

一种带脉冲噪声图像的图像分割方法*

狄 岚, 林 意, 须文波

(江南大学 信息工程学院, 江苏 无锡 214122)

摘 要: 提出一种利用区域面积调节脉冲耦合神经网络神经元的脉冲发放值的计算方法, 对带脉冲噪声的图像进行图像分割, 在消除噪声影响的同时, 提高了图像分割的自适应性和准确性。实验表明, 该算法效果明显。

关键词: 区域面积; 脉冲耦合神经网络; 图像分割; 脉冲噪声

中图分类号: TP391. 41 文献标志码: A 文章编号: 1001 - 3695(2007) 09-0315-02

Method of image segmentation for image with impulse noise

DI Lan, LIN Yi, XU Wen-bo

(School of Information Engineering, Southern Yangtze University, Wuxi Jiangsu 214122, China)

Abstract: A calculate method using the field areas to modulate the pulse of the corresponding neurons in PCNN was proposed. The image segmentation for the image with impulse noise could reduce the noise and obtain a precise image segmentation. The experiment shows that this method is effective and feasible.

Key words: field area; PCNN; image segmentation; impulse noise

图像分割是由图像处理进入图像分析和理解的关键步骤, 分割的好坏直接影响到后续图像分析的质量。脉冲噪声是由图像传感器、传输信道、解码处理等产生的黑白相间的亮暗点噪声, 极大降低了图像质量, 因而对其进行抑制处理是图像处理中非常重要的一项工作。对带脉冲噪声的图像进行图像分割, 首先要抑制噪声, 其次再作图像分割。

对脉冲噪声的抑制一般采用中值滤波的方法来实现^[1]。尽管其处理效果相对较好, 但中值滤波本身的特点决定了对图像细节保持能力较差, 因而它的应用研究正处于逐步发展和完善阶段。形态滤波根据图像信号与脉冲噪声在二维空间上尺度大小的差异性, 对输入图像的几何特征进行局部非线性变换, 其对脉冲噪声滤波效果取决于结构元的设计^[2,3]。为此文献[2]提出了基于全方位结构元的极大、极小形态滤波器, 这种滤波器对图像细节保持能力较好, 但对脉冲噪声的抑制能力较弱。因此, 建立一种能有效去除脉冲噪声干扰。保持图像细节, 并根据图像灰度性质自适应地进行图像分割的方法, 是非常有意义的。基于此目的, 针对脉冲噪声点的特征, 提出了一种利用区域面积调节脉冲耦合神经网络神经元的脉冲发放值的图像分割新算法。

脉冲耦合神经网络(pulse coupled neural networks , PCNN) 是 Eckhorn 提出的一种通过模拟在哺乳动物的大脑视觉皮层中所观察到的与特征有关的神经元同步行为而建立起来的一个简化模型^[4], 它与视觉神经系统的感知能力有着天然的联系。PCNN 的这个生物学背景使其在图像处理中具有先天的优势, 有着传统方法进行图像处理所无法比拟的优越性。目

前, 关于 PCNN 模型及其应用研究在国内外得到了广泛的重视, 并且已被证实在图像处理上有着重要的应用前景。PCNN 可以应用于图像去噪^[5,6]、图像边缘检测^[6]、图像分割^[7]、图像增强^[8]、图像去阴影^[9]和图像识别^[10]等方面。

1 算法描述

PCNN 是一种不同于传统人工神经网络的新型神经网络, 它是在哺乳动物的大脑视觉皮层行为的启发下建立起来的。若将 PCNN 看做是二维空间分布的结构模型, 那么, 每一神经元 $N_{ij}(i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$ 的结构框图如图 1 所示。

