

基于数学形态学的磁环线圈数图像识别方法研究

李荣佳,何通能*,顾约翰

(浙江工业大学 信息工程学院,浙江 杭州 310023)

摘要:针对绕线机产品检测中存在的问题,在 Matlab 平台上对绕线产品进行了图像处理,以辨别产品是否合格。利用基于 Matlab 编写的程序对磁环图像进行了分析,并提取出了磁环的线圈数。将拍摄的磁环图像读入程序以后,采用了格式转换、灰度转换等方法对图像进行了预处理,接着采用阈值分割图像、数学形态学处理、识别计数等方法,实现了数据自动化检测统计,为自动化产品检测提供了参考。研究表明:在 Matlab 平台上,绕线产品图像的线圈识别率达到了 99%。

关键词:绕线机; Matlab; 线圈数; 数学形态学; 识别方法

中图分类号: TM303; TH39; TP317

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)07-0893-04

Identification method for number of magnet ring's coil based on mathematical morphology

LI Rong-jia, HE Tong-neng, GU Yue-han

(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: Aiming at the existing problems when testing the products of winding machines, the image processing of winding products was achieved to identify whether the product is qualified. The image of magnet ring was analyzed by the program based on Matlab. Then, its number of coils was extracted. After reading the procedure, a pretreatment for those shoot images was realized, using the methods of format conversion, and grayscale conversion. By using image threshold segmentation, mathematical morphology processing and identification methods of counting, a data statistics for the automation testing was realized. A reference for automation product testing was provided. The exact number of coils as the products of winding machines needs to be tested and qualified. Through digital image processing simulation of Matlab, the theoretical stage work should be accomplished. The results indicate that the coils of winding products recognition rate reaches 99% on the Matlab.

Key words: winding machine; Matlab; number of coils; mathematical morphology; identification method

0 引 言

随着工业自动化的程度的提高,人们对制造业的加工精度要求越来越高,越来越多的项目需要检测,特别是在细小型材料行业。大部分电器产品都需要用到绕线的磁环,大量的绕线磁环生产出来后需要检测,人工检测时由于磁环小,导致工人检测时的难度加大,速

度慢,误判率也会加大。为了提高劳动生产效率,磁环线圈数的检测环节急需自动化检测。

通过全自动绕线机得到的绕线产品会出现磁环圈数少绕的现象,而线圈数是决定其主要性能的指标,也是最终决定其是否合格的主要指标。本研究基于计算机图像处理技术,并结合数学形态学理论及应用 Matlab 图像处理工具,对磁环线圈图像进行预处理方法研究及其实验验证。

1 数学形态学

数学形态学主要研究图像的形态几何特征、结构特征的定量分析和描述,是线性处理的延伸。数学形态学是由形态学的代数运算组成的,它有 4 个基本运算:膨胀、腐蚀、开启和闭合,它们在灰度图像和二值图像中各有特点。基于这些运算还可以推导和组成各种数学算法,利用它们可以进行图像结构和形状的分析及处理,包括图像滤波、图像分割、边界检测、图像增强和特征提取等^[1]。

腐蚀和膨胀是最基本的数学形态学运算,主要作用是去除结构中多余部分,保证图像内部结构不变^[2]。腐蚀和膨胀的组合运用称为开启运算和闭合运算,研究者可以将相连的图像对象进行分割。经过杂波的去,图像分割,留下需要分析的特定图像对象,这些图像对象内部是连通的,外部是分开的,这样对连通数的统计将更精准。

