

文章编号: 2095-4980(2014)06-0879-05

大鱼际掌纹图像滤波方法

郑云云, 董国华, 朱习军

(青岛科技大学 信息与科学技术学院, 山东 青岛 266061)

摘要: 大鱼际掌纹图像在采集的过程中会引入噪声。要求寻找一种既能很好地去噪, 又能增强纹线信息的滤波方法。文中给出了脉冲耦合神经网络(PCNN)滤波和中介滤波的算法原理和具体实现方法, 并根据其原理分析, 指出2种滤波方法可满足以上要求。从仿真实验结果看到: 中介滤波方法处理的图像比其他方法更为清晰, 并且能更好地保护图像细节; 另外, 峰值信噪比客观的度量数据也证明了2种方法的有效性。

关键词: 大鱼际掌纹; 脉冲耦合神经网络滤波; 中介系统; 中介滤波

中图分类号: TN919.8

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201406.0879

Filtering method for thenar palmprint image

ZHENG Yun-yun, DONG Guo-Hua, ZHU Xi-jun

(College of Science and Technology, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao Shandong 266061, China)

Abstract: The noise will be introduced to the thenar palmprint image acquisition process. A method which not only bears good denoising effect, but also can enhance the ridge information is required. The principles and specific implementation methods of Pulse Coupled Neural Network(PCNN) filtering and intermediary filtering are put forward. According to the principle analysis for these two filtering algorithms, it is pointed out that these two filtering methods can meet above requirements. Simulation results show that intermediary filtering can process images more clearly and protect image details better than other methods; furthermore, the Peak Signal to Noise Ratio(PSNR) metric data also proves the effectiveness of these two methods.

Key words: thenar palmprint; Pulse Coupled Neural Network filtering; intermediary system; intermediary filtering

在中医专家的长期临床实践中发现, 哮喘患者普遍存在着大鱼际掌纹粗糙的现象, 该现象被专家定义为特应征, 并将此特应征分成四级, 研究证实, I级为正常, II级为外源性哮喘弱阳性特征, III级、IV级为外源性哮喘阳性特征^[1]。中医师在诊断时, 往往依靠自己的主观经验对掌纹进行观察, 做出论断。为了减少医师诊断过程中由一些主观因素带来的判断误差, 对大鱼际掌纹图像进行客观的分类量化就变得十分重要。

利用现代信息处理手段, 客观准确地对大鱼际掌纹进行分类量化, 有利于增强诊断的准确性。而实践和研究中采集到的大鱼际掌纹图像由于各种原因会带来噪声污染和模糊, 为进行有效的特征提取和分类, 首先需要通过滤波方法对大鱼际掌纹图像去噪增强, 为此, 本文提出用脉冲耦合神经网络(PCNN)简化模型的峰-谷滤波方法进行图像去噪处理, 该方法可有效去除噪声, 并能显著提高图像增强效果。然后又尝试用中介滤波算法对大鱼际掌纹图像进行去噪增强, 大鱼际掌纹在采集的过程中引入的噪声具有随机性^[2], 而中介数学系统是一种处理不确定和含糊的问题的工具, 采用这种方法就不会依赖人的主观经验, 因此也更具科学性。

1 PCNN 滤波方法

1.1 PCNN 滤波基本思想

所谓脉冲耦合神经网络(PCNN)^[3], 是 Eckhorn 及其同事在研究猫的视觉皮层时发现, 由于刺激输入而引起的

收稿日期: 2013-10-22; 修回日期: 2014-04-29

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目(2013ZRB019B3); 青岛市科技计划基金资助项目(11-2-4-3-(6)-jch)

