基于LBF模型的斑点噪声图像分割。

李云红 袁巧宁

(西安工程大学电子信息学院 西安 710048)

摘 要 LBF模型的核函数的尺度函数是一个固定的任意值,不能实现在不同区域采用不同的尺度。不同点的灰度均匀性不同,因此仅用一个固定尺度的模型来计算不同区域的统计信息是不准确的。针对这一问题论文提出了自适应的高斯核函数,在图像的不同区域,采用不同的尺度参数,使图像的能量差更加明显。实验结果表明,论文提出的方法相较于传统LBF模型和CV模型,提高了斑点噪声图像的分割精度。

关键词 图像分割,局部二值拟合模型,斑点噪声

中图分类号 TP391 **DOI:** 10. 3969/j. issn. 1672-9722. 2019. 04. 033

Speckle Noise Image Segmentation Based on LBF Model

LI Yunhong YUAN Qiaoning

(School of Electronics and Information, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048)

Abstract The scale function of the kernel function of the LBF model is a fixed arbitrary value, and different scales can't be used in different regions. Different points have different gray uniformity, so it is inaccurate to use only one fixed-scale model to calculate the statistics of different areas. In response to this problem, an adaptive Gaussian kernel function is proposed. Using different scale parameters in different regions of the image makes the energy difference of the image more obvious. The experimental results show that compared with the traditional LBF model and CV model, the proposed method improves the accuracy of speckle noise image segmentation.

Key Words image segmentation, local binary fitting, speckle noise

Class Number TP391

1 引言

最近几年,在计算机视觉领域中,活动轮廓模型这一方法逐渐成熟,由于其在图像分割方面的优越性,受到国内外学者的好评,并逐渐成为主流的图像分割方法^[1-2]。活动轮廓模型可划分为基于边界的模型^[3]和基于区域的模型可划分为基于边界的模型^[3]和基于区域的模型之一。该模型适用于弱边界或离散状边界目标图像分割,且分割结果对初始轮廓位置不敏感,但不能分割灰度不均匀的图像。文献[6]提出的PS(Piecewise Smooth)模型部分解决了CV模型不能处理灰度不均一图像的分割问题,但计算复杂性高,演化时间

长。为了更好地解决这个问题,文献[7]提出了局部二值拟合(Local binary fitting, LBF)模型,该模型通过引入高斯核函数提取图像的局部信息,克服了CV模型不能分割灰度不均匀图像的缺陷,但在水平集函数演化的过程中极易陷入局部极小值,很多学者在LBF模型基础上作了改进[8-11]。由于LBF模型利用图像的局部邻域信息拟合能量函数,相当于对活动轮廓内外进行局部均值滤波,对高斯噪声有一定的抗噪性,但是对椒盐噪声,斑点噪声污染的图像不能取得令人满意的分割结果。为此研究人员提出基于局部熵 LCK (local correntropy-based K-means)模型[12]、GLCK (global and local correntropy-based K-means)模型[13]。刘瑞娟等[14]提出了一

^{*} 收稿日期:2018年10月9日,修回日期:2018年11月12日

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:61471161);陕西省科技厅自然科学基础研究重点项目(编号:2016JZ026);西安工程大学博士科研启动基金项目(编号:BS1616)资助。

作者简介:李云红,女,博士,教授,硕士生导师,研究方向:红外热像测温技术、图像处理、信号与信息处理技术。袁巧宁, (C)19分-硕星1研究方向:图像分割Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

种改进CV模型和LIF模型线性组合的活动轮廓模型,刘晨等[15]提出了提出一种能消除椒盐噪声影响的新的局部拟合项。

针对上述问题我们提出了自适应的高斯滤波 核函数,在图像的不同区域,采用不同的尺度参数 σ,这样就能有区别地处理斑点噪声区域和特征区 域,从而实现图像的精准分割。

2 传统LBF模型

LBF模型是基于一种可变区域的能量泛函模型,该模型假设灰度非均匀图像在一个较小的区域内灰度是可分的。LBF模型的能量函数定义为

$$E_{LBF} = E(\phi, f_1(x), f_2(x)) =$$

$$\lambda_1 \int (\int K_{\sigma}(x - y) |I(y) - f_1(x)|^2 H(\phi(y)) dy) dx +$$

$$\lambda_2 \int (\int K_{\sigma}(x - y) |I(y) - f_2(x)|^2 (1 - H(\phi(y))) dy) dx$$

