

图像高斯噪声估计的极大似然算法

王 蓓,张根耀,李 智

(延安大学 数学与计算机科学学院,陕西 延安 716000)

摘要:提出一种图像高斯噪声极大似然估计方法,目的是估计出噪声图像所含噪声大小。首先,根据高斯噪声模型的特点,用极大似然法估计噪声值,对图像所含噪声模型进行分析。其次,把噪声图像用直方图表示,从归一化直方图中选出不同的样本观测值,用极大似然算法对噪声的方差进行估计。最后,用 MATLAB 对该方法进行了模拟实验,实验结果表明此方法所得的图像噪声的方差与实际图像噪声的方差近似相等。所以,此方法无论是在准确性上还是在可行性上均具有优良的特性。

关键词:极大似然估计;白高斯噪声;噪声图像;噪声估计;直方图

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)07-0153-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.07.038

Maximum Likelihood Estimation Algorithm for Gaussian Noise Image

WANG Bei,ZHANG Gen-yao,LI Zhi

(College of Mathematics and Computer Science,Yan'an University,Yan'an 716000,China)

Abstract:A maximum likelihood estimation method for Gaussian noise image is provided in this paper,the purpose is to estimate the noise size noise image contains. Firstly according to the characteristics of Gaussian noise model,using the maximum likelihood method to estimate the noise value,the image contains noise models are analyzed. Secondly,the noise figure that expressed with a histogram and different sample observations from the normalized histogram are selected,with the maximum likelihood algorithm to estimate the noise variance. Finally,the MATLAB simulation experiment is carried out,the results demonstrate that the image noise variance the method obtains with the actual image noise variance is given approximately equal. Therefore,this method in both accuracy and feasibility are excellent.

Key words:maximum likelihood estimation;white Gaussian noise;noise image;noise estimation;histogram

0 引言

在对各种不同类型图像进行处理时,很多图像处理算法把噪声方差当作已知参数,然后去研究相应的算法。如:1985年,M. Spann等人提出的图像分割算法^[1];2002年,顾晓东等人提出的一种基于PCNN的图像去噪新方法^[2];2006年,G. Gilboa等人提出的去噪算法^[3];2011年,李万臣等人提出用中值滤波和Contourlet变换相结合进行图像去噪^[4]等,但是在实际图像处理的过程中,噪声的方差是未知的。

目前,已经有很多学者提出对高斯噪声、椒盐噪声等噪声估计方法。图像噪声估计方法一般有三种:

(1)基于小波域的估计方法。先对图像进行小波变换,然后利用小波高频系数,提出图像中的平滑域,

在此基础上准确地估计图像高斯噪声方差^[5];也可以在HH子带的统计特征中进行噪声方差的估计,这种方法只是针对高斯噪声和椒盐噪声,而对其噪声的估计,有待于进一步研究^[6]。

(2)基于块的方法。首先,把噪声图像划分为若干个区域,并估计出每个块噪声大小;然后,用统计的方法估计出整个图像噪声的大小。2009年,赖施成等人在Amer等人提出基于块的噪声估计算法^[7]的基础上进行改进,通过“块内领域相关度”来找图像的平滑区域,最后根据平滑程度加权平均平滑块噪声估计整个图像噪声的大小^[8]。

(3)基于平滑的方法。用噪声图像减去滤波去噪后的图像来估计噪声的大小。这个方法对滤波去噪过程要求高,不仅要达到去噪的目的,而且还要保护图像

收稿日期:2013-10-09

修回日期:2014-01-16

网络出版时间:2014-04-24

基金项目:陕西省教育科研项目(2010JK904);陕西省教改项目(2013JK1124);2012年延安大学研究生教育计划创新项目

作者简介:王 蓓(1988-),女,硕士研究生,研究方向为计算机图形图像处理;张根耀,教授,博士,硕士生导师,从事计算机软件与理论及图像处理应用研究。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140424.0842.093.html>

的纹理及边缘的信息,不然利用平滑估计噪声就会产生过估计^[9]。

文中是在张旭升等人提出数字图像噪声估计的方法及数学模型^[10]和王静等人提出用统计假设测试的方法对噪声方差进行有效估计研究的基础上进行分析后,利用噪声随机性的特点以及噪声的概率密度函数特征把图像噪声估计问题转化为概率统计中极大似然估计问题,然后用极大似然的方法估计出方差的大小,此方差的大小近似等于噪声实际值的大小。文中首先给出了算法的基本概念及基本理论,然后给出具体算法的步骤,最后用 MATLAB 进行实验验证及结果分析。

