

基于高斯分布的自适应红外图像增强算法

高晓丹, 魏婉华

(武汉东湖学院 电子信息工程学院, 湖北 武汉 430212)

摘要: 针对红外图像信噪比和对比度低, 结合红外图像直方图分布的特点, 提出了一种基于高斯分布的自适应红外图像增强算法。该算法采用高斯分布函数平滑红外图像直方图中的主峰, 以抑制红外图像背景和噪声的加强。算法中的高斯分布函数可根据原红外图像直方图的分布情况自适应产生, 不需要人为设定, 将所生成的高斯分布函数对原直方图进行转换后再进行直方图均衡处理, 即可实现红外图像的增强。实验结果表明, 该算法能有效地突显红外图像的目标, 抑制其背景, 具有较好的增强效果。

关键词: 红外图像增强; 高斯分布; 自适应; 直方图均衡

中图分类号: TN911.73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8891(2014)05-0381-03

An Adaptive Enhancement Algorithm Based on Gaussian Distribution for Infrared Image

GAO Xiao-dan, WEI Wan-hua

(Dept. of Electronic Engineering Wuhan Donghu University, Wuhan 430212, China)

Abstract: As for the low signal to noise ratio (SNR) and contrast of infrared image, an adaptive enhancement algorithm based on Gaussian distribution for infrared image is presented by the characteristic of infrared image histogram, in which the main peak of infrared image histogram was smoothed by Gaussian distribution function to inhibit enhancement of the background and noise. The Gaussian distribution function could be adaptively produced by the distribution of original infrared image histogram, no need for any parameters. Then, the conventional histogram equalization was performed on the original infrared image whose histogram was converted by the Gaussian distribution function. The experiment results show that the enhancement algorithm can not only enhance the objects effectively, but also constrain the background and noise greatly in infrared images.

Key words: infrared image enhancement, Gaussian distribution, adaptive, histogram equalization

0 引言

红外图像是一种边缘模糊, 对比度低的热辐射图像, 相对于可见光图像而言, 其信噪比要低很多^[1-5], 因此, 红外图像的增强就成了一个非常重要的研究课题。通常采用直方图均衡化^[6-9]来增强图像, 但对于红外图像而言, 直方图均衡化容易造成图像细节的丢失, 对比度过增强等问题^[1-9]。于是, 各种红外图像增强算法被相继提出, V. E. Vichers^[10]在直方图均衡算法的基础上提出了平台直方图均衡化算法, 该算法具有增强目标、抑制背景的作用, 但平台阈

值却需要凭经验选择。王炳健^[11]提出了一种平台阈值迭代运算的自适应直方图增强算法, 但该算法运算量大, 对于某些背景复杂的红外图像效果并不明显^[11]。本文提出一种基于高斯分布函数的自适应红外图像增强算法。

1 平台直方图均衡算法

平台直方图^[1-7]通过选择一个合适的平台阈值 T , 对原直方图进行如下修正: 如果灰度级为 k 的直方图统计值大于平台阈值 T , 将其直方图值置为 T , 如果其直方图统计值小于 T , 则维持不变:

收稿日期: 2014-01-16; 修订日期: 2014-01-21。

作者简介: 高晓丹 (1980-), 女, 湖北武汉人, 副教授, 硕士, 主要从事数字图像处理方面的研究。E-mail: gxd6368@163.com。

基金项目: 湖北省教育厅科研计划指导项目, 编号: B2013201。

$$P_T(k) = \begin{cases} P(k) & P(k) \leq T \\ T & P(k) > T \end{cases} \quad (1)$$

式中: k 表示图像的灰度级, $0 \leq k \leq M$, $M = 2^N - 1$, N 表示图像灰度级的位数; $P(k)$ 和 $P_T(k)$ 分别为图像的直方图和平台直方图。

然后, 用修正后的 $P_T(k)$ 对红外图像进行均衡化处理。

$$F_T(k) = \sum_{j=0}^k P_T(j) \quad (0 \leq k \leq M) \quad (2)$$

$$D_T(k) = \left\lfloor \frac{MF_T(k)}{F_T(M)} \right\rfloor \quad (3)$$

式中: $F_T(k)$ 为图像的累积直方图; $D_T(k)$ 是灰度级为 k 的像素经过平台直方图均衡化后的灰度值, $0 \leq D_T(k) \leq M$; $\lfloor \cdot \rfloor$ 表示取整。

