

基于 Strip-Tree 的无级比例尺 GIS 多边形化简技术*

田 鹏, 郑扣根, 潘云鹤

(浙江大学 CAD & CG 国家重点实验室, 浙江 杭州 310027);

(浙江大学 计算机科学与工程系 人工智能研究所, 浙江 杭州 310027)

E-mail: tiarp@mail.hz.zj.cn

http://www.zju.edu.cn

摘要: 无级比例尺 GIS(geographic information system)多边形化简的基础是多边形弧段的线综合,而直接对多边形的弧段施加线综合操作可能造成输出数据的拓扑错误,主要表现为化简后弧段出现相交。以往的研究并未对这个问题给予足够的重视和给出自动化的解决方法。在对此问题进行全面分析的基础上,提出了一种基于 Strip-Tree 的多边形图层层化简策略,在保持输出数据拓扑结构正确的前提下化简多边形图层,且保持了较高的时空效率。该策略成功地应用于国家 863 项目“时空一体化智能城建信息系统”,并获得了满意的效率和结果。

关键词: GIS(geographic information system); 无级比例尺 GIS; 制图综合; 线综合; 多边形化简

中图法分类号: TP392 **文献标识码:** A

地理信息系统(geographic information system, 简称 GIS)的主要功能是采集、管理、分析和表达与地球相关的信息。随着 GIS 在各领域的不断深入,现有的 GIS 数据处理技术已经不能满足信息社会的需要,其中一个重要的原因就是 GIS 无法解决矢量空间数据随比例尺变化而产生的信息量增减的问题,即无级比例尺 GIS 的空间信息压缩与复现问题。

所谓无级比例尺 GIS(scaleless GIS)是以一个大比例尺单精度空间数据库为基础数据源,在一定空间区域内空间对象的信息量随比例尺的变化自动增减,从而使 GIS 空间信息的压缩和复现与比例尺自适应的一种信息处理技术^[1]。

作为无级比例尺 GIS 的基础数据源,大比例尺单精度空间数据库是由某区域范围(如中国全境)的大比例尺(如 1:1 万)基础地理和专题信息所构成的大型空间数据库,该数据库通常由数千或数万幅同比例尺的系列图幅(如地形图、专题图)在统一的地理坐标参照下无缝拼接而成。应用所需要的任意小比例尺的数据从大比例尺数据自动派生而成^[2]。

从大比例尺数据自动派生生成小比例尺数据的本质是自动地图制图综合。地图制图综合(cartographic generalization)即选择主要的、实质性的,并有目的地加以概括,其目的在于根据地图的用途、主题和比例尺在地图上表示出客观实际某一部分的典型特征和基本特点^[3]。影响制图综合的因素有很多,这些因素很难用简单的数学和逻辑语言来描述,因此要在有限的地图幅面内,并在满足最佳目视效果的条件下,使空间信息随比例尺的变化自动增减是非常困难的,必须借助人工智能技术和专家系统工具,目前尚无理想的解决方案^[1]。在很多情况下,通过化简的途径由大比例尺数据迅速地派生出小比例尺数据是有意义的^[4]。

* 收稿日期: 2000-05-09; 修改日期: 2000-10-16

基金项目: 国家 863 高科技发展计划资助项目(863 306 04 03 3)

作者简介: 田鹏(1972-),男,山东济南人,博士生,主要研究领域为 GIS,空间数据库,自动地图制图综合;郑扣根(1964-),男,江苏镇江人,博士,副教授,主要研究领域为 GIS,操作系统,计算机图形学;潘云鹤(1946-),男,浙江杭州人,教授,博士生导师,中国工程院院士,主要研究领域为人工智能,认知科学,计算机图形学,GIS。

本文第 1 节首先对 Strip-Tree 线综合数据结构进行了回顾,然后给出了基于 Strip-Tree 的多边形弧段的线综合算法,第 2 节给出了多边形图层的化简算法和实验结果及结论,第 3 节对无级比例尺 GIS 的数据综合技术进行了讨论.

1 多边形的线综合

GIS 矢量空间数据的基本几何元素包括点、线和多边形.点的处理是简单的,而线和多边形由若干弧段组成,所以矢量数据综合的基础是线综合(line generalization).

