

基于图模型的多边形自动构建算法

陈占龙¹, 吴亮¹, 刘焕焕^{1,2}

(1 中国地质大学 信息工程学院, 湖北 武汉 430074; 2 教育部 地理信息系统软件及应用工程中心, 湖北 武汉 430074)

摘要: 为了克服线拓扑构造区效率低的问题, 根据图模型中有向闭环的特点, 提出了一种基于图模型的鲁棒性较强的多边形构建方案。该方案首先将线数据构成图模型, 并对图模型进行预处理; 然后根据图模型生成环, 再依据有向环的构成方向, 判断有效环是洞还是壳; 最后, 把生成的洞分配给其对应的壳。壳的个数即为生成多边形的个数。该算法可较好地解决大规模线性数据生成区的效率问题, 同时用其与混合模型、要素模型和简单要素模型进行了比较, 实验中采用了四叉树索引和R树索引, 都具有较高的效率, 其中四叉树索引在实验中对于93664大小的线数据生成区数据, 比要素模型快了5.400 s, 比简单要素模型快了3.641 s。实验结果说明该算法性能优于其他的同类算法。

关键词: 图模型; 多边形自动构建; 有向边; 方向角

中图分类号: TP338.6

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)08-0143-03

Polygon Auto-construction Algorithm Based on Graph Model

CHEN Zhan-long¹, WU Liang¹, LIU Huan-huan^{1,2}

(1 Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2 China GIS Software Research and Application Engineering Center of the Ministry of Education, Wuhan 430074, China)

Abstract: To conquer the low efficiency of topological establishment problem, according to the characteristics of graph model with directed rings, propose a robust polygon construction algorithm here. Firstly, this algorithm makes the lines data into graph and preprocesses the graph model; Then, form rings according to graph model, and judge if the valid ring is hole or shell based on the direction of forming the directed rings. At last, assign the holes to the corresponding shells. The number of shells is the number of polygons. This algorithm can solve large-scale lines data forming polygons' effective problem, at the same time, compare with mixed model, element model and simple element model. in this algorithm we adopt quadrant tree index and R tree index which have high effective. Quadrant index in experiment is 5.400 s faster than element model, and 3.641 s faster than simple element model when dispose the same data (namely, with the 93664 quantity of line data to form polygon data). Experiment result shows this algorithm' effecting is better than others'.

Key words: graph model; polygon auto-construction; directed edges; orientation angle

1 引言

二维世界中被抽象出来的区并不是简简单单的多边形, 而是具有特定存储关系的线段组成的, 这样使得这些被抽象出来的区不是一个孤立的多边形, 而是具有某种特定的关系, 从而为进一步的应用做好准备。对于形状的构建有很多, 这些形状基于人的

视觉, 由点数据或者线数据来形成人们视觉中的近似形状^[1-4]。但对于多边形的构建的算法却很少。1989年杜清运提出了地图数据中多边形数据的自动组织^[5]。1997年齐华对自动构建多边形拓扑关系算法的步骤进行了优化与改进^[6]。但对于这些方法的构建, 需要进行人工干预, 自动化程度较差。对于多边形的自动构建算法, 也有很多人在做研究, 如同

收稿日期: 2011-05-17; 修回日期: 2011-06-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(40771165); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(CUGL090251)

浩文、杨维芳等于 2000 年提出了基于方位角计算的拓扑多边形自动构建快速算法^[7-8]. 并且 2005 年李大军、刘波等在文献^[7]的基础上又做出了改进^[9]. 本文是对作者简单要素模型下基于单调链和 STR 树的多边形叠置分析算法^[10]的基础上进一步拓展和延伸. 提出了一种基于图模型的多边形构建算法, 其基本思路是: (1) 生成图; (2) 根据图生成多边形. 因其是对文献^[10]的补充和延伸, 算法的数据结构仍是文献^[10]的数据结构. 试验与应用研究表明, 该算法的时间效率较高, 思路清晰易懂, 程序的工作量较小.

2 平面图中的相关概念

平面图是由一系列的平面图构成元素组成, 平面图构成元素主要包括节点 (Nodes)、边 (Edges) 和有向边 (Directed Edges). 其中, 节点记录了该节点的位置以及在该节点处的有向边的集合; 边 (Edges) 记录了组成多边形的边界的坐标串的结构, 该结构是正反两个有向边 (Directed Edges) 的组合; 有向边 (Directed Edges) 记录了由边 (Edges) 结构的坐标串形成的顺时针和逆时针的两个方向边. 简单地说, 图 (graph) 是一个用线或边连接在一起的顶点或节点的集合. 正式一点说, 图 $G = (V, E)$ 是一个 V 和 E 的有限集合, 元素 v 称为顶点 (vertex, 也叫节点或点), 元素 E 称为边 (Edge, 也叫弧或连线), E 中每一条边连接 V 中两个不同的顶点, 可以用 (i, j) 来表示一条边, 其中 i 和 j 是 E 所连接的两个顶点. 在本文的介绍算法中, 采用有向边图. 有向图和无向图如图 1 所示.

