

文章编号:1001-1595(2009)02-0168-07

一种基于分组式蛇模型的 GIS 矢量边界更新方法

韩 敏, 孙 杨

大连理工大学 电子与信息工程学院, 辽宁 大连 116023

A Method of Vector Edge Updating Based on Grouping Snake Model in GIS

HAN Min, SUN Yang

School of Electronic and Information Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116023, China

Abstract : An automatic approach of updating vector edge in GIS based on Grouping Snake is proposed in this paper. The vector data existing in GIS are refined using the snake model in terms of information in remote sensing images, during the whole process of which, vector data act as both the updated objects, and the prior knowledge that conducts change detection in remote sensing images. There are two typical algorithms about snake model opposite in the computational complexity: the original snake model and the greedy algorithm. A trade-off Grouping Snake is put forward, attempting to group control nodes, in order to decrease the poor localization and the weak neighbour-node relationship, respectively caused by the original snake and the greedy algorithm. A few experiments are performed on vector edges and TM remote sensing image of Zhalong Wetland in China to validate Grouping Snake in vector edge updating.

Key words : GIS; remote sensing image; vector edge; updating; grouping Snake Model

摘 要 : 提出一种基于分组式蛇模型的 GIS 矢量边界自动更新方法。以 GIS 已有矢量数据作为初始位置提供先验知识, 以遥感影像 RGB 值的梯度信息作为轮廓演化时的外部能量, 可以使蛇模型将遥感影像与 GIS 数据相结合, 在二者交互作用下实现 GIS 矢量边界更新。将传统蛇模型与贪婪算法的特点相结合, 设计一种折中模型——分组式蛇模型。仿真实验表明, 分组式蛇模型改善蛇点局部定位准确性并提高了蛇点之间的关联性, 较传统蛇模型和贪婪算法具有更好的更新准确率与多边形相似度。

关键词 : GIS; 遥感影像; 矢量边界; 更新; 分组式蛇模型

中图分类号: P208

文献标识码: A

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2006CB403405); 国家科技支撑计划(2006BAB14B05); 国家自然科学基金(60674073)

在基于遥感影像的 GIS 矢量边界更新的过程中^[1], 已存在 GIS 中的矢量数据可作为先验知识辅助遥感影像的边界寻找过程, 这一思想已被应用于一些更新方法中, 如神经网络法和模板匹配法^[2-3]。然而, 所有这些方法的处理过程对于线性矢量数据由点连接而成的这一特点没有很强的针对性措施。

蛇模型演化过程集成了图像数据、初始位置、理想边界和基于知识的约束条件; 而 GIS 中存储的矢量边界数据, 可以作为蛇模型的初始位置, 对演化过程提供先验知识, 通过与栅格形式的遥感数据相互作用, 改变矢量数据点的定位与多点连线的形态, 实现 GIS 矢量边界的更新。蛇模型中经典问题之一就是初始位置的选择, 通常需要人为设定, 利用 GIS 中已有的数据作为初始位置可以避免这种问题。但是, 传统的蛇模型是基于简单的二值图或灰度图进行实验的^[4], 对于复杂图

像或复杂矢量边界并不适用, 因此一些针对遥感影像或医学图片中轮廓检测的蛇模型的改进方案相继被提出。直接根据最新遥感图像更新 GIS 数据, 需要对遥感影像进行手工矢量化勾勒出最新的矢量边界, 增加了人工的工作量; 而本文提出的方法, 利用的其实就是最新的遥感影像, 只是同时又结合已有的 GIS 矢量边界信息, 使矢量边界自动更新的过程得到先验信息的辅助, 目标更加明确, 操作更为简单。

综合传统蛇模型及贪婪算法各自特点, 本文提出一种折中模型——分组式蛇模型。在此基础上, 以扎龙湿地内的克钦湖为对象运用此方法进行实验, 并与传统蛇模型和贪婪算法实验结果进行了比较。

