

[文章编号] 1004- 0609(2002)04- 0808- 04

# 地形图矢量化的后处理<sup>①</sup>

易辉伟<sup>1</sup>, 江资斌<sup>1</sup>, 周翠竹<sup>2</sup>, 邹峥嵘<sup>1</sup>

(1. 中南大学 信息物理学院, 长沙 410083; 2. 湖南省建筑学校, 湘潭 411001)

**[摘要]** 讨论了地形图矢量化后的几项处理工作, 如曲线上点的稀释、直角化处理、重复点线的删除、接边等。概述了目前已有的几种曲线点抽稀方法, 提出了一种新的方法——逐点筛选法, 并且用实例证明了它的实用性; 最后, 简要介绍了进行直角化处理、重复点线的删除以及接边时要注意的问题。

**[关键词]** 矢量化; 抽稀; 逐点筛选法; 直角化处理

**[中图分类号]** P 283. 5

**[文献标识码]** A

由于某些人为的因素, 再加上现阶段国内矢量化软件的功能欠缺, 地形图矢量化后的数据仍存在一些问题需要进行后续处理<sup>[1, 2]</sup>, 如曲线有毛刺, 不光滑, 曲线上点过多, 造成数据存储空间过大; 有规则的几何体地物出现不规则、不合理的现象, 如房屋角不成直角, 或不闭合成一个封闭的实体等。这些数据都不能很好地满足现行 GIS 系统的数据要求。因此要对矢量化后的地图数据进行编辑、修改、加工和完善, 建立具有可靠精度保证的数据, 为进入 GIS 作准备。

## 1 现有曲线点抽稀方法概述

地形图矢量化后, 还需要对矢量化提取的线条进行抽稀处理。抽稀是在保证矢量化曲线形状不变的情况下, 最大限度地减少曲线上点的个数。其关键是定义抽稀因子, 抽稀因子的不同决定了抽稀算法的多样性。在已有的抽稀理论中<sup>[3~7]</sup>, 有按步长、按线段长度、按垂距等来定义抽稀因子的方法。目前有步长法、线段过滤法、圆柱法和道格拉斯-普克(Douglas-Poiker)法<sup>[8]</sup>等抽稀方法。

步长法是沿连续曲线每隔一定的步长选取一点, 其余点全部压缩掉, 然后在相邻取样点间用直线连接或采取曲线拟合逼近。

线段过滤法是指当某一段的长度小于某一值时, 就以该段的中点代替该段, 如同该段的两端退化到中点一样。

圆柱法的具体做法是用一个圆柱面去套线串, 当圆柱面被抵住时记下线串上抵住圆柱的点, 然后

从该点开始往下套并记下相应的点, 直到线串的另一端点为止。圆柱的半径称为过滤公差, 它量化了稀释线串的程度。

道格拉斯-普克法是从整体的角度来考虑一条完整的线或某一确定的线段, 首先选取线段的两端点, 然后计算线段内其余各点到连接两端点的直线的距离。如果这些点到直线的垂直距离中最大者仍小于某一阈值, 则所有这些点都被舍去, 若最大距离大于阈值, 则此点保留, 并以此点将线段分为两段, 对这两段重复计算垂距, 分别检查最大垂距是否大于阈值。重复此过程直到没有多余的点需要被舍去为止。

## 2 逐点筛选法

逐点筛选法是 Douglas-Poiker 法的求逆过程。它不是从整体角度去考虑一条完整的曲线, 而是从开始点依次筛选, 排除冗余点。即以第一点为起点, 计算第二点到第一点和第三点所构成的直线的距离, 如该距离大于某一阈值, 则保留第二点, 并以该点作为新的起点, 计算第三点到第二点和第四点所构成的直线的距离; 否则, 去掉第二点, 仍以第一点为起点, 计算原曲线上第三点到第一点和第四点所构成直线的距离。依次类推, 直至曲线上最后一点。该方法的阈值一般取相应地物最大允许误差或更小。

经过分析比较, Douglas-Poiker 法与逐点筛选法为曲线抽稀的首选算法, 一方面它们在阈值上有明确的规定, 另一方面又能在删除与保留之间达到

① [收稿日期] 2002- 04- 25; [修订日期] 2002- 07- 02

[作者简介] 易辉伟(1974- ), 女, 助教, 硕士。

较好的平衡, 既可以保持矢量线条的形状特性, 又可以根据实际制图的需求确定抽稀的容差, 从而在保证拟合精度的同时最大限度的减少矢量数据。从误差累积的角度考虑, Douglas-Poiker 法是比较好的, 逐点筛选法次之。从计算机编程的难易程度和程序处理的复杂程度考虑, 逐点筛选法比 Douglas-Poiker 法要好。基于以上因素, 且考虑到各矢量化软件都能输出 DXF 的中间数据交换格式的特点, 作者针对逐点筛选法, 采用面向对象的编程技术, 以 Visual C++ 6.0 为编程工具, 对矢量化后转换成的 DXF 文件进行处理, 有效地实现了曲线特别是等高线的抽稀。阈值在编程时根据要求由程序员自行给定, 作者取阈值为 0.1 mm, 程序运行后的效果如图 1 所示。抽稀前后曲线的点数比较如表 1 所示。

