

一种改进的指纹图像预处理算法

殷新春 王秋平 陈春霞

(扬州大学 计算机科学与工程系, 扬州 225009)

摘要: 本文提出了一种改进后的指纹预处理方法。在计算点方向图时引入了高斯滤波, 提高了点方向图的准确性, 同时利用计算出的方向信息来实现了指纹的增强、二值化以及不可恢复区域的提取, 实验证明效果较好, 为可靠、准确地实现指纹自动识别提供了一种可行的方法。

关键词: 指纹图像; 方向图; 二值化; 不可恢复区域

A Improved Method on Preprocessing of Fingerprint Image

Yin Xin-chun , Wang Qiu-ping , Chen Chun-xia

(Department of Computer Science and Engineering, Technology Institute, Yangzhou University, Yangzhou 225009)

Abstract: This paper provided a improved preprocessing method of fingerprint. Guass Filter was introduced while calculating the direction, and it improved the accuracy of the fingerprint direction. At the same time, the direction information of the fingerprint image was used to enhance the fingerprint image, binarize , refine the beyond retrieve area of fingerprint images. The experiment had proved the better result. This preprocessing method could improve the accuracy and the reliability of the AFIS(Automatic Fingerprint Identification System).

Key words: fingerprint image; directional image; binarization; beyond retrieve area

1 引言

指纹特征是人终生不变的特征之一, 而且不同人的指纹特征相同的可能性几乎为零, 所以世界各国都在争先研究和开发实用指纹识别系统。指纹识别系统一般由以下几个过程组成: 指纹采集、预处理、特征提取、分类及匹配。而在指纹采集过程中, 不可避免的会引入各种噪声, 如图像中的叉连、断点等, 这些噪声对指纹特征信息的提取造成一定的影响, 甚至会产生许多伪特征点。因此在提取指纹特征之前, 需要对指纹图像进

行滤波处理, 以去除无用信息, 增强有用信息。在得到增强的灰度图后, 需要将其进一步二值化, 便于后续过程的处理。

我们对很多传统的灰度图像滤波算法都进行了研究, 其中以傅氏变换滤波的效果最好, 但它的效果远不如方向图滤波器的滤波效果, 且傅氏变换滤波算法的运行时间很长, 对一幅 512×512 的图像需要几分钟的时间, 而方向图滤波器只需几秒钟就可完成。至于其它的滤波算法, 如中值滤波、均值滤波等效果都远远不如方向图滤波效果。因此, 方向图滤波无论从效果还是从速度上看都是一个好的灰度图像滤波算法。

在现在许多基于方向图的滤波算法中,

基金项目: 国家自然科学基金 (NSF60473012)。

作者简介: 殷新春, 男, 1962 年。博士, 教授, 硕士生导师, 主要研究领域为网络与信息安全、并行与分布式计算。

一种是在计算出指纹图像的方向图后, 利用各点的方向使用各种滤波器进行滤波^[1, 2], 另一种方法则是使用指纹纹线分割来实现指纹的增强, 通过利用局部纹线方向、纹线宽度等结构信息, 采用了非传统的二值化方法从原始指纹图像中分割出脊线区域和谷线区域, 并用二值图像表示^[3, 4]。本文则通过增加了在计算过程中对各点的高斯滤波、不可恢复区域的提取两个过程, 对第二种方法进行了完善和补充, 实验结果表明了该方法所取的效果要比传统的第二种方法更为理想、可靠。

2 图像归一化及有效区域提取

2.1 指纹图像归一化处理

由于采集仪本身和手指结构的特点, 以及指纹采集时用力不均等情况, 容易造成图像部分区域信号太弱(颜色太淡)或者太强(颜色太黑), 给后续的指纹处理带来了很大的困难, 所以必须对指纹进行归一化处理, 使图像中纹线灰度均值和方差接近于给定的期望均值 M_0 和期望方差 VAR_0 , M_0 和 VAR_0 的大小根据图像采集时分辨率的高低确定。在本文方法中 M_0 和 VAR_0 均为 125。灰度图像归一化并不改变指纹纹理的清晰度。

