

doi:10.3969/j.issn.1673-4785.2010.03.005

分形图像编码算法的参数选择对算法性能的影响

崔朝辉, 刘冀伟, 王志良, 曲波

(北京科技大学 信息工程学院, 北京 100083)

摘要:实际应用中的分形图像编码算法有众多参数需要确定, 参数选择的恰当与否直接影响算法的性能, 而如何确定参数的最佳值是每个研究者和使用者需要首先面对的问题. 通过对基本的分形图像编解码算法的分析, 发现解码图像的质量 (PSNR) 不仅跟值域块的分块大小相关, 还跟图像的活跃度 (IAM) 相关. 实验进一步表明, 对应每一种分块大小, PSNR 与 IAM 均存在对数关系; 而且在解码过程中, 仅需要 6 次迭代, 解码图像就进入稳定状态.

关键词:分形图像编码; 图像活跃度度量; PSNR 估计; 参数选择

中图分类号: TP311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-4785(2010)03-0233-07

The impact of parameter selection on fractal image coding algorithm performance

CUI Zhao-hui, LIU Ji-wei, WANG Zhi-liang, QU Bo

(School of Information Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: A number of parameters need to be determined before a fractal image coding algorithm can be used. The performance of the algorithm is directly affected by the selection of parameters. Determining the optimal values is the first problem that each researcher and user faces. Analysis of basic fractal image encoding and decoding algorithms showed the quality of a decoded image, as measured by the peak signal-to-noise ratio (PSNR), is not only related to the size of range blocks, but also the Image activity measure (IAM). Experiments showed that, for each range block, the relationship between PSNR and IAM is logarithmic. Moreover, the experiments indicated that only 6 iterations were required in the decoding process before an image went to a steady state.

Keywords: fractal image coding; image activity measure (IAM); PSNR estimation; parameter selection

分形图像编码算法是目前研究较为广泛的编码方法之一, 对其研究已有近 20 年的历史. Barnsley^[1-2] 最早将分形的概念引入到图像压缩编码领域, 但其编码过程需要人工干预; 1989 年 Jacquin^[3-4] 提出局部迭代函数系统 (partial iterated function systems, PIFS) 的概念, 实现了分块的自动分形图像编码算法, 使分形图像编码取得了突破性进展, 成为后人研究和扩展的起点. 该算法具有许多优点^[5-6]: 它突破以往熵压缩编码的界限, 在编码过程中, 采用了类似描述的方法, 而解码时通过迭代完成, 且具有分辨率无关的解码特性等. 然而, 在将分形图像编解码算法应用到实践中的时候, 该算法表现出太多的不

确定因素: 1) 原始图像分块大小不好确定, 需要通过逐次实验的方法进行尝试, 鉴于该算法的计算量非常大, 相对而言这是一项耗时耗力的工作. 尽管已经有不少研究致力于减少搜索空间, 提高运算效率, 但却是以降低解码图像质量为代价. 2) 压缩比 (CR) 和解码图像质量 (以峰值信噪比 PSNR 来衡量) 事先未知, 必须在实际的编解码过程结束后, 才能计算出来. 3) 解码时候的迭代次数不容易决定, 一般研究为了保证解码图像进入稳定状态, 常常采用几十次迭代, 白白浪费计算资源, 确定有效的迭代次数在资源受限的应用场合中变得尤为重要.

针对上述 3 个问题, 本文展开算法分析和实验验证, 为将分形图像编解码算法应用在实际中, 提供了具有指导意义的结论. 根据图像活跃度与图像解码质量的关系式, 可预先给出分块大小的建议值, 进而估计出压缩比; 迭代解码过程中, 初始图像对稳定

收稿日期: 2009-09-03.

基金项目: 国家“863”计划资助项目 (2007AA01Z160); 北京市重点学科建设项目 (XK100080537)

通信作者: 崔朝辉. E-mail: zhh.cui@gmail.com.

