

Delaunay 三角网支持下的多边形化简与合并

艾廷华¹⁾ 郭仁忠²⁾ 陈晓东¹⁾

¹⁾(武汉测绘科技大学, 土地科学学院, 武汉 430079)

²⁾(深圳市规划国土信息中心, 深圳 518000)

摘要 多边形的化简与合并运算是自动化制图综合中的重要算子, 这类算子的设计要基于多边形几何特征、拓扑特征的分析, 还需要一种有力的空间数据模型用于支持多边形各弯曲特征部位之间、多边形与多边形之间、多边形的各岛屿之间邻近关系探测。鉴于 Delaunay 三角网的“最大最小角规则”和“外接圆规则”, 使得其成为空间邻近分析的一种强有力工具, 因此在二维空间建立约束 Delaunay 三角网模型和形式化检索机制的基础上, 系统地讨论了多边形弯曲特征的化简、夸大, 以及邻近多边形合并的方法, 并将多边形化简分解为“岛屿”选取、凹部填充、狭长区域中轴化、保留凹部的夸大, 以及凸部的弃除等几个步骤完成, 又将多边形合并区分为吸收式、包络式、分解式等3种情形, 同时给出了这些算法的实验结果。

关键词 Delaunay 三角网 地图综合 多边形化简 多边形合并

中图分类号: P208 P283.7 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2001)07-0703-07

Simplification and Aggregation of Polygon Object Supported by Delaunay Triangulation Structure

AI Ting-hua¹⁾, GUO Ren-zhong²⁾, CHEN Xiao-dong¹⁾

¹⁾(School of Land Science, Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, Wuhan 430079)

²⁾(ShenZhen Municipal Planning and Land Information Center, shenzhen 518000)

Abstract Polygon simplification and aggregation play an important role in automatic cartographic generalization. Design of this kind of operator algorithm requires to consider geometric and topological characteristics, and needs to find a spatial data model to support extraction of interesting adjacent area, such as bend feature, gap region between polygons, neighbor area between islands within polygon. In this process, detection of neighbor relation is a key step. Delaunay triangulation structure is a powerful tool of spatial neighbor analysis due to its circumcircle principle and closest to equilateral properties. Applying Delaunay triangulation principles, this paper presents a spatial data model and constructs formal selection strategies. On the basis of constructed model, the study systematically investigates the problem of polygon bend simplification, exaggeration as well as neighbor polygon aggregation. The paper divides polygon simplification into steps: islands selection, concave part fill, shallow area skeletonizing, concave part exaggeration and convex part clip. As for polygon aggregation, it is classified as three cases: absorbing, enclosing and separating and three methods are discussed respectively. Some of operator algorithms are presented in the paper and corresponding experiment results are illustrated.

Keywords Delaunay triangulation, Cartographic generalization, Polygon simplification, Polygon aggregation

0 引言

多边形作为地理目标中的重要几何类型之一, 对其概括化简是自动化制图综合和空间分析领域的感兴趣问题. 传统的方法主要基于栅格结构, 应用数学形态学原理来实施多边形化简与合并^[1-3]. 近年来, 以 Delaunay 三角网剖分模型为基础的多边形数据处理已越来越引起人们重视, 成为一个热门研究课题. 如有关专家提出了服务于地图综合的多边形骨架线生成算法^[4,5], 建立了用于不相连多边形合并的、在 Delaunay 三角网支持下的 SDS (simplicial data structure) 模型^[6], 根据在土地利用等专题地图综合中需保持面积相对平衡的原则, 提出了基于 Delaunay 三角网和骨架线结构上的“分解式”合并方法^[7].

Delaunay 三角网具有“圆规则”或“最大最小角规则”, 即任意三角形的外接圆不包含其他结点, 这使它最大限度地避免了尖锐内角的出现^[8]. 在制图综合中可利用该模型进行目标间邻近关系的搜索和冲突探测^[9-11]. 另外, Delaunay 三角网外围边界构建的是一个凸壳, 且三角网的对偶是另一种重要几何构造 Voronoi 图或 Thiessen 多边形, 因而这两个性质也可解决制图综合算子设计中计算几何方面的有关问题.