矢量 GIS 中的弧段 A 是经数字化过程得到的点的序列 (p_1, p_2, \dots, p_n) , p_1 和 p_n 称为弧段 A 的端点.当以小比例尺输出数据时,删除 A 上的某些点得到 $A'(p'_1, p'_2, \dots, p'_m)$,其中 $\{p'_1, p'_2, \dots, p'_m\} \subset \{p_1, p_2, \dots, p_n\}, m \leq n$ 在视觉效果上要尽可能保持 A 的形态.这种技术称为线综合.支持线综合的数据结构有很多,如, Arc-Tree, Strip-Tree, BLG-Tree 等^[5].这些数据结构针对线的几何形态将线数据以树的形式组织成层次结构,树的上层对应于线的粗略表达,而随着层次的加深,线的细节逐步显露出来.

本文中的线是指采用拓扑结构的矢量 GIS(如, ESRI ARC/INFO)的弧段,它是不间断且不存在自相交的折线段.在多边形图层中,任意两弧段或者不存在公共点,或者有公共端点,都不存在相交的情况.

1.1 回顾

文献[6]给出了 Strip-Tree 的线数据层次表达策略及算法. $A(p_1, p_2, \dots, p_n)$ 的 Strip 是定义为六元组 $S(x_1, y_1, x_n, y_n, w_l, w_r)$ 的矩形, $p_1(x_1, y_1)$ 和 $p_n(x_n, y_n)$ 为 A 的起点和终点, w_l 和 w_r 为线段 $p_1 p_n$ 到 Strip 边界的距离, Strip 的两条边与 $p_1 p_n$ 平行.如图 1 所示, (p_1, p_2, \dots, p_5) 的 Strip 为 $b_1 b_2 b_3 b_4$, 特别地,当 p_1 和 p_n 重合时, Strip 的边界可取与坐标轴平行的方向;当 p_1 和 p_n 都不在 Strip 上时, Strip 可取包含整个线的最小矩形.

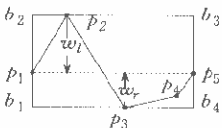


Fig. 1 The strip of an arc
图1 弧段的strip

设弧段 A_1 和 A_2 的 Strip 分别为 S_1 和 S_2 , 则有以下性质:

- (1) 若 $S_1 \cap S_2 = \emptyset$, 则 A_1 与 A_2 不存在交点, 记为 *Null*.
- (2) 若 $S_1 \cap S_2 \neq \emptyset$, 则 A_1 与 A_2 可能存在交点, 记为 *Possible*.

弧段 $A(p_1, p_2, \dots, p_n)$ 的 Strip-Tree 是一种二叉树结构, 每个树的节点对应一个 Strip 结构, 如图 2 所示. Strip-Tree 的非叶节点一定有两个儿子, 则树节点的个数为奇数. 本文称满足此条件的 Strip-Tree 为规范的 Strip-Tree.

x_b	y_b	x_r	y_r	w_l	w_r	$Lson$	$Rson$
-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------

Fig. 2 The structure of a Strip Tree node
图2 Strip-Tree 树节点结构

1.2 问题的提出

定义 1. 弧段的数据量是其数字化节点的个数.

定义 2. 图幅数据量是图幅范围内弧段数据量的总和.

定义 3. 设弧段 A 在大比例尺数据源图幅内的数据量为 n , 在小比例尺输出图幅内的数据量为 n' , 则 A 的线综合化简尺度 $S = m'/m$, 其中 $m' \leq m$.

定义 4. 设大比例尺数据源图幅的数据量为 m , 小比例尺输出图幅的数据量为 m' , 则图幅化简尺度 $S = m'/m$, 其中 $m' \leq m$.

定义 5. 设弧段 A 的 Strip-Tree 为 T , 在小比例尺输出图幅内的数据量为 n' , 按二叉树广度优先遍历算法得到第 n' 个线节点对应于第 m 个树节点, m' 为大于等于 m 的最小奇数, 设第 m' 个树节点所在的树的深度为 d , 第 d 层以上共 k 个树节点, 则在第 d 层尽可能均匀地选取 $m' - k$ 个树节点, 且此 m' 个树节点构成一个规范的 Strip-Tree, 记为 T' , 则称 T' 为 A 的线综合化简理想输出树, 称 T' 对应的弧段 A' 为 A 的线综合化简理想输出弧段, 理想输出弧段的节点个数称为弧段的理想输出数据量. 图幅内全部弧段的理想输出数据量的总和为图幅的理想输出数据量.

