requirements of drug defect detection system, there is a need to have a better image segmentation result. **Methods** On the basis of two-dimensional Otsu method, a new threshold segmentation output function was proposed by improving the traditional algorithm, which significantly lowered the computational complexity. **Results** Theoretical analysis and simulation results showed that this new method could cover the drug image edge details, had improved segmentation accuracy, and the speed of segmentation met the requirement of real-time detection. **Conclusion** The improved algorithm has applicability and real-time performance in defect detection of aluminium-plastic drug packaging.

KEY WORDS: image segmentation; Otsu method; defect detection

目前,药品铝塑泡罩包装已得到了广泛应用,深受制药企业与消费者喜爱。药品包装的质量检测是制药业生产过程中的重要环节。如今,国内主要采用人工挑选法和质量检测法来检测药品包装过程中出现的缺损、缺粒等质量问题,容易造成漏检和误检,致使部分不合格产品无法剔除。由此,将基于机器视觉的图像处理技术^[1-2]应用于药品缺陷实时检测^[3]前景可观。

图像分割是图像处理的重要领域之一。阈值法性能稳定、便于实现、计算量小,成为图像分割中最为广泛和重要的处理技术。实时在线检测中,最主要的问题是阈值的选取和计算速度。固定阈值法是较为简单实用的阈值分割方法,即将整幅图像的灰度阈值设为常数。由于在许多情况下,噪声等干扰因素使得背景的灰度不恒定,且目标和背景之间的对比度也会有差异,因此这种情况下固定阈值法无法满足要求,

收稿日期: 2014-04-22

基金项目: 湖南省科学计划项目(2012FJ4265)

作者简介: 于惠钧(1975—),男,湖南株洲人,湖南工业大学副教授,主要研究方向为检测与控制技术。

通讯作者: 吴婉(1989—),女,河南信阳人,湖南工业大学硕士生,主攻控制理论与控制技术。

往往需要采用动态阈值方法来确定最佳分割阈值。笔者通过改进的二维 Otsu 法对药品图像进行阈值分割,得到二值图像,为后续的边缘提取、模式识别等技术做准备。

1 二维 Otsu 法

1979年,N.Otsu提出了计算过程简单,性能稳定,一直被广泛使用的大律法。它是一种性能优良的自动阈值选取方法,以评价函数为基础,并以最大类间方差和最小类内方差作为2个评价函数,最优分割阈值即为类间方差最大时对应的阈值。在实际应用中,图像灰度级不连续或噪声干扰等因素致使一维 Otsu 法不能确定最优阈值。为此,刘健庄^[4]等人提出了二维 Otsu 自适应阈值分割算法。二维 Otsu 算法利用了图像像素与其邻域的空间相关信息,比一维 Otsu 算法具有更好的抗噪能力,提高了分割效果。二维 Otsu 法具体思想如下所述。

设一幅药品灰度图像的灰度级为 L ,在每个像素点计算邻域平均灰度值,则也为 L 等级。于是,可由图像像素点的灰度值与它的邻域平均灰度值的二元组来表示图像,记为 (i,j) 。若设 (i,j) 出现的频数为 f_{ij} ,则二维联合概率密度为 $p_{ij}=f_{ij}/M(i,j=0,1,\cdots,L-1)$,且满足 $\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} p_{ij}=1$ 。若以 (s,t) 作为阈值来分割图像(s 为图像的灰度分割阈值, t 为邻域灰度平均分割阈值, $0 \leq s \leq L-1, 0 \leq t \leq L-1$),药品图像被分为目标和背景两大类,且二者具有不同的概率密度函数分布。二维直方图^[5-6]被分成4个部分,分别为 I, II, III, IV,见图1。

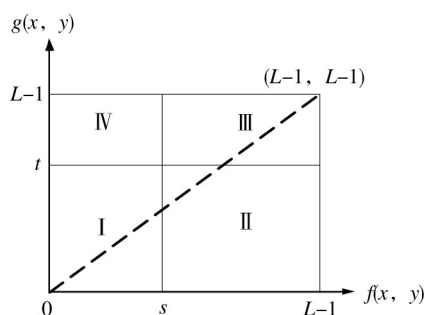


图1 二维直方图

Fig.1 A two-dimensional histogram

通过分析可知,噪声和边缘点远离直方图对角线

的概率很小,可以假设远离直方图对角线的 p_{ij} 为 $0^{[7]}$,因此可认为目标和背景落在图1的 I, III 区域的概率近似为1,而落在 II, IV 区域的概率忽略不计。于是目标和背景这2类出现的概率为:

