

# 全自动金丝球焊机中芯片图像快速定位算法\*

姜 凯<sup>1,2\*</sup>, 陈海霞<sup>3</sup>, 黄 波<sup>1</sup>, 汤建华<sup>1</sup>

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100000; 3. 吉林大学计算机科学与技术学院, 吉林 长春 130025)

**摘要:**提出了一种通过对二维模板图像抽样来进行图像匹配的快速算法,并对其进行优化。该算法通过设定搜索步长、提取抽样序列,大大减少了搜索和匹配过程的运算量。并且采用两阶段搜索过程,解决了目标子图像旋转问题,保证了匹配精度。该算法运算简单,特别适合硬件实现。实践表明,该算法满足系统的实时性( $<20\text{ ms}$ )和定位精度( $\pm 4\text{ }\mu\text{m}$ )的要求,抗噪能力较强,具有很强的鲁棒性。

**关键词:**图像匹配; 模板抽样; 候选子图像; 全自动金丝球焊机

**中图分类号:**TP391 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-0086(2003)12-1340-04

## A Fast Chip Image Locating Algorithm in the Full Automatic Gold Wire Bonder

JIANG Kai<sup>1,2\*</sup>, CHEN Hai-xia<sup>3</sup>, HUANG Bo<sup>1</sup>, TANG Jian-hua<sup>1</sup>

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science, Changchun 130022, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130025, China)

**Abstract:** A fast algorithm based on two dimensions template sampling was presented and optimized. It sets the search step and sample sequence to reduce the computational complexity. It includes two search phases, which settle down the problem of target subimage rotating and guarantee to find the matching positions precisely. The simplicity of the algorithm facilitates its hardware implementation. It has been applied to the image locating system of fully automatic gold wire bonder, and the real time demand ( $<20\text{ ms}$ ) and precision demand ( $\pm 4\text{ }\mu\text{m}$ ) of the system are meted well. Experiment results demonstrate that the algorithm is robust and immune to noise.

**Key words:** image matching; template sampling; candidate subimage; fully automatic gold wire bonder

## 1 引 言

全自动金丝球焊机是集精密机械、自动控制、图像识别、光学和超声波热压焊接等多领域技术于一体的现代高科技微电子后封装设备。目前,我国已能自行生产手动金丝球焊机,但尚未实现自动化,其中图像定全是实现芯片自动焊接的关键技术之一,难点在于系统对实时性( $<20\text{ ms}$ )、定位精度( $\pm 4\text{ }\mu\text{m}$ )要求高。迄今为止,已提出了许多快速定位方法,其中最常用的是模板匹配方法。

围绕减少搜索空间和匹配时间的问题,相继提出了序贯相似性检测算法(SSDA)<sup>[1]</sup>、多分辨率塔形结构算法(MPSA)<sup>[2]</sup>等模板匹配方法。SSDA 算法能

够快速得到图像匹配的最优解,但算法的抗噪声能力不高。MPSA 算法能够有效提高匹配速度,但难以保证正确匹配的前提下大幅度提高速度。更重要的是,这两种算法在目标子图像存在旋转的情况下,难以保证准确找到目标。因此,本文提出了一种对二维模板图像均匀抽样的快速匹配算法,由于对模板图像进行抽样起到了一定的滤噪作用,所以可以不必对场景图像进行预处理,提高了实时匹配的速度,满足了全自动金丝球焊机中芯片图像识别系统的要求。

## 2 算法设计

本算法分两阶段对模板图像进行匹配。由于图像自相关性很强,所以可以选择适当的搜索步长进行

\* 收稿日期:2003-04-23 修订日期:2003-06-16

\* E-mail: kjiang@eyou.com

第1阶段的粗匹配,加快搜索速度;进而第2阶段搜索匹配,找出目标图像的旋转和精确平移。更重要的是,本算法在确保匹配精度的前提下对二维模板图像均匀抽样,减少了图像数据运算量,提高了匹配速度,也提高了抗噪声能力。

假设:给定场景图像  $S$ , 大小为  $n \times n$ ; 模板图像  $T$ , 大小为  $m \times m$ ; 记  $S_{i,j}$  为  $S$  中欲与  $T$  匹配的子图像,  $(i, j)$  为  $S_{i,j}$  的左上角在  $S$  中的坐标。对计算机而言, 加减运算速度比较快。因此, 采用点与点之间的灰度差作为两点之间的距离。定义图像  $A$  中点  $a$  到图像  $B$  中点  $b$  的距离  $d[A(a), B(b)]$  为

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

## 2.1 对模板的预处理

一幅图像是一个复杂模式, 它包含了丰富的信息, 其中许多信息是冗余的。因此, 不必要对模板图像与目标子图像进行逐点比对, 而是等间距对二维模板图像进行抽样, 得到抽样点序列  $Sq$ , 大小为  $l$ 。

