

基于 NAS-RIF 算法和神经网络的图像盲复原

强 俊, 楚 宁, 周鸣争, 汪 军

(安徽工程科技学院 计算机科学与工程系, 安徽 芜湖 241000)

摘 要:在图像盲复原中, NAS-RIF 算法在无噪情况下, 能够得到较好的复原结果, 但是对观测噪声的图像复原效果不理想。而 Hopfield 神经网络有利于缓解图像复原过程中的震铃效应, 但前提是知道退化图像的扩展函数。将二者相结合提出一种基于 NAS-RIF 算法和神经网络的图像盲复原新算法, 首先由 NAS-RIF 算法先估计出退化图像的扩展函数, 再利用 Hopfield 神经网络算法对其进行复原。实验结果表明, 该算法具有较好的盲复原效果。

关键词:图像盲复原; NAS-RIF; Hopfield 神经网络

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2007)06-0104-03

Blind Image Restoration Algorithm Based on NAS-RIF Algorithm and Neural Network

QIANG Jun, CHU Ning, ZHOU Ming-zheng, WANG Jun

(Dept. of Computer Sci. & Eng., Anhui Univ. of Techn. and Sci., Wuhu 241000, China)

Abstract: In blind image restoration, the NAS-RIF algorithm can obtain the better restoration result while without noise. When observational noise exists, the restoration obtained by NAS-RIF algorithm isn't ideal. However, Hopfield neural network is good at alleviating ringing effect in the process of restoration. But the premise is that the PSF of the degraded image has been known. Gives a new blind image restoration algorithm which based on NAS-RIF algorithm and neural network. NAS-RIF algorithm estimates PSF from degraded image at first, and then neural network restores. The result of the experiment shows that this algorithm will produce better effect than others.

Key words: blind image restoration; NAS-RIF; Hopfield neural network

0 引 言

图像复原是指去除或减轻在获取数字图像过程中可能发生的图像质量的下降(退化)现象。这些退化包括由光学系统、运动等造成的图像模糊, 以及源自电路和光度学因素的噪声。现有的图像复原技术大都是以图像退化的某种先验知识为基础(即点扩展函数(PSF)已知)。但在实际中更常见的情况是点扩展函数未知或不确定, 只能在很少或基本没有相关的点扩展函数和原始图像的先验知识的条件下, 从退化图像中估计出原始图像, 这种方法就是图像盲复原^[1,2]。目前, 图像盲复原方法主要有两类: 一是首先利用真实图像的特别特征估计出 PSF, 然后借助估计得到的 PSF 利用传统的复原算法完成对图像复原; 二是将

PSF 辨识和真实图像估计相结合, 在完成 PSF 的辨识同时完成真实图像的复原。由 D. Kundur^[3]提出的具有非负支持域有限的递归逆滤波(NAS-RIF)算法较好地解决了 PSF 的辨识与图像的复原问题, 但在有观测噪声的情况下复原效果不理想。文中首先利用非负支持域有限的递归逆滤波(NAS-RIF)算法^[2], 估计出点扩展函数及其有关参数, 再利用神经网络的方法对图像进行恢复。提出了一种新的图像盲复原的模型和算法, 较好地解决了带有观测噪声图像的盲复原问题。

1 算 法

1.1 NAS-RIF 算法

具有非负支持域有限的递归逆滤波(NAS-RIF)算法是由 D. Kundur^[3]等人提出的, 此算法对图像有所限制, 其只适用于均匀背景的情况, 且要求图像非负、支持域有限、对点扩展函数要求绝对可积。

图 1 给出了 NAS-RIF 算法的示意图。输入为

收稿日期: 2006-08-02

基金项目: 安徽省教育厅自然科学基金重点资助项目(2004kj033dz)

作者简介: 强 俊(1981-), 女, 安徽芜湖人, 硕士研究生, 主要研究方向为数字图像处理与模式识别; 周鸣争, 硕士生导师, 教授, 主要研究领域为数字图像处理与模式识别、网络安全。

