

用局部对比度信息改善图像质量*

王炜华, 沈振康

(国防科技大学 ATR 国家重点实验室, 湖南长沙 410073)

摘要: 在图像的摄取和传输中, 图像经常降质。为了改善图像质量, 将信息熵的概念与图像的局部对比度信息相结合, 提出了一种基于熵概念的非线性噪声的滤除方法, 并进一步利用局部统计信息对图像进行增强。分别对模拟图像以及红外图像进行了试验, 并与中值滤波、Lee 滤波、Frost 滤波等经典噪声滤波方法进行比较, 实验结果验证了该方法的有效性。

关键词: 局部对比度; 对比度熵; 噪声滤波; 图像增强

中图分类号: TN911.73 **文献标识码:** A

Using Contrast Information for the Enhancement of Image

WANG Wei-hua, SHEN Zhen-kang

(ATR Lab, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: The images are usually degraded during capturing and transferring. To improve the quality of images, a method that uses the local contrast information combined with the entropy concept to suppress the non-linear noise in images is described here. Furthermore, images are also enhanced by local contrast information. This method is compared with other classic denoising methods, such as median filter, Lee filter, Frost filter and so on. The experimental results of the simulations and application to synthetic noised images and infrared images prove the good performance of the proposed method.

Key words: local contrast; contrast entropy; denoising; image enhancement

在图像的摄取和传输过程中, 经常不可避免地会引入失真, 使图像降质。尤其是噪声的存在, 影响了对图像信息的进一步判读。图像滤波方法很多, 按照工作域可以分为空域滤波和频域滤波以及变换域滤波几种。大多数空域平滑方法^[1,2], 例如均值滤波、中值滤波对图像中的像素是否受噪声影响不加任何区分, 对所有像素都进行滤波修正, 这样常常会导致图像细节丢失, 造成结果图像模糊。而频域平滑方法^[3] 必须要设计合适的频率滤波器, 选择适当的截止频率, 这种方法比较耗时, 而且在做反变换时可能会有一些不需要的附加信号产生。小波变换滤波^[4] 是近几年来研究较多的去噪方法, 但它也需要根据特定信号设计小波基函数, 才能取得较好的抑制噪声的效果。在这里提出一种简便的基于熵概念的非线性滤波方法, 它将熵的概念引入到图像的局部对比度中, 提出一种局部对比度熵的概念, 作为确定图像中像素是否含有噪声的依据, 对含噪像素进行滤波修正, 达到抑制图像噪声的目的。

1 对比度熵

在信息论^[5] 里, 熵值是用来表征物理系统运动状态的不确定性即无序性的一个统计量, 在图像分割中, 则可以认为是针对其中不同分割而赋予的不确定性的测度, 它的定义是:

$$H = E \left[\log \frac{1}{p(a_i)} \right] = - \sum_{i=1}^n p(a_i) \log p(a_i) \quad (1)$$

由熵的定义可知

$$H = - \sum_{i=1}^n p(a_i) \log p(a_i) \leq \log n \quad (2)$$

* 收稿日期: 2002-12-07

作者简介: 王炜华(1977-), 女, 博士生。

当且仅当 $p(a_i) = 1/n$ ($i = 1, \dots, n$), 上式取等号。

假设像素 X_i 是窗口 W_i 的中心点, 灰度值为 g_i , 其邻域像素的数目为 n , X_i 的对比度定义为:

$$C_i = \frac{|g_i - g_i|}{g_i} = \frac{\Delta}{g_i} \quad (3)$$

其中, g_i 是 X_i 邻域像素的平均灰度, Δ 是 X_i 与邻域点的平均梯度。

X_i 的局部对比度概率为:

$$P_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i} = \frac{\Delta}{\sum_{i=1}^n \Delta} \quad (4)$$

对比度熵为:

$$H_C = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i \quad (5)$$

2 噪声确定准则

用对比度熵 H_C 可以量度像素含噪的不确定性, 当熵值较小时, 其含噪的不确定性也比较小, 可以明确该像素是否含噪; 而当熵值达到它的最大值 $\log n$ 时, 此时所有的 P_i 都等于 $1/n$, 像素含噪的不确定性最大, 可以认为图像被分为两个大小相同、但灰度不同的均匀区域, 像素不含噪声。

因此可以根据像素的对比度熵值来确定像素是否含噪, 其准则是: 当 $P_i > P_{th} = 1/n$ 时, 说明像素含有噪声, 应修正其灰度值, 否则不变。

以 3×3 的窗口 W_i 为例具体分析几种典型分布情况下该准则的适用性。

(1) 单点情况: 中心点灰度为 g_i , 邻域像素灰度为 g , $g_i \neq g$ 。易知: $P_i > P_{th}$, 对比度熵值较小, 像素含噪的不确定性很小, 该点为噪声点。

(2) 均匀区域: 所有像素点的灰度值都相等。此时, $P_i = 0$, 对比度熵值较小, 像素含噪的不确定性也很小, 区域内没有噪声。

(3) 临界区域: 此时大于均值灰度和小于均值灰度的像素点数几乎相等, 则 $P_i = P_{th} = 1/8$, 对比度熵值最大, 像素含噪的不确定性很大。此时该点不是噪声点。

(4) 渐变区域: 窗口中心点灰度为 g_0 , 邻域像素中 n_1 个点灰度相近为 g_1 , n_2 个点灰度相近为 g_2 , g 是邻域像素的平均灰度。

若 $n_1 = n_2$, 则当 $g_0 < \min(g_1, g_2)$ 或 $g_0 > \max(g_1, g_2)$ 时, 中心点为噪声点, 否则不是;

