

# 顾及配准误差的遥感影像变化检测

徐丽华<sup>1</sup> 江万寿<sup>2</sup>

(1 西南大学资源环境学院, 重庆市天生路 216 号, 400716)

(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:** 提出了一种基于区域变化率的变化检测方法, 该方法在考虑阴影及灰度匹配的基础上, 采用区域信息降低由配准误差引起的虚检率。实验表明, 本文方法能够在一定程度上消除配准误差的影响。

**关键词:** 影像配准; 变化检测; 迭代辐射校正; 区域变化率

**中图分类号:** P237.3

作为遥感影像的基本应用之一, 基于多时相卫星影像的变化检测已经在土地覆盖变化、城市动态监测、灾害监测、土壤分析等领域得到广泛应用<sup>[1-3]</sup>。在各种变化检测算法中, 影像差值和线性变换方法比其他双时相变化检测方法表现得要好<sup>[3-6]</sup>。在这两种方法中, 首先需要把两个时期的影像精确配准, 然后把配准后的影像相减。其中, 两个影像的精确配准是变化检测的前提。如果影像上的一些像素配准不正确, 这些像素将可能被检测为变化的像素, 从而造成虚假变化。研究表明, 如果要把虚假变化控制在 10% 以下, 则影像配准的精度需要达到 1/4 个像素<sup>[4]</sup>, 这在现实中是很难达到的, 而且随着影像分辨率的提高, 错误匹配的问题将更为严重。因为影像分辨率越高, 地面突出物如建筑物、树木等投影越长, 从而造成影像变形的不连续。因此, 影像配准误差是遥感影像变化检测中必须研究的课题。

本文主要针对配准误差造成的虚假变化问题进行探讨。利用影像的邻域信息, 把影像上孤立的像素作为区域中的一部分来看待, 只有区域中变化的像素达到一定比例时, 才认为区域发生变化, 否则认为是配准误差或其他原因引起的变化。影像配准采用金字塔匹配策略, 利用相关系数峰值寻找匹配候选点, 然后构成概率松弛法优化网络, 从候选匹配中迭代选择出正确的匹配<sup>[5]</sup>。影像分割采用 Mearr Shift 算法<sup>[2]</sup>。本文对影像差值变化检测和区域变化率检测方法进行讨论。

## 1 影像差值变化检测

在利用影像差值法进行变化检测前, 除了需要进行精确的影像配准外, 影像之间的辐射差异对变化检测的影响也需要加以考虑。影像之间的辐射差异可以通过影像之间的相对辐射校正来完成。相对辐射校正完成之后, 可以计算差值影像, 然后按给定阈值把影像的各像素分为变化和非变化两类。由于最初参加相对辐射校正计算的像素是所有像素, 也即包含变化了的像素, 而变化的像素的辐射是不同的, 不应该参与相对辐射校正。因此, 相对辐射校正还需要利用差值变化检测的结果, 只让没有变化的像素参与相对辐射校正计算。这样, 辐射校正和影像差值变化检测是一个交替迭代的过程。

### 1.1 相对辐射校正

两个影像之间的相对辐射校正和影像的最小二乘匹配很类似, 只是假设影像之间只存在辐射畸变。假定经过配准的灰度影像 2 和灰度影像 1 只存在线性辐射畸变<sup>[7]</sup>:

$$g_1(i, j) + n_1(i, j) = h_0 + h_1 g_2(i, j) + n_2(i, j) \quad (1)$$

式中,  $g_1(i, j)$ 、 $g_2(i, j)$  分别为影像 1 和影像 2 在像素  $(i, j)$  处的灰度;  $h_0$ 、 $h_1$  为线性辐射畸变参数;  $n_1(i, j)$ 、 $n_2(i, j)$  为随机噪声。