2 基于高斯函数变换的红外图像增强算法

红外图像的直方图分布通常较集中, 其分布形态呈现为单峰或双峰分布^[10], 直方图中的主峰主要对应于红外图像的背景, 对于弱小目标, 其分布特点更甚。经过考察发现, 红外图像直方图的主峰类似于呈高斯函数分布, 考虑利用高斯分布特性的函数平滑掉直方图中的主峰, 这样就为图像细节的提升留出空间, 假设高斯分布函数为 $G(x)$:

$$G(x) = 1 - a \exp[-(x - b)^2/c^2] \quad (4)$$

高斯分布函数 $G(x)$ 中的 a 、 b 、 c 决定了高斯分布的形状和位置, 同时也是自适应原始图像直方图分布的可调节参数, $G(x)$ 的目的是平滑原始图像直方图的主峰, 其中, 参数 b 取决于直方图主峰的位置, 参数 c 取决于主峰“开口”的大小, 参数 a 取决于主峰的高度, 主峰越高, a 就越大, 当 a 达到 1 时, 主峰完全被削掉。

根据上述分析, 所设计的算法流程如下:

第一步: 根据原始红外图像的直方图分布, 搜索出其主峰的位置 $r(k_0)$ 及其高度 $h[r(k_0)]$, 确定参数 b 。

$$h[r(k_0)] = \max[h(r(k))] \quad (5)$$

$$b = r(k_0) \quad (6)$$

第二步: 根据 $h(r(k_0))$, 在直方图中搜索主峰的带宽 Δr (幅值下降为主峰峰值的 $1/\sqrt{2}$ 处所对应的宽

度定义为带宽), 确定参数 c 。

$$c^2 = -\frac{\Delta x^2}{\ln(1/\sqrt{2})} \quad (7)$$

式中: 高斯分布函数中的 $\Delta x = \Delta r$ 。

第三步: 根据直方图主峰的高度, 确定参数 a , 当 $a=0$ 时, 意味着直方图分布较均匀, 算法退化为直方图均衡。

$$a = 1 - \frac{\sum h[r(k)]}{(N-1)h[r(k_0)]} \quad (8)$$

第四步: 确定了高斯转换函数 $G(x)$ 后, 再计算式(1)中的 $P_T(k) = P(k) \cdot G(x)$, 然后再按照(2)(3)式对平滑处理后的直方图进行均衡化处理。

3 实验结果

为了验证上述算法的实际效果, 对红外图像进行实际处理, 处理结果如图 1 所示, 图 1(a) 为原始红外图像, 图 1(d) 为原图像所对应的直方图。为了对比图像处理的效果, 在此, 采取平台直方图均衡 (PE) 算法和文中所提出的高斯算法分别对原红外图像进行图像增强处理。采用平台直方图增强后的图像及其直方图分布如图 1(b)、图 1(e) 所示, 采用文中提出的高斯算法增强后的图像及其直方图分布如图 1(c)、图 1(f) 所示。结果表明, 平台直方图均衡和基于高斯分布的直方图增强算法均能增强原红外图像, 而基于高斯分布的直方图增强算法较平台直方图增强效果更加明显, 目标与背景的对比度得到进一步的提升, 增强后图像目标的边界更清晰。

4 结论

文中针对红外图像增强所存在的问题, 提出了一种基于高斯分布的自适应红外图像增强算法, 该算法针对性的设计了一个高斯分布函数, 该函数能结合红外图像直方图分布的情况自适应的产生, 不需要人为干预, 将经过高斯分布函数转换后的直方图进行均衡化处理, 既增强了目标, 又克服了平台直方图均衡算法确定平台阈值所需的迭代运算, 实时性更强, 增强效果明显, 具有较广泛的实用价值。