1 传统蛇模型

蛇模型也称为活动轮廓模型, 由 Kass 于

1988 年首次提出^[5],是一种经典的轮廓提取方法。图 1 表示了蛇模型的初始位置的不同情况。

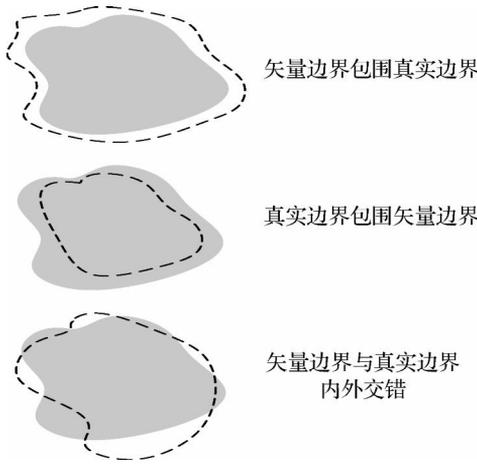


图 1 GIS 矢量边界与遥感图像真实边界的位置关系
Fig. 1 Spatial relationships between vector edges in GIS and real edge in remote sensing image

蛇模型演化是一个能量最小化过程,其中内部能量用来度量蛇轮廓的形状特征,如平滑性和连续性;外部能量用于度量图像信息对蛇轮廓的驱动力。传统蛇模型的轮廓 v 的能量公式为

$$E_{total}(v(s)) = \int_{s=0}^1 \left[\left| \frac{dv}{ds} \right|^2 + \left| \frac{d^2v}{ds^2} \right|^2 - \left| \nabla I(v) \right| \right] ds \quad (1)$$

其中, E_{int} 和 E_{ext} 分别为刚性内部能量、弹性内部能量和外部能量的权系数, dv/ds 表示边界曲线 v 在点 s 处的一阶导数。为便于计算机计算,蛇模型的轮廓通常需离散化为顺序坐标点序列 $v_0, v_1, v_2, \dots, v_n$ ($n+1$ 为蛇点总数),总能量公式为

$$E_{total} = \sum_{i=0}^n \left(E_{int}(v_i) + E_{ext}(v_i) \right) \quad (2)$$

其中,内部能量和外部能量分别表示为

$$E_{int} = \alpha |v_i - v_{i-1}|^2 + \beta |v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}|^2 \quad (3)$$

$$E_{ext} = \gamma E_{img} \quad (4)$$

E_{img} 为蛇点 v_i 对应的来自图像的外部能量。

传统蛇模型创造性的集成多源信息提取目标轮廓,但也存在着计算复杂度高、局部定位差等缺陷。对这些问题,一些解决方案相继被提出^[6-8],其中贪婪算法是较经典的一种方法。

2 贪婪算法

贪婪算法由 Williams 和 Shah 于 1991 年提出^[9],采用离散化的蛇模型,能量表达式为

$$E_{total} = \alpha |v_i - v_{i-1}|^2 +$$

$$\beta |v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}|^2 + \gamma E_{img} \quad (5)$$

α, β 和 γ 分别为蛇点 v_i 处的弹性内部能量、刚性内部能量和外部能量的权系数, Δv 为轮廓矢量线上蛇点的平均间距。外部能量来自 v_i 及其周围像元的颜色信息,内部能量由 v_i 及其前后相邻的蛇点 v_{i-1} 和 v_{i+1} 计算得到。弹性内部能量为 $E_{continuity} = \alpha |v_i - v_{i-1}|^2$, 刚性内部能量为 $E_{curvature} = \beta |v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}|^2$ 。

贪婪算法相对于传统蛇模型,降低了计算复杂度,但由于蛇轮廓的变化只是每个以蛇点位置变化的合成,很难考虑到多个蛇点之间的关联性。

3 折中方案——分组式蛇模型

3.1 分组式蛇模型

基于传统蛇模型和贪婪算法在计算量和局部定位上的互补性,将二者结构特征相结合,提出分组式蛇模型。分组式蛇模型不仅具有较低的计算复杂度,并且通过分组将相邻的蛇点关联起来,使得矢量边界在更新过程中,能更好地保持整体的连续性和平滑性。分组式蛇模型将表示轮廓的离散的蛇点序列,按顺序分为若干组,如图 2 所示。

