

Enhancement of medical images based multi-scale Retinex

ZHANG Jia-jie¹, CHEN Shu-yue^{2*}, LIU Rui-jian¹, YANG Min¹

(1. School of Information and Communication Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China;

2. National Key Laboratory for Electronic Measurement Technology, Taiyuan 030051, China)

[Abstract] **Objective** To enhance the information of hidden area of medical images and image contrast, and compress the dynamic range. **Methods** An improved enhancement algorithm of medical images based on multi-scale Retinex was presented. The three different Gaussian filter coefficients under three different deviations were calculated, and the convolution operation was implemented between the image distribution and Gaussian filters. Weighted average of multi-scale was gained and mapped to gray range of display device. **Results** With this improved method, image contrast enhancement, sharpening and dynamic range compression were achieved at the same time. The information of hidden area of images was obviously enhanced. **Conclusion** Improved MSR can observably improve entropy of medical images, and also overcome the lack of enhancement of traditional methods and satisfy the clinic demand.

[Key words] Retinex; Medical images; Image enhancement; Dynamic range compression

基于多尺度 Retinex 的医学图像增强方法研究

张甲杰¹, 陈树越^{2*}, 刘瑞剑¹, 杨敏¹

(1. 中北大学信息与通信工程学院信息工程系, 山西 太原 030051;

2. 电子测试技术国家重点实验室, 山西 太原 030051)

[摘要] **目的** 增强医学图像中的暗区信息和图像对比度, 压缩医学图像的动态范围。 **方法** 提出并改进了基于多尺度 Retinex 方法的医学图像增强处理方法, 在 3 种标准偏差下, 求得高斯环境函数; 然后使用 3 种不同的误差函数对医学图像进行卷积操作, 将 3 种标准偏差尺度下得到的结果进行加权平均; 最后将输出灰度值进行修正, 得到可用于显示的结果。 **结果** 改进的 MSR 算法既可实现低对比度的医学图像增强, 又能实现图像的动态范围压缩, 能够显著提高暗区医学图像的信息。 **结论** 改进 MSR 算法能够显著提高暗区图像的信息量, 其增强后的信息熵是原图像的 2 倍多, 该方法克服了常规医学增强方法的不足, 能够满足医生临床诊断的要求。

[关键词] Retinex; 医学图像; 图像增强; 动态范围压缩

[中图分类号] R541.4; R817.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2007)11-1724-03

在医学图像处理中, 对于图像对比度较差、图像亮度很暗、动态范围又很宽的情况, 需要进行增强处理, 以满足医生临床诊断的要求。同时, 由于医学图像的动态范围比显示设备高出很多, 所以需要一种有效的图像增强算法, 在能够增强图像中较暗区域的细节信息的同时, 又可压缩图像的动态范围以适应显示设备的要求。本文针对医学图像的特点, 提出并改进了基于多尺度 Retinex 算法对医学图像进行增强处理, 以满足医生临床诊断的要求。

1 资料与方法

[作者简介] 张甲杰(1982-), 男, 山东泰安人, 在读硕士。研究方向: 图形图像处理。E-mail: zhangjiajie35@126.com

[通讯作者] 陈树越, 中北大学信息与通信工程学院信息工程系, 030051。E-mail: csyue2000@yahoo.com.cn

[收稿日期] 2007-05-09 **[修回日期]** 2007-07-20

1.1 Retinex 算法 Land 首先提出了 Retinex 作为人眼感知亮度和色度的视觉模型, 该理论论述了人眼视觉系统是如何获取景物的图像, 并具有色感一致性。所谓色感一致性, 是指人眼能够在不同亮度情况下仍能辨认物体本来颜色的能力。Land^[1]基于人眼视觉系统引入了图像的 center/surround 分布的空间形式, Jobson 等^[2]在 Land 的研究基础上, 定义了单尺度 Retinex 算法(single scale Retinex, SSR)。该算法可用下式描述:

$$R(x, y) = \log I(x, y) - \log [F(x, y) * I(x, y)] \quad (1)$$

$R(x, y)$ 是输出的图像函数, $I(x, y)$ 是输入图像的分布函数, $*$ 代表卷积操作, $\log$ 为自然对数。 $F(x, y)$ 被称为环境函数, 它的选取有很多种, Land 等人选择了 $F(x, y) = 1/r^2$, Hulbert 等人提出了使用高斯函数作为环境函数:

$$F(x, y) = K \cdot \exp(-(x^2 + y^2)/c^2) \quad (2)$$

其中, c 是高斯函数的标准偏差, 归一化条件为:

$$\iint F(x, y) dx dy = 1 \quad (3)$$

标准偏差的选择会直接影响医学图像增强的效果,它控制着图像中有多少细节信息被保留,当选取较小的值时,能够较好地动态范围的压缩;当选取较大的值时,色感一致性较好。通常都是在动态范围压缩和色感一致性之间寻找平衡点^[3,4]。

