

基于线特征的多时相遥感图像变化检测*

钟家强,王润生

(国防科技大学 ATR 重点实验室,湖南长沙 410073)

摘要:多时相遥感图像中利用线特征可以感知道路等线形地物的变化。论文提出一种新的基于边缘特征描述的线特征变化检测算法,首先根据边缘的梯度信息得到变化边缘,并对变化边缘进行编组,形成变化边缘的直线支撑区域,然后通过最小二乘拟合方法从直线支撑区域中提取出变化直线。提出的线特征变化检测算法把边缘的相位和幅度信息作为变化检测的判定依据,从而避免了线的匹配与比较工作,降低了变化检测的算法复杂度,具有很强的实用性。将提出的方法用于多时相遥感图像变化检测,实验结果显示该方法的有效性。

关键词:变化检测;线特征;遥感图像

中图分类号:TP391.4 **文献标识码:**B

Multitemporal Remote Sensing Images Change Detection Based on Linear Feature

ZHONG Jia-qiang, WANG Run-sheng

(ATR Key Lab, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Change information of linear objects can be detected based on linear feature in multi-temporal remote sensing images. A new linear feature change detection approach is proposed. In this paper, the changed edge points from multi-temporal remote sensing images are grouped into line support regions based on the difference of gradient information. Then, the regions are fitted based on least square and the changed lines are generated. This approach of linear features change detection uses the gradient information of multi-temporal images as the change detection element instead of match the line information, so it decrease the complexity of the change detection. The experimental results in multi-temporal remote sensing show the effective of the proposed approach.

Key words: change detection; linear feature; remote sensing image

变化检测是通过分析同一地区不同时相的遥感图像,检测出该地区中地物随时间发生变化的信息^[1]。随着遥感和信息技术的发展,变化检测已经成为当前遥感图像应用研究的一个重要方向,广泛地应用于许多领域^[2]。

线特征是图像理解的一种重要符号,利用线特征可以表征线性体目标,如道路、桥梁、铁路和机场跑道等。目前出现的变化检测方法,基本上都是先提取不同时相图像中的特征符号,然后进行特征对比与匹配,以实现变化特征的检测^[3]。如 Neil 等提出的基于线特征的变化检测方法^[4],先在不同时相图像中提取边缘特征,然后对边缘特征进行匹配,最后将那些在不同时相图像中没有彼此对应的边缘作为得到的变化特征。对于不同时相的遥感图像,由于其获取条件的不同,使得图像间存在比较大的辐射和几何变化,虽然可以通过辐射校正和几何配准的方法进行校正,但也不能完全消除这些差异,因此,即使采用相同的线特征提取方法,在不同时相图像中所提取的线特征结果也可能不一致,从而影响到线匹配的稳健性。同时,线匹配也是一个非常复杂的处理过程,特别是当线特征出现断裂和交叉时,线匹配的效率将明显地降低。针对现有方法的不足,本文提出一种新的基于线特征的变化检测方法。

* 收稿日期:2006-02-10

作者简介:钟家强(1975—),男,博士生。

1 多时相遥感图像的线特征描述

直线在图像中表现为一系列空间连续的边缘点的集合,从图像中的像素点到形成几何意义上的直线是一个图形学实现的逆过程,因此这种组合存在相当的难度。在遥感图像中,直线实际上是被编组到一起的边缘点像素组成的直线支持区域的参数化表示,判断边缘点能否和如何组合成直线就是直线提取任务的目标。

1.1 边缘的相位编组

在直线的提取方法中,相位编组是一种有效的实现途径,不像大多数算法那样把灰度的幅度作为第一要素,而是把灰度变化的相位作为优先考虑的因素;并且在边缘作局部决策之前,先作支持边缘上下文关系的全局组织,结果可以从复杂的图像中抽取出低对比度的直线。

1.2 多时相遥感图像边缘的信息描述

为了检测出变化的线特征,需要根据不同时相遥感图像中所对应边缘点的编组信息进行分析比较,下面以两个时相的图像说明线特征变化检测中的边缘点编组信息分析情况:

(1)前一时相图像 I_1 中无线特征,后一时相图像 I_2 也无线特征;

(2)前一时相图像 I_1 中无线特征,后一时相图像 I_2 有线特征;

(3)前一时相图像 I_1 中有线特征,后一时相图像 I_2 无线特征;