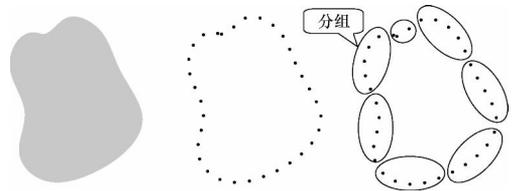


图 2 蛇点序列分组图解

Fig. 2 Illustration of the grouping process of snake points

在方法执行之前,需要将现势的遥感影像进行精确配准,以确保遥感影像与 GIS 矢量数据处于同一地理坐标系下。分组式蛇模型的流程如图 3 所示:

1. 输入:首先读取存储 GIS 矢量边界的 .shp 文件,通过精确的配准使地理坐标与遥感图像栅格索引值之间建立映射关系。

2. 分组:顺序读取边界蛇点序列后,将其作为蛇模型的初始位置。将蛇点序列平均分组,多余蛇点舍去。分组是分组式蛇模型的核心过程。

3. 演化:演化过程是内部能量与外部能量相互作用将初始矢量边界向真实位置推进的过程。采用分步式能量作用技术,即内部能量与外部能量分别对蛇点进行作用,自适应地从 $3 \times 3, 5 \times 5,$

7 × 7, 9 × 9 栅格域中选择合适的范围作为求取灰度梯度矩阵的范围,使梯度值的计算范围具有灵活性。并将定位结果计算加权平均,来取代传统的通过计算总能量值进行蛇点定位,使蛇点的定位方式由抽象变得直观。权系数也不再由人工设定,采用了自适应权系数设定方式。

4. 输出:当蛇点序列定位结束后,利用新的蛇点序列取代初始蛇点序列,实现 GIS 矢量边界的更新。

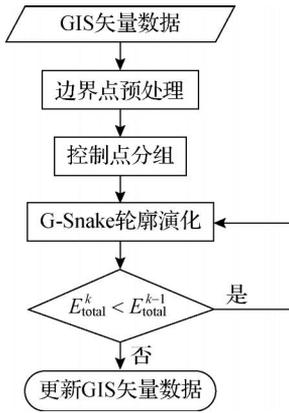


图 3 分组式蛇模型流程图

Fig. 3 Flow chart of the Grouping Snake Model

表 1 分别从计算复杂度、每次迭代蛇点活动范围以及能量计算方式三个方面对传统蛇模型、贪婪算法和分组式蛇模型行了比较。其中, n 为总蛇点数, m 为单个蛇点的搜索范围, a 为组内蛇点数, b 为分组数。分组式蛇模型的计算复杂度介于传统蛇模型与贪婪算法之间,独特的“分组式”结构使其在蛇点活动范围和能量计算方式上具有不同于前两种方法的特点。

表 1 3 种模型特点比较

Tab. 1 Comparison among some features of the three models

	传统蛇模型	贪婪算法	分组式蛇模型
计算复杂度	$O(m^n)$	$O(nm)$	$O(bm^a)$, a 为组内点数, $b = n/a$
每次迭代的活动范围设定	无迭代, 直接设定总的搜索范围	每次迭代在蛇点邻域内搜索	每次迭代在“组”邻域内搜索
能量计算方式	计算轮廓的总体能量	计算每个蛇点的能量	计算每组蛇点的能量

3.2 能量计算

分组式蛇模型中,需要计算每一分组内三个

能量值,其中弹性内部能量和刚性内部能量分别描述组内蛇点序列的连续性和平滑性^[10]。

内部能量传达点与点之间的关联性信息。前述的离散化能量公式(5)同样适用于分组式蛇模型,设每组内有 k 个蛇点 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_k, y_k)$, 内部能量为

$$E_{elasticity} = \sum_{i=1}^{i=k-1} \frac{1}{\bar{d}} \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2} \quad (6)$$

其中, \bar{d} 是组内蛇点平均间距。刚性内部能量为

$$E_{rigidity} = \sum_{i=2}^{i=k-1} ((x_{i-1} + x_{i+1} - 2x_i)^2 + (y_{i-1} + y_{i+1} - 2y_i)^2) \quad (7)$$

