

单画幅欠采样图像复原中的插值作用

Effect of Interpolation on Restoration of Single-frame Undersampled Image

苏宏伟, 陈 华*

SU Hong-wei, CHEN Hua

(广西大学计算机与电子信息学院, 广西南宁 530004)

(School of Computer, Electronics and Information, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China)

摘要:采用直接复原方法和插值复原方法对单幅欠采样低分辨率模糊图像进行复原实验,以考察线性插值在图像复原中的作用。直接复原法是对采集到的欠采样低分辨率模糊图像直接用最大似然图像复原算法进行复原,不作任何预处理。插值复原法是先对图像进行插值预处理,增加像素数,提高图像采样分辨率,然后再用最大似然图像复原算法进行图像复原。结果是直接复原方法和插值复原方法对欠采样模糊图像的复原,效果相同,主观视觉和评价数据十分接近。这说明通常用于单画幅欠采样模糊图像复原预处理的线性插值没有起到提高复原效果的作用。

关键词:插值 欠采样图像 图像复原

中图分类号:TN911.73 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2006)04-0349-03

Abstract: The direct-restoration method and the interpolation-restoration method are adopted in the experiment to deal with single-frame undersampled blurry image of low resolution in order to review the effect of linearity interpolation on image restoration. In the direct-restoration, the undersampled blurry image of low resolution is restored directly by maximum-likelihood algorithm (ML) without any preprocessing. In the interpolation-restoration, the undersampled blurry image of low resolution is preprocessed by the interpolation to increase image pixels and improve image sampling resolution before it is restored by ML algorithm. The results show that the subjective vision and external estimation index of the image in these two methods are similar. It is revealed that the linearity interpolation can not improve image restoration on single-frame undersampled blurry image.

Key words: linearity interpolation, undersampled image, image restoration

离散阵列成像器件在成像过程中,由于受像素大小和采样间隔的影响,以及光学系统低通滤波的作用,所得图像往往会在产生模糊的同时,还会产生欠采样,得到的是一幅欠采样低分辨率的模糊图像,并存在马赛克现象^[1]。对这种单画幅欠采样模糊图像进行复原之前,为了减小采样过程的影响,目前通常先采用插值方法进行预处理,再进行复原^[1]。插值方法的实质是将低分辨率采样图像通过增加像素,

并采用某种算法计算出新增像素的灰度值,成为高分辨率采样图像。插值方法通常采用线性插值方法,线性插值方法主要有零阶插值法、双线性插值法和双三次插值法等^[2,3]。零阶插值是一种最简单的插值算法,其输出像素被指定为像素点所在位置处的像素值,其它像素都不考虑,放大后的图像容易出现马赛克效应。双线性插值法和双三次插值属于较复杂的方法,其输出像素的灰度值由邻近多个像素值决定,它们所具有的平滑作用,可有效地平滑图像中的不连续区域,去除或减弱马赛克现象,改善视觉效果。本文采用直接复原方法和插值复原方法进行图像复原实验,以考察线性插值在图像复原中的作用。

收稿日期:2006-07-17

作者简介:陈 华(1958-),男,广西桂平人,副教授,主要从事数字图像处理、光电成像技术研究。

* 通讯联系人。

1 图像复原实验方法

为考察线性插值在图像复原中的作用,本文采用直接复原方法和插值复原方法进行图像复原实验以进行比较。直接复原是对采集到的欠采样低分辨率模糊图像,不作任何预处理,直接进行复原,本文采用最大似然图像复原算法(PML)^[4]进行复原。插值复原首先进行插值预处理,增加像素数,提高图像采样分辨率,然后再采用PML法进行图像复原。复原实验采用的欠采样低分辨率模糊图像是一幅分辨率为 128×128 像素、256个灰度等级的lena图像,如图1所示。该图采用图2所示的 256×256 lena清晰图像通过隔行隔列抽取后,再用 3×3 点扩散函数 h_1 作卷积而得。插值和复原处理实验在MATLAB环境下通过计算机仿真进行。

为了定量评价复原效果,采用均方差MSE和改善信噪比ISNR作为评价指标^[2],对直接复原和插值复原的复原图像进行评价。假设图像的大小为 $N \times N$,原清晰图像为 f ,复原图像为 \hat{f} ,采样图像为 g ,则MSE和ISNR分别定义为

$$MSE = \frac{1}{N^2} \|f - \hat{f}\|^2,$$

$$ISNR = 10 \log_{10} \frac{\|f - g\|^2}{\|f - \hat{f}\|^2}.$$

采用MSE和ISNR进行评价时,MSE值越小,ISNR值越大,说明复原图像 \hat{f} 越接近于原清晰图像 f ,复原效果越好。



图1 欠采样模糊图像 g (128×128)



