

锅仔片表面指纹检测方法

李长俊¹, 张晓阳²

(1. 桂林电子科技大学 信息科技学院, 广西 桂林 541004;

2. 桂林电子科技大学, 广西 桂林 541004)

摘要: 锅仔片是薄膜开关、微型开关等电子元件中的关键部件之一, 具有接触平稳、导通性强、回弹稳定、手感俱佳的几大优点; 在锅仔片的生产过程中, 不可避免地会被人的手指接触到, 并留下指纹和油脂, 导致锅载片加快氧化, 影响其寿命, 对主体产品的质量留下了隐患; 因此, 锅仔片的质量检测是提高主体产品竞争力的重要环节; 目前, 生产企业大多采用的检测法是人工目视检测法, 该方法效率低, 且容易误判; 为了提高生产效率, 提出了基于机器视觉的锅仔片表面指纹检测方法; 该方法通过利用广义霍夫变换对目标进行定位、提取目标的灰度共生矩阵和支持向量机分类识别, 实现了锅仔片质量的自动检测, 并给出了该方法的工作流程; 实验结果证明, 该方法取得了良好的效果, 具有一定的实用价值和推广价值。

关键词: 锅仔片; 广义霍夫变换; 灰度共生矩阵; SVM

Metal Dome Surface Fingerprint Detecting Methods

Li Changjun¹, Zhang Xiaoyang²

(1. Institute of Information Technology, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China;

2. GuiLin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: Metal dome is one of the key components of electronic components, like membrane switch, microswitch, etc. It has several big advantages, for example, smooth contact, strong connectivity, stable spring-back and delicate touch. In the process of metal dome production, it's inevitable to be touched by the finger of people. As a result, fingerprints and grease are left on it, leading to accelerated oxidation to metal dome, short working life, and other potential damage. Therefore, metal dome quality testing is very important to improve the competitive power of the products. At present, most of manufacturing enterprises use the human visual test, which has low efficiency, and is easy to be wrong. In order to improve the production efficiency, a metal dome surface fingerprint testing method based on machine vision proposed. The method by using the generalized Hough transform locates the target position, then extract the gray level co-occurrence matrix and supporting vector machine classification, which realizes the metal dome quality automatic test, and the working flow of this method is given. The experimental results show that this method has obtained a good effect, possessing certain practical value and popularization value.

Keywords: metal dome; generalized Hough transform; gray level co-occurrence matrix; SVM

0 引言

锅仔片主要应用于薄膜开关、微型开关等产品中, 具有接触平稳、导通性强、回弹稳定、手感俱佳的几大优点。在锅仔片的生产过程中, 不可避免的会被人的手指接触到, 并留下指纹和油脂, 导致锅载片加快氧化, 影响其寿命, 对主体产品的质量留下了隐患。衡量锅仔片质量的主要指标是表面洁净度。目前生产企业对锅仔片质量的检测方法大多采用的是人工目视检测法, 由于个人素质的差异, 情绪波动, 注意力是否集中及个人的主观标准判断不一而造成误判。因此, 研究一种高效、准确的检测方法十分必要。近年来, 随着电子技术、计算机技术的高速发展, 机器视觉的软硬件技术也得到飞速发展, 为产品表面质量检测提供了一种最佳方案。基于机器视觉的锅仔片表面指纹检测方法通过采用广义霍夫变换对目标进行定

位, 然后提取目标区域的灰度共生矩阵, 最后采用支持向量机进行分类识别, 实现了锅仔片质量的自动检测。

1 目标定位

由于待检测的锅仔片在面阵 CCD 相机视野范围内以不确定的姿态出现, 而且样品是镶嵌在有复杂背景的油墨纸上, 所以首先要对待检测目标进行定位。采用广义霍夫变换, 可以在图像中存在遮挡、混乱和几乎任意光照变化的情况下都非常稳定的实现目标定位。

1.1 广义霍夫变换^[1]

设点 $O_r = (x_r, y_r)$ 是图像内任意参考点, $X = (x, y)$ 是边界 B 上任意一点, r_i 为点 X 到点 O_r 的向量, ∇f_i 为边界点 X 的梯度向量, f_i 为梯度角度, 如图 1 所示。

