

多边形自动构面算法的实现与优化

孙秀宁,李春光,李守鹏,王姣,宋彦涛

(济南市房产测绘研究院,山东 济南 250001)

摘要:多边形自动构建是空间拓扑关系建立的难点和重点,效率受到多方面因素制约。在分析基于最小角法则的多边形自动搜索算法的基础上,在关联线段、有效多边形、相同线段的筛选等方面进行了改进,优化了多边形搜索、重复多边形筛选以及特殊多边形处理等算法,解决了重复搜索、多边形筛选耗时过长、特殊多边形(桥连多边形)的错误等问题,整体上较大地提高了多边形自动构面的效率,并在房产测绘的实际应用中得到验证。

关键词:自动构面;最小角法则;特殊多边形;算法优化

中图分类号:P209

文献标识码:B

引文格式:孙秀宁,李春光,李守鹏,等.多边形自动构面算法的实现与优化[J].山东国土资源,2017,33(9):97-101.

SUN Xiuning, LI Chunguang, LI Shoupeng, etc. The Implementation and Optimization of Automatic Polygon Surface Construction[J]. Shandong Land and Resources, 2017, 33(9): 97-101.

0 引言

多边形的自动构建是地理数据拓扑关系建立的难点和重点^[1],其算法的自动化、速度、复杂性等多方面都受到一定的制约。随着“智慧城市”的逐步发展^[2],数字化测绘产品的要求越来越高^[3-4]。在地图矢量化过程中,面域构建效率和正确度等都极大地影响着数据的质量^[5-6],有待进一步的改善和优化^[7]。

多边形的搜索是多边形自动构建的关键步骤,也是影响多边形自动构建效率的主要部分。最小角法则通过将各相连线段置于直角坐标系中,通过比较坐标方位角准确定位多边形的边,计算简便,具有一定的准确性^[8]。

该文基于最小角法则,提出了多边形自动构建算法的优化,主要从多边形搜索,重复多边形的筛选,多边形自动构建的正确性3个方面进行了改进^[9-10]。研究表明,该算法较大地提高了多边形的搜索效率,思路清晰易懂,程序实现的工作量小。

1 基于最小角搜索的多边形自动构建算法

1.1 算法思路

多边形搜索的最小角法则是指从一条边 S1 出发,沿一定的方向(顺时针或逆时针),在与 S1 相关联的线段中搜索在顺时针方向与 S1 相邻的线段(图 1)^[11-12]。

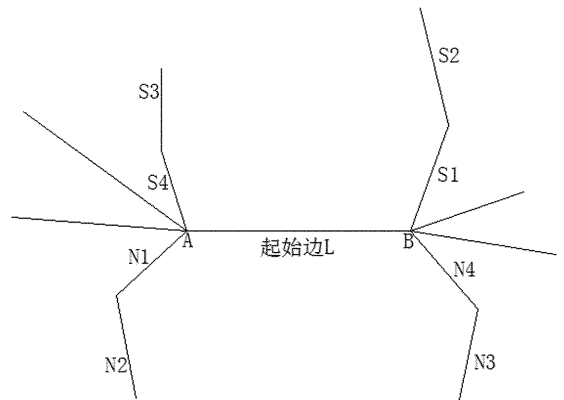


图1 最小角法则

基于最小角原则的多边形搜索是通过遍历各线段作为起始边,分别沿顺时针、逆时针2个方向按照多边形搜索的最小角法则确定离起始边最近的线段,依次搜索直到最后搜索到的线段与起始边重合。具体流程为:以图1中的线段AB作为起始边为例,

收稿日期:2017-02-10;修订日期:2017-05-12;编辑:陶卫卫

作者简介:孙秀宁(1989—),女,山东德州人,助理工程师,主要从事房产测绘、地理信息等相关工作;E-mail:sunxiuning890712@163.com

沿顺时针方向搜索: $AB - S_1 - S_2 \cdots S_3 - S_4 - AB$; 沿逆时针方向搜索: $BA - N_1 - N_2 \cdots N_3 - N_4 - BA$; 最终搜索到 2 个多边形: $L - S_1 - S_2 \cdots S_3 - S_4$ 和 $L - N_1 - N_2 \cdots N_3 - N_4$ (图 2)。

