

文章编号: 1000-050X(2000)05-0426-31

# 相邻多边形共享边界的一致化改正<sup>\*</sup>

艾廷华<sup>1</sup> 毋河海<sup>1</sup>

(1 武汉测绘科技大学土地科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘要** 针对相邻多边形叠置不能保证精确的拓扑邻近, 往往产生大量的“碎片”和“缝隙”, 破坏了面状目标间的拓扑一致性这一问题。依据相邻多边形之间的空间关系, 将共享边界不一致区分为相交型、相离型、交织型, 将拓扑一致化处理的操作分为咬合式处理和平衡差式处理, 并基于 Delaunay 三角网模型邻近分析, 探测由三角形集表达的边界不一致局部区域, 通过三角网骨架线提取来进行边界不一致改正。

**关键词** 拓扑邻近; 视觉邻近; Delaunay 三角网; 拓扑一致; 多边形叠置

**分类号** P283.1 文献标识码 A

一致性是空间数据质量五大特征之一 (Goodchild, 1991)。GIS 空间分析要求操作对象数据在空间定位、属性、时态特征上具有完备一致的分辨率、精度描述, 尤其要严格保持拓扑结构的一致性。而 GIS 数据采集源的多样性和应用领域的广泛性, 产生了空间数据集成的不一致性问题, 需要专门的策略强行改正, 典型的例子便是相邻多边形共享边界的处理。相邻多边形叠置时, 往往难以保证精确的拓扑邻近, 其间会产生大量的“碎片”和“缝隙”。产生的原因有以下几种:

1) 多源、多比例尺、多主题多边形数据的集成。不同时期、不同专业按不同精度采集的多边形地图, 相邻面状目标间有部分的重合或裂隙。

2) 地图综合对相邻不同主题面状目标实施了不同的化简操作。地理目标的综合结果取决于综合算子、操作算法、参量设置 (Shea & McMaster, 1991), 任何一项不同将导致综合结果的差异。对不同主题的多边形, 根据语义特征的不同, 要设计不同的综合化简算法。即使是同样的算法, 基于地图用途与目的考虑, 对主题一多边形综合时, 设置化简阈值小, 概括程度小, 而对相邻的主题二多边形设置阈值大, 概括程度大, 也将产生相邻多边形共享边界的不一致, 如图 1 所示。

3) 不同视图下的数字景观模型表达要实施空间邻近关系的转换, 人为地进行拓扑一致性改正。从不同分辨率角度 (或者比例尺) 观察实际空

间, 在数据库中会获得不同概念表达的数字景观模型, 地图综合是实现这种概念表达转换的策略。除了目标在几何特征上的维数转换外 (如二维要素双线河变为一维要素单线河, 二维多边形居民地变零维点等), 空间关系的转换也是其中的一种, 其中以邻近关系的转换最为典型。Egenhofer & Herring (1990) 将 GIS 中的空间关系分为拓扑关系、距离关系和方向关系, 将邻近概念纳入到拓扑关系中讨论, 在 Egenhofer 9 交叉描述中, 只有当两多边形边界相切时才定义为邻近。而在自然语言表达中, 邻近语义是一个模糊的概念, 需要将拓扑关系和距离关系结合起来描述, 当两多边形相距很近时, 尽管其间存在缝隙没有达到边界共享, 但通常也将其视为邻近。Clementini (1995) 引入了边界缓冲带概念, 运用模糊隶属度对 9 交叉描述进行了改进, 定义了具有不确定边界多边形

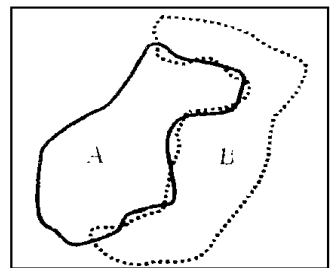


图 1 不同源途数据集成产生多边形边界不一致  
Fig. 1 Boundary Inconsistency Caused by Polygon Overlay

之间的空间邻近关系, 对邻近的描述有近、接近、很近等。邻近分析也是计算几何领域研究的重要内容, Voronoi 图和 Delaunay 三角网提供了有力的分析工具, Voronoi 图在空间剖分上的等分性特征和 Delaunay 三角形的外接圆规则, 使得建立在该模型上的邻近概念有效地顾及了距离关系和拓扑关系的结合 (Gold, 1999)。不同程度的邻近关系在地图数据的综合处理后需要进行相互转换, 在一定比例尺适应条件下, 邻近空间关系也存在着综合问题。