设大比例尺数据源的比例尺为 s_1 , 输出小比例尺为 s_2 , 则取 s_2/s_1 作为弧段的线综合化简尺度是合理的, 其中 $s_1 \geq s_2$. 由此可以确定每条弧段的理想输出数据量、线综合化简理想输出树、线综合化简理想输出弧段和小比例尺输出图幅理想输出数据量. 在本文中, Strip-Tree 线综合化简理想输出树至少由一个节点构成, 即线综合化简理想输出弧段至少保留原弧段的两个端点, 弧段的理想输出数据量最小为 2.

定义 6. 在多边形图层中, 若两弧段有公共端点, 则称它们为相邻的, 否则称为相离的.

定义 7. 设弧段 A 为 (p_1, p_2, \dots, p_n) , 则称直线段 $p_i p_{i+1}$ 为弧段 A 的原子, 其中 $1 \leq i \leq n-1$, p_i 和 p_{i+1} 称为弧段原子 $p_i p_{i+1}$ 的端点. 存在惟一公共点且公共点是端点的两弧段原子称为相邻的; 无公共点的两弧段原子称为相离的; 存在公共点但不相邻的两弧段原子称为相交的.

定义 8. 设弧段 A_i 的 Strip 为 T_i , 弧段 A_j 的 Strip 为 T_j , 若 T_i 与 T_j 的相交关系为 *Possible*, 则称弧段 A_i 与 A_j 是相关的, 它们互称为对方的相关弧段; 若 T_i 与 T_j 的相交关系为 *Null*, 则称弧段 A_i 与 A_j 是无关系的, 其中 $i \neq j$.

采用现有的线综合数据结构对多边形图层的弧段进行化简操作, 在某一化简尺度下可能造成理想输出弧段自相交以及弧段之间的相交, 其中后者会造成同一多边形的弧段之间的相交和不同多边形的弧段之间的相交, 从而造成多边形图层的拓扑错误. 而且, 造成这种错误的原因与具体采用的线综合数据结构以及化简尺度的定义方法是无关的, 即原本不自相交的弧段在省略若干节点后总存在自相交的可能, 原本不相交的两条相关弧段在省略若干节点后总存在相交的可能.

如图 3 所示, 弧段 $A(p_1, p_2, \dots, p_{11})$ 的数据量为 11, 采用 Strip-Tree 方法在化简尺度为 0.5 时的理想输出弧段 $A'(p_1, p_5, p_6, p_9, p_{11})$ 出现了自相交的拓扑错误. 如图 4 所示, 多边形 *poly* 由弧段 $A_1\{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}$ 和 $A_2\{p_1, p_6, p_7, p_8, p_5\}$ 组成, 数据量都是 5, 采用 Strip-Tree 方法对 A_1 和 A_2 分别进行线综合, 在化简尺度为 0.6 时的理想输出弧段 $A'_1\{p_1, p_3, p_5\}$ 和 $A'_2\{p_1, p_7, p_5\}$ 相交, 多边形出现拓扑错误.

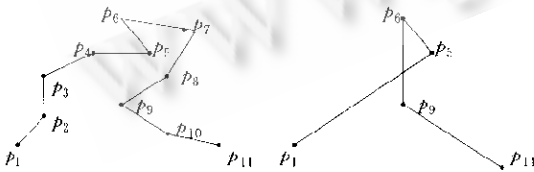


Fig. 3 Line generalization of an arc leads to self intersection of the simplified arc

图3 弧段线综合造成化简后弧段自相交

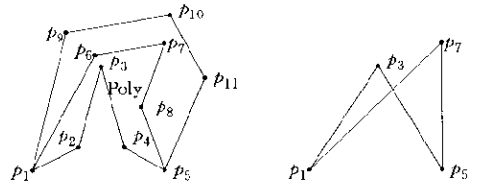


Fig. 4 Line generalization of a polygon's arcs leads to intersection of the simplified arcs

图4 弧段线综合造成化简后多边形弧段相交

造成以上错误的原因在于, 线综合数据结构是针对保持线的几何形状而设计的, 没有考虑拓扑结构. 因此, 在对多边形的弧段进行线综合的过程中必须同时进行相交检查. 化简操作应该在保持空间数据拓扑结构正确的基础上追求几何形态的最佳目视效果.

