

文章编号:1671-251X(2014)12-0057-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.12.015

张倩. 基于改进伪中值滤波和非局部均值滤波的红外图像滤波方法 [J]. 工矿自动化, 2014, 40(12): 57-60.

基于改进伪中值滤波和非局部均值滤波的 红外图像滤波方法

张倩

(河南经贸职业学院 信息管理系, 河南 郑州 450018)

摘要:首先对伪中值滤波算法进行了改进:噪声检测过程融入像素点灰度值、几何距离等因素,实现噪声点从图像像素点中的逐步分离;采用加权滤波的方法滤除噪声。其次对改进非局部均值滤波算法的先验信息获取方法进行了改进:对噪声图像进行提升小波变换,采用一种新型阈值函数选择低频分解系数,对高于阈值的系数进行重构得到参考图像,计算参考图像的相似度权值并将其作为改进非局部均值滤波算法的先验信息。最后基于2种改进算法提出了一种红外图像滤波方法,即依次采用改进伪中值滤波算法和基于先验信息的改进非局部均值滤波算法对红外图像进行滤波处理,然后将其与参考图像进行融合,以修正被过度滤波的图像。实验结果表明,该方法针对高密度噪声的红外图像有较好的滤波效果。

关键词:红外图像; 图像滤波; 随机噪声; 伪中值滤波; 非局部均值滤波; 先验信息

中图分类号:TD67 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

A filtering method for infrared image based on
improved pseudo median filtering and non-local means filtering

ZHANG Qian

(Department of Information Management, Henan Vocational College of Economics and Trade,
Zhengzhou 450018, China)

Abstract: Firstly, pseudo median filtering algorithm was improved. Factors of gray value and geometric distance of pixels are integrated into noise detection process so as to separate noise from image pixels. The noise is filtered by weighted filtering method. Then obtaining method of prior information of an improved non-local means filtering algorithm was improved. The noise image is conducted lifting wavelet transform. The low-frequency coefficients are selected by a new threshold function, and the selected low-frequency coefficients which are greater than the threshold are reconstructed to obtain a reference image. Weighted value of the reference image is computed and regarded as prior information. Finally, a filtering method for infrared image based on the two improved algorithms was proposed, namely using the two improved algorithms to filter noise in infrared image successively, then correcting the filtered image by the reference image. The experimental results show that the method has good filter effect for infrared image with high density noises.

Key words: infrared image; image filter; random noise; pseudo median filtering; non-local means filtering; prior information

收稿日期:2014-04-14;修回日期:2014-10-21;责任编辑:李明。

基金项目:河南省高等学校教学工程项目(教高[2013]589号)。

作者简介:张倩(1981—),女,河南郑州人,讲师,硕士,主要研究方向为数据挖掘与知识发现、海量数据存储与处理、计算机图像处理,E-mail: zhangqianmaster@163.com。

0 引言

红外图像是一类应用性较强的图像,但对比度较低,且时常伴随一定程度的噪声^[1],因此有必要对红外图像进行滤波,以最大限度地复原图像。目前较为有效的图像滤波算法包括小波变换^[2]、轮廓波变换^[3]、偏微分方程^[4-5]、非局部均值滤波算法^[6]等。其中非局部均值滤波算法通过对图像中 2 个相似小块的相似权重进行度量,而非局限于衡量 2 个像素点间的相似度,与其他滤波算法思路有所区别,能够更有效地复原图像。

本文针对降质的红外图像,提出一种新的滤波算法。该算法总体上对红外图像进行双重滤波,即首先对红外图像进行改进自适应伪中值滤波预处理,在此基础上进行基于先验信息的改进非局部均值滤波;引入图像融合思想,在一定程度上对图像可能出现的过度滤波现象进行修正,进而获得最终的滤波图像。

1 改进自适应伪中值滤波算法

中值滤波算法通过对图像采用固定窗口进行定向滑动对该窗口的像素点灰度值进行排序,将其中间值作为滤波结果输出。该算法随着窗口的增大,耗时也急剧增大。伪中值滤波算法^[7]在该算法基础上发展而来,将中值滤波过程拆分成横向滤波和纵向滤波 2 个部分。

(1) 横向滤波。对滤波窗口进行拆分。对于 $m \times m$ 的窗口,将其拆分成 m 个 $1 \times m$ 的子窗口,对每个子窗口进行经典中值滤波处理,得到各个子窗口的滤波值:

$$\begin{cases} f_1^*(x, y) = \text{Med}[f_{1,1}(x, y), f_{1,2}(x, y), \dots, \\ f_{1,m}(x, y)] \\ f_2^*(x, y) = \text{Med}[f_{2,1}(x, y), f_{2,2}(x, y), \dots, \\ f_{2,m}(x, y)] \\ \vdots \\ f_m^*(x, y) = \text{Med}[f_{m,1}(x, y), f_{m,2}(x, y), \dots, \\ f_{m,m}(x, y)] \end{cases} \quad (1)$$