$$w_0 = \sum_{i=0}^s \sum_{j=0}^t p_{i,j} = w_0(s,t) \quad (1)$$

$$w_1 = \sum_{i=s+1}^{L-1} \sum_{j=t+1}^{L-1} p_{i,j} = w_1(s,t) \quad (2)$$

则这2类对应的二维均值矢量分别为:

$$\bar{\mathbf{u}}_0 = (u_{0i}, u_{0j})^T = \left(\sum_{i=0}^s \sum_{j=0}^t ip_{i,j}/w_0, \sum_{i=0}^s \sum_{j=0}^t jp_{i,j}/w_0 \right)^T \quad (3)$$

$$\bar{\mathbf{u}}_1 = (u_{1i}, u_{1j})^T = \left(\sum_{i=s+1}^{L-1} \sum_{j=t+1}^{L-1} ip_{i,j}/w_1, \sum_{i=s+1}^{L-1} \sum_{j=t+1}^{L-1} jp_{i,j}/w_1 \right)^T \quad (4)$$

可得二维直方图上总的均值矢量为:

$$\bar{\mathbf{u}}_z = (u_{zi}, u_{zj})^T = \left(\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} ip_{i,j}, \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} jp_{i,j} \right)^T \quad (5)$$

由于假设远离直方图对角线的概率忽略不计,则可以得一个类间离散测度^[8](阈值选取准则)为:

$$\mathbf{S}_B = w_0 [(\bar{\mathbf{u}}_0 - \bar{\mathbf{u}}_z)(\bar{\mathbf{u}}_0 - \bar{\mathbf{u}}_z)^T] + w_1 [(\bar{\mathbf{u}}_1 - \bar{\mathbf{u}}_z)(\bar{\mathbf{u}}_1 - \bar{\mathbf{u}}_z)^T] \quad (6)$$

将类间离散测度矩阵的迹作为离散测度,可得:

$$\text{tr}(\mathbf{S}_B) = w_0 [(u_{0i} - u_{zi})^2 + (u_{0j} - u_{zj})^2] + w_1 [(u_{1i} - u_{zi})^2 + (u_{1j} - u_{zj})^2] \quad (7)$$

最优分割阈值 (s^*, t^*) 是在迹取最大时所对应的分割阈值,要满足的条件是:

$$\text{tr}(\mathbf{S}_{(s^*, t^*)}) = \max(\text{tr}(\mathbf{S}_{(s,t)})) \quad 0 \leq s, t \leq L-1 \quad (8)$$

二维 Otsu 算法需要计算每个 (s,t) 的离散度矩阵的迹 $(\text{tr}(\mathbf{S}_{(s,t)}))$ ^[9],再将迹取最大值时对应的 (s,t) 作为最优分割阈值。算法需要双重循环,可得总累加计算次数 A 为:

$$A = \sum_{s=0}^{L-1} \sum_{t=0}^{L-1} [s \times t + (L-s) \times (L-t)] \quad (9)$$

由式(9)可知,二维 Otsu 法计算量大,总的计算复杂度为 $O(L^4)$ 。若药品图像 $L=256$,则 A 大约为 2^{31} 。

2 二维 Otsu 法的改进

二维最大类间方差法可获得比一维算法更好的分割结果,但二维阈值分割算法运算较复杂,运算量按指数增加,不利于进行药品实时在线检测^[7]。针对二维 Otsu 算法存在的不足,通过对二维 Otsu 算法的改

进^[10-13],达到既能减少算法复杂度又能改进图像分割效果的目的。该改进算法先分别计算目标类与背景类的类内绝对平均差,将其相加即为总体类内绝对差之和,再计算目标类和背景类类间平均离差,然后作差得到最终的阈值识别函数。

设待分割药品图像的二维阈值为 (s, t) ,可以得到目标和背景类的类内绝对差之和,再计算目标和背景类的类间平均离差,最后相减得到新的阈值:

$$d_0 = \sum_{i=0}^s \sum_{j=0}^t \frac{p_{ij}}{w_0} |i - \mu_{0x}| + \sum_{i=0}^s \sum_{j=0}^t \frac{p_{ij}}{w_0} |j - \mu_{0y}| \quad (10)$$

$$d_1 = \sum_{i=s+1}^{L-1} \sum_{j=t+1}^{L-1} \frac{p_{ij}}{w_1} |i - \mu_{1x}| + \sum_{i=s+1}^{L-1} \sum_{j=t+1}^{L-1} \frac{p_{ij}}{w_1} |j - \mu_{1y}| \quad (11)$$

