

## 对 ArcGIS 地图综合功能的扩展研究

刘志辉<sup>1</sup>, 艾廷华<sup>2</sup>, 祁华斌<sup>2</sup>, 张晖芳<sup>2</sup>

(1. 广州城市规划勘测设计研究院, 广东 广州 510060; 2. 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079)

**摘要:** 针对 ArcGIS 在地图综合功能上的不足, 提出一套扩展商业化 GIS 软件功能的技术框架, 利用系统集成的方式开发一个 GIS 应用系统, 扩展 ArcGIS 的地图综合功能, 实现对土地利用图的综合。

**关键词:** 地图综合; 系统集成; 土地利用图

**中图分类号:** P283      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1007-855X(2004)05-0018-05

### Extended Research on the Functions of ArcGIS Map Generalization

LIU Zhi-hui<sup>1</sup>, AI Ting-hua<sup>2</sup>, QI Hua-bin<sup>2</sup>, ZHANG Hui-fang<sup>2</sup>

(1. Guanzhou Research Institute of Urban Planning and Exploration, Guangzhou 510060, China;

2. Faculty of Resources and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** To solve the problems of the ArcGIS function in map generalization, a technical frame of expandedness in commercial GIS functions is put forward. Then a GIS application system is exploited by means of system integration to expand ArcGIS functions in map generalization thus to realize the map generalization of land use.

**Key words:** map generalization; system integration; map of land use

### 0 引言

目前, GIS 应用系统的开发主要分为三种: 独立自主式开发、单纯的二次开发和集成式开发。独立自主式开发是一种基于底层的开发, 其开发功能不受开发平台的限制, 但它是一项非常复杂的系统工程, 需要投入较多的人力、物力和财力, 该开发方式开发成本高、开发周期长, 主要适合于基础应用软件平台的开发。单纯的二次开发是利用开发平台所提供的二次开发语言所进行的开发, 该开发方式的技术门槛低、开发周期短、数据格式较为统一, 而且由于每种成型的 GIS 平台都有数据格式转换的功能, 因此将来的数据共享较为方便, 但受二次开发语言的局限, 不能随意的对开发平台进行功能扩展。集成式开发则吸取了以上两种开发方式的优点, 克服了他们的不足: 既可根据需要对开发平台进行功能扩展, 也不需要投入太多的人力、物力和财力从底层来建设开发平台。随着 GIS 应用的不断深入和 GIS 向产业化发展, 越来越多的 GIS 研究人员已经意识到了这一点并逐步达成共识, 即集成作为多种技术融合的手段毫无疑问将为 GIS 的深入应用提供有效的帮助。

ArcGIS 作为一个基础的地理信息系统平台, 提供了包括制图、数据管理、地理分析和空间处理等方面的功能, 同时对地图综合领域也有所涉足, 它在原有 GIS 系统平台上面面向制图综合开发了一系列综合的算子算法, 如合并(Union)、分割(Difference)、Douglas - Peucker 法化简(Generalize)等。虽然这些综合算子算法能够完成一定的综合功能, 但其将综合操作与一般的图形编辑操作放到平等的位置, 缺乏完善的综合解决策略, 无法连贯地完成对一幅完整地图的综合。本文正是基于 ArcGIS 在地图综合功能上的不足, 提出一套扩展 ArcGIS 地图综合功能的技术框架, 并用系统集成的方式开发一个 GIS 应用系统, 以实现土地利用图的综合。

### 1 扩展 ArcGIS 地图综合功能的技术框架

122 ArcGIS 作为一个可扩充的基础的 GIS 平台, 除提供了 ArcMap、ArcCatalog 和 ArcToolBox 等一系列

收稿日期: 2004-03-09.

第一作者简介: 刘志辉(1977~), 男, 硕士。主要研究方向: 地图生产和地理信息系统。E-mail: asiwant@163.com.

的应用软件外,同时还提供了一个通用的结构、通用的代码基础、通用的扩展模型和统一的开发平台 ArcObjects. ArcObjects 是基于接口编程的组件,使用 ArcObjects 组件作为开发平台对 ArcGIS 地图综合功能进行扩展可以采取两种途径:使用 VBA 和开发独立的应用系统.使用 VBA 必须把用户创建的模块、类模块和窗体添加到包含在 ArcGIS 应用软件(如 ArcMap)中的默认工程中,综合操作必须在该应用软件中进行,且功能的可扩展程度受到该应用软件的限制;而开发独立的应用系统则不受 ArcGIS 应用软件的限制,可根据自身需要对 ArcGIS 地图综合功能进行扩展,因此采用后一种途径来完成对 ArcGIS 地图综合功能的扩展将比较方便和灵活.

