

文章编号: 1007-4619 (2002) 05-0343-09

基于自适应四叉树分割的遥感图像压缩算法

倪 林

(中国科技大学 电子工程与信息科学系, 安徽 合肥 230026)

摘 要: 遥感图像具有不同于一般图像的特点, 针对遥感图像对压缩算法的特殊要求, 提出了自适应四叉树分割算法实现图像的分块, 以各像块的均值近似表示该像块的灰度值, 从而以尽量少的数据获得对原始图像的最佳逼近, 再对逼近误差进行自适应分割和基于像块方差的自适应量化, 最后对各分量进行 Huffman 编码。实验表明, 本算法能表现出良好的实用性能, 比 JPEG 算法更适用于遥感图像的压缩。

关键词: 遥感图像压缩; 自适应四叉树分割, 自适应量化

中图分类号: TP391/TN911.73 **文献标识码:** A

1 引 言

卫星遥感在资源探测、环境监测、军事侦察等领域有着广泛的应用, 随着传感器技术的发展, 由其获得的遥感数据的空间和时间分辨率不断提高, 图像尺寸可达到 30000×30000 像素, 相应的遥感数据量也就急剧增加。另外, 目前遥感图像的采样率比一般的视频数据要高一个数量级, 数据速率高达几千 Mb/s^[1], 要使得这样高速率的数据在有限带宽的信道中传输, 就必须要进行压缩。

由于遥感图像自身的特点, 其空间、谱间和时间相关性都很小, 采用无损压缩方法, 一般只能取得 2 倍左右的压缩比^[2,3], 难以满足实际应用的要求, 因此, 在一些实用的遥感应系统, 就必须采用有损压缩方法^[4,5]。有损压缩可有效地提高压缩比, 但其致命的弱点就是有可能使得重要的遥感信息在压缩过程中丢失。为解决这一问题, 理想的方法就是在压缩前, 从遥感图像中将目标内容和背景等不重要的内容区别开, 对目标内容进行无损编码, 以保留目标信息, 对背景等内容采用有损编码, 以提高压缩比。但在此类方法中, 区分遥感图像的目标内容和背景内容需要实现图像处理以及模式识别算法, 有时还需要一定的先验知识, 这一过程的算法复杂度很高, 对于一些实时或准实时系统, 难以满足实际

应用的要求。为解决上述问题, 我们提出一种自适应编码方法。本方法在图像数据灰度层次上, 对图像的局部特征(如方差等)进行检测, 再根据检测结果对图像进行自适应块分割。对于局部相关性较强的区域(对应灰度变化平坦区), 在分割时采用尺寸较大的像块, 以有效去除图像数据的相关性, 进而提高压缩比; 对于相关性小、灰度变化较大的区域, 采用尺寸较小的像块, 以保留有用信息(这些区域中可能包含重要的特征)。对于不同的图像块, 采用不同的量化编码方法。

本文首先分析了遥感图像的特点及其对压缩算法的特殊要求, 其次, 介绍了基于四叉树分割算法的基本流程, 再分析算法各个环节的具体实现, 最后给出了实验结果。

2 遥感图像对压缩算法的特殊要求

2.1 遥感图像的特点

首先, 由于传感器分辨率的影响, 遥感图像的每个像素可能对应较大的地域范围, 即使是相邻的像素也可能包含不同的信息, 即像素间的局部相关性较小。从而减小了遥感图像的可压缩性, 这就是遥感图像压缩比普遍不高的根本原因。

其次, 一幅遥感图像往往覆盖较大的地域范围,

收稿日期: 2001-02-05; 修订日期: 2001-03-15

基金项目: 中国科技大学青年基金资助项目

作者简介: 倪林(1967—), 男, 副教授, 1996 年获清华大学模式识别与智能控制专业博士学位, 1996 年至今任教于中国科技大学电子工程与信息科学系, 研究领域为遥感图像压缩、处理, 模式识别, 数据融合等, 发表论文约 30 篇。

对应的地形地貌复杂。同一幅图像中会有人工建筑、农田、水域等不同特征,图像内容复杂。图 1 是一幅遥感图像中的不同尺寸像块的方差分布,从中可见,图像的进一步分割可显著减小像块的方差。

另外,遥感图像灰度分布不均匀,大像块的方差有可能小于小像块的方差,既存在灰度变化平缓的区域,又存在灰度变化较大的区域。这说明采用本文的自适应分割方法,可能取得比较好的效果。

