

基于多叉树结构的曲线综合算法

毋河海¹

(1 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘要: 基于 Douglas-Peucker(简称 D-P 算法)曲线综合方法存在的主要问题, 提出并初步实现了相应的克服算法: 双侧偏移量法和顾及等值偏移值的多叉树结构化曲线综合方法。

关键词: D-P 算法; 多叉树; 曲线综合

中图法分类号: P208; P283.1

1 D-P 算法的最大信息量原理

D-P 算法是比较有名且被广为应用的算法。然而, 应该注意的是, 几乎是同样的算法被 Ramer 和 Duda、Hart 独立地提出过^[1,2]。该方法的综合原理是“最大信息量”原理, 综合过程是一个相对当前基线查找横向最大偏移点的递归过程。

对于封闭曲线, 不存在首末点的连线, 因此, 不能直接使用该算法。为了合理地利用该算法进行曲线综合, 需用恰当的方法把封闭曲线一分为二。比较合理的方法是用多边形的直径来分割, 可通过如下 3 种途径来实现。

1) 最小面积外接矩形法。用适当的转角步长、旋转坐标系计算多边形的外接矩形面积, 用最

小面积的长边所对应的切点作为分割点(图 1)。用旋转外接矩形法求出多边形的最大直径后, 用后者把封闭多边形一分为二, 分别利用 D-P 算法对两个曲线段进行综合。

2) 用枚举法计算多边形边界上的最大距离点。计算所有两个不同同名点之间距离中的最大者, 作为分割线。

3) 最小二乘法直线拟合法。用最小二乘法对多边形曲线点作直线拟合, 则拟合直线的方向就是多边形的主方向(直径方向), 直线与多边形的交点就是适宜分割点(图 2)。

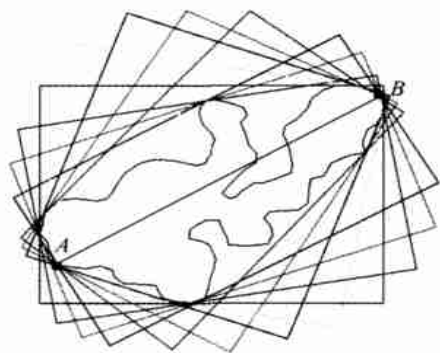


图 1 用旋转外接矩形法求多边形的最大直径
Fig. 1 Determination of Polygon Diameter by Rotating Circumscribed Rectangles

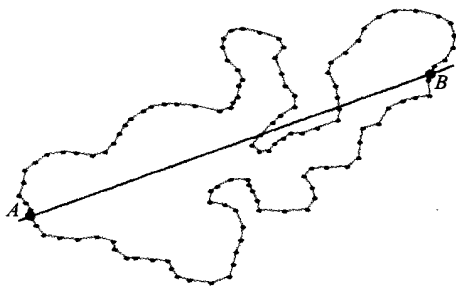


图 2 用最小二乘法直线拟合逼近多边形的直径
Fig. 2 Determination of Polygon Diameter by Least Square Straight Fitting Method

一些研究表明, D-P 算法仅适用于小幅度的曲线简化, 不适用于复杂曲线的概括。笔者认为, D-P 算法具有保留最大信息量和相对原图的最小位移的优点, 可把大幅度的综合分解为若干小幅度综合的累加, 即可通过渐进的途径来优化。

2 D-P 算法存在的主要问题

2.1 不能确保低层偏移值小于高层偏移值

BLG 树是原始曲线的精确表示。通常,随着树层的降低,在各个结点中所存储的垂距会越来越小。然而,情况不一定总是这样,如图 3 所示,出现了下一层次的最大偏移量(6.5)大于上一层次中曾用过的最大偏移量(4.6)。因此,当设定限差为 $e=4.6$ 时,会漏掉大于限差 e 的偏移点 P_3 ,其偏移距离为 $d_{max}=6.5^{[3]}$ 。

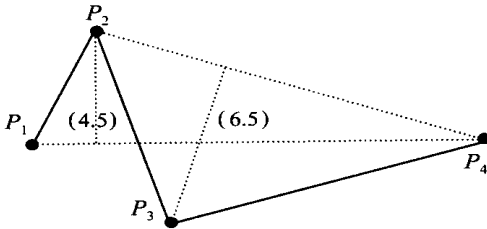


图 3 D-P 算法异常

Fig. 3 Anomaly of D-P Algorithm

2.2 执行顺序异常

曲线综合的实质是对曲线上各个结点重要性的评价。对于同一条曲线的坐标点序列, D-P 算法按点序的正序与反序执行所得的结果会不一样。严重依赖于对点序的执行顺序,会造成严重的层次结构异常。图 4 中典型的对称图形的综合特别地表明了这一问题,图中右侧的同样点就比左侧相应的点的重要性级别要高几级,具有明显的株连关系。

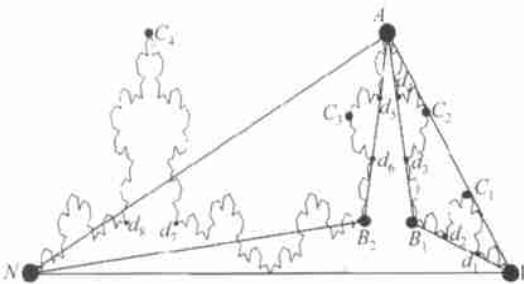


图 4 D-P 算法对结点重要性的评价依赖于对点序的操作顺序

Fig. 4 Dependency of D-P Algorithm on Points Sequence

3 改进途径与多叉树方法的提出

3.1 第一个问题的改进途径

对于 §2.1 中的问题,可用双侧两个最大偏移点方法来解决。判断条件是,若当前直线段与

当前曲线段在中间某处有交点或该曲线段有拐点时,必存在各侧方向相反的最大偏移点。

如图 5 所示,当前直线 P_1P_4 与其间的曲线存在交点(或拐点) M , 这时可把原曲线分为 P_1P_2M 和 MP_3P_4 两段, 然后求得左右两个最大偏移点 P_2 与 P_3 , 它们相对直线 P_1P_4 的最大偏移量分别为 dL 和 dR 。这时,与一般情况不同的是,不是将曲线段一分为二,而是一分为三,即 P_1P_2 、 P_2P_3 和 P_3P_4 。这样,所生成的树结构便呈现为多叉树了。

