

基于同值压缩的自适应中值滤波*

An Adaptive Median Filter Based on Equivalent Value Compressing

周优军^{1,3}, 潘建方^{2,3}, 曹亮¹ZHOU You-jun^{1,3}, PAN Jian-fang^{2,3}, CAO Liang¹

(1. 广西大学数学与信息科学学院, 广西南宁 530004; 2. 广西师范大学计算机与信息工程学院, 广西桂林 541004; 3. 柳州师范高等专科学校数学与计算机科学系, 广西柳州 545004)

(1. College of Mathematics and Information Science, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. College of Computer Science and Information Technology, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541004, China; 3. Department of Mathematics and Computer Science, Liuzhou Teachers College, Liuzhou, Guangxi, 545004, China)

摘要: 为了在图像去噪处理中更好地保持或还原图像细节, 针对脉冲噪声, 把滤波窗口中等值的像素压缩后作自适应中值滤波, 提出基于同值压缩的自适应中值滤波算法, 并用实验来检测其优越性. 该滤波算法执行速度快, 去噪性能和图像细节保持及还原能力明显优于经典中值滤波及自适应中值滤波.

关键词: 中值滤波 脉冲噪声 同值压缩 自适应

中图分类号: TN911.73 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2009)02-0167-03

Abstract In order to maintain or restore image detail better in the Image Denoising treatment, and in view of impulse noise filtering, in this article the pixels of equivalent value was compressed and got its median value in the filter window. And bring up adaptive median filter which based on equivalent values compressing, proposed for images corrupted with pepper and salt noise. The test results showed that it processed faster, denoising performance, maintain and restore image detail capability are obviously superior to the classic median filter and adaptive median filter.

Key words median filter, impulse noise, equivalent value compression, adaptive

在采样处理图像时, 不可避免地会受到各种干扰, 脉冲噪声是其中的一种. 脉冲噪声是突发出现的幅度高而持续时间短的离散脉冲, 强度比信号强度大得多, 噪声点亮度与其邻域的图像亮度值具有明显的不同, 在图像上造成黑白亮暗点干扰——当脉冲噪声为正时, 受干扰的像素表现为孤立的亮点(盐点), 像素灰度值明显高于邻域的正常值; 当脉冲噪声为负时(胡椒点), 受干扰的像素表现为孤立的暗点, 像素灰度值明显低于邻域的正常值. 如何在去除脉冲噪声的同时保持图像细节, 还原真实的图像, 一直是非线性滤波算法^[1]研究的热点. 中值滤波及自适应中值滤

波^[2]是脉冲噪声滤波的主要方法, 有较强的降噪能力和计算效率. 为了改善滤波效果, 有学者对中值滤波进行了改进, 提出基于双窗口和极值压缩的自适应中值滤波^[3]、变分自适应中值滤波算法^[4]等.

本文为了更好的保持或还原图像细节并加快滤波处理速度, 针对脉冲噪声滤波, 提出基于同值压缩的自适应中值滤波算法.

1 同值压缩自适应中值滤波算法

对于大小为 3×3 的滤波窗口 S_j , 以像素 (i, j) 为中心的像素灰度值矩阵为

$$\{g(s, t)\} = \begin{bmatrix} 255 & 105 & 255 \\ 105 & 255 & 255 \\ 96 & 97 & 255 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

中值滤波后, $\hat{f}(i, j) = \text{median}(\{g(s, t)\}) = 255$, 显然, 未能滤除该点的噪声.

收稿日期: 2008-07-09

作者简介: 周优军 (1974-), 男, 硕士, 主要从事智能优化算法和供应链模型与优化研究.

* 广西青年科学基金项目 (桂科青 0832092) 资助.

当大小为 3×3 的滤波窗口 $S_{i,j}$ 以像素 (i,j) 为中心的像素灰度值矩阵为

$$\{g(s,t)\} = \begin{bmatrix} 255 & 105 & 255 \\ 103 & 104 & 255 \\ 96 & 255 & 255 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

中值滤波后, $\hat{f}(i,j) = \text{median}_{(s,t) \in S_{i,j}}(\{g(s,t)\}) = 255$. 显然, 非噪声像素点被置为了噪声.

