

基于城区航空影像的变化检测

方 针 张剑清 张祖勋

(武汉测绘科技大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉市珞喻路 39 号, 430070)

摘 要 提出一种城区人工地物变化检测方法。其基本思想是: 首先利用较简单方法进行变化检测, 所检测出的变化都作为待选的变化; 然后进行进一步的分析比较, 从这些待选的变化中找出我们感兴趣的人工地物的变化。实验结果证明了该方法的有效性和可靠性。

关键词 变化检测; 影像匹配; 特征匹配

分类号 P 231.5

1 人工地物变化检测

研究表明, 一些简单的变化检测方法, 如影像相减法、相关系数法在检出变化时往往比一些复杂方法所得的结果要好。但也正是由于方法的简单, 丢失了某些信息, 因而很难研究变化的性质, 需要进行进一步分析。有鉴于此, 我们提出的方法就是首先利用简单的变化检测方法检测变化, 将所检出的变化都作为待选的变化, 然后进行特征提取与特征匹配, 进一步确定我们感兴趣的人工地物的变化。由于相关系数是灰度线性变化的不变量, 所以在确定待选的变化区时选用了相关系数法, 以消除由于拍摄时间、拍摄条件的不同所造成的影像之间亮度与对比度的差异。

这种变化检测方法的设计思想是: 首先将用于变化检测的新影像相对于老影像做相对配准; 然后用相关系数法对老影像和配准影像做影像匹配, 提取匹配不好的区域, 并用数学形态学的方法将相邻区域合并, 剔除小的孤立区域, 得到大的连通区域作为待选变化区。在待选变化区中进行边缘检测和直线识别, 并基于所提取的直线特征, 对老影像与配准影像的待选变化区进行特征匹配, 确定变化了的区域。实现流程如图 1 所示。



图 1 变化检测流程图

Fig. 1 Flow Chart of Change Detection

1.1 影像配准

利用 VirtouZo 数字摄影测量系统中的相对定向模块实现影像的相对配准。一般过程为 (以新影像相对于老影像配准为例): 在老影像上选取一些特征点, 通过二维相关确定它们在新影像中的同名点。这些同名点可以自动或半自动地确定, 作为相对配准的控制点。

相对配准采用二次多项式法:

$$\begin{aligned} x' &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 \\ y' &= b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2 \end{aligned}$$

在此, (x, y) 是老影像上的坐标, (x', y') 是新影像上的坐标。

一旦选定控制点对, 就可以利用控制点坐标计算出系数 $a_0, a_1, \dots, a_5, b_1, b_1, \dots, b_5$ 。然后对新影像进行重采样, 得到新影像相对于老影像的相对配准影像。

1.2 影像匹配

在影像中不可避免地存在着一些低反差区, 这些区域的存在会降低影像匹配结果的可靠度。因此在进行影像匹配之前应当首先把低反差区同其它区域区分开来。其过程是: 计算每个区域的反差, 若该反差值小于某个阈值, 则认为该区域为低反差区。如果一个区域在老、新影像上都是低反差区, 可以认为该区域中没有发生变化; 如果一个区域只在老或新影像上被划为低反差区, 则认为该区域为不可靠区, 即待选变化区; 如果一个区域在老、新影像上都不是低反差区, 则需要进一步进行影像匹配作进一步的判断。

采用相关系数作为匹配测度, 因为相关系数是灰度线性变换的不变量, 选择它作为匹配测度可以部分消除由于拍摄时间、条件不同所造成的影像之间亮度与对比度的不同。计算老影像与配

准影像上以点 (x, y) 为中心的影像窗口之间的相关系数 若该相关系数低于某个阈值,则认为该窗口属于待选的变化区。

1.3 不可靠区提取

在划分不可靠区的过程中,计算反差以及影像匹配都是以影像窗口为计算单位 若该影像窗口被认为是不可靠区,则将该影像窗口重心像素置为 255作为标记。在进一步分析之前,有必要对所得不可靠区进行整理,将相邻区域合并,并去除一些小的、孤立的区域以得到大的、连通的不可靠区。我们用序贯条件变换来完成上述工作。

