

doi:10.3788/gzxb20134205.0601

一种有效评估压缩对影像特征提取影响的方法

王昱^{1,2}, 杨秀策², 李晨钊³

(1 武汉大学 遥感信息工程学院, 武汉 430079)

(2 西安测绘研究所, 西安 710054)

(3 解放军 78155 部队, 成都 610036)

摘 要: 在分析压缩对于影像特征提取影响的基础上, 提出了一种定量化评价压缩对于影像线特征提取的方法. 该方法首先对影像进行特征提取, 然后使用变化检测算法统计压缩对于特征的影响. 利用 JPEG2000 算法对一幅 SPOT5 影像进行压缩的试验表明, 该方法可以获得连贯的边缘曲线, 且具有较强的去除噪声的能力, 其线特征提取结果适用于进行特征变化的比较; 能够较好地反映出不同倍数的压缩影像信息量的损失情况, 线特征变化率越大, 压缩影像信息损失量就越大.

关键词: 影像压缩; 线特征; Canny 算子; 峰值信噪比

中图分类号: TP751.2

文献标识码: A

文章编号: 1004-4213(2013)05-0601-4

A Method for Evaluate the Effects of Compression to Image Feature Extraction

WANG Yu^{1,2}, YANG Xiu-ce², LI Chen-zhao³

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

(2 Xi'an Surveying & Mapping Institute, Xi'an 710054, China)

(3 PLA 78155 Troop, Chengdu 610036, China)

Abstract: Based on analysis of the effects of compression to image feature extraction, a quantitative method is proposed to evaluate the effects of compression to image feature extraction. The feature of image is extracted, and change detection method is used to statist the effect of compression. The compression test used JPEG2000 to SPOT5 image showed that the proposed method can obtain the coherenceedge curve, and has strong ability to remove noise; line feature extraction results are applicable to feature change comparison; the method can also reflect the different image information loss of multiple compressed ratio, the higher of line feature change rate, and the more of compression image information loss.

Key words: Compression; Cannon operator; Line feature extraction

0 引言

随着航天遥感技术的发展, 遥感数据的数据量越来越巨大, 对遥感数据存储和传输的要求也越来越高. 同时, 由于图像压缩技术逐渐成熟, 有效地减轻了遥感数据存储和传输的压力. 对于压缩算法而言, 压缩比、压缩速度和压缩图像质量是评价压缩算法的三个要素.

在包括摄影测量在内的众多影像应用领域, 对

于影像质量, 特别是高准确度的遥感影像 (如 SPOT5) 质量要求较高. 影像压缩常常会损失包括边缘特征在内的影像高频信息, 从而不可避免地对影像的量测准确度产生影响^[1-3], 摄影测量工作者分别从空三加密^[5]、数字高程模型 (Digital Terrain Model, DTM) 提取^[4-7] 等角度研究了压缩对于遥感影像测量准确度的影响. 地物的边缘特征是以线元素形式存在的卫星影像的重要特征之一, 能够反映地物灰度的突变, 是卫星影像中信息丰富的区域, 特

基金项目: 国防技术基础基金 (No. J08302) 资助

第一作者: 王昱 (1972-), 男, 副研究员, 硕士研究生, 主要研究方向为航天摄影测量. Email: wyu1972@263.net

导师 (通讯作者): 胡莘 (1961-), 男, 研究员, 博士, 主要研究方向为航天摄影测量. Email: Hushen327@sina.com

收稿日期: 2012-08-06; 录用日期: 2012-11-08

别是对于用于量测的遥感影像,线特征检测具有重要的意义.目前主要采用主观判断的准则,即用在不同压缩质量的情况下,用人眼判定线特征的移动或改变.但是在线特征移位和畸变并不明显,同时又能够对影像应用产生潜在影响的情况下,则需要一种定量指标来度量这种移位或畸变情况.

本文将线特征提取算法与变化检测算法相结合提出了一种能够量化评价压缩对影像线特征提取性能影响的方法,首先利用 Canny 算子对压缩前后的影像进行线特征提取,然后对压缩前后的线特征提取结果进行变化检测,统计变化检测的结果获得特征变化率,利用 SPOT5 影像进行的压缩评价试验表明,所提方法能够快速准确地描述压缩对于影像特征提取性能的影响.