在地图制图系统和 GIS 的空间分析中, 多边形综合可以分为 3 个层次: 一是多边形实体内部细节的综合, 包括岛屿的选取与删除, 多边形形状的概括, 凹部细节的删除、夸大, 细长狭窄部分中轴线的提取(水域多边形化简中, 上游部分双线可变为单线河)等; 二是相邻多边形间的关系处理, 包括多边形合并、移位及叠置处理; 三是多边形群的综合, 包括多边形的空间聚类、合并, 但要顾及总体分布结构特征.

本文针对合并和化简两种操作, 在对 SDS 模型

进行改进的基础上, 系统地讨论了多边形综合操作中的第 1、第 2 层次问题.

1 Delaunay 三角网剖分及存贮结构

在多边形地图的应用中, 为保证构建的三角网不穿越多边形边界, 必须使多边形边界强制性地成为三角形的一条边, 得到的结果是改进了的约束 Delaunay 三角网^[11]. 由于多边形结构的环、边界弧段、顶点与 Delaunay 三角形元可建立各种结构关系, 因而通过三角形子集的检索即可获得二维空间各种感兴趣的区域. Ware & Jones 的 SDS 空间数据模型^[6], 没有考虑多边形内含岛屿的情形, 对多边形的凹部区域和邻近多边形间的空白区域也不能区分. 本文提出一种新的由 Delaunay 三角形子集表达二维空间不同特征区域的数据结构, 并结合合并、化简操作给出形式化检索途径.

如图 1, 表 1 所示, 对多边形目标的描述规定为多边形标识号 Poly_i、环标识号(含“岛屿”)Loop_i.

对于三角网中的三角形定义如下的数据结构:

```
typedef structure
{
  int ID; /* 三角形标识号
  int v1, v2, v3; /* 3 个顶点编号
  float l; /* 3 条边平均长度
  POINT c; /* 三角形重心
  int n1, n2, n3; /* 3 个邻近三角形的标识号
} TRI_TYPE
```

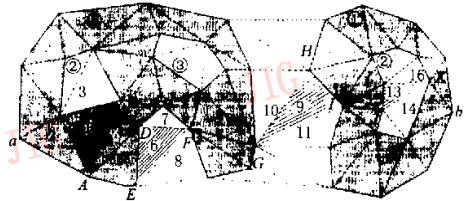


图 1 多边形覆盖区域约束 Delaunay 三角网结构标号

表 1 Delaunay 三角网结构描述(图 1 中的晕线三角形在表中有示例)

三角形标识	三角形顶点	3 条边平均长度	三角形重心	邻近三角形
t_i	(Vertex _i , To-Poly _i , To-Loop _i)	(l_i)	c_i	(n_1, n_2, n_3)
1	(A, a, 1) (B, a, 2) (C, a, 2)	l_1	c_1	(2, 3, 4)
6	(D, a, 1) (E, a, 1) (F, a, 1)	l_6	c_6	(7, 8, 5)
9	(G, a, 1) (H, b, 1) (I, b, 1)	l_9	c_9	(10, 12, 11)
13	(J, b, 2) (K, b, 2) (L, b, 2)	l_{13}	c_{13}	(14, 15, 16)
...

其中, 3 条边平均长度 l 在检索中用于表达邻近距离, 重心 c 用于辅助判断三角形与多边形的位置关系, 用 $c \odot \text{poly}$ 表示 c 位于多边形内, $-c \odot \text{poly}$ 表示 c 位于多边形外 (不会出现 c 位于多边形边界上的情形)。

为标记简单化, 作如下约定: ①对于三角形 t_i , 其顶点为 $v_j (j=1, 2, 3)$, 3 条边平均长度为 l_i , 重心为 c_i , 邻近三角形为 $n_j (j=1, 2, 3)$, 即由下标 i 建立 t_i 与各描述项的联系; ②对于顶点 v_j , 必位于某多边形目标上, 定义函数 $\text{To_Poly}(v_j)$ 为返回归属多边形的标识, 定义函数 $\text{To_Loop}(v_j)$ 为返回点所在环的标识。