1.2 坐标方位角计算

多边形搜索的最小角法则是取与搜索线段相关

联的线段中在顺时针方向与搜索边最近的线段。该算法利用坐标方位角进行比较, 取与搜索线段的坐标方位角差值最小的线段。坐标方位角是平面直角坐标系中某一直线与坐标主轴(X轴)之间的顺时针夹角, 自 $0^\circ \sim 360^\circ$ (图 3)^[13]。

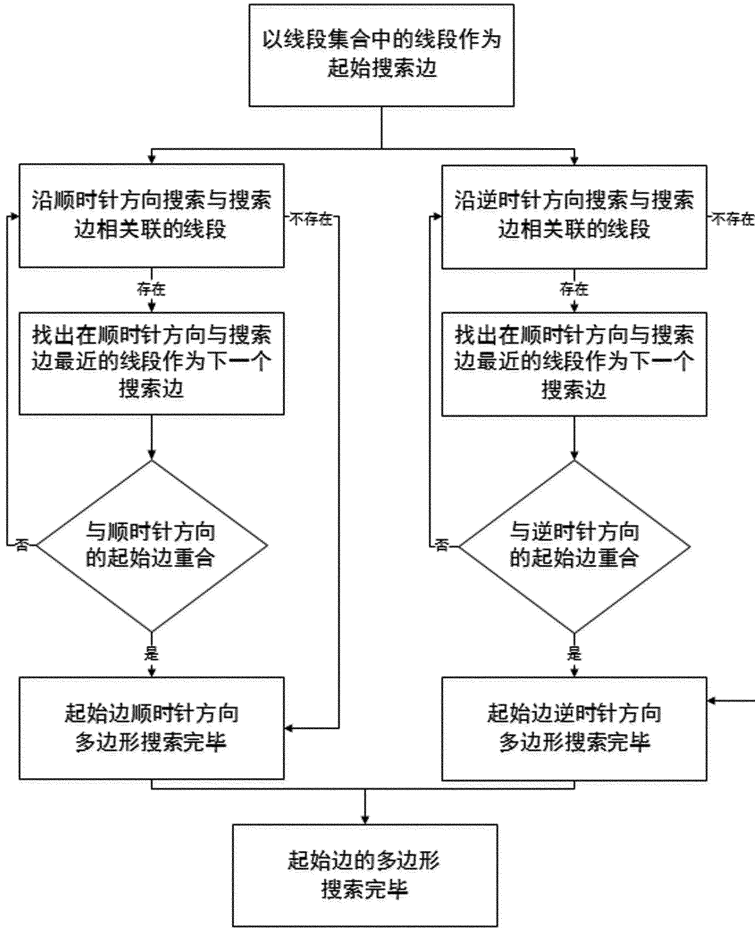


图 2 基于最小角的多边形搜索流程图

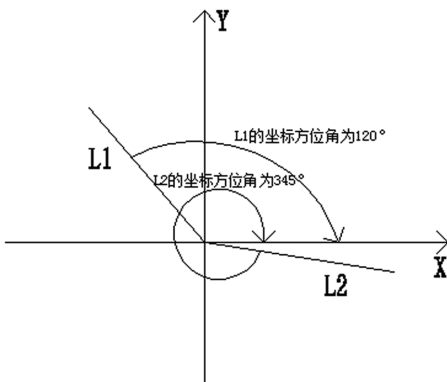


图 3 坐标方位角

已知线段 2 个端点 $A(x_1, y_1), B(x_2, y_2)$, 求线段的坐标方位角 α 。

线段长: $S = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ 。

两坐标点的 Y 坐标差值: $\Delta y = y_1 - y_2$ 。

两坐标点的 X 坐标差值: $\Delta x = x_1 - x_2$ 。

线段斜率: $k = \Delta x / \Delta y$ 。

坐标方位角: $\alpha = \arcsin(\Delta y / S)$, 进行象限判断后得到真正的坐标方位角: $\Delta x > 0$ 时, $\alpha = \arcsin(\Delta y / S) \times (180 / \pi)$; $\alpha < 0$ 时, $\alpha = \alpha + 360$; $\Delta x < 0$ 时, $\alpha = (\pi - \arcsin(\Delta y / S)) \times (180 / \pi)$ 。