同步震动出现在视觉皮层的不同区域,而这些区域具有相同的局部特性。Eckhorn 认为这种现象的出现是因为视觉系统中存在某种机制,它能够将局部性质联系起来成为一种整体特性。为了验证这种想法,Eckhorn 仿真了这种现象,提出了一种脉冲耦合神经网络。峰-谷滤波法是近年来开始流行的一种非线性滤波算法,它不同于传统的中值滤波,而是采用基于极小—极大算子的一系列操作运算。它的核心思想是^[4]:先对滑动窗内中心点的邻域像素进行极大极小运算,然后将中心点的像素值与其邻域的极大值和极小值进行比较,若大于邻域的极大值,则用邻域的极大值取代中心点的像素值;反之,若小于邻域的极小值,而使滤波器具有了一定的自适应性,可以较好地保持图像的细节部分。但是,正因为它的这种判断机制限制了滤波性能,使其只适用于处理轻度噪声污染图像,若噪声污染程度比较严重,滑动窗内的噪点多于 1 个,则该算法会将此噪点误判为未被污染点,从而无法达到去噪的目的;另外,在选择中心像素的替代值时,该算法武断地用邻域的极大值或极小值来取代中心点的像素值,通过实验证明,这样的处理导致了该滤波器在进行除噪操作时整体性能恶化。

1.2 PCNN 滤波算法设计

考虑到峰-谷滤波的一些不足,王等人将中值滤波的思想应用于峰-谷滤波算法,提出了一种新的滤波器设计方案^[5]。该算法可描述如下:先对滑动窗内中心点的邻域像素值进行比较,找出其中的最大值和最小值;然后将中心点的像素值与其邻域的最大值和最小值进行比较,若大于等于邻域的极大值,则用邻域的中值偏大值取代中心点的像素值;反之,若小于等于邻域的极小值,则用邻域的中值偏小值取代中心点的像素值(这里所说的中值偏大值或中值偏小值可借助实例描述如下:有 1~8 共 8 个自然数,由于第偶数个紧邻的自然数有 2 个处于中心位置的值,所以,应有 2 个中值,中值偏大者指的是 5,中值偏小者指的是 4)。

需要指出,根据上述判别标准,位于恒定区域的点将被错误地判为噪声点,但这种情况并不影响最后的输出结果,因为,噪声点的值将由其邻域的中值代替,而恒定区域的中值就是该点本身。

掌纹图像受噪声干扰的像素与周围其他像素差异很大,为此该滤波器利用简化 PCNN 模型对图像进行预处理,找到噪声点的具体位置,再采用中值算法恢复像素。PCNN 的初始阈值被复位为 0,第 1 次迭代后,各神经元的输出均为 1,即第 2 次迭代时各神经元的连接输入达到了最大值。此时若设置合适的模型参数则能使第 2 次迭代后,高亮度噪声点对应神经元输出 1,而其他神经元输出 0。然后对输入图像进行反白处理,这样,原来低亮度噪声点就成为高亮度噪声点。重复上述判断噪声的操作,找出噪声点,再把 2 次结果相加,然后结合相加结果对输入图像采用改进型峰-谷滤波算法,就可去除这些噪声点,此类方法简称为 PCNN 滤波法。

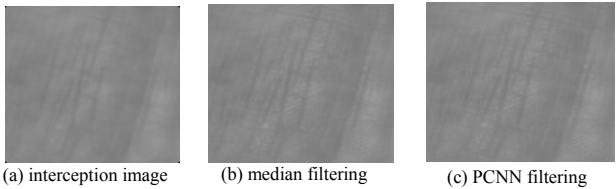


Fig.1 Image processing results
图 1 图像处理结果

1.3 PCNN 滤波方法仿真分析

基于上面介绍的算法,对截取的大鱼际掌纹图像进行降噪处理,结果发现用该方法比一般的中值滤波效果要好,并且不易使图像模糊。下面以截取的 1 幅大鱼际掌纹图片为例,处理结果如图 1 所示。

表 1 为 PCNN 模型的试验参数,表 2 为采用 PCNN 模型和传统的中值滤波方法对图像处理的相关数据比较。直观上看,由图 1 可见,采用 PCNN 简化模型的峰-谷滤波方法处理的图像视觉效果有了明显改善,图像质量得到了提高。另外对图像降噪效果所采用的客观评价标准为峰值信噪比(PSNR),其值越大就表明失真越小。