若以 A 代表不可靠区中影像窗口的集合, B 代表单个影像窗口, C 表示相邻 8 个窗口中的 5 个或 5 个以上窗口属于不可靠区域的影像窗口的集合,则条件侵蚀和条件扩张可分别表示为:

$$A \oplus B; C = (A \oplus B) \cap C$$

(不增加 C 以外的元素)

$$A \ominus B; C = (A \ominus B) \cup C$$

(保留 C 的元素)

事先设定变换次数 n ,每步给出相同的条件,就形成了条件序贯变换:

$$A \oplus \{B\}_n; \{C\}_n = [(\dots ((A \oplus B) \cap C) \oplus B) \cap C \dots] \oplus B \cap C$$

$$A \ominus \{B\}_n; \{C\}_n = [(\dots ((A \ominus B) \cup C) \ominus B) \cup C \dots] \ominus B \cup C$$

首先对影像进行一定次数的扩张运算,再进行一定次数的侵蚀运算 实验证明,当 n 大于一定次数时,处理结果(块的大小、位置)趋于稳定。

然后通过轮廓跟踪来确定不可靠区的范围。逐个扫描 $N \times N$ 窗口的中心像素,若其灰度值等于 255,则该窗口已属于不可靠区 选择此中心像素为搜索起始点,顺序考查与其相邻的 8 个影像窗口的中心像素是否为轮廓线上的点。以下做法与普通轮廓跟踪类同,不再赘述。

1.4 边缘提取与直线识别

在不可靠区内,对老影像与配准影像分别进行边缘提取与直线识别。

边缘提取采用 LOG 算子进行:

$$G(x, y) = [5^2 f(x, y)] G(x, y)$$

$$5^2 f(x, y) = \frac{x^2 + y^2 - 2e^2}{e^4} \exp\left[\frac{-x^2 + y^2}{2e^2}\right]$$

直线识别利用 Hough 变换实现。Hough 变换采用的直线模型为:

$$d = x \cos \theta + y \sin \theta$$

对于影像空间上任一点 (x, y) , Hough 变换将其

映射到参数空间 (d, θ) 的一条正弦曲线。由于影像空间内一条直线由一对参数 (d, θ_0) 唯一地确定,因而该直线上的各点变换到参数空间的各正弦曲线必然都经过 (d, θ_0) ,在参数空间中的这个点的坐标就代表了影像空间这条直线的参数 这样,检测影像中直线的问题就转换为检测参数空间共线点的问题

对 LOG 算子提取出的边缘点,利用 Sobel 算子计算其梯度方向 J ,然后在以 J 为中心的小区间内进行 Hough 变换,使运算速度大为提高。

在用 LOG 算子提边缘后,所得到的边缘线有时会呈现出很不规则的形状 如图 2 所示, A, B, C 3 点为共线点,但并不存在过 A, B, C 的直线。为此我们做一简单的判断。设 A 是边缘上第 m 个点, B 是边缘上第 n 个点,若 $|m - n| <$ 阈值 T ,则认为 B 满足 Hough 变换的条件,给相应的累加器加 1



图 2 LOG 算子提取的边缘
Fig. 2 Edge Extracted by LOG

1.5 确认变化区

由于一条直线可以通过一对参数 (d, θ) 唯一地确定,因此可将老影像上某一待选变化区内的直线表示为集合 O

$$O = \{(d_0, \theta_0), (d_1, \theta_1), \dots, (d_m, \theta_m)\}$$

配准影像上同一待选变化区内的直线表示为:

$$N = \{(d_0, \theta_0), (d_1, \theta_1), \dots, (d_n, \theta_n)\}$$

对 O 上任一直线 (d, θ_i) ,计算它与 N 上直线 (d_j, θ_j) 之间的距离:

$$d_{ij} = [(d - d_j) + (\theta_i - \theta_j)]$$

$$0 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq n$$

若 $\min(d_{ij})$ 小于某个给定的阈值,则认为 $\min(d_{ij})$ 对应的两条直线是匹配的,否则认为 N 中找不到直线与 O 中直线 (d, θ) 匹配 若 O 与 N 中匹配直线的对数与直线总数的比值大于一定阈值,则认为该不可靠区内没有变化发生,反之 则认为有变化发生

2 实验结果及分析

选取一幅 816×1008 的城区航空影像作为实验影像 图 3 所示为老影像与相对老影像配准

的新影像 图 4所示为相关系数法匹配结果,图 5 所示为侵蚀扩张结果. 图 6所示为轮廓跟踪结果,矩形框所围为待选变化区.

