

# 工业光学检测中定位点的识别

陈克勇, 王辅明

(厦门大学 物理学系, 福建 厦门 361005)

(cufe09116@hotmail.com)

**摘要:**提出了一种新的定位点识别方法,在无需事先学习定位点图形的条件下,对有较强噪声的圆形或环形定位点实现准确快速的识别和定位。利用图形质心性质和圆形定位点图像几何形状特征搜索其质心位置,根据图形的填充率判断其形状,从而完成对定位点的自动识别。经实际测试,证明这种方法在多种复杂的图像环境中可以对定位点进行定位和识别,并得到较高的定位精度。实验结果也表明该方法还可以应用到其他一些图形物体的图像识别中。

**关键词:**图像处理; 定位点识别; 自动光学检测; 填充率

**中图分类号:** TP391.41; TP751.1 **文献标识码:** A

## 0 引言

随着图像检测和分析技术的发展,自动视觉检测越来越广泛的应用于工业检测和自动识别中。自动视觉检测的第一个步骤就是在工件上面找到定位点以确定工件之间的相对位置,以完成下一步的检测和识别工作。定位点的识别包含两个步骤:定位点的精确辨别和定位,这两步中的任何一个失误都会产生错误的识别结果。作为自动视觉检测对象的大型工件诸如印刷电路板(PCB)等都存在金属表面的圆形或环形定位点。在垂直光源条件下,图像模版匹配方法<sup>[1]</sup>能够成功地探测和定位视场中显示为亮斑的金属定位点,但是在非垂直光源下,由于金属表面的氧化或存在脏斑,定位点的表面形状发生明显变化,简单的模版匹配就不能较好地完成检测和识别工作。对于此类定位点的识别方法都需要一个事先学习人为定位和定义简易定位点图像的步骤,因此给自动视觉识别技术在简单的探测应用中带来了不便。

Hough Transform (HT)算法<sup>[2]</sup>用于识别一幅图像上面不用形状的图形,特别是从复杂图形中提取出直线、圆和椭圆。HT算法在很长时间内被看作是识别线型图形的健全方法,但其在探测圆的时候需要积累数据的三维数组,而且 HT算法需要花费大量的计算时间将图像中的特征点转化至参数空间中的点,因此 HT算法在某些实际应用中不合适。

一些 HT算法的改进方法被陆续提出,比如:文献[3]介绍了一种重要的几何关系;文献[4-5]提出一种更好的中心寻找法,运用自适应的 HT算法来建立另外三个参数等。这类方法利用梯度来减少参数空间的维数,可以在不必预知圆形半径的情况下找到其圆心。然而这些过程中的微分总是易受图像中噪声的干扰,致使检测结果不精确,特别是这类方法只能确认其中心点而不能进一步判别探测对象是圆或者其他图形的中心。

我们提出一种基于图形几何性质的定位点识别方法,它能准确检测和定位圆形或者环形的定位点。在此方法中应用如下三个几何性质:图形的质心和其几何中心重合,可以通过图形面积来求其半径(见 2.3)定位点图形能被以算法计算的圆心为圆心、计算半径为半径的圆囊括。利用这三个几何

性质,我们的方法能迅速而有效地识别圆形或者环形定位点图像而不需要事先的图像模板学习。

## 1 基于几何性质的识别方法

### 1.1 定位点图像的二值化

图像识别也就是将感兴趣的物体从整个复杂的图像中分隔出来,提取物体的特征。图像阈值就是用于图像分割的一种很好的方法,它的基本思路是将灰度图像转化为二值(黑白)图像,根据灰度等级来归类像素的基本原理就是邻近区域内相近灰度等级的像素总是属于同一个物体。图像的二值化减少了图像数据的复杂度,简化了分类和识别过程。目前灰度图像的阈值算法有很多种,比如 Mode方法<sup>[6]</sup>和 Entropic方法<sup>[7]</sup>等,本文选用 Otsu方法<sup>[8]</sup>来二值化定位点灰度图像,实验证明 Otsu方法适合于我们的算法。

### 1.2 图形中心的搜寻

对于一个圆(圆环)而言,圆心和质心是相互重合,也就是说可以通过寻找圆的质心的方法来获取圆心的位置。质心的位置由以下公式来确定:

$$x_c = \frac{\sum_i m_i x_i}{\sum_i m_i}, \quad y_c = \frac{\sum_i m_i y_i}{\sum_i m_i} \quad (1)$$