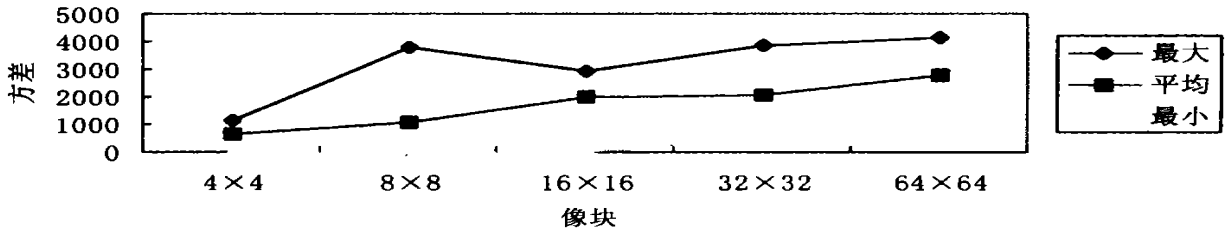


图 1 不同尺寸像块的灰度方差分布

Fig.1 Distribution of gray-level variances of image blocks with different size

最后,在遥感图像中,人们感兴趣的目标可能表现为各种图像特征,即可能为灰度变化平缓区,又可能为纹理区。这就要求压缩算法同样对待灰度变化平缓区和纹理区,使编码误差在这些区域中能均匀分布。

2.2 JPEG 算法存在的缺陷

用 JPEG 算法对自然图像进行有损压缩时,能取得很好的客观和主观图像质量。但若用于遥感图像压缩,就表现出一定的缺陷。首先,从理论上来说,在分块编码时,对于灰度变换平缓的区域应选择较大的像块,以提高压缩比;而对灰度变化剧烈的区域,应采用较小的像块,以减小编码误差。而 JPEG 采用固定尺寸的像块,不能自适应于遥感图像复杂的图像内容。其次, JPEG 算法压缩量的提高有赖于其中的量化环节,而量化误差主要集中在 DCT 系数的高频分量上,高频分量的损失意味着图像中纹理细节的丢失。可见这种量化策略能很好地适应人的视觉特性(人眼对细节特征不敏感),但却不适用于遥感图像。因为在遥感图像中,纹理细节往往含有重要的目标信息,这就要求在量化编码时,同样对待细节成分和低频成分。

2.3 遥感图像对压缩算法的要求

根据遥感图像的特点,针对 JPEG 算法存在的缺陷,我们提出了基于四叉树分割的遥感图像压缩算法。该算法能反映出遥感图像的特殊要求。首先,由于遥感图像内容复杂,要求压缩算法能自适应于图像内容,这在算法中体现为自适应的四叉树分

割方法;其次,由于遥感图像要求量化中的噪声整形 (Noise Shaping) 能平等对待细节成分和低频成分,因此,在算法中,根据不同像块数据的动态变化范围(可用像块内系数的方差来定量表示),采用不同的量化策略。

3 基于自适应四叉树分割的压缩算法

在图像编码方法中,变换编码是一种很有效的编码方法,它将原始图像数据分割成不同的频率成分,再根据各个频率分量的不同意义,采用适当的量化和编码方法。在变换编码方法中,最常用的有离散余弦变换(DCT)和小波变换(WT)。基于 DCT 的编码方法,一般是采用固定尺寸的分块变换,变换系数的个数等于原始像块系数的个数,可见,变换本身不能减少数据量。另外,在实际的图像中,对于灰度值等于常数的像块,用一个系数(对应 DCT 系数的低频分量)就可以准确地表达该像块的内容,若此时采用 DCT 就难免“画蛇添足”。而在小波变换中,对平均分量的每次抽样都是均匀的,例如,对于 8×8 的局部区域,假设其中的 64 个系数值均相等,则小波变换共需要 3 次抽样和 21 个数据才能实现对原始像块的连续逼近,而实际上只需用一次($\frac{1}{64}$)抽样和一个数据就可表达原始像块的全部信息。DCT 和 WT 的上述缺陷,显然不利于对复杂的遥感图像数据的有效表示。变换编码的另一个突出缺点就是运算量大,这对于有实时性要求的遥感图像压缩来说,显然是非常不利的。可见,基于变换编码的 JPEG

