

基于夹角变化趋势的多边形自动搜索和生成算法

梁晓文¹⁾ 刘宗岐²⁾ 陈宜金¹⁾

¹⁾(中国矿业大学资源与安全工程学院,北京 100083) ²⁾(华北电力大学成教学院,北京 100085)

摘要 利用左转算法生成多边形是GIS中面域组织和拓扑关系建立的常用算法。根据算法规则,对于由顺时针方向和逆时针方向建立的多边形都可以生成多边形文件,这就产生一些重复多边形和无效的多边形。为此,提出了基于夹角变化趋势判断多边形搜索方向的算法,根据左转或右转算法得到的点组顺序,分别计算由起始点出发的弧段的方位角,根据相邻弧段夹角的和来判断多边形的搜索方向,实现了每一多边形都是由左转算法生成,完成了多边形的自动建立。该算法有效地判断了多边形的搜索方向,避免了无效多边形的生成。

关键词 多边形 自动搜索 夹角变化

中图分类号: TP311 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2005)06-0785-05

An algorithm of Polygon Auto-Construction Based on Angle Changing Tendence

LIANG Xiao-wen¹⁾, LIU Zong-qi²⁾, CHEN Yi-jin¹⁾

¹⁾(School of Resource and Safety Engineering, China University of Mine and Technology, Beijing 100083)

²⁾(School of Adult Education, North China Electric Power University, Beijing 100085)

Abstract Creating polygon is a normal arithmetic through turn left or right algorithm. According to the rule, polygons can be created by clockwise or anti-clockwise. But it may make some repeated and invalid polygons. The purpose of this paper is to introduce a method to judge polygon search direction and creat every polygon by only left algorithm. The method presented in this paper is to judge the polygons search direction to according to the angle changing between adjacent lines. Experimental results show that it is an efficient method to create polygons automatically and avoid invalid polygons.

Keywords polygon, automatic search, angle changing

1 引言

多边形自动生成是GIS中面域组织和拓扑关系建立的重要环节。通常,可以基于方位角而采用左转或右转算法来生成多边形,即根据已经输入的结点和弧段信息,按规定的方向(若按顺时针方向,则称为右转算法;若按逆时针方向,则称左转算法),由系统通过弧段文件自动产生多边形信息,进而自动建立多边形文件^[1]。多边形的自动构建算法,现在研究得很多,主要是从自动化程度、时间效率、算法的复杂性考虑的。其中早期的算法一般都离不开

人工干预^[2-5],数据量较大的空间数据,对生成多边形的自动化程度和效率提出了更高的要求。一些学者对多边形自动构建算法提出了一些优化措施。如基于方位角计算的拓扑多边形自动构建快速算法^[6],结点依次搜索算法^[7]等。上述算法中多边形的搜索采用了基于方位角和最小角法则。基于方位角计算的拓扑多边形自动构建快速算法中使用的多边形最小角搜索法则,与结点依次搜索算法中的查找多边形方法一致,都是保证多边形的最小性,但会产生重复和无效的多边形,因此,算法增加了无效多边形的消除,需在多边形建立完成后,进行逐一对比,比较繁琐、低效。在左转算法中对于多边形是左

收稿日期:2004-04-11;改回日期:2004-11-10

第一作者简介:梁晓文(1966~),男,高级工程师,中国矿业大学北京校区资源与安全工程学院在读博士研究生。主要从事地理信息系统和空间数据库的研究。E-mail: x_w_liang@sina.com

转还是右转的判断是比较困难的,因为,对于多边形只有在封闭前才可判断出是左转还是右转。因此,依据算法,也会产生无效的多边形。若在构建弧段时保证每一弧段都存在左转的多边形,则就不存在右转的情况,但在实际构建的多边形中基本不存在这种情况。为此,提出了一种基于夹角趋势变化来判断左转或右转的方法,以实现多边形的快速自动生成。

