

基于改进直方图的低照度图像增强算法

何 畏

(安徽邮电职业技术学院计算机系 合肥 230001)

摘 要 为了提高低照度图像的对比度,提出了一种将对比度增强算法与改进的直方图均衡化方法相结合的图像增强方法。该方法首先利用局部信息进行对比度增强,然后对全局直方图采用改进的均衡化算法进行处理。实验表明,该算法对低照度图像处理后全局清晰,同时局部细节对比度增强效果较好。

关键词 直方图,低照度图像,图像增强,对比度增强,均衡化

中图分类号 TP391 文献标识码 A

Low-light Image Enhancement Based on Improve Histogram

HE Wei

(Department of Computer Science, Anhui Post and Telecommunication College, Hefei 230001, China)

Abstract In this paper, a novel method is proposed in order to enhance the contrast of the images in low-light conditions, which combines improved histogram equalization with the contrast enhancement algorithm. Firstly, the partial information is used to enhance the contrast. Then we adjust the histogram with the improved histogram equalization. Extensive experiments show the efficiency of our method in enhancing the overall contrast and shaping the details of the low-light images.

Keywords Histogram, Low-light image, Image enhance, Contrast enhance, Equalization

1 引言

图像增强是图像分析与处理的一个重要的预处理过程,是利用各种数学方法和变换手段提高图像中的对比度和清晰度,以突出人或其它接收系统感兴趣的部分^[1]。低照度图像的细节灰度差别只有几十级以内,且图像灰度值偏低。对这类图像的处理最基础的是直方图均衡化方法及其派生出来的算法^[1],但是这些方法在处理过程中存在着不可避免地丢失原始图像的亮度信息问题以及处理后画面失真的问题。高通滤波器算法是结合图像均衡化算法的组合增强算法,虽然有较好的视觉效果且容易在硬件上实现,但通用性不足,只适用于特定场合^[2]。局部直方图均衡化算法(LAHE)^[3-5]处理图像时,每个像素的变化不是根据整幅图像的像素值进行修改,而是根据预先确定的一个矩形区域内的像素进行修改,该方法对细节部分的处理有一定效果,但是使用其处理低照度图像时,其图像亮度的整体提升效果不尽如人意。保持亮度和灰度级的直方图均衡(GBPHE)算法^[6]具有很好的亮度保持性能,且对灰度范围较小的图片增强效果较好,但是它在局部增强力度上有所下降。最近提出的一种保持图像亮度的局部直方图均衡化算法^[7]在保持图像亮度的同时细节方面也有所增强,但是算法复杂,花费时间较长。

本文提出一种新的低照度图像增强算法,该算法首先利用局部信息进行对比度增强,然后对全局直方图采用改进的均衡化算法进行处理,兼顾了全局图像亮度增强和局部细节的清晰化。实验表明,该算法处理低对比度图像具有较好的效果。

2 对比度增强算法

对比度增强实际是增强原图各部分的反差,在实际应用中是通过增加原图里某两个灰度值间的动态范围来实现的^[8]。典型的对比度增强算法(CE)首先确定需要进行动态范围变化的灰度级,对于不同的灰度级之间可以选择不同的映射函数以控制两个灰度值间的动态范围的扩大或缩小。

本文使用的对比度的增强是在原始图像整个灰度级范围内进行映射的,但是增加了一个对比度参数 c ,该参数与原始图像细节相关,因此对比度增强后的图像在细节方面有了较好的处理效果。算法具体步骤如下:

1) 首先根据以下式计算对比度参数 c 。

$$c = \begin{cases} \frac{x_e - x}{x_e + x}, & x \leq x_e \\ \frac{x_e - x}{2L_{\max} - x - x_e}, & x > x_e \end{cases}$$

其中, x 是原图中某点的灰度值, x_e 是 x 周围八邻域的灰度均值。

2) 根据映射函数 $f(\cdot)$ 求出新图像的对比度参数 c' ,即 $c' = f(c)$;

