

针对光照不均的低对比度手指静脉增强

刘建科, 李 洋

(陕西科技大学 电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 为了克服因光照强度和手指厚度对手指静脉图像产生光照不均、对比度较低等的影响, 提出了基于同态滤波的立方卷积插值的直方图均衡化方法. 在进行局部直方图均衡化处理的基础上, 利用同态滤波变换, 对每一个子块的低频信息进行处理, 再通过图像插值重新确定灰度值. 实验表明, 这种方法能有效地改善图像的对比度不足和光照不均.

关键词: 手指静脉; 立方卷积插值; 局部直方图均衡化; 灰度变换; 同态滤波

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)12-0091-03

Enhancement on the Low Contract Finger Vein Image under Non-uniform Illumination

LIU Jian-ke, LI Yang

(College of Electricity and Information Engineering, Shaanxi University of
Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: In order to overcome the effect raised by different illumination intensity and thickness of finger on the finger vein image, such as non-uniform illumination and low contract, this paper presents a new method which combined the homomorphic filter method and cubic convolution interpolation method in histogram equalization method. After making the partial histogram equalizations presented, homomorphic filtering is used to deal the low frequency information in every block, then to determine the gray value through the image interpolation. Experiments indicate that the proposed method can strengthen the contrast and illumination of the finger vein image effectively.

Key words: finger vein image; cubic convolution interpolation; local histogram equalization; gray level transformation; homomorphic filtering

1 引言

在采集手指静脉图像的过程中, 光照强度和手指厚度的不均匀性, 使得采集到的图像光强度不均匀及对比度较差, 造成对后期手指静脉分割和特征提取等处理有很大的影响. 目前大多数的手指静脉增强都是在采集到的图像上运用传统阈值^[1]的增强方法, 在图像的灰度值关系上进行模糊算法、邻域算法等, 但实践表明这样很可能会导致部分可用信息丢失甚至将部分背景信息误判成静脉信息. 目前, 已经有研究者采用一些技术处理手指静脉图像对比度

低、光照不均的问题的方法是直方图均衡化以及改进的直方图均衡化^[2]方法, 但直方图均衡化的算法在扩大对比度的同时也扩大了图像的噪声, 造成了图像的模糊; 灰度图像的形态学处理^[3]和基于频域的同态滤波^[4]算法能很好地对光照不均的问题进行处理; 另外小波算法^[5], 模糊算法都尝试在手指静脉上运用, 但是由于手指静脉识别的特殊速度要求, 优化算法、提高处理速度是需要解决的重要问题.

本文提出一种基于同态滤波的立方卷积插值的直方图均衡化方法给予优化. 选取二幅真实手指静脉图像为处理对象, 通过定性和定量分析来比较不

收稿日期: 2012-04-25; **修回日期:** 2012-05-26

基金项目: 陕西省科技厅自然科学基金项目(2011JM1014)

同的算法.

2 手指静脉图像预处理

通过 CCD 相机采集到原始的手指静脉图像,如图 1、图 2 所示.由图可知图像存在大量的背景信息和噪声,因此为了尽量保证提取的静脉特征对在图像的大小倾斜等具有不变性,有必要在图像预处理之前对获取的原始静脉图像进行一系列的处理^[6]从而达到位置校准、尺寸灰度归一化目的.归一化结果如图 3、图 4.



图 1 手指静脉图像 a



图 2 手指静脉图像 b



图 3 归一化



图 4 归一化

在采集到的图像中,选择手指部分的最大内接矩,这样可以得到消除背景后的手指静脉图像;由于同一个手指在不同时间不同光照下采集到的静脉图像在灰度分布上会有很大差异,这将直接影响后续的图像处理,因此要对静脉图像进行灰度归一化.灰度归一化方程如下:

$$p(i,j) = \frac{p'(i,j) - G_1}{G_2 - G_1} \times 255 \quad (1)$$

$p'(i,j)$ 表示原图灰度值, $p(i,j)$ 表示变换后的灰度值, G_1 表示原图最小灰度值, G_2 表示原图最大灰度值.

3 基于同态滤波的图像插值动态直方图均衡化

同态滤波的图像插值直方图均衡化是一种智能对比度增强技术,其在增强图像对比度的同时,可以消除光照不均,保留图像的细节.具体的做法是,首先将图像分割成若干个子图像,然后对每一个子块进行局部直方图均衡化并用同态滤波算法对图像高

低频信息进行处理.最后,利用曲线插值重新确定灰度值,减少图像细节的损失和子块边缘干扰.

3.1 传统直方图均衡化

传统直方图均衡化^[7]是通过计算所有灰度级的概率分布进行平均计算,使得输出图像在每一个灰度级上都有近似相同的像素点数.

用 $h(x,y)$ 表示需要处理图像的灰度直方图,图像的灰度级范围为 $[0, 255]$, 则直方图均衡化流程为:

①求原图灰度分布概率 p_h , 则有

$$p_h = \frac{1}{N_h} k_h(h_i), i=0, 1, 2, \dots, L-1 \quad (2)$$

式中, k_h 表示不同灰度级的个数, N_h 表示图像总的像素数, h_i 表示每一级的灰度值.