采用集成式开发方式开发独立的应用系统来扩展 ArcGIS 的地图综合功能,其技术框架为:以 Visual Basic 6.0 为开发平台,嵌入基于接口编程的组件 ArcObjects 提供的 Map 控件,实现对综合前后地图数据的管理;利用 ArcObjects 提供的一些涉及综合的接口类完成 ArcGIS 提供的基本地图综合功能,如邻近多边形探测、相邻多边形合并(吸收式合并)、多边形分割等;而对于 ArcGIS 没有提供或提供了但使用受到环境限制的地图综合功能,如多边形合并(包络式和分解式)、狭长地物骨架线提取、线群目标拓扑关系自动建立等,则在 Visual C++ 6.0 中从底层建立综合算子库(Dll),在应用系统中以 Windows API 函数的形式调用.因此,应用系统的整个地图综合功能由 ArcObjects 和综合算子库共同完成,其综合机制见图 1.

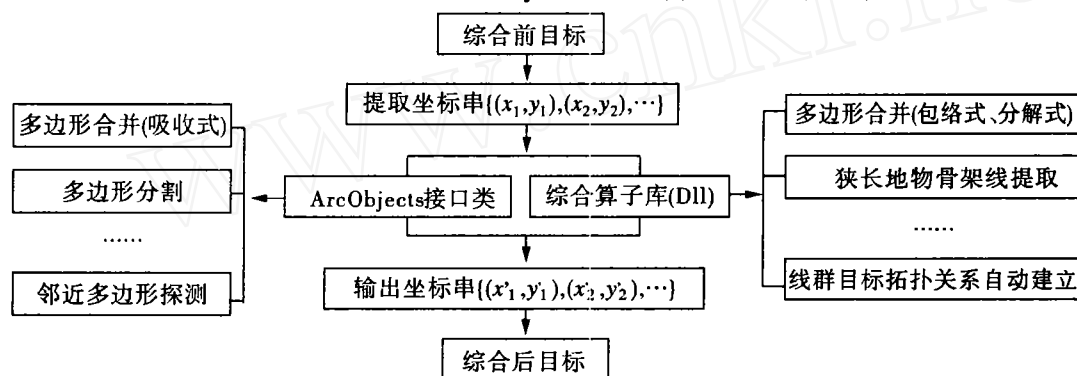


图1 应用系统综合机制

Fig.1 Generalization mechanism of the applied system

## 2 综合算子库(Dll)开发

综合算子库是扩展 ArcGIS 地图综合功能的核心部分,它是综合算子算法的程序实现.综合算子库在应用系统中以动态链接库的形式提供,具体使用时以 Windows API 的形式调用 Dll 接口函数获得待综合目标的坐标串和输出综合后的坐标串,综合过程实施在综合算子库内部进行.

由于综合算子库是对 ArcGIS 地图综合功能的扩展,因此综合算子库的设计应尽量满足地图综合的需要,且不应该是 ArcGIS 地图综合功能的简单的重复,而是其必要的补充.基于此,综合算子库主要由骨架线提取算子和线群目标拓扑关系自动建立算子组成.骨架线提取算子用于提取狭长形地物(如道路、河流等)的中心线,实现面状地物到线状地物的综合;线群目标拓扑关系自动建立算子用于多边形构建,实现面状地物综合为线状地物后周围地物的拓扑“联动”.

近年来,随着地图综合研究的不断深入,综合算子算法研究成为一个新的热点,骨架线提取算法亦呈现出多样化的趋势.传统的骨架线提取算法有两种:栅格形态变换法和基于边界线的垂线族法.但由于他们要么运算效率较低,要么实际应用较为困难而不足可取.本研究采用基于 Delaunay 三角网的骨架线提取算法,该算法克服了以上两种算法的不足之处,且满足制图综合对精度的要求,该算法的具体描述见参考文献[4].

线群目标拓扑关系自动建立算子是综合算子库的另一个重要组成部分,主要通过如下五个步骤完成:

1) 链的组织:找出在链的中间相交,而不是在端点相交的情况,自动切成新链;把链按一定顺序存储,然后把链按顺序编号.

