

离散傅里叶变换在指纹图像分割中的应用

胡 宁, 孟利民

HU Ning, MENG Li-min

浙江工业大学 信息学院, 杭州 310014

College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China

E-mail: yongkangkinghu@163.com

HU Ning, MENG Li-min. Application of DFT in fingerprint image segmentation. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(26): 185-186.

Abstract: The fingerprint image segmentation is one important part of the fingerprint-preprocessing, also is the step for the performance of the automatic fingerprint recognition. The paper introduces a sort of segmentation algorithm based on the reach of frequency domain by the DFT to the fingerprint image. The algorithm overcomes the limitation of the traditional method in using few texture information. Experimental results show significant effect to distinguish the foreground from the image.

Key words: fingerprint; image segmentation; texture; Discrete Fourier Transform(DFT)

摘 要: 指纹图像分割是指纹图像预处理过程的重点之一, 是实现后续处理的前提。通过对图像进行快速傅里叶变换, 从频域角度对指纹图像纹理的研究, 提出一套基于二维 DFT 的指纹分割算法。这种算法一定程度上克服了传统方法对指纹纹理信息利用不足的局限性, 可以获得良好的分割效果。实验结果表明: 算法对于剔除背景噪声和指纹图像中模糊区域有效, 分割效果非常理想。

关键词: 指纹; 图像分割; 纹理; 离散傅里叶变换

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.26.055 文章编号: 1002-8331(2009)26-0185-02 文献标识码: A 中图分类号: TP391

1 引言

由于人体指纹具有长期不变性和唯一性, 与计算机技术结合的自动指纹识别技术(AFIS)一直是作为身份鉴别的热点研究课题。目前, 随着识别算法的不断改进以及计算机图像处理技术和嵌入式技术的发展, 自动指纹识别技术开始进入实用化的阶段。但是, 在非理想采集条件下, 指纹特征的无法可靠地提取依然是阻碍自动指纹识别技术推广的障碍。因此, 如何从低质量的指纹图像中可靠、准确地提取有用的信息是目前研究领域的关键。一般而言, 一个自动指纹识别系统的图像处理要经过如图 1 的流程。



图 1 指纹识别的一般流程

指纹图像分割作为图像预处理中的重要环节, 是将指纹区域和背景区域(包括纹理模糊区域)区分出来。以便在后续的处理环节集中在感兴趣的指纹区域。这样做可以避免在背景区域花费不必要的时间进行处理, 同时避免了在这块区域提取指纹特征。目前, 对于指纹图像的分割的研究大多是集中在空域。利用指纹图像的灰度统计信息, 如灰度均值, 方差进行的^[1]。这种方法主要运用背景区域灰度变化较小, 指纹区域灰度变化明显质量较高的指纹图像, 缺点是对于背景干扰噪声比较大, 指纹模糊区域不能很好地辨别。所以这种方法不适用于图像对比度差和增强后的图像。于是, 有人提出了方向图的概念^[2], 利用指

纹纹理具有较强的方向性的特征, 将图像区域块划分并进行方向统计, 将是否具有高度的方向一致性作为区分指纹区域和背景区域的指标。这种分割方法效果很大程度上依赖方向计算的精确性。由于, 实际采集到的指纹图像不连续等干扰和纹理结构本身复杂性。基于方向图的分割方法也很难取得理想的效果。这两种方法各有优劣, 单纯的方法无法适应各种复杂图像的分割的。为此, 冯星奎等人提出将方向图和方差结合起来的合成法分割^[3]; 胡涛等人提出先对图像均衡处理, 然后用合成法分割^[4]; 尹义龙等提出基于二次曲面的指纹分割^[5]。这些方法总体而言都是合成方法以及技术上的改进, 对大多数指纹图像分割是有效的。但是, 因为方向性特征只是部分代表了指纹图像纹理的特征信息, 还不能严格准确地描述纹理, 所以本身就存在着局限性。如果在纹理杂乱的模糊区域以及背景区域块状噪声污染的边缘统计, 也完全可以获得与指纹区域相同的结果。

