

基于 Canny 算子的透明胶囊缺陷检测^①

张 晓, 秦 勃

(中国海洋大学 信息科学与工程, 青岛 266100)

摘 要: 为准确、高效检测透明胶囊存在的缺陷, 提出一种基于 Canny 算子的检测方法. 算法针对透明胶囊两端弧形边缘检测困难问题, 通过设定不同阈值分步实现边缘分割; 同时, 利用腐蚀排除干扰和放大缺陷; 最后, 利用缺陷区域与其周围的灰度值差确定缺陷区域. 实验结果表明, 算法可有效提高透明胶囊检测效率和准确性.

关键词: Canny; 透明胶囊; 阈值分割; 缺陷检测; 腐蚀

Capsule Defect Detection Based on Canny Operator

ZHANG Xiao, QIN Bo

(Department of Computer Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: This paper proposed a detecting method based on Canny operator for detecting the defect of transparent capsules correctly and effectively. To solve the problem of detecting the curved edges at both ends of transparent capsule, the algorithm set different thresholds to achieve the purpose of getting edge of the capsule. At the same time, interferences are eliminated and defects are magnified with the help of corrosion. Finally, the defect regions are detected by using the difference of the gray values between the defect regions and the surroundings. The experimental results show that the algorithm can effectively improve the efficiency and accuracy of transparent capsule detection.

Key words: Canny; transparent capsule; threshold segmentation; defect detection; erode

随着计算机技术的不断完善, 图形处理在工业领域开始绽放异彩. 胶囊是医药领域极其重要的一环, 其品质直接关系到患者的安全, 国家对药品监督的不断加强也促使对胶囊质量进一步把关. 在过去胶囊主要采用人工检测, 不仅效率低下而且造成了大量的人力资源浪费. 由此, 通过计算机对图像进行处理来进行胶囊检测的技术应运而生.

近年来, 一些对胶囊的图像处理技术开始出现. 如通过研究胶囊大小特征和形态特征进行数字图像分析判断胶囊真假^[1], 通过直方图的方法来确定胶囊不同区域的分界线^[2], 通过分水岭方法确定胶囊边缘^[3], 通过设定灰度阈值去除胶囊图像中的背景^[4], 或者利用阈值对胶囊进行分割^[5]. 这些技术在一定程度上解决了胶囊的部分检测问题, 但这些方法却普遍存在一些缺陷: 大多数过于理论化, 对一些实际存在的例外情况无法准确检测; 其次, 如分水岭方法和直方图等

方法只能检测出一些大的缺陷, 对细微的地方却无法准确甄别; 最后, 只能对不透明的胶囊进行检测, 由于透明胶囊的图片存在干扰较多、缺陷不明显等问题, 传统的检测方法对透明胶囊并不适用.

针对以上存在的问题应青岛微恒公司邀请, 设计了透明胶囊的检测程序, 目的是能够准确检测出透明胶囊存在的缺陷, 用更简洁的方法保证胶囊的出厂质量.

1 Canny算子概述

在计算机中, 图像是由像素构成的, 每个像素都有自己的像素值. 可以想象, 图像中边缘所在像素必然具有较高的梯度值.

Canny 算子是一种比较常用的边缘检测算法, 其原理是根据图像中较高的梯度值点确定可能的边缘像素点. 首先使用高斯滤波器对图像进行平滑处理, 然

^① 收稿时间:2014-12-12;收到修改稿时间:2015-02-16

后求取图像中所有像素灰度值的一阶偏导数,用偏导数的有限差分计算图像中梯度的幅值和方向;对图像梯度幅值应用非极大值抑制以细化边缘,最后使用滞后阈值的方法,采用双阈值检测并连接边缘^[6].与传统的 Sobel 边缘检测算法相比,Canny 算子不易受噪声干扰,能检测到真正的弱边缘,能够更准确地提取边缘^[7].

Canny 算子只能对灰度图像进行处理,因此对于彩色胶囊缺陷检测存在会有漏检的可能.透明胶囊颜色单一,缺陷较彩色胶囊不够明显,传统的水分岭算法不适用于透明胶囊检测,而 Canny 算子对图像边缘较为敏感,因此使用 Canny 算子检测透明胶囊缺陷是一种较为合理的做法.

2 透明胶囊检测概况

由于透明胶囊颜色较浅,在高强度光线下无法观察.灰尘等在高强度光照下基本排除的干扰因素在低强度光照下表现明显,对透明胶囊检测存在较强的干扰.传统胶囊检测方法往往是将胶囊放置在闪光灯上拍摄图片并检测,但由于透明胶囊的特殊性,必须采用新的方法,对透明胶囊的检测采用了使用玻璃棒使胶囊悬空的方法来减小灰尘对胶囊检测的影响.

