

基于边缘特征的变化检测方法研究

方圣辉¹ 佃袁勇¹ 李 微¹

(1 武汉大学遥感信息工程学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘 要:提出了一种结合边缘特征和灰度信息的变化检测方法,该检测方法对于检测线状目标变化具有较好的效果,同时也能减小由于配准而产生的误差。试验结果表明了该方法的可行性。

关键词:边缘提取;变化检测;缓冲区检测

中图法分类号:TP751.1;P231.5

遥感图像的变化检测一直是遥感应用研究的热点之一。从现有的资料^[1~3]分析中可以看出,目前变化检测方法大体上可分为以下几类:一是基于不同时相图像灰度变化的比较,根据图像灰度的差别进行变化检测,如图像差值法、图像比值法和植被指数法。根据不同的应用,常见的有比值植被指数、归一化植被指数、变换植被指数等。二是在不同时相图像的灰度变化的基础上进行相关分析,利用分析的结果进行变化检测,如主成分分析法、分类后比较法、直接多时相分类法和光谱特征分析法。近年来,一些学者提出了许多新方法^[4~11]。一些方法^[4,7]不仅利用图像的灰度特征、形状特征、空间特征,而且利用了图像的纹理特征、结构特征,在处理算法上采用了小波变换、神经网络等;另一些方法^[3,5]在对不同时相图像处理的基础上,再对处理后的图像进一步处理(如统计分析的分类、马尔可夫场的纹理分析),以确定其变化区域。

1 基于线性特征和灰度特征的变化检测算法

线状目标即能利用线条描述其形状的目标,包括道路、桥梁、机场、铁路、房屋类建筑等,是一类非常重要的目标^[1]。

基于线性特征和灰度特征变化检测算法的基本思想是:利用边缘检测算子提取变化前后的两幅配准图像,检测出变化的线性特征;同时利用灰

度特征进行变化检测,得到变化区域的轮廓,将检测的线性特征和变化区域的轮廓特征综合得到最终的变化结果。

但由于影像接收条件、接收时间的不同以及大气条件、照射角度和土壤湿度等条件的不同,会造成影像之间灰度与对比度的差异,因此首先需要进行辐射校正^[8]。本文使用直方图匹配进行辐射校正。

1.1 基于边缘特征变化检测

基于边缘特征的变化检测算法步骤如下。

1)提取边缘特征。选择 Canny 算子提取图像中的线性特征,因为 Canny 算子能在噪声抑制和边缘检测之间取得较好的平衡^[1]。初步提取的边缘图像中存在一些短碎线段和杂乱线条,那些短碎线段不能反映线性体目标的轮廓,而杂乱线条是由不规则建筑或复杂的地表形状而产生的,需要剔除掉。本文采用了一些简单的统计特征(如均值和方差)来识别有大量杂乱线条的区域。消除完杂乱线条区域后,再去除小于一定长度(本文使用的长度阈值为 5 像素)的短线。

2)获得边缘差分图像。边缘差分图像由两幅边缘图像中非公共边缘部分所组成,使用基准图像和待检测图像的边缘来产生两幅边缘差分图像,一幅图像记录基准影像中存在而待检测图像中不存在的边缘,另一幅记录待检测图像中存在而基准图像中不存在的边缘。由于存在配准误差及图像间的差异而存在的边缘提取误差,导致即使是未发生变化的地物,实际表现的情况也可能

是空间位置和几何形状的不同,直接计算差分边缘图像效果不好。本文选择了缓冲区检测法,其思路如下:对基准图像上的检测边缘特征 S 以一定的缓冲距离构造缓冲区,以此缓冲区为范围对待检测图上的数据进行检测,判断待检测图上的地物与基准图上地物所形成缓冲区的关系,以确定变化检测的结果^[6,7,9]。反之,在待检测图像上建立缓冲区,检测基准影像。图像缓冲区的生成以一个像素为单位,对所提取的特征向外扩充,形成缓冲区,因为影像的配准误差不超过一个像素,提取的特征偏移量应该在 1 个像素内。