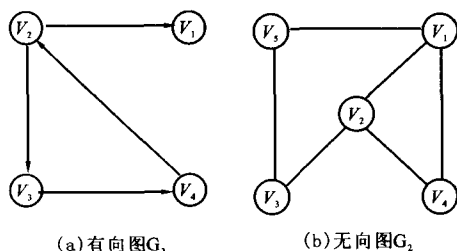


图 1 有向图和无向图

3 多边形的自动构建算法

在进行多边形构建之前, 首先需要将输入的线生成图模型, 这里图模型并不是我们生活中所说的图, 而是一种只由折线或者线段组成的特殊图, 一般不会有孤立点存在的情况, 即一条线段的起始点和终止点相等, 对于这种情况在图的生成过程中, 经过

判断将其过滤, 即最终生成的图模型不会存在孤立点的情况. 图模型的生成过程既是线添加的过程.

一个多边形至少是由三个点组成的, 并且每一个点都与两条边毗邻. 因此在根据图生成多边形的过程中还需要做一些处理, 本文根据处理后的图模型生成多边形.

3.1 记录边与边之间的关系

首先介绍有向边的方向角的定义, 以该节点为原点, 水平方向为 x 轴, 垂直方向为 y 轴 (即与直角平面坐标系相同), 有向边的起始点与第二个节点定义了该有向边的方向, 以 x 轴正向为起始方向, 逆时针旋转到由该起始点和第二个节点所构成的线段处的夹角即为该有向边的方向角.

构成多边形的点是按照一定的顺序存储的, 由这些点构成的线也有一定的规则排序. 对于构成多边形的边是按一定的顺序记录的. 此处需要对围绕同一个节点的出边进行排序, 本文是根据有向边的方向角的大小进行排序的. 对图 2 中节点 1 的出边进行排序, 对其出边进行排列结果为: $b_2 -> b_1 -> b_{13} -> b_7$. 图 3 中各节点边的存储关系处理如下: 对于节点 0, 取其出边 b_0 的兄弟边 b_1 , 设置 b_1 的下一条边为围绕节点 0 排序后的出边的下一条边 b_{15} , 取其出边 b_{15} 的反向 b_{14} , 设置 b_{14} 的下一条边 b_0 , 节点 0 的边处理完毕; 对节点 1 取其有向边 b_2 的兄弟边 b_3 , 设置其下一条边为 b_1 , 取 b_1 的兄弟边 b_0 , 设其兄弟边是 b_{13} , 取 b_{13} 的兄弟边是 b_{12} 设置其下一条边为 b_7 , b_7 反向 b_6 其下一条边是 b_2 ; 节点 2, b_2 的下一条边 b_5 , b_4 的下一条边 b_3 ; 节点 3, 设置 b_5 的下一条边是 b_6 , b_7 的下一条边 b_9 , b_8 的下一条边 b_4 ; 节点 4, b_9 的下一条边 b_{12} , b_{13} 的下一条边 b_{14} , b_{15} 的下一条边是 b_8 ; 节点 6, b_{17} 下一条边 b_{21} , b_{20} 下一条边 b_{16} ; 节点 7, b_{16} 下一条边 b_{19} , b_{18} 的下一条边 b_{17} ; 节点 8, b_{19} 下一条边 b_{20} , b_{21} 的下一条边是 b_{18} .

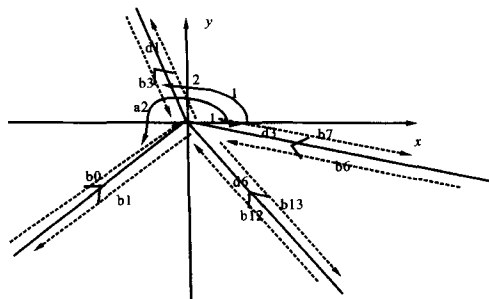


图 2 围绕一个节点的边的存储关系

3.2 结果环的计算

根据 3.1 节对边进行标记,如图 3 所示:首先,从 b0 开始,b0→b2→b5→b9→b14,标记这些有向边的 label 为 1;从 b1 开始,b1→b15→b12,标记这些有向边的 label 为 2 以此类推,如果该边已经标记则不再对该边标记.最后对图 3 标识的结果如图 3 黑体数字所示(为该边的 Label 值).

