

中图法分类号: TP391.4 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2011)07-1206-07

论文索引信息: 王科俊, 马慧, 李雪峰, 管凤旭, 刘靖宇. 使用方向滤波技术的手指静脉纹路提取方法 [J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(7): 1206-1212

# 使用方向滤波技术的手指静脉纹路提取方法

王科俊, 马慧, 李雪峰, 管凤旭, 刘靖宇

(哈尔滨工程大学自动化学院, 哈尔滨 150001)

**摘要:** 为了准确高效地提取手指静脉纹路, 提出一种新的基于方向滤波的手指静脉纹路提取方法。该方法结合静脉纹路特点设计手指静脉图像的方向图及方向滤波器, 根据所得的方向图及方向滤波器对图像进行滤波增强, 对增强后的图像提取手指静脉模式。与传统的二值化方法相比, 在进行二值化操作前, 先对图像进行方向滤波处理, 使得该方法提取出的手指静脉纹路连通性与光滑性好、噪声与伪特征少, 且其不仅对高质量图像能够准确有效地提取出静脉纹路, 对低质量图像处理效果也比较理想。

**关键词:** 静脉提取; 静脉图像增强; 方向图; 方向滤波; 图像分割

## Finger vein pattern extraction method using oriented filtering technology

Wang Kejun, Ma Hui, Li Xuefeng, Guan Fengxu, Liu Jingyu

(College of Automation, Harbin Engineering University, Harbin 150001 China)

**Abstract:** To extract finger vein features effectively and efficiently, a novel algorithm based on oriented filter for finger vein extraction is proposed. According to the characteristics of finger vein, the proposed algorithm generates a directional image of the finger vein image and a group of oriented filters, with which to filter the image depending on the orientation of the local ridge. Finally, finger vein feature is extracted from the enhanced image. Our method extends traditional image segmentation methods, by extracting vein object from the oriented filter enhanced image. Experimental results show that, apart from smoothness and continuity or removal of noise and pseudo-vein characteristics, the method proposed in this paper extracts vein features effectively not only from the high-quality images but also from the low-quality vein images.

**Keywords:** finger vein extraction; finger vein image enhancement; directional image; oriented filter; image segmentation

## 0 引言

静脉识别作为一种高度可靠的身份鉴别方法, 其识别性能很大程度上与静脉目标提取的质量密切相关。静脉目标提取的目的是将静脉纹路从背景中提取出来, 其提取效果的好坏将直接影响到特征提

取、特征匹配环节的处理结果, 因此这部分算法的优劣将对整个系统的性能产生重大影响<sup>[1-2]</sup>。

静脉血管总体上呈网状结构, 且其纹路具有一定的宽度, 静脉图像的这些特点决定了其提取方法的特殊性。传统的静脉图像提取技术主要分成以下3类: 基于边界的分割技术, 基于区域的分割技术, 基于特定理论和工具的分割技术。由于静脉图像的

收稿日期: 2010-05-12; 修回日期: 2010-07-29

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(2008AA01Z148); 国家自然科学基金项目(60975022); 黑龙江省杰出青年科学基金项目(JC200703)。

第一作者简介: 王科俊(1962—), 男, 教授, 博士生导师。主要研究方向模式识别、智能控制、模糊混沌神经网络、自适应逆控制理论、可拓控制、多模态生物特征识别、微小型机器人系统等。E-mail: wangkejun@hrbeu.edu.cn。

对比度低,灰度分布不均匀,应用固定阈值、总体均值、总体 Otsu 这些传统的单阈值分割方法很难得到理想的分割效果;而局部均值、局部 Otsu 这些多阈值法,所得到的阈值分割效果虽有所改善,但仍无法达到令人满意的效果<sup>[3-8]</sup>。Niblack<sup>[9-10]</sup>方法是目前手指静脉识别领域中效果较好的一种分割方法,它对图像中的每个像素点进行操作,是一种局部动态阈值算法;该方法提取的静脉纹路连通性较好,但仍存在传统算法的一些缺陷,如从低质量的图像提取出来的静脉纹路连通性不是很好,甚至出现过分割的现象。

