

一种离焦模糊图像的复原方法

武 彬

(上海理工大学, 上海 200093)

摘 要: 图像复原是一种去除或减轻在获取数字图像过程中发生的图像质量下降的方法。为了获得更好的离焦图像复原质量, 在通过对离焦模糊图像复原进行了较为系统的研究后, 提出了一种基于维纳滤波频域的复原方法, 结果表明该方法具有较好的改善图像复原效果和较快的速度。图像散焦信息的干扰得到有效排除, 噪声得到有效抑制, 信噪比得到明显改善。

关键词: 图像处理; 离焦模糊; 图像复原; 维纳滤波

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)01-0074-03

A Method of Defocus Blurred Image Restoration

WU Bin

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Image restoration is an important application of the digital image processing. The destination of image restoration is to recover image that has been degraded and make sure that the processed image as near as possible to the original image. Have carried out the comparatively systematic research queen in recovering to the blurred image, suggested one kind restores method based on Wiener filtering is applied to remove the blur in image. Through restoring a blurred image, show that the method is validated.

Key words: image processing; defocus blur; image restoration; Wiener filter

0 引言

图像复原和图像增强技术的目的都是为了改善图像质量, 但改善的方法和评价标准不同: 图像增强是突出图像中感兴趣的特征, 衰减不需要的信息, 因此它不需要考虑图像退化的真实原因, 增强后的图像也不一定接近原始图像, 而图像复原则是针对图像的退化原因设法进行补偿、恢复以再现图像退化前的本来面目。

图像复原可以看成图像退化的逆过程。对退化的复原, 一般可采用两种方法: 一种方法适用于图像缺乏先验知识的情况, 此时可对退化过程(模糊和噪声)建立模型, 进行描述, 并寻找一种去除和削弱其影响的过程, 从而改善图像质量。这种方法是一种估计方法, 称为盲目复原。另一方面, 若对于原始图像有足够的先验知识, 则对原始图像建立一个数学模型, 并根据它对退化图像进行拟合, 将其转换为一个检测问题。

但大多数情况下退化过程是不可知的。由于图像模糊的同时, 噪声和干扰也会同时存在, 这也为复原过程带来了困难和不确定性。

图像复原的方法很多, 从不同的角度划分有: (a) 直接法、递归法或迭代法; (b) 线性方法和非线性方法; (c) 确定方法、混合方法或统计方法; (d) 空域方法或频域方法; (e) 自适应方法和非自适应方法。

图像退化/复原的一般模型如图1所示^[1]。

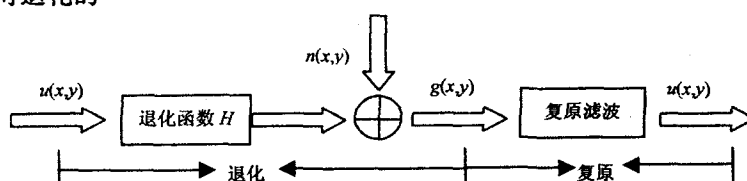


图1 图像退化/复原的一般模型

退化过程可以被模型化为一个退化函数和一个加性噪声项。图1中, 原始图像 $u(x,y)$ 通过退化函数 H 后加入噪声 $n(x,y)$, 产生一幅被退化的图像 $g(x,y)$ 。如果系统 H 是一个线性、位置不变性的过程, 由图可知, 在空间域中退化图像可以表示为式(1)^[2]:

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

其中, $h(x,y)$ 是退化函数 H 的空间描述, “*” 表示空间卷积。在频域中退化图像可描述为式(2):

收稿日期: 2007-04-08

基金项目: 上海市高校优秀青年教师科研专项(358545)

作者简介: 武 彬(1978-), 女, 甘肃人, 讲师, 硕士, 研究方向为数字媒体技术。

$$G(s, t) = U(s, t)H(s, t) + N(s, t) \quad (2)$$

1 离焦模糊图像原理

离焦模糊图像是指在拍摄时景物与相机的相对运动引起的离焦,或是成像区域内不同深度的对象所引起不同程度的离焦,还有由于在成像区域中存在不同深度的对象会使自动调焦系统引起混淆而导致拍摄的相片离焦等。

对于离焦模糊图像复原的关键问题在于图像模糊退化模型的确定以及退化模型参数的确定。离焦模糊图像的退化模型可抽象为一圆盘函数,其对应的圆盘半径是需辨识的退化模型参数(即模糊半径)。利用模糊图像的频率域中的零点位置来估计模糊半径,采用简化 Wiener 滤波对模糊图像进行复原。实验结果表明该方法能够以较少的运算时间代价获取较好的复原效果,适用于信噪比高的离焦模糊图像的快速复原。

