

彩色图像滤波的新方法*

郁伯康** 郁梅***

(杭州电子工业学院信息分院 杭州 310037)

【摘要】 提出了用于彩色图像噪声滤除的新矢量滤波器。这些滤波器对于脉冲噪声的滤波效果较好,其中准均值滤波器(I)的性能近似于矢量中值滤波器,其余滤波器在低脉冲噪声情况下的性能则优于矢量中值滤波器。与矢量中值滤波器相比,新滤波器具有算法简单、计算量小且易于硬件实现的特点。

关键词 彩色图像; RGB 彩色空间; 矢量准均值滤波器; 矢量准高斯滤波器; 矢量中值滤波器

中图分类号 TN713

图像处理的一项重要任务是研究与发展既能有效滤除图像噪声又不模糊图像的方法。对于彩色图像处理,通常认为矢量方法比标量方法更为适合^[1-3]。传统的标量处理方法是就彩色图像的三个分量分别进行处理,然后再合成得到处理后的彩色图像,这些方法没有利用彩色图像三个分量间的有机联系,并且处理后将产生原图像所没有的颜色。

中值滤波器是数字图像处理中有效的滤波算法,文献[4]为矢量中值滤波器设计了相应的硬件结构。中值滤波器作为一种被广泛运用的基于排序的非线性滤波器,在消除脉冲噪声与保持图像边缘和细节方面有着较好的稳健性^[5,6]。该算法要求将滑动窗口内各像素所对应的值进行排序,以找出中间值来作为滤波器的输出。因此,中值滤波器,特别是矢量中值滤波器的计算复杂度较大。另一方面,在均值滤波器中,各像素值无需进行排序,因而其算法比中值滤波器更为简单。但均值滤波器的主要缺点是不能保持图像中的细节^[7];均值滤波器对于脉冲噪声的滤除效果不佳,而脉冲噪声却是数字图像中由于人为原因或解码错误而经常可能出现的一种噪声。均值滤波器和高斯滤波器都将产生原图像中所没有的颜色,因为在这两类滤波器中,滑动窗口的中心像素将被加权平均值所替代。本文提出了彩色图像滤波的新算法,对脉冲噪声有较好的滤除效果,其中准均值滤波器(I)的滤波效果和图像细节保持能力几乎和矢量中值滤波器效果相同。准均值滤波器(II)和准高斯滤波器对低脉冲噪声的滤波效果则优于矢量中值滤波器。而与此同时,其计算量明显小于矢量中值滤波器,易于硬件实现。

1 算法描述

1.1 矢量中值滤波器

矢量中值滤波器的输出值为滑动窗口中矢量集合的中值。该算法要求对矢量进行排序,其计算量与矢量个数的平方成正比。

对于具有 N 个矢量的集合 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$, 求其中值矢量的算法可定义如下:

1) 对于每个矢量计算它到其余矢量的距离之和 S_i ,

$$S_i = \sum_{j=1}^N \|v_i - v_j\| \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

2) 从 $S_1 \sim S_N$ 中求出最小值 S_{\min} , 纪录其下标;

3) 该下标所对应的 v_{\min} 即为这组矢量的中值,也就是矢量中值滤波器的输出 v_{1MF} 。它受以下定义的

约束: $v_{1MF} \in V$, 且

1998年6月25日收稿,1998年11月2日修改定稿

* 浙江省自然科学基金资助项目,基金号:698064

** 男 57岁 大学 副教授

***女 30岁 硕士 讲师

$$\sum_{i=1}^N \|v_{VMF} - v_i\| \leq \sum_{i=1}^N \|v_j - v_i\| \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

这里我们可以看出, 在矢量中值滤波器中, 算法企图在滑动窗口中寻找一个距离其他像素最近的像素, 并以此像素替代原中心像素。

1.2 彩色图像滤波新算法

均值滤波器中, 中心像素被滑动窗口中所有像素的平均值所替代, 这无疑会造成图像边缘的模糊。当应用于脉冲噪声的消除时, 其滤波效果不佳。事实上, 在脉冲噪声的情况下, 均值滤波器只是对噪声进行了平滑, 而没有降低噪声对图像的影响。高斯滤波器和均值滤波器有着同样的问题。另外, 由于中心像素三通道的值由窗口中所有像素的平均值所替代, 这两种滤波器都会给图像带来新的颜色。尽管如此, 与中值滤波器相比, 均值滤波器和高斯滤波器都具有结构简单、计算复杂度低的特点。