将坐标方位角转换为角度, 并统一为正值, 方便

比较大小。

2 算法效率局限性分析

该算法满足常见多边形自动构面需求,但在多边形自动构面的效率和多边形正确构面方面还存在一些局限^[14-15]:①每条线段均要作为起始线段进行顺时针、逆时针 2 次搜索,需要进行 2N 次线段搜索;②每条线段的 2 次搜索都要进行全部相关联线段的搜索、方位角计算及比较,较大地影响了多边形的搜索效率;③构建后的多边形与已有多边形存在重叠、包含等关系,需要进一步地筛选;④存在特殊多边形构面错误的情况^[16]。

由多边形的构成可知,任意一个线段最多只能参与 2 个多边形的构成。因此,每个线段都仅有一次作为起始边的机会,分别沿改线段的顺时针和逆时针 2 个方向搜索即可获得该线段参与构成的多边形。

如图 4 所示,以 L 作为起始边为例,进行顺时针和逆时针 2 个方向的搜索。

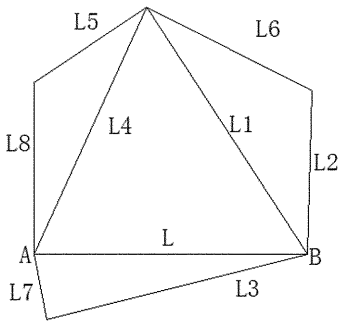


图 4 多边形的搜索

顺时针方向的搜索:沿 A→B 方向(顺时针)搜索相关线段 L1,L2,L3 及对应的坐标方位角(3 次坐标方位角计算),比较坐标方位角大小,选择方位角最小的 L1;以 L1 为搜索边继续搜索相关线段 L4,L5,L6,进行坐标方位角的计算(3 次坐标方位角的计算),比较坐标方位角的大小,选择方位角最小的 L4;以 L4 为搜索边继续搜索相关线段 L,L7,L8,进行坐标方位角的计算(3 次坐标方位角的计算),比较坐标方位角的大小,选择方位角最小的 L,与起始边重合,顺时针方向多边形搜索完毕。

逆时针方向的搜索:沿 B→A 方向(逆时针)搜索 L 的相关线段 L4,L7,L8 及对应的坐标方位角(3 次坐标方位角计算),比较坐标方位角大小,选择方

位角最小的 L7;以 L7 为搜索边继续搜索相关线段 L3,进行坐标方位角的计算(1 次坐标方位角的计算),由于只有一个关联线段,故直接选择 L3;以 L3 为搜索边继续搜索相关线段 L,L1,L2,进行坐标方位角的计算(3 次坐标方位角的计算),比较坐标方位角的大小,选择方位角最小的 L,与起始边重合,逆时针方向多边形搜索完毕。这样就完成了一个起始边的多边形搜索,获得多边形 S1(L-L1-L4)和多边形 S2(L-L7-L3)。

相同起始边不同方向的搜索获得的多边形,以及不同起始边搜索获得的多边形都可能存在包含、重叠等关系,需要进行筛选(图 4)^[17]。

以 L 为起始边进行顺时针和逆时针方向的搜索,获得多边形 S1(L-L1-L4)和 S2(L-L7-L3);以 L1 为起始边进行顺时针和逆时针方向的搜索,获得多边形 S3(L1-L4-L)和 S4(L1-L6-L2);以 L2 为起始边进行顺时针和逆时针方向的搜索,获得多边形 S5(L2-L6-L1)和 S6(L2-L3-L7-L8-L5-L6)。最后多边形集合中包含 S1,S2,S3,S4,S5,S6,...,而多边形 S1 和 S3 为重叠多边形,多边形 S5 和 S6 为重叠多边形,可见多边形集合中存在重叠、包含的情况,需要通过集合中的多边形进行两两比较,筛选出最终有效的多边形^[18]。

基于多边形搜索的最小角法则进行多边形搜索还会出现构面错误的情况(图 5)。以 L4 为起始边,沿顺时针方向搜索多边形,得到多边形 S(L4-L1-L7-L6-L5-L1-L2-L3),而想要得到的多边形是 S1(L2-L3-L4)和 S2(L5-L6-L7)。

