

含特殊噪声模糊图像复原技术的研究及应用

程 姝,周志强,季 静

(安徽省标准化研究院 信息中心,安徽 合肥 230051)

摘 要:为解决模糊图像复原技术经典算法受噪声等高频成分影响较大的问题,文中提出一种简单快速处理含特殊噪声模糊图像的方法。当噪声叠加到图像中,图像赖以估计模糊核参数的频域特征减弱甚至消失。一般去除噪声的方法在滤除噪声的同时也除去了一些可用于模糊参数估计的重要信息,因此,含噪图像通常会寻求它法处理。但文中研究发现,对于某种特殊的噪声例如椒盐噪声,使用针对于它的滤波方法,例如中值滤波,信息损失量极小,因此含特殊噪声图像可以按此方法处理。结合有针对性的滤波方法去除特殊噪声,减少信息损失,从而快速恢复图像。仿真实验结果表明,对于含噪图像,该算法比以往算法更优越。

关键词:模糊图像;含噪图像;维纳滤波;中值滤波;预处理技术

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)12-0249-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.12.059

Research and Application of Special Noisy and Fuzzy Image Restoration Technology

CHENG Shu,ZHOU Zhi-qiang,JI Jing

(Information Center, Anhui Institute of Standardization, Hefei 230051, China)

Abstract: In order to solve the problem that classic algorithms of fuzzy image restoration technology are greatly influenced by noise, propose a simple and rapid processing method for fuzzy image which contains special noise in this paper. When the noise is added in the image, the frequency domain feature of image estimating fuzzy kernel parameter weakens, even disappears. The general noise removal methods can remove some important information for fuzzy parameter while filtering the noise, therefore, noisy image often find other method. But in this paper, find that for some special noise such as salt and pepper noise, use special filtering method such as median filtering, the information loss is very few, therefore, image contains special noise can be treated by this method. Combined with targeted filter method to remove noise, reduce the information loss and restore image. Experimental results indicate that the algorithm for noisy image is superior to the former algorithm.

Key words: fuzzy image; noisy image; Weiner filter; median filter; pre-processing technology

0 引 言

模糊图像随处可见,成因多种多样,例如雾气模糊、运动模糊等等。因此模糊图像复原成为了众多研究者关注的热点方向。与增强不同,复原的本质是提高图像的质量,是对图像退化过程求逆,从而使图像尽可能接近真实的场景,用于辅助交通管理辨识车辆、分析医学图像、辅助公安管理以及恢复高空探测的图片等领域。

在空间域直接复原图像计算量较大,因此,多数复原方法集中在频域复原,即是将图像经傅里叶变换到频域,图像在频域会出现一些特殊的性质,能够快速恢

复出清晰图像,此后,再经过逆傅里叶变换将图像变到空域中来,这样操作能大大简化计算。通常,图像质量下降是由模糊和加性噪声造成的,仅由单一原因造成的图像质量下降在真实世界中基本不存在。噪声对图像恢复影响很大,以运动模糊图像为例,为了恢复出未退化的图像,需要找到点扩散函数,而当加性噪声存在时,赖以估计点扩散函数的SINC结构性质会因噪声影响变弱甚至消失,使得参数无法估计。因此文中提出一种针对于含特殊噪声的模糊图像复原方法。为了便于举例,文中以模糊图像中占多数的运动模糊图像为例进行说明。

收稿日期:2014-03-13

修回日期:2014-06-15

网络出版时间:2014-10-23

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61170106);山东省科学技术发展计划项目(2012YD01058)

作者简介:程 姝(1987-),女,黑龙江大庆人,硕士,研究方向为运动模糊图像处理、图像去噪。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141023.1520.048.html>

近年来出现许多处理模糊图像的算法,例如文献[1]中提出的方法,能够在低信噪比、含噪图像中估计参数,该算法基于数学模型估计,约束较多。文献[2]中神经网络 Hopfield 多层前馈(MLF)和径向基函数(RBF)近些年来广泛应用于图像恢复。文献[3]中使用自适应 Adaline 网络估计退化图像的运动长度。文献[4]提出了一个基于模糊集的新方法,此外还有很多新思路,例如将系统分析方法中层次分析和模糊综合评价方法^[5]引入到图像处理中来,将一幅模糊图像视为一个复杂系统进行处理。上述方法都有广泛的适用领域,但其中都没有仔细研究引入加性噪声后的情况,所以文中试图拓展以往的工作,将加性噪声加入图像,深入研究。