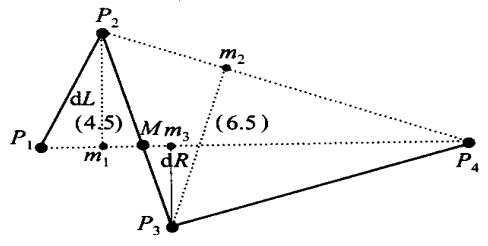


图 5 两侧同时求其最大偏移点

Fig. 5 Determination of Maximal Offset Points for Both Sides of Line Segment Connecting the Curve Endpoints

3.2 第二个问题的改进途径

产生 §2.2 中问题的原因是曲线段在其首末点连线的一侧或两侧存在两个或更多的同值最大偏移点。原 D-P 算法只求一个最大偏移点,先入为主,其他与之同值者列入后层处理。显然,对待等值的最大偏移点应当一视同仁。笔者为此研制了一种基于树结构位图法来顾及任意多等值偏移点的存在,该方法克服了原 D-P 算法对点列顺序的依赖性,如图 6 所示。这进一步说明了建立基于等值偏移点原理的多叉树在逻辑上与结构上的重要性。

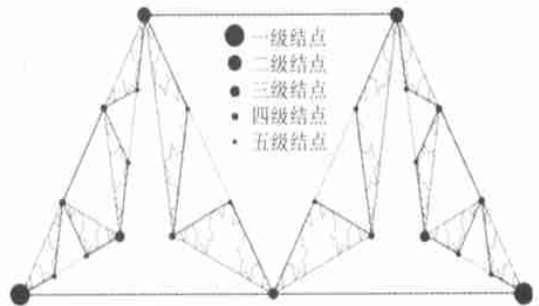


图 6 等值偏移点的顾及

Fig. 6 Consideration of Equal Valued Maximal Offset Points

图 6 所示的是单侧出现等值最大偏移点的情况。更为一般的情况是顾及双侧出现等值偏移点

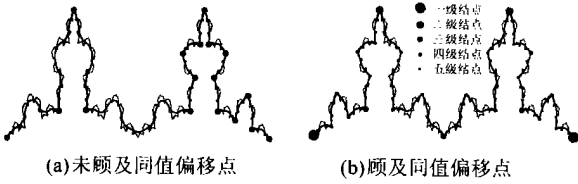


图 13 曲线结构层次的保留(黑圆点所示)及细节概括(保留较高层次)
 Fig. 13 Reservation of Structure Levels of a Curve and Its Detail Simplification (Reservation of Higher Levels)

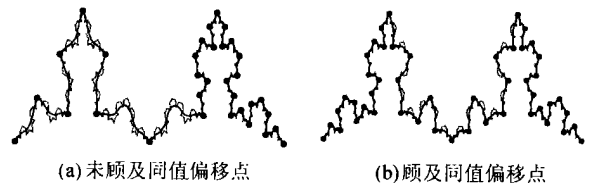


图 14 曲线结构层次的保留(黑圆点所示)及细节概括(保留层次较低)
 Fig. 14 Reservation of Structure Levels of a Curve and Its Detail Simplification (Reservation of Lower Levels)

参 考 文 献

- 1 Douglas D H, Peucker T K. Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Digitized Line or Its Character. The Canadian Cartographer, 1973, 10(2): 112~123
- 2 Duda R, Hart P. Pattern Classification and Scene Analysis. New York: John Wiley, 1973
- 3 Oosterom P, Bos J. An Object-oriented Approach to the Design of Geographic Information System. In: Buchman A P, Günther O, Smith T R, et al. eds. Design and

- Implementation of Large Spatial Databases. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 255~269
- 4 Ramer U. An Iterative Procedure for the Polygonal Approximation of Plane Curves. Computer Graphics and Image Processing, 1972(1): 244~256

作者简介: 毋河海, 教授, 博士生导师。现主要从事地图数据库管理系统、地图与 GIS 信息综合研究。主要著作有: 地图数据库系统 GIS 空间数据结构与处理技术, 斜轴抛物线光滑插值与地图信息的结构化综合等。
 E-mail: hh-wu@x263.net

Multi-way Tree Structure Based on Curve Generalization Method

WU Hehai¹

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: Douglas-Peucker method is a famous method for curve generalization in automated cartography. However, this method has several disadvantages, for example it is possible that the maximal offset value of lower hierarchy is bigger than the maximal offset value of the upper hierarchy. Addressing these disadvantages, this paper suggests and realizes corresponding algorithms to overcome those shortcomings. These optimization algorithms lead to constructing multi-way tree structure which can serve as a better approach to solve generalization problems. On the basis of the multi-way structure a composite generalization method is realized.

Key words: D-P algorithm; multi-way tree structure; curve generalization

About the author: WU hehai professor, Ph. D supervisor. He is engaged in the researches on cartographic data base management system, map/ GIS information generalization. His major achievements are cartographic data base system, GIS spatial data structure and its handling techniques, map/ GIS information generalization, etc.
 E mail: hh-wu@x263.net

(责任编辑: 晓晨)