

地图上街区式居民地的识别与提取

郝向阳

(郑州测绘学院摄影测量与遥感系, 郑州 450052)

摘要 在建立 GIS 的过程中,从现有的各种比例尺的地形图上获取地理信息是必不可少的工作。街区式居民地是基本比例尺地形图上最主要的地物要素类别之一,在地图二值图象的基础上,根据带晕线多边形的结构特征,利用一系列图象变换技术,首次成功地实现了街区式居民地的自动识别与提取。提出并实现了用于带晕线类多边形影像分割的 4 方向 RLS 变换方法,详细讨论了收缩变换、扩张变换、细化、开图形删除和带晕线类多边形的识别等算法。实验表明,利用文 K 所述方法进行街区居民地识别与提取的正确率可达 96% 左右。

关键词 地图信息 多边形 识别 提取 RLS 变换

0 引言

在建立 GIS 的过程中,通过将现有地形图数字化来获取地理信息是必不可少的工作。传统的地图数字化方法是在数字化板上手工逐点采集地图符号的特征点,为保证数字化的精度,必须用鼠标尽可能严格地对准各采样点。由于地形图所包含的信息量是十分巨大的,因此这种方法费时费力、效率低下。地图经扫描后可获得数字地图图象,这为地图信息的自动识别与提取创造了有利条件。为便于跟踪、减少图象数据量和提高运算速度,地图要素的识别一般在二值图象上进行。对黑色地图要素而言,通过地图灰度图象的二值化处理或彩色图象的分色处理均可获得理想的二值图象。

街区式居民地是基本比例尺地形图上最主要的地物要素类别之一,在中小比例尺地形图上,街区式居民地通常用黑色带晕线的多边形(hatched polygon)来表示。由于它们没有固定的形状和大小且散乱分布于其它地图要素之间,难以用传统的各种模式识别方法对其进行识别与提取。迄今为止,尚未有行之有效的自动识别与提取方法。因此,研究该类符号的识别与提取方法不仅具有重要应用价值,而且在无固定形状和大小目标的识别方面具有较高的理论价值。为此,本文在地图二值图象的基础上,根据带晕线多边形的结构特征,利用一系列图象变

换技术,首次成功地实现了街区式居民地的自动识别与提取。在以下各节中我们将详细讨论有关的步骤与相应的算法。

1 RLS 变换

识别街区式居民地的重要步骤之一是将带晕线多边形分割成块,然后再将其与其它地图符号区别开来,RLS 变换是达到这一目的的有效方法。在地图二值图象上仅有黑与白 2 种象素,不妨假定白象素(背景)的象素值为 0,黑象素的象素值为 1,我们分别定义在水平方向、垂直方向和 2 个对角方向的 RLS 变换如下:

定义 1 设同一行上二象素 (i_1, j) 和 (i_2, j) 的图象值 $I(i_1, j) = I(i_2, j) = 1, i_1 < i_2$, 若 $i_2 - i_1 \leq n$, 则将同一行中位于 (i_1, j) 和 (i_2, j) 之间的所有象素 (i, j) 的图象值变为 1, 即 $I(i, j) = 1, i \in (i_1, i_2)$ 。我们将这种变换称为水平方向 RLS 变换或 0 方向 RLS 变换,记为 $H_n(i, j)$ 。例如,对于一维图象 I , 取 $n = 4$, 其 0 方向 RLS 变换结果为 $H_n(I)$, 即:

I : 01100011100000100001110011

$H_n(I)$: 01111111100000111111111111

定义 2 设同列上二象素 (i, j_1) 和 (i, j_2) 的图象值 $I(i, j_1) = I(i, j_2) = 1, j_1 < j_2$, 若 $j_2 - j_1 \leq n$, 则

将同一列中位于 (i, j_1) 和 (i, j_2) 之间的所有象素 (i, j) 的图象值变为1,即 $I(i, j) = 1, j \in (j_1, j_2)$ 。我们将这种变换称为垂直方向 RLS 变换或 $\pi/2$ 方向 RLS 变换,记为 $V_n(i, j)$ 。

定义 3 设二象素 (i_1, j_1) 和 (i_2, j_2) 位于正对角方向上, $I(i_1, j_1) = I(i_2, j_2) = 1, i_2 - i_1 = j_1 - j_2$,若 $|i_1 - i_2| \leq n$,则将位于 (i_1, j_1) 和 (i_2, j_2) 之间的所有象素 (i, j) 的图象值变为1,即 $I(i, j) = 1, i \in (i_1, i_2), j \in (j_1, j_2), i_2 - i_1 = j_1 - j_2$ 。我们将这种变换称为正对角方向 RLS 变换或 $\pi/4$ 方向 RLS 变换,记为 $D_n(i, j)$ 。

