

## 磁痕图像缺陷的高精度检测模型仿真分析

文政颖, 王佳欣

(河南工程学院 计算机学院, 河南 郑州 451191)

**摘 要:** 针对磁痕图像采用直方图均衡化方法进行图像增强处理, 为图像缺陷的高精度检测提供支持, 依据最小误差方法获取最佳分割阈值, 完成对图像的最佳分割, 通过对各个分割后的连通区域进行伤痕判定, 实现对整个磁痕图像的缺陷识别, 完成磁痕图像缺陷的高精度检测. 实验结果表明, 利用改进算法进行磁痕图像缺陷的高精度检测, 能够简化检测流程, 极大提高了检测的效率与准确度.

**关键词:** 磁痕图像; 缺陷检测; 灰度阈值

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)12-0118-05

## High Precision Magnetic Mark Image Defects Detection Model Simulation Analysis

WEN Zheng-ying, WANG Jia-xin

(School of Computer, Henan Institute of Engineering, Zhengzhou 451191, China)

**Abstract:** Gray-level threshold segmentation based on pixels distribution of high precision magnetic mark image defects detection method. In view of the magnetic mark image using histogram equalization method to image enhancement processing, to provide support for high precision image defects detection, based on the minimum error method to obtain the best segmentation threshold, complete the best segmentation of image, through to the various segmentation connected area of the scar after judging, realize to the magnetic mark the defects of image recognition, finish high precision magnetic mark image defects detection. The experimental results show that the improved algorithm for high precision of the magnetic mark image defect detection, can simplify the testing process, greatly improve the efficiency and accuracy of detection.

**Key words:** magnetic mark image; defect detection; gray level threshold

### 1 引言

随着数字图像处理技术的发展, 磁痕图像缺陷检测在生产中的应用也越来越广泛, 对于磁痕图像缺陷的有效检测能够满足人们的生产需求, 因此有着十分重要的意义<sup>[1-4]</sup>. 现阶段, 主要的磁痕图像缺陷的检测方法包括基于神经网络算法的检测方法、基于粗糙集算法的检测方法和基于小波变换算法的检测方法. 其中, 最常用的是基于神经网络算法的磁痕图像缺陷的检测方法. 由于磁痕图像缺陷的高精度检测能够满足对图像的精准性需求, 满足实际需

要, 因此成为该领域相关专家学者研究的重点课题之一.

利用传统算法对磁痕图像缺陷进行检测, 只能针对缺陷明显的图像进行缺陷检测, 若磁痕图像缺陷较为微小, 检测过程干扰较大, 传统的基于图像的检测算法进行磁痕图像缺陷检测, 只考虑了磁痕图像中缺陷区域与其他正常区域的像素差异, 没有考虑像素分布的异常特征提供的检测依据, 检测过程较为单一, 无法对磁痕图像缺陷进行较为精准的检测<sup>[5-6]</sup>.

为了避免上述算法的缺陷, 提出基于像素分布

收稿日期: 2014-03-13; 修回日期: 2014-05-07

基金项目: 河南省教育厅科学技术研究重点项目(14A520066)

灰度阈值分割的磁痕图像缺陷高精度检测方法. 针对磁痕图像采用直方图均衡化方法进行图像增强处理, 为图像缺陷的高精度检测提供支持, 依据最小误差方法获取最佳分割阈值, 完成对图像的最佳分割, 通过对各个分割后的连通区域进行伤痕判定, 实现对整个磁痕图像的缺陷识别, 完成磁痕图像缺陷的高精度检测<sup>[7-10]</sup>. 实验结果表明, 利用改进算法进行磁痕图像缺陷的高精度检测, 极大地提高了检测的效率与准确性, 满足了人们的实际需求.

## 2 磁痕图像缺陷检测原理

对磁痕图像缺陷进行检测, 能够获取磁痕图像中的微小缺陷, 为生产提供技术支持, 其原理如下所述.