1 影像的线特征提取

目前线特征提取算子主要有 Roberts 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子、Laplace 算子、Canny 算子等^[8-10],利用影像线特征对压缩影像的评价,主要是比较影像压缩前后的线特征变化.为了便于比较分析,应该选择单像素且连贯性较好的边缘.相比其他算子,Canny 算子获得的边缘曲线比较连贯,且具有较强的去除噪音的能力.因此,将 Canny 算子对压缩前后影像的提取结果用于比较,可行性较大.

Canny 算子的基本思路是从边界初始点开始,通过对阈值的设置,遵循跟踪准则,对可能的边界点进行提取.其主要特点是通过调节一个尺度参量的值,即可得到任意细致程度下的边缘信息.以二维 Canny 算子为例,计算过程是首先用高斯滤波器平滑影像,然后使用差分模板近似计算梯度值和方向,再在梯度方向上确定局部极大模点,用双门限法去除噪音并保留边缘点,最后进行插值将边缘点连接起来以形成连贯的曲线.

Canny 算子的具体计算过程主要包括以下步骤^[9]:

1)对影像进行高斯滤波.

2)计算每一个像素点的方向导数.对于一个连续图像 $f(x,y)$,在点 (x,y) 上 x 和 y 方向的梯度分别为

$$\begin{cases} G_x = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \\ G_y = \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} \end{cases} \quad (1)$$

3)利用方向导数计算梯度的幅度,即在梯度方向上变化率的速度.其计算公式为

$$g(x,y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (2)$$

4)抑制局部非最大化(non-maximum).计算像素的梯度是否为局部最大,将梯度局部非最大的点从边界候选点中去除掉.

5)给出一个梯度的阈值,这个阈值通常为一个经验值.将梯度大于该阈值的点作为一个起点,并进行边界搜索,从而得到影像的线特征.搜索准则是:在当前像素的8个邻域像素中,选择梯度最大的作为边界点,同时将这个点作为下一个搜索的起点,当梯度绝对值小于阈值时,搜索终止.

2 图像变化统计方法

2.1 线特征变化统计方法

图1(a)~(d)分别显示了对一幅遥感影像以及2、4、8倍压缩影像进行 Canny 算子线特征提取的结果.

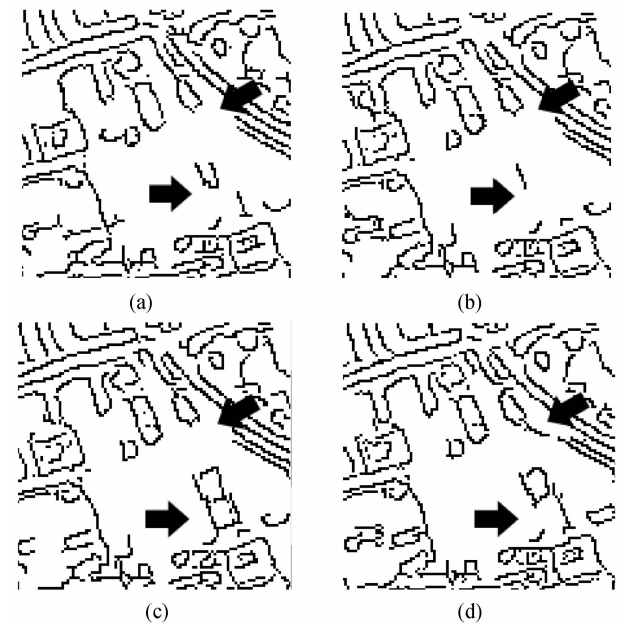


图1 不同压缩质量因数下遥感影像的线特征提取结果
Fig.1 Remote sensing image line feature extraction results of different compression quality factor

如图1所示,影像的线特征在压缩前后发生了较为明显的变化,主要变化包括线特征增加、线特征的减少和线特征的移位(图1(a)~(c)).差值变化检测是通过设定一定大小的阈值来比较两幅影像同一位置的灰度值变化,从而来判断影像压缩前后的变化情况.使用 Canny 算子对影像处理之后得到的反映影像线状特征的二值图像进行差值变化检测,可以很好地检测出提取出的线特征产生的这三类变化.

