

GIS 知识引导的正射影像变化检测及更新

苏国中¹ 张剑清¹ 陈炳贵²

(1 武汉大学遥感信息工程学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)
(2 南昌工程学院,南昌市北京东路 59 号,330029)

摘 要:针对数字正射影像变化检测问题的复杂性,提出了一种基于 GIS 知识引导的多维变化模板分析方法,探讨了由粗到细的四叉树变化检测模板生成方法和一些利用 GIS 知识的专家打分方法。利用此方法,对一个实验区不同时期的数字正射影像进行了变化检测和正射影像库的更新,达到了预期的目的。

关键词:正射影像;变化检测;更新;检测模板;影像匹配;灰度共生矩阵

中图法分类号:P231.5;P208

数字正射影像是组成空间地理信息系统框架的重要数据源。目前我国很多测绘单位结合 4D 生产任务,已经生产了大量的数字正射影像图(DOM),并且还在继续生产。但是,随着社会与经济的发展,这些 DOM 将会失去其现势性,特别是在经济高速发展和城市变化周期不到两年的地区。重新制作 DOM 要花费许多人力、物力,而且从外业控制、内业空中三角测量到制作新的 DOM,又需要相当长的时间,很难跟上对现势 DOM 的需要。另外,随着我国信息化水平的提高和数字地球战略的实施,各种 GIS 系统也相继建成,如何快速更新正射影像,特别是城镇区域的正射影像,确保 GIS 数据源的时效性,是一个亟待解决的问题。当前对地观察的原始影像信息获取手段非常先进,而信息处理手段相对落后,所获取的影像不能及时得到应用。若能够不需要外业控制,甚至不需要空中三角测量,就能够利用高分辨率航空航天遥感影像对旧的 DOM 进行快速更新,达到“准实时”的程度,则既可以节省大量的人力、物力及时间,又可以保持 DOM 的现势性。

本文提出数字正射影像数据库快速更新的整体方案,并针对方案中提到的不同时相的数字正射影像变化检测进行了深入的分析,引入了基于 GIS 知识引导的多维变化模板分析方法,为解决影像变化检测这一难题提供了一种新的思路和分

析方法。

1 数字正射影像数据更新

1.1 卫星影像更新 DOM 库的方案

卫星影像有全天候、多时相和低成本等特点,利用 SPOT 卫星影像资料制作 1:5 万 DOM 和 IKNOS 影像制作 1:1 万 DOM 已有较为成熟的技术。要建立一套快速更新机制必须完成两个方面的工作:① 利用已建成的 GIS 数据库和 DEM 数据库建立一个影像控制点库,实现卫星影像的快速几何配准和纠正;② 利用 GIS 数据库中知识快速发现和更新 DOM 变化,实现数据库更新。

1.2 航空摄影更新 DOM 库的方案

航空像片更新 DOM 库有两种方法:① 采用常规手段进行野外控制测量,室内空三加密,再用全数字航测仪生成正射影像,实现全区域的 DOM 更新;② 为了避免费时、费力的野外控制测量和全数字测图处理,利用现有 GIS 数据库和 DEM 数据库,选择控制点生成正射影像和更新 DOM 数据库。第二种方式应该是 DOM 库快速更新的主要方法。用航片制作正射影像要根据区域情况采用不同方法。对于平坦地区可利用航片与正射影像进行密集匹配,再用小面元纠正生成正射影像;对于高山地区和建筑物密集的城市地区,可用匹配的

