

文章编号: 1001-5078 (2006) 010-0998-03

# 基于光学联合变换相关的指纹识别算法研究

张 勇,冯广斌,闫鹏程,毛向东  
(军械工程学院军械技术研究所,河北 石家庄 050000)

**摘 要:**利用光学联合变换相关器 (JTC),通过对参考图像和待识别图像作相关运算,观察相关平面是否出现相关峰,从而推断两图像的相似程度。和一般的基于细节匹配的指纹识别算法不同,基于光学联合变换相关的指纹识别算法利用了指纹图像的整体特征,因而对破损指纹图像具有较高的识别准确性,通过对指纹数据库中多幅指纹图像的识别结果验证了该算法的可行性。

**关键词:**光学联合变换相关器;指纹识别;相关峰

**中图分类号:** TP391. 41; Q984 **文献标识码:** A

## Study of Fingerprint Recognition Algorithm Based on Joint Transform Correlation

ZHANG Yong, FENG Guang-bin, YAN Peng-cheng, MAO Xiang-dong  
(Ordnance Engineering College Ordnance Technology Institute, Shijiazhuang 050000, China)

**Abstract:** Optical joint transform correlation identifies the similarity degree between reference image and target image according to the correlation peak appearance in correlation plane by its correlation operation. Different from the common fingerprint recognition method on the principle of the detail spot coordinates matching, the novel fingerprint identification algorithm based on joint transform correlation is efficient and quickly because it depends upon the integrated feature of fingerprint images and has the less relatively demand to the image quality. The recognizing result to fingerprint database by computer proves the feasibility of the method.

**Key words:** optical joint transform correlator; fingerprint recognition; correlated peak

### 1 引 言

指纹识别是用于个人身份验证的最有效方法之一。目前常用的识别算法是美国联邦调查局 (FBI) 提出的细节点坐标模式来做细节匹配。该算法利用指纹脊末梢与脊线分支点这两个关键点来验证指纹,通过将细节点表示为点模型,将指纹识别问题转化为点模式匹配问题<sup>[1]</sup>。此外较常用的指纹识别算法还有 Chang 等提出的基于二维聚类的快速算法<sup>[2]</sup>, Jain 等提出的串匹配算法<sup>[3]</sup>, Hrechak 等利用结构匹配来做指纹识别等<sup>[4]</sup>。上述识别算法的识别准确率较高,但其最大缺点是对指纹图像质量要

求较高,对破损指纹图像以及带有伤疤的指纹图像识别准确率较低。基于光学联合变换相关器工作原理的联合交换相关算法,不同于上述的细节匹配算法,该算法主要依据指纹图像的整体特征,而不是依据指纹的脊末梢与脊线分支点进行细节匹配,因而对破损指纹以及带有伤疤的指纹图像具有较高的识别准确性。

基金项目:总装备部军械技术研究所基金项目。

作者简介:张 勇 (1974 - ),男,工程师,硕士,主要研究方向为光学信息处理与故障诊断。E-mail: iamzhangy@163.com

收稿日期: 2006-04-27;修订日期: 2006-06-02

### 2 光学联合变换相关器的实现

图 1 为实验室搭建的用于实时处理指纹图像的联合变换相关器原理框图。采用输出功率为 2mW、波长为 632.8nm 的 He-Ne 激光器作为相干光源,两片傅立叶变换透镜的焦距均为 400mm,场景和滤波平面均采用分辨率为 1024 × 768 的液晶型空间光调制器,采用敏通公司生产的分辨率为 768 × 576 的 CCD 探测相关信号输出。图 2 为两幅不同的指纹图像。待识别指纹图像表示为  $r(x, y)$ , 指纹库中任意一幅指纹图像表示为  $s(x, y)$ , 将两幅指纹图像合成作为一幅输入图像, 并使两指纹图像中心相距  $2a$ , 合成后的图像可用式 (1) 表示。