$g(x, y)$, 经过一个可变滤波器 $u(x, y)$, 其输出表示为真实图像的估计 $\hat{f}(x, y)$ 。 $\hat{f}(x, y)$ 再通过一个非线性滤波器 NL, 映射成图像 $\hat{f}_{NL}(x, y)$, 使得图像满足约束条件。 $\hat{f}_{NL}(x, y)$ 和 $\hat{f}(x, y)$ 的差 $e(x, y)$ 作为误差信号, 控制对可变滤波器 $u(x, y)$ 的刷新。

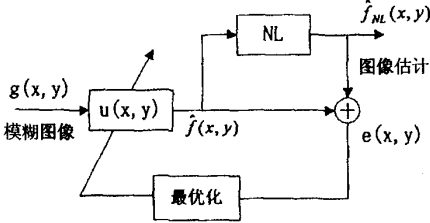


图1 NAS-RIF 算法

NAS-RIF 算法中假设图像是非负的, 且具有已知的支持域, NL 非线性滤波器将完成把估计图像转换成符合非负性和支持域条件的图像, 即将支持域内的负像素点置为零, 支持域外的像素点置为背景灰度值。

在复原的过程中, 代价函数使用 $\hat{f}_{NL}(x, y)$ 和 $\hat{f}(x, y)$ 的差值 $e(x, y)$ 的形式, 即利用 $e(x, y)$ 作为逆滤波器参数的修正。

NAS-RIF 算法稳定、收敛快, 但是由于其滤波器是高通滤波器, 必然存在高频噪声放大的问题, 特别是对于信噪比较低的图像, 复原效果不好。

1.2 基于神经网络的图像复原方法

1988 年, Y. T. Zhou^[4] 首次提出将神经网络应用于图像复原技术中, 之后又有许多学者提出很多此类方法。Hopfield 神经网络十分适合于求解优化问题。利用 Hopfield 神经网络进行图像复原, 由于其不涉及矩阵求逆, 因此可以缓解普通复原方法在复原过程中带来的震铃效应, 这类算法中比较好的是 Pail 和 Katsaggelos 提出的全并行改进 Hopfield 神经网络算法^[5]。当网络以全并行方式运行时, 只要求权矩阵对称, 对对角元素无特定要求, 网络总能收敛到不动点, 但是此算法不能保证网络能量精确收敛到全局最小。所以采用精确复原退化图像的连续 Hopfield 神经网络研究^[6]的方法, 它可以使能量精确收敛到全局最小。首先由 NAS-RIF 算法估计出点扩展函数, 再对图像利用全并行自反馈 Hopfield 神经网络算法进行复原, 可以得出较理想的效果。

1.3 基于 NAS-RIF 和神经网络算法

根据前面的算法思想, 基于 NAS-RIF 算法和神经网络的图像盲复原算法可以描述如下:

一般退化图像可以用下述线性模型来表示:

$$g(x, y) = f(x, y) \times h(x, y) + n(x, y) =$$

$$\sum_{(m, n) \in D} h(m, n) f(x - m, y - n) + n(x, y) \quad (1)$$

其中: $(x, y) \in \Omega$; $g(x, y)$, $f(x, y)$, $h(x, y)$, $n(x, y)$ 分别表示退化图像、原始图像、点扩展函数和加性噪声, Ω 和 D 分别为图像的支持域和模糊算子的支持域。

其代价函数为:

$$J(u) = \sum_{(x, y) \in \Omega} e^2(x, y) + \gamma \left[\sum_{(x, y) \in \Omega} u(x, y) - 1 \right]^2 = \sum_{(x, y) \in D_{\text{sup}}} \hat{f}^2(x, y) \left[\frac{1 - \text{sgn}(\hat{f}(x, y))}{2} \right] + \sum_{(x, y) \in \bar{D}_{\text{sup}}} [\hat{f}(x, y) - L_B]^2 + \gamma \left[\sum_{(x, y) \in \Omega} u(x, y) - 1 \right]^2 \quad (2)$$

