

文章编号: 1001-5078 (2006) 04-0318-03

灰度冗余均衡与受限空域锐化的图像增强技术

顾国华, 陈 钱, 王利平

(南京理工大学电子工程与光电技术学院, 江苏 南京 210094)

摘 要:针对红外的特征, 提出一种基于灰度冗余均衡方法与受限空域锐化的红外热图像增强处理技术, 利用该技术不但能有效增强图像, 而且最大限度地保留了原图像的细节, 同时易于硬件实现。实践证明该技术效果良好。

关键词:灰度冗余; 均衡; 受限空域锐化; 红外图像增强

中图分类号: TN911. 79 **文献标识码:** A

Image Intensifying Technique Based on Gray-level Redundancy Equilibrating and Restricted Airspace Sharping

GU Guo-hua, CHEN Qian, WANG Li-ping

(College of Electronics and Optics, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: Aiming at the character of the IR image, the image intensifying technique based on gray-level redundancy equilibrating and restricted airspace shaping is given. By the technique, the image is intensified effectively, and the details of the original image are reserved, at the same time, the hardware design is easy. The result shows that the effect of the technique is well.

Key words: gray-level redundancy; equilibrating; restricted airspace shaping; IR image intensifying

1 引 言

红外热成像技术是一项新型的红外信息转换与处理技术, 它利用景物自身各部分辐射的差异获得图像的细节, 克服了被动微光夜视仪完全依赖于环境自然光的缺点。红外热成像系统具有一定的穿透烟、雾、雪等限制的能力以及识别伪装的功能, 不受战场上强光、闪光干扰而致盲, 可以实现远距离、全天候观察。但是热图像还存在视觉质量相对较差等缺陷, 有必要对红外图像进行改善像质的处理。通常采用的主要技术或方法^[1]是针对红外图像的特征, 进行图像的非均匀性校正^[2-4]以及图像增强^[5,6]、对比度的增强等。本文所做的工作主要是

以实现红外图像增强为目的的针对硬件的实时算法研究, 它要求占用存储器少, 算法运算量适中, 符合硬件结构。

2 新型直方图均衡技术—冗余去除直方图均衡

直方图均衡^[7]能有效实现红外图像的增强。在一幅图像中, 在 $[0, 1]$ 区间内的灰度级是随机变量。假定对每一个瞬间它们是连续变量, 那么可以用它们的概率密度函数 $P_r(r)$ 和 $P_s(s)$ 分别表示原始图像和变换图像的灰度级。从基本概率理论知

作者简介: 顾国华 (1966 -), 男, 副教授, 博士, 主要从事光电探测与图像处理技术研究。

收稿日期: 2005-08-05; 修订日期: 2005-11-17

道,如果 $P_r(r)$ 、 $T(r)$ 是已知的,那么变换图像灰度级的概率密度函数为:

$$P_s(s) = [P_r(r) \frac{dr}{ds}]_{r=T^{-1}(s)} \tag{1}$$

通过变换函数 $T(r)$ 就可以改变图像灰度级的概率密度函数。

假定变换函数为:

$$s = T(r) = \int_0^r P_r(w) dw \quad 0 \leq r \leq 1 \tag{2}$$

式中, w 是积分变量,式的最右边可以看作是 r 的累积分布函数,并单调地从 0增加到 1。从式 (2)求 s

对 r 的导数得到 $\frac{ds}{dr} = P_r(r)$,将 $\frac{dr}{ds}$ 代入式 (1),得到:

$$\begin{aligned} P_s(s) &= [P_r(r) \frac{1}{P_r(r)}]_{r=T^{-1}(s)} \\ &= [1]_{r=T^{-1}(s)} = 1 \\ (0 \leq s \leq 1) \end{aligned} \tag{3}$$

这说明在变换后的变量 s 的定义域内 $P_s(s)$ 是均匀密度,用 r 的累积分布函数作变换函数产生了一幅灰度级具有均匀密度的图像。在增强意义上,这意味着像素的动态范围的增加。

