

·信号与信息处理·

基于中值滤波和生物仿生学的图像增强研究

王 群, 何永强, 周云川

(军械工程学院, 河北 石家庄 050003)

摘 要:针对红外图像对比度差、信噪比低的特点,提出了一种基于中值滤波和生物仿生学的微光图像对比度增强算法,首先对红外图像进行中值滤波去噪,然后用生物视觉模型对去噪后的图像进行增强得到增强后的图像。实验结果表明,该算法突出了图像的细节信息,同时增强了图像的对比度,与传统的中值滤波加直方图均衡和加权邻域平均加灰度调整等算法相比,图像的信噪比和峰值信噪比都有很大的提高。

关键词:中值滤波; on-中心型; off-中心型; 对比度增强

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2011)05-0051-04

Research of Image Enhancement Method Based on Median Filtering and Biological Bionics

WAGN Qun, HE Yong-qiang, ZHOU Yun-chuan

(Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: For infrared image with the characteristics of low contrast and low signal-to-noise ratio (SNR), an infrared image enhancement method based on median filtering and biological bionics is presented. Firstly, the median filtering is used for image de-noising, and then the image is enhanced by using biology vision model. Finally, the enhanced image is obtained. A group of experimental results demonstrate that the presented algorithm can reduce the noise and highlight the image detail, and solve the problem of the low contrast in infrared image. Comparing with the traditional image enhancement methods of median filtering method with histogram equalization enhancement and weighting neighborhood averaging method with gray value transform, the SNR and peak signal-to-noise ratio (PSNR) of image both are advanced.

Key words: median filtering; on-central; off-central; contrast enhancement

红外图像具有高背景、低反差的特点,其动态范围大、对比度低,信噪比也较可见光图像的低^[1]。为了便于人眼识别和机器处理,必须对红外图像进行去噪和增强处理。图像增强技术就是针对这一问题的处理技术,它是指对图像的某些特征进行强调和锐化,以便于显示、观察或进一步处理。传统的图像增强技术如直方图均衡化,直方图规定化,灰度变化法^[2-5],邻域加权平均法,差分求图像边缘法等虽然

能在一定程度上对图像进行增强,但对图像增强的效果很难控制。领域加权平均法在增强图像的同时降低了图像的对比度,直方图均衡化不能很好地突出图像中的目标,直方图规定化很难找到与图像相匹配的直方图。在实际的应用中,获得的红外图像往往含有噪声,如果只考虑图像增强,在增强图像的同时放大了图像中的噪声,使得图像的信噪比下降。因此,文中提出了一种基于中值滤波和生物仿生学的图像增强算法,该算法在图像增强的同时有

收稿日期: 2011-08-26

基金项目: 中国博士后科学基金资助项目(20090461753)

作者简介: 王群(1987—),男,硕士研究生,研究方向为光电工程和信息处理。

效地滤除噪声,突出图像的细节部分,提高信噪比,便于人眼观察和后续处理。

1 基于中值滤波的图像去噪

中值滤波是一种图像增强的非线性技术,它将每一个像素点的灰度值设置为该点某邻域窗口内所有像素点灰度值的中值^[5-8],在去除图像噪声的同时可以较好地保护图像的边缘,但与原图形相比,图像细节部分有一定程度的丢失,使得图像变模糊。

中值滤波的原理是把序列中的一点,用该点邻域的中值代替。中值的定义为:

一组数 x_1, x_2, \dots, x_n , 把这 n 个数按数值的大小进行排列 $x_{i1} \leq x_{i2} \leq \dots \leq x_{in}$ 。则

$$y = \text{Med}\{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (1)$$

y 是序列的中值。把一个点特定形状的邻域称作窗口,对于二维图像可以利用某种形状的中值滤波器(如方形、圆形、十字形等)对图像进行滤波。

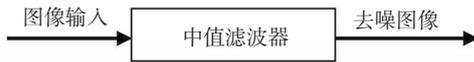


图1 中值滤波过程图

图1是中值滤波去噪的过程图,文中算法中值滤波去噪算法的实现过程首先选定了—个 3×3 中值滤波器(窗口) $W(i, j)$, 利用 $W(i, j)$ 从图像 $x(i, j)$ 中取出数据;其次对取出的数据按照大小排序,用排序后的中值代替要处理的数据。即

$$y(i, j) = \text{Med}\{x(i-r, j-s) * W(r, s)\} \quad -1 \leq r, s \leq 1 \quad (2)$$