2 左转算法描述

2.1 方位角的定义

借用测量中坐标方位角的概念,定义方位角为从平面直角坐标系中 X 轴的正半轴起,逆时针旋转到某一射线的角度,如图 1 所示,其取值范围为 $0 \sim 2\pi$ 。

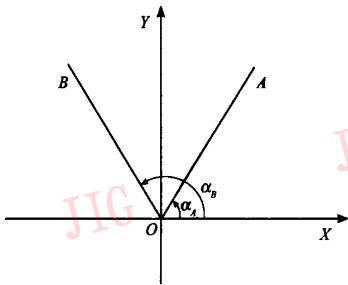


图 1 方位角定义
Fig. 1 Azimuth

射线 OA , 首端为 $O(X_0, Y_0)$, 末端为 $A(X_A, Y_A)$, 其方位角用 α_A 表示, 设

$$D_x = X_A - X_0$$

$$D_y = Y_A - Y_0$$

- (1) 若 $D_x = 0, D_y > 0$, 则 $\alpha_A = \pi/2$
- (2) 若 $D_x = 0, D_y < 0$, 则 $\alpha_A = 3\pi/2$
- (3) 若 $D_x > 0, D_y \geq 0$, 则 $\alpha_A = \arctan(D_y/D_x)$
- (4) 若 $D_x > 0, D_y < 0$, 则 $\alpha_A = \arctan(D_y/D_x) + 2\pi$
- (5) 若 $D_x < 0, \alpha_A = \arctan(D_y/D_x) + \pi$
- (6) 若 $D_x = 0, D_y = 0$, 则方位角不存在

2.2 左转算法

- (1) 读取坐标文件, 查找某点 A 的坐标, 并以此为追踪起始点。
- (2) 查找弧段文件, 搜索所有与 A 点相连的弧段。
- (3) 选择其中某弧段 AB 作为起始追踪边。
- (4) 计算所有从 B 点出发的弧段的方位角 α_{BC_i}

(包括 α_{BA})。

(5) 将 α_{BC_i} 从小到大排列: 令最小为 $\alpha_{BC_{\min}}$, 最大为 $\alpha_{BC_{\max}}$ 。

(6) 比较 BA 的方位角与 $\alpha_{BC_{\min}}, \alpha_{BC_{\max}}$ 的大小。

若 $\alpha_{BC_{\min}} < \alpha_{BA} \leq \alpha_{BC_{\max}}$ (如图 2 对应 $AB'B''$ 所示的多边形), 则队列中 α_{BA} 对应的前一 BC_i 边 (比 α_{BA} 小) 为该多边形的下一弧段;

若 $\alpha_{BA} = \alpha_{BC_{\min}}$ (如图 2 对应 ABD 所示的多边形), 则 $\alpha_{BC_{\max}}$ 对应的边为下一弧段。

(7) 写该多边形文件, 将 BC_i 排在 AB 之后。

(8) 记 $B = C_i$, 并以此为追踪起始点, 执行第 4 ~ 6 步。

(9) 判断 $B = A$?

若 $B \neq A$ 转第 7 步, 继续;

若 $B = A$ 终止, 完成该多边形记录。

(10) 生成从 A 点出发的下一多边形。

如此循环, 直到完成所有多边形自动生成。

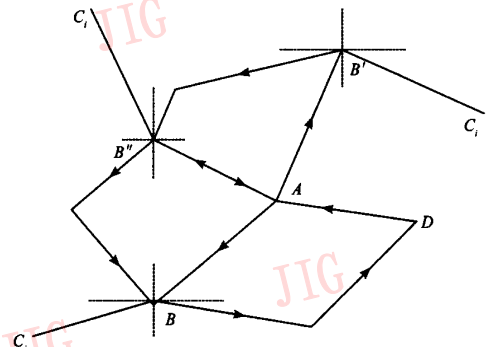


图 2 左转算法生成多边形示意图

Fig. 2 The polygons created by the left algorithm

在图 3 中, 依据左转算法, 以 A 为起点, 可以得到 $ABCD, ADCB$ 两个多边形, 一个多边形被生成了两次, 造成了重复的多边形。对于图 4, 以 A 为起始点, AD 为追踪边, 依据左转算法, 可以得到多边形 P_2 。以 AO 为追踪边, 同理可得到多边形 P_1 , 若以 AB 为追踪边, 则可得到 $ABCDEO$ 多边形, 为无效多