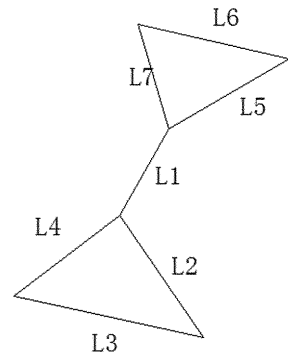


图 5 桥连多边形

3 效率优化

该文从算法效率的局限性出发,改进多边形搜

索方式,改善多边形自动构建流程,最终实现多边形自动构建效率的数倍提升。

3.1 筛选关联线段

每个线段最多只能作为 2 个多边形的构成边,故当以某线段为起始边完成了顺时针、逆时针 2 个方向的多边形搜索后,该线段不再参与其他多边形的构建,即可排除在相关联线段的搜索范围内。这样就减少了线段的遍历及坐标方位角的计算次数,从而提高多边形的搜索效率。

如图 4 所示,以 L 作为起始边,沿顺时针方向进行搜索,得到有效的多边形 S1(L-L1-L4),此时 L, L1, L4 三条线段的顺时针方向均参与了多边形的构成。当以 L4 为起始边进行多边形搜索时,只需要进行 L4 逆时针方向的搜索,得到新的多边形 S1(L-L1-L4),省去了 L4 顺时针方向的搜索和重复或无效多边形的剔除^[19]。

3.2 提前筛选有效多边形

相同起始边不同方向的搜索、不同起始边的搜索获得的多边形都可能存在多边形的包含、重叠等情况。搜索完成后,集合内的所有多边形需要进行两两对比进行筛选^[20],这样在多边形集合比较大的情况下,多边形的遍历次数、2 个多边形的对比次数等都会成倍增加,较大地影响多边形的筛选效率。

为提高有效多边形的筛选效率,减少多边形间的对比、分析,将多边形的对比、分析范围缩小,并将其分散在起始边的多边形搜索中,减少时间消耗,并将时间损耗分散在小步骤中,提高体验效果。在起始边顺时针、逆时针 2 个方向多边形搜索完成后,首先对 2 个多边形进行比较,判断二者的包含、重叠关系:若为重叠,则选其一;若为包含,则选择被包含的小面;若两者无叠加区域,则选择 2 个面。之后对选择的面进行多边形集合内筛选,判断该多边形与集合内所有多边形的包含、重叠关系,进而处理多边形获得有效多边形集合^[21-22]。

如图 4 所示,以 L 为起始边,沿顺时针、逆时针方向进行多边形搜索,得到多边形 S1(L-L1-L4)和 S2(L-L7-L3);S1 和 S2 不存在重叠、包含关系,均为有效的多边形,将多边形 S1, S2 加入集合中;以 L1 为起始边,沿顺时针、逆时针方向进行多边形搜索,得到多边形 S3(L1-L4-L)和 S4(L1-L6-L2),S3 和 S4 不存在重叠、包含关系,均为有

效多边形,再与集合中多边形进行对比,S3 与 S1 重合,故只将多边形 S4 加入到集合中;以 L2 位起始边,沿顺时针、逆时针方向进行多边形搜索,得到多边形 S5(L2-L6-L1)和 S6(L2-L3-L7-L8-L5-L6),S5 与 S6 存在包含关系,故 S6 位无效多边形,将 S5 与集合中的多边形进行比较不存在重叠、包含关系,将多边形 S5 加入到集合中。

3.3 增加线段参与多边形构建的条件

桥连多边形^[23]。桥连多边形的主要特点是 2 个多边形间连接着一个线段,而这个中间连接的线段在多边形搜索时会被重复选中,最后将单线连接的 2 个面错误地连成一个面。为避免桥连多边形构面错误,在进行相关连线段搜索时对选择的方位角最小的线段作标记,避免一个线段被多次重复选择的情况,进而确保桥连多边形的构面正常。

如图 5 所示,以 L4 为起始边,沿顺时针方向搜索多边形,L4-L1-L7-L6-L5-L1,此时 L1 重复两次出现在多边形的构成中,不符合设定的条件,停止多边形搜索,得到无效多边形;沿逆时针方向搜索多边形,得到多边形 S1(L4-L3-L2),为有效多边形,故以 L4 为起始边进行多边形搜索只获得一个多边形 S1(L4-L3-L2)。