②计算图像各个灰度值的累计分布概率, 记为 P_{hi} , 则有

$$P_{hi} = \sum_{i=0}^k p_h(h_i), i=0, 1, 2, \dots, L-1 \quad (3)$$

③进行直方图均衡化计算, 得到处理后的图像 g_i , 则有

$$g_i = \text{INT}[(g_{\max} - g_{\min}) p_{hi}(k) + g_{\min} + 0.5], \\ i=0, 1, 2, \dots, L-1 \quad (4)$$

式中, $\text{INT}[\cdot]$ 是取整符号.

3.2 局部直方图均衡化

局部直方图均衡化^[8]是采用一个自定义大小的滑动子块, 每一个子块的直方图均衡是由该窗口区域内灰度分布所决定的, 这样可以减少噪声和周围像素的影响. 因此, 这种方法将使图像具有较高的对比度和较大的动态范围.

首先定义一个 5×5 大小的滑动子块窗口, 重新计算每一级的灰度值 h_i' , 则有

$$h_i' = h_i + k[h_i - m_i], i=0, 1, 2, \dots, L-1 \quad (5)$$

式中, h_i 为原图像中每一级的灰度值, m_i 为动态子块内的灰度值均值, k 为增强系数.

然后用式(2)~(4)对定义的子块图像进行直方图均衡化. 定义水平与垂直方向移动的步长分别为 $hline$ 和 $vline$ 以及每个像素的运算次数 $count$; 用垂直和水平的步长来判断子块有没有超出图像边界; 增强系数 k 一般需经多次实验才能确定.

3.3 同态滤波

对于光照不均匀图像的处理就是要尽量削减入射光分量的影响, 即压制图像低频分量的同时增强物体的反射光分量, 同时放大图像的高频分量. 而同态滤波主要就是用来处理照明不均匀、细节对比度

差的图像。

图像 $h(x, y)$ 是由光源入射光分量 $h_i(x, y)$ 和物体反射光分量 $h_r(x, y)$ 两部分乘积产生, 关系式为:

$$h(x, y) = h_i(x, y) \times h_r(x, y) \quad (6)$$

则具体的算法流程:

①用(5)式得到的新图像灰度值 h_i' 与原图像的灰度值 h_i 进行比较, 判断差值大小, 如果差值过大, 则进入到②, 否则直接跳转到⑦;

②对式(6)的两边取对数, 将乘法运算转为加法运算, 得:

$$\ln h(x, y) = \ln h_i(x, y) + \ln h_r(x, y) \quad (7)$$

③对式(7)的两边做傅里叶变换, 并选指数滤波函数 $L(u, v)$ 进行滤波, 得:

$$L(u, v) = \gamma_L + (\gamma_H - \gamma_L) e^{-k[D_0/D(u, v)]^n} \quad (8)$$

$$L(u, v)H(u, v) = L(u, v)I(u, v) + L(u, v)R(u, v) \quad (9)$$

④进行傅里叶反变换到空域, 得:

$$l_h(x, y) = l_i(x, y) + l_r(x, y) \quad (10)$$

⑤取对数的逆运算, 得到输出:

$$g(x, y) = \exp |l_h(x, y)| \\ = \exp |l_i(x, y)| \times \exp |l_r(x, y)| \quad (11)$$

⑥进行数字图像插值, 重新分配灰度值;

⑦取下一级灰度值, 重新进行判断;

这里我们采取立方卷积插值为图像进行插值处理, 因为立方卷积插值是对双线性插值算法的改进, 不仅考虑映射点 4 个直接邻点灰度值的影响, 还考虑其周围 16 个邻点灰度值变化率的影响。

经多次试验论证得到, 图像能否达到预期的增强效果取决于同态滤波函数 $L(u, v)$ 形式的选择。根据手指静脉的特点, 我们将式(8)的滤波器进行改进, 同时为了提高处理的速度, n 取数值 2; 根据 $D(u, v)/D_0$ 的比值大小, 将 $e^{-k[D_0/D(u, v)]^n}$ 变形为 $1 - e^{-k[D(u, v)/D_0]^n}$, 这样可以加速处理的速度。改进后的滤波器可表示成:

$$L'(u, v) = \gamma_L + (\gamma_H - \gamma_L)(1 - e^{-k[D(u, v)/D_0]^2}) \quad (12)$$

式中 k 值被引入用来控制滤波器函数斜面的锐化。当 $\gamma_L < 1, \gamma_H > 1$ 则减小低频和增强高频, 使得动态范围压缩和对比度增强。 D_0 的选择比较困难, 一般需经多次实验才能确定。

4 实验结果与分析

选取真实的手指静脉图像为处理对象, 并将本文算法与其他算法进行比较分析。定性分析表明: 采

用本文提出的算法进行处理的, 处理发现在增强手指静脉与周围背景对比度的同时, 既消除了子块的干扰, 有较好的增强效果。

定量分析: 一般用均方误差(MSE)指标来对图像进行定量评价。从图 5、图 6 中可以看出用立方卷积插值后, 尽管消除了子块的干扰, 但插值运算还是会对原图像造成一定的信息丢失, 使得 MSE 的值变大。

