

遥感图像压缩质量检测技术

赵文吉 刘晓萌

(首都师范大学资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100037)

摘要 遥感图像的存储、传送和处理等均涉及到图像压缩技术,而图像压缩质量的好坏直接关系到压缩遥感图像的应用价值。为了正确评价图像质量,首先给出了用于遥感图像压缩质量评价的主要评价指标和相关概念,并讨论了图像压缩比、压缩质量、压缩速率和复杂度等评价指标的构建原理和基本算法;然后在此基础上,开发了遥感图像数据压缩质量评价软件。

关键词 遥感图像 压缩比 压缩速率 复杂度

中图分类号: TP751.1 TN919.81 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2005)05-0616-04

Diagnostic Techniques for the Quality of The Compressed Remote Sensing Image

ZHAO Wen-ji, LIU Xiao-meng

(The Key Laboratory of Resource Environment and GIS of Beijing, Capital Normal University, Beijing 100037)

Abstract Image compressed techniques are very important for the storage, transporting, and processing of remote sensing data. The quality of a compressed image is directly related to its value in practice. Therefore, the authors introduced a several quality assessment indexes and the relevant concepts for compressed remote sensing image data. And then the constructing theories and basic algorithms for some indexes, such as compression rate, the quality of the compressed image, compression velocity, and complexity of the algorithm, are discussed in detail. The corresponding software for the quality prognosis of a compressed remote sensing data is developed.

Keywords remote sensing image, compression rate, compression velocity, time complexity

1 引言

遥感图像压缩技术是图像处理研究领域的一个前沿课题。许多研究者都在从事遥感图像数据压缩方法和技术方面的研究工作。国内外这方面的文献资料很多,其中具有代表性的有:周孝宽等进行的基于空间重采样的遥感图像压缩^[1];魏海和沈兰荪提出的基于分类矢量量化的图像压缩和检索算法^[2];孙海威和谈新权提出的基于离散小波分形的图像压缩编码技术^[3];柳斌等提出的一种基于零树量化的小波变换图像压缩方法^[4]。然而,有关遥感图像数据

压缩质量检测方法和技术方面的研究成果和文献资料仍不多见。

为此,本文就遥感图像数据压缩质量检测技术展开了研究,并首先介绍了几种常用的图像数据压缩质量评价指标,然后分析了这些评价指标的基本原理和计算方法,并开发了相应的软件系统。

2 基本概念

用于图像压缩质量评价的主要指标包括压缩比、压缩解压缩后图像质量、压缩速率和复杂度,其中压缩比是指原始图像数据与压缩图像数据的比

基金项目:国家高技术研究发展计划“863”项目(2002AA134074);国家高技术研究发展计划“863”项目(2003A135010);北京市教委重大项目(KZ200410028014)

收稿日期:2004-08-30;改回日期:2004-12-07

第一作者简介:赵文吉(1967~),男,副教授。首都师范大学资源环境与旅游学院地理信息系统系主任,1998年获长春科技大学博士学位。主要从事空间信息技术在资源环境动态监测中的应用与国土资源信息化研究。E-mail:zhwj12150729@sina.com

率;压缩图像质量是指经压缩解压缩处理后的图像与原始图像相比较,信息损失程度的大小;压缩速率是指压缩解压缩过程的运算速度;复杂度是指一种压缩算法的计算复杂度,它可以通过数据操作的次数来度量,如加、减、乘运算的次数等。

多尺度特性,然后利用B样条小波来构造方向可调的多尺度滤波器组,以实现任意尺度、任意方向的分解,并用其对误差信号进行处理。

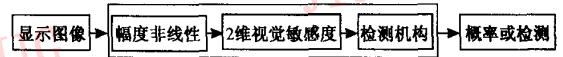


图2 HVS模型

Fig.2 The model of HVS

HVS模拟了视觉感知的幅度非线性衰减(Weber定律)、2维视觉敏感度带通和视觉多通道以及掩盖效应3大特性,它们也就是与图像质量相关的主要特性。

通过图像差值运算,就能够对解压后的图像进行绝对无损检验。如果压缩解压缩的过程是绝对无损的,那么,解压后图像和原始图像应该具有严格的一致性。具体的检验过程是通过逐个像素地扫描原始图像和解压后图像,首先提取每个像素点的灰度值,然后将两幅图像中对应点的灰度值做差值运算,若结果为零,则说明两点的灰度值相同。

如果图像包含M行、N列, $a_{i,j}$ 代表原始图像中第i行j列像素点的灰度值, $b_{i,j}$ 代表解压后图像中第i行j列的像素点的灰度值,那么,图像差值运算的结果可以表示为

$$A = \left(\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N O(a_{i,j} - b_{i,j})}{M \times N} \right) \quad (1)$$

