

文章编号: 1671-7104(2017)03-0175-02

# 直方图均衡化图像增强的改进算法

【作者】王世刚<sup>1</sup>, 游敏娟<sup>2</sup>, 宋莉<sup>1</sup>

1 泰山医学院放射学院, 泰安市, 271016

2 山东医药技师学院, 泰安市, 271000

【摘要】探讨一种直方图均衡化图像增强的改进算法。对图像进行小波变换后, 对低频小波系数进行均衡化处理, 再小波反变换获得增强图像。结果验证, 基于直方图均衡化图像增强的改进算法, 获得了较好的图像增强效果。

【关键词】直方图均衡; 图像增强; 小波变换

【中图分类号】R318

【文献标志码】A

doi:10.3969/j.issn.1671-7104.2017.03.005

## Improved Algorithm of Histogram Equalization for Image Enhancement

【Writers】WANG Shigang<sup>1</sup>, YOU Minjuan<sup>2</sup>, SONG Li<sup>1</sup>

1 Department of Radiology, Taishan Medical University, Tai'an, 271016

2 Shandong Medicine Technician College, Tai'an, 271000

【Abstract】An improved algorithm of histogram equalization for image enhancement is discussed. After the image containing noises was wavelets transformed, the low frequency wavelet coefficients are equalized, and then all the wavelets are inverse transformed to enhance the image. This improved algorithm of histogram equalization gets a better image enhancement effect by test verification.

【Key words】histogram equalization, image enhancement, wavelet transform

### 0 引言

医学图像在获得的过程中, 存在着各种因素的影响, 会导致图像质量的退化, 因此, 有必要对图像进行增强处理, 以便有效解决医学图像对比度低的问题, 并能有效突出图像的边缘处细节信息。经典的直方图修正法的均衡化会遇到图像中像素个数较少的灰度级被过多合并的问题, 导致处理后的图像部分细节丢失而边界变得模糊, 得不到满意的增强效果。而小波分析在时域和频域上都具有良好的局部特性<sup>[1]</sup>, 被广泛应用于图像处理中。本文针对直方图均衡化的部分细节丢失的不足, 将小波变换的多尺度、多分辨率的特点和直方图均衡化的方法相结合, 对直方图均衡化方法进行了改进。

### 1 原理

#### 1.1 直方图均衡化

直方图是数字图像中每一灰度级与其出现频率间的统计关系, 它反映了图像的灰度范围、分布等信息。直方图均衡化图像增强的思想就是修改原始图像的直方图, 使之均匀分布, 这样图像的像素就尽可能

地均匀分布于全部可能的灰度级, 从而增强了图像的对对比度。设图像灰度区间为 $[0, L-1]$ , 第 $i$ 个灰度级 $r_i$ 的频数为 $n_i$ , 像素的总数为 $N$ , 则灰度级 $r_i$ 的概率密度函数 $P_r(r_i)$ 为:

$$P_r(r_i) = \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

其中,  $0 \leq r_i \leq 1$ ,  $i=0, 1, 2, 3, \dots, L-1$ 。对数字图像进行直方图均衡化时, 变换后的灰度级为 $s_i$ , 则:

$$s_i = T(r_i) = \sum_{k=0}^i P_r(r_k) = \sum_{k=0}^i \frac{n_k}{N} \quad (2)$$

可见, 均衡化变换函数 $T(r_i)$ 仅是归一化直方图取值的累加。直方图均衡化的优点是能自动地增强整个图像的对对比度, 但它的具体增强效果不易控制<sup>[2]</sup>, 如处理后的图像都会遇到图像中像素个数较少的灰度级被过多合并的问题, 致使某些细节丢失而局部变得模糊, 这是直方图均衡化增强算法无法避免的问题。

#### 1.2 图像小波特点

图像小波分解是二维离散小波变换, 图像经过小波变换, 不仅能够保持原图像的空间特性, 而且很好地提取了图像的低频和低频分量<sup>[3]</sup>。一般地, 图像小波变换后的系数具有很强的相关性, 图像的主要能量集中在小波的低频子带上, 而且它的三个高频子带则主要包含了图像的边缘信息和细节信息。根据图像小

收稿日期: 2016-09-05

基金项目: 山东省自然科学基金项目 (ZR2014HL093); 山东省医药卫生科技发展计划项目 (2015WS0101); 山东省泰安市科技发展引导计划项目 (2016NS1053); 泰山医学院科研计划面上项目