3) 根据 c' ,计算对比度增强后的各点的灰度值,公式如下。

$$x' = \begin{cases} \frac{x_e(1-c')}{(1+c')}, & x \leq x_e \\ L_{\max} - \frac{(L_{\max} - x_e)(1-c')}{(1+c')}, & x > x_e \end{cases}$$

其中,映射函数 $f(\cdot)$ 的选取对于整幅图像的处理效果起着关键作用。如果 $|f(c)-c|$ 太小,对比度增强后的图像的边界就不明显,如果 $|f(c)-c|$ 太大,增强后的图像就会有噪音。本文选择了多项式函数 $f(c)=4c-6c^2+4c^3-c^4$ 作为映射函数,该函数使得图像满足了上述要求,并取得了较好的实验效果。

3 改进的低照度图像处理方法

3.1 直方图均衡化方法

直方图均衡化方法是最广泛使用的图像增强方法之一,其基本思想是把原始图像的直方图变换成均匀分布,在实际处理时采用累计分布函数作为映射函数。

对于一个输入图像 X ,其概论分布函数 $p(X_k)$ 定义为:

$$p(X_k) = \frac{n^k}{n}$$

其中, n 是整幅图像的像素数, n^k 是灰度级为 X_k 的像素的数目, $p(X_k)$ 是第 k 个灰度级出现的概率。则传统的直方图均衡化方法的变换函数为累计分布函数 $T(X)$:

$$T(X_k) = \sum_{j=0}^k P_r(r_j) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$$

其中, $0 \leq r_j \leq 1$,且 $j=0,1,\dots,L-1,L$ 为原图最大灰度级。

3.2 改进的直方图均衡化方法

由于低照度图像的灰度级较少,采用传统的直方图均衡化方法处理低照度图像时,处理后的图像灰度变化范围很难达到图像格式所允许的最大灰度变化范围,而且由于图像灰度级有可能被过多地合并而造成图像信息的丢失。因此本文提出了一种带有位置修正的直方图均衡化方法。

原始图像直方图中第 i 级灰度 X_i ,其处理后的灰度级根据其位置修正为:

$$m; (l-1-m) = \sum_{k=0}^{i-1} P_r(X_k); \sum_{k=i+1}^{l-1} P_r(X_k)$$

整理得:

$$m = (l-1) \frac{\sum_{k=0}^{i-1} P_r(X_k)}{\sum_{k=0}^{i-1} P_r(X_k) + \sum_{k=i+1}^{l-1} P_r(X_k)}$$

其中, $\sum_{k=0}^{i-1} P_r(X_k)$ 和 $\sum_{k=i+1}^{l-1} P_r(X_k)$ 是灰度级 X_i 左右两边直方图的累计分布函数。由于 $\sum_{k=0}^{l-1} P_r(X_k) = 1, P_r(X_k) = n^k/n$, 因此上式又可以转化为:

$$m = (l-1) \frac{\sum_{k=0}^{i-1} P_r(X_k)}{1 - P_r(X_i)} = (l-1) \frac{\sum_{k=0}^{i-1} n_k}{n - n_i}$$

即此时的映射函数 $g(X)$ 为:

$$g(X_i) = INT\left\{ (l-1) \frac{\sum_{k=0}^{i-1} n_k}{n - n_i} \right\}, i=1,2,\dots,l-2$$

改进的直方图均衡化算法扩展了输出图像灰度的动态范围,改善了视觉效果。

3.3 低照度图像增强

低照度图像,如夜间图像的共性是图像的灰度值较低,因此局部和全局的对比度较低,而且灰度级分布较为集中。因此如果仅仅采用对比度增强算法或者直方图均衡化方法单独处理都达不到较好的效果。仅采用对比度增强处理只能增加图像细节方面的对比度,凸显图像细节信息,却不能提高整个图像的亮度。仅采用直方图均衡化方法处理低照度图像时,虽然使整幅图像的亮度有了很大提高,但却是以牺牲图像的