有边界共享的拓扑邻近多边形不会随着观察视点的变化改变数字景观模型中的邻近结构, 而视觉邻近多边形随着观察视点的变化, 顾及视觉可分辨因素, 其间的邻近关系往往要进行人为的改正, 忽略边界之间的距离差, 强行地改为共享一致。如图 2 所示, 以道路边界作为植被类型分界的多边形地图, 当比例尺缩小后, 道路简化为单线, 两植被多边形也要作共享边界一致化处理, 其间不能有裂缝。在湖泊群的综合中 (如图 3), 小比例尺下湖泊间间隔小于视觉分辨率, 综合后变为拓扑邻近, 如果仍然存在两条边界, 则产生了一致性问题。多边形共享边界的一致化改正正在土地利用、森林、植被等全区域覆盖多边形地图的综合中是一个关键环节 (Peter & Weibel, 1999)。

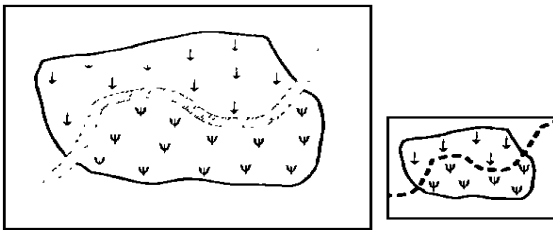


图 2 因道路单线化, 植被多边形共享边界要调整  
Fig. 2 Consistency Correct of Vegetation Polygon Boundary due to Road Collapse

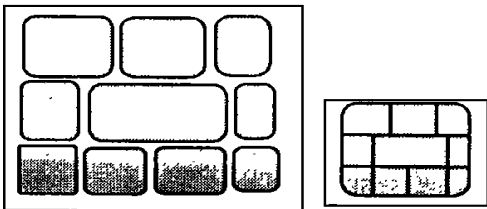


图 3 湖泊群的视觉邻近关系综合后变为拓扑邻近  
Fig. 3 Spatial Relation of Lake Cluster Converting from Visual Neighbor to Topological Neighbor in Generalization

对相邻多边形共享边界作强行改正, 保持了多边形之间的拓扑一致性, 但对边界的定位精度必然会有破坏, 为尽量减少对精度影响的程度, 需

要寻求专门的算法。本文在 Delaunay 三角网邻近分析及其骨架线提取基础上, 提出一种多边形共享边界一致化改正方法, 在达到拓扑一致目标下, 使定位精度影响最小。

### 1 多边形共享边界不一致的情况

相邻多边形叠置时, 产生共享边界不一致有 3 种情况 (如图 4): ①相交型: 两多边形的边界相交且只有两个交点 (如图 4(a)); ②相离型: 两多边形的边界不相交, 边界之间的距离小于视觉邻近阈值  $\lambda$  (如图 4(b)); ③交织型: 两多边形的边界相交且交点数目多于两个 (如图 4(c))。

相交型多边形边界不一致表现为产生“碎片”, 相离型表现为产生“裂缝”, 交织型则表现为既有“碎片”也有“裂缝”。多边形叠置中产生的“碎片”可以根据有关规则对其识别。Goodchild (1991) 总结了 4 条规则: ①面积较小; ②形态扁长, 其周长与面积的平方根之比较大; ③组成多边形的弧段仅为两条, 分别从属于不同源多边形; ④每个结点关联 4 条弧段。

对共享边界作一致化改正, 实质是产生一条新的边界代替两多边形不一致的两局部边界, 新产生的边界应该是对原边界最近似的拟合, 应顾及原边界的定位精度, 同时还要考虑两多边形的重要性差异, 决定新边界的分布。这里将改正边界不一致的操作分为两种: 精度占优多边形对其相邻多边形的咬合式改正; 精度平等多边形间的平差式改正。以下对 6 种边界一致性改正进行讨论。



