



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104036273 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 10

(21) 申请号 201410216625. 1

(22) 申请日 2014. 05. 22

(71) 申请人 南京信息工程大学

地址 215101 江苏省苏州市吴中区木渎镇中
山东路 70 号吴中科技园 2 号楼
2310 室

(72) 发明人 梅园 赵波

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 葛潇敏

(51) Int. Cl.

G06K 9/34 (2006. 01)

G06T 7/00 (2006. 01)

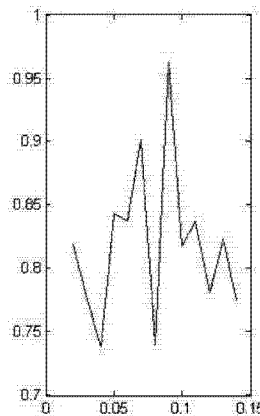
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法

(57) 摘要

本发明公开一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法,包括如下步骤:将原始指纹图像分割成一系列互不重叠的内窗口;对分割出的每个内窗口,分别以该内窗口为中心取外窗口,并将各外窗口与同等大小的 2D Blackman 窗进行对应元素相乘,得到该外窗口的子图;对每个外窗口的子图计算 SIVV 特性曲线;根据得到的 SIVV 特性曲线对内窗口进行取舍,完成指纹图像指纹前景区域与背景区域的分割。本发明的目的,在于提供一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法,其具有抗噪能力强、鲁棒性好、能够兼顾分割精度和运算时间的特点。



1. 一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法,其特征包括如下步骤:

(1) 将原始指纹图像分割成一系列互不重叠的内窗口,每个内窗口的大小均为 $W_{in} \times W_{in}$;

(2) 对步骤 (1) 中分割出的每个内窗口,分别以该内窗口为中心取尺寸为 $W_{out} \times W_{out}$ 的外窗口,并将各外窗口与同等大小的 2D Blackman 窗进行对应元素相乘,得到该外窗口的子图;

(3) 对每个外窗口的子图计算 SIVV 特性曲线;

(4) 根据步骤 (3) 得到的 SIVV 特性曲线对内窗口进行取舍,完成指纹图像指纹前景区域与背景区域的分割。

2. 如权利要求 1 所述的一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法,其特征在在于:所述步骤 (1) 中,在进行分割时,若原始指纹图像的边缘剩余部分尺寸小于 W_{in} ,则对该边缘剩余部分补充像素点,使之能够分割出尺寸为 $W_{in} \times W_{in}$ 的内窗口。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法,其特征在在于:所述步骤 (1) 中, W_{in} 的取值范围是 1 ~ 20 像素。

4. 如权利要求 1 所述的一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法,其特征在在于:所述步骤 (2) 中,2D Blackman 窗通过如下方式获得:

设长度为 Q 的一维 Blackman 窗的表达式如下:

$$w(q) = 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi q}{Q-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi q}{Q-1}\right) \quad (1)$$

其中, $Q = W_{out}$, q 表示该一维 Blackman 窗中像素点的序号,且 $q = 1, 2, \dots, Q$;

将式 (1) 与式 (1) 叉乘,得到 2D Blackman 窗的矩阵形式。

5. 如权利要求 1 或 4 所述的一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法,其特征在在于:所述步骤 (2) 中, W_{out} 的取值范围是 20 ~ 50 像素。

6. 如权利要求 1 所述的一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法,其特征在在于:所述步骤 (3) 的详细内容是:

(31) 利用式 (2) 计算子图的频谱图:

$$H(u) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \exp[2\pi i y \frac{v}{N}] \exp[2\pi i x \frac{u}{M}] h(x, y) \quad (2)$$

其中, $u \in (-\frac{M}{2}, \frac{M}{2})$, $v \in (-\frac{N}{2}, \frac{N}{2})$; $h(x, y)$ 表示子图中对应坐标 (x, y) 处的像素值;

M, N 均取值为 W_{out} ;

(32) 采用式 (3) 计算子图的二维正态化对数功率谱:

$$P(u, v) = |H(u, v)|^2 \quad (3)$$

(33) 采用式 (4) 将式 (3) 转换到极坐标系下:

$$\begin{cases} \rho = \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{\sqrt{M^2 + N^2}} \\ \theta = \tan^{-1}\left(\frac{v}{u}\right) \end{cases} \quad (4)$$