PSNR 评价是经典的图像复原评价算法,其定义见式(1):

$$PSNR = 10\lg \frac{x_{\max}^2}{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [x(i,j) - x'(i,j)]^2}$$

(1)

表 1 PCNN 模型的试验参数

Table1 Test parameters of PCNN model

attenuation coefficient	preset threshold	connecting factor
0.12	235	0.12

表 2 图像文件的处理数据

Table2 Processing data of the image

parameters	mean	variance	PSNR
original image	126.874 3	1.786×10^7	—
median filtered image	126.773 9	1.778×10^7	40.801 1
PCNN filtered image	126.890 9	1.779×10^7	60.867 2

式中: $x(i,j)$ 代表没有加入噪声或被噪声污染的原始图像 (i,j) 处的灰度值; $x'(i,j)$ 代表去噪后的图像 (i,j) 处的灰度值; $M \times N$ 代表图像像素的矩阵大小; $x_{\max}$ 为该图像最大灰度值。

对表 2 的数据结果进行比较可以发现, 采用 PCNN 滤波法去噪后图像的 PSNR 比采用中值滤波后的 PSNR 有较大提高, 比中值滤波方法至少要高 20 dB, 且图像的细节保持较好, 从而证明了该方法的有效性。

2 中介滤波方法

2.1 中介方法数学原理

在 20 世纪 80 年代, 中介原则由朱梧楦和肖奚安 2 位学者提出, 并采用中介逻辑演算系统为推理工具, 建立以中介公理集合论为主要内容的中介数学系统^[6]。

中介数学系统中记 p 为一谓词, x 为任一变元, $p(x)$ 表示变元 x 完全具有性质 p 。符号“ $\neg$ ”为反对对立否定词, $\neg p$ 即为 p 的反对对立面, $\neg p$ 与 p 抽象地表示了一对反对对立概念; 符号“ $\sim$ ”为模糊否定词, 表示了对立物在互相转化过程中的中介状态, 反应了模糊性^[6]。

根据超态的概念^[7], 将一般数值化应用的数值区域划分为对应谓词真值的 5 个区域, 见图 2 所示的 $\neg^+p, \neg p, \sim p, p, +p$ 区域。在真数值区域 T, α_T 是谓词 P 的 ε_T 标准度; 在假数值区域 F, α_F 是 $\neg p$ 的 ε_F 标准度。

2.2 基于中介方法的图像滤波原理

设数字图像 X 的大小为 $M \times N$, 其灰度级为 L , $G = \{0, 1, 2, \dots, L-1\}$ 表示所有灰度值的集合, $x(i,j) \in G$ 是坐标 $x(i,j)$ 处像素的灰度值。在 $L=256$, 即图像像素灰度级用 8 bit 表示时, 灰度值范围是 0~255, 灰度值越接近 0, 像素的颜色越黑; 越接近 255, 像素的颜色越白。黑、白即是一组反对对立面, 并存在过渡。

对于单个像素点的真值程度, 可以选择相对于对立面当中的任意一面的真值程度进行衡量, 以白为例: 记 $W(x)$ 表示 $x(i,j)$ 为白, $^*W(x)$ 表示 $x(i,j)$ 为超白, 因此, $\neg W(x)$ 表示 $x(i,j)$ 为黑, $\neg^*W(x)$ 表示 $x(i,j)$ 为超黑, 并存在过渡 $\neg W(x)$, 建立对应于 $W(x)$ 与 $\neg W(x)$ 的标准度 α_T 和 α_F 。然后再利用像素点相对于白的距离比率函数的大小决定该像素是白的真值程度, 值越大, 越接近白色, 即该点对白的真值程度越高。

