

基于多尺度匹配的快速分形近似编码

皮明红 彭嘉雄 刘华方

(华中理工大学图象识别与人工智能研究所, 武汉 430074)

摘要 提出了基于多尺度匹配的快速分形块编码, 该方法为缩短分形编码的搜索时间提供了一条新途径。大量对比实验表明, 该方法比全局搜索匹配的分形块编码方法快10~40倍。

关键词 分形块编码 分形近似 多尺度匹配 值域块 定义域块

0 引言

分形图象压缩的数学原理是迭代函数系统理论^[1]。分形块编码与矢量量化编码^[2]都是块编码。矢量量化编码是将图象顺序地分割成相同大小的图象块 $\{X_i\} (i=1, 2, \dots)$, 通过学习得到若干个图象块组成的码书 $\{Y_j\} (j=1, 2, \dots, L)$ 。在编码时, 每一图象块 X_i 按照某一误差准则从码书中选取最近似的图象块来表示, 其最近似图象块对应下标 j 便是图象块 X_i 的编码。分形块编码也是将图象顺序地分割成相同大小的值域块 $\{R_i\} (i=1, 2, \dots)$, 对值域块 R_i , 搜索定义域块池, 找到一值域块 D_j 和一仿射变换 T , 使 $T(D_j)$ 在某一误差准则下匹配最好。其定义域块 D_j 的左上角坐标和量化后的仿射变换 T 构成了定义域块 D_j 的编码。分形块编码和矢量量化编码都要进行搜索匹配, 只是分形块编码是在图象的定义域块池中搜索匹配, 而矢量量化编码是在学习所得的码书中搜索匹配。因此, 矢量量化编码对组成码书的一类图象, 编码效果较好, 而分形块编码就没有这种局限性。

分形块编码和矢量量化编码的搜索匹配过程都特费时。为了减少分形块编码中搜索匹配时间, 产生了分类搜索匹配的分形块编码、邻域搜索匹配的分形块编码。然而这些分形块编码在提高分形块编码效率的同时, 也降低了重构图象的质量。本文提出了

基于多尺度匹配快速分形近似编码, 在进行值域块的匹配时, 预先剔除掉在粗尺度下不匹配的定义域块, 从而减小搜索范围, 提高分形编码的速度。

1 定义域块对值域的分形近似

$2B \times 2B$ 定义域块 \hat{D} 经空间收缩算子作用后, 收缩为 $D = (d_{ij})$, D 和值域块 $R = (r_{ij})$ 大小均为 $B \times B$, \bar{r}, \bar{d} 为 R, D 的灰度均值, $R' = (r'_{ij}) = (r_{ij} - \bar{r})$, $D' = (d'_{ij}) = (d_{ij} - \bar{d})$ 为减掉均值后的值域块和定义域块。若存在线性变换: $T(d'_{ij}) = sd'_{ij} + b$, 其中 s 满足 $d(D', R') = \min_s \sum_{i,j=0}^{B-1} (sd'_{ij} - r'_{ij})^2$, $b = \bar{r} - s\bar{d}$ 则称 $T(D)$ 为定义域块 D 对值域块 R 分形近似, 称 $d(D', R')$ 为定义域块 D 对值域块 R 分形近似误差^[3]。

由微积分的极值理论, 得到 $s = D' \cdot R' / |D'|^2$, 由此推出 $d(D', R') = |R'|^2 - (D' \cdot R')^2 / |D'|^2$ 。其中 $D' \cdot R' = \sum_{i,j=0}^{B-1} d'_{ij} r'_{ij}$, $|D'|^2 = D' \cdot D'$, $|R'|^2 = R' \cdot R'$ 。

2 多尺度匹配

任给 $B \times B$ 图象块, 总可以分割成相同大小的4

* 此文由华中理工大学图象信息处理与智能控制国家教委开放实验室资助

收稿日期: 1997-10-18; 收到修改稿日期: 1998-01-12

个子块,对4个子块求灰度均值,4个子块的灰度均值构成 2×2 图象块,我们称 2×2 图象块为 $B \times B$ 图象块的粗尺度图象。为了讨论粗尺度图象的分形近似误差与原图象的分形近似误差之间关系,我们提出如下定理。