细节信息为代价的。本文提出一种新的低照度图像处理方法,将对比度增强算法和改进的直方图均衡化算法相结合来处理低对照度图像。

低照度图像增强方法的步骤如下:

- 1) 将原始图像 $H(x)$ 根据公式求出其对比度参数 c ;
- 2) 通过对比度映射函数 $f(x)$ 求出 c' ;
- 3) 根据公式得出新的灰度值,获得对比度增强处理后的图像 $H'(x)$;
- 4) 对 $H'(x)$ 根据 3.2 节改进的直方图均衡化方法进行处理,得到最终处理后的图像 $G(x)$ 。

4 实验结果与分析

为验证算法的有效性,我们选取图分布处理,本算法在 AMD Athlon X4 CPU\3.0 GHz\2GB 内存\winXP 的计算机上,使用 MATLAB7.0 编程进行实验。图 1(a) 是原始低照度图像,是一幅夜晚的富士山远景图像,根据本文提出的算法,首先对其进行对比度增强处理,处理结果如图 1(b) 所示。从图 1(b) 可以看出,经过 CE 处理后的图像对比度有了明显的增强,远景的灯光部分很鲜明,但图像的整体亮度还没有明显的提高。对图 1(b) 继续使用改进的直方图均衡化方法进行处理,结果如图 1(c) 所示。可以看出,图像不仅在细节方面有所增强,而且整体亮度有所提高。

