

# 基于梯度信息的快速分形图像编码

杜晶晶<sup>1</sup> 王强<sup>2</sup> 种诗尧<sup>1</sup> 刘建晓<sup>1</sup> 任金忠<sup>3</sup> 张郡亮<sup>1</sup>

1 衡水学院电子信息工程学院 2 大连海事大学信息科学技术学院 3 衡水学院质量监控中心

DOI:10.12238/acair.v2i2.7362

**[摘要]** 为了减少分形编码计算复杂度,本文提出基于梯度信息的快速分形编码算法。首先,计算值域块和码本的梯度幅值和。然后,对任意值域块,将特征空间中最近邻的若干定义域块作为候选块集合。最后,最佳匹配定义域块将在候选块集合中进行块匹配操作得到。实验结果表明,与传统分形编码算法相比,本文算法能够在解码图像峰值信噪比损失约0.6dB的情况下,将编码速度提高约10倍。

**[关键词]** 分形图像编码;梯度;解码图像质量

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A

## Fast fractal image encoding based on gradient information

Jingjing Du<sup>1</sup> Qiang Wang<sup>2</sup> Shiyao Zhong<sup>1</sup> Jianxiao Liu<sup>1</sup> Jinzhong Ren<sup>3</sup> Junliang Zhang<sup>1</sup>

1 School of Electronic Information Engineering, Hengshui University

2 School of Information Science and Technology, Dalian Maritime University

3 Quality Control Center, Hengshui University

**[Abstract]** To reduce the computational complexity of fractal image encoding, a gradient information based fast fractal coding algorithm was proposed. Firstly, the sums of the gradient amplitudes of the range blocks and code book were calculated. Then, for any range block, a number of the nearest domain blocks in the feature space were chosen as the candidate block set. Finally, the block matching operations were performed in the candidate block set to obtain the best matched domain block. Experimental results show that compared with the traditional fractal encoding algorithm, the proposed algorithm can accelerate the encoding process by about 10 times while the decoded image peak signal-to-noise ratio loss was about 0.6dB.

**[Key words]** fractal image coding; gradient; decoded image quality

## 引言

与传统的离散余弦变换、离散小波变换等图像压缩技术不同,分形图像编码目的在于去除图像中不同局部之间的自相似冗余。由于该技术具有解码图像分辨率无关性、潜在的高压缩比和解码速度快等优点<sup>[1-5]</sup>,因此,国内外学者对其展开了深入广泛的研究。但是,分形编码具有编码阶段复杂度高的缺点,这严重阻碍了其在实际中的应用。为了加快分形图像编码速度,众多学者提出了多种快速分形编码技术,主要包括以下三类:第一,基于子块分类的快速分形编码技术<sup>[6]</sup>。该类技术将值域块和码本分成不同的种类,对于任意值域块,子块匹配操作仅仅在相同种类的码本中进行。因此,分形编码速度能够得到有效加快。第二,基于特征量最近邻搜索的快速分形编码技术<sup>[7-11]</sup>。该类技术首先提取值域块和码本的特征,然后在特征空间中搜索得到若干候选块,然后子块匹配操作仅仅在候选块中进行。第三,基于无搜索的快速分形编码算法<sup>[12-15]</sup>。该类算法虽然能够实现实时编码,但是是以牺牲解码图像质量为代价。近年来,基于特征

量最近邻搜索的快速算法比较流行。本文提取子块的梯度幅值和作为特征,然后在特征空间中搜索最佳匹配定义域块的候选子块集合,最后子块匹配操作只在候选块中进行。实验结果表明,本文算法能够在损失少许解码图像质量的情况下,有效加快分形编码过程。

## 1 传统分形编码算法

传统分形编码首先将大小为 $M \times N$ 的输入图像均匀分割为大小为 $B \times B$ 的值域块集合 $R_i, i=1,2,3,\dots, \text{NumR}$ ,其中, $\text{NumR}$ 为值域块的个数。然后采用大小为 $2B \times 2B$ 的窗口在输入图像上滑动并获取码本 $D_j, j=1,2,3,\dots, \text{NumD}$ ,其中, $\text{NumD}$ 为定义域块的个数。然后,将码本缩小为与值域块相同大小。对于任意值域块,在码本中搜索能够满足最小化下式的定义域块作为最佳匹配定义域块。

$$CE(R_i) = \min_j \left[ \min_{s,o} (R_i - sD_j - o)^2 \right] \quad (1)$$

其中,  $CE(R_i)$  为值域块  $R_i$  的拼贴误差。s和o为仿射变换系数。在分形解码阶段, 将分形编码过程中建立的映射关系进行若干次迭代, 最后得到解码图像。

## 2 本文算法

对于输入图像的任意局部子块  $X$ , 其标准化形式  $\hat{X}$  可由下式计算得到:

$$\hat{X} = \frac{(X - \bar{X}I)}{\text{Std}(X)} \quad (2)$$

其中,  $\bar{X}$  和  $\text{Std}(X)$  分别为子块  $X$  的均值和标准差。  $\hat{X}$  内部任意坐标  $(x, y)$  处的梯度值如下:

$$\nabla \hat{X} = \text{grad}(\hat{X}) = \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \hat{X}}{\partial x} \\ \frac{\partial \hat{X}}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (3)$$

梯度的幅值可表示如下:

$$M(x, y) = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} \quad (4)$$

梯度幅值之和可计算如下:

$$G = \sum_{y=1}^B \sum_{x=1}^B M(x, y) \quad (5)$$

由于梯度幅值之和可以有效反映子块内灰度值的变化情况。因此, 本文将梯度幅值和特征作为图像子块的特征值, 根据该特征值筛选出最佳匹配定义域块的若干候选块, 然后在候选块集合中进行子块匹配操作。基于上述原理, 本文算法设计如下:

步骤1: 对于任意输入图像, 提取值域块和码本,

步骤2: 提取值域块和码本的梯度幅值和特征。并根据该特征值将码本赋序。

步骤3: 对于任意值域块, 根据二分法找出具有最近邻梯度幅值和特征的定义域块  $D_n$ 。

步骤4: 分别取出特征值大于和小于  $D_n$  的  $K$  个定义域块作为候选块。

步骤5: 在候选块中进行块匹配, 得到最佳匹配定义域块。

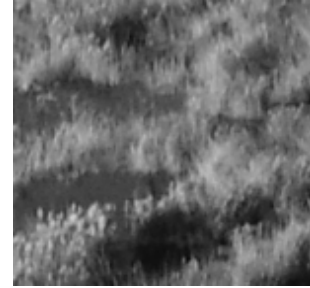
返回步骤3, 取出下一个值域块, 直到所有值域块操作完成。

## 3 实验结果及分析

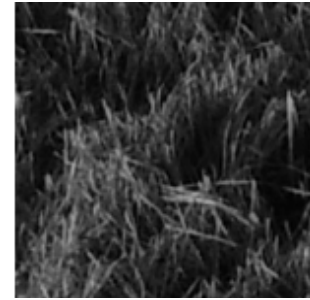
本文采用五幅  $256 \times 256$  大小的衡水湖采集图像作为测试图像, 如图1所示。采用峰值信噪比 (Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR) 来衡量解码图像质量, 其计算式如下:

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \left[ 255^2 / \frac{1}{MN} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M (f_{ij}^{\text{Original}} - f_{ij}^{\text{Decoded}})^2 \right] \quad (6)$$

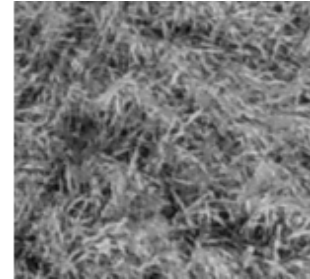
其中,  $f^{\text{Original}}$  和  $f^{\text{Decoded}}$  分别代表输入图像和解码图像。本文实验中,  $K$  值设置为50, 采用编码时间和解码图像质量对算法进行性能评估。从表1可以看出, 传统算法对输入图像的平均编码时间为6.6s, 平均解码图像质量为33.21dB。本文算法的平均编码时间为0.66s, 平均解码图像质量为32.62dB。因此, 对于不同的输入图像, 本文算法能够在损失较少解码图像质量的情况下 (约0.6dB), 将编码速度提升约10倍。



