

文章编号:1001-5078(2007)10-1109-03

基于提升小波变换和中值滤波的图像去噪方法研究

李明喜^{1,2}, 毛罕平¹, 张艳诚^{1,3}

(1. 江苏大学江苏省现代农业装备与技术重点实验室, 江苏 镇江 212013;

2. 黄石理工学院学报编辑部, 湖北 黄石 435003; 3. 云南农业大学工程技术学院, 云南 昆明 650201)

摘 要:针对实际拍摄的背景复杂、目标对比度和信噪比低的图像,在综合考虑图像去噪平滑效果、图像清晰程度和时间复杂度的基础上,提出一种基于提升小波变换和中值滤波的图像去噪方法。首先对含噪图像进行提升小波分解,再在图像高频部分进行中值滤波以改善图像的消噪效果,最后采用信噪比(SNR)与均方根误差(RMSE)和图像灰度曲面图作为图像去噪效果的评估,将提升小波变换和中值滤波相结合的图像去噪方法与小波去噪、小波与中值滤波结合消噪等进行对比实验。实验结果表明,该方法既能消除图像噪声又能达到保持其图像边缘要求,且时间度较低。

关键词:去噪;提升小波分析;中值滤波

中图分类号:TN751 **文献标识码:**A

Study of the Actual Image Denoising Method Based on Lift-wavelet Analysis and Median Filter Technology

LI Ming-xi^{1,2}, MAO Han-ping¹, ZHANG Yan-cheng^{1,3}

(1. Provincial Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Jiangsu University, Zhenjiang 212013;

2. Huangshi Institute of Technology, Huangshi 435003; 3. College of Engineering and Technology Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: Aiming at the characteristic of the actual image, which is low contrast, complex back-ground and the high background noise, a new image denoising method based on lift-wavelet analysis and median filter technology is proposed. Firstly, the noise image is decomposed with the lift-wavelet. Second, the high frequency parts of decomposed image are carried on median filter algorithm to improve the removing result of the noise image. The denoising image is obtained to reconstruct the high frequency parts processed and low frequency parts of decomposed image. Finally, the image signal to noise ratio (SNR) and the root-mean-square error (RMSE) and the image gray surface chart are applied to estimate the denoising effect of the near-infrared images. These removing noise methods, such as the ordinary wavelet filter, the median filter and so on, are applied to remove the image noises. The experimental results indicate that this method both can eliminate the actual image noise and maintain image edge information. It can remove effectively noise of the real images.

Key words: denoising; lift-wavelet analysis; median filter

1 前 言

在自然光照条件下获取的图像有时存在目标与背景对比度差、信噪比低、目标的边缘模糊和噪声较大。目前,应用于图像去噪的方法很多,主要有传统滤波器法、小波阈值消噪法、形态学滤波法、分形技

基金项目:国家自然科学基金项目(60575020);湖北省重点学科黄石理工学院机械电子工程学科建设资助。

作者简介:李明喜(1964-),男,江苏大学博士生,黄石理工学院副教授,主要研究方向为机器视觉与智能图像处理。E-mail: limx10920@yahoo.com.cn

收稿日期:2007-03-20

术消噪法、独立分量分析消噪法等。这些方法各有其优缺点,但还缺乏一种对所有不同来源图像都适用的消噪方法。

小波分析方法是一种时间窗和频率窗都可改变的时频局部化分析方法,而提升小波变换是基于提升方案的小波变换,它是 Sweden's 和 Daubechiesa 等学者于 20 世纪 90 年代中期提出的。与传统小波变换相比,提升小波有许多优越性:①提供的快速算法与 Mallat 算法相比运算量少一半;②脱离了傅里叶变换,完全在空域构造;③逆变换简单、直接,而且意义明确;④只占少量存储单元,可本位操作;⑤边界处理容易,能很好地实现重构。

基于以上分析,提出一种基于提升小波变换和中值滤波的图像去噪方法,并将该去噪方法与普通小波去噪、小波与中值滤波结合消噪等进行对比实验,以期验证本文去噪方法的有效性。

2 提升小波变换基本原理

2.1 提升小波分解

提升机制主要特点是不依赖傅里叶变换,在空间域构造小波变换,其正变换过程可分^[3]为分裂(split)、预测(predict)和更新(update)三个过程。

分裂是将原始信号 s_j 分裂为两个互不相交的子集 s_{j-1} 和 d_{j-1} 。一般是将信号分为偶数序列和奇数序列,通常 s_{j-1} 表示信号的低频近似分量, d_{j-1} 表示信号的高频细节分量,即:

$$\text{split}(s_j) = (\text{even}_{j-1}, \text{odd}_{j-1}) = (s_{j-1}, d_{j-1})$$