(a) 相交型 (b) 相离型 (c) 交织型

图 4 多边形共享边界不一致的 3 种情形

Fig. 4 Three Cases of Polygon Boundary Inconsistency

### 2 共享边界一致化改正方法

#### 1) 相交型+咬合式

这种改正通过多边形叠置操作即可简单实现, 如图 5 所示。设占优多边形为  $A$ , 非占优多边形为  $B$ , 则改正后  $A$  保持不变,  $B$  变为  $B - A$ 。

#### 2) 相交型+平差式

如图 6 所示,  $A$ 、 $B$  两多边形有部分区域重合, 从  $A \cap B$  中产生新的边界线代替不重合的两边界, 且要达到定位误差平均配赋目的, 显然, 从  $A \cap B$  中提取中轴线是一种理想的替代。在多边形  $A \cap B$  内部构建约束 Delaunay 三角网, 在三角网上提取骨架线, 用该骨架线取代不一致边界即可。然而, 此种情况下获得的骨架线往往不是单一的曲线, 可能产生很多分枝呈树形结构, 其原因

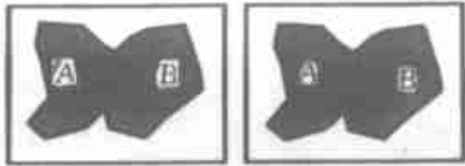


图 5 相交型+咬合式边界改正

Fig. 5 Snap Correction for Intersecting Inconsistency between Polygons



图 6 相交型+平差式边界改正

Fig. 6 Even Correction for Intersecting Inconsistency between Polygons

在于  $A \cap B$  的边界上的矢量点有抖动, 或  $A \cap B$  本身在空间分布上就具有多个延伸方向。对多边形内部中轴骨架线提取过程中多余分枝的剔除, Gold(1999)建议对边界作曲线光滑预处理, 但仍不能解决问题。用阈值比较删除多余的分枝有两种方法: ①中轴化后, 删除长度小的分枝弧段; ②提取中轴线之前, 对三角形再选择, 剔除那些可能产生多余分枝的三角形, 不让它参加中轴线生成。本文采用后者, 由于提取的中轴线是多边形的主结构线且只产生一条, 因此只要找到一种方法, 删除部分三角形后, 只保留主结构上的三角形即可。在  $A \cap B$  内部, 3 条中轴线分枝交汇处的三角形具有如下特征: 3 顶点所在多边形边界的点号均为非连续的, 3 条边 3 方向均有邻近三角形, 而其他三角形至少有一条边的连接在原多边形边界上的点序号是连续的。这种三角形是产生分枝的分叉点, 对这种三角形 3 边在多边形  $A \cap B$  边界截取的曲线段进行比较, 对其中长度最短的曲线段内所包含的三角形进行删除。如图 7 所示,  $\triangle ABC$  剔除后不参与中轴线生成,  $\triangle ACD$  中

只有一条中轴骨架线穿越。这种方法基于这样的假定: 分叉型三角形截取的短弧段是次要的分枝结构。删除次要分枝结构上的三角形后, 多边形内无分叉三角形存在, 得到的结果是单一的中轴骨架线。图 8 是在一多边形内处理前后中轴骨架线提取结果的比较。

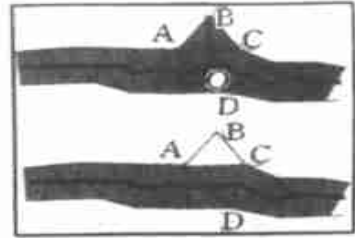


图 7 “毛发”线产生原因分析

Fig. 7 Analysis of Hair Skeleton Producing

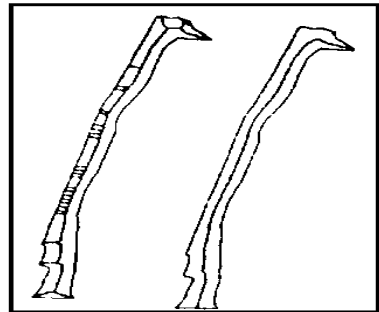


图 8 “毛发”线剔除实验结果的比较

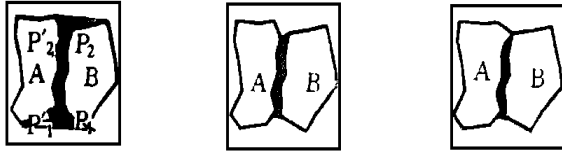
Fig. 8 Experiment Comparison between Hair Skeleton Removal and not

