

一种新的手背静脉分割方法

鲁周迅, 张彬彬

(南京工业大学 电子与信息工程学院, 江苏 南京 211816)

摘 要: 手背静脉显示仪是近年来刚刚兴起的医疗设备, 但由于采集到的手背静脉图像质量对比度很低, 迄今为止, 此设备对静脉血管的提取仍不是很精确. 针对此问题, 提出了一种新的静脉提取方法, 运用改进的直方图均衡化算法, 结合 NiBlack 分割方法对图像进行静脉提取. 通过仿真, 与限制对比度自适应直方图均衡化算法 (CLAHE) 比较, 分割效果上取得了一定的提高.

关键词: 手背静脉显示仪; 新的静脉提取方法; 静脉提取; NiBlack 分割方法

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)08-0025-04

A New Segmentation Method of Hand Dorsal Vein Image

LU Zhou-xun, ZHANG Bin-bin

(Electronic and Information Engineering College, Nanjing University of Technology, Nanjing 211816, China)

Abstract: Hand dorsal vein display device has been invented in recent years, but because the hand dorsal vein images have lower contrast degrees, so for, this equipment is still not very precise for the extraction of blood vessels. For this problem, this paper presents a new vein extraction method, which complete the extraction of vein with improved histogram equalization algorithm and NiBlack segmentation method. Through simulation, compared with contrast limited adaptive histogram equalization algorithm (CLAHE), the segmentation effect has made some improvement.

Key words: hand vein display instrument; new vein extraction method; vein extraction; NiBlack segmentation method

1 引言

手背静脉显示设备^[1]与传统的采用肉眼观察凭经验进行静脉穿刺相比, 注射的成功率得到了很大的提高, 但此设备在应用时仍有很多不足之处, 所以至今仍未能进行广泛使用.

目前, 已经有一些技术来解决手背静脉对比度低的问题, 其中局部直方图均衡化算法是应用较广泛的图像增强算法, 但对于不同的分割方法, 该方法均存在相应的问题, 对直方图均衡化算法进行改进, 提出了一种基于子图的直方图均衡化算法, 并结合 NiBlack 分割方法对图像进行静脉提取, 取得了很好的分割效果.

2 相关知识介绍

2.1 缩略图

缩略图是根据图片的大小, 按照一定的比例进行缩小, 应用在图像处理中主要是为了减少图像像素点, 达到对图像快速处理的目的. 得到缩略图的方法有很多种, 本文采用了抽取像素点的方法, 得到的缩略图包含了原图像的所有信息.

2.2 直方图均衡化的改进

2.2.1 直方图均衡化

直方图均衡化^[2-3]是最常见的一种图像对比度增强的方法. 其基本思想是根据整幅图像的灰度概率分布确定对应的输出灰度值, 通过扩展图像的动态范围, 可以将原始图像的非均匀分布的直方图变

为均衡分布的形式. 即将原始图像经过某种变换, 变成一幅具有均匀灰度概率密度的新图像.

假设数字的像素点数为 N , 共有 L 个灰度级, 用 n_r 表示灰度值 r 的像素数目, 则其概率密度函数可表示为

$$p(r) = \frac{n_r}{N}, 0 \leq r \leq L-1 \quad (1)$$

累计分布函数可表示为

$$T(r) = \sum_{j=0}^r p(j) \quad (2)$$

式中, $j = 0, 1, \dots, L-1$. 根据直方图均衡化输出的基本原理, 输出图像 g 与输入图像 f 之间的映射关系为

$$g = \text{int}[g_{\min} + (g_{\max} - g_{\min})T(f) + 0.5] \quad (3)$$

式中, $\text{int}[\cdot]$ 为取整符号, $g_{\max}$ 、 $g_{\min}$ 分别为输出图像 g 的灰度级的最大值与最小值, 在实际处理中, 通常 $g_{\max} = L-1$, $g_{\min} = 0$, 则上式简化为

$$g = \text{int}[(L-1)T(f) + 0.5] \quad (4)$$

直方图均衡化在显著提高图像对比度的同时也存在着明显的缺陷: (1) 变换后图像的灰度级减少, 某些细节消失; (2) 某些图像, 如直方图有高峰, 经处理后对比度不自然的过分增强^[4]. 为了克服上述缺陷, 研究人员在灰度直方图的基础上提出了许多改进算法. 其中最有效的就是限制对比度自适应直方图均衡化算法, 该方法可以有效的避免上述缺陷, 但算法复杂处理较慢.