其中:  $x_i$  和  $y_i$  分别代表质心的  $x$  和  $y$  坐标,  $m_i$  是图像中每一个像素的“质量”,  $x_i$  和  $y_i$  分别表示每一个像素的  $x$  和  $y$  坐标。在时间计算过程时候,图像中亮点(定位点图形)的  $m_i$  被赋值为 1,暗点则被赋值为 0 因此公式(1)可简写为:

$$x_c = \frac{\sum_i x_i}{n}, \quad y_c = \frac{\sum_i y_i}{n} \quad (2)$$

其中  $n$  是整个二值图像上面的亮点总数。

### 1.3 图形半径的计算

定位点识别过程中,另外一个重要参数就是定位点图形的半径。图 1(a)是个完好的圆(亮斑),其面积就是图像中的亮点数目,其数值就可以这样计算:

$$\pi \cdot r_0^2 = n \quad (3)$$

其中  $r_0$  为圆形亮斑的半径:

收稿日期: 2006-10-14; 修订日期: 2006-12-23

作者简介: 陈克勇(1982-),男,江苏泰州人,硕士研究生,主要研究方向:图像处理、模式识别; 王辅明(1966-),男,辽宁抚顺人,副教授,博士,主要研究方向:半导体材料与器件、自动光学检测。

$$r_0 = \sqrt{\frac{\pi}{\rho}} \quad (4)$$

为了辨别图像中所检测到的亮斑是否圆形, 定义一个填充率:

$$\text{ratio} = \frac{N(\leq r_0)}{N(\text{total})} \quad (5)$$

公式中  $r_0$  表示图像上面每个亮点到圆心  $(x_c, y_c)$  的距离, 那么  $N(\leq r_0)$  与  $N(\text{total})$  分别表示以圆心为中心, 半径为  $r_0$  的圆面内的亮点数目和整个图像上面的亮点总数。

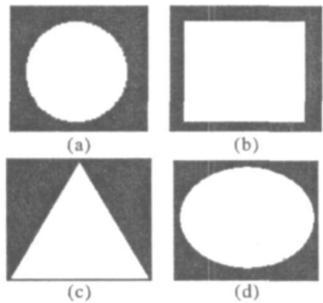


图 1 四种不同的图形类型

图 1 中选取四种不同填充率的图形代表: 圆、正方形、三角形和椭圆。根据等式 (4) 和 (5), 圆的填充率是 1.00 正方形的是 0.91 等边三角形的是 0.82 而椭圆的填充率则是由其离心率来决定, 比如离心率是 0.5 的时候, 其填充率为 0.955 椭圆的离心率越大, 填充率就越小。实验同样证明矩形(正放形除外)的填充率小于正方形, 也就是小于 0.91 对于三角形也是一样, 在所有的三角形中等边三角形的填充率最大。因此填充率可以用来判断检测对象的图形类型。

1.4 算法步骤

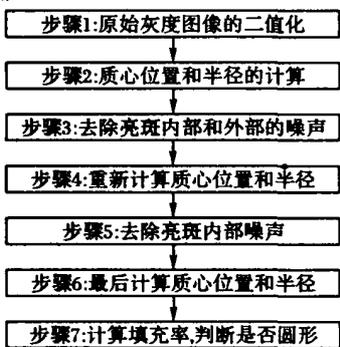


图 2 基于几何性质的识别算法流程

图 2 所示算法流程的步骤 2 给出了二值图像的质心坐标和半径大小, 但是图像中的不同干扰程度的噪声使得这个结果产生不同程度的误差。二值图像中的噪声可分成两类, 即背景(定位点图像以外的暗场)上面的亮斑和定位点亮斑中的暗点。由于第一类亮点距离质心位置较远, 在公式 (2) 计算结果相对于第二类噪声产生的误差更大, 同时相对远的位置也让他们比较容易去除。我们设定一个半径:

$$r_1 = a_1 \cdot r_0 \quad (6)$$

其中  $a_1$  是半径  $r_0$  的缩放系数, 在算法中对  $a_1$  赋值 1.2

步骤 3 中, 首先去除以质心坐标为圆心,  $r_1$  为半径的圆外的亮点, 在此过程中, 大部分的第一类噪声被去除。同时一个相对于  $r_1$  较小的半径用于去除第二类噪声:

$$r_2 = a_2 \cdot r_0 \quad (7)$$

等式中  $a_2$  也是半径  $r_0$  的缩放系数。在初始的二值图像中, 可能到处存在的噪声使步骤 2 中的结果误差相当大, 实际

算法中, 我们给  $a_2$  赋值 0.45 任何一个到步骤 2 中质心的距离小于  $r_2$  的暗点将被补偿为亮点, 所以  $a_2$  赋值太大可能导致背景部分被错误的补偿为定位点图像的一部分。