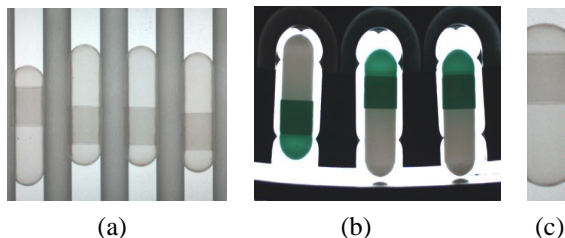


图 1 (a)传统非透明胶囊检测机器拍摄全景图 (b)透明胶囊检测机器拍摄全景图 (c)分割后的单幅胶囊图

如图 1 所示,采用凌空处理可以简单地分割出单个胶囊,而不需要进行繁琐的胶囊分割、矫正,节省了大量的处理时间.缺点是无法直接得到整幅胶囊,可以通过玻璃棒旋转带动胶囊转动,对同一颗胶囊不同角度的图片进行甄别,确保检测不会存在遗漏,任意一副图片发现缺陷后即直接将胶囊标记为缺陷胶囊并剔除以节省处理时间.

如图 2 所示,透明胶囊的检测流程分为图像输入、灰度化、去除噪声、腐蚀、获取边缘以及最终得到缺陷区域几部分构成.透明胶囊图像首先经过去噪、腐蚀处理排除实际情况中经常出现的灰尘等干扰,然后

通过分层处理得到胶囊内外边缘,最后对胶囊内部各区域进行甄别,即可准确得到胶囊内部缺陷部位.

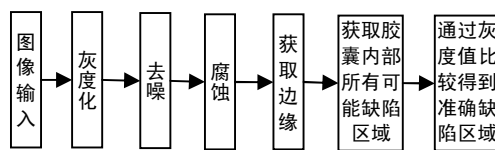


图 2 胶囊检测流程图

传统 Canny 算子检测边缘时,通过利用像素点为中心的邻接像素计算该像素灰度值的一阶偏导数.但经实际观察中,透明胶囊的四条分割边缘像素点往往与 X 轴方向上的邻接像素有较大的灰度值差,而与 Y 轴方向上的邻接像素灰度值比较接近.因此在求取胶囊分割边缘时对 Canny 运算进行简化处理,只通过像素点 X 轴方向的邻接像素计算一阶偏导数,不仅可以减少运算时间,而且可以提高精确度.而胶囊的缺陷往往具有随机性,所以对缺陷检测区域应该采取传统 Canny 算子检测缺陷边缘.

在检测过程中,得到的所有胶囊数据将会被收集以对原有阈值参数进行优化以提高检测精度.下面将详细介绍处理流程.

3 灰度化及预处理

由于 Canny 算子只能对灰度图像进行处理,而透明胶囊不需要和彩色胶囊一样对图像的 RGB 进行分别处理,因此首先需要将胶囊进行灰度化处理,得到灰度化图像.坐标 (i,j) 点的灰度值计算公式为:

$$f(i,j) = 0.299 * R(i,j) + 0.587 * G(i,j) + 0.114 * B(i,j)$$

经观察,当透明胶囊中混入其他颜色胶囊时,得到的灰度化图像平均灰度值与透明胶囊相比较低,而当图像中没有胶囊时,平均灰度值则较高.因此可以通过提前设定上下阈值来初步判断图像是否存在胶囊及是否混入其他胶囊并剔除.试验结果表明,简单的对平均灰度值比较的方法,可以测出超过 98% 的非透明胶囊及无胶囊图片.于此同时,胶囊的灰度平均值同样可以对原有阈值进行优化,随着胶囊检测数量的增加,检测精度会越来越高.

根据实际观测,透明胶囊图片的缺陷部分和其余部分相比颜色较深,图像中的亮点则是反光等因素造成的噪声,需要进行排除.使用 OpenCv 库的 cvThreshold 函数^[8]即可对亮点噪声轻易排除.根据阈

值 $thresh$ 求取坐标 (i,j) 点的去亮点后灰度值计算公式为:

$$g(i,j) = \begin{cases} f(i,j); f(i,j) < thresh \\ threshold; \text{其他} \end{cases}$$

其中, $threshold$ 为设置的去亮点噪声灰度值.

4 腐蚀

形态学中经常利用腐蚀来除去图像中某些部分. 对 Z 中的集合 A,B , 使用 B 对 A 进行腐蚀, 其计算公式为:

$A \ominus B = \{Z | (B)_z \subseteq A\}$
 这个公式表明, 使用 B 对 A 进行就是所有 B 中包含于 A 的点 z 的集合用 z 平移. 可以通过腐蚀来削弱图像中尺寸较小、明亮的部分^[9].