式中: λ_1 和 λ_2 为权重系数,I(y) 为图像; $f_1(x)$, $f_2(x)$ 为局部拟合函数, $K_\sigma(x-y)=K_\sigma(|x-y|)$ 是一个具有局部性质的核函数,在以 x 为中心的局部区域内,y 为中心点 x 附近的像素点,当 x-y 取较大值, $K_\sigma(x-y)$ 减少到 0,即离 x 越近的邻域像素点 y 的图像灰度对 x 的影响越大,y 的图像灰度远离中心点 x 时,对 $f_1(x)$ 和 $f_2(x)$ 的值几乎没有影响。

固定水平集函数 ϕ ,极小化能量泛函式(1)得 $f_1(x)$ 和 $f_2(x)$ 的表示为

$$f_{1}(x) = \frac{K(x)^{*}(H(\phi(x))I(x))}{K(x)^{*}(H(\phi(x)))}$$
(2)

$$f_2(x) = \frac{K(x)*(1 - H(\phi(x))I(x))}{K(x)*(1 - H(\phi(x)))}$$
(3)

最小化LBF模型能量函数,使用梯度下降流方 法得到水平集演化的偏微分方程:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = -\delta(\phi)(\lambda_1 e_1 - \lambda_2 e_2) \tag{4}$$

苴中,

$$e_i(x) = \int K_{\sigma}(y-x) |I(x)-f_i(y)|^2 dy \ (i=1,2)$$
 (5)

$$e_i(x) = \int K(y-x)|I(x)-f_i(y)|^2 (i=1,2)$$
 (6)

3 LBF模型的改进

从上式 $(2\sim3)$ 可以看出 $f_1(x)$ 和 $f_2(x)$ 是 x 邻域的加权平均拟合函数。相当于进行了均值滤波,针

能得到较好的分割结果。

本文采用Loupas提出的斑点噪声模型,可表示为

$$y = x + n\sqrt{x} \tag{7}$$

其中 y 为输出信号, x 为输入信号, n 为噪声信号, 其中 n 与 x 相互独立。

当 x 为常量 c ,斑点噪声的方差为 σ_n^2 ,输出信号的方差可表示为下式:

$$\sigma^2 = \operatorname{Var}(c + n\sqrt{c}) = c\sigma_n^2 \tag{8}$$

输出信号的算术均值 μ 可等同于常量 c ,则噪声方差可以表示为 $\sigma_n^2 = \sigma^2/\mu$,表示噪声斑点的形成程度。

相似度函数定义如下:

$$S_{ij} = 1/[1 + \alpha |v(X_{ij}) - v(X_{ref})|^{\beta}]$$
 (9)

其中:

$$v(X_{ij}) = \sigma^2(X_{ij})/\mu(X_{ij})$$
 (10)

式中: X_{ref} 为选定的参考斑点区域; X_{ij} 为以像素 (ij) 为中心的一个局部区域; $v(X_{ref})$ 为参考区域的 方差 $v(X_{ii})$ 为处理区域的方差。

当 σ_{ij} 与 S_{ij} 满足下式时图像处理的效果最好:

$$\sigma_{ii} = 20 S_{ii}^2 + 54 S_{ii} + 0.2 \tag{11}$$

将高斯标准差 σ_{ij} 表示为区域相似度 S_{ij} 的二次函数,当 S_{ij} 很小(接近于0)时, σ_{ij} 值也很小,高斯滤波的平滑程度就很小。而此时的处理区域为特征区域,可以较好地保留细节特征;当 S_{ij} 接近于1时, σ_{ij} 的值较大。此时图像处理区域为斑点区域高斯滤波器能对该区域进行足够的平滑,可以最大程度地抑制图像中的斑点。

4 实验结果与分析

在不同程度斑点噪声污染的图像上,验证本文提出的模型的有效性。并且与CV模型,LBF模型进行对比试验,证明本文提出的方法在含有斑点噪声的图像分割上具有良好的效果。实验中, $\Delta t = 0.1$, $\lambda_1 = \lambda_2 = 1$, $\nu = 0.001*255*255$, $\mu = 1$, $\varepsilon = 1.0$, σ 由相似度 S_n 决定。