采用 $P(\rho, \theta)$ 表示极坐标系下的功率谱, 其中, ρ 表示对子图的最大尺度均分;

(34) 利用式 (5) 将所有角度 θ 下的 P 求和, 得到关于 ρ 的功率谱:

$$P(\rho) = \sum_{\theta=0}^{180} P(\rho, \theta) \quad (5)$$

从而, 正态化的关于 ρ 的功率谱表示为:

$$P_N(\rho) = \frac{P(\rho)}{P(0)} \quad (6)$$

其中, $\rho \in [0, 0.5]$ 周期 / 像素。

7. 如权利要求 6 所述的一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法, 其特征在于: 所述步骤 (32) 中, 采用的正态化方法有 $10 * \lg P(u, v)$ 或 $10 * \lg \frac{P(u, v)}{P(0, 0)}$ 。

8. 如权利要求 1 所述的一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法, 其特征在于: 所述步骤 (4) 的具体内容是: 计算 SIVV 特性曲线在 $(0, 0.15)$ 范围内的峰值位置 (ρ_H, H) , 并设置阈值 T_1, T_2 , 若 $\rho_H > T_1$ 且 $H > T_2$, 认为该 SIVV 特性曲线对应的内窗口为指纹前景区域, 保留该内窗口, 否则认为是背景区域, 将其舍弃。

一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法

技术领域

[0001] 本发明属于数字图像处理中的自动指纹识别领域,特别涉及一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法。

背景技术

[0002] 生物特征识别技术是根据每个人独有的可以采样和测量的生物学特征和行为学特征进行身份识别的技术。由于生物特征不像各种证件类持有物那样容易窃取,也不像密码、口令那么容易遗忘或破解,所以在身份识别上体现了独特的优势,近年来在国际上被广泛研究。自动指纹识别系统 (AFIS) 由于其体积小、成本低、易操作、可靠性高等优点越来越受到人们的青睐,成为最重要的生物识别技术之一。

[0003] 一般的自动指纹识别系统包括:图像采集、图像分割、方向场估计、图像增强、二值化及细化、特征点提取、特征匹配等部分。指纹图像分割作为整个系统中除图像采集后的第一步,其主要任务是分割出指纹图像中的前景区域(指纹区域)及背景区域(非指纹区域),参见文献 [1],使后续的处理只需要针对前景区域,以利于提高整个系统的识别速率和准确性。

[0004] 目前,已有主流的指纹图像分割方法是先将整幅指纹图像分为一系列互不重叠的小块,然后对每一个小块提取若干特征,最后通过融合已提取的特征来判断每个小块是属于前景区域还是背景区域,参见文献 [1]-[7]。这些特征一般包括:灰度值统计特征(如灰度均值、灰度方差等)、局部方向性特征(如方向一致性等)和纹线特征(如脊线频率等)。这些方法的大体思路都一致,可称之为基于特征融合判决的指纹分割方法,它们之间的不同之处在于:(1) 提取的特征有所不同,有的文献中使用灰度均值、灰度方差和方向一致性,有的则使用块聚集度、灰度均值、灰度方差组合在一起进行分割;(2) 组合已提取的特征来进行判决的方法不同,如文献 [1] 使用线性分类器,文献 [4] 使用 D-S 证据理论,文献 [7] 使用 HMM 等。相对于基于特征融合判决的指纹分割方法,还有一类是基于分级处理思想的指纹分割算法,见文献 [8]、[9],如文献 [9] 将指纹图像分为非指纹区域、不能正确估计方向场区域、残留指纹区域及真实指纹区域,其中前 3 个区域对应于本文的背景区域,真实指纹区域对应于前景区域,在分割时,作者先用第一级分割将图像中的非指纹区域及不能正确估计方向场的区域去除,然后再采用二级分割将残留指纹区域及真实指纹区域分割开来。

[0005] 基于对已有指纹图像分割方法的分析及指纹图像分割问题本质的认识,可以将指纹图像分割看成一个两类别分类问题。对于一个分类问题,其分类的效果完全取决于分类特征的提取以及分类算法的选择,其中,分类特征的提取起着至关重要的作用,提取出具有较强鉴别能力的特征往往会使整个分类工作起到事半功倍的效果。

