

# 一种改进的医学图像压缩编码算法

张淑丽<sup>1</sup>, 王焯兴<sup>2</sup>, 李靖宇<sup>1</sup>

(1. 齐齐哈尔医学院 医学技术学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006;

2. 齐齐哈尔医学院 现代教育技术中心, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘要:** 提出了一种基于四叉树分割的分形图像编码的改进算法, 通过调整父块与子块的误差来控制编码速度和解码质量。仿真实验表明, 该算法有效地提高了图像编码的效率, 具有可行性。

**关键词:** 医学图像; 分形图像; 图像编码

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)21-0043-03

## An improved medical image compression algorithm

Zhang Shuli<sup>1</sup>, Wang Yexing<sup>2</sup>, Li Jingyu<sup>1</sup>

(1. Department of Medical Technology Institute, Qiqihar Medical University, Qiqihar 161006, China;

2. Department of Modern Education Technology Center, Qiqihar Medical University, Qiqihar 161006, China)

**Abstract:** This paper presents a quadtree segmentation based on fractal image coding algorithm for improved. It controls the coding and decoding quality by adjusting the speed of the parent block and sub-block error. Simulations show that the algorithm effectively improves the image coding efficiency and has feasibility.

**Key words:** medical image; fractal image; image coding

随着计算机技术的发展, 图像编码与压缩技术得到越来越多的关注。与一般图像压缩相比, 医学图像压缩具有其特殊性和复杂性, 其压缩必须严格保证诊断的可靠性。编码在图像数字化过程中占有非常重要的地位。在满足一定图像质量要求的前提下, 能获得减少数量的编码称为编码压缩。研究最佳编码压缩的数学模型和方法是人们追求的目标。图像数据中存在大量的冗余数据。首先, 从空间上来看, 一幅图像的许多区域是相同或相似的, 没有必要记录所有点的像素值; 其次, 从时间角度来考虑, 由于图像变化的连续性, 两帧图像数据中有大量相同之处, 可以只记录它们的差别。因此, 可以通过适当的压缩算法去除图像数据在空间和时间上的冗余, 大大减少所需存储或传输的数据量。从信息论的观点看, 描述图像信源的数据由有效信息和冗余量两部分组成。去除冗余量能够节省存储和传输中的开销, 同时又不损坏图像信源的有效信息量<sup>[1-3]</sup>。

### 1 分形图像压缩

在现实中, 图像有灰度和非严格自相似性, 即具有严格的整体与局部自相似性的图像在现实中只占极小

部分。BARNESLEY 提出 IESP 采用由初始点经压缩变换  $\omega_i(a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i)$  加上伴随率  $p_i (i=1, 2, \dots, n)$  进行迭代, 得到的点集分布类似灰度效应。其基本思路是, 将原图像预分解为若干个分形子块, 使每个子块具有一定的分形结构, 即子块的整体与局部之间存在某种自相似特征。图像分割可采用三角形分割、矩形分割和四叉树形分割等图像处理手段, 并把这些子块构成一个分形库, 每一个子块可以从库中找到它们自己的匹配子图编码。JACQUAIN A E, 针对上述问题提出了全自动的分形图像压缩方法, 该演绎法基于图像划块方式来实现以局部的仿射变换代替全局的仿射变换<sup>[4-5]</sup>。

设数字图像  $I$  具有  $2^N \times 2^N$  个像素点, 其每个像素点的灰度  $f(i, j)$  被量化为 256 个灰阶  $f_k(i, j), 0 \leq k \leq 255$ 。将图像分割成  $n$  个子块  $R_i (i=1, 2, \dots, n)$ , 其尺寸为  $2^r \times 2^r$ , 且  $R^i \cap R^j = 0, i \neq j$  (不重叠),  $\cup_{i=1}^n R_i = I$ 。设图像父块  $D_j, j=1, 2, \dots, (2^N - 2^d + 1)^2$ , 其尺寸为  $2^d \times 2^d > 2^r \times 2^r$ , 且彼此可以重叠, 但不重合。自相似性的匹配就在  $R_i$  与  $D_j$  之间进行。由于  $R_i$  和  $D_j$  比原图像  $I$  要小得多, 只要子块足够小, 局部的自相似性在图像中总是存在的。为了找出两个仿射变换系

数间的关系且方便书写,下面定义几个操作符号:

(1)“取块”操作符号  $B'_{K,L}$ 。  $B'_{K,L}$  作用于图像  $I$ , 表示在  $I$  上取出一个 3 维子块, 子块大小为  $2^k \times 2^l$ ,  $(K, L)$  表示子块上角的坐标。

(2)“放块”操作符号  $(B'_{K,L})^*$ 。将  $(B'_{K,L})^*$  作用于  $I$ , 即  $(B'_{K,L})^* I$ , 它表示把  $2^k \times 2^l$  的三维子块插入全 0 的图中, 用  $(K, L)$  表示子块左上的坐标, 用  $(k, l)$  表示子块内的像素坐标。

(3)“平均-抽取”操作符号  $I_v$ 。  $I_v$  表示把  $2^k \times 2^l$  大小的子块的灰度图像中的邻近 4 个像素点灰度求“平均-抽取”, 变成尺寸  $2^{k-1} \times 2^{l-1}$  的块。  $I_v$  操作可写为:

$$(I_v B'_{K,L} I)(k, l) = \frac{1}{4} [(B'_{K,L}, I)(2k, 2l) + (B'_{K,L}, I)(2k+1, 2l) + (B'_{K,L}, I)(2k, 2l+1) + (B'_{K,L}, I)(2k+1, 2l+1)] \quad (1)$$

通过  $I_v$  操作,  $2^k \times 2^l$  图块变为  $2^{k-1} \times 2^{l-1}$  的图块, 其灰度分辨率减小, 即图像变粗糙。

(4)“旋转-反射”操作符号  $L_n$ 。  $L_n$  操作表示将子块进行旋转变换, 犹如 IFS 变换中的系数  $a, b, c, d$ 。为了简化匹配, 把一个正方形子块的旋转简化为最简单的 8 个操作。设  $D_j$  为一个图像块, 子块的灰度函数为  $\{g_j(i_x, i_y); i_x, i_y=0, 1, \dots, 2^d-1\}$  的对应 8 种变换, 即旋转  $0^\circ$ 、垂直中线反射、水平中线反射、对角线  $i_x=i_y$  反射、对角线  $i_x+i_y=2^d-1$  反射、旋转  $90^\circ$ 、旋转  $180^\circ$  和旋转  $270^\circ$ 。可以利用上述 8 种操作寻找块与块的自相似性的匹配搜索, 使

$$(B'_{K,L} I) \approx \lambda_{K,L} L_{n(K,L)} I_v B'_{\pi(K,L)} I + h_{K,L} B'_{K,L} I \quad (2)$$

其中,  $\lambda_{K,L}$  为位置在  $(K, L)$  子块的变换伸缩因子,  $h_{K,L}$  为子块的偏移量,  $\pi(K, L)$  表示从位于  $(K, L)$  上的子块映射到对应的父块位置,  $B'_{\pi(K,L)}$  表示在  $\pi(K, L)$  处放置大小为  $2^d \times 2^d$  的子块,  $n(K, L)$  表示对位于  $(K, L)$  上的子块的 8 种变换,  $I_j$  是  $2N \times 2N$  的全 1 矩阵。

全自动搜索分块的分形编码方法解决了子图分割的问题, 使编码能自动进行, 但是子块的搜索速度较慢。对于上述算法的假设的图像和子块的大小, 图像  $I$  包括的子块数应为  $2^N \times 2^N / (2^r \times 2^r) = 2^{2(N-r)}$ 。因此, 对于每个  $R_i$ , 搜索最相似的父块  $D_j$  的个数应为  $(2^N - 2^d + 1)^2$ 。对每个  $R_i$  再采用 8 种“反射-旋转”操作, 则需要  $8(2^N - 2^d + 1)^2$  次匹配计算, 才能找到最优匹配系数  $\lambda_{K,L}$  和  $h_{K,L}$ , 因此, 花费在自动搜索上的次数大约在  $(2^N)^3 \sim (2^N)^4$  数量级上, 显然, 这影响了该方法的实用性。

## 2 改进的算法

父块、子块均在固定尺寸上进行分割的问题: 当有  $2^d \times 2^d$  个像素和  $2^r \times 2^r$  个像素时, 若  $d$  和  $r$  很大, 父块库中的父块数目比较小, 虽然能在搜索时间内找出最优匹配系数, 但是原图  $I$  与拼贴一次仿射变换后的图的误差很大, 则解码后的图像质量很差; 反之, 当  $d$  和  $r$  很小时, 将会造成很低的压缩比。

设父块与子块之间匹配的允许误差是  $\varepsilon$ ,  $2^{r_m}$  和  $2^{r_{\min}}$

分别为最大子块边长和最小子块边长, 能达到压缩的最小子块尺寸为  $2^{r_{\min}} \times 2^{r_{\min}}$ ,  $2^{r_m}$  为最大公块边长。改进分形编码方法的步骤如下:

(1) 将原始图像  $I$  分割成互不相交的  $2^{r_m} \times 2^{r_m}$  个子块  $R_i$ , 用  $R_i$  作为初始分割。  $R_i$  的左上角位于  $(K, L)$  位置上, 用  $B'_{K,L}$  表示。

(2) 采用“旋转-反射”操作  $L_{n(K,L)}$ 、“平均-抽取”操作  $I_v$  和取父块在  $\pi(K, L)$  位置上的操作  $B'_{\pi(K,L)} I$ , 将父块找出, 其操作为  $L_{n(K,L)} I_v B'_{\pi(K,L)} I$ 。

设子块与变换后的父块的灰度分别为  $a_1, a_2, \dots, a_m$  和  $b_1, b_2, \dots, b_m$ , 子块与变换后的父块之间的误差为:

$$d_p = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\lambda_{K,L}^{r_m} b_i + h_{K,L}^{r_m} - a_i)^2 \quad (3)$$

$$\text{令 } \frac{\partial d_p}{\partial \lambda_{K,L}} = 0, \frac{\partial d_p}{\partial h_{K,L}} = 0$$

求出  $\lambda_{K,L}^{r_m}, h_{K,L}^{r_m}$ , 再计算最小的  $d_p$ , 记为  $d_{p_{\min}}$ 。

(3) 若  $d_{p_{\min}} < \varepsilon$ , 则记下  $(K, L), \pi(K, L), L(K, L), \lambda_{K,L}^{r_m}$  和  $h_{K,L}^{r_m}$ , 于是完成了对子块  $R_i$  的编码, 否则进入下一步。

(4) 若  $d_{p_{\min}} \geq \varepsilon$ , 将子块  $R_i$  再分割为 4 块, 同时父块也相应分割为更小的 4 块。设此时  $t=t+1$ , 用  $B'_{K,L} I$  和  $L_{n(K,L)} I_v B'_{\pi(K,L)} I$  操作分别取出  $t=t+1$  时刻的子块和父块。此时, 子块与父块的误差为:

$$d_p = \frac{4}{m} \sum_{i=1}^{m/4} (\lambda_{K,L}^{r_{m-t}} b_i + h_{K,L}^{r_{m-t}} - a_i^{r_{m-t}})^2 \quad (4)$$

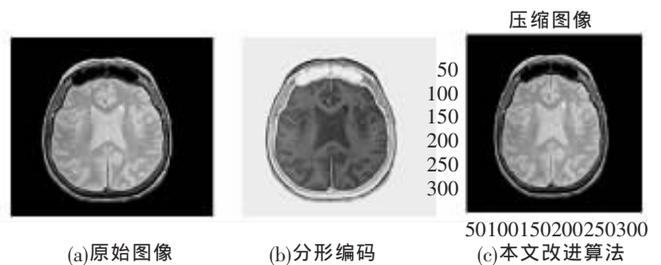
其中,  $a_i', b_i'$  为再四分后的子块中的灰度值, 求出  $d_{p_{\min}}$ 。

(5) 重复步骤(3)和步骤(4), 直至所有的大小子块与相应的父块之间自相似变换误差都小于  $\varepsilon$  为止。

从上述过程可以看出, 在分割时, 只有当误差  $d_{p_{\min}} \geq \varepsilon$  时, 那些子块才需要进一步进行分割。也就是说, 当子块处在图像变化复杂的地方, 该子块需分割得更小; 若子块处于平坦区, 子块就无需再继续划分, 就是平坦区的子块尺寸比较大。

## 3 实验及分析

由于医学图像的复杂性, 对图像压缩编码的方法也很多, 分别采用本文提出的改进算法和原算法对测试图像进行编码实验, 结果如图 1 和图 2 所示, 其中图像选自数字图库中。算法改进前后的对比如表 1 所示。



(a)原始图像

(b)分形编码

(c)本文改进算法

图1 图像A的编码结果



图2 图像B的编码结果

表1 算法改进前后的比较

图像	编码方法	编码时间/s	峰值信噪比	压缩比
A	改进前的方法	0.12	29.68	10.98
	改进后的方法	0.09	29.88	11.02
B	改进前的方法	0.41	31.94	34.86
	改进后的方法	0.39	31.96	34.95

通过实验可以看到,允许误差  $\varepsilon$  的取值直接影响图像压缩比、图像质量和处理时间。 $\varepsilon$  越大,压缩比越大,处理时间越短,但图像质量越差; $\varepsilon$  越小,压缩比越小,处理时间越长,但图像质量越好。因此,必须根据实际综合处理误差、质量和时间的关系。

目前,分形图像压缩存在的最主要问题是编码速度慢,主要原因是搜索最佳匹配的定义域块耗时太多。本文通过分析影响分形图像编码速度的相关因素,调整父块与子块的尺寸,控制其误差来达到使图像自适应编码

的目的。

#### 参考文献

- [1] 郭京蕾,吴勇.基于分类方法的分形图像压缩[J].计算机工程与设计,2007,28(4):890-892.
- [2] WU M S, TENG W C, JENG J H, et al. Spatial correlation genetic algorithm for fractal image compression [J]. Chaos, Solitons&Fractals,2006, 28 (2):497-510.
- [3] 王英霞,赵德平,雷红.一种基于分形的图像压缩方法[J].辽宁工业大学学报(自然科学版),2009,29(3):157-159.
- [4] 李峰,薛敬明.基于改进 Mallat 算法的分形图像压缩[J].计算机应用研究,2009,26(9):3569-3571.
- [5] 何佳,刘政凯.基于 DCT 变换的快速分形编码方法[J].电子学报,2001,29(6):748-750.

(收稿日期:2011-08-25)

#### 作者简介:

张淑丽,女,1963年生,硕士研究生,教授,主要研究方向:数字图像处理。

王烨兴,男,1983年生,硕士研究生,助教,主要研究方向:数字图像处理。

李靖宇,男,1976年生,硕士研究生,讲师,主要研究方向:数字图像处理。