定义 4 设二象素 (i_1, j_1) 和 (i_2, j_2) 位于反对角方向上, $I(i_1, j_1) = I(i_2, j_2) = 1, i_2 - i_1 = j_2 - j_1$,若 $|i_1 - i_2| \leq n$,则将位于 (i_1, j_1) 和 (i_2, j_2) 之间的所有象素 (i, j) 的图象值变为1,即 $I(i, j) = 1, i \in (i_1, i_2), j \in (j_1, j_2), i_2 - i_1 = j_2 - j_1$ 。我们将这种变换称为反对角方向 RLS 变换或 $3\pi/4$ 方向 RLS 变换,记为 $C_n(i, j)$ 。

对于原始二值图象 $I(i, j)$,根据其相应的4方向 RLS 变换结果 $H_n(i, j), V_n(i, j), D_n(i, j)$ 和 $C_n(i, j)$,由下式可以获得图象 $P(i, j)$,即:

$$P(i, j) = (H_n \cap V_n \cap D_n) \cup (H_n \cap V_n \cap C_n) \cup (H_n \cap D_n \cap C_n)(V_n \cap D_n \cap C_n)(i, j) \quad (1)$$

在图象 $P(i, j)$ 中,所有带晕线多边形被分割成了黑块。然而,一些在形状上与带晕线多边形相似的注记信息也被转换成了黑块,其它部分则保持与原始图象相同。

2 系列收缩变换

若令 S_0 表示原始图象区域象素集, B_0 表示 S_0 的边界象素集, S_0^c 表示 S_0 的补集, S_k 表示 S_0 经 k 次变换后的结果, B_k 表示 S_k 的边界象素集,其中 $k \in [1, n]$, n 为给定的收缩变换次数,则系列收缩变换的过程可用下式表示:

$$\begin{cases} S_k = S_{k-1} - B_{k-1} \\ S_k^c = S_{k-1}^c \cup B_{k-1} \end{cases} \quad (2)$$

我们记 n 次系列收缩变换为 $S_n(i, j)$ 。在图象 $P(i, j)$ 中,除了黑块以外,还有线划和其它图形,通过进行系列收缩变换可以将除黑块外的其它图形消除掉。图象 $P(i, j)$ 经 n 次系列收缩变换后可得图象 $S_n(i, j)$ 。

3 系列扩张变换

系列扩张变换同系列收缩变换相反,它使被扩张区域同时向四周扩大。若令 E_0 表示原始图象区域, W_0 表示与其相邻的背景象素集, E_0^c 表示 E_0 的补集, E_k 表示 E_0 经 k 次扩张变换的结果, W_k 为与其相邻的背景象素集, E_k^c 表示 E_k 的补集,其中 $k \in [1, n]$, n 为给定的扩张变换次数,则系列扩张变换的过程可用下式表示:

$$\begin{cases} E_k = E_{k-1} \cup W_{k-1} \\ E_k^c = E_{k-1}^c - W_{k-1} \end{cases} \quad (3)$$

在图象 $S_n(i, j)$ 中,仅包含了收缩后的黑块图象,为了恢复其原始大小,必须进行系列扩张变换。图象 $S_n(i, j)$ 经 n 次系列扩张变换的结果为图象 $E_n(i, j)$ 。图象 $E_n(i, j)$ 中的黑块包含了带晕线的多边形和其它一些注记信息及与带晕线多边形邻近的线划。由下式可以获得一新图象 $Q(i, j)$,即:

$$Q(i, j) = (E_n \cap I)(i, j) \quad (4)$$

4 细化与开图形删除

尽管图象 $Q(i, j)$ 比原始图象 $I(i, j)$ 所含的信息量少得多,但要直接从 $Q(i, j)$ 中识别和提取街区式居民地仍是十分困难的。 $Q(i, j)$ 中包含的是不易操作的粗线划,这就需要对其进行细化处理,以便在保持图形几何特征不变的前提下把图形所含象素数减少到最小。目前有许多二值图象细化算法,本文采用了下述细化算法。每次将满足下列条件的象素从 $Q(i, j)$ 中去除掉(即使其象素值变为0):

$$\begin{cases} I(i, j) = 1; \\ I(i, j - 1) = 0 \text{ 或 } I(i, j + 1) = 0 \\ \text{或 } I(i - 1, j) = 0 \text{ 或 } I(i + 1, j) = 0 \\ C(i, j) = 1 \end{cases} \quad (5)$$