Luo 等人<sup>[11]</sup>利用指纹纹线的方向性,提出基于方向场的指纹图像增强算法;O'Gorman<sup>[12]</sup>针对指纹图像提出方向滤波器设计方法,该方法能够根据指纹图像的脊、谷特性在消除图像噪声的同时达到增强脊线的作用,这两种方法充分考虑了指纹方向性的特点,有效地对原指纹图像进行了去噪和增强处理。由于手指静脉纹路也具有纹理性和方向性,并且局部区域内的方向性保持一致,本文借鉴上述方法并针对静脉纹路的这一特性,提出一种结合方向图、方向滤波及 Niblack 二值化操作的静脉纹路提取方法。该方法提取出手指区域的静脉图像,根据静脉特点设计方向图及方向滤波模板,再对图像进行方向滤波增强处理后提取出静脉纹路。实验结果表明,该方法很好地改善了传统方法存在的提取出的静脉纹路较粗或对低质量图像出现的过分割等现象,其提取出的静脉纹路光滑、清晰,充分地呈现了手指静脉图像的拓扑结构,且对低质量的静脉图像同样具有很好的分割效果,对后续的处理具有重要的意义。

## 1 手指区域的定位

由于采集到的图像受环境的影响,其背景像素点的灰度值不全为 0,为了避免背景对后续特征提取及识别处理的影响,在提取静脉目标之前需要获取手指区域像素点的集合。本文通过 Kapur 熵阈值化操作来实现手指区域的获取。

设  $f_1, f_2, \dots, f_n$  为一幅手指静脉图像的各个灰度级的像素数,其中  $n$  是总灰度级数,则目标概率分布和背景概率分布为  $\frac{p_0}{P_t}, \frac{p_1}{P_t}, \dots, \frac{p_t}{P_t}$  和  $\frac{p_{t+1}}{1-P_t}, \frac{p_{t+2}}{1-P_t}, \dots,$

$$\frac{p_{L-1}}{1-P_t}, \text{其中}, p_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}, P_t = \sum_{i=1}^t p_i, 1 - P_t = \sum_{i=t+1}^n p_i。$$

根据目标概率分布和背景概率定义后验概率熵为

$$H_B(t) = - \sum_{i=0}^t \frac{p_i}{P_t} \log_2 \frac{p_i}{P_t} \quad (1)$$

$$H_w(t) = - \sum_{i=t+1}^{L-1} \frac{p_i}{1-P_t} \log_2 \frac{p_i}{1-P_t}$$

为了使目标与背景具有最大信息量,必须让两者的后验熵之和为最大,即使熵  $H_B(t) + H_w(t) = \log_2 P_t(1-P_t) + \frac{H_t}{P_t} + \frac{H_{L-1} - H_t}{1-P_t}$  达到最大时可求得最

佳阈值  $t^*$ , 其中  $H_t = \sum_{i=0}^t p_i \log_2 p_i, H_{L-1} = \sum_{i=0}^{L-1} p_i \log_2 p_i$ 。依据最佳阈值  $t^*$  对图像进行阈值化,将图像数据分成两个部分:大于阈值  $t^*$  的像素部分和小于阈值  $t^*$  的像素部分。设输入图像为  $f(x, y)$ , 输出图像为  $f'(x, y)$ , 则

$$f'(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) \geq t^* \\ 0 & f(x, y) < t^* \end{cases} \quad (2)$$

阈值化后的结果如图 1(b) 所示,图像中的白色区域为提取出的手指区域。由于阈值分割后的图像中存在毛刺,此处采用数学形态学中的开操作对其进行处理如图(c)所示,最终提取出的手指区域图像如图(d),后续的处理均采用提取手指区域后的图像进行。

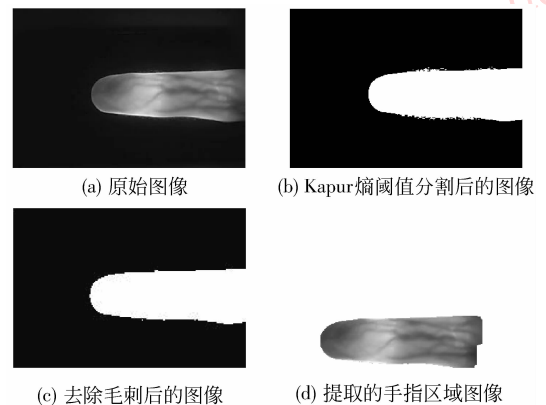


图1 手指静脉图像

Fig. 1 Finger vein image

## 2 方向滤波增强

由于静脉纹路具有明显的方向性,而传统的单一滤波器没有考虑到静脉的方向信息,从而其滤波

增强效果不是很理想。充分考虑静脉纹路的这一特点,提出对静脉图像进行方向滤波增强处理,即求取静脉图像中每个像素点的邻域方向构成方向图,并采用多个方向的滤波模板组成方向滤波器对图像进行滤波操作。实验结果证明,该方法对图像的滤波增强效果显著。