3) 后处理获得变化边缘特征。在两幅边缘差分图像中,消除那些小于一定尺寸的线段或孤立点,将两幅边缘差分图像合并在一幅图像中,得到变化边缘特征。

1.2 基于灰度特征的变化检测

差值法是传统的灰度变化检测方法,由于考虑到只是提取变化检测后的变化区域轮廓特征,采用该方法进行灰度变化检测。

传统的影像差值法的表达公式如下:

$$DX_{ij}^k = X_{ij}^k(t_2) - X_{ij}^k(t_1) + C \tag{1}$$

式中, i, j 为像素坐标值; k 为波段; t_1, t_2 为获取第一幅、第二幅影像的时间。本文对式(1)作了微小修改,以差的绝对值替代了原来的值:

$$DX_{ij}^k = |X_{ij}^k(t_2) - X_{ij}^k(t_1)| \tag{2}$$

差值后的影像灰度呈某种分布,据类别方差自动门限法,选择最佳阈值得到变化区域,然后采用轮廓提取方法得到变化区域的轮廓。本文采用简单的轮廓提取方法,即如果当前点的 8 邻域各像素值与中心像素的灰度值相同,就认为此中心点位于区域内部,将其从原图中挖去;否则,可以认为当前中心点位于影像的边缘,需要保留。依次对影像所有点进行上述搜寻,最终剩下的即是影像的轮廓。

1.3 得到变化的特征

在得到变化特征的过程中,采用了两幅图像连接边缘的方法。边缘检测得到的变化特征图像 T_1 有大部分的变化特征,以此图像为标准,以灰度变化检测提取的变化区域轮廓图像 T_2 来补充连接图像 T_1 ,即在图像 T_1 中把边缘连接成轮廓,当到达轮廓的端点时,就在 T_2 的 8 邻域中寻找可以连接到轮廓上的边缘。这样,算法将不断地在 T_2 中收集边缘,直到将 T_1 中所有的间隙连接起来。该方法有效地将灰度变化检测的结果补充到线性特征变化检测结果中,减少了间断的特征。

2 试验结果及分析

试验 1 图像数据是已配准好的 1987、1992 年 SPOT 数据,该数据是 256 级的灰度影像,大小为 512×512 ,如图 1 所示。图 2 是提取变化的边缘特征图,其中图 2(a)是由基于线性特征和灰度特征的检测算法提取出来的变化特征,图 2(b)是由差值法结果提取的变化轮廓,图 2(c)是由相关系数法检测结果提取的变化区域轮廓。图 3 是将图 2 变化的特征叠加到 1992 年影像上的结果。对比图 3 可以看出,差值法检测的结果有很多干扰信息(图 3(b)中①),相关系数法检测结果中检测的新增道路太离散,且是单线的(图 3(c)中②),另外,对大面积住宅区的变化检测效果不好(图 3(c)中③)。而本文提出的方法可以准确地检测到新修道路及住宅区,干扰信息减少(图 3(a))。

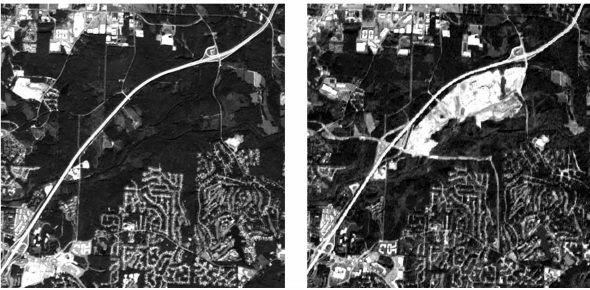


图 1 1987 年和 1992 年 SPOT 影像
Fig. 1 SPOT Images in 1987 and 1992

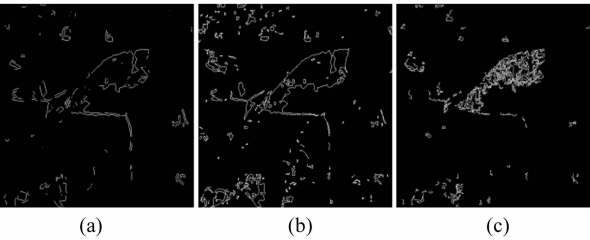


图 2 变化特征
Fig. 2 Features of Change

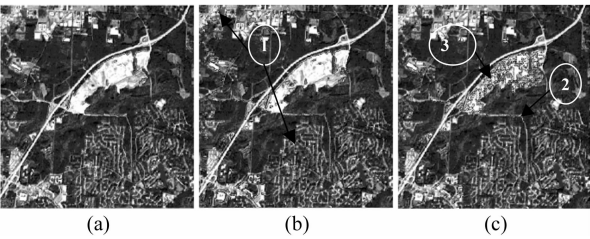


图 3 变化特征叠加到 1992 年影像后的结果
Fig. 3 Change Features Overlap with the SPOT Image in 1992