算法,不能很好地满足遥感图像压缩的要求。

针对变换编码的上述特点,我们提出了基于自适应四叉树分割的编码算法,算法的基本流程如图 2,解

码过程是相应算法的逆过程。从图 2 可见,本算法包括自适应四叉树分割,均值图像的生成和编码,残差图像的自适应分割和自适应量化,混合数据的熵编码。

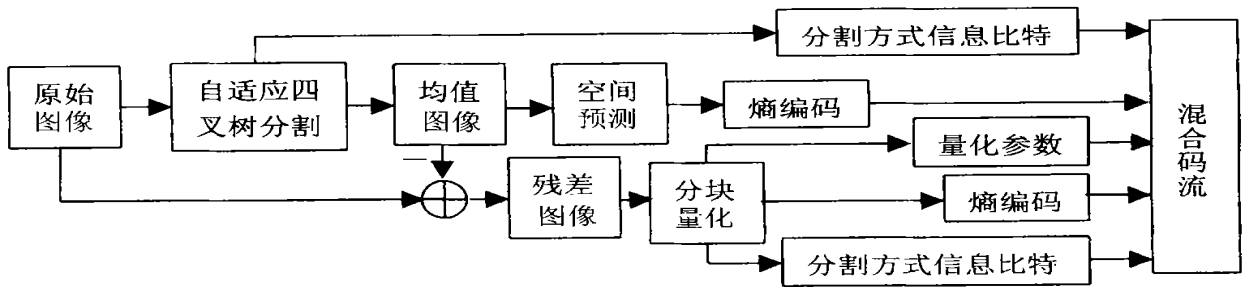


图 2 自适应分割编码算法

Fig.2 The coding algorithm based on the adaptive partitioning

3.1 自适应四叉树分割

其中的自适应四叉树分割,是为了以最少的数据量,得到各个像块的均值,从而获得对原始图像的最佳逼近。减小均值的数据量和减小逼近误差是相互矛盾的,两个极端的情况是,当以整个图像的均值逼近原始图像时,虽然只用了一个数据,但逼近误差很大;当以每个像素作为一个像块,以当前像素值作为像块均值去逼近时,逼近误差虽为零,但数据量则未减少。为了以最少的数据量获得对原始图像的最佳逼近,就需要充分考虑图像本身的特性,而对图像进行自适应块分割。我们以像块的方差和均值作为图像分割的特征,其分割算法如图 3。

在分割算法中,根据图像的不同内容,确定最大最小像块的尺寸。实验表明当像块的尺寸足够大时,不同像块间的方差差别不大。当某尺寸像块方差的方差大于某个阈值时,该尺寸即被确定为像块的最大尺寸,实验表明该尺寸往往接近图像中目标的尺寸。当像块尺寸减少到一定程度时,像块方差的方差会小于某个阈值,此时的像块尺寸被确定为最小像块尺寸。一般情况下,最大尺寸选为 32×32 ,最小尺寸选为 4×4 。

确定像块是否继续分割,需要考虑两个因素。首先,若当前像块的方差大于方差阈值,则继续分割;其次若像城方差小于阈值,则考虑当前像块中最小子像块(4×4)的均值是否都小于给定的阈值,否则继续分割。其中的方差阈值随着像块尺寸减小而相应减小,本算法中,最大方差阈值小于 160。均值阈值 T_M (一般小于 216)。

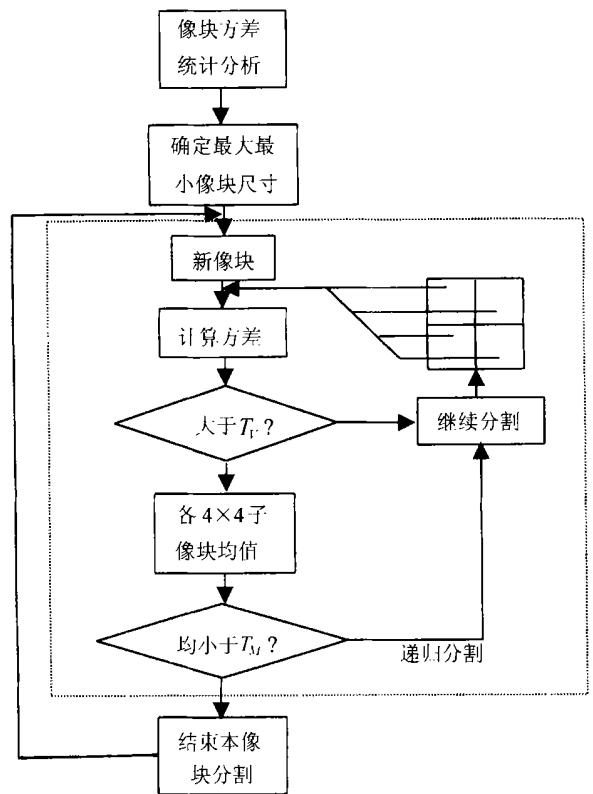


图 3 图像的四叉树自适应分割算法

Fig.3 The algorithm of adaptive quadtree partitioning

树的递归遍历算法实现。分割的结果对应着一个四叉树。对于深度为 4 层的分割,最多需要 21 比特就可记录每一个最大像块的四叉树分割方式。将各个最大像块的分割方式信息比特传输到解码端,在解码时,就可得到整个图像的分割方式。图 4 的数据取自 1991-06-24 里斯本泰吉河流域的 SPOT 遥感图像,尺寸为 256×256 ,共 6 个波段,像素灰度级为 256

(8bits), 图 4(a)是亮度最高的第 5 波段, 4(c)是相应的四叉树分割方式。4(b)是黄河地区的 MAIS 图像, 尺寸为 256×256 , 像素灰度级为 256(8bits), 4(d)是相应的四叉树分割图像。从分割结果可见, 灰度变化平缓的区域对应着较大的像块, 而灰度变化剧烈的区域则对应较小的像块。

