

## 信号与信息处理

# 基于反向直方图的红外序列测量图像灰度变换方法

李晓冰

(92941 部队 辽宁 葫芦岛 125000)

**摘要:** 由于红外测量传感器具有感应范围宽,有效信息范围窄的特点,导致常规灰度变换方法损失目标有效信息,转换后的图像对比度低,图像质量较差。针对此问题,采用反向直方图理论,根据红外测量图像的灰度分布特性及处理要求,提出了一种利用反向直方图理论,进行红外序列测量图像灰度变换的方法。根据目标灰度变化趋势,扩展了目标灰度范围,压缩了背景及噪声的灰度级别,取得了良好的视觉效果。实验结果表明,该方法能够在增强目标图像细节的同时,完整的保留了图像背景信息,图像不失真。

**关键词:** 测量图像; 红外; 反向直方图; 灰度变换; 目标

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2017)-03-0042-04

## An Image Gray Scale Transformation Method Based on Inverse Histogram for Infrared Sequence Measurement Image

LI Xiao-bing

(92941 Army Unit, Huludao 125000, China)

**Abstract:** The infrared measurement sensor has the characteristics of wide sensing range and narrow effective information scope, resulting in the problems that the conventional gray-scale transformation method may lose effective target information, the low image contrast ratio and poor image quality. According to these problems, an infrared sequence measurement image gray scale transformation method using inverse histogram theory based on gray scale distribution characteristics and processing requirements is proposed. According to the trend of target gray scale, the gray scale scope of the target is expanded, the gray level of the background and the noise is compressed, and the better visual effect is achieved. Experimental results show that the method can preserve complete image background information and the images without distortion, while enhancing the details of the target image.

**Key words:** measurement image; infrared; inverse histogram; gray scale transformation; target

随着红外传感器技术的发展,红外传感器已经广泛应用到光学图像测量设备中。在应用中为了提高红外传感器的感应能力,一般红外传感器的灰度感应位数都超过8位,多数为14位,即存储为14位灰度的测量图像<sup>[1-2]</sup>。而目前各种图像处理软件,一般都是基于Window操作系统,采用8位灰度的显示方式。这样就必须将14位灰度变换为8位进行显示,如果简单的按比例进行压缩,必然会丢失测

量图像的有效信息。目前,也有一些灰度变换算法<sup>[3-5]</sup>,但是,实际应用效果并不理想。其原因是,算法都是对当前帧图像进行灰度变换,于是就陷入了有效信息与噪声、目标与背景的区别难题中。而实际对测量图像处理中,都是针对序列图像进行的,所以,完全可以利用前一帧的目标信息对后一帧的图像进行灰度变换。因此,作者依据长期的工作经验,提出了一种基于反向直方图的红外序列测量图

像灰度变换方法,采用反向直方图技术。依据测量传感器相邻两帧图像之间灰度分布变化不大的特性,利用前一帧图像的目标信息对后一帧图像进行反向直方图变换,将目标信息和背景按不同比例进行压缩,既有效的保存了目标信息,同时,又大比例的压缩了背景信息,实现了高位红外灰度图像的8位显示。

## 1 反向直方图原理及局限性

一般反向直方图<sup>[6-7]</sup>算法的原理为:利用目标图像中像素数量的分布,替代处理图像中的目标灰度值。具体算法为:首先对目标图像进行直方图统计,将目标图像的灰度特征值反映在像素数量的分布特性上,然后,用包含灰度特征值的像素数量直方图代替处理结果图像上的灰度值。即结果图像中像素的灰度值是观测特征数组分布的概率值<sup>[8-9]</sup>。此特征图像为目标图像像素数量统计直方图的反向投影。具有某灰度值的像素在目标图像中所占的面积越大,其对应的像素数量直方图中的值越大,进行反向投影时,此像素对应的灰度值就越大;反之,直方图中某级灰度值的像素数量越少,在结果图像中对应此灰度级的像素灰度值就越小。直方图反向投影公式为

$$bp(x,y) = \sum_{m=1}^n \frac{255 \times \hat{q}_m \delta[b(x,y) - m]}{\max(q_m)} \quad (m=1,2,\dots,n) \quad (1)$$