可见, 如何将指纹具有强纹理特征用准确的指标表现出来是解决问题的关键。就从频域角度, 研究指纹纹理在频域的表现, 进而提出一个新的特征, 讨论了一种新的分割方法。

2 指纹的纹理与 DFT 的关系

指纹由凸出的脊线和凹进去的谷线组成, 从指纹图形采集仪器可以得到一幅用不同灰度级别表示脊线和谷线的图像。如果用 X, Y 表示为图像的宽和高的坐标轴, 用 Z 表示代表灰度的轴, 理想的指纹纹理具有很好的二维正弦曲面。而非指纹区

作者简介: 胡宁(1977-), 男, 硕士, 主要研究方向为信号处理、数字多媒体通信; 孟利民(1963-), 女, 博士, 教授, 主要研究方向为多媒体数字通信、无线通信与网络、通信信号处理与软件无线电、IP 核设计。

收稿日期: 2008-12-29 修回日期: 2009-03-10

域不具有这样的特征。如果,单取出一小块指纹区域的图像进行分析,可以发现,脊线和谷线交错出现,而且能很好的平行,这与理想的二维正弦曲面是非常接近的。如果对该块区域进行二维离散傅里叶变换,从频谱中可以看到两个关于中心直流分量对称的峰值^[6-7],这代表了纹理的特征。当图像不具备这样的纹理,或者纹理模糊这两个峰值就不会凸显出来。

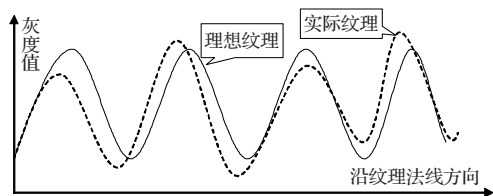


图2 指纹图像沿纹理法线方向的灰度分布

图3、图4是指纹图像和进行二维离散傅里叶变换后的对照图。指纹图像取自FVC2000的DB1_B数据库,图像的大小是300×300。变换时以32×32的区域块为标准,逐块进行二维DFT。其幅度谱如图3右图所示,图4是对应典型区域的放大图。从图中可以得出这样一些信息:

(1)如果分块图像纹理清晰,脊线和谷线基本平行而且宽度基本相等,可以大致认为是标准的二维正弦曲面。这时频谱幅度显示出两个关于中心直流分量对称峰值突出。而且其所在的方向就是纹理的法线方向。其他分量不明显,大小比较均衡。

(2)如果分块图像没有纹理,这时其幅度谱显示,除了直流分量,没有其他突出的峰值出现,各个分量大小均衡,幅度值较小。

(3)如果分块图像出现复杂纹理,如果出现奇异点,比如分叉点,脊线谷线宽度不一致,还有区域块处于指纹中心点位置。这时,有多于一对峰值出现,峰值突出,两两出现,关于中心对称。而且峰值所在方向是纹理的法线方向。其他分量受到抑制,大小不突出,比较均衡。

(4)如果分块图像处于指纹纹理区,但是受到污染,纹理比较复杂杂乱模糊,这时除了直流分量,没有其他明显峰值出现。各个分量幅度比较均衡,大小不突出。

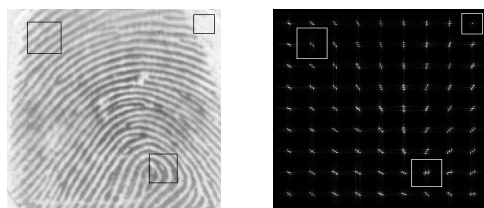


图3 指纹图像32×32区域二维离散傅里叶变换对比图



图4 典型区域对照图

通过以上分析,如果对傅里叶变换后的幅度谱的详细分析就可以确定这个区域块是前景还是背景,从而达到分割的目的。实际中为了简化处理,将除了直流分量以外的主峰值大小作为区别是否具有纹理性的一个新指标。