定理 如果 R, D 为减掉均值后的值域块和定义域块,那么

$$R = \{r_{ij}\}; D = \{d_{ij}\} (i, j = 0, 1, \dots, B-1), \bar{R} = \{\bar{r}_{00}, \bar{r}_{01}, \bar{r}_{10}, \bar{r}_{11}\}, D = \{\bar{d}_{00}, \bar{d}_{01}, \bar{d}_{10}, \bar{d}_{11}\}$$

$$\{\bar{r}_{00} - s\bar{d}_{00}\}^2 + \{\bar{r}_{01} - s\bar{d}_{01}\}^2 + \{\bar{r}_{10} - s\bar{d}_{10}\}^2 + \{\bar{r}_{11} - s\bar{d}_{11}\}^2 = \bar{d}_{00}\bar{d}_{01}\bar{d}_{10}\bar{d}_{11}$$

$$\left[\sum_{i=0}^{\frac{B}{2}-1} \sum_{j=0}^{\frac{B}{2}-1} r_{ij} - s \sum_{i=0}^{\frac{B}{2}-1} \sum_{j=0}^{\frac{B}{2}-1} d_{ij} \right]^2 + \left[\sum_{i=0}^{\frac{B}{2}-1} \sum_{j=B/2}^{B-1} r_{ij} - s \sum_{i=0}^{\frac{B}{2}-1} \sum_{j=B/2}^{B-1} d_{ij} \right]^2 + \left[\sum_{i=B/2}^{B-1} \sum_{j=0}^{\frac{B}{2}-1} r_{ij} - s \sum_{i=B/2}^{B-1} \sum_{j=0}^{\frac{B}{2}-1} d_{ij} \right]^2 + \left[\sum_{i=B/2}^{B-1} \sum_{j=B/2}^{B-1} r_{ij} - s \sum_{i=B/2}^{B-1} \sum_{j=B/2}^{B-1} d_{ij} \right]^2 = \left[\frac{2}{B} \right]^4 \left(\sum_{i=0}^{\frac{B}{2}-1} \sum_{j=0}^{\frac{B}{2}-1} (r_{ij} - sd_{ij}) \right)^2 + \left[\frac{2}{B} \right]^4 \left[\sum_{i=0}^{\frac{B}{2}-1} \sum_{j=B/2}^{B-1} (r_{ij} - sd_{ij}) \right]^2 + \left[\frac{2}{B} \right]^4 \left[\sum_{i=B/2}^{B-1} \sum_{j=0}^{\frac{B}{2}-1} (r_{ij} - sd_{ij}) \right]^2 + \left[\frac{2}{B} \right]^4 \left[\sum_{i=B/2}^{B-1} \sum_{j=B/2}^{B-1} (r_{ij} - sd_{ij}) \right]^2 \leq \left[\frac{2}{B} \right]^2 \sum_{i=0}^{B-1} \sum_{j=0}^{B-1} (r_{ij} - sd_{ij})^2 \quad (\text{利用引理})$$

由此推得

$$d(\bar{R}, \bar{D}) = (2/B)^2 d(R, D)$$

若值域块大小为 $B \times B$,搜索步长为 δ_h ,图象的大小为 $M \times M$,那么全局定义域块池中所含定义域块的个数为 $(M - 2B/\delta_h)^2$ (见图1)。对每一值域块,为了得到与之匹配的定义域块,必须把该值域块与全局定义域块池中的所有定义域块,必须把该值域块与全局定义域块池中的所有定义域块逐一进行比较。这一搜索匹配过程是影响分形块编码速度的深层原因。然而利用定理,通过阈限,预先剔除掉在粗尺度下与值域块不匹配的定义域块,相对减少了细尺度下与值域块匹配的定义域块。由于粗尺度分形近似的计算量小于细尺度分形近似的计算量,从而极大地降低搜索匹配时间。经过很多实验,发现 $e = |\bar{R}|^2/\lambda$ 是很好的阈限,其中 $20 \leq \lambda \leq 80$, $|\bar{R}|^2$ 表示 \bar{R} 的平方和。