其中,  $bp(x,y)$  为图像中位置  $(x,y)$  处反向投影产生的像素灰度值,其中  $b(x,y)$  为位置  $(x,y)$  处的像素对应目标图像直方图的第  $b(x,y)$  个 bin, 目标图像直方图共有  $n$  个 bin;  $q_b(x,y)$  为第  $b(x,y)$  个 bin 的值;  $\hat{q}_m$  为直方图中第  $m$  个 bin 的值;  $\max(q_m)$  为直方图中所有的 bin 的最大值,以便将图像反向投影归一到 255 以内的范围内。

处理图像的反向投影是用目标图像像素值(多维或灰度)对应直方图一个 bin 上的像素数值来代替该像素的灰度值,所以,反向投影图像是单通的<sup>[10]</sup>灰色图像。在统计学上,输出图像像素点的灰度值是观测数组在某个像素数分布(直方图)下的概率。即将结果图像中的像素灰度值用目标图像中对应此灰度级像素数的概率表示。

对于序列测量图像的处理,往往是多帧图像进行连续处理,一般在第一帧图像中,采用鼠标选取目标区域。这样,可对第一帧图像的目标区域进行直方图变换,得到包含目标信息的直方图,利用此直方图信息对待处理图像进行反向直方图变换,可以将处理后图像的灰度信息转换为目标图像所含灰度的像素数量。此时,目标图像可大大增强,但是,对于目标不包含或包含像素数很少的灰度级,在反向直方图中必然显示为 0 或显示很低的灰度级,这样形成的灰度图像灰度突变很大,视觉效果极差。同时,对于目标中像素数量接近的两个灰度级,其在反向直方图中对应像素的灰度级也相近,达不到突出目标细节的作用。

## 2 改进的反向直方图灰度变换方法

经过长期的红外图像处理工作经验,作者总结出一种利用反向直方图的像素累积数量进行灰度变换的方法。其原理为:对前一帧图像目标区域各灰度级进行像素数量的统计,得到目标区域的直方图。然后,对包含目标灰度范围的直方图进行累加,最后利用此累加直方图对处理图像进行多点灰度拉伸。这样,由于目标区域各个灰度级的像素数量所占比例较大,使目标区域的灰度级之间拉伸较大,突出了目标区域的细节信息。同时又使灰度变换趋于平缓,提高了视觉效果,具体算法如下:

对于灰度范围为  $[0, L-1]$ 、大小为  $R \times C$  的序列测量图像,在某帧图像中选取包含目标的  $r \times c$  尺寸的区域,则此区域第  $k$  灰度级的直方图,即出现的概率为<sup>[7]</sup>

$$q(k) = \frac{\sum_{k=0}^{L-1} \sum_{x=0, y=0}^{R, C} \hat{q}_k \delta[b(x,y) - k]}{r \times c} \quad (2)$$

其中,  $k=0,1,2,\dots,L-1$ ;  $\hat{q}_k$  为灰度直方图的第  $k$  个 bin 值,其中  $b(x,y)$  表示在位置  $(x,y)$  上具有此灰度的像素对应直方图第  $b(x,y)$  个 bin 的像素数量;  $q(k)$  即为所求直方图。

常规方法是利用此直方图进行变换,形成一幅反向直方图,虽然图像得到明显增强。但是,由于是直接将近直方图像素数量转换到灰度,对于目标中像素数量相近的两个灰度级,其转换后的灰度级反而相近,不易区分,对于测量目标的分析和提取极

为不利。因此,本方法将直方图每级灰度对应的像素进行累加,即

$$q(m) = \sum_{i=1}^n q(n) \quad (3)$$

其中,  $m=0,1,2,\dots,k$ ,再利用此累计直方图进行反向直方图的变换,如下式

$$bp(x,y) = \sum_{m=1}^n \frac{255 \times \hat{q}_m \delta[b(x,y) - m]}{\max(q_m)} \quad (4)$$

