

基于感知器的遥感图像无损压缩编码¹

张晓玲 毋立芳 沈兰荪

(北京工业大学信号与信息处理研究室 北京 100022)

摘要 无损压缩在遥感领域有极其重要的作用。该文提出一种基于感知器模型的遥感图像无损压缩编码方法,该方法利用感知器具有学习能力的特点,自适应地调整图像的预测系数,对遥感图像进行空间和谱间去相关,然后进行熵编码。实验表明,对于多波段的遥感图像,该方法的压缩效果明显优于无损 JPEG(Joint of Picture Expert Group) 最优预测模式。

关键词 神经网络,感知器,无损压缩编码,自适应预测

中图分类号 TP751

1 引言

近年来,随着航天遥感技术的迅速发展,遥感数据在空间分辨率、光谱分辨率、时间分辨率上大大提高,给数据的处理、存储和传输带来很重的负担。特别是数百波段的高分辨率成像光谱的巨大数据量已成为该技术普及和推广应用的巨大障碍^[1]。在遥感领域,研究高效的无损压缩方法受到国内外广泛的关注。

与一般图像不同,遥感图像有其自己的特点:一是空间局部相关性较弱,信息熵较高,纹理丰富复杂;二是遥感图像一般为多波段的,即同一景在几个电磁波谱的谱段上成像,谱段之间具有谱相关性。每一组多频谱图像都可视为三维数据的集合,两个空间维和一个谱间维。图像的无损压缩方法可分为两步,首先是建模,即通过模型降低原始数据的相关性。然后进行熵编码,使用较少的比特表示原始数据。建模或者去相关的方法一般是变换法,如 DCT (Discrete Cosine Transform)、WT(Wavelet Transform),或预测方法,如 DPCM (Differential Pulse Code Modulation)。对残差图像的熵编码,常用 Huffman 编码、算术编码、游程长编码、Golomb 编码及 LZW(Lempel-Ziv-Welch) 编码方法等^[2,3]。

近年来,无损压缩编码研究,出现了许多新的方法^[4-7],基于预测的方法特别适用于数据样本表示连续变化的自然物理过程,该方法是最古老也是最成功的压缩方法之一,已成为无损压缩编码的一个重要方向。在传统的预测方法中^[7],预测系数是固定的。但是,不同的图像有不同的特点,不同的相关系数对应于不同的最佳预测系数。为此本文提出一种基于感知器^[8]模型的预测方法,就是根据不同的图像,自适应地确定预测系数。该方法二维预测压缩效率比无损最优 JPEG 提高 4~9%,三维预测的压缩效率比二维预测提高 4~9%。

2 基于感知器的预测器的原理和结构

50 年代后期, F.Rosenblatt 提出了具有自学习能力的感知器 (Perceptron) 神经网络模型,用以模拟动物或人脑的感知和学习能力。它是一种具有分层型神经网络结构,神经元之间有自适应权连接。网络构造中存在着随机连接,它的学习过程是改变神经元之间的连接强度,模型的学习环境是有噪声的。感知器的结构如图 1 所示。

图 1 中, X_i 为第 i 个输入神经元, Y^* 为输出神经元, W_i 为第 i 个输入神经元 X_i 与输出神经元 Y^* 的连接权系数。感知器的输出值 Y^* 为

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

其中 $f(\cdot)$ 为激励函数, h 为阈值。

¹ 2000-03-06 收到, 2000-07-07 定稿
国家部级基金资助项目 (编号为 98J20.0.0QT0101)

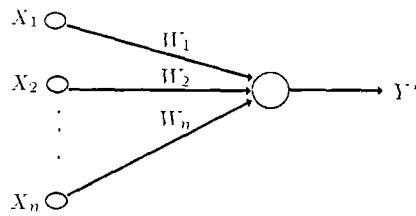


图 1 感知器的结构图

在基于感知器的预测方法中，我们设 X_i 为预测像素的值， W_i 为预测系数， Y 为当前像素的预测值，取激励函数 $f(x) = x$ 。在感知器的学习过程中，我们以实际图像为学习样本，根据实际输出 Y 与预测值 Y^* 之间的误差不断调整参数 W_i 和 $h^{[8]}$ ，学习结束后的网络将连接权系数，即预测系数 W_i 记忆下来。当网络输入某一组预测像素时，网络将以 (1) 式计算出预测值 Y^* ，然后计算实际输出 Y 与预测值 Y^* 之间的差值，获得熵值较小的残差图像，最后对残差图像进行熵编码，即可得到压缩码流。