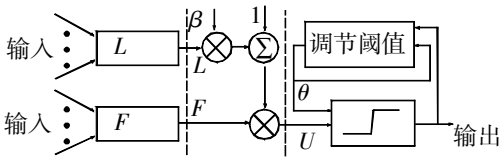


图 1 单一神经元的结构图

由图 1 看出, 每一神经元除接收来自外部的刺激 S_{ij} 外, 还接收来自内部网络其他神经元的馈送输入 F_{ij} 和连接输入 L_{ij} ; 接着, 以乘积耦合形式 $F_{ij}(1 + \beta_{ij})$ 构成神经元 N_{ij} 的内部行为 U_{ij} ; 通过动态阈值 θ_j 与 U_{ij} 的比较而激励或抑制神经元的脉冲信号输出 Y_{ij} (又称为点火)。其满足如下数学关系式^[4]:

$$F_{ij}(n) = e^{-\alpha F} F_{ij}(n - 1) + S_{ij} + V_F \sum M_{ijkl} Y_{kl}(n - 1) \quad (1)$$

$$L_{ij} = e^{-\alpha L} L_{ij}(n - 1) + V_L \sum W_{ijkl} Y_{kl}(n - 1) \quad (2)$$

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

$$\theta_j(n) = e^{-\alpha \theta} \theta_j(n - 1) + V_{\theta} V_{ij}(n - 1) \quad (4)$$

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

收稿日期: 2006-07-10; 修返日期: 2006-09-07 基金项目: 江南大学青年科学基金资助项目(105000-52210458)

作者简介: 狄岚(1965-), 女, 江苏南京人, 讲师, 主要研究方向为计算机图像处理、计算机图形学(dilan126@163.com); 林意(1963-), 男, 江苏无锡人, 副教授, 博士, 主要研究方向为计算机图像处理、计算机辅助几何设计; 须文波(1946-), 男, 江苏无锡人, 教授、博导, 主要研究方向为计算机图像处理、人工智能。

其中: β 为神经元的连接强度; M 和 W 分别是馈送域和连接域中神经元之间的连接权系数; a_F 和 a_L 分别为神经元 N_{ij} 对其邻域内的其他神经元输出进行漏电容积分的连接时间常数; a_θ 为动态阈值函数的衰减时间常数; V_F 、 V_L 和 V_θ 分别为馈送域、连接域和阈值输出的放大系数。

二维图像矩阵 $M \times N$ 可以理解为 $M \times N$ 个 PCNN 神经元模型, 其每一个像素的灰度值对应为每个神经元的输入 S_{ij} 。当内部连接矩阵 M 、 W 所在邻域内有灰度值相近的像素存在时, 则其中某一个像素激发产生的脉动输出将会引起附近其他类似灰度像素对应神经元的激发, 产生脉动序列输出 $Y(n)$ 。于是序列 $Y(n)$ 包含有图像区域信息、边缘、纹理特征等信息, 这样输出序列 $Y(n)$ 构成的二值图像就是 PCNN 输出分割图像, 这就是 PCNN 进行图像分割的简单原理。

2 利用区域面积调节 PCNN 神经元的脉冲发放值的算法

脉冲噪声是一种极端噪声, 它们的特征是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点暗点干扰, 极大降低了图像质量。

脉冲噪声的特点是它们区域面积较小。因此, 笔者认为当某区域的面积小于一个特定的阈值时, 就可以认定这是个噪声。于是, 在噪声密度不是很大的条件下, 首先定义一个噪声点的判断函数 E_{ij} =

$$E_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{当像素点}(i, j)\text{不是噪声点} \\ 0 & \text{当像素点}(i, j)\text{是噪声点} \end{cases}。$$

判断像素点 (i, j) 是否为噪声点的具体方法步骤如下:

- a) 以像素点 (i, j) 为中心, 检查它的 8 邻域像素是否有相似点, 若有, 将其合并。
- b) 以新合并像素为中心, 返回到步骤 a), 检查新像素的 8 邻域, 直到区域不能进一步扩张。
- c) 计算出区域的面积 $area$ (即相似点的总数), 将其与给定的阈值 T 进行比较。若面积 $area < \text{阈值 } T$, 则像素点 (i, j) 是噪声点; 反之, 像素点 (i, j) 不是噪声点。

由于一幅图像中的像素点只能是噪声点或非噪声点, 阈值 T 是通过区域面积直方图的极小值点阈值来确定的。图 2 是面积直方图, 它的横坐标为面积, 纵坐标为某面积区域的数量。