经观测, 透明胶囊图片的缺陷部分和其余部分相比往往颜色较深, 而图片中灰尘等干扰因素个体一般比较细小. 腐蚀可以有效地将缺陷部分放大, 排除掉大多数细微亮点及细小灰尘的干扰. 使用 `OpenCv` 库的 `cvErode` 函数^[8]即可实现这一点.

5 求出边缘

5.1 求出胶囊两端边缘弧线

检测胶囊内部的缺陷前需要得到胶囊的边缘, 以便确定胶囊具体的检测区域. 实际检测中经常出现以下问题: 机器经过长时间运行后, 会有灰尘、胶囊碎片等落入胶囊下方, 如果这些干扰因素与胶囊两端边缘重合, 就会对准确求取两端弧线造成较大的影响. 经实验表明, 胶囊两端的边缘部分较灰尘等具有较高的梯度值, 因此可以首先通过使用高阈值 `Canny` 算子对图片进行处理, 排除影响后得到包含胶囊顶部边缘弧线的二值化图像. 通过统计图像中每行包含的边缘像素点个数, 从两端向中间扫描, 首先扫描到的边缘像素个数超过设定阈值的所在行就是胶囊顶部的两条边缘弧线顶端. 然后对顶端所在的中心边缘点向左右两端扫描, 便可以得到连接的整条边缘弧线, 其后所有的缺陷检测都在两弧线之间进行. 以向左为例, 若点 (i,j) 为边缘点, 则求取其左边一列相邻的边缘点的计算公式为:

$$g(j-1) = \begin{cases} i + \min(|n-i|); f(n,j) > 0, \text{且 } 0 \leq n-i < 2 \\ i - \min(|n-i|); f(n,j) > 0, \text{且 } -2 < n-i < 0 \\ i-1; \text{其他} \end{cases}$$

其中 $f(n,j)$ 为二值化图像中点 (n,j) 的灰度值.

5.2 求出中间的两条分割线

得到两端的边缘弧线后, 可以使用低阈值的 `Canny` 算子对腐蚀后的胶囊图片进行处理. 采取和求取边缘弧线顶端同样的方法, 对处理后的二值化图片从胶囊两端进行逐行扫描, 即可容易得到胶囊中间的两条分割线, 以便对胶囊的长度是否合格进行检测以及获得其他缺陷检测的甄别区域, 图 3 展示了求取胶囊分割边缘的整个过程.

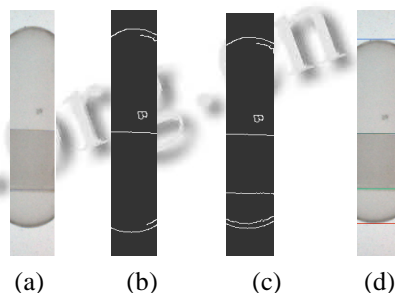


图 3 (a)原始胶囊图片(b)高阈值 `Canny` 算子处理后图片(c)低阈值 `Canny` 算子处理后图片(d)得到各分割线后胶囊图

5.3 判别是否存在双帽缺陷

胶囊中间的两条分割线将一颗胶囊分为 3 个部分, 其中最上面部分和最下面部分的灰度平均值比较接近. 在使用机器对胶囊的装配过程中, 有时会出现对胶囊体两头都套上帽的“双帽”现象, 这时只需简单地将胶囊最上面部分和最下面部分的灰度平均值进行比较, 如果差值大于设定好的阈值, 即可认定胶囊存在“双帽”的缺陷.

5.4 判别是否存在其他颜色胶囊

如图 4 所示, 若存在其他颜色胶囊或没有胶囊, 拍摄出的图像必然无法得到胶囊分割的四条边缘, 可以将预处理阶段漏过的图片轻易检测出来.

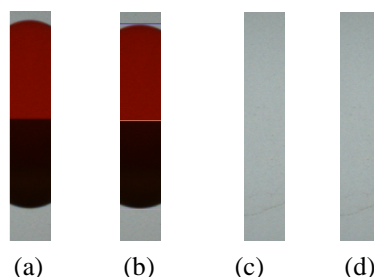


图 4 (a)非透明胶囊原始图片 (b)得到各分割线后非透明胶囊图 (c)无胶囊原始图片 (d)求取分割线后的无胶囊图片

6 得到缺陷区域

经过低阈值 Canny 处理后,可以得到只有源图像中边缘存在的二值化图像.使用 cvFindContour 函数^[10]可以获取二值化图像中的所有边缘,然后可以对这些边缘所在区域分别进行识别,以判断这些边缘是否属于缺陷.

