

文章编号: 1005-5630(2011)01-0054-04

线阵 CCD 全景图像的噪声分析与去噪方法研究*

周水庆^{1,2}, 刘秉琦¹, 胡文刚¹, 张 伟³

(1. 军械工程学院 光学与电子工程系, 河北 石家庄 050003;

2. 中国人民解放军 73037 部队, 江苏 无锡 214064;

3. 中国人民解放军 65581 部队, 吉林 四平 136001)

摘要: 为便于线阵 CCD(charge-coupled device)全景图像的后期运算处理, 需要对图像进行去噪处理, 以提高图像信噪比。分析了线阵 CCD 扫描全景成像系统中图像噪声的来源, 研究了该系统噪声的特性。对比研究基于小波变换的多种去噪算法的优劣性和使用条件, 提出一种基于小波软硬阈值的中值滤波去噪方法。通过实验结果分析, 验证了该方法具有更好的可靠性和有效性, 适用于线阵 CCD 全景图像的去噪处理。

关键词: 线阵 CCD; 全景图像; 图像噪声分析; 图像去噪

中图分类号: TP 751.1 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1005-5630.2011.01.013

Analysis of panorama noise and study on panorama de-noising based on linear CCD

ZHOU Shuiqing^{1,2}, LIU Bingqi¹, HU Wengang¹, ZHANG Wei³

(1. Department of Optical and Electronic Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China;

2. Unit 73037, People's Liberation Army, Wuxi 214064, China;

3. Unit 65581, People's Liberation Army, Siping 136001, China)

Abstract: For the purpose of improving convenience for the image processing of the panorama system based on linear CCD (charge-coupled device), de-noise the images to improve the SNR is needed. Analyzed the source of noise of the images grabbed by the panorama system, studied characteristic of the noise. Comparing the advantages and disadvantages of multiple methods of de-noising, a mean-value method of image de-noising based on wavelet soft-and-hard threshold is presented. By analyzing the experiment results, proved the reliability and availability of this method, adopted to the de-noising processing of the panorama.

Key words: linear CCD; panorama; analysis of panorama noise; panorama de-noising

引 言

图像去噪处理的发展开始于 20 世纪 60 年代初期, 主要是指通过滤除图像中的噪声杂波, 还原图像清晰状态^[1]。其经典的图像处理方法有均值滤波、中值滤波、维纳 (Wiener) 滤波、小波变换滤波、形态学滤波等^[2]。它们的改进算法不但运用广泛, 而且取得了显著的效果。

在基于线阵 CCD 扫描全景成像系统中, 图像在 CCD 成像的过程中受到传感器件质量、传输信道、周

* 收稿日期: 2010-08-20

作者简介: 周水庆(1982-), 男, 福建古田县人, 硕士研究生, 主要从事光电探测与信息处理方面的研究。

围环境等各种因素的干扰而形成噪声,使得所采集的图像质量退化,影响后期处理效果。因此,需要根据系统所成图像的噪声特点及后续处理对图像的要求,减少或滤除各种噪声和随机干扰,提高后续图像处理的有效性和可靠性。

1 全景图像噪声分析

在线阵 CCD 全景成像系统中,通过转台的旋转带动 CCD 相机 360° 旋转来采集图像数据。在此过程中,势必引起相机电源线和数据的缠绕问题。为解决该问题,系统中的转台和相机之间使用了一个导电滑环来连接,以便有效地传输电源信号和视频信号。显然,引入的部件增加了相机所采集的视频信号的传输环节,使得传输过程中的电缆长度增长和数据接口数量增多,以及连接部位和导线等的屏蔽缺漏等问题加大了视频图像信号引入噪声干扰的几率,降低了图像信噪比,造成图像质量的退化。同时,带动转台旋转的步进电机在工作状态下产生的电磁必然对传输中的数据信号形成较大的干扰,这也是产生噪声的重要原因。

因此,系统噪声的来源比较复杂,采集到的图像中的噪声不是某一种简单的噪声类型,而是多种类型噪声的复杂叠加形成的复合性噪声。为了方便更有效地进行后续图像运算处理;需对所采集的原始图像进行去噪,以提高图像信噪比。

2 去噪方法

在实际的图像处理过程中,任何一种去噪方法都不能达到最优的效果^[3],同时都以牺牲图像的细节为代价。由于系统自身的技术特点,在图像后续处理中,对图像边缘的锐度和图像细节要求不高,在去噪方法的选择上,可以考虑在图像细节与抑制噪声效果上取得平衡。