2) 结点匹配:把一定限差内的链的端点作为一个结点,其坐标值取多个端点的平均值,然后对结点顺

序编号。

3) 检查多边形是否闭合:通过一条链的端点是否有与之匹配的端点来进行。若某条链本身是悬挂链,不需参加多边形拓扑,则可对该链作一标记,使之不参加下一阶段拓扑建立多边形的工作。

4) 多边形构建:其基本过程如下

- a. 顺序取一个结点为起始结点,取完为止;取过该结点的任一条链作为起始链;
- b. 取这条链的另一个结点,找这个结点上靠这条链最右边的链,作为下一条链;
- c. 是否回到起点:是,已形成一多边形,记录之,并转 d;否,转 b;
- d. 取起始点上开始的刚才所形成多边形的最后一条边作为新的起始链,转 b;若这条链已用过两次,即已成为两个多边形的边,则转 a。

5) 多边形岛的判断:即找出多边形互相包含的情况。解决多边形包含问题的步骤为:

a. 计算所有多边形的面积。多边形面积计算公式为:

$$S = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^n (y_{i+1} + y_i)(x_{i+1} - x_i) \right| \quad (\text{其中当 } i = n + 1 \text{ 时, } y_{n+1} = y_1, x_{n+1} = x_1; \text{当 } i = 1 \text{ 时, } y_0 = y_n)$$

当多边形由顺时针方向构成时,面积为正;反之,面积为负;

- b. 分别对面积为正的多边形和面积为负的多边形进行排序;
- c. 从面积为正的多边形中顺序取每个多边形,取完为止。若负面积多边形个数为 0,则结束;
- d. 找出多边形所包含的所有面积为负的多边形,并把这些面积为负的多边形加入到包含他们的多边形中,转 c。

### 3 应用实例——土地利用图综合

土地利用图是用不同的图斑表达不同土地利用类型的地图,它具有几何目标类型单一和多边形地块在空间分布上具有全覆盖、无缝隙、无重叠的特点,同时在语义上具有类型的层次化划分。当大比例尺土地利用图缩编为小比例尺土地利用图时,综合前后有限的纸张空间没有改变,而其所表达的实体空间却成倍增加,从而使综合前的土地利用图斑相对“缩小”了,这样必然导致综合前原本清晰可辨的小图斑和狭长形图斑不再清晰可辨了,而为了使综合后得到的土地利用图既详细又清晰,就必须通过实施选取、化简和概括等综合操作使一定阈值范围内的小图斑和狭长形图斑在综合过程中被周围相邻多边形地块“吞并”和“瓜分”(本文将其称为小地块综合和狭长形地块综合),因此,从某种意义上来说,土地利用图综合的主要任务是小地块综合和狭长形地块综合。

#### 3.1 小地块综合

小地块综合就是对小面积地块的处理,具体说就是小面积地块在与周围邻近地块的“生存竞争”中被“瓜分”的问题。但由于实践中小地块给定的阈值(不同土地类型阈值不同)较小,且多数处于某邻近地块的包围之中,故本研究中的小地块综合就是处理小地块被周围某一邻近地块“吞并”的问题。因此,小地块综合的首要任务是找出其周围的邻近地块。在空间认知中,邻近概念至少受拓扑的、几何的、语义的和 Gestalt 原理 4 个因素的影响,邻近通常表现为 4 种因素综合影响的结果。而 Gestalt 原理在无规则多边形群邻近关系判断中影响不是很明显,因此本研究只从影响邻近的两个主要因素,即拓扑的和语义的方面去判断多边形地块间的邻近关系,从而将多边形地块间的邻近关系区分为语义邻近和拓扑邻近:当两地块的用地类型相同时,他们具有语义邻近;当两地块的相互间距为零时,他们具有拓扑邻近。针对这两种邻近关系的地块合并有多边形聚合和多边形融合两种操作:前者针对具有同属性的语义邻近地块的合并,后者针对不同属性的拓扑邻近地块的合并。本研究只考虑拓扑邻近多边形的合并,而对只有语义邻近的多边形的合并则暂不考虑。

根据土地利用分布特征,土地利用图中的任一地块必然有至少一个拓扑邻近地块(除非是孤岛且类型均一),但不一定有语义邻近地块。在找到了邻近地块之后,小地块综合的下一步工作是相邻地块合并。本研究所规定的小地块合并原则是:优先考虑被小地块的拓扑邻近地块中同类型的地块“吞并”,若拓扑邻近地块中无同类型的地块,则考虑被共享边最长的地块“吞并”,合并后的属性继承“吞并”小地块的地块的属性(除面积、周长外)。小地块批量综合的步骤如下:

- 1) 获得根据不同类型给定不同阈值的所有小面积地块的集合  $M$ ;
- 2) 从集合  $M$  中顺序取出一小面积地块,获得该地块的拓扑邻近地块的集合  $N$ ;
- 3) 判断集合  $N$  中是否有与小面积地块同类型的地块,若有,则将该地块与小面积地块合并;若无,则找出集合  $N$  中与小面积地块共享边最长的地块,并将其与小面积地块合并.然后从集合  $M$  中去掉该小面积地块的记录;
- 4) 判断集合  $M$  是否为空,若为空,则结束;若为非空,则转 2.

