

基于迭代函数系统分形码的图像检索技术

马 燕, 李顺宝

(上海师范大学 数理信息学院, 上海 200234)

(ma-yan@shtu.edu.cn)

摘 要:在压缩域对图像检索技术进行了研究,首先对图像库中每幅图像采用分形压缩编码,获得其 IFS 分形码,然后利用分形码的分布特点计算检索图像与图像库中图像间的距离。实验结果表明,本文所提出算法具有稳定性与有效性。

关键词:分形压缩;图像检索;迭代函数系统

中图分类号:TP391.41 **文献标识码:**A

Image retrieval based on IFS fractal code

MA Yan, LI Shun-bao

(Mathematics & Science College, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

Abstract: The technology of image retrieval on compression domain was researched. Each image in the database was compressed by fractal coding and IFS fractal code was got. Based on the fractal code, the distance of query image and the image in the database was calculated using the distribution character of fractal code. Experiment results show that the algorithm presented is efficient in image retrieval based on IFS code.

Key words: fractal compression; image retrieval; Iterated Function System(IFS)

现有的基于内容的图像检索系统大多直接对图像进行检索,也就是说检索所基于的特征是从原始图像中抽取的。近年来出现的各种压缩标准,如 JPEG、MPEG,虽减少了存储的开销,却增加了检索的开销。因为这些压缩数据必须经解压后才能进行检索,而解压的计算量又是相当大的。解决该问题的方法之一是在压缩域直接检索图像数据,以完成传统的只有在像素域才可进行的处理。

近年来,迭代分形编码(或称迭代分形压缩)作为一种高效的图像压缩方法引起了国内外学者的广泛关注^[1-4]。由于图像经迭代分形编码后的结果——分形码中所包含的迭代函数系统以一种紧凑的形式唯一表征了原始的编码图像,因此有可能利用迭代函数系统的某些特性来实现基于迭代分形压缩数据的图像检索操作。

1 分形编码算法及分形码结构

分形编码是建立在迭代函数系统和拼贴原理等数学理论基础上的,自动分形编码算法是由 Jacquin 首先提出的^[5]。被编码图像被分为互不重叠块,称为值域块,一般值域块可取 $4 \times 4, 8 \times 8, 16 \times 16$ 等;再将图像分为若干定义域块,定义域块可重叠或不重叠,其尺寸要比值域块大以满足收敛要求。在进行分形编码时,编码器为每个给定的值域块搜索与该值域块最匹配的定义域块。匹配的过程包括几何变换和亮度变换,几何变换又包括空间尺度的压缩和空间位置的转换,可采用如下形式的变换:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \frac{1}{\alpha} \cdot \begin{bmatrix} a_i & b_i \\ c_i & d_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R_x \\ R_y \end{bmatrix} \quad (1)$$

在(1)式中, R_x, R_y 是定义域块的起始位置, α 是尺度压缩因子, a_i, b_i, c_i, d_i 是几何位置变换矩阵的系数,按 Jacquin

的方案取为 8 种对称变换^[5]。

亮度变换则表示为:

$$z = P_i z + Q_i \quad (2)$$

式中, z 是表示亮度值(即灰度值), P_i, Q_i 是线性变换系数。将每一值域块所对应的 R_x, R_y, P_i, Q_i 以及几何对称变换矩阵的编号 $number$ 这 5 个仿射参数记录下来,即得到该图像的分形码,可将其表示为 $\{R_x, R_y, P_i, Q_i, number_i\}$ 。

为研究基于分形码的图像检索技术,先来观察分形码 $\{R_x, R_y, P_i, Q_i, number_i\}$ 的含义。 R_x, R_y 参数反映了对于某一值域块,与其最匹配的定义域块的位置,在本文中,为检索方便,将 R_x, R_y 改用 d_i 与 θ_i 表示定义域块与值域块间的相对距离与方向。当 d_i 较小时,说明值域块在自身附近找到了匹配块; d_i 大时,则表示只有较远的地方才有和当前值域块相似的块。当一幅图像分形码中 d_i 都较小,说明值域块在自身附近找到匹配定义域块的机会较大,即匹配块在自身附近出现的频率较高。称 θ_i 为方向系数,由幅角意义知 θ_i 表示图像匹配块出现在哪一方向,若分形码中大部分 θ_i 的取向比较一致,则图像纹理本身可能就有较大的方向性。 $number_i$ 反映了匹配块间的几何对称变换关系,而 P_i, Q_i 则体现了图像对比度的差异。

