

文章编号: 1005-5630(2011)01-0038-04

盲复原高斯模糊图像*

丁左红¹, 郭汉明¹, 高秀敏^{1,2}, 蓝景恒¹, 翁晓羽¹, 满忠胜¹, 庄松林¹

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093;
2. 杭州电子科技大学 电子信息学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 经典的图像恢复算法设点扩展函数(PSF)是已知的, 然而在许多情况下 PSF 难以确定, 不得不在只知道成像系统部分信息甚至没有任何信息的情况下估计真实图像和 PSF, 这一过程称为图像盲复原。对于高斯模糊图像, 它的 PSF 是很难被检测出来的, 因此高斯模糊图像的盲复原一直是个棘手的问题。利用高斯点扩展函数的特性, 初始估计 PSF 并对加噪后的模糊图像进行维纳滤波, 后经过中值滤波获得恢复图像。恢复的图像主观视觉效果较好, 具有良好的抗噪性, 复原效果明显。该方法对于提高图像质量有一定的参考价值。

关键词: 点扩展函数; 维纳滤波; 图像盲复原; 高斯模糊

中图分类号: TN 911.73 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1005-5630.2011.01.009

The blind restoration of Gaussian blurred images

DING Zuohong¹, GUO Hanming¹, GAO Xiumin^{1,2}, LAN Jingheng¹,
WENG Xiaoyu¹, MAN Zhongsheng¹, ZHUANG Songlin¹

(1. School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Electronics and Information College, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Classical image restoration algorithm is based on point spread function (PSF) is known. However, it is difficult to determine PSF in many cases, we have to estimate the true image and PSF in the case of only knowing some of the information or no information of imaging systems, this process is called blind image restoration. For the Gaussian blurred image, it is very difficult to detect PSF, so blind restoration of the Gaussian blurred image has been a troublesome issue. In this paper, we suppose the initial PSF using the characteristics of Gaussian PSF, and do Wiener filtering based on Gaussian blurred image with noise, then gain the restoration image through the median filtering. Experiment shows that, restored image is better in subjective visual effect, and remarkable in recovery effect with good noise immunity. This method has some reference value to improve the image quality.

Key words: PSF; Wiener filtering; blind image restoration; Gaussian blur

引言

图像复原是图像处理领域的一类常见问题, 因其重要性和艰巨性而成为一个研究热点。图像复原的

* 收稿日期: 2010-08-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60777045); 上海市科技启明星计划资助项目(08QA14051); 上海市教育发展基金会资助项目(2007CG61), 上海市研究生创新基金资助项目(JWCXSL1002)

作者简介: 丁左红(1983-), 男, 安徽巢湖人, 硕士研究生, 主要从事信息光学、数字图像处理和反卷积及信号复原方面的研究。

目的在于消除或减轻在图像获取、传输及保存过程中造成的图像品质下降,即退化现象,恢复图像的本来面目。图像盲复原是在不知道点扩展函数(PSF)或真实图像信息的情况下进行的,这时候的图像复原将具有一定的难度。图像盲复原的一个重要方法是检测出图像退化的 PSF 的参数,然后根据估计的 PSF 复原图像。在近些年里发展了许多的图像盲复原的方法。Ayers G 和 Dainty J 提出了 IBD 方法^[1],这是一种迭代的盲反卷积算法,但是不能保证算法的收敛性和解的唯一性,也不管它的速度。也有人提出了非迭代的方法,如 Nayakkankuppam M V 和 Venkatesh Y V^[2]提出的用小波变换实现图像盲复原,但是可能导致明显的错误累积。Callum B M 提出了运用最小代价函数的模拟退火方法^[3]。然而这一方法计算复杂。文献^[4]提到了改进的代价函数并提出最大熵方法来提高图像质量^[4]。

为了克服以上方法的一些不足之处,现利用了较为传统的维纳滤波法结合中值滤波器来实现图像的恢复,针对一幅具有较强噪声的高斯模糊图像,根据该图像的 PSF 特性,初始估计 PSF,含有噪声的模糊图像通过频域的维纳滤波后,经过二维中值滤波器得到恢复图像。恢复图像的整体视觉效果比较好,噪声很好的被去除抗噪性好,图像的纹理较清晰,提高了图像的质量,具有参考价值。

