

基于 PCNN 的彩色图像混合噪声滤除

何 凯, 黎绍发, 王 成

(华南理工大学计算机科学与工程学院, 广州 510006)

摘 要: 针对基于阈值线性衰减输出带权均值型脉冲耦合神经网络(L&A-PCNN)的彩色图像混合噪声滤除在进行图像滤波时易产生噪点误判, 从而导致污迹斑的问题, 结合混合噪声性质, 以及 PCNN 模型的点火特征, 对 L&A-PCNN 算法做出进一步改进, 建立新的噪点判断方法, 提出基于 L&A-PCNN 的彩色图像混合噪声滤除改进型算法, 仿真实验证明了其有效性。

关键词: 脉冲耦合神经网络; 混合噪声; 阈值线性衰减

Mixed-noise Removal for Color Images Based on Pulse Coupled Neural Network

HE Kai, LI Shao-fa, WANG Cheng

(Department of Computer Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006)

【Abstract】 This paper proposes an improved mixed-noise removal method for color images based on Pulse Coupled Neural Network(PCNN) which has linear attenuated threshold and weighted averaged gray level output to solve the noise blotches problem with the estimation of noise pixels achieved by analyzing the features of mixed-noise and fire-time matrixes. Mixed-noise removals for various color images are implemented with the proposed algorithm and the experimental results demonstrate its validity.

【Key words】 Pulse Coupled Neural Network(PCNN); mixed-noise; linear-attenuated threshold

1 概述

随着计算机及图像获取技术的不断发展, 彩色图像包含了更多的图像信息, 对其研究受到广泛关注。其中, 如何有效抑制噪声直接影响到图像的后续处理^[1]。尤其是对混合噪声的滤除, 一直是图像去噪领域的难点。

脉冲耦合神经网络(Pulse Coupled Neural Network, PCNN)具有生物学背景, 是依据动物的大脑视觉皮层上的同步脉冲发放现象提出的^[2], 已在图像处理、图像融合、通信等领域得到广泛应用^[3]。文献[4]提出了阈值线性衰减输出带权均值型 PCNN 模型, 即 L&A-PCNN, 并应用于彩色图像混合噪声的滤除, 其处理性能优于模糊滤波、中值滤波等方法。但是, 在进一步的研究中, 发现该方法还存在运行不稳定、对彩色图像滤波易出现污迹斑等问题。

本文提出了改进型 L&A-PCNN 彩色图像混合噪声滤除算法。仿真实验证明, 该算法滤波性能明显优于 L&A-PCNN 方法。

2 L&A-PCNN模型

应用于图像处理的 L&A-PCNN 模型, 是由侧面连接的神经元组成的单层二维阵列^[5]。每个像素对应一个脉冲耦合神经元, 组成一个单层网络结构。其神经元主要由 4 个模块组成。

(1)输入接收模块: 得到神经元 N_k 所对应的图像像素点(i, j)的亮度值, 记为 $F_{ij}(t)$ 或 $F_k(t)$ 。

(2)连接接收模块:

$$L_k(t) = L_{ij}(t) = \sum_{m=i-1; n=j-1}^{m=i+1; n=j+1} W_{mn} \times \text{Step}(Y_{mn}(t)) \quad (1)$$

(3)内部活动模块: 将输入接收模块得到的值与连接接收模块的值按公式计算得 $U_k(t)$:

$$U_k(t) = F_k(t)(1 + \beta_k L_k(t)) \quad (2)$$

(4)脉冲产生模块:

$$\theta_k = \begin{cases} V_k & t = 0 \\ V_k(1 - \frac{t}{t_1}) & 0 < t < t_1 \\ \infty & t = t_1 \end{cases} \quad (3)$$

其中, t_1 表示神经元 N_k 点火的时间。输出为

$$Y_{mn}(t) = Y_k(t) = \begin{cases} 0 & U_k(t) < \theta_k(t) \\ \frac{1}{|D| \cdot \alpha} \sum_{k \in D} F_k & U_k(t) \geq \theta_k(t) \end{cases} \quad (4)$$

其中, $D = \{k | U_k(t) \geq \theta_k(t)\}$ 。

L&A-PCNN 避免了目前几种改进模型^[6]存在的不足和缺陷, 更适用于图像处理应用, 具体可参见文献[4]。

3 彩色图像混合噪声滤除算法

虽然 L&A-PCNN 较目前 PCNN 模型做出进一步改进, 但是 L&A-PCNN 去除彩色图像混合噪声算法在对彩色图像滤波时容易出现污迹斑。

在 L&A-PCNN 算法中, 对噪点的判断是将所考查像素点与以它为中心的 3×3 窗口中的像素点进行比较, 若与它灰度

基金项目: 广东省工业攻关基金资助重点项目(2004B10101032)