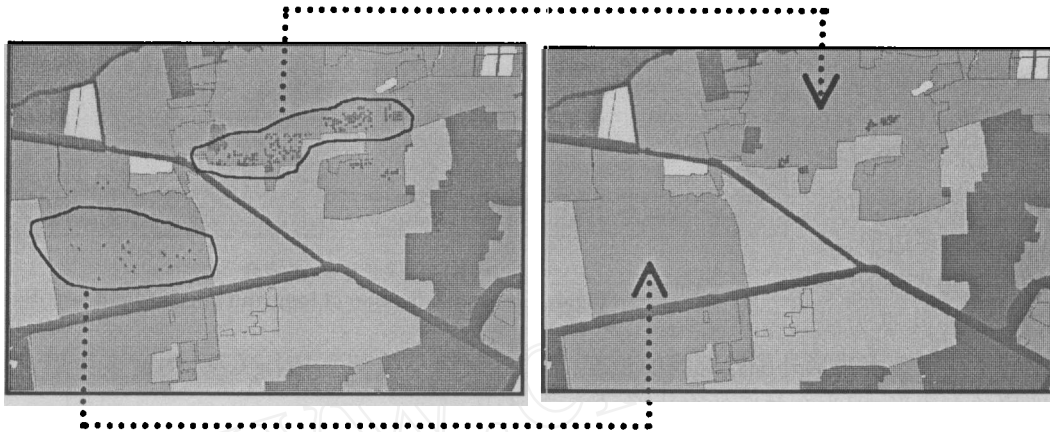


图2 小面积地块综合  
Fig.2 Generalization of small land

### 3.2 狭长形地块综合

狭长形地块综合是指当比例尺缩小后,一定宽度范围内的狭长形地块被综合为线状地物,为了保持土地利用图斑在空间分布上的全覆盖、无缝隙、无重叠,狭长形地块在综合过程中被其周围拓扑邻近地块“瓜分”.在对狭长形地块进行综合时,首先要提取该地块的中轴线,构建骨架线网络图,本研究采用综合算子库中提供的基于 Delaunay 三角网的骨架线提取方法构建骨架线网络图.其次,要找出狭长形地块的拓扑邻近地块及其与拓扑邻近地块的共享边,并从共享边的两 endpoint 向骨架线引垂线,建立共享边与骨架线间的“桥梁”,(如图 3 中的(b)和(c)).最后利用综合算子库中提供的线群目标拓扑关系自动建立算子对骨架线网络图、桥梁和共享边建立拓扑关系,构建多边形,并从中找出狭长形地块被“瓜分”的部分,将其与相应的拓扑邻近地块合并.图 3 给出了狭长形地块与其某一拓扑邻近地块共享分析及桥梁建立的四种情况,其它情况均可由这四种情况导出,图中 A 为狭长形地块,B 为其一拓扑邻近地块.图(a)中的狭长形地块与其拓扑邻近地块共享为点,则该邻近地块不参与狭长形地块的“瓜分”;图(b)和(c)共享为单条线和多条线,相应的狭长形地块被该邻近地块瓜分的部分为一个和多个小多边形;图(d)共享为其拓扑邻近多边形的外围轮廓线,狭长形地块被该邻近地块瓜分的部分为狭长形地块骨架线以内、邻近地块外围轮廓线以外的部分,合并后的地块为骨架线自封闭构成的多边形.

