

一种基于拉伸变换函数的指纹图像增强算法^①

An Algorithm to Strengthen Fingerprint Image Based on Stretching Transfer Function

周俊¹ 罗挺² 路翔¹ 王冰¹ (1 后勤工程学院 研究生四队 重庆 400016;

2 后勤工程学院 训练部模拟中心 重庆 400016)

摘要: 提出一种基于拉伸函数的指纹图像增强算法, 通过 Otsu 方法生成阈值将指纹图像灰度大致分割为两个部分, 调整拉伸变换函数 E 值可控制两部分灰度分布范围的宽窄程度, 利用该函数可对输入的指纹图像增强对比度, 突出图像层次感, 使脊线与谷线更清晰, 且在变换过程中保留了指纹图像信息, 从而为下一步指纹特征值提取的准确性和可靠性夯实基础。此算法处理效果明显优于直方图均衡化算法, 而且计算量小、处理速度快、步骤简单, 可用于指纹图像快速处理的场合。而且通过改变单一参量就可以控制图像的输出, 在生物识别应用中为用户提供了调控与选择手段。

关键词: 指纹图像 增强 阈值 拉伸变换 空间域法

1 引言

指纹图像增强是图像分析和处理的预处理过程, 其目的是对指纹图像采用一定的算法进行处理, 使其纹线结构清晰化, 尽量突出和保留固有的特征信息, 而避免产生伪特征信息, 其目的是保证特征信息提取的准确性和可靠性^[1]。现有的图像增强技术大致可以分为空间域法、变换域法和模糊处理法 3 类。变换域法是把输入图像进行某种变换(如小波变换), 在变换域中进行处理以达到增强的目的, 通常这种方法的计算量较大, 并且, 变换参数的选取需人工干预。而模糊增强方法的主要思路为将输入图像数据通过模糊化映射, 使其转化为特征平面中的模糊图像, 然后利用特征平面中的各种性质, 对图像信息进行处理, 再将处理后的信息数据逆映射到空间域中, 获得增强后的图像。这种方法比较符合人的视觉习惯, 其主要缺点是计算量很大而且需要人工干预来确定渡越点与饱和点。空间域法主要包括二种方法: 直方图均衡化算法和直方图规定化算法, 其算法简洁、处理速度快, 缺点是直方图均衡化方法的具体增强效果不易控制, 灰度级的合并使得图像层次感差, 丢失了图像的细节。而直方图规定化过程又带有很强的主观性, 需要试凑才能获得满意的效果。在工程应用中, 经常会碰到计

算资源有限(如 DSP 应用等)、实时性要求较高的场合, 这时计算量较大、需要人工干预的变换域法和模糊处理法就很难用来解决此类问题。现有的直方图规定化方法的主观性、试凑性限制了其在此类问题中的应用^[2]。本文提出一种基于拉伸变换函数的指纹图像增强算法, 通过测试与对比, 此算法处理效果特别是在指纹图像细节保留方面明显优于直方图均衡化算法, 而且与变换域法、模糊处理法及传统的直方图规定化算法相比, 计算量小、处理速度快、不需要人工干预, 可用于计算资源有限、实时性要求较高的场合。并且此算法通过改变单一参量值就可以很方便的控制输出图像, 在工程应用中为用户提供了调控与选择手段。

2 基于拉伸变换函数的指纹图像增强方法

图 1 所示的函数为拉伸变换函数, m 相当于阈值, 该函数可以将输入值低于 m 的灰度级压缩为输出图像中较暗灰度级的较窄范围内; 类似的, 该函数可将输入值高于 m 的灰度级压缩输出图像中较亮灰度级的狭窄范围内。输出的是一副具有高对比度的图像。

