

全自动超声波铝丝焊机中的芯片识别算法

A Chip Image Recognition Algorithm in the Full Automatic Aluminum Wire Bonder

(1、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2、中国科学院研究生院)黄波^{1,2}

Huang, Bo

摘要:本文介绍了一种通过对二维模板图像抽样的快速匹配算法,并通过引入不变矩,对前n个最佳匹配子图像判断,有效降低了失配率。并通过对算法的优化,满足了在全自动超声波铝丝压焊机中芯片高速(<60ms)、高准确率(>99.95%)识别的要求。

关键词:图像识别;模板匹配;不变矩;超声波铝丝压焊机

中图分类号:TP391.4

文献标识码:A

Abstract: In this paper, a fast algorithm based on two dimensions sampling and constant quadratures was presented and optimized. Through judging the constant quadratures of the top n best matching sub-images, the veracity rises. The results show that this algorithm performed wonderfully in wire bonder.

Key words: image recognition, template matching, constant quadrature, wire bonder

1 引言

全自动超声波铝丝压焊机是生产半导体大功率器件的重要设备,它是集精密机械、自动控制、图像识别、光学和超声波压力焊接等多领域于一体的现代高科技微电子后封装设备。其中单目标图像识别定位是实现全自动焊接的关键技术之一,它的难点在于系统对实时性(<60ms)、准确率(>99.95%)两方面的要求都很高。

围绕缩短识别时间和提高识别准确率,人们分别提出了很多算法。如缩短识别时间的算法有序贯相似性检测算法(SSDA)、多分辨率塔形结构算法(MPSA)以及遗传算法等模板匹配算法,这类算法的缺点是准确率不高,甚至难以判断有无真正目标的存在,尤其是当照明亮度变化,或目标图像出现旋转的情况。提高识别准确率的算法有同现矩阵及不变矩等。这类算法的主要缺点是计算量大、耗时多。

为了同时满足对实时性和准确率的高要求,本文提出了一种对二维模板图像均匀抽样的快速匹配与图像不变矩判断相接合的快速算法,较好的解决了两方面的矛盾,满足了全自动超声波铝丝压焊机中芯片识别系统的要求。

2 算法设计

为了论述方便,这里先对模板匹配和不变矩的定义简单介绍如下:设给定场景图像S,大小为M×N,模板图像T,大小为m×n;记S_{ij}为S中欲与T匹配的子图像,(i,j)为S_{ij}的左上角在S中的坐标。由于计算机处理加法运

算的速度很快,因此采用点与点的灰度差的绝对值作为两点间的距离。定义图像A中点a到图像B中点b的距离为:

$$d[A(a), B(b)] = |A(a) - B(b)| \quad (1)$$

子图像S_{ij}与模板图像T的距离定义为:

$$D(S_{ij}, T) = \sum_{j=1}^l d[S_{ij}(t), T(t)] \quad (2)$$

模板匹配就是找出最佳候选子图像C满足

$$D(C, T) = D_{\min}$$

对于二维连续函数f(x,y),(p+q)阶矩的定义为:

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy, \quad p, q = 0, 1, 2, \dots, L \quad (3)$$

中心矩的定义为: $\mu_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) dx dy$ (4)

这里, $\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$
对于数字图像,(4)式则变为:

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \quad (5)$$

归一化中心矩,由 η_{pq} 表示,定义为: $\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^{\gamma}}$

这里, $\gamma = \frac{p+q}{2} + 1, \quad p+q = 2, 3, \dots$

于是就有一组7个不变矩 $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_7$ 来自于二阶和三阶矩。

本算法分三个阶段进行。分别为粗匹配阶段,不变矩判断阶段,精匹配阶段。在此前先要对模板进行预处理。

2.1 对模板的预处理

首先,计算出模板图像的所有7个不变矩。

其次,由于图像是一个复杂的数据集合,它包含了丰富的信息,其中有许多信息是冗余的。因此,为了加速匹配速度,不必对模板图像与目标子图像进行逐点对比,而

是等间距地对二维模板图像进行抽样,得到抽样序列 S_q ,大小为 l 。

另外,考虑到目标子图像的旋转问题,对模板图像 T 以中心为轴, 1° 为步长旋转,得到 t 幅模板图像, t 为角度离散化的数量, T_a 表示以 a° 旋转后得到的模板图像。