设图像 I 为 $N \times N$ 大小, 令 $G(i, j)$ 为像素点 (i, j) 的灰度值, M 和 VAR 分别为图像灰度均值和方差, $G'(i, j)$ 为像素点 (i, j) 规格化后的灰度均值, 归一化处理如下公式所示:

$$G'(i, j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{VAR_0(G(i, j) - M)^2}{VAR}} & G(i, j) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{VAR_0(G(i, j) - M)^2}{VAR}} & G(i, j) \leq M \end{cases}$$

其中:

$$M = \frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} G(i, j)$$

$$VAR = \frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (G(i, j) - M)^2$$

2.2 指纹有效区域的提取

由于非指纹区中没有纹线峰和谷的变化, 因此它的方差很小, 所以我们将图像分成 $W \times W$ 的多个不相重叠的小方块, 利用小方块的灰度均值 K 和方差 V , 将指纹有效区域提取出来:

$$V = \frac{1}{W^2} \sum_{i=i_0}^{i_0+W-1} \sum_{j=j_0}^{j_0+W-1} \sqrt{G'(i, j)^2 - K^2}$$

$$K = \frac{1}{W^2} \sum_{i=i_0}^{i_0+W-1} \sum_{j=j_0}^{j_0+W-1} G'(i, j)$$

其中 (i_0, j_0) 为方块内左上角像素点的坐标, 对于求出的 V , 设定一定的阈值 T_1 , 如果 $V > T_1$, 则该方块内为有效的指纹区域。否则, 该方块内为非有效区域。

经过上面运算后, 指纹图像被分为指纹区和非指纹区, 考虑到指纹图像中指纹区和非指纹区的连通性, 还需要进行进一步处理, 即去除大片非指纹区中孤立的指纹块。处理完成后, 指纹图像就被标识成连通的指纹区和非指纹区。

3 指纹图像的分割

3.1 指纹图像的滤波及二值化

为了消除干扰及增强纹线, 我们针对指纹纹线有较强方向性的特点, 使用了基于方向图的纹线滤波增强方法。为估计方向场, 我们把指纹脊线的走向分为 8 个方向, 如图 1 所示, 各方向之间的夹角为 $\pi/8$, 以 0—7 表示。在求取各点方向图时, 由于图像在采集时, 会受到各种随机噪声的影响, 所以我们并不直接使用计算点的灰度值 $G'(i, j)$, 而是利用了高斯低通滤波器的旋转对称性, 将该点与其八邻域中的点 $(C_1 - C_8)$ 所形成的点集 Ω 与高斯低通滤波器 Gu 做卷积运算, 得到该点的新的灰度值 $G''(i, j)$ 。

$$Gu[i, j] = e^{-\frac{(i^2 + j^2)}{2\sigma^2}}$$

$$G''(i, j) = \sum_{m=-1}^1 \sum_{n=-1}^1 G'(i+m, j+n) \otimes Gu[m, n]$$

同时计算该点八个方向上的像素的灰度值之和，得到 $S_0, \dots, S_7$ ，将 8 个方向灰度值按两两垂直的方向分为 4 组(0—4, 1—5, 2—6, 3—7)，取两两差值最大的方向 p 为像素点可能的方向。在两个方向中灰度平均值与该点像素值 $G''(i, j)$ 最接近的方向作为该像素处的脊线方向。

2		3		4		5		6
1		2	3	4	5	6		7
		1	C_1	C_2	C_3	7		
0		0	C_8	C	C_4	0		0
		7	C_7	C_6	C_5	1		
7		6	5	4	3	2		1
6		5		4		3		2

图 1 在一个像素处的 8 个指纹脊线方向

$$S_p = \max_{i=0 \dots 3} |S_i - S_{i+4}|$$

$$Angle(i, j) = \begin{cases} p & \text{abs}(G''(i, j) - \text{ave}(S_p)) < \text{abs}(G''(i, j) - \text{ave}(S_{p+4})) \\ p+4 & \text{otherwise} \end{cases}$$

在计算各点方向的过程中，可以同时进行了纹线的增强及二值化。如果像素点为脊线上的点，那么该点的灰度值一定会大于 8 个方向上所有点的灰度平均值；如果像素点为脊线上的点，那么它的脊线方向和垂直于脊线方向的所有点的灰度值的平均值一定会大于 8 个方向上所有点的灰度平均值；将上述两个条件联合起来会取得更好的效果。

$$G''(i, j) + \frac{1}{8} \times (S_p + S_{p+4}) > \frac{1}{16} \sum_{k=0}^7 S_k$$