另外, 考虑到目标子图像的旋转问题, 对模板图像  $T$  以中心为对称点作不同角度(间隔为  $1^\circ$ ) 的旋转, 得到  $t$  幅模板图像,  $t$  为角度离散化的数量,  $T_\alpha$  表示以  $\alpha^\circ$  旋转后得到的模板图像。

## 2.2 第1阶段的搜索设计

在第1阶段的粗匹配中, 需要从全部匹配子图像集  $S$  中获得候选子图像集合  $C$ 。为了保证算法的正确性, 必须满足<sup>[3]</sup>: 1)  $C$  包含真正的匹配点; 2)  $|C|$  尽可能地小, 以降低第2阶段的搜索空间; 3)  $C$  能快速获得。

在第1阶段, 以搜索步长  $h$  进行粗匹配以确定集合  $C$  中包含的元素。定义子图像与模板图像之间的距离  $D(S_{i,j}, T)$  为

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

候选子图像集  $C$  满足

$$C = \{S_{i,j} \mid D(S_{i,j}, T) \leq \theta\} \quad (3)$$

其中  $\theta$  为阈值。

候选子图像集的大小  $|C|$  影响匹配的正确性。 $|C|$  过小, 就有可能产生失配, 特别是在场景图像中存在多个目标子图像时; 而  $|C|$  过大, 又会增大匹配时间。用户可以根据实际需要选择适当的阈值以确定  $|C|$ 。

## 2.3 第2阶段的搜索设计

由于金丝球焊机中的芯片图像总会发生一定范围内的旋转, 因此准确定位也应将旋转角度找出来。实验表明, 偏转角度  $-7^\circ < \alpha < 7^\circ$  对粗匹配的影响不

是很大。因此, 在第1阶段的设计中可以不对其进行考虑; 在第2阶段的精确匹配中增加多模板( $T_\alpha$ )匹配这一环节。

在第2阶段中, 需要为第1阶段搜索得到的  $C$  中的每一个候选子图像确定搜索区域。区域大小( $2r \times 2r$ ) 的确定与搜索步长  $h$  有直接关系, 理论上应选取  $r = h/2$ 。具体做法是: 以每一个候选子图像  $S_{i,j}$  的左上角坐标  $(i, j)$  为中心, 建立大小为  $2r \times 2r$  的搜索区域, 如图1所示。在每一点遍历匹配每一个旋转处理后的模板图像  $T_\alpha$ , 取

$$(i_0, j_0, \alpha_0) = \{(x, y, \alpha) \mid D(S_{x,y}, T_\alpha) = \min_{\substack{i-r < x' < i+r \\ j-r < y' < j+r \\ -7^\circ < \alpha' < 7^\circ}} [D(S_{x',y'}, T_{\alpha'})] \wedge i-r < x < i+r \wedge j-r < y < j+r \wedge -7^\circ < \alpha < 7^\circ\} \quad (4)$$

为最佳匹配位置。

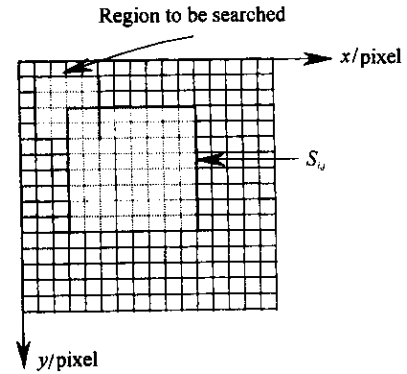


图1 搜索区域的确定

Fig. 1 Specification of searching range

## 3 算法优化策略

为了进一步降低图像匹配的计算量, 我们对该算法进行了优化。在每次匹配过程中, 并不等到模板图像与匹配子图像完全匹配结束后才判断是否目标对象, 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2所示。一旦发现距离  $D(S_{i,j}, T)$  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为: 1) 令  $Th_1 = D(S_{1,1}, T)$ ; 2) 对于第  $n$  次匹配, 若有  $r$  满足