作者简介: 何 凯(1984—), 男, 硕士研究生, 主研方向: 图像处理与模式识别; 黎绍发, 教授、博士生导师; 王 成, 博士研究生

收稿日期: 2009-12-20 **E-mail:** migrator_kai@126.com

值相差的绝对值大于 4β 的像素点个数大于 4, 则认为该像素点为噪声点^[4]。该噪点判断方法对于灰度分布均匀或边缘附近无噪声影响的图像是有效的; 但是当所考察的像素是图像边缘点时, 而该点与其领域中的像素存在较大灰度差, 或者图像边缘点所考察的领域内存在噪点时, 依此判断, 都可能会将正常的边缘像素点误判为噪点。同时, 对彩色图像的处理是在 R,G,B 3 个通道上分别处理后再进行叠加以形成最终的结果, 而由于上述误判的存在以及对被误判成噪点的正常像素点的去噪修复, L&A-PCNN 去除彩色图像混合噪声算法易出现污迹斑现象, 相关结果可见实验分析。

并且, L&A-PCNN 去除混合噪声算法在进行像素灰度均值处理的小幅度高斯去噪后, 再结合模型参数连接权值 β 来进行噪点判断。但是, 算法需人工调制模型参数以获得理想的处理结果。随着连接权值的不断变化, 会给算法中噪点判断的有效性带来不利影响。

而通常情况下, 被噪声污染的像素点的灰度值与周围的像素点的灰度值会有比较大的区别。因此, 当被噪声污染的像素点通过 PCNN 神经网络时, 它的输出与周围像素点的输出是不同的, 它们的点火时间也将不同, 据此可以判断该点是不是噪声点。具体而言, 当某个神经元点火而大多数邻近的神经元不点火, 说明对应像素点已经被噪声污染, 它对应的灰度值应该比它实际的要高; 当某个神经元不点火而大多数邻近的神经元点火, 同样说明对应像素点被污染了, 它对应的灰度值比实际的要低; 其他情况下, 说明该像素点没有被污染。

因此, 本文算法对图像噪点判断做出了修正: 将所考查的像素点与以它为中心的 3×3 窗口中的像素点进行比较, 若该像素点对应模型中的神经元的 3×3 窗口中存在 4 个(或 4 个以上)神经元的点火时间大于或等于该神经元的点火时间, 或者存在着 4 个(或 4 个以上)神经元的点火时间小于或等于该神经元的点火时间, 那么就判断所考查的像素点为噪点。

PCNN 模型的捕获机理是单向的, 只能由高亮度像素捕获低亮度像素; 而混合噪声中高斯噪声对图像像素向上或向下污染比例基本一致, 在 L&A-PCNN 模型中引入均值权值 α 是为了更有效地控制向上偏移的噪声^[4]。本文算法对其图像噪点判断做出了进一步修正和改进, 因此, 对于模型中的 α 取值规律需重做考察: 在每种强度下随机抽取 1 000 幅污染图像, 每幅图像取多个不同的 α 值对高斯噪声进行初步滤除后计算 SNR 值, 将相同污染强度图像在相同 α 值下进行滤波后的 SNR 值求均值, 选取有代表性的 3 种噪声密度图像滤波后 α 为自变量的 SNR 取值趋势, 如图 1 所示。

从图 1 可知, 对于图 1(a)、图 1(b)、图 1(c)3 种情况下, α 分别在 1.008, 1.01, 1.05 下 SNR 可取得最大值。多数情况下, α 取值为 1.01, 即可获得较优的图像处理效果。当噪声强度很大如方差大于 0.007 或很小如方差小于 0.002 时, 可对 α 值向上或向下进行调整, 以取得理想的处理结果。

本文的彩色图像混合噪声滤除算法描述如下:

- (1) 获取 RGB 图像的 3 个分量 R, G, B 。
- (2) 将 3 个分量分别采用本文提出的混合噪声滤除算法进行处理, 分别获得其噪声滤除的结果图。
- (3) 将 3 个分量的结果合并得到最后的混合噪声滤除的结果图。

步骤(2)中的混合噪声滤除算法如下:

- 1) 设置 V_k, β 及 α , 在 $\theta_k \in [0.5, V_k]$ 区间内对待处理图像

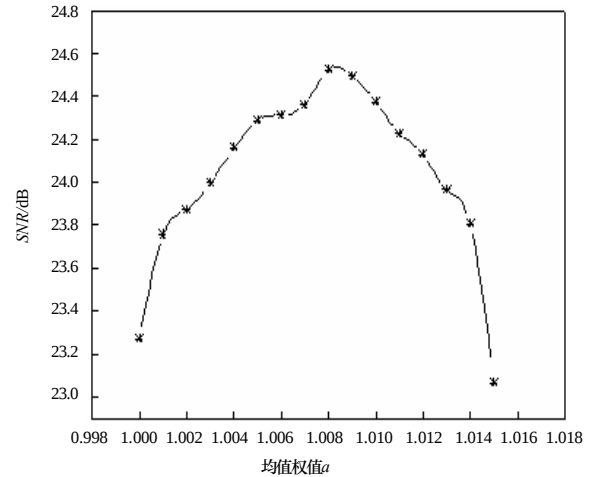
像素值进行区域划分, 获得 Y_{ij} 。该输出结果滤除了原图像亮度值在 $[0.5, 1]$ 区间内的小幅度高斯噪声。

- 2) 对步骤 1) 取得的输出结果进行反转, 重复步骤 1), 滤除原图像亮度值在 $[0, 0.5]$ 区间内的小幅度高斯噪声。

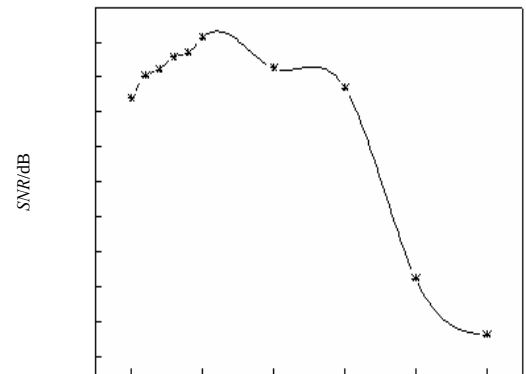
- 3) 对步骤 2) 获得的处理结果进行反转, 得到滤除小幅度高斯噪声后的复原图像 I_1 。

- 4) 对图像中像素点按本文的判别准则进行噪点判别。

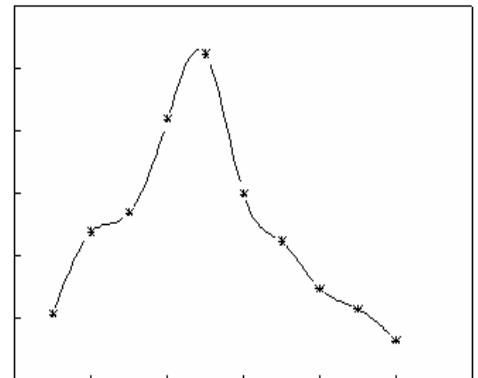
- 5) 以噪声点为中心进行中值滤波后去掉扩充的边界, 得图像 I_s , 即为复原图像的结果。



(a) $u=0, \sigma=0.001$



(b) $u=0, \sigma=0.005$



(c) $u=0, \sigma=0.01$

图 1 不同噪声强度下 α 的 SNR 值趋势

4 实验结果与分析

本文在 Matlab 中进行仿真实验,如图 2 所示。其中图 2(b)是被 10%脉冲噪声+0.01 高斯噪声混合噪声污染后的 autumn 图在本文算法和 L&A-PCNN 算法处理后的恢复效果;为进一步比较本文算法与 L&A-PCNN 方法的处理性能,又随机抽取 1 000 幅图像,在各种强度混合噪声污染后使用这 2 种方法进行复原,将相同污染强度图像滤波后的 PSNR 值求均值,得到混合噪声强度与 PSNR 间的关系,如图 3 所示。

