

# 基于复合分类的快速分形图像压缩编码

李杰<sup>1)</sup> 付萍<sup>2)</sup> 刘金国<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>(长春大学电气信息工程学院 长春 130022)

<sup>2)</sup>(吉林大学信息科学与工程学院 长春 130025)

<sup>3)</sup>(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所空间光学研究部 长春 130022)

**摘要** 针对分形编码方法耗时过长的不足,提出一种分类加聚类的快速分形图像编码方法.通过提取图像块的分形维数对图像块分类,在同类内基于分形维数聚类,使匹配搜索在同类的聚类域内进行,并对不同类块采用不同算法.实验表明,该方法与经典分形方法(PIFS)比较,在信噪和解码图像质量可接受的条件下,大大提高了编码速度,且压缩比有显著提高.

**关键词** 分形维数,图像块分类,聚类,编码  
**中图法分类号** TN919.81

## Fractal Image Compression Coding Based on Classification and Clustering

Li Jie<sup>1)</sup> Fu Ping<sup>2)</sup> Liu Jinguo<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>(Electronic Information Engineering College, Changchun University, Changchun 130022)

<sup>2)</sup>(Informational Science and Engineering College, Jilin University, Changchun 130025)

<sup>3)</sup>(Department of the Space Optics, Changchun Institute of Optics Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

**Abstract** To reduce the computation time of fractal image coding, an approach based on classification and clustering is proposed. The image blocks are classified into different categories according to the fractal dimensions of image blocks, and the same category is then further divided into several clusters. Matching is done within the cluster, and the blocks in different categories are coded in different ways. Experiment shows that compared with the conventional fractal coding method (PIFS), the coding speed and compression ratio is increased significantly while the signal to noise ratio of it and the decoding image quality is acceptable.

**Key words** fractal dimension, image blocks classification, clustering, coding

## 1 引言

图像压缩编码是信号与信息处理领域的重要内容,是通讯、多媒体、计算机领域研究的重点课题,在工业、医学、军事、教育等方面有重要的应用.在诸多的图像压缩方法中,分形图像压缩方法以其高压缩比的潜在优势得到关注,但经典分形压缩编码(PIFS)时间过长的弊端阻碍了其实用化进程.其主要原因是在搜索匹配时,一个排列块寻求编码就要搜索全幅图像的所有区域块,庞大的查询、比较与计算浪费

了大量的编码时间<sup>[1]</sup>.

分类的分形图像编码就是利用图像本身所具有的属性,按图像的某一特征把分割的图像块分类,只需在同一类内进行搜索匹配与编码,达到了快速编码的目的.而实现分类编码的关键,是找到一种能够有效表述图像特征的参量作为图像分类参数,即设计有效的图像分类器.

本文以分形维数作为分类参量,对图像块进行分类与类内聚类编码.实验表明,该分类方法能够有效地表征图像的灰度纹理特征,基于该分类方法对图像进行分形压缩,在使压缩比有所提高的同时,编码速度大幅度提高.

原稿收到日期:2001-03-07;修改稿收到日期:2001-10-13. 本课题得到吉林省科委科技发展基金(19980557-02)资助. 李杰,女,1969年生,博士研究生,讲师,主要研究方向为数字图像采集、分析与处理. 付萍,女,1951年生,教授,主要研究方向为计算机视觉. 刘金国,男,1968年生,硕士,副研究员,主要研究方向为航空 CCD 摄像及图像处理.

## 2 基于维数分类加聚类的分形图像编码

### 2.1 基于图像的分形维数对图像块分类

#### 2.1.1 分形维数的概念及提取

欧式几何学中所讨论的几何体光滑平整,其维数值为 1, 2 或 3, 均为整数. 但自然界造就的各种物体, 它们的形态千异百态, 并不都是光滑平整的, 如弯弯曲曲的海岸线, 起伏不平的山脉, 迂回曲折的河流等. Hausdorff 维数就可以确定这些不规则、不平整物体的维数, 它通常是分数. 人们常把维数是分数的物体称为分形, 把此时的维数  $D_H$  值称为该分形的分形维数, 简称分数维.

Hausdorff 维数是最古老、也是最重要的一种维数, 它对任何集合都有定义. 然而, 这种维数在理论上的意义远大于实际应用. 对于一个分形集合, 计算其 Hausdorff 维数一般是相当困难的.

