

一种改进的自适应非锐化掩模图像增强算法

朱 莉

(西安科技大学 计算机学院, 陕西 西安 710054)

摘 要: 提出了一种改进的自适应非锐化掩模(UM)图像增强算法, 它首先利用拉普拉斯算子值检测局部细节特征, 然后依据定义的期望增强特性获取增强控制参数, 最后利用上述步骤得到的参数计算增强后图像值。实验结果表明, 本算法极大地提高了增强算法的稳定性, 减少了计算量。使用本算法对标准测试集中的若干图像进行了增强, 从增强结果的图像质量评价指标 DV、BV 值不定期挥, 该算法都优于原有的算法。

关键词: 自适应; 实时; 图像锐化; 拉普拉斯算子; 非锐化掩模

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)06-0158-03

An Improved Adaptive Unsharp Masking Method for Real-time Image Contrast Enhancement

ZHU Li

(Department of Computer Science, Xi'an University of Science & Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: We need a reliable adaptive image contrast enhancement in real-time processing such as digital TV postprocessing. This goal is achieved by an improved adaptive unsharp masking image enhancement algorithm in the paper. The proposed improved adaptive unsharp masking filter controls the contribution of the sharpening path by the output of Laplacian and works in such a way that contrast enhancement occurs in high detail areas and little or no image sharpening occurs in smooth areas. The experiment shows that this improved algorithm greatly reduce the complexity of computing and can be reliably used. The results also show that from both a BV/DV and a visual quality, the proposed filter outperforms the original filter for different test images

Key words: adaptive; real-time; image contrast enhancement; Laplacian; unsharp masking

1 引言

图像锐化增强突出图像高频信息如边缘、细节等, 可极大地改善图像的视觉效果, 提高图像的清晰度, 也可使图像适合于计算机的进一步分析处理。近几十年来发展出了许多适用于各种不同应用场合的有效图像锐化增强算法^[1-3], 其中的大部分工作都集中于能够对输入图像进行自适应锐化增强处理。

线性非锐化掩模(UM)是最常用的锐化增强方式之一, 但存在对噪声敏感和在某些情况下会过增强的问题。针对上述问题已经提出了很多改进的非线性非锐化掩模锐化增强算法^[4-6]。

在文献[7]中提出了一种自适应非锐化掩模图像增强算法, 这种方法可以减少对噪声的增强和图像细节的过增强。但运算较复杂, 针对上述问题本文提出了改进的自适应非锐化掩模实时图像增强算法。

2 自适应非锐化掩模增强算法

非锐化掩模算法中, 增强后图像当前点的像素值为 $y(i, j)$:

$$y(i, j) = x(i, j) + \lambda z(i, j) \quad (1)$$

式中, $x(i, j)$ 为原始输入图像像素值, $z(i, j)$ 是高通滤波器的输出, λ 控制输出的增强幅度, 为增强控制

收稿日期: 2011-10-09; 修回日期: 2011-11-22

基金项目: 陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2007D07)

参数.

在文献[7]中使用了两个方向的高通滤波算子进行增强:

$$z_{col}(i, j) = 2x(i, j) - x(i, j-1) - x(i, j+1) \quad (2)$$

$$z_{row}(i, j) = 2x(i, j) - x(i-1, j) - x(i+1, j) \quad (3)$$

此时式(1)变为

$$\begin{aligned} y(i, j) &= x(i, j) + \lambda_{col}(i, j)z_{col}(i, j) + \\ &\quad \lambda_{row}(i, j)z_{row}(i, j) \\ &= x(i, j) + [\lambda_{col}(i, j), \lambda_{row}(i, j)] \cdot \\ &\quad [z_{col}(i, j), z_{row}(i, j)]^T \end{aligned} \quad (4)$$

令

$$\begin{aligned} \Lambda(i, j) &= [\lambda_{col}(i, j), \lambda_{row}(i, j)]^T \\ z(i, j) &= [z_{col}(i, j), z_{row}(i, j)]^T, \text{则式(4)可表示为} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y(i, j) &= x(i, j) + \Lambda^T(i, j)z(i, j) \\ \text{八邻域拉普拉斯算子定义为} \\ g_x(i, j) &= 8x(i, j) - \sum_{(n, m) \in D} x(n, m) \quad (5) \\ (n, m) &\text{为}(i, j)\text{的八邻域坐标, } D \text{为八邻域坐标的集合.} \end{aligned}$$

计算输入图像与输出图像的八邻域拉普拉斯算子值: $g_x(i, j)$ 、 $g_y(i, j)$, 检测输入图像与输出图像的局部细节特征.