2 磁环线圈数图像识别方案设计

本研究所设计的磁环线圈数识别流程如图 1 所示。该流程包括:磁环线圈图像的格式转换、灰度转换、中值滤波、代数运算、阈值分割、形态学处理和识别计数等^[3]。

下面结合实例,介绍每一步处理的目的和效果。

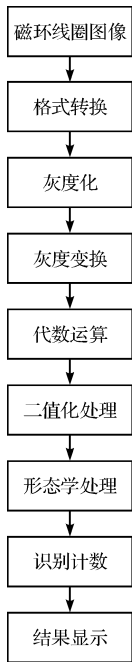


图 1 磁环线圈数识别流程图

3 磁环线圈数目图像识别

本研究选取了具有代表性的磁环线圈图像进行处

理,绕线磁环原图如图 2 所示。所要识别的就是棕色和红色的线圈数目。

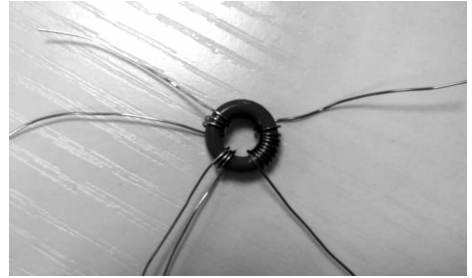


图 2 绕线磁环原图

3.1 图像灰度化

把彩色图像转成灰度图像称为图像灰度化处理^[4]。由于笔者需要提取的是线圈的特征,不关心其他的颜色,先把彩色 RGB 图像转换成灰度图像,以降低特征提取的难度。本研究采用对 RGB 图像三分量进行加权平均来计算灰度值,其计算公式为:

$$Gray = 0.3R + 0.59G + 0.11B \quad (1)$$

式中:Gray—灰度值;R,G,B—图像的红、绿、蓝分量值。

变换后的图像如图 3 所示。

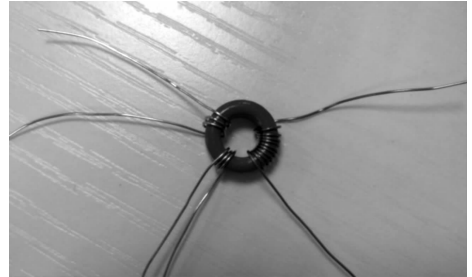


图 3 灰度化图像

3.2 图像灰度变换

本研究使用直方图灰度变换,因为只需要对磁环的线圈部分进行均衡化,可以用 `adapthistq()` 函数^[5],实现对图像进行对比度自适应直方图均衡化。灰度级变换不用依赖像素在图像中的具体位置。通过一个 T 变换,把原来在范围 $[p_0, p_k]$ 内的亮度 p 变换为一个新的范围 $[q_0, q_k]$ 内的亮度 q ,由下式给出:

$$q = T(p) \quad (2)$$

直方图均衡化减小了极小值附近的亮度对比度,增强了靠近直方图极大值附近对比度^[6]。 $H(p)$ 表示输入直方图, $[p_0, p_k]$ 表示输入的灰度级范围。本研究要得到一个单调的像素亮度变换 $q = T(p)$,使输出的直方图 $G(q)$ 在整个输出亮度范围 $[q_0, q_k]$ 内是均匀的。直方图可以看成是离散的概率密度函数,则有:

$$\sum_{i=0}^k G(q_i) = \sum_{i=0}^k H(p_i) \quad (3)$$

上式的求和为离散分布函数。假设图像有 N 行和 N 列,那么均衡化处理的直方图 $G(q)$ 就对应着均衡的概率密度函数 f :

$$f = \frac{N^2}{q_k - q_0} \quad (4)$$

用式(4)的值替换式(3)的左边,就可以得到准确的均衡化直方图。这时式(3)变为:

$$N^2 \int_{q_0}^q \frac{1}{q_k - q_0} ds = \frac{N^2(q - q_0)}{q_k - q_0} = \int_{p_0}^p H(s) ds \quad (5)$$