1.2 多尺度 Retinex 算法 多尺度 (multi-scale Retinex, MSR) 算法是一种既可很好完成图像的动态范围压缩,又可保证图像的色感一致性好的图像增强方法^[5,6]。该算法可用下式描述:

$$R_i(x, y) = \sum_{k=1}^K W_k (\log I_i(x, y) - \log [F_k(x, y) * I_i(x, y)]) \quad i = 1, \dots, N \quad (4)$$

其中下标 i 表示第 i 个光谱带, N 表示光谱带个数, $N=1$ 时代表灰度图像, $N=3$ 时代表彩色图像。 W_k 表示和 F_k 相关的权重系数, k 表示环境函数的个数。实验表明对于大多数医学图像而言,选取大、中、小 3 个尺度,每个尺度的权重根据侧重动态范围还是侧重色感一致性的需要来选取^[3,7]。

通常利用 MSR 方法处理后的医学图像像素值会出现负值,并且会出现超出显示器的显示范围的情况,这就需要将其平移和压缩到显示器显示的范围。也就是将处理后的灰度值进行修正。

2 结果

2.1 改进 MSR 算法实现 由于 MSR 算法需要对图像进行卷积操作,这就耗费了大量的运算时间,我们在图像的卷积操作和最后的灰度修正上改进了该算法。具体算法如下:

(1) 确定高斯环境函数:选择高斯函数作为环境函数,其中 $K = \sum \sum \exp(- (x^2 + y^2) / c^2)$ 。根据我们对大量医学图像的试验,我们选择 3 个不同的标准偏差 c 值分别为 20, 100, 270。

(2) 在 3 种尺度下,使用 3 种不同的高斯环境函数对图像进行卷积操作。卷积的实现过程如下式所示:

$$DFT^{-1} [DFT(F(x, y)) \cdot DFT(I(x, y))] \quad (5)$$

(3) 利用式(4)计算 3 种尺度下得到结果的加权平均。

(4) 对灰度值进行修正,方法如下:

①求出输出图像的均值 avg 和标准方差 div , 分别用式(6)与式(7)来计算截断拉伸的最大值和最小值;

$$f_{\max} = avg + \alpha \cdot div \quad (6)$$

$$f_{\min} = avg - \alpha \cdot div \quad (7)$$

其中, α 为比例系数,一般取经验值 1.5 ~ 3。

②求出输入图像的平均强度作为偏移量 $offset$;

③对结果进行拉伸,采用式(8);

$$I_{out} = \begin{cases} f_{\min} & I_{in} \leq f_{\min} \\ \frac{I + offset - f_{\min}}{f_{\max} + offset - f_{\min}} & f_{\min} < I_{in} < f_{\max} \\ f_{\max} & I_{in} \geq f_{\max} \end{cases} \quad (8)$$

其中, I_{out} , I_{in} 表示输出图像和输入图像。

试验证明,改进的 MSR 算法不仅得到了满意的增强效果,并且迅速提高了程序的运算时间,有很高的实用价值。

2.2 改进 MSR 增强结果 改进的多尺度 Retinex 算法适宜不同的亮度环境下所获得的图像。应用本文提出的改进 MSR 增强算法处理医学图像,其增强效果如图 1 所示。

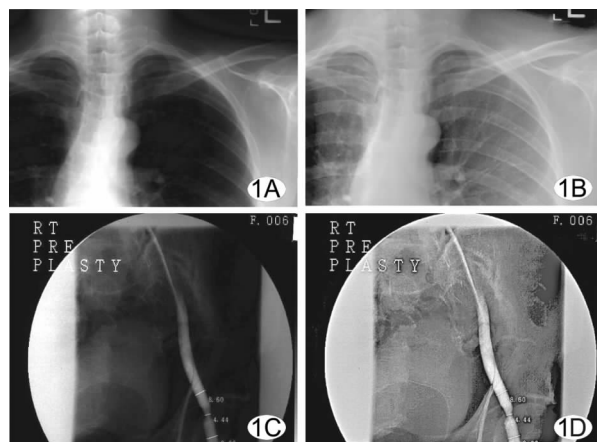


图 1 医学图像原图及改进 MSR 增强结果 A. 胸片原图; B. A 图的改进 MSR 增强; C. 血管图像(原图); D. C 图的改进 MSR 增强

从图 1 中可以看出,在对原图几乎全部暗区、其内信息不可分辨的情况下,利用改进的 MSR 增强后能得到满意的增强效果,对比度得到显著提高,并具有一定的锐化效果,也能够增强暗区的信息。

根据我们对大量医学图像的试验,我们发现,改进 MSR 增强图像具有类似的直方图分布。图 2 给出了图 1 中改进 MSR 增强后得到的灰度直方图,从图中可看出改进 MSR 算法能够使图像得到较好的灰度分布,从而使图像更加清晰。