## 2.1 计算方向图

从手指静脉的拓扑结构可知,其静脉纹路朝着特定方向延伸,具有明显的方向性,这种方向性可通过图像中每个像素点的方向来表示,而像素点的方向是指其灰度值保持连续的方向,可以根据像素点邻域中的灰度分布来判断。

为了估算像素点的方向场,此处定义一个邻域方向模板,如图 2 所示。该模板将每个像素点的邻域设置为 8 个以该像素点为中心的离散方向,其中基准像素点  $p(i,j)$  位于该模板的中心,模板上的数值 1~8 分别代表 8 个离散方向,即从水平位置开始,按逆时针方向,每隔  $22.5^\circ$  确定一个方向,此模板计算的方向角范围是  $[0, \pi)$ ,且模板在 1、2、3、7、8 5 个趋于水平方向上取的邻域像素点较多,而在 4、5、6 3 个趋于垂直方向上取的邻域像素点较少,这样的模板设计更符合手指静脉纹路大致向手指两端延伸、方向变化平缓的方向特性。邻域模板半径  $R$  对图像处理效果的影响在实验分析中进行详细讨论。

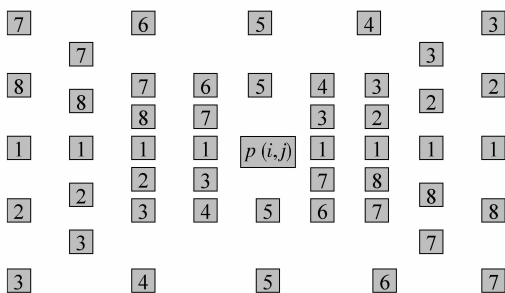


图 2 计算像素点方向的  $9 \times 9$  邻域模板

Fig. 2  $9 \times 9$  rectangular window

像素点具体方向的确定:由于静脉纹路上的像素点与其同一纹路同一方向上的点之间的灰度差别最小,而与之垂直方向上的灰度差别最大,本文根据这一原理求取像素点的方向。首先,利用上述邻域模板求出每个像素点在以该点为中心的 8 个方向上的像素灰度平均值  $\bar{G}_l (l=1, 2, \dots, 8)$ ,并将  $\bar{G}_l$  按两两垂直的方向分成 4 组,分别计算每组中两个平均值

差的绝对值  $\Delta G_k$ ,即

$$\Delta G_k = |\bar{G}_k - \bar{G}_{k+4}| \quad (3)$$

式中,  $k$  为静脉纹路方向 ( $k=1, 2, 3, 4$ )。

其中使  $\Delta G_k$  为最大值的方向组中的两个方向  $k_{\max}$  和  $k_{\max} + 4$  为像素点  $p(i,j)$  可能的纹线方向。取  $k_{\max}$  和  $k_{\max} + 4$  中灰度平均值与  $p(i,j)$  的灰度值接近的方向为  $p(i,j)$  的纹线方向  $D(x,y)$ ,即

$$D(x,y) = \begin{cases} k_{\max} & |G - \bar{G}_k| < \\ k_{\max} + 4 & |G - \bar{G}_{k+4}| \end{cases} \quad (4)$$

