

# 生成距离图的同心圆窗口矩匹配快速算法

杜建军 刘丽 杨水山

(哈尔滨工业大学深圳研究生院, 深圳 518055)

**摘要** 针对半导体封装等工业应用对图像模板匹配的速度要求很高的特点,进行了快速模板匹配算法的研究。同心圆窗口矩匹配是一种速度较快的算法,是将模板分成一系列的同心圆环,然后通过比较模板和待检测图像上对应圆环的零阶矩确定可能匹配点。但由于确定各像素点属于哪一个圆环需要进行复杂的乘积运算,耗费了大量时间。为此,提出了一种生成距离图的改进算法,即匹配前对模板进行预处理,生成距离图,即各像元存储的是距离图像中心(圆心)的半径值。这样,确定像素属于哪一个圆环,只需要经过对各像素的索引值的简单比较,就可以确定。经过实验验证,改进算法可以大大提高模板匹配的速度,满足半导体封装等自动化作业的需求。

**关键词** 同心圆环 矩匹配 距离图

中图分类号: TP391.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2006)06-0890-03

## An Improved Algorithm for Template Matching with Circular Windows

DU Jian-jun, LIU Li, YANG Shui-shan

(Shenzhen Graduate School of Harbin Institute of Technology, Shenzhen 518055)

**Abstract** The template matching algorithm of digital image is studied to improve the matching speed that is critical for the semiconductor packaging industry. The moment matching of circular windows is a fast algorithm, which divides the template into a series of circular ring and computes the moment of corresponding circular ring between template and source image to find the matching point. But the arithmetic product operation is needed to determine a pixel belonging to which circular ring, which consumes much time. For this reason, an improved algorithm by using a distance map before matching is proposed. The radius is stored in the distance map to record the distance between each pixel and the center of circular rings. Thus, simple comparison operation on the indexes of a pixel can determine a pixel belonging to which circular ring, which can save much time. Experiments show that the improved algorithm can improve the matching speed greatly and meet the needs of precision electronic packaging.

**Keywords** circular window, moment matching, distance map

## 1 引言

将机器视觉应用于半导体封装,可以实现封装的自动化。由于目前对半导体封装的速度要求越来越快,例如,目前的焊线(wire bond)效率是每秒4~5条,将来要发展到每秒10条左右,这样留给图像处理的时间往往只有10ms左右。所以,研究如何提高匹配的速度是一个重要的问题。目前,图像匹配算法很

多<sup>[1]</sup>,同心圆窗口矩匹配算法,算法简单、速度较快,得到了广泛应用<sup>[2]</sup>,但还不能满足半导体封装的需要。本文在此算法基础上,提出了一种生成距离图的改进算法,可以进一步提高图像的匹配速度。

## 2 同心圆窗口矩匹配算法

圆形窗口矩匹配以模板图像所包含的最大圆(即最大内切圆)作为特征基元,在模板遍历待检测

收稿日期:2005-04-25;改回日期:2005-06-20

第一作者简介:杜建军(1974~),男,讲师。2002年于哈尔滨工业大学获机械制造及其自动化专业博士学位。从事机器视觉方面的研究。E-mail: jjdu@hit.edu.cn

图像的过程中,通过比较模板和待检测图像上与模板相对应的窗口零阶矩的差值确定可能匹配点,再利用 2 阶、3 阶矩确定最佳匹配位置。该方法定位较准确,但是计算量较大。矩定义为

$$m_{pq} = \iint x^p y^q f(x, y) dx dy \quad p, q = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

式中,  $x, y$  为图像位置坐标;  $f(x, y)$  为图像灰度值;  $p$  和  $q$  为矩的阶数。

算法具体步骤如下:

(1) 实际应用中,为了加快匹配速度,往往以模板中心为原点,将模板图像等间隔划分为若干同心圆环,例如  $64 \times 64$  模板的最大内切圆的半径是 32 个像素,若以 3 个像素为间隔,则将模板分为 10 个同心圆环,分别计算每个圆环的灰度均值

$$\bar{f} = m_{00}/n \quad (2)$$

式中,  $n$  为该圆环内的像素个数。

(2) 在待检测图像上,以  $64 \times 64$  大小的窗口从左上角开始向右下角开始逐点移动;对每一位置从内环到外环逐一比较其零阶矩,当某一圆环的灰度均值差值大于一定的阈值时,该点为非匹配点(这就是划分同心圆环的作用,即不必计算所有的点)。