光学的分析表明:光学系统离焦造成的图像降晰相应的点扩展函数是一个均匀分布的光斑。降晰函数可以用式(3)^[3]表示为:

$$h(i, j) = \begin{cases} \frac{1}{\pi R^2} & \sqrt{i^2 + j^2} \leq R \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (3)$$

式中, R 是离焦斑半径。式(4)为 $h(i, j)$ 的傅里叶变换:

$$H(\omega_1, \omega_2) = 2\pi T \frac{J_1(R\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2})}{\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}} \quad (4)$$

式中, $J_1(\cdot)$ 是圆对称的, 它的第一个零点的轨迹形成一个圆。该圆的半径记为 d_r 。则 R 用式(5)表示:

$$R = \frac{3.83L_0}{2\pi d_r} \quad (5)$$

2 离焦模糊图像的复原过程

模糊图像实质上是在某个方向上各像素点相互重叠造成的,体现在灰度上,就是随着模糊的加重,相邻点的灰度差的绝对值变小。根据这一特性图像灰度差的绝对值和构成的函数可作为判断图像清晰度的依据。

1)按照式(3)生成离焦模糊图像点扩展函数(降晰函数)。数字图像处理的关键问题在于建立降晰模型。一般来说,降晰过程可以建模为一个降晰函数 $h(x, y)$ 与加性噪声 $n(x, y)$ 一起共同作用在输入数字图像 $f(x, y)$ 上产生降质数字图像 $g(x, y)$ 。

2)对图像进行扩展,如果只是简单地添零补齐,会导致图像中灰度的剧烈变化,从而使图像中有用的信

息被覆盖掉。本方法中设原始图像为 $A \times B$ 大小的矩阵,则把它延拓成 $M \times N$ 大小的矩阵。

模拟图像采样和量化的结果是一个实数矩阵。假定一幅模拟图像经过采样后得到的数字图像有 M 行 N 列,原点坐标值为 $(0, 0)$, 第一行紧接原点的像素坐标值为 $(0, 1), \dots$ 这样,可以设待复原图像为:

$$H = \begin{bmatrix} a_{00} & \cdots & a_{0m} \\ a_{10} & \cdots & a_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n0} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix} \quad (6)$$

则式中的每个 a_i 行 a_j 列构成一个矩阵块:

$$A_i = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & a_{0i} & \cdots & 0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{j0} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{im} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & a_{nj} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

则扩展后的图像为:

$$H' = \begin{bmatrix} A_0 & \cdots & A_m \\ \vdots & & \vdots \\ A_m & \cdots & A_0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

3)由式(4)、式(5)得到维纳滤波器的形式:

$$W(u, v) = \frac{H'(u, v)}{|H(u, v)|^2 + P_n(u, v)/P_l(u, v)} \quad (8)$$

其中, $H(u, v)$ 、 $W(u, v)$ 分别是 $H(i, j)$ 和 $H(\omega_1, \omega_2)$ 的傅里叶变换。

4)对扩展后的图像进行 FFT 变换(快速傅里叶变换, Fast Fourier Transformation)。把图像转化到频域空间处理。

FFT 变换可以表示如下:

$$X(k) = \text{DFT}[x(n)] = \sum x(n)W \quad (9)$$

其中, $W = \exp(-2\pi/N)$ 。

5)将 FFT 变换后的图像的频谱和维纳滤波器频域相乘,得到复原图像的频谱。

维纳滤波也称作最小二乘滤波,它是使原始图像 $f(m, n)$ 及其复原图像 $f'(m, n)$ 之间的均方误差最小的复原方法^[4]。

6)对复原图像的频谱进行逆 FFT 变换。

7)使用自适应平滑滤波,取出复原后的图像中的噪声^[5]。

在对复原后的图像噪声进行滤波时可以根据不同的需求采用不同的方法。中值滤波能很好地保护图像边缘,同时去除噪声,对脉冲噪声比较有效。但对于高斯噪声中值滤波效果不理想。均值滤波是用一个有奇数点的滑动窗口在图像上滑动,将窗口中心点对应的图像像素点的灰度值用窗口内的各个点的灰度值的平