由蛇点及邻域 RGB 值计算的外部能量描述背景图像信息对蛇点的作用。采用 $x - y$ 梯度向量和确定当前蛇点在图像信息作用下的移动方向,如图 4 所示。

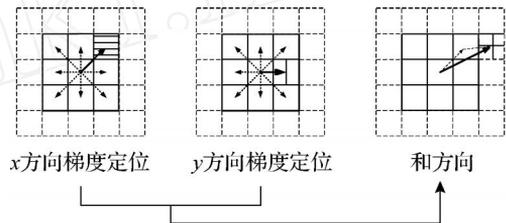


图 4 外部能量约束下的蛇点前进方向

Fig. 4 The evolving direction determined by the external energy

x 方向梯度和 y 方向梯度分别在以蛇点为中心的 3×3 栅格域,式(8)和式(9)分别为 x 方向灰度梯度矩阵 G_h 和 y 方向灰度梯度矩阵 G_v 的计算公式。

$$G_h = f_h(A) = f_h \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} - a_{12} & \left\{ \begin{matrix} a_{11} - a_{13} \\ a_{21} - a_{23} \\ a_{31} - a_{32} \end{matrix} \right\} / 2 & a_{12} - a_{13} \\ a_{21} - a_{22} & & a_{22} - a_{23} \\ a_{31} - a_{32} & & a_{32} - a_{33} \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$G_v = f_v(A) = f_v \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} - a_{21} & a_{12} - a_{22} & a_{13} - a_{23} \\ \left(\begin{matrix} a_{11} - a_{31} \\ a_{21} - a_{31} \end{matrix} \right) / 2 & \left(\begin{matrix} a_{12} - a_{32} \\ a_{22} - a_{32} \end{matrix} \right) / 2 & \left(\begin{matrix} a_{13} - a_{33} \\ a_{23} - a_{33} \end{matrix} \right) / 2 \\ a_{21} - a_{31} & a_{22} - a_{32} & a_{23} - a_{33} \end{bmatrix} \quad (9)$$

A 为 3 × 3 栅格域的灰度矩阵,分别计算 RGB 三个通道的灰度梯度矩阵 G_r , G_g 和 G_b ,通过公式 (10) 合成单通道灰度梯度矩阵 G_{gray}

$$G_{gray} = 0.299G_r + 0.587G_g + 0.114G_b \quad (10)$$

这里 3 × 3 栅格域是一种松散结构,它不一定是相邻的 9 个栅格,而是间距可同比例缩放的 3 × 3 栅格域。为了提高边界寻找的效率,利用这种松散结构实现步长自适应调整,如在 3 × 3 邻域内无法寻找到足够大的颜色梯度值,将扩大到 5 × 5 邻域进行寻找。需要设定一个最大步长,超过最大步长则不再继续扩大搜索范围,以免造成蛇点定位顺序混乱。如图 5 所示。

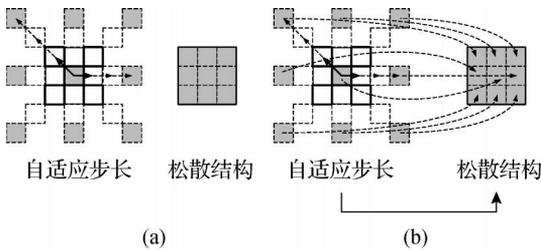


图 5 步长自适应缩放

Fig. 5 The adaptive step size determining method

3.3 分步式能量作用

传统蛇模型利用总能量公式进行蛇点定位的方式过于抽象,很难直观地反映每一个力对蛇点的作用效果。本文采用分步式能量作用方式,分别计算内部能量与外部能量各自作用下蛇点的定位,然后进行加权融合,流程如下:

1. 根据 3.2 节中的公式 (6) ~ (10),分别计算弹性内部能量、刚性内部能量、外部能量作用下分别得到的蛇点序列;

2. 计算三组蛇点坐标的加权平均。如图 6 所示, pix_a 、 pix_b 和 pix_c 分别是前一步得到的三组蛇点序列中同一位置的点, pix_d 是三者加权平均后的最终定位;