3.2 均值图像的生成

各个最大像块经过四叉树分割后, 每个结点都含有当前层的当前像块的均值, 而叶子结点则对应均值图像中的某个像块。因此, 可从叶子结点上溯到根结点, 通过累加计算均值图像中相应像块的均值。如图 5 中, 结点 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 均对应着均值图像中的某个像块, 都需要计算均值。若以 $m(i)$ 表示第 i 个结点的均值, 则图中第 6 个结点的均值 $m(6) = m(6) + m(3) + m(0)$ 。图 4(e)和 4(f)分别为图 4(a)和 4(b)的均值图像。

3.3 残差图像的自适应分块量化

从原始图像中减去均值图像, 即得到残差图像。图 4(g), 4(h)分别为图 4(a), 4(b)的残差图像(为方便显示, 图中的幅值放大了 4 倍)。由于残差图像已去除了均值, 局部相关性变小, 无需采用正交变换去相关。同时, 还为了满足遥感图像压缩的实时要求, 我们采用算法较为简单的空域量化编码方法。

从图 4(g), 4(h)中可以看出, 在残差图像中, 图像边缘部分的能量较集中, 也即残差图像的局部方差分布很不均匀。因此, 在量化时, 采用全图像的均匀量化显然不合适。可行的方法是对残差图像进行自适应分块, 再对每个像块采用均匀量化。自适应分块过程类似于图 3 的方法, 但在决定像块是否继续分割时, 只考虑局部方差。图 6(a), 6(b)是对图 4(g), 4(h)的自适应分割结果。

像块的量化过程, 就是给不同的像块分配不同的比特数。当像块的能量较大时(由于残差图像的局部均值接近零, 像块的能量和像块的方差成正比), 给该像块分配较多的比特数; 反之, 则分配较少的比特数。这一思想通过采用基于局部方差的量化策略来实现, 即第 k 个像块的量化等级 $Q_k = qf(\sigma_k^2)$, σ_k^2 为第 k 个像块的方差, q 为用户根据不同要求而输入的量化参数。函数 f 的选取^[6], 使得方

差越大, 量化等级越小, 从而减小图像边缘部分的量化失真; 而局部方差越小时, 使得量化等级变大, 从而分配较少的比特数, 以提高压缩比。

3.4 混合数据的编码

由图 2 可见, 本压缩方法的压缩数据包括 4 大部分, 其一是图像分割信息比特。本算法中涉及两次图像分割, 第一次分割是为了获得均值图像, 第二次分割是为了进行自适应分块量化。两次分割的方式不同, 因此需要记录两次分割信息。在每次分割时, 各个最大像块拥有独立的分割信息, 它对应着一个四叉树结构。其中每个树的结点含有一个 0(不分割)或 1(分割)的分割信息, 对于 4 层分割, 最多需要记录 21 比特(满四叉树), 最少只需记录 1 比特(一个根结点, 无需分割)。分割信息比特构成的二进制码流直接写入压缩码流中, 无需重新编码。

均值图像数据是压缩数据中的一个重要部分, 在本算法中, 先对均值图像进行空域预测, 以去除局部相关性, 再对预测误差进行 Huffman 编码。

在图 2 中, 对残差图像编码时, 每个像块需要不同的量化等级, 以实现残差数据的量化, 在解码时, 需要同样的量化信息。因此, 需要将量化参数 q 和像块方差 σ_k^2 写入压缩数据中。在本算法中, 每幅图像用 4 字节记录 q , 残差图像的每个像块用 4 字节记录方差。对残差图像量化后, 再对量化系数进行 Huffman 编码。

值得一提的是, 本算法多次采用 Huffman 编码, Huffman 编码中的 Huffman 表可直接写入压缩码流中。在实际应用中, 为了进一步提高压缩比和提高编码速度, 可从一些典型数据中得到相应的 Huffman 表, 在编、解码端采用固定的 Huffman 表, 这样可节省大量的压缩数据, 并可省去生成 Huffman 码的时间。

4 实验结果及分析

4.1 本文方法的实验结果

实验采用图 2 的编码方法, 数据取自图 4(a)和 4(b), 压缩算法在 PII-266 微机上实现, 表 1 为压缩数据的构成(占总压缩数据的百分比)以及压缩比、信噪比和时间性能, 表 2 为恢复图像的误差分布。

