

文章编号 1004-924X(2003)03-0305-04

高空间冗余图像 DCT 压缩产生的几何衰变

于 涌, 郭丽虹, 邢忠宝, 谭振江

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春, 130022)

摘要: 离散余弦变换(DCT)压缩图像的客观质量评价通常采用均方误差(MSE)和峰值信噪比(PSNR),而缺乏对图像几何衰变的考虑,这正是基于位置信息的图像测量系统的关键。针对这一问题,对两幅高空间冗余图像进行 DCT 压缩实验研究,结果表明:用 4×4 分块,1:2 压缩比时,MSE 和 PSNR 变化不大,但有 1 或 2 个像元的几何衰变。与一般情况下光学测量系统总体误差只有 1~2 个像元比较,在因压缩而产生像元级的位置变化时,将会严重影响测量精度,因此对这类图像进行 DCT 压缩时应十分关注几何衰变。

关键词: DCT 压缩;均方误差;峰值信噪比;图像几何衰变

中图分类号:O438 文献标识码:A

Geometric degradation produced during DCT compression of images with high spatial redundancy

YU Yong, GUO Li-hong, XING Zhong-bao, TAN Zhen-jiang

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China)

Abstract: The objective image quality evaluation of DCT(discrete cosine transform) compressed images is usually achieved using MSE(mean square error) and PSNR(peak signal-to-noise ratio) with the geometric degradation of images out of consideration, which is the very key to the optical measurement system based on position information. DCT compression experimnts made with two images with high spatial redundancy show that MSE and PSNR do not change much under 4×4 processing block and 1:2 compression ratio, but there is a geometric degradation of 1 or 2 pixels; considering the total error of the optical-measurement system is generally only 1 or 2 pixels, a change in position of more than 1 pixel resulting from DCT compression will have a significant influence on the accuracy of the measurement system. A good deal of attention should, therefore, be paid to geometric degradation during DCT compression.

Key words: DCT compression; MSE; PSNR; image geometric degradation

收稿日期:2003-01-23;修订日期:2003-03-20.

基金项目:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所青年创新基金(No. Q01B13)

1 引言

基于 DCT 的图像压缩技术是数字图像压缩编码中一种基本的变换编码方法,应用广泛。随着各种光学测量系统(光电经纬仪、空间遥感设备和医用 X 光相机等)数字化程度的不断提高,将不可避免的采用图像压缩技术来充分利用现有资源解决更多的工程问题。上述系统中的图像对几何位置十分敏感,而经 DCT 压缩解压后的图像质量的客观评价方法大多仅用均方误差(MSE)和峰值信噪比(PSNR),即计算原图像和压缩解压后的图像对应像素灰度级在数学统计上的差别,仅有不多的几篇文献针对遥感测绘用数字图像提到了它们的几何衰变。Jussi Larmmi 等认为,当压缩比小于 1:10 左右时,以 DCT 为基础的 JPEG 图像压缩对几何特征不产生明显影响^[1]。何斌等人进一步证实了这一结论^[2]。就两幅有高度空间冗余的图像进行了 DCT 压缩编码实验,发现图像位置衰变严重。一般光电跟踪测量系统的跟踪测量误差(与脱靶量相关)往往只有 1~2 个像元,如果因压缩解压过程而产生几个像元的位置变化,对测量精度的影响就十分严重了。这应该是一个值得关注的问题。

2 DCT 压缩编码的适用性及其产生的图像质量蜕化

DCT 压缩编码是一种变换编码,将二维图像变换成它的空间频谱,将其按由低频到高频的顺序重排。由于图像频谱从低到高逐渐衰减,故可在一定量化等级下进行舍弃,从而达到压缩的目的。DCT 广泛应用于众多压缩方案的原因在于其理论、算法和硬件相对成熟,去相关性好,适应人眼的视觉特性,计算量不大(没有复数计算),易于实现^[3]。目前 DCT 压缩编码已经广泛应用于普通图像的压缩标准,如静态图像压缩的 JPEG 和用于活动图像序列的 MPEG 系列标准。

DCT 压缩编码在由空域到频域的数学变换中不会丢失信息,但随后进行的量化过程因为舍弃了能量相对较低的高频信息分量而带来不同程度的失真^[1],所以它是一种有损压缩。DCT 压缩产生的图像蜕化包括两个方面,即对应像素点灰