删除特殊标记线.特殊标记线指的是那些父边的两条子边它们的 label 值相等的边.图 3 中不存在.

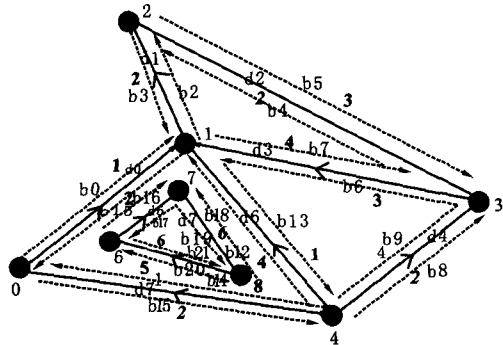


图 3 示例图

生成环之后再行交点查找,交点是指那些有两个或者两个以上的出边的 label 值相同的节点,如果存在则重新计算边之间的关系.对于闭合环(即有效环)还需要根据方向来判断是壳或者是洞,其中,顺时针为壳,逆时针为洞,再根据一定的规则将洞分配给相应的壳,最后根据壳生成多边形,多边形构建结束.壳的个数即为多边形的个数.

4 实验分析

本算法在 visual studio 2005 中用 c++ 编程语言进行了实现,是对简单要素模型下基于单调链和 STR 树的多边形叠置分析算法^[10]的基础上进一步拓展和延伸.不仅解决了文献^[10]留下的问题,而且能够很好地解决由线生成区的问题,尤其对大数据量的线数据生成区数据具有较高的效率.在实现的过程中分别采用了 R 树和四叉树两种索引方法来实现,都具有较高的效率,由于在测试的过程中(对于 93 664 根线数据),四叉树索引方法比 R 树索引算法具有更高的效率,节约了 3 秒多钟,故最后仍选用四叉树方法.下表是本模型与混合模型,要素模型,简单要素模型对相同的数据量(即线的个数为 93 664 个)生成区的时间进行比较,由表 1 可以看出,本算法采用四叉树索引时比处理同类问题中效率最高的简单要素模型还快了 3.641 s(处理数据是同一个数据).该算法具有相当大的使用价值.

表 1 模型时间比较表

模型	时间	线的个数	成区个数
混合模型	07 分 31.200 秒	93 664	34 123
要素模型	32.100 秒	93 664	34 123
简单要素模型	30.300 秒	93 664	34 123
图模型 R 树方法	31.797 秒	93 664	34 123
图模型四叉树方法	28.156 秒	93 664	34 123

5 结束语

本文提出的基于图模型的多边形构建方法不用人工干预,实现了完全的自动化,实践表明该算法在搜索多边形时采用图模型的正确性,在确定拓扑关系时,利用解析几何的方法表达了多边形的拓扑关系.

参考文献:

- [1] Nicolae Duta, Member IEEE, Anil K Jain. Automatic construction of 2D shape models[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2001, 5 (23):433-446.
- [2] Gheibi A, Davoodi M, Javad A, et al. Polygonal shape reconstruction in the plane[J]. IET Computer, 2011, 5 (2):97-106.
- [3] Donggang Yu, Jesse S Jin, Suhui Luo. Shape analysis and recognition based on skeleton and morphological structure[C]// Proceedings of the 7th International conference on Computer Graphics, Imaginy and Visualization Sydaey, NSW:IEEE, 2010:118-123.
- [4] Zhang D, Lu G. Review of shape representation and description techniques[J]. Pattern Recognition, 2004:1-19.
- [5] 杜清运. 地图数据库中多边形数据的自动组织[J]. 测绘学报, 1989, 18(3):202-212.
- [6] 齐华. 自动建立多边形拓扑关系算法步骤的优化与改进[J]. 测绘学报, 1997, 26(3):254-260.
- [7] 闫浩文, 杨维芳, 陈全功, 等. 基于方位角计算的拓扑多边形自动构建快速算法[J]. 中国图象图形学报, 2000, 5 (7):563-567.
- [8] 闫浩文, 祝方雄. 拓扑多边形自动构建的一种快速算法[J]. 浙江测绘, 2001(2):2-5.
- [9] 李大军, 刘波, 赵宝贵, 等. 拓扑多边形自动构建的一种改进算法[J]. 计算机工程和应用, 2005:80-82.
- [10] 陈战龙, 吴信才, 吴亮. 简单要素模型下基于单调链和 STR 树的多边形叠置分析算法[J]. 测绘学报, 2010:102-105.

作者简介:

陈占龙 男, (1980-), 博士, 讲师. 研究方向为地理信息系统研究与应用.