

# 遥感影像压缩质量评价的研究及应用

翟 亮<sup>1</sup> 唐新明<sup>1</sup> 张 过<sup>2</sup> 祝小勇<sup>2</sup>

(1 中国测绘科学研究院,北京市海淀区北太平路 16 号,100039)  
(2 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)

**摘 要:**针对目前在测绘行业尚没有一套相对完善的遥感影像压缩质量评价方案,提出了基于遥感影像的应用要求,围绕遥感影像压缩的主、客观质量评价,从多个角度研究了遥感影像压缩质量评价指标,并进行了相关试验。试验结果认为,如果资源 3 号卫星采用改进的 SPIHT 压缩算法,可以接受的压缩比不应超过 4:1。  
**关键词:**影像压缩;质量评价;改进的 SPIHT 算法  
**中图法分类号:**P237.4

在航空/航天遥感领域,遥感影像压缩的研究主要集中在两个方面:① 针对航空/航天遥感影像数据的特点提出了一些更为有效的专门压缩算法;② 通过研究压缩后的重建影像质量的衰减程度,探讨现有的压缩方法在遥感领域中的应用潜力。根据国家《航天发展“十一五”规划》和《全国基础测绘中长期规划纲要》,我国将计划在“十一五”期间发射高分辨率光学立体测图卫星(资源 3 号卫星),用于满足我国 1:5 万地形图测绘及 1:2.5 万地形图更新的需求。在卫星预研阶段,需要卫星用户和卫星研制方共同分析、研究,明确卫星的主要技术指标,其中一个重要指标就是数据传输压缩比。压缩比不同带来的影像畸变大小的不同,直接关系到将来卫星遥感影像数据的应用能力和应用范围。遥感影像压缩的质量评价不同于对压缩算法的评价(如算法复杂度、压缩速率等),它是以应用为驱动,以压缩后的影像为评价对象,从主观感知、构像质量和几何质量等方面进行的全面评价<sup>[1, 2]</sup>。

## 1 主观质量评价

主观质量评价是人们进行遥感影像质量评价常用的方法,并且是检验客观评价指标是否与人类视觉一致的惟一标准<sup>[3]</sup>。在其他方面,如视频

质量评价<sup>[4]</sup>,主观质量评价也有着广泛的应用,并且至今占据着重要的地位。通常情况下,遥感影像质量的主观评价借鉴电视领域妨碍尺度的思想,组织有关测试者(观察者)对图像进行目视解译。测试者既可以是专家,也可以是普通人员。专家是经历过遥感影像判读和解译训练的,他们能够凭自己的观察对遥感影像质量提出严格的判断,发现普通人员所忽略的影像中的某些细节。遥感影像压缩的主观质量评价过程是一个视觉认知(交互)的过程,而认知的主体是人,人的主观感受往往是模糊的、多层次的。另外,遥感影像压缩质量受多方面畸变因素的影响,而各因素对影像质量的影响程度也不尽相同,为此,要综合考虑诸多影响因素。鉴于此,本文设计了一种针对遥感影像压缩质量评价的模糊综合评判方法,也可称为遥感影像压缩质量评价的模糊综合决策方法。其主要思路如下。

### 1.1 建立因素集和评价集

考虑遥感影像压缩质量的不同影响因素,即评价指标,提出因素集:

$$U = \{u_1, u_2, \cdots, u_j, \cdots, u_m\} \tag{1}$$

式中, $u_j$ 代表第  $j$  个因素, $j=1, 2, \cdots, m$ 。根据我国国家标准《数字测绘产品检查验收和质量评定(GB/T 18316-2001)》的评定等级——优秀( $v_1$ )、良好( $v_2$ )、合格( $v_3$ )和不合格( $v_4$ ),提出如下评价

收稿日期:2009-01-17。  
项目来源:国家自然科学基金资助项目(40801178);地理空间信息工程国家测绘局重点实验室开放研究基金资助项目(A1721);国家科技部国际科技合作计划资助项目(2006DFA71570)。

