

照度不均图像的局部幂函数映射增强算法

吴刚, 潘晓露, 柯晓兵, 李一民

(昆明理工大学 智能工程研究所, 云南 昆明 650051)

摘要: 提出了一种针对照度不均图像的增强方法, 该方法基于图像子区域. 根据局部特点, 自适应地选取幂函数等映射方法, 实现局部图像的直方图重分布, 再通过双线性插值消除子块间的非均匀过渡. 实验表明, 该方法与传统方法比较, 具有速度快, 所得图像区分度高、背景噪声小的特点.

关键词: 照度不均; 图像增强; 对比度受限自适应直方图均衡 (CLAHE); 图像子区域; 幂函数映射

中图分类号: TN 911.73 文献标识码: A 文章编号: 1007-855X(2006)05-0052-04

Nonuniformly Illuminated Image Enhancement by Localized Power Function Mapping Algorithm

WU Gang, PAN Xiao-lu, KE Xiao-bing, LI Yi-min

(Intelligent Engineering Lab, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051, China)

Abstract Based on image contextual regions and overlap, an enhancement method for non-uniformly illuminated image is presented in this paper. According to regional characteristics, power and other mapping functions are adopted adaptively, redistributing the region's histogram. Then bilinear interpolation will avoid unsmooth transition among contextual regions. Compared with the traditional method, this method can enhance non-uniformly illuminated image clearly with faster speed and less background noise.

Key words nonuniformly illuminated image enhancement; CLAHE; image region; power function mapping

0 引言

随着骨发育成熟度 (骨龄) 指标在预防医学、临床医学和体育科学等领域得到广泛应用, 如何实现骨龄判别的自动化, 成为了国内外研究机构的研究重点. 现今, 人们多采用手腕骨 X 光片作为骨骼成熟度的评价依据. 然而, 即使以人眼判别, 这些图像的品质也很不理想. 照度不均、整体偏暗、对比度差、软硬组织区分度低, 可以说它们是光照程度不均匀图片的一种典型代表. 这给图像的预处理带来了很大困难, 用整体的增强方法无法改善照度不均的问题, 得不到好的结果, 所以应该通过对局部对比度的增强与平衡来提升整幅图像的质量.

目前, 经典的局部增强方法有自适应直方图均衡法 (AHE) 和对比度受限直方图均衡法 (CLAHE). 最初由 Ketcham, Hummel 等人提出的 AHE 方法, 是在图像中取一滑动窗口, 窗口中心像素的灰度值由窗口所覆盖的所有像素作直方图均衡得到, 窗口每滑动一次得到一个点的灰度值, 如此必须遍历全图才能得到整图的增强结果, 其计算量是非常巨大的, 而且对噪声很敏感. 一种改进的 AHE 方法, 是将图像分为子块, 对各子块进行直方图均衡, 最后图像的灰度值由其相邻子块插值决定, 它计算速度得到很大改善, 但是对噪声也同样敏感. 后来, Karel Zuiderveld 提出 CLAHE 方法, 也是对图像分块再做插值, 在对每一子块图像作直方图均衡时, 抑制背景部分并重新分布直方图, 使得其累积直方图的增长速度 (斜面坡度) 受到控制,

收稿日期: 2005-05-20 基金项目: 教育部“春晖计划”资助项目.

第一作者简介: 吴刚 (1979~), 男, 在读硕士研究生. 主要研究方向: 计算机视觉与医学图像处理.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

有效抑制了对比度过增强带来的噪声. 但是, CLAHE 也有其不足, 首先在对各子块做直方图重分布时, 是一个循环往复的过程, 会带来很大开销. 另外, 对于医学图像, 当对比度抑制参数增大时, 图像整体对比度可以大幅提高, 但同时图像中感兴趣的软硬组织区分度会降低, 同时会引入大量噪声; 而如果对比度抑制参数变小时, 图像会整体偏暗, 也不利于分辨.

针对以上传统方法的不足, 以及人手腕骨 X 射线数字图像的特点, 本文提出了基于局部的幂函数映射图像增强算法, 并且利用背景的“均值 - 方差”特性, 对由增强对比度有可能带来的图像背景噪声进行了有效滤除.

1 算法基本原理

1.1 将图像划分为子块, 并设置重叠区域

先将图像划分为 $M \times N$ 个不重叠子块, 再设置一定重叠区域, 如图 1 所示. 虽然不重叠区域通过区域间插值可以有效去除网格效应, 速度得到很大提升, 但是由于划分子块的方法不是图像的全采样, 处在子块边框上的细节部分总会有一定程度的损失. 引入一定的重叠区域, 可以使各子块的灰度映射函数更趋合理, 这与单纯改变不重叠子块的大小是不同的.

子块和重叠区域大小的选取主要取决于图像细节的多少和对增强结果的要求. 通常, 图像划分得愈小, 则增强效果愈明显, 但是随之产生的噪声也愈大. 如何达到某种平衡, 更多地还要建立在实验的基础之上.