3. 分步式能量作用方法的核心问题是各项系数, 和 的确定,这里采用自适应权系数设定,令权系数随着能量变化速度增大而增大,公式 (11) ~ (13) 分别为 3 个权系数第 n 次迭代的表达式

$$\left(\eta \right) = \left| \left(E_{elasticity} \left(\eta \right) - E_{elasticity} \left(n - 1 \right) \right) / E_{elasticity} \left(\eta \right) \right| \quad (11)$$

$$\left(\eta \right) = \left| \left(E_{rigidity} \left(\eta \right) - E_{rigidity} \left(n - 1 \right) \right) / E_{rigidity} \left(\eta \right) \right| \quad (12)$$

$$\left(\eta \right) = \left| \left(E_{ext} \left(\eta \right) - E_{ext} \left(n - 1 \right) \right) / E_{ext} \left(\eta \right) \right| \quad (13)$$

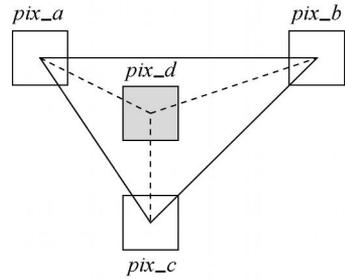


图 6 分步式能量作用

Fig. 6 The step energy action for snake point locating

4 仿真实验

4.1 实验数据

扎龙湿地位于黑龙江省西部乌裕尔河下游齐齐哈尔市及周边县市交界地域,面积 210 000 hm^2 ,是亚洲最大的湿地之一。实验选取湿地内边界相对清晰的克钦湖和东升水库对上述矢量更新的方法进行仿真。

实验根据一幅 20 世纪 90 年代的 1:300 000 数字地图,描绘出扎龙湿地内上述两地物边界,制作成 shape 文件,存入 GIS 中,作为先验知识;选取 2000 年 9 月 24 日的扎龙湿地 TM 遥感影像,截取此湖泊位置图像,作为更新边界的数据源。

4.2 实验结果

考虑初始位置距真实边界较近和较远两种情况,对传统蛇模型、贪婪算法和分组式蛇模型进行仿真。图 7(a) (b) (c)、图 8(a) (b) (c) 分别为初始位置距真实边界较近时传统蛇模型、贪婪算法和分组式蛇模型的实验结果;图 7(d) (e) (f)、图 8(d) (e) (f) 分别为初始边界距真实边界较远时传统蛇模型、贪婪算法和分组式蛇模型的实验结果;图 7(g) 和图 8(g) 为真实地物遥感影像。

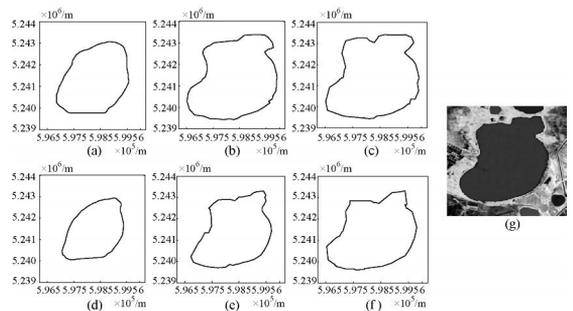


图 7 克钦湖仿真实验

Fig. 7 Experiments on image of Keqin Lake

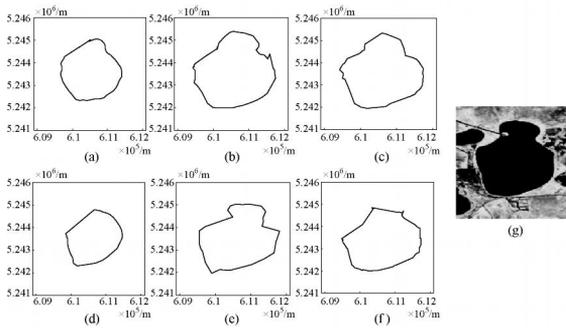


图 8 东升水库仿真实验

Fig. 8 Experiments on image of Dongsheng Reservoir

4.3 分析与评价

4.3.1 基于简化的缓冲区算法的蛇点定位准确率

缓冲区算法是一种简便的用于判断地物边界变化与否的方法^[11],为了使其更适用于矢量边界,考虑一种简化的缓冲区算法:蛇点 P, Q, R, S 的定位误差分别为 $P_{min}, Q_{min}, R_{min}, S_{min}$,而不再是蛇点到缓冲区中轴线的垂直距离,通过判断定位误差是否超过阈值来确定矢量边界更新准确率,如图 9 所示。