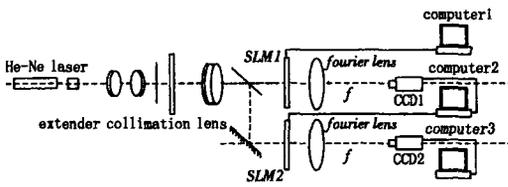


图 1 联合变换相关器原理框图

Fig 1 functional block diagram of JTC



图 2 两幅不同的指纹图像

Fig 2 two different fingerprint picture as input

$$f(x, y) = r(x - a, y) + s(x + a, y) \tag{1}$$

合成后的图像由 computer1 送至第一片 SLM1 并经傅立叶透镜变换, 可得:

$$F(u, v) = R(u, v) \exp(j2\pi au) + S(u, v) \exp(j2\pi au) \tag{2}$$

其中,  $F(u, v)$ 、 $R(u, v)$ 、 $S(u, v)$  分别是输入函数  $f(x, y)$ 、待识别指纹图像  $r(x, y)$  和任意参考指纹图像  $s(x, y)$  的傅立叶变换, 将两图像的傅立叶变换频谱送至第二片 SLM2, 可得联合变换功率谱 (joint power spectrum):

$$|F(u, v)|^2 = |R(u, v)|^2 + |S(u, v)|^2 + R(u, v)S^*(u, v) \exp(j2\pi au) + R^*(u, v)S(u, v) \exp(-j2\pi au) \tag{3}$$

将联合变换功率谱再经傅立叶透镜变换, 可得:

$$c(x, y) = s(x, y) \otimes s(x, y) + r(x, y) \otimes r(x, y) + r(x, y) \otimes s(x, y) * (x+2a, y) + s(x, y) \otimes r(x, y) * (x-2a, y) \tag{4}$$

$$(x - 2a, y) \tag{4}$$

式 (4) 中, 符号  $\otimes$  表示相关运算; \* 表示卷积运算。第一、二项分别表示待识别指纹图像和任意参考指纹图像的自相关, 它们重叠位于输出平面中心; 第三、四项分别位于  $(-2a, 0)$  和  $(2a, 0)$  处, 是一对互相关项, 该项表示了两个指纹图像的相似程度。作为两个函数之间相似性的一种度量, 当两个函数表示的是两个全同的实函数时, 相关函数存在一个最大值, 并表现为尖锐的相关峰分布; 当两个函数不相同, 相关函数的强度迅速下降, 相关峰强度弥散或无法观测到相关峰。因此, 是否存在尖锐的相关峰, 可以作为判断待识别指纹图像和参考图像是否相同的关键要素。图 3 为输入图像和输出平面相关峰的位置关系。

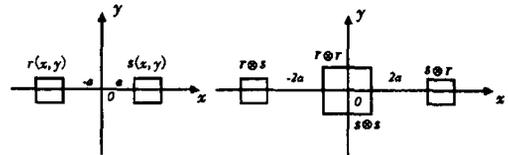


图 3 输入图像和输出平面相关峰的位置关系

Fig 3 position relationship of input image and the output plane correlation peak

### 3 联合变换相关算法的实现

联合变换相关算法的实现主要是进行了两次快速傅立叶变换, 其具体过程如图 4 所示。

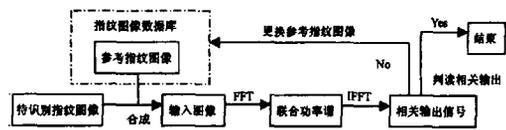


图 4 联合变换相关算法实现过程

Fig 4 implementation procedure of joint transform correlation algorithm

在进行快速傅立叶变换前, 首先通过抽样使连续图像在空间离散化, 然后通过量化将离散化后的图像信号在幅度上离散化。因此, 取样和量化后的数字信号能最大限度的代表原始的连续图像信号, 并且能使取样后的离散图像信号无失真的恢复原始信号。根据抽样定理, 取样图像的频谱是连续图像谱在  $(u, v)$  方向上以一定间隔的分布, 当  $u_x, v_y$  选择适当, 使  $u_x, v_y$  大于或等于原图像覆盖频率间隔  $L_u, L_v$  两倍时, 取样不会出现重叠现象, 从而得到期望的取样点阵。对于一幅二维指纹图像, 其傅立叶变换为:

$$F(u, v) = \int \int f(x, y) \exp[-j2\pi(ux + vy)] dx dy \tag{5}$$

对于尺寸为  $N \times N$  像素的图像,二维离散化后的傅立叶变换为:

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) \exp\left[-j\frac{2}{N}mu\right] \exp\left[-j\frac{2}{N}nv\right] \quad (6)$$

二维傅立叶变换行列可分,可以先变换列,然后再变换行:

$$x(u, n) = \sum_{m=0}^{N-1} f(m, n) \exp\left[-j\frac{2}{N}mu\right] \quad (7)$$

$$F(u, v) = \sum_{m=0}^{N-1} x(u, m) \exp\left[-j\frac{2}{N}mv\right] \quad (8)$$

