

一种应用于药品泡罩包装检测的改进分水岭算法研究

阚文君^{1,2}, 王硕禾³, 蔡承才³

(1. 石家庄铁道大学 机械工程学院, 河北 石家庄 050043;

2. 天津市地下铁道运营有限公司, 天津 030222;

3. 石家庄铁道大学 电气与电子工程学院, 河北 石家庄 050043)

摘要:针对分水岭算法存在的过分割问题以及泡罩包装药品图像的特点, 提出一种改进的分水岭分割算法对泡罩包装的药品进行分割。该方法将形态学重建运算与使用控制标记符的方法相结合, 首先对原图像进行开闭重建, 根据邻域像素连通性提取重建后图像的局部极大值作为标记, 从而抑制其他的局部极小值, 然后依据标记对原始的梯度图像进行修正, 最后对修改后的梯度图像进行分水岭分割。试验表明, 该方法在缺陷药品检测中, 可以有效的抑制传统分水岭的过分割, 分割效果良好。

关键词:图像分割; 分水岭算法; 形态学重建; 泡罩药品图像

中图分类号:TP391.9 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2016)04-0100-05

0 引言

自动视觉缺陷检测已经成为现代制药行业质量控制的一个重要组成部分。基于 PC 的机器视觉检测系统是用机器代替人眼、人手来进行检测、测量、分析、判断和决策控制的智能测控技术^[1], 它具有非接触、智能化、高精度和高速度的特点, 已经逐渐成为国内厂家为新设备配套和旧设备改造的认可方案。在检测过程中, 将药品图像从空间背景下精准、快速地提取出来是进行特征提取和识别的前提, 直接影响检测系统的识别率。但是分割又是个比较困难的问题, 具有不适定性。在识别过程中, 人们隐含的假设分割已经解决或根本不存在分割问题而避开对其的研究, 是不正确的。

目前关于泡罩药品分割的相关研究有: 吕常魁对传统的 SVC 聚类算法进行改进, 并将改进的聚类算法应用到检测到的多目标运动区域的实时动态分割中, 取得了较为满意的效果。赵鹏等^[2-3]采用常用的最大类间方差法(Otsu)分割泡罩药片得到二值图像。在该系统中, 由于铝塑包装和药品反光性较强, 噪声的数据和目标的数据经常混在一起, 采用迭代阈值算法效果并不理想。通过实验表明, Otsu 分割效果也很不理想, 主要原因是阈值分割一般都对直方图模型有所要求, 而且对目标和背景灰度值相差比较大的图像效果比较好。而且 Otsu 分割方法无法忍受图像中存在大部分的黑色区域。该系统中泡罩药板和黑色工作台共同作为背景, 而且图像还受到光照或其他噪声的影响的, 导致背景和背景不能分开, 致使阈值分割失败。图 1 为 Otsu 阈值分割的结果。

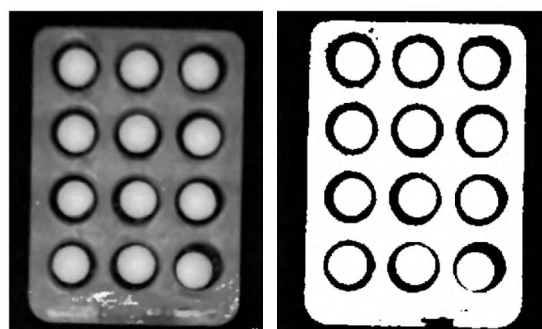


图 1 Otsu 阈值分割效果

收稿日期: 2015-09-16 责任编辑: 刘宪福 DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxxxbzrb.2016.04.17

作者简介: 阚文君(1988-), 女, 硕士, 助理工程师, 研究方向为检测技术与自动化装置, 综合监控。E-mail: kan200602@sina.com

阚文君, 王硕禾, 蔡承才. 一种应用于药品泡罩包装检测的改进分水岭算法研究[J]. 石家庄铁道大学学报: 自然科学版, 2016, 29(4): 100-104.