我们采用计算表面积算法(measuring surface area)<sup>[2]</sup>提取图像块的分形维数: 把灰度图像想象成一个在三维空间中的分形曲面. 所要估计的图像区域的分形维数  $D$  由下式确定

$$A(r) = Fr^{(2-D)} \quad (1)$$

其中,  $A(r)$  为分形曲面的表面积,  $r$  为度量时所使用的面积元尺度,  $D$  为曲面的分形维数,  $F$  是一常数. 曲面的表面积求法如下:

把三维空间中的所有距离曲面表面为  $r$  的点, 用厚度为  $2r$  的毯子覆盖, 曲面的表面积就是被覆盖的体积除以  $2r$ , 覆盖的毯子由曲面的上表面  $u_r$  和下表面  $b_r$  来定义. 设曲面上点  $(i, j)$  的灰度值为  $g(i, j)$ , 取  $r=1, 2, 3, \dots, u_r, b_r$  的值为

$$u_0(i, j) = b_0(i, j) = g(i, j),$$

$$u_r(i, j) = \max\{u_{r-1}(i, j) + 1, \max_{|(m,n)-(i,j)| \leq 1} u_{r-1}(m, n)\},$$

$$b_r(i, j) = \min\{b_{r-1}(i, j) - 1, \min_{|(m,n)-(i,j)| \leq 1} b_{r-1}(m, n)\}.$$

其中, 点  $(m, n)$  是距离点  $(i, j)$  不大于 1 的点, 取于点  $(i, j)$  的四邻域. 该毯子的体积为

$$v_r = \sum_{i,j} (u_r(i, j) - b_r(i, j)),$$

曲面的表面积为  $A(r) = \frac{v_r - v_{r-1}}{2}$ .

在  $\log[A(r)] - \log(r)$  坐标系中, 式(1)成为一条直线

$$\log[A(r)] = (2 - D)\log r + \log F \quad (2)$$

并在  $\log[A(r)] - \log(r)$  坐标系中做直线的最小二乘拟合, 即可求得图像的分形维数  $D$ .

#### 2.1.2 基于维数的图像分类器设计

分形维数可以用来描述图像表面的纹理特点及粗糙程度. 当我们在同一图像的不同区域求得分形维数以后, 就可以基于此进行分类.

把图像分割为  $4 \times 4$  大小的子块, 取  $r=2, 3$ , 求得图像块的表面积  $A(2)$ ,  $A(3)$ , 由式(2)求出该子块的维数  $D$  和因子  $F$ . 为了集中体现图像块特征, 引入两个衍生参数  $\alpha, \beta$  作为分类判别参数, 其定义为<sup>[3]</sup>

$\alpha = FD/C$ , 可反映图像块的边缘或混合特征的可信度,

$C$  为常数, 对  $4 \times 4$  的图像块,  $C=100$ .

$\beta = F/D$ , 反映块特征的鲜明程度.

由  $\alpha, \beta$  的值将所有图像块分为三类: 均匀块、中值块、边缘块. 均匀块的块内灰度较为均匀; 中值块的块内灰度变化相对平缓; 边缘块表示边缘或复杂纹理, 块内灰度变化起伏较大.

### 2.2 分类加聚类的分形编码方法

对上述已分类的图像块采用分形图像编码方法, 并考虑三种块中灰度纹理的不同特点, 对不同类的排列块采用不同的编码方法, 达到提高压缩比、减少编码时间的目的.

均匀块内像素灰度变化不明显, 可用该块灰度的平均值表示该块内所有像素的灰度值, 其平均值即为该块的码书, 表示为

$$f_i(x, y) = m_i = \frac{1}{n^2} \sum_{(x,y) \in R_i^2} f_i(x, y).$$

其中  $f_i(x, y)$  是块内点  $(x, y)$  的灰度. 均匀块的均值编码方法, 大大简化了该类块的编码方法, 提高了编码效率.

中值块和边缘块采用分形图像编码<sup>[4]</sup>. 其中排列块到同类的区域块池中寻找与之匹配的最佳区域块, 仿射变换主要由对比度调整和亮度偏移构成, 并利用最小误差匹配准则求出相应的对比度调整和亮度偏移参数  $s, o$ , 完成对该排列块的编码. 对边缘块进行编码时, 为了提高匹配的准确性, 可用 8 种等积变换增加可供匹配的区域块, 使边缘区域块池扩大 8 倍, 并利用最小误差匹配准则求出相应的参数  $s, o$ , 记录等积变换类型, 完成对该排列块的编码.

为了进一步缩小搜索区域、提高匹配搜索速度, 把聚类的思想用于类内搜索. 排列块在同类的区域块池中搜索匹配块时, 设置阈值  $\epsilon$ , 在满足  $|D_{ri} - D_{dj}| < \epsilon$  的条件下, 把维数与排列块维数  $D_{ri}$  相近的区域块聚成集合  $O_i$ , 匹配搜索在集合  $O_i$  内进行, 并利用最小误差匹配准则, 求出相应的参数  $s, o$ , 完成对该排列块的编码. 这样在同类内进行聚类搜索, 再次缩小了搜索范围, 从而减小了匹配搜索时间, 再次缩短了编码时间.

实验可以证明, 对于绝大多数排列块的匹配搜索而言, 分类搜索与全局搜索所得到的最佳匹配块是相同的.