1.3 多边形图层弧段的线综合算法

在多边形图层中,任意两弧段或者任意两弧段原子之间或者相邻,或者相离.弧段线综合化简造成的拓扑错误最终表现为弧段原子的相交,包括3种情况,其中第3种情况弧段原子 p 和 q 重合,如图5所示.

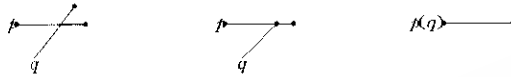


Fig. 5 The three cases of arc primitives intersection, which are the representations of topological errors resulting from arcs line generalization
图5 弧段线综合所造成的拓扑错误表现为弧段原子的3种相交情况

下面给出求两弧段在某一指定的线综合化简尺度下的理想输出弧段所有相交原子对的算法.首先给 Strip-Tree 的树节点结构扩充一个域 *Flag*,宽度取一个二进制位.设多边形图层中的两弧段 A_1 和 A_2 的 Strip-Tree 为 T_1 和 T_2 ,在某一指定的线综合化简尺度下理想输出树为 T'_1 和 T'_2 ,在 T_1 和 T_2 中, T'_1 和 T'_2 的树节点的 *Flag* 域标记为 1,其他树节点的 *Flag* 域标记为 0.函数 *StripInter*(T_1, T_2) 的返回值为:当 T_1 和 T_2 的相交类型为 *Null* 时返回 *Null*,当 T_1 和 T_2 是输出弧段的原子且相交时(如图5所示)返回 *Inter*,其他情况返回 *Other*.*Lson*(T)和 *Rson*(T)返回 T 的左右子树根节点,当 T 是输出树的叶节点时返回自身.集合 C 保存输出弧段的发生相交的原子对,初始值为空.

算法 1. 求两弧段的输出弧段的所有相交原子对.

Procedure *GetInter*(T_1, T_2)

Begin

Case *StripInter*(T_1, T_2) of

[*Null*]:Return;

[*Inter*]:(T_1, T_2)加入集合 C ;Return;

[*Other*]:*GetInter*(*Lson*(T_1),*Lson*(T_2));

GetInter(*Lson*(T_1),*Rson*(T_2));

GetInter(*Rson*(T_1),*Lson*(T_2));

GetInter(*Rson*(T_1),*Rson*(T_2));

End

算法 1 利用 Strip 的相交判断迅速排除弧段中不会发生相交的部分.在两条输出弧段缠绕不是很严重的平均情况下,算法复杂度是 $O(m \log(N))$,其中 m 是交点个数, N 是两输出树的树节点中个数较大者.

下面给出求弧段在指定的线综合化简尺度下的输出弧段所有自相交原子对的算法.

算法 2. 求弧段的输出弧段的所有相交原子对.

Procedure *GetSelfInter*(T)

Begin

GetInter(*Lson*(T),*Rson*(T));

GetSelfInter(*Lson*(T));

GetSelfInter(*Rson*(T));

End

下面给出多边形图层弧段的线综合算法.在给定化简尺度下, T 的理想输出树的树节点的 *Flag* 域标记为 1,其他树节点的 *Flag* 域标记为 0.函数 *ClosedArcCheck*()用于检查封闭弧段在化

筒后是否退化为点或直线段,若是,则向下扩充一层树节点,直到无此现象发生为止.其余约定同算法 1.

算法 3. 多边形图层弧段的线综合.

Procedure *ArcIG(T)*

① *ClosedArcCheck()*;

② *GetSelfInter(T)*;

③ 若存在相交原子对,则将原子对对应的树节点的儿子的 *Flag* 域标记为 1,转②;

④ 求 *T* 与相关弧段的相交原子对(算法 1);

⑤ 若存在相交原子对,则将原子对中属于 *T* 的树节点的儿子的 *Flag* 标记为 1,转②;

⑥ 返回.