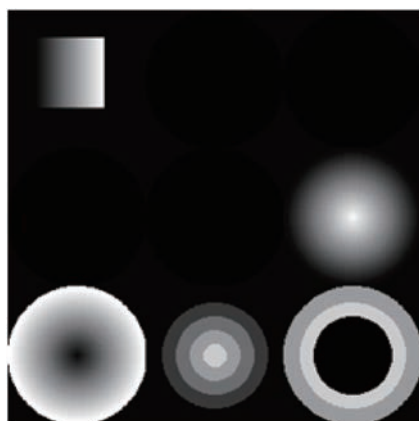
其中,  $bp(x,y)$  为位置  $(x,y)$  的反向投影像素灰度值,实际为此灰度级以前所有像素的累加值。其中  $b(x,y)$  为位置  $(x,y)$  上的像素灰度对应直方图的第  $b(x,y)$  个 bin,也就是此处的像素灰度对应此灰度级以前的所有直方图的累加数量;  $q_b(x,y)$  表示 bin 的值,将直方图中的像素数量关系变换为图像的灰度关系,即:数量越多的像素,其灰度级相差越大。而一般选择的目标区域中,目标像素的数量一般占较大的比例,其他背景像素的数量较少。其变换的结果将拉大目标图像的像素灰度级差,缩小背景像素灰度级差,这样,将突出目标的细节,有利于图像的分析,当然,背景像素的灰度级必然将压缩,但是,这对于测量图像的分析是无关紧要的。

### 3 实验结果及分析

由于实际图像不可能测试算法的全部特性,为了准确的测试算法的效果,为此制作了各个灰度级别和各种灰度分布的光斑仿真图像,并对其模糊处理以测试算法对图像质量的适应能力,测试结果如图1、图2所示。

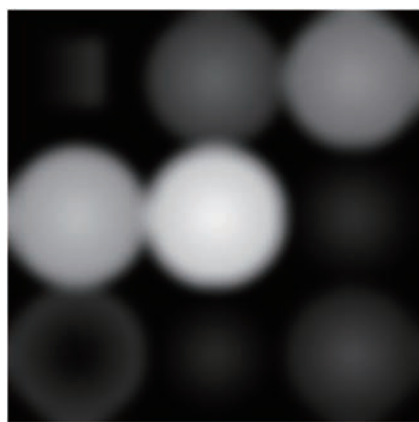


(a)原始图像

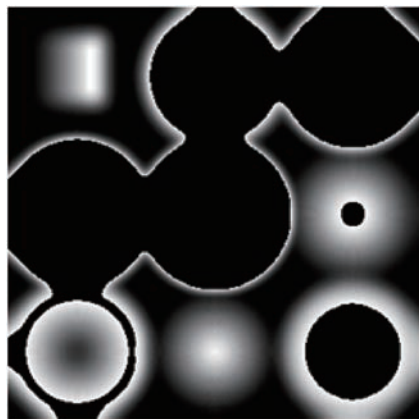


(b)变换后图像

图1 光斑图像变换效果



(a)原始图像



(b)变换后图像

图2 模糊后光斑图像变换效果

图1a为光斑原始图像,其中,左上角为一目标图像,灰度在0~50级之间。因此,并不十分明显。其后,作四个光斑图像,其灰度范围分别为:50~100、100~150、150~200、200~250级灰度,都不在



目标灰度范围内。紧接着作两个光斑图像,其灰度都在目标图像范围内,均为0~50级,但是,第5个光斑灰度自圆周向内递增,第6个光斑正相反,用以检测目标灰度的增强能力。第7个和第8个为每10个灰度级变化一次,并跨越目标和背景灰度,用于检测算法对目标细节的增强能力。从图中可以看出,经过变换后第5和第6个光斑的灰度级得到明显提高,第5个的中心和第6个的边缘均达到255级灰度。第7和第8个光斑的细节也得到明显的增强。同时,第1~4个光斑由于灰度级均不在目标灰度级范围内,因此,均不能显示。