1 图像恢复方法的数学模型

目前,运动模糊图像复原方法可以分为两种:一种方法是适用于缺乏先验知识的图像,即盲卷积图像复原方法,仅根据已经模糊的图像估计退化过程,然后进行求逆补偿;另一种方法是直接去卷积图像复原,因为先验知识充分,这种方法通常情况下能获得较好的恢复效果^[6],但这种先验知识已知情况并不多见。大部分复原算法都需要预先估计出充足的退化信息,重建退化过程,从而恢复出清晰的图像,使图像更接近未退化前的理想状态,因此文中主要研究盲图像复原技术。

通常,图像质量下降主要是卷积了模糊函数,中间还可能引进部分加性噪声。如式(1):

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

其中, $h(x, y)$ 是点扩展函数使得原图像退化; $n(x, y)$ 是加性噪声; $g(x, y)$ 是模糊图像; $f(x, y)$ 代表未经退化的清晰图像。

在实际应用中,原始图像 $f(x, y)$ 通常无法获得,需要从观察到的模糊图像 $g(x, y)$ 中抽取退化信息来估计出原始的清晰图像。因此,图像复原过程就转化为精确估计出点扩散函数的过程。这个过程称为模糊识别。运动模糊函数遵循^[7]:

$$h(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{L}, \sqrt{x^2 + y^2} \leq \frac{L}{2} \text{ and } \frac{x}{y} = -\tan(\varphi) \\ 0, \text{ otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

如式(2)中所见,点扩散函数主要有两个因素决定,即运动模糊长度以及运动模糊的角度,因此图像恢复过程就转化为估计运动模糊角度和长度的过程。

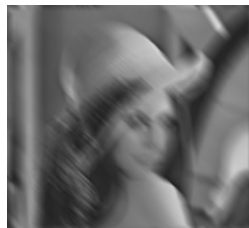
2 参数估计及复原滤波

2.1 点扩散函数的估计

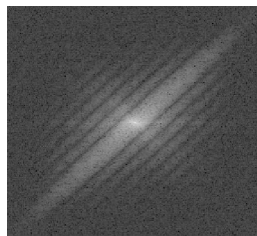
本节主要介绍基于频谱特征的参数估计。基于频

谱特征的参数估计是一直以来广泛应用的经典复原算法。在不含噪声的情况下能够简单快速地估计出模糊参数,恢复出清晰图像。当今许多复原算法都是由该方法模变创新得出,在此做简要介绍。

图像在空间域中就如肉眼所见,复原计算比较复杂,现今也有许多空间域复原方法,都不如经典的频域算法简单快速,模糊图像在频域会体现出一些特殊的性质。如果引起图像退化的点扩散函数有零点,这些零点就会使得退化图像的频谱在某些特定频率上变成零,表现在频谱上就会出现一系列平行的暗线^[6]。这些暗线中存在着赖以估计点扩散函数,反卷积出清晰图像的重要信息。暗线的个数即为图像实际运动的距离,单位为像素。同时暗线的方向与运动模糊方向相垂直,例如 β 方向的模糊图像,其频谱一定在 $\beta + 90^\circ$ 的方向存在暗线。得到这两个参数,清晰图像可求。如图1(a)所示,Lena为卷积了模糊函数的模糊图像,期间没有叠加噪声。在其傅里叶频谱的图像中,如图1(b)所示,出现了规律的相互平行的一系列线条。这一特殊性质为接下来估计点扩散函数提供了信息,Hough变换、Radon变换等直线拟合方法都能较准确地拟合明显的直线,从而模糊方向和长度可求,能够准确地恢复出清晰图像。



(a) 45°方向具有10像素模糊的图像



(b) 傅里叶频谱

图1 模糊图像傅里叶频谱

当噪声叠加到一个模糊退化图像之后,情况往往变得比较复杂,因为赖以估计退化图像参数的频域平行暗线会受噪声影响变弱甚至完全消失,无法用这种方法进行估计。因此下一节介绍一种对于含噪图像如何去模糊的新方法。

2.2 含噪图像去模糊的新方法

上节中介绍了退化图像的平行暗线频率响应会因噪声而变弱消失。一般思路是分两步来恢复,首先去除噪声,再由传统的图像恢复方法进行处理,但实际上

这种方式无法获得清晰的结果。其原因是由于在滤除噪声的同时,也去除了一些赖以估计点扩散函数的重要信息,使得模糊参数的估计不准确,因此这种方法不可行。

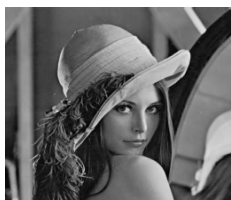
文中研究发现,针对于某些特殊的噪声,应用针对于它的滤波方式去除噪声,信息损失率会大大减少,恢复速度也会大大加快。例如:如果一幅图像叠加了椒盐噪声,应用针对椒盐噪声的中值滤波进行滤除,信息丢失量会非常少,用来估计点扩散函数的重要信息能够基本保留,因此可以估计出模糊函数,恢复出清晰图像,此方法变得可行。