集：

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\} \tag{2}$$

因素集和评价集都是有限论域(论域指研究对象的全体)，每一个因素  $u_j$  对每一个评定等级都有一个隶属程度，即  $u_j$  对  $v_i (i=1,2,3,4)$  的符合程度，记作  $r_{ij}, r_{ij} \in [0,1]$ 。一个因素对所有评定等级的隶属度构成一个模糊向量  $Y'$ ，则第  $j$  个因素的模糊向量可表示为：

$$Y' = \{r_{1j}, r_{2j}, r_{3j}, r_{4j}\} \tag{3}$$

所有因素的模糊向量构成一组模糊关系，记为模糊变化矩阵  $R$ 。

1.2 确定因素的权重分配

因为在  $m$  个因素中，每种因素对于影像质量的影响程度不同，所以必须给每个因素加上适当的权重，这些权重亦构成一个模糊向量  $A$ ：

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_m\} \tag{4}$$

式中， $a_j$  代表第  $j$  个因素的权重， $j=1,2,\dots,m$ 。将  $R$  和  $A$  作模糊变换：

$$Y = A \cdot R = \{y_1, y_2, y_3, y_4\} \tag{5}$$

式中， $y_i (i=1,2,3,4)$  代表压缩影像总的质量对第  $i$  个等级的隶属度。从上述推导可以看出不同因素对压缩影像质量影响的大小。

因为人眼是多数影像处理环境中的最终接收者<sup>[5]</sup>，由人作为遥感影像的测试者对影像质量作出主观判断，能够反映压缩算法引入失真的可见程度，因而影像质量的预测准确性较高，是影像质量评价比较可靠的手段，被称之为“金子般的标准”<sup>[6]</sup>。然而在很多情况下，仅仅依赖主观评价对遥感影像进行质量评价是远远不够的<sup>[7,8]</sup>，因此，主观评价虽然较好地反映了影像的直观质量，但是往往存在一定的局限性和片面性。随着各种数字影像产品的广泛应用和相关服务质量的问题，客观质量评价已成为一种广泛认可的影像质量评价方法。

2 客观质量评价

从本质上讲，遥感影像压缩的客观质量评价包括构像质量评价和几何质量评价。构像质量也称为判读质量，即图像的可理解性和可识别性。影像的几何质量表达了遥感影像能够正确反映原始景物形状和大小的能力，几何质量的优劣决定了遥感影像可量测的程度。

2.1 构像质量评价

近年来，国内外对遥感影像压缩的构像质量评价开展了很多研究，并提出了多种评价手段及

相应的评价内容，包括均方误差(MSE)、峰值信噪比(peak signal-to-noise ratio, PSNR)、影像压缩综合性评价指标和基于人类视觉系统(human vision system, HVS)的评价指标等<sup>[9]</sup>。本文通过定量的手段来判定失真程度的大小，重点考察有损压缩对遥感影像可能产生的影响，如清晰程度、纹理细节等的变化。根据构像质量评价考察方向和内容不同，将评价分为三个方面：① 影像特征分析，分别研究原始影像和重建影像的性质和特点；② 影像对比分析，采取对比的手段研究原始影像和重建影像的差别，为了完整地、全面地反映重建影像的构像质量，根据遥感影像的特性，本文提出了一种综合性评价指标，并进行了验证；③ 应用分析，主要是指遥感影像压缩对影像计算机自动分类及其他应用的影响。

2.1.1 影像特征分析

为了比较原始影像和重建影像的差别，主要从灰度值的改变研究数据压缩对于影像特征的影响。主要分析指标包括灰度平均值和标准方差、角二阶矩、对比度和信息熵等。其中，角二阶矩、对比度和信息熵的定义是基于灰度共生矩阵  $\hat{p}(i,j)$  的<sup>[10]</sup>。

2.1.2 影像对比分析

采用统计学的方法，以原始影像和重建影像的差别为目标，并对这种差别进行量测<sup>[11]</sup>，这属于影像对比分析的范畴，可以考察数据压缩对重建影像的影响程度，以及随着压缩比的增大，构像质量的改变情况。主要评价指标包括影像相似度、逼真度、相关系数和峰值信噪比(PSNR)等。

2.1.3 影像应用分析

从应用的角度出发，研究数据压缩对重建影像构像质量的影响，主要包括影像分类、影像目标自动识别、图像特征提取和空间模式发现等<sup>[12]</sup>。

2.2 几何质量评价

面向卫星测图应用，遥感影像压缩的几何质量评价更为重要，国内外在这方面已开展了相关的研究<sup>[13,14]</sup>。从卫星测图应用的角度出发，遥感影像压缩的几何质量评价包括影像匹配精度评价、自动生成 DSM/DEM 的精度评价和摄影测量点定位精度评价等三个方面。