然后计算 $g_{z_{col}}(i, j)$ 、 $g_{z_{row}}(i, j)$.

定义图像局部方差为

$$v(i, j) = \sum_{n=i-1}^{i+1} \sum_{m=j-1}^{j+1} (x(n, m) - \bar{x}(i, j))^2 / 9 \quad (6)$$

我们希望增强图像的真正边缘区, 因此对局部方差较小的地方(可能是噪声)不予增强, 为避免过增强, 对高方差部分减小增强幅度.

定义期望的增强后图像局部细节特征:

$$\begin{aligned} g_d(i, j) &= \alpha(i, j)g_x(i, j) \quad (7) \\ \alpha(i, j) &= \begin{cases} 1, & \text{if } v(i, j) < \tau_1 \\ \alpha_{dh} (> 1), & \text{if } \tau_1 \leq v(i, j) < \tau_2 \\ \alpha_{dl} (1 < \alpha_{dl} < \alpha_{dh}), & \text{if } v(i, j) \geq \tau_2 \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$

文献[7]通过最小化增强后图像的局部细节特征值与期望的局部细节特征值之差来自适应地动态调节增强控制参数矩阵 $\Lambda(i, j)$. 即最小化:

$$J(i, j) = E[e^2(i, j)] = E[(g_d(i, j) - g_y(i, j))^2]$$

据式(4), 可得

$$g_y(i, j) = g_x(i, j) + \Lambda^T(i, j)G_z(i, j) \quad (9)$$

其中

$$G_z(i, j) = [g_{z_{col}}(i, j), g_{z_{row}}(i, j)]^T.$$

据高斯-牛顿梯度下降算法, 可得如下更新方程:

$$\begin{aligned} \Lambda(i, j+1) &= \Lambda(i, j) - \mu R^{-1}(i, j) \cdot \\ &\quad \frac{\partial}{\partial \Lambda(i, j)}(e^2(i, j)) \\ &= \Lambda(i, j) + 2\mu e(i, j)R^{-1}(i, j)G_z(i, j). \end{aligned} \quad (10)$$

其中 $R(i, j)$ 是输入 $G_z(i, j)$ 的自相关估计矩阵, 按下式计算:

$$R(i, j) = (1-\beta)R(i, j-1) + \beta G_z(i, j)G_z^T(i, j) \quad (11)$$

$0 < \beta < 1$, 为收敛参数.

3 改进的自适应非锐化掩模增强算法

第2节中所述算法采用了两个方向的高通滤波算子 $z_{col}(i, j)$ 、 $z_{row}(i, j)$ 进行增强, 在估计图像局部细节特征时采用了 $v(i, j)$ 、 $g_x(i, j)$, 使得计算复杂度变高, 我们考虑使用 $g_x(i, j)$ 完成所有的操作, 式(4)变为

$$y(i, j) = x(i, j) + \lambda(i, j)g_x(i, j) \quad (12)$$

式(8)变为

$$\alpha(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{if } abs(g_x(i, j)) < \tau_1 \\ \alpha_{dh} (> 1), & \text{if } \tau_1 \leq abs(g_x(i, j)) < \tau_2 \\ \alpha_{dl} (1 < \alpha_{dl} < \alpha_{dh}), & \text{if } abs(g_x(i, j)) \geq \tau_2 \end{cases} \quad (13)$$