经实际检测,所有的缺陷部位与其周围都有一定的灰度值差异.以此为依据,对胶囊内部各区域的所有边缘部分,可以得到其所在矩形区域的平均像素值,然后根据边缘大小获取其所在区域的环绕部位及该部位平均像素值.如图 5 所示,将两个平均值差与设定的阈值进行比较,即可判定边缘所在区域是否为缺陷区域.

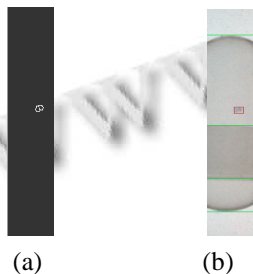


图 5 (a)胶囊内部区域可能缺陷图(b)胶囊检测结果图

7 实验测试与结果统计

本文采用去除高亮点与腐蚀方法去除噪声,然后通过不同阈值的 Canny 算子获取边缘,最后通过可能的缺陷与周围的灰度值差对比得到缺陷区域.

胶囊检测机器采用两部工业用巴斯勒相机来高速获取胶囊图片,工业用电脑(4G 内存, intel i7CPU, XP 系统)对图片进行处理分析.

由于不同胶囊生产厂家对胶囊质量有不同的要求,实际检测采用人工设置阈值的方式,对每幅图片可以观察不同阈值处理的效果,让厂家可以选择符合自身的参数.

表 1 胶囊检测速度

时间(s)	检测数量(颗)
1800	29915
1800	29928
3600	59927

如表 1 所示,对每颗胶囊拍摄 6 幅图片检测的前提下,每台机器每小时可以检测接近 6 万颗胶囊.使用计时器测试显示,每幅图片的处理时间不超过 2ms,

处理速度能够满足实际需求.

表 2 胶囊检测稳定性

检测胶囊总数(颗)	缺陷胶囊数量(颗)
36211	286
36211	286
36211	286

如表 2 所示,针对检测准确性的问题,将带有标记的少量胶囊掺入 36000 颗正常胶囊进行多次测试.实际检测结果证明,每次都可以得到相同的结果,没有出现漏检或误检情况,满足了胶囊生产公司对检测误差不超过 0.05% 的要求.

8 算法改进方案

在保证精度的前提下,缩减检测缺陷所需时间,目前有以下改进方案:首先将图像待处理区域分割,检测各个区域平均灰度值,如果某一区域灰度值与其他区域差别过大,说明胶囊在该区域存在缺陷.这样对缺陷比较明显的胶囊可以省略掉复杂处理,只需对缺陷不明显的胶囊图片进行 Canny 检测.另外,还可以通过统计 Canny 处理后的二值化图像的待处理区域的边缘点数量,超出一定数量说明存在缺陷的简单方式省去最后的缺陷边缘提取以节省处理时间.由于时间有限,上述方案还无法与已有检测算法完美融合.对算法进行合理改进,使其更加精细且省时,是下一步努力的方向.

9 结语

根据透明胶囊颜色单一,各种噪声干扰比较明显的特点,去除了分水岭和直方图等不适用的方法,最终选择了较适合的 Canny 算子.为了节约处理时间,经实际测试,采用了简单并有效的灰度值对比方法,并刨除了一些费时操作,最终得到了一种简单精确的检测算法,可以满足实际需求.

参考文献

- 冯珊珊,陈树越.基于图像分析的真假药胶囊颗粒识别方法研究.传感器与微系统,2008,27(8):54-56.
- 王军海.残损胶囊图像检测系统的研究与设计.武汉:武汉理工大学,2008.
- 侯海飞.基于机器视觉的胶囊表面缺陷识别与分拣研究.杭州:浙江大学,2013.

- 4 李杰.基于图像分析的胶囊缺陷检测系统研究.青岛:中国海洋大学信息科学与工程学院,2013.
- 5 王娟.基于红外图像的胶囊缺陷检测研究.杭州:中国计量学院,2013.
- 6 叶俊.基于 Canny 算子的图像边缘检测与提取的算法.科技资讯,2007,(34):69.
- 7 冯新宇,方伟林,杨栋.基于中值滤波与 Sobel、Canny 算子的图像边缘检测研究.黑龙江水专学报,2009,36(12):101-103.
- 8 Bradski G, Kaebler A.于仕琪,刘瑞祯,译.学习 OpenCV(中文版).北京:清华大学出版社,2009.
- 9 Gonzalez RC, Woods RE. 数字图像处理.阮秋琦,阮宇智等,译.第2版.北京:电子工业出版社,2010.
- 10 刘瑞祯,于仕琪.OpenCV 教程基础篇.北京:北京航空航天大学出版社,2007.

www.c-s-a.org.cn

www.c-s-a.org.cn