

基于像素同龄组和相邻组的绝缘子去噪方法

何洪英 钱艳萍 王 玲 罗滇生

(湖南大学电气与信息工程学院 长沙 410082)

摘 要 针对红外图像带有脉冲噪声和高斯噪声的特点,提出了一种新的去噪方法。首先根据像素同龄组所含的个数来确定脉冲噪声和信号区域,然后利用像素相邻组判断目标边缘,在保持边缘和有用信号区域不变的同时,利用同龄组内的像素平均值对其它像素进行去噪处理。实验表明,该方法在信噪比上比其它方法要优越,并且能较好地保留边缘等细节信息。

关键词 同龄组,相邻组,绝缘子,去噪

中图法分类号 TP30, TM85 **文献标识码** A

Insulator Image Denoising Based on Pixel Peer Groups and Neighbor Groups

HE Hong-ying QIAN Yan-ping WANG Ling LUO Dian-sheng

(College of Electrical & Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract A new denoising method was proposed in the paper according to the characteristics of insulator infrared image with impulse noise and gaussian noise. First of all, according to the number of peer group of contains pixels, this paper determined impulse noise and signal areas, and then judged the target edge using neighbor groups. The denoising method uses the average of its peer group members instead of the pixel, and keeps the useful signal areas and edge areas at the same time. The experiment results show that the method in the signal-to-noise ratio(SNR) has better effect than other methods, and without blurring edges and details.

Keywords Peer groups, Neighbor groups, Insulators, Denoising

1 引言

绝缘子红外图像在生成过程中受探测器件、红外焦平面阵列等噪声影响,含有高斯噪声和脉冲噪声,具有高噪声、低对比度的特点,部分信息和特征被噪声所掩盖,这直接影响绝缘子分割、特征提取、识别等后续关键步骤。因此,采用优良的滤波方法对图像进行去噪,是后续工作准确处理的关键、基础。

目前针对红外图像去噪,研究人员提出了很多有效算法,如小波去噪^[1-5]、模糊阈值去噪^[6]、自适应去噪^[7]等算法,但它们都在一定程度上造成了边缘模糊。根据文献[8]提出的同龄组平均(Peer Group Averaging, PGA)图像增强算法思想,图像中每一个像素在其邻域内有一个关联的同龄组,可以用同龄组内像素的平均值来代替该像素值,以达到滤波的效果。本文根据同龄组平均的思想,提出了一种新的去噪方法——基于像素同龄组和相邻组的绝缘子去噪方法。该方法根据同龄组内的像素个数,选择不同的去噪方式,在对图像进行有效去噪的同时,能很好地保留图像边缘等细节信息。

2 像素同龄组和相邻组相结合的去噪方法

2.1 像素同龄组

对于一个给定的像素,国内外提出了许多不同方法来选择其同龄组。在文献[9]中使用的简单同龄组是指灰度图像 f 中窗口中心 (p, q) 处的像素为 $f(p, q)$,在其邻域内选择 $[f(p, q) - md, f(p, q) + md]$ 这一区间范围内的像素作为 (p, q) 处像素的同龄组。但是该方法确定的同龄组只受 md 取值影响,单因素取值的合理性对像素同龄组判别结果影响很大。一般国内外研究者较多地使用下面较复杂的同龄组算法。对于一幅图像 f ,在 (p, q) 位置处的像素同龄组的定义^[10]如下:

首先确定一个窗口的大小 $(2d+1) \times (2d+1)$,然后构造一个序列 $f(k_1, l_1), f(k_2, l_2), \dots, f(k_{(2d+1)^2}, l_{(2d+1)^2})$,使得 $n < (2d+1)^2$ 每一个正整数满足:

$$|f(k_n, l_n) - f(p, q)| < |f(k_{n+1}, l_{n+1}) - f(p, q)|$$

最后找到一个最大的正整数 s ,使它同时满足:

$$|f(k_s, l_s) - f(p, q)| < md \quad (1)$$

$$|f(k_m, l_m) - f(k_{m-1}, l_{m-1})| < gp(m=2, 3, \dots, S) \quad (2)$$

到稿日期:2011-07-16 返修日期:2011-11-23 本文受国家重点产业振兴和技术改造项目([2010]2272号),国家中小企业创新基金(11C26214302812),中央高校教育基金项目(2009-2012)资助。

何洪英(1976—),女,博士,副教授,硕士生导师,主要研究方向为图像处理、户外线路高压绝缘检测、户外线路覆冰检测等;钱艳萍(1986—),女,硕士生,主要研究方向为图像处理、高压绝缘子故障检测, E-mail: qianyanping0517@126.com。

