

文章编号: 1672-8785(2014)11-0037-05

用于红外图像增强处理的改进型 POSHE 算法

黄自力 王雪梅 黄明晶 刘桂芬 刘 怡

(西南技术物理研究所, 四川 成都 610041)

摘 要: 为了解决用 POSHE 算法对红外图像进行增强处理时存在的过增强等问题, 提出了一种基于最优灰度分布拟合的直方图变换方法, 并通过 MATLAB 仿真对其进行了试验验证。结果表明, 该方法不仅可以有效缓解过增强问题, 消除经 POSHE 算法处理后产生的块效应现象, 而且还可以抑制制冷型红外探测器的“冷反射”图像。本文方法在增强红外图像对比度的同时, 能够有效保留红外图像的整体信息, 并且具有较好的视觉效果。

关键词: 图像增强; 最优灰度分布; 分段线性变换; POSHE; Retinex

中图分类号: TP391.4 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2014.11.008

Improved POSHE Algorithm for Infrared Image Enhancement

HUANG Zi-li, WANG Xue-mei, HUANG Ming-jing, LIU Gui-fen, LIU Yi

(Southwest Institute of Technical Physics, Chengdu 610041, China)

Abstract: To solve the problem of excessive enhancement when a POSHE algorithm is used to enhance infrared images, a histogram transform method based on 'optimal gray-level distribution' fitting is put forward and is verified in a MATLAB simulation experiment. The result shows that the method can not only alleviate the problem of excessive enhancement and eliminate the block effect phenomenon due to processing by the POSHE algorithm, but also inhibit the 'cold reflection image' of a cooled infrared detector. The whole information of an infrared image can be retained and form good visual effectiveness while the contrast of the image is enhanced.

Key words: image enhancement; optimal gray-level distribution; piecewise linear transformation; POSHE; Retinex

0 引言

随着红外成像技术的日益成熟^[1-3], 红外图像已广泛应用于军事及民用领域。然而红外图像存在对比度低、分辨率差、信噪比低以及视觉效果模糊等不足之处。因此, 为了改善图像质量、提高对比度和增强视觉效果, 红外图像增强

处理现已成为解决上述问题的一个重要途径。

直方图增强技术是红外图像增强处理中常用的一种技术。其中, 直方图均衡化 (Histogram Equalization, HE) 方法^[4]通过对输入图像的直方图进行统计和累积, 映射输入图像的灰度值, 使输出图像在灰度区间内均匀分布。但是该方法也存在明显不足, 即会过度增强背景和噪声,

收稿日期: 2014-09-22

作者简介: 黄自力 (1965-), 男, 重庆人, 研究员, 主要研究方向为数字信号处理。E-mail: huangzili01@yahoo.com.cn

降低目标的对比度,且容易丢失细节信息。自适应直方图均衡化 (Adaptive Histogram Equalization, AHE) 方法^[5-6]利用滑动窗口对局部区域进行 HE 处理,可免受图像其他区域的影响。但是该方法会产生块效应。对比度受限的自适应直方图均衡 (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, CLAHE) 法^[7]通过局部处理的方式限制局部平坦区域的对比度增强,然后再通过双线性插值消除边界效应。但该方法的时间复杂度过高。子块部分重叠直方图均衡 (Partially Overlapped Sub-block Histogram Equalization, POSHE) 法^[8-10]通过子块移动策略使部分子块重叠,并对每个子块进行 HE 处理,然后再通过加权求和来消除噪声和增加对比度。该方法可以在不减少局部细节的条件下大大减小计算量,但是其存在明显的块效应和过增强问题。

以上这些方法都能在一定程度上改善红外图像的视觉效果,但也容易出现过增强和细节丢失等现象。为此,本文提出一种基于最优灰度分布拟合的直方图变换方法。该方法在增强红外图像的对比度和细节信息的同时,还可消除块效应和过增强现象。

1 基于最优灰度分布拟合的直方图变换

1.1 分段线性变换

由于具有较大的动态范围,红外图像的灰度级位数一般大于或者等于 14 位,而人眼和常规显示设备对其灰度的分辨能力十分有限。因此,需要压缩原始红外图像的动态范围,以化解高动态与可视化之间的矛盾^[11]。本文针对 16 位红外图像的增强问题,通过分段线性变换方法将其转换为 8 位灰度图像,在保留原始红外图像的更多信息的同时,突出感兴趣区域,并抑制不感兴趣区域。