由 (1) 式, 当自适应中值滤波窗口的当前大小为 3×3 时, $\hat{f}(i,j) = \text{median}_{(s,t) \in S_{i,j}}(\{g(s,t)\}) = 255$. 该值为极值, 因此必须自适应增大滤波窗口以获得非极值的中间值. 增大滤波窗口后, 排序的中间值可能距离该像素点 (i,j) 较远, 像素值误差可能较大. 因此, 最佳的方法是用最近的像素的非噪声值代替像素 (i,j) 的值. 在 (1) 式的矩阵中, 显然, 还有非噪声值 $\{96, 97, 105\}$, 所以有必要找一个新的算法来充分利用已有的数据, 更进一步还原真实的图像.

构造同值压缩的自适应中值滤波 (CAMF) 方法: 先将滤波窗口 $S_{i,j}$ 内的所有像素, 排序为一维的数据序列, 并对其中的多个具有相同灰度值 (或阈值控制范围内的灰度值) 的像素进行压缩, 只保留其中一个像素值, 然后取排序后数组中间的像素灰度值作为中值进行自适应滤波.

对滤波窗口 $S_{i,j}$ 的压缩排序算法:

```
GetMedian ( unsigned char * bArray, int
iFilterLen)
{ // 循环变量
  int i;
  int j;
  // 中间变量
  unsigned char bTemp;
  // 滤波窗口大小为 iFilterLen
  // 数组 bArray 存放滤波窗口的像素灰度值
  // 用冒泡法对数组进行排序
  for (j= 0; j<iFilterLen- 1; j+ )
  { for(i= 0; i<iFilterLen- j- 1; i+ )
    { if (bArray[i] > bArray[i+ 1])
      { // 互换
        bTemp = bArray[i];
        bArray[i] = bArray[i+ 1];
        bArray[i+ 1] = bTemp;
      }
    }
  }
  // 同值压缩, 压缩后的灰度值个数为 i
```

```
i= 0;
for(j= 0; j<iFilterLen- 1; j+ )
  if(bArray[j] = bArray[j+ 1])
    {j+ ;
     bArray[j]= bArray[j+ 1];
    }
// 计算压缩后的中值
if ((i& 1) > 0)
{ // 数组有奇数个元素, 返回中间一个元素
  bTemp= bArray [(i+ 1) /2];
}
else
{
  // 数组有偶数个元素, 返回中间两个元素平
  均值
  bTemp= (bArray [i /2]+ bArray [i /2+
1]) /2;
}
// 返回中值
return bTemp;
}
```

采用压缩排序算法后, (1) 式中的像素灰度值将被排序为 $\{g(s,t)\} = \{96, 97, 105, 255\}$. 滤波后, $\hat{f}(i,j) = \text{median}_{(s,t) \in S_{i,j}}(\{g(s,t)\}) = 101$.

同理, 采用压缩排序算法后, (2) 式中的像素灰度值将被排序为 $\{g(s,t)\} = \{96, 103, 104, 105, 255\}$. 滤波后, $\hat{f}(i,j) = \text{median}_{(s,t) \in S_{i,j}}(\{g(s,t)\}) = 104$. 在未改变滤波窗口大小的条件下, (1) 式 (2) 式中的噪声均能被滤除.

2 算法的实验及分析

在 VC6.0 上, 使用 256×256 像素的 LENA 灰度图进行滤波测试. 先对 LENA 原图进行随机分布的椒盐脉冲噪声叠加 (见图 1), 噪声密度从 0.0 到 0.95 (间隔为 0.05). 对滤波窗口为 3×3 的中值滤波 (MF)、初始滤波窗口为 3×3 的自适应中值滤波 (AMF) 和同值压缩自适应中值滤波 (CAMF) 算法进行滤波性能比较.