设定磁痕图像的灰度绝对阈值用  $A$  描述, 其相对阈值用  $R$  描述,  $f(x, y)$  表示所建模版图像的函数,  $g(x, y)$  表示待检磁痕图像函数,  $F_{\text{ins}}$  表示磁痕图像检测结果, 若用 1 表示合格、0 表示临界、2 表示不合格, 则:

$$F_{\text{ins}} = \begin{cases} 0, & |g(x, y) - f(x, y)| \geq A + f(x, y) \times R \\ 1, & |g(x, y) - f(x, y)| < A + f(x, y) \times R \end{cases} \quad (1)$$

由上式可知,  $R$  使得不同区域的磁痕图像灰度值  $f(x, y)$  不同, 待测目标图像上任意像素点都具有随着  $f(x, y)$  的变化而变化的灰度阈值.

上述灰度阈值主要依据视觉特性而设定, 此设定方法满足了评价图像质量与高精度图像检测的实际需求.

依据人的视觉特性, 当亮度刺激相同, 背景亮度不同时, 则人的视觉感受到的明暗也不一样. 由此可知, 同是相差 30 个灰度级而产生的缺陷, 在灰度值差异较大的区域, 产生的视觉灰度缺陷明显不同. 依据视觉感官理论, 当缺陷处于灰度值较低的区域时, 人眼的感知具有更高的敏感度. 因此, 在设定图像检测的相对阈值时, 应充分考虑灰度区域的视觉差异因素.

在磁痕图像的缺陷检测中, 可将图像分为合格、临界、不合格三种状态. 设置检测磁痕图像的临界阈值为  $T_1$ , 且  $T_1$  具有的相对阈值和绝对阈值分别为  $R_1$  和  $A_1$ ; 不合格阈值为  $T_2$  ( $T_1 < T_2$ ), 且  $T_2$  具有的相对阈值和绝对阈值分别为  $R_2$  和  $A_2$ . 分别对其调整可得

$$T_1 = A_1 + f(x, y) \times R_1 \quad (2)$$

$$T_2 = A_2 + f(x, y) \times R_2 \quad (3)$$

由上所述, 依据  $T_1$  和  $T_2$  的值即可对图像待测像素点进行划分. 则磁痕图像的缺陷检测结果可用下式描述:

$$F_{\text{ins}} = \begin{cases} 0, & |g(x, y) - f(x, y)| \leq T_1 \\ 1, & T_1 < |g(x, y) - f(x, y)| \leq T_2 \\ 2, & |g(x, y) - f(x, y)| > T_2 \end{cases} \quad (4)$$

依据上面阐述的原理, 可以获得磁痕图像缺陷的检测结果, 实现对磁痕图像缺陷的高精度检测. 传统的基于图像的检测算法进行磁痕图像缺陷检测, 只考虑了磁痕图像中缺陷区域与其他正常区域的像素差异, 没有考虑像素分布的异常特征提供的检测依据, 检测过程较为单一, 无法对磁痕图像缺陷进行较为精准的检测.

## 3 磁痕图像缺陷高精度检测模型优化

针对磁痕图像缺陷检测时干扰过大造成的检测精确度较差的缺陷, 提出基于像素分布灰度阈值分割的磁痕图像缺陷高精度检测方法.

### 3.1 图像增强处理

采用直方图均衡化方法实现磁痕图像的增强处理. 将磁痕图像进行非线性拉伸, 对磁痕图像的像素值进行重新分配, 使像素数量在一定区域内均匀分布.

假设磁痕图像的直方图是均衡的, 则概率密度函数可以用下式描述:

$$P_s(s) = \frac{1}{L} \quad (5)$$

式中,  $L$  表示磁痕图像灰度级的取值范围.

式(5)可以改写成

$$ds = P_s(r)dr \quad (6)$$

式中, 等号两边分别取积分, 则

$$s = \int_0^r P_r(r)dr \quad (7)$$

若取变换函数是

$$T(r) = \int_0^r P_r(r)dr \quad (8)$$

则概率密度函数为  $P_r(r)$  的磁痕图像, 即可转变成均匀概率密度的分布函数  $P_s(s)$  图像. 上式函数即为原始磁痕图像的累计概率的密度函数.