2.2 第一阶段:粗匹配

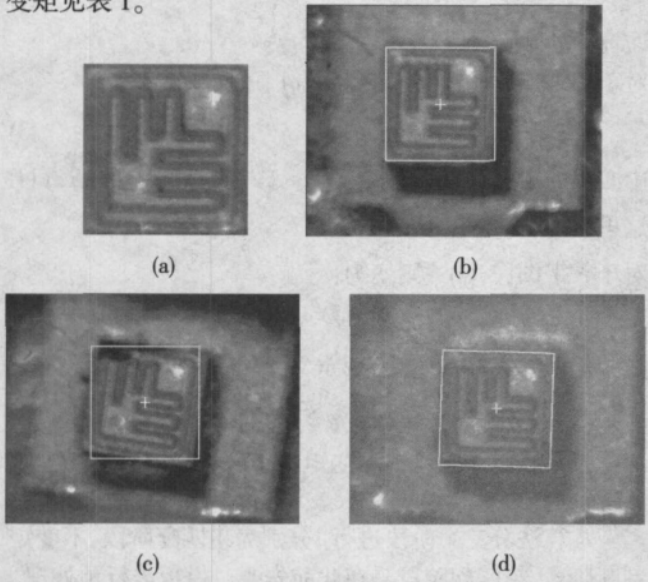
传统模板匹配算法,简单地说就是对两幅图像灰度分布的差求和,所以当目标由于光源或芯片表面反射率发生改变,或者目标存在旋转时,常常发生失配现象,即最佳的匹配子图像并不一定是目标图像;另外传统模板匹配算法对目标图像存在性判断也只能依赖阈值比较,其失误率也很高。

为了克服传统模板匹配算法的缺点,本算法在粗匹配阶段不是仅仅找出1个最佳匹配子图像,而是找出前 n 个最佳匹配子图像。一般传统模板匹配失配率 $P_1 \leq 0.05$,那么前 n 个最佳匹配子图像不含有正确目标的概率 $P_2 = P_1^n$,当 $n=3$ 时, $P_2=0.000125$,即准确率为99.9875%,满足系统要求。

由于图像的自相关性很强,所以可以选择适当的搜索步长 $h(h \ll m,n)$ 进行粗匹配,以加速搜索过程。

2.3 第二阶段:不变矩判断

第二阶段的目的是在前 n 个最佳匹配子图像中,判断是否存在有目标图像,如果有将其找出。因为前 n 个最佳匹配子图像和模板具有相似的灰度分布,所以要利用芯片的纹理特性识别。这里采用不变矩的识别方法。当目标图像发生平移、旋转、缩放时,其不变矩是不变的。不变矩具备了良好的形状及纹理特征。例如,芯片图像1的不变矩见表1。



算法实施时,先将前 n 个最佳匹配子图像的7个不变矩与模板对应的7个不变矩做差、求和,具有最小值的子图像便是最佳匹配子图像。

需要指出的是即使是真正目标的子图像的不变矩,与模板比较也会有一定的误差,这个误差主要原因归结为数据的离散化本质,特别是对于旋转的图像更是如

此。所以需要取一定的阈值与最佳匹配子图像的不变矩比较,来判断目标是否存在,如果目标存在,则继续第三阶段,否则终止本次识别。

表1 图1中几种图像地不变矩

不变矩 (log)	a (模板)	b	c	d
ϕ_1	3.125	3.113	3.461	3.127
ϕ_2	8.590	8.487	9.897	8.712
ϕ_3	11.333	11.876	12.150	11.853
ϕ_4	11.461	12.165	13.347	11.655
ϕ_5	22.875	24.157	25.883	23.571
ϕ_6	15.815	16.456	18.560	16.034
ϕ_7	22.778	24.172	26.785	23.085