由于常用的直接均衡方法会造成明显的灰度断层,而且产生的图像生硬,因此本文提出一种基于冗余去除的灰度均衡,设图像大小 $W \times H$,其灰度直方图用数组表示为: $his[i] (i \in [0, 255])$, A 为该直方图的均值,即 $(W \times H) / 256$,则阈

值取 $T = 0.3A$ 。该方法即为将个数小于阈值的灰度全部映射到前面最近的大于阈值的灰度级,然后等距排列。基于冗余灰度去除的均衡方法可以描述为:

1)计算每个灰度的标记函数,

$$f(i) = \begin{cases} 0, his[i] < T \\ 1, his[i] \geq T \end{cases} \tag{4}$$

2)按下式求取首次映射函数,

$$reflect[i] = \sum_{k=0}^i f(k), (i \in [0, 255]) \tag{5}$$

3)设映射后灰度级数为 L ,将灰度进行等距排列为:

$$reflect[i] = \frac{255}{L} reflect[i], (i \in [0, L - 1]) \tag{6}$$

冗余去除直方图均衡极大地改善直接均衡带来的断层现象,而且速度稍快,更易于硬件实现。图 1 为直方图均衡处理结果,可以看出,经典灰度直方图均衡方法得到的直方图将出现线条中间稀、两边密的情况,而得到的图像则是对比度更强,图像生硬。此外还可以看出,去冗余灰度均衡方法得到的直方图线条均匀排列,得到的图像相对而言较为柔和,视觉效果更好。另外,由于算法比较简单,因此去冗余灰度均衡方法的一大优势是便于硬件实现。

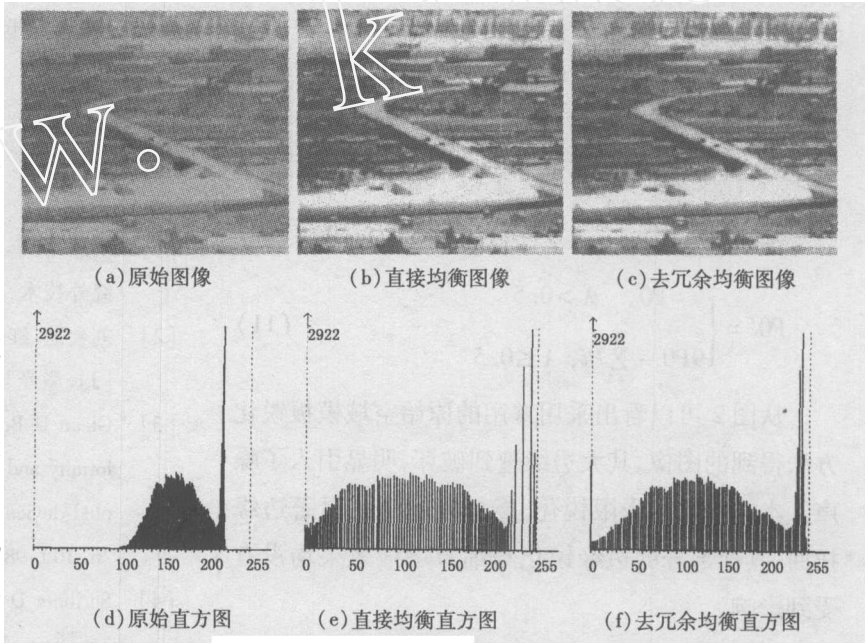


图 1 直方图均衡效果
Fig 1 histogram equilibrium effect

3 受限空域锐化

3.1 常用图像锐化方法

图像锐化有使用高频增强滤波器与空间域图像锐化。空间域图像锐化^[8]具有简单易于硬件实现的特点,它的一维处理表达式是:

$$g(x) = f(x) - \frac{d^2 f(x)}{dx^2} \tag{7}$$

经上式处理以后,缓慢上升的波形减去其二次微商以后,所得的波形 $g(x)$ 上升较快,并有“过冲”出现,这使得信号的边缘突出,达到了锐化的目的。

在二维情况下,要求找到一种算法使走向不同的轮廓能够在垂直的方向上具有类似于二维那样的锐化效应。用拉普拉斯算子实现的算法可以实现上述目的。

由于这种方法模板简单,效果明显,因此获得广泛应用。但是通常红外场景中有远近目标,而且图像各处的对比度不一样,用这种方法对图像做同一处理会产生噪声,常常会破坏好的边缘。