2.1 主观评价

从图 2~4 可以明显看出: 经 MF 滤波后, 噪点未能完全去除; AMF 滤波效果明显优于 MF; CAMF 滤波效果则比 MF、AMF 更突出, 即 CAMF 滤波的能力更为出色.

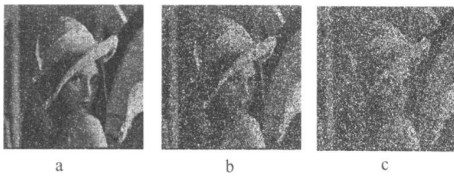


图1 LENA 原图

Fig.1 Original images of LENA

a:加入 5%的椒盐噪声;b:加入 40%的椒盐噪声;c:加入 80%的椒盐噪声.

a: Add 5% of the salt and pepper Noise;b: Add 40% of the salt and pepper noise;c: Add 80% of the salt and pepper noise.

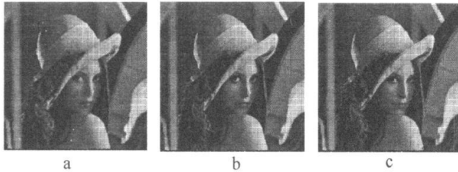


图2 加入 5%的椒盐噪声后 3种滤波效果比较

Fig.2 Add 5% of the salt and pepper noise filtering effect of the three comparison

a:MF;b:AMF;c:CAMF.

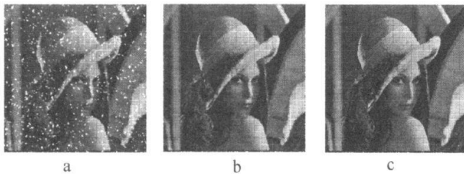


图3 加入 40%的椒盐噪声后 3种滤波效果比较

Fig.3 Add 40% of the salt and pepper noise filtering effect of the three comparison

a:MF;b:AMF;c:CAMF.

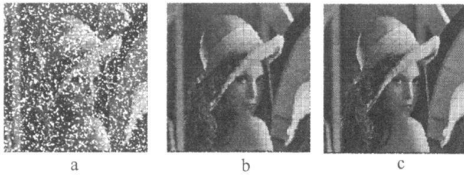


图4 加入 80%的椒盐噪声后 3种滤波效果比较

Fig.4 Add 80% of the salt and pepper noise filtering effect of the three comparison

a:MF;b:AMF;c:CAMF.

2.2 客观评价

通过均方误差(MSE)及提高信噪比(ISNR)两个指标来评价加入不同概率噪声后的 LENA 图经过 MF、AMF 和 CAMF 的性能,结果见表 1、图 5、图 6。其中,均方差计算公式为 $MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (\hat{f}(i,j) - f(i,j))^2$ 。提高信噪比计算公式为 $ISNR = 10 \times$

$$\lg \left[\frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (\hat{f}(i,j) - g(i,j))^2}{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (\hat{f}(i,j) - f(i,j))^2} \right]$$

表 1 3种方法的性能参数比较

Table 1 Three methods compare the performance parameters

噪声概率 Noise probability	MSE			ISNR (db)		
	MF	AMF	CAMF	MF	AMF	CAMF
0.05	96.97	37.77	56.79	10.20	14.04	12.42
0.1	131.04	49.04	58.68	11.69	15.8	15.13
0.2	330.92	75.11	65.88	10.44	16.73	17.4
0.3	743.89	101.46	77.41	8.47	16.92	18.22
0.4	1470.32	127.91	87.95	6.57	16.94	18.70
0.5	2485.26	157.45	102.97	5.15	16.81	18.79
0.6	3670.58	186.21	116.12	4.14	16.68	18.87
0.7	4979.95	222.87	136.84	3.37	16.35	18.61
0.8	6534.52	260.19	153.07	2.68	16.08	18.53
0.9	7960.41	295.04	170.75	2.23	15.86	18.39
0.95	8687.01	320.59	178.54	2.04	15.66	18.36