其函数形式为:
$$s=T(r)=\frac{1}{1+(m/r)^E}$$

① 收稿时间:2008-09-09

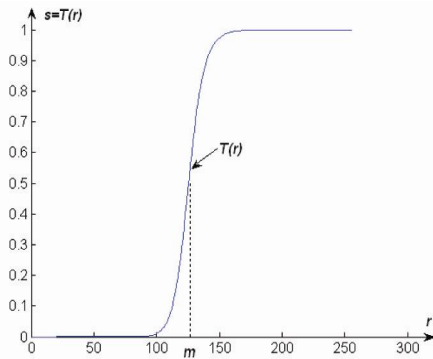


图 1 拉伸变化函数

其中， r 表示输入图像的亮度， s 是输出图像中的像中的相应亮度值， E 控制该函数的斜率。当 E 趋于无穷大时，该函数输出一幅二值图像，该限制函数演变为阈值函数，它是进行图像分割的一种有效工具。

m 阈值的选取采用 Otsu 方法^[3]来计算，图像灰度离散概率密度分布函数如下所示：

$$p_q(r_q) = \frac{n_q}{n} \quad q=0,1,2,\dots,L-1$$

其中， n 为图像中的像素总数， n_q 是灰度级为 r_q 的像素数目， L 是图像中所有可能的灰度级数。设阈值为 K ， C_0 是一组灰度级为 $[0,1,\dots,k-1]$ 的像素， C_1 是一组灰度级为 $[k,k+1,\dots,L-1]$ 的像素。Otsu 方法选择最大化类间方差 σ_B^2 的阈值 k ，类间方差定义为

$$\sigma_B^2 = \omega_0(\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2$$

其中，

$$\omega_0 = \sum_{q=0}^{k-1} p_q(r_q)$$

$$\omega_1 = \sum_{q=k}^{L-1} p_q(r_q)$$

$$\mu_0 = \sum_{q=0}^{k-1} qp_q(r_q) / \omega_0$$

$$\mu_1 = \sum_{q=k}^{L-1} qp_q(r_q) / \omega_1$$

$$\mu_T = \sum_{q=0}^{L-1} qp_q(r_q)$$

所得阈值被归一化到 $[0,1]$ 内，因此必须在使用阈值之前将其缩放到合适的范围内，如 f 是 `uint8` 类图像，则使用 T 之前应将 T 乘以 255。

通过调整 m 值可将图像灰度大致分割为两个部分，而调整 E 值可控制两部分灰度分布范围的宽窄程度，利用该函数可对输入的指纹图像增强对比度，突出图像层次感，使脊线与谷线更清晰，且在变换过程中保留指纹图像信息，从而为下一步指纹特征值提取的准确性和可靠性夯实基础。

3 试验效果与分析

图 2 为输入指纹图像及其直方图，图 3 为传统的直方图均衡化算法所得结果，图 4 与图 5 为利用拉伸变换函数所得结果，利用 Otsu 方法计算 T 值为 0.6627，将 T 乘以 255 为 169，所以 m 值为 169。其中图 4 中 E 值为 10，图 5 中 E 值为 20，从图 4(a)、图 5(a) 与图 2(a) 比较可得，经本算法变换后的图像对比度较输入图像有明显的增强，并且保留了图像的细节，尤其是中间六个灰度级，且灰度动态分布范围扩大，突出了图像层次感。比较图 4(a)、图 5(a) 与图 3(a) 可以发现此方法较传统的直方图均衡化方法能够更多的保留输入图像的细节，其图像质量明显优于直方图均衡化方法(比较可以发现脊线更清晰，且位于脊线边缘的灰色特征点层次感强)。从对应的直方图中可以看出，经本算法处理后的图像直方图较采用传统的直方图均衡化算法处理后的图像直方图灰度动态分布范围有明显的扩大，这表明采用本算法处理后的直方图更多的保留了像素的灰度值。另外从局部灰度变化上看，直方图均衡化算法在灰度进行扩展的同时将输入图像中间的部分灰度集中在狭窄的范围内，致使处理后的部分图像细节丢失，而经本算法处理后的图像相邻像素间的灰度差异基本被保留，故图像的细节也得到了保留。另外，随着 k 值增大，图像对比度虽有一定增强，但一些灰度级被合并，所以部分图像细节也丢失了，在具体应用中，应针对不同指纹图像选择不同的 E 值，立足保存图像所蕴含的信息，为下一步指纹特征值提取打下基础。本算法只需要改变单一参量 E 值就可以很方便的控制输出图像，在工程应用中为用户提供了选择与调控的手段。

