文章编号:1001-5078(2019)03-0376-05　　· 图像与信号处理 ·

基于中值滤波器的红外图像噪声处理的改进方法

刘智嘉[1],夏寅辉[1],杨德振[1],林　昱[2],徐长彬[1]
(1. 华北光电技术研究所,北京 100015;2. 北京波谱华光科技有限公司,北京 100015)

摘　要:基于红外图像成像的机理和热像仪工作方式,红外图像往往混有大量随机噪声,而这些都是造成红外图像和视频质量下降的重要原因。中值滤波是一种常用的非线性的滤波方式,对于图像降噪有很好的效果。中值滤波器的处理窗口大小需要提前设定且在处理过程中不能改变。噪声密度越大需要处理窗口越大,但也导致图像的细节相应越模糊。综合窗口大小对降噪能力和细节处理能力的影响,文中对传统的中值滤波器算法进行改进。实验表明,在中值滤波器去除噪声的过程中,随着窗口图像噪声分布情况动态调整窗口大小,能够做到既尽可能去除噪声,又尽可能保持图片的细节,使图像处理整体效果得到提升。

关键词:自适应;中值滤波;噪声;红外图像
中图分类号:TP391.41　　**文献标识码:**A　　**DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2019.03.018

An improved method for infrared image noise processing based on median filter

LIU Zhi-jia[1], XIA Yin-hui[1], YANG De-zhen[1], LIN Yu[2], XU Chang-bin[1]
(1. North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015, China;
2. Beijing BOP Opto-Electronics Technology Co., Ltd., Beijing 100015, China)

Abstract: Based on the mechanism of infrared image imaging and the working mode of thermal imager, infrared image is often mixed with a lot of random noise, which is an important reason for deterioration of infrared images and videos. Median filter is a common nonlinear filtering method, it has a good effect on image denoising. The size of the processing window of the median filter needs to be set in advance and cannot be changed during the processing, the larger the processing window of the median filter is, the stronger the ability to remove noise, but the more serious the loss of image details. Considering the influence of window size on noise reduction ability and details processing capacity, the algorithm of median filteris improved. Experiments show that in the process of removing noise with median filter, the window size can be dynamically adjusted along with the noise distribution of window image, so as to remove noiseand keep the details of the image as far as possible andto improve the overall effect of image processing.

Key words: adaptive; median filter; noise; infrared image

1　引　言

随着红外技术的发展,红外热成像技术应用越来越广泛。起初,红外热成像主要应用于军事领域,后来根据热成像的特点和用途,越来越多的民用领域对该技术的需求也持续不断加大,如在监控、防火、安防以及辅助驾驶等不同领域,热成像都发挥着越来越重要的作用。伴随着应用范围的不断扩大,应用环境日益复杂,对成像效果要求越来越高,需要改进的方面也不断增多,比如应该如何更好处理红外图像的噪声问题。因为红外传感器的成像特点,

作者简介:刘智嘉(1983 -),男,硕士研究生,研究方向为图像融合,图像增强等。E-mail:Liuzhijia@gmail.com
收稿日期:2018-07-26;**修订日期:**2018-08-21

红外图像不同于可见光图像,均匀性较差,噪声偏多[1]。因为红外探测本身属于微弱信号检测,弱信号检测的难度之一正是降噪问题。热成像降噪是一个将长期存在的问题,图像信息在编码及传播中不可避免的会产生噪声。噪声的干扰会使图像失去本来含有的信息,对通信双方造成不便。高斯噪声和椒盐噪声是热成像噪声中出现较多的噪声[2]。去除高斯噪声和椒盐噪声的一个重要方法是利用中值滤波。本文基于中值滤波提出了一种改进算法,对比传统中值滤波方法画面噪声除去效果和细节保留具有明显优势。

2　中值滤波器及其特性

中值滤波器是一种常用的非线性滤波器。基本原理是选择待处理像素的一个邻域中的各像素值的中值来代替处理的像素[3],其主要的功能是像素的灰度值与周围像素比较接近,从而消除孤立的噪声点,所以中值滤波器能够很好地消除椒盐噪声和高斯噪声等脉冲噪声。不仅如此,中值滤波器在消除噪声的同时,还能有效地保护图像的边界信息,不会对图像造成很大的模糊(相比于均值滤波器)。