基于上述思想，我们设计了两组实验。实验一对图像进行二维预测，去除遥感图像的空间相关性。二维预测器由四个预测像素 X 和当前像素 Y 组成，如图 2 所示。实验二对图像进行三维预测，同时去除遥感图像的空间相关性和谱间相关性。三维预测器由预测波段的九个预测像素 X 和当前波段的四个预测像素 X 及当前像素 Y 组成，如图 3 所示。



图 2 二维预测器模型

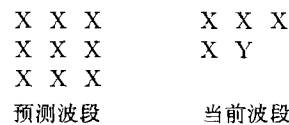


图 3 三维预测器模型

3 实验结果

我们所使用的实验图像为五个波段的 AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer) 图像，以及七个波段的 TM(Thematic Mapper) 图像，图像分辨率为 512×512 ，像素灰度级均为 8bpp(bit per pixel)。为节约篇幅，这里仅给出两组实验数据。图 4(a)、4(b) 分别为 AVHRR 和 TM 的第一波段图像。表 3 和表 4 分别给出了对 AVHRR 图像和 TM 图像压缩后的 bpp 对比结果，基于感知器的二维预测、三维预测及 JPEG 的 8 个预测器中最好的一个进行比较。信息熵编码均采用算术编码方法。

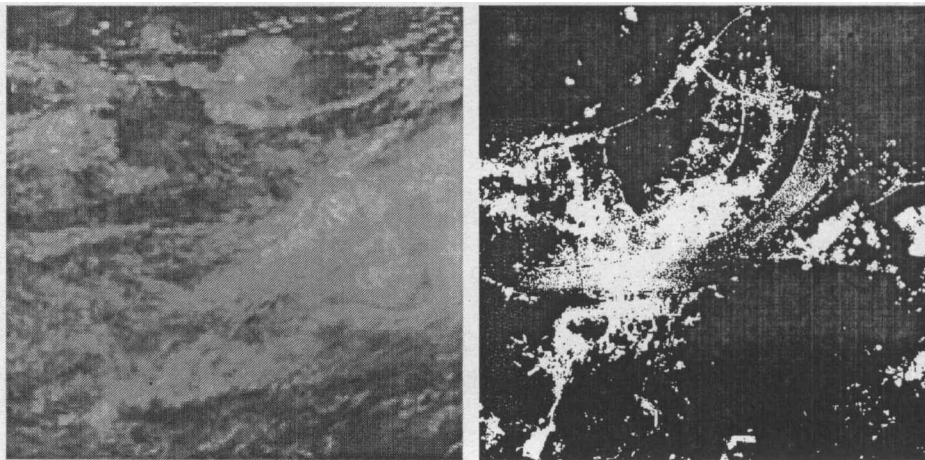
不同波段图像之间的相关性是不一致的^[9]，在实现三维预测时，实验中采用的 AVHRR 和 TM 图像的波段预测顺序分别如表 1 和表 2 所示。

表 1 AVHRR 图像的波段预测顺序

编码波段	第 1 波段	第 2 波段	第 3 波段	第 4 波段	第 5 波段
预测波段	第 2 波段	仅作二维预测	仅作二维预测	第 5 波段	仅作二维预测

表 2 TM 图像的波段预测顺序

编码波段	第 1 波段	第 2 波段	第 3 波段	第 4 波段	第 5 波段	第 6 波段	第 7 波段
预测波段	第 2 波段	第 3 波段	仅作二维预测	第 5 波段	第 7 波段	仅作二维预测	第 3 波段



(a) AVHRR 第一波段

(b) TM 第一波段

图 4 实验图像

4 结束语

由表 3 和 4 中的结果可以看出, 本文提出的基于感知器的无损压缩编码方法能有效地消除图像的空间相关性和谱间相关性, 二维预测及三维预测的压缩效率均明显提高。由于该方法的编码过程包括学习过程, 编码速度较慢, 不适合要求有实时性的场合。实验表明, 平均来讲, 与无损 JPEG 方法相比, 二维预测的编码时间一般长 50% 左右, 三维预测较二维预测的编码时间长 50% 左右, 而解码时间相当。因此, 该方法适合于航片或卫片等静止图像处理后的存储。