(4)前一时相图像 I_1 中有线特征,后一时相图像 I_2 有线特征,这时两个时相图像中都存在线特征,要根据边缘的相位信息对线特征的变化情况进行分析。

1.3 多时相遥感图像中变化线特征的表现形式

通过前面的分析,根据线特征是否满足上述表现形式来判断该直线是否是变化直线,则多时相遥感图像中的线特征变化形式主要表现为以下三种情况:

(1)新增线特征:前一时相图像 I_1 中无线特征,后一时相图像 I_2 有线特征,主要表现为边缘的矢量的幅度信息发生大的变化;

(2)线特征消失:前一时相图像 I_1 中有线特征,后一时相图像 I_2 无线特征,主要也表现为边缘的矢量的幅度信息发生大的变化;

(3)线特征方向变化:前一时相图像 I_1 中有线特征,后一时相图像 I_2 也有线特征,但边缘的相位信息发生了变化。

2 基于线特征的变化检测

在多时相遥感图像变化检测时,首先需要同时对不同相的遥感图像进行图像配准和辐射校正,以消除非变化因素对变化检测结果的影响。基于线特征的多时相遥感图像变化检测的具体处理流程如图 1 所示。

2.1 变化边缘提取

在基于线特征的变化检测中,首先需要同时对不同相的遥感图像进行边缘检测,这里采用 Canny 方法检测出图像的边缘。然后根据上一部分的变化线特征的表现形式,通过边缘的幅度和相位信息,检测出变化的边缘,具体的实现过程如下:

(1) 根据前一时相遥感图像 I_1 与后一时相遥感图像 I_2 的边缘强度信息 M_1 和 M_2 ,如果 $|M_1(i, j) - M_2(i, j)| > Th_1$,则将点 (i, j) 作为变化边缘点加入到变化线段支持区域。

(2) 根据边缘的相位信息判断该点是否属于变化线段。判断两个时相遥感图像在点 (i, j) 处的边缘相位信息 $\phi_1(i, j)$ 与 $\phi_2(i, j)$,如果 $|\phi_1(i, j) - \phi_2(i, j)| > Th_2$,则将边缘点 (i, j) 作为变化边缘点,加入到变化线段支持区域;否则作为非变化边缘点。

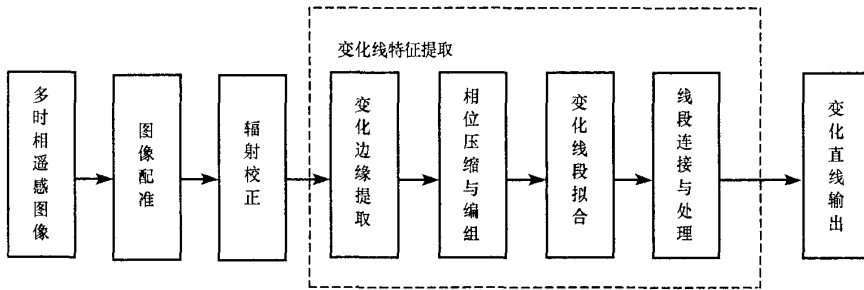


图1 基于线特征的变化检测处理流程

Fig.1 Flow chart of change detection based on linear feature

2.2 相位压缩与编组

在变化边缘的编组时,先将量化后变化边缘中方向值相同且相互连通的像素点连接成各自的集合,形成变化直线支持集。通过编组,将图像中相邻且具有等价属性的变化边缘点像素标记为相同的编号,不相通的集合编号不同。

2.3 线段拟合

在得到变化线段的支持区域后,可以通过直线拟合得到变化的线段。对于线段的参数表示为 $y = kx + b$,然后通过最小二乘方法能够得到每条变化线段的特征属性,包括长度、方向和位置等。

2.4 线段连接与后处理

在变化线特征提取过程中,由于局部的灰度突变等原因,同一线特征可能被提取为多条线段。因此,需要进行线段连接和后处理以形成长直线。线段连接中采用的规则主要有以下几个:(1) 相邻性特征,即两线段的端点间的最小距离小于设定的值;(2) 共线性特征,即两线段的夹角应在一定的范围内;(3) 重叠性特征,即两线段不能重叠过多。在线段连接后,还可以根据具体目标的线特征的上下文关系,滤除干扰线段,得到表征目标变化的线特征。

3 实验结果与分析

根据前面提出的基于线特征的变化检测方法,采用了真实的多时相遥感图像进行实验分析。实验1选择无锡市一块郊区的多时相遥感图像。图2(a)为1999年的SPOT全色图像,图2(b)为2001年的SPOT全色图像,图2(c)为检测出的变化线特征。从检测出的变化线中,可以清楚地发现道路的变化情况。