图像没有影响,迭代次数6次以上,图像就进入稳定状态。

1 基本编解码算法

文献[7]给出了基本的分形编解码算法具体步骤,为了行文连续,特摘录如下:

1) 对待压缩图像进行分割。

将大小为 $N \times N$ 的原始灰度图像 I 分割成互不相交的大小为 $R \times R$ 的方块 R_i (range block, 称为值域块), 即 $I = \bigcup_i^{N/R} R_i$, 且 $R_i \cap R_j = \emptyset, i \neq j, R_i$ 是分形压缩中的每一个编码单元。

2) 建立搜索空间。

用 $2R \times 2R$ 的截取窗口沿原图像的水平 and 垂直方向 (即 x, y 轴) 分别以步长 Δh 和 Δv 移动, 每一次移动后的截取方块就构成了匹配块 D_i (domain block, 称为定义域块), 所有这样的匹配块 D_i 就构成了搜索空间 S_D 。

3) 寻找最优匹配块。

在搜索空间内, 对每一值域块 R_i , 通过最小均方误差 (mean square error, MSE) 原则寻找误差最小的匹配块 D_i , 使 D_i 经适当的仿射变换 ω_i 来逼近 R_i , 即 $D_i \xrightarrow{\omega_i} R_i$, 使之满足

$$d(R_i, \omega_i(D_i)) = \|R_i - (s_i \cdot (A(G(D_i))) + o_i)\|^2 = \min_{DCP} \|R_i - s_i \cdot (A(G(D_i))) + o_i\|^2.$$

式中: G 为固定的几何变换, 完成从 Domain 块到 Range 块的空间压缩映射, 通常用四点平均法 (2×2 采样); A 为 8 种对称旋转变换之一, s_i 和 o_i 分别是灰度变换的尺度因子和偏移因子。

4) 生成编码。

通过搜索得到满足的变换群集 $\omega_i(x_i, y_i, a_i, s_i, o_i)$ (其中 x_i, y_i 表示 D_i 的位置) 就构成了 PIFS, 将 PIFS 记录下来并进行量化编码, 即得到每个 R_i 的分形码 (fractal codes)。

5) 迭代解码。

以任意灰度图像 (与待解码图像尺寸相同) 作为初始点集, 读取 PIFS 中每一编码块 R_i 对应的仿射变换的参数 ω_i , 按与编码过程中相同的顺序作用到初始点集。反复迭代至收敛后, 所得到的吸引子就是最终的解码图像。

2 分形图像编码算法

将分形理论应用在图像处理中, 有如下 2 个前

提^[8]: 1) 自然界中不同种类的形态一般具有不同的分形维数; 2) Pentland 的假设, 即自然界中的分形与图像的灰度表示之间有着一定的对应关系。

Mandelbrot 于 1975 年创立了分形几何学, 他在专著^[9]中是这样定义分形的: 其组成部分与整体以某种方式相似的形体叫做分形。Fisher 给出了一个描述性定义^[10-11]: 如果一个集合 F 被视为分形, 那么认为它应具有以下 (部分) 特点: 1) F 在任意尺度都存在细节; 2) F 具有完全的 (或部分的、概率的) 自相似性; 3) F 的分形维数大于其拓扑维数; 4) F 有一个简单的算法性描述 (IFS)。所以说, 分形维数是表征图像的一个重要参数。它是独立于图像分辨率和视角而稳定存在的物质表示量。分形维数把图像的空间信息与灰度信息有机地结合起来, 为图像处理提供了新的工具。

分形盒维数 (fractional box-counting dimension) 是 Feng 在博士论文^[12]中提出的, 可以得到比较精确的维数估计值。它较好地反映了图像灰度变化的复杂度, 视觉上相似的 2 个子块, 分形盒维数也是近似相等的; 反之, 分形盒维数相差很大的 2 个子块, 在视觉上一般是不相似的。由此可见, 图像的分形盒维数可能是影响算法性能的一个因素。

从编解码过程可以看出, 能影响到算法性能的因素还有如下几个:

1) 值域块的大小 R : 值域块分割比较小的时候, 跟定义域块的匹配会比较好, 误差比较小; 但相应的搜索空间也大, 会带来压缩比降低、运算量大的问题。值域块分割比较大, 则效果相反。

2) 截取步长 Δh 和 Δv : 截取步长比较小的时候, 能得到更多的值域块, 与定义域块的匹配误差可能会小, 但相应的搜索空间急剧增加, 显著增大运算量。截取步长比较大时, 则相反。但目前相关的研究中都是取 $\Delta h = \Delta v = R$, 所以这一因素暂不考虑。

3) 迭代次数: 解码过程中, 迭代解码次数越多, 恢复图像的质量越好, 但一般认为过多的迭代次数并不能带来图像质量的明显上升。

关于压缩比, 对于值域块大小 R 而言, 所占存储空间是 $R \times R \times 8$ (对应 8 bit/pixel 的灰度图像), 而编码后, 需要存储对应 D 块的坐标值 x_i 和 y_i , 占用空间大小为 α ; 对应的 a_i 代表 8 种变换之一, 占用空间为 β ; s_i 和 o_i 各占用 γ ; 这样未经过量化和熵编码的压缩比就可以通过式 (1) 计算出来。

$$CR = \frac{R^2 \times 8}{2 \times (\alpha + \gamma) \times 8 + \beta} \quad (1)$$

3 相关影响因素

下面将着重寻找影响恢复图像质量的因素,并试图找出影响规律.

3.1 性能评价指标

采用图像编码中常用的峰值信噪比(PSNR)和压缩比(CR)为2个评价指标,考察分形编码算法.二者的通用计算公式如下:

$$CR = \frac{S_{original}}{S_{coded}},$$

$$PSNR = 10 \times \lg \frac{255^2 \times X \times Y}{\sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (I(i,j) - \hat{I}(i,j))^2}$$

式中: S 为文件大小, X 和 Y 为图像大小, $I(i,j)$ 为图像点 (i,j) 处的像素灰度值.这里所计算的图像为8 bits的灰度图像.

3.2 分形盒维数

采用文献[13]的计算方法,将 $N \times N$ 大小的灰度图像分割成大小为 $\delta \times \delta$ 的子块($1 \leq \delta \leq \frac{N}{2}$, δ 为整数), $n_\delta(i,j)$ 是覆盖第 (i,j) 子块中的图像所需的盒子数, I_k ($k=1,2,\dots,n$)表示第 (i,j) 子块中的所有 n 个像素点灰度值,图像的分形盒维数 F 计算如下:

$$n_\delta(i,j) = (\max I_k - \min I_k) / \delta,$$

$$N_\delta = \sum_{i,j} n_\delta(i,j),$$

$$F = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\ln N_\delta}{-\ln \delta}.$$

3.3 一维熵和二维熵

图像熵是一个重要的表征图像整体复杂性的量,熵值越高,说明图像越复杂,即附带的信息量越大,越难于压缩,或者说,在相同的压缩比下,越难于获得高的解码图像质量.

令 p_i ($i=0,1,\dots,255$)表示图像中像素值为 i 的像素点所占比例,一维熵定义为

$$E_1 = - \sum_{i=0}^{255} p_i \lg p_i.$$

为了反应图像灰度分布的空间特征,选择图像的 r 邻域灰度均值作为灰度分布的空间特征量,与图像的像素灰度组成特征二元组,记为 (i,j) ,其中 i 表示像素的灰度值, j 表示 i 的半径为 r 的邻域灰度均值.令 $p_{i,j}$ 为 (i,j) 出现的频率,则二维熵定义为

$$E_2 = - \sum_{i=0}^{255} \sum_{j=0}^{255} p_{i,j} \lg p_{i,j}.$$

3.4 分块统计特征

由于值域块 R_i 与定义域块 D_i 的匹配过程是在MSE原则下进行的,自然会考虑图像分块的统计特征是否会影响到分形编码算法的性能.这里对每种分块方式,考虑4种指标:块平均值 m 的平均值 C_1 、块平均值的标准差 C_2 、块标准差 σ 的平均值 C_3 、块标准差的标准差 C_4 ,这里图像块的平均值和标准差计算公式如下:

$$m = \frac{1}{R \times R} \sum_i^R \sum_j^R I(i,j),$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{R \times R - 1} \sum_i^R \sum_j^R (I(i,j) - m)^2}.$$

3.5 图像活跃度量

图像活跃度量(image activity measure, IAM)也是一个表达图像灰度活跃程度的度量,其在文献[14]中有不同的定义,这里采用如下定义方式^[15]:

$$IAM = \frac{1}{X \times Y} \left[\sum_{i=1}^{X-1} \sum_{j=1}^Y |I(i,j) - I(i+1,j)| + \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^{Y-1} |I(i,j) - I(i,j+1)| \right].$$

4 实验和结果

实验计算机配置为 Intel Pentium 4 D506 2.66 GHz CPU、1GB DDR RAM,软件采用 QT 图形界面、C++语言编写,实验图像来自 USC-SIPI 图像库^[16],均已调整为 $512 \times 512 \times 8$ bits大小的BMP格式灰度图像.在对源图像进行编解码的时候,采用值域块 $R=2,4,8,16$ 4种分块方式,相应的 C_1 、 C_2 、 C_3 和 C_4 也针对这4种分块方式进行计算. E_2 的邻域半径取值为 $r=1,2,\dots,5$.

图1给出了各种可能的因素对PSNR的影响情况.图1(a)表明在同一种分块情况下,分形盒维数对PSNR几乎不存在有规律影响,大致上可以看出,当分形盒维数变大时,PSNR略有降低.但是,并不能有效地区分出在不同分块情况下,分形盒维数对PSNR的影响,也即分形盒维数对分块大小的区分度不够高.图1(b)和图1(c)表明考察的4种统计特征对PSNR也没有影响.图1(d)和图1(e)表明图像的熵对PSNR也没有影响,图1(f)从另一个角度也反映了这一点.

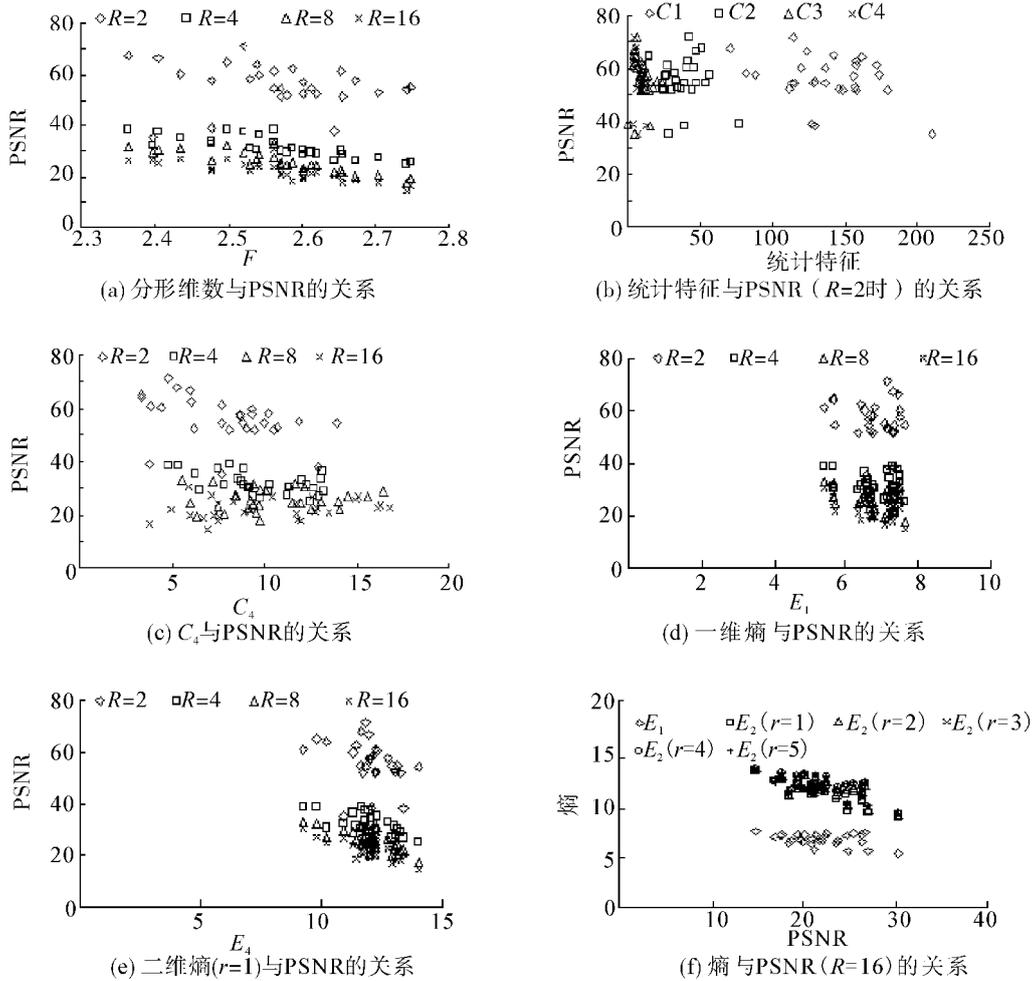


图1 各因素对 PSNR 的影响

Fig.1 The impact of various factors on the PSNR

在同一分块情况下, IAM 对 PSNR 的影响比较大, 呈现出明显的减函数关系. 同时能有效区分出在不同分块情况下, IAM 对 PSNR 的影响. 对应不同的值域块大小, 存在着比较确定的 IAM-PSNR 关系. 拟合结果如图 2 所示.

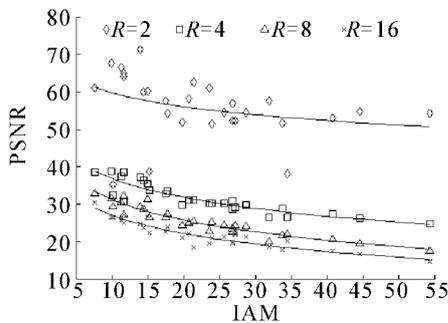


图2 曲线拟合结果

Fig.2 Curve fitting results

经过数据拟合, 发现在一定的值域块大小下, 二者呈对数关系:

$$PSNR = a \times \ln IAM + b. \quad (2)$$

其中参数见表 1.

表1 参数拟合结果

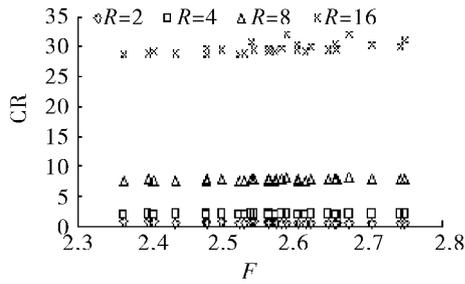
Table 1 Parameter fitting results

分块	a	b
$R = 2$	-5.361	72.130
$R = 4$	-7.294	53.660
$R = 8$	-7.782	49.030
$R = 16$	-6.965	43.020

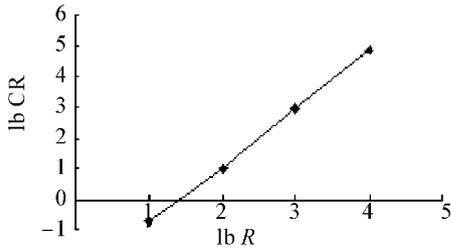
图 3(a) 显示出压缩比确实与分形盒维数 F 无关, 也与其他统计量 ($E_1, E_2, C_1, C_2, C_3, C_4, IAM$) 无关 (因数据分布形式非常类似, 故省略图表), 仅仅与值域块大小有关系. 经数据拟合 (如图 3(b)) 得知, 二者同时取对数后呈线性关系, 拟合结果为

$$\ln CR = a \times \ln R + b. \quad (3)$$

式中: $a = 1.88, b = -2.669$.



(a) 分形盒维数与压缩比的关系



(b) 图值域块大小与压缩比关系

图3 各因素对CR的影响

Fig. 3 The impact of various factors on the CR

为了获取迭代次数对恢复图像的影响程度,从实验图中随机挑选6幅,采用不同的迭代次数(1~10次),得到的恢复图像的PSNR值见图4.实验表明无论编码分块大小如何,在经过6次迭代之后,图

像都能进入稳定状态,更多的迭代次数带来图像质量的上升寥寥无几.在实现图像恢复迭代的时候,可以只进行6次迭代运算.

为了验证初始图像对恢复图像的影响程度,采用8种不同的初始图像(全黑色图像、随机噪声图像等)进行6次迭代解码.在不同值域块分块情况下,对恢复图像的PSNR结果统计标准差见表2.

表2 不同初始图像时PSNR的标准差

Table 2 Standard deviation of PSNR on different initial images

图像	分块大小			
	R=2	R=4	R=8	R=16
1. 1. 01	0.006 610	0.000 298	0.000 119	0
1. 1. 03	0.010 688	0.001 418	0.000 160	0.000 006
3. 2. 25	0.006 243	0.000 457	0.000 231	0.000 266
5. 3. 01	0.004 718	0.000 586	0.000 146	0.000 345
5. 3. 02	0.012 695	0.000 808	0.000 169	0.001 091
elaine. 512	0.027 135	0.000 278	0.000 191	0.000 456

表2表明恢复图像的质量与初始图像的内容完全无关.在实现图像解码运算的时候,可以仅仅申请迭代存储空间而跳过赋初始值的过程.

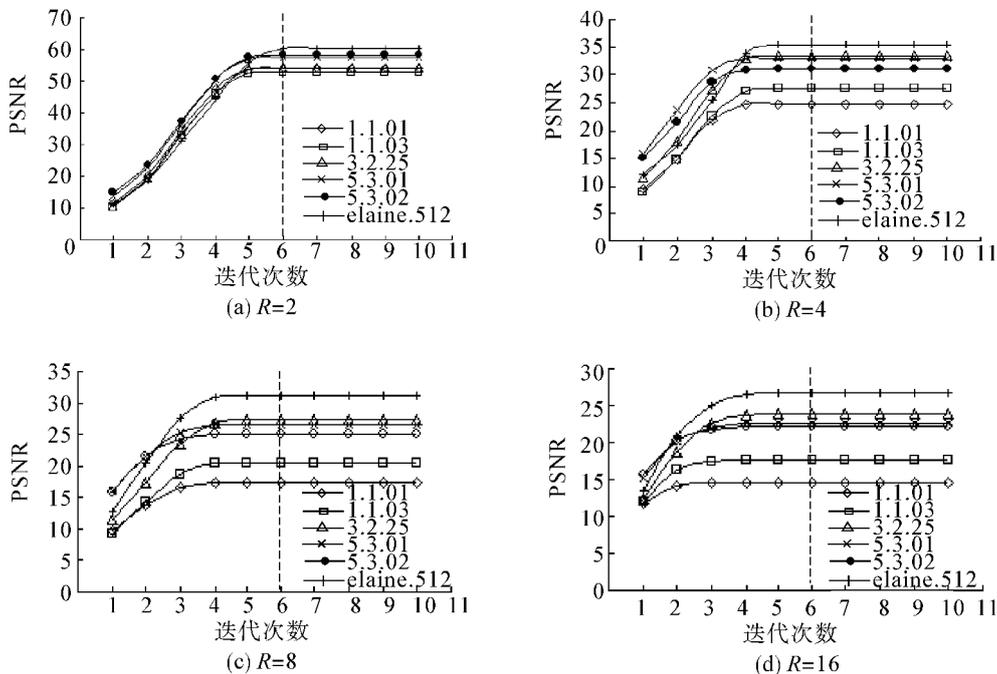


图4 迭代次数对PSNR的影响
Fig. 4 The impact of iterations on PSNR

根据上述实验结果,对于任何一幅8 bits 灰度图,CR-R-PSNR三者之间存在确定的关系.只要知道了目标压缩比,就能决定需要进行分块的大小,从而可以预测出恢复图像的峰值信噪比.

为了验证这一结论是否正确,作者收集了98幅不同于实验图的测试图像,其中16幅是图像处理常用的测试图像^[17],54幅是从遥感图像中截取而来,28幅是从互联网上获取的各种类型图像.所有图像都调

整为 $480 \times 480 \times 8$ bits 的 BMP 格式灰度图像. 目标压缩比是 16 倍, 根据式(3) 计算出建议的分块大小为 $R=11.69$, 试验中取 $R=12$, 并根据式(2) 预测出 $PSNR(a = -7.636, b = 46.56)$. 对所有 98 幅测试图像的预测误差进行分析(见表 3). 作为比较, 同时列出了 $R=8, 16$ 两种情况. 结果表明, 上述结论的预测误差在可接受的范围内, 且具有普遍意义, 不因图像内容而改变, 也不因图像大小而改变.

表 3 测试结果
Table 3 Test results

参数	PSNR			CR		
	$R=8$	$R=12$	$R=16$	$R=8$	$R=12$	$R=16$
平均值	1.76	1.97	2.19	0.37	0.43	1.35
标准差	1.61	1.53	2.57	1.49	2.37	5.56

5 结束语

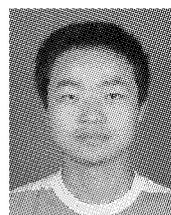
本文通过对基本分形图像编码算法的详细分析和测试, 发现该算法解码图像的 PSNR 不仅与值域块分块大小有关系, 更与 IAM 密切相关, 当分块大小确定的时候, 后二者之间存在对数关系; 而压缩比却仅仅与值域块分块大小相关, 二者在对数下呈线性关系. 对任意 8 bits 灰度图像, 如果确定了目标压缩比, 就能根据关系式(3) 推算应该采用什么样的分块方式, 同时根据关系式(2) 就能推算出解码图像的 PSNR 能达到什么样的水平. 在实际应用中, 本文验证了初始图像对迭代解码结果没有影响; 不论采用什么样的分块方式, 只需要 6 次迭代, 就可以得到稳定的恢复图像.

参考文献:

[1] BARNESLEY M F. Fractal everywhere[M]. Boston: Academic Press, 1988: 375-377.
 [2] BARNESLEY M F, HURD L P. Fractal image compression[M]. Boston: AK Peters Ltd., 1993: 183.
 [3] JACQUIN A G. Fractal image coding: a review[J]. Proceedings of the IEEE, 1993, 81(10): 1211-1225.
 [4] JACQUIN A G. Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations[J]. IEEE Transactions on Image Process, 1992, 1(1): 18-30.
 [5] 赵耀, 王红星, 袁宝宗. 分形图像编码研究的进展[J]. 电子学报, 2000, 28(4): 95-101.
 ZHAO Yao, WANG Hongxing, YUAN Baozong. Advances in fractal image coding[J]. Acta Electronica Sinica, 2000, 28(4): 95-101.
 [6] 温江涛, 朱雪龙. 基于 IFS 分形理论的信源编码技术的研究[J]. 电子学报, 1996, 24(10): 1-7.
 WEN Jiangtao, ZHU Xuelong. A study of IFS fractal based source coding techniques [J]. Acta Electronica Sinica,

1996, 24(10): 1-7.
 [7] 袁静, 冯前进, 陈武凡, 等. 基于小波分解的快速分形图像压缩算法[J]. 中国图象图形学报, 2003, 8(4): 392-397.
 YUAN Jing, FENG Qianjin, CHEN Wufan, et al. A new fast fractal coding approach based on wavelet decomposition [J]. Journal of Image and Graphics, 2003, 8(4): 392-397.
 [8] 何传江, 黄娟娟, 李高平. 基于分数盒维数的快速分形图像编码[J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(2): 277-282.
 HE Chuanjiang, HUANG Juanjuan, LI Gaoping. Fast fractal image coding based on fractional box-counting dimension[J]. Journal of Image and Graphics, 2007, 12(2): 277-282.
 [9] MANDELBROT B B. The fractal geometry of nature [M]. San Francisco: Freeman, 1982: 15-16.
 [10] FISHER Y. Fractal image compression: theory and application[M]. New York: Springer-Verlag, 1995: 28-29.
 [11] 曹媛媛, 杨波, 徐光祐. 基于分形纹理特征和小波变换的网状纹理检测方法[J]. 自动化学报, 2007, 33(7): 688-692.
 CAO Yuanyuan, YANG Bo, XU Guangyou. Netlike texture detection method using fractal texture features and wavelet transform [J]. Acta Automatic Sinica, 2007, 33(7): 688-692.
 [12] FENG J. Fractional fractal geometry for image processing [D]. Evanston, Illinois: Northwestern University, 2000.
 [13] 于子凡, 杜贵君, 林宗坚. 图像盒子维数特征计算方法改进[J]. 测绘科学, 2006, 31(1): 87-89.
 YU Zifan, DU Guijun, LIN Zongjian. An improved algorithm of box counting for digital image [J]. Science of Surveying and Mapping, 2006, 31(1): 87-89.
 [14] SAHA S, VEMURI R. How do image statistics impact lossy coding performance? [C]//Proceedings of International Conference on Information Technology: Coding and Computing. Las Vegas, USA, 2000: 42-47.
 [15] CUI Zhaohui, FU Jingliang, LIU Jiwei, et al. What statistics is PSNR related using JPEG2000 [C]//2008 IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems. Chengdu, China, 2008: 984-989.
 [16] USC. The USC-SIPI image database [EB/OL]. [2009-08-01]. <http://sipi.usc.edu/database/>.
 [17] UTK. The standard test images [EB/OL]. [2009-08-01]. http://www.ece.utk.edu/~gonzalez/ipweb2e/downloads/standard_test_images/standard_test_images.zip.

作者简介:



崔朝辉, 男, 1983 年生, 博士研究生, 主要研究方向为图像压缩、图像分析.



刘冀伟,男,1962年生,副教授、博士,北京科技大学信息工程学院自动化系副主任,IEEE会员,中国人工智能学会人工心理与情感计算专业委员会理事.主要研究方向为图像处理、视频压缩、步态识别、运动跟踪、自动

控制等.作为负责人与主要参与人员完成国家自然科学基金、国家"863"计划以及军工"863"计划多项,发表学术论文50余篇,其中被SCI、EI检索30余篇.



王志良,男,1956年生,国家二级教授、博士生导师、博士,北京科技大学电子信息系主任,中国人工智能学会人工心理与人工情感专业委员会主任,第一届国际情感计算和智能交互学术大会主席.主要研究方向为人工心理与情

感计算、服务机器人与数字人技术、网络化的信息服务系统等.近年来主持完成国家"863"计划、国家自然科学基金、国家科技攻关和国家"973"计划子项目等多项科研项目.发表学术论文180余篇,其中被SCI、EI检索60余篇,出版专著5部.

2010年全国智能科学技术课程教学研讨会 征文通知

2010年全国智能科学技术课程教学研讨会将于2010年10月23-24日在中南大学召开.

本次会议将围绕与智能科学技术相关的课程和专业的建设、改革等方面进行交流研讨,总结经验,取长补短,促进智能科学技术的发展,引导和推动各高校智能科学技术课程的教学水平的提高.诚挚欢迎从事智能科学技术教学的教师和研究生积极参与,踊跃投稿.

1、征文范围包括(但不限于):

(1) 与智能科学技术相关的课程(如智能科学基础、人工智能、智能控制、机器人学、专家系统、智能决策系统、智能计算等课程)的教学、教改与创新;(2) 与智能科学技术相关的专业(如智能科学与技术、计算机、自动化等)的教学改革与建设以及各专业间关系;(3)教材建设经验与体会;(4) 双语教学做法与经验;(5) 课程和专业教学计划制定;(6) 实验教学及其改革;(7) 教师队伍建设措施与经验;(8) 相关课程和专业的未来发展思路和改革建议.

2、征文要求:

尚未录用和公开发表的论文,A4纸型双栏排版,Word 2003格式,长度2-3页,最长不超过4页.论文应包括中英文题目、中英文摘要、关键词、正文和参考文献等.

3、投稿方式:

通过电子邮件发送PDF电子版一份(电子邮箱:ists2010@gmail.com).论文收到后,组委会即以邮件回复予以确认.

联系电话:15874291196(王勇),15116286280(向健)

4、论文评审及出版

会议程序委员会将组织专家对征集的论文进行评审,根据评审结果向作者发出录用和修改通知.录用论文将在《计算机教育》杂志上正式发表.

5、重要日程:

论文投稿截止日期:2010年7月31日

录用通知发出日期:2010年8月20日

会议召开日期:2010年10月23-24日

6、会议地点

长沙-张家界(中国湖南)

7、会议组织

组织委员会主席:施荣华教授

程序委员会主席:蔡自兴教授

会议主席、组织委员会和程序委员会其他成员待开会前商定.

8、主办单位

中国人工智能学会教育工作委员、中国计算机学会人工智能与模式识别专业委员会、中国人工智能学会智能机器人专业委员会、中国自动化学会智能自动化专业委员会、中国人工智能学会人工智能基础专业委员会、中南大学信息科学与工程学院.