为了检测算法对红外图像的检测能力,将以上图像进行平滑滤波,以减小目标边缘的灰度梯度,其平滑后图像质量已经小于一般14位红外灰度图像,图像如图2a。对以上图像进行处理后,明显发现,目标区域的目标图像肉眼已经很难发现,以此区域的图像作为模板后,处理结果图像如图2b,可以看出,目标区域得到明显增强,前四个光斑由于图像平滑的作用,在光斑边缘可以看到一些痕迹,同时第5个光斑中心和第6个光斑边缘,由于去除了一些灰度级,因此,中心和背景区域的一部分变为背景图像,第7和第8图像变换结果也相同。

因此,从以上的实验结果可以看出,此算法能够拉伸目标的灰度范围,同时,将背景的灰度范围压缩到最低,从而增强了目标的细节,提高了图像的质量。

## 4 结 论

本方法改变了传统反向直方图变换过程中,直接将像素数量映射成图像灰度的方式,解决了以往图像灰度变换方法对测量图像进行灰度变换时,产生的目标信息损失、图像灰度梯度变小、对比度差的问题。不但增强了目标图像信息,而且确保了背

景信息的完整显示,得到了较好图像质量和视觉效果。此方法可用在测量图像的目标识别中,尤其对于序列图像用途更大,将包含前一帧图像目标区域的灰度级,在后一帧图像中扩大,将使目标图像更为清晰,这对于运动目标测量图像的分析是十分有益的。对于单帧图像的分析也是十分必要的,如医学图像中,可将与目标灰度级接近的灰度级放大,有利于发现其他的寻找目标。同时,此方法主要运算为累加,效率很高。

## 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] 赵耀宏,向伟,罗海波,等.SOPC技术在实时红外图像处理中的应用[J]. 红外与激光工程, 2005, 34(6):745-751.
- [3] 龚昌来,罗聪,杨冬涛,等.基于正弦灰度变换的红外图像增强算法[J]. 激光与红外, 2013, 43(2):200-203.
- [4] 王素华,沈湘衡,叶露,等.邻域差值法确定灰度变换的分段点[J]. 应用光学, 2012, 33(3):537-541.
- [5] 余章明,张元,廉飞宇,等.数字图像增强中灰度变换方法研究[J]. 测试测量技术, 2009, 30(9):18-20.
- [6] 章海兵,刘士荣,张波涛.H-S直方图反向投影结合特征点提取的双目视觉定位算法[J]. 控制理论与应用, 2014, 31(5):614-623.
- [7] 扈佃海,吕绪良,文刘强.一种改进的直方图均衡化图像增强方法[J]. 光电技术应用, 2012, 27(3):65-68.
- [8] 孙国栋,林松,艾成汉,等.基于灰度直方图反向投影的织物疵点图像分割[J]. 制造业自动化, 2016, 38(4):20-21.
- [9] 刘丹,吕绪良,王永清,等.一种基于灰度直方图的热红外迷彩伪装设计方法[J]. 光电技术应用, 2007, 22(1):24-26.
- [10] 张辰,赵红颖,钱旭.直方图反向投影多目标检测优化算法[J]. 计算机系统应用, 2014, 23(2):178-182.

## 版 权 声 明

本刊已成为《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊、《中文科技期刊数据库》收录期刊、《中国期刊全文数据库》全文收录期刊、《中国学术期刊综合评价数据库》统计源期刊、美国《乌利希期刊指南》收录期刊,并加入中国光学期刊网,所刊载的文章在国内外数据库检索机构及网站(包括纸板、光盘版、网络版)报道时,不再征求作者意见。稿件刊登录用后作者著作权使用费与本刊稿酬一次性付给,并赠送当期样刊两份。