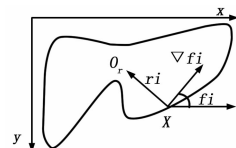


图 1 广义霍夫变换向量图

收稿日期: 2014-01-16; 修回日期: 2014-03-28。

基金项目: 广西教育厅科研项目(201204LX138)。

作者简介: 李长俊(1959-), 男, 吉林省东丰市人, 硕士生导师, 主要从事测控技术与仪器方面的教学和科研工作。

对梯度角度 f_i 使用一个固定间隔大小 $\Delta\phi$ 进行离散化, 记作 $f_{ik} = k\Delta\phi, k = 0, 1, 2, 3, \dots, m$, 基于模板物体的每个边缘点的梯度角度 f_i 以及每个边缘点到参考点 O_r 之间的向量 r_i 创建 R-table 表。

j	ϕ_j	r_i
0	0	$\{r_i \phi_i = 0\}$
1	$\Delta\phi$	$\{r_i \phi_i = \Delta\phi\}$
2	$2\Delta\phi$	$\{r_i \phi_i = 2\Delta\phi\}$
\vdots	\vdots	\vdots

1.2 广义霍夫变换的具体实现

基于广义霍夫变换的模板匹配分为离线创建模板和在线匹配 2 个步骤, 具体实现如下:

1.2.1 离线创建模板

- 步骤 1: 对模板图像进行 Canny 边缘检测;
 - 步骤 2: 计算边缘点的梯度角 ϕ 和对应的偏移量 r_i ;
 - 步骤 3: 创建 R-table 表;
- 离线创建模板程序设计流程图如图 2 所示。

1.2.2 在线匹配

- 步骤 1: 对待匹配图像进行 Canny 边缘检测;
- 步骤 2: 创建累加数组 $A(x, y, \theta, s)$ 并清零, 其中 θ 为模板旋转角度, s 为模板缩放系数;
- 步骤 3: 对待匹配图像中每个边缘点 $X = (x, y)$ 计算:
 - 1) 梯度方向 f_i , 并在 R-table 表中找到对应的偏移向量 r_i 。
 - 2) 参考点可能出现的位置 $O_r = (x_r, y_r), x_r = x + x_i, y_r = y + y_i$ 。
 - 3) 相应的 $A(x, y, \theta, s)$ 加 1。

步骤 4: 对待匹配图像中每个边缘的执行 3), 找出累加数组 A 中的最大值。

$$O_r = \{(x, y) | A(x, y) = \max_{0 \leq i < m} A(x_i, y_i, \theta, s)\}$$

O_r 为目标参考点坐标。

在线匹配程序设计流程图如图 3 所示。

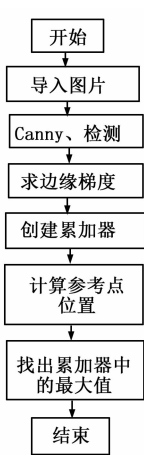
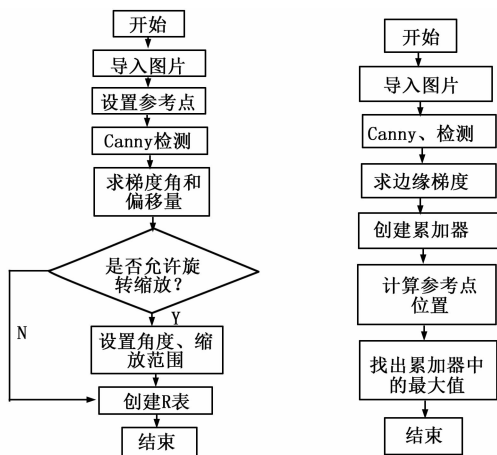


图 2 离线创建模板流程图 图 3 在线匹配流程图

2 目标区域分析

通过模板匹配获得目标位置之后, 接着就是要分析目标区域的纹理特征。由于需要检测的是目标是否有指纹, 并不用分析指纹是由谁按的, 所以只需要分析目标上是否有纹理。

Haralick 等人于 1973 年提出用灰度共生矩阵法来描述纹理统计特征, 这种方法能很好地表征图像表面灰度分布的周期规律, 因此得到了广泛应用。

2.1 灰度共生矩阵^[2]