### 3)相离型+咬合式

$A$ 、 $B$  两多边形存在视觉邻近关系, 且  $A$  在定位精度上占优, 改正共享边界的关键是寻找邻近区域, 通过 Delaunay 三角网搜寻。在两多边形之间建立 Delaunay 三角网(通过三角形重心在多边形内外的判断, 并辅以三角形顶点从属于多边形边界的条件判断, 得到跨接两多边形边界的三角形集  $\{T_i\}$ )。如图 9 阴影三角形区域所示,  $A$  与  $B$  的邻近区域是  $\{T_i\}$  的子集, 从  $\{T_i\}$  的两开口端三角形开始逐步向内搜索, 定义一阈值  $\lambda$  表示两多边形的邻近距离, 取搜索三角形三边的平均长度  $l$  与  $\lambda$  比较, 当  $l < \lambda$  时, 认为所遇到的三角形开始进入多边形的邻近区域, 停止进一步搜索,  $\{T_i\}$  中剩余三角形  $\{T_i'\}$  (未搜索过的)即表示  $A$ 、 $B$  间的邻近部位, 如图 9 (a) 中深色阴影三角形所示。从三角形  $\{T_i'\}$  上提取  $A$ 、 $B$  多边形邻近边界的对应端点  $P_1 \rightarrow P_1'$ ,  $P_2 \rightarrow P_2'$ , 占优多边形  $A$  不变,  $B$  边界上的  $P_1 P_2$  则由  $P_1' P_2'$  取代, 达到边界共享一致, 如图 9 (b) 所示。

### 4)相离型+平差式

$A$ 、 $B$  多边形邻近区域的搜寻与 3) 相同, 不同之处在于后继共享边界的产生。在三角形  $\{T_i\}$  上提取中轴骨架线, 取代多边形  $A$  的局部边界  $P_1P_2$  和多边形  $B$  的局部边界  $P_1'P_2'$ 。与 2) 类似的中轴骨架线的生成也要考虑多余分枝的剔除, 得到单一的曲线, 如图 9(c) 所示。



(a) 邻近区域搜寻 (b) 咬合式改正 (c) 平差式改正

图 9 相离型多边形共享边界的改正

Fig. 9 Boundary Consistency Correction for Separating Adjacent Polygon

5) 交织型+咬合式

多边形  $A$ 、 $B$  的边界有两个以上的交点,  $A$  占优。定义一特殊的多边形集合并运算:  $A \cup^0 B = A \cup B \cup X$ , 其中  $X$  为  $A \cup B$  的岛屿区域, 则一致化改正的结果为  $A$  不变,  $B$  变为  $A \cup^0 B - A$ , 如图 10 所示。集合运算  $A \cup^0 B$  在多边形叠置 Weiler-Atherton 算法的基础上, 对求交后分段弧的组织加以改进, 即可实现。

单多边形上拟合产生一简单多边形。笔者提出如下方法: 提取非简单多边形边界上的点 (仅将其视为孤立的点) 构建 Delaunay 三角网, 由外向里, 在保证每个点至少关联两条边的条件下, 逐层剪断三角形边, 定义长度阈值  $\lambda$ , 当三角形边长小于  $\lambda$ , 停止剪断操作, 得到新的三角形子集, 该三角形群的外围边界构成的多边形即为拟合简单多边形。该方法充分利用了 Delaunay 三角网三角形边连接具有最邻近性的特征, 这个问题类似于计算几何中包围群点的“香肠型”局部凸壳求解。如图 11(b), 在交织型多边形邻近区域上构建 Delaunay 三角网, 在三角形边剪断处理之间, 三角形外围边界构成了群点的凸壳, 逐层剪断较长的边, 向群点的真实分布范围区域逼近, 不再是凸多边形。 $\lambda$  越小, 结果越接近邻近区域边界点的真实分布, 但  $\lambda$  过小时, 结果多边形会产生很多尖锐的凸角, 对后继骨架线提取不利。得到简单多边形之后, 在其内部第二次构建 Delaunay 三角网, 与前次不同, 此时的点不能当成孤立的点, 要考察在多边形边界上的连接性及其排列序号, 运用与 2) 相同的方法, 提取主结构中轴骨架线, 剔除多余的分枝, 由中轴骨架线改正多边形邻近局部边界, 达到共享一致。如图 11 所示。