[0006] 现有的各种指纹分割算法大多在空域下通过获取各种特征,如灰度值统计特征、局部方向性特征,利用这些特征进行组合判断当前块是否为指纹前景区域。但指纹图像有明显的纹理特征,而空域不能够很好地提取出指纹图像纹理性特征。同时指纹图像由于采

集设备表面、指纹皮肤的清洁程度以及采集设备本身的影响等,会产生大量噪声,这就产生指纹背景区域的灰度方差值变大、一致性降低等后果。SIVV(Spectral Image Validation and Verification, 光谱图像验证与认证)特征由于能够很好地反应指纹的纹理特征,并对噪声具有很强的鲁棒性,见文献 [10]、[11], 本发明人试图将这一特征引入指纹图像分割中, 本案由此产生。

[0007] 前文涉及的参考文献如下:

[0008] [1]Xinjian Chen, Jie Tian, Jiangang Cheng, Xin Yang. Segmentation of fingerprint images using linear classifier. EURASIP Journal on Applied Signal Processing 2004:4, 480 - 494.

[0009] [2]B. M. Mehtre, N. N. Murthy, S. Kapoor, and B. Chatterjee. Segmentation of fingerprint images using directional image. Pattern Recognition, 1987, 20(4):429 - 435.

[0010] [3]B. M. Mehtre and B. Chatterjee. Segmentation of fingerprint images - A composite method. Pattern Recognition, 1989, 22(4):381 - 385, 1989.

[0011] [4] 唐良瑞, 谢晓辉, 蔡安妮, 孙景鳌. 基于 D-S 证据理论的指纹图像分割方法. 计算机学报, 2003, 26(7):887-892.

[0012] [5]L. Hong, Y. F. Wang, A. K. Jain. Fingerprint image enhancement: algorithm and performance evaluation. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell, 1998, 20(8):777 - 789.

[0013] [6]N. Ratha, S. Chen, A. K. Jain. Adaptive flow orientation-based feature extraction in fingerprint images. Pattern Recognition, 1995, 28(11):1657 - 1672.

[0014] [7]S. Klein, A. Bazen, R. Veldhuis. Fingerprint image segmentation based on hidden markov models. Proceedings of the 13th Annual Workshop on Circuits, Systems, and Signal Processing, 2002, 310 - 318.

[0015] [8] 耿茵茵, 唐良瑞. 指纹图像分级分割算法. 北方工业大学学报, 2000, 12(3):21-26

[0016] [9]En Zhu, Jianping Yin, Chunfeng Hu, Guomin Zhang. A systematic method for fingerprint ridge orientation estimation and image segmentation. Pattern Recognition, 2006, 39:1452-1472.

[0017] [10]Libert, John M., John Grantham, and Shahram Orandi, a1D spectral image validation/verification metric for fingerprints, 2009, NISTIR, 7599.

[0018] [11]Guan H, Dienstfrey A M, Theofanos M F. A New Metric for Latent Fingerprint Image Preprocessing[C]//Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2013IEEE Conference on. IEEE, 2013:84-91.

发明内容

[0019] 本发明的目的,在于提供一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法,其具有抗噪能力强、鲁棒性好、能够兼顾分割精度和运算时间的特点。

[0020] 为了达成上述目的,本发明的解决方案是:

[0021] 一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法,包括如下步骤:

[0022] (1) 将原始指纹图像分割成一系列互不重叠的内窗口,每个内窗口的大小均为 $W_{in} \times W_{in}$;

[0023] (2) 对步骤 (1) 中分割出的每个内窗口,分别以该内窗口为中心取尺寸为 $W_{out} \times W_{out}$ 的外窗口,并将各外窗口与同等大小的 2D Blackman 窗进行对应元素相乘,得到该外窗口的子图;

[0024] (3) 对每个外窗口的子图计算 SIVV 特性曲线;

[0025] (4) 根据步骤 (3) 得到的 SIVV 特性曲线对内窗口进行取舍,完成指纹图像指纹前景区域与背景区域的分割。

[0026] 上述步骤 (1) 中,在进行分割时,若原始指纹图像的边缘剩余部分尺寸小于 W_{in} ,则对该边缘剩余部分补充像素点,使之能够分割出尺寸为 $W_{in} \times W_{in}$ 的内窗口。