式中: $f_{i,j}(x, y)$ 表示大小为 $m \times m$ 的窗口中,第 i 行、第 j 列像素点的灰度值, $1 \leq i, j \leq m$; $\text{Med}[]$ 为取中间值计算方式。

(2) 纵向滤波。对式(1)进行灰度值大小排序,最终滤波结果为

$$f(x, y) = \text{Med}[f_1^*(x, y), f_2^*(x, y), \dots, f_m^*(x, y)] \quad (2)$$

对于经典中值滤波算法而言,滤波效果随滤波模板尺寸的增大而提升。但对于伪中值滤波算法而言,该特点不太明显,且随着模板尺寸的增大,计算时间急剧增大,滤波效果基本保持不变。这 2 种算法存在的共同问题是滤波的盲目性和非自适应性,即无法预先对噪声进行一定程度的鉴别,以及无法利用像素间的相关性进行滤波。本文提出一种改进自适应伪中值滤波算法,将像素点间的几何距离与像素点灰度值相结合作为噪声点判别的依据,采用对噪声点逐步分离的方法进行滤波。具体步骤如下。

(1) 对于任一大小为 $1 \times m$ 的子窗口,探测其像素点极值 $f_{\max}(x, y)$, $f_{\min}(x, y)$, 并计算极值的均值 $\bar{f}_i(x, y)$:

$$\begin{cases} f_{\max}(x, y) = \max\{f_{i,1}(x, y), \\ f_{i,2}(x, y), \dots, f_{i,m}(x, y)\} \\ f_{\min}(x, y) = \min\{f_{i,1}(x, y), \\ f_{i,2}(x, y), \dots, f_{i,m}(x, y)\} \\ \bar{f}_i(x, y) = \frac{1}{2}[f_{\max}(x, y) + f_{\min}(x, y)] \end{cases} \quad (3)$$

$\bar{f}_i(x, y)$ 为后续噪声点判别的初始基准值。

(2) 异常点检测。将该子窗口中的所有像素点按照式(4)进行分类检测:

$$\begin{cases} f_{i,m}(x, y) \geq \bar{f}_i(x, y) & \text{异常点} \\ f_{i,m}(x, y) < \bar{f}_i(x, y) & \text{自然点} \end{cases} \quad (4)$$

根据式(4)将窗口中的像素点分成自然点(未被噪声污染的点)以及异常点。异常点除噪声点外还包含图像中的边缘点,相对于其他像素点,其在灰度值方面存在异常现象。

(3) 对异常点再次进行分类,以便有效分离出噪声点。引入像素几何距离作为判别准则:

$$\begin{cases} |f_{i,j}(x, y) - f_{i+1,j}(x, y)| = 1 & \text{边缘点} \\ |f_{i,j}(x, y) - f_{i+1,j}(x, y)| > 1 & \text{噪声点} \end{cases} \quad (5)$$

引入距离因素分离噪声的原因是一般情况下,图像中的边缘点是连续点,而噪声点是孤立存在的,这种特征在图像中最显著的表现是边缘点间的几何距离为 1,这样便可大致分离出噪声点。

(4) 对噪声点进行滤波。对 $1 \times m$ 子窗口剔除经步骤(3)检测出的噪声点,将剩余的像素点按照灰度值进行排序,取中间值作为滤波结果输出。重复步骤(1)~(4),可获得滤波值集合:

$$\{Q_m[f_{\text{med}}(x, y)]\} = \{f_{\text{med},1}(x, y), f_{\text{med},2}(x, y), \dots, f_{\text{med},m}(x, y)\} \quad (6)$$

式中: $f_{\text{med},m}(x, y)$ 为第 m 个子窗口滤波输出值。

(5) 步骤(3)中仅粗略分离出噪声点,图像中可能存在2个噪声点相邻的情形,因此步骤(4)可能存在噪声点被作为滤波值输出的情况。对于式(6)定义的集合,采用式(3)检测出极大值和极小值,并将该类点从集合中剔除,得到集合 $\{Q'_m[f_i(x, y)]\}$ 。