分段线性变换是指将图像灰度的分布区间划分成两段乃至多段,然后分别对其进行线性变换^[12]。首先,对红外图像进行全局搜索,找到最大灰度值 $\max$ 和最小灰度值 $\min$ 。由于 16 位

红外图像一般不会完全占满 $[0, 2^{15}]$ 的灰度级范围,因此可将红外图像的灰度范围确定为 $[\min, \max]$ 。其次,如图 1 所示,在 $[\min, \max]$ 内选取适当的阈值 f_{t1} 和 f_{t2} ($f_{t1} < f_{t2}$),采用三段式分段线性变换。在 $[0, 255]$ 范围内选取两个阈值 g_{t1} 和 g_{t2} , 然后根据式 (1) 进行灰度线性变换:

$$g = \begin{cases} \frac{(f - \min)g_{t1}}{f_{t1} - \min} & \min < f < f_{t1} \\ \frac{(f - f_{t1})(g_{t2} - g_{t1})}{f_{t2} - f_{t1}} + g_{t1} & f_{t1} < f < f_{t2} \\ \frac{(f - f_{t2})(255 - g_{t2})}{\max - f_{t2}} + g_{t2} & f_{t2} < f < \max \end{cases} \quad (1)$$

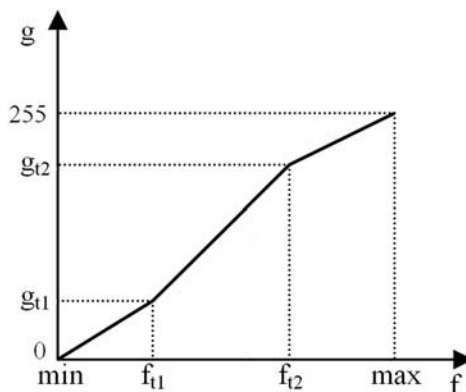


图 1 分段线性变换

通过增加灰度区间的分割段数以及调整各区间的分割点和变换直线的斜率,可以对任意灰度区间进行扩展或压缩。

1.2 POSHE 算法

POSHE 算法是一种经典的局部直方图均衡算法。该算法通过子块移动策略使部分子块重叠,并对每个子块进行 HE 处理。一般选取子块长度的一半或四分之一,作为子块的移动步长。POSHE 算法的核心思想是对邻域范围内子块的变换函数进行加权,然后通过求和计算得到当前子块的变换函数^[8-9]。

具体步骤如下:将图像分为 4 个子块,其步长为子块长度的一半;整个区域被分成了 9 块,分别用 a、b、c、d、e、f、g、h、i 标记;移动 4 次的子块用 1、2、3、4 标记。分别对 4 个子块进行均衡化处理,以此类推,最后对子块重叠的区域进行加权处理。区域 e 是 4 个子块的重叠部分,分别对其进行 4 次直方图均衡化运算;其

他区域的直方图都会对目标区域 e 的运算具有不同的权值贡献^[10]。

设各个子块的直方图变换函数分别为 $T_1(r_k)$ 、 $T_2(r_k)$ 、 $T_3(r_k)$ 、 $T_4(r_k)$ ，则目标区域 e 内某点的变换输出为

$$S_k^e = \frac{1}{4} [T_1(r_k^e) + T_2(r_k^e) + T_3(r_k^e) + T_4(r_k^e)] \quad (2)$$

式中， S_k^e 为区域 e 内灰度值为 k 的像素经过 POSHE 处理后的灰度值； r_k^e 为区域 e 内灰度值为 k 的像素。

经过 POSHE 算法处理后的图像会出现块效应和过增强现象，其块效应程度及增强效果与块大小以及步长大小有关。

1.3 多尺度 Retinex 算法

红外图像的直方图分布通常比较集中，其形态呈现为单峰或双峰分布^[13]，如图 2(a) 所示。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。而在理想情况下，我们希望获得图 2(b) 所示的红外图像的直方图。这就是红外图像的最优灰度分布——正态分布。