针对上述问题,本文提出一种改进的分水岭分割方法。将形态学重建与控制标记符相结合,在原始图像上采用形态学重建,从而获得前景和背景标记对梯度图像进行修正,作为分水岭变换的输入。理论分析和仿真结果均证明该算法的可行性。

1 分水岭算法原理

分水岭分割(Watershed Algorithm)是一种基于数学形态学的,属于区域分割的经典分割方法。它根据地理学中分水岭的构成原理来考虑灰度图像的分割,将许多概念进行具体化分析,得到的结果相较于其他分割方法更为稳定^[4]。假设灰度图像看作是一个地形表面,每个像素的灰度代表该坐标地形的高度。假设地形表面是有山有水的,那么一定是山围水、水绕山,为了防止集水盆之间的相互穿透,有时需要人工修筑大坝。区分山与水,以及湖与湖之间的界限都是连通的关系,就是分水岭。

分水岭分割的基本思想有两种:按照雨点降落的过程,首先给每个谷底赋予不同的标记,雨滴在地形表面将流向更低的谷底,将该谷底的标记赋予该点,最后汇集到不同的谷底,汇集在同一谷底的雨滴形成的集水盆就形成一个区域。如果雨水可能流向多个谷底,则标记为分水岭^[5];按照模拟浸没过程就是先选择一个适当小的阈值当作起点,即集水盆的底,然后在此处打个洞让水从洞中涌出慢慢的向周围淹没的过程,当不同盆地中的水要汇合到一起时就修筑大坝阻止汇合,这些大坝就相当于分水岭的分割线。

由于分水岭表示的是图像的极大值点,所以一般把梯度图像作为输入图像。但是分水岭分割时利用梯度信息作为输入图像时,由于分水岭变换对弱边缘的响应良好,图像中的非规则灰度扰动和噪声造成存在的局部极值过多,传统的分水岭算法由于噪声及区域内部文理细节的影响会产生严重的过分割现象^[6]。为了克服分水岭算法带来的过分割现象,通常采用两种方法处理:一是利用先验只是去除无关边缘信息;二是修正梯度函数使得集水盆只影响想要探测的目标^[7]。在实际应用中,根据需求结合其他方法消除过分割的影响。图2是对梯度图像进行分水岭变换的结果。

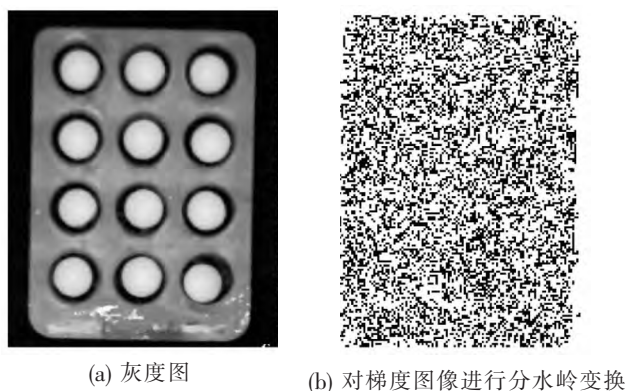


图2 基于梯度的分水岭变换

2 分水岭方法的改进

2.1 概述

如上所述,由于图像中存在大量的极小值,直接应用分水岭变换往往会造成过分割现象。过分割的原因是过多极小值的存在,如果在图像中对前景对象和背景对象进行标记区别,再用分水岭算法会使这一问题得到解决^[8]。因此本文提出一种基于控制标记符的改进分水岭分割算法,并采用形态学重建技术获得控制标记符。

基于控制标记符的改进分水岭分割可以分为以下几个步骤:(1)计算原图像的梯度幅值。(2)计算前景标记。利用形态学重建对原图像进行平滑处理,再从中提取与物体相关的局部极大值,作为提取前景标记,由于背景是黑色的,药片的颜色比背景浅很多,提取极大值构成的二值图像可以准确地把目标标记出来,从而抑制了图像中原有的大量局部极小值。(3)计算背景标记。对前景标记图像进行欧几里得距离变换,然后进行分水岭变换来实现,得到分水岭脊线作为背景标记。(4)计算分水岭变换的分割函数,修改梯度幅值,使其只在前景和背景标记有局部最小。(5)进行基于梯度的分水岭变换,获得结果。实验证明这种分割方法可以获得较理想的分割结果。