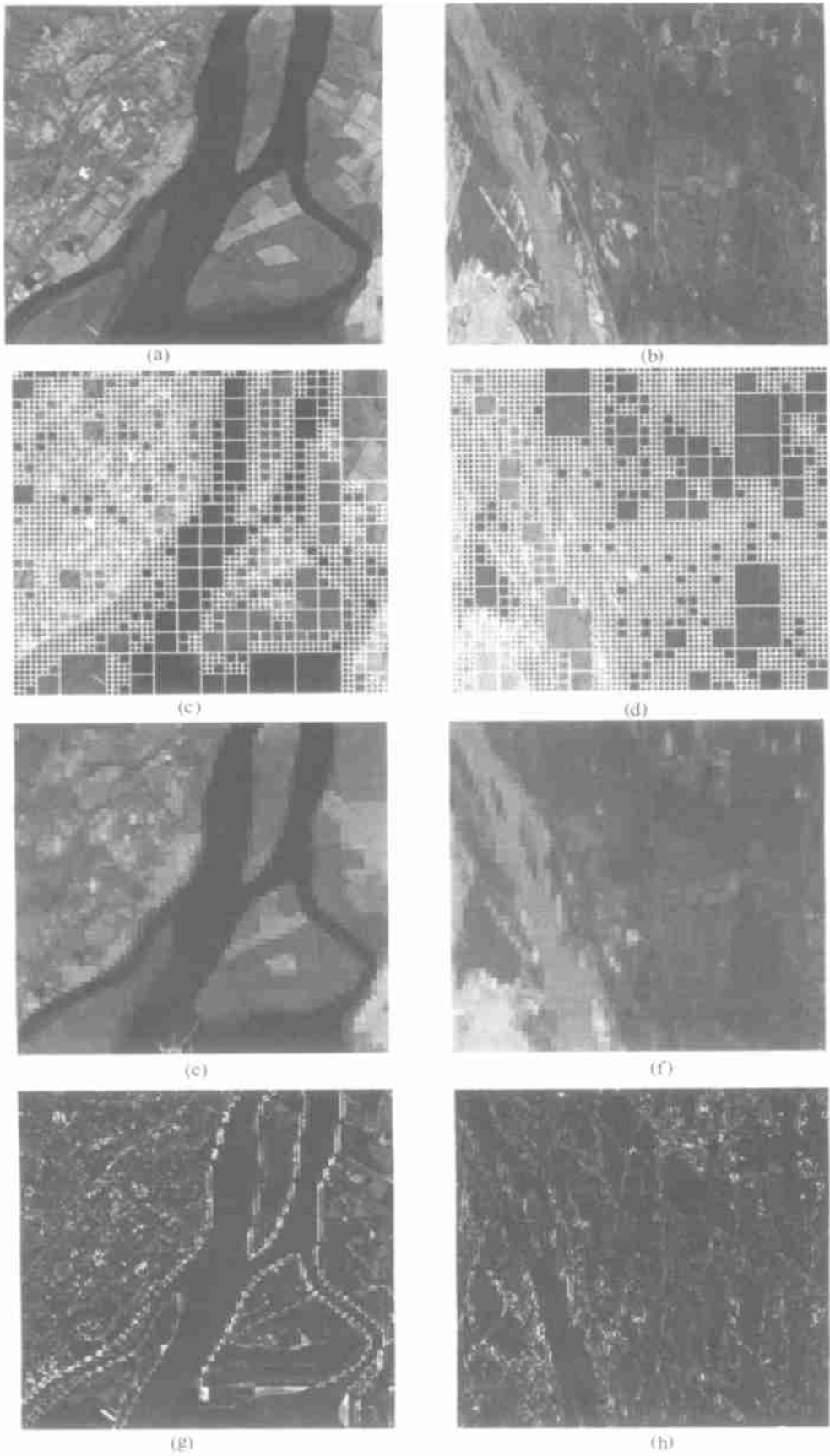


图 4 四叉树分割方式及均值、残差图像

Fig.4 The quadtree partitioning style and the mean and the residual images

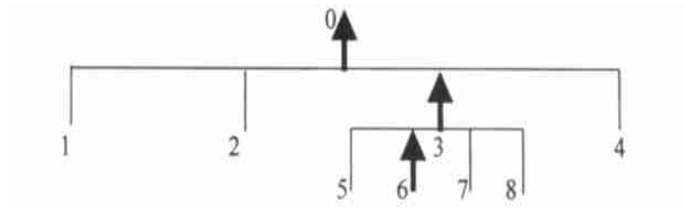


图 5 均值的计算

Fig.5 The way to calculate the mean

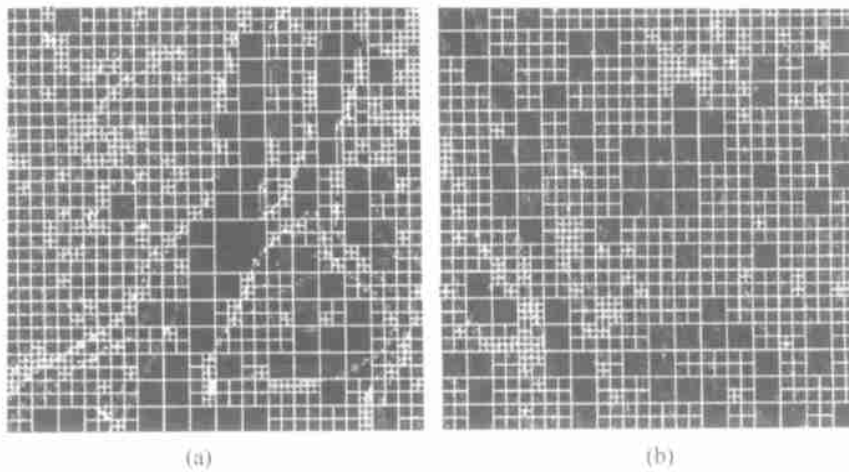


图 6 残差图像的自适应分割

Fig.6 The adaptive partitioning of residual images

表 1 压缩数据的构成、压缩比、信噪比和压缩时间

Table 1 The composition of the compressed date, compression ratio, PSNR and the run time

实验图像	压缩时间/s	信噪比/dB	压缩比	分割信息/%	均值图像/%	像块方差/%	残差数据/%
4(a)	1.2	39.81	7.06	7.6	57.18	21.29	13.93
4(b)	1.4	38.23	6.98	8.9	58.96	23.12	8.03

表 2 恢复图像的误差分布 (压缩比为 6.85:1)

Table 2 The error distributions of the restored images

实验图像	$err < 1$	$1 \leq err < 3$	$3 \leq err < 5$	$err \geq 5$	maxerror	rms	PSNR
4(a)	77.78%	12.41%	7.33%	2.48%	7	2.50	40.17