为简单起见, 从中抽取两条曲线进行精度分析, 分析结果如表 2 所示, 表中只列出坐标变化的点。其中  $\Delta i$  表示曲线上各点的点位误差, 按公式  $\Delta i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}$  计算;  $m$  表示曲线点位中误差, 按公式  $m = \pm \sqrt{[\Delta i \Delta i] / n}$  计算。从表中可以看出, 用逐点筛选法对曲线进行抽稀, 其精度基本能满足要求。

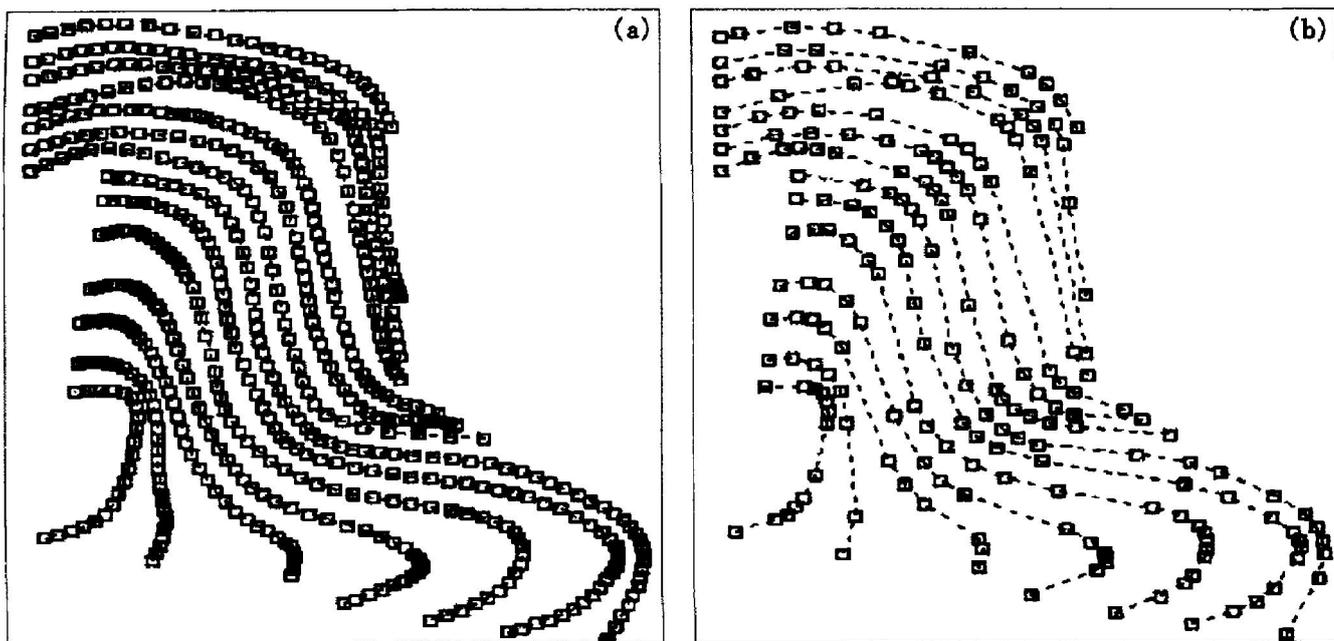


图 1 曲线抽稀实例图

Fig. 1 Example of diluting

(a) —Before diluting; (b) —After diluting

表 1 抽稀前后点数的比较

Table 1 Comparison of number of points

Before diluting	26	41	41	41	51	46	36	66	66	56	51	36	31	21
After diluting	10	11	10	12	13	17	19	23	24	23	16	11	8	13

### 3 直角化处理

在地图数字化的过程中, 由于不可避免的数据采集误差, 会使呈矩形的房屋内角与直角存在着差异<sup>[9]</sup>。因此, 为了保证进入 GIS 数据库中的数据质量, 必须对房屋进行直角化处理, 目前, 国内矢量化软件一般都具有直角化功能, 所采用的方法都是运用平面几何原理, 如直角折线、矩形另一边、矩形第四点、直线平行线以及前方交汇等。房屋直角化过程中, 最重要的是选准基准点和基准边, 对其余点和边进行编辑与处理, 确保直角改正不带有附加误差, 即直角化后的房屋的点位误差、房屋与邻近地物间的距离误差仍要满足规范和说明书的有关规定。对于同一个基准点, 可按长边和短边进行直角化, 例如瑞得软件的直角化功能<sup>[10]</sup>。在同等条件下, 按长边比按短边直角化要精确。