2.2 求取梯度图

分水岭变换使用梯度图像作为输入图像, $g(x, y) = \text{grad}(f(x, y))$, $f(x, y)$ 为原始图像, $g(x, y)$ 为原始图像的梯度图像。计算公式如下

$$g(x, y) = \text{grad}(f(x, y)) = \sqrt{[f(x, y) - f(x-1, y)]^2 + [f(x, y) - f(x, y-1)]^2} \quad (1)$$

梯度的幅值图像在边缘处的像素点具有较高的灰度值, 在其他地方的像素灰度值则较低, 计算图像的梯度可以突出目标和背景区域边缘处的变化幅度, 且可以在一定程度上抑制噪声产生的极小值。基于梯度的分水岭分割的理想情况是在目标边缘处产生分水岭脊线, 其他位置为 0。

2.3 标记提取

基于标记符的分水岭分割算法, 其关键在于寻找一组和图像中各区域都相关的连通分量。包括一个前景标记符和一个背景标记符。其中, 前景标记符位于每一个感兴趣目标区域的内部, 背景标记符包含在背景中。标记的选择方法有很多, 包括线性滤波、非线性滤波以及形态学处理等方法, 一般情况下选择的方法高度依赖于与应用相关的图像特性。文章采用形态学重建技术获得控制标记符。

2.3.1 形态学重建

形态学重建是形态学处理的另一重要内容。本文采用形态学重建的目的是消除图像中噪声引起的局部极值, 保留轮廓极值的重要信息, 并且提取出图像中的极大值区域。

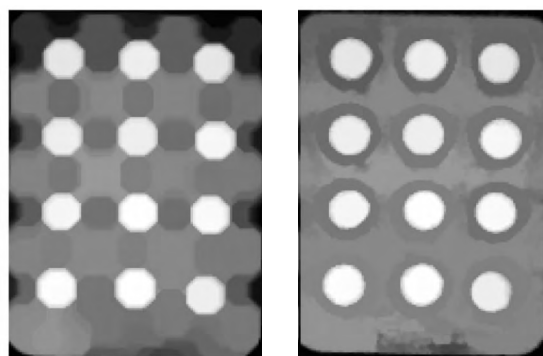
形态学重建技术涉及到两幅图像和一个结构算子, 它通过掩膜图对整个图像进行选择性的重建, 直到像素不再变化。其中一副图像是标记 f , 是变换的起点。另一种是掩膜 $g(g \supseteq f)$, 用来约束变换。结构元素为 B , 则从 f 重构 g 可以记为 $R_g(f)$, 迭代过程定义如下

$$h_{k+1} = (h_k \oplus B) \cap g \quad (2)$$

直到 $h_{k+1} = h_k$ 时迭代过程结束。

2.3.2 前景标记

在形态学重建运算中, 一幅图像先被腐蚀, 再以被腐蚀图像作为标记图像进行重构, 称为基于开的重建。对一幅图像先求补, 再计算其开运算重建, 再对结果求补, 称为基于闭的重建运算。考虑到开和闭的重建运算分别对梯度图像中明暗细节和噪声的平滑特性, 将开闭重建运算相结合, 简单地说, 就是在开重建的基础上, 对图像再进行膨胀重建运算, 构成形态学混合开闭运算以消除图像中的明暗细节和噪声。实验结果如图 3 所示。