式(1)的误差方程为:

$$v(i, j) = h_0 + h_1 g_2(i, j) - g_1(i, j) \quad (2)$$

根据最小二乘原理,  $h_1$ 、 $h_0$  的值为:

$$h_1 = \frac{n \sum g^1(i, j) g^2(i, j) - \sum g^1(i, j) \sum g^2(i, j)}{n \sum g^2(i, j) - (\sum g^2(i, j))^2}$$

$$h_0 = \frac{1}{n} (\sum g^1(i, j) - h_1 \sum g^2(i, j)) \quad (3)$$

式中,  $n$  为参加辐射校正解算的像点个数。

如果  $g_1$  和  $g_2$  已经重心化, 则  $\sum g_1(i, j) = 0$ ,  $\sum g_2(i, j) = 0$ , 有  $h_0 = 0$ , 且

$$h_1 = \frac{\sum g_1(i, j) g_2(i, j)}{\sum g_2^2(i, j)} \quad (4)$$

### 1.2 影像差值变化检测

在利用  $h_0$  和  $h_1$  对影像 2 进行辐射校正后, 点  $(i, j)$  处影像的差值为:

$$\delta_{ij} = |g_1(i, j) - g_2(i, j)| \quad (5)$$

对于给定的阈值  $T_0$ , 差值影像可以分为变化和非常变化两类:

$$C(i, j) = \begin{cases} \text{真}, & \delta_{ij} \geq T_0 \\ \text{假}, & \delta_{ij} < T_0 \end{cases} \quad (6)$$

### 1.3 迭代辐射校正与变化检测

利用影像差值变化检测的结果, 重新进行相对辐射校正, 只是没有变化的像素, 也即  $C(i, j)$  为假的像素才参与计算。然后按本文方法进行变化像素检测。不断重复相对辐射校正和影像差值变化检测两个步骤, 直到变化的像素不再增加或减少为止。

## 2 基于区域变化率的变化检测方法

### 2.1 阴影区域的考虑

对于城区等建筑物或独立树较多的地区, 阴影往往也是产生虚假变化信息的重要因素之一。这种假变化往往产生在前、后时期影像上阴影不一致的地方。由于阴影的显著特点是灰度值很小, 因此, 可以用一个小灰度阈值得到大部分阴影。当然, 其中可能包含非阴影区域。

对于 § 1.2 中检测得到的变化像素, 如果属于阴影区域, 就标记为非变化像素。

### 2.2 基于区域变化率的方法

对于建筑物的变化检测而言, 如果建筑物本身没有发生变化(如建筑物的消失、新建、改建等), 只是存在着投影差引起的变化, 则由投影差引起的变化可能是该区域中较小的一部分。另一方面, 如果该区域中大部分像素发生了变化, 则认

为整个区域均发生了变化。基于这种考虑, 本文提出基于区域变化率的方法来降低虚检率。

区域变化率定义如下: 设区域  $R_i$  的像素总数为  $n(R_i)$ , 其中被检测为发生变化的像素数为  $n_c(R_i)$ , 则区域变化率  $R_c(R_i)$  定义为区域内发生变化的像素占区域内像素总数的比重, 即

$$R_c(R_i) = \frac{n_c(R_i)}{n(R_i)} \quad (7)$$

给定低阈值  $T_L$  和高阈值  $T_H$ , 区域  $R_i$  内像素的变化处理如下。

- 1) 如果  $R_c(R_i)$  小于  $T_L$ , 则认为区域  $R_i$  没有变化,  $R_i$  中的所有像素标记为没有变化;
- 2) 如果  $R_c(R_i)$  大于  $T_H$ , 则认为区域  $R_i$  发生变化,  $R_i$  中的所有像素标记为发生变化;
- 3) 如果  $R_c(R_i)$  在  $T_L$  和  $T_H$  之间, 则不改变  $R_i$  中的所有像素类别标记。

## 3 实验与分析

图 1(a) 和图 1(b) 为已经配准的不同时期的航空影像, 摄影比例尺为 1: 1 万。为了后文说明方便, 图 1(b) 中用数字对区域进行了编号。从图 1 中可以看出, 区域 1、2、3 为新增的房屋, 是地表的真实变化; 区域 4 的房屋实际没有变化, 但是前后期影像上存在由投影差引起的变化; 区域 5 的房屋实际也没有发生变化, 影像上的变化是由于阴影和投影差引起的; 区域 6 的房屋为新建的房屋, 是地表的真实变化; 区域 7 的房屋没有发生变化; 区域 8、9、10、11 为阴影区域。

从上述观察结果可知, 图 1 的前后期影像不仅包含了地表真实变化, 还包含了投影差和阴影引起的变化。本文检测的目的就是要检测出地表的真实变化, 尽量消除或者减少阴影和投影差对变化检测结果的影响。