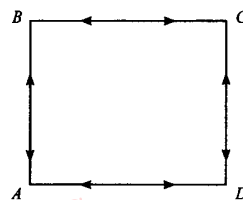


图 3 重复多边形

Fig. 3 Repeat polygon

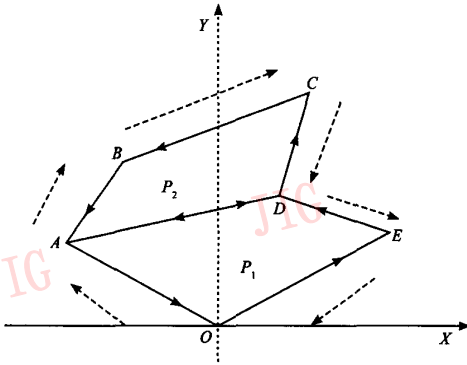


图 4 无效多边形
Fig. 4 Invalid polygon

边形。这是依据左转算法得到的顺时针搜索方向的多边形即右转多边形,因此,为避免生成重复和无效的多边形,需要对多边形的搜索方向进行判断,保证生成多边形的一致性和完整性。

上述介绍的弧段都是线段,即只包含两点,方位角的计算比较简单。而对于多点的弧段,则稍有不同。方位角的计算是根据起点与第 2 点(或倒数第 2 点,根据建立弧段的顺序而定)的角度,其余方法完全一致。

3 多边形搜索方向判断方法

根据左转算法,当以某一弧段为追踪边搜索多边形时,根据方位角的大小来判断下一弧段,并不能判断搜索方向是左转还是右转,但可以找出下一弧段,依次循环查找,若此方向是顺时针方向,则所得到的多边形可能不是合理的多边形。因此,需要对搜索方向进行判断。基于夹角变化趋势判断多边形搜索方向的方法,就是根据所有相邻弧段夹角的和来判断多边形的搜索方向。

3.1 基于夹角变化趋势的判断方法

由左转法则生成的多边形(并不一定是左转多边形),以起始点为原点,根据生成多边形的点组顺序依次做射线,计算由后一方位角减前一方位角的和,若和小于 0 则为顺时针方向即右转,否则为左转。即以夹角变化的总趋势是渐大还是渐小来判断多边形的方向。

如图 5 所示,假设 $OBCDEF$ 为根据左转算法生成的多边形, O 为起点,以 O 为原点,根据多边形的点组顺序分别做射线 OB 、 OC 、 OD 、 OE 、 OF ,依次计算射线的方位角。 $\angle BOC = \alpha_{OC} - \alpha_{OB}$,依次由后一

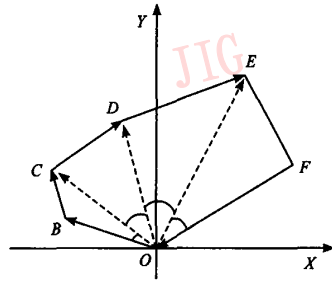


图 5 夹角
Fig. 5 Cut angle

边的方位角减前一边的方位角,得到 $\angle COD$ 、 $\angle DOE$ 、 $\angle EOF$ 的夹角,则总的夹角变化趋势是:

$$\angle BOF = \angle BOC + \angle COD + \angle DOE + \angle EOF$$

从图 5 可以看总的变化趋势是小于 0,即定义为多边形是右转的。同理,对于总的夹角变化趋势是大于 0 的,定义为左转。这样,就可以区分生成的多边形是左转或右转方向。