采用拓扑结构的 GIS 多边形图层有以下事实:任意两弧段或者相关,或者无关;化简一条弧段,在弧段的两端点总是被保留的前提下,若不造成弧段自相交或与相关弧段相交,则不会破坏多边形图层的拓扑结构;弧段的化简不会影响其无关弧段.根据给定化简尺度,算法 3 首先检查弧段在理想输出树的表达下是否自相交,若是,则将发生相交的输出树叶节点的儿子节点扩充,即恢复一部分细节节点,继续检查,直到无自相交现象发生为止.然后检查是否与相关弧段相交,若是,则将属于本弧段的发生相交的输出树叶节点的儿子节点扩充,重新进行相交检查,直到无相交现象发生为止.输出树由 $Flag=1$ 的树节点构成.在最坏情况下,弧段上没有任何节点被简化,保持原始的拓扑正确的数据,算法肯定可以收敛.初始的拓扑正确的多边形图层经过本算法对某一弧段化简处理后仍保持图层整体拓扑的正确.

图 3 中左图弧段的 Strip-Tree 如图 6 中的左图所示,其数据量为 11.当弧段线综合化简尺度为 0.5 时,其理想输出弧段存在自相交,如图 3 中右图所示,其中发生相交的输出弧段原子对为 $\{(p_1, p_5), (p_6, p_9)\}$.根据算法 3 的处理策略,扩充树节点 (p_1, p_5) 和 (p_6, p_9) ,即恢复细节节点 p_3 和 p_7 ,消除了自相交错误.拓扑正确的输出弧段如图 6 中的右图所示.

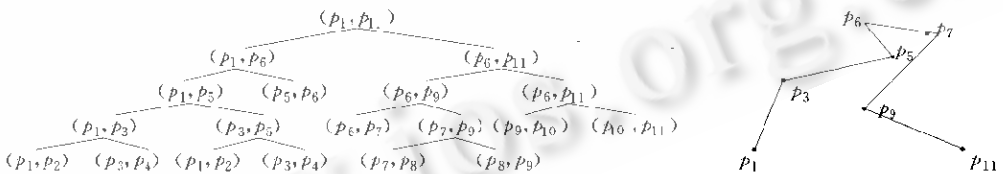


Fig. 6 Using algorithm 3 to correct the self intersection error of an output arc

图6 根据算法3处理策略消除输出弧段的自相交错误

弧段的两个端点在化简中总是保留;非封闭弧段的最简形式是保留 Strip-Tree 的根节点,即用直线段作为弧段的最简输出;若封闭弧段在化简后退化为点或直线段,则认为弧段的拓扑结构被破坏,通过函数 *ClosedArcCheck()* 处理,其最简输出为三角形.

弧段数据在大比例尺单精度空间数据库中就应组织成 Strip-Tree 存储.对于给定多边形图层,其每条弧段的相关弧段是确定的,可一次计算,并将结果保存在大比例尺单精度数据库中,避免因生成数据结构和临时计算造成的时间开销.

2 多边形化简

2.1 多边形图层化简算法

定义 9. 多边形化简(polygon simplification)是指在保证多边形图层拓扑结构不被破坏和保持

多边形基本几何形态的前提下,省略多边形的细节节点,达到减小多边形节点数量的目的.

只要组成多边形的弧段在化简后能够较好地保持几何形态,则多边形在整体上就能够较好地保持几何形态.多边形化简最终表现为组成多边形的弧段的线综合.

下面给出多边形图层的化简算法.设多边形图层中的弧段为 A_1, A_2, \dots, A_n , 对应的 Strip-Tree 为 T_1, T_2, \dots, T_n . FA_1, FA_2, \dots, FA_n 标记实际线综合化简情况:当 A_i 的输出数据量等于其理想输出数据量时, FA_i 取 *success*, 否则,取 *fail*. Q 为弧段的先进先出队列.其余约定同算法 3.

算法 4. 多边形图层化简.

