

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.09.021

火炮内膛图像增强方法

郭琦, 傅建平, 张培林, 方威
(军械工程学院 1系, 河北 石家庄 050003)

摘要: 针对火炮内膛采集到的图像不能满足对膛内疵病的分析和判断的情况, 采用图像处理技术, 对火炮内膛图像进行对比度调整、平滑、锐化等一系列措施。结果表明, 增强后的内膛图像视觉效果能得到明显改善, 在保护背景的同时, 原图像中的噪声有明显的抑制, 图像边缘信息也得到加强, 能满足对内膛图像中疵病的判断和识别。

关键词: 内膛图像; 对比度调整; 平滑; 锐化

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

Gun Bore Image Enhancement Method

Guo Qi, Fu Jianping, Zhang Peilin, Fang Wei
(No. 1 Department, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: Aiming at the gun bore image can not meet the requirements of gun bore detect analysis and judgment, Adopt image processing technology to carry out contrast adjusting, smoothing, and sharpening. The results show that the image quality is improved obviously, the noise is suppressed when the background is protected, and edges of image are much more clearly. The enhanced image can satisfy the analysis and the estimation of the fault.

Keywords: gun bore image; contrast adjusting; smoothing; sharpening

0 引言

火炮射击后, 在高温、高压火药气体的物理、化学作用和弹带、弹体的机械作用下, 其内膛出现烧蚀、磨损、裂纹、阳线断裂、严重挂铜与锈蚀等不同种类的内膛缺陷^[1]。为确保射击安全, 火炮射击前必须检查火炮内膛质量, 因此, 火炮内膛表面质量评估是火炮技术检查的一项重要内容。随着光电窥膛设备的研制与使用以及数字图像分析技术的应用, 火炮内膛疵病的自动识别、定量分析与评估才成为可能, 引起火炮技术人员高度重视与不断探索研究。内膛图像在采集的过程中, 往往容易受到火炮炮膛内光照条件、光电镜头分辨率等外界因素影响, 内膛图像的质量直接影响到了疵病判断的准确性。只有对内膛图像增强后, 才能更好地对疵病进行判断和识别, 故对其进行研究。

1 图像增强的主要方法

采集到的内膛图像往往存在着对比度差、噪声大、边缘模糊的现象, 针对这些现象, 分别采用对比度增强、平滑滤波、锐化滤波等处理方法。通过有选择地突出便于分析的有用信息, 抑制一些无用的信息, 可提高图像的使用价值。

1.1 图像灰度变换

火炮内膛表面的质量和火炮的使用情况密切相

关, 因而不同火炮内膛图像存在很大的差异。新品火炮内膛光洁, 采集到的图像光线强。而经过长期使用, 内膛磨损比较严重, 也存在诸多的疵病, 采集到的图像光照不均匀。因此, 首先要对内膛图像进行对比度的调整。

对比度调整典型的变换关系^[2]如图 1, 其对应关系如下:

$$g = \begin{cases} \alpha f & 0 \leq f < a \\ \beta(f-a) + g_a & a \leq f < b \\ \gamma(f-b) + g_b & b \leq f < L \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中, a 和 b 是用于确定中、高灰度级范围的常数; α 、 β 、 γ 是用于确定三段线段斜率常数。

1) $\alpha=\gamma=0$ 时, 表示对于 $[a, b]$ 以外的原图灰度不感兴趣, 均令为零, 而处于 $[a, b]$ 之间的原图灰度, 则线性地变换成新图的灰度。

2) $\alpha=\beta=\gamma=0$, 且有 $g_a=g_b$, 表示只对 $[a, b]$ 间的灰度感兴趣, 且均变同样的白色, 其余变黑。此时图像变成二值图。这种操作又称为灰度级(或窗口)切片。

3) $\alpha=\beta=1$, $g_a=g_b=L$, 取极大值, 表示在保留背景的前提下, 提升 $[a, b]$ 间像素的灰度级, 这也是一种灰度级切片操作。

其他有关的对比度拉伸关系, 如均匀变亮(暗)、亮(暗)区加强、正片变负片等, 均可以由式(1)

