

一种新的基于 PCNN 的图像脉冲噪声滤波算法

卢桂馥, 王 勇, 窦易文

(安徽工程科技学院 计算机科学与工程系, 安徽 芜湖 241000)

摘 要:为了更好地滤除图像中的脉冲噪声,在分析脉冲耦合神经网络(PCNN)的工作机理的基础上,在PCNN中引入了点火映射图的概念,并提出了一种新的基于PCNN点火映射图的图像脉冲噪声滤波器。该方法首先通过运行PCNN把噪声图像转化为点火映射图,然后利用点火映射图对图像中的脉冲噪声进行定位,最后仅对定位的噪声进行自适应滤波。计算机仿真实验说明,该方法的去噪效果优于传统方法,从而验证了该方法的有效性、合理性。

关键词:脉冲耦合神经网络;点火映射图;图像滤波;脉冲噪声

中图分类号:TP391;TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)12-0083-03

A New Impulse Noise Filter Algorithm Based on Fire - Mapping Image of PCNN

LU Gui-fu, WANG Yong, DOU Yi-wen

(Department of Computer Science and Engineering, Anhui University of Technology and Science, Wuhu 241000, China)

Abstract: In order to filter the impulse noise very well, the fire - mapping image is introduced into PCNNs based on the careful analysis of PCNN's operation mechanism, and a new impulse noise filter based on fire - mapping image of PCNN is presented. Firstly, the proposed algorithm converts the corrupted image into fire - mapping image. Then, the impulse noise is found correctly with the fire - mapping image. At last, the corrupted image is filtered using an adaptive method. Simulation results show that this algorithm outperforms the other algorithms.

Key words: PCNN; fire - mapping image; image filter; impulse noise

0 引 言

在数字图像的获取传输过程中,传感器和传输信道经常会产生一些脉冲噪声^[1]。噪声去除的好坏会直接影响到图像分割、边缘检测、特征提取等后续处理的效果。因而对其抑制处理是图像处理中一项非常重要的工作。传统的滤波方法有以局部平均法为代表的线性滤波和以中值算法^[2]为代表的非线性滤波。均值算法对脉冲噪声的滤波效果不理想,中值滤波虽然能去除噪声,但它对图像的边缘保持能力不理想,使图像的细节变模糊。

脉冲耦合神经网络(Pulse Coupled Neural Network, PCNN)^[3,4]是一种不同于传统人工神经网络的新型神经网络,它有着重要的生物学背景,是由 Eck-

horn 为解释在猫的大脑视觉皮层中实验所观察到的与特征有关的神经元同步行为现象而提出的。PCNN 的这个生物学背景使它在图像处理中具有先天的优势,有着与传统方法进行图像处理所无法比拟的优越性。

在文献[5]中提出了一种基于PCNN的噪声滤波方法,其基本思想是首先利用PCNN判断出某像素点是否为噪声,如为噪声则按照预设的步长修改噪声点,直到同步为止。但这种方法其步长的选择对滤波效果影响较大:步长太大,则不能有效地去除噪声;步长太小,则使运算量和运算时间成倍的增长。文中提出了另外一种基于PCNN点火映射图的图像脉冲噪声滤波算法。实验和仿真表明,文中算法具有较好的滤波性能,且对PCNN参数的选择不敏感,具有较好的鲁棒性。

1 算法原理描述

1.1 PCNN 模型

PCNN的基本工作原理是:输入一幅图像,其输出

收稿日期:2007-02-05

基金项目:安徽省青年教师科研资助计划项目(2006jq1156);安徽工程科技学院青年教师基金项目(2005YQ004)

作者简介:卢桂馥(1976-),男,浙江人,讲师,硕士,研究方向为图像处理 and 计算机视觉。

是一个二值的图像序列,这一序列依赖于时间和网络参数,并含有所需的原图像信息,从而可以在这一序列的基础上进行边缘检测、去噪、分割、识别纹理及其它特征抽取工作。式(1~5)是 Eckhorn 神经元模型修改得到的 PCNN 数学模型。其中 $F_{ij}(n)$ 是第 (i, j) 神经元的 n 次反馈输入, S_{ij} 为输入刺激信号(这里为图像像素构成的矩阵中第 (i, j) 像素的灰度值), β 为连接系数, $L_{ij}(n)$ 是连接项, $\theta_{ij}(n)$ 为动态阈值, $Y_{ij}(n)$ 是 PCNN 脉冲输出值, $U_{ij}(n)$ 为内部活动项, M 和 W 为连接权矩阵, V_F, V_L, V_θ 为幅度常数, $\alpha_F, \alpha_L, \alpha_\theta$ 为相应的衰减系数。它们满足如下数学关系式:

$$F_{ij}(n) = e^{-\alpha_F} F_{ij}(n-1) + S_{ij} + V_F \sum_{k,l} M_{ijkl} Y_{kl}(n-1) \quad (1)$$

$$L_{ij}(n) = e^{-\alpha_L} L_{ij}(n-1) + V_L \sum_{k,l} W_{ijkl} Y_{kl}(n-1) \quad (2)$$

$$U_{ij}(n) = F_{ij}(n)(1 + \beta L_{ij}(n)) \quad (3)$$

$$\theta_{ij}(n) = e^{-\alpha_\theta} \theta_{ij}(n-1) + V_\theta Y_{ij}(n-1) \quad (4)$$

$$Y_{ij}(n) = \begin{cases} 1 & U_{ij}(n) > \theta_{ij}(n) \\ 0 & U_{ij}(n) \leq \theta_{ij}(n) \end{cases} \quad (5)$$