如图 2 所示,图 2(a)为一幅清晰图像,文中假定为理想状态下不含噪声的清晰图像,为其叠加一个模糊长度为 15 像素,模糊角度为 1° 的运动模糊,如图 1(b)所示。在其中再叠加参数为 0.05 的椒盐噪声如图(c)所示。其在频域的数学模型如式(3)所示:

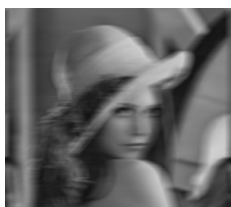
$$G(u, v) = F(u, v)H(u, v) + N(u, v) \quad (3)$$

其中, $F(u, v)$ 为清晰图像在频域的公式表示; $G(u, v)$ 为模糊图像; $H(u, v)$ 为点扩散函数; $N(u, v)$ 为加性噪声。则本算法应用的数学模型为

$$G(u, v) - N(u, v) = F(u, v)H(u, v) \quad (4)$$



(a) Lena 图



(b) 叠加 $d=15$ pixels $\phi=1^\circ$ 的运动模糊



(c) 叠加参数为 0.05 的椒盐噪声

图 2 含噪模糊图像

因此,先去除噪声,再应用传统的图像复原方法复原图像。

2.3 复原滤波方法

文中使用维纳滤波方法进行复原,维纳滤波是典型的频域滤波方式。其算法思想是求得源图像与估计

图像的最小均方差,并使均方误差最小化,从而求得清晰图像^[8-10]。

第一步是定义一个统计均方误差的公式,如式(5)所示:

$$e^2 = E[(f - \hat{f})^2] \quad (5)$$

采用公式(6),在频域操作,使得均方误差最小化^[10]:

$$\hat{F} = \left[\frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + S_\eta(u, v)/S_\zeta(u, v)} \right] B(u, v) \quad (6)$$

其中, $H(u, v)$ 是转换到频域的点扩散函数;比值 $NSR = S_\eta(u, v)/S_\zeta(u, v)$ 是图像的信噪比。通常, $S_\eta(u, v)$ 是噪声功率谱, $S_\zeta(u, v)$ 是源图像的功率谱。假设图像不含噪,则 $S_\eta(u, v) = 0$,那么式(6)简化为

$$\hat{F} = \frac{B(u, v)}{H(u, v)} \quad (7)$$

如果 NSR 未知,可以用平均噪声功率和平均图像的功率比来近似信噪比,如下所示 k 值为近似的比值:

$$NSR \approx k = \frac{\eta_{\text{average}}}{\zeta_{\text{average}}} \quad (8)$$

采用噪声自相关函数和未经处理的图像可得简化的维纳滤波公式,依此公式计算往往能获得更好的效果,如式(9)所示:

$$\hat{F}(u, v) = \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + k} B(u, v) \quad (9)$$

如果将 k 看做变量,则 k 值不断增大时,图像的噪声会得到有效抑制,但图像中的边缘会变得模糊不清;而在 k 值不断减小的情况下,图像能够获得清晰的边缘,但噪声影响也会不断增大,在 k 减小到零值时,维纳滤波方式将退化为逆滤波方式^[11]。因此 k 的选取需要取到一个平衡点:当噪声大时,则 k 应适当取大值;噪声影响较小时,则 k 也可适当减小^[12]。视具体情况而定。

3 实验仿真

对于文中新提出的算法进行实验,对 Lena 图像叠加运动模糊角度为 1° ,运动模糊长度为 15 像素的点扩散函数,如图 2(b)所示。使用中值滤波预处理之后得到图 3(a),这样就转化为一个不含噪的普通运动模糊图像,并且最大限度地保留了图像的信息。用文中提出的算法估计点扩散函数的参数,估计值:模糊角度为 1° ,运动模糊长度为 15.1 像素。应用维纳恢复图像,结果如图 3(b)。如图可见算法恢复效果清晰,较好地保存了图像边缘。另外选取了 Matlab 中的盲图像复原方法,如图 3(c),进行比较。通过比较可以发

现文中的算法恢复效果优势明显,图像清晰。



(a) 去噪后的图像



(b) 复原图像



(c) Matlab 盲复原

图 3 复原结果

为了说明文中算法的性能,对 Matlab 中的盲图像复原方法及文中方法进行定量比较,结果如表 1 所示。其平均绝对差、信噪比、峰值信噪比、图像保真度和均方误差是比较的标准,用来评价图像恢复的性能^[13]。比较可得文中算法复原结果较好。