给定磁痕图像的像元数量为  $n$ , 灰度级数量为  $L$ ,  $n_k$  用来描述灰度级为  $r_k$  的数量, 则第  $k$  灰度级出现的概率能够用下式描述:

$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad (9)$$

式中,  $0 \leq r_k \leq 1, 0 \leq k \leq L-1$ , 对  $T(r)$  进行相关转换, 则

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k p(r) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \quad (10)$$

式中,  $0 \leq r_k \leq 1, 0 \leq k \leq L-1$ , 反变换式可以用下式描述:

$$r_k = T^{-1}(s_k) \quad (11)$$

由上可得, 直方图均衡化的具体步骤可以描述如下:

(1) 给定原始磁痕图像全部灰度级  $s_k, k = 0, 1, \dots, L-1$ ;

(2) 对原始磁痕图像的各个灰度级像素数  $n_k$  进行统计;

(3) 用下式对原始磁痕图像的累计直方图进行计算:

$$t_k = EH(s_k) = \sum_{i=0}^k \frac{n_i}{n} = \sum_{i=0}^k p_s(s_i), \quad (12)$$

$$0 \leq s_k \leq 1, 0 \leq k \leq L-1$$

由上述方法可以对待检磁痕图像进行增强处理, 为磁痕图像缺陷的高精度检测提供支持.

### 3.2 阈值分割

假设待测磁痕图像分为目标灰度集合与背景灰度集合两个不同的集合, 且他们可以用一个灰度级阈值  $T$  来分割.

已知待测磁痕图像  $f(x, y)$ , 且其灰度集中区间为  $[0, L]$ , 在此区间内任意选择合适的灰度阈值用  $T$  表示, 则磁痕图像的分割可以用下式描述:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & f(x, y) \geq T \\ 0, & f(x, y) < T \end{cases} \quad (13)$$

依据上式可以获取一幅二值的磁痕图像.

为取得最佳分割效果需获取最佳的分割阈值, 获取方法如下:

假定  $p_1(z)$ 、 $p_2(z)$  分别表示背景概率密度和兴趣目标的概率密度, 若背景像素数占磁痕图像总像素数的比重为  $\theta$ , 目标像素数所占比重为  $(1-\theta)$ , 则混合概率的密度能够用下式获取:

$$p(z) = \theta p_1(z) + (1-\theta) p_2(z) \quad (14)$$

假定  $t$  为选取的阈值, 则目标像素被错分的概率如下式:

$$E_2(t) = \int_t^{\infty} p_2(z) dz \quad (15)$$

背景像素被错分的概率如下式:

$$E_1(t) = \int_{-\infty}^t p_1(z) dz \quad (16)$$

总的错分概率可以用下式描述:

$$E(t) = \theta E_1(t) + (1-\theta) E_2(t) \quad (17)$$

令  $\frac{\partial E(t)}{\partial t} = 0$ , 则上式值最小, 即误差最小. 已知

背景均值及方差分别用  $\mu_1$ 、 $\sigma_1^2$  表示, 前景均值及方差分别用  $\mu_2$ 、 $\sigma_2^2$  表示, 代入相关公式可得

$$t = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} + \frac{\sigma^2}{\mu_1 - \mu_2} \ln \frac{1-\theta}{\theta} \quad (18)$$

依据上述方法即可获取最佳分割阈值, 实现磁痕图像的最佳分割.

### 3.3 磁痕图像的缺陷识别

通过对磁痕图像的总结分析可获得真伪缺陷的特征差异, 设定标准值, 面积为  $S$ , 圆度为  $Y$ , 由于缺陷特征的不确定性, 因此标准值需具有一定的容差区间, 且面积采用可疑待测区域像素数量表示, 圆度的表达式如下:

$$Y = 4\pi \frac{S}{L^2} \quad (19)$$

式中,  $L$  用来描述连通区域周长. 当可疑待测连通区域的数目大于 1 时, 若磁痕图像的第一个连通区域被识别为伤痕, 则其余的连通区域直接判定为不合格; 若磁痕图像的第一个连通区域未被识别为伤痕, 则在原磁痕图像上减去此连通区域, 进入下一个区域的识别.

依据上述方法即可完成对整个磁痕图像缺陷的识别, 实现磁痕图像缺陷的高精度检测.

## 4 实验结果及分析

为了验证改进算法的优越性, 需要进行一次实验. 在实验过程中采用由 OpenCV 计算机视觉库所提供的图像处理模块, 将其植入 VC 运行环境, 以此简化基础模块编写, 大大提高实验程序运行效率. 实验中, 磁痕图像像素灰度值区间为  $0 \sim 255$ , 图 1 所示为采集的原始图像, 图 2 所示为待检测的磁痕图像缺陷.