图 7所示为待选变化区中的 3块分别做边缘提取的结果. 图 8所示为对图所示边缘进行直线识别的结果

(a)老影像

(b)相对老影像配准的新影像

图 3 老影像与配准影像

Fig. 3 Old Image and Rectified New Image

图 4 相关系数法匹配结果

图 5 侵蚀扩张结果

图 6 轮廓跟踪结果

Fig. 4 Matching Result by Correlation Coefficient

Fig. 5 Result of Dilation and Erosion

Fig. 6 Result of Boundary Flowing



(a) 待选变化区一

(b) 待选变化区二

(c) 待选变化区三

图 7 边缘提取结果

Fig. 7 Result of Edge Extracting



(a) 待选变化区一



(b) 待选变化区二

(c) 待选变化区三

图 8 直线识别结果

Fig. 8 Result of Straight Line Recognition

图 9 所示为特征匹配结果。图中亮线为匹配不好的直线。图 9 (a)、(b) 所示的待选变化区中匹配不好的直线很少, 因此是发生了变化的区域。

而图 9 (c) 所示的待选变化区中匹配不好的直线很少, 可以认为无变化发生。参照图 3 所示的老影像与配准影像, 可知结果正确。



(a) 待选变化区一

(b) 待选变化区二

(c) 待选变化区三

图 9 特征匹配结果

Fig. 9 Result of Feature Based Matching

3 结 论

本文提出了一种用于人工地物变化检测的新方法, 即在简单变化检测的基础上, 进行进一步的分析比较, 为提高城市地理信息系统数据更新的速度开辟了一条新途径。该方法基于大比例尺航空影像进行变化检测, 不同于一般的变化检测方法那样基于卫星影像, 从而能够检测出更加细微、具体的变化。对于简单变化检测所得到的结果 (如图 4 所示相关系数法检测结果), 利用侵蚀扩

张运算, 将相邻区域合并, 并去除一些小的、孤立的区域, 然后对区域内部进行进一步的比较以确认变化 (如图 9 所示特征匹配结果), 因此能够降低因误配准造成的误判, 提高检测的准确度。实验证明, 本文提出的方法实用可行。

参 考 文 献

1 Jensen J R, Toll D L. Detecting Residential Land Use Development at Urban Fringe. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1982, 48 (4): 629 ~ 643

2 游素亚,徐光佑.立体视觉研究的发展与现状.中国图

像图形学报,1997,2(1):17-25

Change Detection Based on Aerial Image of Urban Area

Fang Zhen Zhang Jianqing Zhang Zuxun

(National Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing,
W TUSM, 39 Luoyu Road, Wuhan, China, 430070)

Abstract This paper presents a new approach to detecting man-made object changes in urban area. This approach is more automatic, precise and reliable than the conventional change detection approach, which were mainly used for the analysis of space-borne remote sensing image. The experiment results indicate the effectiveness and reliability of the approach.

Key words change detection; image matching; feature extraction

(上接第 236页)

3 袁信,俞济祥,陈哲.导航系统.北京:航空工业出版社,1993.

4 柳响林.卡尔曼滤波质量控制及其在GPS动态定位中

的应用: [学位论文].武汉:武汉测绘科技大学,1997

5 董绪荣. SINS/GPS组合系统数据处理的质量控制方法研究.郑州测绘学院学报,1994(4)

Reliability Analysis for Kalman Filtering and Its Application in Kinematic GPS Positioning

Liu Xianglin Liu Jingnan Du Daosheng

(School of Geo-science and Surveying Engineering, W TUSM, 39 Luoyu Road, Wuhan, China, 430070)

Abstract Based on the test of hypothesis, inner and outer reliability are given from the predicted residuals of Kalman filtering. In the meanwhile, the departing estimation algorithm of model biases is also presented. A software performing the algorithm is developed to test the moving vehicles data of WAPGPS. Some conclusions in processing the dynamic data of WADGPS are obtained.

Key words Kalman filtering; predicted residual; reliability analysis; the departing estimation algorithm of model biases