方法在正射影像上选取控制点,对区域内航片进行空三加密,恢复像片方位元素再生成正射影像。航空影像快速更新 DOM 库的流程如图 1。

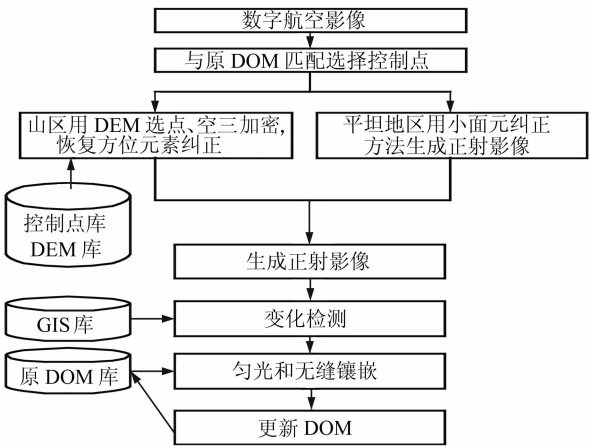


图 1 航空影像更新正射影像库流程
Fig. 1 DOM Updation with Aerial Images

2 正射影像的变化检测

不同时相的影像,由于受季节、气候、传感器差异、摄影方向、摄影时间等诸多因素的影响,导致变化检测的工作变得非常复杂。这种复杂性具体表现在如下几个方面:① 不同季节地面植被变化引起影像纹理变化;② 同一建筑物不同摄影方向在正射影像上阴影的位置和纹理特征不相同;③ 受光照、气候、传感器的影响,完全相同的地物在不同时相的影像上表现出纹理和色调的不一致。

本文利用常用变化检测方法生成多维变化模板,再对变化模板用 GIS 数据库知识进行专家打分分析,最后检测出不同时相变化模板,用这些模板指导 DOM 数据库的更新。基本过程如图 2。

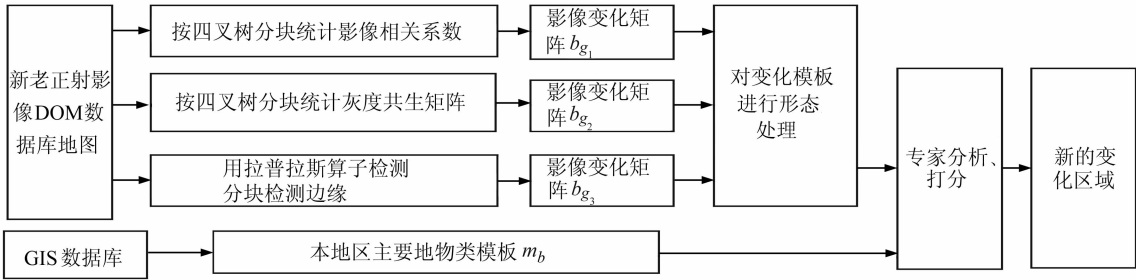


图 2 DOM 检测更新流程图
Fig. 2 DOM Updating Course

2.1 相关系数法变化检测模板

众所周知,相关系数是灰度线性变化的不变量,因此用相关系数法检测变化区域,可以克服由不同摄影条件下引起的影像亮度反差导致的变化。相关系数法变化检测模板 b_{g_1} 可按下列步骤生成:① 将检测区域分成四块,计算每块新老影像的相关系数 $\rho(c,r)$;② 根据判别条件式(1)设置变化检测阵矩。如果 $\rho(c,r)$ 不满足条件(1),就将当前区域一分为四,进一步进行递归统计,直到完全满足条件(1)。上述运算过程也就是产生变化检测模板的过程。

$$b_{g_1}(i,j) = \begin{cases} 0, & \rho(c,r) < \rho_{\min} \\ 1, & \rho(c,r) > \rho_{\max} \\ 0.5, & \max(m,n) < 16 \end{cases} \quad (1)$$

其中可初步设定 $\rho_{\min}=0.2, \rho_{\max}=0.8$ 。当同类区

域相似程度小于 0.2,可初步断定该区域已经变化;如果大于 0.8,可初步确认为没有变化,否则对该区域进行细分判断;如果区域细分到小于 16 像素还不落在判断域内,就置该区域为无法判断的灰色区域。