其中 $I(i, j)$ 表示象素 (i, j) 的图象值, $C(i, j)$ 表示沿顺时针方向象素 (i, j) 的相邻象素的0-1模式数。经过 n 次这样的处理后, $Q(i, j)$ 中的所有图形均变为了细线。假定 n 表示细化次数,我们将 n 次细化变换记为 $T_n(i, j)$ 。 $Q(i, j)$ 的细化处理结果为 $T_n(i, j)$ 。我们知道,街区居民地符号在地图上都是闭合多边形,但在图象 $T_n(i, j)$ 中有许多开图形,显然这些开图形应该被消除掉。消除开图形的方法是将 $T_n(i, j)$ 中满足如下条件的象素值变为0。

$$\begin{cases} I(i,j) = 1 \\ C(i,j) = 1 \end{cases} \quad (6)$$

这样就得到从 $T_n(i,j)$ 中消除了开图形的新图象 $R(i,j)$ 。

5 多边形跟踪

图象 $R(i,j)$ 中仅包含闭合多边形。由于所有的街区式居民地均包含在这些多边形中,因此自动跟踪这些多边形是一个关键步骤。多边形自动跟踪的算法过程是:

(1) 逐行逐列搜寻一个黑像素作为多边形的起始边界点;

(2) 逆时针连续跟踪其它边界点直至回到起始边界点为止。

这样,便可得到所跟踪多边形的所有边界点,不妨设为 $(x_i, y_i), i \in [1, n]$ 。在完成一个多边形的跟踪后,多边形边界上及其内部的黑像素应被立即从 $R(i,j)$ 中消除,以免造成重复跟踪。边界点可很容易地通过将其像素值赋为 0 来消除,而多边形内部黑像素的消除则要复杂得多,其主要步骤为:

(1) 确定所跟踪多边形的最小行数 y_{\min} 和最大行数 y_{\max} ;

$$\begin{cases} y_{\min} = \min(y_i, i \in [1, n]) \\ y_{\max} = \max(y_i, i \in [1, n]) \end{cases} \quad (7)$$

(2) 对任意一行 $y, y \in [y_{\min}, y_{\max}]$, 从多边形边界点集 $(x_i, y_i), i \in [1, n]$ 中寻找纵坐标为 y 的边界点,得到一个点集 $(x_i, y), i \in [1, k]$ 。

(3) 按横坐标的大小对点集 $(x_i, y), i \in [1, k]$ 进行重排序。若 $i < j, i, j \in [1, k]$, 则有 $x_i < x_j$ 。

(4) 确定多边形内各水平线段的起点和终点, 每行可能包含多个水平线段。

(5) 将各水平线段上的像素值赋为 0。

按这种方法可将多边形内的黑像素从 $R(i,j)$ 中消除掉。由于种种原因,可能会出现 2 个或 2 个以上的多边形通过一条线段相连的情况,这些连在一起的多边形在跟踪过程被当作了一个复合多边形,因此必须将其分成独立的多边形以获得正确的识别结果。分离复合多边形的过程是:

(1) 消除多边形间的连接线。连接线上的点在多边形跟踪的过程中被记录了两次,设为 (x_i, y_i) 和 (x_j, y_j) , 在多边形边界点集中该两点具有相同的位置,因而可将相同的坐标点对从多边形边界点集中排除掉,这一条件可用公式表示为:

$$\begin{cases} x_i = x_j \\ y_i = y_j \end{cases} \quad (8)$$

(2) 将剩余边界点重组为多个独立的多边形。

6 带晕线多边形的识别

在图象 $R(i,j)$ 所包含的多边形中,除了带晕线多边形之外,还有一些由注记信息和控制点符号组成的闭合环。带晕线多边形识别的关键是排除那些并不表示街区式居民地的多边形。通过对 $R(i,j)$ 中多边形结构特征的分析,可采用以下 3 种判别准则来识别带晕线多边形。

(1) 多边形的周长。一般说来,带晕线多边形比其它多边形具有较大的周长,周长可用多边形边界所含的像素数来度量。设 n 表示周长,则可根据周长将多边形分为大多边形和小多边形两类,若 $n \geq N$ 则为大多边形;若 $n < N$, 则为小多边形,其中 N 为一给定的周长阈值,一般取 $N = 35$ 。只有大多边形才可能是带晕线多边形。