度值的变化和图像中特征像素集合(如边缘或特征点)位置的变化。传统的图像质量客观评价方法包括均方误差(MSE)和峰值信噪比(PSNR),较适合评价第一方面的灰级蜕化。评价几何位置变化的方法较少见。

3 高空间冗余图像 DCT 压缩产生几何衰变的实验和分析

我们选取两种图像进行实验,一种为四角围成的窗口加十字丝(如图 1(a)),另一种为棋盘格(如图 1(d))。文献[1,2]中已经提到了数字遥感图像经过 DCT 压缩后的几何衰变。结论为在 1:16 的 DCT 压缩比下会偏移半个像元。但是遥感图像的细节内容丰富,空间相关性也比较差,不易直接找到压缩前后两幅图像对应像素点的位置变化。

本实验是将上面两幅图像分别做压缩前后图像的差影法测试来说明压缩带来的几何衰变。差影法是把两幅待比较的图像对应像素的灰度值相减,得到的差值作为结果图像的灰度值输出,这样就直观地表示出这两幅图像的差别^[4](见图 1)。借鉴文献[5]中的 MATLAB 例程,采用了不同的压缩比和图像处理分块大小实现了对上述两幅图像的 DCT 压缩,计算得到不同的结果图像的 MSE 和 PSNR 以及特征像元的相对位移 x 和 y (见表 1,2)。从表中可看到,MSE 和 PSNR 变化不十分明显时,特定像元位移也会大于一个像元。估计原因有二:一是压缩过程中块效应的影响,分块越小,这种影响越小;二是与压缩比有关,压缩比越大,衰减越厉害。修改后的例程如下:

```
Initial Image = imread( '实验图像.bmp' );
Initial Image = double( Initial Image ) / 255 ;
blksize = 8 ;
rat = 1 / 8 ;
T = dctmtx( blksize ) ;
DCTCoe = blkproc( Initial Image , [ blksize blksize ] , 'P1 * x * P2 ', T , T ) ;
CoeVar = im2col( DCTCoe , [ blksize blksize ] , 'distinct' ) ;
Coe = CoeVar ;
[ Y , Ind ] = sort( CoeVar ) ;
[ m , n ] = size( CoeVar ) ;
Snum = blksize * blksize ( 1 - rat ) ;
```

```

for i = 1 : n
    Coe(Ind(1 : Snum) , i) = 0 ;
end
B2 = col2im(Coe , [blksize blksize] ,
[256 256] , 'distinct' ) ;
I2 = blkproc (B2 , [blksize blksize] , 'P1 * x *
```

P₂ ', T ', T) ;

图 1 (a) 和 (d) 为实验原图, (b) 和 (e) 为 DCT 压缩(分块大小为 8 × 8, 压缩比均为 1/8) 后的图像, (c) 和 (f) 为对应图像相减的结果。