2.2 灰度共生矩阵变化检测模板

灰度共生矩阵是表现影像纹理特性的二次统计量。设像点 $I_1(k,l)$ 的灰度为 i ,像点 $I_2(m,n)$ 的灰度为 j ,点 I_1 与 I_2 间距为 d ,增量方向与水平轴的夹角为 θ ,则满足上述条件的两个像点在图像中出现的概率为 $P(i,j,d,\theta)$,按常规方法取 $d=1, \theta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 。可按式(2)计算出新老 DOM,这四个方向的灰度相似统计量为 P_H, P_V, P_{RD}, R_{LD} :

$$\left\{ \begin{aligned} P_H &= P(i, j, d, 0^\circ) = \left\{ [(k, l), (m, n)] \in (M \times N) \times (M \times N) \left| \begin{array}{l} l - n = 0, |m - k| = d \\ g(k, l) = i, g(m, n) = j \end{array} \right. \right\} \\ P_V &= P(i, j, d, 90^\circ) = \left\{ [(k, l), (m, n)] \in (M \times N) \times (M \times N) \left| \begin{array}{l} n - l = d, m - n = 0 \\ g(k, l) = i, g(m, n) = j \end{array} \right. \right\} \\ P_{RD} &= P(i, j, d, 45^\circ) = \left\{ [(k, l), (m, n)] \in (M \times N) \times (M \times N) \left| \begin{array}{l} |k - m| = d, |l - n| = d \\ g(k, l) = i, g(m, n) = j \end{array} \right. \right\} \\ P_{LD} &= P(i, j, d, 135^\circ) = \left\{ [(k, l), (m, n)] \in (M \times N) \times (M \times N) \left| \begin{array}{l} |k - m| = 0, |l - n| = d \\ g(k, l) = i, g(m, n) = j \end{array} \right. \right\} \end{aligned} \right. \quad (2)$$

灰度共生矩阵变化模板 b_{g_2} 的生成方法, 依然是将两个待检测 DOM 按二叉树的方式分块, 统计每块四个方向的灰度共生矩阵, 并统计其相关系数; 然后按判别规则(3)设置变化检测模板 b_{g_2} 的值。如果当前分区不满足条件(3), 则进一步递归分区, 遍历检测整个区域。最终产生灰度共生矩阵变化检测模板:

$$b_{g_2}(i, j) = \begin{cases} 0, \max(\rho_{(P_D)}, \rho_{(P_H)}, \rho_{(P_{RD})}, \rho_{(P_{LD})}) < \rho_{\min} \\ 1, \min(\rho_{(P_D)}, \rho_{(P_H)}, \rho_{(P_{RD})}, \rho_{(P_{LD})}) > \rho_{\max} \\ 0.5, \max(m, n) < 16 \end{cases} \quad (3)$$

其中, $\rho_{(P_\theta)}$ 为 θ 方向灰度共生矩阵相关系数; (m, n) 为当前统计区域长、宽。生成模板的判断方法与相关系数法基本一致。

2.3 边缘变化检测模板

拉普拉斯算子(Laplace)是一个二阶微分算

$$b_{g_3}(i, j) = \begin{cases} 0, \max(\rho_{(P_D)}, \rho_{(P_H)}, \rho_{(P_{RD})}, \rho_{(P_{LD})}) < r_{\min} \text{ or } |r_a - r_b| < r_{\min} \\ 1, \min(\rho_{(P_D)}, \rho_{(P_H)}, \rho_{(P_{RD})}, \rho_{(P_{LD})}) > r_{\max} \text{ or } |r_a - r_b| > r_{\max} \\ 0.5, \max(m, n) < 16 \end{cases} \quad (5)$$

其中, 区域边缘的密度是 0 到 100 之间的一个标准化参数, 可以依据实际区域的影像质量情况挑选样区进行确定。

2.4 地物类别模板

地物类别模板 m_b 相当于一幅不同类别的地物的栅格专题图。它是从 GIS 数据库中提取出来的, 用以指导判别不同时期影像变化情况, 构造专家判断条件的 GIS 知识图。

2.5 GIS 知识支持的变化区域确定

用以上方法生成的三类变化检测模板, 包含值为 0 的可能变化区域、值为 1 的可能不变化区域和值为 0.5 的无法确定的区域(又称为灰色区域)。这些信息直接来源于两个时期的影像数据, 由于成像元素的复杂性, 单凭影像灰度信息直接推断研究区域是否变化是不太可能的。人对事物的认识和对问题的直接判断大都是利用预先知道的知识依据具体问题的细节作出判断, 是一个从整体到细部的过程, 因此, 在影像区域是否变化这