其中, $\hat{f}(x, y) = g(x, y) \times u(x, y)$, D_{sup} 为支持域内的像素点集合, \bar{D}_{sup} 为支持域外的像素点集合, γ 仅当 L_B 为 0 即背景为黑时不为零。 $\text{sgn}(x)$ 为符号函数, 当 $x \geq 0$ 时值为 1, 否则为 -1。代价函数 J 是 $u(x, y)$ 的凸函数, 利用共轭梯度法, J 是关于 $u(x, y)$ 的梯度, 所以有:

$$[\Delta J(u_k)]^T = \left[\frac{\partial J(u_k)}{\partial u(1, 1)} \frac{\partial J(u_k)}{\partial u(1, 2)} \dots \frac{\partial J(u_k)}{\partial u(N_{xu}, N_{yu})} \right]$$

$$\text{其中 } \frac{\partial J(u_k)}{\partial u(i, j)} = 2 \sum_{(x, y) \in D_{\text{sup}}} \left[\frac{1 - \text{sgn}(\hat{f}(x, y))}{2} \right] g(x - i + 1, y - j + 1)$$

因此, 基于 NAS-RIF 和神经网络的算法步骤如下:

① 初始化将 FIR 滤波器 $u_0(x, y)$ 的中间元素设为单位脉冲, 其余为 0; 当迭代次数 $k = 0$ 时, $u_1(x, y) = u_0(x, y)$ 。

② 迭代过程:

i) 第 k 次的迭代图像估计 $\hat{f}_k(x, y) = u_k(x, y) * g(x, y)$;

ii) 计算代价函数 $J(u_k)$, 若 $J(u_k) < \delta$ 则跳到 ③, δ 为 FIR 滤波器容限;

iii) 计算代价函数对 u_k 的梯度 $\nabla J(u_k)$;

iv) 如果 $k = 1$, $d_k = \nabla J(u_k)$, 否则计算:

$$\beta_{k-1} = \frac{\langle \nabla J(u_k) - \nabla J(u_{k-1}), \nabla J(u_k) \rangle}{\| \nabla J(u_{k-1}) \|^2}$$

$$d_k = -\nabla J(u_k) + \beta_{k-1} d_{k-1};$$

v) 用线性搜索法寻找 t_k , 使得 $J(u_k + t_k d_k) \leq J(u_k + t d_k)$, $t \in R$;

vi) $u_{k+1} = u_k + t_k d_k$, $k = k + 1$, 转到 i)。

③ 将 $\hat{f}(x, y)$ 通过非线性滤波器 NL, 输出 $\hat{f}_{NL}(x, y)$ 。

④ 再根据文献[6]所介绍的自反馈 Hopfield 网络算法, 对上面的复原结果再进行处理。

2 实验结果

本实验采用数字内窥镜摄取的胃镜病灶图像(如图 2a 所示),图 2b 是加入了运动模糊($r = 10$)和 40dB 的高斯白噪声的退化图像,通过信噪比的改善来判断图像复原的优劣:

$$\Delta \text{SNR} = \frac{\|y - x\|^2}{\|\hat{x} - x\|^2} = \frac{\sum (y - x)^2}{\sum (\hat{x} - x)^2}$$

其中, x, y, \hat{x} 分别表示原始图像、退化图像和复原图像。由图 2c, 2d 可以看出,将 NAS-RIF 算法和 Hopfield 神经网络相结合,可以得到较为满意的图像复原效果。