式中, $x(i, j)$ 表示输入图像, $y(i, j)$ 表示输出图像,符号“*”表示卷积。中值滤波是一种简单快速地去噪声的算法,它在去噪的同时能较好地保持图像的边缘,在一定程度上有增强图像的作用,对于红外图像的去噪和增强都能起到—定的作用。

2 基于生物仿生学的图像增强

生物视觉神经细胞之间存在侧抑制现象,该现象最初由 Hartline 在鱼的侧复眼上观察得到的^[6]。任意选定鱼的一个小眼作为受试感受器,对它进行稳定的光照,其发放稳定在一个定值,当对其邻近的一群小眼也进行光照时,会使受试感受器的发放明显变慢,而撤去邻近感受器的光照后,发放马上恢复到原来的定值。邻近感受器的光照强度越强,受试感

受器的发放变慢越多,受光照的邻近感受器越多,效应越大。每一个感受器即会抑制邻近的感受器,也会被其邻近的感受器所抑制。根据侧抑制现象可以建立侧抑制网络。

2.1 侧抑制网络

设 e_A, e_B 分别表示感受器 A, B 在单独光照条件下的脉冲发放, r_A, r_B 表示感受器 A, B 在相互作用时的脉冲发放,则侧抑制网络可写成如下方程

$$\begin{cases} r_A = e_A - k_{AB}(r_B - r_{AB}^0) \\ r_B = e_B - k_{BA}(r_A - r_{BA}^0) \end{cases} \quad (3)$$

式中, k_{AB} ($k_{AB} \geq 0$) 表示感受器 B 对 A 作用时的抑制系数; k_{BA} ($k_{BA} \geq 0$) 表示感受器 A 对 B 作用时的抑制系数; r_{AB}^0 表示感受器 B 对 A 产生抑制作用时达到的阈值; r_{BA}^0 表示感受器 A 对 B 产生抑制作用时达到的阈值。括弧中的值不能为负值(出现负值时用零代替),即不存在“负抑制”。把式(3)推广到 n 个感受器相互作用,则需要 n 个方程

$$r_p = e_p - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq p}}^n k_{p,j}(r_j - r_{p,j}^0) \quad p = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

式中, r_p 表示第 P 个感受器受到的相互抑制作用时的脉冲发放; e_p 是第 P 个感受器单独受光照时的脉冲发放; $k_{p,j}$ 是第 j 个感受器对第 P 个感受器的抑制系数; $r_{p,j}^0$ 是第 j 个感受器产生抑制作用必须达到的阈值。同样括弧中的值不能为负值(出现负值时用零代替),即不存在“负抑制”。

2.2 人眼视觉模型

人眼的视觉系统中同样存在侧抑制现象,它使得空间雷同信息得到抑制并减弱,空间反差信息得到增强,1953年, Kuffler 首次阐明人眼感受野的空间分布呈同心圆拮抗(Opponent)模式^[9-12],空间感受野分为 ON-中心型和 OFF-中心型, ON-中心型感受野是由中心兴奋区和周边抑制区组成的同心圆机构,它们在功能上是相互拮抗的,对中间区域施加两点刺激,其反应是相互叠加的,如果一点刺激在中心,另一点刺激在周边,其反应呈现相互的拮抗作用。OFF-中心型的分布与 ON-中心型正好相反。

Rodieck 于 1965 年提出同心圆拮抗式感受野的数学模型^[13-15],由一个兴奋作用强的中心机制和一个作用较弱但面积更大的抑制性周边机制构成。两

个机制之间存在相互拮抗的作用,且都是高斯分布,方向相反,符合相减的关系,所以 Rodieck 模型又称高斯差分模型(different of Gaussians, DOG)。

$$DOG = c_1 - c_2 = Ae^{-\frac{x^2+y^2}{\delta_1^2}} - Be^{-\frac{x^2+y^2}{\delta_2^2}}$$

$$c_1 = Ae^{-\frac{x^2+y^2}{\delta_1^2}}$$

$$c_2 = Be^{-\frac{x^2+y^2}{\delta_2^2}}$$
(5)

式中, A 、 B 、 δ_1 和 δ_2 均为常数; c_1 、 c_2 是高斯核。

如果 $A > B$, $\delta_1 < \delta_2$, 对应的是 ON-中心型感受野, 中心部分是一个细而高的兴奋区, 外周是平坦的抑制区, 如图 2 所示。如果 $A < B$, $\delta_1 > \delta_2$, 则对应是 OFF-中心型感受野, 其空间分布与 ON-中心型正好相反, 如图 3 所示。文中取 c_1 、 c_2 均为 5×5 的矩阵, 形成 ON-中心型感受野对图像进行增强处理。