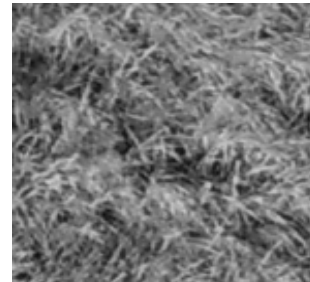
(a) 图1



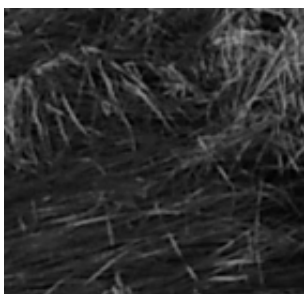
(b) 图2



(c) 图3



(d) 图4



(e) 图5

图1 五幅测试图像

表1 本文算法与传统分形编码算法的性能对比

算法	性能	测试图					平均值
		图1	图2	图3	图4	图5	
传统算法	编码时间(s)	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
	解码图像质量 (dB)	36.08	33.18	31.67	31.12	34.02	33.21
本文算法	编码时间(s)	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
	解码图像质量 (dB)	35.37	32.63	31.02	30.53	33.57	32.62

#### 4 结论

本文提出基于梯度幅度和快速分形编码算法。该算法首先提取子块的梯度幅值和特征,然后在特征空间中搜索最佳匹配定义域块的若干候选块,最后子块匹配操作只在候选块中进行。实验结果表明,本文算法在损失少许解码图像质量的情况下,能够有效加快分形编码过程。

#### [基金项目]

衡水学院校级协同创新专项课题—衡水湖湿地遥感监测中图像降噪技术的研究(2022XJZX19)。

#### [参考文献]

[1] Barnsley M. Fractal everywhere[M]. Academic New York, 1988.  
 [2] Jacquin A E. Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1992, 1(1): 18-30.  
 [3] Fisher Y. Fractal Image Compression: Theory and Application[M]. Springer-Verlag, 1994.  
 [4] Wohlberg B, Jager G de. A review of the fractal image coding literature[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1999, 8(12): 1716-1729.  
 [5] Jacquin A E. Fractal image coding: A review. Proceeding

of IEEE[J]. 1993, 81(10): 1451-1465.

[6] Hurtgen B, Stiller C. Fast hierarchical codebook search for fractal coding of still images[C]. In: Proc. SPIE. 1993: 397-408.

[7] Lai C M, Lam K M, Siu W. Improved searching scheme for fractal image coding[J]. Electronics Letters, 2002, 38(25): 1653-1654.

[8] He C J, Xu X Z, Yang J. Fast fractal image encoding using one norm of normalised block[J]. Chaos Solitons and Fractals, 2006, 27: 1178-1186.

[9] Chaurasia V, Chaurasia V. Statistical feature extraction based technique for fast fractal image compression[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2016, 41: 87-95.

[10] Zheng Y P, Li X P, Sarem M. Fast fractal image compression algorithm using specific update search[J]. IET Image Processing, 2020, 14(9): 1733-1739.

[11] Gupta R, Mehrotra D, Tyagi R K. Hybrid edge-based fractal image encoding using K-NN search[J]. Multimedia Tools and Applications, 2022, 81(15): 21135-21154.

[12] Furao S, Hasegawa O. A fast no search fractal image coding method[J]. Signal Processing: Image Communications, 2004, 19(5): 393-404.

[13] Wang X Y, Wang S G. An improved no-search fractal image coding method based on a modified gray-level transform[J]. Computer and Graphics, 2008, 32: 445-450.

[14] Wang X Y, Wang Y X, Yun J J. An improved no search fractal image coding method based on a fitting plane[J]. Image Vision and Computing, 2010, 28: 1303-1308.

[15] Bi S, Wang Q. Fractal image coding based on a fitting surface[J]. Journal of Applied Mathematics, 2014, 634848: 1-11.

#### 作者简介:

杜晶晶(1982--),女,汉族,河北衡水人,讲师,硕士研究生,衡水学院,研究方向:数字图像处理,超声无损检测。