目前常用的变化检测算法包括分类比较法、图像差值法、图像比值法、图像回归法等,其中图像差值法是应用最广泛的变化检测方法,可以应用于多种不同的地理环境和图像类型,该方法被广泛应用

于检测海岸线环境变化、森林变化、沙漠化、农作物分析等领域。

由于对压缩后影像提取出来的线特征与原始影像的线特征进行差值变化检测,由于试验中用于检测的影像是二值图像,所以将阈值设为 0~255 之间的任何数都会得到相同的变化检测结果.我们以压缩倍数为 2 倍的压缩影像为例,将原始影像和压缩影像的特征提取进行差值变化结果如图 2.



图 2 原始影像和压缩影像特征差值变化检测结果
Fig. 2 Difference change detection results of line feature extraction from original and compressed image

得到变化检测的结果后,先将原始影像和压缩后影像经 Canny 算子处理后的二值图像中的特征像素所占整幅图像的比例 R_0 、 R_n 分别计算出来,再计算变化检测结果中变化像素所占比例 C_n .当压缩倍数为 n 时,反映压缩前后影像线特征变化的特征变化率 C_{0n} 的计算公式为

$$C_{0n} = \frac{C_n}{R_0 + R_n} \quad (3)$$

2.2 峰值信噪比

计算峰值信噪比(Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR)的方法是评价影像压缩前后质量变化的常用方法,其定义式如下

$$\begin{cases} \text{PSNR} = -10 \log_{10} \frac{\text{MSE}}{\text{Bit} \times \text{Bit}} \\ \text{MSE} = \frac{1}{\text{ROW} \times \text{COL}} \sum_{i=0}^{\text{ROW}-1} \sum_{j=0}^{\text{COL}-1} (\hat{x}_{ij} - x_{ij})^2 \end{cases} \quad (4)$$

式中 ROW, COL 分别为图像的行列数, Bit 表示影像的量化位数, x_{ij} , \hat{x}_{ij} 分别表示原始影像和处理后影像在 (i, j) 处像素灰度值. 峰值信噪比在影像的传输、压缩过程的质量评价中占有重要的地位,是重要的评价指标之一.但是 PSNR 无法孤立地判断一幅影像的质量^[7].

3 实验与分析

本文实验选择的影像为 624×576 的 SPOT5 影像,主要要素包括了居民地、河流、道路、桥梁、植

被等.实验的主要步骤为:首先使用 JPEG2000 方法影像采用 2、4、6、8、10、12、16 倍的压缩比进行压缩.使用不同方法对影像进行线特征提取,再使用 Canny 算子对压缩影像进行线特征提取,然后作差值变化检测,统计出不同压缩倍数下影像的特征变化率.为了进一步验证特征变化率是否具有检验影像质量的作用,同时计算了压缩前后影像的峰值信噪比作为参考值(见图 3).

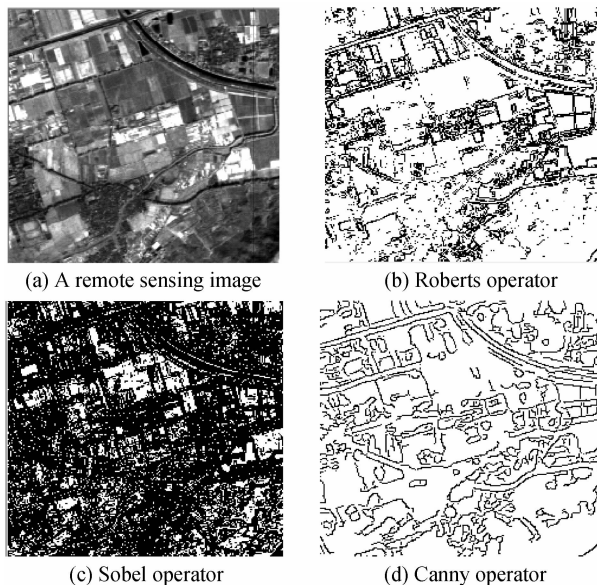


图 3 边缘特征提取算子效果图
Fig. 3 Edge detection operator effect chart

对不同压缩倍数下的线特征变化进行统计,计算由压缩引起的线特征变化量.图 4 中,横坐标为不同的压缩倍数,纵坐标为线特征变化率.由图 4 可知,压缩倍数增加,线特征变化率增加、峰值信噪比减小.考虑线特征提取算法的影响,可认为当压缩倍数为 2 倍时,压缩造成的线特征变化较小;4 至 6 倍时,线特征变化相对稳定;而当压缩倍数为 8 倍或者更高时,Canny 算子提取出的线特征变化比较明显.表 1 列出了在不同压缩倍数下特征变化率和峰值信噪比的值,实验说明了影像质量越差,峰值信噪比越小,而线特征的变化和峰值信噪比变化规律相吻合.