2.2.2 改进后的直方图均衡化

为了克服全局直方图均衡化的缺点, 提出了基于子图的直方图均衡化算法, 此算法的基本思想是通过将整幅图像所有像素点的不同步长抽取, 将原图分成不同的子图, 得到原图像的若干个子图, 然后对每一子图采用全局直方图均衡化算法.

子图直方图均衡化算法的具体步骤为如下:

(1) 设图像总的像素点为 $N(m \times n)$, 水平方向抽取像素点的步长为 d_1 , 垂直方向抽取像素点的步长(步长为移动窗口一次移动的距离)为 d_2 , 则移动窗口大小为 $d_1 \times d_2$, 移动窗口以水平方向 d_1 的步长、垂直方向 d_2 的步长在图像中移动, 抽取每个窗口中的第 i 个像素点放入第 i 子图中, 直到窗口移动结束, 最终得到 $d_1 \times d_2$ 个子图.

(2) 计算每个子图的直方图.

(3) 对每个子图内的直方图进行均衡化.

此方法得到的子图中包含了图像中的所有信息, 灰度级不会急剧减少, 解决了直方图均衡化中的

细节消失缺点, 同时也消除了局部直方图均衡化的分块效应.

2.3 NiBlack 方法

这是一种简单有效的局部动态阈值算法, 这种算法的基本思想是对图像中的每一个点的 $k \times k$ 邻域内, 计算邻域内像素点的均值和方差. 然后用式(7)的值进行二值化.

假设像素点 (i, j) 处的灰度值为 $f(i, j)$, 则均值和方差可表示为

$$m(x, y) = \frac{1}{r^2} \sum_{i=x-r/2}^{x+r/2} \sum_{j=y-r/2}^{y+r/2} f(i, j) \quad (5)$$

$$s(x, y) = \sqrt{\frac{1}{r^2} \sum_{i=x-r/2}^{x+r/2} \sum_{j=y-r/2}^{y+r/2} f(i, j)^2} \quad (6)$$

$$T(x, y) = m(x, y) + r \times s(x, y) \quad (7)$$

其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 $k \times k$ 邻域内像素点的均值, $s(x, y)$ 为该点的 $k \times k$ 邻域内像素点的标准方差, k 为修正系数.

2.4 数学形态学处理

数学形态学^[5]其基本思想是用具有一定形态的结构元素去度量和提取图像中的对应性状, 以达到对图像处理分析和识别的目的.

2.4.1 膨胀和腐蚀

腐蚀^[5]在数学形态学中的作用是消除物体的边界点, 并使边界点向区域内部收缩, 从而可以把小于结构元素的物体区域除去.

膨胀^[5]是数学形态学的另一种基本运算. 膨胀的作用与腐蚀恰好相反, 是对图像边界进行扩充, 如果两个物体之间的距离比较近, 通过膨胀运算会把两个物体连在一起形成一个区域.

假设待测区域用函数 f 表示, 结构元素为 h , 则 h 对函数 f 进行的灰度膨胀和腐蚀分别表示为

$$(f \oplus h)(s, t) = \max\{f(s-x, t-y) + h(x, y) \mid (s-x), (t-y) \in B_f; (x, y) \in B_h\} \quad (8)$$

$$(f \ominus h)(s, t) = \min\{f(s+x, t+y) - h(x, y) \mid (s+x), (t+y) \in B_f; (x, y) \in B_h\} \quad (9)$$

式中 B_f 和 B_h 分别是 f 和 h 的定义域. 如果所用结构元素的值为负, 则对灰度图像进行腐蚀处理的图像会趋向于比输入图像更亮, 而膨胀处理的图像会趋向于比输入图像更暗.