均值代替,如果滑动窗口规定了在取均值过程中窗口各个像素点所占的权重,也就是各个像素点的系数,这时候就称为加权均值滤波。它一般采用 3×3 领域加权均值算法,权值为 $\{1/16, 1/8, 1/16; 1/8, 1/4, 1/8; 1/16, 1/8, 1/16\}$ 。均值平滑有时处理图像的效果不是很好,它虽然去除了一定的噪声,但同时使图像中的边缘变得模糊,这主要和选取的窗口大小有关。这里使用一种既能保持边缘清晰又能消除噪声的自适应平滑滤波方法:

在图像中取 5×5 的区域,包含点 (i, j) 的五边形和六边形各 4 个; 3×3 的区域一个,计算这 9 个区域的标准差和灰度的平均值,取标准差最小区域的灰度平均值作为点 (i, j) 的灰度。

该方法的基本思想是采用一个局部的加权模板与原始的图像信号进行迭代卷积,在每一次迭代时,各个像元点的加权系数是改变的,它是该像元点的梯度函数。同时滤波器的加权系数还依赖于一个参数,这个参数控制了迭代过程中所要保留下来的突变点的幅度,反映了图像灰度值连续性的程度。经过多次的迭代后,滤波器的输出图像变为若干均匀强度区域所组成,且这些区域之间存在很好的边缘。自适应平滑有两个明显的作用:一是锐化了区域边缘;一是使区域内部得到平滑。

8) 从扩展区域中提取出原区域的恢复图像。从处理后的效果来看,提高了图像的信噪比,一定程度上改善了图像的可识别性。

3 试验结果及分析

原图如图 2 所示,图像的复原结果如图 3 所示。

图像的复原效果比较好,但是在图像的棱边附近存在振铃波纹,可采用汉明窗等对图像边界部分做处理,从而减弱图像棱边附近的振铃波纹。另外,对复原频谱中的零点采用插值方法进行逼近,可以减少复原图像的振铃波纹,改善复原效果。

实验结果表明该方法能够以较少的运算时间代价

获取较好的复原效果,适用于信噪比高的离焦模糊图像的快速复原。



图 2 离焦模糊图

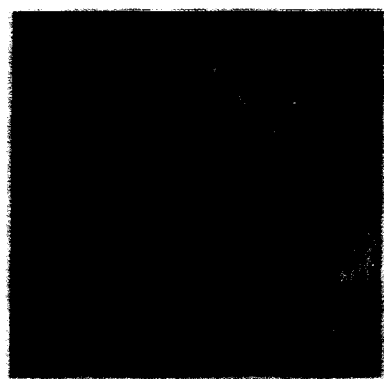


图 3 离焦恢复图

参考文献:

- [1] Gonzalez R C. 数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社, 2003.
- [2] 吴 锡, 刘子骥. 非线性图像复原算法的研究[J]. 国外电子测量技术, 2006(7): 43-45.
- [3] 张 航, 罗大庸. 一种改进的全变差盲图像复原方法[J]. 电子学报, 2005(7): 34-36.
- [4] 郑楚君, 李 榕, 常鸿森. 离焦模糊数字图像的 Wiener 滤波频域复原[J]. 激光杂志, 2004(5): 26-28.
- [5] 胡延军, 苗春卫, 张 兼. 含噪图像的处理方法及评价[J]. 宇航计测技术, 2005(2): 59-63.

(上接第 73 页)

- [5] Han J, Pei J, Mortazavi - Asl B, et al. FreeSpan: Frequent Pattern - Projected Sequential Pattern Mining[C]//In: Proc. 2000 Int. Conf. Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'00). Boston, MA: [s. n.], 2000: 355-359.
- [6] Pei J, Han J, Mortazavi - Asl B, et al. PrefixSpan: Mining sequential patterns efficiently by prefix - projected pattern growth[C]//In: Proc. 2001 Int. Conf. Data Engineering (ICDE'01). Heidelberg, Germany: [s. n.], 2001: 215-224.
- [7] Yan X, Han J, Afshar R. CloSpan: Mining closed sequential patterns in large datasets[C]//In Proc. 2003 SIAM Int. Conf. Data Mining (SDM'03). San Fransisco, CA: [s. n.], 2003: 166-177.
- [8] Afshar R. Mining frequent max, and closed sequential patterns [D]. Canada: School of Computing Science, Simon Fraser University, 2002.
- [9] Wang J, Han J. BIDE: Efficient mining of frequent closed sequences[C]//In: Proc. 2004 int. conf. data engineering (ICDE'04). Boston, MA: [s. n.], 2004: 79-90.