

# SAR 图像变化检测传统方法综述

谢润博

( 防灾科技学院 河北 廊坊 065201 )

**摘 要:** 合成孔径雷达 (SAR) 卫星具有全天候, 全时间对地面情况监测的特点, 在获得同一地点多时图像方面有着巨大优势。变化检测 (change detection) 是遥感领域中一个重要的应用手段, 在洪水监测, 建筑物变化监测, 农作物生长情况, 地震灾害灾情损失估计等方面有着广泛的应用。如今, 合成孔径雷达中的变化检测方法逐渐变成未来遥感图像研究中的热点。在本文中, 对几种合成孔径雷达的传统方法进行比较和分析。

**关键词:** 合成孔径雷达; 变化检测; 综述

**中图分类号:** TP791 **文献标识码:** A

## Overview on Traditional Methods of SAR Image Change Detection

XIE Run-bo

( Institute Of Disaster Prevention He Bei LangFang 065201 )

**Abstract:** Synthetic aperture radar (SAR) satellite has the characteristics of all-weather and all-time ground monitoring. It has great advantages in obtaining multi temporal images of the same place. Change detection is an important application measures in the field of remote sensing. It is widely used in flood monitoring, building change monitoring, crop growth, earthquake disaster loss estimation and so on. Nowadays, the change detection method in synthetic aperture radar has gradually become a hot spot in the research of remote sensing images in the future. In this paper, several traditional methods of synthetic aperture radar are compared and analyzed.

**Key words:** synthetic aperture radar; change detection; review

在科技不断发展, 技术不断进步的背景下, 合成孔径雷达已成为遥感图像研究中的一个热门话题。虽然光学卫星遥感在危害监测和管理的各个阶段都发挥着重要作用。但是由于缺乏足够的采集频率和及时性的数据, 传统的洪水, 地震等自然灾害监测遥感仍然很困难, 而合成孔径雷达系统提供了在白天和夜间持续运行的可能性。

在本文中, 重点比较了几种合成孔径雷达变化检测的传统方法, 介绍其变化检测的基本过程原理和实现过程。整体流程通常采用预处理、构造差异图和阈值分割 3 个步骤进行无监督的影像变化检测<sup>[1]</sup>。

### 1 变化检测流程

SAR 图像中的变化检测流程与光学图像有很大的区别, 由于图像的生成方式不同, SAR 图像中会

有许多高斯噪声对成像结果产生影响, 所以 SAR 图像的变化检测分为预处理, 变化信息提取以及评价三个部分。流程图如图 1 所示:

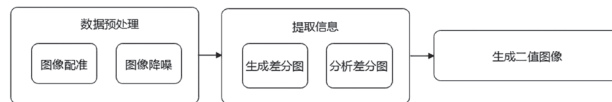


图 1 变化检测流程图

### 2 差异图生成的方法

在本文中着重研究差异图生成以及差异图分析两个步骤, 在差异图生成的研究过程中, 传统的差异图生成算法主要是通过对像素求差异运算来获得差异图。

早期的差异图生成算法主要采用最简单的差值差异运算, 即直接将两幅 SAR 影像相减<sup>[2]</sup>。但是 SAR

图像的噪声与光学图像不同,主要是由乘性噪声构成,在文献<sup>[3]</sup>中提出了差值算法不适用于 SAR 图像。在后续的研究中,文献<sup>[4]</sup>提到,使用对数比算子(log-ratio, LR)生成差异图,这样可以将 SAR 图像内的乘性噪声转换为加性噪声,并且可以增强变化类和非变化类的对比度,进一步减少了为变化类背景中一些小噪声的影响,这个方法可以有效的抑制噪声。在文献<sup>[5]</sup>中提出了均值比算子(mean-ratio,MR),该算子利用了像素的邻域信息,对于单独出现的噪声点有很好的抑制效果,因为对比的不再是单独的像素点,而是像素点所在一块区域的均值,但是此算法也有缺点,如果噪声不是点状而是成片的出现,那么 MR 算子可能不会有好的效果,这就是其局限性。结合上述两种算子的优缺点,在文献<sup>[6]</sup>中提出了一种使用弧切减法算子来进行第一步处理生成差分图,之后分别对生成的差分图进行二维高斯滤波器和中值滤波器进行降噪处理,其中二维高斯滤波器可以保持局部区域像素的一致性,中值滤波可以处理边缘信息,可以快速的生成最终的差分图