$$\sum_{k=1}^r d[S_{i,j}[Sq(k)], T[Sq(k)]] > Th_{n-1}, r < l \quad (5)$$

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

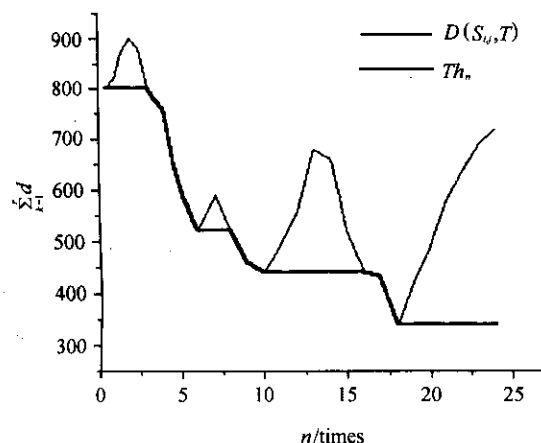


图2 检测曲面示意图

Fig. 2 Detecting surface

#### 4 算法分析

该算法意义清晰直观,设计简单,易于实现。匹配算法中仅涉及加法运算,只在模板的预处理中涉及到乘法运算,保证了算法的快速实现。

传统的灰度匹配算法时间复杂度为  $O[(n-m+1)^2 \times m^2]$ 。采用本算法第1阶段时间复杂度为  $O[(n-m+1)^2 \times l/h^2]$ ,第2阶段为  $O(|C| \times t \times 4r^2 \times l)$  即  $O(|C| \times t \times h^2 \times l)$ ,因此总的时间复杂度为  $O\{[(n-m+1)^2/h^2 + |C| \times t \times h^2] \times l\}$ 。本算法复杂度大大低于传统算法。

搜索步长  $h$  的确定是保证算法正确性的关键。当搜索步长较大而模板较小时,有可能漏检真正的匹配子图像。图3显示了搜索步长与时间的关系。由图可知,搜索步长  $h$  在6~12之间,算法所用时间较少。在实践中,我们采用  $h=10$ 。

算法中,搜索步长  $h$ 、候选图像子集大小  $|C|$  以及抽样大小  $l$  均为变量,可以通过实验,在时间和精度之间做出取舍。

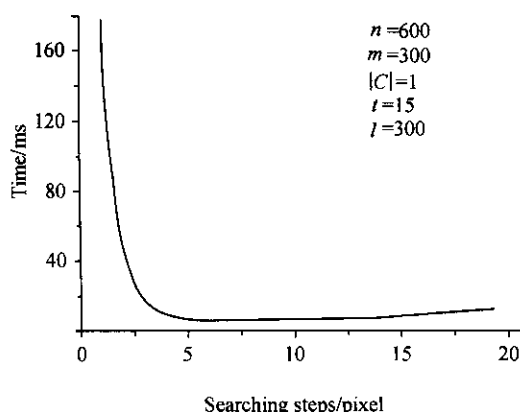


图3 时间与搜索步长的关系

Fig. 3 Illustration of the relationship between time and searching step

#### 5 实验结果及分析

将本算法应用于全自动金丝球焊机的图像识别系统,在主频为1G的工控机上利用VC++6.0实现算法,匹配时间小于15ms,满足系统的要求。实验场景图像大小为  $640 \times 480$ ,模板图像大小为  $228 \times 224$ ,搜索步长  $h=10$ ,抽样大小  $l=260$ ,  $|C|=1$ ,  $t=15$ 。在工业应用中,搜索步长  $h$  与抽样大小  $l$  可根据现场环境动态变化。

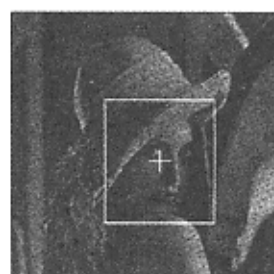
为了验证算法的抗噪声能力,对1幅普通图像加入不同噪声<sup>[4]</sup>进行定位识别,并且与SSDA、MPSA算法进行了比较。试验采用的原始图像大小为  $256 \times 256$ ,如图4,模板大小为  $100 \times 98$ ,  $h=6$ ,  $l=150$ ,  $|C|=1$ ,  $t=15$ 。表1给出了3种算法的计算性能比较(限于篇幅仅给出2幅图像)。从中可以看出,本算法在时间上大大优于SSDA和MPSA算法,而且稳定性也较高,便于工程实现。



(a) Original image and the template



(b) Spiced salt noise



(c) Spiced salt and random noise

图4 噪声图像定位

Fig. 4 Image locating with noise

表 1 SSDA 算法、MPSA 算法与本文算法的定位时间比较

Tab. 1 Locating time contrast of SSDA、MPSA and our algorithm

No.	Original position (center)	Matching position (center)	Matching time/ms		
			SSDA	MPSA	The Algorithm
b	(141,141)	(141,141)	1 204.23	114.36	9.29
c		(141,141)	1 079.89	116.29	9.01

6 结 论

提出了一种对二维模板图像进行抽样的快速匹配算法。对图像进行抽样实质上降低了图像的分辨率,保留了其基本特征而忽略了部分细节,同时也起到滤除部分高频噪声的作用,提高了该算法的抗噪能力。通过引入候选子图像集合 C,有效降低了失配的概率,使该算法能快速精确地在场景图像中定位目标子图像。实验表明,该算法对待识别图像依赖性较弱,具有很强的抗噪声能力。另外,该算法所用运算主要是加减运算,可以部分甚至全部用硬件芯片来

实现<sup>[5]</sup>。

参 考 文 献:

[1] Barnea D I, Silverman H F. A class algorithms for fast digital image registration [J]. *IEEE Trans. On Comput.*, 1972, **C-21**(2):179-186.