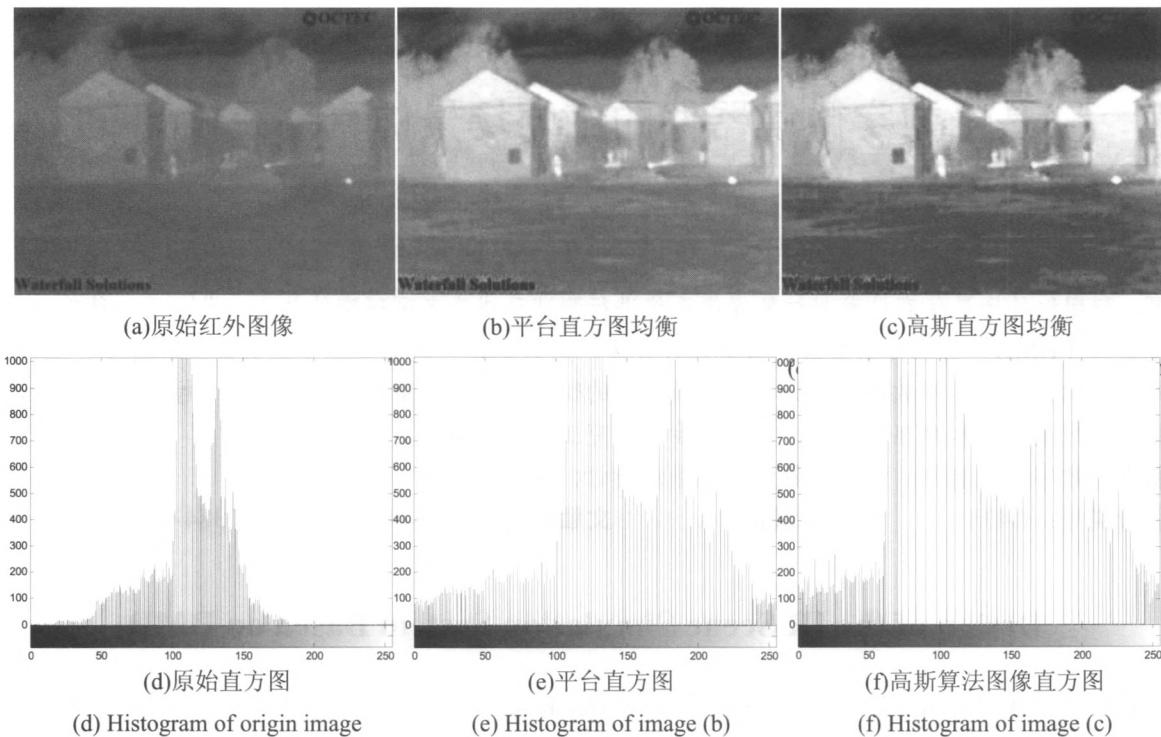


图1 算法效果对比图及其对应直方图

Fig.1 Comparison of algorithm performance and corresponding histograms

参考文献:

- [1] 王炳健, 刘上乾, 周慧鑫, 等. 基于平台直方图的红外图像自适应增强算法[J]. 光子学报, 2005, 34(2): 299-301.
- [2] 赵耀宏, 史泽林, 罗海波, 等. 自适应红外图像直方图均衡增强算法[J]. 光电工程, 2008, 35(3): 97-101.
- [3] 吴家伟, 武春风, 廖文波. 红外图像实时显示增强系统设计[J]. 光学精密工程, 2009, 17(10): 2612-2619.
- [4] 路建方, 王新赛, 肖志洋, 等. 基于 FPGA 的红外图像自适应分段线性增强算法[J]. 红外技术, 2013, 35(2): 102-106.
- [5] 吴建东. 热故障实时检测中图像处理的研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2008.
- [6] 莫增. 基于 FPGA 的红外图像处理系统研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2009.
- [7] 王磊. 红外图像增强算法研究及其实时实现技术[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2007.
- [8] 阮秋琦, 阮宇智. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001: 70-80.
- [9] 郭明, 周晓东, 朱敏. 一种自适应红外舰船图像增强算法[J]. 电光与控制, 2012, 19(3): 25-29.
- [10] Vichers V E. Plateau equalization algorithm for real-time display of high-quality infrared imagery. *Opt Eng*, 1996, 35(7): 1921-1926.
- [11] 于云翔, 张麟瑞, 王茂义, 等. 实时图像增强算法改进及 FPGA 实现[J]. 计算机仿真, 2009, 26(2): 240-242.
- [12] 寇小明, 刘上乾, 洪鸣, 等. 一种自适应红外图像增强算法[J]. 西安电子科技大学学报: 自然科学版, 2009, 36(6): 1070-1074.