### 4 重复点线处理

为准确反映空间拓扑关系, 又最大限度地节省

表2 曲线抽稀点位精度分析

Table 2 Analysis of position precision after diluting (unit: m)

Point	Curve 1 $\Delta i$	Curve 2 $\Delta i$	Point	Curve 1 $\Delta i$
1	0.102	0.082	9	0.085
2	0.108	0.099	10	0.125
3	0.083	0.084	11	0.148
4	0.046	0.098	12	0.105
5	0.068	0.085	13	0.072
6	0.082	0.080	14	0.073
7	0.083	0.085	15	0.060
8	0.050	0.072	16	0.048
$m$	$= \pm 0.069$	$\pm 0.048$		

存储空间,适当删除重复点线及直线中间点是矢量化后处理中一项必不可少的工作。实际操作中,对多余点的删除一般在文本编辑中处理,对多余线的删除可结合图形编辑与文本编辑同时处理。

### 5 接边处理

由于纸张伸缩、图数转换误差和人工操作的失误等因素,两个相邻图幅结合处可能出现逻辑裂隙或几何裂隙,即相邻图幅公共图廓线两侧本应相互连接的同一地物要素出现位置或属性错位。逻辑裂隙指的是同一个实体在一个图幅中具有属性 A,而在另一个图幅中具有属性 B,即同一实的要素在不同的图幅中具有不同的要素;几何裂隙是指图幅边界所分开的一个实体的两部分不能精确衔接。因此,在 GIS 数据库中必须解决如何将相邻的图幅在逻辑和几何上融成一个连续的整体,这就是图幅接边问题。

接边是矢量化后一个非常重要的环节。每幅图矢量化完成后都需与相邻图幅进行接边检查,确保矢量化后的整体图形真实于原图。接边问题长期以来一直是数字化编程的难点。传统的方法是将相邻图幅公共图廓线两侧的点进行距离匹配,距离最近点为匹配点。这种做法当多个匹配点具有相同特征码时,采用距离搜索可能会发生错误。如图 2 所示,  $b'$  可能与  $c$  相匹配。

在进行接边点匹配时,人眼是很容易识别的,这是因为人的识别涉及这些匹配点的整体结构,这种整体结构不仅仅考虑对应两点间的距离,

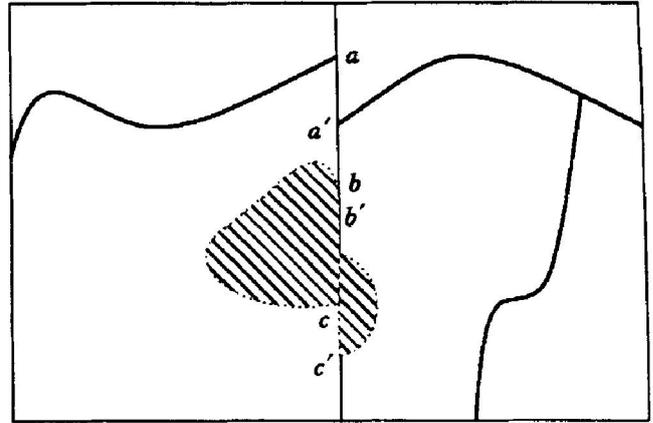


图2 图幅接边错误示意图

Fig. 2 Schematic drawing of wrong map brink connecting

而重要的是考虑了对应点在各自总体中的相对位置是否相似。鉴于这一识别特点,在进行最近距离匹配的同时,适当配合人眼识别与判断,可大大减小接边误差。目前已有一些软件具有自动接边功能<sup>[11]</sup>(如瑞得),从而大大减小了人工接边所带来的误差。

### 6 结束语

在矢量化后处理中,除了以上几个方面外,还有一些如数字、文本、符号等的识别<sup>[12]</sup>及其位置的调整等其它后处理工作。

总之,矢量化后处理是为了保证矢量数据在输出或入库之前的质量和精度而进行的错误修正和内容补充等。处理的对象不仅包括地物及其空间拓扑关系,也包括地物的属性,使地物的位置精度和属性精度在后处理完成时得到较大的提高。后处理的方式不仅可通过图形编辑实现,也可通过文本编辑实现,还可以利用编程语言来实现。

矢量化后处理作为扫描矢量化数据向 GIS 转化的过渡阶段,一方面是为了打印输出高精度的数字地图;另一方面是为 GIS 提供可靠精度保证的前端数据。矢量化后处理在控制误差的同时,虽然又引入了新的误差,但相对于处理前的误差和规范的要求,矢量化后处理工作是十分必要的,它有助于完善和提高矢量数据精度。

### [ REFERENCES ]

[ 1 ] 郝向阳. 地图扫描数字化的点位精度分析 [ J ]. 测绘学报, 1996, 25(1): 22- 24.