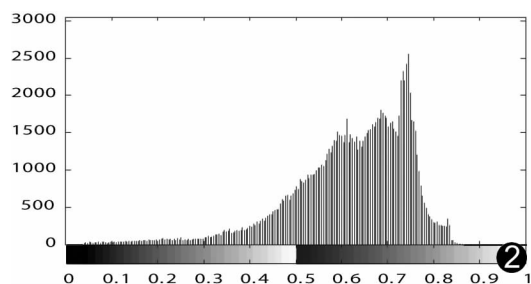


图 2 改进 MSR 增强图像灰度直方图

3 讨论

为了客观、定量地比较改进 MSR 增强算法的效果,利用图像信息熵作为衡量图像质量的客观标准^[8],信息熵越大其信息量越多,图像细节越丰富。通过计算,原图信息熵为 2.5176,改进 MSR 增强图像的信息熵为 5.2052。其图像熵是原图的 2 倍多,说明了改进 MSR 算法能够显著提高医学图像的质量,有利于医生诊断。

改进 MSR 算法是一种非常有效的、基于人眼视觉原理的图像增强算法,它既能有效地实现医学图像对比度的增强,同时又能够有效地压缩图像的动态范围,具有广泛的应用领域。

试验表明本文的算法能有效地提高医学图像中暗区内细节的可视度,对提高医生的临床诊断准确性有很大的帮助。该方法增强后的信息熵比原信息熵提高了一倍多,表现出良好的性能。基于 Retine 模型的改进 MSR 算法是一种非常适合医学图像增强的算法,因而具有极高的应用价值。

[参考文献]

- [1] Land E. An alternative technique for the computation of the designator in the retinex theory of color vision [J]. Proc Nat Acad Sci, 1986, 83 (12): 3078-3080.
- [2] Jobson DJ, Rahman Z, Woodell GA. Properties and performance of a center/surround Retinex [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1997, 6(3): 451-462.
- [3] Hines GD, Rahman Z, Jobson DJ, et al. Single-scale Retinex using digital signal processors [J]. Global Signal Processing Expo, 2004, 2 (8): 335-343.
- [4] Hines GD, Rahman Z, Jobson DJ, et al. Real-time enhanced vision system [J]. Enhanced and Synthetic Vision, 2005, 5802(5): 156-164.
- [5] Rahman Z, Jobson DJ, Woodell GA. Retinex processing for automatic image enhancement [J]. Journal of Electronic Imaging, 2004, 12(3): 32-45.
- [6] Jiang XF, Jin L, Tao CK. New method for image fusing based on MSR and edge extraction [J]. Opto-Electronic Engineering, 2006, 33(3): 110-118.
江兴方,金龙,陶纯堪.基于 MSR 和边缘提取的彩色图像融合新方法[J].光电工程,2006,33(3):110-118.
- [7] Li XM. Image enhancement algorithm based on Retinex theory [J]. Application and Research of Computer [J]. 2004, 2(9): 235-237.
李学明.基于 Retinex 理论的图像增强算法[J].计算机应用研究,2004,2(9):235-237.
- [8] Wang YC, Li SJ. Enhancement of radiography based multiscale Retinex [J]. Optics and Precision Engineering, 2006, 14(1): 70-76.
王彦臣,李树杰.基于多尺度 Retinex 的数字 X 光图像增强方法研究[J].光学精密工程,2006,14(1):70-76.

Ultrasonography diagnosis of fetal posterior urethral valve

超声诊断胎儿后尿道瓣膜病 1 例

罗朵朵,董 刚

(河南省三门峡市黄河医院超声科,河南 三门峡 472000)

[Key words] Ultrasonography; Fetus; Posterior urethral valve

[关键词] 超声检查;胎儿;后尿道瓣膜

[中图分类号] R445.1 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2007)11-1726-01

孕妇,28 岁,孕 17 周行超声检查。超声所见:颅骨光环,脑中线居中,胎儿双顶径 32 mm,脊柱连续性良好,排列整齐;胎心搏动好,四腔心可见;股骨长 22 mm,胎儿腹腔内可见一囊性包块,大小约 5.4 cm × 4.1 cm × 7.1 cm,主要位于下腹部,边界清楚,内透声好,可见一直径约 7 mm 的强回声光团,后方伴声影,随体位改变移动。胎儿双肾盂轻度分离,前后径均约 6 mm,胎盘位于子宫前壁,回声均匀,最大羊水深度 25 mm。超声提示:①宫内中期妊娠,单活胎;②胎儿腹腔内囊性包块,不排除尿道梗阻所致尿潴留,其内强回声光团,考虑结石;③胎儿双肾轻度积水;④羊水过少。引产后证实为后尿道瓣膜病伴膀胱内结石。

讨论 后尿道瓣膜病是引起胎儿尿道梗阻的常见原因,几乎均发生于男性胎儿,于胚胎早期就已出现,可引起泌尿系统及其他系统发育不良及功能障碍,如羊水过少造成肺发育不良;肾小球滤过功能不良;尿潴留及后尿道瓣膜的基础上易并发尿路

感染,肾萎缩等。当超声显示为明显增大的膀胱、双肾积水、双肾缩小、羊水少等声像表现时,要考虑到此病。本病与尿道闭锁、尿道狭窄及 Prune-belly 综合征声像图表现相似,在超声上不易鉴别。



图 1 巨大膀胱伴膀胱内结石

[作者简介] 罗朵朵(1982-),女,河南人,大专学历,住院医师。

E-mail: ldd19820720@163.com

[收稿日期] 2007-06-28 [修回日期] 2007-09-10