传统中值滤波的算法如下。首先获取一幅图像的象素矩阵,取以目标象素为中心的一个子矩阵窗口,窗口尺寸取奇数相乘以方便确定中位数位,如 3×3,5×5 等根据需要提前选取。然后对窗口内的象素灰度排序,取中间一个值作为目标象素的新灰度值。窗口示例如 *oooxoooo*,*x* 为目标象素,和周围 *o* 组成 3×3 矩阵 Array,然后对这 9 个元素的灰度进行排序,以排序后的中间元素 Array[4]为 *x* 的新灰度值,如此就完成对象素 *x* 的中值滤波,再迭代对其他需要的象素进行滤波即可。

中值滤波器的对噪声处理效果由处理窗口尺寸决定,但是窗口尺寸大小在消除噪声和保护图像的细节之间存在着矛盾:滤波窗口较小,则能很好保护图像中的某些细节,但对噪声的过滤效果就不是很好;反之,窗口尺寸增大有相对较好的噪声过滤效果,但是会使图像变得模糊,丢失图像细节信息[4]。另外,根据中值滤波器原理,如果在滤波窗口内的噪声点的个数大于整个窗口内像素的个数,则中值滤波就不能很好的过滤噪声,造成中值滤波功能失效。

3　自适应中值滤波器

基于以上叙述的中值滤波器的各项特点,在噪声密度不是很大的情况下(噪声出现概率小于 20%),利用传统的中值滤波器去除噪声的效果还是不错的。但是当噪声密度较大时,传统的中值滤波方法就会出现噪声过滤效果减弱,噪声清除效果不佳的问题。出现这样问题的普遍做法就是增大预设的滤波器处理窗口尺寸来加强对噪声的处理能力。虽然这样可以相对明显的去除噪声,但是会造成图像细节丢失的严重后果。

传统的中值滤波器的窗口尺寸在图像处理过程中是固定大小不变的,也就是在滤波开始之前窗口尺寸是预设确定。所以,导致出现不能兼顾降噪的效果和图像细节的保持的问题,改进的中值滤波器则能够同时满足这两方面的需求。根据预先设定好的条件,如窗口的最大尺寸和最小尺寸,在滤波的过程中,在给定范围内动态改变滤波器的窗口尺寸大小,然后根据噪声判定条件判断当前像素是否是噪声。如果是噪声,就用邻域中值替换当前像素,如果并非是噪声,则保持当前的像素值不变。

3.1　算法描述

改进的中值滤波器的算法流程如图 1 所示。通过对图像矩阵数据提取,进行条件判定,然后进行处理,得到最终图像。

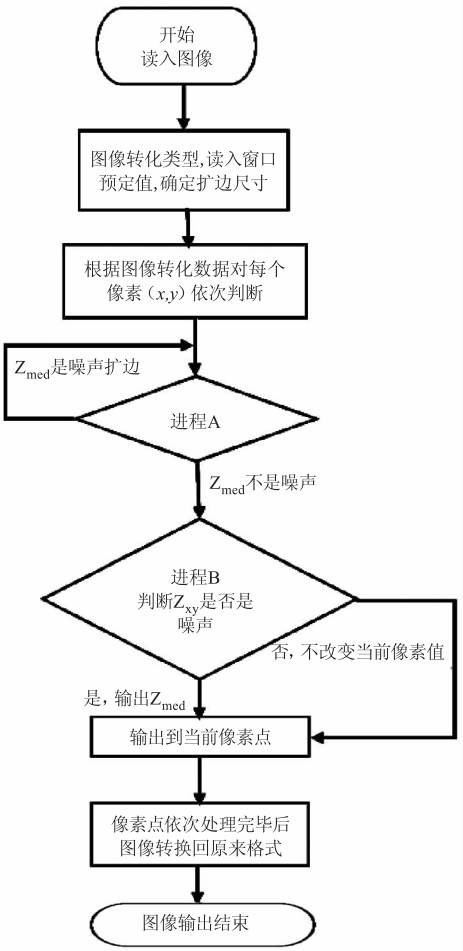


图 1　算法流程图

Fig. 1 Framework of the proposed method

自适应滤波器具备滤除概率较大的噪声的同时还能够更好地保护图像细节的优点,这也是传统中值滤波器不具备的特点。自适应中值滤波器也需要一个矩形的窗口 S_{xy},与传统中值滤波器不同的是处理窗口的大小会在滤波处理的过程中发生变化,窗口是一个奇数的方阵,中心位置的点(x,y)即滤波器需要处理的像素。滤波器的输出也是一个像素值。根据判断条件,首先判断待处理的点是否是噪点,然后决定是否用该值用来替换点(x,y)处的像素值。

在描述自适应中值滤波器时需要用到如下符号:

$Z_{\min}$表示窗口 S_{xy}中的最小灰度值;

$Z_{\max}$表示窗口 S_{xy}中的最大灰度值;

Z_{med}表示窗口 S_{xy}中的灰度值中值;

Z_{xy}表示坐标(x,y)处的灰度值;

$S_{\max}$表示窗口 S_{xy}最大尺寸。

自适应中值滤波器有两个处理进程,分别记为进程 A 和进程 B。

进程 A:

$$A_1 = Z_{\mathrm{med}} - Z_{\min} \tag{1}$$

$$A_2 = Z_{\mathrm{med}} - Z_{\max} \tag{2}$$

如果 $A_1 > 0$ 且 $A_2 < 0$,跳转至进程 B;否则,增大窗口的尺寸。

如果增大后窗口的尺寸$\leqslant S_{\max}$,则重复 A 过程否则,输出 Z_{med}。

进程 B:

$$B_1 = Z_{xy} - Z_{\min} \tag{3}$$

$$B_2 = Z_{xy} - Z_{\max} \tag{4}$$

如果 $B_1 > 0$ 且 $B_2 < 0$,则输出 Z_{xy};否则输出 Z_{med}。

自适应中值滤波器原理说明:

进程 A 判断当前窗口内中值 Z_{med}是否是噪声:若 $Z_{\min} < Z_{\mathrm{med}} < Z_{\max}$,则中值 Z_{med}不是噪声。转到进程 B 判断窗口中心像素 Z_{xy}是否是噪声:若满足 $Z_{\min} < Z_{xy} < Z_{\max}$,则 Z_{xy}不是噪声,滤波器输出 Z_{xy};如不满足上述条件,可判断 Z_{xy}是噪声,则输出 Z_{med}。

如果进程 A 中 Z_{med}不符合 $Z_{\min} < Z_{\mathrm{med}} < Z_{\max}$,则判断 Z_{med}为噪声,进而增大滤波器的处理窗口尺寸,重新判断直至找到符合条件的 Z_{med}转至进程 B;或者窗口尺寸达到最大值,返回中值,退出。

从原理分析可看出,当图像噪声概率较低时,自适应中值滤波器只需要使用较小的窗口,可以较快得出结果。当图像噪声概率较高时,则增大滤波器处理窗口尺寸,需要判断的像素数量增多,需要更多判断和处理的时间。

3.2 快速求中值算法

随着滤波处理窗口的增大,计算量同时增加,进而增加了计算时间。为了提高运算速度,算法程序在中值判断方面也进行了改进,采用了一种快速的中值求取算法。

中值指一个顺序排列的数列的中间位置的数值。一般来说,中值比平均值表现的更加稳定。如一个序列中的某一个值被误乘以了 100,平均值则会有很大的波动,但是中值则不会发生太大的变化,这也是采用中值法进行滤波降噪的原因。

如果对数据先排序,然后读取中间位置数据进行中值提取,则比较耗时。以下是一种快速提取中值的算法,算法描述如下:

步骤 1:以数组中的第一个数为参考,存储在变量 med 中,向后逐次遍历数组中的数,如果某一个数小于 med,就将该数字移到 med 前面,否则位置不变。记录一次排序以后 med 在整个数组中的位置存储在变量 temp 中。经过一次排序以后,可以确保 med 前面的数据均要小于 med,而后面的数据都比 med 中记录的数据大。

步骤 2:判断变量 med 是否在整个数组的中心位置。如果在,则排序结束,med 就是中值;如果 med 在中心位置后方,则对变量 med 前面的数据重新进行步骤 1 排序,得到新的数据并且赋值给变量 med;如果变量 med 在中心位置靠前,则对 med 以后的数据重新进行步骤 1 排序,得到新的数据并赋值给变量 med。重复步骤 1 和步骤 2,最终可快速得到中位数。该算法的作用是快速得到中位数,所以在得到中位数的时候数组并不一定被按序排列完成,避免了没有必要的计算,提高计算速度。

举例如下:

数组:3,6,1,5,9,8,2,4,7。取队首的 3 为赋值给变量 med 之后的一次排序以后如下:

2,1,3,6,9,8,5,4,7

此时 3 在中值位置之前,取 3 以后的数据,6 赋值给变量 med,对 3 之后的数据在进行一次排序,之

前的数据不变,则数组重新排序后如下:

2,1,3,4,5,6,9,8,7

此时 6 在中心位置之后,取 6 之前的数进行一次排序,此时将 2 赋值于变量 med,依次类推,最终得到中位数以后的排序结果为:

1,2,3,4,5,6,9,8,7

此时得到整组数的中位数为 5。同时可以看到整组数并没有完全按照升序或者降序排列完毕即可得到中位数。

4　自适应滤波器对噪声处理及对比

为了验证算法可行有效,利用 Matlab 软件对该算法进行仿真实验并根据结果进行对比分析。实验图片选取一副背景复杂并且画面主体人物和物体较多的红外图像。首先对画面添加密度大于 20% 概率的椒盐噪声(实验中添加的噪声概率为 25%)。之后对噪声图像分别采用窗口为 3×3 和 7×7 的传统中值滤波方法进行噪声滤波处理,然后分别与自适应中值滤波方法处理图像进行对比。

4.1　自适应中值滤波效果

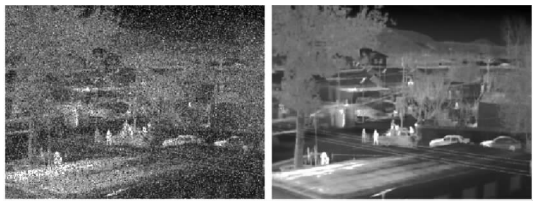
图 2(a)是原始的红外图像,图 2(b)是添加概率为 25% 的椒盐噪声后的图像。

图 3(a)是噪声图像,图 3(b)是经过自适应滤波处理以后的图像。

(a)源图像　　(b)加噪声图像

图 2　源图像和加 25% 噪声图像

Fig. 2 Source image and 25% noise image



(a)加噪声图像　　(b)自适应中值滤波

图 3　噪声图像和自适应滤波图像

Fig. 3 Noise image and adaptive-filtering image

4.2　自适应中值滤波与传统中值滤波效果对比

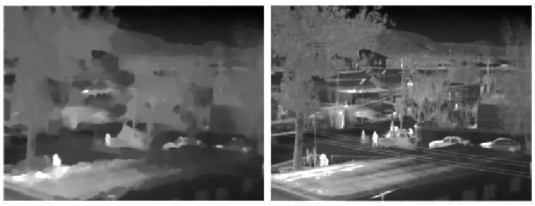
图 4(a)是经过窗口为 3×3 的中值滤波器处理后的图片,图 4(b)是相同图片经过自适应中值滤波器处理后的图片。经过对比可以看到两个图像的细节都保持较好,不过窗口为 3×3 传统中值滤波器较自适应中值滤波器有明显噪点。

图 5(a)为 7×7 窗口中值滤波器对同噪声红外图像处理后图片,图 5(b)为经过自适应中值滤波器处理后的图片。经过对比可以看出两幅图片都看不到明显噪声,但是处理窗口为 7×7 的传统中值滤波器处理过的图像相比自适应中值滤波器处理后的图像内容边界模糊,细节丢失严重,一些内容无法分辨。

(a)窗口为 3 的中值滤波　　(b)自适应中值滤波

图 4　3×3 窗口中值滤波图像与自适应中值滤波图像

Fig. 4 Images filtered by median filtering with 3×3 window and adaptive median filtering



(a)窗口为 7 的中值滤波　　(b)自适应中值滤波

图 5　7×7 窗口中值滤波与自适应中值滤波效果对比

Fig. 5 Comparison of images filtered by median filtering with 7×7 window and adaptive median filtering

为了保证实验的准确性和客观性,除了图片成像效果直接对比观测,实验还通过对比各种方法处理后图片峰值信噪比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)和结构相似度(Structural Similarity, SSIM)来定量的确定各种方式对图片噪声处理的效果[5]。

PSNR 是一个衡量图像失真或是噪声水平的可观标准,常用于图像压缩或者降噪前后图像劣化程度的客观评价。PSNR 值越大,则越趋于无劣化,劣化程度较大时,PSNR 的值趋于 0。在正常情况下,PSNR 的普遍基准为 30 dB,30 dB 以下的图像劣化较为明显。

SSIM 算法[6]是用来测试两幅图像的相似性,其测量或者预测图像的质量是基于未压缩或者无失真图像作为参考的。SSIM 通过提取图像的亮度、对比

度和结构变化信息来衡量图像的相似程度。结果的取值范围在区间[0,1]上,并且数值越接近于 1 则表示图片相似度越高,图像质量越好。

实验结果如表 1 所示,对比于大小两种不同窗口尺寸的传统中值滤波器,自适应中值滤波器在处理相同噪声图像的结构相似度(SSIM)和峰值信噪比(PSNR)方面均有更好的表现。与之前各组图片对比优劣的主观感知相符。

