

遥感影像与 GIS 分析相结合的变化检测方法

张晓东¹ 李德仁¹ 龚健雅¹ 秦前清¹

(1 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: 提出了基于遥感图像和 GIS 相结合的变化检测和分析方法, 并针对基于像素信息比较的遥感图像变化检测中的变化阈值问题提出了一种基于多边形面积填充率的自适应确定方法。

关键词: 遥感; GIS; 变化检测; 数据更新

中图分类号: TP751; P208; P237.4

最近 20 多年来, 人们对自动变化检测技术从不同的角度进行了研究, 提出了许多基于遥感影像的变化检测方法和技术。这些方法概括起来可以分为三大类: 分类后比较方法、像元光谱信息比较方法和混合方法^[1-5]。近年来, 也有学者提出先提取感兴趣的地物^[6-9], 如道路、房屋和河流等的特征, 再对不同时相的地物特征进行比较, 检测特定地物的变化, 这类方法从广义上属于分类后比较方法这一类。但是, 每种变化检测方法都有具体的应用背景, 有优势和缺陷, 事实上没有一种方法能够适用于所有的应用情况^[11]。分类后比较方法变化检测的效果和精度, 受分类和特征提取结果的影响, 高精度分类和特征提取方法有待进一步研究^[2]。像元光谱比较方法原理简单, 对待检测的遥感数据要求比较低, 保留了图像的原始信息, 不受分类和特征提取等处理方法误差传递的影响, 在实际应用中适应面比较广^[1,2]。光谱比较方法在原理上是通过比较不同时相图像之间的差异是否大于某一阈值来确定变化的, 因此, 设置适当的阈值是十分关键的。

1 自适应阈值确定方法

设多边形面积和其最小外接矩形面积分别为 A_p 、 A_r , 面积填充率 K 定义为:

$$K = \frac{A_p}{A_r} \times 100\% \quad (1)$$

基于多边形面积填充率的自适应变化阈值确

定方法的基本思想是, 在经过像素信息比较后的差值图像上, 变化与没有变化的像素值有明显的差异; 在差值图像上选定一个包含变化像素的训练区域, 设定一个阈值, 使得变化检测精度最高。把该阈值应用到整幅图像上, 也可以使得变化检测精度达到最大。基于这种思想, 设计了如下操作流程。

1) 差值图像的生成。根据不同的待检测数据的情况和具体要求, 可以分别选用不同的像元信息比较方法, 生成差值图像。

2) 变化样区的选择。在步骤 1) 生成差值图像的基础上, 选取典型的变化区域为阈值确定的样本区。这个样本区的要求类似于图像监督分类的训练样区, 要求尽可能包含各种变化类型, 其中的像素是发生了变化的, 不含没有发生变化的像元, 即样区要有代表性。

3) 变化样区外接矩形的生成。根据步骤 2) 中选取的多边形样区的坐标, 生成相应的外接矩形。外接矩形与多边形相交的区域内为变化了的像素, 其他区域内为没有变化的像素。

4) 设置变化检测阈值。设置变化阈值, 差值图像中数值大于或等于阈值的像素被定义为发生了变化。统计变化图像的均值 M 和方差 σ^2 , 差值图像常近似服从高斯分布, 而变化像素元值分布在尾部^[2,9]。根据这一理论依据, 把 $M + 3\sigma$ 设置为初始的检测阈值。阈值的增加幅度遵循由粗到细的原则, 开始以 σ 为步长, 尔后逐步以 $\sigma/2$ 、 $\sigma/4$ 、 $\sigma/8 \dots$, 最后以 1 为步长调节阈值大小, 直到最后

找到使得多边形填充率达到最大的阈值为止。

5) 在样区中提取变化像素。根据设定的阈值,对差值图像进行处理,判定像素值大于或等于阈值的像元发生了变化,提取这些像素。

6) 计算多边形面积填充率。对步骤 5) 中提取的像素数目按照式(1)计算在一定阈值条件下的多边形面积填充率。

7) 迭代终止条件:当计算的多边形填充率 K_i 和样区实际多边形填充率 K 的差值达到最小:

$$|K_i - K| = \min \quad (2)$$

就认为满足了要求,退出迭代,取与 K_i 对应的阈值作为最后的阈值。

图 1 表示了这一迭代过程。从左到右多边形填充率逐步增大,图中 1(c) 对应的阈值使得检测出来的变化像素面积与样区实际的变化面积最接近,为最佳阈值。基于多边形面积填充率的自适应阈值确定方法的优点在于物理意义明确,基本上与操作人员无关,结果一致性好。