4 结论

(1)在分析基于多边形搜索的最小角法则的基础上,优化了多边形搜索、有效多边形筛选以及特殊多边形排除等算法。通过限制线段参与多边形构建的条件,提高了多边形搜索的效率。采用将多边形的筛选化整为零的策略,提高了多边形集合的最终筛选效率,进一步改善了特殊多边形(桥连多边形)的处理。

(2)较大地提高了多边形自动构建的效率。该算法采用 C# 语言,并成功应用于房测之光软件,在试验区 1 000 个图斑自动构建中,可提高效率 8~10 倍,但对“回”字型等更加复杂的多边形还存在部分限制,有待进一步的研究和完善。

参考文献:

- [1] 武安状,赵永兰.基于 CAD 平台下的 ARX 命令之自动构面技术[J].测绘与空间地理信息,2012,(12):169-170.
- [2] 张鹏,韦通,李庆永,等.省市级基础地理信息框架数据联动更

- 新探究[J].山东国土资源,2016,32(11):65-69.
- [3] 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.
- [4] 李金标,童小华,周德意.土地房产 GIS 的拓扑检查与数据预处理[J].三晋测绘,2003,(1):9-12.
- [5] 孙影,李春光.GIS 空间数据拓扑运算在房产测绘中的应用及实现[J].山东国土资源,2015,31(9):86-89.
- [6] 商建伟,姜东兴,王骞颖,等.省级基础测绘 DLG 产品质量控制[J].山东国土资源,2017,33(4):67-70.
- [7] 马静,刘祥磊.基于 ArcGIS 道路多边形构面方法研究[J].遥感信息,2007,(5):78-80+85.
- [8] 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.
- [9] 梁晓文,刘宗岐,陈宜金.基于夹角变化趋势的多边形自动搜索和生成算法[J].中国图象图形学报,2005,(6):785-789.
- [10] 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.
- [11] 闫浩文.基于方位角计算的拓扑多边形自动构建快速算法[J].中国图像图形学报,2000,5(7):563-567.
- [12] 李大军.拓扑多边形自动构建的一种改进算法[J].计算机工程与应用,2005,(16):80-82.
- [13] 陈德标.坐标方位角计算实用通式[J].测绘通报,2006,(2):30-31+69.
- [14] 陈春,张树文,徐佳芬.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.
- [15] 徐庆荣,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.
- [16] 李玉冰,郝杰杰,刘恩海.多边形重心的计算方法[J].计算机应用,2005,(S1):391-393.
- [17] 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.
- [18] 彭认灿,陈子澎,刘国辉.快速确定多边形与多边形包含关系的一种新方法[J].测绘通报,2006,(5):50-52.
- [19] 李春光,赵怡康.自动剪断线算法的设计与实现[J].山东国土资源,2011,27(8):31-40.
- [20] 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.
- [21] 张宏.地理信息系统算法基础[M].北京:科学出版社,2006.
- [22] 夏仁波,刘伟军,王越超.点在平面多边形内外的判断方法[J].机械工程学报,2006,(3):130-135.
- [23] 陈海龙,林克正.多边形的分类及判别方法[J].哈尔滨理工大学学报,2009,(3):33-36.

The Implementation and Optimization of Automatic Polygon Surface Construction

SUN Xiuning, LI Chunguang, LI Shoupeng, WANG Jiao, SONG Yantao
(Jinan Real Estate Measuring Institute, Shandong Jinan 250001, China)

Abstract: The automatic surface construction of polygon is a difficult and important point for the establishment of a spatial topology relationship, and the efficiency is constrained by various factors. On the basis of the analysis of the polygon auto-searching algorithm based on the minimum angle rule, the associated line, effective polygon, the screening of same line and so on have been improved, and the algorithm of polygon search, repeat polygon screening and special polygon processing have been optimized. It can solve the problem of repeated searching, polygon screening is too long, special polygon (such as bridge-junction polygon) errors, etc, greatly improve the efficiency of polygon automatic construction on the whole. It has been proved in the practical application of real estate measuring.

Key words: Automatic polygon surface construction; minimum angle rule; special polygon; algorithm improvement