若当前点 C 满足上式， C 点处于脊线上，将 C 点的灰度值置为 125，否则 C 点是背景点，将它的灰度值置为 0。根据以上方法，还可以设计处 13×13 、 17×17 等大小的窗口，窗口越大，对指纹断裂的连接功能越强，但对指纹粘连的隔离功能

减弱，计算量也随之增加。利用以上方法，对图像中的所有点均进行同样的运算，运算结束后，图像中的断点和叉连得到了很好的去除，同时也完成了图像的初步分割。

3.2 不可恢复区域的提取

在成功的进行了指纹增强和初步分割后，指纹有效区域中仍然可能存在这样一部分区域，即纹线非常模糊的区域，其中纹线严重粘连或呈颗粒装，即使是人眼也看不出其中的纹线结构，无法根据相邻区域中纹线结构判断该区域中纹线结构。我们称这种区域为不可恢复区。我们需要进一步标识出该区域，在后续的特征提取过程中，不从不可恢复区域中提取特征值，从而避免了从中提取大量的虚假细节点，也提高了细节点的提取速度。

根据不可恢复区域中各个像素点的方向均匀分布，而正常指纹区域方向有较大一致性的特点，我们利用计算出的各个像素点的方向值，来提取出不可恢复区域：

将点方向图分成互不重叠的 16×16 大小的块，计算每一块的方向一致度 Ax 。计算过程如下：

① 将图 1 中的八个方向量化为具体的数值。0 等于 0，1 等于 $-\pi/8$ ，2 等于 $-\pi/4$ ，3 等于 $-3\pi/8$ ，4 等于 $-\pi/2$ ，5 等于 $3\pi/8$ ，6 等于 $\pi/4$ ，7 等于 $\pi/8$ 。

② 当每一块内各像素点的方向大致相同时，所有点的方向值的绝对值应该等于所有绝对值的和，此时 $Ax=1$ ，而当各像素点方向均匀分布时，此时 $Ax=0$ 。求出各块内的方向一致度，通过设置一定的阈值 T_2 ，如果 $Ax < T_2$ ，就将该区域设为不可恢复区域。

$$Ax = \frac{\left| \sum_{i=i_0}^{i_0+15} \sum_{j=j_0}^{j_0+15} Angle(i, j) \right|}{\sum_{i=i_0}^{i_0+15} \sum_{j=j_0}^{j_0+15} |Angle(i, j)|}$$

4 实验结果

在微机上用 Delphi 编程实现了上述方法，我们使用了分辨率为 500dpi 的指纹采

集仪采集了大小为 512×512 的图像。根据采集图像的特性, 实验过程中参数使用如下: 图像增强区域为 16×16 , M_0 和 VAR_0 均为 125; 提取有效区域中的方块大小 16×16 , 阈值 T_1 为 20; 在方向图中使用了 9×9 的邻域大小; 在低通滤波器中, 使用了 3×3 的邻域, $\sigma=1$; 在不可恢复区域中, 方向一致度的阈值 $T_2=0.35$; 图 2(a)为原始指纹图像, 图 2(b)是进行了对比度增强、提取有效区域后的图像, 图 2(c)是传统的利用指纹纹线分割来实现的指纹图像, 图 2(d)是利用本文提出的方法实现的指纹增强、分割后的图像, 图 2(e)是提取不可恢复区域后的指纹图像, 图 2(f)是图 2(d)细化后的指纹图。



图 2 实验结果

5 结论

指纹图像预处理是指纹自动识别过程的第一步, 它的好坏直接影响着指纹识别的效果。我们通过对 50 对指纹进行实验比较发现, 在文献 3 提出的预处理方法中, 对指纹纹线的增强效果不太理想, 而且存在较多的伪特征点, 而在我们的算法中, 对指纹图像中各点的方向的计算更加准确, 对指纹的纹线间断连接及叉连的分离能力都大为增强, 减少了伪特征点的数量, 同时通过不可恢复区域的标识, 又能够避免大量伪特征点的提取, 使得后续的指纹匹配更加准确。对于残留的伪特征点, 我们可以利用计算出的各特征点的方向以及各特征点之间的距离等特性, 将各类噪声引起的伪特征点分别予以删除^[5, 6], 保留的特征点集作为真正特征点的集合。