1 算法概述

1.1 基本概念及理论

绝大多数图像噪声方差估计的算法中,往往都是假设噪声为独立同分布的、具有加性的且均值为零的高斯噪声,对于方差为 δ^2 、具有零均值加性的高斯噪声图像一般有如下模型:

$$C(x, y) = A(x, y) + B(x, y)$$

其中, $C(x, y)$ 是噪声图像; $A(x, y)$ 是原图像; $B(x, y)$ 是加性高斯噪声。噪声估计的目的就是在 $C(x, y)$ 估计其方差^[11]。

高斯噪声也称正态分布噪声,其概率密度函数为^[12]:

$$P(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(Z-\bar{Z})^2}{2\delta^2}} \quad (1)$$

其中, Z 表示灰度值; \bar{Z} 表示 Z 平均值; δ 表示 Z 的标准方差;标准差的平方 δ^2 称为 Z 的方差。

极大似然估计法^[13]是求点估计的一种方法,它是建立在极大似然原理的基础上的一个统计方法。极大似然估计法的基本思想是:在已经得到试验结果的情况下,寻找使这个结果出现的可能性最大的那个 $\hat{\delta}$ 作为真 δ 的估计。

求出正态总体 $N(\mu, \delta^2)$ 的极大似然估计量:设样本 (X_1, X_2, \dots, X_n) 的一组观测值为 (x_1, x_2, \dots, x_n) , 则求得未知数 μ 和 δ^2 的极大似然估计值是:

$$\hat{\mu} = \bar{x}; \hat{\delta}^2 = \frac{n-1}{n} S^2 \quad (2)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

其中, $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$; S^2 为 δ^2 渐近有效估计, S^2 为样本的修正方差,一致最小方差无偏估计。

图像的减法运算:图像 $f_1(x, y)$ 为含噪声图像;图像

$f_2(x, y)$ 为原图像; $g(x, y)$ 为噪声图像,则可表示为:

$$g(x, y) = f_1(x, y) - f_2(x, y) \quad (3)$$

数字图像的直方图^[14]是把图像用直方图描述,此描述方法是统计应用中经常使用的工具,直方图的特点是直观、方便,可视性能好。因此,数字图像处理中也常常应用灰度直方图表示图像的有关特征信息。

灰度直方图是指图像中所有灰度值出现的次数或频率,对于数字图像来说,实际上就是图像的灰度的概率密度函数的离散化图形。

1.2 算法步骤

Step1:在 MATLAB 实验仿真环境下,给原图像添加大小不同的高斯白噪声,从而由原图像得到相应的含噪声的图像,高斯噪声大小的不同所得到的噪声图像也不相同。

Step2:利用图像的减法运算即(3)式,用含噪声大小不同的图像即相应的含噪声图像减去原图像,从而使得原图像与噪声图像分离开,得到大小不同的高斯噪声图像。

Step3:把大小不同的高斯噪声图像用数字图像直方图直观地描述出来,从数字图像直方图可以观察出噪声相应的灰度值以及灰度值出现的概率大小的情况,然后把直方图进行归一化处理。

Step4:分析(1)式也就是高斯噪声模型后,得知高斯噪声,它是正态分布噪声,所以利用极大似然估计法对正态分布噪声的方差进行估计,需要获得方差的一个所谓的无偏估计,所以利用(2)式,对高斯噪声方差进行估计。从高斯噪声归一化的数字直方图中分别取 $n=10, 20, 30, 40, 50$ 个观测值作为样本值,代入(2)式中,求得未知数 S_n^2 ; S_n^2 为 $\hat{\delta}_n^2$ 的渐近有效估计,从而估计出大小不同高斯噪声方差的大小。对同一幅高斯噪声归一化直方图选择不同的观测值,选观测值越大,估计值越精确。

Step5:分别采用横向比较和纵向比较两种方式,先用实际值以及文献的方法和文中算法选择 50 个观测值得出结果进行比较;然后利用选择不同观测值进行比较;最后以表格的形式呈现出来,说明文中算法可行性。

2 实验结果及分析

为了证明极大似然法估计高斯噪声大小的正确性,选取 256×256 的 eight 图像,具体做法如下:在 MATLAB 的环境下,首先给 eight 图像加入的零均值高斯噪声大小分别为 0.01、0.05、0.10、0.15、0.20,利用算法步骤 2 可以得出大小不同的高斯噪声图像,把噪声图像用直方图描述出来,再把噪声的直方图归一化,

