

# 一种提高彩色图像质量的改进滤波算法

宋立权<sup>1</sup>, 高峰<sup>2</sup>, 梁国龙<sup>3,4</sup>

(1. 92493 部队 80 分队, 葫芦岛 125000; 2. 空军驻长春地区军事代表室, 长春 130012;  
3. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033; 4. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 基于彩色图像人们已经提出了很多噪声的滤波方法, 这些方法主要是为了平滑去除噪声、保留图像的边缘和细节信息。但可以看到很多滤波方法为了保存图像的边缘和细节信息而在图像的平坦区域产生了不必要的噪声; 反之, 也有很多滤波方法在去除图像平坦区的噪声的同时也去除了重要的图像边缘和细节等信息。因此本文率先提出了一种改进的滤波方法, 用算术均值滤波器 (AMF)、矢量中值滤波器 (VMF) 两种彩色图像矢量滤波方法有机结合来实现图像滤波, 试验证明该方法可以很好的克服前面滤波方法的不足, 不但很好的保存了边缘和细节信息, 而且还在平坦区域有很好的滤波作用, 在抑制噪声和保留细节之间达到了一个很好的平衡。

**关键词:** AMF; VMF; VAF; 彩色图像; 矢量

中图分类号: TP751.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-9870 (2010) 02-0140-03

## A Betterment filtering Approach to Improve Visual Quality of Color Image

SONG Liquan<sup>1</sup>, GAO Feng<sup>2</sup>, LIANG Guolong<sup>3,4</sup>

(1. Department 80 of Unit 92493, Huludao 125000 2. Military representation office of Air force in Changchun area, Changchun 130012 3. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences Changchun, 130033 4. School of Graduate, Chinese Academy of Beijing 100049)

**Abstract:** Many filtering methods for noise smoothing in color images have been proposed. The common objective of these methods is to smooth out the noise while preserving the edges and details of the image. However, it can be observed that these methods, in their effort to preserve the image structures, also generate artefacts in homogeneous regions that are actually due to noise, so, these methods can perform well in image edges and details but sometimes do not achieve the desired smoothing in homogeneous regions. On the contrary, in their effort to smooth the homogeneous regions also smooth the edges and details of the image. In this paper the improved method to overcome this problem was proposed. A new technique which combine commendably between the Arithmetic Mean Filter (AMF) and the Vector Median Filter (VMF) was designed to carry out the image filter. Experimentation prove the arithmetic can resolve this problem perfectly, It reaches a corking balance between smoothing out the noise near edges and fine features while properly preserving those details and achieving the desired smoothing in homogeneous regions.

**Key words:** AMF; VMF; VAF; color image; vector

彩色图像中包含有非常丰富的边缘、纹理等细节信息, 因此彩色图像滤波的目的除了削弱噪声外, 还要尽可能地保持色调和保护边缘等细节信息。在彩色图像滤波中, 涉及到的一个最基本的问题就是多变量数据或称多通道数据或矢量数据的排

序, 不像标量图像, 像素的比较就是直接比较其灰度值, 其比较排序的结果是唯一的。对于彩色图像, 不同的排序策略会得到不同的结果, 也就是说, 一个彩色像素在一种排序机制<sup>[1]</sup>下可能是最小的, 而在另外一种排序策略下就很可能不是最小

的、甚至变成最大的了。

彩色图像的滤波技术经历了从标量滤波法到矢量滤波法的发展过程<sup>[1]</sup>。标量滤波法是基于边缘排序的, 它直接将灰度图像的滤波算法扩展到彩色图像上, 即先对彩色图像的三个分量图像分别应用灰度图像的滤波算法, 然后把处理后的分量图像合成起来形成新的彩色图像。显然, 这种方法没有利用彩色图像的三个分量之间的内在联系, 容易导致产生原图像所没有的新颜色, 甚至出现局部不协调的色彩, 从而破坏色调和边缘等细节信息。由于这个原因, 现在的研究普遍认为, 基于统计理论和矢量处理技术的矢量滤波法是去除彩色图像中噪声的最好方法, 矢量滤波法又包括线性矢量滤波法和非线性矢量滤波法, 前者在消除噪声、平滑图像上有较好的效果, 后者在保持色调和保护边缘与细节上有较好的稳健性<sup>[2]</sup>。近年来, 彩色图像矢量滤波技术得到了很快的发展, 各种新的滤波理论和方法被不断地提出来。虽然到目前为止, 彩色图像滤波的理论还没有形成一个统一的理论框架, 但一般的彩色图像矢量滤波技术都是基于降维排序的, 即先对彩色矢量(像素)进行降维排序, 然后选取具备某种排序性质的彩色像素或一些彩色像素的组合作为滤波器的输出<sup>[1, 2]</sup>。