1) 影像匹配精度评价

影像匹配精度评价是指通过比较重建影像相对于原始影像上特征点位置的变化(移位)，来衡量压缩算法对于保持原始影像几何精度的能力。具体的匹配算法很多，本文利用最小二乘匹配方法来衡量特征点位的变化。

2) 自动生成 DSM/DEM 的精度评价

通过比较由原始影像(立体像对)与重建影像(立体像对)自动生成的 DSM,可以研究压缩算法对于自动生成 DSM 的精度影响。原始影像(立体像对)与重建影像(立体像对)具有相同的外方位元素,并且采用相同的软件自动生成 DSM,然后进行相对误差计算。

3) 摄影测量点定位精度评价

摄影测量点定位精度包括平面精度和高程精度,其精度评价是通过比较检测点与被检测点坐标,按误差计算公式计算后得到的检测点和被检测点要求是同名点。主要评价指标包括  $x$  方向的定位精度(中误差)、 $y$  方向的定位精度(中误差)、平面定位精度(中误差)和高程定位精度(中误差)。分别对原始影像立体像对和一系列重建影像立体像对进行立体观察试验,通过人工判识明显地物特征点,如山顶、道路交叉口、河流的交叉口、田角、房角、建筑物上的明显标志等,进行量测。该评价过程可在数字摄影测量工作站上完成。

3 影像压缩质量评价原型系统

基于上述内容,本文设计并实现了一个影像压缩质量评价原型系统。系统的主界面见图 1,主要功能包括影像特征分析、对比分析、影像评价综合性指标计算、影像匹配精度评价等。

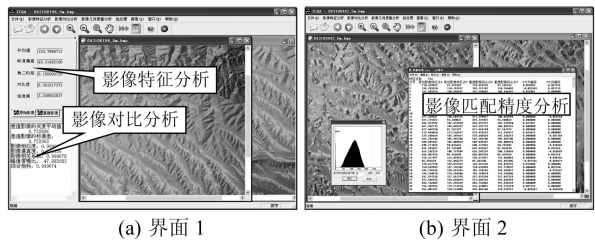


图 1 影像压缩质量评价软件界面

Fig. 1 Image Compression Quality Assessment Software Interface

4 试验结果分析

采用改进的 SPIHT 压缩算法对不同地形特征的遥感影像,包括平地、丘陵地、山地和高山地,分别进行压缩,得到一系列压缩比的重建影像。采用上述方法,开展主客观评价系列试验。测试影像及其重建影像分为 8 组,每组 5 景影像,一景为未压缩的原始影像,其余 4 景为重建影像,分别是平地、丘陵地、山地和高山地的重建影像,以未

压缩的原始影像为参照。

在主观评价试验中,参加重建影像质量评价的人员既有遥感判读专家,也有普通人员,共 20 名,所有人员视力或矫正视力良好,观察条件为光线充足、明视距离 25~30 cm、相同的计算机显示设备等。用于显示影像的软件采用 C++ 语言编写,简单易用,可同时显示多景影像,具有缩放、平移和标记等基本功能。主观评价指标包括信息丢失、几何畸变、清晰度(锐度)、反差。评价级别的选定包括优秀、良好、合格和不合格。隶属度的确定可以根据式(2)和式(3)计算。权向量的选取是在综合了有关专家的意见以及相关经验之后确定的。从主观评价试验来看,随着压缩比的增加,影像质量逐渐下降,在压缩比不超过 4 : 1 的情况下,压缩效果较好,与原始影像差别不大;对于地形复杂、纹理较多的影像,影像压缩后,失真较为严重。

在客观评价试验中,根据客观质量评价中的内容,可以得出相关的试验结果。构像质量评价方面,随着压缩比的增加,影像对比度、信息熵及影像相似度、相关系数和逼真度等逐渐下降,角二阶矩增大,说明随着压缩比的增加,重建影像与原始影像的一致性程度降低,这与主观评价的结论是一致的。几何精度评价方面,在压缩比较小的情况下(不超过 10 : 1),影像压缩对于匹配精度的影响较小;当压缩比较大时,随着压缩比的增大,匹配精度有所下降。结合测绘生产规范,在压缩比为 4 : 1 的条件下,由重建立体像对自动生成的 DSM 可以满足 1 : 5 万数字高程模型高程中误差最低的要求;在压缩比为 2 : 1 的条件下,重建影像立体像对摄影测量定位点的精度满足规范要求。