2.4.2 开操作和闭操作

用结构元素 h 对图像 f 进行开操作和闭操作, 分别表示为

$$f \circ h = (f \ominus h) \oplus h \quad (10)$$

$$f \bullet h = (f \oplus h) \ominus h \quad (11)$$

开操作^[6]先用 h 对 f 进行简单的腐蚀操作,然后用 h 对得到的结果进行膨胀操作.开操作一般使对象的轮廓变得光滑,断开狭窄的间断和消除细的突出物,基本保持原对象大小.闭操作^[6]先用 h 对 f 进行简单的膨胀操作,然后用 h 对得到的结果进行腐蚀操作.闭操作同样使轮廓线更光滑,但与开操作相反的是,它通常消除狭窄的间断和长细的鸿沟,消除小的空洞,并填补轮廓线中的断裂,

2.4.3 形态学图像平滑处理

实现平滑处理的方法是先使用形态学开操作,然后进行闭操作.进行这两种操作的最终结果是除去或减少人为的亮和暗的因素或噪声.对实验中的手背静脉图像进行形态学处理采用了平滑处理,所用的是半径为 2 的圆盘形结构元素.

3 新的手背静脉分割方法提出

3.1 手背静脉图像有效部分的提取

处理主要以提取静脉血管为主,处理中只需截取存在血管的手背区域即可.图 1 所示为从原图中截取的有效区域.

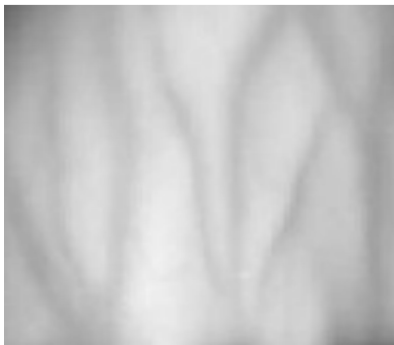


图 1 原始图像

3.2 算法描述

不管是直方图均衡化,还是对对比度受限的局部直方图均衡化,都存在相应的缺陷,均不利于图像的分割.为了避免这些缺陷,本文提出了一种新的基于子图直方图均衡化的手背静脉分割方法,此方法的主要步骤如下:

(1)图像拆分:将输入的图像按照不同的步长将原图分成若干个子图.

(2)子图直方图均衡化:计算每幅子图的直方图,然后根据直方图均衡化中的映射关系对子图进行映射,完成对子图直方图的均衡化.提高每幅子图对比度.

(3)子图的二值化:对每幅对比度增强后的子图

进行 NiBlack 分割,此处式(7)中 $r = -0.25$ 时,分割效果达到最好.所以在后期的处理当中 r 的值均取 -0.25 .

(4)图像重构:将每幅分割后的子图按照抽取时的规律进行像素插入,得到原图像的手背血管提取图.

(5)对重构后手背静脉二值图像进行形态学处理,去除图像中的噪声.

3.3 最佳步长的确定

利用 matlab 语言在 pc 机上运行,原始图像为裁剪后的图 1,,按照上述方法选择不同的步长长度,对手背静脉图像进行血管提取,每幅图对应的处理结果如图 2 所示.

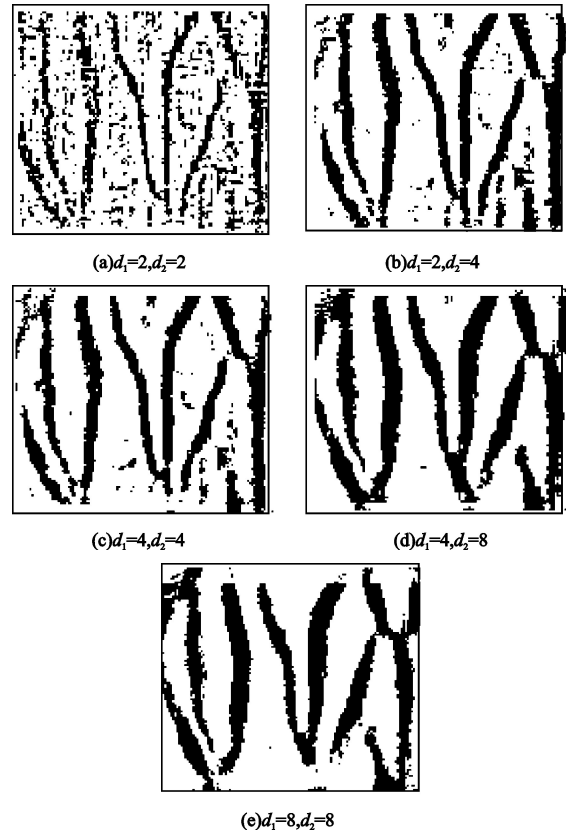


图 2 提取的手背静脉图像

对处理后的手背静脉二值图像进行形态学平滑处理,去除图像中的噪声,处理结果如图 3 所示.