若 $n_1 \neq n_2$, 当 $|g_0 - g| > \frac{2n_1 n_2}{(n_1 + n_2)^2} |g_1 - g_2|$ 时, $P_i > P_{th}$, 中心点为噪声点, 否则不是。

(5) 一般情况: 邻域像素灰度为 $g_j = g \pm \Delta$, g 是 8 个邻域点的平均灰度。而中心点像素 X_i 的灰度为 g_0 , $g_0 = g \pm \Delta$ 。

若 $\Delta > \frac{1}{8} \sum_{j=1}^8 \Delta$, 有 $P_i > P_{th}$, 该点为噪声点; 否则 $P_i = P_{th}$, 该点不是噪声点。

3 图像含噪像素灰度值的修正

对于那些 $P_i > P_{th}$ 的含噪像素, 过去常常是赋予其窗口的均值或中值^[6], 以尽量减小其与邻域像素灰度的差异。但这样会把像素原来的信息也当作噪声抹去了, 因此采用一种基于图像的局部对比度实现的保持图像信息的新的灰度值修正方法。

在含噪点邻域像素中找出对比度最大的像素 X_m , 灰度为 g_m , 窗口内像素值的范围为 $[g_{\min}, g_{\max}]$, 对窗口内像素按以下规则操作:

$$g' = \begin{cases} g_{\max}, & g > g_m \\ 0, & g = g_m \\ g_{\min}, & g < g_m \end{cases} \quad (6)$$

含噪点修正为

$$g_n = \frac{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 g'(i,j) [\psi d(i,j)]}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 [\psi d(i,j)]} \quad (7)$$

其中 $d(i,j)$ 为各邻域点与中心点的距离, 中心点的 $d(i,j) = 2$ 。

4 实验结果

我们首先产生一幅仿真模拟图来检验各种方法的效果, 然后再用一幅实际的红外图像来做分析。参与比较的算法有中值滤波、Lee 滤波、Frost 滤波算法。模拟图像是添加了方差为 0.6 的脉冲噪声的 128×128 的 Lena 图像, 滤波结果如图 1。实际红外图像大小为 320×192 , 滤波结果如图 2。



(a) 原图

(b) 中值滤波

(c) Lee 滤波



(d) Frost 滤波

(e) 本文算法

图 1 4 种滤波方法对模拟图像的滤波结果

Fig. 1 Results of the synthesis image using 4 different filters



(a) 原图

(b) 中值滤波

(c) Lee 滤波



(d) Frost 滤波

(e) 本文算法

图 2 4 种滤波方法对红外图像的滤波结果

Fig. 2 Results of the infrared image using 4 different filters

下面进行定量分析。所选取的衡量标准为图像标准差 σ , 均值保持能力 PM 以及 ENL 。方差是衡量图像质量的一个重要参数, ENL 是图像均值的平方与方差的比值, 在均值变化很小的情况下, ENL 越大, 则表明方差越小, 抑制噪声的能力也就越强。

表 1 对模拟图像和红外图像去噪效果比较

Tab. 1 Comparison of the denoising effect for synthesis image and infrared image

	模拟 图像	中值 滤波	Lee 滤波	Frost 滤波	本文 算法	红外 图像	中值 滤波	Lee 滤波	Frost 滤波	本文 算法
PM	1	0.94	0.93	0.95	1.01	1	0.994	0.995	0.995	0.998
σ	51.6	45.7	43.9	41.0	37.9	33.8	27.4	26.0	25.4	23.6
ENL	8.9	12.8	14.1	14.6	16.8	17.1	26.29	29.1	30.6	35.1

由表 1 可以看出: 无论是模拟图像还是实际的红外图像, 本文算法对它们的均值改变不大, 但却较大程度地减小了方差, 增大了 ENL , 较之中值滤波、Lee 滤波、Frost 滤波算法有更好的效果。

5 结论

该算法将熵的概念引入到图像的局部对比度中, 用局部对比度熵作为确定图像中像素是否含有噪声的依据, 并对含噪像素进行滤波修正, 以达到抑制图像噪声的目的。由实验结果的定量分析可知, 本文提出的改善图像质量的算法效果是最好的, 此外, 从图像直观效果也可以看出, 该方法对脉冲噪声以及红外图像中的热噪声的抑制效果都好, 证明了它的有效性。

参考文献:

- [1] Frost V S, Stiles J A, Shanmugan K S, Holtzman J C. A Model for Radar Images and Its Application to Adaptive Digital Filtering of Multiplicative Noise[J]. IEEE Trans. on PAMI, 1982, 4(2): 157- 165.
- [2] Lee J S. Digital Image Enhancement and Noise Filtering by Use of Local Statistics[J]. IEEE Trans. on PAMI, 1980, 2(2): 165- 168.
- [3] 孙仲康, 沈振康. 数字图像处理及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985.
- [4] Chang S G, Yu B, Vetterli M. Adaptive Wavelet Thresholding for Image Denoising and Compression [J]. IEEE Intel Conf. on Image Processing, Santa Barbara, USA, 1997
- [5] 傅祖芸. 信息论基础[M]. 北京: 电子工业出版社, 1990.
- [6] Beghdadi A, Khellaf A. A Noise-filtering Method Using a Local Information Measure[J]. IEEE Trans. on Image Processing, 1998, 6(6): 879-882.