

遥感图象多模式自适应量化压缩法

周孝宽 张京

(北京航空航天大学, 北京 100083)

摘要 针对遥感图象随机性强,相关性差以及遥感图象数据采集速率高的特点,提出了根据图象局部区域纹理特征的复杂程度区别对待的自适应按块量化压缩编码的思想,并在此基础上构成多模式自适应量化压缩模型。计算机仿真结果表明,在压缩比为4的条件下,上述模型的压缩速度与恢复图象精度均明显优于国际静图压缩标准 JPEG 所得的结果。

关键词 图象压缩,自适应量化,遥感图象

1 引言

随着科学技术的发展,各类星载传感器的分辨率越来越高,遥感图象的数据采集速率也越来越大,已远远超过了数据传输信道的可用传输速率,也就是说,数据的采集速率与传输速率的矛盾日益激化,而遥感图象原始数据高保真实时压缩正是缓解这一矛盾的有效途径。遥感图象原始数据高保真实时压缩隐含着:

(1)经压缩后解压的遥感图象保真度高(失真度小)。

(2)压缩方法运算简便,便于用硬件可靠地实现实时压缩。

本文针对上述遥感图象实时压缩的特殊要求,提出了一种实现遥感图象4倍压缩的多模式自适应量化压缩法。该方法恢复图精度高,在压缩比为4倍时,其压缩速度及恢复图象精度均明显优于国际静图压缩标准 JPEG^[1]的压缩结果。

2 JPEG 对压缩遥感图象的适用性分析

1991年制定的国际静图压缩标准 JPEG 目前已成为单幅图象压缩的通用压缩方法,并已广泛用

于图象信息产品。但应用效果并不理想,原因有3:

2.1 基于离散余弦变换(DCT)的 JPEG 压缩方法是一种借助于图象的局域相关性去冗余的图象压缩方法,因此它对局域相关性较强的图象(如人像及众多日常生活中的常见图象)压缩效果较好,而对那些局域相关性较弱的图象(如一些具有较多纹理细节的遥感图象)则压缩效果较差。在压缩倍数基本相同的条件下,恢复后的遥感图象的峰值信噪比比对应的人像的峰值信噪比低了约1分贝。说明 JPEG 压缩方法对遥感图象的压缩效果并不理想。

表1:人像与遥感图象用 JPEG 压缩方法压缩结果的比较

Table 1 The comparison of the compression results between portrait and remote sensing image with JPEG

图名	压缩比	峰值信噪比(dB)
人像	4.49	40.857
遥感图象	4.38	40.094

2.2 JPEG 压缩方法是一种将全图分成 8×8 的子块的分块压缩方法。若用这种方法压缩一幅典型图象,并对其恢复图象按 8×8 的子块逐块统计其相对于原图的平方误差(即恢复误差),则可得到不同纹理特征子块的恢复误差散布(表2)。可见用 JPEG 压缩方法压缩时纹理细节少(即较平滑,局域相关性大)的块恢复误差小;纹理细节复杂(即局部细节复

杂,局域相关性小)的块恢复误差大。纹理细节丰富的块往往包含着重要的遥感信息,因此纹理细节丰富的块有较大的误差也就意味着重要的遥感信息的损失。这是遥感图象压缩所不希望出现的现象。

表 2 一幅典型图象不同纹理特征的子块的恢复误差散布

Table 2 A typical distribution of restoring error of each different textured block in an image

K	4	6	8	11	15	18	24	32	37	43	45	52
ERR	260	388	466	700	905	1000	1525	2032	2107	2490	3070	4425

注:K 为描述纹理复杂度的测度, K 越大纹理越复杂,

ERR 恢复图象的子区相对于原图的恢复误差(方差)。

2.3 遥感图象区别于一般视频图象的另一个特点是其原始数据采集速率远高于一般视频图象的数据采集速率(约高一个数量级),并且遥感图象又是一种帧间基本不相关的动图,它不同于帧间相关性极强的一般视频图象。因此不仅基于 JPEG 及帧间相关而发展出来的动图压缩标准 MPEG 根本不适用于遥感图象压缩,而且为与遥感图象原始数据的高采集速率相匹配实现实时压缩,必须寻求比 JPEG 压缩方法运算量更少的压缩算法,才能实现实时压缩。综上所述,为要实现遥感图象高保真实时压缩, JPEG 压缩方法并不是理想的压缩方法。