参考文献

- [1] 解梅 马争. 基于脊向指纹滤波算法[J]. 电子学报, 2004, 32(1):5-7
- [2] 黄贤武 王加俊等. 指纹识别的预处理组合算法[J]. 计算机应用, 2002, 22 (10): 29-32
- [3] 林国清 李见为等. 指纹图像的预处理[J]. 计算机工程, 2002, 28(9):171-172
- [4] A.K.Jain, L.Hong et al. An identity authentication system using fingerprints. Proceedings of IEEE, 1997, 85(9): 1365-1369
- [5] 尹义龙 宁新宝. 改进的指纹细节特征提取算法[J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(12):1302-1305
- [6] Xiping Luo Jie Tian. Knowledge Based Fingerprint Image Enhancement[J]. 15th ICPR, Barcelona, 2000, 14: 783-786

基于模糊算法的水声图像增强

张铁栋 秦再白 朱炜

(哈尔滨工程大学 船舶学院, 哈尔滨 150001; Email :zhangtiedong@sohu.com)

摘要: 图像增强是图像处理的主要技术之一。对于水声图像来说, 由于水下干扰性强, 使得图像分辨率低, 边缘恶化, 因此传统的增强方法对水声图像处理质量不是很好。本文基于模糊数学理论, 建立了水声图像的模糊特征矩阵, 并采用正弦模糊分布函数对真实的水声图像进行了增强处理。处理结果表明, 该算法不仅有效的改善了水声图像主观视觉效果, 而且去除了图像噪声, 突出了图像的边缘特征。

关键词: 模糊集合; 水声图像; 图像增强

A Sonar Image Enhancement Algorithm Based on Fuzzy Set

Zhang Tie-dong, Qin Zai-bai, Zhu Wei

(School of Shipbuilding Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China; Email :zhangtiedong@sohu.com)

Abstract: Image Enhancement is one of important technique in Image Processing. Because interference in water is strong, Sonar image resolution is low and image edge is bad. Qualities of the traditional algorithms of image enhancement are not better for sonar images. This paper defined the matrix of fuzzy characteristics of sonar images based on the theory of fuzzing mathematics, and enhanced the image by using the sine fuzzy function. The result shows that not only the vision brightness of images is improved, but also the noise is removed and the edge features are shaped.

key words: fuzzy set; sonar image; image enhancement

图像增强是图像处理的主要技术之一, 它的作用主要是改善图像的视觉效果, 使图像更适合于人眼的观察判断或计算机分析处理的一种比较简单有效的技术手段, 在图像处理技术中占有重要地位, 并在实际中得到广泛应用。但由于图像自身的复杂性, 造成在处理过程的各个不同阶段可能出现不确定性和不精确性, 即模糊性。因此近年来不少学者将模糊集理论引入图像处理和识别技术的研究中, 并取得了显著的成效。

水声图像在海底探测中扮演着重要的角色, 通过对其分析, 水下探测者或潜器可对水下未知环境

有所了解。虽然水声图像包含了十分丰富的环境信息, 但由于受到水下环境混响噪声的干扰、声纳成像机理的限制等诸多因素的影响, 使水声图像存在图像整体分辨率较低, 物体边界轮廓模糊不清等现象, 从而使直接判读带来很大的困难。本文基于模糊数学原理, 采用模糊增强算子, 对水声图像作了增强处理, 获得了满意的结果。

1 水声图像模糊特征矩阵^{[1][2]}

由模糊集合的概念, 一幅 $M \times N$ 的数字图像 X 可以看成是一个模糊独点集所组成的矩阵, 记作

基金项目: 微小型无人探测器基础技术研究 K1500060107

第一作者简介: 张铁栋 (1978), 男, 博士生。潜器的设计与研究、水下目标的识别与探测。

$\tilde{X}$, 有:

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} P_{11}/X_{11} & P_{12}/X_{12} & \dots & P_{1n}/X_{1n} \\ P_{21}/X_{21} & P_{22}/X_{22} & \dots & P_{2n}/X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{m1}/X_{m1} & P_{m2}/X_{m2} & \dots & P_{mn}/X_{mn} \end{bmatrix}$$

其中 P_{mn} ($0 \leq P_{mn} \leq 1$) 表示图像中第 (m, n) 点像素灰度值 X_{mn} 相对于最大像素灰度值 $X_{\max}$ 的隶属度。

