

基于人工鱼和细胞膜优化医学 DR 图像增强研究

杜晓昕¹, 王 波²

(1 齐齐哈尔大学 计算机与控制工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006;

2 齐齐哈尔大学 教育与传媒学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘 要: 针对医学 DR 图像对比度低、细节和边缘不清晰的问题, 提出一种基于人工鱼和细胞膜优化的医学 DR 图像增强方法. 该方法采用人工鱼群算法优化 Otsu 方法, 利用优化后的 Otsu 方法对医学 DR 图像进行分割, 采用细胞膜优化算法对分割后的部分区域分解, 分解后的高频强区做非线性增强, 高频弱区和低频区做直方图均衡化增强, 其余部分做线性增强. 仿真实验表明这种方法有效地消除了医学 DR 图像中噪声, 增强后医学 DR 图像细节信息更加清楚, 具有高的有效性和鲁棒性.

关键词: 人工鱼群算法; 细胞膜优化算法; 图像增强; 医学 DR 图像

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)09-0082-04

Research of Medical DR Image Enhancement Based on Artificial Fish Swarm and Cell Membrane Optimization

DU Xiao-xin¹, WANG Bo²

(1 College of Computer and Control Engineering, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China;

2 College of Education and Communication, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China)

Abstract: According to the problem that details of medical DR image are buried, edge of image is vague, contrast of image is reduced. Method of medical DR image enhancement based on artificial fish swarm and cell membrane optimization is proposed. Otsu method is optimized by artificial fish swarm algorithm. Medical DR image is divided by optimized Otsu method. Divided some area is decomposed to high frequency strong area, high frequency weak area and low frequency area by cell membrane optimization algorithm. High frequency strong area is treated with nonlinear enhancement, high frequency weak area and low frequency area are treated with histogram equalization enhancement, other area is treated with linear enhancement. Simulation experiment on this method shows that noise of medical DR image is eliminated, details of medical DR image is more clear, effectiveness and robustness with this method are both high.

Key words: artificial fish swarm algorithm; cell membrane optimization algorithm; image enhancement; medical DR image

1 引言

医学 DR 图像在拍摄过程中, 受噪声的干扰, 曝光量过高或过低, 拍摄的人体组织太厚等原因, 细节信息会被噪声等不利因素埋没, 边缘变得不清晰, 对比度降低, 容易导致病变区域的误诊. 对医学 DR 图

像的增强处理, 可提高医生诊断效率, 辅助医生做出正确的诊断. 为了解决上述问题, 提出了一种基于人工鱼和细胞膜优化的医学 DR 图像增强方法, 该方法采用两种智能仿生算法实现了增强中的智能寻优, 从而达到较优的增强效果, 增强后的图像细节信息更加丰富, 边缘清晰, 对比度高. 实验证明该方法

收稿日期: 2012-11-08; **修回日期:** 2012-12-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(61100103); 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12531758)

具有高的有效性和鲁棒性。

2 基于人工鱼和细胞膜优化医学 DR 图像增强方法

2.1 增强总体思路

基于人工鱼和细胞膜优化医学 DR 图像的增强方法总体思路包含三个部分:图像的分割、图像的分解和图像的增强。DR 成像及增强原理如图 1 所示。

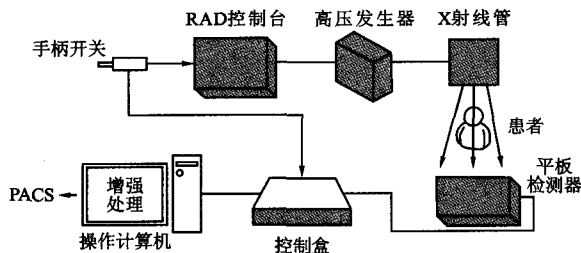


图 1 DR 成像及增强原理图

图像的分割:采用 Otsu 阈值法和人工鱼群算法将医学 DR 图像分割为关注区和非关注区。

图像的分解:采用细胞膜优化算法将关注区分解为高频强区,高频弱区和低频区。

图像的增强:对高频强区进行非线性增强,对高频弱区和低频区进行直方图均衡化增强,对非关注区做线性增强。

2.2 图像的分割

图像分割方法中,常用的是灰度阈值法^[1]和边缘检测法^[2-3]。针对医学 DR 图像的特点,选取 NOtsu 等人提出的最大类间方差方法(Otsu 法)^[4]将医学 DR 图像分为关注区和非关注区。