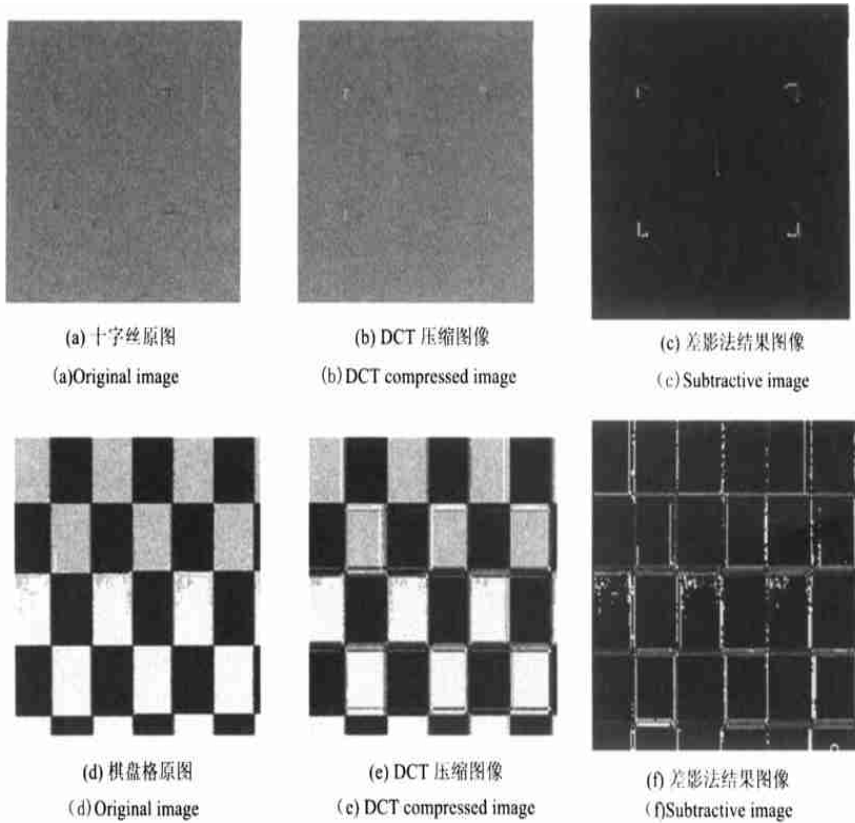


图 1 实验图像及其差影图

Fig. 1 Experimental images and their subtractive images

表 1 十字丝图像的实验结果

Tab. 1 Result data of cruciform image

分块大小	压缩比	MSE (灰度值) ²	PSNR dB	x (像元)	y (像元)
4 × 4	1:2	10.00	38.13	1	1
	1:4	9.82	38.21	1	1
	1:8	12.16	37.28	2	3
	1:16	13.94	36.69	3	3
8 × 8	1:2	11.61	37.48	5	5
	1:4	11.65	37.46	5	5
	1:8	12.29	37.23	5	6
	1:16	13.07	36.97	6	7

表 2 棋盘格图像的实验结果

Tab. 2 Result data of tessellated image

分块大小	压缩比	MSE (灰度值) ²	PSNR dB	x (像元)	y (像元)
4 × 4	1:2	1048.23	17.97	2	2
	1:4	1062.32	17.87	2	2
	1:8	1239.43	17.20	3	3
	1:16	1528.30	16.29	4	4
8 × 8	1:2	2123.42	14.86	5	5
	1:4	2337.41	14.44	6	6
	1:8	2398.10	14.33	6	6
	1:16	2613.92	13.96	7	6

4 结 论

通过对两幅空间冗余很高图像的 DCT 压缩解压实验和分析,指出客观评价压缩图像质量时,

除了计算 MSE 和 PSNR,还应该充分考虑图像在几何位置上的衰变。尤其是对于图像测量系统这类与位置信息十分关注的场合,DCT 压缩时更应十分小心,否则将明显影响系统性能。

参考文献:

- [1] JUSSI L, TAPANI S. Image compression by the JPEG algorithm[J]. *Photogrammetric & Remote Sensing*, 1995, 61(10):1261-1266.
- [2] 何斌,郝志航. 图像编码亚像元位移量的分析[J]. *光学 精密工程*, 1999, 7(6):108-112.
HE B, HAO ZH H. Analysis of mapping digital coding sub-pixel shift[J]. *Optics and Precision Engineering*, 1999, 7(6):108-112. (in Chinese)
- [3] 杨品,巴林凤,于达. 图像压缩技术的分析与评价[J]. *清华大学学报*, 1995, 39(4):48-54.
YANG P, BA L F, YU D. Analysis and evaluation of image compression[J]. *Transaction of Tsinghua University(Nature science edition)*, 1995, 39(4):48-54. (in Chinese)
- [4] 何斌. *Visual C++ 数字图像处理*[M]. 北京:人民邮电出版社,2001.
HE B. *Visual C++ digital image processing* [M]. Beijing: People's Post and Telecom Publishing Company, 2001. (in Chinese)
- [5] 张兆礼. *现代图像处理技术及 MATLAB 实现*[M]. 北京:人民邮电出版社,2001.
ZHANG ZH L. *Modern image processing and MATLAB realization* [M]. Beijing: people's post and telecom publishing company, 2001.

作者简介:于 涌(1975 -),男,湖北洪湖人,在读博士研究生,目前感兴趣的研究方向为数字视频图像高速传输与处理。

E-mail: yyyuyong@sina.com