[0027] 上述步骤 (1) 中, W_{in} 的取值范围是 1 ~ 20 像素。

[0028] 上述步骤 (2) 中,2D Blackman 窗通过如下方式获得:

[0029] 设长度为 Q 的一维 Blackman 窗的表达式如下:

$$[0030] \quad w(q) = 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi q}{Q-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi q}{Q-1}\right) \quad (1)$$

[0031] 其中, $Q = W_{out}$, q 表示该一维 Blackman 窗中像素点的序号,且 $q = 1, 2, \dots, Q$;

[0032] 将式 (1) 与式 (1) 叉乘,得到 2D Blackman 窗的矩阵形式。

[0033] 上述步骤 (2) 中, W_{out} 的取值范围是 20 ~ 50 像素。

[0034] 上述步骤 (3) 的详细内容是:

[0035] (31) 利用式 (2) 计算子图的频谱图:

$$[0036] \quad H(u) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \exp[2\pi i y \frac{v}{N}] \exp[2\pi i x \frac{u}{M}] h(x, y) \quad (2)$$

[0037] 其中, $u \in (-\frac{M}{2}, \frac{M}{2})$, $v \in (-\frac{N}{2}, \frac{N}{2})$; $h(x, y)$ 表示子图中对应坐标 (x, y) 处的像素

值; M, N 均取值为 W_{out} ;

[0038] (32) 采用式 (3) 计算子图的二维正态化对数功率谱:

$$[0039] \quad P(u, v) = |H(u, v)|^2 \quad (3)$$

[0040] (33) 采用式 (4) 将式 (3) 转换到极坐标系下:

$$[0041] \quad \begin{cases} \rho = \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{\sqrt{M^2 + N^2}} \\ \theta = \tan^{-1}\left(\frac{v}{u}\right) \end{cases} \quad (4)$$

[0042] 采用 $P(\rho, \theta)$ 表示极坐标系下的功率谱,其中, ρ 表示对子图的最大尺度均分;

[0043] (34) 利用式 (5) 将所有角度 θ 下的 P 求和,得到关于 ρ 的功率谱:

$$[0044] \quad P(\rho) = \sum_{\theta=0}^{180} P(\rho, \theta) \quad (5)$$

[0045] 从而,正态化的关于 ρ 的功率谱表示为:

$$[0046] \quad P_N(\rho) = \frac{P(\rho)}{P(0)} \quad (6)$$

[0047] 其中, $\rho \in [0, 0.5]$ 周期 / 像素。

[0048] 上述步骤 (32) 中, 采用的正态化方法有 $10 * \lg P(u, v)$ 或 $10 * \lg \frac{P(u, v)}{P(0, 0)}$ 。

[0049] 上述步骤 (4) 的具体内容是: 计算 SIVV 特性曲线在 (0, 0.15) 范围内的峰值位置 (ρ_H, H), 并设置阈值 T_1, T_2 , 若 $\rho_H > T_1$ 且 $H > T_2$, 认为该 SIVV 特性曲线对应的内窗口为指纹前景区域, 保留该内窗口, 否则认为是背景区域, 将其舍弃。

[0050] 采用上述方案后, 本发明在指纹图像分割中首次引入 SIVV 特性曲线, 利用 SIVV 特性能够充分反应指纹脊骨周期性变化的特征, 判断当前指纹图像部分是否为前景区域, 通过复合窗口提高鲁棒性, 能够很好地兼顾分割精度与运算时间; 这一频域特征还可以与现有的多种空域特征进行组合, 进一步提高鉴别能力。

附图说明

[0051] 图 1 是应用本发明的原始指纹图像;

[0052] 图 2 是本发明中 2D Blackman 窗的示意图;

[0053] 图 3 是本发明中某一外窗口的示意图;

[0054] 图 4 是图 3 加窗后的外窗口图;

[0055] 图 5 是图 4 的 SIVV 特征曲线图;

[0056] 图 6 是图 1 经本发明分割后的指纹图像。

具体实施方式

[0057] 以下将结合附图, 对本发明的技术方案进行详细说明。

[0058] 本发明提供一种基于复合窗口 SIVV 特征的指纹图像分割方法, 包括如下步骤:

[0059] (1) 将图 1 所示的原始指纹图像分割成一系列互不重叠的内窗口, 每个内窗口的大小均为 $W_{in} \times W_{in}$, 其中, W_{in} 的取值范围是 1 ~ 20 (像素), 本实施例中取值为 4;

[0060] 在进行分割时, 若所述原始指纹图像的边缘剩余部分尺寸小于 W_{in} , 则对该边缘剩余部分补充像素点, 使之能够分割出尺寸为 $W_{in} \times W_{in}$ 的内窗口;

[0061] (2) 对前述分割出的每个内窗口, 分别以该内窗口为中心取尺寸为 $W_{out} \times W_{out}$ 的外窗口, 如图 3 所示, 其中, $W_{out} > W_{in}$, 且 W_{out} 的取值范围是 20 ~ 50 (像素), 本实施例中取值为 24。

[0062] 将每个外窗口与同等大小的 2D Blackman 窗进行对应元素相乘, 得到加窗后的外窗口; 其中, 2D Blackman 窗通过如下方式获得:

[0063] 设长度为 Q 的一维 Blackman 窗的表达式如下:

$$[0064] \quad w(q) = 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi q}{Q-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi q}{Q-1}\right) \quad (1)$$

[0065] 其中, $Q = W_{out}$, q 表示该一维 Blackman 窗中像素点的序号, 且 $q = 1, 2, \dots, Q$ 。

[0066] 将式 (1) 与式 (1) 叉乘, 得到 2D Blackman 窗的矩阵形式, 2D Blackman 窗如图 2 所

示。

[0067] 然后将分别与各内窗口对应的大小为 $W_{out} \times W_{out}$ 的外窗口与同等大小的 2DBlackman 窗进行对应元素相乘, 即式 (1) 中的 n 的取值范围是 $[1, W_{out}]$, 得到加窗后的外窗口图, 如图 4 所示, 也即该外窗口的子图。

[0068] (3) 对每个外窗口的子图计算 SIVV 特性曲线, 如图 5 所示。具体的计算方法是:

[0069] 如式 (2), 采用离散傅里叶变换计算子图的频谱图:

$$[0070] \quad H(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \exp[2\pi iy \frac{v}{N}] \exp[2\pi ix \frac{u}{M}] h(x, y) \quad (2)$$

[0071] 其中, $u \in (-\frac{M}{2}, \frac{M}{2})$, $v \in (-\frac{N}{2}, \frac{N}{2})$; $h(x, y)$ 表示子图中对应坐标 (x, y) 处的像素

值; M, N 分别表示子图的长、宽, 在本实施例中, 显然 M, N 均取值为 W_{out} 。

[0072] 采用式 (3) 计算子图的二维正态化对数功率谱:

$$[0073] \quad P(u, v) = |H(u, v)|^2 \quad (3)$$

[0074] 其中, 可采用的正态化方法有 $10 * \lg P(u, v)$ 或 $10 * \lg \frac{P(u, v)}{P(0, 0)}$ 。

[0075] 利用式 (4) 将式 (3) 直角坐标系下的 2D 功率谱转换到极坐标系下:

$$[0076] \quad \begin{cases} \rho = \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{\sqrt{M^2 + N^2}} \\ \theta = \tan^{-1}(\frac{v}{u}) \end{cases} \quad (4)$$

[0077] 采用 $P(\rho, \theta)$ 表示极坐标系下的功率谱, 其中, ρ 表示对子图的最大尺度均分, 取值范围是 $[0, 0.5]$ 周期 / 像素。

[0078] 最后, 利用式 (5) 将所有角度 θ 下的 P 求和, 得到关于 ρ 的功率谱:

$$[0079] \quad P(\rho) = \sum_{\theta=0}^{180} P(\rho, \theta) \quad (5)$$

[0080] 从而, 正态化的关于 ρ 的功率谱表示为:

$$[0081] \quad P_N(\rho) = \frac{P(\rho)}{P(0)} \quad (6)$$

[0082] 其中, $\rho \in [0, 0.5]$ 周期 / 像素。

[0083] (4) 如图 5, 根据步骤 (3) 得到的 SIVV 特性曲线, 计算 SIVV 特性曲线在 $(0, 0.15)$ 范围内的峰值位置 (ρ_H, H) , 并设置阈值 T_1, T_2 , 若 $\rho_H > T_1$ 且 $H > T_2$, 认为该 SIVV 特性曲线对应的内窗口为指纹前景区域, 保留该内窗口, 否则认为是背景区域, 将其舍弃; 从而完成指纹图像指纹前景区域与背景区域的分割, 如图 6 所示。