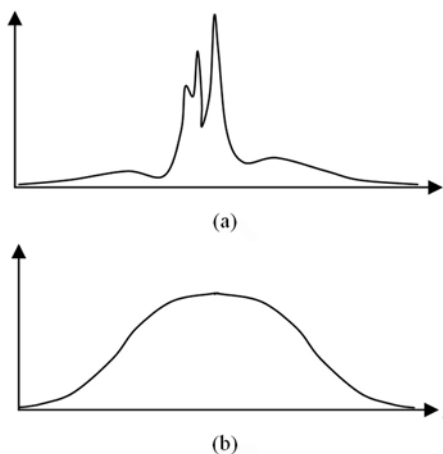


图 2 红外图像的直方图

因此，考虑利用具有高斯分布特性的函数对直方图中的主峰进行平滑处理。本文采用多尺度 Retinex 算法对红外图像进行基于最优灰度分布的拟合处理，以修正用 POSHE 算法处理后红外图像的直方图分布和解决用 POSHE 算法处理后产生的块效应和过增强问题。

多尺度 Retinex 算法是一种既能很好压缩图像的动态范围，又能保证图像细节和颜色保真的图像增强算法。它是对单尺度 Retinex 算法的概括，具有其低、中、高三个尺度的特点^[14-16]。该算法可用式 (3) 描述：

$$R_i(x, y) = \sum_{j=1}^k w_j [\log I_i(x, y) - \log(F_j(x, y) * I_i(x, y))] \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

式中， k 为尺度因子 σ 的总个数； w_j 为与 F_j 有关的权值，满足 $\sum w_j = 1$ ；通常，多尺度 Retinex 算法选取低、中、高三个尺度，即 $k=3$ ， $w_1 = w_2 = w_3 = 1/3$ ； N 为图像的颜色通道个数； $N=1$ ，表示灰度图像； $N=3$ ，表示彩色图像； $R_i(x, y)$ 为第 i 个颜色通道的输出结果； $I_i(x, y)$ 为第 i 个颜色通道的输入数据； $*$ 表示卷积运算； $F(x, y)$ 为高斯函数，其公式为

$$F(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (4)$$

式中， σ 为尺度因子，其大小决定了卷积核的作用范围。 σ 较小时，高斯模板较小，则高斯函数相对陡峭，多尺度 Retinex 算法的动态压缩能力就越强； σ 较大时，高斯模板较大，则高斯函数相对平缓，多尺度 Retinex 算法的颜色保真能力就越强。

多尺度 Retinex 算法通过对不同尺度因子的处理结果进行加权平均，使得不同尺度因子的影响相互补充，综合了各尺度处理结果的优点。因此，该算法既能保证一定的动态范围压缩，又能保留细节信息和颜色保真，从而获得令人较为满意的增强效果。

2 算法的 MATLAB 实现

本文在 Matlab2010b 平台上进行仿真试验，其实现步骤如下：

- (1) 输入原始的 16 位红外图像 f ；
- (2) 采用 1.1 节中的分段线性变换方法对图像 f 进行线性变换，得到 8 位红外图像 g ；
- (3) 将图像 g 分成 $m \times n$ 个子块，设步长为其子块长度的一半。移动子块遍历整幅图像，并根据式 (2) 计算每个像素点经过 POSHE 算法处