按上述方法分别对图像中的每个像素点进行处理,即可得到静脉图像的方向图  $D(x,y)$ 。为减少噪声的影响,保证方向场估计的准确性,需对点方向图  $D(x,y)$  进行平滑处理。首先将图像分为  $\omega \times \omega$  大小的块,对块中的每个点进行平滑,由实验确定  $\omega$  数值为 8 左右效果最佳,详见实验与分析。然后分别统计每个块内的方向直方图,将直方图的峰值所对应的方向作为点  $P(x,y)$  的方向。得到连续的方向图

$$O(x,y) = \text{ord}(\max(N_l)) \quad (5)$$

式中,  $l=1, 2, \dots, 8$ , 函数  $\text{ord}(\ast)$  为取元素  $\ast$  的下标。

平滑后的静脉方向图如图 3 所示,图中每一种颜色代表一个方向。从图中可以看出,静脉图像的方向性十分明显,并且在局部区域内的方向性保持一致。

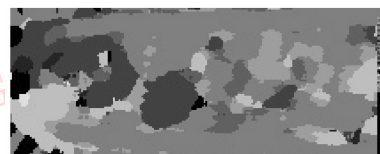


图 3 手指静脉的方向场图像

Fig. 3 A directional image of finger vein

## 2.2 方向滤波

在得到静脉图像的方向图后,进行方向滤波器的设计。一般情况下处理图像仅使用一个滤波器,这种方式没有考虑到图像的方向信息,而方向滤波器是一系列与像素点方向有关的滤波器。首先设计出水平方向的滤波模板,然后根据静脉纹线的方向来旋转水平滤波器,以得到其他方向的滤波模板。O' Gorman 针对指纹滤波增强采用如下原则设计滤波器:滤波器模板的尺寸要合适;模板边长为奇数,使模板关于其朝向轴及朝向垂直方向轴均对称;在

垂直于朝向方向上,中央部分系数为正,两边系数为负;滤波结果应与原图的平均灰度无关,即模板中所有系数的代数和应为零。

由于手指静脉纹路方向主要向两端延伸,借鉴上述原则并依据手指静脉纹路的特点对滤波器的系数进行修改,使其从中心向两端衰减。本文设计的  $7 \times 7$  水平方向模板如图 4(a) 所示,各系数之间的关系为

$$d + 2a + 2b - 2c = 0$$

式中,  $d > a > b \geq 0, c > 0$ 。

$-c/3$	$-2c/3$	$-c$	$-c$	$-c$	$-2c/3$	$-c/3$
$b/3$	$2b/3$	$b$	$b$	$b$	$2b/3$	$b/3$
$a/3$	$2a/3$	$a$	$a$	$a$	$2a/3$	$a/3$
$d/3$	$2d/3$	$d$	$d$	$d$	$2d/3$	$d/3$
$a/3$	$2a/3$	$a$	$a$	$a$	$2a/3$	$a/3$
$b/3$	$2b/3$	$b$	$b$	$b$	$2b/3$	$b/3$
$-c/3$	$-2c/3$	$-c$	$-c$	$-c$	$-2c/3$	$-c/3$

图 4 水平方向滤波器模板

Fig. 4 Template coefficient of horizontal oriented filter

使用上述滤波器模板进行滤波操作时,将中心像素点周围的 48 个点的灰度值与相应的模板系数相乘并把结果相加,然后再赋给中心像素点,作为其最终的灰度值。计算公式为

$$f(i, j) = \sum_{x=-3}^3 \sum_{y=-3}^3 G(i+x, j+y) g_{\theta}(x, y) \quad (6)$$

式中,  $G(i, j)$  为原静脉图像的像素点,  $x, y$  为相应的滤波器模板尺寸,  $g_{\theta}(x, y)$  为相应滤波器模板的系数,由式(6)所求的滤波后的图像为  $f(i, j)$ 。

由于  $f(i, j)$  中有些像素点的值可能会小于 0 或大于 255, 本文定义一个归一化函数将灰度值调整在 0 ~ 255 范围内

$$f'(i, j) = \text{Round} \left( \frac{f(i, j) - f_{\min}(i, j)}{f_{\max}(i, j) - f_{\min}(i, j)} \times 255 \right) \quad (7)$$

式中,  $f(i, j)$  为原图像灰度值,  $f_{\min}(i, j)$  为原图像中的灰度最小值,  $f_{\max}(i, j)$  为原图像中的灰度最大值,  $f'(i, j)$  为变换后的灰度值,  $\text{Round}()$  为四舍五入取整函数,该函数更符合数字图像的特性。