在 (p, q) 处像素的同龄组就是 $\{f(k_1, l_1), f(k_2, l_2), \dots, f(k_s, l_s)\}$ 。

在上述定义过程中, md 和 gp 不能自适应获得, 导致同龄组内像素的数目不能自适应获得。为了自适应获得中心像素的同龄组及同龄组个数, 文献[11]对每一个像素利用 Fisher 判别式进行判断, 并找出同龄组, 自适应获取同龄组像素的个数。图像 f 中窗口的中心像素以 f_c 表示, 窗口内的像素构建一个序列(存放在 A 数组中) $f_1, f_2, \dots, f_n, n=(2d+1)^2$, 使得 $|f_i - f_c| < |f_{i+1} - f_c|$, 也就是使这些像素到中心像素的距离 $d_i = |f_i - f_c|$ 由小到大排列。利用 Fisher 判别式把 d_i 进行分类, 获得中心像素的同龄组个数, 并在 A 中对应位置上获得中心像素的同龄组像素。

Fisher 判别分析方法的基本思想是投影, 将高维数据点投影到低维空间上, 根据类间方差最大、类内方差最小的原则确定判别函数。

Fisher 判别式的目标函数是:

$$F(t) = |a_1 - a_2|^2 / (v_1 + v_2)$$

式中, $a_1 = \frac{\sum_{i=1}^t d_i}{t}$, $a_2 = \frac{\sum_{i=t+1}^n d_i}{n-t+1}$, $v_1 = \sum_{i=1}^t (d_i - a_1)^2$, $v_2 = \sum_{i=t+1}^n (d_i - a_2)^2$ 。

本文通过对每一个 t 值计算 $F(t)$, 找出使 $F(t)$ 最佳划分的值, 同龄组个数 p 为 $F(t)$ 最大时对应的 t 值。取出 A 中前 p 个值(像素值), 即为窗口中心像素的同龄组像素。

2.2 像素相邻组

根据文献[10]提出的相邻组定义, 如果 $f(p, q)$ 是一个边缘像素, 则在窗口中包含至少两类不同的图像区域。因此 $f(k_1, l_1), f(k_2, l_2), \dots, f(k_{(2d+1)^2}, l_{(2d+1)^2})$ 这组从小到大排列的序列像素值中间至少有一个大的间隙, 把它们分成至少两组相似像素。一般相邻组可以由以下方法确定。首先, 给出一个正数 mg , 通过窗口中的所有像素, 利用 $f(k_i, l_i) - f(k_{i-1}, l_{i-1}) < mg$ (即序列中像素间隔都小于 mg) 来计算相邻组的个数 cg 。这种方法中的 mg 是预先给定的, 不能自适应获得。

为了自适应判断 $f(p, q)$ 是否为边缘像素, 本文把窗口中按升序排列的 $f(k_1, l_1), f(k_2, l_2), \dots, f(k_{(2d+1)^2}, l_{(2d+1)^2})$ 两两相邻像素间的差存放在数组 D 中。绝缘子边缘区域包含绝缘子目标与背景像素, 以边缘像素为界限, 可将图像分成目标和背景两部分。经过多次试验分析, 发现如果 D 中的最大值小于窗口内像素的均方差 σ , 则可以判断为边缘像素。

2.3 基于像素同龄组和相邻组的去噪方法

根据红外图像含有高斯噪声和脉冲噪声的特点, 本文提出了一种新的去噪方法。利用每一个像素在其邻域内有一个同龄组的特点, 自适应获取像素同龄组内像素的个数, 然后根据同龄组像素个数 p 的不同, 确定不同的去噪处理方式。处理流程具体如下:

(1) 确定窗口的大小 $w = (2d+1) \times (2d+1)$ 。

(2) 利用 Fisher 判别式计算像素的同龄组像素(存放在数组 B 中, 便于后续计算同龄组像素的平均值)及个数 p 。

(3) 根据 p 的大小, 选择不同的去噪处理方式。由于脉冲噪声像素通常比周围非噪声点的像素要亮或者暗, 同时脉冲噪声往往是孤立点, 因此几个脉冲噪声点同时在一起的概率非常小。如果 $p=1$, 则可判断窗口的中心像素的同龄组像素

只有 1 个, 即它本身。此时可以判断为脉冲噪声, 转向步骤(4)执行; 如果 $p=w$, 则可说明中心像素的同龄组包括窗口中的所有像素, 可以判断为非边缘的有用信号, 此时中心像素保持不变; 否则转到步骤(5)执行。