实际计算中采用了蝶形算法<sup>[5]</sup>。蝶形算法主要利用了离散傅里叶变换的对称性和周期性,其主要思路是,首先将输入序列倒序排列,然后按照蝶形图进行计算即可。实验中建立了一个包含 50 个不同指纹图像的指纹库,其中包括若干幅破损指纹图像。随机选出一幅指纹图像,然后和指纹库中的其它指纹图像进行识别。采用 *Visual Basic 6.0* 编写的指纹图像识别软件获得指纹图像联合功率谱、相关输出,以及采用 *Matlab 6.0*<sup>[6]</sup> 对相关平面相关峰分析,如图 5、图 6 所示。从图中可以看出,两指纹图像不同时,输出信号没有相关峰;两指纹图像相同时,有尖锐的相关峰,据此可以从众多的指纹图像中快速寻找待识别指纹图像。表 1 中分别列出两幅指纹图像进行识别,一幅为一般的指纹图像,另一幅为存在一定程度破损的指纹图像。从识别结果可以看出,联合相关算法识别处理速度快,识别准确率高。识别过程及结果见表 1。

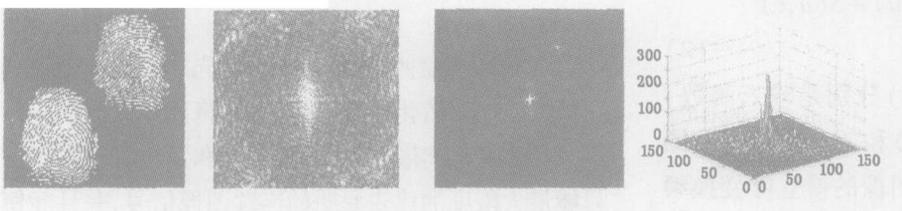


图 5 相同指纹图像、联合功率谱、相关输出及图像分析

Fig 5 the same fingerprint image, JPS, recognition result and image analysis simulated by computer

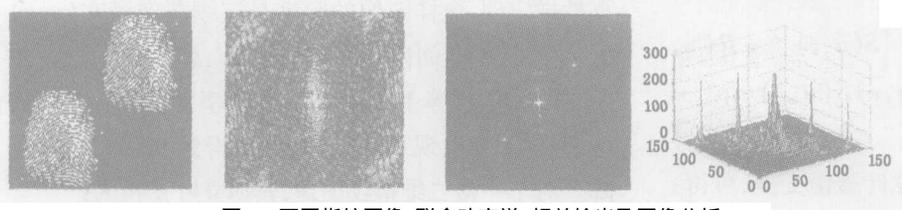


图 6 不同指纹图像、联合功率谱、相关输出及图像分析

Fig 6 the different fingerprint image, JPS, recognition result and image analysis simulated by computer

表 1 利用联合变换相关算法的识别结果

Tab 1 recognition result obtained by joint transform correlation algorithm

type	number of fingerprint images	correct number	error number	percentage of correct	total time
ordinary	50	50	0	100%	40s
damaged	50	49	1	98%	41s

### 4 结 论

基于光学联合变换相关器的联合相关算法用于指纹图像的实时识别,具有速度快、准确率高等特点。该算法不拘泥于图像的细节特征,而是对整个图像特征敏感,对图像质量要求较低,对破损指纹具有较高的识别准确性。由于该算法基于指纹图像的整体特征进行判别,因此在识别过程中,应注意保证两个指纹图像的旋转和尺度畸变保持在一定范围之内,否则根据联合变换相关算法可知,较大的尺度和旋转畸变,将会导致相关峰的强度迅速下降,或者无法观察到,从而影响识别的准确性。

### 参考文献:

[1] 张迪,傅德胜.一种基于模糊判别的指纹识别算法[J].南京气象学院学报,2002,25(5):702-705.

[2] Chang Shih-hsu, Chen Fang-hsuan, Hsu Wen-hsing Fast algorithm for point pattern matching; invariant to translations, rotations and scale changes[J]. Pattern Recognition, 1997,30:311-316.

[3] Jain A, Hong L, Bolle R. On-line fingerprint verification [J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997,19(4):302-313.

[4] Hrechak A K, Mchugh J A. Automated fingerprint recognition using structural matching [J]. Pattern Recognition, 1990,23(8):893-904.

[5] 张宏林. Visual C++ 数字图像模式识别技术及工程实践 [M]. 北京:人民邮电出版社, 2003:26-30.

[6] 孙兆林. MATLAB 6.x 图像处理 [M]. 北京:清华大学出版社,2002:171-201.