(6) 对于 $\{Q'_m[f_i(x, y)]\}$, 采用一种基于像素点间几何距离的加权滤波方法,即以检测窗口中心点为原点,集合中各点几何距离的倒数作为权值 P 。

$$P = 1 / |f(x, y) - f(x, y + i)| \quad (7)$$

式中: $f(x, y)$ 为图像中待滤波像素点的灰度值; $f(x, y + i)$ 为处于待滤波像素点垂直上方距离为 i 处的像素点灰度值。

对各像素点灰度值分别乘以各自的权值,然后求和,得到 $m \times m$ 窗口的最终输出结果:

$$f(x, y) = P_1 f_{i,1}(x, y) + P_2 f_{i,2}(x, y) + \dots + P_{m-2} f_{i,m-2}(x, y) \quad (8)$$

式中: $P_1, P_2, \dots, P_{m-2}$ 为权值。

(7) 将 $m \times m$ 的窗口遍历图像,重复步骤(1)——(6),即可获得滤波后的图像。

该改进算法中,步骤(1)——(4)对应伪中值滤波算法中的横向滤波部分,步骤(5)——(6)对应纵向滤波部分。

2 改进非局部均值滤波算法

非局部均值滤波算法采用衡量图像2个小区域间的像素相似程度的方法来计算权值,而非仅利用单个像素点的灰度值进行计算,能够有效保持图像细节信息。但一般情况下,降质图像中小区域间的相似度基本无法获得,即便能大体估算出,结果也会因噪声影响而不一定准确。研究如何在滤波前获得较为准确的先验信息,成为该算法能否成功的一个重要因素。田红磊^[6]提出一种基于余弦变换的改进非局部均值滤波算法,其主要步骤:①对噪声图像预先进行离散余弦变换,对获得的低频分解系数进行重构,从而获得参考图像;②对该图像进行度量,获得图像小块间的相似度权值,作为非局部均值滤波算法的先验信息;③采用改进的非局部均值滤波算法实现对噪声图像的滤波。该算法为减少非局部均值滤波的盲目性、提高其性能提供了思路,其不足:①图像低频分解系数虽然很少受噪声干扰,但

并非完全不受干扰,粗略地对该部分系数进行重构影响了先验信息的准确性;②尽管低频分解系数代表了图像中的大部分信息,但若对其不加选择直接进行系数重构,会增加不必要的计算量。为了尽可能提高改进非局部均值滤波算法的性能,本文对该算法的先验信息获取步骤进行了改进。

(1) 经过大量实验得出,提升小波变换^[8]对于图像的刻画较余弦变换更精确,因此采用提升小波变换对噪声图像进行分解,获得低频和高频分解系数。

(2) 对于低频分解系数,考虑到其中含有一部分噪声,在经典全局阈值^[8]基础上加以改进,提出一种随分解层数变化而自适应调整的阈值:

$$T = 2^{1/n} \sigma \sqrt{2 \ln N} \quad (9)$$

式中: n 为分解层数; σ, N 分别为图像信号的标准差和尺寸。

该阈值能够随着分解层数的增多而自适应衰减,并对幅值较大的系数加以保留,小于该阈值的系数则不作为参与重构的系数。这样一方面抑制了噪声,同时也起到系数选择的作用。

(3) 对步骤(2)选择的大幅值系数进行重构,获得参考图像。

(4) 对参考图像计算小块间的相似度权值 $w(x_1, x_2)$, 作为非局部均值滤波算法的先验信息。

3 红外图像滤波方法

(1) 对噪声图像采用改进自适应伪中值滤波算法进行处理。

(2) 采用改进非局部均值滤波算法对经过步骤(1)滤波后的图像进行二次滤波。

(3) 当图像中噪声强度较大时,采用步骤(1)——(2)进行双重滤波可有效抑制噪声,但是当噪声强度较低时,图像可能会被过度滤波,造成图像信息丢失。将改进非局部均值滤波算法中先验信息获取过程中得到的参考图像与步骤(2)中得到的滤波图像进行融合处理,以对双重滤波后的图像进行一定程度的修正。

4 实验及分析

分别采用伪中值滤波算法、非局部均值滤波算法、改进非局部均值滤波算法^[6]以及本文算法对红外图像进行滤波处理,结果如图1所示。采用参考文献^[9]中定义的峰值信噪比(PSNR)对各类算法的滤波结果进行定量比较,结果见表1。