表 1 不同方法对含噪图像复原对比

	平均绝对差	信噪比	峰值信噪比	图像保真度	均方误差
盲复原	0.134 240	10.380	13.413	-0.026 537	0.005 807
文中方案	0.025 340	12.246	15.291	-0.001 887	0.004 688

4 结束语

文中提出了一种针对含噪模糊图像快速恢复的新算法。对图像去模糊之前先做预先判断,针对于某些特殊的图像,应用针对于该噪声特点的噪声去除过滤器滤除,再利用经典算法估计模糊长度和角度从而恢复出清晰图像。该方法能快速清晰地复原出图像。

实际上,噪声去除过滤器不能适用于所有的含噪图像,这种方法有时候会降低算法的精度。这是因为噪声去除方法除去了一些可以用于模糊参数估计的重要信息。文中适用于含有特殊噪声的图像。

对于来自于自然世界的模糊图像,很多复原方法都会失效,自然界图片较实验的图片以及天文图片更复杂,因为自然图片有更广泛的强度分布。图像复原方法有很多种,但每种都不能适用于所有类型的模糊图像^[14],其中并不能判定哪种复原方式效果最好,只

是每种算法适用的领域不同。自然图像恢复难度较大,但适用性较广,因此文中还有改进空间,使得该算法能够适合更广泛的、退化因素更复杂的自然图像。

运动模糊图像复原技术是当今学术研究的重点,其主要原因是模糊图像在日常生活极为普遍,日常拍摄、医学、航空、交通、安防领域等等都存在大量的模糊图像,许多领域由于环境因素影响获得的图像一半以上都存在图像降质退化等问题,一味加强硬件设施并不能获得更显著的效果,而且成本过高,因此图像处理在未来也必将有更广阔的应用空间。

参考文献:

[1] Moghaddam M E, Jamzad M. Blur identification in noisy images using radon transform and power spectrum modeling [C]//Proc of IEEE 12th international workshop on systems, signal and image processing. Chalkida, Greece: IEEE, 2005.

[2] Yap K H, Guan Ling. A recursive approach to joint image restoration and compensated blur identification [C]//Proc of IEEE international society workshop on neural networks for signal processing. Sydney: IEEE, 2000: 567-575.

[3] He Weiguo, Li Shaofa, Hu Guiwu. Blur identification using an adaptive ADALINE network [C]//Proc of IEEE international conference on machine learning and cybernetics. Guangzhou: IEEE, 2005: 5413-5417.

[4] Moghaddam M E, Jamzad M. Motion blur identification in noisy images using fuzzy sets [C]//Proc of 5th international workshop on systems, signal and image processing. Athens: IEEE, 2005: 862-866.

[5] 李 军,周志强. 基于模糊评审法的生产许可证分级认证研究[J]. 质量技术监督研究, 2012(4): 52-56.

[6] 阮秋琦. 数字图像处理学[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.

[7] Wei L. Restoration of motion blurred image[J]. Silicon Valley, 2011(2): 181-182.

[8] 魏 扬. 基于维纳滤波图像复原的设计与实现[J]. 大众科技, 2011(8): 52-54.

[9] 孙 辉,张 葆,刘晶红. 基于维纳滤波的运动模糊消除算法及其在航空成像系统中的应用[J]. 光学精密工程, 2005, 13(6): 735-740.

[10] 肖 锋. 维纳滤波在退化图像恢复中的应用研究[J]. 电子设计工程, 2011, 19(8): 173-175.

[11] 刘 微. 运动模糊图像恢复算法的研究与实现[D]. 长春: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 2006.

[12] 程 姝,赵志刚,吕慧显,等. 顺序结构的运动模糊图像复原技术综述[J]. 计算机应用, 2013, 33(A01): 161-165.

[13] 赵志刚,程 姝,王国栋,等. 基于运动估计的模糊图像盲复原[J]. 光电子·激光, 2012, 23(10): 2010-2016.

[14] 李信一,刘宁钟,王林宁. 基于稀疏表示的单帧运动图像盲复原[J]. 计算机应用研究, 2013, 30(4): 1212-1215.

含特殊噪声模糊图像复原技术的研究及应用

作者：[程姝](#)，[周志强](#)，[季静](#)，[CHENG Shu](#)，[ZHOU Zhi-qiang](#)，[JI Jing](#)
作者单位：[安徽省标准化研究院 信息中心, 安徽 合肥, 230051](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)[ISTIC](#)
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：2014(12)

引用本文格式：[程姝](#).[周志强](#).[季静](#).[CHENG Shu](#).[ZHOU Zhi-qiang](#).[JI Jing](#) [含特殊噪声模糊图像复原技术的研究及应用](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2014(12)