2.2.1 Otsu 分割方法

医学 DR 图像的灰度范围为 $\{0, 1, \dots, L-1\}$, 医学 DR 图像通过阈值 k 可分为关注区和非关注区两类, p_i 为灰度 i 出现的概率, $\theta_0 = \sum_{i=0}^k p_i$ 为关注区出现的概率, $\theta_1 = \sum_{i=k+1}^{L-1} p_i$ 为非关注区出现的概率, $\lambda_0 = \sum_{i=0}^k p_i * i / \theta_0$ 为关注区的均值, $\lambda_1 = \sum_{i=k+1}^{L-1} p_i * i / \theta_1$ 为非关注区的均值。

两类之间的方差公式为:

$$\epsilon^2 = \theta_0 (\lambda_0 - \lambda)^2 + \theta_1 (\lambda_1 - \lambda)^2 \quad (1)$$

最佳阈值 k^* 是使得方差取得最大值。

2.2.2 人工鱼群算法求解最佳阈值

对于 Otsu 法确定最佳阈值是分割效果的关键,本文利用人工鱼群算法搜索 Otsu 法的最佳阈值,从

而实现医学 DR 图像分割。人工鱼群算法中人工鱼个体的状态定义为阈值 k_i ($0 \leq i \leq NP$), k_i 为寻优变量,算法寻优结果为最优阈值 k^* 。

人工鱼群算法参数设置:鱼群规模 $NP = 30$, 移动步长 $Step = 0.05$, 试探次数 $Try_number = 40$, 拥挤因子 $\delta = 0.618$, 食物浓度 $f(x)$ 见公式(1), 最大迭代次数 $Max_number = 120$, 视野范围 $Visual = 1$ 。

算法设计如下:

步骤 1:初始化鱼群:初始鱼群由 NP 条人工鱼组成,每条人工鱼的初始值为 $0 \sim 255$ 间随机数。

步骤 2:公告板赋值:通过食物浓度公式求解初始鱼群中每个人工鱼的状态值 h , 把 h 最大值赋给公告板。

步骤 3:行为选择:每个人工鱼依次进行追尾行为和聚群行为,衡量行动后的值,选取 h 值最大的行为真正执行,缺省的情况下为觅食行为。

步骤 4:公告板:鱼群迭代后,比较当前鱼群最优鱼 h 值和公告板中的值,取最优的赋给公告板。

步骤 5:终止条件判断:是否已达到的最大迭代次数 $MaxIteration$, 若不满足,转向步骤 3, 进行下一代鱼群优化过程;否则转向步骤 6。

步骤 6:算法终止:输出公告板中人工鱼和函数值。

2.3 图像的分解

为了对关注区进行有效的增强,首先需对关注区进行分解,为了达到最优的分解结果,采用细胞膜优化算法实现。定义关注区中的高频强区为细胞膜优化算法中的溶脂性物质,高频弱区为细胞膜优化算法中的高浓度非溶脂性物质,低频区为细胞膜优化算法中的非溶脂性物质。关注区中的每个像素点定义为细胞膜优化算法中的一个物质。

细胞膜优化算法参数设置:最大迭代次数 $G = 30$, 搜索次数 $locn = 10$, 物质总量 m 为图像分辨率, 种群百分比 $p_s = 0.2$, 半径系数 $r = 0.4$, 临界值 $p_a = 10^{-5}$, 收缩率 $P_b = 0.9$, 载体概率 1 $P_{c1} = 0.8$, 载体概率 2 $P_{c2} = 0.5$ 。

算法设计如下:

步骤 1:物质初始化:医学 DR 图像的分辨率。

步骤 2:终止判断:是否达到最大迭代次数, 如果否转向步骤 3, 否则转向步骤 6。

步骤 3:物质分类:划分为溶脂性物质、高浓度非溶脂性物质和低浓度非溶脂性物质。

步骤 4:物质运动:溶脂性物质自由扩散、高浓

度非溶脂性物质运动和低浓度非溶脂性物质运动。

步骤 5: 物质更新: 物质的再次分类. 转向步骤 2.