其中

$$O(a_{i,j} - b_{i,j}) = \begin{cases} 1 & a_{i,j} \neq b_{i,j} \\ 0 & a_{i,j} = b_{i,j} \end{cases} \quad (2)$$

如果A=0,则说明解压后图像和原始图像能保持严格的一致;否则,A值越大,说明解压后图像的失真度越大。图像差值运算流程如图3所示。

3 原理及算法

3.1 压缩比

压缩比指的是压缩图像数据与原始图像数据的大小比率,是检验压缩算法和压缩效果的一项基本指标。压缩比可分成压缩前的预测压缩比和压缩后的实际压缩比两种。

(1)预测压缩比 在压缩之前,首先要对原始图像进行格式识别、信息提取、灰度统计和建立映射表等一系列工作,然后根据灰度统计的结果和映射表中的对应关系才可以对压缩后图像数据的大小做出预测,最后将预测的结果与原始图像数据进行比较就得到了预测压缩比。

(2)实际压缩比 压缩后,从压缩文件的信息头中提取相关信息,并以此为依据推算压缩后实际图像的数据量,再将实际数据量与原始数据量进行比较,就得到了实际压缩比。

在将预测压缩比和实际压缩比进行比较时,如果两者不严格相同,则需要慎重对待压缩结果。计算压缩比的流程图如图1所示。

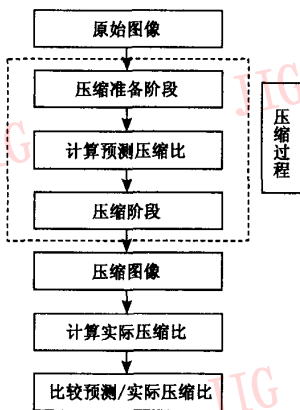


图1 压缩比计算流程图

Fig.1 The calculation flow chart of Compression ratio

3.2 压缩解压缩后图像质量

该方法的显著特征在于它们是在人眼视觉模型(human visual system, HVS)(如图2所示)基础上建立的,即首先利用小波来模拟人眼的感知方向性和

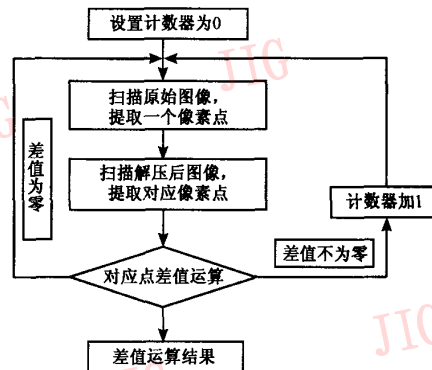


图3 图像差值运算流程图

Fig.3 Calculation flow chart of image dispersion

3.3 压缩速率

压缩速率指的是压缩解压缩过程的速度,也是衡量压缩过程质量的一个重要指标,而影响压缩速率的因素主要包括:原始图像的属性、压缩算法和系统硬件的性能。由于压缩算法已经基本确定,所以只需要考虑图像的属性 and 硬件的性能即可。在本系统中,压缩速率也被分成预测速率和实际速率两类。

(1) 预测速率 由于系统内部以资源的形式包含多种格式的栅格图像,因此可在特定的系统上对这些例图进行压缩解压的测试,同时记录所耗费的时间,然后以这些记录为标准,对所压缩的图像根据其图像数据的大小进行时间预测,这就是预测速率。

(2) 实际速率 在压缩过程中,可通过记录所耗费的时间来计算实际速率。在得到预测速率和实际速率后,就可以对预测速率和实际速率进行比较,并将比较的结果作为衡量系统质量的一项指标。压缩速率计算流程如图 4 所示。

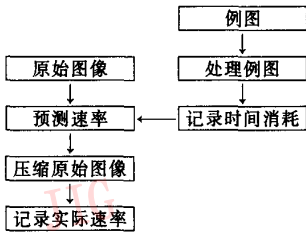


图 4 压缩速率计算流程图

Fig. 4 The calculation flow chart of compression velocity

3.4 复杂度

由于针对不同规模问题,可通过对系统时空耗费进行度量来反映算法的代价,其中包括时间复杂度和空间复杂度,因此复杂度是对算法进行评价的基本指标。大家知道,一个问题的规模是这个问题输入数据的大小或多少的一种度量。对于同一个问题,如果规模不同,则算法执行基本运算的次数也不同。

若一个问题的输入规模为 n ,而解决这个问题的某一算法所需执行的基本运算的次数是 $T(n)$,则认为 $T(n)$ 就是这个算法执行所需要的时间,可称为该算法的时间复杂性。当输入量 n 增大时, $T(n)$ 的极限则称为该算法的渐进性时间复杂度。