1.2 PCNN 点火映射图

定义一个矩阵 I (初始值全为 0), 其大小与外部输入 S 、输出 Y 相等, 并且 I 中的任一元素与 S 、 Y 联系的神经元一一对应, 在 I 中存储与每个神经元点火时间相联系的时刻, 即:

$$I_{ij}(n) = \begin{cases} n & Y_{ij}(n) = 1 \\ I_{ij}(n-1) & Y_{ij}(n) \neq 1 \end{cases} \quad (6)$$

其中矩阵 I 记录了全部像素的点火时间, 因此称为点火映射图。点火映射图是输入图像在 PCNN 模型作用下的一个变换结果, 是输入图像时空整合的结果。点火映射图不仅充分考虑了前一时间刻神经元的行为, 同时也考虑了输入图像中空间相邻的相似像素之间的关系, 体现了输入图像的整体视觉特性。

1.3 基于点火映射图的图像脉冲噪声滤波

在图像滤波时, 采用点火映射图, 先将被脉冲噪声污染的预处理图像输入到 PCNN 中, 产生点火映射图 I 。由于 PCNN 中采用按指数下降的动态阈值函数, 所以形成的点火映射图中数值较小的元素对于含噪图像中灰度值较大的元素。然后用元素全为 1 的窗口矩阵 K 在点火映射图 I 上滑动来判定窗口内神经元的点火时间值, 从而决定如何对与窗口中心重叠的点火时间值对应的原图像像素进行滤波。

文中算法如下:

(1) 给出加噪图像 S 。设定循环的初始值 n 为 0, 阈值 θ 的初始值为图像 S 中的最大灰度值, 初始化其它所有的网络参数, 同时令每个像素处于抑制(熄火)

状态。

(2) 按式(1)~(5)式对加噪图像进行循环迭代。

(3) 若在第 n 次循环过程中, 某一神经元 (i, j) 点火, 则其输出 $Y_{ij}(n)$ 为 1, 此时令点火映射图 I 中与该点火的神经元相对应的值为 n , 然后设定此时该神经元的阈值为一个较大值, 使其不可能再次点火。因此所有的神经元点火有且只有一次。

(4) 判断 I 中所有元素是否有不为 0 的元素, 如果有, 则转入(2); 否则到(5)。

(5) 用 $m \times m$ (m 的初值为 3) 的矩阵 K 在点火映射图 I 上滑动, 依次处理 I 中被 K 覆盖的元素, 从而选择对含噪预处理图像采取的滤波措施。

对被矩阵 K 覆盖的 m^2 个元素由小到大进行排序:

(a) 如果此 m^2 个元素相等, 则对预处理图像采用均值滤波。

(b) 如果第 $(m^2 + 1)/2$ 个元素和第一个或最后一个元素等于被 K 覆盖 I 的中心元素, 则扩大矩形窗口, 使 $m = m + 2$, 重复(b)的操作。

(c) 如果第一个元素等于被 K 覆盖 I 的中心元素, 则对预处理图像进行中值滤波。

(d) 如果最后一个元素的值减去 $n/4$ (n 为最大循环次数) 小于被 K 覆盖 I 的中心元素的值, 则对预处理图像进行中值滤波。

(e) 否则, 直接输出预处理图像。

(6) 全部像素点处理完, 结束; 否则回到(5)。

2 实验仿真结果与分析

为了验证文中算法的有效性, 这里给出了用文中算法、中值滤波算法及均值算法对同一幅图像的滤波结果, 并与之进行了比较(见图 1, 图 2)。

从滤波效果看: 均值滤波不能有效地滤除噪声并且图像的细节变化也被明显削弱; 中值滤波的效果较好, 但也明显地损害了图像的细节; 文中算法的效果最好, 不但最大限度地滤除了噪声, 并且完美地再现了图像的细节。

为了进一步检验算法的滤波效果, 用峰值信噪比 (PSNR) 来比较各种算法的滤波结果, 峰值信噪比的计算公式为:

$$\text{PSNR} = 10 \times \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (\text{Output}(i, j) - S(i, j))^2}$$