值得指出的是, 本文提出的预测方法仅仅是线性的, 并没有充分去除图像的相关性。在下一步的研究工作中, 如果利用神经网络的非线性性质, 将有可能获得更好的预测及压缩效果。

表 3 AVHRR 图像实验结果

AVHRR 图像	最优 JPEG		二维预测		三维预测	
	平均码长	压缩比	平均码长	压缩比	平均码长	压缩比
第 1 波段	4.67	1.71	4.24	1.89	3.54	2.26
第 2 波段	3.37	2.37	3.95	2.03	3.95*	2.03*
第 3 波段	4.88	1.64	4.60	1.74	4.60*	1.74*
第 4 波段	3.78	2.12	3.37	2.37	3.29	2.43
第 5 波段	3.44	2.33	3.03	2.64	3.03*	2.64*
平均	4.03	1.99	3.84	2.08	3.68	2.17

表 4 TM 图像实验结果

TM 图像	最优 JPEG		二维预测		三维预测	
	平均码长	压缩比	平均码长	压缩比	平均码长	压缩比
第 1 波段	3.68	2.17	3.37	2.37	3.08	2.60
第 2 波段	3.20	2.50	2.84	2.82	2.25	3.56
第 3 波段	4.00	2.00	3.63	2.20	3.63*	2.20*
第 4 波段	4.96	1.61	4.56	1.75	4.38	1.83
第 5 波段	5.51	1.45	5.12	1.56	4.53	1.77
第 6 波段	1.19	6.72	1.19	6.72	1.19*	6.72*
第 7 波段	3.89	2.06	3.57	2.24	3.31	2.42
平均	3.74	2.14	3.44	2.33	3.15	2.54

注: 表 3 和表 4 中, 数字后的 * 表示该结果为二维预测的结果

参 考 文 献

- [1] 陈述彭, 童庆禧, 郭华东, 遥感信息机理研究, 北京, 科学出版社, 1998, 148-156.
- [2] 沈兰荪, 图像编码与异步传输, 北京, 人民邮电出版社, 1998, 18-44.
- [3] S. W. Golomb, Run-length encoding, IEEE Trans. on Information Theory, 1966, IT-12(), 399-401.
- [4] S. Wong, L. Zaremba, D. Gooden, H. K. Huang, Radiological image compression—A review, Proc. IEEE, 1995, 83(2), 194-219.
- [5] M. F. Carreto-Castro, Comparison of lossless compression techniques, Proc. of the 36th Midwest Symposium, 1993, 1268-1270.
- [6] N. D. Memon, K. Sayood, Lossless image compression, a comparative study, SPIE, Vol.2418, 1995, 8-20.
- [7] R. B. Arps, T. K. Truong, Comparison of international standards for lossless still image compression, Proc. IEEE, 1994, 82(6), 889-899.
- [8] 胡守仁, 神经网络导论, 长沙, 国防科技大学出版社, 1993, 77-96.
- [9] S. R. Tate, Band ordering in lossless compression of multispectral images, IEEE Trans. on Computers, 1997, C-46(4), 477-489.

REMOTE SENSING IMAGE LOSSLESS COMPRESSION
BASED ON PERCEPTRON

Zhang Xiaoling Wu Lifang Shen Lansun

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

Abstract Image lossless compression plays an important role in the remote sensing field. A new lossless coding algorithm based on perceptron is studied in this paper. The prediction coefficients can be adaptively adjusted by this model. Consequently both spacial and spectral correlation can be reduced. Experiments show that the algorithm is effective for remote sensing image.

Key words Neural network, Perceptron, Lossless compression, Adaptive prediction

张晓玲: 女, 1971年生, 硕士生, 主要研究领域为图像压缩和神经网络.
毋立芳: 女, 1970年生, 博士生, 主要研究领域为图像压缩与图像重建.
沈兰荪: 男, 1938年生, 博士生导师, 主要研究领域为智能化信息处理.