

一种基于直方图的自适应红外图像增强算法

贾兆辉，伊兴国，孔鹏，李晨光

(西安应用光学研究所，山西 西安 710065)

摘要：在分析常用的红外图像增强算法优缺点的基础上，针对红外图像的特点，提出了一种基于直方图的自适应红外图像增强算法。该算法设置了阈值和放大系数2个参数，根据阈值把图像直方图分为2部分，用放大系数和常数1分别代替直方图中两部分的灰度级像素数作为新的直方图，最后用新的直方图对图像进行直方图均衡化处理得到增强图像。通过在自主研发的热像仪中验证，表明该算法适应性强，增强效果好，算法简单，易于在FPGA硬件平台上实现。

关键词：自适应红外图像；图像增强；直方图

中图分类号：TP391

文献标识码：A

文章编号：1001-8891(2014)09-0719-04

A Self-adaptive Enhancement Algorithm for Infrared Images Based on Histogram

JIA Zhao-hui, YI Xing-guo, KONG Peng, LI Chen-guang

(Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

Abstract: Based on analysis of commonly used infrared image enhancing algorithms, a self-adaptive enhancement algorithm for infrared images based on histogram is given according to the character of infrared image.

Threshold and magnifying coefficient are set for this algorithm. The histogram is divided into two parts according to threshold value. Then two histogram parts are replaced respectively by magnifying coefficient and 1 to get a new histogram. The enhanced image is achieved by histogram equalization algorithm with the new histogram. By application in self-developing thermal imager, it is proved that the algorithm which is easy to implement with FPGA has great adaptability, excellent image enhancing and real time performance.

Key words: adaptive infrared image, image enhancement, histogram

0 引言

受红外探测器的灵敏度、噪声特性等限制^[1]，以及场景中的目标与背景的温差相对较小，使得红外图像的灰度级少，对比度较低，其信噪比也较可见光图像的低^[2]。因此必须对红外图像进行图像增强，来适应于人眼的观察，以及满足检测目标、跟踪目标等处理要求。

1 常用的红外图像增强算法分析

红外图像增强算法有很多，目前常用的两类算法是分段灰度变换法和基于直方图的图像增强算法^[3]。

分段灰度变换法的优点是算法简单，并且变换函数可以任意合成。但主要缺点是为了获得最佳增强效果，需要较多的用户输入，以便确定分段点的位置^[1]，

使得该算法不能进行实时处理^[4]。

基于直方图的图像增强算法有直方图均衡算法、直方图投影算法等^[3]，但是在实际的应用中发现这些算法都存在一些缺点，如直方图均衡算法虽然增强了图像对比度，但损失了很多的图像细节；直方图投影算法虽然没有损失图像的细节，但是散粒噪声对大面积的背景灰度产生“推挤效应”，使图像闪动^[5]，并且对灰度层次少的图像，增强后图像的噪声很大。

近些年来，国内外研究人员也探索了很多新的增强方法，如基于局部统计特性的自适应图像增强法、基于灰度聚类算法的红外图像增强研究^[6]、基于遗传算法的红外图像增强研究^[7]、基于模糊逻辑的红外图像的增强算法^[8]、基于小波变换的图像增强^[9]等等，但是这些算法依旧存在很多问题，主要是计算量大，不宜于实时图像处理，并且算法的智能性和自适应性

差^[10], 目前还不适用于工程应用。

2 图像增强算法

2.1 算法的提出

为了弥补直方图均衡、直方图投影等算法的缺点, 本文在分析直方图投影算法的基础上, 结合红外图像的特点, 提出了一种基于直方图的自适应红外图像增强算法。在直方图投影算法中, 把图像的原始直方图进行转换, 有像素的灰度级数值设为 1, 无像素的灰度级数值设为 0^[11], 得到新的直方图, 最后利用新的直方图进行直方图均衡。本文所采用的算法在直方图投影算法的基础上进行修改, 在原始直方图转换时设置阈值和放大系数 2 个参数, 根据阈值把图像的原始直方图分为 2 部分, 大于阈值的灰度级数值设置为放大系数, 小于阈值的灰度级数值设为 1, 最后利用新的直方图进行直方图均衡。该算法弥补了直方图均衡算法和直方图投影算法的缺点, 增强效果好, 适应性强。

2.2 算法描述

该算法基于直方图进行处理, 首先计算图像的原始直方图, 然后设定阈值 T 和放大系数 Q 两个参数, 根据阈值 T 和放大系数 Q 把原始直方图转换为修正直方图, 转换修正直方图的计算如下: 根据阈值 T 把原始直方图划分为 2 个部分, 如果某灰度级的原始直方图值大于阈值 T , 将该灰度级的直方图值设为放大系数 Q ($Q \geq 1$); 如果某灰度级的原始直方图值小于或等于阈值 T , 就将该灰度级的直方图值设为 1。这样转换后获得的新直方图即为修正直方图。即:

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

式中: k 表示图像的灰度级, 以具有 1024 灰度级的图像为例, $0 \leq k \leq 1023$; T 为阈值; $P(k)$ 是图像的原始直方图; $P_T(k)$ 为图像的修正直方图。

得到修正直方图后, 对修正直方图进行累加, 得到它的累加直方图。根据累加直方图, 就可以对原图像进行灰度变换, 得到增强后的图像^[2], 即:

$$F_T(k) = \sum_{j=0}^k P_T(j) \quad (0 \leq k \leq 1023) \quad (2)$$

$$D_T(k) = \left[\frac{1023 \times F_T(k)}{F_T(1023)} \right] \quad (3)$$

式中: $F_T(k)$ 为图像的累加直方图; $D_T(k)$ 是灰度为 k 的像素经过图像增强后的灰度值, $0 \leq D_T(k) \leq 1023$; $\lceil \cdot \rceil$ 表示取整。

由以上算法可知, 阈值 T 把原始直方图分成了 2

个灰度级区间, 经过图像增强后, 原始直方图值大于阈值 T 的灰度级区间被拉伸了, 称之为拉伸区间, 原始直方图值小于或等于阈值 T 的灰度级区间被压缩了, 称之为压缩区间。由于阈值 T 决定了拉伸区间和压缩区间的位置和大小, 进而会影响到修正直方图以及最后的增强效果, 因此, 必须选择合适的阈值 T , 才能得到最佳的图像增强效果。另外阈值 T 确定之后, 拉伸区间和压缩区间也就确定了, 但设置不同的放大系数 Q , 却决定了拉伸区间的灰度级拉伸程度和压缩区间的灰度级压缩程度, 放大系数 Q 越大, 拉伸区间的灰度级拉伸越大, 由于图像的整个灰度空间是一定的, 所以, 压缩区间就被压缩的越小, 经过增强后影响图像最后的增强效果, 因此, 也要选择合适的放大系数 Q , 才能得到最佳的图像增强效果。当放大系数 Q 无穷大、阈值 T 为 0 时, 该算法就变成直方图投影算法, 因此直方图投影算法是该算法的特例。

2.3 参数的选择

选择不同的阈值和放大系数, 会有不同的增强效果。下面分别分析阈值和放大系数的选择对增强效果的影响。

首先分析阈值的选择对增强效果的影响。如图 1 所示, 假设有 2 个不同的阈值 T_1 和 T_2 , $T_2 > T_1$; 当阈值为 T_1 时, 对应的拉伸区间为 A_1 , 阈值为 T_2 时, 对应的拉伸区间为 A_2 , 由图可知, $A_1 > A_2$, 所以阈值越大, 拉伸区间越小, 压缩区间越大; 反之, 阈值越小, 拉伸区间越大, 压缩区间越小。拉伸区间和压缩区间的变化会影响图像的闪动和细节损失, 阈值越大, 散粒噪声对图像的影响越小, 图像闪动越小, 但阈值越大, 使压缩区间越大, 压缩的有像素的灰度级越多, 因此图像的细节损失越大。反之, 阈值越小, 图像的细节损失越小, 但图像的闪动越大。所以, 选择阈值需要在图像闪动和细节损失这两点之间寻找一个平衡点。

然后再分析放大系数 Q 的选择对图像增强的影响。当阈值确定后, 原始直方图的拉伸区间和压缩区间就确定了, 选择不同的放大系数 Q 会影响拉伸区间的灰度级拉伸程度和压缩区间的灰度级压缩程度, 放大系数 Q 越大, 原始直方图中的拉伸区间的灰度级就被拉伸的越大, 压缩区间的灰度级就被压缩的越小, 经过图像增强后, 图像对比度变大, 但是图像噪声也会越大, 尤其是对于灰度层次很少的图像, 经过图像增强后, 图像噪声会变的非常大, 严重影响图像质量。反之, 放大系数 Q 越小, 经过图像增强后, 图像噪声就越小, 但是图像的对比度也会变小。因此, 选择放大系数 Q , 不能过大或者过小, 要在图像对比度和图