为了测试改进算法的有效性, 分别利用改进算法和三种常用传统算法(神经网络算法、粗糙集算法和小波变换算法)进行磁痕图像缺陷的高精度检测仿真. 采用实验中获得的阈值进行差值图像分割处理, 当差值图像像素灰度值比该阈值小时, 则被识别为无变化, 在实验中显示为黑色; 当像素灰度值比该阈值大时, 被识别为变化的即是有缺陷存在. 在实验中显示为白色. 实验输出结果见图 3~图 6 所示.

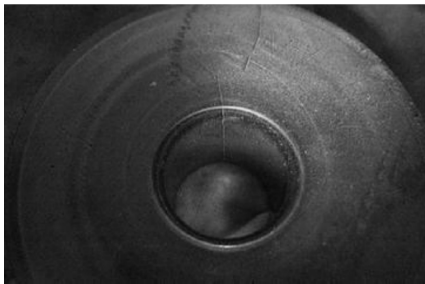


图 1 原始图像

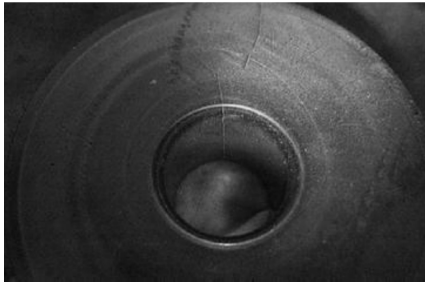


图 2 待检测的磁痕图像缺陷



图 3 神经网络算法检测结果



图 4 粗糙集算法检测结果

由上述实验结果可知,采用传统算法进行磁痕图像缺陷检测,虽然能在一定程度上检测出磁痕图像的缺陷区,但是检测的精确度与实际的缺陷存在的差异较大,采用改进算法检测的缺陷则与实际缺陷存在的差异较小,输出的缺陷区域比其他三种方法更完整,精确度更高.

在实验过程中对不同算法的检测运行时间进行统计,得到的结果如图 7 所示.



图 5 小波变换算法检测结果



图 6 改进算法检测结果

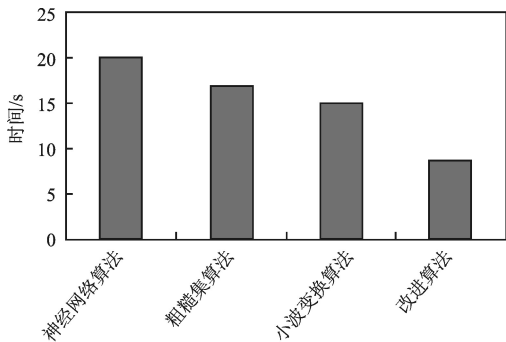


图 7 不同算法运行时间

对上述实验进行整理得到的运行时间比较结果如表 1 所示.

表 1 不同算法运行时间对比结果

| 算法     | 神经网络  | 粗糙集   | 小波变换  | 改进算法 |
|--------|-------|-------|-------|------|
| 运行时间/s | 20.25 | 17.28 | 15.36 | 8.92 |

由表 1 可知,采用改进算法进行磁痕图像缺陷的检测,运行时间少于其他传统算法的运行时间,检测效率更高,具有显著的优越性.

## 5 结束语

针对磁痕图像缺陷检测时干扰过大造成的检测精确度差的缺陷,提出基于像素分布灰度阈值分割的磁痕图像缺陷高精度检测方法.针对磁痕图像采用直方图均衡化进行图像增强处理,为图像缺陷的高精度检测提供支持,依据最小误差方法获取最佳分割阈值,完成对图像的最佳分割,通过对各个分割

后的连通区域进行伤痕判定,实现对整个磁痕图像的缺陷识别,完成磁痕图像缺陷的高精度检测.实验结果表明,利用改进算法进行磁痕图像缺陷的高精度检测,极大的提高了检测的效率与准确性,满足了人们的实际需求.