(a) 多边形  $A$ 、 $B$  交织型关系 (b)  $A \cup B$



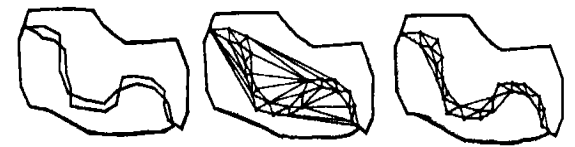
(c)  $A \cup^0 B$  (d)  $A$  不变,  $B$  变为  $A \cup^0 B - A$

图 10 多边形交织型边界的咬合式改正

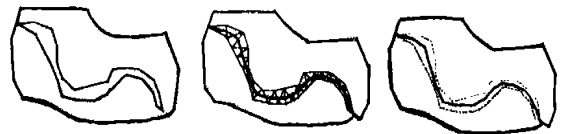
Fig. 10 Snap Correction for Interlacing Shared Boundary between Polygons

6) 交织型+平差式

交织型  $A$ 、 $B$  间的邻近区域由  $A \cap B$  的重叠区域和  $A \cup B$  的岛屿共同构成, 视觉上表现为“碎片”和“缝隙”, 将邻近区域当作多边形看待时, 则该多边形的边界是相交的, 为非简单多边形。寻找非简单多边形边界点的拟合曲线, 不能直接通过 Delaunay 三角网骨架线提取来实现, 要在非简



(a) 原多边形 (b) 交织覆盖区域 (c) 三角形区域收缩建三角网



(d) 提取边界 (e) 边界多边形内重建三角网 (f) 骨架化改正边界

图 11 多边形交织型边界的平差式改正

Fig. 11 Even Correction for Interlacing Inconsistency between Polygons

以上讨论了 6 种处理方法, 其中 3) 和 5) 由多边形叠置操作实现, 其他 4 种均用到了 Delaunay 三角网模型, 6) 针对不同条件两次建立 Delaunay 三角网。平差式改正利用了三角网骨架线特性, 在实际运用中, 6) 更具有普遍性。依据本文思想, 笔者在自己研制的交互式地图综合软件 Au-

toMap 中, 开发了相应的功能模块用于多边形边界的一致化改正, 图 12、图 13 为系统运行的硬拷贝结果。

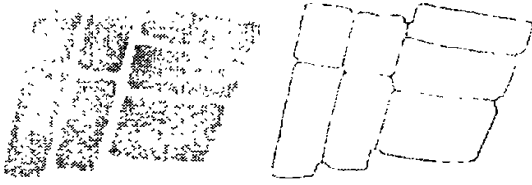


图 12 湖泊多边形咬合

Fig. 12 Lake Polygon Snap Correction

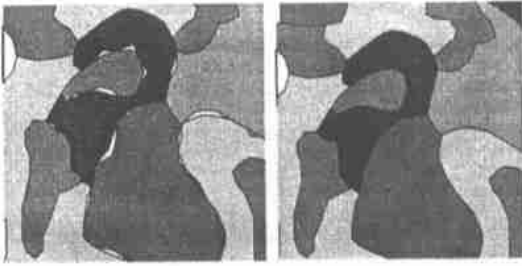


图 13 土地利用多边形边界一致化改正结果

Fig. 13 Consistency Correction of Land-use Polygon Boundary

### 3 结 语

多边形由视觉邻近转换为拓扑邻近是本文讨论的地图综合中有关相邻边界一致化改正的另一种情形。空间数据库依托于一定的数据模型。数据库中研究的模型包括实体目标本身的描述和目标间关系的描述两部分。地图综合可以看作是不同的视图下数据库间的一种映射变换。映射过程涉及到目标的转换和空间关系转换, 大部分综合操作对目标实施映射后, 在大、小比例尺状态下自动地保持了相互间的关系(同构映射), 这使得综合操作的研究重点集中在目标的映射综合上, 而忽略了空间关系上也存在着综合的问题。综合算子移位实质上属于“空间关系综合”问题, 通过目标位置调整, 获取目标间在拓扑、距离、方向上正确的空间关系。多边形由视觉邻近关系综合为拓扑邻近关系是空间关系变换的一种代表。