图2 原清晰图像 f (256×256)

2 结果与分析

2.1 直接复原结果

对图1所示的欠采样模糊图像 g 采用PML法直接进行复原,复原迭代次数为50次。复原效果图 \hat{f}_1 如图3(a)所示。为了与 256×256 分辨率的清晰图像 f 进行比较,以及与后面的插值复原的结果图进行比较,将复原结果图像 \hat{f}_1 放大为 256×256 的采

样分辨率。放大处理分别采用双线性和双三次插值方法进行,放大结果如图3(b)、(c)所示。

2.2 插值复原结果

首先采用双线性和双三次插值方法分别对 128×128 欠采样模糊图像 g 和 3×3 的点扩散函数 h_1 分别进行高分辨率插值预处理,得到 256×256 高分辨率采样的模糊图像 g_1 和 g_2 (如图4(a)和(c)所示)和 5×5 的点扩散函数 h_2 。然后采用PML法分别进行复原,复原迭代次数为50次。复原效果图 \hat{f}'_3 和 \hat{f}'_4 如图4(b)和(d)所示。

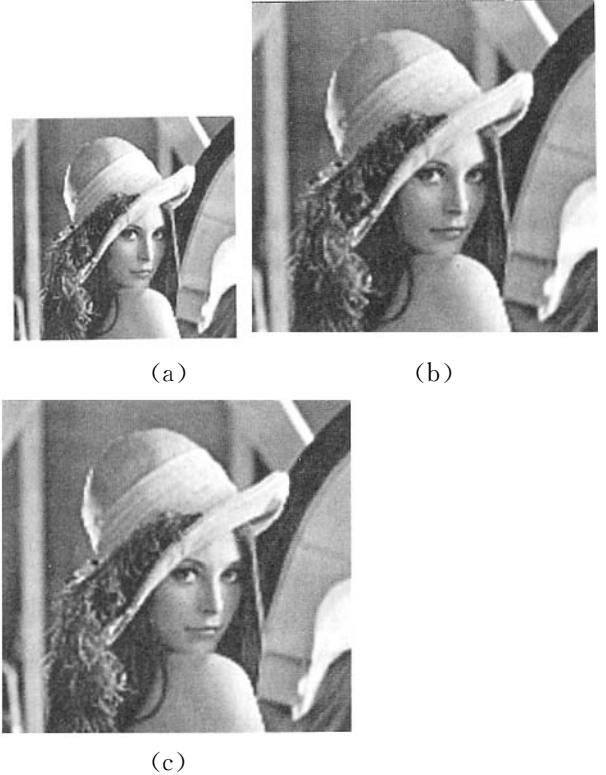


图3 直接复原图像

(a) (128×128); (b) 双线性插值放大图像 (256×256); (c) 双三次插值放大图像 (256×256)

2.3 定量评价和分析

对图3和图4中直接复原和插值复原两种方法得到的复原图像,首先从主观视觉上进行比较,它们的清晰程度很接近,很难分辨出它们之间的区别。其次,采用MSE和ISNR对复原结构进行计算和评价,计算数据如表1所示。从表1可以看出,两种方法的评价数据也十分接近,差距很小。这表明,直接复原和插值复原两种方法的复原效果基本一样,采用线性插值对欠采样低分辨率模糊图像进行高分辨率预处理再复原的方法,其复原效果并不好于直接复原的方法,即线性插值在欠采样模糊图像复原中没有起到提高复原效果的作用。

表1 MSE 和 ISNR 评价数据

插值方法	直接复原		插值复原	
	MSE	ISNR	MSE	ISNR
双线性插值	0.0126	1.1111	0.0129	0.9890
双三次插值	0.0127	0.6803	0.0126	0.7067