## 3 实验结果及结论

### 3.1 实验结果及性能比较

以 Lena 标准图像进行分类及编码实验, 并对经典分形方法 PIFS 方法进行算法实现. 为了体现本文方法在编码速度和压缩比上的优越, 表 1 列出本文方法与经典分形方法参数对比结果的同时, 也列出相关分形图像压缩编码方法的有关参数对比. 图 1 所示为原图像、分类图像和解码图像的对比, 其中分类图像的均匀块、中值块、边缘块分别用灰度值 0, 144, 255 表示.

实验结果对比表明, 基于维数分类的分形编码方法与经典的 PIFS 方法相比, 虽然信噪比下降了 2 dB 左右, 但解码图像的保真度很好, 编码速度提高很大, 同时压缩比有所提

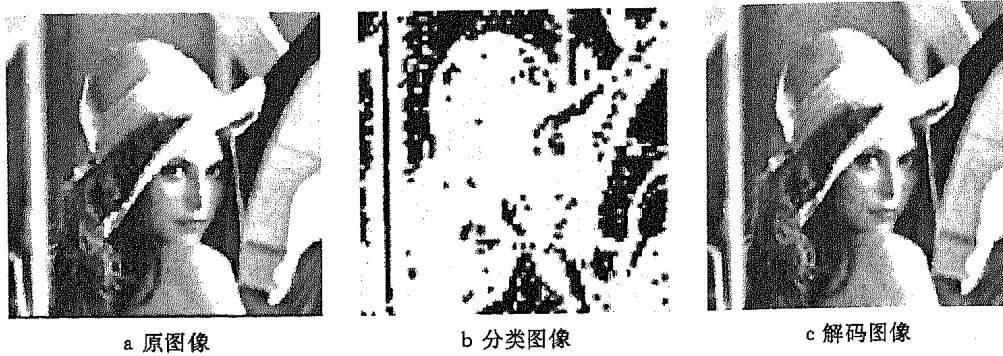


图 1 Lena 图像的实验结果

高. 与其它方法相比, 在信噪比较高的同时, 压缩比和编码速度上有明显的优越.

表 1 几种分形编码方法的参数对比

	PSNR(dB)	压缩比(倍)	编码时间(s)
PIFS	34.96	14.20	1 488
子块分类法 <sup>[4]</sup>	32.30	18.52	1 852
JPEG	29.58	12.77	
不相关检验 <sup>[5]</sup>	31.84	8.42	358
分形插值 <sup>[6]</sup>	30.00	21.00	14 440
本文方法	32.64	18.60	27

注. 由于实验所用 PC 机型不同, 编码时间为参考值.

## 4 结 论

基于分形维数的分类加聚类的分形编码方法有以下特点:

(1) 在改进算法上, 着重从如何使提高压缩比与减少编码时间相结合上着手.

(2) 由于采用的维数分类方法分类准确, 从而解码图形的保真度很好, 信噪比较高.

(3) 速度的提高一方面是由于类内的聚类搜索, 使搜索的码书块数大大减少; 另一方面, 对均匀块只采用均值编码, 对平滑块的编码去掉了等积变换, 使这两类块的编码时间大大减少. 同时, 使码书信息减少, 提高了压缩比.

(4) 由于排列块与码书块的匹配没有穷尽搜索寻找最佳匹配的码书块, 而是在类内聚类搜索, 使匹配误差增大, 从而影响了解码图像的质量, 使信噪比较 PIFS 方法下降了 2 dB 左右.

## 参 考 文 献

- [1] Shmuel Peleg, *et al.* Multiple resolution texture analysis and classification[J]. IEEE Transactions on PAMI, 1984, 6(4): 518~523
- [2] Jacquin A E. Image coding based on fractal theory of iterated contractive image transformation[J]. IEEE Transactions on IP, 1992, 1(1):18~30
- [3] Fan Guoliang, Zhou Lihua. The design of Hausdorff measure-based image classifier[J]. ACTA Electronica Sinica, 1997, 25(11):120~123(in Chinese)  
(樊国良, 周利华. 基于 Hausdorff 测度的图像分类器设计[J]. 电子学报, 1997, 25(11):120~123)
- [4] Jacquin A E. Fractal image coding: A review[J]. IEEE Proceedings, 1993, 81(10):1451~1465
- [5] Xiong Huilin, *et al.* A fast fractal image coding based on tests of significant uncorrelation of blocks[J]. Journal of Date Acquisition & Processing, 1998, 13(3):247~249 (in Chinese)  
(熊惠霖, 等. 基于子块显著不相关检验的快速分形图像编码[J]. 数据采集与处理, 1998, 13(3):247~249)
- [6] Zhang Zhengbing, *et al.* Hybrid image coding method based on subsampling and fractal prediction[J]. Journal of China Institute of Communications, 1998, 19(8):78~82(in Chinese)  
(张正炳, 等. 基于亚取样分形插值预测的混合图像编码方法[J]. 通信学报, 1998, 19(8):78~82)