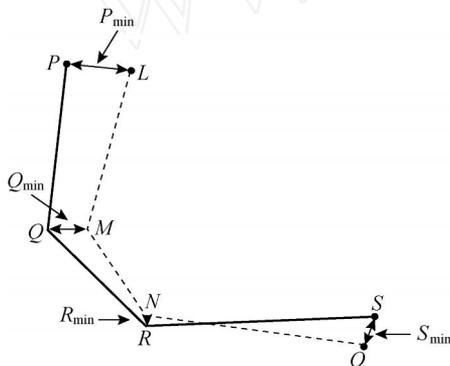


图 9 简化的缓冲区算法

Fig. 9 The simplified buffer detection algorithm

4.3.2 基于多边形相似度的形状准确率

多边形相似度包括五个特征量^[12]:多边形最小外接矩形的面积、多边形最小外接矩形长和宽、多边形周长、多边形面积、多边形形状描述等。由于不规则多边形的面积计算与形状描述比较困难,只选择前三个特征量进行讨论。计算各特征量的代数平均值作为相似度,如式(14)

$$C_{result} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m C_i \quad (14)$$

根据上述两种评价标准,分别以克钦湖和东

升水库边界为实验对象,对传统蛇模型、贪婪算法和分组式蛇模型进行对比。

表 2 显示,当蛇模型的初始轮廓位置距真实目标边界距离较近时,在三种方法中,基于分组式蛇模型的实验得到的结果较好但优势并不明显。此外,由于克钦湖覆盖的面积明显大于东升水库,在同一分辨率的图像中,其形状的演化过程对图像的敏感性比东升水库弱。基于以上因素,分组式蛇模型分别得到了 89.1% 的更新准确率和 97.8% 的多边形相似度。实验中的相关参数的设定如表 3 所示,其中 Resol 为传统蛇模型中蛇点移动步长, max 为传统蛇模型中蛇点最大移动距离。

表 2 初始位置距真实边界较近时的对比

Tab. 2 The comparisons provided that the vector edge is near to the real edge / (%)

方法	克钦湖		东升水库	
	准确率	相似度	准确率	相似度
传统蛇模型	90.9	95.0	73.2	95.5
贪婪算法	88.3	94.5	64.3	97.4
分组式蛇模型	89.1	97.8	70.5	97.7

表 3 初始位置距真实边界较近时参数设定

Tab. 3 The supposed parameters provided that the vector edge is near to the real edge

方法	克钦湖		东升水库	
	resol : max	()	resol : max	()
传统蛇模型	2 8	1 3	1 4	3 1
贪婪算法	1	1 1 1	1	1 1 1
分组式蛇模型	1	1	1	1

表 4 显示,当蛇模型的初始轮廓位置距真实目标边界距离较远时,在三种方法中,基于分组式蛇模型的实验同样可以得到最高的更新准确率与多边形相似度。但是,由于初始位置设定上的劣势,使得 3 种方法在更新准确率与多边形相似度上整体小于表 1 中的结果。该实验中的相关参数的设定如表 5 所示,其中 Resol 为传统蛇模型中蛇点移动步长, max 为传统蛇模型中蛇点最大移动距离。

当蛇模型初始位置距真实边界较近时,传统蛇模型、贪婪算法蛇模型和分组式蛇模型都可以得到很高的更新准确率与多边形相似度。因此,为了清楚地说明分组式蛇模型较其他两种方法的

优势,只考虑初始位置距真实边界较远的情况。在 Pentium 4, CPU 1 500 MHz, 256 M 内存, Windows XP 的硬件环境下,分别计算三种方法得到表 6 中以克钦湖为为实验对象的仿真结果需要的计算时间,如表 5 所示。结果显示,分组式蛇模型用时 131 s(多于贪婪算法蛇模型的计算时间,少于传统蛇模型的计算时间)得到了 75.0% 的更新准确率,远远高于其他两种方法。