4(b)	75.19%	12.65%	8.0%	4.15%	10	2.59	39.85

注:err 为单个像素的误差,maxerror 为单个像素的最大误差。

从表 1 中可见,均值图像数据占压缩数据量的绝大部分,说明均值图像承载了原始图像的大部分信息,在某些特殊情况下,当残差图像信息丢失时,采用均值图像仍能够很好地逼近原始图像。另外,实验表明,在第一次自适应分割中,当方差阈值取得较小时,像块分割得较细,此时的均值图像对原始图像的逼近程度提高,此时,在压缩数据中,分割信息数据量增加,同时,均值图像的数据量也增加,而像

块方差数据和残差数据量相应减少;当方差阈值取得较大时会出现相反的结果。另外,对于固定的量化参数 q ,存在最优的方差阈值(对应差最优的分割方式),在最优方差阈值下,压缩比和信噪比都达到最优。在编码过程中,对均值预测误差的 Huffman 编码和对残差图像量化系数的 Huffman 编码都需要生成 Huffman 表,实验表明,当采用固定的 Huffman 表时,虽然压缩比有所下降,但压缩速度可提高近

20%,因此,在有实时性要求的应用中,采用固定 Huffman 表,有着不可忽视的意义。

表2为压缩比为6.85时的误差分布,实验表明,当量化参数 q 固定时,第一次分割的像块分得越细,单个像素误差会相应减小(但产生误差的像素数相应增多),最大像素误差也相应减小,这是在遥感图像压缩中期望出现的结果,但像块分得过细,将影响压缩比的提高,因此,在实际的压缩算法中,要

在压缩比和期望的误差分布间进行适当的权衡。

4.2 对于大尺寸图像的实验结果

为了检验本文方法的适应性,我们采用了大尺寸的遥感图像如图7,图7(a)为中国台湾嘉义机场,图7(b)为中国台湾花莲机场,两图像均为256灰级,800×440像素。