1 盲复原图像的实现过程

在图像的获取、传输以及记录保存过程中,会由某些因素引起图像退化,使图像效果明显变差。要较好地显示图像,必须对退化的图像进行处理,恢复出原始图像。在实际应用中,通常假定传输系统是线性系统,并用如下的卷积模型来模拟退化过程

$$g(x,y) = f(x,y) * h(x,y) + n(x,y) \quad (1)$$

式(1)中, $f(x,y)$ 是原始图像, $h(x,y)$ 是综合所有退化因素得到的系统函数,称为成像系统的冲激响应或者 PSF, $g(x,y)$ 为实际得到的退化图像, $n(x,y)$ 为噪声模型,*表示卷积运算。根据这个模型,图像的恢复问题可以看作是对式(1)进行解卷积。通常图像恢复方法均在 PSF 已知下进行,实际上它通常是未知的。

盲解卷积算法恢复是利用原始模糊图像,同时估计 PSF 和清晰图像的一种图像恢复方法。图像的盲恢复方法框图^[5]如图 1 所示。根据图 1 的恢复过程,图像盲恢复解法用到的是较传统的方法维纳滤波法和二

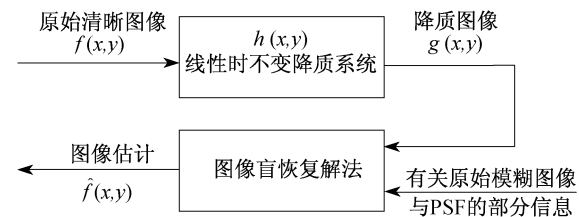


图 1 图像盲恢复框图

Fig. 1 Block diagram of blind image restoration

维中值滤波器,得到较好的恢复图像。维纳滤波在频域的计算公式^[6]是:

$$X(\mu,\nu) = \frac{H^*(\mu,\nu)Y(\mu,\nu)}{|H(\mu,\nu)|^2 + \frac{S_m(\mu,\nu)}{S_{xx}(\mu,\nu)}} \quad (2)$$

$$H(\mu,\nu) = \frac{X^*(\mu,\nu)Y(\mu,\nu)}{|X(\mu,\nu)|^2 + \frac{S_m(\mu,\nu)}{S_{hh}(\mu,\nu)}} \quad (3)$$

式中 $X^*(\mu,\nu)$ 和 $H^*(\mu,\nu)$ 分别是 $X(\mu,\nu)$ 和 $H(\mu,\nu)$ 的共轭复数, $X(\mu,\nu)$ 、 $H(\mu,\nu)$ 和 $Y(\mu,\nu)$ 分别是 $f(x,y)$ 、 $h(x,y)$ 和 $g(x,y)$ 的频域表达式。 $S_{xx}(\mu,\nu)$ 、 $S_{hh}(\mu,\nu)$ 和 $S_m(\mu,\nu)$ 分别是输入信号,卷积核和噪声的自功率谱。从式(2)和式(3)可以看到,必须预先知道 $S_m(\mu,\nu)$ 、 $S_{xx}(\mu,\nu)$ 和 $S_m(\mu,\nu)$,方能得到 $X(\mu,\nu)$ 和 $H(\mu,\nu)$ 。但是,在实际应用中,这三个量是很难得到的,于是式(2)和式(3)中的功率谱比值常常用一个较小的常数来代替。常将式(2)和式(3)变为:

$$X(\mu,\nu) = \frac{H^*(\mu,\nu)Y(\mu,\nu)}{|H(\mu,\nu)|^2 + \gamma_x} \quad (4)$$

$$H(\mu,\nu) = \frac{X^*(\mu,\nu)Y(\mu,\nu)}{|X(\mu,\nu)|^2 + \gamma_h} \quad (5)$$