表 4 初始位置距真实边界较远时的对比

Tab. 4 The comparisons provided that the vector edge is far from the real edge / (%)

方法	克钦湖		东升水库	
	准确率	相似度	准确率	相似度
传统蛇模型	17.6	82.4	9.1	81.3
贪婪算法	27.5	90.4	60.6	93.9
分组式蛇模型	75.0	93.4	70.0	95.6

表 5 初始位置距真实边界较远时参数设定

Tab. 5 The supposed parameters provided that the vector edge is far from the real edge

方法	克钦湖		东升水库	
	resol :max	()	resol :max	()
传统蛇模型	1 6	1 3	1 4	1 3
贪婪算法	1	1 1 1	1	1 1 1
分组式蛇模型	1	1	1	1

表 6 初始位置距真实边界较远时 3 种方法计算时间的比较

Tab. 6 The comparison among three methods under change-greatly condition

方法	传统蛇模型	贪婪算法	分组式蛇模型
计算时间/s	618	71	131
更新准确率/%	27.5	26.0	75.0

5 结 论

本文提出一种基于分组式蛇模型的 GIS 矢量边界更新方法。该模型融合了单点迭代的简便性与多点之间的关联性,是传统蛇模型和贪婪算法蛇模型的折中模型。通过对扎龙湿地内克钦湖和东升水库进行仿真实验,证明本文提出的方法与传统蛇模型和贪婪算法蛇模型相比,具有更好的更新准确率和多边形相似度。

参考文献:

[1] XIAO Zhi-qiang, BAO Guang-shu, et al. Update of Road

Network in GIS by Fusing SAR and TM Imagery[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2006, 35(1): 46-51. (肖志强, 鲍光淑等. 融合 SAR 和 TM 图像更新 GIS 道路网络数据[J]. 测绘学报, 2006, 35(1): 46-51.)

[2] SUN Yan-nan, HAN Ming, et al. Data Fusion of GIS and RS Based on Neural Network [J]. Journal of Dalian University of Technology, 2005, 45(6): 902-906. (孙燕楠, 韩 敏,等. 基于神经网络的 GIS 和 RS 数据融合[J]. 大连理工大学学报, 2005, 45(6): 902-906.)

[3] ZHANG Jian-qing, DONG Ming, et al. Automatically Registration of TM Image and GIS Vector Data [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2005, 30(11): 950-954. (张剑清, 董 明,等. TM 影像与 GIS 矢量数据的自动配准[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2005, 30(11): 950-954.)

[4] YANG Xiang, ALBERT C S CHUNG, YIAN Ye. et al. An Active Contour Model for Image Segmentation Based on Elastic Interaction [J]. Journal of Computational Physics, 2006, 219(1): 64-74.

[5] KASS M, WITKIN A, et al. Snakes: Active Contour Models [J]. International Journal of Computer Vision, 1988, 1(4): 321-331.

[6] EVIATAR H, SOMORJAI R L. A Fast, Simple Active Algorithm for Biomedical Images [J]. Pattern Recognition Letters, 1996, 17(9): 969-976.

[7] STEVE R GUNN, MARK S NIXON. A Robust Snake Implementation: A Dual Active Contour[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19(1): 63-68.

[8] WU Xiao-fang, DU Qing-yun, et al. Disposal of Spatial Conflict between the Roads Networks Based on Improved Snake Model [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2008, 37(2): 223-229. (吴小芳, 杜清运,等. 基于改进 Snake 模型的道路网空间冲突处理[J]. 测绘学报, 2008, 37(2): 223-229.)

[9] WILLIAMS D J, SHAH M. A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation [J]. CVGIP: Image Understanding, 1991, 55(1): 14-26.

[10] STAIB L H, DUNCAN J S. Boundary Finding with Parametrically Deformable Models [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992, 14(11): 1 061-1 075.

[11] FAN Da-zhao, ZHANG Yong-sheng, et al. Research on Automatic Updating of GIS Data [J]. Science of Surveying and Mapping, 2005, 30(3): 15-17. (范大昭, 张永生等. GIS 数据自动更新技术的研究 [J]. 测绘科学, 2005, 30(3): 15-17.)