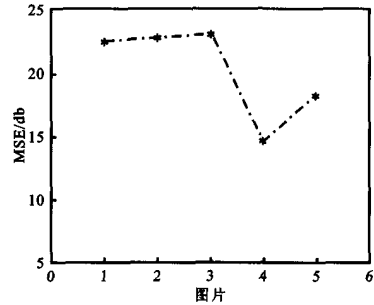


图5 MSE变化曲线1

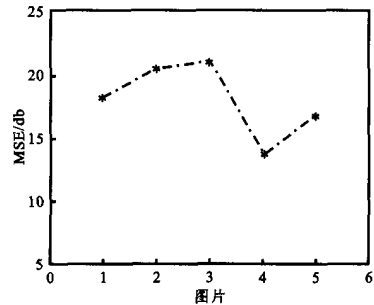


图6 MSE变化曲线2

5 结束语

本文对基于同态滤波的图像插值直方图均衡化的手指静脉图像增强算法进行了优化。实验结果表明, 选择本文改进后的滤波器, 通过选取不同的参数对图像进行实验, 得到了适合的系数选取范围和较好的图像增强效果, 可以有效提高手指静脉图像的对比度过低和光照不均的缺点, 很好地恢复了图像的细节。通过和其他图像增强的方法进行定性定量的比较, 可以证明文中的图像增强方法比较实用。

参考文献:

- [1] 陈立伟, 倪杰. 基于多阈值模糊增强的手指静脉图像分割[J]. 应用科技, 2011, 38(4): 14-18.
- [2] 毛本清, 金小梅. 自适应直方图均衡化算法在图像增强处理的应用[J]. 河北北方学院学报, 2010, 26(5): 64-68.

(下转第 98 页)

参考文献:

- [1] Van den Bergh. An analysis of particle swarm optimizers[D]. South Africa: University of Pretoria, 2002.
- [2] 任小康,郝瑞芝,孙正兴,等. 基于单纯性法的量子粒子群优化算法[J]. 微电子学与计算机, 2010(1): 154-157.
- [3] Lovbjerg M, Rasmussen T K, Krink T. Hybrid particle swarm optimizer with breeding and subpopulations [C]//Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference, San Francisco, USA, 2001, 469-476.
- [4] 陈应显,牛文庆. 改进粒子群算法的多峰值优化研究[J]. 微电子学与计算, 2011, 28(12): 59-62.
- [5] Shi Y, Eberhart R C. A modified particle swarm optimizer[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Evolutionary Computation. Anchorage, Alaska, 1998: 69-73.
- [6] Passino K M. Biomimicry of bacterial foraging for distributed optimization and control[J]. IEEE Control Systems Magazine, 2002, 22(3): 52-67.
- [7] Shi Cheng, Yuhui Shi. Diversity control in particle swarm optimization[C]//Proceedings of IEEE Swarm Intelligence Symposium 2011. Paris, France, 2011: 110-118.
- [8] 曾毅. 浮点遗传算法在非线方程组求解的应用[J]. 华东交通大学学报, 2005, 22(1): 152-155.
- [9] 吴秋波,王允诚,赵秋亮,等. 混沌惯性权重调整策略的粒子群优化算法[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(7): 49-51.

作者简介:

李明 男, (1988—), 硕士研究生. 研究方向为智能算法、优化方法及应用.

曹德欣 男, (1962—), 教授, 博士生导师. 研究方向为计算数学、数值优化、智能算法等.

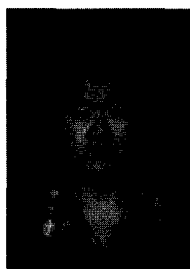
(上接第 93 页)

- [3] 肖欣招,胡春燕. 基于形态变换的图像增强方法研究[J]. 计算机与信息技术, 2007(7): 25-30.
- [4] 陈春宁,王延杰. 在频域中利用同态滤波增强图像对比度[J]. 微计算机信息, 2007, 23(2): 264-266.
- [5] 温学兵,赵江魏,梁学章. 基于小波去噪和直方图模板均衡化的手指静脉图像增强[J]. 吉林大学学报, 2008, 46(2): 291-292.
- [6] Kovacs-VajnaZs M, Rovatti R, Frazzoni M. Fingerprint ridge distance computation methodologies [J]. Pattern Recognition, 2000(33): 69-80.
- [7] 冷璐,黎明,张家树. 结合边缘细节局部自适应增强的直方图均衡化[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(1): 38-41.
- [8] 王建,庞宏伟. 基于 CLAHE 的 X 射线行李图像增强

[J]. 天津大学学报, 2010, 43(3): 194-198.

作者简介:

刘建科 男, (1966—), 博士研究生, 教授, 研究生导师. 研究方向为红外技术与工程、数字信号与图像处理.



李洋 男, (1988—), 硕士研究生. 研究方向为模式识别与智能系统、机器视觉.