从表 1 可以看出,当噪声密度较小时,AMF 和 CAMF 两种滤波方法性能相差不多,但是均优于 MF 滤波方法,而当噪声密度逐渐增大时,CAMF 滤波方法要明显优于 AMF 的效果。

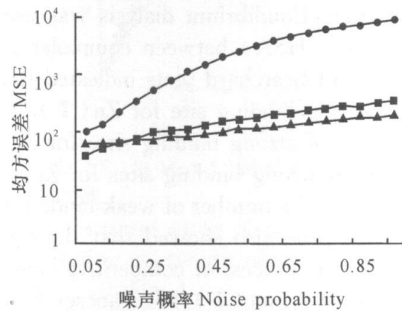


图5 均方误差 MSE 比较

Fig.5 MSE comparison

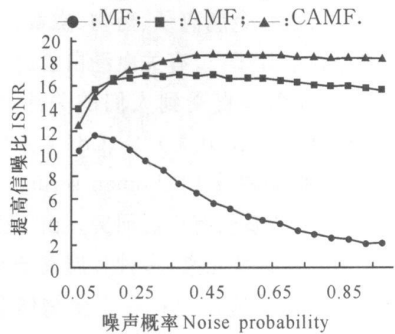


图6 提高信噪比 ISNR 比较

Fig.6 Improve signal to noise ratio compared

●:MF;■:AMF;▲:CAMF.

由图 5 和图 6 可以看出,CAMF 方法在 MSE 和 ISNR 指标上,优于 MF、AMF 脉冲椒盐噪声滤波。

3 结束语

本文提出的基于同值压缩的自适应中值滤波算

(下转第 173 页 Continue on page173)

1. 23 Mn(II) 单独结合 HSA 时 $h_{max} \approx 1.2$, 与 Zn(II) 竞争结合 HSA 时 $h_{max} \approx 1.6$ 由以上结果可发现, Zn(II) 单独结合血清白蛋白, $h_{max} < 1$, 无协同效应, 而与 Mn(II) 竞争结合时, $h_{max} > 1$, 表现为正协同效应 Mn(II) 单独结合血清白蛋白有协同效应, 与 Zn(II) 竞争结合时, h_{max} 增大, 协同效应更为明显. Zn(II)、Mn(II) 竞争结合 HSA 的 h_{max} 值比它们单独结合白蛋白的 h_{max} 值明显要大, 由此说明 Zn(II) 与 Mn(II) 之间具有协同效应. 推测这是由于位于白蛋白内部的强结合位点 Site A 与 Site B 分别与 Zn(II)、Mn(II) 结合后, 可能会引起白蛋白构象发生变化, 使原来包在 HSA 分子疏水腔内部潜在的结合位点外露, 导致这两种金属离子对弱结合位点结合增加.

3 结论

Zn(II) 与 Mn(II) 在竞争和非竞争结合 HSA 时, 强结合位点数不变, 分别为 1 和 2 个. 竞争结合使这两种金属离子的弱结合位点数略有增加. 逐级稳定常数增大, 结合能力增强. Hill 图分析也说明, Zn(II) 与 Mn(II) 竞争结合 HSA 时, 具有一定的协同效应. 相关原因还有待于进一步的研究.

参考文献:

[1] He X M, Cater D C. Atomic structure and chemistry of human serum albumin [J]. Nature, 1992, 358: 209-215.
 [2] Yang Z H, Xie C S. Zn²⁺ release from zinc and zinc oxide particles in simulated uterine solution [J]. Colloids and Surfaces, Colloids Surf B Biointerfaces, 2006, 47(2): 140-145.
 [3] André C, Guillaume Y C. Zinc human serum albumin association: testimony of two binding sites [J]. Talanta, 2004, 63: 503-508.
 [4] Sadle P J, Viles J H. ¹H and ¹¹³Cd NMR investigations of Cd²⁺ and Zn²⁺ binding sites on serum albumin competition with Ca²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, and Zn²⁺ [J]. Inorg Chem, 1996, 35(15): 4490-4496.
 [5] Budak H. Water proton relaxation rate enhancements and