子, 它对图像边缘方向不灵敏。采用以下规则来衡量有边缘线区域的变化情况。

1) 对两个区域检测到的边缘图像, 进行四个方向的灰度共生矩阵统计, 此时的灰度共生矩阵是一个 2×2 的矩阵; 分别计算对应灰度共生矩阵元素的相关系数, 据此判断其区域的变化情况。

2) 分别按式(4)计算两个区域边缘的密度 r_a, r_b , 以密度差 $|r_a - r_b|$ 来判断其区域的变化情况:

$$r_{m,n} = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n g(i, j)}{m \times n} \times 100 \quad (4)$$

其中, $g(i, j)$ 为边缘图像灰度值, 取 0 或 1。同样, 用二叉树递归分块遍历的方法, 由粗到细按如下判别规则生成边缘变化检测模板 b_{g_3} :

一问题中, 如果能引进一些预先知道的知识模型, 对是否变化这一评判的可靠性将得到很大提高。一个完整的 GIS 系统包括空间地理框架数据和相应的地表、地下甚至空中的相关信息, 将这些信息抽象出来可以作为变化检测的一个重要知识源。然而仅有 GIS 数据还是不够的, 还需要建立专家系统, 对这些知识加以系统化。现在以 GIS 系统中空间地物分类模板为例, 介绍基于 GIS 知识变化检测的简单模型。

在地物类别区域模板 m_b 指导下, 可以对相关系数变化模板 b_{k_1} 、纹理变化模板 b_{k_2} 、边缘变化模板 b_{k_3} 中的 0-1 区域和灰色区域进行专家推断, 确定其最终变化区域。例如, 对于一个属于水域中间的点, 如果满足下列一组条件, 便将其纳入不变区域:

$$\left. \begin{aligned} b_{k_1}(i, j) = 0.5, b_{k_2}(i, j) = 0.5, b_{k_3}(i, j) = 0.5 \\ m_b(i, j) \in \text{水域} \\ m_b(i, j) \text{ 的 } 8\text{-邻域} \in \text{水体} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

如果将不同地类用类似的方法建立一个专家知识系统,则影像变化检测的可靠性将会有很大提高。

3 实 验

本文以海口市 1996 年 4 月 1:1 万正射影像和 1999 年 12 月的 1:3 000 航空像片为实验图。

1) 利用 GIS 库中的 DEM 和控制点,将 1:3 000 航空像片生成 1:1 万正射影像,如图 3(a)、3(b)。

2) 用 Laplace 算子提取边缘图像,如图 3(c)、3(d),再按四叉树分区生成边缘变化检测模板 b_{g_3} ,按 $\rho_{\min}=20$ 、 $\rho_{\max}=80$ 生成变化检测模板 b_{g_1} 和 b_{g_2} 。如图 3(g)、3(e)、3(f)。

3) 从 GIS 库中提取地类模板 m_b ,如图 3(h)。在本实验中主要分析水、建筑物、天然植被和农田。

4) 制定专家打分方案和评判变化区域的标准。表 1 是本次实验所用的一张专家打分表,最后依据样区训练和目视判断确定综合得分小于 30 分的区域为变化区域。

表 1 专家打分表

Tab. 1 Expert Assess

	水域边缘	水域内部	建筑物	植被	农田
b_{g_1}	30	34	50	30	30
b_{g_2}	20	33	20	20	20
b_{g_3}	50	33	30	50	50

5) 按综合评分小于 30 分的区域为变化区域,生成变化模板,如图 3(i)。

6) 将变化区域进行形态整理,生成最终变化检测模板(图 3(j)),供后续匀光镶嵌处理。

7) 从图 3(i)可以看出,尽管不同检测方法对区域变化情况的反映有所不同,但最后综合评定和检测的结果与实际情况基本相符合。

4 结 语

与单一影像变化检测方法相比,基于 GIS 知识引导的变化检测方法能整合和利用多种变化检测手段,基本上可以克服由于季节、气候、传感器对变化检测的影响。不足之处是专家计分表需要大量样本实验。随着基于小波纹理分析、典型相关分析、聚类统计分析等变化检测方法和今后一些新的变化检测方法的加入,该方法将更显其实用性。