步骤 6: 算法结束: 输出三种物质.

在细胞膜优化算法作用下, 最终形成上面提到的三类物质, 也就是我们要得到的关注区的三个区.

2.4 图像的增强

2.4.1 关注区的高频强区增强

高频强区的增强处理为非线性增强. 该区的图像分解后得到的 $G_i (i = 1 \cdots L)$ 代表着图像不同层次的细节信息. 采用非线性映射的方法, 通过一映射函数 $k(x)$ (x 为像素点 (i, j) 的像素值), 进行细节部分的非线性增强处理. 非线性对比度增强函数作为高频强区的映射函数公式(2):

$$k(x) = \begin{cases} Gx (1 - \frac{|x|}{M})^P + x, & |x| \leq M \\ x, & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

其中 M 为非线性变换范围内的最大像素值, G 为对比度增益因子.

2.4.2 关注区的高频弱区和低频区增强

高频弱区和低频区的增强处理为直方图均衡化增强. 直方图均衡化的方法, 拉伸和均匀化图像整体直方图分布公式(3):

$$S_K = (\sum_{j=0}^k n_j) / N \times I_{\max} \quad (3)$$

式中 N 为像素总数, $I_{\max}$ 为该类图像像素最大值, n_j 是像素值为 j 的像素点个数, S_k 为原像素值为 k 的像素点经公式变换后的输出值.

2.4.3 非关注区增强

非关注区的增强处理为线性增强. 令该区的原图像 $f(i, j)$ 的灰度范围为 $[a, b]$, 线性增强后的图像 $g(i, j)$ 的灰度范围为 $[c, d]$, 那么 $f(i, j)$ 和 $g(i, j)$ 之间的关系如公式(4):

$$g(i, j) = c + \frac{d-c}{b-a} [f(i, j) - a] \quad (4)$$

3 实验结果与性能分析

在 Windows7 操作系统下, 仿真硬件环境: PC Intel 酷睿 i7 3930K, 内存 16G DDR3, 显卡 NVIDIA GeForce GTX5; 仿真软件环境: MATLAB 7.0.

实验素材为齐齐哈尔市第一医院医学影像科提供的真实病人胸部 DR 图像. 为了验证本文算法的有效性, 将本文算法和目前性能较优的文献[5] 算法进行了性能对比. 对原始图像分别进行了本文算

法的增强处理和文献[5] 算法的增强处理, 增强对比结果如下几个方面进行了分析.

3.1 图像增强效果性能分析

3.1.1 图像增强主观评价

对于图像增强主观评价, 主要是人眼的视觉效果. 原始图像的细节信息模糊对比度低, 本文算法和文献[5] 算法都使原来的医学 DR 图像得到了不同程度的增强, 但明显可见本文算法增强的效果更佳, 不仅消除了噪声, 而且病人关注区细节信息和边缘信息清晰可见.

3.1.2 图像增强客观评价

图像增强的客观评价, 主要是对图像增强效果的定量分析, 这里定量分析指标为医学 DR 图像的信息熵和交叉熵. 如果增强后医学 DR 图像的信息熵越大, 表明增强后医学 DR 图像的信息量大, 信息丰富, 质量高. 相反如果交叉熵越小, 表明增强后医学 DR 图像从源医学 DR 图像提取的信息量越多, 效果越好.

根据香农信息论的原理, 一副医学 DR 图像的信息熵定义为公式(5):

$$H = - \sum_{i=0}^{L-1} p_i \ln p_i \quad (5)$$

其中灰度范围为 $\{0, 1, \cdots, L-1\}$, p_i 为医学 DR 图像的直方图, 即灰度值等于 i 的像素数与图像总像素数之比.

交叉熵主要体现了增强前后两幅图像的差异, 设源医学 DR 图像为 p_i , 增强后医学 DR 图像为 q_i , 则交叉熵定义为公式(6):

$$CE = \sum_{i=0}^{L-1} p_i \ln \frac{p_i}{q_i} \quad (6)$$

对医学 DR 图像进行图像增强客观评价结果如表 1.

表 1 图像增强客观评价标准结果

图像类型	信息熵值	交叉熵值
原始图像	6.262	8.968
文献[5] 算法	6.899	8.006
本文算法	7.898	6.003

从表 1 可明显看出, 本文算法的信息熵值大, 交叉熵值小, 说明本文算法的增强效果是最好的.