收稿日期: 2010-03-16; 修回日期: 2010-04-23

作者简介: 郭琦(1985-), 男, 山西人, 军械工程学院在读硕士, 从事车辆试验分析与故障诊断研究。

变化得到。

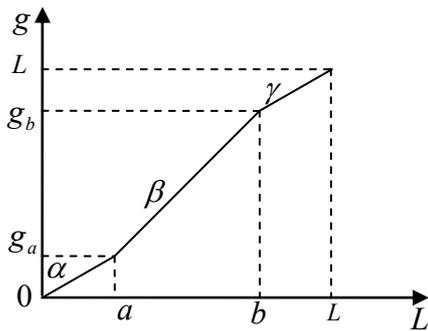


图1 典型的对比度拉伸变换函数的图示

1.2 图像的平滑

采集到的内膛图像往往存在着许多孤立的噪声点,可采用中值滤波消除这些噪声。中值滤波是一种去除噪声的非线性处理方法。其基本原理是把数字图像或数字序列中一点的值用该点的一个领域中各点值的中值代替^[3]。中值的定义为:一数组 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, 把 n 个数按值的大小排列: $x_{i1} \leq x_{i2} \leq x_{i3} \leq \dots \leq x_{in}$

$$y = \text{med}\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$$

$$= \begin{cases} x_{i \frac{(n+1)}{2}} & n \text{ 为奇数} \\ \frac{1}{2} \left[x_{i \frac{(n+1)}{2}} + x_{i \frac{(n+1)}{2} + 1} \right] & n \text{ 为偶数} \end{cases}$$

y 称为序列 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 的中值。将中值滤波的概念推广到二维,可以利用二维窗口。中值滤波器的窗口可以取方形、圆形、十字形等。

设 $f(x,y)$ 表示内膛图像某像素点的灰度值,对于 3×3 模板来说,该像素点对应的灰度值为:

$$f(x,y) = \text{med}\{f(x-1,y-1), f(x-1,y), f(x-1,y+1), f(x,y-1), f(x,y), f(x,y+1), f(x+1,y-1), f(x+1,y), f(x+1,y+1)\}$$

1.3 图像的锐化

在对内膛图像的疵病判断和识别中,需要边缘清晰的图像,而图像的平滑往往使图像中的边界、轮廓变得模糊,为减少这类不利效果的影响,突出图像的边缘信息,就需要对图像进行锐化处理。图像锐化的目的就是为了使图像的边缘、轮廓线以及图像的细节变得清晰。对图像进行微分运算可以使图像变得清晰,根据微分方法是否线性,可将图像锐化分为线性锐化和非线性锐化2类。主要采用拉

普拉斯算子的线性锐化滤波。

拉普拉斯算子是实线性导数运算,对被运算的图像它满足各向同性的要求。拉普拉斯算子的表达式为:

$$\nabla^2 f(i,j) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

对于离散函数 $f(i,j)$, 其差分形式是:

$$\nabla^2 f(i,j) = \Delta x^2 f(i,j) + \Delta y^2 f(i,j)$$

这里, $\Delta x^2 f(i,j)$ 和 $\Delta y^2 f(i,j)$ 是 $f(i,j)$ 在 x 方向和 y 方向的二阶差分。

2 内膛图像增强

2.1 内膛图像的灰度变换

原始火炮内膛图像如图2,灰度直方图如图3。从图3可见,直方图中的灰度分布主要集中在低像素级一端且比较集中。



图2 原始内膛图像

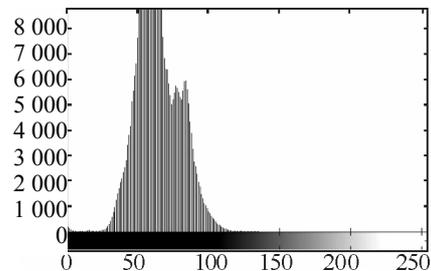


图3 灰度直方图

根据上述特征,可采用灰度分段线性变换进行全局拉伸。由于分段线性变换既可以用多段折线构成一个单位函数,又可逼近一条曲线,为使编程更具有普遍性,同时又使图像大部分细节的灰度范围得以扩展,可以针对灰度直方图中间的大部分区域进行大范围的扩展。对前端灰度较暗色区域采用灰度拉伸,强调目标与背景的对比度。而后端较亮的区域一般不包含有用信息,可以采用灰度压缩处理。

采用分段线性变换,灰度直方图前5%区域的拉伸范围为[0,50];中间90%区域的拉伸范围为[50,200];后5%区域的拉伸范围为[200,225]。灰度变换后图像如图4,从图4中可以看出,灰度值拉