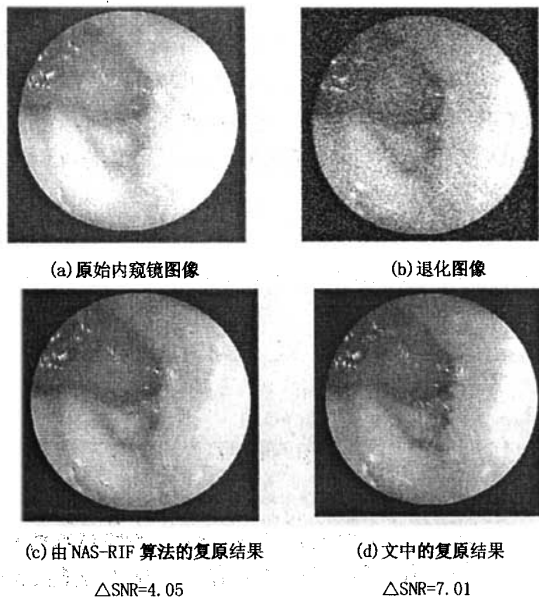


图 2 实验结果

3 结论

综上所述, NAS-RIF 算法在进行图像盲复原的

过程中,若存在观测噪声,复原效果不理想。Hopfield 神经网络算法进行图像复原可以较好地消除复原过程中的震铃效应,但是只能进行已知 PSF 的图像复原,也就是说无法进行图像盲复原。所以将 NAS-RIF 算法和 Hopfield 神经网络算法相结合,先由 NAS-RIF 算法估计出点扩展函数,再由全并行自反馈 Hopfield 神经网络算法进行复原,最后可以得到较理想的复原效果。由于使用了全并行自反馈 Hopfield 神经网络算法,网络自组织和图像同构是同时进行的,网络能量逐步达到精确最小的同时,图像也恢复出来了,从图 2d 即可以看出,图像较清晰,信噪比提高显著。

今后的工作主要是在神经元的取值上做进一步的研究,以减少迭代过程中引入的误差,提高收敛速度。并且将研究的成果进一步运用到其它内窥镜图像的复原上。

参考文献:

- [1] KUNDUR D, HATZINAKOS D. Blind image deconvolution [J]. IEEE Signal Processing Magazine, 1996, 13(3): 43-64.
- [2] 张航, 罗大庸. 图像盲复原算法研究现状及其展望[J]. 中国图象图形学报, 2004(10): 1145-1152.
- [3] KUNDUR D, HATZINAKOS D. A novel blind deconvolution scheme for image restoration using recursive filtering [J]. IEEE Trans on Signal Processing, 1998, 46(2): 375-389.
- [4] ZHOU Y T, CHELLAPPA R, VAID A, et al. Image restoration using a neural network[J]. IEEE Transactions on ASSP, 1988, 36(7): 1141-1151.
- [5] PAIK J K, KATSAGGELOS A K. Image restoration using a modified Hopfield network[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1992, 1(1): 49-63.
- [6] 王磊, 戚飞虎, 莫玉龙. 精确复原退化图像的连续 Hopfield 网络研究[J]. 上海交通大学学报, 1997, 31(12): 43-46.

(上接第 103 页)

3 结论

改进的 MVFAST 算法整个过程都是在半像素基础上进行的,且着重考虑压缩编码的速度率、视频图像的质量、码率控制等要求,经过测试得到:此算法在整个编码速度上提高了 30% 左右, PSNR 值降低了 0.2dB 左右,为广大的实际应用和开发奠定了基础。

参考文献:

- [1] 李斌, 李论. MPEG 1-MPEG7 的分析与评价[J]. 电视技术, 2001(1): 45-48.

- [2] 朱秀昌. 视频编码新标准——H. 264[J]. 电信科学, 2002(12): 28-30.
- [3] 哈力旦. 一种改进的运动矢量编码方法[J]. 西安电子科技大学学报, 2005(4): 60-64.
- [4] Tourapis A M, Au O C, Liou Ming L. Predictive Motion Vector Field Adaptive Search Technique(PMVFAST) Enhancing Block Based Motion Estimation[J]. IEEE Trans. On Circuits & Systems for Video Technology, 2001, 8: 369-377.
- [5] ZHANG Z Y. Camera Calibration with One 2 Dimensional Objects[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2004, 7(26): 892-899.