3 多模式自适应量化压缩法

3.1 实现高保真压缩的途径

为要实现遥感图象高保真压缩,必须选取与遥感图象相适应的最佳压缩方案。所谓最佳指的是既能达到高保真(即恢复误差小)又便于实现实时压缩(即算法简便)的压缩方案。无失真压缩是一种最好的保真压缩方案,但由于典型的遥感图象局域相关性小,所能实现的无失真压缩比较低(一般小于 1.5),压缩效果不明显。为此只好放弃无失真压缩方案,采用有限失真压缩方案。实用的有限失真压缩方案的基本结构一般包括两部分,即原始图象数据去相关及去相关后的数据的无失真压缩。正是由于在原始图象数据去相关的过程中采用了不可逆的(有失真的)算法,才导致恢复图象有一定的失真。根据原始图象数据去相关的方法又可分为空域去相关与频域去相关两类。不论哪一类去相关方法,从实质上来说都是一种以损失原图象的空间分辨率或灰度

分辨率为代价以换取较高的压缩比的过程。一般情况下正是由于图象局域有较强的相关性所以可以用一幅空域或频域中去相关后的分辨率较低的图象近似地代替原图象而不致有显著的误差。常用的 JPEG 压缩方法与预测编码(DPCM)能有较好的压缩效果正是基于这一点。但对包含有较多的类似于阶跃的灰度跳变型的纹理特征的遥感图象来说,它既不可能用有限个余弦波的加权和来较准确地逼近,也不可能由相邻像素作出较准确的预测,例如对一幅较复杂的遥感图象若用 JPEG 压缩方法压缩时,当压缩比为 2.65 时,其峰值信噪比已降低到 38.5 分贝,若用预测编码压缩方法压缩时,当压缩比为 2 时,其峰值信噪比已降低到 39 分贝。上述压缩方法压缩效果不好说明了基于局域相关性的各种压缩方法对遥感图象都不是最佳的选择,或者说从原图象中提取某种较低分辨率的图象作为原图象的模型的途径不可取。有鉴于此,为要对遥感图象实现高保真压缩必须不能损失空间分辨率,必须使每个像素都保留足够的与允许的失真度相匹配的信息。

3.2 按等误差原则自适应量化的思想

在空间分辨率不变的条件下为要对原始图象数据作较大的压缩,只有适当降低图象的灰度分辨率,即适当降低遥感图象原始数据的量化级别。

由表 2 可以看出,遥感图象各子区(块)的纹理复杂程度在全图差别甚大,因此不能采用全图统一的一种量化级别的量化方案,而应根据纹理复杂程度区别对待,按纹理的复杂程度的高低不同分别采用由多到少的不同的量化级别。这样做不仅有利于对复杂的纹理区保留较多的信息,而且可以避免用 JPEG 压缩方法压缩时存在的纹理越复杂的块恢复误差越大的弊病。实现在全图对纹理复杂程度不同的子区恢复误差近似相等的等误差设计原则。

3.3 遥感图象多模式自适应量化压缩模型

等误差原则自适应量化必须具体化为可执行的算法才能实现图象压缩。为此须确定图象子区纹理复杂度的分类准则、图象子区类别数及压缩流程。

3.3.1 图象子区纹理复杂度的分类准则 在各种文献中已提出了许多纹理特征的描述方法,但本文中我们所关心的只是各图象子区纹理的复杂程度及计算简便,并不关心该图象子区纹理的具体特点。基于上述考虑本文选用子区的方差(MSE)作为图象子区纹理复杂度的描述,并按方差值的不同变化

区间将图象子区定义为不同纹理复杂度的类别。

3.3.2 三类子区的定义 对一幅典型的原始遥感图象数据按 4×4 的子区统计全图的方差散布(表 3)。由该表可见,方差较小的子区块数较多,方差较

大的子区块数较少但其散布范围较宽。为此从减少全图的总恢复误差出发按在方差较小的区段内分类间隔应

表 3 一幅典型图象的全图各子区的方差散布

Table 3 A typical variance distribution of each block in an image

方差值	0	1	2	3	4	5	6-10
子区块数	0	1203	6211	1618	793	599	1878
方差值	11-15	16-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
子区块数	1320	972	1066	468	185	40	23

小一些,量化级数可少一些;方差较大的区段内分类间隔应大一些,量化级数可多一些的原则分类。参照人的一般视觉特点,若全图的总恢复误差大于 40 分贝(即全图灰度方差小于 2)则图象判读人员察觉不到恢复图象与原图象的差别。据此将一幅图象的子区方案方差分为下列 3 类:

(a)平坦区 凡方差小于 2 的子区均划为平坦区,该类区域无明显的纹理特征,因此全区仅作一级量化。即认为该子区可足够近似的用子区的平均值来代替。

(b)准平坦区 凡方差大于 2 小于 5 的子区均划为准平坦区。该类区域包含有目视可察觉的较平缓的纹理,此类区域用两级量化,即每个象素用一位二进制码来描述。

(c)纹理区 凡方差大于 5 的子区均划为纹理区。由于该类区域所包含的方差范围很宽,所以它包含有复杂程度不同的各类纹理。由于这类子区纹理复杂,所以它必须用足够多的量化级别(即用足够多的二进制码位)才能对其作出较准确的描述。为此该类区域用 32 级量化,即每个象素用五位二进制码来描述。

3.3.3 压缩流程 具体压缩流程如下:

(a)将全图分为 4×4 的子区,依次计算各子区的方差。

(b)根据所得的方差值分别按下述方式编码:

——方差小于 2 的平坦区仅保存该子区灰度平均值。

——方差大于 2 小于 5 的子区仅保存子区灰度平均值及表示该区内每个象素灰度值高于或低于该区灰度平均值的一位二进制码。

——方差大于 5 的子区则通过灰度映射方式将每个象素的灰度由八位二进制码映射为五位二进制码。考虑到映射后的子区各象素

间仍有一定的相关性,为此对映射后的子区再在该区内相邻象素间作二维差分以减小映射后的数据间的相关性。

(c)对上述编码数据再用 Huffman 编码方法进一步作无失真压缩,即得到最终的多模式自适应量化压缩方法的压缩结果。

4 结果及分析

本文所述压缩方法经计算机实现后,得到了明显优于国际静图压缩标准 JPEG 的压缩结果,用本方法对典型人像 lena 及典型遥感图象的压缩结果与 JPEG 的对应压缩结果如表 4 所示。该表中的结果都是对 512×512 象素的图象在 486dx/66 微机上计算得到的。上述两种压缩方法对典型遥感图象压缩结果相对于原图的灰度误差散布统计如表 5 所示。由上述结果可见:

表 4 本方法与 JPEG 压缩方法的压缩结果比较

Table 4 The comparison of the compression result of the presented method with JPEG

压缩方法	图象名	压缩倍数	峰值信噪比 (dB)	压缩时间 (s)
JPEG	lena	3.87	41.59	2.64
本方法	lena	4.15	41.65	1.48
JPEG	遥感图 1	3.91	39.99	2.42
本方法	遥感图 1	4.44	42.03	1.43
JPEG	遥感图 2	4.02	40.44	2.64
本方法	遥感图 2	3.99	41.31	1.59

4.1 本方法所得结果的峰值信噪比均优于 JPEG 压缩方法所得结果。对遥感类图象提高尤为明显,约可提高 1~2 分贝,峰值信噪比的提高主要是像素灰度误差散布明显改善所致。由表 5 的结果可以看出,与 JPEG 压缩方法相比,用本方法后,有 36883 个像素的灰度误差由大于 3 降到小于 3,从而显著地改

善了恢复图象的质量。

速度,压缩时间约比 JPEG 压缩方法减少于 3/1。

4.2 本方法在提高精度的同时明显地提高了压缩

表 5 恢复图象对于原图的灰度误差散布统计

Table 5 Statistics of grey level differences of related pixel between original image and restored image

灰度误差	<-3	-3	-2	-1	0	1	2	3	>3
本方法	5440	25200	35245	43795	46867	42605	34182	22525	5285
JPEG	23449	16664	26260	40618	45927	39477	27078	16495	24177
本方法-JPEG	-18009	8536	8985	3177	940	3128	7104	6030	-18892

参考文献

- 1 Wallace G K . The JPEG still picture compression standard. Comm of tha ACM,1991,34(4):30~44.



周孝宽 北京航空航天大学教授。1958年毕业于北京航空学院。60年代从事飞行器设计的教学与研究工作。1979—1981年作为访问学者在美国南加州大学从事计算机应用研究工作。1984年回本校创建图象处理中心并任主任。重点研究各类图象的压缩编码技术、分形几何在图象领域中的应用及医用图象的处理与识别技术等。兼北京宇航学会和中国图象图形学会常务理事,中国计算机用户协会图象分会理事。

Remote Sensing Image Compression Based on the Multe-Mode Adaptive Quantization

Zhou Xiaokuan Zhang Jing

(Beijing University of Aeronautics, and Astronautics, Beijing 100083)

Abstract In account for the strong randomness, weak local correlation and extra-high data acquisition rate of the remote sensing image, a multi-mode adaptive quantization image compression method suitable for remote sensing image is presented in this paper. The basic idea of the method is to code each image sub-area using different quantization level based on the local texture complexity. This method is easy to implement and has better restored image quality compared with the JPEG's.

Keywords Image compression, Adaptive quantization, Remote sensing image