在这种数据结构下, 多边形的各种感兴趣区域可以通过三角形集表达, 从而实现邻近区域搜索^[12, 13]。例如多边形 a_1 的内环 g_1 和内环 g_2 间的邻近区域可表达为

$$\{t_i \mid l_i < \lambda \wedge \text{To_Poly}(v_{i1}) = a_1 \wedge \text{To_Poly}(v_{i2}) = a_1 \wedge \text{To_Poly}(v_{i3}) = a_1 \wedge (\exists k, j: \text{To_Loop}(v_{ik}) = g_1 \wedge \text{To_Loop}(v_{ij}) = g_2 \vee \text{To_Loop}(v_{ij}) = g_1 \wedge \text{To_Loop}(v_{ik}) = g_2)\}$$

多边形 a_1 与多边形 a_2 间的邻近区域可表达为 $\{t_i \mid (l_i < \lambda) \wedge (\exists k, j: \text{To_Poly}(v_{ik}) = a_1 \wedge \text{To_Poly}(v_{ij}) = a_2 \vee \text{To_Poly}(v_{ij}) = a_1 \wedge \text{To_Poly}(v_{ik}) = a_2)\}$

图 1 中多边形 a 的内环 2 与 3 间的邻近区域如图 2 深色阴影所示, 图 3 深色阴影则表达了与多边形 b 具有邻近关系的多边形集及邻近区域。

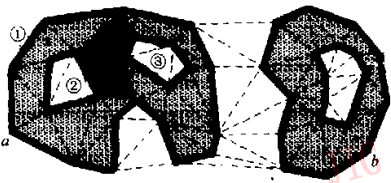


图 2 多边形 a 的内环 2 与 3 之间的区域 (深色阴影区)



图 3 与多边形 b 邻近的多边形集 (深色阴影区)

2 多边形化简

通过顶点的减少或移动, 使得多边形内部细节达到简化, 同时又尽可能保持原来的面积大小和形状结构。一般对多边形的化简有“岛屿”选取、凹部填充、狭长区域中轴化、保留凹部的夸大以及凸部的弃除等一些操作。

2.1 岛屿化简

根据岛屿面积的大小决定其在多边形化简中是否被删除, 同时, 岛屿作为多边形的内环还应根据岛屿与外环以及岛屿与岛屿之间的邻近关系进行合并化简。

第 1 步, 对岛屿群进行聚类。首先考察多边形内环之间 Delaunay 三角形, 根据 Delaunay 三角形具有 3 条边的长近似的性质, 以三角形的 3 条边平均长度 l 作为聚类依据。定义 λ 为在综合后小比例尺环境下最小视觉分辨距离, 若两岛屿之间有任何一个三角形满足 $l < \lambda$, 则该两岛屿属于同一类, 按照种子生长的思想, 逐一一对岛屿进行归类。如图 4 所示, 聚类后得到 4 类:

$$\{a\} \cup \{b\} \cup \{c, d, e, f, g\} \cup \{h, i, j, k, l, m\}$$

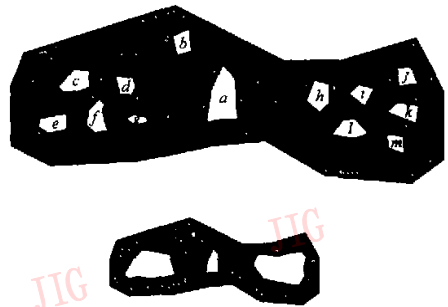


图 4 多边形“岛屿”的化简综合 (下方为比例尺缩小后的结果)

第 2 步, 决定岛屿类的取舍。对每一类下的岛屿多边形面积求和, 若面积和小于保留岛屿阈值, 则该岛屿群被删除, 如图 3 中 $\{b\}$ 被删除。

第 3 步, 保留岛屿群的合并。有关岛屿的合并虽然属多边形内细节的化简, 但它与多边形间的合并算法相同。

2.2 凹部弯曲化简

在地图综合中, 对凹部弯曲形状化简, 考虑的指标条件有面积 s 、弯曲宽度 w 、弯曲深度 p 。根据地图

用途和多边形面状目标地理意义的差异,其化简条件不同,本文采用以下的综合条件:

(1)若凹部弯曲面积小于阈值 s_1 ,则删除该弯曲(填充);

(2)若凹部弯曲面积大于阈值 s_1 而小于阈值 $s_2(s_1 < s_2)$,则要进一步考虑深度指标,当深度大于 p ,则保留该弯曲,否则删除该弯曲;

(3)若凹部弯曲面积大于阈值 s_2 ,则弯曲保留;

(4)保留的弯曲,当宽度小于阈值 w_T 时,则夸大宽度,使之达到 w_T .

