

利用拓扑关系模型自动检测居民地的变化类型

潘 励¹ 王 华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:提出了一种利用空间拓扑模型自动检测居民地变化类型的方法。在新正射影像与旧矢量数据配准的基础上,把已有的居民地范围作为样本区域,利用 Law 的能量模板和纹理谱进行影像分割,提取新的居民地边界,运用空间分析的方法自动检测出居民地的 6 种变化形态。实验结果证明了此方法的可行性和有效性。
关键词:拓扑关系;居民地;变化检测
中图法分类号:P237.3

近年来,国内外许多学者致力于卫星或航空影像上目标变化信息自动或半自动提取方法的研究^[1-3],并取得了一定的成果。由于实际目标的变化状态是复杂和多样的,迄今为止,研究者还在寻找有效的解决途径。本文在利用 Law 的能量模板和纹理谱提取居民地范围的基础上,运用空间拓扑模型自动检测居民地的 6 种变化情况,并采用我国某地区 1:5 万的正射影像和旧的矢量地图进行了实验。结果证明,此方法可以提供更加详细的变化信息,提高了地图更新的工作效率。

1 新提取的居民地和旧矢量中的居民地的拓扑分析

居民地的变化检测可以分为变化区域的定位和变化类型的确定两大步骤。一般情况下,居民地的变化类型分为消失的居民地、新增的居民地、扩张的居民地、缩小的居民地、部分消失部分扩张的居民地(混合变化)、不变的居民地等 6 种类型。目前,对居民地变化自动确定的研究相对比较缺乏,大多数都是通过人眼的目视判读来区分变化类型的。本文充分利用新旧居民地的空间关系来自动区分 6 种不同的变化类型。

空间拓扑关系的描述模型主要有基于点集拓扑的交集模型和基于逻辑演算的 RCC 模型。交集模型又分为 4-交集模型和 9-交集模型^[4]。居民地在新影像上的提取结果和旧矢量图上都表现

为面。由于 4-交集模型和 9-交集模型区分面拓扑关系的能力相同,而 4-交集模型比 9-交集模型简单易行,因此,本文采用 4-交集模型。

在 4-交集模型中,将简单空间实体看作由点构成的集合,任何目标都可以分割为边界与内部两个部分。对新旧居民地 A 和 B ,用 ∂A 和 A° 分别表示 A 的边界和内部, ∂B 和 B° 分别表示 B 的边界和内部,将新旧居民地之间的拓扑不变量 $A^\circ \cap B^\circ$ 、 $A^\circ \cap \partial B^\circ$ 、 $\partial A \cap B^\circ$ 、 $\partial A \cap \partial B$ 组成 2×2 阶的矩阵为:

$$R(A,B) = \begin{bmatrix} A^\circ \cap B^\circ & A^\circ \cap \partial B^\circ \\ \partial A \cap B^\circ & \partial A \cap \partial B \end{bmatrix} \quad (1)$$

通过考察矩阵中每个元素的相交情况(若交集为非空,记为 1;若交集为空,记为 0),排除无意义的组合,得到 8 种面-面拓扑关系,即相离、相接、相交、被覆盖、内部(被包含)、相等、包含和覆盖。假设遥感影像上的提取区域可以表示为 $G(g_1, g_2, \dots, g_m)$,旧矢量图上的居民地区域为 $V(v_1, v_2, \dots, v_n)$,其中, m, n 为居民地区域的个数,通过对新旧居民地之间的拓扑关系进行分析,可以分为以下 6 种变化类型:

1) 若 $R(v_i, g_j) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ ($v_i \in V, g_j \in G, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$,下同),即旧矢量中的居民地 v_i 与新的正射影像中提取的居民地 g_j 不相干,说明原有居民地 v_i 为消失的居民地。

2) 若 $R(g_j, v_i) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$, 即 g_j 与 v_i 相离, 则 g_j 为新增的居民地。

3) 若 $R(g_j, v_i) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ 或 $\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$, 即 g_j 包含 v_i 或者 g_j 覆盖 v_i , 则 g_j 为扩张的居民地。