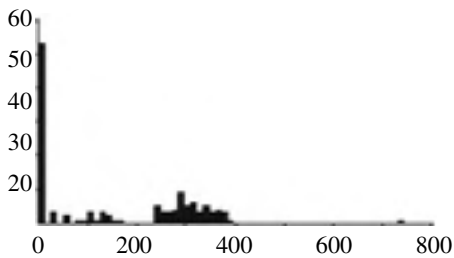


图 2 区域面积直方图

区域的面积是区域中像素点的个数总和。不过, 实际计算时, 相邻像素的灰度差在一定范围时认为该像素在同一区域。

PCNN 脉冲耦合神经网络所具有的相似神经元同步激发, 从而产生脉冲串输出的特征, 能够检测出脉冲噪声的位置。因为脉冲噪声点与其所在图像像素灰度值之间有很大的差异, 且脉冲噪声点不是亮点就是暗点像素。根据 PCNN 的性质, 亮点

(暗点) 脉冲噪声像素对应神经元在其区域所在相邻神经中首先(之后) 激发。显然, 根据脉冲噪声的判断函数 E_{ij} 来调节 PCNN 输出的脉冲串, 见式(6), 就能达到去噪和同时保持图像细节的目的。

$$Y_{ij}(n) = \text{step}(U_{ij}(n) - \theta_j(n)) \times E_{ij} \tag{6}$$

用式(6) 代替式(5)。至此, 基于 PCNN 的一种新的脉冲噪声图像的图像分割算法被提出来了, 它对脉冲噪声进行抑制, 而对一般图像灰度像素直接进行图像分割。

3 实验与分析

以三幅 8 bit 的灰度图像, 即 Lena 图、tire 图和 testpat 图作为实验仿真例子, 在 MATLAB 6.5 平台上将新算法实验结果与标准中值滤波算法、全方位结构元的开闭极大极小形态滤波器相比较。标准中值滤波算法、全方位结构元的开闭极大极小形态滤波器, 这两种滤波器去除噪声后, 还要进行迭代阈值的图像分割。实验中, 面积阈值 $T = 3$, PCNN 的参数选择为:

$$V_\theta = 20, V_F = 0.5, V_L = 0.2, a_F = 0.1, a_\theta = 1.0, a_L = 1.0, \beta = 0.1, M \text{ 和 } W \text{ 的模板均取为}^{[6]} \left\{ \begin{matrix} 0.5 & 1 & 0.5 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0.5 & 1 & 0.5 \end{matrix} \right\}。$$

图 3 为计算机模拟的实验结果。其中: (a) 是加了密度为 0.2 脉冲噪声的 Lena 图像; (b) 是先进行 3×3 中值滤波再作迭代阈值图像分割的结果; (c) 是先进行形态开闭极大极小滤波再作迭代阈值图像分割的结果; (d) 是新算法的分割结果。图 4 和 5 为 tire 图像和 testpat 图像的分割结果。