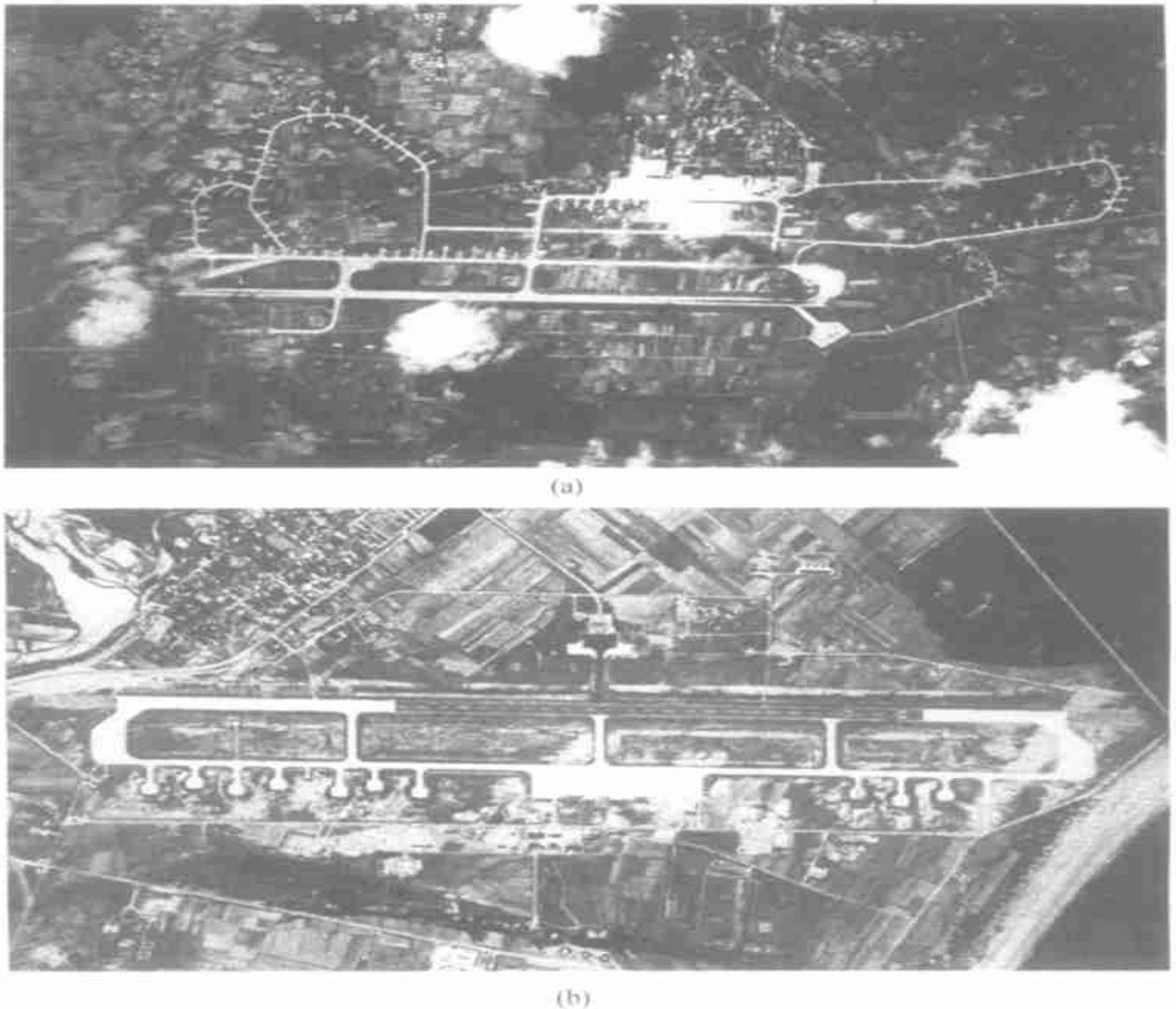


图7 实验用图像

Fig.7 Images used in experiments

表3和表4为相应的实验结果,从中可以看出,用本文方法压缩大尺寸图像时,压缩时间有相应的增加。同时,在压缩数据的成分中,用于记录平均分量的数据量增加,这是由于图像的内容变得复杂所致。另外,随着图像尺寸的增加,图像的可压缩性增强,和表2的结果相比,在压缩比提高的情况下,信

噪比也有显著提高。可见,本文的方法,也非常适用于压缩大尺寸的图像,即本文方法具有很好的适应性。

4.3 与JPEG压缩方法的比较

JPEG压缩算法可以很好地考虑人眼的视觉特

表 3 压缩数据的构成、压缩比、信噪比和压缩时间

Table 3 The composition of the compressed data, compression ratio, PSNR and the run time

实验图像	压缩时间/s	信噪比/dB	压缩比	分割信息/%	均值图像/%	像块方差/%	残差数据/%
7(a)	1.8	40.43	7.21	6.9	59.45	18.34	15.32
7(b)	1.7	39.12	7.07	8.7	58.73	19.80	12.77

表 4 恢复图像的误差分布(压缩比为 7:1)

Table 4 The error distributions of the restored images

实验图像	$err < 1$	$1 \leq err < 3$	$3 \leq err < 5$	$err \geq 5$	maxerror	rms	PSNR
7(a)	76.11%	13.23%	8.19%	2.47%	9	2.19	41.13
7(b)	74.19%	12.98%	9.02%	3.81%	11	2.73	39.41

注:err 为单个像素的误差,maxerror 为单个像素的最大误差。

性,而不适合压缩遥感图像^[1]本文方法能很好地弥补 JPEG 在压缩遥感图像时的缺陷,有效地保护了可能包含重要信息的纹理成分。从实现上来说,本文的方法需要对图像进行自适应二叉树分割,该过程需要计算像块的方差和均值,计算中只涉及全加运算;而 JPEG 则进行均匀分块,在每个像块中实现 DCT,因而不仅有加法运算,还有乘法运算,运算量会显著增加。在量化环节,本文方法对每个像块进行均匀量化,简单易行;而 JPEG 则对 8×8 的 DCT 系数进行自适应量化,需要较为复杂的比特分配过程。在熵编码环节,本文方法可按任意顺序对量化