### 3 差异图的分析

在差异图生成之后,下一步就是对其进行分析,最终生成一副黑白的二值图。分析常见的方法有两种,分别是阈值分析和聚类分析。

(1) 阈值法:阈值法是进行阈值筛选来判断出适用于不同场景的方法,然后将差异图以阈值像素值为界划分为两类。现在无监督的阈值方法普遍更加使用,无监督的最优阈值的选择方法中比较经典的有 Kittler&Illingworth(KI)法<sup>[7]</sup>和期望最大化(expectation maximization, EM)算法<sup>[8]</sup>,这两种方法都需要建立一个模型来对数据进行拟合,然后通过贝叶斯最小错误率准则,对两类的概率分析来选出最优的阈值方法。其中 EM 算法是更具所获取到的数据进行逆推得到模型,且广泛被使用

(2) 聚类法:聚类算法是对生成的差异图进行聚类操作进行分析,普遍是将图像中的像素分为变化类,不变类和不确定类,在不确定类中再继续往下进行分类,通过不同的聚类算法对变化和不变的类进行变化检测。聚类方法分为硬聚类和模糊聚类两种。硬聚类以 K 均值(K-means,KM)聚类法<sup>[9]</sup>为代表,模糊聚类以(Fuzzy C-means,FCM)聚类法为代表,硬聚类 KM 聚类法用贪婪算法推导出,利用类间距离最大和类内距离最小这两点,通过迭代找到合适的聚类中心<sup>[2]</sup>但是硬聚类中容易产生一些误差。模糊聚类 FCM 聚

类法在此基础上又加入了模糊集合的概念,可以通过隶属度这一方法保留更多的原数据特征,使得分类的准确性有所提高,这也是目前运用很广的聚类方法之一。在文献<sup>[10]</sup>中提出了一种以模糊的方式结合局部空间信息和灰度信息的方法,这种方法被称为模糊局部信息 c-均值算法(FLICM)。FLICM 解决了已知 FCM 算法的缺点,大大提高了聚类的性能

### 4 近年来方法研究

2021 年在<sup>[10]</sup>中提出了一种自适应离散小波变换与 FCM 聚类相结合的方法,在文章中使用离散小波变换对输入的双时图像进行融合,在此过程中使用改进的灰狼算法(GWO)对小波变换的系数进行优化,之后对生成的差分图进行 FCM 聚类算法,初步生成一个二值图像,最后通过图像分割得到最终的变化图。2018 年在<sup>[11]</sup>中使用离散小波变换对输入的 SAR 图像进行小波分解,在高频部分使用对数比算子,对数比算子可以很好的保留高频中的细节特征,在低频部分使用均值比算子,均值比算子可以有效的抑制单独出现的噪声点,因为其获取的是局部的像素信息,最后对两幅处理过的高频子图和低频子图进行小波逆变换处理得到差分图,再通过文章中提出更改的 FCM 聚类进行图像分割得到最后的二值图。在 2017 年 Zheng 等人在<sup>[12]</sup>中提出一种无监督学习变化检测模型,图像中的显著区域非常好辨认,并且与其他区域的观察方式不一样,因为图像局部之间存在差异,所以该模型可以有效的检测出 SAR 图像中变化的区域,之后通过对感兴趣区域的映射阈值化生成差分图,此外利用 PCA 模型从局部的区域中提取特征来完善空间信息,减少对单独孤立的像素操作。2014 年 Huo 等人在<sup>[13]</sup>中提出了一个新的无监督学习变化检测方法,采用了图像融合和压缩投影的方法,首先用高斯对数比与互补数据的图像融合方法生成差分图,随后使用非下采样的轮廓变换来对融合后差分图的噪声最小化处理,再利用压缩投影来提取所有像素的特征。