算法比较:图 4(a)、4(b)、4(c)分别是差值法、比值法、相关系数法检测的结果。从图 4(a)、4(b)中④可以看到,由于配准误差的影响,检测的结果图中将道路也认为是变化区域。而图 4(c)中采用相关系数法,虽然没有这种情况,但检测的结果很离散、凌乱。本文提出的方法(见图 3(a))采用了缓冲区技术,减少了配准误差的影响,同时又将灰度检测结果综合到最后的检测结果中,保证了检测的变化区域的连通性。

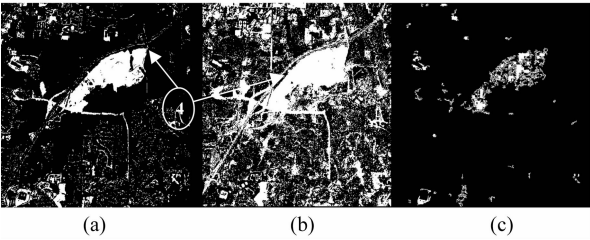


图 4 其他变化检测方法检测的结果

Fig. 4 Results from Other Change Detection Methods

试验 2 图像数据是已配准好的 1999、2002 年武汉地区的 SPOT 数据,为 256 级灰度影像,大小为 256×256 ,如图 5 所示。图 6 是提取的变化的边缘,其中图 6(a)是由基于线性特征和灰度特征的检测算法提取出来的变化特征,图 6(b)是由差值法结果提取的变化轮廓,图 6(c)是由相关系数法检测结果提取的变化区域轮廓。图 7 是将图 6 变化的特征叠加到 2002 年影像上的结果。对比结果图 7 可以看出,差值法检测的结果有很多的虚假信息(见图 7(b)中①),同时检测的结果中还存在离散线条(见图 7(b)中②);相关系数法检测结果中检测的新增道路太离散,且是单线的(见图 7(c)中③)。另外对新建立立交桥的变化检测效果不好(见图 7(c)中④),检测的结果中也存在着虚假信息。而本文提出的方法可以检测到道路及立交桥的变化特征,干扰信息、虚假信息减少(见图 7(a)),但立交桥的检测效果也不是很

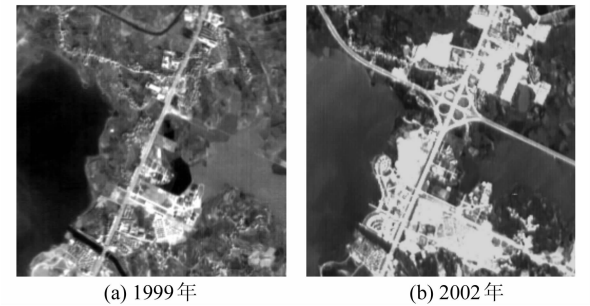


图 5 1999 年和 2002 年 SPOT 影像

Fig. 5 SPOT Images in 1999 and 2002

好,这是因为立交桥有一定的高程,而在检测时只把它当作了平面地物。

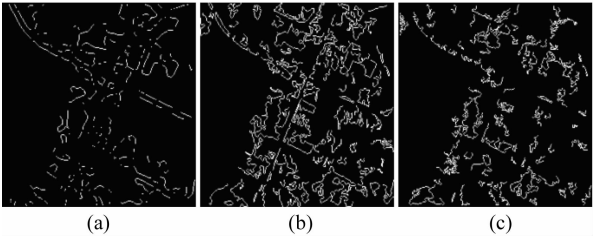


图 6 变化特征

Fig. 6 Features of Change

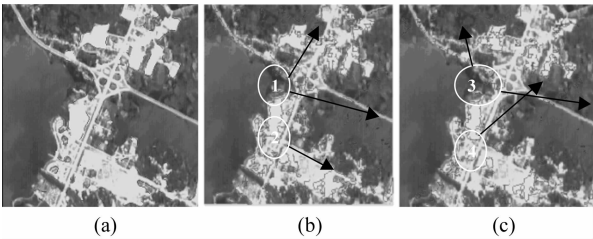


图 7 变化特征叠加到 2002 年影像后的结果

Fig. 7 Change Features Overlap with the SPOT Image in 2002

算法比较:图 8(a)、8(b)、8(c)分别是差值法、比值法、相关系数法检测的结果。由于受到拍摄条件的影响,原始图像左侧的湖泊在影像的灰度上发生了变化,但实际上该湖泊并没有变化。从图 8 可以看到,该地区都被不同程度地认为发生了变化。而本文提出的基于边缘的检测方法(见图 7(a))即能将这种虚假的变化剔除掉,原因在于湖泊的边缘形状没有发生变化。