3.2 算法运行性能分析

算法运行性能分析, 主要是考察算法的运行速度, 所有算法均在上述的相同的实验平台运行环境下进行测试. 图像增强算法的平均时间消耗情况如表 2 所示, 本文算法处理速度快、耗时少.

表 2 不同算法的运行时间比较

算法	消耗时间 /s
文献[5] 算法	28. 26
本文算法	16. 40

3.3 综合性能分析

一幅图像的视觉效果的好快主要取决于图像的亮度和对比度,因此综合性能分析部分主要是对图像的亮度(见公式 7) 和对比度(见公式 8) 进行对比分析.

亮度具体计算公式为:

$$Def = \sum_{x=0}^{m-2} \sum_{y=0}^{n-2} G(x,y) \tag{7}$$

式中, $G(x,y)$ 代表像素点 (x,y) 的梯度值.

对比度计算为:

$$con = \sqrt{\frac{1}{nm} \sum_{x=0}^{m-1} \sum_{y=0}^{n-1} \left[I(x,y) - \frac{1}{nm} \sum_{x=0}^{m-1} \sum_{y=0}^{n-1} I(x,y) \right]^2} \tag{8}$$

对于原始图像和两种算法图像增强后图像的亮度、对比度对比结果如图 2 和图 3 所示.

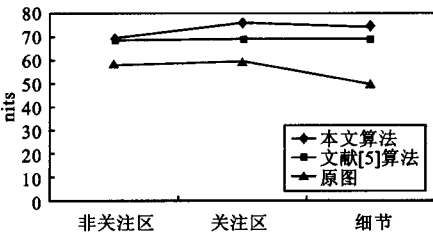


图 2 增强算法的图像亮度对比

从图 2 图像亮度对比结果可知,而时相对于文献[5]算法,本文算法图像亮度值有了较大的提升,图像的细节信息.

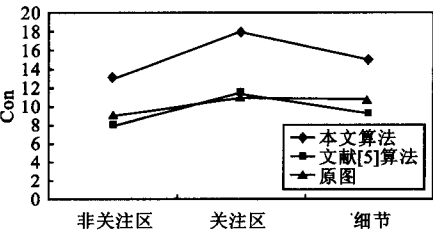


图 3 增强算法的图像对比度对比

从图 3 图像对比度比较结果可看出,相对于原始图像,文献[5]算法处理后图像的对比度有所下降,本文增强算法的图像对比度值有所提高,主要是由于本文算法对关注区的高频强区图像进行非线性增强,并同时关注区的高频弱区和低频区进行了直方图均衡化增强,因此本文算法是鲁棒性较好的图像增强算法.

综合上述可知,本文算法的综合性能要优于对比算法,这表明本文图像增强算法可以有效消除噪声对图像的影响,提高了细节信息的清晰度,增强效果是很可观的.

4 结束语

本文对医学 DR 图像的增强处理采用了人工鱼群算法和细胞膜优化算法,通过这两种算法对增强处理的优化,增强效果大大提高. 增强后的医学 DR 图像对比度和亮度更加符合人眼视觉特性,细节和边缘信息清晰,关注区的病变部分更加清晰,大大降低了医生的误诊率,能够更好的辅助医生进行医学诊断.

参考文献:

[1] 罗述谦,周果宏. 医学图像处理与分析[M]. 北京:科学出版社,2010.

[2] 章毓晋. 图像工程(中册)-图像分析[M]. 北京:清华大学出版社,2012.

[3] 周西柳,章洁. 基于聚类余弦变换的图像增强算法研究[J]. 计算机仿真,2012,29(2):216-219.

[4] 许良凤,林辉,胡敏,等. 基于模拟退火并行遗传算法的 Otsu 双阈值医学图像分割[J]. 工程图学学报,2011(5):25-29.

[5] 丰国栋. 数字化 X 线摄影图像增强方法研究[D]. 合肥:中国科学技术大学,2009.

作者简介:

杜晓昕 女,(1983—),硕士研究生,讲师. 研究方向为人工智能及图像处理.

王 波 男,(1980—),硕士研究生,讲师. 研究方向为人工智能及图像处理.