则可以得到归一化灰度分布的概率情况,如图1~图3所示;然后从归一化的直方图观测出10,20,30,40,50个样本,将观测值代入 $S_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ 分别计算出 $S_{10}^2, S_{20}^2, S_{30}^2, S_{40}^2, S_{50}^2$ 的值,则 $S_{10}^2, S_{20}^2, S_{30}^2, S_{40}^2, S_{50}^2$ 为 $\hat{\delta}_{10}^2, \hat{\delta}_{20}^2, \hat{\delta}_{30}^2, \hat{\delta}_{40}^2, \hat{\delta}_{50}^2$ 的渐近有效估计;最后,用得出的值要与实际的值和文献[8]选择50个观测值所求出来的值进行对比以及选择不同样本值所得出来的值进行比较,如表1、表2所示。



图1 原始图像

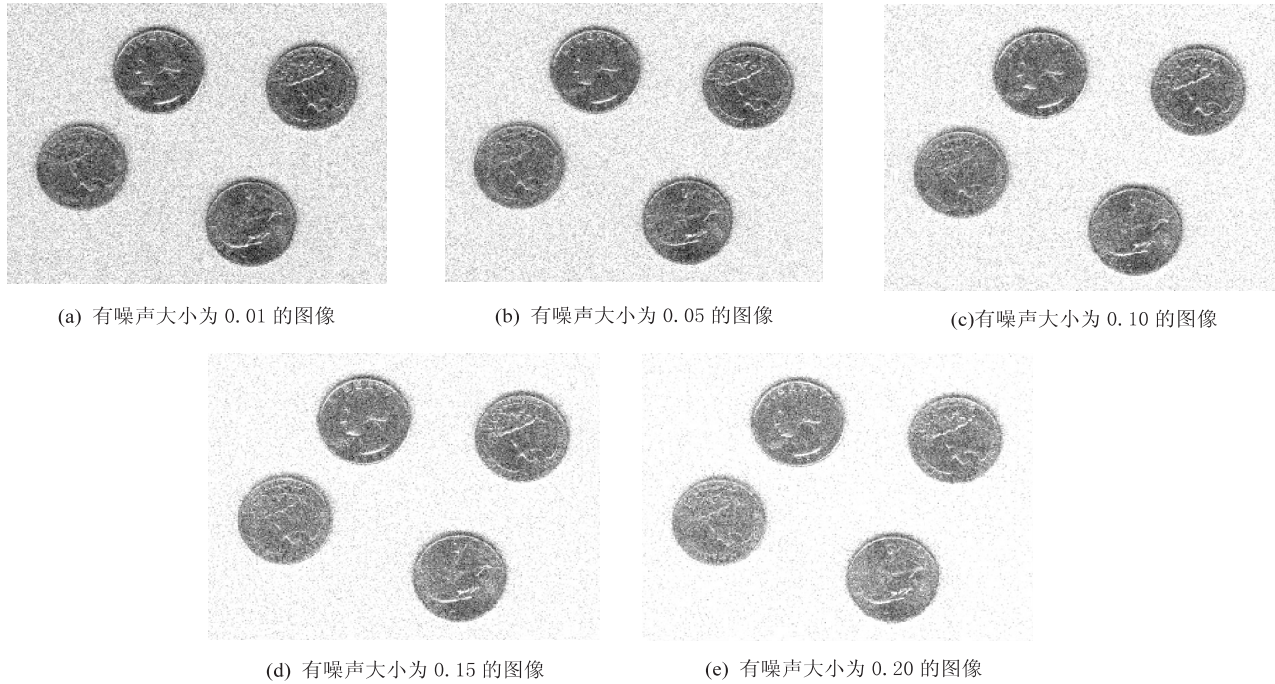


图2 含有噪声大小不同的图像

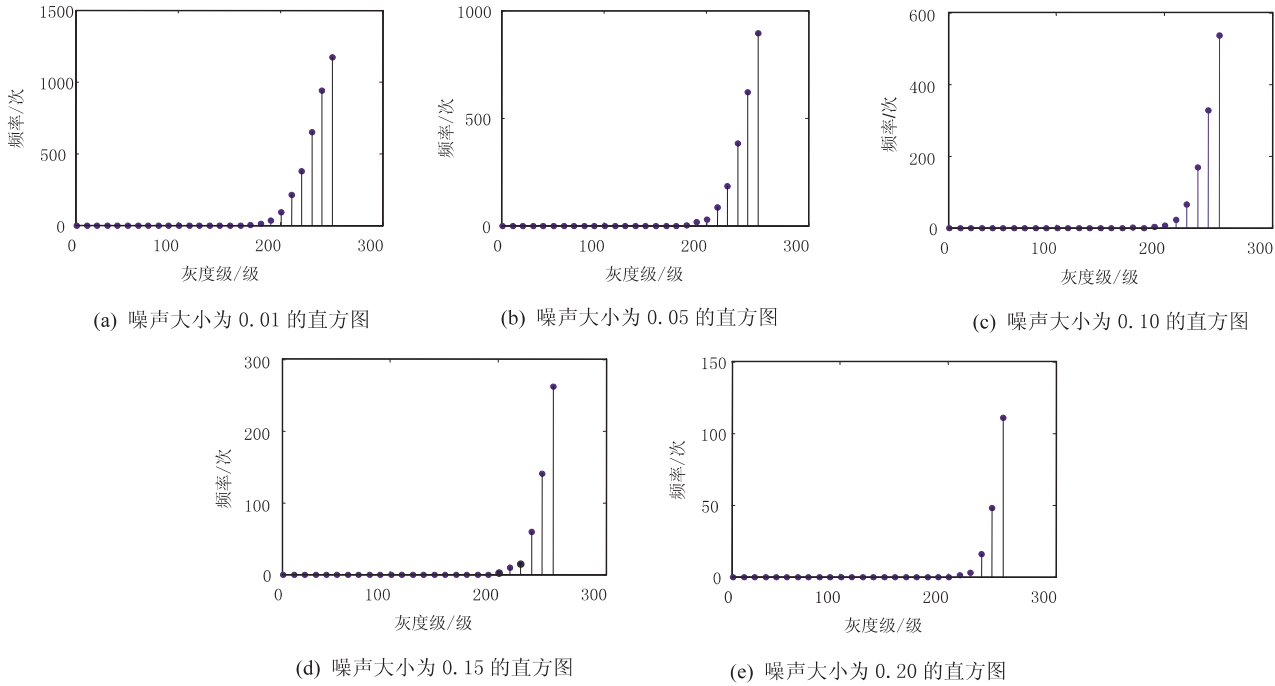


图3 噪声大小不同的直方图

表 1 噪声大小比较

实际噪声	文献[8]	文中算法
0.010	0.009 7	0.009 8
0.050	0.046 0	0.049 0
0.100	0.092 0	0.094 0
0.150	0.143 0	0.146 0
0.200	0.160 0	0.180 0

表 2 观测值不同时噪声大小比较

实际噪声大小	观测值个数	文中算法
$j=0.01$	$n=10$	0.008 5
	$n=20$	0.009 1
	$n=30$	0.009 4
	$n=40$	0.009 7
	$n=50$	0.009 8
$j=0.05$	$n=10$	0.043 0
	$n=20$	0.045 0
	$n=30$	0.046 0
	$n=40$	0.048 0
	$n=50$	0.049 0
$j=0.10$	$n=10$	0.086 0
	$n=20$	0.089 0
	$n=30$	0.091 0