通过对中值滤波器、均值滤波器和高斯滤波器的分析, 我们提出新的用于彩色图像处理的矢量滤波器。新滤波器的算法可定义为如下两个步骤:

1) 对滑动窗口中的矢量集合计算其 RGB 各分量的加权平均值, 构成一加权平均值矢量 $v_{wA} = (r, g, b)$ 。其中 r, g, b 定义如下

$$\begin{cases} r = \frac{1}{N_w} \sum_{i=1}^N w_i r_i \\ g = \frac{1}{N_w} \sum_{i=1}^N w_i g_i \\ b = \frac{1}{N_w} \sum_{i=1}^N w_i b_i \end{cases}$$

这里

$$N_w = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3)$$

2) 对窗口中所有矢量计算其到加权平均值矢量 v_{wA} 的距离, 取其中距离最小的矢量作为新滤波器的输出 v_{VNew} , 即中心像素将被矢量 v_{VNew} 所替换。这可由

$$k = \arg \min \sqrt{(r_i - r)^2 + (g_i - g)^2 + (b_i - b)^2} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (4a)$$

则 $v_{VNew} = v_k$, 并且 $v_k \in V$, 在步骤 2) 中, 由于算法只涉及矢量间相对距离的远近, 故式(4a)可简化为

$$k = \arg \min ((r_i - r)^2 + (g_i - g)^2 + (b_i - b)^2) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (4b)$$

如图 1 所示为 4 个不同类型的模板, 不同的模板将产生不同的新矢量滤波器。

1 1 1	1 1 1	1 2 1	1 4 1
1 1 1	1 2 1	2 4 2	4 12 4
1 1 1	1 1 1	1 2 1	1 4 1
(a)	(b)	(c)	(d)

图 1 4 个不同的模板

1.2.1 准均值滤波器

本文提出了两类准均值滤波器。第一种是准均值滤波器(I), 它使用如图 1a 所示的 3×3 模板。在该滤波器中, 中心像素被距离平均值矢量最近的原滑动窗口中的矢量所替代, 而不是由平均值矢量本身所替代。如果在滑动窗口中存在脉冲噪声点, 则平均值矢量仍然完全保留了噪声点的影响。若选择由距离该平均值矢量最近的原图像中某像素去替换中心像素, 则噪声的影响有可能被降低。此外, 所选出的矢量也较接近于窗口的中值矢量。

准均值滤波器(II)是由准均值滤波器(I)修改而来的。它同样也计算窗口中矢量的三个分量的加权平均值,以此作为平均值矢量。但该滤波器所采用的模板如图 1b 所示。与准均值滤波器(I)所不同的是,准均值滤波器(II)剔除了矢量集合中的最小矢量 v_{\min} 和最大矢量 v_{\max} , 因为这两个矢量往往距离窗口的平均值矢量最远,也即偏差最大。同时,为了加大窗口中心像素的影响,其对应的权值也比其他像素点高。当窗口的中心像素没有被噪声所污染时,提高中心像素的权重无疑会使加权平均值矢量更加接近于中心像素所对应的矢量。在本算法中,最小矢量和最大矢量分别如式(5)和式(6)所定义,式(7)为准均值滤波器(II)的加权平均值矢量的计算式,其中矢量 (r_{xy}, g_{xy}, b_{xy}) 为中心像素所对应的矢量

$$k_1 = \arg \min(r_i^2 + g_i^2 + b_i^2) \quad i = 1, 2, \dots, N$$

$$\text{则} \quad v_{\min} = (r_{\min}, g_{\min}, b_{\min}) = v_{k_1} \quad (5)$$

$$k_2 = \arg \max(r_i^2 + g_i^2 + b_i^2) \quad i = 1, 2, \dots, N$$

$$\text{则} \quad v_{\max} = (r_{\max}, g_{\max}, b_{\max}) = v_{k_2} \quad (6)$$

$$\begin{cases} v_{QM(II)} = \frac{1}{N-1} \left(\sum_{i=1}^N w_i r_i - r_{\min} - r_{\max} + r_{xy} \right) \\ g_{QM(II)} = \frac{1}{N-1} \left(\sum_{i=1}^N w_i g_i - g_{\min} - g_{\max} + g_{xy} \right) \\ b_{QM(II)} = \frac{1}{N-1} \left(\sum_{i=1}^N w_i b_i - b_{\min} - b_{\max} + b_{xy} \right) \end{cases} \quad (7)$$