[2] Kashef B G A. Survey of new techniques for image registration and mapping [A]. *SPIE [C]*. 1983, **443**:222-239.

[3] Sung-Hyuk Cha. Efficient algorithms for image template and dictionary matching [J]. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*. 2000, **12**:81-90.

[4] He Bin, Ma Tian-Yu, Wang Yun-jian, et al. Digital image processing by Visual C++ [M]. Beijing: Post & Telecom Press, 2001. (in Chinese)

[5] K R Castleman. Digital image processing [M]. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1996.

作者简介:

姜 凯 (1976—),男,硕士生,研究方向为模式识别与数字图像处理。

(上接第 1331 页)

参 考 文 献:

[1] Wan Dean. The technology of high accuracy measurement using laser beam as a straight [M]. Beijing: National Industry Press, 1999. 2-12. (in Chinese)

[2] Zhao Weiqian. Key Measurement Technique for ultraprecision discontinuous cylindrical form [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2003, 31-38. (in Chinese)

[3] Qun Hao. Study on large-scale form and position errors measurement system using laser alignment and matrix CCD detector [D]. Beijing: Tsinghua University, 1997, 1-9. (in Chinese)

[4] Liu Xingzhan, Liang Jinwen. Alignment system with double beam compensation [J]. *Technology of Metrology*. 1999, **1**:12-15.

[5] Qun Hao, Dacheng Li, Yongtian Wang. High-accuracy long distance alignment using single-mode optical fiber and phase plate [J]. *Optics & Laser Technology*. 2002, **34**

(4):287-292.

[6] Fen Longling. Simple analysis of signal processing skill for four-quadrant opto-electronic detective system [J]. *Optical Technique*. 1995, (3):12-17.

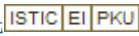
[7] Liu Guorong, Yang Xianhui. Fuzzy adaptive PID controller [J]. *Control and Decision*. 1995, **10**(6):598-562.

[8] Kuang Ronghua, Rong Taiping. A simple fuzzy controller with an adaptive PID parameter [J]. *Journa of Hua Zhong University of Science and Technology*. 2001, **9**(6):25-30.

作者简介:

曹 军 (1956—),男,教授,博士生导师.主要研究方向为模糊控制、系统建模与仿真和机电一体化,主持和参加国家“九五”攻关、国家和省自然科学基金、教育部重点攻关等 17 个科研项目,获省科技进步一等奖 1 项、获省部级科技进步二等奖 5 项,获省部级科技进步三等奖 2 项,发表论 30 余篇。

# 全自动金丝球焊机中芯片图像快速定位算法

作者: 姜凯, 陈海霞, 黄波, 汤建华  
作者单位: 姜凯(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林, 长春, 130022; 中国科学院研究生院, 北京, 100000), 陈海霞(吉林大学计算机科学与技术学院, 吉林, 长春, 130025), 黄波, 汤建华(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林, 长春, 130022)  
刊名: 光电子·激光   
英文刊名: JOURNAL OF OPTOELECTRONICS · LASER  
年, 卷(期): 2003, 14(12)  
被引用次数: 4次

## 参考文献(5条)

1. K R Castleman [Digital Image Processing](#) 1996
2. HeBin;Ma Tian-Yu;Wang Yun-jian [Digital image processing by Visual C++](#) 2001
3. Sung-Hyuk Cha [Efficient algorithms for image templateand dictionary matching](#) 2000(12)
4. Kashef B G A [Survey of new techniques for image registration and mapping](#) 1983
5. Barnea D I;Silverman H F [A class algorithms for fast digital image registration](#)[外文期刊] 1972(02)

## 引证文献(4条)

1. 陈果, 张武昕, 高隽 [微小目标的视觉信息获取及系统设计](#)[期刊论文]-[合肥工业大学学报\(自然科学版\)](#) 2007(12)
2. 陈良锋, 张鸿海, 马豪 [自动金丝球引线键合机图像识别系统](#)[期刊论文]-[计算机与数字工程](#) 2007(8)
3. 黄波 [全自动超声波铝丝焊机中的芯片识别算法](#)[期刊论文]-[微计算机信息](#) 2006(31)
4. 陈世哲, 刘国栋, 胡涛, 庄志涛, 浦昭邦 [IC芯片视觉检测中快速图像匹配定位](#)[期刊论文]-[光电子·激光](#) 2005(11)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_gdzjg200312024.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gdzjg200312024.aspx)