图 3 Lena 图像分割结果比较

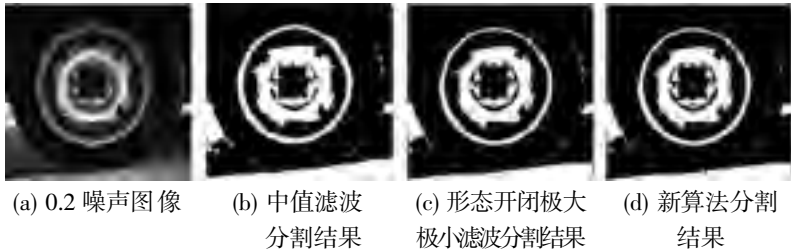


图 4 Tire 图像分割结果比较

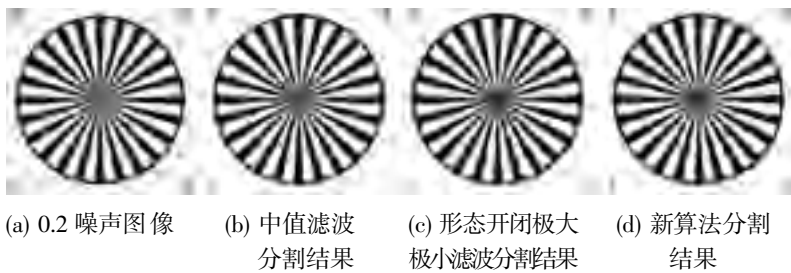


图 5 Testpat 测试图像分割结果比较

计算机模拟结果表明, 新算法实现所需的迭代次数为 2, 运算量小、速度快; 另外在图像细节的保持能力上, 基于全方位结构元的形态开闭极大极小滤波方案优于中值滤波算法, 而新算法又优于形态滤波方案, 这点可从 (下转第 320 页)

plane 和 pepper 分别从 128×128 到 256×256 插值放大, 然后应用 2.2 节所述的两种彩色图像方法优化插值, 即常规方法(分别检测)和本文方法(颜色融合法)。表 2 显示了三种插值算法后, 三种客观评价标准性能比较。三种评价标准的计算分别在“R、G、B”分量上进行, 然后再求 R、G、B 三分量各种评价标准的平均值。从表 2 看出, 分别检测的常规方法三种客观标准性能要优于简单插值法; 本文的色融合边缘检测插值法, 性能要优于常规法, 远远高于简单插值法。因此, 证明了 2.2 节基于色融合图像的边缘检测快速彩色图像插值方法的有效。

下面再从视觉效果进行比较。图 6 显示了从 128×128 到 256×256 对 pepper 彩色图像分别进行 bilinear 和 bicubic 插值算法, 以及 bicubic 插值后的基础图采用本文优化插值算法的视觉效果。从图 6 可以看出, 传统的插值算法平滑功能退化了图像细节, 导致放大图像轮廓模糊。Bilinear 得到的插值图像在边缘有很明显的模糊现象, bicubic 有些改进。本文算法视觉优于 bilinear, bicubic 算法, 与原图相比已经达到了很好的视觉质量。

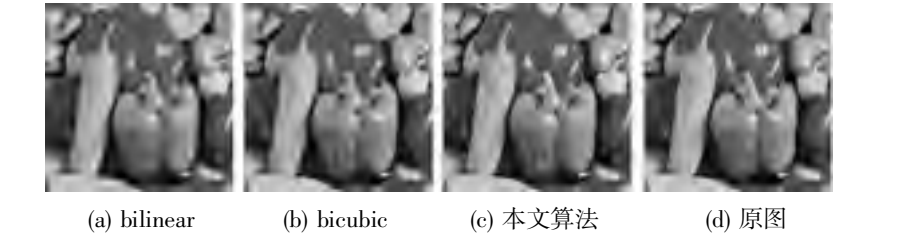


图 6 各种插值算法放大 2 倍 pepper 图像视觉效果
表 2 彩色图像 128×128 — 256×256 三种评价标准性能比较

平均	Lean			house			airplane			pepper		
	bicubic	常规法	本文	bicubic	常规法	本文	bicubic	常规法	本文	bicubic	常规法	本文
PSNR	33.756 6	33.753 7	33.765 9	34.248 9	34.439 3	34.466 8	32.931 9	33.056 1	33.063 8	32.925 4	32.967 6	33.000 5
CC	0.9738	0.9738	0.9740	0.9794	0.9797	0.9800	0.9569	0.9572	0.9572	0.973 1	0.973 2	0.973 7
CCM	0.9736	0.9736	0.9738	0.9792	0.9796	0.9800	0.9561	0.9568	0.9569	0.972 7	0.973 1	0.973 5

4 结束语

本文以简单插值算法放大后的图像作为基础图进行 Can-

(上接第 316 页) 对 testpat 测试图分割结果的中心高频细节局部区域的观察获得。

4 结束语

PCNN 脉冲耦合神经网络所具有的相似神经元同步激发性质和脉冲噪声点, 与其所在图像灰度值之间的很大差异性特点决定脉冲噪声像素对应神经元超前于(或者延迟)其所在区域相邻神经元同步激发。因此, 这里结合脉冲噪声像素的区域面积, 提出了一种利用区域面积调节脉冲耦合神经网络神经元的脉冲发放值的图像分割新算法。该算法执行时间短, 理论分析和实验证明, 该方案比标准中值滤波的图像分割、全方位结构元极大、极小形态滤波的图像分割有更好的降噪性能, 更为重要的是比这些方案更有效地保持了图像的高频细节信息。