association constants for Mn(II) to serum proteins determined by NMR T1 measurements [J]. Z Naturforsch, 2005, 60(9-10): 807-812.
 [6] Liang H, Tu C Q, Zhang H Z. Binding equilibrium study between Mn(II) and HSA or BSA [J]. Chinese J Chem, 2000, 18(1): 35-41.
 [7] Rozga M, Sokolowska M, Protas A M. Human serum albumin coordinates Cu(II) at its N-terminal binding site with 1 pM affinity [J]. J Biol Inorg Chem, 2007, 12(6): 913-918.
 [8] 梁彦秋, 刘婷婷, 费洪博, 等. 荧光光谱和紫外光谱法研究 Cu(II)、Cd(II) 与血清白蛋白的作用 [J]. 分析科学学报, 2007, 23(3): 303-306.
 [9] 涂楚桥, 张宏志, 梁宏. Cd(II) 与 HSA 或 BSA 的结合平衡研究 [J]. 化学学报, 2000, 58(2): 229-234.
 [10] Liang H, Xing B G, Wang X J, et al. Equilibrium dialysis study on the interaction between Cu(II) and HSA or BSA [J]. Chinese Science Bulletin, 1998, 43(5): 404-408.
 [11] Edward F B, Rombauer R B, Campbell B J. Thioldisulfide interchange reactions between serum albumin and disulfides [J]. Biochim Biophys Acta, 1969, 194(1): 234-245.
 [12] Marzenko A. 元素的分光光度测定 [M]. 北京: 地质出版社, 1983: 297-299.
 [13] 张孙伟, 吴水生, 刘绍璞. 有机试剂在分析化学中的应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1981: 246-248.
 [14] Scatchard G, Scheinberg I H, Howard S, et al. Physical chemistry of protein solutions IV: The combination of human serum albumin with chloride ion¹ [J]. J Am Chem Soc, 1950, 72(1): 535-540.
 [15] Sadler P J, Viles J H. ¹H and ¹¹³Cd NMR investigations of Cd²⁺ and Zn²⁺ binding sites on serum albumin. Competition with Ca²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, and Zn²⁺ [J]. Inorg Chem, 1996, 35(15): 4490-4496.
 [16] Lippard S J, Berg J M. 生物无机化学原理 [M]. 席振峰, 姚光庆, 项斯芬, 等译. 北京: 北京大学出版社, 2000: 14-15.
 [17] Fersht A. 酶的结构和作用机制 [M]. 杜锦珠, 茹柄根, 卫新成, 等译. 北京: 北京大学出版社, 1991: 292.

(责任编辑: 邓大玉)

(上接第 169 页 Continue from page 169)
 法有如下优点: (1) 对相同大小的滤窗口, 该算法比中值滤波、自适应中值滤波能滤除密度更大的噪声; (2) 小滤波窗口使滤波后图像保留和还原了更多的细节信息; (3) 虽然该算法的 GetMedian() 函数比自适应中值滤波算法多了同值压缩过程, 算法复杂度为 $O(n^2) + O(n)$, 但是, 采用同值压缩的方法, 较小的滤波窗口就能滤除密度更大的噪声, 提高了滤波速度.

参考文献:

[1] Ptas I, Venetsanopou A N. Nonlinear digital filters principles and application [M]. Norwell, MA: Kluwer, 1990.
 [2] Gonzalez R C, Woods R E. Digital image processing [M]. 第二版. 北京: 电子工业出版社, 2002.
 [3] 胡旺, 李志蜀, 黄奇. 基于双窗口和极值压缩的自适应中值滤波 [J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(1): 43-50.
 [4] 王勋, 毕笃彦. 一种变分自适应中值滤波算法 [J]. 计算机应用, 2006, 26(9): 2059-2062.

(责任编辑: 尹 闯)