灰度共生矩阵定义为像素对的联合分布概率, 是一个对称矩阵, 它不仅反映图像灰度在相邻的方向、相邻间隔、变化幅度的综合信息, 而且也反映了相同的灰度级像素之间的位置分布特征, 是计算纹理特征的基础。

2.2 基于灰度共生矩阵的特征提取^[2]

为了能更直观地以共生矩阵描述纹理情况, 从共生矩阵导出以下统计量作为分类识别的特征系数:

$$(1) \text{ 能量: } ASM = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} [p(i, j)]^2$$

$$(2) \text{ 对比度: } CON = \sum_{n=0}^{L-1} n^2 \left\{ \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} p(i, j) \right\}$$

式中,

$$(i - j) = n$$

$$(3) \text{ 自相关: } COR = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} ij p(i, j) - u_1 u_2}{\sigma_1^2 \sigma_2^2}$$

式中, $u_1, u_2, \sigma_1, \sigma_2$, 分别定义为:

$$u_1 = \sum_{i=0}^{L-1} i \sum_{j=0}^{L-1} p(i, j)$$

$$u_2 = \sum_{j=0}^{L-1} j \sum_{i=0}^{L-1} p(i, j)$$

$$\sigma_1^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - u_1)^2 \sum_{j=0}^{L-1} p(i, j)$$

$$\sigma_2^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (j - u_2)^2 \sum_{i=0}^{L-1} p(i, j)$$

$$(4) \text{ 熵: } ENT = - \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} p(i, j) \log p(i, j)$$

3 分类识别

锅载片指纹有无问题归结为两类问题。分类的难点在于分类器的设计。支持向量机是在统计学习理论的基础上发展起来的一种统计学习方法, 其核心思想是用结构风险最小化取代传统分类器的经验风险最小化, 它被广泛地应用于统计分类及回归中。

关于两类分类的 SVM 算法, 已经有较多的研究和较多的成功应用^[3-4]。基于机器视觉的锅载片表面指纹检测方法也是采用成熟的 SVM 两类算法, 因此, 不在此过多的介绍。

4 锅载片表面指纹检测的软件设计

锅仔片表面指纹检测的系统软件分为离线创建模板模块和在线匹配模块两个功能模块。其软件流程如图 4、图 5 所示。

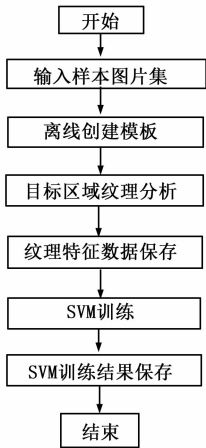


图 4 离线创建模板模块

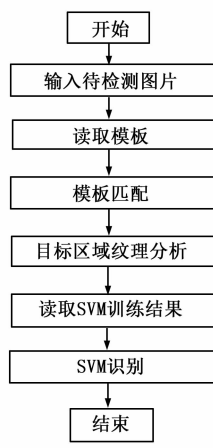


图 5 在线匹配模块

5 实验结果分析

锅仔片检测结果分析如下。

5.1 模板匹配

图 6 是截取模板区域, 中间的坐标是人为设置的参考点, 图 7 是进行 Canny 边缘检测之后得到的边缘图, 图 8 是在待检测图片上匹配到的结果, 得到的坐标位置和旋转角度均在图像上标示了出来。由图 7 可以看出模板图像上有很多干扰点没有被过滤掉, 广义霍夫匹配是基于边缘点匹配的, 边缘点的数量直接影响该算法的速度和存贮 R-table 表所需要的内存。从图 9 可以看出该算法需要的时间比较长, 目前笔者也正在从噪声点过滤和采用图像金字塔两个方面对算法进行优化提速。