图 1(a)~(d)分别对应无噪声原始图像,添加方差 0.001、0.005 0.010的斑点噪声;图 2(a)~(d)可以看出 CV 模型出现分割错误;从图 3(a)~(d)可以看出 LBF模型出现分割错误,收敛于图像中斑

对高期噪声者 C)定的抗噪性 jc 但填对 斑点噪声不ublis 点噪声点 se. All rights reserved. http://www.cnki.net







(b)方差0.001的斑点噪声







(d)方差0.01的斑点噪声

图1 无噪声和噪声图像









(a)图 1(a)分割结果 (b)图 1(b)分割结果 (c)图 1(c)分割结果 (d)图 1(d)分割结果 图 2 CV 模型分割结果









(a)图 1(a)分割结果 (b)图 1(b)分割结果 (c) 图 1(c)分割结果 (d)图 1(d)分割结果 图3 LBF模型分割结果



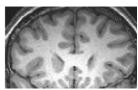




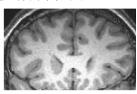


(a)图 1(a)分割结果 (b)图 1(b)分割结果 (c)图 1(c)分割结果 (d)图 1(d)分割结果 图4 本文分割结果

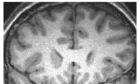
从图 7(a)~(d)可以看出 LBF模型对于受噪声 影响的弱边缘分割不理想,出现并且随着噪声水平 的提高,错误率也随之提高。而本文模型在斑点噪 声影响下,依然能得到满意的分割结果。



(a)无噪声图像

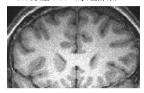


(b)方差0.001的斑点噪声





(c)方差0.005的斑点噪声



(d)方差0.01的斑点噪声









(a)图 5(a)分割结果 (b)图 5(b)分割结果 (c)图 5(c)分割结果 (d)图 5(d)分割结果 图 6 CV 模型分割结果









(a)图 5(a)分割结果 (b)图 5(b)分割结果 (c)图 5(c)分割结果 (d)图 5(d)分割结果 图7 LBF模型分割结果







(a)图5(a)分割结果 (b)图 5(b)分割结果 (c)图 5(c)分割结果 (d)图 5(d)分割结果 图 8 本文分割结果

5 结语

针对复杂多样、模糊不均匀、灰度差异小、个体 差异性且含有大量斑点噪声的图像,本研究在LBF 模型的基础上,提出自适应的高斯滤波核函数。通 过计算局部区域与标准噪声之间的相似度来确定 核函数尺度的大小,提高了斑点噪声图像的分割精 度。

参考文献

- [1] 张芹, 侯德文, 一种结合区域梯度的自适应 CV 模 型 [J]. 计算机应用与软件,2014,31(3):214-216. ZHANG Qin, HOU Dewen. An Adaptive CV Model Combining Region Gradient [J]. Computer Applications and
- [2] DU X, BUI T D.A new model for image segmentation [J]. IEEE Signal Processing Letters, 2008, 15:182-185.

Software, 2014, 31(3): 214-216.

- [3] LIC, XUC, KONWARKM, et al. Fast distance preserving levelset evolution for medical image segmentation [C]// Proceedings of the 9th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision. Washington, DC: IEEE, 2006:1-7.
- [4] LI C, KAO C, GORE J C, et al. Minimization of region-scalablefitting energy for image segmentation [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2008, 17(10): 1940-1949.
- [5] Chan T F, Vese L A.Active countours without edges [J]. IEE Transactions on Image Processing, 2001, 10(2): 266-277.
- [6] Vese L, Chan T.A multiphase level set framework for im-(C)1994-2021 图sina无噪声图像1al Electronic Publishing House. All rights reserved. http://转像939点向et

- [8] Ojala T, Pietikainen M, Harwood D. Multiresolution gray scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI), 2002, 24 (7): 971-987.
- [9] Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton G E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks [C]//Proc of International Conference on Advances in Neural Information Processing Systems, 2012;1-9.
- [10] Srivastava N, Hinton G, Krizhevsky A, et al. Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting[J]. Journal of Machine Learning Research, 2014, 15(1): 1929-1958.
- [11] KRIZHEVSKY A, SUTSKEVER I, HINTON G E.ImageNet classification with deep convolutional neural networks [C]//Proceedings of the 2012 International Conference on Neural Information Processing Systems. West Chester, OH; Curran Associates Inc., 2012; 1097–1105.