理后的灰度值 S_k ，直至所有像素点处理完毕。此时即可得到经 POSHE 处理后的红外图像 I。

(4) 用 POSHE 处理后的红外图像 I 生成多尺度 Retinex 算法所需的低、中、高三个尺度的高斯函数 F ，并根据式 (3) 得到修正后的红外图

像 R。

(5) 输出经增强处理后的红外图像 R。

3 仿真测试结果

为了验证本文方法的有效性和可行性，下面根据图 3(a) 和图 3(e) 所示的试验结果对各种

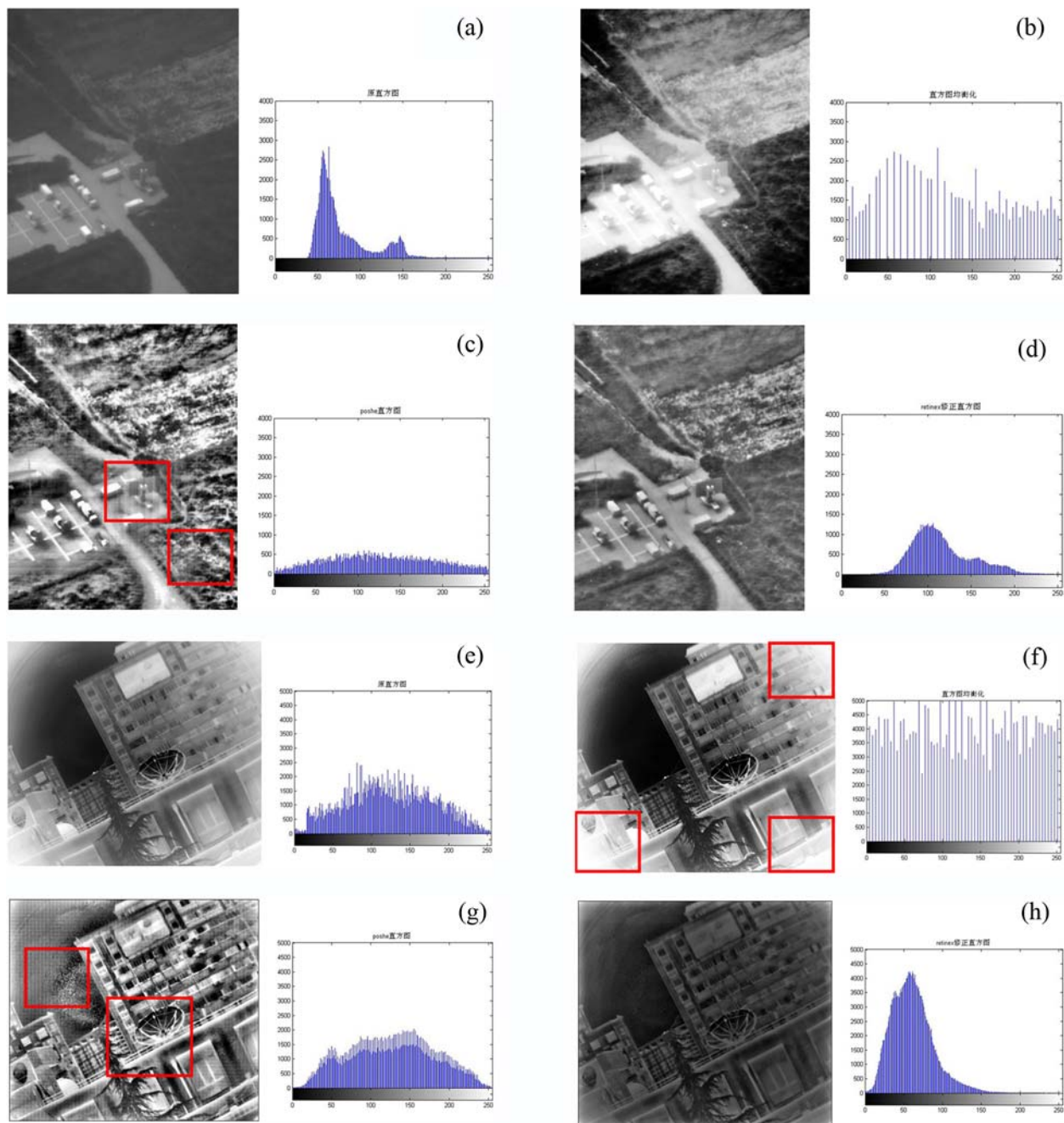


图 3 各种算法的效果图及其直方图：(a) 红外图像及其直方图；(b) 经 HE 处理后的红外图像及其直方图；(c) 经 POSHE 处理后的红外图像及其直方图；(d) 经本文方法处理后的红外图像及其直方图；(e) 制冷型红外探测器的“冷反射”图像及其直方图；(f) 经 HE 处理后的“冷反射”图像及其直方图；(g) 经 POSHE 处理后的“冷反射”图像及其直方图；(h) 经本文方法处理后的“冷反射”图像及其直方图