若一个问题的输入规模为 n ,而解决这个问题的某一算法所需的空间大小为 $S(n)$,则 $S(n)$ 就是该算法的空间复杂性。当输入量 n 增大时, $S(n)$ 的极限就称为该算法的渐进空间复杂度。

下面以时间复杂度为例来讨论复杂度的计算:复杂度的计算包括“平均复杂度”和“最坏情况

复杂度”两种计算方式。所谓平均复杂度,就是先对各种输入的概率分布做出假设,再求各种情况下复杂度的加权平均数。若 D_n 是某个问题的输入规模为 n 的全体输入数据的集合,对于每个输入 $I \in D_n$, $t(I)$ 是该算法所花费的时间, $p(I)$ 是输入 I 出现的概率 ($0 \leq p(I) \leq 1$; $\sum p(I) = 1$),则该算法的平均复杂度为: $T_{exp}(n) = \sum (p(I) \times t(I))$ 。最坏情况复杂度,就是对给定的规模,把复杂度取作所有输出上的最大复杂度。对于每个输入 $I \in D_n$,最坏情况复杂度为 $T_{wome}(n) = \max \{t(I)\}$ 。

对于每个输入 $I \in D_n$, $t(I)$ 是该算法所花费的时间。对于 $t(I)$ 的计算,也有两种不同的标准,即均匀耗费标准、对数耗费标准。

在均匀耗费标准中,假设每执行一条指令(基本语句)需要一个单位时间,且每个数据需要占用一个单位空间,那么,执行该算法所花费的时间,就等于执行每条语句的时间总和。

在均匀耗费标准中,假设执行每条指令的时间相同,但是,由于实际计算机字长是有限的,且长度固定,因此一个整数 n 在内存中至少要占用 $\lceil \log_2 n \rceil + 1$ 个二进制单位,这样当位数超过机器字长时,由于一个存储单元装不下,且数值之间的运算也不能用一个语句来实现,因而程序的时空耗费与数据的长度有直接关系。

令

$$L(i) = \begin{cases} \lceil \log_2 i \rceil + 1 & i \neq 0 \\ 1 & i = 0 \end{cases} \quad (3)$$

如果执行一条语句的时空耗费为 $f(L(i))$,那么

$$t(I) = \sum f(L(i)) \quad (4)$$

压缩算法时间复杂度计算程序流程如图 5 所示。

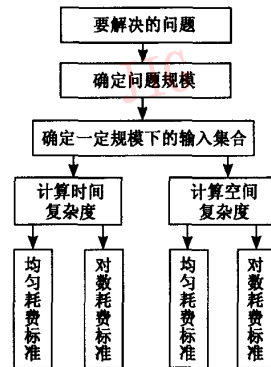


图 5 复杂度计算流程图

Fig. 5 The calculation flow chart of complexity

4 结 论

在遥感图像压缩解压缩处理中,尽管针对具体的应用需求,选择适当的数据压缩方法,可以极大地提高遥感图像的使用效率,但是在选择图像压缩方法时,需要考虑该压缩方法所产生的压缩图像的质量以及压缩和解压缩过程的时空复杂度。由于研究遥感图像压缩质量检测技术,可以为图像压缩方法的正确选取提供理论依据和技术手段,因此,该检测技术具有重要的实际意义。

参考文献 (References)

1 Zhou Xiao-kan, Jiang Hong-xu, Cheng Zi-jing. Remote sensing

image compression based on space domain resampling[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2001, 27(5):611 ~ 614. [周孝宽,姜宏旭,程子敬. 基于空间重采样的遥感图像压缩[J]. 北京航空航天大学学报,2001,27(5):611 ~ 614.]

2 Wei Hai, Shen Lan-sun. Image indexing using classified vector quantization[J]. Acta Electronica Sinica, 2001, 29(7):933 ~ 936.

[魏海,沈兰荪. 基于分类矢量量化的图像压缩和检索算法[J]. 电子学报,2001,29(7):933 ~ 936.]

3 孙海威,谈新权. 基于离散小波分形的图像压缩编码[J]. 华中科技大学学报,2001,29(2):31 ~ 47.

4 Liu Bin, Tian Jin-wen Liu-jian. Image compression algorithm based on zerotree of wavelet coefficients[J]. Journal Huazhong University of Science & Technology, 2000, 28(3):68 ~ 70. [柳斌,田金文,柳健. 一种基于零树量化的小波变换图像压缩方法[J]. 华中理工大学学报,2000,28(3):68 ~ 70.]