

一种利用分形压缩指纹图象的方法

卓 晴 王文渊 阎平凡

(清华大学自动化系, 北京 100084)

摘 要 提出一种改进的分形压缩方法。该方法首先将指纹图象小块内的数据沿纹理方向进行重新排列, 形成一维数据, 然后再进行一维分形数据压缩编码。实验结果证明了该方法可以提高图象压缩比和恢复质量。最后给出一种消除块效应的方法。

关键词 指纹图象 分形 图象压缩 纹理方向

0 绪 论

在指纹自动验证系统中, 指纹图象的压缩存储便是其中关键技术环节。作为一类特殊的图象, 如何适应指纹的特点是提高压缩效率的关键。最近, 分形图象压缩编码由于对某些图象有着非凡的压缩效率和一些成熟的算法而被广泛注意。对自然图象的压缩, 主要是基于 Barnsley 提出的迭代函数系统 (IFS) 模型。由该模型, 分形编码就是根据图象中不同尺度下的自相似特点, 将图象表示成若干组压缩仿射变换。恢复图象时, 只需对任意初始图象, 用这组变换进行迭代即可。目前已经提出一些自动压缩方法和技术, 其中最主要的一类是基于 A. E. Jacquin 提出的图象分块分形压缩方法。该方法是将图象分成许多不重合的图象小块, 对每一个小块, 在图象中寻找一个尺寸比它大的图象块 (一般是边长 2 倍), 经一些压缩和仿射变换与其匹配, 将最优匹配的变换参数进行编码。D. M. Monro 和 F. Dudbridge 在文献 [1] 中提出一种图象块四分分形编码方法。该方法可以看作是 Jacquin 方法的简化。它是将每一个图象小块再分割成 4 个子块, 然后再计算图象小块与 4 个子块的最佳匹配变换系数。该方法编码速度快, 但所得的图象恢复质量要略逊于 Jacquin 方法。当整个图象内容比较单调时, 象指纹图象, 对每个图象小块, 在整个图象中搜索它的最优匹

配意义不大, 于是可以应用图象块四分分形编码方法。

在分形编码中, 为了提高压缩比, 需要扩大图象分块的尺寸。对于指纹图象在图象块压缩匹配时会遇到困难, 因为指纹图象经过压缩后, 纹理变的更加密集, 很难再与原图象进行匹配。此时, 指纹恢复图象会急剧恶化。因此直接在二维图象上应用分块分形编码很难提高图象的压缩比。本文根据指纹纹理的特点, 提出一种改进的编码方法。首先将每块图象数据按照指纹纹理方向进行排列, 形成一维数据, 然后再对一维数据进行分块分形编码。由于展开后的数据变换周期增长了, 所以能扩大图象分块的尺寸, 以提高图象的压缩比。因为数据恢复误差是沿指纹纹理方向分布的, 因此恢复图象的主观评价和客观评价都有提高, 最后再对恢复图象进行方向滤波就可以消除图象的块效应。

1 二维数据和一维数据分块分形编码

1.1 二维数据分块分形编码^[1]

首先将图象分成若干块边长为 $2B$ 的小块 I_i , $i=1, \dots, m$ 。它们之间相互不重叠。

$$I = \bigcup_{i=1}^m I_i, I_i \cap I_j = \emptyset, i \neq j. \quad (1)$$

对每个小块 I_i 再平分分成 4 个子块 $I_i^n, n=1, 2, 3, 4$, 每

个子块的边长为 B 。如图 1 所示。

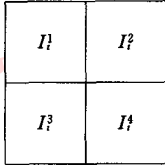


图 1 图象块 I_i

将小块 I_i 经过压缩和仿射变换和每一个子块进行匹配。该变换可以表示为：

$$\Phi(I_i) = \eta \cdot \gamma \cdot \tau(I_i) \quad (2)$$

其中 η 为压缩变换。将边长为 $2B$ 的图象块压缩成边长为 B 的图象子块。将相邻的 4 个象素平均值作为压缩后的图象值。

γ 为几何旋转和对称变换操作。文献[2]中给出 8 种变换。包括恒等变换,关于竖直、水平、主对角线、次对角线翻转变换, $+90$ 度, $+180$ 度和 -90 度的旋转变换等。

τ 为线性变换操作,可以表示为下面公式:

$$\tau[f(x, y)] = a_1x + a_2y + a_3f(x, y) + a_4 \quad (3)$$

上式中 $f(x, y)$ 为图象在点 (x, y) 处的灰度值。

对每个子块,仿射变换的参数为 $\Phi(r, a_1, a_2, a_3, a_4)$, r 取值 $0 \sim 7$, 代表 8 种几何变换操作。 a_1, a_2, a_3, a_4 为线性变换系数。对每个图象小块,有 4 组变换参数 $\Phi_i, i=1, 2, 3, 4$ 作为它的分形编码。

求最优线性变换系数的方法可以参考文献[1]。

对几何变换参数 r 的确定可以分别用 8 种变换进行试验,选取误差最小的变换作为参数的 r 值。

1.2 一维数据分块分形编码

一维数据的分块分形编码思想和上面二维基本相同。首先将给定的一维数据 I 分成长度为 $4B$ 相互不重叠的数据段 $I_i, i=1, \dots, m$ 。对每个数据段 I_i 再分成 4 个数据子段 $I_i^n, n=1, 2, 3, 4$, 每个子段长度为 B 。如图 2 所示。

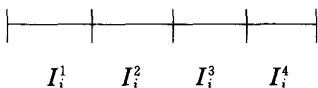


图 2 一维数据分段

对每个数据子段 I_i^n , 寻找长度为 $2B$ 的数据段 J_i^n , 经过压缩和线性变换和它匹配。变换形式和公式(2)相同,只是其中各个分项的含义有所不同:其中, η 为压缩变换操作。将长度为 $2B$ 的数据段压缩成长度为 B 的数据。对相邻 2 个数据求平均以作为压缩

后的数据值。

γ 为数据翻转操作。包括恒等变换和数据前后颠倒变换。

τ 为线性变换操作,可以表示为下面公式:

$$\tau(x_i) = a_1x_i + a_2i + a_3 \quad (4)$$

每个变换的参数为 $\Phi(\gamma, j, a_1, a_2, a_3)$, 其中 γ 为翻转参数, 0 表示不颠倒, 1 表示颠倒。 j 为寻找的匹配数据段起始地址, 取值为 $1 \sim 4B$ 。 a_1, a_2, a_3 为线性变换参数。可以仿照二维情况对上述参数进行求解。每段数据包括 4 组变换参数 $\Phi, i=1, 2, 3, 4$, 它们便是数据的分形编码。

2 指纹图象块数据方向排列

纹理方向对图象块数据进行排列,是消除纹理对分形压缩响的关键。对指纹图象中有纹理的地方都可以定义出如图 3 所示的 8 个离散的方向。

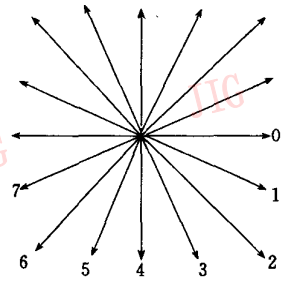


图 3 指纹图象的 8 个方向

确定指纹图象在点 (x_0, y_0) 处方向的算法很多,其中应用比较广泛的是基于指纹图象数据在各个方向上统计变差的方法。该方法的主要依据是指纹数据在纹线方向上的变化比较缓慢,在纹线垂直方向上,指纹数据呈周期变化。具体可参见文献[3]。

对每个分割出的图象块,选取本块中方向居多的方向作为排列数据的方向。排列数据的方法是沿着纹理方向来回抽取数据,形成一维数据。对各个方向抽取数据的顺序如图 4 所示。(见下页)

3 实验结果

实验中选取的是一幅 256×256 的指纹灰度图象(图 5),灰度级为 256。每个象素占一个字节。图 6 是该指纹图象的方向图。进行分形编码时,选择的图象小块边长为 16。该长度是 2 个纹线的宽度。用二

维四分块方法编码的结果如图7所示。最后对分形系数进行量化和熵编码所得的数据压缩比为22.3，恢复图象的信噪比 $SNR=20.84$ 。从图中可以看出，对图象边缘处的指纹纹理已经遭到严重破坏。分块效应严重，图象恢复质量已不能满足指纹图象识别的需要。图8是用一维分形编码所得的结果，图象分

块的大小和二维编码时一样，边长也是16。图象压缩比为23.7，恢复图象的信噪比 $SNR=24.35$ 。用一维分形编码压缩比略有增加，图象质量也得到了很大的提高，纹线保持得很清晰，足以满足指纹识别的需要，但还是有分块效应。

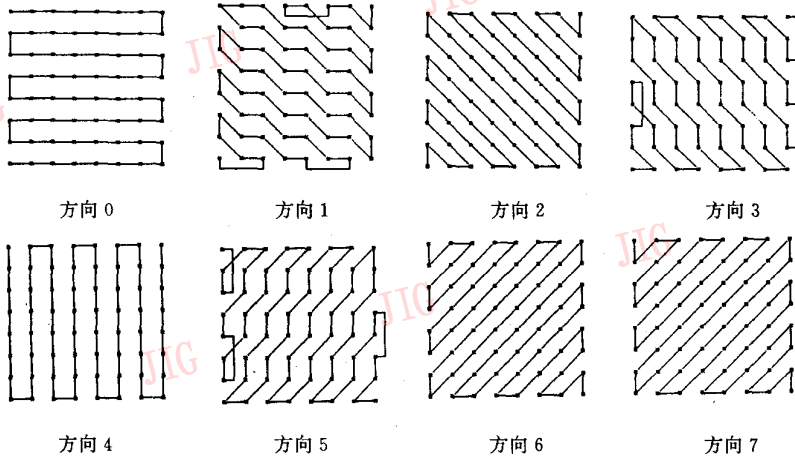


图4 各个方向的数据排列

消除图象块效应的方法一般是采用低通滤波。但是会对图象的高频信息衰减，对指纹图象尤为严重。为了保护指纹的纹理信息，可以采用方向滤波，即采样在纹理方向上为低通，在纹理垂直方向上为带通的；滤波器进行滤波。滤波器的设计可以参考文

献[4]。实验中发现，只是对每一点在纹线方向上进行数据平均即可取得令人满意结果。图9为方向滤波结果。信噪比 $SNR=23.98$ 。经过滤波，图象的信噪比虽有所降低，但大大改善了图象的主观质量。



图5 指纹原图象(256×256)



图6 指纹图象的方向图



图7 二维分形分块编码，边长为16



图8 一维分形分块编码，边长为16



图9 方向滤波后的指纹图象

4 总结

对于分形图象压缩编码在指纹图象中遇到的困难,本文提出了先将数据进行排列,然后再进行一维分形压缩编码的算法。实验和理论都证明了该方法对纹理图象特别有效。它不仅可以提高图象的压缩比,同时还将数据的恢复误差沿纹理方向上分布,从而保护了图象的纹理信息,提高了图象恢复的质量。对结果图象进行方向滤波可以有效的去除图象的块效应,同时还保护了图象的纹理特点。该方法还可以应用到其它类似的图象的编码方法中去。

参考文献

- 1 Monro D M, Dudbridge F. Fractal Block Coding of Images. *Electronics Letters*, 1992, 28(11).



王文渊 清华大学自动化系教授,博士生导师。目前主要的研究领域为图象处理,模式识别,数字通信等。已发表论文 50 余篇。

- 2 Jacquin A E. Image Coding Based on Fractal Theory of Iterated Contractive Image Transformations. *IEEE trans. on Image Processing*, 1992, 1(1).
- 3 Methre B M, Mrthy N N, Kapoor S. Segmentation of Finger Point Images Using the Direction Image. *Pattern Recognition* 1987, 20(4): 429~345.
- 4 Lawrence, Gormen O. An Approach to Finger Point Filter Design. *Pattern Recognition*, 1989, 22(1): 29~38.
- 5 王东生,曹磊. 混沌、分形及其应用. 合肥:中国科学技术大学出版社。
- 6 Jacquin A E. A Novel Fractal Block Coding Technique for Digit Image. *Proc. Internat. Conf. Acoust Speech Signal Process*, 1990, 2225~2228.



卓晴 清华大学自动化系讲师,1997年获博士学位。目前主要研究领域为图象处理,模式识别。已发表论文 10 余篇。

阎平凡 1955年毕业于清华大学电机系,现为清华大学自动化系教授,博士生导师。主要感兴趣领域为:人工神经网络、模式识别与智能控制。

Fingerprint Image Compress Method Based on Fractal Model

Zhuo Qing, Wang Wenyan, Yan Pingfan

(Tsinghua University Automation Department, Beijing 100084)

Abstract Because fingerprint image is composed of strip, it is difficult to increase compress ratio by traditional fractal compress method based on block-IFS. A new fractal compress method is presented. At first the image block data is formed into a serial data according to the direction of the strip. And then the data is coded by fractal image compress method in one dimension. The theory analysis and experiment results show that this approach can increase image compress ratio and improve the quality of the recovered image. At last a method to eliminate the block-effect based on direction filter is presented.

Keywords Fingerprint, Fractal, Image compression, Strip direction