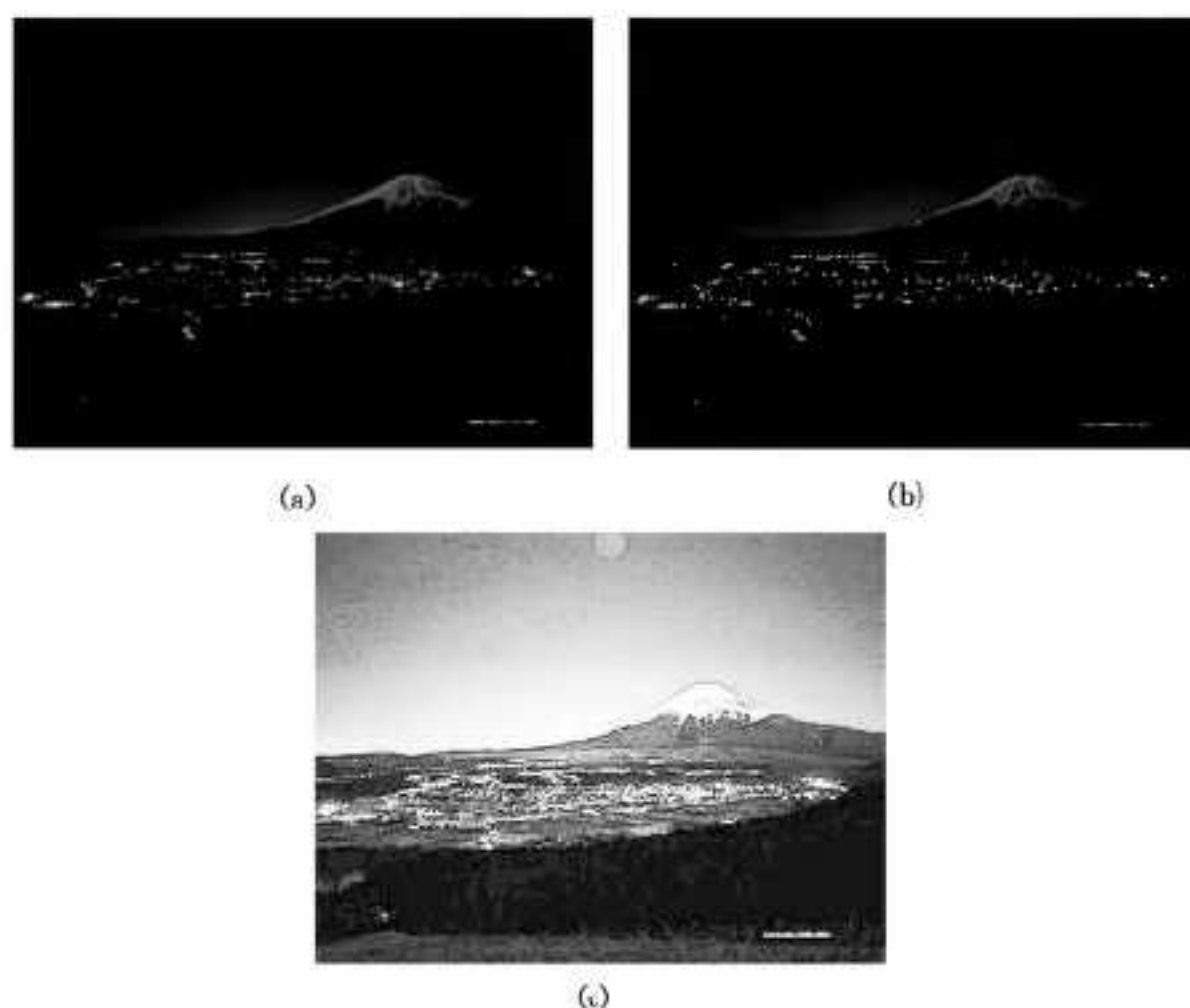


图 1

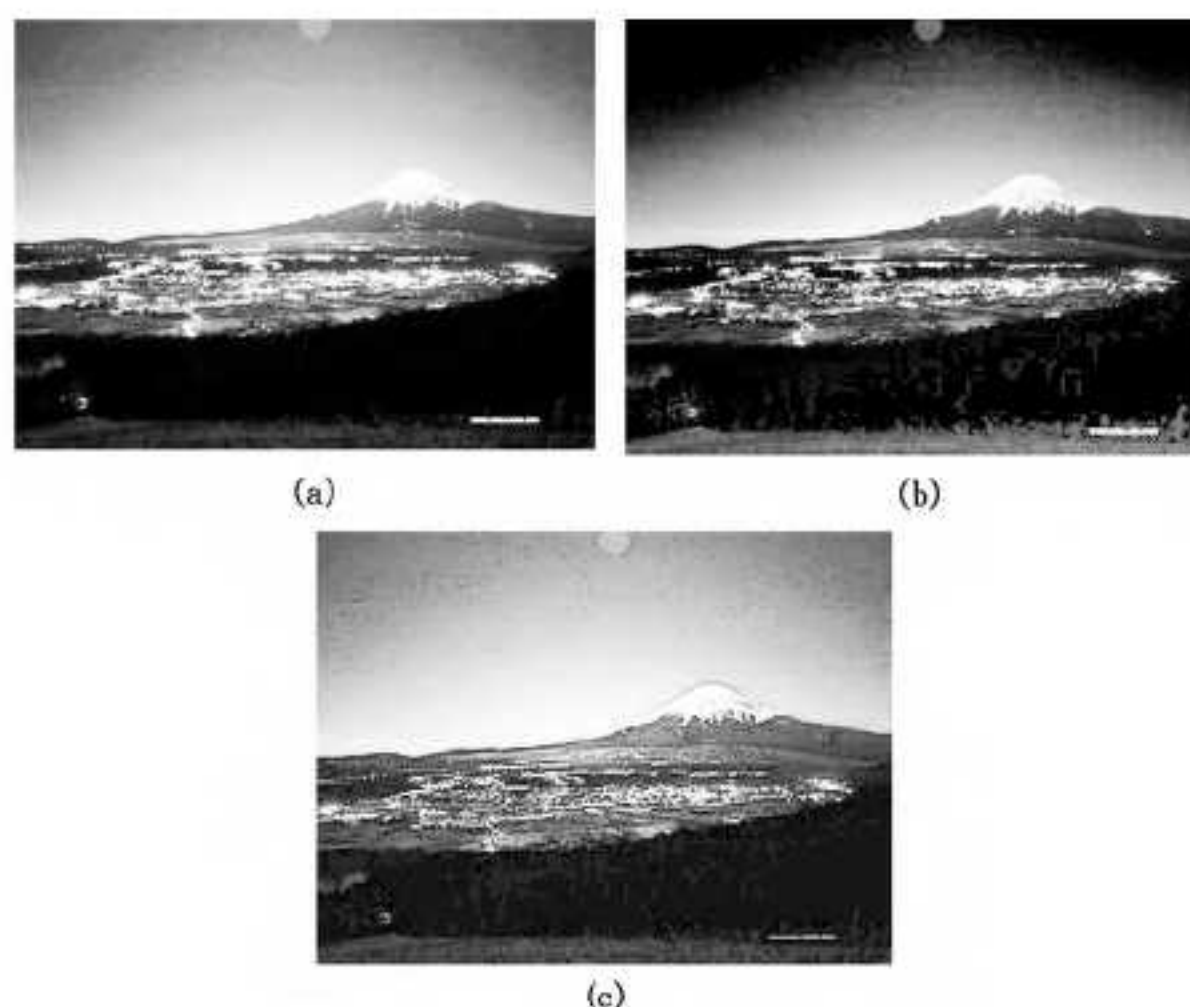


图 2

(下转第 262 页)

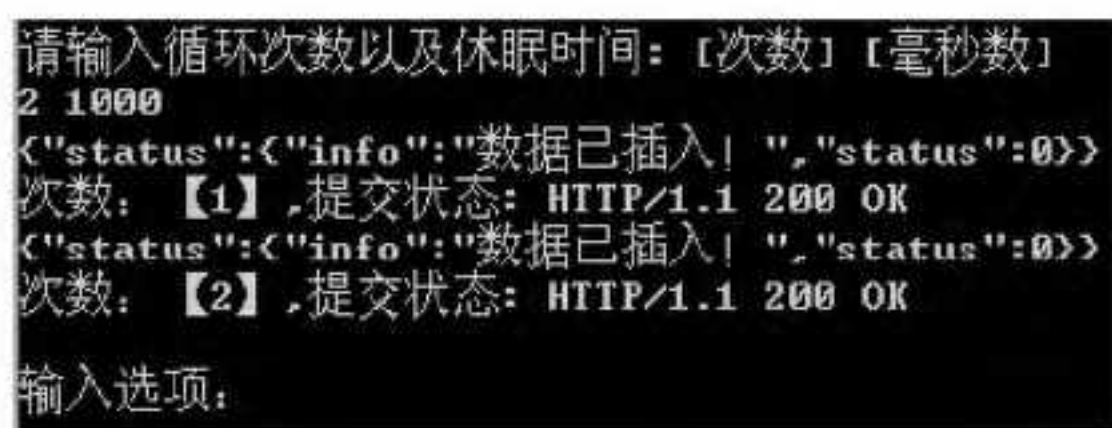


图5 数据收发状态成功图

结束语 本文网络化接口利用 JASO 协议进行总平台和子平台之间的网络传输,实现了 JavaScript 数据与平台数据之间的交换,易于机器解析和生成。采用该网络化接口,如果不采用相应的工具对数据进行编码和解码,会大大增加数据

(上接第 242 页)

我们再将原始图片直接进行全局直方图均衡化(Global Histogram Equalization,GHE)处理,其基本思想是根据整幅输入图像的灰度概论分布来确定输出图像的灰度值。将其与本文算法相比较,如图 2 所示。其中图 2(a)是经过 GHE 处理后的结果,图像整体亮度有所提高,但是对于灯光部分的增强明显比较模糊,灯光与非灯光处的边界分割不清。图 2(b)是经过 LAHE 处理后的结果,虽然局部的灯光部分也有一定的增强效果,但与本算法处理结果相比,在亮度提高方面明显较差,如图 2(c)所示。