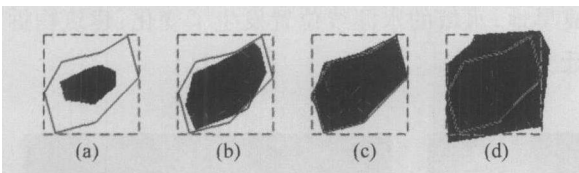


图 1 基于多边形面积填充率的自适应阈值确定方法迭代示意图

Fig. 1 Sketch Map of Threshold Determination Process

2 变化检测分析

考虑到北京市城市变化检测和分析项目是一个业务化运行系统,为此,在数据源上选择我国资源二号卫星数据,该数据是全色的黑白图像,地面分辨率为 3 m。基于上述情况,其主要思路是先采用像素信息比较方法生成差值图像,运用基于多边形面积填充率的自适应阈值迭代确定方法识别变化像素,对变化像素矢量化;再结合 GIS 数据库中空间基础数据对变化进行分析,更新变化区域的 GIS 矢量数据,对违章建筑进行执法查处,具体处理流程如图 2 所示。下面以北京某典型地区的变化检测为例,说明遥感和 GIS 相结合的变化检测和分析方法。该典型地区位于城乡结合处,图像大小为 1 688 像素 \times 1 355 像素,变化检测的图像分别是资源二号卫星获取的 2001-05-10 和 2002-04-01 的影像,如图 3 所示。

2.1 遥感图像预处理和变化阈值的确定

由于是全色图像,笔者应用直方图匹配方法

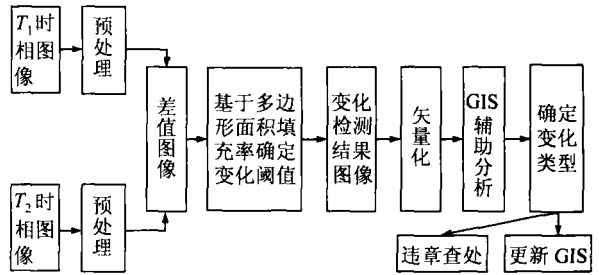


图 2 遥感与 GIS 结合的变化检测分析流程图

Fig. 2 Framework of Analysis Based on Integrating Remote Sensing and GIS



图 3 变化检测典型实验区的两个时相影像

Fig. 3 Images of Study Area

对不同时相的图像进行灰度相对匹配。为了实现不同时相图像之间高精度配准,先根据资源二号卫星传感器线阵 CCD 推扫式成像物理模型,对不同时相的整景图像进行严格的几何纠正;再把纠正后的整景图像按 1:1 万地形图分幅标准进行裁剪,对分幅的结果图像选取一定数量的地面控制点用多项式模型进行纠正,使得不同时相图像的几何配准误差小于半个像元。

采用图像代数运算来生成差值图像,如图 4 所示。统计变化图像的均值 $M = 37.489$ 和方差 $\sigma^2 = 1707.590$ 。在差值图像中,选择一个典型的变化区域,并自动生成相应的外接矩形区域,其中外接矩形像素个数为 8 100,多边形像素个数为 4 893,填充率为 60.41%。以 $M + 3\sigma$ 为初值,按照 § 1 中介绍的方法和流程迭代确定变化阈值,迭代过程如表 1 所示。从表 1 中可以看出,阈值为 16 时,提取的变化像元的填充率与样区实际的多边形面积填充率最接近,达到最大值。

应用确定的阈值从差值图像中提取变化像素,结果如图 5 所示。图中白色像素为可能发生变化了的像素,黑色像素认为没有发生变化。白色像素是否都是真的发生了变化,黑色像素中有没有被漏检的变化,发生变化的类型是什么,这些都需要进一步通过其他辅助数据或者野外调查来确定。

表1 基于多边形填充率的迭代过程

Tab.1 Process of Threshold Determination

阈值	检测处理的 变化像素	填充 率/%
$161 = M + 3\sigma $	399	4.93
$203 = M + 4\sigma $	6	0.08
$120 = M + 2\sigma $	565	6.98
$79 = M + \sigma $	609	7.52
$37 = M $	2 846	35.14
$4 = M - \sigma $	7 841	96.8
$17 = M - \sigma + \sigma/2 $	4 681	57.79
$6 = M - \sigma + \sigma/2 - \sigma/4 $	6 146	75.88
$12 = M - \sigma + \sigma/2 - \sigma/4 + \sigma/8 $	5 445	67.22
$14 = M - \sigma + \sigma/2 - \sigma/4 + \sigma/8 + \sigma/16 $	5 079	62.7
$16 = M - \sigma + \sigma/2 - \sigma/4 + \sigma/8 + \sigma/16 + \sigma/32 $	4 878	60.22
$17 = M - \sigma + \sigma/2 - \sigma/4 + \sigma/8 + \sigma/16 + \sigma/32 + \sigma/32 $	4 681	57.79

2.2 基于GIS的结果分析与精度评价

为了能够在一个软件平台下综合利用多种空间基础信息、规划信息和人文信息,用GIS技术对北京市的道路图、用地现状图、规划红线图等基础空间数据以及相关的人文数据进行建库管理。将通过图像变化检测的结果,经过矢量化进入GIS系统中与已有的数据进行叠加分析,实现遥