图 2a 是一组取自如图 4a 中所所示含噪声图像的一滑动窗口内的矢量集合。在这个例子中,中心像素是未被噪声污染的点,因而对滤波器来说,最好的输出为中心像素的原值,其次为最接近该中心像素的矢量。处理的结果显示矢量中值滤波器和准均值滤波器(I)对于该滑动窗口内矢量的处理具有相同的输出值,而且该值与原中心像素的值相当接近。准均值滤波器(II)的结果最好,其输出正好为原中心像素的值,因为该窗口内唯一的噪声点被作为最大矢量而剔除,并且由于中心像素矢量的权值高于其他矢量的权值,使得加权平均值矢量相对更接近于原中心像素所对应的矢量。

如果用这些矢量滤波器来处理如图 2b 所示的矢量集合,则情况稍有不同。图 2b 所示的矢量集除矢量顺序不同于图 2a 所示外,其包含的矢量完全等同于图 2a 所示集合。在图 2b 中,中心像素为一噪声点,对矢量中值滤波器和准均值滤波器(I)来说,其输出结果仍与图 2a 相同,而准均值滤波器(II)的输出变为(65, 30, 94),因为尽管该噪声会作为最大矢量被剔除一次,但相对较高的权重仍然保留了该噪声的影响

$$\begin{bmatrix} (64,28,98) & (65,30,94) & (60,25,89) \\ (255,255,255) & (62,29,90) & (58,25,86) \\ (59,25,95) & (59,26,87) & (55,22,83) \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} (64,28,98) & (65,30,94) & (60,25,89) \\ (62,29,90) & (255,255,255) & (58,25,86) \\ (59,25,95) & (59,26,87) & (55,22,83) \end{bmatrix}$$

图 2 为几种矢量滤波器滤除噪声后的输出实例。

矢量中值滤波器	(65, 30, 94)	矢量中值滤波器	(65, 30, 94)
准均值滤波器(I)	(65, 30, 94)	准均值滤波器(I)	(65, 30, 94)
准均值滤波器(II)	(62, 29, 90)	准均值滤波器(II)	(65, 30, 94)
准高斯滤波器(I)	(65, 30, 94)	准高斯滤波器(I)	(65, 30, 94)
准高斯滤波器(II)	(65, 30, 94)	准高斯滤波器(II)	(65, 30, 94)
(a)		(b)	

图 2 几种矢量滤波器滤除噪声的实例

1.2.2 准高斯滤波器

另一类新的矢量滤波器采用高斯模板以计算加权平均值矢量,因而称为准高斯滤波器。其中准高斯滤波器(I)采用如图 1c 所示的模板,而准高斯滤波器(II)则采用如图 1d 所示的模板。如前所述,高斯滤波

随着频率的增加，其滤波效果越来越；
同时，其滤波效果也越来越；
在滤波效果越来越好的同时，其滤波效果也越来越；
其滤波效果也越来越好，其滤波效果也越来越好。

4 结 论

随着频率的增加，其滤波效果越来越；
同时，其滤波效果也越来越；
在滤波效果越来越好的同时，其滤波效果也越来越；
其滤波效果也越来越好，其滤波效果也越来越好。
加新的颜色。

参 考 文 献

- 1 Trahanias P E, Pitas I, Venetsanopoulos A N. Color image processing. In C T Leondes, ed. Control dynamic systems,1994, 67: 45~90
- 2 Machuca R, Phillips K. Applications of vector fields to image processing. IEEE Trans PAMI, 1983, 5: 316~329
- 3 Astola J, Haavisto P, Neuvo Y. Vector median filter. Processings of The IEEE, 1990,78: 678~689
- 4 Vainio O, Haavisto P, Gabbouj M. VLSI architecture for the vector median. Proc of International Conference on IEEE. Visual Communications, 1992: 25-30
- 5 Pitas I, Venetsanopoulos A N. Order statistics in digital image processing. Proceedings of The IEEE, 1992, 20(12):1 893~1 921
- 6 Pitas I, Venetsanopoulos A N. Nonlinear digital filters principles and applications. New York: Kluwer Academic Publishers, 1990
- 7 Weeks A R. Fundamentals of electronic image processing. New York:SPIE OPTICAL Eng Press, 1997

New Algorithm for Color Image Filtering

Yu Bokang Yu Mei

(College of Information, Hangzhou Institute of Electronics Engineering Hangzhou 310037)

Abstract In this paper, a new non-linear vector filters for removing impulse noise is presented, which are efficient. One of the filters performs almost the same as VMF, while the computational efforts is decreased remarkably. All the new filters are quite simple compared with VMF, and easy to be realized by hardware.

Keywords color image; RGB color space; vector quasi-mean filter; vector quasi-gaussian filter; vector median filter