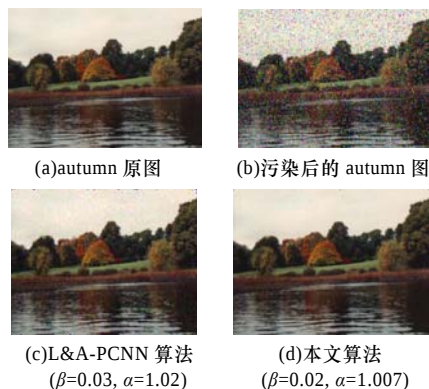


图 2 彩色图像混合噪声滤除算法比较

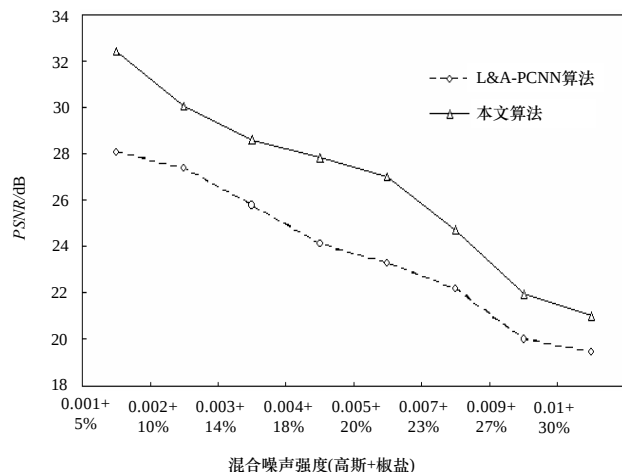


图 3 L&A-PCNN 和本文算法滤波评价参数 PSNR 比较

从图 2 可知,对灰度波动较大的 autumn 图处理时,L&A-PCNN 方法出现了明显的污迹斑,而本文算法的处理效果则较为理想。同时,由图 3 可知,本文算法滤波处理的理论评价参数 PSNR 在各种噪声强度下均优于 L&A-PCNN 方法。

由此可知,无论是算法处理的视觉效果,还是理论结果,本文算法都优于 L&A-PCNN 方法。这说明本文对 L&A-PCNN 彩色图像混合噪声滤除方法所做的改进是正确而有效的。

5 结束语

本文通过噪点判断准则的重新定义,对 L&A-PCNN 彩色图像混合噪声滤除算法做出了有效改进。今后可以针对模型中的参数自适应取值展开,将算法结合嵌入式系统推广应用到实时图像处理系统中。

参考文献

- [1] 张廷利, 张志鸿. 一种快速消除彩色图像高脉冲噪声的方法[J]. 计算机工程, 2009, 35(3): 233-234.
- [2] Ranganath H S, Kuntinad G, Johnson J L. Pulse-coupled Neural Network for Image Processing[C]//Proc. of IEEE Southeastcon'95. [S. l.]: IEEE Press, 1995: 37-43.
- [3] Stewart R D, Femin I. Region Growing with Pulse-coupled Neural Networks: An Alternative to Seeded Region Growing[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2002, 13(6): 1557-1562.
- [4] Tu Yongqiu, Li Shaofa, Wang Minqin. Mixed-noise Removal for Color Images Using Modified PCNN Model[C]//Proc. of the 2nd International Symposium on Intelligent Information Technology Application. [S. l.]: IEEE Computer Society, 2008: 347-351.
- [5] Kuntimad G, Ranganath H S. Perfect Image Segmentation Using Pulse Coupled Neural Networks[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1999, 10(3): 591-598.
- [6] Shi Meihong, Zhang Junying, Zhu Xinjuan. A Method of Image Gauss Noise Filtering Based on PCNN[J]. Computer Applications, 2002, 22(6): 177-183.

编辑 顾逸斐

(上接第 213 页)

通过 2 个水平集分割后的结果是下颌骨与牙齿的三维立体图。从图 2(e)可以看到,几颗牙齿有缺损,其原因是原始图像序列中对应的牙齿部位有几帧有缺损,说明该方法建立的三维模型是严格按照二维序列断层图像信息进行三维分割与重建的,真实反映了采集的序列断层图像信息。

4 结束语

本文提出变分水平集模型,用三维图像分割与重建过程对该模型的通用性和有效性进行验证。下一步工作是研究包括纹理信息、先验形状信息、运动信息的多相分割变分水平集模型。

参考文献

- [1] 李俊, 杨新, 施鹏飞. 基于 Mumford-Shah 模型的快速水平

集分割方法[J]. 计算机学报, 2002, 25(11): 1175-1183.

- [2] 杨威, 李俊山, 史德琴, 等. 基于改进变分水平集的红外图像分割方法[J]. 计算机工程, 2008, 34(4): 196-198.
- [3] 詹天明, 张建伟, 陈允杰, 等. 快速 CV 双水平集算法的人脑 MR 图像分割[J]. 计算机工程, 2009, 35(14): 181-183.
- [4] 肖亮, 吴慧中, 韦志辉, 等. 图像分割中分段光滑 Mumford-Shah 模型的水平集算法[J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(1): 129-135.
- [5] 周则明, 王元全, 王平安, 等. 基于水平集的 3D 左心室表面重建[J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(7): 1173-1178.

编辑 陆燕菲