(4) 利用窗口内的整个像素的平均值代替中心像素。

(5) 利用上面相邻组的方法判断中心像素是否为边缘像素, 如果是, 则保持像素不变, 否则利用中心像素的同龄组像素的平均值代替它。

3 试验及结果分析

试验对不同噪声下的红外热像绝缘子图像进行去噪处理, 采用文献[12]中的信噪比 SNR 作为衡量去噪性能好坏的指标。本文窗口大小为 $3 \times 3 (d=1)$ 。

$$SNR = 10 \lg \left(\frac{\sigma_f^2}{MSE} \right)$$

式中, σ_f^2 表示去噪后图像像素灰度值的方差, MSE (最小均方误差) 的计算公式如下:

$$MSE = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (f(i, j) - f(i, j))^2$$

式中, $f(i, j)$ 表示去噪后图像的像素灰度值, $f(i, j)$ 为原图像的像素灰度值, $m \times n$ 为图像大小, 本文 $m=60, n=80$ 。

表 1 列出了 4 种不同算法对不同噪声水平(均值为 0、方差为 σ 的高斯噪声; 密度为 ρ 的脉冲噪声)图像去噪后的 SNR。图 1(a) 为噪声图像($\sigma=0.01, \rho=0.05$), 图 1(b)~(e) 分别为自适应中值滤波(方法 1)、均值滤波(方法 2)、小波阈值(方法 3)和本文去噪后的图像。

表 1 不同算法对不同噪声水平图像去噪后的 SNR

原图像		方法 1	方法 2	方法 3	本文方法
高斯 σ	脉冲 ρ	snr1	snr2	snr3	snr
0.01	0.01	22.43	15.59	15.93	32.87
	0.02	31.91	20.03	14.40	14.13
	0.03	31.97	18.66	13.45	13.01
	0.05	16.37	11.98	11.26	32.11
	0.01	25.02	16.62	17.74	30.19
0.02	0.02	22.61	15.81	16.08	29.88
	0.03	21.56	15.38	15.59	31.46
	0.05	19.68	14.13	13.72	28.89
	0.01	21.34	15.10	15.16	32.17
	0.02	20.46	14.57	14.01	31.56
0.03	0.03	19.66	14.17	14.10	31.27
	0.05	18.35	13.26	12.69	32.29
	0.01	19.49	13.99	13.65	31.78
	0.02	18.68	13.61	13.17	32.22
	0.03	18.39	13.37	12.94	32.81
0.05	0.05	17.22	12.64	12.01	32.41
	0.01	17.92	13.19	12.74	32.18
	0.02	17.65	12.87	12.21	32.16
	0.03	16.79	12.30	11.80	31.63
	0.05	16.15	11.74	10.97	31.03

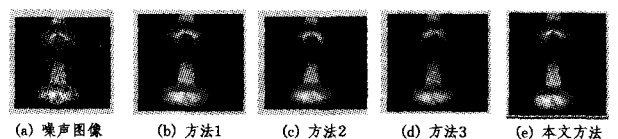


图 1 不同算法的去噪结果

(下转第 307 页)

入从核。在优化后的算法中,把 j 维循环和 k 维循环进行调换,从而使数据利用率明显提高,整个程序的数据加载量大约减少了 30%。

4 性能测试及结果分析

本文采用三维 FDTD 计算模式,均匀网格,点源位于网格中心。为了更直观地研究该众核处理器平台对 FDTD 仿真算法的适应性,还在 Intel 处理器上进行了对比测试。对比处理器型号为 Intel Xeon 5670,主频 2.93Gz,单节点内存大小 4G,采用 -O3 编译选项。相应的测试的拍数结果如表 1 所列。

表 1 众核与 Intel 性能比较

网格规模	众核处理器拍数	Intel X5670 单核拍数	折合同频率后的加速比
1×10^4	973076	3023171	3.11
8×10^4	2018480	19850584	9.83
5×10^6	99351619	1269032826	13.78

从试验结果来看,该众核处理器对于 FDTD 算法有着良好的加速比,在较大的网格规模下,FDTD 算法的核心代码在 Intel Xeon 5670 单核上运行的拍数是众核处理器上的 14 倍左右。同时课题网格规模越大,加速效果越好,主要原因是数据量较大时,访存效率明显提升,同时通信开销和计算开销能