表 1 各图像 SSIM 和 PSNR 对照

Tab. 1 Comparison of SSIM and PSNR in each image

与原图对比图片	SSIM	PSNR
3×3 窗口中值滤波	0.8484	29.5759
7×7 窗口中值滤波	0.5700	21.4893
自适应中值滤波	0.9398	34.1893

自适应中值滤波算法通过 Matlab 软件编程实现,可以借助 Matlab Coder 代码生成工具箱,将 Matlab 代码转换成高效的、可移植的 C 代码静态库文件[7]。也可以利用 Matrix TCL Pro 代码的调用将现有的 Matlab 代码转换成为 C++代码[8]。利用这两种方法,进一步提高了本算法的软件可移植性,可以实现更广泛设备和系统的应用。

5 结 论

本文通过对传统中值滤波器的特性和优缺点分析,提出了一种自适应窗口的中值滤波的改进算法。对比传统的中值滤波对大量噪声的处理结果,不但实现了更大量噪声的消除,同时画面的细节、边界都有更好的保持效果。达到了算法改进的预期目的,为传统中值滤波器的不足提供了很好的解决方案,并且通过对窗口数据中值获取的算法改进,进一步优化了自适应中值滤波算法的运行速度。为红外图像的噪声处理提供了一个更好方法。与此同时,在改进算法的过程中仍然存在一些可以继续改进的部分,比如扩边的像素选取方式进行优化,使其具有更好的边界处理效果;在一些细节信息得以保留的同时能否使图像整体均匀性更佳;是否可以配合其他滤波方法同时进行来获得更好的图像处理效果,以上都可以是未来继续改进的方向。

参考文献:

[1] DU Hanyu, ZHU Wei, BAI Junqi, et al. Dim target detection algorithm from restored infrared images based on compound operator[J]. Command Information System and Technology, 2017, 8(1): 70-74. (in Chinese)
杜瀚宇,朱伟,白俊奇,等. 基于复合算子的红外复原图像弱小目标检测算法[J]. 指挥信息系统与技术, 2017, 8(1): 70-74.

[2] TANG Lin, LIU Lin, SU Junhong. Modeling and simulation research of infrared image noise[J]. Infrared Technology, 2014, 36(7): 542-548. (in Chinese)
唐麟,刘琳,苏君红. 红外图像噪声建模及仿真研究[J],红外技术,2014,36(7):542-548.

[3] ZOU Qianjin, FENG Liang, WANG Ya. Analysis and improved preprocessing method of space noise in infrared image[J]. Journal of Applied Optics, 2007, 28(4): 426-430. (in Chinese)
邹前进,冯亮,汪亚. 红外图像空间噪声分析和预处理方法改进[J]. 应用光学,2007,28(4):426-430.

[4] LI Zuoyong, TANG Kezong, HU Jingmei, et al. Directional weighted mean filter for image with salt & pepper noise[J]. Journal of Image and Graphics, 2013, 18(11): 1407-1415. (in Chinese)
李佐勇,汤可宗,胡锦美,等. 椒盐图像的方向加权均值滤波算法[J]. 中国图像图形学报,2013,18(11): 1407-1415.

[5] WANG Mingchao, LI Ying, YANG Shuyu. Infrared image quality evaluation based on human visual perception characteristics[J]. Laser & Infrared, 2017, 47(7): 921-924. (in Chinese)
王明超,李盈,杨舒羽. 基于视觉感知特性的红外图像质量评价方法[J]. 激光与红外,2017,47(7):921-924.

[6] Z Wang, A C Bovik, H R Sheikh, et al. Image quality assessment: from error visibility tostructural similarity[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, 13(4): 600-612.

[7] LIAO Cancan, ZHANG Shuqun, LEI Zhaoyi. Research and application of C Code generated by matlab coder[J]. Compater and Modernization, 2013, 3: 175-178. (in Chinese)
廖灿灿,张树群,雷兆宜. Matlab Coder 生成 C 代码的研究与应用[J]. 计算机与现代化,2013,3:175-178.

[8] CHAI Junbing, ZHAO Rui, WANG Lijiang, et al. The method of transplanting MATLAB code to C++ code[J]. EGP, 2016, 26(4): 216-218. (in Chinese)
柴军兵,赵睿,王立江,等. MATLAB 代码移植为 C++代码的方法研究[J]. 物探装备,2016,26(4):216-218.