4) 若 $R(g_j, v_i) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ 或 $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$, 即 g_j 被 v_i 包含或者 g_j 被 v_i 覆盖, 则 g_j 为缩小的居民地。

5) 若 $R(g_j, v_i) = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ 或 $\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$, 即 g_j 与 v_i 相交或者相接, 则 g_j 部分扩张、部分消失, 记为混合变化的居民地。

6) 若 $R(g_j, v_i) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$, 即 g_j 与 v_i 相等, 则 g_j 为不变居民地。

2 算法实现

算法分为两大步: ① 利用 Law 的能量模板和纹理谱在新的正射影像上提取居民地的边界; ② 利用 4-交集模型空间拓扑关系的分析方法对居民地区域进行比较分析, 自动检测居民地的 6 种主要变化形态。具体步骤如下:

1) 首先将经过栅格化的旧矢量数据与新正射影像进行叠加, 以旧的居民地范围作为样本区域, 计算它们的 Law 的能量模板值; 然后对整个影像进行处理, 获得居民地区域的初步范围。由于居民地形态的多样化以及光照条件的变化等因素的综合影响, 因此, 居民地的提取结果中常常混有道路、田埂和一些呈现出粗糙纹理并具有较强亮度的地物。为了进一步分离居民地中的非居民地目标, 在第一提取结果的基础上, 采用纹理谱算法^[4]对居民地目标进行提炼, 使其结果更加准确。

纹理单元是构建纹理谱的基本单元, 它由每个像素的 3×3 邻域组成, 包含有 9 个元素, 表示为 $P = \{p_0, p_1, \dots, p_8\}$, 其中, p_0 是中心像素的灰度值, p_i 是邻域中第 i 个像素的灰度值。可以定义一个相应的纹理单元 $D = \{E_1, E_2, \dots, E_8\}$, E_i 的计算式为:

$$E_i = \begin{cases} 0, & p_i \leq (p_0 - \eta) \\ 1, & (p_0 - \eta) \leq p_i \leq (p_0 + \eta) \\ 2, & p_i \geq (p_0 + \eta) \end{cases} \quad (2)$$

式中, $i = 1, 2, \dots, 8$; η 表示一个小的正常量。由于 E_i 的取值有 3 种可能, 每个纹理单元包含有 8

个元素, 就有 $3^8 = 6\,561$ 种组合。一般情况下, 利用 $V_D = \sum_{i=1}^8 E_i \times 3^{i-1}$ 计算纹理单元的数值, 并对影像所有纹理单元的出现频率进行统计, 称所有纹理单元的频率函数为纹理谱^[5]。用横坐标表示纹理单元数 V_D , 纵坐标表示发生频数, 就可形成纹理谱直方图。

2) 对新提取的居民地的闭合区域和旧矢量区域进行编码, 居民地闭合区域的边界编码为 1, 内部区域为 2, 旧矢量居民地区域的边界编码为 3, 内部区域为 4。对新提取的居民地区域 g_j 分别与旧矢量区域 v_i ($\{ \forall v_i | v_i \in V \}$) 按照式(1)计算 $R(g_j, v_i)$, 判断 g_j 的类型, 并进行标记。同理, 对旧矢量区域 v_i 与 g_j ($\{ \forall g_j | g_j \in G \}$) 计算 $R(v_i, g_j)$, 判断 v_i 是否为消失的居民地, 并进行标记。根据不同的标记值, 对不同区域赋不同的色彩值, 并显示结果。