得到水平方向滤波器后,其他方向的滤波器可由水平方向的滤波器旋转相应的角度得到。其中,旋转角度  $\theta$  取为  $22.5 \times (d-1)$ , 为滤波器旋转的角度,  $d$  为方向代码,取值为 2 ~ 8。在实现上,采用从其他方向的滤波器出发进行反方向影射的方法,该方法扫描目标图像的每个像素,按照给定的变换

关系来确定目标像素对应的原像素,用这种方法来计算目标像素能够保证整个目标图像没有空像素。

$$\begin{bmatrix} i \\ j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i' \\ j' \end{bmatrix} \quad (8)$$

上述公式中,  $i, j$  为水平方向滤波器的坐标,  $i', j'$  为旋转后的滤波器坐标。旋转后的滤波模板上  $(i', j')$  的位置系数  $g_{\theta}(i', j')$  等于水平滤波模板上  $(i, j)$  的位置系数  $g_1(i, j)$ 。由于反方向影射方法得到的原图像的像素的地址可能是分数,处于相邻的 4 个像素之间,为此必须引入灰度插值的概念。此时,可将点  $(i, j)$  上的系数用其周围点的系数进行插值得到。

设水平模板上  $(i, j)$  周围的点  $(i_m, j_m), (i_n, j_n), (i_n, j_m), (i_m, j_n)$  构成一个  $1 \times 1$  的正方形,这 4 个坐标对应的系数分别为  $g_{\theta}(i_m, j_m), g_{\theta}(i_m, j_n), g_{\theta}(i_n, j_m), g_{\theta}(i_n, j_n)$ , 其中  $i_m < i < i_n, j_m < j < j_n$ 。先对  $(i_m, j_n)$  与  $(i_n, j_n)$  进行线性插值,得

$$g(i, j_n) = g_1(i_m, j_n) + (i - j_m) \times [g_1(i_n, j_n) - g_1(i_m, j_n)] \quad (9)$$

再对  $(i_m, j_m)$  与  $(i_n, j_m)$  进行线性插值,得

$$g(i, j_m) = g_1(i_m, j_m) + (i - i_m) \times [g_1(i_n, j_m) - g_1(i_m, j_m)] \quad (10)$$

最后对  $(i, j_n), (i, j_m)$  进行线性插值,得

$$g_{\theta}(i', j') = g(i, j_m) + (j - j_m) \times [g(i, j_n) - g(i, j_m)] \quad (11)$$

由此可得其余 7 个方向的滤波器模板的系数。

利用上述得到的 8 个方向滤波模板,对静脉图像进行方向滤波操作。滤波时根据方向图得出某一块区域的方向特征,从一系列滤波器中选择一个相应的滤波器来对这一块进行滤波操作。图 5 为经方向滤波处理后的图像。



图 5 方向滤波处理后的图像

Fig. 5 Image enhanced by oriented filter

### 3 二值化

对滤波后的图像采用 Niblack 方法进行二值化处理。Niblack 是一种简单有效的局部动态阈值算

法,其基本思想是对图像中的每一个点,在它的  $r \times r$  邻域内,计算邻域里像素点的均值和方差,然后利用式(12)的值作为阈值进行二值化。

$$T(x,y) = m(x,y) + k \times s(x,y) \quad (12)$$

式中,对于每一个像素点  $(x,y)$ ,  $T(x,y)$  为该点的阈值,  $m(x,y)$  为该点的  $r \times r$  邻域内像素点的均值,  $s(x,y)$  为该点的  $r \times r$  邻域内像素点的标准方差,  $k$  为修正系数。经过实验分析,取  $r=9, k=0.01$  时效果最佳。

由于分割后的图像中在背景区域出现了一些黑色像素小块及目标物体区域出现了白色小洞等点、块噪声,采用下述方法将其去除:首先标记出每个连通区域,将各个区域内的像素点的个数作为其面积,以此计算每个连通区域的面积,将所有的不相连的区域统计结束后,取图像黑色像素的总面积与连通区域的个数的商(即各区域求取面积的均值)作为面积阈值,如果连通区域面积小于上述选取的阈值,则判定此块为噪声,将其去除。分割去噪后的图像如图 6 所示。



图 6 分割去噪后的图像

Fig. 6 Image after segmentation and noise removal

## 4 实验与分析

为了验证上述方法的有效性,选用实验室建立的手指静脉图像库中的静脉图像进行测试。该库包含 300 个人的手指静脉图像,其中每人 5 幅图像,图像大小为  $320 \times 240$ 。从下述实验对本方法进行客观的分析与验证。