	$n=40$	0.092 0
	$n=50$	0.094 0
$j=0.15$	$n=10$	0.136 0
	$n=20$	0.141 0
	$n=30$	0.143 0
	$n=40$	0.144 0
	$n=50$	0.146 0
$j=0.20$	$n=10$	0.110 0
	$n=20$	0.130 0
	$n=30$	0.140 0
	$n=40$	0.160 0
	$n=50$	0.180 0

从实验结果中可以得出以下结论:从表 1 的文中算法与实际噪声值比较接近,能够比较正确地估计噪声图像的噪声值的大小。同时,从表 2 中取不同个数观测值所得噪声值进行对比,表明所取样本的个数越大,则对噪声值估计越准确。

3 结束语

文中只是针对图像含有较小的高斯噪声进行有效的估计,方法简单,易于实现,在今后的研究中还需要重点解决以下几个问题:对其他噪声此方法是否适用;图像噪声估计与去除噪声算法两者结合的研究;混合噪声的去除方法。

参考文献:

[1] Spann M, Wilson R. A quad-tree approach to image segmentation which combines statistical and spatial information[J]. Pattern Recognition, 1985, 18(3-4): 257-269.

[2] 顾晓东, 郭仕德, 余道衡. 一种基于 PCNN 的图像去噪新方法[J]. 电子与信息学报, 2002, 24(10): 1304-1309.

[3] Gilboa G, Sochen N, Zeevi Y Y. Estimation of optimal PDE-based denoising in the SNR sense[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2006, 15(8): 2269-2280.

[4] 李万臣, 赵开伟. 基于中值滤波和 Contourlet 变换的图像去噪研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2011, 27(2): 211-214.