通过式(10)(11)可得到目标和背景这2类总体的类内绝对差之和,它表现了类内的内聚性, $S_w(s, t)$ 的值越小,分割效果越好。可以表示为:

$$S_w(s, t) = w_0 d_0(s, t) + w_1 d_1(s, t) \quad (12)$$

同时,也可得出目标类和背景类的类间平均离差,它表现为类间方差的测度, $S_b(s, t)$ 的值越大越容易区分。表示为:

$$S_b(s, t) = \sum_{i=0}^s \sum_{j=0}^t w_0 (|i - \mu_{0x}| + |j - \mu_{0y}|) + \sum_{i=s+1}^{L-1} \sum_{j=t+1}^{L-1} w_1 (|i - \mu_{1x}| + |j - \mu_{1y}|) \quad (13)$$

通过以上分析,可定义阈值识别函数为:

$$\phi_s(s, t) = S_w(s, t) - S_b(s, t) \quad (14)$$

式中反映了属性的类间离散度,因此,当阈值识别函数取最小值时分割效果最好,可使用 $\phi_s(s, t)$ 作为阈值判别向量。该方法节省了计算时间,降低了运算的复杂度,减少了计算所需的存储空间。

3 仿真结果分析比较

3.1 分割效果分析

在 Matlab 7.0 中进行仿真,分别用二维 Otsu 法和改进的算法对预处理后的药品图像进行自动分割,二值化结果见图2—3。可以看出,用改进后的算法更加注重边缘细节,对药品灰度图像进行分割后的二值图像边缘部分更加清晰,对边缘的判断比传统二维算法

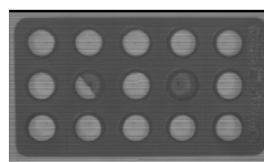
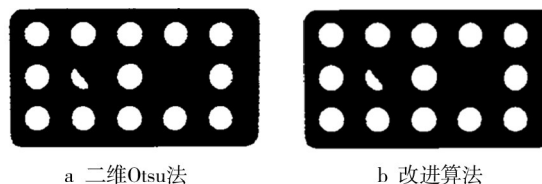


图2 药品图像灰度图像

Fig.2 Drug grayscale image



a 二维Otsu法

b 改进算法

图3 分割图像

Fig.3 Image segmentation

更准确。

3.2 实验运行时间比较

对二维 Otsu、文献[10]的算法和改进算法的运行时间和阈值进行比较,结果见表1。从表1可以看出,二维算法改善了分割效果在药品与背板边界处不佳、易受噪声干扰的缺点,但是二维算法计算量大。在图3b中可以看到边缘细节处理得很好,达到理想的分割效果,具有一定的参考和借鉴意义。同时,在运行时间上比二维算法和文献[10]的算法都有所减少,符合实时检测的需求,为下一步的边缘提取等操作奠定了基础。

表1 3种算法阈值和时间的对比

Tab.1 Comparison of time and threshold among the three algorithms

算法	阈值	时间/s
二维算法	(79, 113)	39.23
文献[10]的算法	(82, 118)	0.539
改进算法	(78, 111)	0.238

4 结语

将图像处理技术运用到药品缺陷检测^[13]中具有很强的实用价值。通过改进二维 Otsu 算法实现了药品灰度图像的二值化分割,并提出了一种新的阈值分割

输出函数。这种新的输出函数顾及了药品图像边缘细节,有较好的分割质量,在运算时间上也有所加快,具有很好的应用价值。

参考文献:

- [1] 赵丹,丁金华,孙秋花,等. 基于计算机图像处理的印刷品缺陷检测[J]. 包装工程,2008,29(12):1—2.
ZHAO Dan, DING Jin-hua, SUN Qiu-hua, et al. Print Defect Detection Based on Computer Image Processing[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(12): 1—2.
- [2] 李小东,陈路,龚修端. 基于数字图像处理的印刷品图像清晰度检测算法研究[J]. 包装工程,2009,30(1):2—3.
LI Xiao-dong, CHEN Lu, GONG Xiu-duan. Research of Definition Checking Algorithm of Printing Image Based on Digital Image Processing[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(1): 2—3.
- [3] 薛利军,张虎,李自田. 采用机器视觉的药品包装实时在线检测系统的研究[J]. 包装工程,2005,26(2):2—3.
XUE Li-jun, ZHANG Hu, LI Zi-tian. Study on Pharmaceutical Packaging Real-time Online Detection System Based on Machine vision[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(2): 2—3.
- [4] 刘健庄,栗文清. 灰度图像的二维自动阈值分割法[J]. 自动化学报,1993,19(1):101—105.
LIU Jian-zhuang, LI Wen-qing. Gray Image of Two-dimensional Automatic Threshold Segmentation Method[J]. Acta Automatica Sinica, 1993, 19(1): 101—105.
- [5] JYELEE D, ROBERT S, JAMES A, et al. Development Of A Machine Vision System for Automatic Date Grading Using Digital Reflective Near-Infrared Imaging[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 10(21): 1—40.
- [6] 董增寿,赵建珍,张凤珍. 一种基于二维直方图的图像分割改进算法[J]. 太原科技大学学报,2009(5):374—377.
DONG Zeng-shou, ZHAO Jian-zhen, ZHANG Feng-zhen. An Improved Algorithm for Image Segmentation Based on Two Dimensional Histogram[J]. Journal of Taiyuan University of Science and Technology, 2009(5): 374—377.
- [7] 肖刚,应晓芳,高飞,等. 基于邻域灰度差值的二维Otsu分割方法研究[J]. 计算机应用研究,2009(4):1544—1548.
XIAO Gang, YING Xiao-fang, GAO Fei, et al. Zhou Hongbin Two-dimensional Otsu Neighborhood Gray Difference Segmentation Method Based on[J]. Application Research of Computers, 2009(4): 1544—1548.
- [8] 王军强,高雅,杨数强. 基于遗传算法的二维最大类间方差图像分割算法[J]. 微计算机应用,2011(8):24—30.
WANG Jun-qiang, GAO Ya, YANG Shu-qiang. Two Dimensional Maximum Genetic Algorithm for Image Segmentation Algorithm Based on Variance between[J]. Microcomputer Application, 2011(8): 24—30.
- [9] 肖艳炜,张云. 改进的二维otsu自动分割算法及其应用研究[J]. 计算机工程与应用,2007(7):243—244.
XIAO Yan-wei, ZHANG Yun. The Improved Two-dimensional Otsu Segmentation Algorithm and Its Application Research [J]. Computer Engineering and Application, 2007(7): 243—244.
- [10] 李宏,张冬生,林义刚,等. 基于Otsu理论的灰度图像分割算法的研究与改进[J]. 科学技术与工程,2010(22):5437—5440.
LI Hong, ZHANG Dong-sheng, LIN Yi-gang, et al. Research and Improvement of Image Segmentation Algorithm Based on the Theory of Otsu[J]. Science Technology and Engineering, 2010(22): 5437—5440.
- [11] 王璇,张帆,程京. 基于改进最大类间方差法的图像分割[J]. 微计算机信息,2010(35):12—20.
WANG Xuan, ZHANG Fan, CHENG Jing. Between Images Improved Otsu Based Segmentation[J]. Micro Computer Information, 2010, (35): 12—20.
- [12] 吴一全,吴文怡,潘喆. 二维最大类间方差阈值分割的快速迭代算法[J]. 中国体视学与图像分析,2007,12(3):212—220.
WU Yi-quan, WU Wen-yi, PAN Zhe. The Two-dimensional Otsu Threshold Segmentation of Fast Iterative algorithm[J]. Chinese Stereology and Image Analysis, 2007, 12(3): 212—220.
- [13] 郝颖明,朱枫. 二维Otsu自适应阈值的快速算法[J]. 中国图象图形学报,2005,10(4):484—488.
HAO Ying-ming, ZHU Feng. Two-dimensional Otsu Adaptive Threshold Fast Algorithm[J]. Chinese Journal of Image and Graphics, 2005, 10(4): 484—488.
- [14] DUAN Feng, WANG Yao-nan, LIU Huan-jun. A Real-Time Machine Vision System for Bottle Finish Inspection[J]. Proceedings of Eighth International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, 2004, (12): 842—846.
- [15] CONSOLATINA L, ALTIEDO P, ANTONIO P. An On-line Stereo Vision System for Dimensional Measurements of Rubber Extrusions[J]. Measurement, 2004, 35: 221—231.