## 1 传统彩色图像滤波方法

### 1.1 彩色算术均值滤波

对图像影响最广泛的、最有代表性的是高斯噪声和冲击噪声<sup>[3]</sup>, 它的一个主要特点就是零均值特性, 因此可以通过局部平均滤除高斯噪声。理想情况下, 滤除高斯噪声不但能够平滑图像的不同区域, 而且可以保持图像边缘等细节信息。典型的线性滤波器如算术均值滤波器(AMF)<sup>[4]</sup>, 可以有效的滤除噪声但同时也平滑了图像边缘细节等信息, 如图 1 所示, 图 1(a) 是加入 $\sigma=20$  的高斯噪声, 图 1(b) 是经过 AMF 平滑滤波的结果, 可以看出图像天空很平滑, 而石块的轮廓已经很模糊。

### 1.2 彩色图像矢量中值滤波

还有一种使用广泛的矢量滤波器是矢量中值滤波器 VMF<sup>[5, 6]</sup>。VMF 能有效地去除在矢量的模上相差很大的噪声, 如冲击噪声和指数噪声。另外, 当噪声密度不太高时, VMF 还能很好地保护图像的边缘、细线、纹理等细节信息。然而, 对于高斯噪



图 1 (a) 加入 $\sigma=20$  的高斯噪声

图 1 (b) 用 3\*3 模板平滑滤波

Fig. 1 (a) Add the gauss noise  $\sigma=20$  Fig. 1 (b) Filtering with the 3\*3 templates

声, VMF 的滤波性能不如算术均值滤波器 AMF。VMF 的输出可用矢量统计排序的方法获得, 这里按照三维矢量距离排序方法, 当分布在多通道信号中的噪声是通道相关的时候, Euclidean 距离<sup>[4]</sup>比较有效, 因此在一般彩色图像滤波中, 采用 Euclidean 距离。如图 2 所示, 图 2(a) 分别加入 $\sigma=20$  的高斯噪声和冲击噪声, 图 2(b) 为输出结果。



图 2 (a) 加入 $\sigma=20$  的高斯噪声

图 2 (b) 用 3\*3 模板 3 维矢量中值滤波

Fig. 2 (a) Add the gauss noise  $\sigma=20$  Fig. 2 (b) 3-dimensional vector median filtering with 3\*3 templates

可以看出, 经过 VMF 滤波后边缘细节信息明显改善, 但天空平坦区域的滤波较 AMF 效果差。

## 2 改进的矢量滤波器

为了能更好的达到实验要求, 本文将 VMF 和 AMF 有机地结合起来, 重新定义一个组合滤波器叫做 VAF (VMF-AMF)。首先要区分图像里哪些像素接近边缘。基于此, 作者在图像上对两个临近像素颜色矢量之间计算了最大欧几里德距离, 将这个最大欧几里德距离定义为  $M$ 。对于每个图像像素  $F_{i,j}$ ,  $m_{i,j}$  表示基于像素  $F_{i,j}$  的颜色矢量和其临近 3\*3 的像素颜色矢量之间最大的欧几里德距离。得出指标:

$$I_{i,j} = \frac{m_{i,j}}{M} \quad (1)$$

由(1)可以得出,当图像像素越接近边缘时, $I_{i,j}$ 越大,当然 $I_{i,j}$ 的最大值是1。定义 $\mu_{i,j}$ 是代表像素 $F_j$ 的S-成员函数 $\mu_{i,j}=S(x)$ ,以 $x=I_{i,j}$ 作为S-成员函数的自变量,则有:

$$S(x)=\begin{cases} 0 & x \leq \alpha \\ 2\left(\frac{x-\alpha}{\gamma-\alpha}\right)^2 & \alpha < x \leq \frac{\alpha+\gamma}{2} \\ 1-2\left(\frac{x-\gamma}{\gamma-\alpha}\right)^2 & \frac{\alpha+\gamma}{2} < x < \gamma \\ 1 & x \geq \gamma \end{cases} \quad (2)$$