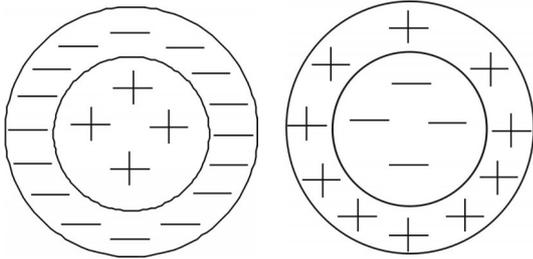


图2 ON-中心型感受野 图3 OFF-中心型感受野

CSSN(on-Center off-Surround Shunting Network) 是根据人眼的视觉能力提出的动态方程^[16], 它能提取边缘的拮抗特性, 把它推广到处理二维图像的动态方程, 其中的拮抗特性数学模型采用同心圆模式的 DOG。

$$\frac{dE_{i,j}}{dt} = -AE_{i,j} + (B - E_{i,j})[c_1 * I^c]_{i,j} - (D + E_{i,j})[c_2 * I^s]_{i,j}$$
(6)

式中, c_1 、 c_2 是 5×5 的高斯核; i, j 表示图像大小; I^c 表示中心兴奋图像; I^s 表示周边抑制图像; E 表示处理后的结果图像; 常数 B 和 D 分别表示兴奋饱和值和抑制饱和值; 常数 A 是向零值衰减的速率, 所有的参数都是非负值。设 $B = D = 1$, 在图像增强的过程中不考虑动态过程, 所以只考虑 CSSN 达到平衡时的方程, 即 $dE_{i,j}/dt = 0$, 求解得

$$E_{i,j} = \frac{[c_1 * I^c]_{i,j} - [c_2 * I^s]_{i,j}}{A + [c_1 * I^c]_{i,j} + [c_2 * I^s]_{i,j}}$$
(7)

当 2 个输入图像相同, 即 $I^c = I^s$ 时, 式(7)可以写成如下形式

$$E_{i,j} = \frac{[c_1 - c_2] * I_{i,j}}{A + [c_1 + c_2] * I_{i,j}}$$
(8)

式中, $E_{i,j}$ 表示处理后的结果图像; $I_{i,j}$ 表示输入图像, 其余参数含义与式(6)相同。

2.3 图像增强处理

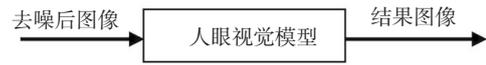


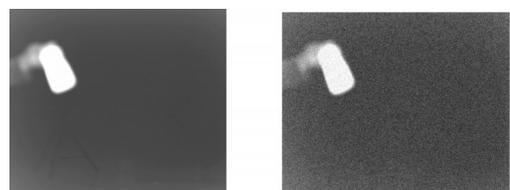
图4 视觉模型增强图像过程图

图 4 是利用人眼视觉模型对去噪后的图像进行增强的过程图, 利用式(5)中选取的 5×5 高斯核 c_1 和 c_2 , A 取值为 1 000, 利用式(8)对 中值滤波去噪后的图像进行增强处理。

人眼视觉模型通过模拟人眼处理图像信息的机制来构造数学模型并进行图像处理, 对图像有明显增强反差、突出边缘的作用, 在增强图像细节压缩图像信息的同时能保持图像的能量不损失, 所以能够用于图像的增强处理。文中针对红外图像噪声大、细节不明显的缺点, 首先利用中值滤波对红外图像进行去噪处理, 然后把去噪的图像送入人眼视觉模型中进行图像的增强处理, 得到去噪后的增强图像。

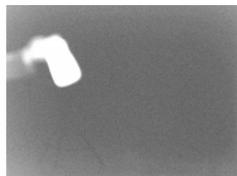
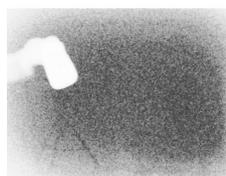
3 实验结果及分析

文中对采集的红外图像进行处理, 图像的大小为 768×576 , 如图 5 所示。图 5a 为原始图像, 图 5b 为加入均值为 0, 方差为 0.001 的高斯噪声后的图像, 图 5c 为中值滤波和直方图均衡处理后的图像, 图 5d 为加权邻域平均和灰度调整处理后的图像, 图 5e 为文中算法处理后的图像。从图 5c 中可以看出, 图像的对比度得到提高但是图像中的噪声也得到了放大; 从图 5d 中可以看出图像中还存在很少的噪声, 图像的对比度同样没有提高, 不利于图像的后续处理; 从图 5e 中可以看出, 图像在对比度增强的同时有效地抑制了图像中的噪声, 使得图像的细节部分更加清晰。

