

基于线列红外探测器的图像增强算法研究

郑 为

(海军驻北京地区航空军事代表室,北京 100041)

摘 要:针对线列红外探测器扫描成像特点,提出了一种基于平台直方图统计的红外图像增强算法。仿真结果表明,该算法能够校正扫描型热像仪由盲、闪元引起的黑白道,提高图像的对比度,修正全局灰度等级,锐化图像中的边缘细节,对扫描成像系统的红外图像具有较好的增强效果。

关键词:线列红外探测器;非均匀性校正;平台直方图;红外图像增强

中图分类号:TN21 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2015.01.019

Research on image enhancement algorithm based on line array infrared detector

ZHENG Wei

(Aeronautical Military Representative Office of Navy in Beijing, Beijing 100041, China)

Abstract: Aiming at scan imaging characteristics of the line array infrared detector, an infrared image enhancement algorithm based on histogram statistics platform is proposed. The simulation results show that, the algorithm can correct black and white lines caused by blind and flash pixels of scanning thermal imager. It can also improve the image contrast, revise global grayscale, and sharpen edge details of the images. This algorithm has good enhancement effect for infrared image of scanning imaging system.

Key words: line array infrared detector; non uniformity correction; histogram platform; infrared image enhancement

1 引 言

近年来,红外探测技术因其隐蔽性、全天候、透雾等特性,被广泛应用于军用侦察、告警系统。红外探测器件在具备上述优点的同时,在成像上也存在一些缺点,如非均匀性严重、成像对比度低、动态范围大、细节不够清晰等。而线列探测器因其扫描成像机制,画幅往往较宽,全局动态范围更大,非均匀性的影响也更为严重。常用红外图像增强算法如直方图均衡化、平台直方图等对宽幅红外图像增强效果并不理想,因此为了使观察者更易于观察图像特征信息,针对线列扫描红外图像,需要研究专门的图

像增强算法。

2 算法原理

红外探测器因生产工艺问题,往往存在盲、闪元现象,且存在非均匀性差的问题,这就导致系统在扫描成像时,图像中沿扫描方向频繁出现黑、白道,影响图像整体效果,因此,需要对盲、闪元像素点进行非均匀性校正处理。其次,线列扫描宽幅红外图像虽然动态范围很大,但是绝大部分信息都集中在一个极窄的灰度范围,这就需要对感兴趣部分(目标信息)进行动态范围拉伸,同时抑制不感兴趣部分(背景和噪声)的动态范围,从而能够拉开图像整体

的对比度。最后,针对图像细节不够清晰的问题,需对图像细节进行锐化操作,以便更好的突出图像细节信息。

因此针对红外探测成像特点,本文提出一种新的图像增强算法,通过对图像的非均匀性校正、灰度变换、细节锐化等操作,来实现宽幅扫描型红外图像的增强。算法主要流程图如图1所示。

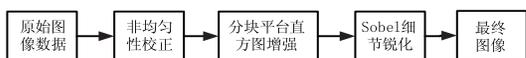


图1 本文算法流程框图

3 非均匀性校正

红外探测器件因工艺问题,存在盲、闪元较多,非均匀性严重等特点。线列红外探测器因其扫描成像机制,探测器的非均匀性体现在图像上是一道或多道沿扫描方向的黑、白道。非均匀性校正主要是通过通过对图像中的所有像素进行检索,将每一个像素灰度值与上下行同一列的像素进行比对,对明显低于/高于上下行相应像素灰度值的像素进行校正。为了避免处理时将小目标消除掉,所有的比对值都是取当前像素在扫描方向上一行内半径为5的邻域内像素值的均值。

非均匀性校正的步骤如下:

1) 读取图像 S , 计算出一个与原图大小相等的比对矩阵 B , 比对矩阵中的所有像素值均按上述方式计算;

2) 将矩阵 B 中的元素 $b_{(i,j)}$ 与上下行同一列的元素 $b_{(i-1,j)}$ 、 $b_{(i+1,j)}$ 求差, 得出差值为 d_1 、 d_2 ;

3) 如果 d_1 、 d_2 符号相同, 则校正值得 t 取两者中模值较小者; 否则, 判定当前像素点为场景渐变区, 校正值为 0;