对于模糊特征值 P_{mn} , 它是通过将空间域中的像素值 X_{mn} 映射到模糊域获得的, 所以选用的映射函数 ϕ 应满足如下条件^{[3][4]}:

对于 $X \xrightarrow{\phi} P, P_{mn} \in [0, 1]$, 且当 X_{mn} 单调变化时, P_{mn} 也单调变化。

因此, 一般我们选用下式的映射函数:

$$P_{mn} = \phi(X_{mn}) = \left[1 + \frac{X_{\max} - X_{mn}}{F_d} \right]^{-F_e} \quad (1)$$

式中 $X_{\max}$ 为图像 X 中的最大灰度值, F_e 表示指数型模糊因子, 其选取与模糊迭代次数 r 有关。在实际应用中, 可固定 r 值, 经过 F_e 的选择得到满意的增强效果。 F_d 表示分数型模糊因子, 由选定的交界点 X_c (该点处 $P_{mn} = 0.5$) 和选定的 F_c 来定。它们的取值直接影响到模糊性的大小。

由式 (1) 可见, 当 $(X_{\max} - X_{mn}) \rightarrow 0$ 时, 则

$P_{mn} \rightarrow 1$ 。当 $(X_{\max} - X_{mn})$ 递增时, 则 P_{mn} 递减。

因此 P_{mn} 表示其像素点 (m, n) 拥有最大灰度值 $X_{\max}$ 的程度。

在 (1) 式中, 当 $X_{mn} = 0$ 时, 令

$$\alpha = \left[1 + \frac{X_{\max}}{F_d} \right]^{-F_e} \quad (2)$$

故 P_{mn} 的实际取值范围是 $[\alpha, 1]$ 。

2 水声图像的模糊增强算法

模糊增强处理是在模糊特征平面上进行的, 用于增强的算子称为“模糊对比度增强算子”(INT)。利用模糊对比度增强算子 (INT) 可以产生另一个模糊集, 即 $A' = \text{INT}(A)$ 。这个增强算子 INT 定义如下:

$$\begin{aligned} \mu_{A'}(X) &= \mu_{\text{INT}(A)}(X) \\ &= \begin{cases} 2[\mu_A(X)]^2 & 0 \leq \mu_A(X) < 0.5 \\ 1 - 2[1 - \mu_A(X)]^2 & 0.5 \leq \mu_A(X) \leq 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

将 (1) 式用于模糊特征平面, 则 $P_{mn} = \mu_A(X)$, 隶属度变化用函数 T 来表示, 即有:

$$\begin{aligned} P'_{mn} &= T_r(P_{mn}) \\ &= T_1(T_{r-1}(P_{mn})), \quad r = 2, \dots \end{aligned} \quad (4)$$

其中

$$T_1(P_{mn}) = \begin{cases} 2(P_{mn})^2 & 0 \leq P_{mn} < 0.5 \\ 1 - 2[1 - P_{mn}]^2 & 0.5 < P_{mn} \leq 1 \end{cases} \quad (5)$$

这里将式 (5) 视为一个递归变换式, 即将得到的 P'_{mn} 视为 P_{mn} , 反复使用式 (4)。最后将递归变化最终得到的 P'_{mn} 视为 P_{mn} , 再将 P_{mn} 逆映射回空间域

求 X' ，即：

$$X'_{mn} = \phi^{-1}(P_{mn}) \quad (\alpha \leq P_{mn} \leq 1)$$

从而获得增强后图像 X' 。

经过增强操作后，可能出现 $P'_{mn} < \alpha$ 情况，由 (2) 式可知，当我们采用 (1) 式对图像进行模糊操作时，当 $P'_{mn} < \alpha$ 时，则只能选取 $P'_{mn} = \alpha$ ，然后通过逆变换 ϕ^{-1} 使 X_{mn} 出现 0 灰度级。而当递归增强的次数加大时，被切削为 0 的灰度范围将加大，从而造成无谓的信息损失，而对于水声图像来说，自身存在的信息就很少，因此这种切削结果往往会产生不可预料的后果。