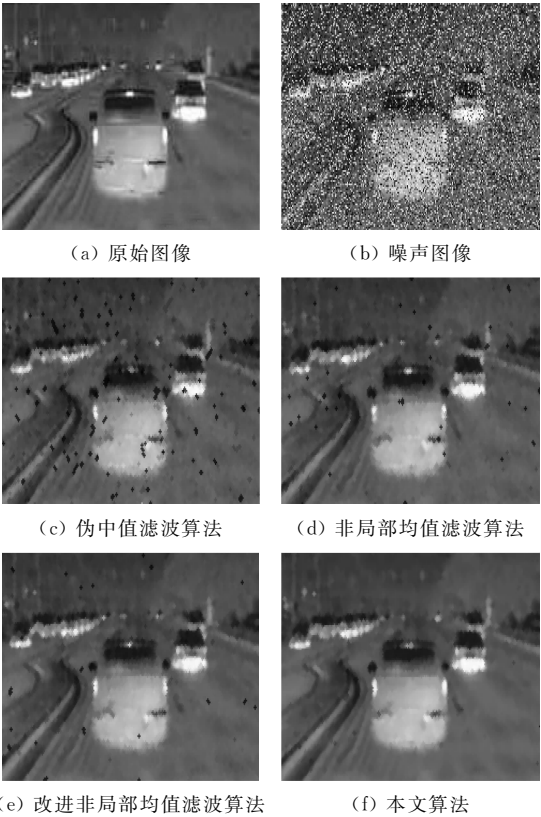


图 1 不同算法的图像滤波结果

表 1 不同算法的图像滤波结果 PSNR 比较

噪声 密度/%	PSNR/dB			
	伪中值 滤波算法	非局部均值 滤波算法	改进非局部 均值滤波算法	本文 算法
10	23.034	23.752	25.507	25.136
20	22.717	23.083	24.819	24.927
30	21.462	22.029	23.833	24.494
40	19.935	20.107	21.306	24.128

对图 1(a)加入密度为 40%的随机噪声,得到图 1(b)。经伪中值滤波算法处理后,噪声没有得到有效抑制。与之相比,非局部均值滤波算法的滤波效果有所改善,所得图像的噪声密度有所下降,但仍无法满足高质量滤波的要求。表 1 中这 2 种方法的 PSNR 值接近,说明单独采用该 2 种算法无法很好地实现红外图像中高密度噪声的抑制。改进非局部均值滤波算法由于采用了先验信息,滤波效果较伪中值滤波算法和非局部均值滤波算法有了较大提升,图像中目标信息基本清晰可辨,噪声残留较少,且该算法的 PSNR 值处于较高水平,但随着噪声密

度的增大,PSNR 下降幅度较大,说明改进非局部均值滤波算法的抗噪性较差。本文算法在噪声密度为 10%和 20%时滤波效果较差,原因是该算法采用了双重滤波方法,对低水平图像噪声进行滤除的同时,也不同程度地损伤了图像信息,造成滤波后图像质量较低。其 PSNR 在 10%的噪声密度情况下低于改进非局部均值滤波算法。当噪声密度较大(如为 40%)时,该算法的滤波效果较好,PSNR 值较高。可见本文算法基本能够胜任含高密度噪声的红外图像滤波处理。

5 结语

提出的红外图像滤波方法在对伪中值滤波算法、非局部均值滤波算法进行适当改进的基础上,实现了对噪声图像的双重滤波。为了避免图像被过度滤波而导致图像信息丢失,引入了图像融合方法,实现对滤波后图像的适当修正。实验结果表明,该方法针对高密度噪声的红外图像有较好的滤波效果。

参考文献:

[1] 卢兆林,李闰龙,李涛,等.基于全变分理论的红外图像去噪[J].激光技术,2012,36(2):194-197.

[2] 杨静,吴成茂,屈汉章.基于多参数小波阈值函数的图像去噪[J].计算机工程与应用,2012,48(13):176-180.

[3] DING Qiuqi, SONG Haijun, GENG Wenjian, et al. Image denoising algorithm using neighborhood characteristics and cycle spinning [J]. IEEE Computer Society,2011,25(3):614-617.

[4] 张力娜,李小林.一种基于小波变换的偏微分方程图像去噪方法[J].激光与红外,2013,43(8):943-946.

[5] 王震威,冯瑾,卢兆林.基于耦合偏微分方程的煤矿图像去噪算法[J].工矿自动化,2013,39(10):81-85.

[6] 田红磊.基于离散余弦变换的非局部均值滤波算法[J].科学技术与工程,2013,13(11):3123-3126.

[7] 王学伟,王世立,李珂.基于伪中值滤波和小波变换的红外图像增强方法[J].激光与红外,2013,43(1):90-93.

[8] 杜军慧,韩应征,叶鸿瑾.基于提升小波和形态学融合的图像边缘检测[J].电视技术,2013,37(7):13-15.

[9] 王小兵,孙久运,汤海燕.基于小波变换的图像混合噪声自适应滤波算法[J].微电子学与计算机,2012,29(6):91-95.