系数进行扫描,且 Huffman 表可用典型数据预先生成,从而有效减少编码时间;而 JPEG 则需对每个 8×8 系数像块进行 Zig-Zag 扫描,运算复杂度较高。从恢复图像质量上来说, JPEG 算法的压缩比的提高,有赖于量化环节中舍弃高频 DCT 系数,其结果就是纹理细节的损失;而本文的方法通过自适应分块,有效降低像块系数的方差,从而在量化环节中,使得纹理成分和平滑分量具有同样的量化失真,这在客观上保护了可能包含重要信息的纹理细节。

表 5 和表 6 分别是针对图 4(a)和 4(b),将本文方法和 JPEG 方法进行比较的结果。

表 5 对图 4(a)应用本方法和 JPEG 方法(压缩比 7:1)

Table 5 The comparison between the proposed algorithm and the JPEG for Fig.4(a)

压缩方法	$err < 1$	$1 \leq err < 3$	$3 \leq err < 5$	$err \geq 5$	maxerror	rms	PSNR
JPEG	71.87%	14.12%	9.43%	4.58%	15	3.17	38.10
本方法	75.30%	13.41%	7.61%	3.78%	9	2.57	39.93

表 6 对图 4(b)应用本方法和 JPEG 方法(压缩比 7:1)

Table 6 The comparison between the proposed algorithm and the JPEG for Fig.4(b)

压缩方法	$err < 1$	$1 \leq err < 3$	$3 \leq err < 5$	$err \geq 5$	maxerror	rms	PSNR
JPEG	68.91%	13.69%	11.12%	6.28%	18	3.91	36.28
本方法	72.42%	13.84%	9.17%	4.57%	11	2.93	38.79

注:err 为单个像素的误差,maxerror 为单个像素的最大误差。

从表 5 和表 6 可见,和本文方法相比,采用 JPEG 方法使得单个像素的误差变大,实验表明,对图像中的局部平坦区域, JPEG 方法能做到无失真压

缩,而对于纹理细节较多的局部区域,采用 JPEG 方法,会产生较大的误差,而本文方法的编码误差在图像各个区域的分布较为均匀,且单个像素的误差较

小。从表5和表6中还可看出,在相同压缩比下, JPEG方法比本文方法的信噪比约低2dB,说明本方法比JPEG方法更适合压缩遥感图像。

5 结论

由于遥感图像中的平滑分量和细节分量对遥感图像的解译具有相同的作用,因而,用牺牲细节成分来提高压缩比和主观图像质量的JPEG压缩方法不适用于遥感图像的压缩,考虑遥感图像对压缩算法的特殊要求,我们提出了基于自适应二叉树分割的压缩方法,通过二叉树分割,以最少的数据获得对原始图像的最佳逼近,再对逼近误差采用二叉树分割,实现分块量化和编码。对多组数据的实验表明,本文的方法无论在压缩比、信噪比和执行时间上都能取得满意的结果,同时还可以看出,本文的方法比JPEG方法更适合用于遥感图像的压缩,显示了本方法在遥感图像压缩中的潜力。

参考文献 (References)

- [1] Zhou X K, Zhang J. Multi-mode Adaptive Quantization for Remote Sensing Image Compression [J]. *Chinese Journal of Image and Graphics*, 1997, **2**(2): 99-102. [周孝宽,张京,遥感图像多模式自适应量化压缩法[J].中国图象图形学报,1997, **2**(2): 99-102.]
- [2] Memon N D, Sayood K, Nagliras S S. Lossless Compression of Multispectral Image Data [J]. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 1994, **32**(2): 282-289.
- [3] Roger R E, Arnold F. Reversible Image Compression Bounded by Noise [J]. *IEEE Trans. Geo. Remote Sensing*, 1994, **32**(1): 19-24.
- [4] Saghri J A, Tescher A G. Near-lossless Bandwidth Compression for Radiometric Data [J]. *Optical Engineering*, 1991, **30**(7): 934-939.
- [5] Saghri J A, Tescher A G, Reagan J T. Practical Transform Coding of Multispectral Imagery [J]. *IEEE Signal Processing Mag.*, 1995, **12**(1): 32-43.
- [6] Gray-Scale Fingerprint Image Compression Specification [R], FBI, U.S.A., 1993.

Compression of Remote Sensing Images Based on Adaptive Quadtree Partitioning

NI Lin

(Department of Electronic Engineering and Information Science, USTC, 230026, China)

Abstract: Remote sensing images have special properties compared with other images. Considering the special requirements of the compression algorithm for remote sensing images, we proposed an adaptive quadtree partitioning algorithm to partition the image into blocks of different size. The gray value of an image block is approximately represented by the mean of that block and the optimal approximation of the original image is then obtained with the amount of data as less as possible. The approximation error image is adaptively divided and quantized based on the variance of each block. Finally, each component is coded with Huffman code. The experimental results show that our compression algorithm has excellent practical performance and is more suitable for the compression of remote sensing images than the JPEG algorithm.

Key words: remote sensing image compression, adaptive quadtree partition, adaptive quantization