Procedure *PLSC*

Begin

For $i = 1$ To n

 将 T_i 的全部树节点的 *Flag* 域标记为 1;

 将 A_i 加入队列 Q ;

$FA_i = fail$;

EndFor

While 队列 Q 不空

 从队列头取 A_i , 并将其从队列中删除;

 将 T_i 的理想输出树节点的 *Flag* 域标记为 1, 其他节点标记为 0;

ArcLG(T_i);

 If 本次化简 A_i 的输出数据量进一步减小 Then

 将 A_i 的状态为 *fail* 且队列中不存在的相关弧段加入队列;

 Else

 恢复 T_i 上一次输出树的状态;

 EndIf

EndWhile

End

算法 4 从化简弧段着手,整体化简多边形图层.利用算法 3,每次只化简一个弧段且保证本次化简不破坏多边形图层的拓扑结构.只要某弧段状态为 *fail*,则认为仍有继续化简的可能.只要本次过程进一步化简了弧段数据,则认为此弧段的状态为 *fail* 的相关弧段都出现了继续化简的可能,这些弧段要全部加入队列.当先进先出队列 Q 为空时,则化简终止.这是一种悲观的,步步为营的算法.算法采用先进先出队列,是一种广度优先的策略.

2.2 实验结果与结论

算法 4 在国家 863 项目“时空一体化智能城建信息系统”中得到了成功的应用.如图 7 所示,系统对 1:5 万的浙江省行政区界多边形图层进行化简,设图 7 中左 1 图的比例尺为 S ,在输出比例尺 0.75 S , 0.5 S , 0.25 S 下的化简结果分别为左 2、3、4 图,统计数据见表 1 和表 2.

Table 1 The original statistics of the large scale map

表 1 大比例尺图幅原始数据统计

Data quantity (points) of the map ^①	Total count of polygon ^②	Total count of arc ^③	Average count of an arc's correlative arc ^④	Average count of an arc's points ^⑤
159 829	859	1 207	1.764 7	132.418 4

①图幅数据量(点),②多边形总数,③弧段总数,④弧段平均相关弧段数,⑤弧段平均节点数.

Table 2 The statistics of the small scale output maps
表 2 小比例尺输出图幅数据统计

Polygon layer ^①	Scale ^②	The ideal output data quantity of the map ^③	The ideal simplification scale of the map ^④	The actual output data quantity of the map ^⑤	The actual simplification scale of the map ^⑥	The times of arc adding in the queue ^⑦
Output small scale data ^⑧ 1	0.75S	119 464	0.747 4	119 534	0.747 9	1 219
Output small scale data 2	0.50S	796 30	0.458 2	798 40	0.499 5	1 232
Output small scale data 3	0.25S	386 64	0.248 2	404 65	0.253 2	1 254

①多边形图层,②比例尺,③图幅理想输出数据量,④图幅理想化简尺度,⑤图幅实际输出数据量,⑥图幅实际化简尺度,⑦弧段加入队列次数,⑧输出小比例尺数据

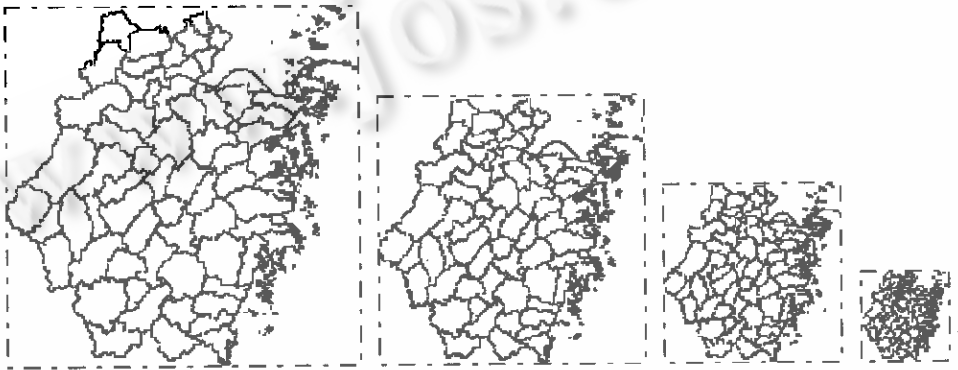


Fig. 7 The output small scale maps resulting from simplifying a large scale polygon layer by algorithm 4
 图 7 大比例尺多边形图层经算法 4 化简输出的小比例尺图幅

系统对大量数据进行处理证明,绝大多数弧段的理想输出弧段不会破坏多边形的拓扑结构,一条弧段多次加入队列的情况很少,发生相交的简化弧段很少出现严重缠绕相交的情况,弧段的平均相关弧段数与图层的弧段总数相比也是很少的。所以,算法 4 能够迅速收敛,其效率及输出结果是令人满意的。