$$\bar{f} > \bar{f}' > t \quad (3)$$

式中,  $\bar{f}'$  为待检测图像上对应环的灰度均值;  $t$  为事先设定的阈值。

只有当某位置的所有 10 个圆环都满足  $\bar{f} < \bar{f}' < t$  时,该点才为可能的匹配点。

(3) 在以灰度均值做完第 1 次的粗匹配后,得到一些可能的匹配点。在这些点的基础上,进行 2 阶矩的计算,进一步缩小可能的匹配点的范围。

(4) 经过第 2 次筛选后,最后将可能的匹配点计算互相关系数,选择互相关系数最大的点作为最终的匹配点。

### 3 生成距离图的改进算法

划分同心圆环的方法,虽然可以通过某个圆环就可以将非匹配点排除,但是也带来了问题:即为了确定  $64 \times 64$  个像素点属于哪一个圆环,每次窗口移动都要重新计算模板和待检测图像上各像素点距离中心的距离

$$d = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (4)$$

式中,  $(x, y)$  为像素点在图像中的位置坐标;  $(x_0, y_0)$  为图像窗口中心的位置坐标。

由于上式需要进行复杂的乘积运算,耗费了大量的时间,使得匹配速度下降。

针对这一问题,提出了一种生成距离图的方法,即匹配前对模板进行预处理,生成距离图。图 1 所示为灰度图,各单元里存储的是像素灰度值  $f$ ; 图 2 为距离图,各单元存储的是各像素距离中心  $(x_0, y_0)$  的距离值  $d$ 。

$f(0,0)$	$f(0,1)$	...	$f(0,63)$
$\vdots$	$\vdots$	$f(u,v)$	$\vdots$
$f(62,0)$	$f(62,1)$	...	$f(62,63)$
$f(63,0)$	$f(62,1)$	...	$f(63,63)$

图 1 灰度图

Fig. 1 Diagram of gray scale

$d(0,0)$	$d(0,1)$	...	$d(0,63)$
$\vdots$	$\vdots$	$d(u,v)$	$\vdots$
$d(62,0)$	$d(62,1)$	...	$d(62,63)$
$d(63,0)$	$d(62,1)$	...	$d(63,63)$

图 2 距离图

Fig. 2 Diagram of distance map

将距离图保存在计算机内存中,这样,判断模板上像素点属于哪个圆环就可以用下式很快判断得到。

$$r_1 < d(u, v) < r_2 \quad (5)$$

式中,  $r_1, r_2$  为圆环的内外半径;  $(u, v)$  为模板上像素的索引值。

如图 3 所示,模板遍历待检测图像时,当模板移动到图像上  $(i, j)$  位置时,判断待检测图像上像素点

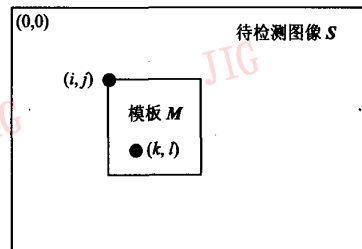


图 3 匹配过程图

Fig. 3 Diagram of template matching

$(k, l)$  属于哪一个圆环, 就可以用下式计算得到:

$$r_1 < d(k-i, l-j) < r_2 \quad (6)$$

式中,  $(i, j), (k, l)$  为待检测图像上像素点的索引值。

这样就可以避免每次移动窗口时重复计算距离值  $d$ , 使得计算量大大减少, 缩短了匹配时间。

## 4 实 验

为了验证算法的有效性, 对有代表性的模板匹配图片进行了实验。图 3 为实验所用的模板和待检测图, 实验参数如下:

- (1) 待匹配图像:  $256 \times 256$  (pixel)
- (2) 模板:  $64 \times 64$  (pixel)
- (3) CPU: Pentium IV 2.4G



(a) 待检测图像



(b) 模板

图 3 实验用图

Fig. 3 Image for experiment

表 1 示出了几种不同算法的匹配时间对比。传统的互相关匹配算法耗时很长, 而采用同心圆窗口

表 1 匹配时间对比

Tab. 1 Comparison of matching time

计算方法	匹配时间(ms)
传统的互相关匹配算法	3 200
同心圆窗口矩匹配算法	78
同心圆窗口矩结合隔点采样法	31
同心圆窗口矩结合生成距离图法	16

矩匹配方法可以大幅减少匹配时间, 但还不能满足半导体封装的需要。而结合生成距离图的方法, 可以进一步减少匹配时间。

## 5 结 论

在同心圆窗口矩匹配的基础上, 提出了一种生成距离图的改进算法。经过实验验证, 该方法可以大幅度提高匹配的速度, 满足半导体封装等自动化作业的需要。

### 参 考 文 献 (References)

- 1 Ding Xian-feng, Wu Hong, Zhang Hong-jiang, et al. Review on shape matching[J]. Acta Automatica Sinica, 2001, 27(5): 678 ~ 694. [丁险峰, 吴洪, 张宏江等. 形状匹配综述[J]. 自动化学报, 2001, 27(5): 678 ~ 694.]
- 2 Ardeshir Goshtasby. Template matching in rotated images[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1985, 7(3): 338 ~ 344.