像噪声之间进行平衡。

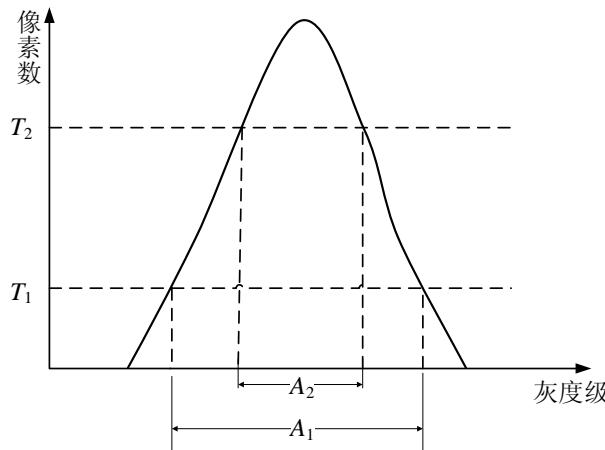


图 1 选择阈值的直方图示意图

Fig.1 Histogram sketch map of selecting threshold

在该算法的实际应用中，阈值和放大系数的选择需要通过多次尝试，寻找出最优参数，使图像的增强效果和适应性达到最佳。

3 红外图像增强算法效果

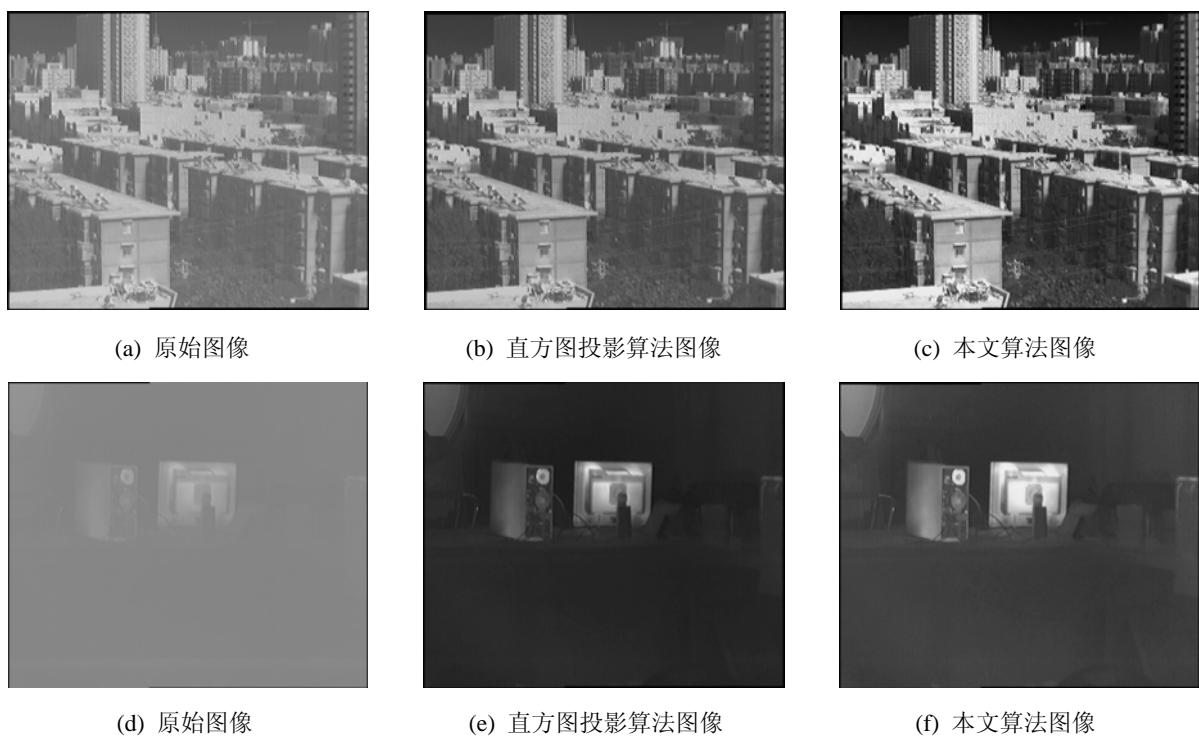
本文提出的算法已经在以 FPGA 为核心硬件处理平台上的热像仪进行了验证，为了比较直方图投影算法和本文算法的增强效果，分别在热像仪中采用了这

两种算法，其中本文算法的两个参数分别设置为：阈值为 64，放大系数为 21。图 2 是从热像仪中采集到的 2 种算法的 4 组增强图像，其中前 3 组图像是较复杂场景的图像，从图像可以看出，相对于直方图投影算法的增强图像，采用本文算法的增强图像对比度和亮度更佳，增强效果更好，并且算法的稳定性好，没有损失图像的细节。第 4 组图像是为了比较 2 种算法针对灰度层次少的图像的增强效果，从图像中可以看出，原始图像是接近均匀的图像，采用直方图投影算法增强的图像噪声大，而采用本文算法增强的图像噪声小。

另外，从热像仪的视频图像中可以看出，采用本文算法的视频图像并没有出现闪动的现象，而采用直方图投影算法的视频图像却出现了该现象，因此，采用本文算法弥补了直方图投影算法的图像闪动的缺点。