对于一幅图像的灰度集合 G , 就要采用该集合相对于 W 的加性真值度式(2)和平均加性真值度式(3)来度量。

$$AG_{TM}(x(i,j)) = \sum_{i=-(M-1)/2}^{(M-1)/2} \sum_{j=-(N-1)/2}^{(N-1)/2} h(x(i,j)) \quad (2)$$

$$AG_{TM}(x(x,j)) = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=-(M-1)/2}^{(M-1)/2} \sum_{j=-(N-1)/2}^{(N-1)/2} h(x(i,j)) \quad (3)$$

式中: $h_T(y)$ (或 $h_F(y)$) 由每个数值区域中个体真值程度计算相对于 p (或 $\neg p$) 的距离比率函数得到; $A_T(x)$ (或 $A_F(x)$) 表示加性真值度; $A_{TM}(x)$ (或 $A_{FM}(x)$) 表示平均加性真值度, 由像素点组成的图像集合 X 对 p (或 $\neg p$) 的真值程度来衡量。

在图像灰度矩阵中, 某点像素与其周围的像素存在高度的相关性, 如果噪声出现, 该点灰度与其邻域像素点灰度的相关性会很差。

2.3 基于中介方法的图像滤波算法设计

设谓词 $Q(x)$ 表示 $x(i,j)$ 为正常像素点, $\neg Q_L(x)$ 和 $\neg Q_R(x)$ 表示 $x(i,j)$ 为噪声点, $\sim Q_L(x)$ 和 $\sim Q_F(x)$ 表示 $x(i,j)$ 在正常像素点和噪声之间^[2]。建立 Q 与 $\neg Q_L$ 的标准度 α_{FL}, α_{TL} 和 Q 与 $\neg Q_R$ 的标准度 α_{FR}, α_{TR} , 见图 3, 图中 $[a,b]$ 是以 $x(i,j)$ 为中心的邻域内正常像素点的灰度区域, 记为集合 A 。

因此得:

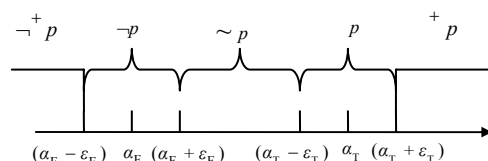


Fig.2 Correspondence between the region value and the predicate
图 2 数值区域与谓词的对应关系

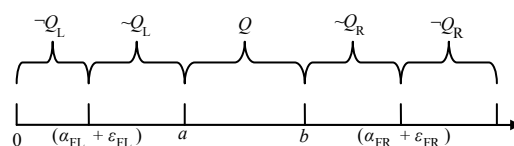


Fig.3 Correspondence between the region of gray value and the predicate normal image point
图 3 灰度值区域与谓词正常图像点的对应关系

$$h(x, (i, j)) = \begin{cases} 0, x(i, j) \text{ 在与 } Q_L \text{ 对应的数值区域内} \\ \frac{|x(i, j) - (\alpha_{FL} + \varepsilon_{FL})|}{|\alpha - (\alpha_{FL} + \varepsilon_{FL})|}, x(i, j) \text{ 在与 } \sim Q_L \text{ 对应的数值区域内} \\ 1, x(i, j) \text{ 在与 } Q \text{ 对应的数值区域内} \\ \frac{|x(i, j) - (\alpha_{FR} + \varepsilon_{FR})|}{|b - (\alpha_{FR} + \varepsilon_{FR})|}, x(i, j) \text{ 在与 } \sim Q_R \text{ 对应的数值区域内} \\ 0, x(i, j) \text{ 在与 } Q_R \text{ 对应的数值区域内} \end{cases} \quad (4)$$