4) 对原图进行校正操作, 将所有像素都与求出的校正值相减, 即可得出校正后的图像。



(a) 黑白道严重的图像



(b) 非均匀性校正后的效果

图2 非均匀性校正效果对比

非均匀性校正效果对比如图2所示。其中图2(a)中的黑白道是探测器的盲、闪元造成的, 图2(b)是经本文方法进行非均匀性校正之后的图像,

处理后的图像不再存在黑白道现象。

4 分块平台直方图处理

在完成非均匀性校正之后, 需要对图像的灰度动态范围进行变换, 以提高图像的对比度, 使观察者更容易区分目标与背景。

由于扫描机制的原因, 图像画幅一般较大(本文中图像大小为 576×20000), 全局动态范围很大(约为 600)。通过分析发现, 图像中的目标信息只分布在相当小的动态范围内(约为 80), 而背景信息和噪声则占据绝大部分灰度级, 直接对整幅图像进行直方图处理很容易将背景和噪声也放大, 反而起不到增强效果。因此, 本文中拟将原图分成若干个小块分别进行平台直方图处理, 为避免因图像分块处理导致图像中在两小块交界处出现明显的灰度差别, 块与块之间需保留一定的重叠区, 重叠区采用加权计算的方式进行重新计算; 同时为保证整幅图像的色调均匀一致, 还需要将每个块的灰度均值控制在同一水平。

分块平台直方图^[1-2]的主要步骤如下:

1) 将获取的 576×20000 图像进行分块, 设置滑动窗口大小为 576×800 , 小块之间保留 200 像素宽度的重叠区, 即右移步长为 600; 处理完整幅图像需进行 33 (即 $(20000 - 800) / 600 + 1$) 次分块处理;

2) 对每次窗口内图像数据分别进行平台直方图处理, 操作过程如下:

a) 求取当前窗口内的图像均值, 以该值为界将图像分成高灰度区 h 和低灰度区 l 两部分;

b) 对两个部分分别进行平台直方图统计, 平台值设置为 p , 即统计某一灰度级的像素数时:

$$n_k = \begin{cases} p, & n_k > p \\ n_k, & n_k \leq p \end{cases} \quad (1)$$

其中, n_k 为当前图像中灰度级为 k 的像素数量;

c) 将低灰度部分映射到 $0 \sim g$, 高灰度部分映射到 $g \sim 255$, 这样可以保证小块的灰度均值在 g 附近;

d) 分别求取高、低灰度部分的每一灰度级的概率密度, 公式如下:

$$p_k = \begin{cases} p/\text{num}, & n_k > p \\ n_k/\text{num}, & n_k \leq p \end{cases} \quad (2)$$

其中, num 为统计像素总数量, 然后根据公式:

$$s_k = \sum p_k \quad (3)$$

计算每个灰度级的累积概率密度;

再依据求取的累积概率密度分别对高、低灰度部分的像素灰度级进行重新计算:

$$\begin{cases} k'_l = s_k \cdot g \\ k'_h = s_k \cdot (255 - g) + g \end{cases} \quad (4)$$

3) 对每个重叠区图像进行加权计算^[3], 计算步骤如下:

a) 假设重叠区 p 是由上一窗口的 k_1 部分以及当前窗口中的 k_2 部分组成, 示意图如图 3 所示。

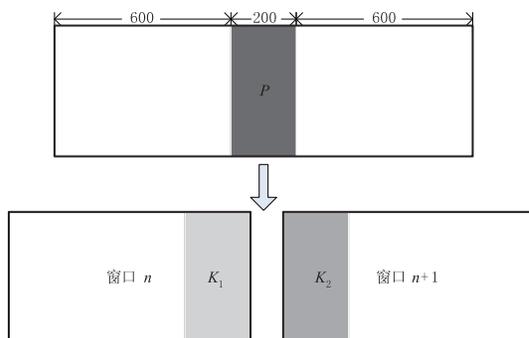


图3 分块处理示意图

b) 对 P 的每一列进行加权计算, 公式为:

$$P = Wk_1 + (1 - W)k_2 \quad (5)$$

其中, W 为加权系数, 原则上其值取决于该列所处位置, 越靠近左边小块则 W 的值越大;