最后得到如下像素亮度变换:

$$q = T(p) = \frac{q_k - q_0}{N^2} \int_{p_0}^p H(s) ds + q_0 \quad (6)$$

经过直方图均衡化处理,可以得到的效果如图4所示。均衡化的直方图如图5所示。

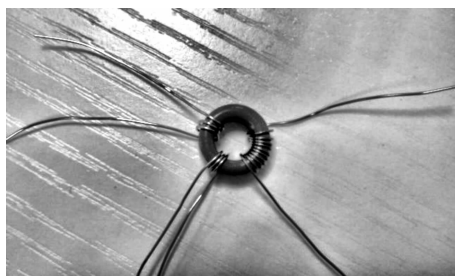


图4 自适应直方图均衡化后效果图

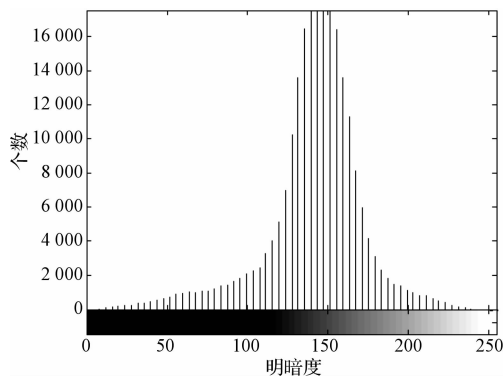


图5 自适应直方图均衡化后直方图

3.3 图像的代数运算

本研究把图像的背景提取出来后,通过图像减法运算,将背景图从原图中减去后,可以得到磁环线圈的中心区域,即感兴趣区域。减法运算后的效果图如图6所示。



图6 减法运算后的效果图

3.4 图像的二值化

图像分割就是把图像分成几个区域并提取出感兴趣的目标的过程。本研究的感兴趣目标就是线圈,通过灰度阈值法处理将图像转换成黑白二值图像,处理结果如图7所示。

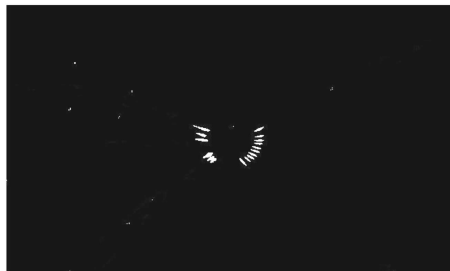


图7 二值图像

3.5 形态学处理

本研究对二值图像所进行的形态学处理主要包括开运算、闭运算、清除孤立前景像素等^[7]。

腐蚀和膨胀是形态学用得比较多的两个基本运算,膨胀是相对于目标的操作,而腐蚀是相对于背景的操作^[8]。膨胀和腐蚀的对偶关系可以表示为:

$$(A \oplus B)^c = (A^c \ominus \hat{B}) \quad (7)$$

$$(A^c \ominus B)^c = (A^c \oplus B) \quad (8)$$

处理后的图像如图8所示。其中一些较小的孤立干扰点已被消除,前景图像边缘变得更加清晰。

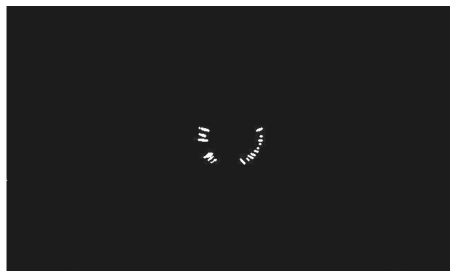


图8 形态学处理后的二值图像

3.6 识别计数

所有的处理操作已经完成,最后的工作就是对最终图片中的连通区域进行计数,利用 Matlab 的 bwlable 函数可以实现计数。因为连通的区域数目就是磁环线圈的数目,最终得到的结果为16,和实际的线圈数16完全吻合。