(2)式中 $\alpha$ 、 $\gamma$ 为S-成员函数的参数,多次试验证明当 $\alpha=0.4$ , $\gamma=0.5$ 时能得到满意的结果。图3表示S-成员函数曲线图。可以看出这个函数对边缘检测不是非常精确,但它大致描绘了平坦区域与边缘之间的划分,这就足够满足试验要求。

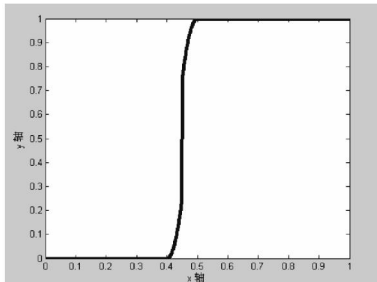


图3 S-成员函数曲线图

Fig.3 S-membership function curve

AMF滤波器在图像滤波窗口中计算颜色矢量平均值,然后作为当前像素输出;VMF滤波器在图像滤波窗口中排序计算中值,作为当前像素输出。将 $OUT_{AMF}$ 作为AMF滤波输出, $OUT_{VMF}$ 作为VMF滤波输出,最终输出结果定义为 $OUT_{VAF}$ ,即有如下公式:

$$OUT_{VAF}(i,j)=\mu_{i,j}OUT_{VMF}(i,j)+(1-\mu_{i,j})OUT_{AMF}(i,j) \quad (3)$$

从上面的等式可以看出,在VMF与AMF之间,当 $\mu_j=1$ ,即是VMF的滤波输出;而当 $\mu_j=0$ 时,是AMF滤波输出。其它就是VMF和AMF适量权重输出。图4是参入高斯噪声的图像和经过滤波输出的VAF滤波结果。大家可以看出效果很明显,不但在平坦区较AMF方法平滑、而且也很好的保留了石块边缘细节信息,达到了预期的滤波效果。

### 3 结论

本文用峰值信噪比(PSNR)<sup>[1]</sup>来检测实验结果,彩色图像计算峰值信噪比公式如下:



图4 (a)加入 $\sigma=20$ 的高斯噪声

Fig.4 (a) Add the gauss noise  $\sigma=20$

图4 (b)VAF滤波输出

Fig.4 (b)VAF filter output

$$PSNR=20\log\left(\frac{255}{\sqrt{\frac{1}{MNQ}\sum_{i=1}^M\sum_{j=1}^N(F_{i,j}-F'_{i,j})^2}}\right) \quad (4)$$

由于R、G、B分别是8位,因此上式分子 $255=2^8-1$ ;M:代表图像列数;N:代表图像行数;Q:代表R、G、B三维, $Q=3$ ;  $F_{i,j}$ 、 $F'_{i,j}$ 分别是原图像和滤波之后的输出图像的对应像素灰度。分别对上述三种彩色图像矢量滤波方法计算PSNR,所得结果如下表:

表1 不同滤波器PSNR

Tab.1 The PSNR of different filter

滤波器	PSNR(dB)
AMF	21.859
VMF	22.041
VAF	22.837

由PSNR结果可以看出,该方法不但能够平滑噪声,而且还能保存边缘等细节信息,完全达到了试验的要求。然而该方法也对图像边缘和纹理较密区域有一定的模糊平滑作用,因此,为了提供更好的图像质量,还需要更进一步的研究。

### 参考文献

- [1] Plataniotis K N, Venetsanopoulos A N. Color Image Processing and Applications[M]. Berlin: Springer, 2000.
- [2] Lukac R, Smolka B, Martin K, et al. Vector filtering for color imaging[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2005, 22(1): 74-86.
- [3] Ma Z, Wu H R, Qiu B. A robust structure-adaptive hybrid vector filter for color image restoration[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2005, 14(12): 1990-2001.
- [4] Nikolaidis N, Pitas I. Multichannel filters based on reduced ordering[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1996, 6(5): 470-482.
- [5] Astola J, Haavisto P, Neuvo Y. Vector median filters[J]. Proceedings of the IEEE, 1990, 78(4): 678-689.
- [6] 金良海. 彩色图像滤波与基于四元数的彩色图像处理办法[M]. 武汉: 华中科技大学, 2008.