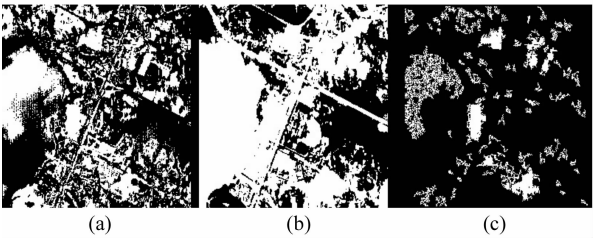


图 8 其他变化检测方法检测的结果

Fig. 8 Results from Other Change Detection Methods

从以上的试验分析中发现,基于线性特征和灰度特征的变化检测算法将灰度变化检测结果和边缘变化检测的结果综合起来,既能将两种检测方法的优点保留,又克服了匹配误差、拍摄条件变化等因素引起的虚假变化。但同时该方法也存在一定的局限性,受到边缘检测算子的影响,图 3(a)和图 7(a)中仍有一些断裂线条,这是因为用 Canny 算子检测的结果存在这些现象。

3 结 语

1) 基于边缘的变化检测方法不同于传统的基于灰度的检测方法,是一种全新检测线状目标的方法,它可以剔除掉由于拍摄条件(如光照条件)的变化而发生的虚假变化。

2) 由于采用了缓冲区技术,在检测中能够减少由配准误差产生的虚假变化的影响。

3) 采用两幅图像连接边缘特征的方法有效地综合了两幅图像中的变化特征,去除了噪声的影响。

试验结果表明,该算法能够有效地检测到线性目标(如新建道路、居民区及条状目标)的变化,显示了该算法进一步应用的潜力。今后还有待于针对不同的数据源和边缘提取方法进行更加深入细致的研究。

参 考 文 献

- 1 Rowe N C, Grewe L L. Change Detection for Linear Features in Aerial Photographs Using Edge-Finding. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2001, 39(7): 1 608~1 612
- 2 Ma J W, Zhao Z M, Zhao G, et al. Automatic Change Detection of Artificial Objects in Multitemporal High Spatial Resolution Remotely. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2003, 5(7): 3 356~3 358

- 3 Bruzzone L, Prieto D F. Automatic Analysis of the Difference Image for Unsupervised Change Detection. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2000, 38(3): 1 171~1 182
- 4 Gopal S, Woodcok C. Remote Sensing of Forest Change Using Artificial Neural Networks. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1996, 34(2): 398~404
- 5 Kasetkasem T, Varshnery P K. An Image Change Detection Algorithm Based on Markov Random Field Models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2002, 40(8): 1 815~1 823
- 6 Li D R, Sui H G, Xiao P. Automatic Change Detection of Geo-spatial Data from Imagery. *Geo-spatial Information Science*, 2003, 6(3): 1~7
- 7 陈志鹏, 邓 鹏, 仲劲松, 等. 纹理特征在 SAS 图像变化检测中的应用. *遥感技术与应用*, 2002, 17(3): 162~166
- 8 倪 林, 冷洪超. 机场区域变化检测研究. *遥感技术与应用*, 2002, 17(4): 185~192
- 9 李德仁. 利用遥感影像进行变化检测. *武汉大学学报·信息科学版*, 2003, 28(特刊): 7~12
- 10 眭海刚. 基于特征的道路网自动变化检测方法研究: [博士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2002
- 11 符冉迪. 遥感图像变化检测和分类识别技术的研究: [学位论文]. 郑州: 信息工程大学, 2001

第一作者简介: 方圣辉, 副教授, 博士生。主要从事遥感图像处理、定量遥感等方面的教学和科研工作。
E-mail: shfang963@sina.com

Change Detection Based on Both Edges and Gray

FANG Shenghui¹ DIAN Yuanyong¹ LI Wei¹

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: This paper presents a new method based on both linear features and gray information of image. Use the Canny algorithm to extract the edge of two different images, then, according to the edge and gray information, find the discriminate of the images. This method is suitable for urban change-detection using high-resolution satellite image. The result of the experiment shows that the method is feasible.

Key words: edge extraction; change detection; buffer detection

About the first author: FANG Shenghui, associate professor, Ph.D candidate, engaged in the researches on remote sensing images processing and analysis and quantitative remote sensing.

E-mail: shfang963@sina.com

(责任编辑: 晓平)