2.1 小波阈值去噪

小波阈值收缩去噪法^[4](wavelet thresholding 或 wavelet shrinkage)是由 Donoho 和 Johostone 于 1992 年提出的。小波变换的数据去相关性^[5],能够使得小波域中的信号能量集中在少量大的小波系数中,而噪声却分布在整个小波域,有白化趋势。对应大量的数值小的小波系数,经小波分解后,信号的小波系数的幅值要大于噪声的小波系数的幅值,于是可以采用阈值的办法把信号的小波系数保留,而使大部分噪声的小波系数减少为零,实现噪声消除。其具体过程为,将含噪信号在各尺度上进行小波分解,保留大尺度低分辨力下的全部小波系数;对于各尺度高分辨力下的小波系数,可以设定一个阈值,幅值低于该阈值的小波系数全部置零;高于该阈值的小波系数或者完整保留,或者做相应的收缩处理;最后将处理后获得的小波系数利用小波逆变换进行重构,恢复出有效的信号。其流程图如图 1 所示:



图 1 小波去噪流程图

Fig. 1 Flow chart of wavelet denoising

阈值和阈值函数的选择在小波阈值收缩去噪法中最为重要^[6]。如果阈值太小,不能有效地取出噪声;阈值太大,将滤掉重要的图像特征,引起图像偏差或模糊。使用对于给定的小波系数,噪声越大,阈值就越大,所以大多数阈值选择过程是针对一组小波系数,即根据这一组小波系数的统计特性,计算出一个阈值。

常用的阈值方法^[7]有通用阈值、BayesShrink 阈值和 Map-Shrink 阈值、最大最小化阈值(Minimax)、理想阈值等。通用阈值即 VisuShrink 阈值,是 Donoho 和 Johostone 提出的一种典型阈值,它说明了阈值与噪声的方差成正比,其大小为:

$$\delta = \sigma \sqrt{2 \ln N} \quad (1)$$

式(1)中, σ 为噪声标准差, N 代表信号的尺寸或长度。

这个阈值公式有一个先决条件, 就是必须知道噪声的方差 σ , 而对于一幅具体的实际图像来说, 噪声的方差不可能被预先知道。因此, 必须对噪声的方差进行估计, 通常采用第一层细节信号来估计噪声的方差。

$$\sigma = \frac{\text{Median}(|Y_{ij}|)}{0.6745} \quad Y_{ij} \in \text{subbandHH}_1 \quad (2)$$

式(2)中, Y_{ij} 表示第一层细节信号, σ 的分子部分表示对分解出的第一层小波系数取绝对值后再取中值。

对超过阈值之上的小波系数进行缩减主要有两种方法, 即软阈值化 (soft-thresholding) 和硬阈值化 (hard-thresholding)。

对于软阈值化, 绝对值小于阈值 δ 的小波系数, 数值用零代替; 绝对值大于阈值 δ 的小波系数数值用 δ 来缩减。其阈值函数用式表示为:

$$w_\delta = \begin{cases} \text{sgn}(w)(|w| - \delta), & |w| \geq \delta \\ 0, & |w| < \delta \end{cases} \quad (3)$$

式(3)中, w 表示小波系数的数值; $\text{sgn}(\cdot)$ 是符号函数, 当数值大于零, 符号为正; 反之符号为负。

对于硬阈值化, 绝对值大于阈值 δ 的小波系数被保留, 并且保留的小波系数不被缩减, 与原始系数相同, 阈值函数用公式表示为:

$$w_\delta = \begin{cases} w, & |w| \geq \delta \\ 0, & |w| < \delta \end{cases} \quad (4)$$

两种阈值化方法各有差异。软阈值方法具有连续性, 对小波系数的处理要相对平滑一些, 容易进行数学上的处理, 但这种算法减小了绝对值较大的小波系数, 损失了一定的高频信息, 导致了图像的边缘模糊, 也就不可避免地给图像信号重构带来误差。硬阈值方法的阈值函数虽然会有较好的去噪效果, 但由于其阈值函数是不连续的, 在含有丰富边缘的图像中会产生振铃、伪吉布斯效应等视觉失真现象。

2.2 小波软硬阈值折衷去噪

结合软阈值与硬阈值方法各自的特点, 有文献^[8,9]提出了一种软硬阈值折衷方法, 其阈值函数可表示为:

$$w_\delta = \begin{cases} \text{sgn}(w)(|w| - \alpha\delta), & |w| \geq \delta \\ 0, & |w| < \delta \end{cases} \quad (5)$$

式(5)中, 引入因子 α 。当 α 分别取 0 和 1 时, 式(5)就演变为硬阈值和软阈值方法。可以根据图像的实际情况以及对图像处理结果的要求对 α 进行取值, 以期达到图像边缘细节和视觉失真的最佳平衡。

2.3 基于小波软硬阈值的中值滤波方法

现采用 Daubechies 小波基对全景图像进行 3 层分解。最后将经过滤波处理后的各频带经小波重构还原成滤波处理后的图像。总体流程为:

(1) 对含噪图像进行小波分解, 得到图像信号的低频分量和高频分量。

(2) 利用式(1)计算去噪阈值 δ 。

(3) 利用式(5)对图像分解后的 HL、LH、HH 三个子频带进行软硬阈值去噪; 文中对因子 α 取比较具有代表性的值 $\alpha = 0.5$ 。

(4) 对经过软硬阈值处理后的三个子频带分别进行重构后, 分别对各子频带图像进行中值滤波处理: 对于 HL 频带采用水平方向的直线型 3 邻域模板, 则既可以去掉水平方向的噪声, 又能较好地保留垂直方向的低频信息; 对于 LH 频带采用垂直方向的直线型 3 邻域模板, 既可以去掉垂直方向的噪声, 又能较好地保留了水平方向的低频信息; 对于 HH 频带采用对角线方向的直线型 3 邻域模板。

(5) 将低频图像与滤波后的高频图像进行重构, 得到滤波后的目标图像。

3 实验结果

将采集到的 CCD 全景图像作为去噪处理时的原始图像, 通过中值滤波 (取 3×3 滤波模板)、小波软阈

值滤波、小波硬阈值滤波、小波软阈值滤波($\alpha=0.5$)和基于小波软阈值的中值滤波(即文中滤波方法)等五种滤波方法进行处理。为更客观对几种滤波效果进行比较,文中在系统所采集的视频中随机选取 6 幅全景图像进行滤波处理,处理后计算各种滤波结果的峰值信噪比(PSNR),具体数据如表 1 所示。图 2 是所得数据的变化趋势图,横坐标的标号 1、2、3、4、5 分别代表中值滤波、小波软阈值滤波、小波硬阈值滤波、小波软硬阈值滤波和文中滤波方法。从图上可以直观地看出,文中滤波方法的滤波效果优于前四种滤波方法,验证了文中滤波方法在全景图像滤波处理上的有效性。

表 1 图像去噪处理结果的 PSNR
Tab. 1 PSNR results of image denoising

序号	中值滤波	小波软阈值滤波	小波硬阈值滤波	小波软硬阈值滤波	文中滤波方法
1	30.7806	30.7022	30.6025	31.4746	31.8115
2	31.0243	31.8892	31.4088	31.6202	32.3822
3	31.0779	30.6125	32.3032	31.7268	32.3701
4	31.0998	30.5079	31.5976	31.7225	32.2967
5	31.0386	30.7977	32.1761	31.6819	32.1834
6	31.0787	31.3486	32.0678	31.6217	32.2181

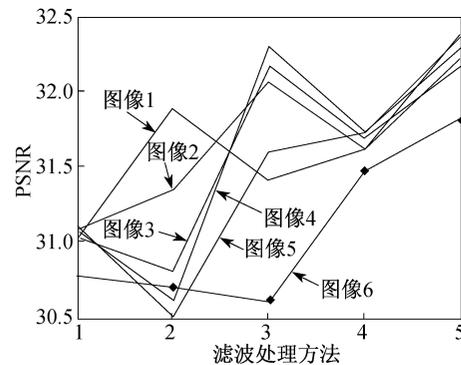


图 2 去噪处理结果的 PSNR 变化趋势
Fig. 2 Denoising results of PSNR trend

4 结 论

分析了基于线阵 CCD 扫描的全景图像的噪声来源和特性,研究了关于小波变换去噪的多种方法,提出一种基于小波软硬阈值的中值滤波方法。经实验验证分析,与其他的四种滤波方法进行对比分析,验证了该方法对于线阵 CCD 扫描的全景图像去噪的有效性。

参考文献:

- [1] GONZALEZ R C, WOODS R E. Digital image processing[M]. 阮秋琦,等译. 北京:电子工业出版社,2009:252-284.
- [2] 龚昌来. 基于小波变换和均值滤波的图像去噪方法[J]. 光电工程,2007,34(1):72-75.
- [3] 龙振弘. 数字图像去噪典型算法的分析比较[J]. 福建广播电视大学学报,2009,1(2):67-69.
- [4] 谢杰成,张大力,徐文立. 小波图像去噪综述[J]. 中国图像图形学报,2002,7(3):209-217.
- [5] 李秋竹. 基于 DSP 的多目标跟踪系统算法研究[D]. 重庆:重庆大学通信工程学院,2007:12-13.
- [6] 李玉峰. 小波分析在图像去噪与压缩中应用研究[D]. 长春:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,2005:41-46.
- [7] 陈 婷,郭金翠,黄文丽. 图像去噪的小波阈值法研究[J]. 软件导刊,2010,9(2):166-167.
- [8] 李 程. 一种基于小波变换的图像去噪方法[J]. 科技创新导报,2009,21(1):249-250.
- [9] 付 炜,许山川. 一种改进的小波域去噪算法[J]. 光学仪器,2006,28(1):25-28.