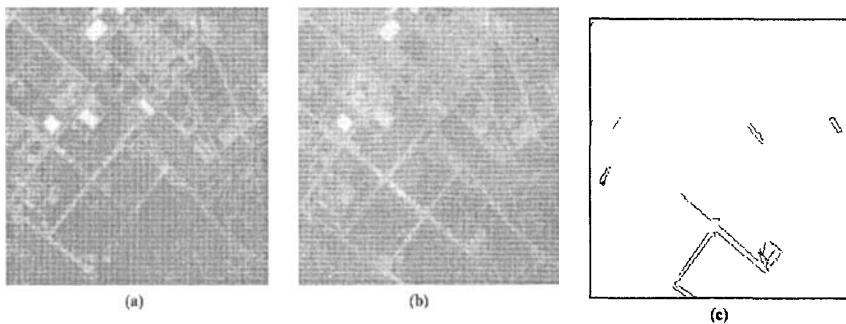


图2 郊区的多时相遥感图像中线特征变化检测

Fig.2 Linear feature change detection in the remote sensing images of suburb

实验2选择黑龙江省同江市野外的多时相遥感图像。图3(a)为1999年的ETM全色图像,图3(b)为2001年的ETM全色图像,图3(c)为检测出的变化线特征。从得出的变化线特征中,位于中部新建道

路的直线特征被很好地提取。并且从实验结果可以看出,基于线特征的变化检测方法能够减少辐射差异对变化检测结果的影响,如图像中部偏下的一块水域,由于积雪覆盖,其前后时相遥感图像的灰度发生了明显的变化,但是其结构特征并未改变,采用基于线特征的变化检测方法在该位置没有变化信息输出,因此,在检测人造目标的变化情况时,基于线特征的变化检测方法比基于灰度比较的像元级变化检测方法具有更好的稳健性。

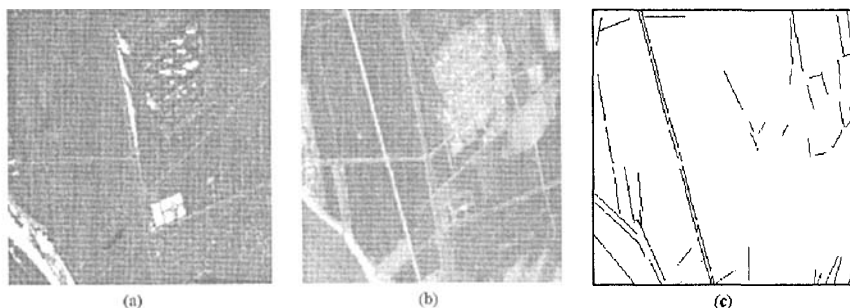


图3 野外的多时相遥感图像中线特征变化检测

Fig.3 Linear feature change detection in the remote sensing images of field

从上面的实验结果可以看出,我们的方法只提出了变化道路的对应该段表示,并且变化检测结果中仍然存在一定的误判,特别是在野外时,由于田野作物的季节变化使得其边缘的灰度值发生改变,对于基于特征级的变化检测算法无法将这类变化予以区分,需要引入高层知识以消除非地物变化对变化检测结果的影响。

4 结论

提出了一种基于线特征的多时相遥感图像变化检测算法,通过边缘的梯度信息检测出变化边缘点,然后通过编组和最小二乘拟合的方法实现变化直线的提取。采用基于线特征的变化检测算法,可以提高变化检测效率和稳健性,实现简单,实验结果表明该方法可以有效地检测到线性目标的变化。同时线特征是表征目标模型的一种重要符号,因此结合线特征实现目标的变化检测是下一步需要研究的工作。

参考文献:

- [1] Lunetta R S, Elvidge C D. Remote Sensing Change Detection[M]. Princeton, USA: Taylor and Frances Press, 1999.
- [2] Lu D, Mausel P. Change Detection Techniques [J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25 (12): 2365 - 2407.
- [3] Geoffrey G H. Object-level Change Detection in Spectral Imagery [J]. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 2001, 39 (3): 553 - 561.
- [4] Neil C R, Lynne L G. Change Detection for Linear Features in Aerial Photographs Using Edge-finding [J]. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 2001, 39 (7): 1608 - 1612.
- [5] 周海芳,刘光明,郑明玲,等. 遥感图像自动配准的串行与并行策略研究[J], 国防科技大学学报, 2004, 26(2).