伸后，图像的视觉效果明显改善。



图 4 灰度变换后图像

2.2 内膛图像的滤波

对整幅图像进行中值滤波后，虽然消除了图像的噪声，但是会使图像的边缘变得模糊。同样，直接利用拉普拉斯锐化后的图像虽然边缘增强了，但图像中的背景信息却丢失了。因此，在对火炮内膛图像滤波前，首先要进行边缘检测^[4]。

图像的边缘是指图像灰度发生空间突变的像素的集合。一般常用一阶和二阶导数来描述和检测边缘。结合边缘检测算法和内膛图像两者的特点，采用普瑞维特算子。在进行边缘检测后，对边缘点进行锐化滤波，对非边缘点进行中值滤波。

在对火炮内膛图像中的非边缘点进行中值滤波时，可通过判别图像内一个像素点的灰度值与整幅图像的灰度均值及其滤波窗口内的均值的关系来判断是否为噪声。噪声点就是处于高亮区的孤立黑像素点和处于黑暗区的孤立高像素点^[5]。具体步骤如图 5。

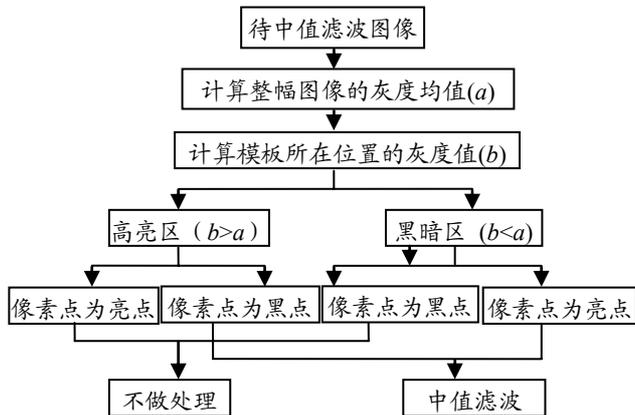


图 5 中值滤波示意图

在对图像进行边缘检测的基础上，对边缘点进行锐化滤波^[6]。由于拉普拉斯算子具有旋转不变性且满足不同走向的图像边界的锐化要求，故采用该算子。

拉普拉斯算子锐化后的图像具有以下特点：

- 1) 在灰度均匀区间或灰度斜坡部分 $\nabla^2 f$ 为零；
- 2) 在灰度斜坡的顶点和底部均不为零，在底部形成灰度级的“下冲”，在顶部形成灰度级的“上冲”；

3) 灰度级界限的低灰度级一侧形成灰度级“下冲”，而在界限的高灰度级一侧形成灰度级的“上冲”。

正是这些“上冲”和“下冲”的存在，使图像的边缘轮廓得以加强。

2.3 内膛图像增强步骤

内膛图像增强步骤示意图如图 6，增强后内膛图像如图 7。

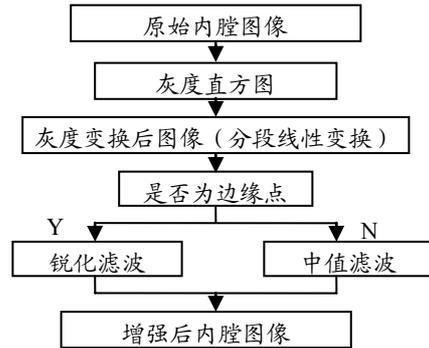


图 6 内膛图像增强步骤示意图



图 7 增强后内膛图像

由图 7 可见，增强后的内膛图像视觉效果明显改善，在保护背景的同时，原图像中的噪声得到了明显的抑制，同时图像的边缘信息也得到了加强。

3 结束语

结果显示，该方法具有较高的适用性，增强后图像的质量大为改善，能够满足对内膛图像中疵病的判断和识别。

参考文献：

- [1] 张培林, 李国章, 傅建平. 自行火炮火力系统[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2002: 54-157.
- [2] 李俊山, 李旭辉. 数字图像处理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007: 69-70.
- [3] 张德丰. MATLAB 数字图像处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009: 190-194.
- [4] 王爱铃, 叶明生, 邓秋香. MATLAB R2007 图像处理技术与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008: 166-167.
- [5] 刘晓光. 火炮多参数智能检测平台[D]. 长春理工大学: 硕士学位论文, 2005: 30-32.
- [6] 王家文. MATLAB 7.6 图形图像处理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 223-257.