图 2 中给出了利用基于子图直方图均衡化的提取方法在不同个数的子图下的手背静脉图像的提取结果,图 3 所示为图 2 中对应的去噪后手背静脉图像,从图 2 可以分析出,随着缩略图数量的越多,二值化后的手背静脉图像中的噪声越少.从图 3 去噪后的图像分析,当 $d_1 = 4, d_2 = 8$ 时,再增加缩略图的数量,处理效果没有明显的变化.综合上述分析,笔

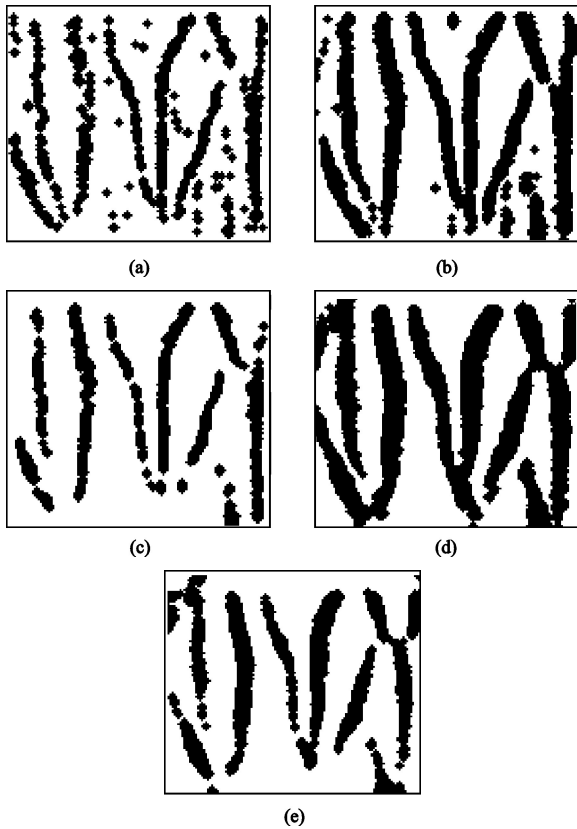


图3 去噪后的手背静脉图像

者选择了合适的缩略图数量,当原图像被分成 $d_1 \times d_2$ 个子图时,处理效果较好.

4 实验结果及分析

本实验从手背静脉数据库中抽取了四幅图像按文中算法在取 $d_1=4, d_2=8$ 情况下对数据库中四幅图像进行静脉提取,结果与文献[7]的处理结果进行比较,文献[7]采用的是当前应用广泛且有效的 CLAHE^[6-7]算法对图像进行增强提取,相比下,本文提出的新方法能得到更好的处理效果,而且计算复杂度相对较低.

5 结束语

本文通过直方图均衡化算法的改进,结合 Ni-Black 阈值分割方法,提出一种新的手背静脉血管的提取方法,此方法避免了直方图均衡化的缺陷,并对四幅不同的手背静脉图像进行实验,均得到了理想的分割结果.

参考文献:

- [1] 杨晓苹,史光远,马华. 一种手背静脉图像的采集与显示设备:中国, ZL201210471936. 3[P]. 2013-02-13.
- [2] 王德俊,王建立,阴玉梅,等. 基于 FPGA 的实时图像改进直方图均衡化算法[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(5): 87-89.
- [3] 刘建科,李洋. 针对光照不均的低对比度手指静脉增强[J]. 微电子学与计算机, 2012, 29(12): 91-93.
- [4] 武英,保持图像亮度的改进双直方图的均衡算法[J]. 计算机应用, 2010, 30(6): 1632-1634.
- [5] 王宇宙,赵宗涛,王旭红. 基于数学形态学的遥感图像分割算法[J]. 微电子学与计算机, 2004, 21(4): 35-45.
- [6] 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社, 2005.
- [7] 朱丛虎,王华彬,陶亮. 低对比度手背静脉图像的增强和分割[J]. 计算机技术与发展, 2011(5): 52-55.
- [8] Reza A M. Realization of the contrast limited adaptive histogram equalization (CLAHE) for real time image enhancement[J]. Journal of VLSI Signal Processing, 2004, 38(1): 35-44.

作者简介:

鲁周迅 男, (1959-), 博士, 副教授, 硕士生导师. 研究方向为数字信号分析与处理.

张彬彬 男, (1989-), 硕士研究生. 研究方向为图像处理.