(a) 图像的开闭运算 (b) 基于开闭的重建运算

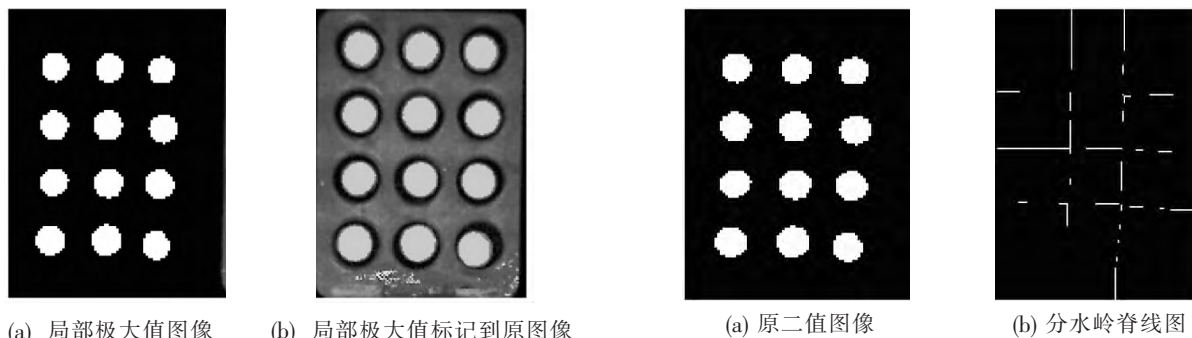
图 3 图像的形态学运算

通过图 3 的比较可以看出, 对图像进行传统的开闭操作可以移除较暗的斑点, 但是会改变图像原本的形状。基于开闭的重建运算结合了开闭重建运算的特点, 除了能够很好地减弱图像中的各类噪声的同时还能够很好的保持图像原有的形状不受影响, 不会对边缘产生很大的影响, 处理后的图像边缘也不会有偏移的情况。所以基于重建的开闭操作比传统的开闭运算和基于开的重建运算更加有效。下面计算图开闭重建处理后的图像的局部极大值来更好的标记前景, 结果如图 4(a) 所示。为了更好的理解, 将前景标记叠加到原图上, 可以看到图 4(b), 所有的药品都被标记上, 这就意味着在分割中这些对象可以得到合理的分割。有一些对象的前景标记一直到对象的边缘, 这时应该清理标记的边缘, 收缩它们, 可以通过闭操作和腐蚀操作来完成。

2.3.3 背景标记

该文中背景在黑色区域。理想的情况下, 不必要求背景标记太接近要分割的对象的边缘。通过计算“骨架影响范围”来“细化”背景, 这可以通过计算距离变换来实现^[9], 然后寻找结果的分水岭脊线。

在分割中,距离变换是与分水岭变换配合经常使用的工具。二值图像的距离变换概念是指每一个像素到最近非零像素的距离。其中值为1的像素的距离变换定义为0。本文对前景标记的二值图像进行距离变换,然后进行分水岭变换,结果得到的脊线就为背景标记,如图5所示。



(a) 局部极大值图像 (b) 局部极大值标记到原图像

(a) 原二值图像 (b) 分水岭脊线图

图4 图像的局部极大值提取

图5 二值图像的距离变换

2.3.4 基于标记的分水岭分割

在获得梯度图像的前背景标记后,就可以对原有的梯度图像进行修改了,将提取的标记强制性的作为梯度图像的极小值,使其只在前景和背景标记位置具有局部极小值,然后再对修改后的梯度图像进行分水岭变换,就得到了基于标记符的分水岭变换,这样就得到最终的分割结果。见图6~图8。