表1 3种方法的灰度均值和标准差的比较结果

	原始图片	GHE 处理结果	LAHE 处理结果	本文 算法结果
灰度均值	20.0861	126.9084	98.8718	127.6205
灰度标准差	19.3823	65.5824	74.4476	74.8385

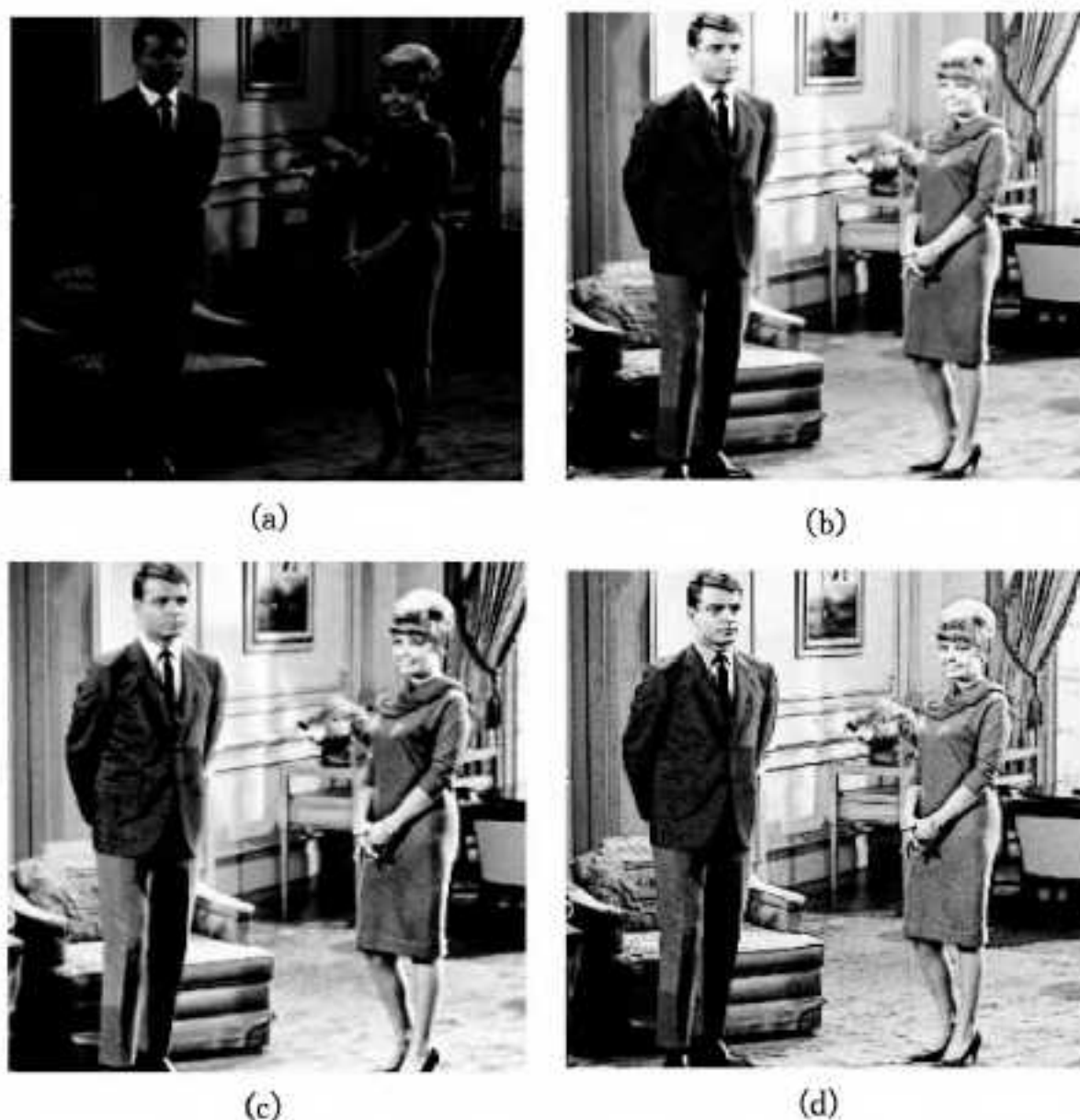


图3

图像的灰度均值反映了图像的亮度信息,而灰度标准差反映各像素灰度相对于灰度均值的离散情况。标准差越大,则灰度分布越分散,图像的局部特征和细节信息越好。对图 1(a)采用上述 3 种处理方法处理后图像的灰度均值、方差的比较结果如表 1 所列。从表 1 的数据可以看出,GHE 对图像整体亮度的增强有一定效果,但细节方面处理不够理想。LAHE 在细节部分处理效果有所改进,但是图像整体亮度的

的编码和解码难度,从而使数据具有良好的保密性和安全性。

参考文献

- [1] Huang Jiao,Ou Jie-yun,Lu Xiao-chun. Design of the embedded Web network sensor based on IPv4/IPv6[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument,2006,27(10)
- [2] 赵曦,解永平. 基于 ZigBee 的智能传感器网络无线接口设计[J]. 仪器仪表学报,2006,27(6):1630-1640
- [3] 季雨辰,詹林. 基于 TCP/IP 的嵌入式 web 传感器网络接口设计[J]. 信息系统工程,2011(6):26-27
- [4] Aidarous S,Plevyak T. Telecommunications Management Network Principles, Models, and Applications [M]. Wiley-IEEE Press, 1994

提高较差。本文提出的方法不仅在亮度提高上效果最好,同时对细节信息的增强也有很好的效果。

图 3(a)是原始图像,图 3(b)是经过 GHE 处理后的图像,图 3(c)是经过 LAHE 处理后的图像,图 3(d)是本文算法处理后的图像,表 2 是 3 种方法的灰度均值和灰度标准差的比较结果。从图 3 和表 2 中可以看出,不管是在低照度图像亮度的增强方面,还是在细节部分的增强上,本文提出的算法均取得了不错的效果。

表2 3种方法的灰度均值和标准差的比较结果

	原始图片	GHE 处理结果	LAHE 处理结果	本文 算法结果
灰度均值	33.3450	127.3205	120.5606	127.4483