- [12] HE K, ZHANG X, REN S, et al. Deep residual learning for image recognition [C]//CVPR 2016: Proceedings of the 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2016: 770-778.
- [13] SIMONYAN K, ZISSERMAN A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition [EB/OL]. [2017-03-21]. https://arxiv.org/abs/1409.1556.
- [14] REN S, HE K, GIRSHICK R, et al. Object detection networks on convolutional feature maps[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2017, 39(7):1476-1481.
- [15] SRIVASTAVA R K, GREFF K, SCHMIDHUBER J. Training very deep networks [EB/OL]. [2017–03–20]. https://arxiv.org/abs/1507.06228.
- [16] SIMONYAN K, ZISSERMAN A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition [EB/OL]. [2017-03-10]. https://arxiv.org/abs/1409.1556.

(上接第913页)

age segmentation using the Mumford and Shah model [J]. Int J Comput Vision, 2002, 50:271-293.

- [7] Li C, Kao C Y, Gore J C, et al. Implicit Active Contours Driven by Local Binary Fitting Energy [C]//Computer Vision and Pattern Recognition, 2007. CVPR '07. IEEE Conference on. IEEE, 2007:1-7.
- [8] 张爱华,胡士亚,陈海燕.基于改进LBF模型的鼠兔图像分割算法[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2016,44(2):75-80.
 - ZHANG Aihua, HU Shiya, CHEN Haiyan. Image Segmentation Algorithm of Mouse Rabbit Based on Improved LBF Model[J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology(Natural Science), 2016, 44(2):75-80.
- [9] Cheng D, Tian F, Liu L, et al. Image segmentation based on multi-region multi-scale local binary fitting and Kullback - Leibler divergence [J]. Signal Image & Video Processing, 2018(2):1-9.
- [10] 白雪冰,宋恩来,李润佳,等. 柑橘表面缺陷图像快速 准确分割方法[J]. 沈阳农业大学学报,2018,49(2): 242-249.
 - BAI Xuebing, SONG Enlai, LI Runjia, et al. Fast and accurate segmentation method for citrus surface defect images [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2018, 49(2): 242-249.
- [11] Wang L, Pan C. Robust level set image segmentation via a local correntropy-based K-means clusting [J]. Pattern Recognition, 2014, 47(5):1917-1925.

- [12] 白雪冰,许景涛,郭景秋,等. 基于局部二值拟合模型的板材表面节子与虫眼的图像分割[J]. 浙江农林大学学报,2016,33(02):306-314.
 - BAI Xuebing, XU Jingtao, GUO Jingqiu, et al. Image Segmentation of Leaf Surface and Insect Eyes Based on Local Binary Fitting Model[J]. Journal of Zhejiang Agriculture and Forestry University, 2016, 33(02): 306–314.
- [13] 黄扬,郭立君. 融合全局和局部相关熵的图像分割 [J]. 中国图象图形学报,2015,12(12):1619-1628. HUANG Yang, GUO Lijun, ZHANG R. Integration of global and local correntropy image segmentation algorithm [J]. Journal of Image and Graph-ics, 2015, 20 (12): 1619-1628.
- [14] 刘瑞娟,何传江,原野.融合局部和全局图像信息的活动轮廓模型[J]. 计算机辅助设计与图形学报,2012,3 (3):364-371.
 - LIU Ruijuan, HE Chuanjiang, YUAN Ye, et al. Active contours driven by local and global image fitting[J]. Journal of Computer Aid Design & Computer Graphics, 2012, 3(3):364-371.
- [15] 刘晨,池涛,李丙春,等. 一种新的活动轮廓模型图像 分割方法[J]. 工程科学与技术,2017,49(5):101-108.
 - LIU Chen, CHI Tao, LI Bingchun, et al. A novel image segmentation method based on the active contourmodel [J]. Advanced Engineering Sciences, 2017, 49 (5): 101-108.