(2) 多边形内所含黑像素个数。带晕线多边形内包含有一定数量的黑像素,相反,表示控制点或某些注记信息的多边形内侧不含黑像素。若用 n_b 表示多边形内的黑像素个数,则可按 n_b 将多边形分为含黑像素多边形 ($n_b > 0$) 和不含黑像素多边形 ($n_b = 0$)。那些不含黑像素的多边形肯定不会是带晕线多边形。

(3) 多边形在原始图象上所含黑像素比率。按前两个判别准则仍难全部排除某些代表注记信息的多边形。通过观察分析可以看出,在原始图象上带晕线多边形比其它多边形具有更高的黑像素比率。设 r 表示多边形所含黑像素数与所含总像素数之比,则 r 可由下式得到:

$$r = n_b / n \quad (9)$$

其中 n_b 和 n 分别表示多边形内黑像素数和总像素数。

带晕线多边形的黑像素比一般为 0.3~0.6,其它多边形的黑像素比一般为 0.6~0.9。 r 的分布如图 1 所示。由图 1 可以看出,带晕线多边形与其它多边形具有明显不同的分布范围,选取阈值 $R = 0.6$, 可将带晕线多边形分离出来。尽管所有带晕线多边形都可通过这种方法得到识别,但仍有极少量的注记信息被误识(纳伪),这可通过后续的交互式编辑来消除。幸运的是,这些被误识的多边形可以很容易地被删除。最后,应该将这些已识带晕线多边形从原始图象 $I(i,j)$ 上消除掉,这对其它地图信息的识别与提取是十分有益的。

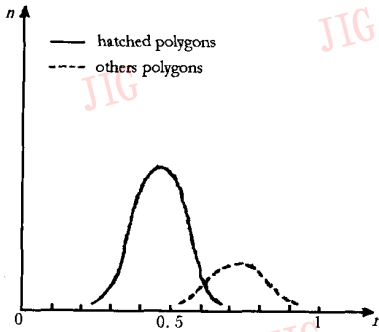


图1 r 的分布情况

7 多边形顶点的提取

在识别和跟踪后得到的多边形边界信息是密集排列的像点坐标,因此必须从中将多边形的顶点提取出来,才能获得真正的多边形矢量信息。本文采用偏离值法来提取多边形的顶点。

设以密集像点坐标表示的多边形边界数据为:

$$a, n, (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n);$$

其中, a 为街区式居民地的属性代码, n 为多边形边界上的像点数, (x_i, y_i) 为依次排列的多边形边界上的像点坐标, $i \in [1, n]$ 。该算法的主要步骤如下:

(1) 令 (x_s, y_s) 表示多边形顶点坐标, 首先取 $x_s = x_1, y_s = y_1$;

(2) 从像点 (x_s, y_s) 开始依次向后续各像点 (x_i, y_i) 连线, 其中 $i \in (s, n)$, 并分别计算第 s 个像点与第 i 个像点间各点至该连线的距离 $d_k, k \in (s, i)$, 见图2。

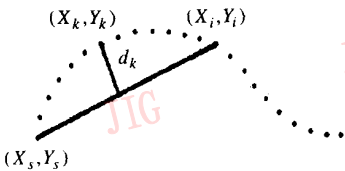


图2 多边形顶点的提取

(3) 判别 d_k 与给定的阈值 d_0 间的关系, 如果 $d_k < d_0$, 则重复步骤(2); 如果存在 $d_k \geq d_0$, 则令 $x_s = x_k, y_s = y_k$, 再重复步骤(2)。事实上, (x_k, y_k) 即为多边形的一个顶点。