### 参 考 文 献

- 1 Allister M M, Snoeyink J. Medial Axis Generalization of Hydrology Networks. ACSM/ ASPRS, 1997, 5
- 2 Bader M, Weibel R. Detecting and Resolving Size and Proximity Conflicts in the Generalization of Polygonal Maps. 18th International Cartographic Conference, Stockholm, 1997

- 3 Clementini E, Difelice P. An Algebraic Model for Spatial Objects with Indeterminate Boundaries. *Advances in GIS*, 1995, 155 ~ 168
- 4 Egenhofer M J, Herring J. A Mathematical Framework for the Definition of Topological Relationships. In: Brassel K, Kishimoto H. *Proceedings of Fourth International Symposium on Spatial Data Handling*. Zurich, Switzerland, 1990, 803 ~ 813
- 5 Egenhofer M J, Franzosa R. Point-set Topological Spatial Relations. *International Journal of Geographical Information Systems* 1991, 5(2): 161 ~ 174
- 6 Thomas F. Generating Street Center-lines from Vector City Maps. *Cartography and Geographic Information Systems*, 1998, 25(4): 221 ~ 230
- 7 Goodechild M F. Issues of Quality and Uncertainty. In: Muller J. *Advances in Cartography*. Published on Behalf of the ICA by Elsevier Applied Science, 1991
- 8 Gold C M, Thibault, Liu Z. Map Generalization by Skeleton Retraction. *ICA Workshop on Map Generalization*, Ottawa, 1999
- 9 Gold C M, Snoeyink J. A Onestep Boundary and Skeleton Extraction Algorithm. *The ACM Conference on Computation Geometry*, Miami, Florida, 1999
- 10 Jones C B, Bundy G L, Ware J M. Map Generalization with a Triangulated Data Structure. *Cartography and GIS*, 1995, 22(4): 317 ~ 331
- 11 Muller J C, Wang Z. Area-path Generalization: A Competitive Approach. *The Cartographic Journal*, 1992, 29(2): 137 ~ 144
- 12 Peter B, Weibel R. Using Vector and Raster-based Techniques in Categorical Map Generalization. *Third Workshop on Progress in Automated Map Generalization*, Ottawa 1999
- 13 Peter B, Weibel R. Integrating Vector and Raster-based Techniques for the Generalization of Categorical Data. *CD-ROM Proceedings 19th Int. Cartographic Conference*, Ottawa, 1999
- 14 Peng W. Automatic Generalization in GIS. *The Netherlands*, ITC Publication Series 1995
- 15 Ruas A. Multiple Paradigms for Automating Map Generalization: Geometry, Topology, Hierarchical Partitioning and Local Triangulation. *ACSM/ASPRS Annual Convension and Exposition*, 1995, 4: 69 ~ 78
- 16 Shea K S, McMaster R B. *Cartographic Generalization in a Digital Environment: When and How to Generalize*. Auto Carto, Baltimore, USA, 1991
- 17 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 ~ 192

- 18 Ware J M, Jones C B. A Spatial Model for Detecting (and Resolving) Conflict Caused by Scale Reduction. In: Kraak M J, Molenaar M, eds. *Advance in GIS Research II* (7th Int. Symposium on Spatial Data Handling). London: Taylor & Francis 1997. 547~558
- 19 Zhao R L, Chen J, Li Z L. Define and Describe  $K$ -order Spatial Adjacency with Voronoi Distance. *Symposium on Dynamic and Multi-dimensional GIS*, Beijing, 1999
- 20 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. *武汉测绘科技大学学报*, 2000, 25 (1): 35~41

---

艾廷华, 男, 30 岁, 博士, 副教授。现主要从事地图综合及 GIS 不确定性问题的研究。代表成果: 地图综合软件 AutoMap。  
E-mail: aith@wuhan.cngh.com

## Consistency Correction of Shared Boundary between Adjacent Polygons

AI Tinghua<sup>1</sup> WU Hehai<sup>1</sup>

(1 School of Land Science, WTUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

**Abstract** Consistency, one of spatial data quality characteristics plays an important role in such fields as spatial analysis, spatial query and spatial decision making. Only when spatial data is topological consistent, can GIS application obtain reliable quality. But GIS data is captured from various application sources in different time with different resolution, integration of multi-scale spatial data inevitably has inconsistent problems. Data handling, such as map generalization also destroys consistency. So it is necessary to find special strategy to preserve data consistency.