上述条件基于如下考虑:面积特别小的弯曲无

条件删除,面积较小但狭长型的则保留;对面积较大的不管深度如何均保留.基于 Delaunay 三角网结构,计算 3 个指标参量,检索提取由三角形组成的多边形 a_0 的凹部区域:

$$\{t_{i_1-c_i} \odot a_0 \wedge \text{To-Poly}(v_{i_1}) = a_0 \wedge \text{To-Poly}(v_{i_2}) = a_0 \wedge \text{To-Poly}(v_{i_3}) = a_0\}$$

选取 $\{t_i\}$ 的顶点,按其在多边形闭合环的排列顺序,并根据排列的间断性,得到凹部弯曲多边形,计算其面积 a , (图 5), 即得到凹部 $A(41 \rightarrow 42 \rightarrow \dots \rightarrow 47 \rightarrow 48), B(1 \rightarrow 2 \rightarrow \dots \rightarrow 15 \rightarrow 16)$;

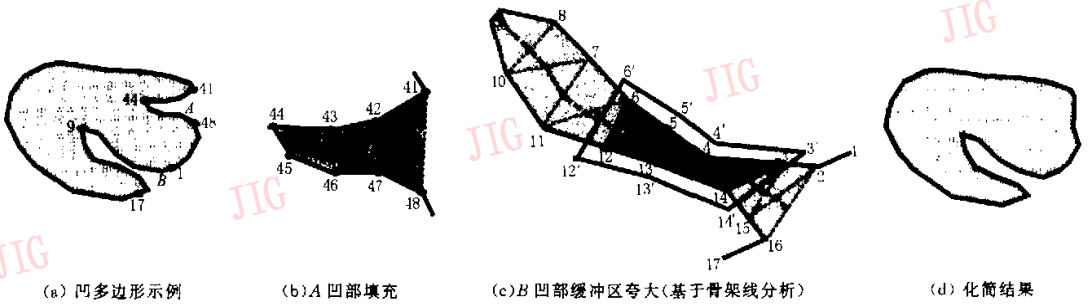


图 5 多边形凹部的化简

在三角网上构建骨架线,由骨架线提取弯曲深度和宽度.定义函数 $f(t_i): t_i \rightarrow \{0, 1, 2, 3\}$,表示三角形 t_i 拥有邻近三角形的个数.对研究区域凹多边形内的三角形进行分类(如图 6 所示),若 $f(t_i) = 1$,则 t_i 属于 I 类三角形;若 $f(t_i) = 2$,则 t_i 属于 II 类三角形;若 $f(t_i) = 3$,则 t_i 属于 III 类三角形;若 $f(t_i) = 0$,则 t_i 为孤立三角形,将不予考虑.按照下述方法对 3 种三角形内的骨架线进行连接,这里,将两邻近三角形的公用边称为邻近边.其中 I 类三角形连接唯一邻近边的中点与其相对的顶点 $A \rightarrow P_1$; II 类三角形连接两条邻近边的中点 $P_1 \rightarrow P_2$, III 类三角形连接重心与 3 条边的中点 $C \rightarrow P_1, C \rightarrow P_2, C \rightarrow P_3$,这样得到的骨架线长度即可表示弯曲的深度.按下述方法生成骨架线的法线 W_1W_2 ,即对 I 类三角形作与 AP_1

垂直的中位线 W_1W_2 ,对 II 类三角形作与 P_1P_2 垂直的中线 W_1W_2 ,对 III 类三角形因有 3 条中轴线穿越,则作考察中轴线 CP_1 的垂直平分线 W_1W_2 ,这样其长度 $\|W_1W_2\|$ 即可表示不同位置处弯曲的宽度.