作者简介: 王世刚, E-mail: sgwang@tsmc.edu.cn

波变换后的特点,可分别对低频子带和高频子带采取不同的处理方式,增强或抑制某些小波系数,从而产生了许多小波变换图像增强方法<sup>[4-7]</sup>。

## 2 方法

直方图均衡化方法存在问题有:增强后的图像中像素个数较少的灰度级被过多合并。为增强图像的细节信息,本文将结合图像小波变化的特点对传统的直方图均衡处理进行改进。基本方法是对图像小波分解得到的低频小波系数进行均衡化处理从而提高对比度,提取高频小波系数从而保留细节信息,进而达到较好的图像增强的效果。

本文的算法流程图见图1。

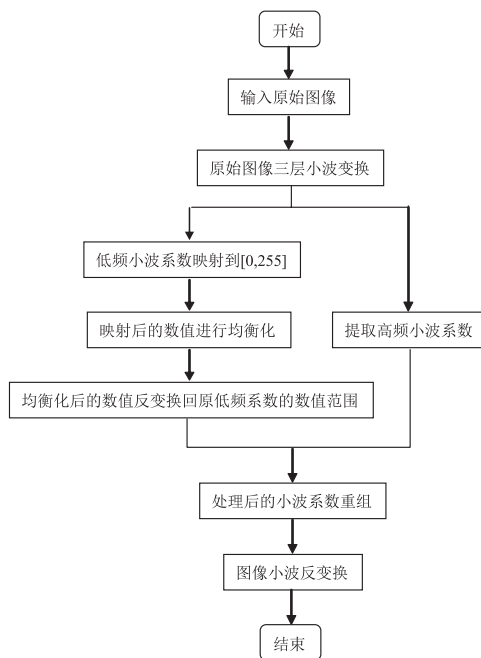


图1 算法流程图

Fig.1 Flow process of algorithm

图像增强后的主观评价主要依靠人眼对各个处理后的图像做主观评估,方法简单、直观,但主观性较强。本文使用客观评价标准均方根误差 $R_{MSE}$ 和峰值信噪比 $P_{SNR}$ <sup>[8]</sup>:

$$R_{MSE} = \sqrt{\frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\hat{f}_{i,j} - f_{i,j})^2} \quad (3)$$

$$P_{SNR} = 10 \lg \left[ \frac{m n f_{\max}^2}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [f_{i,j} - \hat{f}_{i,j}]^2} \right] \quad (4)$$

其中,  $\hat{f}_{i,j}$  表示去噪重建后的图像像素的灰度值,  $f_{i,j}$  表示原始图像像素的灰度值,  $m$ 、 $n$  为图像的行数和列数。信噪比越大,均方根误差越小,则增强效果

越好。

本文还将该改进算法与经典时域直方图均衡化算法进行了对比。

## 3 结果

本文对一幅CR图像进行经典直方图均衡化增强和3层小波增强仿真分析,小波变换采用小波基为“db2”。图2是图像处理的结果。

从图2 (b) 可以看出,经典直方图均衡化方法在增强的同时,掌骨的内部过分增强,已经和边缘不能区分;从图2 (c) 中可以看出掌骨的边缘清晰可见,本文算法在提高图像对比度的同时,能够保留边缘细节信息,获得良好的图像增强的效果。而且,CR图像的处理结果中,经典直方图均衡化方法图像增强的客观指标 $R_{MSE}$ 与 $P_{SNR}$ 分别是30.059 7和18.571 1,本文算法分别是19.857 8和22.172 2,本文算法明显优于经典直方图均衡化方法。本文算法在很大程度上克服了单一的直方图均衡化进行图像增强时会丢失图像细节以至信息不足的缺点。



图2 图像处理  
Fig.2 Image processing

## 4 结语

小波变换具有良好的空间域和频率域局部化特性,是时频信号分析最有效的工具之一。本文针对传统的直方图均衡化图像增强算法,由于灰度级的减少而丢失细节的问题,提出了一种基于小波分解的直方图均衡化图像增强算法。仿真实验表明,