[5] 张旗, 梁德群, 樊鑫. 基于小波域的图像噪声估计新方法[J]. 计算机工程, 2004, 30(8): 37-39.

[6] 张旗, 梁德群, 樊鑫, 等. 基于小波域的图像噪声类型识别与估计[J]. 红外与毫米波学报, 2004, 23(4): 281-285.

[7] Amer A, Dubois E. Fast and reliable structure-oriented video noise estimation[J]. IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, 2005, 15(1): 113-118.

[8] 赖施成, 贾洞. 基于块内邻域相关度的图像噪声估计[J]. 计算机与现代化, 2009(12): 82-84.

[9] Olsen S I. Estimation of noise in images; an evaluation[J]. Graphical Models and Image Processing, 1993, 55(4): 319-323.

[10] 张旭升, 周桃庚, 沙定国. 数字图像噪声估计的方法及数学模型[J]. 光学技术, 2005, 31(5): 719-722.

[11] 李俊山, 李旭辉. 数字图像处理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.

[12] Gonzalez R C, Woods R E. 数字图像处理[M]. 第 3 版. 北京: 电子工业出版社, 2012.

[13] 张国权. 应用概率统计[M]. 北京: 科学出版社, 2006.

[14] 张德丰. 数字图像处理[M]. MATLAB 版. 北京: 人民邮电出版社, 2009.

(上接第 152 页)

[10] NXLOG community edition reference manual for v2. 5. 1089 [EB/OL]. 2009-12-15. <http://www.nxlog.org/nxlog-docs/en/nxlog-reference-manual.html>.

[11] 刘秀波, 王连海. Windows XP 日志文件格式分析[J]. 软件导刊, 2011, 10(1): 36-38.

[12] Logfile formats in IIS [EB/OL]. 2013-10-01. [\[brary/IIS/bea506fd-38bc-4850-a4fb-e3a0379d321f.mspx?mfr=true\]\(http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/WindowsServer2003/Li-brary/IIS/bea506fd-38bc-4850-a4fb-e3a0379d321f.mspx?mfr=true\).

\[13\] 谢长华. Syslog 日志高效解析和异常检测\[D\]. 西安: 西安电子科技大学, 2007.

\[14\] 刘必雄, 魏连, 许榕生. 基于 Agent 技术的多源日志采集系统的设计与实现\[J\]. 计算机系统应用, 2008\(2\): 71-74.](http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/WindowsServer2003/Li-</p></div><div data-bbox=)

图像高斯噪声估计的极大似然算法

作者：[王蓓](#)，[张根耀](#)，[李智](#)，[WANG Bei](#)，[ZHANG Gen-yao](#)，[LI Zhi](#)
作者单位：[延安大学 数学与计算机科学学院, 陕西 延安, 716000](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：2014(7)

参考文献(14条)

1. [Spann M;Wilson R](#) [A quad-tree approach to image segmen-tation which combines statistical and spatial information](#) 1985(3-4)
2. [顾晓东;郭仕德;余道衡](#) [一种基于PCNN的图像去噪新方法](#) 2002(10)
3. [Gilboa G;Sochen N;Zeevi Y Y](#) [Estimation of optimal PDE-based denoising in the SNR sense](#) 2006(08)
4. [李万臣;赵开伟](#) [基于中值滤波和Contourlet变换的图像去噪研究](#) 2011(02)
5. [张旗;梁德群;樊鑫](#) [基于小波域的图像噪声估计新方法](#) 2004(08)
6. [张旗;梁德群;樊鑫](#) [基于小波域的图像噪声类型识别与估计](#) 2004(04)
7. [Amer A;Dubois E](#) [Fast and reliable structure-oriented video noise estimation](#) 2005(01)
8. [赖施成;贾洞](#) [基于块内邻域相关度的图像噪声估计](#) 2009(12)
9. [Olsen S I](#) [Estimation of noise in images:an evaluation](#) 1993(04)
10. [张旭升;周桃庚;沙定国](#) [数字图像噪声估计的方法及数学模型](#) 2005(05)
11. [李俊山;李旭辉](#) [数字图像处理](#) 2007
12. [Gonzalez R C;Woods R E](#) [数字图像处理](#) 2012
13. [张国权](#) [应用概率统计](#) 2006
14. [张德丰](#) [数字图像处理MATLAB版](#) 2009

引用本文格式：[王蓓](#).[张根耀](#).[李智](#).[WANG Bei](#).[ZHANG Gen-yao](#).[LI Zhi](#) [图像高斯噪声估计的极大似然算法](#)[期刊论文]
]-[计算机技术与发展](#) 2014(7)