预测是利用数据间的相关性,用 s_{j-1} 预测 d_{j-1} ,即采用一个与数据集无关的预测算子 P 。由于可以用 s_{j-1} 预测 d_{j-1} ,因此,可以用数据子集 s_{j-1} 代替原始的数据集 s_j 。在实际应用中,无法用预测算子去精确地预测子集 d_{j-1} , $P(s_{j-1})$ 只是尽可能地接近 d_{j-1} 。若用子集 d_{j-1} 与 $P(s_{j-1})$ 的差值去代替 d_{j-1} ,此差值反映了两者的逼近程度,如果预测是合理的,则差值数据集所包含的信息比原始子集 d_{j-1} 包含的信息要少得多,预测过程的表达式为:

$$\begin{aligned} \text{predict}(d_{j-1}) &= \text{odd}_{j-1} - p(\text{even}_{j-1}) \\ &= d_{j-1} - p(s_{j-1}) \end{aligned}$$

更新是由于经过分裂步骤产生的子集 s_{j-1} 的某些整体性质并不和原始数据一致,因此需要采用一个更新过程。方法是通过算子 U 产生一个更好的子数据集 s_{j-1} ,使之保持原有数据集 s_j 的一些特性,其表达式为:

$$\begin{aligned} \text{update}(s_{j-1}) &= \text{even}_{j-1} - U(d_{j-1}) \\ &= s_{j-1} - U(d_{j-1}) \end{aligned}$$

2.2 提升小波重构

提升小波重构是分解的逆过程,即通过反修正、反预测和合并完成。

$$\text{反修正: } s_{j-1} = \text{update}(s_{j-1}) + U(d_{j-1});$$

$$\text{反预测: } d_{j-1} = \text{predict}(d_{j-1}) + p(s_{j-1});$$

$$\text{合并: } s_j = \text{Merge}(s_{j-1}, d_{j-1})$$

式中, Merge 表示 s_{j-1} 和 d_{j-1} 分别作为偶数和奇数序列拼接成原始信号 s_j 。

3 中值滤波

中值滤波是一种常用的抑制噪声的非线性方法,它是将一个包含有奇数个像素的窗口 A 在图像上依次移动,在每一个位置上对窗口内像素的灰度值由小到大进行排列,然后将位于中间的灰度值作为窗口中心像素的输出值,其数学式为:

$$g(i, j) = \text{median}_A[f_A(i, j)]$$

式中, median_A 表示在 A 窗口中取其灰度的中间值; $f_A(i, j)$ 表示以像素 (i, j) 为中心的 A 窗口下的各个灰度值。

4 基于提升小波的中值滤波消噪

噪声常常表现为图像上孤立像素的灰度突变,具有高频特性和空间不相关性。图像经小波分解后可得到低频部分和高频部分,低频部分体现了图像的轮廓,高频部分表现为图像的细节和混入的噪声,因此,对图像进行去噪,只对高频系数进行量化处理。具体消噪步骤为:

(1) 对图像进行提升小波分解,小波系数记为 w_k^j ,其中, j 为小波变换的尺度; k 表示该小波系数的位置。

(2) 根据中值滤波技术对提升小波分解中各高频分量进行中值滤波,滤波窗口大小取为 $w_i = w_0 2^{i-1} - 1, i \geq 2$ 。式中, w_0 对应第一层的滤波窗口大小。

(3) 重构图像。根据提升小波分解的低频系数和经中值滤波处理后的高频系数进行图像重构,完成图像的去噪。

5 消噪效果评估与实验结果分析

采用信噪比、均方根误差等参数和灰度曲面图作为图像消噪效果的评价。

5.1 图像消噪效果评估参数

设 $I_n(i, j)$ 和 $I_p(i, j)$ 和 $I(i, j)$ 分别表示同一场

景的含噪图像、消噪后图像和无噪图像,信噪比 SNR 和均方根误差 RMSE 可表示为:

$$SNR = \log \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N I_p^2(i,j)}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I_p(i,j) - I_n(i,j))^2}$$
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [I_p(i,j) - I(i,j)]^2}{M \times N}}$$

信噪比 SNR 越大,噪声平滑效果越好,均方根误差用来评价同一场景的消噪后的图像与无噪图像之间的差异程度。如果均方根误差越小,说明消噪后的图像与无噪图像越接近,表明图像的去噪效果越好。