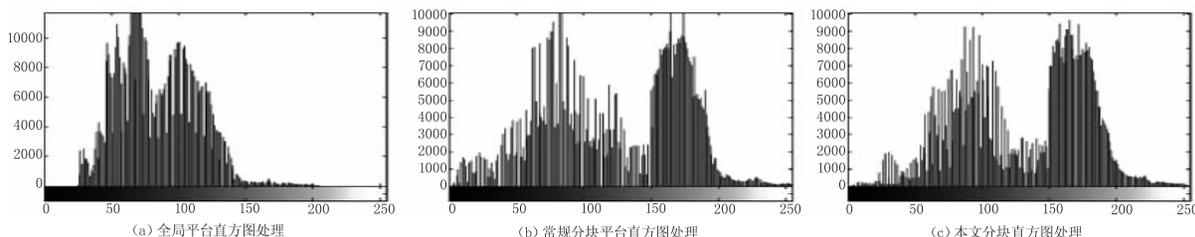


图5 各算法处理后的图像的直方图

可以看出, 全局平台直方图算法在处理宽幅红外图像时, 局部仍然存在对比度低, 动态范围小等缺点, 而且图像中的弱目标并不容易被增强; 常规分块平台直方图处理虽然能解决上述问题, 但是会在小块拼接处留下痕迹; 而本文算法在保证图像具有较高对比度的基础上, 能够增强弱小目标, 同时全局灰度值也能保持在一个较好的水平, 而且各小块基本无明显拼接痕迹。

根据常用的图像质量评价指数计算方法:

$$M = \sum S_{(i,j)} / n \quad (7)$$

$$C = \frac{\sum [(S_{(i,j)} - S_{(i+1,j)})^2 + (S_{(i,j)} - S_{(i-1,j)})^2 + (S_{(i,j)} - S_{(i,j+1)})^2 + (S_{(i,j)} - S_{(i,j-1)})^2]}{4 \times n} \quad (8)$$

$$S = \sum |S_{(i,j)} - S_{(i-1,j-1)}| \quad (9)$$

c) 本文算法中, W 的值根据公式:

$$W = (200 - l) / 200 \quad (6)$$

计算, 其中, l 为当前列与重叠区最左端的距离;

4) 当窗口滑动完图像最右侧时, 处理结束, 即图像的分块平台直方图处理完成。

图 4 和图 5 给出了采用全局平台直方图处理、常规分块平台直方图处理以及本文方法进行处理的效果图及直方图。

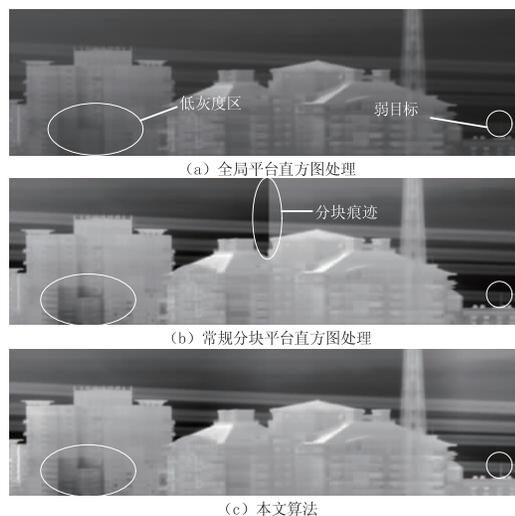


图4 各算法处理的效果图

其中, $S_{(i,j)}$ 代表图像上 (i,j) 处的灰度值; n 代表像素总数。公式(7)计算灰度均值, 公式(8)计算对比度, 公式(9)计算锐度(梯度)。利用上述公式求取各算法处理结果的灰度均值、对比度、锐度, 并将计算结果列表如表 1 所示。

表1 各算法对应图像质量评价指数

算法	灰度均值	对比度	锐度
全局平台直方图处理(图5(a))	95.00	32.80	2.46
常规分块平台直方图处理(图5(b))	124.68	41.92	5.39
本文分块直方图处理(图5(c))	130.91	42.25	6.74

计算结果表明, 本文算法处理结果在灰度级控制、图像对比度、锐度等指数上都要优于常规的直方图处理。

5 高频信息锐化

为了使图像细节信息更为突出, 还需对图像进

行高频信息锐化的操作。常用的高频信息锐化算法主要是基于掩模算子(如 sobel 算子、拉普拉斯算子等),对图像进行微分操作,从而能够增强图像边缘并且削弱灰度变化平坦的部分^[4]。但同时,锐化操作在增强图像细节的同时,也容易增强图像中的点噪声。因此,如果掩模算子选择不当,不但对细节起不到锐化作用,反而会降低图像的信噪比。