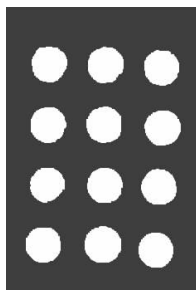


图6 分水岭分割结果

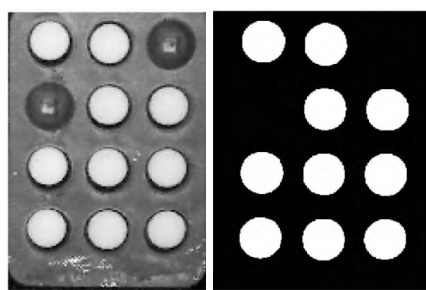


图7 对缺粒药品的分水岭分割

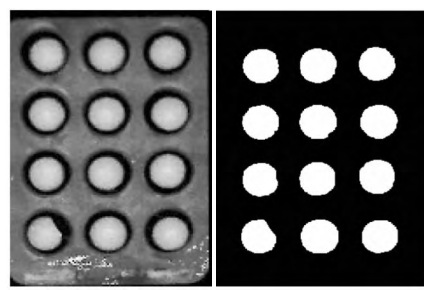


图8 破损药品的分水岭分割

3 实验结果与分析

本文提出一种新的基于控制标记符的分水岭分割算法。该算法通过形态学重建运算对原图像的局部极大值进行标记,然后将提取的标记强制性的作为梯度图像的极小值,使其只在前景和背景标记位置具有局部极小值,最后再对修改后的梯度图像进行分水岭变换得到分割结果。从仿真结果可以看出,该算法很大程度上改善了分水岭过分割的现象,分割结果达到了预期的效果。同时,整个过程不需要进行分割后区域合并,很好地降低了算法的复杂度。经实际应用试验显示,该方法有效的降低了缺陷药品包装的检出率,提高了检测系统的工作效率。

参 考 文 献

- [1]王耀南,陈铁健,贺振东,等. 智能制造装备视觉检测控制方法综述[J]. 控制理论与应用,2015,32(3):273-286.
- [2]谢丹毅. 药品泡罩包装缺陷机器视觉检测技术的研究[D]. 湖南:中南大学信息科学与工程学院,2007.
- [3]赵鹏. 基于机器视觉的药品包装检测技术研究[D]. 湖南:湖南大学电气与信息工程学院,2009.
- [4]谢文娟. 基于改进分水岭算法的细胞图像分割[D]. 武汉:中南民族大学数学与统计学学院,2010.
- [5]高丽,杨树元,李海强. 一种基于标记的分水岭图像分割算法[J]. 中国图像图形学报,2007,12(6):1025-1032.
- [6]戴丹. 基于改进分水岭算法的粘连颗粒图像分割[J]. 计算机技术与发展,2013(3):19-22.
- [7]贺振华,黄英,刘林. 一种改进的分水岭算法在医学图像分割中的应用研究[J]. 工业控制计算机,2013,26(5):99-100.

- [8]HAIRS K, HYBRID. Image segmentation using watersheds and fast region merging[J]. IEEE trans. Image Progressing, 1988, 7(11):1684-1699.
- [9]张汉欣. 轮胎轨迹图像处理及识别算法研究[D]. 吉林: 吉林大学交通学院, 2011.

Research of Bubble-cap Pharmaceutical Packing Inspection System Based on Machine Vision

Kan Wenjun^{1,2}, Wang Shuohe³, Cai Chengcai³

(1. School of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. Tianjin Metro Operations Corporation Limited, Tianjin 030222, China;

3. School of Electrical and Electronic Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: Aimed at resolving the problem of over-segmentation existing in watershed algorithm and characteristics of blister packaging medicine image, an efficient watershed algorithm is proposed. The method combined morphological reconstruction with control symbol, firstly performs opening and closing reconstruction operations on original image, extracts local maxima of reconstructed image as a marker on basis of the neighborhood pixel connectivity to suppress the other local minima value, then modifies the gradient image according to the marking, and finally, uses watershed segmentation to the modified gradient image. Experimental results show this method has a good segmentation effect, and over-segmentation can be significantly reduced.

Key words: image segmentation; watershed algorithm; morphological reconstruction; blister drugs image

(上接第 94 页)

Application of Wavelet and Correlation Function Algorithm in Mining Source Localization

Xue Qiang, Cai Chengcai, Wang Shuohe

(School of Electrical and Electronic Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: According to the analysis of seismic phase extraction, the phase signal extraction is difficult, with big noise and low precision. This paper presents a new algorithm based on Wavelet time-frequency analysis and statistics. According to the different characteristics of wavelet domain of seismic signal and noise, and the correlation between different signal acquisition channels, using the wavelet threshold filtering algorithm and correlation algorithm to calculate the seismic signal, more accurate the time difference between the wave is obtained for each acquisition channel. The results show that this method provides an inhibition to gauss noise and other non coherent noise, and improves the accuracy of calculation effectively.

Key words: digital signal processing; wavelet filtering; correlation function; seismic phase extraction; LabVIEW