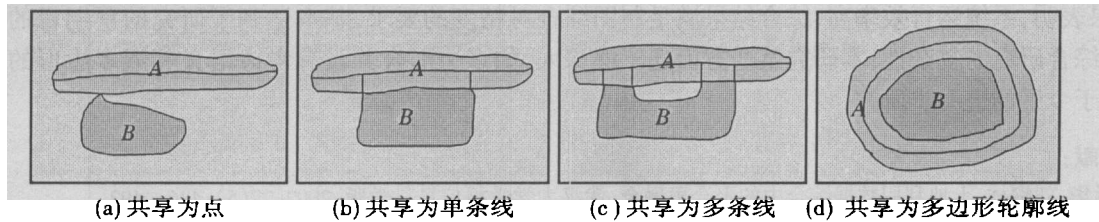


图3 狭长形地块与拓扑邻近地块的共享分析

Fig.3 Sharing analyse between long and narrow land or adjacent land in topology

狭长形地块的批量综合按如下步骤进行:

- 1) 根据宽度属性获得待综合图上所有某一类型狭长形地块(如道路)的集合  $M$ ;
- 2) 从集合  $M$  中顺序取出一狭长形地块,取完为止;提取中轴线,构建骨架线网络图;
- 3) 获得狭长形地块的拓扑邻近地块的集合  $N$ ;

4) 从集合  $N$  中顺序取出一拓扑邻近地块, 取完为止; 判断其与狭长形地块的共享情况: 若共享为点, 转 4; 若共享为线且线的长度不为该邻近多边形外围轮廓线的长度, 则依次过共享边的两端点向骨架线“架桥梁”, 然后对骨架线、桥梁和共享边建立拓扑关系, 构建多边形, 剔除其中骨架线自封闭构建的多边形和包含邻近地块的多边形, 最后将构建的多边形与邻近多边形合并, 转 4; 若共享为线

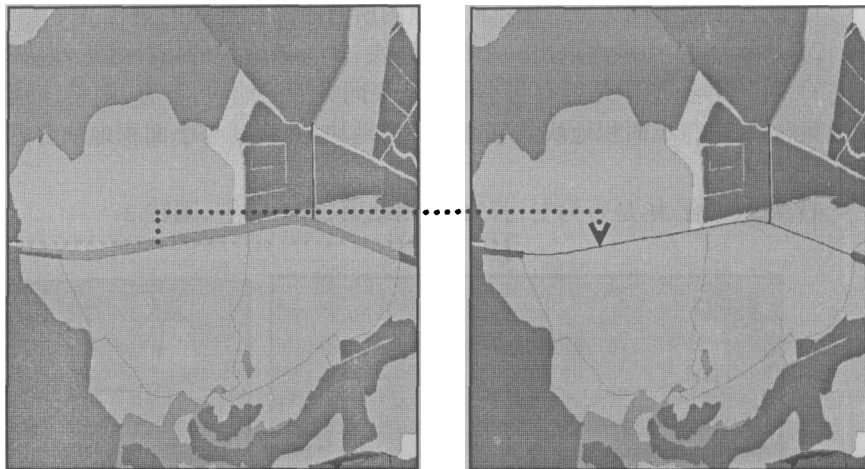


图4 狭长形地块综合

Fig.4 Generalization of long and narrow land

且线的长度等于该邻近多边形外围轮廓线的长度, 则直接对骨架线建立拓扑关系, 构建多边形, 找出其中包含邻近地块的多边形, 即为合并后的多边形, 然后转 4.



图5 土地利用图综合

Fig.5 Map of land usage generalization

## 4 结论

本研究对以集成的方式开发 GIS 应用系统作了一次有益的尝试, 对 ArcGIS 的地图综合功能进行扩展, 以满足土地利用图综合的需要. 该应用系统应用于广东某市 1:1000 到 1:10000 土地利用图的综合(图 5), 结果表明, 系统运行效率高, 综合结果满足制图综合对精度的要求, 基本达到了研究的预期目的. 但由于地图综合研究的复杂性, 本研究某些方面还不够深入, 如多边形合并没有考虑语义邻近多边形的合并, 这有待于今后的进一步研究.

### 参考文献:

- [1] 艾廷华, 刘耀林. 土地利用数据综合中的聚合与融合. 武汉大学学报信息科学版, 2002, 27(5): 486 ~ 492.
- [2] 张犁. GIS 系统集成的理论与实践. 地理学报, 1996, 51(4): 306 ~ 313.
- [3] 汪汇兵, 吴凡, 乔庆华. GIS 二次开发方式的比较分析. 武汉大学学报信息科学版, 2003, 28(增刊): 26 ~ 27.
- [4] 艾廷华. 城市地图数据库综合的支撑数据模型与方法的研究: [博士论文][D]. 武汉: 武汉大学, 2000.
- [5] 毛锋, 沈小华, 艾丽双. ArcGIS 8 开发与实践. 北京: 科学出版社, 2002.
- [6] Bader M, Weibel R. Detecting and Resolving Size and Proximity Conflicts in the Generalization of Polygonal Maps[J]. The 18th ICC, Stockholm, 1997, (3): 1525 ~ 1532.