(4) 重复步骤(2)和(3), 直至多边形边界上所有像点判别完毕为止, 并将最后一个像点作为多边形的一个顶点。

经过对已识多边形进行顶点提取之后, 矢量化

的带晕线多边形数据即可用于地理信息系统。

8 实验与结论

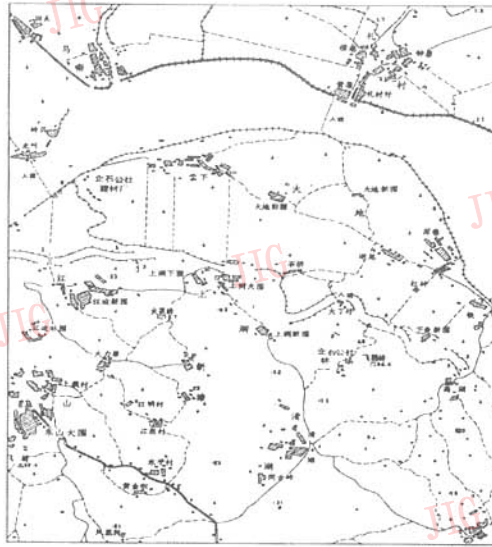
为了验证本文所述方法的可行性和有效性, 我们对某幅 1:50,000 地形图进行了试验。地图扫描分辨率为 250dpi。在主频为 300MHZ、内存为 64MB 的微机, 运行时间为 32 分钟。该幅图包含了 834 个街区式居民地符号和大量其它地图符号, 其中的 802 个街区式居民地得到正确识别, 余下 5 个被拒识的原因是原图上这些图形不闭合。除了这些正确识别的街区式居民地符号外, 还有 26 个表示部分注记信息(汉字)被误识, 最终街区式居民地的正确识别率为 96%。原始地图二值图象(局部)和街区式居民地的识别结果分别如附图 1 和附图 2 所示。实验表明本文所述街区式居民地符号的识别方法是有效可行的, 其正确识别率可达 96% 左右, 被误识的符号主要是汉字的某些组成部分。这意味着若对西方国家的地形图进行街区式居民地的识别与提取, 可望取得更高的识别率, 这是因为西文注记信息与带晕线多边形在图形结构上具有更大的差异。本文所述方法具有较强的抗干扰能力, 那些在原图上与其它图形相连的街区式居民地也能得到正确的识别。

参考文献

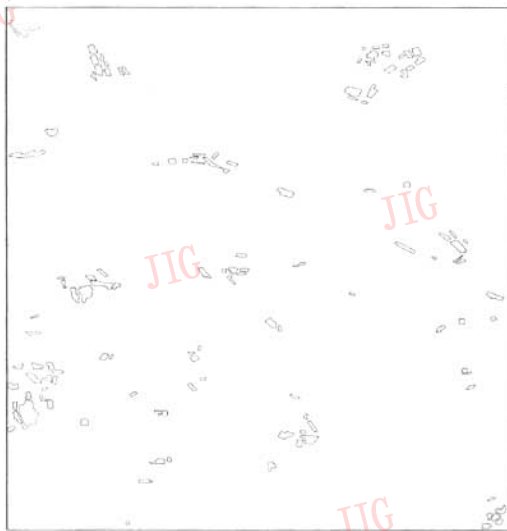
- 1 Capson D W. An improved algorithm for sequential extraction of boundary from a raster scan. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 1984, 28(109).
- 2 Fulford M C. The FASTRAK automatic digitizing system. *Pattern Recognition*, 1981, 14(1).
- 3 Wahl F M *et al.* Block segmentation and text extraction in mixed text/image documents, *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 1982, 2(6).
- 4 郝向阳. 地图上多边形数据的快速采集方法. *解放军测绘学院学报*, 1992, (6).
- 5 郝向阳. 地图扫描数字化点位精度分析. *测绘学报*, 1996, (1).
- 6 刘 峥. 军标自动识别的神经网络方法. *模式识别与人工智能*, 1994, (2).



郝向阳 1966年6月出生, 分别于1985年、1988年和1996年在郑州测绘学院获得学士、硕士和博士学位, 现任郑州测绘学院摄影测量与遥感系副教授。主要研究方向为图形图象信息处理, 模式识别, 地理信息系统等。



附图 1 原始地图二值图象(局部)



附图 2 街区式居民地的识别结果

The Recognition and Extraction of Hatched Polygons on Maps

Hao Xiangyang

(Zhengzhou Institute of Surveying and Mapping, Zhengzhou 450052)

Abstract It is indispensable to acquire geographic information from the existed topographical maps with various scales in the process of establishing geographic information system. The hatched polygons, which represent residential areas, are one of the most important sorts of map information. The strategies and algorithms of recognizing and extracting hatched polygons based on scanned map images are put forward and discussed. The RLS transformations in four directions for segmenting the hatched polygons are developed and realized. In addition, the algorithms for image transformations such as shrink, expansion, thinning, open graph deletion and hatched polygon recognition are also discussed in detail. Experiments show that recognition rate is about 96 percent with the methods developed in this paper.

Keywords Map information, Hatched polygon, Recognition, Extraction, RLS transformation