上述介绍的只是一种凸多边形,对于一些不规则的多边形同样适用。

如图 6 所示,多边形 $OAB CDEF$ 是一不规则多边形,分别做射线 OA 、 OB 、 OC 、 OD 、 OE 、 OF 并计算每一弧段的方位角,按照点组的顺序,根据后一边减前一边的方位角,计算每两条弧段的夹角 $\angle BOA$ 、 $\angle COB$ 、 $\angle DOC$ 、 $\angle EOD$ 、 $\angle FOE$,可以看出, $\angle BOA < 0$ 、 $\angle COB > 0$ 、 $\angle DOC < 0$ 、 $\angle EOD > 0$ 、 $\angle FOE < 0$,但计算后夹角变化的总和是小于 0 的,因此,是右转多边形,反之亦然。

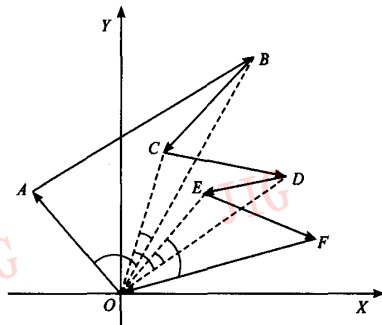


图 6 不规则多边形
Fig. 6 Irregular polygon

上述介绍的两种多边形仍然属于特殊多边形,可以看到,这两种多边形的起始点 O 在坐标系中具有最小的 Y 值,可以正确地描述夹角的变化趋势,而对于包含 1、4 象限的弧段,根据夹角的变化趋势

判断会得出多边形是右转的错误结果。

如图 7 所示,多边形 $OABCDE$,以 O 为起始点,这是一个标准的右转多边形,但是由于 OD 、 OC 分别处于第 4、第 1 象限,根据前面介绍的方位角计算方法, OD 与 OC 的夹角并不能准确描述出夹角的变化,若按上述方法判断,会得出错误的结果。因为生成多边形点组的顺序是固定的,以任何一点作为起点并不影响生成的多边形。因此,可以调整起始点的顺序,保持原有顺序,就可准确判断出多边形的方向。

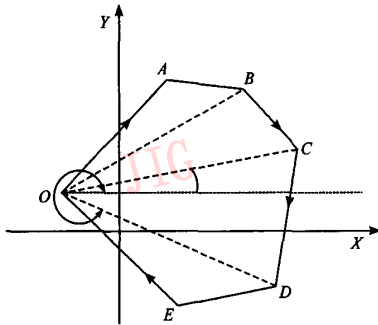


图 7 1、4 象限的夹角

Fig. 7 Cut angle of 1st,4th quadrant

如图 8 所示,以 E 为起始点保持原有顺序,这样就可以准确地描述出夹角的变化趋势,从而准确地判断出多边形的方向。

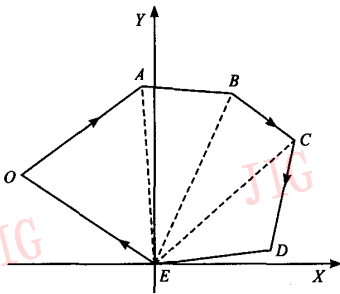


图 8 调整起始点后的多边形

Fig. 8 Changed begin position polygon

根据上述介绍的算法描述,实现具体的步骤如下:

(1) 根据左转算法得到多边形的弧段和有序的点坐标(如图 8 所示的有序点坐标为 $OABCDE$, O 为起始点)。

(2) 在点组中确定具有最小 Y 坐标的点(如图 8 所示的 E)。

(3) 以 E 为起始点对点组进行重新排序,保持原有方向,则点组顺序为 $EOABCD$ 。

(4) 分别计算 EO 、 EA 、 EB 、 EC 、 ED 的方位角。

(5) 由后一弧段的方位角减去前一弧段的方位角,得到 $\angle AEO$ 、 $\angle BEA$ 、 $\angle CEB$ 、 $\angle DEC$ 。