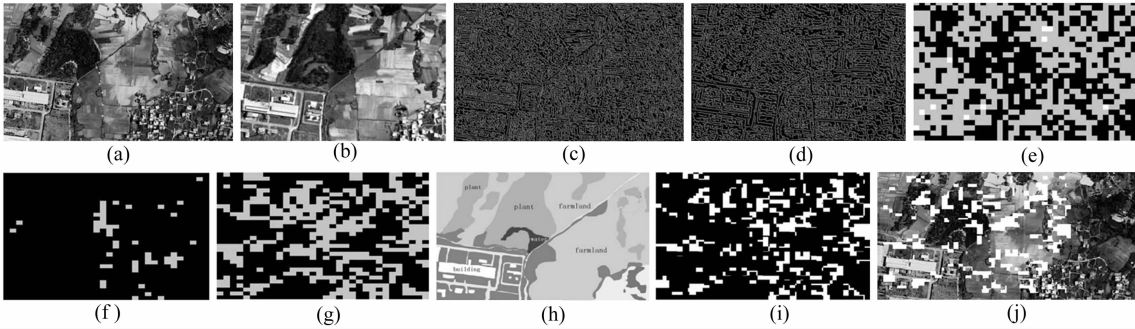


图 3 变化检测实验结果
Fig. 3 Experiment Images and Results

参 考 文 献

1 Chen S P. Spatio-temporal Dimension for Earth Observing with Remote Sensing. Journal of Remote Sensing, 1997(3):161~169

2 方 针, 张剑清, 张祖勋. 城市航空影像变化检测. 武汉测绘科技大学学报, 1997, 22(3): 240~244

3 Liao M S, Zhu P, Gong J Y. Multivariate Change Detection Based on Canonical Transformation. Journal of Remote Sensing, 2000 (3): 197~202

4 Lillestrand R. Techniques for Change Detection.

IEEE Trans. on Computer, 1972(21): 654~659

5 Gong P. Change Detection Using Principal Component Analysis and Fuzzy Set Theory. Canadian Journal of Remote Sensing, 1993, 19(1): 22~29

第一作者简介:苏国中,高级工程师,博士。现从事遥感、摄影测量、地理信息系统等方面的研究。
E-mail: sgz_gh@126.com

(下转第 672 页)

3D Terrain Surface Reconstruction with Contour Data

HUANG Peizhi¹

(1 School of Information Engineering, Shenzhen University, 2336 Nanyou Road, Shenzhen 518060, China)

Abstract: In this paper, the shape of contour line is studied with geometry theory. It is concluded that the shape of neighbor contours change similarly. This similarity reflects the terrain surface changing within the neighbor contours. A new method for reconstruction of terrain surface is put forward with similarity rule. It bases on the theory of potential field in physics. The new method can make full use of the information in original data. It can overcome some shortcomings of traditional method. The experimental results show that the terrain surface reconstructed by the new method contains more detail information than that by traditional method, and it can reflect the real terrain variations within the neighbor contours.

Key words: contour; 3D surface reconstruction; similarity; potential field

About the author: HUANG Peizhi, associate professor. Ph.D. His research interest includes digital mapping, GIS, visualization and so on. He has published over 40 papers.
E-mail: hpz@szu.edu.cn

(上接第 667 页)

GIS Knowledge Guided Change Detection and Update of Digital Orthoimage

SU Guozhong¹ ZHANG Jianqing¹ CHEN Bingui²

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

(2 Nanchang Institute of Technology, 59 East Beijing Road, Nanchang 330029, China)

Abstract: A new method using multidimensional change template analysis guided by GIS knowledge is proposed in this paper. The new method combine the use of quad-tree change detection template and GIS knowledge. It has been used to detect change among different temporal digital orthophoto maps (DOM) and then update image database. Test results show that this method is effective reliable and robust in many cases.

Key words: orthoimage; changing detection; update; detection template; image matching; gray level cooccurrence matrix

About the first author: SU Guozhong, senior engineer, Ph. D. His research interests include remote sensing, photogrammetry and GIS. He has developed many GIS application systems.
E-mail: sgz_gh@126.com