综上所述,对于测绘卫星上有损压缩指标的选取,在保证影像失真不影响判读质量并满足测图精度要求的情况下,认为如果采用改进的 SPIHT 压缩算法,可以接受的压缩比不应超过 4 : 1。

5 结 语

遥感影像压缩的质量评价是压缩算法设计者和影像产品使用者非常关心的一个重要问题。为了满足遥感影像的应用要求,尤其在卫星发射之前,往往需要用户和压缩技术研制单位共同协商并制定压缩指标,如压缩比,压缩影像质量评价是提出正确指标的理论依据。本文结论已成为我国资源 3 号卫星上压缩比设计的重要参考。对于遥感影像压缩质量评价方面的研究,今后应重点开展无参照影像(即原始影像不存在或已破坏)的质

量评价研究。

### 参 考 文 献

- [1] Eskicioglu A M, Fisher P S. Image Quality Measures and Their Performance[J]. IEEE Transaction on Communications, 1995, 43(12): 2 959-2 965
- [2] Maeder A J. The Image Importance Approach to Human Vision Based Image Quality Characterization [J]. Pattern Recognition Letters, 2005, 26(3): 347-354
- [3] Lehmußola A, Ruusuvaori P, Yli-Harja O. Exploring Subjective Image Quality Through Isopreference Curves[C]. IEEE International Conference on Image Processing, Genoa, Italy, 2005
- [4] Rohaly A M, Corriveau P, Libert J, et al. Video Quality Experts Group: Current Results and Future Directions[C]. Visual Communications and Image Processing, Perth, Australia, 2000
- [5] Wang Z, Bovik A C, Lu Ligang. Why is Image Quality Assessment so Difficult? [C]. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Istanbul, Turkey, 2002
- [6] Gastaldou P, Zunino R, Heynderickx I, et al. Objective Quality Assessment of Displayed Images by Using Neural Networks[J]. Signal Processing: Image Communication, 2005, 20(7): 643-661
- [7] Eskicioglu A M. Quality Measurement for Monochrome Compressed Images in the Past 25 Years [C]. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Istanbul, Turkey, 2000
- [8] Avcibas I, Sankur B, Sayood K. Statistical Evaluation of Image Quality Measures[J]. Journal of Electronic Imaging, 2002, 11(2): 206-223
- [9] 翟亮, 唐新明, 李霖, 等. 一种新型的遥感影像压缩质量评价指标[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2007, 32(10): 872-875
- [10] 贾永红. 数字图像处理[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003
- [11] Ferwerda J A, Pellacini F. Functional Difference Predictors (FDPs): Measuring Meaningful Image Differences[C]. The 37th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, Pacific Grove, California, USA, 2003
- [12] Lau W L, Li Z L, Lam K W K. Effects of JPEG Compression on Image Classification[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(7): 1 535-1 544
- [13] 袁修孝, 李志林, 林伟强. JPEG 压缩对摄影测量点定位精度的影响[J]. 遥感学报, 2001, 5(3): 198-204
- [14] Shih T Y, Liu J K. Effects of JPEG 2000 Compression on Automated DSM Extraction: Evidence From Aerial Photographs [J]. The Photogrammetric Record, 2005, 20(112): 351-365

第一作者简介: 翟亮, 博士。主要从事卫星遥感、时空数据挖掘等方面的研究。

E-mail: zhailiang@casm. ac. cn

## Remote Sensing Image Compression Quality Assessment and Its Application

ZHAI Liang<sup>1</sup> TANG Xinming<sup>1</sup> ZHANG Guo<sup>2</sup> ZHU Xiaoyong<sup>2</sup>

(1 Chinese Academy of Surveying and Mapping, 16 Beitaping Road, Haidian District, Beijing 100039, China)

(2 State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Quality assessment for remote sensing image compression is of great value in many realms. However, there has no quality assessment scenarios in the field of surveying and mapping. This paper suggested that remote sensing image quality assessment experiments centering on subjective assessment and objective assessment should be taken according to application requirements. The experiments show that the compression ratio should be no more than 4 : 1 if the improved SPIHT algorithm were employed on board for Resources Satellite 3.

**Key words:** image compression; quality assessment; modified SPIHT algorithm