1.2 对每一子块求取灰度映射函数

大部分的手腕骨 X 射线图片, 其背景比较简单, 灰度值偏低且分布均匀, 通过设置一定的灰度均值和方差, 可以有效判断该子块是否属于纯背景.

1) 对于纯背景区域, 映射函数为:

$$y = \frac{x_{max}}{2^D - 1} x \in [0, 2^D - 1] \quad (1)$$

该映射函数相当于将目标区域的灰度范围压缩到源区域的灰度范围内, 这样既可以有效抑制噪声的产生, 又使得最后在灰度插值时各区域间过渡比较均匀.

2) 包含边缘或前景的区域, 映射函数为

$$y = \begin{cases} 0 & 0 \leq x < x_{min} \\ C \left(\frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \right)^\gamma & x_{min} \leq x \leq x_{max} \\ 2^D - 1 & x_{max} < x \leq 2^D - 1 \end{cases} \quad (2)$$

其中 x_{min} 和 x_{max} 分别为子块中像素的灰度最小值和最大值. C 为映射系数, 对于手骨 X 射线图像, 可将 C 设为 $2^D - 1$, 以增加图像的亮度和动态范围. D 为图像位数 (这里假设源图和目标图的位数相同).

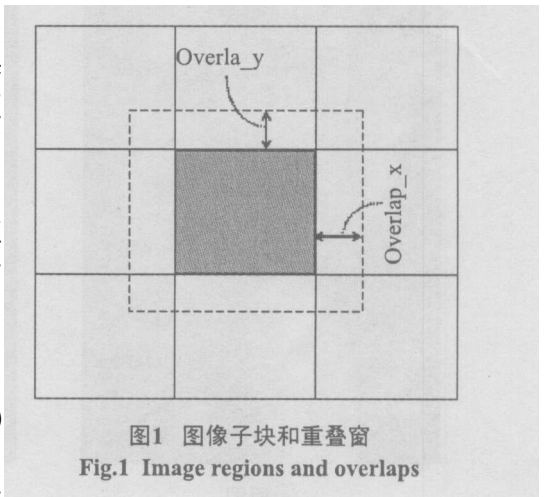
γ 的适当选取, 可以在增强的同时, 平衡区域图像的对比度. 当 $\gamma = 1$ 时, 线性映射, 均匀拉伸到 $[0, 255]$ 内; 当 $\gamma < 1$ 时, 整体拉伸的同时, 增大了一定灰度区间像素的灰度动态范围, 可以增强该区间像素的对比度和亮度; 当 $\gamma > 1$ 时, 整体拉伸的同时, 则抑制了一定灰度区间像素的灰度动态范围.

1.3 对原图中任意像素, 利用其相邻四个子块进行双线性插值

如图 2(b) 所示, 假设待插值点的灰度值为 s , 它的插值结果 s' 由相邻四个子块决定.

$$s' = (1 - \frac{dx}{by}) \left[(1 - \frac{dx}{k})G_A(s) + \frac{dx}{lc}G_B(s) \right] + \frac{dy}{by} \left[(1 - \frac{dx}{lc})G_C(s) + \frac{dx}{lc}G_D(s) \right] \quad (3)$$

其中, dx 和 dy 分别为待插值点距 A 子块中心点的水平和垂直距离, k 和 l 分别为相邻子块中心点的



水平和垂直距离. $G_A(s)$ 、 $G_B(s)$ 、 $G_C(s)$ 和 $G_D(s)$ 分别为灰度在四个子块中的映射值.

2 实验结果

图 3(a) 为青少年手腕骨 X 射线图片, 其特征表现为照度不均, 腕部亮, 指尖部暗. 图 3(b) 为 CLAHE 增强结果, 图像整体对比度得到了增强, 但是增强同时也引入了很多的背景噪声, 因为噪声的影响, 使得指骨变得模糊, 这对骨龄的辨识是不利的. 图 3(c) 为本文方法的增强结果, 背景噪声得到了有效抑制, 而手指指骨在得到增强的同时, 周围软组织灰度得到了控制, 骨骺端和干骨末端都更加清晰, 很好地提高了区分度.

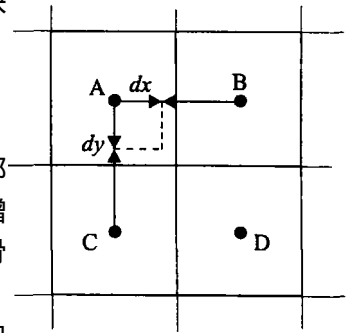


图2 双线性插值
Fig.2 Bilinear interpolation



(a)原图



(b)CLAHE增强结果



(c)本文方法增强结果 $\gamma=0.8$

图 3 手腕骨X射线图片
Fig.3 Hand bone X-ray image

图 4(a) 为一幅照度不均的米粒图片, 其直方图显示为三峰以上的不规则状态, 直接进行二值化, 必然会导致过分分割(底部米粒消失); 图 4(b) 为 CLAHE 增强结果, 整体对比度提高的同时也增强了背景噪声, 其直方图呈现双峰状, 前后背景已经有所区分, 但是因为噪声的影响, 分割效果仍然不理想; 图 4(c) 为 LPEM 处理结果, 由图像和直方图可知, 前景和背景已经得到很好区分, 直接进行二值化就能得到理想结果.