5.2 图像消噪效果实验与分析

用 CCD 摄像头室外实际拍摄 20 幅图像验证本文方法的消噪效果,并与普通小波消噪、小波与中值滤波结合消噪等进行对比实验,但篇幅有限,仅给出一幅图像在 Matlab7.0 环境下编程实现的消噪结果。处理所用的计算机为联想笔记本电脑,CPU 为 Intel Pentium® III 1000MHz,内存 512MB。噪声图像和不同方法消噪后的图像及其图像的灰度曲面图如图 1 所示,不同消噪方法的定量评估结果如表 1 所示。

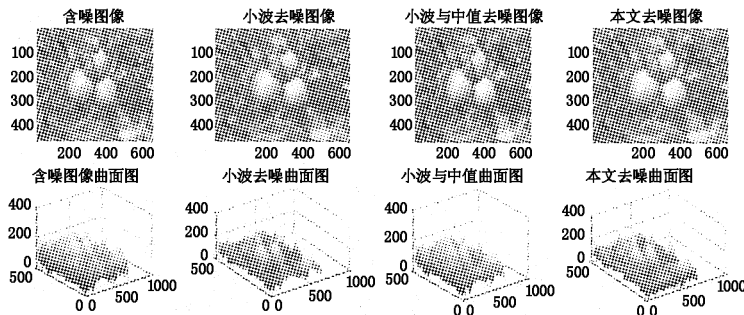


图 1 不同方法的消噪效果对比图

Fig.1 image de-noising experiment results with different removing methods

表 1 不同消噪方法的效果参数

Tab.1 the effect parameter of the different removing image noise methods

	SNR	RMSE	TIME/s
小波去噪	3.2296	12.9215	2.7540
小波与中值滤波结合消噪	3.5327	9.8737	43.4930
本文方法去噪	3.4850	10.4355	20.4510

从消噪后的图像、灰度曲面图和效果参数 SNR, RMSE 中可以看出:图像经小波阈值去噪、小

波与中值滤波结合消噪和本文消噪方法均可获得很好的去噪效果,小波阈值去噪所需时间度低,但去噪后图像信息丢失较多,图像里各目标的边缘较模糊,图像变得不够清晰;小波与中值滤波结合消噪法在仿真计算时,其计算量较大。本文消噪方法能够在图像去噪的同时,尽量保留图像的高频细节特征,且信噪比、均方根误差的大小与小波和中值滤波相结合消噪法相接近,仿真计算时,其计算量介于两者之间。

6 结 论

使用提升小波和中值滤波相结合的去噪算法对实际拍摄的图像进行去噪增强处理,兼顾了图像去噪平滑效果、图像清晰程度和时间复杂度等方面的要求,这种结合方法优于单独使用小波阈值去噪法或小波与中值滤波结合消噪法,通过对 20 幅不同的实际拍摄图像采用不同消噪方法的对比实验,实验结果也验证了本文消噪方法的有效性。

参考文献:

[1] Lee J S, Papathanassiou K P, et al. A new technique for noise filtering of SAR interferometric phase images [J]. IEEE Trans on Geo-science and remote sensing, 1998, 36 (5): 1456 - 1465.

[2] Marge D, Cyclone H L, Sander G, et al. Context-based denoising of images using iterative wavelet threshold [C]//Proc SPIE, 2002, 4671: 907 - 914.

[3] 汪鲁才, 王辉南, 毛六平. 基于小波变换和中值滤波的 InSAR 干涉图像滤波方法 [J]. 测绘学报, 2005, 34 (2): 108 - 112.

[4] Javier P, Vastly S, Wainwright M, et al. Image denoising using scale mixtures of Gaussians in the wavelet domain [J]. IEEE Trans. Image Processing, 2003, 11 (12): 1338 - 1351.

[5] Chang S Q, Yu Bin, Vetterlim. Adaptive wavelet thresholding for image denoising and compression [J]. IEEE Trans. Image Processing, 2000, 9 (9): 1532 - 1546.

[6] Chang S C, Tetterli M. Spatial adaptive wavelet thresholding for image denoising [J]. IEEE Trans. Image Processing 1997, 12: 374 - 377.

[7] Aleksandra P. Multiscale statistical image models and Bayesian methods [C]//SPIE Conference 2003, 60: 128 - 130.

[8] 李玲玲, 丁明跃, 周建平, 等. 一种基于提升小波变换的快速图像融合方法 [J]. 小型微型计算机系统, 2005, 26 (4): 667 - 670.