图 1(c)、图 1(d) 是对影像进行 Mear Shift 分割的结果。图 2(a) 是对原始影像进行归一化影像差值变化检测的二值影像, 其中差值影像变化检测的阈值为  $T = 55$ 。图 2 中白色代表变化的像素, 黑色代表没有发生变化的像素。可以看到, 该检测结果中的变化像素包含了很多由于阴影引起的变化。

在此基础上, 可以考察变化像素是否属于阴影区域。图 2(b) 为从后期影像(阈值为灰度值 128)提取的阴影影像, 图 2(c) 为从图 2(a) 中的变化去除图 2(b) 中阴影的变化影像。可以看出, 阴影引起的变化基本上被消除, 但是投影差引起

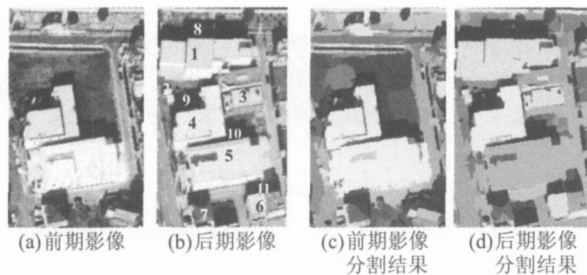


图 1 经过配准的前后期影像及不同时期影像分割结果

Fig. 1 Registered Image Pair and Image Segmentation Results

的变化依然存在。其中, 新增的房屋 1 虽然被检测出来, 但是该区域并不像实际中那样表现为一个完整的区域, 而是被分裂成了几个区域。因此, 必须进一步消除投影差引起的配准误差对变化检测结果的影响, 并尽量恢复变化区域的完整性。

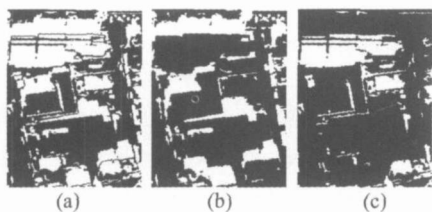


图 2 影像差值法检测结果

Fig. 2 Change Detection Based on Image Difference

图 3(a)、3(b) 分别为以图 2(c) 的检测结果为基础得到的前期影像和后期影像的区域变化率。按低阈值 ( $T_L = 20\%$ ) 对前期影像区域变化率 (图 3(a)) 进行阈值化去掉假变化, 得到的结果如图 3(c) 所示。

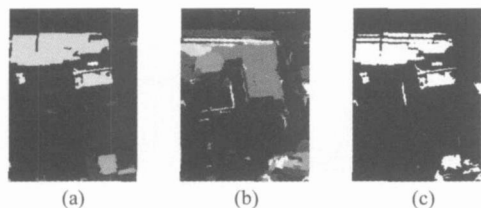


图 3 区域变化率与变化检测结果

Fig. 3 Detection Results Based on Region Change Rate

以去掉假变化的结果为基础再次统计前后期影像的区域变化率 (图 4(a)、4(b)), 设定高阈值  $T_H = 80\%$ , 把区域变化率大于高阈值的区域像素全部标记为变化像素, 以保证恢复变化区域的完整性。综合前后期的结果得到如图 4(c) 的最终结果。从图中可以看出, 该方法对保证新增房屋 1 的完整性是很有效的。

表 1 列出了影像差值和区域变化率两种检测

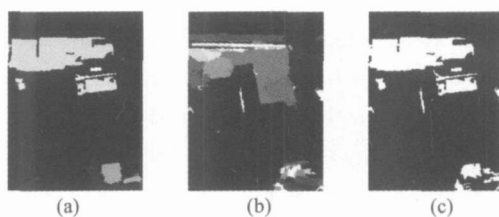


图 4 恢复区域完整性的变化结果

Fig. 4 Last Results of Change Detection

方法的结果对比。可以看出, 两种方法都检测出了真正的变化区。前者包含了 6 个虚检测, 其中 4 个是由于阴影引起的虚检测, 2 个是投影差引起的虚检测; 后者只包含一个由于投影差引起的虚检测区域, 阴影引起的虚检测完全被消除, 虚检测区域总共减少了 5 个。另外, 两种方法都没有漏检区域。