### 4.1 关键参数确定

主要用到的参数为求取方向图的邻域模板大小  $R$ 、方向滤波平滑窗口大小  $\omega$  及 Niblack 二值化方法中邻域大小  $r$  及修正系数  $k$ ,本部分实验使用的原始图像均为图 7(a)。不同邻域模板大小  $r$  对处理结果的影响如图 7(b)~(d) 所示:若  $r$  取值过小提取出的经脉纹路上出现一些小毛刺,不利于后续处理;  $r$  取值越大,相应的静脉纹路分割得越清晰,但  $r$  值过大也会丢失部分较细的静脉纹路且对运算速度影

响较大,综合考虑这两点本文选取模板大小为 9。

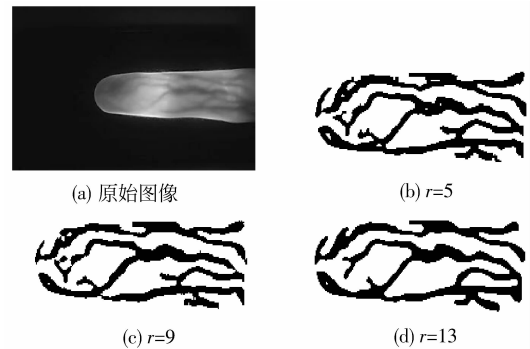


图 7 不同邻域模板大小  $r$  对处理效果的影响

Fig. 7 Influence on experiment result by different neighborhood template  $r$

图 8 为取不同  $\omega$  对处理结果的影响,  $\omega$  的取值范围为 5~30,如图 8 所示,  $\omega$  取值过大会使细小的静脉纹路被滤掉,出现过分割现象;  $\omega$  取值过小滤波效果不明显。  $\omega$  的取值在 8 左右其处理效果最为理想,同时保证了分割出的静脉纹路的光滑性和连通性。

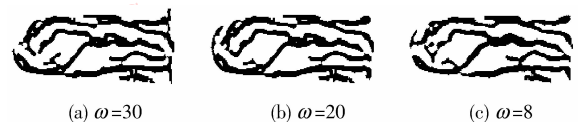


图 8 平滑窗口大小  $\omega$  对处理效果的影响

Fig. 8 Influence on experiment result by different smoothing window size  $\omega$

Niblack 方法中的阈值是由静脉图像中每个像素点  $r \times r$  邻域内的均值与方差的线性组合来决定的,其中方差的修正系数  $k$  及邻域大小  $r$  对整个方法的性能影响较大。图 9 是  $k$  取值为 0.09, 0.05, 0.01 及  $r$  取值为 5, 7, 9 的实验结果,其中  $k$  取值较小而  $r$  取值较大的处理效果较好 ( $k=0.01, r=9$ )。此时,分割出的静脉纹路较其他情况完整,避免了过分割现象,静脉且其纹路较为清晰。

### 4.2 与其他方法的实验效果对比

对库中的所有图像分别采用局部 Otsu 法、阈值图像法、Niblack 法与本文方法进行实验对比。充分考虑原始图像质量因素,分别从图像质量较好、一般、较差的图像中选取一幅典型的图像来展示对比实验结果。其中第 1 幅静脉图像质量较好,其亮度均匀,纹理清晰;第 2 幅图像质量一般,亮度比较均匀;最后一幅图像质量较差,其图像曝光不均匀,纹

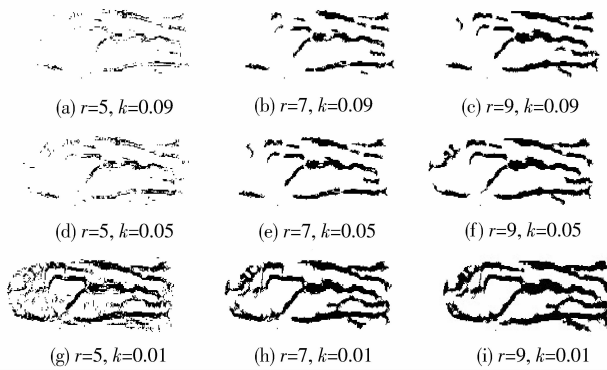


图 9 Niblack 方法不同参数的分割效果比较

Fig. 9 The segmentation comparison of different parameters of Niblack method

理不够清晰且含有大量的噪声,如图 10(a)所示。

各对比算法的主要参数选取如下:局部 Otsu 法中选取邻域大小为  $8 \times 8$  的窗口;阈值图像法中选取邻域大小为  $9 \times 9$  的窗口内像素点的均值;Niblack 法中取修正系数  $k = 0.01$ ,邻域大小  $r = 9$ ,本文方法参数选取如实验 4.1 确定。实验结果如图 10(b)~(e) 所示。