4 总结

本文提出的红外图像增强算法弥补了直方图均衡算法、直方图投影算法的不足，在实际的应用中，通过调整两个参数可获得最佳的图像增强效果。通过在热像仪中的验证，表明该算法增强效果好，适应性强，算法简单，易在 FPGA 硬件中实现，可以满足实际的工程应用。



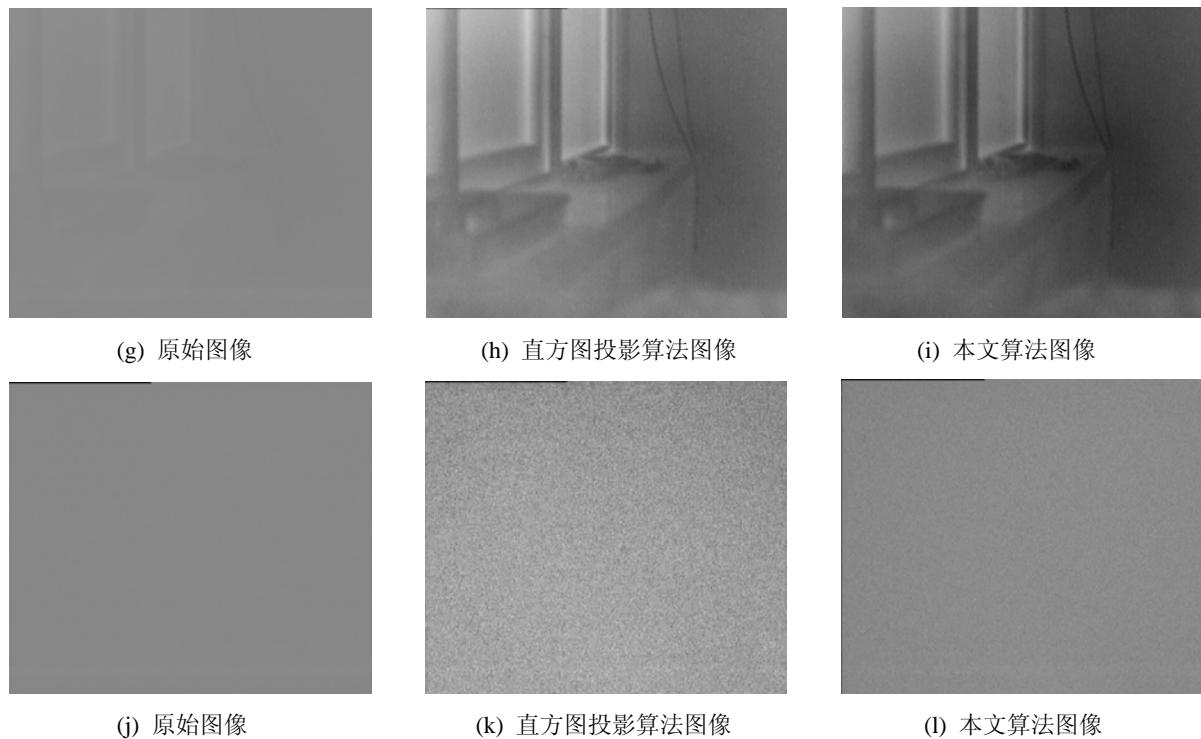


图2 两种算法增强效果比较

Fig.2 Comparisons of two algorithms' enhancing effect

参考文献:

- [1] 张秀君, 孙晓丽. 分段线性变换增强的自适应方法[J]. 电子科技, 2005(3): 13-16.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 郭佳, 秦文罡, 刘卫国. 自适应红外目标特征增强算法[J]. 应用光学, 2009, 30(2): 357-360.
- [5] 黄本雄, 王永红, 胡海. 基于直方图的热像显示算法研究[J]. 华中科技大学学报:自然科学版, 2004, 32(11): 39-41.
- [6] 陈国群, 付冬梅. 基于灰度聚类算法的红外图像增强研究[J]. 应用光学, 2007, 28(2): 142-145.
- [7] 蒋定定, 王贵霞. 基于遗传算法的红外图像增强研究[J]. 情报指挥控制系统与仿真技术, 2004, 26(4): 74-80.
- [8] 舒金龙, 于振红, 朱振福. 一种改进的红外图像模糊增强方法[J]. 系统工程与电子技术, 2005, 27(6): 957-959.
- [9] 吴强, 王新赛, 贺明, 等. 一种结合小波分析与直方图的红外图像增强算法[J]. 应用光学, 2011, 32(3): 464-467.
- [10] 于天河, 郝富春, 康为民, 等. 红外图像增强技术综述[J]. 红外与激光工程, 2007, 36: 335-338.
- [11] 顾东升, 杨南生, 皮德富, 等. 一种基于 DSP+FPGA 技术的实时红外图像直方图均衡器[J]. 红外技术, 2002, 24(3): 15-19.