考虑到 (1) 式映射方法所存在的缺陷，并针对水声图像的自身特点，本文采用正弦模糊分布来求 $P_{mn}^{[5]}$ ，即：

$$P_{mn} = T(X_{ij}) = \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \left(1 - \frac{X_{ij}}{X_{\max}}\right)\right) \quad (6)$$

式中 X_{ij} 表示图像 X 中的像素值， $X_{\max}$ 为图像 X 的最大灰度级。

3 实验

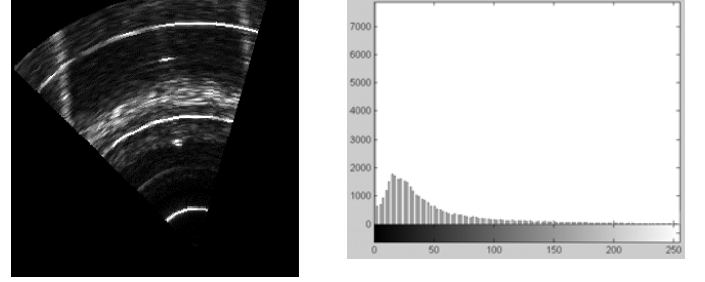
3.1 881A 前视声纳图像简介

声纳系统以一定的俯仰角和扇面向未知的探测区域发射声波，接受物体的反射回波。先采集到的数据对应于离接受基阵较近的探测区域，后采集的数据对应于较远的探测区域。每次采集到的波束数据反映了在扫描距离上对应位置处的回波强度。数值愈大，表明回波强度越强，反之，则越弱。在图像显示上，颜色的选定依据回波强度的大小来定，回波愈强，颜色愈亮。

本文只是针对水声图像中的可疑区域进行处理。图 1(a) 中，白色区域代表了强回波区域，是目标点或水池池壁回波形成。图像中还有一部分由很小的亮区和暗区混杂一起组成，是水下混响形成的。在该角度区域内，大部分为黑色区域，这并不代表无回波，只是回波很弱，和背景色彩混在一起，人眼难以分辨。由图 1(b) 可见，水声图像的整体灰度

值大部分集中在低灰度值区域，并且其直方图曲线更接近于单峰值，这是水声图像所具有的一个显著特点，而且曲线都接近于莱斯分布，这是由于图像中存在确定性散射物造成的。

从图 (1) 中可见，声纳图像对比度很差，分辨率低，存在的干扰很强，物体的边缘恶化严重，因此为了提高视觉效果，增强判读能力，采用图像增强是必要的。



(a) 水声图像

(b) 图像直方图

(a) sonar image

(b) histogram corresponding to

Figure 1(a)

图 1 水下声图像

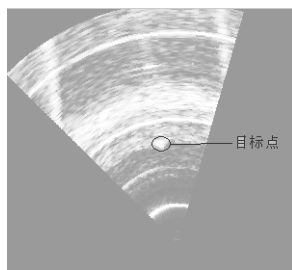
Figure 1 Sonar image

3.2 实验结果及结论

本文对一幅水声图像进行了实验。水声图像是通过前视声纳在哈尔滨工程大学的长条水池中获得，见图 (2) 与图 (3)。在水声图像中，目标点已用红圈标出。在处理过程中，分别采用了两种处理流程。一种是直接采用模糊算法对水声图像进行处理，另一种是对水声图像滤波之后，采用模糊算法处理，并将两种处理结果与直方图均衡化的处理结果进行了比较，见图 (2) (3)。

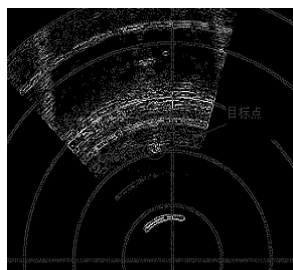
通过处理结果，可得到以下结论：

(1) 在图 (2) 中，比较图 (a) (b) 可见，由于声纳图像像素大部分集中在低灰度区域，因此，进行直方图均衡化后，虽然提高了图像的整体对比度，使一些细节显而易见，但同时也由于变换造成图像灰度级的减少，从而使某些细节消失；另外，对于有高峰的声纳直方图，经处理后图像对比度常常会不自然的过分增强，进行边缘检测后，其轮廓线很不清晰。因此，本人认为使用直方图均衡化方法处理水声图像并不适合。而经过模糊增强处理后，水声图像的模糊度得到降低，图像中噪声点得到了很大的去除，图像的边缘梯度得到较大的提高，使水声图像的结构特征得到了一定增强，在改善水声图像的主观视觉效果同时，取得去除噪声的效果，而且还使水声图像的边缘特征突出，更易于边缘提



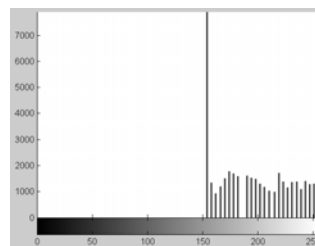
(a)直方图均衡化后的图像

(a)equalized image.