4 实验验证

该实验选取了50个合格产品和50个不合格产品,进行 Matlab 仿真识别。将100个产品按如图1所示的磁环线数识别流程图逐一进行产品图像读

人、格式转换、灰度转换、代数运算、二值化、形态学处理,最后进行识别验证。结果只有一个合格产品被误判为不合格,其余都判断正确,识别率达到了 99%。

其中,这一个误判的合格产品经人工检验,发现是由于一端的线头弯曲到磁环上方,实物图如图 9 所示。

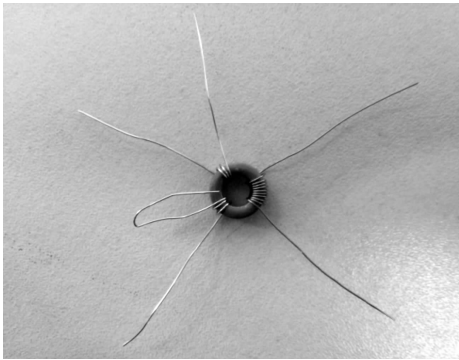


图 9 误判的合格产品

5 结束语

本研究针对磁环线圈数目问题,基于 Matlab 软件,结合图像处理和识别计数实现了磁环线圈数目的识别功能。实验结果表明,该方法识别误差小,如果所采集的图像效果足够好,误差可以大大降低。因为系统主要靠线圈的亮点进行识别,采集环境中的光照^[9]十分重要,也是今后考虑的重点。同时根据误判的那个产品,研究磁环的长线头可能弯曲影响到识别计数

的准确性,由于 3 个区域是固定的,本研究可以采取对 3 个区域截图^[10],然后分别进行识别计数的方法,准确率将会得到更好的改善。

参考文献(References):

- [1] 张德丰. Matlab 数字图像处理[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [2] 秦襄培. Matlab 图像处理与界面编程宝典[M]. 北京:电子工业出版社,2009.
- [3] 汤勃,孔建益,王兴东,等. 基于数学形态学的带钢表面缺陷检测研究[J]. 钢铁研究学报,2010,22(10):56-59.
- [4] LIU C, SZELISKI R, BING K S, et al. Automatic estimation and removal of noise from a single image[J]. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**,2008,30(2):299-314.
- [5] 秦襄培,郑贤中. Matlab 图像处理宝典[M]. 北京:电子工业出版社,2011:248-265.
- [6] 刘良江,王耀南. 灰度直方图和支持向量机在磁环外观检测中的应用[J]. 仪器仪表学报,2006,27(8):840-844.
- [7] BUADES A, COLL B, MOREL J M. Nonlocal image and movie denoising[J]. **International Journal of Computer Vision**,2008,76(2):123-139.
- [8] SONKA M, HLAVAC V, BOYLE R. 图像处理、分析与机器视觉[M]. 3 版. 北京:清华大学出版社,2011.
- [9] 王想,郭延文,杜振农,等. 图像和视频亮度的自动调整[J]. 电子学报,2009,37(S1):79-86.
- [10] 刘刚. Matlab 数字图像处理[M]. 北京:机械工业出版社,2010.

[编辑:李辉]

(上接第 873 页)

- [12] JI Chang-ming, LIU Fang, ZHANG Xin-ming. Particle Swarm Optimization based on Catfish Effect for Flood Optimal Operation of Reservoir[C]//Proceeding of ICNC 11. Chongqing, China,2001:1197-1201.
- [13] LU Lin, LUO Qi, LIU Jun-yong, et al. An Improved Particle Swarm Optimization Algorithm [C]// Proceeding of IEEE GrC 2008. Hangzhou, China,2008:486-490.
- [14] WANG Zhen, SONG Xiao-zhe, GAN De-qiang, et al. Coordinated FACTS Damping Controller Design Based on a Trajectory Optimization Method [C]// Proceeding of DRPT2011. Weihai, China,2011:51-56.
- [15] 芦晶晶,郭剑,田芳,等. 基于 Prony 方法的电力系

统振荡模式分析及 PSS 参数设计[J]. 电网技术,2004,28(15):31-34.

- [16] 黄辉先,陈资滨. 一种改进的粒子群优化算法[J]. 系统仿真学报,2007,19(21):4922-4925.
- [17] 张庭场,耿光飞. 基于改进粒子群算法的中压配电网无功优化[J]. 电网技术,2012,36(2):158-162.
- [18] KLEIN M, ROGERS J G, KUNDUR P. A fundamental study of inter-area oscillations in power systems[J]. **IEEE Transactions on Power Systems**,1991,6(3):914-921.
- [19] 颜文俊,陈素琴,林峰. 控制理论 CAI 教程[M]. 北京:科学出版社,2006.

[编辑:李辉]