3 总结

通过对 106 幅手腕骨 X 射线图像和少量其他图像进行测试, 本文所提出方法对照度不均图像的增强效果明显, 与传统 CLAHE 方法相比, 能在平衡照度的同时, 有效抑制背景噪声, 提升图像品质, 运算速度也有很大优化. 如能在今后的研究中实现幂函数 γ 值的自动选取, 将会使增强效果更趋理想. 另外, 目前的方法都是建立在双线性插值基础之上的, 如果推广到子块间的三阶插值, 虽然运算量会有所增加, 但是在细节方面相信会有更好的结果.

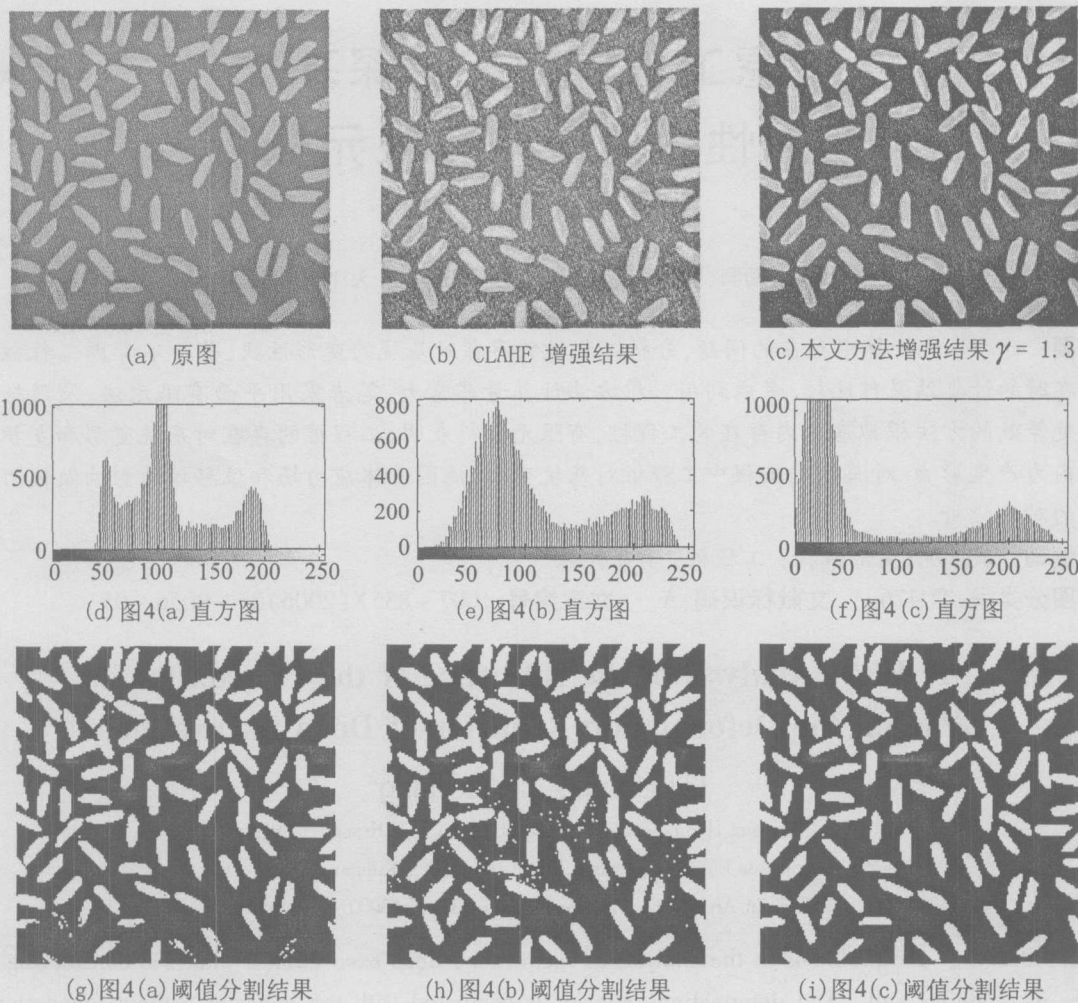


图 4 米粒图片
Fig. 4 Rice grains image

参考文献:

[1] Karel Zuiderveil. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization[A] //Paul S Heckbert. Graphics Gems . Academic Press 1994 474- 485.

[2] John B. Zimmerman, Stephen M. Pizer, Edward V. Staab, et al. An evaluation of the effectiveness of adaptive histogram equalization for contrast enhancement[J]. IEEE Trans on Medical Imaging, 1988, 7(4): 304- 312

[3] Stephen M. Pizer, E. Philip Ambum, et al. Adaptive histogram equalization and its varizations[A] //CVG IP 39. 1987, 355- 368