In the process of adjacent polygon integration, the inconsistency of shared boundaries is a common question. Neighbor polygon overlay is not able to strictly guarantee topological consistent but generate series of fragment area and gap area in overlap region. For polygon map data, such as land-use, vegetation, and soil class, the boundary should be consistent and all polygons should cover the whole region without gap or overlap area. Shared boundary correction is also a necessary operation in polygon map generalization, representing as conversion from visual neighbor relation to topological neighbor relation between polygons. From this perspective, spatial relation generalization is one of important contents in map generalization. To correct the inconsistency between polygon boundaries, this paper offers different solutions based on spatial neighbor relation analysis. Three cases of inconsistency are distinguished: intersecting, separating and interlacing. Intersecting inconsistency causes small fragment area and separating inconsistency causes short gap area. Correction of inconsistent shared boundary is to find single line which can approximate two original boundaries with high location precise. Considering the different importance of two neighbor polygons locating beside corrected boundary, we provide two correction approaches: less important polygon to snap its neighbor, and equal polygons evenly to adjust their shared boundary. So 6 correction methods need to be separated: ① intersecting + snap; ② intersecting + even; ③ separating + snap; ④ separating + even; ⑤ interlacing + snap; ⑥ interlacing + even. To find a method to separate inconsistent problem space equally, this study implements Delaunay triangulation model, a powerful tool in spatial neighbor assess, to detect inconsistent area among shared boundary, and further uses triangulation skeleton to produce common boundary. Through triangle stripping operation, the inconsistent area can be extracted as set of triangles, like a sausage. The sausage area is a simple polygon enclosing inconsistent area well. Skeleton construction based on

(下转第 442 页)

belong to each domain and delimit their operational capability. Domain analysis can be seen as a process where information used in developing software systems is identified, captured, structured, and organized for future reuse. More specifically, domain analysis deals with the development and evolution of an information infrastructure to support reuse. Components of this infrastructure include domain models, development standards, and repositories of reusable components. Domain and boundary definitions are also activities of domain analysis.

There are some ordinary domain analysis methods: FODA (feature-oriented domain analysis), the STARS/Prieto-Daiz domain analysis method, ODM (organization domain modeling) and DSSA. All the methods above have their own merits and shortcomings. In the end, we defined a process that integrates the merits of the above methods. After the investigation and development of the NHLAIS (Nanhai land administration information system), TJCCPIS (Tianjin construction conference planning information system), XSUPIS (Xiaosan urban planning information system), we obtain the following domain model of the land management. Firstly, we use the organization context diagram to demonstrate all the organizations associated in the domain. Secondly, we use the activity context diagram to describe the activities created and utilized by the five different organizations in the domain. After that, we use the entity diagram to develop the functional model and the information model of the domain.

In the process of development of GIS engineering, valid reuse means create reusable GIS components on purpose. Domain analysis is the most necessary and important process. As an important technology of the system reuse, though it has already been applied in many projects successfully, the domain analysis is still in the status of under-developed.

**Key words** domain analysis; domain model; GIS; software reuse

---

WANG Xichun, male, 27, Ph. D candidate. He is concerned with the application of GIS.

Email: wxc73@263.net

---

(上接第 431 页)

sausage area has properties of simulating common boundaries well. Problem space is evenly separated by skeleton axis with the boundary location error adjust equally. Directly constructing skeleton based on Delaunay triangulation usually generates lots of short hair lines. In order to access single skeleton axis line, the study discusses the reason of producing hair branches and based on the triangle class characteristics presents one method of removing invalid triangle in sausage area. The presented algorithms have been realized in an interactive cartographic generalization software AutoMap which is developed by authors, and the running correction hardcopy result is illustrated in this paper.

**Key words** topological neighbor; visual neighbor; Delaunay triangulation; topological consistency; polygon overlay

---

AI Tinghua, male, 30, Ph. D. associate professor. His major interests involve map generalization and GIS uncertainty problem. His typical achievements are generalization software AutoMap, etc.

Email: aith@wuhan.crgb.com