我们在写作本文时,尚未见到国际上针对此问题的同类算法的论述。

3 讨论

化简(simplification)处理是几何对象的数据量从大到小的过程,它不会造成图幅内几何对象数量的改变,它是数据综合的一个方面。当从大比例尺数据派生生成小比例尺数据时,很多对象的输出尺寸已经低于制图精度,如区域面积小于 4 平方毫米。就几何尺寸而言,对这样的对象进行化简已经失去意义(如图 7 所示),需要进行选择(selection)处理,即删除此对象。但结合读图者的需要及制图区域的特点,这种对象可能很重要,如沙漠中的小块绿洲,此时,这些对象不但不能删除,反而应当扩大其尺寸以便于读图者辨识,即进行夸张(exaggeration)处理。但是,选择和夸张可能造成相邻多边形之间的空洞和覆盖,此时要采用合并(combination)和聚类(clustering)技术,将属性相同或相近的多边形合并,如将草地、苔原合并为植被,但因此会形成新的地理特征,当读图者进行属性查询时会造成错误。此外,比例尺的缩小会造成地理特征的拥挤,影响读图者的辨识和理解,因此,在输出幅面内要对这些地理特征进行移位(displacement)处理,使地理特征在保持拓扑结构和

基本地理位置的前提下疏散。

这些内容涉及到地图制图综合的丰富内涵,必须借助人工智能技术和专家系统工具,结合地理特征的几何结构和语义信息进行综合处理,这一点在多边形的综合操作中表现得尤为突出。因此,多边形数据的综合比多边形化简具有更加丰富的内容,而且也更复杂。关于这部分内容,我们将另文论述。

References:

- [1] Cheng, Ji-cheng, Li, Qi, Yi, Shan zhen. National Spatial Information Basis and Digital Earth. Beijing: Tsinghua University Press, 1999 (in Chinese).
- [2] Beard, M. K. How to survive on a single detailed database. In: Chrisman, N. R. ed. Proceedings of the Auto-Carto 8 [Baltimore, MD]. Baltimore, Maryland: ASPRS/ACSM, 1987. 211~220.
- [3] Салищев, К. А. Картоведение, Издательство Московского университета. Translated by Li, Dao-yi, Wang, Zhao-bin. Beijing: Mapping Press, 1982 (in Chinese).
- [4] Frank, A. U., Timpf, S. Multiple representations for cartographic objects in a multi-scale tree—an intelligent graphical zoom. Computers and Graphics, 1994,18(6):823~829.
- [5] Van Oosterom, P., Schenkelaars, V. The development of an interactive multi-scale GIS. International Journal of Geographical Information System, 1995,9(5):489~507.
- [6] Ballard, D.H. Strip trees: a hierarchical representation for curves. Communications of the ACM, 1981,24(5):310~321.

附中文参考文献:

- [1] 承继成,李琦,易善植. 国家空间信息基础与数字地球. 北京:清华大学出版社,1999
- [3] 萨里谢夫,К. А. 著. 李道义,王兆彬,译. 地图制图学概论. 北京:测绘出版社,1982.

Polygon Simplification Based on Strip-Tree in Scaleless GIS*

TIAN Peng, ZHENG Kou-gen, PAN Yun-he

(State Key Laboratory of CAD & CG, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China);

(Institute of Artificial Intelligence, Department of Computer Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

E-mail: tianp@mail.hz.zj.cn

http://www.zju.edu.cn

Abstract: Polygon simplification in scaleless GIS (geographic information system) is based on the line generalization of polygon arcs, but there may be topological errors in output data resulting from the direct line generalization of polygon's arcs, and the major representation of the error is the intersection of the simplified polygon's arcs. The previous research did not attach importance to this problem. A method of polygon simplification based on Strip-Tree in scaleless GIS is presented in this paper through an all-sided analysis of this problem. Maintaining the correctness of the polygon layer's topology, it simplifies the polygon layer according to the output scale. This method has been implemented into an 863 project, and the experimental results show that this method can simplify the polygon layer with high efficiency and can maintain the shape of polygon very well.

Key words: GIS (geographic information system); scaleless GIS; cartographic generalization; line generalization; polygon simplification

* Received May 9, 2000; accepted October 16, 2000

Supported by the National High Technology Development 863 Program of China under Grant No. 863-306-04-03-3