γ_x 和 γ_h 是两个小常数,它们的取值可以取得较大,例如取 $\gamma_x = 0.2 |H(0,0)|^2$ 以及 $\gamma_h = 0.2 |X(0,0)|^2$ 或更大。一般说,如果信噪比较低,用较大的 γ_x 和 γ_h 可以保证解的平滑性质,但改善速度较慢。反之,太小的 γ_x 和 γ_h 值有可能使结果较快地接近一个不平滑的逆滤波解。中值滤波器是统计滤波器的一种,属于非线性的空间滤波器。它是将像素(中值计算中包括的原像素值)邻域内灰度的中值代替该像素的值。中值滤波器的使用非常普遍,这是因为对于一定类型的随机噪声,它提供了优秀的去噪能力,比小尺寸的线性平滑滤波器的模糊程度明显要低,在一定程度上可以克服线性滤波器所带来的图像模糊问题,在滤除噪声的同时,较好地保留了图像的边缘信息。

2 计算机仿真结果及分析

所用的原始图像是尺寸为 600×600 的 lena 图像。利用高斯型卷积核函数(基于 MatLab 软件利用 fspecial 函数产生尺寸为 7×7 的高斯型卷积核函数)对 lena 图像卷积,生成仿真用的高斯模糊图像,同时给模糊图像叠加均值为 0,方差为 0.03 的高斯噪声。在图像恢复过程中,在知晓图像是含噪的高斯模糊图像的情况下,进而估计一个初始的点扩展函数 $h(x,y)$,它是由 1 和 0 组成的维数为 7×7 的方阵,里面的 1 形成“米”字形,并对其进行归一化处理^[7],令式(4)和式(5)中的功率谱比值 γ_x 和 γ_h 均为 0.5;将经过归一化处理后的初始估计的 PSF 带入式(2)和式(3)中,在频域下维纳滤波一次,后通过二维中值滤波后得到恢复图像。原始图像,模糊图像和复原图像以及它们分别对应的边缘检测图像如图 2 所示。通过对比不难发现,图 2(c)恢复的效果非常好,主观视觉效果明显,轮廓清晰,噪声被有效的抑制。同时原始图像,模糊图像和复原图像所对应的边缘检测图像也能够较好的反映这一点,图 2(f)较好地复原了原始图像(a)的边缘信息。

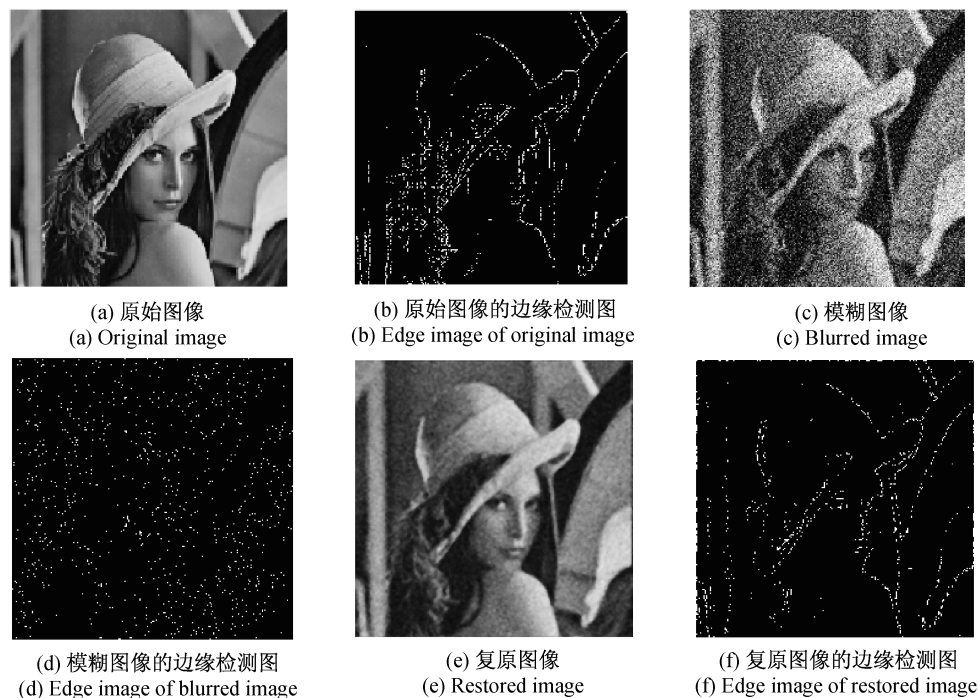


图 2 原始图像,模糊图像和复原图像时域图(a)、(c)、(e)及对应的边缘检测图像(b)、(d)、(f)