步骤 3 移除绝大部分的第一类噪声和部分第二类噪声, 步骤 4 的质心坐标和半径变得相对精确。此时引用另一个缩放系数  $a_3$ :

$$r_3 = a_3 \cdot r_0 \quad (8)$$

其中算法计算中  $a_3$  赋予较大的值 0.9 步骤 3 的方法被用来去除剩余的那部分第二类噪声。图 3 显示算法去噪后的效果。

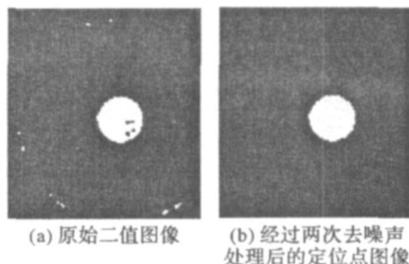


图 3 原始二值图像和经过两次去噪声处理后的定位点图像

从图 3 可以看出, 经由去噪处理后的定位点图像变得相对完好, 因此步骤 6 计算出来的质心坐标和半径更加准确, 步骤 7 计算的填充率数值也更加可靠。最后根据计算的不同图形的填充率大小而设定的填充率阈值来判断检测对象是否为定位点图像; 对圆形定位点, 如果步骤 7 计算出来的填充率小于阈值, 算法便将此图像识别为非定位点。

2 实验结果及分析

为了验证本文算法的有效性, 选择八幅实际定位点图像(图 4)进行实验, 图像质心位置误差、算法时间和填充率在表 1 中记录, 同时表 1 还显示了改进后的 HT 算法 [3] 的处理结果。图 4 中的第 7 和 8 幅均是截取的任意实际 PCB 板图像, 用以测试算法是否能够区别圆形和非圆形图形。

表 1 实验结果比较

	基于几何性质的方法			改进后的 HT 算法		
	误差 $\Delta x$ $\Delta y$	时间 / s	填充率	误差 $\Delta x$ $\Delta y$	时间 / s	
(a)	0.19 0.39	0.21	0.97	0 0	0.34	
(b)	0.47 0.58	0.30	0.98	1 0	0.49	
(c)	0.32 0.02	0.30	0.98	12 7	0.40	
(d)	0.75 0.21	0.20	0.97	1 0	0.31	
(e)	0.66 0.31	0.26	0.98	0 0	0.27	
(f)	Identify as non-circle	0.30	0.92	Fail to identify as non-circle	0.32	
(g)	Identify as non-circle	0.17	0.44	Fail to identify as non-circle	1.76	
(h)	Identify as non-circle	0.21	0.71	Fail to identify as non-circle	1.17	

为了找到原始定位点图像的实际圆心位置, 在初始定位点图像上面作圆, 并且不断的调整所作的圆的位置和半径, 直到此圆的边界和定位点图像达到肉眼所能分辨的最佳重合为止, 此时的圆心坐标即看作是圆形定位点的实际圆心位置,  $x$  和  $y$  坐标的误差值就是计算结果和实际圆心位置的差值大小。算法语言是 Matlab 6.5 程序运行环境是 Celeron 512M 内存的个人电脑, 操作系统是 Windows XP

OS 方法二值化灰度图像时不可能完美的展现出圆形

通常带来噪声干扰,尤其是在圆的边缘,因此定位点图像的填充率达不到 1.00。根据对多种实际定位点图像的实验,圆形定位点图像填充率的阈值为 0.96。当填充率大于 0.96 才认为测试图像为定位点图像。表 1 说明本文的基于几何性质的方法能够快速计算出定位点的相对精确位置,同时算法给出图 4 中的 (f)~(h) 图像非定位点图像,如果在 C 或者其他

更低级的语言环境中,程序执行时间还将被缩短。因此我们提出的方法能够实现定位点识别的两个步骤:准确的定位和辨别。从表 1 还可以看出,除了图 4(c) 的较大误差,大部分情况下 HT 算法的结果同样准确,但是 HT 算法不能判断出检测对象是否为圆形定位点图像,我们的几何方法给出了相对完好的结果。