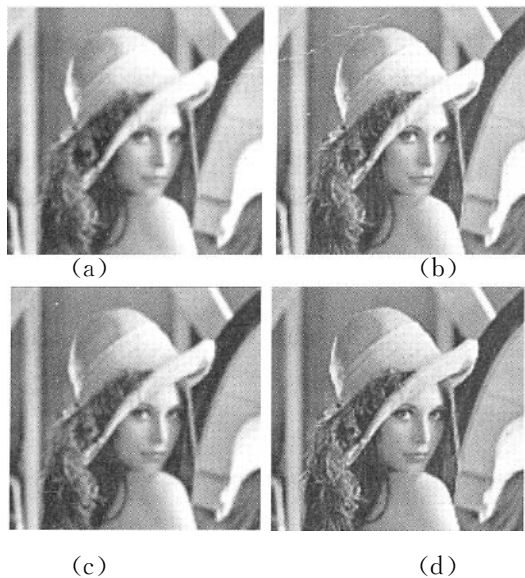


图4 插值和复原图像

(a) 双线性插值 $g_1(256 \times 256)$; (b) g_1 的复原图像 (256×256) ; (c) 双三次插值 $g_2(256 \times 256)$; (d) g_2 的复原图像 (256×256)

(上接第345页)

3 算法比较分析

尽管递归过程结构清晰和可读性强,但根据圆盘移动规律可以推断出递归求解算法时间复杂度为 $O(2^n)$,同时因为递归程序借助堆栈实现参数保存,参数传递等工作导致递归求解算法空间复杂度较高。例如当求解该问题的圆盘数 n 达到64,至少需要移动 $2^{64} - 1 = 1.8 \times 10^{19}$ 次,若用现代电子计算机1微秒移动一次,运行时间大致为100万年,需占用最大递归层次为64的存储空间。而我们推导出的非递归算法第8步和第9步最坏情况下执行了 n 次,从而对应的复杂度为 $O(n)$ 。因为该非递归算法仅仅使用变量寄存结果信息,并且与问题规模 n 无关,从而占用存储空间少。本文中的非递归算法和递归算法在 UNIX 平台下用 C 语言全部实现。在一定问题规模下非递归算法和递归算法的运行结果一致,反映出了非递归算法的正确性,而且在对两个算法运行时间和消耗内存评估中,实验数据反映出非递归算法的效率、占用存储空间少的特点。

3 结论

本文采用直接复原方法和插值复原方法对单幅欠采样低分辨率模糊图像进行复原实验。直接方法是直接采用 PML 法进行图像复原,插值复原方法是先对要复原的图像进行插值预处理,提高图像采样分辨率,然后再采用 PML 法进行图像复原。实验结果显示,两种方法对欠采样模糊图像的复原,效果相同,主观视觉和评价数据十分接近。这表明,通常用于单画幅欠采样模糊图像复原预处理的线性插值没有起到提高复原效果的作用。

参考文献:

- [1] 苏秉华. 超分辨率图像复原方法研究[D]. 北京: 北京理工大学博士论文, 2002.
- [2] CASTLEMAN K R. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [3] 江铭炎, 李兴江, 袁东风. 图像插值放大处理的方法[J]. 山东大学学报: 理学版, 2003, 38(3): 79-81.
- [4] LUCY L B. An iterative technique for the rectification of observed distributions [J]. The Astronomical Journal, 1974, 9(6): 745-765.

(责任编辑: 邓大玉 凌汉恩)

4 结束语

本文采用分划递推法通过功能归约变换,形式化推导和证明 Hanoi 塔问题中圆盘的移动规律,从而推导出占用存储空间与圆盘个数无关的非递归算法,不仅效率高、而且占用存储空间少,同时也保证了该算法的正确性,显示了形式化推导在获得高效和正确性的算法程序中的作用。

参考文献:

- [1] 宁爱兵, 黄明和. Hanoi 塔问题非递归算法的形式推导[J]. 计算机工程与科学, 2003, 25(3): 66-68.
 - [2] XUE JINYUN. A unified approach for developing efficient algorithmic programs[J]. Journal of computer Science and Technology, 1997, 12(4): 314-329
 - [3] XUE JINYUN. A Practicable approach for formal development of algorithmic programs: proceedings of the International Symposium on Future software Technology (ISFST' 99) [C]. Published by Software Engineers Associations of Japan, 1999.
 - [4] 薛锦云. 算法程序形式化开发研究[J]. 云南大学学报, 1997, 19(增刊): 283-288.
 - [5] 李云清. 分划递推法及其应用[J]. 计算机工程与应用, 2001, 17: 77-79.
 - [6] 卢开澄. 组合数学[M]. 第3版. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- (责任编辑: 韦廷宗)