其中, Output 为滤波后的图像, S 为原始图像, 具体结果见表 1。从表中可以看出, 文中提出的算法优于其它

算法。

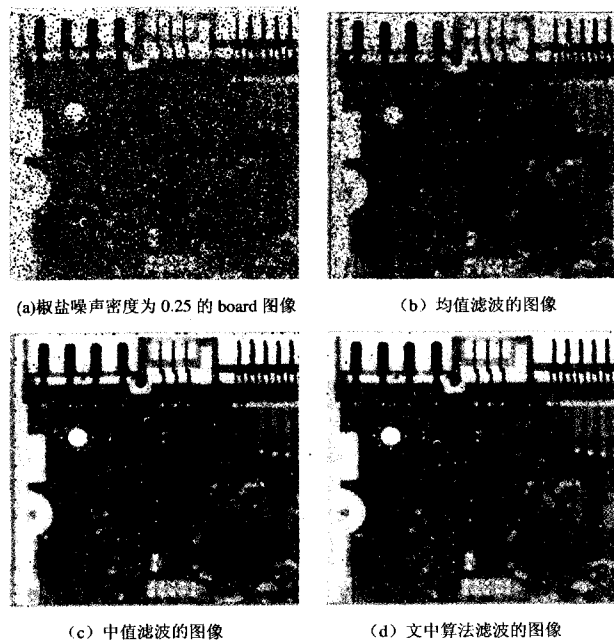


图 1 board 图像滤波结果比较

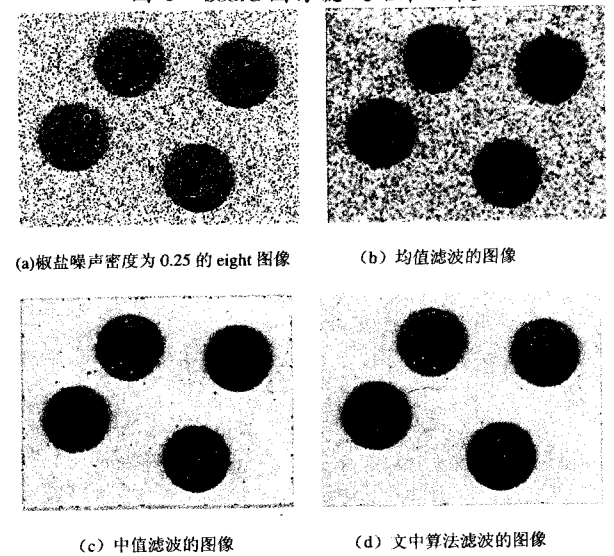


图 2 eight 图像滤波结果比较

表 1 文中算法与其它算法的性能比较

图像	滤波方法	PSNR
eight(加 25% 的噪声)	均值滤波	11.3236
	中值滤波	24.67
	文中算法	27.85
board(加 25% 的噪声)	均值滤波	11.89
	中值滤波	24.68
	文中算法	26.86

3 结 论

文中提出了一种基于 PCNN 点火映射图的脉冲噪声滤波方法。点火映射图不仅仅是简单的图像量化,而是基于 PCNN 模型充分考虑了前一时刻神经元的行为,同时也考虑了输入图像中空间相邻的相似像素之间的关系,可以说点火映射图是噪声图像在 PCNN 模型下的观察结果。通过计算机仿真,用实验数据验证了文中算法的先进性和可行性。同时,该算法对 PCNN 参数的选择不十分敏感,在较大的范围内选择 PCNN 参数用文中算法都能取得较好的效果,因此,该算法是比较健壮的。

参考文献:

[1] 黄煦涛. 二维数字信号处理 II - 变换与中值滤波器[M]. 北京: 科学出版社, 1985.

[2] Gonzalez R C, Woods R E. Digital Image Processing, Second Edition(影印版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.

[3] Johnson J L, Padgett M L. PCNN model and application[J]. IEEE Trans on Neural Network, 1999, 10(3): 480 - 498.

[4] Ranganath H, Kuntimad G, Johnson J L. A neural network for image understanding[C]//In: Fiesler E, Beale R, Eds. handbook of Neural Computation. Oxford, UK: Oxford Univ. Press, 1997.

[5] Ranganath H S. Object Detection Using Pulse Coupled Neural Networks[J]. IEEE Transactions Neural Networks, 1999, 10 (3): 615 - 620.

(上接第 82 页)

分析工具来对数据挖掘结果及数据挖掘过程进行可视化操作,将有效解决数据挖掘过程及结果的可解释性问题。以 Web 为应用操作窗口的用户界面将使异地使用数据挖掘及系统的维护变得更加容易。一旦数据挖掘过程变得简单实用,并无缝隙地集成到商务过程和企业的通用数据信息流中,将会有新的应用,使数据挖掘成为功能完备的数据仓库中一项重要的要求。

参考文献:

[1] 陈京民. 数据仓库与数据挖掘技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.

[2] Berson A, Smith S, Thear L K. Building Data Mining Applications for CRM[M]. New York: McGraw - Hill Companies, 2000.

[3] 胡运发. 数据与知识工程导论[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

[4] 刘同明. 数据挖掘技术及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001.

[5] GILLHS. 数据仓库——客户/服务器计算指南[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997.

[6] 王 珊. 数据仓库技术与联机分析处理[M]. 北京: 科学出版社, 1998.