感图像变化检测和GIS分析的结合,分析的结果可以直接更新GIS数据库。

对实验区的图像变化检测结果进行栅格矢量化,结果如图6所示。在实际工作中,常常只对面积超过一定大小的变化感兴趣,而检测影像的地面分辨率也决定了只能辨别大于一定面积的地面变化。本项目中待检测影像的地面分辨率为3m,矢量化阈值设置为 100m^2 ,也就是大约3像素 \times 3像素对应的地面面积,图6中图斑就是根据这一阈值矢量化的结果,白色像素点为剔除的噪声像素。

对检测的结果进行检验核实。对比两个时相图像人工解译的结果,发现所有发生变化的地物都包含在变化检测结果图像中,没有漏检。变化矢量图斑进入GIS系统,叠合已有的空间信息、规划信息对变化图斑进行分析,发现变化分以下几种类型:农田变成建筑用地;大块的旱地变成小块的旱地,种植的农作物类型发生了变化;池塘变成旱地;水域的水涯线位置发生了变化;建筑物拆迁变为绿地。



图4 变化检测结果图像

Fig. 4 Result Image of Change Detection

图5 变化像素提取结果图

Fig. 5 Change Pixels from the Result Image

图6 变化检测结果矢量化生成的图斑

Fig. 6 Vector Result of Change Pixels

其中在农田变化成建筑用地这一类型变化中,叠合城市规划审批数据分析,发现有两处建筑物为非法建设,根据图上的坐标位置,利用导航GPS牵引到实地查看,核实确为违规建筑。

结合GIS数据辅助分析和野外实地调查对典型实验区域的变化情况逐一分析核实,该地区

实际变化约为 $764\ 883\text{m}^2$,即为84 987个像素。对检测结果进行统计分析,结果如表2所示。排除农作物类型和旱地分割面积大小的变化,以及水域的水涯线位置变化造成的伪变化,实际检测精度为80.67%。

表2 变化检测结果分析

Tab.2 Change Analysis Result

变化像元数目	占检测到像元总数的比例/%	变化原因
773 38	87.39	地表发生了实际变化,包括由农作物类型和水涯线变化等造成的变化
5 949	6.72	由农作物类型和水涯线变化等造成的变化,旱地分割大小的变化
5 212	5.89	由于相同地物不同像元灰度值造成的伪变化

检测到的变化像元总数为88 499;实际发生了变化的像元个数为84 987

3 结 语

为了从基于像元信息比较的差值图像中有效提取变化像素, 本文提出了一种基于多边形面积填充率的自适应变化阈值确定方法, 并利用该方法对北京市某城乡结合区域 2001~2002 年的变化进行了检测, 对变化检测的结果结合 GIS 和野外实地调查进行分析、验证。最终结果表明, 本文提出的变化阈值确定方法迭代次数少, 收敛快, 效率高, 检测精度可以到达 80% 左右, 能够满足北京市城市变化检测项目要求, 有一定的实用价值。

变化检测是一个综合技术, 涉及到多个技术环节, 而且每个技术环节对变化检测的最终结果都有着显著的影响, 如图像辐射校正、几何配准等, 如何减少其定量结果对变化检测结果的影响, 甚至消除其影响, 是进一步研究的内容。

参 考 文 献

- [1] 马建文, 田国良, 王长耀, 等. 遥感变化检测技术综述[J]. 地球科学进展, 2004, 19(2): 192-196
- [2] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学

出版社, 2003

- [3] 张继贤. 论土地利用与覆盖变化遥感信息提取技术框架[J]. 中国土地科学, 2003, 17(4): 31-36
- [4] 刘直芳, 张继平. 变化检测方法及其在城市中的应用[J]. 测绘通报, 2002(9): 25-27
- [5] 朱攀, 廖明生, 杨杰, 等. M 变化在 NOAA/AVHRR 数据变化检测中的应用[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(2): 143-147
- [6] Hild H, Haala N, Fritsch D. A Strategy for Automatic Image to Map Registration[M]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Amsterdam, 2000
- [7] 方针, 张剑清, 张祖勋. 基于城区航空影像的变化检测[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1997, 22(3): 240-243
- [8] 黄华文, 常本义. 利用 GIS 遥感数据更新 GIS 的研究[J]. 测绘学院学报, 1997, 14(3): 182-185
- [9] Weismiller R A. Change Detection in Coastal Zone Environments [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1997(43): 1 533-1 539

第一作者简介: 张晓东, 博士生, 讲师, 现主要从事遥感图像处理与应用研究以及相关的软件开发工作。

E-mail: xdzhang@lmars.whu.edu.cn

A Change Detection Method of Integrating Remote Sensing and GIS

ZHANG Xiaodong¹ LI Deren¹ GONG Jianya¹ QIN Qianqing¹

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

Abstract: An integrated remote sensing and GIS approach is presented for change detection in the paper. A reasonable threshold is one of keys in the change detection methods based on comparison of image pixels. We bring forward a solution using training polygon area to determine the threshold. We has used the presented methods in the projection of Beijing Change Detection, the result is obtained about 80%.

Key words: GIS; remote sensing; change detection; GIS update

About the first author: ZHANG Xiaodong, Ph D candidate, lecturer. His research interests include remote sensing and GIS application, image processing and software development.

E-mail: xdzhang@lmars.whu.edu.cn