在得到凹部弯曲多边形的 3 个参量 s, w, p 后按上述综合条件便能对凹部形状化简,即进行弯曲删除和弯曲夸大.由于删除实现简单,故不再叙述,而对于夸大弯曲操作,则需首先寻找瓶颈区域,提取骨架线的法线宽度 $\|W_1W_2\|$ 小于宽度阈值 w_T 的三角形,如图 5(c) 深色阴影所示的局部多边形 $(3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 12 \rightarrow 13 \rightarrow 14)$ 即为需夸大的区域,再通过多边形顶点角平分线算法生成缓冲区,其宽度为 $(w_T - \|W_1W_2\|_{\min})/2$,然后将夸大区域多边形的顶点移到缓冲区多边形对应顶点处,即 $3 \rightarrow 3', 4 \rightarrow 4', \dots$,如图 6(c) 所示,夸大后得到 $(3' \rightarrow 4' \rightarrow 5' \rightarrow 6' \rightarrow 12' \rightarrow 13' \rightarrow 14')$ 多边形.由于感兴趣的是缓冲区的顶点而不是边,因此不要采用边外推平行线的算法,以避免尖锐角的出现.

2.3 狭长多边形的中轴化

狭长多边形中轴化是河流、水库这一类面状地物化简的重要方面,按照生成 Delaunay 三角网的骨架线方法即可实现,Chithambaram 还从另外角度

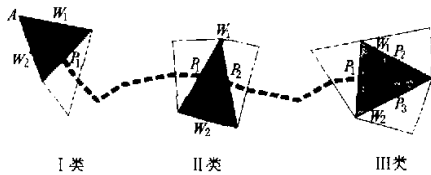


图 6 各类三角形内骨架线的连接(虚线)及宽度 W_1W_2 的表示

对该方法进行了讨论^[4]。

3 多边形合并

由于邻近关系探测是多边形合并的前提,因此要实现多边形合并,必须先进行邻近关系探测,一般进行邻近关系探测采用的常规方法是通过多边形缓冲区来进行搜索。这里给出基于 Delaunay 三角网的邻近关系探测和合并操作,这种探测就是在 Delaunay 三角网结构上,通过检索位于两个多边形之间的那些三边平均长度小于阈值的三角形,便获得了邻近多边形, (如图 3 所示)。合并方式可分为吸收式、包络式和分解式合并几种。

3.1 吸收式合并

参与合并的两个多边形存在性质差异较大,其中一个明显占优,因而占优多边形便将其邻近多边形吸过来,形成新的合并多边形,这种合并称为吸收式合并,其可最大限度地保持面积不变。如在建筑物合并中,一个面积较大,且性质重要,而另一个邻近多边形面积很小,便由前者吸收合并后者。合并的具体步骤是首先求出两多边形间邻近区域的三角网骨架线,然后取拟合直线的法线方向作为非占优多边形移动的方向(如图 7);再根据骨架线宽度,获得阴影三角形表示的邻近区域,进而根据阴影三角形骨架线的法线来决定移动方向。然而,由于一般情形下骨架线是曲线,难于用直线拟合,另外平移多边形后还可能旋转,而平移方向、旋转方向、旋转轴的确定均是一个困难的过程,故该合并方法有待于深入研究。



图 7 多边形吸收式合并

3.2 包络式合并

由于这种合并,其参与合并的多边形性质相同,不存在占优的情况,因此将多边形间的空白部位填充后,即形成多边形的包络图(但不一定是最小凸壳)。Ware & Jones 运用 SDS 模型建立了一种算法^[6],但没有考虑岛屿生成的情形,这里在 Delaunay 三角网下给出一种完备的方法,结合图 8 叙述如下:

第 1 步,将参与合并多边形的闭合坐标链调整为顺时针方向,待合并多边形为 A, D, C ;

第 2 步,建立约束 Delaunay 三角网,对跨越于



图 8 顾及岛屿生成的多边形包络式合并

邻近多边形 A, D, C 之间的且 3 条边平均长度小于邻近阈值 λ 的三角形进行邻近连通性组合。记录每组三角形的外围边界(可形象地视其为两多边形间的连接“桥梁”),如图 8 中 $b_1(A, D), b_2(A, D), b_3(A, C), b_4(A, C), b_5(C, D), b_6(C, D)$;