灰度标准差	31.5697	73.8421	74.4476	77.2864

结束语 本文提出了一种新的低照度图像增强算法,该算法首先利用局部信息进行对比度增强,使得处理后的图像细节部分清晰化,然后对全局直方图采用改进的均衡化算法进行处理,最大程度地保持图像的信息,同时提高图像亮度。在低照度图像增强处理方面,采用本文提出的算法,取得了较好的实验效果。本文算法应用的对象为灰度图像,如何将该算法思想应用于彩色图像处理将是下一步研究的重点。

参考文献

- [1] Kim Y T. Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-histogram Equalization[J]. IEEE Trans. on Consumer Electronics,1997,43(1):1-8
- [2] 蒋定定,许兆林,李开端. 一种实用的夜间航空图像增强算法[J]. 中国测试技术,2005,1(1):64
- [3] Pizer S,et al. Adaptive histogram equalization and its variations[J]. Computer Vision Graphics & Image Processing,1987,39(3):355-368
- [4] Caselles V, et al. Shape preserving local contrast enhancement [C]//Proceeding of the 1997 International Conference on Image Processing(ICIP'97). Washington:IEEE Computer Society, 1997:314-317
- [5] Kim J Y,et al. An adeanced contrast enhancement using partially overlappedsub-block histogram equalization[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Techonlogy,2001,11(4):475-484
- [6] 沈嘉励,张宇,王秀坛. 一种夜视图家处理的新算法[J]. 中国图象图形学报,2000,5(A):479-483
- [7] 江巨浪,等. 保持图像亮度的局部直方图均衡算法[J]. 电子学报,2006,34(5):861-866
- [8] 章毓晋. 图像处理和分析[M]. 北京:清华大学出版社,2003:73-74