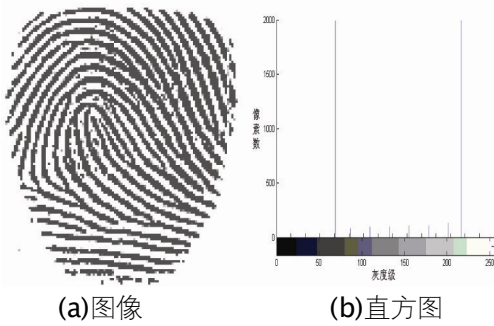


图 2 输入指纹图像

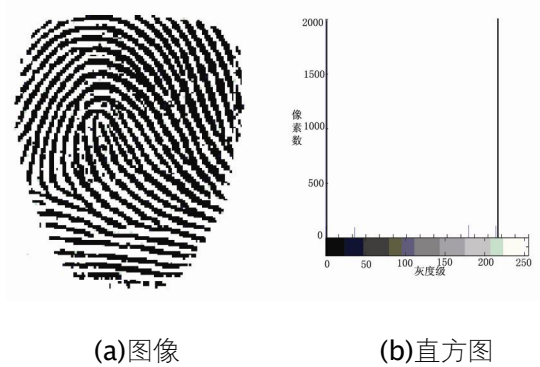


图 5 采用拉伸变换函数(E=20)

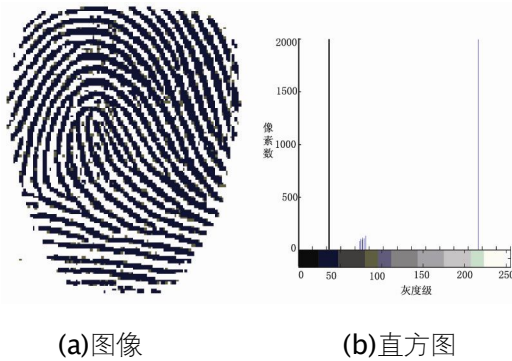


图 3 采用直方图均衡化算法

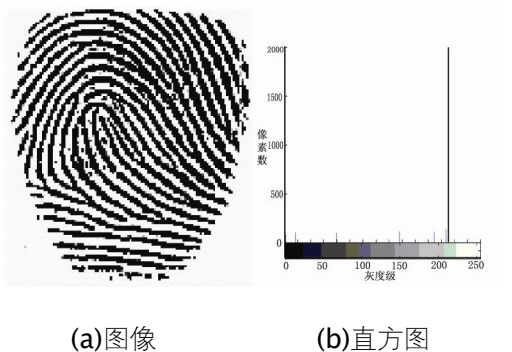


图 4 采用拉伸变换函数(E=10)

4 结论

采用基于拉伸变换函数的指纹增强算法处理图像的效果，特别是在指纹图像细节保留方面明显优于直方图均衡化算法，这一点对于指纹特征提取至关重要，而且与变换域法、模糊处理法及传统的直方图规定化算法相比，计算量小、处理速度快，可用于指纹图像快速处理的场合。而且此算法可以通过改变单一参量的值获得满足不同需求的指纹输出图像，在生物识别应用中为用户提供了选择与调控的手段。

参考文献

- 1 田捷,杨鑫.生物特征识别技术理论与应用.北京:电子工业出版社,2005:41-41.
- 2 肖斌,毕秀丽,等.一种基于高斯函数的直方图规定化算法.铁道学报,2006,28(4):119-122.
- 3 Gonzalez RC, Woods RE. Digital Image Processing. 2nd ed,北京:电子工业出版社,2007.