#### 参考文献:

- [1] 王勇,郭慧.基于形态学的焊缝 X 射线图像缺陷检测[J]. 东华大学学报:自然科学版, 2013, 39(4): 460-463.
- [2] 张岩,李涛,李庆领.轮胎激光错位散斑干涉图像缺陷检测及定位方法[J]. 橡胶工业, 2013, 60(4): 247-250.
- [3] 龚聪,徐杜.光源强度变化对图像检测精度的影响及其解决方法[J]. 科学技术与工程, 2014(13): 236-239.
- [4] 罗桓,田翔.基于改进 Canny 算子的电力设备图像检测研究[J]. 电测与仪表, 2014, 51(10): 77-81.
- [5] 赵大伟,陈刚.机载不定视觉下的图像小目标定位算法仿真[J]. 计算机仿真, 2013, 10(30): 108-111.
- [6] 李丹,张鑫.改进小波阈值去噪在 PCB 图像检测中的应用研究[J]. 现代电子技术, 2014, 37(2): 34-37.

- [7] 胡鹏博,刘晓利,白宏阳.基于改进梯度向量流动态轮廓模型的图像检测[J]. 探测与控制学报, 2013, 35(5): 26-30.
- [8] Liping Liu, Ye Tian, Xiudong Sun, et al. Influence of laser mode on splitting beam illumination effect of Dammann grating[J]. Chinese Optics Letters, 2009, 7(6): 458-461.
- [9] 徐亮,魏锐.基于 Canny 算子的图像边缘检测优化算法[J]. 科技通报, 2013, 29(7): 127-131.
- [10] Katia Stankov, Dong-Chen He. Using the spectral similarity ratio and morphological operators for the detection of building locations in very high spatial resolution images[J]. Journal of Communication and Computer, 2013, 10(3): 309-324.

#### 作者简介:

文政颖 女, (1979-), 硕士, 讲师. 研究方向为计算机应用与图像处理.

王佳欣 男, (1983-), 硕士, 讲师. 研究方向为计算机应用.

(上接第 117 页)

(13)来完成绑定的过程.因此,该算法在面对变化的入侵行为时有更好的识别能力.实验结果显示,改进的算法在检测性能和误报率上有很大的改善.

#### 4 结束语

本文提出了一种新的基于危险理论的异常检测算法,由于使用基于安全信号、危险信号和 PAMP 信号的适当的信号处理方法,该改进的算法与传统的危险理论算法相比,具有更低的误报率和更高的检测率.但是,为简化模型,本算法对炎症信号尚未考虑进来.如何在算法中考虑所有的警告信号以及如何有效提高本检测算法的适应能力和检测效率是下一步的工作.

#### 参考文献:

- [1] S Forrest, A S Perelson, L Allen, et. al, Self-non-self discrimination in a computer[C]// Proceedings of 1994 IEEE Computer Society Symposium on Research in Security and Privacy, Oakland, CA, USA: IEEE, 1994, 202-212.
- [2] J P Twycross. Integrated innate and adaptive artificial immune systems applied to process anomaly detection

[D]. Nottingham: University of Nottingham, 2007.

- [3] J Greensmith, U Aickelin, J P Twycross, Detecting danger: applying a novel immunological concept to intrusion detection systems[C]// Poster Proceedings of ACDM, Bristol, UK: IEEE, 2004, 1135-1142.
- [4] J P Twycross, U Aickelin. An immune-inspired approach to anomaly detection[J]. Handbook of research on information assurance and security, information science reference 2007, 6(4): 109-21.
- [5] J Greensmith, The dendritic cell algorithm[D]. Nottingham: University of Nottingham, 2007.
- [6] Afzali N, Azmi R, Pishgoo B. A new clonal selection algorithm based on radius regularization of anomaly detectors[J]. Accepted in the 16th CSI international symposium on Artificial intelligence and signal processing, 2012(3): 497-502.

#### 作者简介:

代昆玉 女, (1979-), 硕士, 讲师. 研究方向为数据挖掘, 计算机网络安全. E-mail: 10618709@qq.com.

胡滨 男, (1977-), 博士研究生, 副教授. 研究方向为人工智能, 计算机网络安全.

李玉凯 男, (1975-), 硕士, 讲师. 研究方向为计算机网络安全.