第 3 步,根据“桥梁”的连接点对原多边形进行单一链分解(保持顺时针方向), $A(a_1, a_2, a_3, a_1), C(c_1, c_2, c_3, c_2), D(d_1, d_2, d_3, d_4)$;

第 4 步,弃除多边形链中有三角形跨越的弧段,得到多边形子链 $A'(a_1, a_3), C'(c_1, c_3), D'(d_2, d_4)$;

第 5 步,建立“桥梁”弧段与多边形子链各弧段间的邻接关系, $\text{Adjacency} = \{b_1(a_1, d_2), b_2(a_3, d_4), b_3(a_3, c_1), b_4(a_1, c_3), b_5(c_1, d_4), b_6(d_2, c_3)\}$;

第 6 步,从不为空的多边形子链的任一弧段开始,遵循“桥梁”、多边形弧段相间出现的原则(结果链的偶数位置必为“桥梁”),进行基于邻接关系 Adjacency 的搜索,直到闭合。从 A' 中的 a_1 开始,得到结果链 $R_1(a_1, b_1, d_2, b_6, c_3, b_4, a_1)$;

第 7 步,将加入到结果链中的弧段从多边形子链中删除,获得更新子链 $A'(a_3), C'(c_1), D'(d_4)$;

第 8 步,重复 6、7 两步,直到所有多边形子链为空,例如图 8 中,第 2 步循环后得到结果链 $R_2(a_3, b_2, d_4, b_5, c_1, b_3, a_3)$,此时多边形子链全为空,停止循环;

第 9 步,当有多条结果链($i \geq 2$)时,对结果链 $\{R_i\}$ 对应的多边形求面积,其中面积最大的链即为合并多边形的外环,其余的链为多边形的岛屿,图 8 中 R_1 为外环, R_2 为岛屿。

该算法充分利用了 Delaunay 三角网在邻近多边形间的桥梁作用,合并后多边形的岛屿也能正确探测出来。阈值 λ 的大小决定着合并部位的宽度,若取小时,可能会产生多个岛屿。

3.3 分解式合并

两个不同类型的邻近多边形之间若存在第 3 个多边形,那么综合时,该多边形要被删除,其区域范围由其邻近的两个多边形来平分,这样 3 个多边形即合并为相邻的两个多边形。由于中间多边形在综合中被

瓜分,所以称其为分解式合并.该方法由 Bader 和 Weibel 提出来^[7].分解式合并是在 Delaunay 三角网结构上实现,被瓜分的多边形通常较狭长,因此可以在 Delaunay 三角网中提取生成中轴线,该中轴线即为两边邻近的多边形合并的相切线,通过两多边形相应顶点的移位实现分解与合并(图9),移位的具体过程请参阅文献^[7].该方法在大量存在多边形图形的土地利用、植被等自然资源地图的综合中应用很广.

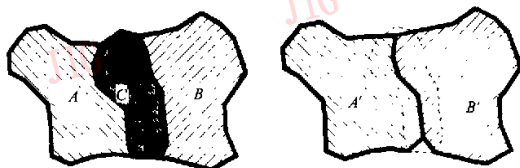


图9 分解式合并示例
(多边形C以骨架线为中心被A、B瓜分)

4 实验与结论

利用1:1万地形图数据库进行湖泊多边形的综合实验.图10为湖泊包络式合并结果,实验中哪些多边形参与合并是通过交互式判断的;图11为复杂多边形的化简结果.结合实验对本文的Delaunay结构支持下的多边形综合方法进行分析后得到如下结论:

(1)多边形包络式合并已近完备,实验效果也较好,而吸收式合并有待解决的问题还很多.可以预见,由于Delaunay三角网骨架线具有区域等分特性,因此对吸收移动的有关问题会有帮助.

(2)虽然基于Delaunay三角网可以探测多边形间的邻近关系,但待合并多边形的自动聚类还需进行基于空间分布的树结构分析.Regnauld建立了最小支撑树(MST)模型用于建筑物的聚类^[9],但实用效果还不够理想.本文实验中没有涉及多边形自动聚类过程.