本算法的改进之处在于,不是在粗匹配阶段对所有的子图像计算其不变矩,而是只针对粗匹配阶段得到的前 n 个最佳匹配子图像计算其不变矩,所以大幅度压缩了计算量。以 640×480 图像为例,如果模板尺寸为 180×150 ,步长 $h=10$, $n=3$,那么子图像个数为1518,压缩计算量99.8%。

2.3 第三阶段:精匹配

经过前两个阶段的识别,确定了芯片的存在和大致位置。第三阶段的目的是对芯片精确定位,并识别出水平倾角。所以在本阶段的精确匹配中增加多模板(T_a)匹配这一环节。

精匹配搜索区域的大小($2r \times 2r$)的确定与第一阶段中粗匹配的搜索步长 h 有直接关系,理论上选取 $r=h/2$ 。具体做法是:以候选子图像 S_{ij} 左上角坐标 (i,j) 为中心,建立大小为 $2r \times 2r$ 的搜索区域,如图2所示。在每一点遍历匹配每一个旋转处理后的模板图像 T_a ,取:

$$(i_0, j_0, \alpha_0) = \{(x, y, \alpha) | D(S_{x,y}, T_a) = \min_{\substack{i-r < x' < i+r \\ j-r < y' < j+r \\ -7^\circ < \alpha' < 7^\circ}} (D(S_{x',y'}, T_{\alpha'}))\}$$

为最佳匹配位置。

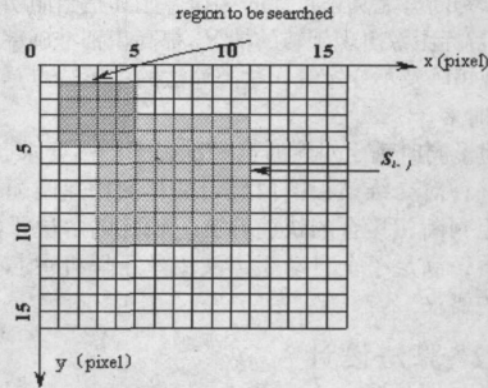


图2 搜索区域的确定

3 算法优化策略

为了进一步降低图像的计算量,我们对该算法进行了优化,在第一阶段和第三阶段中,每次匹配不必等到模板图像与匹配子图像完全匹配结束后,才判断是否为目

技术创新

标对象,而是在匹配过程中动态生成阈值序列 Th 。该序列形成了实际检测曲面,如图3所示。一旦发现距离 D 的计算结果超过检测曲面,则终止该次匹配,进行下一次匹配。检测曲面动态生成算法可描述如下:

1. 令 $th_1 = D(S_{ij}, T)$;

2. 对于第 n 次匹配,若有 r 满足

$$\sum_{k=1}^r d(S_{i,j}(Sq(k)), T(Sq(k))) > Th_{n-1}, r < l$$

则 $Th_n = Th_{n-1}$, 并放弃本次匹配。否则, $Th_n = D(S_{ij}, T)$

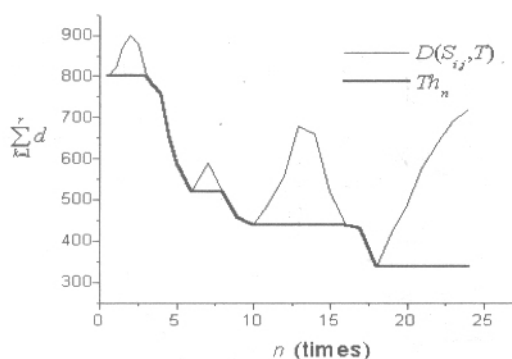


图3 检测曲面示意图

4 结论

本文提出了一种对二维模板图像抽样的快速匹配算法,并通过引入不变矩,对前 n 个最佳匹配子图像判断,有效降低了失配率。

本算法是在工控机上实现的,其硬件环境为:PIV 2.4G CPU, 512M RAM;日本 Jai CCD 摄像头、比利时 Euresys-Piccolo II 图像采集卡;软件平台为:Windows 2000 操作系统, Euresys 开发包, Visual C++ 6.0。实测识别时间不大于 45ms, 满足设计要求。