3.2 受限空间域图像锐化

由于常用图像锐化所导致的缺陷会直接影响实际观察效果,因此本文提出受限拉氏锐化方法,它的思路是仅对对比度较小的区域做锐化处理。因其运算量较小而易于硬件实现。该方法可以表达为:设 $P_1, \dots, P_8$ 为 P_0 的 8 邻域, λ 代表了 P_0 的 8 邻域对比度, P_0 为变换后的像素值:

$$P_{\max} = \max(P_0, P_1, \dots, P_8) \quad (8)$$

$$P_{\min} = \min(P_0, P_1, \dots, P_8) \quad (9)$$

$$\lambda = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max} + P_{\min}} \quad (10)$$

$$P_0 = \begin{cases} P_0, & \lambda > 0.5 \\ 9P_0 - \sum_{i=1}^8 P_i, & \lambda \leq 0.5 \end{cases} \quad (11)$$

从图 2 可以看出采用常用的原始空域模板锐化方法得到的图像,其大边缘遭到破坏,明显引入了噪声。本文提出的受限锐化,能极大地防止显著边缘扭曲,其他部分的边缘锐化与细节增强效果均没有受到影响。



图 2 锐化效果

Fig 2 effect of image sharpness

4 去冗余灰度均衡与受限空域锐化综合处理实验结果

我们在 VC++ 上实现了这些算法,图像采用制冷型红外图像。综合算法中各个算法的顺序对效果有一定影响,经过实验,采用的综合算法框图见图 3。

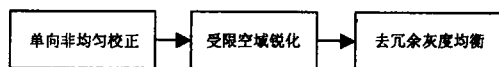
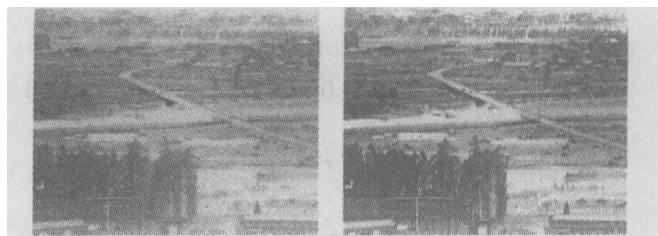


图 3 综合处理框图

Fig 3 diagram of combined disposal

该组合算法已经利用 DSP 硬件实现,并投入实际系统使用,其处理结果见图 4。可以看出经过组合算法处理后非均匀性已经去除,图像灰度范围增大,图像边缘得到锐化,整体效果好。



(a)原始图像

(b)综合处理图像

图 4 综合处理效果

Fig 4 integrate disposal effect

参考文献:

- [1] 刘志才,李志广. 红外热像仪图像处理技术综述 [J]. 红外技术, 2000, 22 (6): 27 - 32
- [2] 刘会通. 红外焦平面阵列剩余非均匀性的测试和检验 [J]. 激光与红外, 1998, 28 (5): 305 - 307.
- [3] Glean D Boreman, et al Compensation for gain nonuniformity and nonlinearity in HgCdTe infrared charged-coupled-device focal planes [J]. Optical Engineering, 1987, 26 (10): 981 - 984
- [4] Scribner D A, et al Adaptive Nonuniformity correction for IR focal plane arrays using neural networks [A]. Proc SPIE, 1991, 1541: 100 - 108
- [5] 王伟,赵春晖. 层叠加权中值滤波器 [J]. 中国图像图形学报, 1997, 2 (7): 504 - 505
- [6] 李宏贵,李兴目,张奇,等. 非线性滤波器在红外图像增强中的应用 [J]. 数据采集与处理, 1999, 14 (3): 302 - 306
- [7] 夏德深,傅德胜. 现代图像处理技术与应用 [M]. 南京:东南大学出版社, 1998, 44 - 45
- [8] 容观澳. 计算机图像处理 [M]. 北京:清华大学出版社, 2000