参考文献:

[1] 章毓晋. 图像处理和分析基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
[2] 赵春晖, 王伟. 全方位多结构元形态滤波器[J]. 中国图象图形

ny 边缘检测(彩色图像, 先进行 R、G、B 色彩融合, 再检测); 提取边缘点信息, 在包含某边缘点的内、外邻域中, 采用边缘多方向最大梯度优化插值内邻域像素。多倍插值放大时采用小步长倍率递进方式。实验结果表明, 本文算法有效继承了 bilinear、bicubic 插值对于非边缘区域插值具有快速、更平滑的特点, 克服了常规放大算法对整幅图像无区别放大时模糊区域轮廓的缺点, 抑制了由于噪声等原因形成的假边缘和边缘模糊。放大优化后的图像轮廓既清晰, 又保持了光滑连续。

参考文献:

[1] HEN Mei-juan, HUANG Chin-hui, LEE W I. A fast edge-oriented algorithm for image interpolation[J]. Image and Vision Computing, 2005(9): 791-798.
[2] 王效灵, 汪颖, 陈涛, 等. 基于边缘检测的图像缩放算法[J]. 科技通报, 2005, 9(5): 584-588.
[3] LI X, ORCHARD M T. New edge-directed interpolation[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2001, 10(10): 1521-1527.
[4] LI X, ORCHARD M. New edge directed interpolation[C] //Proc of IEEE Int Conf Image Processing. 2001(2): 311-314.
[5] 刘晓松, 杨新, 汪进. 基于统计特征的彩色图像快速插值方法[J]. 电子学报, 2004, 32(1): 29-33.
[6] 王立国, 张晔, 谷延锋. 基于自适应边缘保持算法的图像插值[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2005(1): 18 - 21.
[7] 贾永红. 数字图像处理[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003: 108-110.
[8] SHI H, WARD R. Canny edge based image expansion[C] //Proc of International Symposium on Circuits and Systems. 2002: 785-788.
[9] 朱立英, 苏开娜. 数字视频图像质量的客观评测[J]. 现代电视技术, 2006(3): 148-150.
[10] ESKICIOGLN A M, FISHER P S. Image quality measures and their performance[J]. IEEE Trans Comm, 1995, 43(12): 2959-2965.

学报, 1997, 2(7) 500-521
[3] 崔屹. 图像处理与分析-数学形态学方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
[4] ECKHORN R, REIBOECK H J, ARNDT M, et al. Feature linking via synchronization among distributed assemblies: simulation of results from cat cortex[J]. Neural Comput, 1990, 2(3): 293-307.
[5] 石美红, 张军英, 朱欣娟, 等. 基于 PCNN 的图像高斯噪声滤波的方法[J]. 计算机应用, 2002, 22(6): 1-4.
[6] JOHNSON J L, PADGETT M L. PCNN models and applications[J]. IEEE Trans Neural Networks, 1999, 10(3): 480-498.
[7] 石美红, 张军英, 张晓滨, 等. 基于改进型脉冲耦合神经网络的图像二值分割[J]. 计算机仿真, 2002, 19(4): 42-46.
[8] 顾晓东, 程承旗, 余道衡. 基于粗集与 PCNN 的图像预处理[J]. 北京大学学报, 2003, 39(5): 703-708.
[9] 顾晓东, 郭仕德, 余道衡. 基于 PCNN 的图像阴影处理新方法[J]. 电子与信息学报, 2004, 26(3): 479-483.
[10] BROUSSARD R P, ROGERS S K, OXLEY M E, et al. Physiologically motivated image fusion for object detection using a pulse coupled neural network[J]. IEEE Trans on Neural Networks, 1999, 10(3): 554-563.