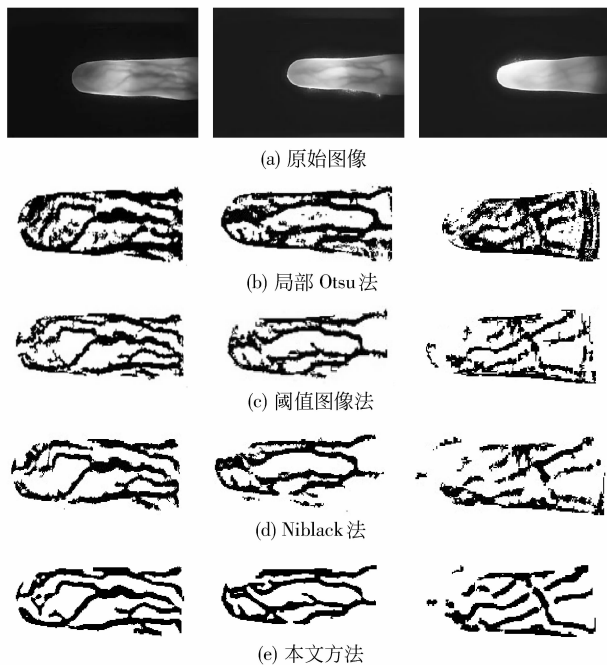


图 10 对比实验结果

Fig. 10 Contrast experiment

从图 10(b)中可以看出,局部 Otsu 法提取到的静脉纹路较粗,毛刺较多,将指尖部分及指根阴影部分误识为静脉纹路的情况明显且噪声较多;阈值图

像法的噪声情况好于局部 Otsu 法,但其提取的静脉纹路毛刺较多,对于指尖及指根部分仍提取出伪特征,如图 10(c) 所示;Niblack 方法对于图像质量较好的原始图像提取出的静脉纹路连通性较好,噪声非常少,出现的伪静脉纹路较少,效果较好,但其对于低质量的静脉图像提取出来的静脉血管连通性不理想,甚至出现了过分割的现象如图 10(d) 所示;而本文方法不仅能够从高质量的图像中提取出理想的手指静脉目标,也能有效地从低质量的手指静脉图像中提取出清晰的静脉纹路,从图 10(e) 的处理结果可以看出,其提取出的静脉纹路毛刺很少,纹路连通性较好,没有出现连接不平滑的现象。与没有使用方向滤波操作的其他二值化方法的实验结果相比,本文方法处理后的图像噪声非常少且对指尖及指根部分的提取效果较好,误识情况较少。说明使用本文方法提取出的手指静脉纹路,无论是在光滑性和连通性方面,还是在去除噪声和伪特征方面均优于其他 3 种方法,具有很强的实用性。

由于本文方法在进行二值化操作前增加了方向滤波操作,计算量增大,运算速度不如其他几种对比方法,处理时间相对于其他几种分割方法要长。为测试上述 4 种方法处理一幅图像所耗时间,此处采用的机器配置为 CPU E5200、主频 2.5 GHz、内存 2 GB、Windows XP 操作系统,利用 Visual C++ 6.0 开发平台进行时间测试。从表 1 中可以看出,尽管本文方法处理时间长于其他 3 种方法,其处理时间在 0.1 s 左右,仍能满足实时识别系统的时间要求。