### 5 结束语

本文首先介绍了变化检测的流程,并说明了 SAR 图像变化检测的意义,之后总结了 SAR 图像变化检测技术方面的一些常见方法,对近年来的研究中提出的方法做了介绍。由于 SAR 的获得信息的时效性和全天候持续获取影像,所以可见其具有很大的潜力的应用场景。  
(下转第 23 页)

搭载模型的 Android APP, 让技术落地, 真正帮助到广大农民朋友, 为我国的农业现代化助力。

#### 参考文献:

- [1] 郑世茶. 基于机器视觉技术的棉花病害识别 [D]. 江苏大学, 2007.
  - [2] 李小正. 基于机器视觉的棉花叶部特征图像识别的研究 [D]. 北京邮电大学, 2007.
  - [3] 王克如 王娜. 基于 Fisher 判别分析的玉米叶部病害图像识别 [J]. 中国农业科学, 2009, 42(11): 3836 – 3842.
  - [4] L é cun Y, Bottou L, Bengio Y, et al. Gradient-based learning applied to document recognition[J]. Proceedings of the IEEE, 1998, 86(11):2278–2324.
  - [5] Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton G E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks [J]. Advances in Neural Information Processing Systems, 2012, 25(2):2012.
  - [6] SIMONYAN K, ZISSERMAN A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition[J]. arXiv preprint arXiv:1409.1556, 2014.
  - [7] HE K, ZHANG X, REN S, et al. Deep residual learning for image recognition[C] //Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016: 770 – 778.
  - [8] G. Huang, Z. Liu, L. Van Der Maaten and K. Q. Weinberger, “Densely Connected Convolutional Networks,” 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017.
- 
- ( 上接第 14 页 )
- #### 参考文献:
- [1] Bovolo F, Bruzzone L. A detail-preserving scale-driven approach to change detection in multitemporal SAR images[J]. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 2005, 43(12): 2963–2972.
  - [2] 公茂果, 苏临之, 李豪, 等. 合成孔径雷达影像变化检测研究进展 [J]. 计算机研究与发展, 2016, 53(1): 123.
  - [3] Rignot E J M, Van Zyl J J. Change detection techniques for ERS-1 SAR data[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing, 1993, 31(4): 896–906.
  - [4] Bovolo F, Bruzzone L. A detail-preserving scale-driven approach to change detection in multitemporal SAR images[J]. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 2005, 43(12): 2963–2972.
  - [5] Inglada J, Mercier G. A new statistical similarity measure for change detection in multitemporal SAR images and its extension to multiscale change analysis[J]. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 2007, 45(5): 1432–1445.
  - [6] Atasever U H, Gunen M A. Change Detection Approach for SAR Imagery Based on Arc-Tangential Difference Image and k-Means++[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2021, 19: 1–5. Kittler J, Illingworth J. Minimum error thresholding[J]. Pattern recognition, 1986, 19(1): 41–47.
  - [7] Dempster A P, Laird N M, Rubin D B. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm[J]. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological), 1977, 39(1): 1–22.
  - [8] Yetgin Z. Unsupervised change detection of satellite images using local gradual descent[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2011, 50(5): 1919–1929.
  - [9] Ghosh A, Mishra N S, Ghosh S. Fuzzy clustering algorithms for unsupervised change detection in remote sensing images[J]. Information Sciences, 2011, 181(4): 699–715.
  - [10] Jakka T K, Reddy Y M, Rao B P. GWDWT-FCM: change detection in SAR images using adaptive discrete wavelet transform with fuzzy C-mean clustering[J]. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 2019, 47(3): 379–390.
  - [11] Yan W, Shi S, Pan L, et al. Unsupervised change detection in SAR images based on frequency difference and a modified fuzzy c-means clustering[J]. International Journal of Remote Sensing, 2018, 39(10): 3055–3075.
  - [12] Zheng Y, Jiao L, Liu H, et al. Unsupervised saliency-guided SAR image change detection[J]. Pattern recognition, 2017, 61: 309–326.
  - [13] Hou B, Wei Q, Zheng Y, et al. Unsupervised change detection in SAR image based on Gauss-log ratio image fusion and compressed projection[J]. IEEE journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing, 2014, 7(8): 3297–3317.