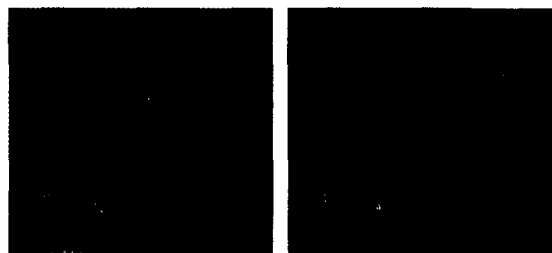
$G_z(i, j) = [g_{z_{col}}(i, j), g_{z_{row}}(i, j)]^T$ 计算转换为计算 $g(g_x(i, j))$, 式(10)变为

$$\begin{aligned} \lambda(i, j+1) &= \lambda(i, j) - \mu \frac{\partial}{\partial \lambda(i, j)}(e^2(i, j)) \\ &= \lambda(i, j) + 2\mu e(i, j)g(g_x(i, j)) \end{aligned} \quad (14)$$

由于增强控制参数矩阵 $\Lambda(i, j)$ 变为 $\lambda(i, j)$, 因此自相关估计矩阵 $R(i, j)$ 也不存在了(也可看成一维单位方阵).

可以看到拉普拉斯算子值 $g_x(i, j)$ 与局部方差 $v(i, j)$ 都可以反映图像局部的细节特征. 因此可以考虑选择其一, 简化运算. 这种方案是否可行, 我们通过实验进行了探索. 比较两者在反映图像细节时的逼真度与稳定度差异. 可以看到拉普拉斯算子值 $g_x(i, j)$ 对噪声变化敏感, 局部方差 $v(i, j)$ 更稳定逼真地反映了图像细节的分布, 不过通过对拉普拉斯算子值 $g_x(i, j)$ 设定一定的域值, 可以减少噪声的影响, 使其比较准确地反映图像局部的细节特征. 如设

定拉普拉斯算子噪声域值为 5(即 $g_x(i,j) \leq 5$ 时,认为当前点是噪声,不是细节),利用上述两种局部细节特征检测方法得到的 lena 图像细节显示图如图 1 所示.



(a)拉普拉斯算子检测细节显示图(noise_threshold=5) (b)局部方差检测细节显示图

图 1 lena 图像

实验结果表明选择拉普拉斯算子值 $g_x(i,j)$ 替代局部方差 $v(i,j)$ 检测图像局部的细节特征是可行的.

4 实验与结果分析

为验证本文算法的有效性,引入图像质量评价指标 DV 和 BV^[8],其计算方法如下:对图像每一点在 $M \times M$ 窗口中计算方差,若方差大于细节设定阈值,则认为当前点属于细节,将其归入细节点 DV;若方差小于背景设定阈值,则认为当前点属于背景,将其归入背景点.对图像中所有细节点的方差求平均,可得到图像的 DV;对图像中所有背景点的方差求平均,可得到图像的 BV.

为了直观地对两种算法增强效果进行比较,我们得到对 lena 图像采用两种算法增强后的图像,两种算法的增强效果明显,都有效增强了图像的边缘、细节区如帽檐头发等,并且没有出现明显的过增强问题,增强效果基本一致.

为了更全面准确地将两种算法增强效果进行比较,我们将两者处理后图像的图像质量评价指标 DV 和 BV 值列表进行比较.

输入标准测试集中若干图像,分别用原来的方法与本文的方法进行增强,设定背景域值与细节域值:

$m_var_b_threshold = m_var_d_threshold = 90$ 其滤波前后图像质量评价指标 DV 和 BV 值如表 1 所示.

表 1 不同滤波方法滤波前后图像质量评价指标比较

图像名	输入		自适应非锐化掩膜增强		本文算法	
	DV	BV	DV	BV	DV	BV
Couple	376.83	15.22	506.45	7.24	501.62	9.40
baboon	517.11	34.33	1 144.62	10.01	1143.95	11.62
airplane	550.40	10.82	675.53	9.33	663.93	8.63
girl	372.51	15.22	468.58	9.13	446.00	11.45
Girl-1	483.61	12.26	484.53	9.81	493.76	8.94
goldhill	269.76	22.12	434.96	9.89	375.43	14.19
lena	376.11	14.64	475.65	15.01	489.08	14.28

从上表可以看到采用这两种算法增强后的图像其 DV 值增加的都很多,增强效果都比较明显,对某些图本文的算法增强效果甚至稍好于原算法(DV 值稍大).