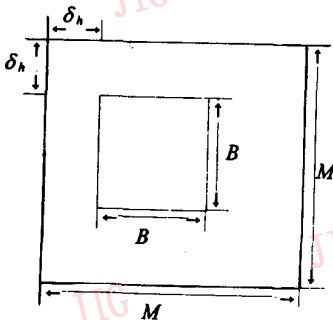


图1 M, δ_h, B 之间的关系

义域块, \bar{R}, \bar{D} 为减掉均值后的粗尺度值域块和定义域块,那么 $d(\bar{R}, \bar{D}) = (2/B)^2 d(R, D)$ 。我们先介绍如下引理:

引理 若 a_1, a_2, \dots, a_n 是实数,那么 $(a_1 + a_2 + \dots + a_n)^2 \leq n(a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2)$

然后证明定理

3 实验和结论

由于仿射变换 T 的系数 s, b 为实数,须进行量化。采用的量化方法如下:首先计算 $f = s \times 90 + b, g = s \times 154 + b$ 。由于 f 和 g 在0到255之间,除以4后,把 f 和 g 量化为6bits,在解码时,再从方程 $f = s \times 90 + b, g = s \times 154 + b$ 中解出 s, b 。

我们将全局搜索匹配的分形块编码与本文方法进行了大量对比实验。实验结果表明,本文方法比全局搜索匹配的分形块编码快10~40倍。我们仅给出对 256×256 “Lenna”图象的实验结果。表1给出了实验数据,图2给出原图象与解码图象。



图2 原图象与解码图象

表1 本文方法的实验数据

λ	值域块 大小	搜索步 长 δ_h	定义域块池 的总块数	平均搜索定 义域块个数	编码时 间(秒)	加速比 (倍)	压缩比 (倍)	PSNR 解码 (dB)	解码 图象
30	4×4	2	15 625	500	1 719	31	5	29.99	b
50	4×4	4	3 969	383	473	10	5.3	28.69	c
50	8×8	4	3 417	119	276	28	21.3	27.43	d
Jacquin 方法	4×4 8×8	4 8				887	18.1	26.34	e

参考文献

- 1 Jacquin A E. Fractal Image Coding: A Review. Proceedings of the IEEE, 1993, 81(10).
- 2 Ramamurthi, Gersho A. Classified vector quantization of images. IEEE Trans. Commun., 1986, COM-34, (11).
- 3 Monro D M, Dudbridge F. Fractal Approximation of Image Block. Electron. Lett, 1992, 28(5): 1053~1056.



皮明红 副教授、博士后。1986年获湖北师范学院数学系学士学位，1988年获湘潭大学计算数学专业硕士学位，毕业后到华中理工大学应用数学系工作，1997年获华中理工大学模式识别与人工智能专业博士学位。主要研究领域有分形与小波的应用、图象处理、数据压缩等。



彭嘉雄 教授，博士生导师，受国务院表彰的有突出贡献专家，国务院特殊津贴获得者。中国图象图形学会常务理事。完成863-409，国家自然科学基金，部、委攻关课题等36项。在国内外重要刊物和会议上发表论文300余篇，论文和教学获奖68次。

A quick Fractal Block Coding Based on Multiscale Matching

Pi Minghong, Peng Jiexiong, Liu huafang

(Institute of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Abstract A quick fractal block coding based on multiscale matching is presented in this paper. It provides a new approach for reducing search time. Compared with the full search method, our algorithm speeds up the coding procedure by 10 up to 40 times.

Keywords Fractal block coding, Fractal approximation, Multiscale matching, Range block, Domain block