够更好地相互隐藏。此外启动从核程序的初始化开销是固定的,当程序的数据规模变大时,总的计算和通信拍数会随之增加,这也会导致程序加速比的提高。

结束语 本文以三维 FDTD 仿真算法为例,实现了该课题在众核处理器平台上的并行化,获得了较为理想的加速比,并展示了该众核处理器对 FDTD 仿真算法类计算密集型课题的良好适应性。本文中所采用的两种优化方法是针对众核平台程序的通用方法,可以广泛地应用到其他众核程序上。本课题下一步的研究方向是,继续合理优化算法,减少数据通信传输次数,以及提高写入数据的重复利用率。

参考文献

[1] 高本庆. 时域有限差分法 FDTD method[M]. 北京:国防工业出版社,1995

[2] 唐川,姜乐,张勤,等. 高性能计算发展动态与趋势观察[M]. 成都:中国科学院国家图书馆成都分馆,2008

[3] 赖生建,王秉中,黄廷祝. 共享内存系统中高效并行 FDTD 计算方案[J]. 电子科技大学学报,2010,39(5):680-683

[4] 徐藻,王毅,李琳,等. 基于 MPI 的 FDTD 并行算法及其优化策略[J]. 计算机仿真,2009,26(3):121-124,190

[5] 谢向辉,胡苏太,李宏亮. 多核处理器及其对系统结构设计的影响[J]. 计算机科学与探索,2008: 641-650

(上接第 284 页)

由表 1 可以看出,本文方法对直接由红外热像仪等设备拍摄的红外图片及加噪声后的图片都有较好的处理效果,比其它方法有更高的性噪比。由图 1 可以看出,本文方法在保留边缘方面有较好的效果。同时考虑到项目分析过程中,对红外热像绝缘子的图像预处理过程都是针对设备直接拍摄的图片进行的,各种方法对图像边缘不会造成严重的模糊,性噪比高低成了判断去噪方法的主要指标。结合边缘保持效果及性噪比指标,本文方法均有较好的效果。对红外热像绝缘子图像进行去噪,能为后续绝缘子分割、特征提取等步骤打下基础。

结束语 本文根据像素的同龄组个数,自适应选择不同的去噪方式,能有效地去除脉冲噪声和高斯噪声。利用同龄组内像素的平均值代替整个窗口像素平均值能有效减少边缘模糊。利用像素相邻组进行边缘判断能更好地保留边缘等细节信息。本文方法不仅能对含有高斯噪声和脉冲噪声的红外图像有效,还能应用于其它图片去噪中。

参考文献

[1] 何洪英,姚建刚,王玲. 一种基于 BAYES 估计的小波自适应绝缘子红外图像去噪算法[J]. 电工技术学报,2006,21(1):37-41

[2] 李佐胜,姚建刚,杨迎建,等. 基于 MAP 估计的复小波域局部自适应绝缘子红外热像去噪方法[J]. 仪器仪表学报,2009,30(10):2070-2075

[3] 李文杰,姚建刚,毛李帆,等. 基于中值滤波法及小波自适应扩散

法的绝缘子红外热像去噪[J]. 电网技术,2010,34(8):160-164

[4] 李佐胜,姚建刚,杨迎建,等. 平稳小波域局部自适应绝缘子红外热像去噪方法[J]. 高电压技术,2009,35(4):833-837

[5] 葛馨远,孙中伟,许刚. 基于小波域隐 Markov 树模型及重要性修正的绝缘子红外图像去噪研究[J]. 电网技术,2007,31(2 增刊):3-7

[6] 刘鲁源,韩尧松,李士心,等. 模糊小波阈值去噪方法的研究[J]. 仪器仪表学报,2004,25(4 增刊):813-814

[7] 何洪英,姚建刚,罗滇生. 红外图像的自适应混合去噪[J]. 计算机工程与应用,2006,42(6):7-9

[8] Kennedy C,Deng Y,Manjunath B S,et al. Peer group image enhancement[J]. IEEE Trans. on Image Processing,2001,10:326-334

[9] Munasinghe R, Davari A. Elementary Methods for Improving Edge Detector Performance[C]//Proceedings of the 41st Southeastern Symposium on System Theory. March 2009

[10] Munasinghe R, Davari A. Peer groups, neighbor groups, and edge detection[C]//42nd Southeastern Symposium on System Theory(SSST). March 2010:47-50

[11] Deng Y,Kenney C,Moore M S,et al. Manjunath,Peer group filtering and perceptual color image quantization[C]//Proc. IEEE Int. Symp. Circuits and Systems. 1999,4:21-24

[12] Fodor I K,Kamath C. Denoising through wavelet shrinkage: An empirical study[J]. J of Electronic Imaging,2003,12(1):151-160