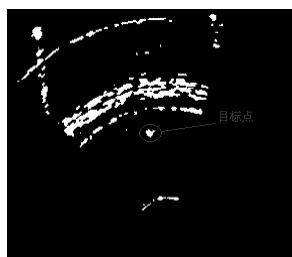
(c) 图像 2(a)的边缘提取结果

(c)result of edge detection
corresponding to Figure2(a)



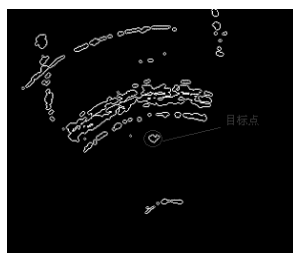
(e) 图像 2(a)所对应的直方图

(e) histograms corresponding
to Figure 2(c).



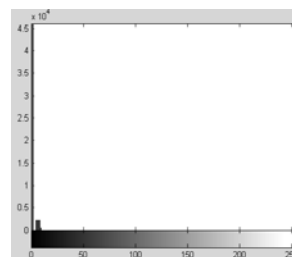
(b) 模糊增强后的图像

(b)result of image enhancement
using fuzzy set.



(d) 图像 2(b)的边缘提取结果

(d)result of edge detection
corresponding to Figure2(b)

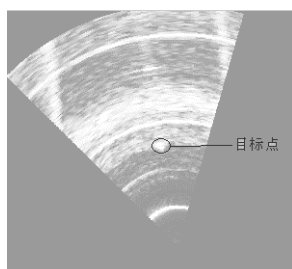


(f) 图像 2(b)所对应的直方图

(f) histograms corresponding
to Figure 2(d).

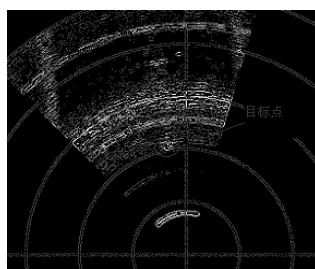
图 2 水声图像的模糊增强及其边缘提取的效果图($r=9$)

Figure 2 Image enhancement using fuzzy set in sonar images and Edge detection($r=9$).



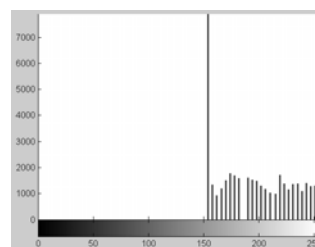
(a)直方图均衡化后的图像

(a)equalized image.



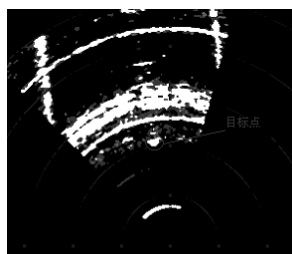
(c) 图像 3(a)的边缘提取结果

(c)result of edge detection
corresponding to Figure3(a)



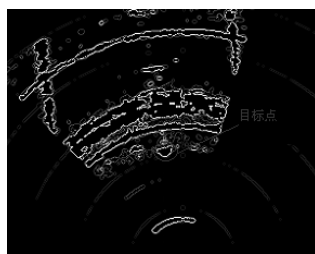
(e) 图像 3(a)所对应的直方图

(e) histograms corresponding
to Figure 3(c).



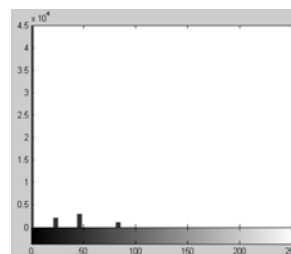
(b) 模糊增强后的图像

(b)result of image enhancement using
fuzzy set.