3 实验结果与分析

选择我国某地区 1:5 万航空正射影像和不同时期的同一比例尺的矢量数据进行实验。影像分辨率为 1 m, 大小为 1 318 像素 \times 1 548 像素。封三彩图 1(a) 是新正射影像与旧矢量图叠加的结果。首先利用 Law 的 3 个能量模板在新的正射影像上对居民地目标进行提取, 封三彩图 1(b) 中显示了提取结果(白色代表居民地区域, 黑色表示非居民地目标), 对照原始影像发现, 居民地提取结果中混有道路、田埂和一些灰度值比较大的地物。进一步利用纹理谱特征对已提取的居民地区域进行再分析。从封三彩图 1(c) 中可以看出, 居民地的提取结果更加准确, 许多非居民地目标被分离出来(彩图 1(b) 中红色箭头所指之处), 但是采用纹理谱分析使得整个算法的时间消耗增加了 2 倍。为了得到准确的闭合居民地边界, 需要对提取结果进行形态学处理、边缘跟踪。封三彩图 1(c)~1(h) 是基于拓扑分析自动检测的 5 种变化类型结果, 采用不同的颜色表示。其中, 彩图 1(d) 中黄色区域表示在近期航空正射影像上提取的缩小变化中的居民地区域, 深绿色区域表示提取的相对于原矢量缩小的区域; 彩图 1(c) 中绿色区域表示检测出来的消失区域; 彩图 1(f) 中红色区域表示检测出来的新增区域; 彩图 1(g) 中灰色区域表示扩张变化中的原矢量区域, 水红色区域表示扩张区域; 彩图 1(h) 中浅紫色表示混合变化中没有发生变化的区域, 深紫色表示扩张区域, 蓝

色表示缩小区域。为了验证上述结果,对照彩图 1(a)所显示的叠加图,用人工的方式进行统计,结果显示,自动分析结果具有较高的正确率。

4 结 语

本文基于点集的 4-交集模型,讨论了建立新旧居民地区域 6 种变化类型的计算方法。为了进一步优化居民地的提取结果,提出采用分层处理的算法思路,即在利用 Law 的能量模板提取居民地区域的基础上,采用纹理谱算法把居民地区域中的非居民地剔除,同时可以找回非居民地区域中的居民地目标。采用实际航空影像进行实验,结果表明,这种方法能够得到居民地的变化类型。另一方面,也发现了一些有待解决的问题,如居民地的提取精度直接影响获取变化信息的正确率;新正射影像与旧地形图套合差过大,则无法获得准确结果。

参 考 文 献

[1] 潘励,张志华,张剑清. 融合区域分割和边缘信息的居民地提取方法[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2006,31(8):671-674

[2] Shackelford A K, Davis C H. A Hierarchical Fuzzy Classification Approach for High-Resolution Multi-spectral Data over Urban Areas[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2003,41(9):1 920-1 930

[3] Aksoy S, Koperski K, Tusk C, et al. Learning Bayesian Classifiers for Scene Classification With a Visual Grammar[J]. IEEE Ttransactions on Geoscience and Remote Sensing, 2005,43(3):581-589

[4] 杜晓初. 多重表达中空间拓扑关系等价性研究[D]. 武汉:武汉大学,2006

[5] 聂丹,傅仲良,张鹤. 基于纹理谱的遥感影像纹理分析方法[J]. 地理空间信息,2006,4(6): 36-38

第一作者简介:潘励,教授,博士。研究方向为影像解译和智能算法。
E-mail:panli@whu.edu.cn

Automatic Recognition of Change Types of Residential Areas Using Topology Relations Model

PAN Li¹ WANG Hua¹

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

Abstract: A new method is proposed for automated recognizing the change types of residential areas using topological relations between new and old boundaries of residential areas. The residential areas samples on new rectified images are selected by existed boundary of residential areas on old maps. In order to obtain correct ranges of residential areas on the new rectified images, a two-step algorithm is applied. The first step is to do initial extraction of residential areas based on Law’s Temples. The second step is to adjust the initial results using Grain table. To recognize the six change types of residential areas, the topology relations of new boundary on the rectified images and old boundary on the existed maps are analyzed by a 4-intersection model. The experimental results show that the proposed method using topology relations can automatically identify the change types of residential areas and provide more accurate change information.

Key words: topological relation; residential areas; change detection

About the first author: PAN Li, professor, Ph.D, majors in image interpretation and intelligent method.
E-mail: panli@whu.edu.cn