算法的优劣进行比较。图 3(a) 为原始红外图像及其直方图。图 3(b) 为经 HE 处理后的红外图像及其直方图, 其中出现了对比度不均匀的现象, 即亮的区域更亮并接近白化状态, 而暗的区域则更暗。图 3(c) 为经 POSHE 处理后的红外图像及其直方图, 其中出现了明显的块效应和过增强现象。图 3(d) 为经本文方法处理后的红外图像及其直方图。可以看出, 处理后的红外图像更加清晰自然, 对比度和纹理得到了有效增强, 视觉效果得到了改善, 而且其直方图分布呈现最优灰度分布。图 3(e) 为制冷型红外探测器的“冷反射”图像及其直方图。图 3(f) 为经 HE 处理后的“冷反射”图像及其直方图。可以看出, 其“冷反射”现象更加严重 (如图中矩形框所示); 图 3(g) 为经 POSHE 处理后的“冷反射”图像及其直方图。可以看出, “冷反射”现象得到了抑制, 但同时也出现了明显的块效应和过增强现象 (如图中矩形框所示); 图 3(h) 为经本文方法处理后的“冷反射”图像及其直方图。原始图像的“冷反射”现象得到了有效抑制, 而且图像轮廓比较清晰。

4 结束语

针对用 POSHE 算法对红外图像进行处理时存在的过增强等问题, 本文提出了一种基于最优灰度分布拟合的直方图变换方法。该方法采用分段线性变换将 16 位红外图像转换为 8 位红外图像, 然后利用 POSHE 算法对红外图像进行增强处理, 并结合多尺度 Retinex 算法消除经 POSHE 算法处理后产生的块效应和过增强现象。试验结果表明, 本文方法在增强红外图像对比度的同时, 可以有效保留红外图像的整体信息, 并且具有较好的视觉效果。另外, 该方法还能抑制制冷型红外探测器的“冷反射”图像, 因此在目标识别、跟踪和图像制导等应用领域中具有较高的实用价值。

参考文献

- [1] 金伟其, 刘斌, 范永杰, 等. 红外图像细节增强技术研究进展 [J]. *红外与激光工程*, 2011, 40(12): 2521–2527.
- [2] 吴家伟, 武春风, 虞文波. 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.
- [3] 张晓龙, 刘英, 孙强. 高精度非致冷长波红外热像仪的辐射标定 [J]. *中国光学*, 2012, 5(3): 235–241.
- [4] 冈萨雷斯. *数字图像处理 (第二版)* [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [5] Victor T T, Gregory J W. Adaptive Histogram Equalization and Its Application [C]. *SPIE*, 1982, 359: 204–209.
- [6] Pizer S M, Ambum E P, Austin J D, et al. Adaptive Histogram Equalization and Variations [J]. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 1987, 39(3): 355–368.
- [7] Zuiderveld Karel. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization [C]. *Graphic Gems IV*. San Diego: Academic Press Professional, 1994: 474–485.
- [8] Joung-Youn Kim, Lee-Sup Kim, Seung-Ho Hwang. An Advanced Contrast Enhancement Using Partially Overlapped Sub-block Histogram Equalization [J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2001, 11(4): 475–484.
- [9] 刘治群. 薄雾条件下降质图像清晰化方法的研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2009.
- [10] 杨光, 吴钟建, 罗镇宝, 等. 限制对比度的多层 POSHE 自适应图像增强算法 [J]. *激光与红外*, 2013, 43(1): 85–89.
- [11] 朱道广, 隋修宝, 朱才高, 等. 基于多尺度的高动态红外图像增强算法 [J]. *红外技术*, 2013, 35(8): 476–481.
- [12] 黎育红, 周建中, 丁威. 基于自适应阈值的红外图像增强 [J]. *科学技术与工程*, 2010, 10(4): 922–927.
- [13] Virgil E V. Plateau Equalization Algorithm for Real-time Display of High-quality Infrared Imagery [J]. *Opt Eng*, 1996, 35(7): 1921–1926.
- [14] Jobson D J, Rahman Z U, Woodell G A. A Multi-scale Retinex for Bridging the Gap between Color Images and the Human Observation of Scenes [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1997, 6(7): 965–976.
- [15] 刘瑞剑, 陈树越, 张甲杰. 多尺度 Retinex 算法在红外图像增强中的应用 [J]. *弹箭与制导学报*, 2008, 28(4): 193–195.
- [16] 储昭辉, 汪荣贵, 杨万挺, 等. Retinex 算法及其在雾天图像增强中的应用研究 [J]. *微计算机信息*, 2011, 27(6): 229–231.