- HAO Xiang-yang. Analysis of precision of points' position in map scanning and digitalizing [J]. Journal of Surveying, 1996, 25(1): 22-24.
- [2] 盛业华. 矿图扫描数字化的几何精度分析 [J]. 矿山测量, 1998, 2: 15-17.
- SHENG Ye-hua. Analysis of geometry precision in scanning and digitalizing the mining Maps [J]. Survey for Mining, 1998, 2: 15-17.
- [3] 范爱民, 景海涛. 地图数字化质量问题研究 [J]. 测绘通报, 2000, 4: 1-3.
- FAN Ai-ming, JING Hai-tao. A study of quality problems in map digitalizing [J]. Surveying Report, 2000, 4: 1-3.
- [4] 边馥苓. 地理信息系统原理和方法 [M]. 北京: 测绘出版社, 1996.
- BIAN Fu-ling. Theory and Method for GIS [M]. Beijing: Surveying Press, 1996.
- [5] 贾永红. 计算机图像处理与分析 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2001.
- JIA Yong-hong. Computer Image Processing and Analysing [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2001.
- [6] 傅仲良. 地形图图纸读取技术的研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 1996.
- FU Zhong-liang. A Study of Recognizing Topographic Maps [D]. Wuhan: Wuhan University Press, 2001.
- [7] 熊助国, 谢刚生, 邹时林. 用扫描矢量化方法生产符合 GIS 要求的数字地图 [J]. 测绘通报, 2000, 7: 19-21.
- XIONG Zhu-guo, XIE Gang-sheng, Zou Shi-lin. Techniques for producing qualified GIS digital maps by scanning vectorization [J]. Surveying Report, 2000, 7: 19-21.
- [8] 胡鹏, 杨传勇, 李国建. GIS 发展瓶颈、理论及万象 GIS 实践 [J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 6: 212-215.
- HU Peng, YANG Chuan-yong, LI Guo-jian. Restricting factors, theory and various practices of GIS [J]. Journal of Wuhan University of Science & Technology in Surveying, 2000, 6: 212-215.
- [9] Epscan 98 扫描矢量化软件使用说明书 [M]. 北京: 北京清华山维技术开发公司, 1998.
- Epscan 98 User's Book for Scanning Vectorizing Software [M]. Beijing: Beijing Tsinghua Shanwei Technology Developing Company, 1998.
- [10] RDMS V3.0 数字测图系统用户手册 [M]. 武汉: 武汉瑞得测绘自动化公司, 1997.
- RDMS V3.0 User's Book on Digital Mapping System [M]. Wuhan: Wuhan Ruide Surveying Automation Company, 1997.
- [11] 王保保, 杨晓丽. 彩色地形图矢量化的后处理 [J]. 遥测遥控, 1996, 5: 19-25.
- WANG Bao-bao, YANG Xiao-li. Post-processing after vectorizing color topographic maps [J]. Remote Survey and Remote Controlling, 1996, 5: 19-25.
- [12] 王希胜, 卢岚. 地形图矢量化图形后处理软件程序 [J]. 四川水利, 1999, 5: 18-21.
- WANG Xi-sheng, LU Lan. Software for post-processing of vectorized topographic maps [J]. Sichuan Irrigation Works, 1999, 5: 18-21.

## Post-processing of vectorized topographic maps

YI Hui-wei<sup>1</sup>, JIANG Zi-bin<sup>1</sup>, ZHOU Cui-zhu<sup>2</sup>, ZOU Zheng-rong<sup>1</sup>

(1. College of Physical Information, Central South University,  
Changsha 410083, China;

2. Hunan Construction School, Xiangtan 411001, China)

**[ Abstract ]** The processing works after vectorizing topographic maps were discussed, such as diluting, right angle processing, deleting redundant points and lines. Present methods for diluting were briefly introduced, and a new method, selection from point to point, was put forward and demonstrated to be a practical method. In the end, several problems about right-angle processing, deleting redundant points and lines were simply discussed.

**[ Key words ]** vectorizing; diluting; selection from point to point; right-angle processing

(编辑 袁赛前)