(6) 计算夹角的和 S 。

(7) 若 $S < 0$ 则多边形方向为右转,否则为左转。

3.2 具体实现

根据以上判断方法,通过点坐标和弧段文件,运用左转算法,就可自动生成多边形文件。如图 9,图 10 所示。

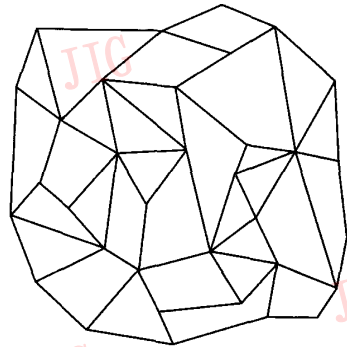


图 9 连接弧段

Fig. 9 Connected lines

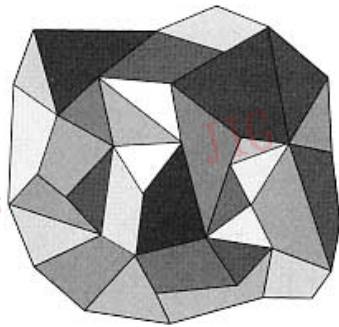


图 10 生成多边形

Fig. 10 Created polygons

4 结 论

根据基于夹角变化趋势判断多边形搜索方向的算法,有效地判断了多边形的搜索方向,避免了无效多边形的生成。该算法可从任一结点进行搜索,不用任何人工干预,通过简单的计算夹角并求和即可判断出多边形的搜索方向,算法简单、结构清晰,运算的效率比较高。可应用于由 CAD 绘出的多边形来自动生成对应的多边形文件。本文不足之处在于

未对复杂的多边形如圆、椭圆等生成多边形文件进行处理。该算法在 Windows2000, VC + + 6.0 下编程实现,并在“内蒙古畜牧草场可持续发展研究”中得到应用,对于有 120 个一级草场构建多边形需要 9s,对于有 13 个行政区域的内蒙古自治区构建多边形只需 0.5s。实验结果表明,该算法可用于由 CAD 绘出的多边形来自动生成对应的多边形文件。

参考文献 (References)

- 1 WU L X, SHI W Z. Principles and Algorithms of GIS[M]. Beijing: Science Press, 2003:254. [吴立新, 史文中. 地理信息系统原理与算法[M]. 北京:科学出版社,2003:254.]
- 2 DU Q Y. Polygons automation organization of map database[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 1989, 18(3):202~212. [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.]
- 3 XU Q R, DU D S, HUANG W, et al. Algorithm of Computer Cartography[M]. Wuhan: Technical University of Surveying and Mapping Press, 1993:155~165. [徐庆容, 杜道生, 黄伟等. 计算机地图制图原理[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社, 1993:155~165.]
- 4 ZHANG C, CHEN B X, WU L. Geography Information Sytem[M]. Beijing: Higher Education Press, 1995:1~10. [张超, 陈丙威, 邹伦. 地理信息系统[M]. 北京:高等教育出版社, 1995:1~10.]
- 5 CHEN C, ZHANG S W, XU G F. Mathematics foundation of topological information construction on GIS[J]. Acta Geodaetica at Cartographica Sinica, 1996, 25(3):266~271. [陈春, 张树文, 许佳芬. GIS中多边形图拓扑信息生成的数学基础[J]. 测绘学报, 1996, 25(3):266~271.]
- 6 YAN H W, YANG Wei-fang, CHEN Quan-gong, et al. A fast algorithm of topological polygon auto-construction based on azimuth calculation[J]. China Journal of Image and Graphics[J], 2000, 5(7):563~567. [闫浩文, 杨维方, 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.]
- 7 ZHOU L X, YAN J, PAN Y H. A graph-based algorithm for generating polygons' topological relationships[J]. Computer Applications[J], 1999, 19(10):37~39. [周立新, 严静, 潘云鹤. 一个基于图的多边形拓扑关系生成算法[J]. 计算机应用, 1999, 19(10):37~39.]