[12] ZHANG Xiao-dong, LI De-ren, et al. A Matching Method of Remote Sensing Image and GIS Data Based on Area Feature [J]. Journal of Remote Sensing, 2006, 10(3): 373-380. (张晓东, 李德仁,等. 一种基于面特征的遥感影像与 GIS 数据配准方法[J]. 遥感学报, 2006, 10(3):

373-380.)

(责任编辑:张燕燕)

收稿日期:2007-06-11

修回日期:2008-12-12

第一作者简介:韩敏(1959-),女,教授,博士,研究方

向为神经网络、专家系统、3S系统及混沌序列分析。

E-mail: minhan@dut.edu.cn

First author: Min Han(1959-), female, professor, PhD, majors in neural networks, expert systems, 3S systems and chaotic sequence analysis.

E-mail: minhan@dut.edu.cn

(上接第167页)

- [9] HU Peng, YOU Lian, YANG Chuan-yong. Map Algebra [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2001. 117-136. (胡鹏,游链,杨传勇.地图代数[M].武汉:武汉大学出版社,2001. 117-136.)
- [10] GUO Ren-zhong. Spatial Analysis [M]. Beijing: Higher Education Press, 2003. 93-108. (郭仁忠.空间分析[M].北京:高等教育出版社,2003. 93-108.)
- [11] LI Cheng-ming, CHEN Jun. Strategy of Dynamic Distance Transform Based on Spatio Objects Voronoi Diagram [J]. Remote Sensing Information, 2001, (1): 6-11. (李成名,陈军.面目标Voronoi图生成的动态距离变换策略[J].遥感信息,2001, (1): 6-11.)
- [12] BORGEFORS G. Distance Transformations in Digital Images [J]. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1986, 34: 344-371.
- [13] HARALICK R M, DINSTEIN I. A Spatial Clustering Procedural for Multi-Image Data [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems, 1995, 22(5): 440-451.
- [14] LI Cheng-ming, CHEN Jun. Raster-based Method for Voronoi Diagram [J]. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1998, 23(2): 128-131. (李成名,陈军.基于Voronoi图的空间邻近定义

与查询[J].武汉测绘科技大学学报,1998,23(2): 128-131.)

- [15] HU Hai, YANG Chuan-yong. Map Algebra for the Generation of Two-order Voronoi Diagram of Natural Diagram [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2006, 34(8): 107-109. (胡海,杨传勇.自然图形二阶Voronoi图生成的地图代数方法[J].华中科技大学学报(自然科学版),2006,34(8): 107-109.)
- [16] LI Sheng-quan. Research on Zero-Initialization of Spatial Data in GIS and Raster Network Analysis [D]. Wuhan: Wuhan University, 2004. (李圣全. GIS空间数据的零初始化与栅格网络分析[D].武汉:武汉大学,2004.)

(责任编辑:雷秀丽,郭新新)

收稿日期:2007-05-16

修回日期:2008-10-20

第一作者简介:耿协鹏(1971-),男,博士生,主要研究方向为栅格数据的地理空间分析,地图代数研究等。

First author: GENG Xie-peng (1971-), male, PhD candidate, majors in spatial analysis based on raster data and map algebra.

《英汉测绘缩略语词典》出版

由苏振礼、翟国君等主编的《英汉测绘缩略语词典》一书近日由测绘出版社出版。

词典共收录测绘缩略语 21 000 条,收词范围参照了全国科学技术名词审定委员会公布的《测绘学名词》内容所涉及的领域,包括测绘学总类、大地测量学、摄影测量与遥感学、地图学、工程测量、海洋测绘、测绘仪器等。收录中特别注意选取了地理空间信息、航天遥感、卫星定位技术和军事测绘的词条,其中较多的是近年来出现的新词语。为便于应用,也选取了邻近学科的一些常用缩略语,如海洋调查、天文测量、导航和计算机技术等。

词典可供测绘学科的研究人员、工程技术人员、管理人员和高等院校相关专业的师生使用。

词典为 32 开本,精装,19.75 印张,约 800 千字,定价 60 元。