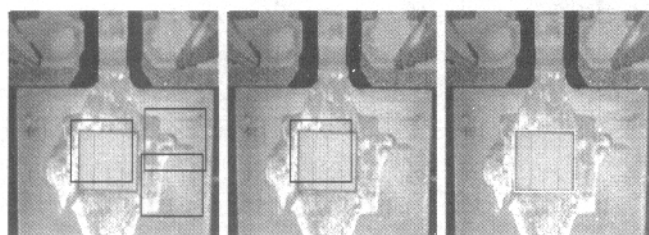


图4. 程序执行完第1、第2、第3阶段的结果($n=3$)
(a) 粗匹配得到的前3个最佳子图像
(b) 不变矩判断得到的目标图像,其中 $\Delta x=7\text{pixel}$, $\Delta y=5\text{pixel}$, $\alpha=0^\circ$
(c) 精匹配得到的目标图像,其中 $\Delta x=0\text{pixel}$, $\Delta y=0\text{pixel}$, $\alpha=0^\circ$

本文作者创新点:采用动态阈值和对二维模板图像进行抽样,以加速匹配过程,并通过引入不变矩,对前 n 个最佳匹配子图像判断,有效降低了失配率。

参考文献:

- [1] Rafael C. Gonzalez. Digital Image Processing Second Edition. 沅秋奇译, 电子工业出版社
- [2] 何斌, 马天予. Visual C++ 数字图像处理(第二版). 人民邮电出版社

出版社

[3] Kenneth R. Castleman. Digital Image Processing. 朱志刚等译, 电子工业出版社

[4] 黄波, 汤建华. 全自动共晶贴片实时多目标识别的实现[J]. 微计算机信息, 2006, 9-1: 299-301

[5] 姜凯, 黄波. 全自动金丝球焊机中芯片图像快速定位算法[J]. 光电子·激光, 2003.12

作者简介: 黄波(1974.7-), 男, 湖北省武汉人, 工程师, 1997年毕业于长春光学精密机械学院检测技术专业。现在在中科院长春光学精密机械与物理研究所攻读硕士学位, 研究方向为模式识别与数字图像处理。

Biography: Huang, Bo (1974.7-), male, Hubei Province, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science, engineer, digital image processing and pattern recognition, Email: yellowwave@21cn.com

(130033 长春中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) (100039 北京中国科学院研究生院) 黄波

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science, Changchun 130033, China) Huang, Bo.

通讯地址: (130033 吉林省长春市经济开发区营口路19号 长春光机所光华微电子设备工程中心有限公司) 黄波

(收稿日期: 2006.4.12) (修稿日期: 2006.5.10)

《变频器与软启动器应用 200 例》

凡有电机的地方, 均需要软启动器与变频器, 一是安全、二是节能、三是环保。冶金、石化、化工企业的大设备运行, 港口、码头、矿山的装载机械、掘进机械、水泥厂的窑炉动力机械、破碎机械, 机床厂的各种设备与产品, 电力(发电与运行)机械, 铁路行业的电力机车、内燃机车与货场的行车, 轻工动力机械、造纸机械、印刷机械、大厦中的电梯、中央空调装置、恒压供水装置, 各种窑炉的控制设备、大型闸门起吊设备, 各种伺服阀门、大型雷达动力驱动系统, 有轨、无轨城市电车……。电机无处不在, 变频器与软启动器的用场无所不在。高压变频、中低变频、直流调速、交流变频、交交变频、伺服驱动、各种启动、励磁、电源解决均在本书之中, 既符合设计使用人员查阅, 又适合采购主管人员查询。好书大家拥有, 200个实用案例与大量的广告总会有适合您的一款。

本书已出版。大16开, 每册定价110元(含邮费)。预购者请将书款及邮费通过邮局汇款至

地址: 北京海淀区皂君庙14号院鑫雅苑6号楼601室

微计算机信息编辑部 邮编: 100081

电话: 010-62132436 010-62192616(T/F)

http://www.autocontrol.com.cn http://www.autocontrol.cn

E-mail: editor@autocontrol.com.cn; control-2@163.com