Fig. 2 Time-domain images(a), (c), (e) and edge images(b), (d), (f) of the original, blurred and restored images

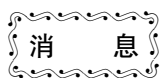
在仿真过程中,如果高斯噪声的均值超过 0.1,复原图像的效果比较差,若产生高斯型卷积核函数的维数较大,也会影响复原图像的效果。

3 结 论

文中针对含噪高斯模糊图像进行盲复原。根据高斯模糊图像的特性,初始估计 PSF,后利用传统的维纳滤波方法和二维中值滤波器对含噪模糊图像进行图像复原操作。计算机仿真结果显示,该方法复原出的图像主观视觉效果显著,纹理较清晰,抗噪性好。该方法不但可以处理尺寸较大的图像,而且有很高的复原速度。与维纳滤波的迭代盲解卷积有着一定的区别,该方法由于是针对较强噪声的模糊图像进行处理,所以不能够进行多次迭代,一旦多次迭代,结果复原图像一次比一次效果差;后者的方法针对的是含噪很弱或者是无噪声的模糊图像进行处理,需要多次迭代,结果恢复图像会更接近原始图像,起到很好的复原效果。然而对于其它情况下的模糊图像比如运动造成的图像模糊,方法实现起来很困难,这就需要去发展和探讨更多的图像复原方法,可见盲复原图像的方法富有潜力,有待进一步更深的研究。

参考文献:

- [1] AYERS G, DAINTY J. Iterative blind deconvolution method and its applications[J]. *Optics*, 1988, 13(7): 547-549.
- [2] NAYAKKANKUPPAM M V, VENKATESH U V. Deblurring the Gaussian blur using a wavelet transform[J]. *Pattern Recognition*, 1995, 28(7): 965-976.
- [3] CALLUM B M. Blind deconvolution by simulated annealing[J]. *Optics Communications*, 1990, 75(2): 95-101.
- [4] 孔玲丽, 李胤. 实时图像盲复原技术[J]. *信息技术*, 2006(11): 54-56.
- [5] 杨明极, 何美华. 盲图像恢复算法研究[J]. *哈尔滨理工大学学报*, 2008, 13(1): 1-3.
- [6] 邹谋炎. 反卷积和信号复原[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001: 162-172.
- [7] ZHANG J L, ZHANG Q H, HE G M. Blind deconvolution: multiplicative iterative algorithm[J]. *Opt Lett*, 2008, 33(1): 25-27.



新书加印信息

由王之江院士作序、徐德衍、高志山等编著、科学出版社出版的《现行光学元件检测与国际标准》一书(B5开本、302页、38.6万字、定价50元),自2009年7月出版发行以来,受到广大读者们的欢迎和认可。第一次印刷量已销售无几,2010年12月出版社已决定,将于2011年第一季度加印并在全国发行。

该书重点介绍了光学元件检测领域的近期进展、方法、技术和需求。全书共10章,主要内容是:论述了现代光学的发展对光学元件检测的需求;计量概念与误差及精度的必要知识;光学元件检测基础;光学元件的参数检测和性能检测的现行技术,侧重对特殊光学元件、光学表面面形、表面缺陷及表面粗糙度等内容的叙述;介绍了光学元件技术要求和检测要求的国际标准(ISO10110)的最新内容和相关的辅助资料。该书附录汇总了光学检测中4个常用的资料及相关的参考书籍。

该书适用于从事光学、光学工程(尤其是光学制造技术与检验)的科技人员与工艺技术人员学习参考,也可供大专院校有关专业作为参考教材使用。

(南京理工大学 电光学院 沈华 供稿)