(3)多边形化简是一个复杂的问题,虽然本文提出了一个在Delaunay结构上,基于弯曲分析的化简思想和初步算法,但实验效果还不够理想,因为一般情形下的弯曲骨架线是树结构,而不是线结构,且弯曲特征的宽度、深度分析尚有待完善,所以缓冲夸大弯曲时,尚需寻求新的策略,以避免边界相交.

(4)狭长多边形中轴化是Delaunay三角网骨架线的直接应用,它比用垂线族法、栅格细化法来提取

中心线效果要好.

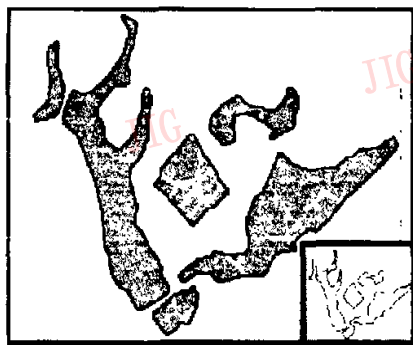


图10 多边形合并实验



图11 多边形化简实验

参考文献

- 1 Muller J C, Wang Z. Area-path generalization: A competitive approach. *The Cartographic Journal*, 1992, 29(2):137~144.
- 2 Monmonier M. Raster mode area generalization for land use and land cover maps. *Cartographica*, 1983, 20(4):65~91.
- 3 Su B, Li Z, Lodwick G *et al.* Algebraic models for the aggregation of area features based on morphological operators. *International Journal of Geographical Information Science*, 1997, 11(3):233~246.
- 4 Bader M, Weibel R. Detecting and resolving size and proximity conflicts in the generalization of polygonal Map. In: *Proceedings of the 18th ICC, Stockholm, Sweden, 1997*:1525~1532.
- 5 Chithambaram R, Beard K. Skeletonizing polygons for map technical papers. In: *ACSM-ASPRS Convention, Baltimore, USA, 1991*:44~55.
- 6 Ruas A. Multiple paradigms for automating map generalization: Geometry, topology, hierarchical partitioning and local triangulation. In: *ACSM/ASPRS Annual Convention and Exposition, 1995*:69~78.
- 7 Ware J M, Jones C B, Bundy G L. A triangulated spatial model

for cartographic generalization of areal objects. In: Kraak M J, Molenaar M (eds.), Advance in GIS Research II (7th Int. Symposium on Spatial Data Handling), London: Taylor & Francis, 1997: 173~182.

- 8 普雷帕拉塔 F P, 沙莫斯 M I. 计算几何. 庄心谷译. 北京: 北京科学出版社, 1992.
- 9 Regnaud N. Recognition of building cluster for generalization. In: Kraak M J and Molenaar M (eds.), Advance in GIS Research II (7th Int. Symposium on Spatial Data Handling), London: Taylor & Francis, 1997: 185~197.
- 10 Freeman H, Ahn J. AUTONAP—An Expert System for Automatic Name Placement. In: First International Symposium on Spatial Data Handling, Zurich, IGU, 1984: 163~174.
- 11 Peng W. Automatic generalization in GIS. ITC Publication Series, Enschede, The Netherlands, 1995.
- 12 艾廷华, 郭仁忠. 支持地图综合的面状目标约束 Delaunay 三角网剖分. 武汉, 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(1): 35~41.
- 13 郭仁忠, 艾廷华. 制图综合中建筑物多边形的合并与化简. 武汉: 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(1): 25~30.



艾廷华 1969 年生, 武汉测绘科技大学土地科学学院副教授, 2000 年获地图制图学与地理信息工程专业博士学位. 研究兴趣包括地图综合、GIS 不确定性及电子地图, 代表性成果为交互式地图综合软件 AutoMap.



郭仁忠 1956 年生, 教授, 博士生导师, 欧亚科学院院士, 获法国孔恩大学博士学位, 现任深圳市规划国土信息中心主任. 研究兴趣为空间分析、地图综合、地理信息系统工程.



陈晓东 1975 年生, 现为武汉测绘科技大学硕士研究生. 研究方向为 GIS 中空间信息综合问题.