表 1 各种方法处理一幅图像所用时间

Tab. 1 Time spent processing an image

使用方法	局部 Otsu 法	阈值图像法	Niblack 法	本文方法
所用时间/s	0.056	0.031	0.063	0.102

## 5 结 论

针对手指静脉具有方向性的特点,使用方向滤波技术对手指静脉纹路进行提取。与传统的二值化方法相比,在进行二值化操作前,先对图像进行方向滤波处理,使得本文方法不仅对高质量的图像能够准确有效地提取出静脉纹路,即提取出的纹路连通性与光滑性好,对指尖及指根部分的误识情况较少,且对低质量的手指静脉图像的处理效果也比较理想,具有很强的实用性。尽管增加了方向滤波操作

使本文方法的处理时间相对直接对图像进行分割的方法要长,但是,对使用本文方法处理后的图像提取特征信息要比从直接从原始静脉图像提取准确得多,从而为后续的手指静脉图像特征提取、模板制作与匹配以及人员精确识别提供了可靠的图像数据,具有十分重要的意义。

## 参考文献 (References)

- [ 1 ] Shahin M, Badawi A, Kamel M. Biometric authentication using fast correlation of near infrared hand vein patterns [ J ]. International Journal of Biometrical Sciences, 2007, 2 ( 3 ): 141-148.
- [ 2 ] Wang L Y, Leedham G, Cho S Y D. Minutiae feature analysis for infrared hand vein pattern biometrics [ J ]. Pattern Recognition, 2008, 41 ( 3 ): 920-929.
- [ 3 ] Lin Xirong, Zhuang Bo, Su Xiaocheng, et al. Measurement and matching of human vein pattern characteristics [ J ]. Journal of Tsinghua University ( Science and Technology ), 2003, 43 ( 2 ): 164-167. [ 林喜荣, 庄波, 苏小成, 等. 人体手背静脉血管图像的特征提取及匹配 [ J ]. 清华大学学报: 自然科学版, 2003, 43 ( 2 ): 164 -167. ]
- [ 4 ] Tian H, Lam S K, Srikanthan T. Implementing OTSU ' s thresholding process using area-time efficient logarithmic approximation unit [ J ]. Circuits and Systems, 2003, 5: 21-24.
- [ 5 ] Yu Chengbo, Qin Huafeng. Biometric Recognition Technology Finger Vein Recognition Technology [ M ]. Beijing: Tsinghua University Press, 2009, 117-119. [ 余成波, 秦华锋. 生物特征识别技术手指静脉识别技术 [ M ]. 北京: 清华大学出版社, 2009, 117-119. ]
- [ 6 ] Naoto M, Nagasaka A, Takafmi M. Feature extraction of finger-vein patterns based on repeated line tracking and its application to personal identification [ J ]. Machine Vision and Application, 2004, 15 ( 4 ): 194-203.
- [ 7 ] Vlachos M, Dermatas E. Vein segmentation in infrared images using compound enhancing and crispclustering [ C ] // Proceedings of the 6th International Conference on Computer Vision Systems. Santorini, Greece: Springer-Verlag Press, 2008: 393-402.
- [ 8 ] Fan Jiulun, Zhao Feng. Study of two-dimensional Otsu curve thresholding for grey image segmentation [ J ]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35 ( 4 ): 751-755. [ 范九伦, 赵凤. 灰度图像的二维 Otsu 曲线阈值分割法 [ J ]. 电子学报, 2007, 35 ( 4 ): 751-755. ]
- [ 9 ] Niblack W. An Introduction to Digital Image Processing [ M ]. Denmark: Strandberg Publishing Company Birkerød, 1986: 23-29.
- [ 10 ] Wang Kejun, Yuan Zhi. Finger vein recognition based on wavelet moment fused with PCA transform [ J ]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2007, 20 ( 5 ): 692-697. [ 王科俊, 袁智. 基于小波矩融合 PCA 变换的手指静脉识别 [ J ]. 模式识别与人工智能, 2007, 20 ( 5 ): 692-697. ]
- [ 11 ] Luo Xiping, Tian Jie. Image enhancement and minutia matching algorithms in automated fingerprint identification system [ J ]. Journal of Software, 2002, 13 ( 5 ): 946-956. [ 罗希平, 田捷. 自动指纹识别中的图像增强和细节匹配算法 [ J ]. 软件学报, 2002, 13 ( 5 ): 946-956. ]
- [ 12 ] O' Gorman L, Nickerson J V. An approach to fingerprint filter design [ J ]. Pattern Recognition, 1989, 22 ( 1 ): 29-38.