

# 基于局部统计特性的非线性 自适应滤波器及其性能评价

王 和 春

**摘要:** 本文综合评述了迄今为止国内外采用过的实时图像预处理技术, 对于其中的增强及噪声的滤除方法及其实施进行了讨论。提出了一种基于局部统计特性的非线性自适应滤波器及改进的R. T. Chin评价方法, 并对实验结果进行了评价。

## 一、引 言

图像处理中一个极重要的任务就是噪声的滤除。图像信号在获取、传输和变换过程中, 常受到包括加性噪声、信号有关噪声和脉冲噪声在内的各类噪声的影响而发生退化。图像噪声的滤除方法很多, 五十年代到六十年代初, 主要用线性滤波方法, 随后出现了非线性滤波器。在许多数字信号处理的应用中, 线性滤波可以成功地滤除噪声, 但同时又使边缘蜕变, 而非线性的中值滤波器能很好地保持边缘, 但滤除高斯噪声的效果欠佳。本文提出了一种自适应的滤波算法, 它是基于信号的局部估计, 根据估值的不同, 可采用不同的滤波算法, 从而达到既保持边缘, 又滤除噪声的目的。本文对平均滤波 (AF)、中值滤波 (MF)、修正剪裁平均 (MTM)、双窗口修正剪裁平均 (DW MTM) 及本文提出的方法进行了仿真, 对实验结果进行了评价。

## 二、基于局部统计特性的非线性自适应滤波器

这种自适应滤波器是对参考窗口内方差大小的自适应, 根据方差的大小采用不同的滤波方法, 达到既保持边缘, 又滤除噪声的目的。

### 1. 基本思想

考虑一个小尺寸的滤波窗口处于一幅无噪声图像的情况, 此时从窗口的取样可以看成一幅小图像 $W(i, j)$ , 当窗口处于图像的边缘时, 这个取样记为 $W_1(i, j)$ , 相应窗口的统计方差为 $\sigma_1^2$ ; 当窗口处于平坦区域时, 这个取样记为 $W_2(i, j)$ , 相应窗口的统计方差记为 $\sigma_2^2$ 。在一般情况下, 显然有 $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$ 。换言之, 若 $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$ , 说明 $W_1(i, j)$ 中存在边缘的可能性大于 $W_2(i, j)$ 中存在边缘的可能性。

同样可以证明, 在有乘性白噪声、加性白噪声和脉冲噪声存在的条件下, 如果 $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$ , 则 $W_1(i, j)$ 中存在边缘的可能性大于 $W_2(i, j)$ 中存在边缘的可能性。

因此，可以针对所考虑的图像设立一个参考方差值。当滤波窗口统计方差大于参考方差时，窗口中存在边缘的可能性大，此时应采用中值滤波，以便很好地保持边缘；当滤波窗口统计方差小于参考方差时，窗口中存在边缘的可能性小，此时应采用对脉冲和高斯噪声滤除都很好的DW MTM滤波。

### 2. 实际采用的滤波方法

#### (1) 中值滤波

二维中值滤波器是取一二维移动窗口，在图像上从左到右，从上到下移动。二维中值滤波器的移动窗口形状可为十字形、方形、矩形等，但窗口中心必须包含奇数个像素，通常采用正方形窗口。设二维数字图像为 $\{x_{ij}, (i, j) \in z\}$ 或 $z$ 的一个子集，对窗口大小为 $A = m * n$  (含有奇数个像素) 的中值为

$$y_{ij} = \text{Median } x_{ij} = \text{Median}\{x_{i+r, j+s} \mid (r, s) \in A\} \quad (i, j) \in z,$$
以 $y_{ij}$ 取代二维窗口中心像素灰度作为中值滤波的输出。