通过比较可以看出, 区域变化率的应用不仅可以减少虚检测, 还可以消除零碎的变化, 把零碎的变化区域整合成完整的变化区域。

表 1 影像差值与区域变化率检测方法的结果比较

Tab. 1 Change Detection Result Comparison Between Image Differencing Method and Region

检测算法	Change Rate Method		
	正确检测	错误检测	漏检测
影像差值	4	6	0
区域变化率	4	1	0

利用高分辨率遥感影像进行变化检测, 其主要困难是投影差和阴影会带来大量的伪变化信息, 进而对变化检测结果产生影响。本文根据相邻像元的依赖关系, 利用影像分割和区域变化率降低影像配准误差引起的错误检测率, 实验证明该方法是有效的。但是文中阈值的选择都是采取人工给定的方法, 对于阴影的处理也很粗糙, 影像分割效果也没有涉及, 这都是有待进一步研究的问题。

参 考 文 献

[1] Ackermann F. High Precision Digital Image Correlation[C]. The 39th Photogrammetric Week, Stuttgart, 1984

[2] Comaniciu D, Meer P. Mean Shift: a Robust Approach Toward Feature Space Analysis[J]. IEEE Trans Pattern Anal Machine Intell, 2002, 25(5): 603-619

[3] Coppin P, Jonckheere J, Nackaerts K, et al. Digital Change Detection Methods in Ecosystem Monitoring: a Review[J]. International Journal of Remote

- Sensing, 2004, 25(9): 1 565 1 596
- [4] Dai X, Khorram S. The Effects of Image Misregistration on the Accuracy of Remotely Sensed Change Detection[J]. IEEE Trans on Geoscience and Remote Sensing, 1998, 36(5): 1 566 1 577
- [5] 江万寿, 郑顺义, 张祖勋, 等. 航空影像匹配研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2003, 28(5): 510 515
- [6] Singh A. Digital Change Detection Techniques Using Remotely Sensed Data [J]. International

- Journal of Remote Sensing, 1989, 10(6): 989 1 003
- [7] 张祖勋, 张剑清. 数字摄影测量学[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1996
- [8] 徐丽华. 顾及投影差的遥感影像变化检测[D]. 武汉: 武汉大学, 2005

第一作者简介: 徐丽华, 硕士, 现主要从事测绘遥感应用的教学、科研工作。

E mail: sweitlianna@sina.com

## Change Detection of Satellite Imagery Considering Projection Difference

XU Lihua<sup>1</sup> JIANG Wanshou<sup>2</sup>

(1 College of Resources and Environment, Southwest University, 216 Tiansheng Road, Chongqing 400716, China)

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

**Abstract:** A method is presented to decrease the effects of misalignment. Firstly, the images are registered with a reliable strategy so that the ground can be registered correctly. Then the changes of image are detected with traditional algorithm according to image difference based on iterative radiometric calibration. At last, change rate of segmented image regions are used to improve the change detection results. The experiments show that the false detection of misregistering can reduced greatly.

**Key words:** image registering; change detection; iterative radiometric calibration; local change frequency

**About the first author:** XU Lihua, master, majors in surveying and remote sensing.

E mail: sweitliama@sina.com

### 欢迎订阅《武汉大学学报·信息科学版》

《武汉大学学报·信息科学版》即原《武汉测绘科技大学学报》，是以测绘为主的专业学术期刊。其办刊宗旨是：立足测绘科学前沿，面向国际测量界，通过发表具有创新性和重大研究价值的测绘理论成果，展示中国测绘研究的最高水平，引导测绘学术研究的方向。本刊为中国中文核心期刊，EI刊源期刊，国家优秀科技期刊，并获中国国家期刊奖，入选中国期刊方阵。

本刊主要栏目有院士论坛、学术论文、科技新闻等，内容涉及摄影测量与遥感、大地测量与物理大地测量、工程测量、地图学、图形图像学、地球动力学、地理信息系统、全球定位系统等。收录本刊论文的著名国际检索机构包括EI、CAS、PJK等，其中EI收录率达100%，其影响因子长期名列中国高校学报前列。本刊读者对象为测绘及相关专业的科研人员、教师、研究生等。

本刊为月刊，国内外公开发行人，邮发代号38-317，国外代号MO1555。A4开本，96面，定价8元/册，每月5日出版。漏订的读者可以与编辑部联系补订。