3 指纹图像分割算法的提出

首先,对于图像的灰度方差对于区分背景依然是很有效的一个指标,该文依旧采用。而纹理的方向信息在峰值所在的位

置已经体现出来,舍弃不用。其次,分割所用的区域块的大小是要考虑的,一般指纹的纹线的距离是6~10,又考虑到离散快速傅里叶变换算法的需求,输入的数据需要 2^N 个(没有的要补零,这会浪费寄存器资源),同时又要求分割尽量精细。基于这样的考虑,选择16×16的区域块进行分割。确定这些前提,提出了以下算法过程:

(1)将图像划分成16×16彼此不重叠的区域子块,计算每块的灰度方差,并每块进行的二维离散快速傅里叶变换,从中找到每块的最大非直流幅度峰值。灰度方差计算公式:

$$M(x,y) = \frac{1}{16 \times 16} \sum_{i=1}^{16} \sum_{j=1}^{16} G(i,j), x=1,2,\dots,M, y=1,2,\dots,N \quad (1)$$

$$V(x,y) = \frac{1}{16 \times 16} \sum_{i=1}^{16} \sum_{j=1}^{16} [G(i,j) - M(x,y)]^2 \quad (2)$$

其中, $M(x,y)$ 表示相应子块的灰度均值, $V(x,y)$ 表示相应子块的灰度方差, $G(i,j)$ 表示坐标 (i,j) 上的灰度值, i,j 分别表示图像中的行和列, M,N 表示图像分割行和列的子块数。

子块的二维DFT计算公式如下:

$$F(u,v) = \frac{1}{16} \sum_{x=0}^{15} \sum_{y=0}^{15} G(i,j) e^{-j2\pi(u \frac{x}{16} + v \frac{y}{16})} \quad (3)$$

其中, $F(u,v)$ 表示傅里叶变换, u,v 表示频率, $G(x,y)$ 表示坐标 (x,y) 上的灰度值, x,y 分别表示图像中的行和列。

(2)将灰度方差和最大非直流幅度峰值作为特征相量元素,利用感知器线性分类算法^[8],将图像分成两类,即指纹区域和背景区域。

公式和模型(图5)如下:

$$g(x) = w^T x + w_0 \quad (4)$$

其中, $g(x)$ 表示分类结果, $w=(w_1, w_2, \dots, w_k)$ 是权向量, w_0 是阈值。 $x=(x_1, x_2, \dots, x_k)$ 是特征向量。

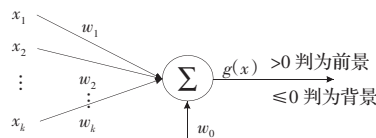


图5 感知器模型

在分类之前,需要选择一定数量的样本对该分类器进行训练以确定权向量。由于在实际中得到的样本不一定完全线性可分,那么算法就不具有收敛性。可采用袋式算法得到一个理想的权向量解^[8]。

(3)分割后在前景区域和背景区域都会产生一些孤立块(称为孤岛),在前景的指纹区域边缘会出现一些孤悬块(称为半岛)。采用算法进行处理,以确保分割的精准性和保持指纹图像完整性。算法描述如下:如果孤岛是前景,查看孤岛的四周域是否是背景,若是,则认为这块也是背景;如果孤岛是背景,则做相反的处理。如果是前景半岛,查看其周围的3个邻域是否是背景,如果是,将其删除;如果是背景半岛则做相反处理。最后一步,重复上述过程,直到图像没有改变。这样做比采用传统的低通滤波器效果更好。

4 实验结果和结论

为了验证文中提出算法对指纹图像分割的实际效果,用Microsoft Visual C++ 6.0对算法进行实现,指纹图像选取了FVC2000指纹库中的一系列典型图像。通过与运用方差和方向