[0084] 以上实施例仅为说明本发明的技术思想, 不能以此限定本发明的保护范围, 凡是按照本发明提出的技术思想, 在技术方案基础上所做的任何改动, 均落入本发明保护范围之内。



图 1

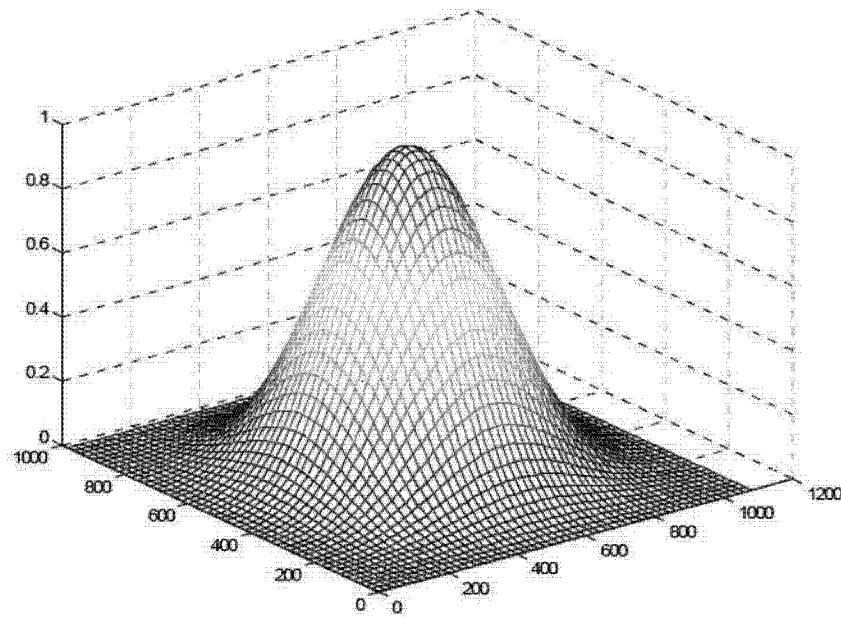


图 2

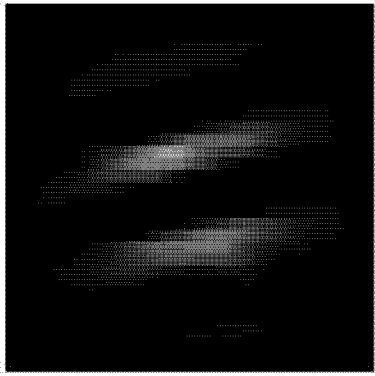


图 3

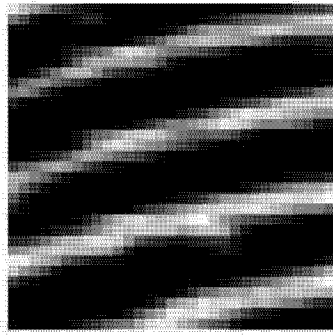


图 4

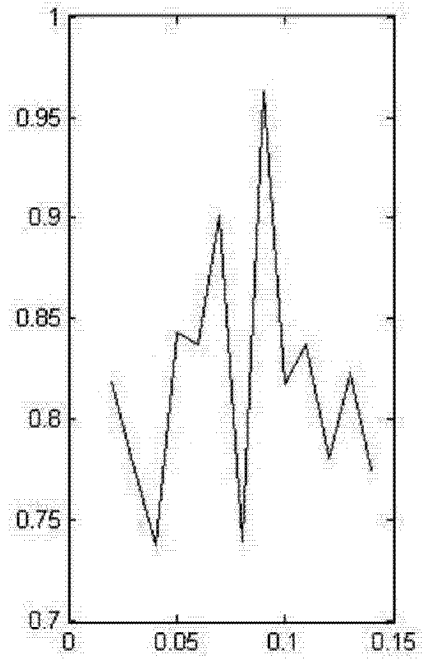


图 5



图 6