根据 $h(x, (i, j))$ 值([0,1]范围之间)的大小就能确定点 $x(i, j)$ 接近正常图像点的程度大小。值越大,就说明该像素点越接近正常图像的点。设 $x'(i, j)$ 为去噪后点 $x(i, j)$ 处的灰度值, $\bar{x}(s, t)$ 是以 $x(i, j)$ 为中心的去心邻域中正常点像素的算术均值。因此,当 $h(x, (i, j))=1$ 时,表示 $x(i, j)$ 就是正常图像点而非噪声, $x'(i, j)=x(i, j)$; 当 $0 < x(i, j) < 1$ 时,说明该点介于正常图像点和噪声点之间, $x'(i, j)=h(x, (i, j)) x(i, j) + (1 - h(x, (i, j))) \bar{x}(s, t)$ 。当 $x(i, j)=0$ 时,代表该点为噪声点 $x'(i, j)=\bar{x}(s, t)$ 。

因此,图像中介滤波实现的核心算法为:

$$x'(i, j) = h(x, (i, j)) x(i, j) + (1 - h(x, (i, j))) \bar{x}(s, t), \quad (s, t) \in A \text{ 且 } s \neq i, t \neq j \quad (5)$$

算法实现具体步骤:

1) 确定噪声窗口

在图像的灰度矩阵中,取滤波窗口为 $(2n-1) \times (2n-1)$,中心点在 (n, n) ,设 X 为子窗口的灰度值集合, $x(i, j)$ 为该区域各点的灰度值,则以 $x(n, n)$ 为中心的去心邻域可以表示为 $Y = X - X(n, n)$,下面判断点 $x(n, n)$ 是否为噪声。

2) 确定正常图像的灰度范围

记 B 为集合 X 中除去一个最小灰度值和一个最大灰度值的点的集合, $B = X - \max(x) - \min(x)$ 。则正常图像的灰度区域(记为 A)为: $A = [\min(B - \max(B) - \min(B)), \max(B - \max(B) - \min(B))]$,即区间 $[a, b]$ 。

3) 确定 $x(n, n)$ 接近正常图像的程度

根据色度学的知识^[8],这里取 $\alpha_{FL} + \varepsilon_{FL} = 3$, $\alpha_{FR} + \varepsilon_{FR} = 252$,然后根据式(4)算出的值确定点 $x(n, n)$ 接近正常图像灰度值的程度。

4) 根据式(4)算出点 $x(n, n)$ 的灰度值

记数字图像的大小为 $M \times N$,遍历整个数字图像,取步骤(1)中确定的每个矩阵子图像,然后利用后续步骤进行处理就可得到一幅滤波后的图像。

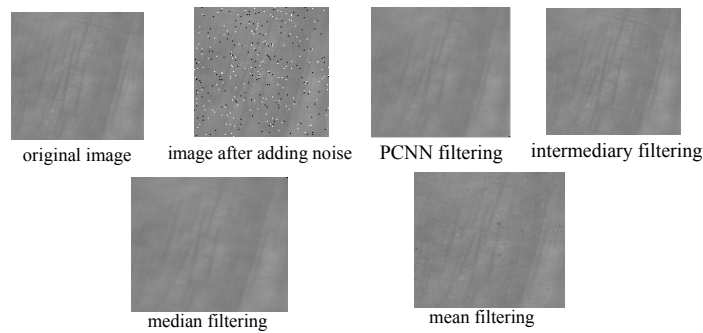


Fig.4 Various filtering effect diagrams
图 4 各种滤波效果图

2.4 中介滤波仿真及分析

为了验证上述方法的有效性,分别用中值滤波、均值滤波、PCNN 滤波和中介滤波对截取的大鱼际掌纹图像进行了去噪,为了使效果更加明显,以方差为 0.02 的椒盐噪声污染后作为输入图像,仿真结果分别如图 4 所示。

从主观视觉上看,中介滤波的效果最好。由图 4 可以看到,中介滤波方法处理的图像比其他方法更加清晰,并且能更好地保护图像细节。

另外,一些客观的数据也能表现该方法效果较好。采用 PSNR 方法,分别对上述几种经典去噪算法和本文提

出的中介滤波算法进行比较,得到的结果见表3。

客观评价指标 PSNR 的值越大,表明失真越小,因此由表3数据可以看出,中介滤波算法的性能明显优于另外3种滤波算法,表明了该方法的有效性。

表3 四种滤波算法 PSNR 比较

Table3 PSNR comparison of four kinds of filtering algorithm

mean filtering	median filtering	PCNN filtering	intermediary filtering
82.18	120.41	143.22	161.25

3 结论

本文首先简要介绍了 PCNN 滤波方法和中介滤波法基本原理,在此基础上设计出了2种滤波方法的具体实现步骤,并分别进行了仿真实验和分析。

对 PCNN 滤波和中介滤波的基本原理进行分析,由仿真效果图看到,中介滤波方法处理的图像比其他方法更为清晰,且能更好地保护图像细节;另外,客观的效果度量数据也能证明这2种方法效果较好。PSNR 评价是经典的图像复原评价算法,实验中的该项数据也支持了以上结论。

当考虑算法成熟度和复杂度等因素,选择纹理特征和基于支持向量机(Support Vector Machine, SVM)的分类识别方案时,选择 PCNN 去噪增强的预处理方法基本可行;然而若考虑以大鱼际掌纹图像纹线特征再进一步结合中介逻辑的边缘检测方法做大鱼际掌纹的识别分类,就最好采用基于中介逻辑的消噪增强预处理方案。

参考文献:

- [1] ZHOU Z, WANG Y, LIU Z, et al. Research on the thenar palmprint morphology characteristics associated analysis with asthma[J]. Journal of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, 2004, 28(2): 114-116.
- [2] 周宁宁, 洪龙. 基于中介真值程度度量处理图像的应用理论研究[J]. 南京邮电大学学报: 自然科学版, 2010, 30(3): 21-27. (ZHOU Ning-ning, HONG Long. Theoretical studies of image processing based on the true measure of the extent of the value of the intermediary[J]. Journal of Nanjing University of Posts and Telecommunications: Natural Science, 2010, 30(3): 21-27.)
- [3] Eckhorn R, Reitboeck H J, Arndt M, et al. Feature linking via synchronization among distributed assemblies: simulations of results from cat visual cortex[J]. Neural Computation, 1990, 2(3): 293-307.
- [4] Werman M, Peleg S. Min-max operators in texture analysis[J]. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 1985(6): 730-733.
- [5] 马义德. 脉冲耦合神经网络原理及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006. (MA Yi-de. Pulse Coupled Neural Network Theory and its Application[M]. Beijing: Science Press, 2006.)
- [6] 洪龙, 肖奚安, 朱梧栾. 中介真值程度的度量及其应用(I)[J]. 计算机学报, 2006, 29(12): 2186-2193. (HONG Long, XIAO Xi-an, ZHU Wu-Jia. Measure of medium truth scale and its application(I)[J]. Journal of Computer, 2006, 29(12): 2186-2193.)
- [7] 洪龙, 肖奚安, 朱梧栾. 中介真值程度的度量及其应用(II)[J]. 计算机学报, 2007, 30(9): 1551-1558. (HONG Long, XIAO Xi-an, ZHU Wu-Jia. Measure of medium truth scale and its application(II)[J]. Journal of Computer, 2007, 30(7): 1551-1558.)
- [8] 周宁宁, 赵正旭, 秦文虎. 图像的中介滤波算法与图像中介保真度度量[J]. 电子学报, 2008, 36(5): 979-984. (ZHOU Ning-ning, ZHAO Zheng-xu, Qin Wen-hu. Intermediary filtering algorithm and image fidelity metrics of image[J]. Acta Electronica Sinica, 2008, 36(5): 979-984.)

作者简介:



郑云云(1988-), 女, 山东省青岛市人, 硕士, 研究方向为图像处理. email: 296481749@qq.com.

董国华(1991-), 女, 山东省泰安市东平县人, 在读硕士研究生, 研究方向为图像处理.

朱习军(1964-), 男, 山东省青岛市人, 博士, 教授, 研究方向为信号与信息处理.