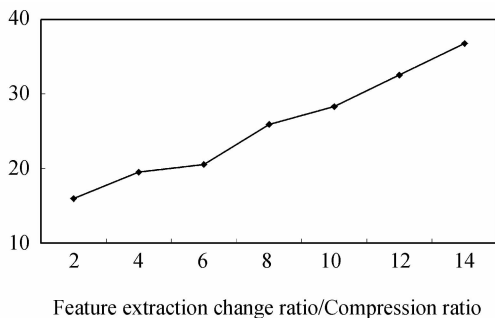


图 4 不同压缩倍数下线特征的变化
Fig. 4 Line feature change ratio change with different compression ratio

表 1 不同压缩倍数下的特征变化率和峰值信噪比
Table 1 Line feature change ratio and PSNR change with different compression ratio

Compression ratio	2	4	6	8	10	12	16
Feature extraction change ratio/(%)	15.91	19.55	20.58	25.94	28.27	32.58	36.77
PSNR	34.5	33.2	34.3	31.1	30.4	29.6	28.5

4 结论

本文研究了一种利用影像线特征变化的统计量来评价压缩影像质量的方法,并使用了 SPOT5 影像进行了实验,得出了以下结论.

1) 基于 Canny 算子的影像线特征提取算法,可以获得连贯的边缘曲线,且具有较强的去除噪音能力,其线特征提取结果适用于进行特征变化的比较.

2) 通过统计线特征变化的压缩质量评价方法能够较好地反映出不同倍数的压缩影像信息量的损失情况,线特征变化率越大,压缩影像信息损失量就越大.

参考文献

- [1] JOCHEN SCHIEWE. Effect of lossy data compression techniques on geometry and information content of satellite image [C]. Stuttgart: IAPRS, Vol. 32, Part 4 "GIS-Between Vision and Applications", 1998: 540-544.
- [2] KAZUO INABA. Utilization of data acquired by 'DAICHI' (advanced land observing satellite) for maps[OL]. http://www.jaxa.jp/press/2008/01/20080116_sac_daichi_e.pdf.
- [3] CHANG H S, KANG K A. Compressed domain scheme for classifying block edge patterns [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2005, **14**(2): 145-151.
- [4] CHEN Hai-ou. The research on remote sensing image compression basedon JPEG2000 [D]. Wuhan: Wuhan University, 2005.
陈海鸥. 基于 JPEG2000 的遥感影像压缩研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.
- [5] YUAN Xiu-xiao, LI Zhi-lin, LAM KENT W K. Effects of JPEG compression on the accuracy of photogrammetric point determination[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2001, **5**(3): 198-204.
袁修孝,李志林,林伟强. JPEG 压缩对摄影测量点定位准确度的影响[J]. *遥感学报*, 2001, **5**(3): 198-204.
- [6] WANG Yu, HU Xin, LI Yun-song, et al. Effects comparison of JPEG2000 and JPEG compression on the accuracy of digital terrain models(DTM) automatically derived from digital aerial images[C]. San Diego: Proc. SPIE. 7084, Satellite Data Compression, Communication, and Processing IV, 2008: 70840Q-70840R.
- [7] WANG Yu, HU Xin, NIU Rui, et al. Effects of image compression on the accuracy of digital terrain model (DTM) automatically derived from satellite images[C]. San Diego: Proc. SPIE. 7455, Satellite Data Compression, Communication, and Processing V, 2009: 74550V-74550W.
- [8] WANG Yu, HU Xin, ZHANG Bao-ming. Research on digital image quality assessment [J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2002(5): 7-9.
王昱,胡莘,张保明. 数字影像质量评价方法研究[J]. *测绘通报*, 2002(5): 7-9.
- [9] 杨枝灵,王开. Visual C++ 数字图像获取处理及实践应用[M]. 北京:人民邮电出版社, 2003.
- [10] 张祖勋,张剑清. 数字摄影测量学[M]. 武汉:武汉大学出版社, 1997.
- [11] CHEN Zhi-peng. The study of the differencing change detection method based on textural features [D]. Beijing: Institute of Electronics, Chinese Academy of Science, 2002.
陈志鹏. 基于纹理特征的差值变化检测方法研究[D]北京:中国科学院电子学研究所, 2002.