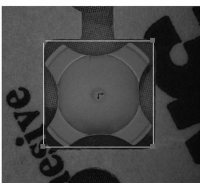


图 6 截取模板

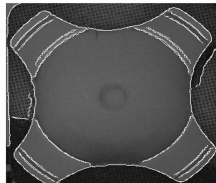


图 7 Canny 边缘检测

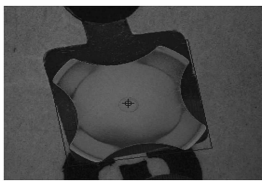


图 8 目标定位

模板图像大小: 182*188
 目标图像大小: 640*480
 目标坐标: (288, 28)
 算法执行时间: 11000ms

图 9 程序运行结果

5.2 纹理分析和支持向量机

图 10 是一个不带指纹的锅仔片, 系统提取到的 0° 、 45° 、 135° 、 225° 4 个方向上共生矩阵的能量均值为 0.023 890, 熵均值为 -3.632 457, 对比度均值为 2.427 788, 相关性均值为 0.169 340, 图 12 是带有指纹的锅载片, 系统提取到的能量均值为 0.046 028, 熵均值为 -3.287 780, 对比度均值为 3.151 662, 相关性均值为 0.147 361, 上面数据表明了从带有指纹的锅仔片提取到的能量均值、熵均值、对比度均值均比不

带指纹的大, 而相关性均值小。图 11 和图 13 是系统检测的结果, 从图 11 和图 13 可以看出, 目标物体所在处都用方框明显的标示了出来, 并对匹配到的目标标号, 当 CCD 相机视野出现多个目标时, 系统对已标号目标逐个分析, 并将分析结果显示在图片左上角。在实验中, 随机选取 100 张图片, 正确识别 64 张。

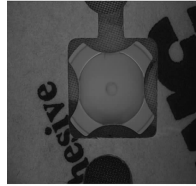


图 10 无指纹锅仔片

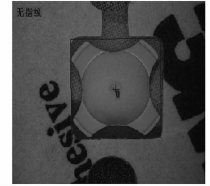


图 11 检测结果

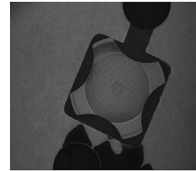


图 12 有指纹锅仔片

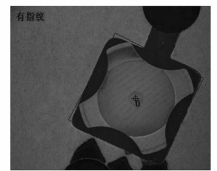


图 13 检测结果

6 结束语

分析了目前锅仔片检测方法存在的问题, 提出了基于视觉的锅仔片表面指纹的检测方法, 采用 Visual C++ 设计了识别锅仔片表面是否有指纹的应用软件。软件的核心部分是目标定位和识别分析。基于广义霍夫变换的模板匹配法在图像中存在混乱和光照变换的情况下算法都很稳定^[5-7], 但该算法需要很大的存储空间来存储 R-table 表, 采用分级的广义霍夫变换可以减少内存的消耗^[8-9]。当指纹比较浅时, 从有指纹锅仔片的共生矩阵导出的特征系数和从无指纹锅载片导出的特征系数非常接近, 导致了 SVM 难以做出正确的识别, 应当用大量样本进行训练, 良好的打光效果也是提高识别率的关键步骤。

参考文献:

- [1] 韩芳芳. 表面缺陷视觉在线检测关键技术研究 [D]. 天津: 天津大学, 2011.
- [2] 李江波. 脐橙表面缺陷的快速检测方法研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [3] 张小军, 胡福乔. 基于广义霍夫变换的芯片检测 [J]. 工程应用技术与实现, 2009, 35 (23): 252-257.
- [4] 边肇祺, 张学工. 模式识别 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [5] 冯建辉, 杨玉静. 基于灰度共生矩阵提取纹理特征图像的研究 [J]. 北京测绘, 2007, (3): 19-22.
- [6] 叶州海, 陈福民. 一种广义霍夫变换的改进 [J]. 微型电脑应用, 2006, 22 (6): 23-25.
- [7] Ulrich M, Steger C, Baumgartner A. Real-time object recognition using a modified generalized Hough transform [J]. Pattern Recognition, 2003, 36 (11): 2557-2570.
- [8] Steger C, Ulrich M, Wiedemann C. Machine vision algorithms and applications [M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.
- [9] Nixon M S, Aguado A S. Feature extraction and image processing [M]. 美国: Newnes, 2008: 221-241.