线列探测器因其扫描成像特点,图像在水平方向上非均匀性比较严重,对其进行锐化操作很容易使非均匀性更为严重。因此只考虑使用垂直方向上的 sobel 算子,即利用:

$$w = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

来与原图像做卷积,然后将结果乘以一个 A 后与原图像叠加,来增强垂直方向上的细节。则:

$$g(x, y) = f(x, y) + A * \nabla f(x, y) \quad (11)$$

其中, $f(x, y)$ 为原图; A 为常数; $g(x, y)$ 为处理后的图像。通常 A 的值越大,锐化效果越明显,但同时噪声的放大效果也越明显, $\nabla f(x, y)$ 为原图像经 sobel 算子滤波后的图像上的点。

不同 A 值处理结果对比如图 6 所示。不同 A 值的 sobel 算子锐化后图像质量评价指数如表 2 所示。

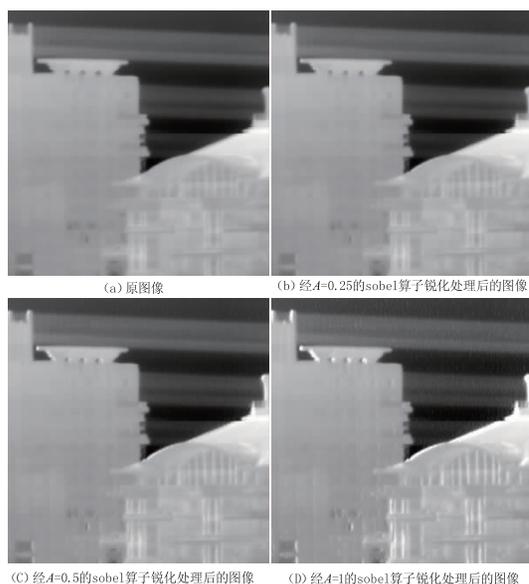


图 6 不同 A 值处理结果对比

表 2 不同 A 值的 sobel 算子锐化后图像质量评价指数

A 值	灰度均值	对比度	锐度
$A=0$ (原图像)	130.91	42.25	6.74
$A=0.25$	131.93	42.31	7.51
$A=0.5$	132.92	42.48	9.69
$A=1$	134.60	42.74	16.45

通过观察图像和比较数据可以得出, A 值越大时,图像锐化效果越好;但是通过仔细观察图像均匀背景区域可以发现,当 $A=1$ 时,处理后的图像中噪声很严重。因为不同红外图像的噪声强弱不同,工程应用中常常通过多次试验来获取视觉效果最佳的参数。处理本文图像时, A 值选 0.5 时,可以使图像细节有明显提升,且散粒噪声不至于被明显放大。

6 结 语

针对宽幅扫描型红外图像存在的特点,本文提出了一种基于平台直方图统计的红外图像增强算法,能够对探测器盲、闪元引起的图像非均匀性进行校正,同时可以在提高图像的对比度同时保证图像整体色调均匀,并能够有效的锐化图像中的边缘细节,获得了较好的图像增强效果,在某型红外行扫仪系统的后期图像处理中获得了很好的应用。

参考文献:

- [1] MENG Jun, SUO Zhongle, CHEN Hong, et al. A kind of improved algorithm of infrared image enhancement [J]. Journal of PLA University of Science and Technology, 2004, 5(5): 005-009. (in Chinese)
蒙军, 索忠乐, 陈洪, 等. 一种改进的红外图像增强算法[J]. 解放军理工大学学报, 2004, 5(5): 005-009.
- [2] SHAO Tao, XIA Yinhui, YU Fandi, et al. The wide field infrared image enhancement algorithm research of [J]. laser and infrared, 2012, 42(8): 965-968. (in Chinese)
邵涛, 夏寅辉, 于繁迪, 等. 大视场红外图像的直方图增强算法研究[J]. 激光与红外, 2012, 42(8): 965-968.
- [3] WANG Bingjian, LIU Shangqian, ZHOU Huixin, et al. Adaptive platform histogram of infrared image enhancement algorithm based on [J]. Acta Photonica Sinica, 2005, 34(2): 299-302. (in Chinese)
王炳健, 刘上乾, 周惠鑫, 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): 299-302.
- [4] CHEN Hong, CHANG Qing, GUO Tiantian, et al. A hardware implementation of real time infrared image enhancement algorithm for [J]. Infrared and Laser Engineering, 2004, 33(3): 283-286. (in Chinese)
陈洪, 常青, 郭天天, 等. 一种易于硬件实现的红外图像实时增强算法[J]. 红外与激光工程, 2004, 33(3): 283-286.