下接第184页

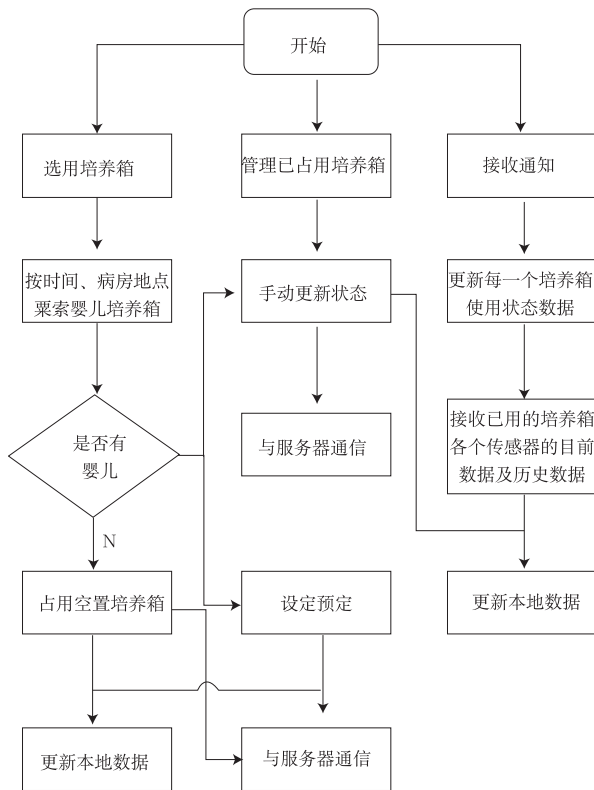


图6 安卓应用系统图

Fig.6 Android application system diagram

选择需求一台可用婴儿培养箱，也可选择管理现有的婴儿培养箱（或更改现有婴儿培养箱的状态）。当需求一台可用培养箱时，用户通过选择使用时间段和病房地点搜索某个婴儿培养箱。若婴儿培养箱闲置，护理人员可以直接预订该婴儿培养箱。若婴儿培养箱被占用，用户可以选择查看该培养箱的状态，其中包

括各个传感器的实时数据及历史数据。当所有培养箱都被占用时，护理人员可按需求预定，一旦 ZigBee 传感器在指定时间内检测到闲置的婴儿培养箱，推送服务器将会第一时间向 HIS 系统应用发送通知，接收到通知的用户便可成功预定。

## 7 结论

本文通过软硬件的设计，研制了一套成本可控，扩展性强的物联监控系统，可提高产品风险可控度和市场竞争力，降低使用的风险，适合推广至婴儿培养箱。近年来，我国的医院信息系统（Hospital Information System, HIS）建设模式随着计算机软硬件技术的变化也在不断演变<sup>[5]</sup>，此次设计可以较好地满足多方位的需求，但同时该系统在堆栈和 HIS 系统方面仍然面临着一些挑战，如堆栈和 HIS 系统的功能和 API 较少，系统较不稳定等。未来可尝试进一步的改进，降低生产成本、提高系统稳定性或增加产品的功能，如对新生儿父母提供手机端的实时视频观看、婴儿体位感知等人性化功能。

## 参考文献

- [1] 莫文娟, 张学龙, 笪远锋. 婴儿培养箱不良事件总结及国内外监管现状[J]. 现代仪器与医疗, 2014, 20(2): 67-69.
- [2] 黄家沼. 基于物联网的移动医疗监护系统的设计与实现[D]. 广州市: 广东工业大学, 2013.
- [3] 刘咏. 物联网中多层/跨层接入管理关键技术[D]. 大连市: 大连理工大学, 2014.
- [4] 谭杏飞, 蓝惠兰, 李艳敏, 等. 重症监护临床信息系统在 ICU 的应用[J]. 国际医药卫生导报, 2015, 21(8): 1147-1150.
- [5] 邱明辉, 余浩, 张震江, 等. 异构系统协同工作的医院信息化建设新模式[J]. 中国医疗器械杂志, 2016, 40(6): 418-420.

上接第176页

与原有直方图均衡化算法对比，本文改进的算法有效地改善了图像的细节质量，有较好的图像增强效果，有利于特征提取，研究结果对于图像的进一步处理具有重要意义。

## 参考文献

- [1] 龚昌来, 罗聪, 杨冬涛, 等. 一种基于平稳小波域的红外图像增强方法[J]. 激光与红外, 2013, 43(6): 703-707.
- [2] 姚敏. 数字图像处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [3] 宋庆峰, 吕绪良, 隋明序, 等. 一种基于小波变换的图像增强方法

[J]. 光电技术应用, 2014, 29(6): 39-42.

- [4] 叶仕通. 结合阈值去噪与边缘优化的图像增强算法[J]. 图学学报, 2014, 35(4): 571-576.
- [5] 常宏韬, 孟庆虎. 基于小波变换的一种红外图像增强算法[J]. 河南科技大学学报(自然科学版), 2015, 36(1): 48-51.
- [6] 陈莉. 基于小波变换的图像增强算法[J]. 陕西理工学院学报(自然科学版), 2014, 30(1): 32-36.
- [7] 高辉, 赵艳芹, 董殿伟. 基于小波变换的矿井监控图像增强研究[J]. 计算机与数字工程, 2015, 43(4): 707-709.
- [8] 吴桑, 彭良玉. 基于小波变换的图像增强新算法[J]. 现代电子技术, 2013, 36(4): 89-91.