2 基于分形码的图像检索算法

在分形编码中,由于 IFS 分形码反映的是图像子块间相互映射的拓扑关系,那么内容相似的图像就应该具有相近的 IFS 分形码,即 IFS 分形码间的距离就越小,反之亦然。为了实现基于分形码的图像检索,必须能够从分形编码所形成的压缩数据中得到能反映图像内容的特征量,并在这些特征量的基础上进行图像间相似度的测量。

设图像 I 所对应的分形码可表示为:

$$IFS(I) = \{d_i, \theta_i, P_i, Q_i, number_i; \\ i = 1, 2, 3, \dots, N\} \quad (3)$$

(3) 式中参数均已分别按其各自的最大值进行归一化处理, d_i 与 θ_i 代表第 i 个值域块与所匹配定义域块间的相对距离与方向, P_i, Q_i 代表第 i 个值域块与所匹配定义域块间的亮度变化关系, $number_i$ 代表第 i 个值域块与所匹配定义域块间的几何对称变换关系, N 是值域块的总个数。

$$D(q, I) = \sqrt{(\bar{d}_q - \bar{d}_I)^2 + (\bar{\theta}_q - \bar{\theta}_I)^2 + (\bar{P}_q - \bar{P}_I)^2 + (\bar{Q}_q - \bar{Q}_I)^2 + (\overline{number}_q - \overline{number}_I)^2} \quad (5)$$

对图像库中所有的图像都与待检索输入图像 q 按(5) 式进行距离计算, 选出距离最小的若干幅图像作为检索输出图像。

3 实验结果

为验证基于分形码的图像检索算法, 本文建立了一个包括 300 幅图像的图像库, 其中每幅图像的大小均为 128×128 , 在图像库中存储的是用 Jacquin 方法进行分形编码后的 IFS 分形码。检索图像与图像库中图像的大小一致, 在检索前, 先对检索图像进行分形编码, 然后用其分形码与图像库中每幅图像的分形码利用上述图像检索算法进行匹配比较。实验结果表明, 含有该检索图像内容的图像具有最高的匹配率, 同时, 本文所提出的算法也能检索具有

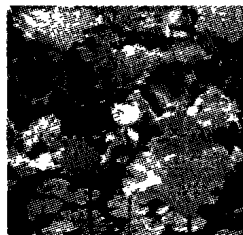


图1 检索图像

图像 I 的分形码构成的特征矢量定义为:

$$F(I) = \{\bar{d}, \bar{\theta}, \bar{P}, \bar{Q}, \overline{number}\} \quad (4)$$

(4) 式中 \bar{d} 为 d 的均值, $\bar{\theta}$ 为 θ 的均值, \bar{P} 为 P 的均值, \bar{Q} 为 Q 的均值, \overline{number} 为 $number$ 的均值。

对所有图像, 当得到了表征其分形码构成的特征矢量后, 便可以进行图像间相似与否的匹配。定义检索输入图像 q 和图像库中一幅图像 I 之间的距离 D 为:

相似特性的图像。

图1所示为检索图像, 其内容是一幅荷花图。为说明方便, 又从图像库中抽取包括风景、建筑物、人物、交通工具、纹理、动物等类型 10 幅待检索图像, 利用本文提出的基于分形码的图像检索算法进行匹配比较, 图2为按(5) 式计算得到的距离由小到大排序的结果。每幅图像下面所列的是检索距离, 当距离越小, 则说明两幅图像越相似, 图2(a) 的距离为 0.1345, 距离最小。从图2中可见, 该图像也为一幅荷花图, 与图1中的检索图像属同类型图像; 图2(b) 为一幅纹理图像; 图2(d) 与图2(e) 中均含有人像, 但其中也包括花, 所以检索距离较小; 而距离较大的图2(g) ~ (j) 中包括了动物、交通工具以及建筑物, 与检索图像的实际差距确实较大。从图2检索结果可见, 利用本文所提出算法可检索出与检索图像属同类型或含有检索图像内容的图像, 说明该算法具有一定的稳定性。

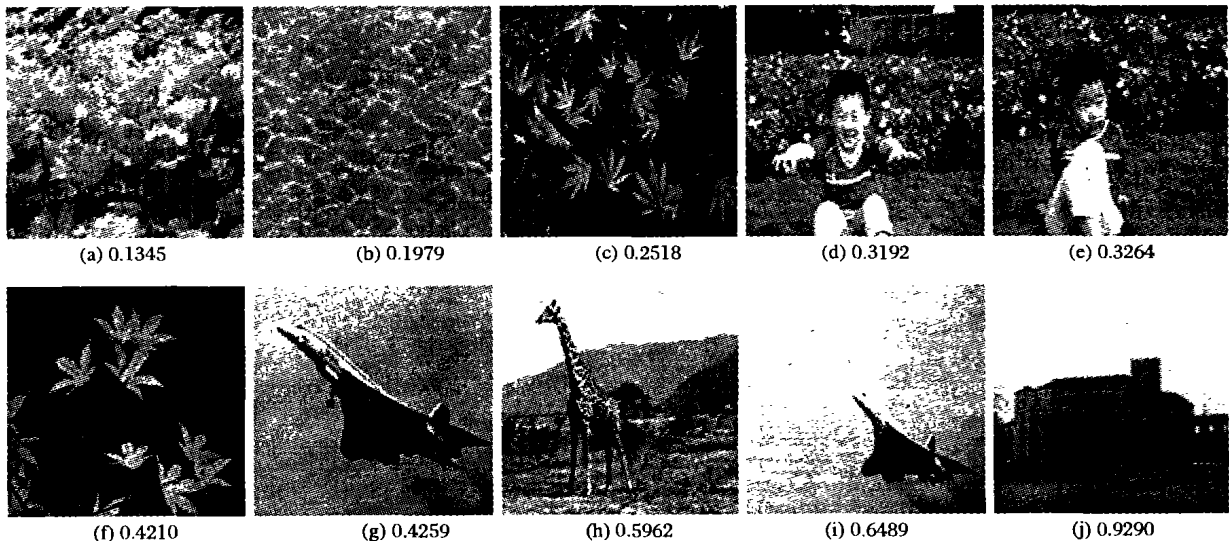


图2 检索结果

在实验中, 将本文提出算法和直接像素值匹配法(即直接计算两幅未经分形压缩的图像间的均方差)在计算时间上进行比较。本文利用 MATLAB 为实验平台, 利用本文算法, 图像库中每幅图像的匹配计算时间相同, 约为 0.3s; 而利用直接像素值匹配法, 图像库中对每幅图像计算时间大约为 2s。可见, 利用本文算法, 在时间上每幅图像可节约 1.7s, 如图像库中共有 1000 幅图像的话, 则共可节约 28min, 这样可大大提高检索速度。

利用不同的分形压缩算法, 所得到的不同分形码也不相同。为研究分形压缩算法对本文所提出的检索算法的影响, 本文还分别利用 Jacquin 以及基于内积的快速分形编码算法^[6]对图像库及检索图像分别进行了分形编码, 得到两组不同的分形码, 同样采用本文所提出的检索算法, 所得检索结果基本一致。这说明, 不同的分形码对本文的检索算法的影响不大, 为加快检索算法, 完全可以采用快速分形编码对图像库

中的图像以及检索图像进行预处理。

参考文献:

- [1] NAPPI M, POLESE G, TORTORA G. Content based retrieval of fractal compressed images[A]. Proceedings of image and video content based retrieval[C], 1998. 27-34.
- [2] DISTASI R, NAPPI M, TUCCI M. FIRE: Fractal indexing with robust extensions for image databases[J]. IEEE transactions on image processing, 2003, 12(3): 373-384.
- [3] 李晓华, 沈兰荪. 基于压缩域的图像检索技术[J]. 计算机学报, 2003, 26(9): 1051-1059.
- [4] 洪安祥, 陈刚, 吴炯锋, 等. 基于分形编码的图像相似匹配研究[J]. 电子学报, 2003, 30(5): 624-627.
- [5] JACQUIN AE. Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformation[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1992, 1(1): 18-30.
- [6] 马燕, 李顺宝. 基于内积的快速分形编码算法[J]. 计算机工程, 2003, 29(2): 25-28.