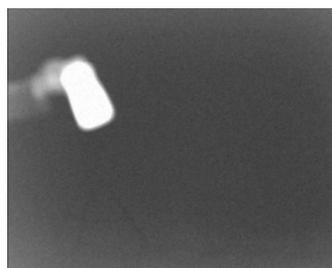


(a)原图像

(b)噪声图像



(c) 中值滤波+直方图均衡 (d) 加权邻域平均+灰度调整



(e) 文中算法

图5 实验处理结果

实验在 Matlab7.1 中进行仿真,运行环境为 Intel Celeron CPU,内存为 512 M,分别计算具有可比性的评价图像的 2 个标准:峰值信噪比($PSNR$)和信噪比(SNR)。计算结果如表 1。从表 1 可以看出,文中算法与中值滤波和直方图均衡、加权邻域平均和灰度调整算法相比 $PSNR$ 和 SNR 都有较大的提高,结合图像的实验效果,表明文中算法对于红外图像有较好的去噪增强效果。

表 1 峰值信噪比和信噪比

方法	$PSNR$	SNR
中值滤波+直方图均衡	10.388	2.052 6
加权邻域平均+灰度调整	16.835	6.652
文中算法	38.473	28.29

4 结论

针对红外图像多噪声、对比度差,文中算法基于中值滤波和生物仿生学对红外图像进行去噪和增强处理,有效地滤除了噪声并对图像进行了增强,使图像的对比度得到了很大的提高,与中值滤波和直方图均衡、加权邻域平均和灰度调整算法相比,图像的 $PSNR$ 和 SNR 都有很大程度的提高,该算法在性能上优于中值滤波和直方图均衡、加权邻域平均和灰度调整等传统算法,对红外图像有很好的去噪增强效果。

参考文献

[1] 张敬贤,李玉丹,金伟奇.微光与红外成像技术[M].北京:

北京理工大学出版社,1995.

- [2] 冈萨雷斯.数字图像处理(MATLAB版)[M].北京:电子工业出版社,2008:276-284.
- [3] PIZER S. Adaptive histogram equalization and its variations [J]. Computer Vision Graphics & Image Processing, 1987,39 (3):355-368.
- [4] CASELLES V. Shape preserving local contrast enhancement [C]//Processings of the 1997 International Conference on Image Processing (ICIP'97). Washington IEEE Computer Society, 1997.
- [5] KIM J Y, KIM L S, HWANG S H. An advanced contrast enhancement using partially overlapped sub-block histogram equalization[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2001, 11(4):475-484.
- [6] Xin Wang. Adaptive Multistage Median Filter[J]. IEEE Transactions on signal processing,1992,40(4):1015-1017.
- [7] Xiahua Yang, Peng Seng Toh. Adaptive Fuzzy Multilevel Median Filter[J]. IEEE Transactions on image processing, 1995,4(5):680-682.
- [8] Yong Hoon Lee, Adly t Fam. An Edge Gradient Enhancing Adaptive Order Statistic filter[J]. IEEE transactions on acoustics, speech, and signal processing , 1987, Assp-35 (5):680-695.
- [9] H Hwang, R A Haddad. Adaptive Median Filters: New Algorithms and Results[J]. IEEE Transactions on image processing ,1995,4(4):499-502.
- [10] A M Waxman, A N Gove, M C Seibert, et. al. Progress on color night vision: Visible/IR fusion, perception & search, and low-light CCD imaging[C]//Proc. SPIE, 2736: 96-107, 1006.
- [11] 顾凡及,江云九.侧抑制网络中的信息处理[M].北京:科学出版社,1983.
- [12] G A Carpenter, S Grossberg. Neural Network for Vision and Image Processing[M]. Lexington: MIT Press, 1992.
- [13] Grossberg. Nonlinear neural networks: Principles, mechanisms, and architectures[M]. Neural Net,1988:17-61.
- [14] 寿天德.视觉信息处理的脑机制[M].上海:上海科技教育出版社,1997.
- [15] 林克椿.生物物理学[M].武汉:华中师范大学出版社,1999.
- [16] 赵南明,周海梦.生物物理学[M].北京:高等教育出版社,施普林格出版社,2000.
- [17] 李言俊,张科.视觉仿生成像制导技术与应用[M].北京:国防工业出版社,2006.