从以上分析可以看到本文算法最大的优点是通过对拉普拉斯算子值 $g_x(i,j)$ 替代局部方差 $v(i,j)$ 检测图像局部细节特征,减少了计算复杂度,提高了处理速度.实验结果证明本文算法使处理速度相对于原算法提高了 1/3 左右.

5 结束语

本文提出了一种适用于实时图像增强处理的改进的自适应非锐化掩膜图像增强算法.它根据拉普拉斯算子值检测图像局部细节特征,判断图像细节内容,并据此动态地确定增强控制参数.实验结果表明,本文算法对噪声有很好的抑制作用,增强效果明显,很好地解决了过增强问题,极大地提高了运算速度.

参考文献:

- [1] Pizer S M, Amburn E P, Austin D D, et al. Adaptive histogram equalization and its variations[J]. Comput. Vision, Graph. Image Processing, 1987(39): 3555-3368.
- [2] Lee J S. Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics [J]. IEEE Transactions on pattern Anal Machine Intell, Volume: PAMI-2, 1980: 165-168.
- [3] Narendra P M, Fitch R C. Real-time adaptive contrast enhancement[J]. IEEE Transactions on pattern Anal. Machine Intell, PAMI-3, 1981: 655-661.

(下转第 166 页)

- Stability of Networked Control Systems [J]. IEEE Control Systems Magazine February, 2001, (21):84-99.
- [2] Goodwin C, Juan Carlos Aguero, Arie Feuer, State estimation for systems having random measurement delays using Errors in Variables [C]// Proceedings The 15th Triennial World Congress. Barcelona, Spain; IFAC, 2002.
- [3] Lee Kyung Chang, Lee Suk. Remote controller design of networked control system using genetic algorithm [C]// Proceedings of the International symposium on Industrial Electronics. PuSan; IEEE, 2007: 1845 - 1850.
- [4] Almutairi Naif B, Chow Moyuen, PI Parameterization Using Adaptive Fuzzy Modulation (AFM) for Networked Control Systems-Part I: Partial Adaptation [C]// IEEE Proceedings of IECON 2008, Sevilla, Spain; IEEE, 2008: 3152-3157.
- [5] Huang J Q, Lew is FL, Liu K A, Neural predictive control for telerobot swith time delay [J]. Journal of Intelligent and Robotic Systems, 2000(29):1-25.
- [6] Lian Fengli. Analysis, design, modeling, and control of networked control systems[D]. Ann Arbor, Mich: UMI, The University of Michigan, 2001.
- [7] Huang J Q, Lew is FL, Liu K A. Neural predictive control for telerobot swith time delay [J]. Journal of Intelligent and Robotic Systems, 2008(29):1-25.
- [8] Chen S, Cowan C F N, Grant P M, Orthogonal least squares learning algorithm for radial basis function networks[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1991, (2): 302-309.
- [9] Huang J Q, Lew is FL, Liu K A. Neural predictive control for telerobot swith time delay [J]. Journal of Intelligent and Robotic Systems, 2000(29):1-25.
- [10] Chen S, Cowan C F N, Grant P M. Orthogonal least squares learning algorithm for radial basis function networks[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1991 (2): 302-309.

作者简介:

苏小会 男,(1970—),研究生,副教授.研究方向为计算机应用方向.

(上接第 160 页)

- [4] Ramponi G, Strobel N, Mitra S K, et al. Nonlinear unsharp masking methods for image contrast enhancement[J]. Electron Imag, 1996(5):353-366.
- [5] Ramponi G. A cubic unsharp masking technique for contrast enhancement[J]. Signal Process, 1998(6): 211-222.
- [6] DeVries F P. Automatic, adaptive, brightness independent contrast enhancement [J]. Signal Process, 1990(21). 169-182.
- [7] Andrea Polesel, Giovanni Ramponi, John V Mathews. Image enhancement via adaptive unsharp masking[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2000, 9(3): 505-510.
- [8] Vanzo A, Ramponi G, Sicuranza G L. An image enhancement technique using polynomial filters [C]// Proc 1st IEEE Int Conf Image Processing ICIP' 94 Austin, TX; IEEE, 1994: 477-481.

作者简介:

朱莉女,(1976—),硕士,讲师.研究方向为计算机数据库集成及图像处理.