(d) 图像 3(b)的边缘提取结果

(d)result of edge detection
corresponding to Figure3(b)



(f) 图像 3(b)所对应的直方图

(f) histograms corresponding
to Figure 3(d).

图 3 经过滤波后的水声图像模糊增强及其边缘提取的效果图($r=4$)

Figure 3 Image enhancement using fuzzy set in sonar images and Edge detection($r=4$).

取和阈值划分。这对于许多后续处理都有其重要的意义。

(2) 比较图(2)(3)可见, 先对图像进行滤波, 再采用模糊处理方法, 不但可以很大程度提高图像的增强效果, 而且还减小了循环递归的次数, 从而降低了计算时间。

(3) 由相应的直方图可见, 随着 r 的变大, 图像越接近二值图像, 从边缘提取的结果来看, 随着 r 的增大, 去除噪声点的效果越来越明显, 图像中边缘梯度不断得到增强, 检测出的边缘也越来越多, 提取的效果也越来越好。

综上, 将模糊集理论应用于水声图像增强处理中的效果是十分明显的, 而且处理后的结果非常有利于后续处理的进行。

参 考 文 献

- [1] A. Kaufman. Introduction to the Theory of Fuzzy Subsets: Fundamental Theoretical Elements[M]. New York: Academic Press.1973.
- [2] 张汝波. 计算智能基础[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社. 2001. 17-59.
- [3] S. K. Pal, R. A. King. Image Enhancement Using Smoothing with Fuzzy Sets[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 1981.SMC-11(7):494-501.
- [4] S. K. Pal, R.A. King. On edge detection of X-ray images using fuzzy sets [J]. IEEE Trans, Pattern analysis and machine intelligence. 1983. 5(1): 69—77.
- [5] 陈武凡, 鲁贤庆等. 彩色图像边缘检测的新算法广义模糊算子法[J]. 中国科学(A辑). 1995. 25(2): 219—224.

一种改进的彩色图像矢量中值滤波算法

李文举 韦丽华 唐双童

(辽宁师范大学计算机与信息技术学院, 大连, 116029, wenjuli@dl.cn)

摘要: 针对彩色图像滤波, 提出一种改进的矢量中值滤波算法。首先, 求取像素的方向区域距离测度并将滤波窗口划分为两个子窗口; 然后, 在子窗口内进行矢量中值滤波。实验结果表明, 该算法速度快, 具有较好的滤波效果。

关键词: 彩色图像滤波, 矢量中值滤波, 方向区域距离测度, 脉冲噪声

An Improving Vector Median Filtering Algorithm for Color Image

Li Wen-ju, Wei Li-hua, Tang Shuang-tong

(School of Computer and Information Technology, Liaoning Normal University, Dalian 116029, wenjuli@dl.cn)

Abstract: An improving vector median filtering algorithm for color image was proposed. Firstly, the direction region distance measure of the pixel was computed and its filtering window was divided into two sub-window in a color image, then, the vector median filtering algorithm was executed in a sub-window. The experimental results show that the proposed algorithm can remove impulse noise and its computation speed is much faster than the classical Vector median filtering algorithm.

Keywords: Color image filtering, Vector median filtering, Direction region distance measure, Impulse noise

1 引言

随着计算机技术与图像获取技术的飞速发展, 彩色图像处理受到日益广泛的关注, 其中, 如何有效地抑制噪声并保护图像的细节是一个非常重要的问题。目前, 图像滤波主要分成线性滤波技术和非线性滤波技术两大类。线性滤波具有完善的理论基础, 数学处理简单, 对高斯噪声有较好的平滑作用, 但对脉冲噪声抑制效果较差并且会使图像的边缘模糊, 不能很好地保护图像的细节; 而非线性滤波则能抑制非高斯噪声, 较好地保护图像的边缘和细节^[1]。

在彩色图像非线性滤波技术中, 基于矢量排序统计的矢量中值滤波^[2-5], 是一种常用的方法。传统的矢量中值滤波器随着滑动窗口的增大运算量在迅速增加, 影响算法的快速性, 一些改进算法也大多关注于滤噪性能的提高^[6, 7]。本文对传统的矢量中值滤波方法进行了改进, 可以有效地去除彩色图像中的脉冲噪声, 并能较好地保持彩色图像的细节, 既降低了运算量, 又提高了快速性。

2 矢量中值滤波原理

设 n 个矢量的集合为: