

# 一种基于自适应预测的医学图像高效无损压缩方法

张晓玲, 沈兰荪

(北京工业大学信号与信息处理研究室, 北京 100022)

**摘要:** 随着数字化医学图像海量的增长及 PACS 系统的广泛应用, 对医学图像进行高效的无损压缩已成为广泛关注的问题. 本文提出一种基于自适应预测的无损压缩方法, 该方法利用神经网络模型自学习的能力, 自适应的调整预测器的预测系数. 实验表明, 该方法能有效去除 X 线医学图像的空间相关性, 还能同时去除彩色医学图像的空间和谱间相关性, 取得较高的压缩比, 且编解码速度较高.

**关键词:** 医学图像; 无损压缩; 神经网络; 自适应编码

**中图分类号:** TP391.4      **文献标识码:** A      **文章编号:** 0372-2112 (2001) 12A-1914-03

## An Efficient Lossless Medical Image Compression Method Based on Adaptive Prediction

ZHANG Xiao-ling, SHEN Lan-sun

(Signal & Information Processing Lab., Beijing Polytechnic University, Beijing 100022, China)

**Abstract:** With the rapid increase of digitized medical image and wide application of PACS, efficient lossless medical image compression method has been highly desired. In this paper, a lossless compression method, based on adaptive prediction, is presented. This method uses neural network model to modify the prediction weight. As a result, the algorithm can remove the redundancy of X-ray medical images adaptively. In addition, it can simultaneously exploit the spatial and spectral correlation of colored medical images. Experimental results have proven the effectiveness and efficiency of this algorithm.

**Key words:** medical image; lossless compression; neural network; adaptive coding

### 1 引言

随着信息技术的发展, 特别是以计算机网络为基础的 PACS (picture archiving and communication systems, 图像归档与传输系统) 系统的广泛应用, 数字化的医学图像在医学图像中所占比例越来越大, 与有限的存储空间和传输带宽的矛盾日益突出, 寻求有效的图像压缩方法已成为广泛关注的一个问题. 图像的有损压缩影响诊断的准确性, 难以为医学界接受. 在临床应用, 一般要求对图像采用无损压缩方法, 以实现医学图像的快速传输, 同时保持相关的诊断信息. 因此, 高效的无损压缩方法是医学图像数字化进程中的一项关键技术.

无损压缩<sup>[1]</sup>要求图像在编解码过程中保证信息不丢失, 从而可以精确无损的重建原始图像. 近年来, 无损压缩受到了越来越多的关注, 出现了很多较好的方法<sup>[2-4]</sup>. 无损压缩通常分两步实现<sup>[5]</sup>, 去相关和熵编码. 在各种去相关方法中, 预测技术是最简单有效的一种<sup>[6,7]</sup>, 它基于已经编码的某些像素集来预测待编码像素的值, 预测误差将有较小的熵. 从国内外研究进展来看, 基于自适应预测方法是无损压缩的一个重要方向<sup>[2,8,9]</sup>. 国际标准 JPEG<sup>[10]</sup>的无损模式采用的是 3 邻点预测模型, 提供八种固定预测器; 而新制定的连续色调图像的无

损/近无损压缩国际标准 JPEG IS<sup>[11]</sup>所采用的核心算法 LOCO-I<sup>[3]</sup> (Low COmplexity LOssless COmpression for Image), 是一种基于上下文预测的自适应无损压缩方法.

应该指出的是, 由于各类图像特征不同, 没有一种单一的预测器能适用于不同的医学图像<sup>[12]</sup>. 我们应做的是针对图像的特点, 建立相应的预测模型, 以获得较好的压缩效果. 为此, 本文提出一种基于神经网络的自适应预测方法, 能够在编码过程中自适应的调整预测系数, 提高预测精度, 压缩效果较好. 对于谱间相关性较大的彩色图像, 该方法还能够有效的同时去除空间和谱间冗余, 有明显的压缩效果.

### 2 基于神经网络的自适应预测的无损压缩方法

神经网络具有自学习、自组织、自适应的能力, 神经元之间的连接强度将随外部激励信息而自适应调整. 我们采用的是文[13]中的双层感知器模型, 预测关系为

$$Y = f(\sum W_i X_i - h) \quad (1)$$

其中输入神经元  $X_i$  为邻近像素, 连接权系数  $W_i$  为预测系数,  $h$  为阈值,  $f(\cdot)$  为激励函数, 这里取线性函数  $f(x) = x$ , 输出神经元  $Y$  为预测值.

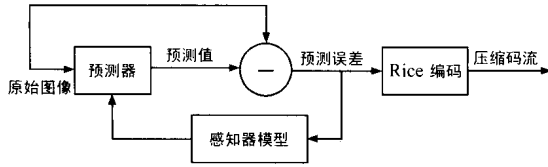


图 1 无损压缩实现框图

实际编码框图如图 1 所示。编码时, 将待编码像素和预测像素集输入到预测器, 由公式 (1) 计算得到预测值, 预测值与实际值进行比较, 得到预测误差, 并对误差值进行 Rice 编码<sup>[14]</sup>, 得到输出码流。同时, 将预测误差反馈给感知器模型, 利用 Delta 学习算法来修正预测系数, 将修正后的预测系数送入预测器。从而为下一个待编码像素提供更准确的预测, 使误差图像的熵值降低, 获得更好的压缩效果。其中, Rice 编码是一个对较宽的熵条件都有效的自适应无损压缩算法, 简单快速, 编码效率接近算术编码器。本算法中, Rice 编码参数  $k$  值是由前一个像素的预测误差来估计的。

X 线医学图像的分辨率较高, 很难找到一个固定的预测器来有效的去除整幅图像的冗余, 也无需寻求全局最优的预测系数。但图像的局部像素相关性是相似的, 相邻像素的预测系数也是相似的, 且像素灰度变化比较缓慢。上述编码过程

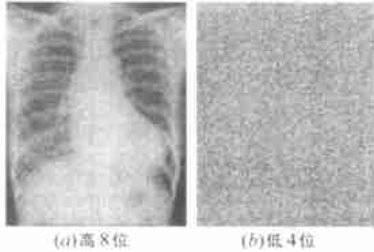


图 3 X 线胸片 Breast 1

### 3 实验结果及讨论

我们采用的第一组实验图像为激光扫描 X 线胸肺片, 分辨率如表 1, 原图的灰度级为 12bpp (bits per pixel), 我们将其量化为 8bpp, 也就是只对高八位进行压缩, 保留低四位不压缩。原因是四个低位基本上表示为噪声过程, 实际上不可压缩<sup>[8]</sup>。图 3(a) 为 Breast1 的高八位图像, 图 3(b) 为其低 4 位图像, 从图 3(b) 中很难分辨图像的结构。第二组实验图像为彩色医学图像, 图 4(a)(b)(c) 分别为谱间相关性较大 Color1 图像的 R、G、B 分量图像。表 1 给出了第一组图像的实验结果, 表 2 为第二组图像的实验结果。其中, B-JPEG 为无损 JPEG 建议的 8

表 1 X 线胸片的无损压缩的 bit/pixel 比较

图像(分辨率)	B-JPEG	LOCO-I	Proposed-2D
Breast1(1700*2236)	3.73	3.65	3.68
Breast2(1700*2236)	3.61	3.49	3.51
Breast3(1693*2243)	3.69	3.58	3.61
Breast4(1700*2243)	3.73	3.64	3.68
Breast5(1693*2250)	3.73	3.61	3.65
Breast6(1707*2236)	3.56	3.46	3.47
平均	3.68	3.57	3.60

中, 感知器模型的学习和工作过程是同时进行的, 即已编码像素的学习结果为待编码像素的工作参数, 符合了该图像的特点, 提高了预测精度, 并节约了编码时间。该算法的另一个优点是, 可以根据实际情况, 灵活的选取相关性较大的预测像素集, 预测系数则由感知器模型自适应得到, 从而有效的去除冗余。例如, 对于二维灰度图像, 选取四个邻点作为预测集, 如图 2(a) 所示; 对于三维图像, 可选取当前波段和相邻波段的邻点共同作为预测集<sup>[15]</sup>, 如图 2(b) 所示。其中  $x$  为预测邻点,  $y$  为待编码像素。

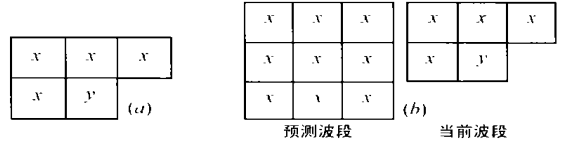


图 2 (a) 二维预测器; (b) 三维预测器

彩色医学图像可视为由 RGB 三波段组成的三维图像。综合考虑彩色图像的空间和谱间相关性, 用待编码像素同一波段的邻近像素和预测波段的邻近像素同时预测, 可获得较好的压缩比。实际编码时, R 波段独立编码, G 波段的预测波段为 R 波段, B 波段的预测波段为 G 波段。

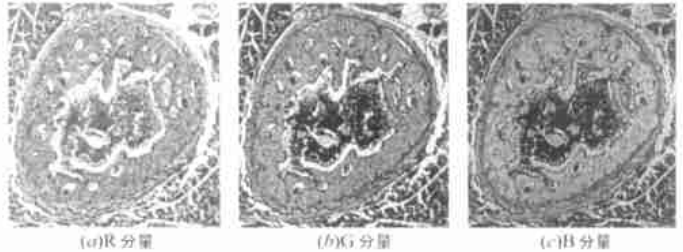


图 4 彩色图像 marrow

个预测器中最好的一个预测器和算术编码, LOCO-I 为 JPEG-LS 的核心算法, Proposed 2D 本文提出的算法并采用图 2(a) 预测器, Proposed 3D 为本文提出的算法并采用图 2(b) 预测器。

表 2 彩色医学图像无损压缩的 bit/pixel 比较

彩色图像(分辨率)	B-JPEG	LOCO-I	Proposed 2D	Proposed 3D
Color1(375*420)	R	6.71	5.93	6.45
	G	6.84	6.22	6.39
	B	6.77	6.17	6.40
	合计	20.32	18.32	19.24
Color2(512*480)	R	4.57	3.93	4.18
	G	3.96	3.75	3.92
	B	3.28	3.74	3.95
	合计	11.81	11.42	12.05

由以上数据可见, 本文中提出的自适应预测编码方法, 对 X 线胸片, 压缩比及压缩速度明显优于 B-JPEG, 与 LOCO-I 方法相比, 压缩比略低, 但压缩速度能提高一倍以上。这是因为, B-JPEG 算法首先要用 8 个预测器分别对图像进行去相关, 寻找最优预测器, 然后再进行算术编码, 导致编码速度降低, 特别对于分辨率较高的图像, 不同区域的相关性是不同的, 很难有一个全局最优的预测器, 所以压缩比不高。本方法利用感知器模型, 根据邻近像素的相关性自适应调整预测系数, 预测误

差采用快速有效的 Rice 编码,对图像扫描一次,预测和编码同时完成,预测精度和编码速度均优于 B JPEG. LOCO-I 算法在一次预测完成后还要搜索 365 个上下文进行二次预测来修正预测值,该搜索过程导致编解码速度降低;本方法只有一次自适应预测过程,压缩比略低于 LOCO-I,但速度明显提高.另外,对谱间相关性较大的彩色图像,Proposed 3D 的压缩效果优于 Proposed 2D,对于部分图像如 Color1, Proposed 3D 压缩效果能明显优于 B JPEG 和 LOCO-I. 实验中发现,对谱间相关性较小的彩色图像,Proposed 3D 的效果则不明显.因此,本方法可根据实际情况调整预测像素集,有效去除谱间相关性较大的三维图像谱间冗余,提高编码效率.

#### 参考文献:

- [ 1 ] 沈兰荪. 图像编码与异步传输 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 1998.
- [ 2 ] B Carpentieri, M J Weiberger, G Seroussi. Lossless compression of continuous tone images [J]. Proc. IEEE, 2000, 88(11): 1797-1809.
- [ 3 ] M J Weinberger, G Seroussi, G Sapiro. The LOCO-I lossless image compression algorithm: principles and standardization into JPEG-LS [Z]. HPL-98-193, Nov. 1998.
- [ 4 ] S Wong, L Zaremba, D Gooden, H K Huang. Radiological image compression: A review [J]. Proc. IEEE, 1995, 83(2): 194-219.
- [ 5 ] L Shen, R M Rangayyan. A segmentation based lossless image coding method for high resolution medical image compression [J]. IEEE Trans. Medical Imag., 1997, 16(3): 301-307.
- [ 6 ] N Memon, X Wu. Recent developments in context based predictive techniques for lossless image compression [J]. The Computer Journal, 1997, 40(2/3): 127-136.
- [ 7 ] C Lee. Lossless adaptive differential coding of images [J]. SPIE vol. 2418: 2-7.
- [ 8 ] T V Ramabadran, K Chen. The use of contextual information in the reversible compression of medical images [J]. IEEE Trans. Medical Imag., 1992, 11(2): 185-195.

- [ 9 ] X Wu. Lossless compression of continuous tone images via context selection, quantization, and modeling [J]. IEEE Trans. Image Processing, 1997, 6(5): 656-664.
- [ 10 ] R B Arps, T K Truong. Comparison of international standards for lossless still image compression [J]. Proc. IEEE, 1994, 82(6): 889-899.
- [ 11 ] ISO/IEC. Information technology lossless compression of continuous tone still images [S]. 14495-1, ITU Recommendation T.87, 1999.
- [ 12 ] J A Storer, H Helgott. Lossless image compression by block matching [J]. The Computer Journal, 1997, 40(2/3): 137-145.
- [ 13 ] 张晓玲, 毋立芳, 沈兰荪. 基于感知器的遥感图像无损压缩编码 [J]. 电子与信息学报, 2001, 23(7): 712-715.
- [ 14 ] R F Rice. Some practical universal noiseless coding techniques [M]. Jet Propulsion Laboratory, JPL Publication 79-22. Pasadena, California, Mar. 1979.
- [ 15 ] B Aiazzi, P Alba, L Alparone, S Baronti. Lossless compression of multi/hyperspectral imagery based on a 3-D fuzzy prediction [J]. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 1999, 37(5): 2287-2294.

#### 作者简介:



张晓玲 女. 1971 年 3 月出生于山东. 北京工业大学信号与信息处理研究室硕士研究生. 主要研究领域为图像压缩和神经网络.

沈兰荪 男. 1938 年 6 月出生于江苏苏州. 教授, 博士生导师. 主要研究方向为智能化信息处理. 已发表论文 200 余篇, 出版“图像编码与异步传输”等专著 11 本.