中值滤波是一种能够很好地保持边缘的非线性滤波器，但它对高斯分布的噪声的滤除效果较差。

#### (2) DW MTM滤波 (双窗口修正剪裁平均滤波)

DW MTM 滤波包括两个窗口，窗口尺寸为 $2N + 1$ 和 $2L + 1$ ， $L > N$ ，对应窗口中心像素 $(k, 1)$ 。先在小窗口 $2N + 1$ 内，利用中值滤波求出中值 $M_{i1}$ ，然后对于某一正的 $T$ ，对大窗口内位于 $[M_{i1} - T, M_{i1} + T]$ 的值取平均。小窗口内取中值。能够保持图像的细节，大窗口内取均值，能更好地滤除高斯噪声。

滤波阈值 $T$ 的选取很重要。 $T$ 选得小，那么DW MTM滤波就近似为窗口宽为 $2N + 1$ 的中值滤波，因而对高斯噪声的滤除效果较差。反之， $T$ 取得大，那么DW MTM滤波就近似为窗口宽为 $2L + 1$ 的均值滤波，此时虽对高斯噪声有良好的平滑作用，但会对跃变幅值小于 $T$ 的边缘产生平滑作用。因此， $T$ 应根据预保护的最小边缘幅值 $H$ 和噪声方差 $\sigma$ 来选择。一般可选

$$T = H - 2\sigma.$$

如果 $H$ 为未知，则一般可选

$$T = (2 \sim 2.5) \sigma.$$

## 三、实验结果及性能评价

在IBM PC/AT 微计算机上对五种滤波方法进行了仿真：均值滤波 (AF)、中值滤波 (MF)、修正剪裁平均 (MTM) 滤波、双窗口修正剪裁平均 (DW MTM) 滤波和本方提出的方法。实验图像是事先由电视摄像机通过PCVISION板输入计算机并存入磁盘中的，也可同时在监视器上将图像显示出来。实验中。参考窗的尺寸为 $5 * 5$ ，中值滤波窗口尺寸为 $3 * 3$ ，带有平均运算的窗口尺寸为 $7 * 7$ 。利用计算机内的RND函数来产生零均值高斯分布的噪声和脉冲噪声。然后在实验图像上分别叠加均值为0，均方差为5、10、20、30、40和概率为5%的脉冲噪声。由于篇幅所限，实验结果从略。

采用改进的R. T. Chin评价方法对实验图像进行了评价。用于评价的图像所加的高斯噪声均值为0，均方差为30，脉冲噪声的概率密度为5%，参考均方差选为30，滤波阈值 $T$ 为60。表1为评价结果。

表 1

滤波方法	$R_f$	$R_e$
AF	0.33	0.88
MF	0.75	0.51
MTM	0.64	0.63
DW MTM	0.36	0.68
F	0.40	0.52

F = Adaptive Filter

实验及评价结果表明, 这种自适应滤波器是一种综合指标较好的滤波器: 在保持边缘方面, 近似于中值滤波器; 在对高斯及脉冲噪声的平滑方面, 接近DW MTM滤波器。

### 参 考 文 献

- [1] 王和春, 光机情报, 1989, No. 8, p3-12.
- [2] 丁润涛, 通信学报, March, 1988, 9, No. 2, p37-44.
- [3] 李小林, 桂林电子工业学院学报, 15, No. 1, 1988.
- [4] J. W. Tukey, IEEE, PAMI-3, No.1 Jan., 1981, p29
- [5] Y. H. Lee, S. A. Kassan, IEEE ASSP-33, No. 3, June 1985, p672-683.
- [6] R. T. Chin and C. L. Yen, CVGIP, 23, 1983 p67-91.

## A Nonlinear Adaptive Filter Based on Local Statistics and Its Performance Evaluation

Wang Hechun

### Abstract

In this paper the techniques for real-time processing used so far are introduced and discussed. Also discussed are the methods and implementation for enhancement and noise filtering. A nonlinear adaptive filter based on local statistics and the improved R. T. China's method of evaluation are proposed and the experimental results are evaluated.