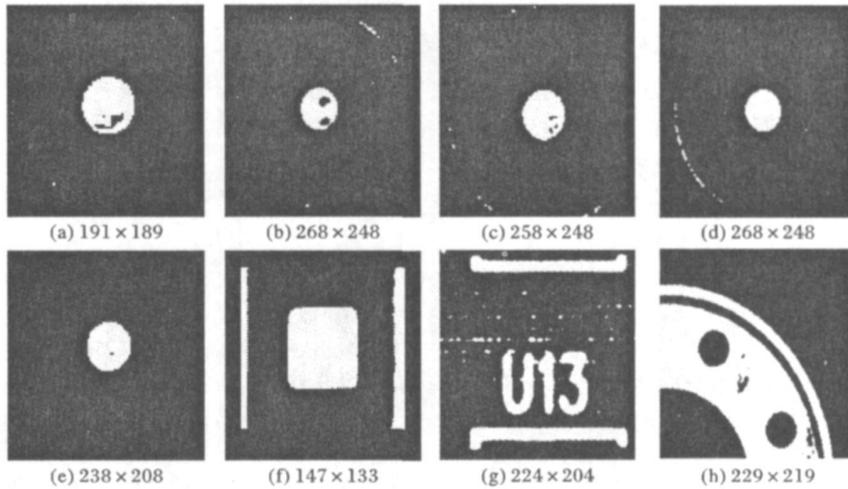


图 4 原始实际二值图像(图像被压缩为同等大小)

### 3 结语

提出了一种工业自动检测中识别定位点图像的几何方法,它利用圆的圆心与质心重合以及以算法找到的中心为圆心、一定半径的圆能囊括定位点图形的性质来检测定位点位置。在定位点识别过程中,噪声干扰对定位精度的影响相当大,因此去除定位点二值图像中的噪声点非常重要。图 3 显示,通过该算法处理绝大部分噪声能被成功移除,即使在定位点图像二值化过程中其圆形边缘出现一定程度噪声干扰的情况下,定位点也能够被相当精确的快速定位,而且其填充率同样被证明是一个很好的判断是否圆形的标准。仅需要调整填充率的阈值,该方法也可以用于定位和识别诸如三角形和矩形等其他类型的定位点图形。

#### 参考文献:

- [1] GONZALEZ RC, WOODSRE. Digital Image Processing[M]. third edition. Addison-Wesley, 1992
- [2] HOUGH PVC. Method and means for recognizing complex patterns

US Patent 3969654[P]. 1962

- [3] AGUADO AS, MONTELMÉ, NIXON MS. On using directional information for parameter space decomposition in ellipse detection [J]. Pattern Recognition, 1996, 28(3): 369-381.
- [4] YUNE HK, ILLINGWORTH J, KITTLER J. Detection partially occluded ellipse using the Hough transform [J]. Image and Vision Computing, 1989, 7(1): 31-37.
- [5] ILLINGWORTH J, KITTLER J. The adaptive Hough transform [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1987, 9(5): 690-698.
- [6] PREWITT MS, MENDELSON ML. The analysis of cell images [J]. Ann. New York Acad. Sci., 1966, 128(3): 1035-1053.
- [7] KAPUR JN, SAHOO HK, WONG AKC. A new method for grey level picture thresholding using the entropy of the histogram [J]. Comput. Vision Graphics Image Process, 1985, 29(3): 273-285.
- [8] OTSU N. A threshold selection method from grey level histogram [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1979, 9(1): 62-66.

## 《计算机应用》2008年征订启事

《计算机应用》1981创刊,由中国科学院成都计算机应用研究所主办,是国内较早公开发行的计算机技术刊物之一,现已成为计算机领域较有影响的学术技术刊物。刊登内容:紧紧围绕“应用”。登载应用、开发中的高水平学术技术论文、重大应用成果和典型应用经验。读者对象:各行业、各部门从事计算机应用基础、应用工程、应用软件、应用系统工作的工程技术人员、科研人员、大专院校师生。

《计算机应用》多次荣获全国优秀科技期刊奖、国家期刊奖提名奖,被评为中国期刊方阵双奖期刊,受到国内外多家文献收录机构重视,被列为中文核心期刊、中国科技核心期刊。最新收录情况详情请见: <http://www.computerapplications.com.cn/cn/bshk.asp>

《计算机应用》内容丰富,突出“新、实、快”特点。信息量大,印刷精美,大 16 开本,每期 260 页,单价 28 元,月刊,实惠、适用。欢迎赐稿,欢迎订阅。

邮发代号: 62-110 单价: 28 元/册,订全年刊价: 336 元(您可到当地邮局订阅,或汇款到编辑部订阅,编辑部随时为您提供优质服务)。

邮局汇款地址:

邮编: 610041 编辑部地址: 成都市人民南路 4 段 9 号(成都 237 信箱)计算机应用编辑部

联系电话: (028)85224283-603 传真: (028)85222239 联系人: 雍平

本刊主页: <http://computerapplications.com.cn>