

长对角线法实现 GIS 中矢量地图面状地物汉字注记的自动配置

姜永发¹ 张书亮¹ 兰小机¹ 阎国年¹

(1 南京师范大学地理信息科学江苏省重点实验室,南京市宁海路 122 号,210097)

摘 要:从图形学角度探讨了面状要素自动注记的问题,认为对于 GIS 矢量地图中大量的复杂面状图形可以通过简化后构建其简单多边形,进而获取简单多边形内的最长对角线作为注记配置的基准线,提出了一种简单快速的地图面状地物汉字注记自动配置的新算法。
关键词:长对角线;面状地物;注记;自动配置
中图法分类号:P208;P283.1

地图注记在机助制图和 GIS 中是重要的信息表达手段,地图注记对地图符号起着补充作用^[1]。

随着计算机技术的发展,地图注记的计算机自动配置成为地图机助制图研究的热点之一。通常,地名注记分为点状、线状和面状注记三类,其中对地图面状地物的汉字注记的自动配置研究,诸多学者提出了多种算法,各算法主要是从汉字注记位置排列的角度进行了研究,具体算法参见文献[2~5]。本文从图形学角度探讨了面状要素汉字注记的位置排列,提出了长对角线法实现矢量地图面状地物汉字注记自动配置的新算法,并与前人研究的结果作了相应的比较。

1 相关概念与定义

1.1 多边形定义及分类

定义 1 设 $p_i=(x_i,y_i),i=1,2,\cdots,n,p_{n+1}=p_1$ 是给定多边形的 n 个顶点,若对任意 $i,j(i\neq j),i,j=1,2,\cdots,n$,线段 $p_i p_{i+1}$ 与 $p_j p_{j+1}$ 或是相邻且相交于一端点或不相交,则称该多边形为简单多边形。

定义 2 设 $p_1,\cdots,p_n,p_{n+1}=p_1$ 是一个简单多边形。若线段 $p_{i-1} p_i$ 与线段 $p_i p_{i+1}$ 所形成的内角(即由该多边形所围有界区域内所形成的角)是

一个不超过 180° 的角,则称顶点 p_i 是凸的;否则,称 p_i 是凹的。由此定义可知,对任意一个简单多边形,其每个顶点或是凸的或是凹的。

一般在几何中所说的多边形均为凸多边形。本文的研究对象包括凸多边形和凹多边形两种,并且对于由曲线构成的面状图形,通过设置一定的阈值对曲面边界进行从曲线向线段的简化,形成数学上的多边形。

1.2 对角线定义与衍生

在多边形中,连结不相邻两顶点的线段称为多边形的对角线;对角线条数 $K=N(N-3)/2$,其中, N 为多边形的边数。在高等几何中一般不对凹多边形的对角线进行研究,原因是凹多边形的对角线可以游离在多边形除顶角外的整个图形之外,但作为算法设计这种情况必须考虑在内,因此对多边形的对角线概念进行适当的衍生,以保证算法的完整性。如图 1 所示, P_1 多边形的非相邻顶角连线 $L_1、L_2、L_3$ 等均视为 P_1 多边形的对角线,而非仅包含在多边形内的由连结不相邻两顶点组成的线段称为多边形的对角线。

2 配置面状要素的汉字注记

2.1 面状要素注记的配置原则

地图面状要素的注记主要包括对水域(海洋、

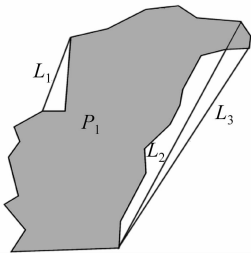


图 1 对角线定义的衍生

Fig. 1 Derivation New Definition from That of Diagonal

河流、湖泊、沟渠、水库等)、行政区域、地域等的地理名称注记。为设计自动配置算法的需要,本文总结面状注记配置的原则如下^[4]。

- 1) 面状要素注记应尽量配置在面域内部,只有当面要素面积小于一定值时,才将其注记放置在面域之外。
- 2) 配置在面域内的注记一般沿水平/竖直放置或沿面状要素的主骨架线配置。

对于第一条原则,如果图形是由线段连接而成的面状图形,可以直接计算图形面积;如果图形由曲线或曲线与线段混合组成的面状图形,则抽取曲线上的特征点和线段的端点连接成新的线段多边形,然后计算它的面积。如图 2 所示,面状图形 P 由 P_0 、 P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_n ($P_n = P_0$) 共 n 个离散点序列描述,其多边形面积计算公式为:

$$S = \left| \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{n-1} \begin{vmatrix} X_i & Y_i \\ X_{i+1} & Y_{i+1} \end{vmatrix} \right| \quad (1)$$

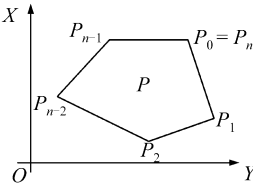


图 2 多边形与其顶点

Fig. 2 Polygon and Its Vertices

在进行矢量面状地物汉字注记自动配置之前,为了确定 S 阈值的大小,可以通过多次调整 S 的大小,最后规定面状图形面积小于 S 的图形不参加长对角线法配置,提高计算的效率,注记可以先放置在图形的某一位置,通过人机交互的方法调整注记的合适位置。

对于第二条原则,文献^[2]沿水平或垂直注记的多边形为规则多边形,否则为不规则多边形。但笔者认为,当多边形(边数大于 4)的面积大于阈值 S 后,可以先统一运用长对角线法提取骨架线的方法配置汉字注记,然后通过人机交互的方法调整注记的位置,如果视觉空间和图形特征允

许的情况下,注记可以优先按水平或竖直放置,以达到图形与注记的视觉和谐。

2.2 长对角线法配置的基本原理和算法

2.2.1 简单面状图形的注记配置

从多边形的边数考察多边形,三角形和四边形可以划分为一类,不但图形简单,而且没有凹多边形的情况出现。首先沿水平和垂直方向配置注记,若不能把注记完全包含在面域内,则采用沿图形长边放置注记。虽然有效长度不及沿四边形的对角线放置的长度,但是沿长边放置注记的视觉效果较好,并且注记放置的走向确定后,在与之相垂直的方向(短边方向),注记尽量往短边的中点配置,如图 3 所示。

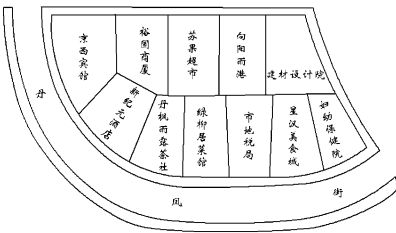


图 3 简单面状图形的注记配置

Fig. 3 Placement of Map Annotation for Simple Polygon

2.2.2 复杂面状图形的形状简化

无论是由线段组成的面状图形,还是由曲线或混合组成的面状图形,其数据结构都是序列化存储了一系列坐标对。所不同的是,线段组成的多边形显示时,没有内插点形成光滑曲线,由曲线组成的面状图形存储的是图形的拐点坐标和相关的控制参数。复杂面状图形的形状简化就是利用现有计算机图形系统存储的一系列特征点,无需其他算法计算获取新的坐标对,提高计算效率,就可以构建新的简化的多边形,为采用长对角线法求图形的骨架线作准备。

复杂面状图形事实上是由封闭的线状图形组成,因而复杂面状边界线的简化可以归结为线状要素的自动综合简化。在目前的有关线状要素图形综合的算法中,有从整体到局部和从局部到整体两种。如 Douglas 方法是从整体到局部的图形综合方法;而基于三角形的纯几何渐进方法属于从局部到整体的综合方法^[6,7]。

本文对基于三角形的纯几何渐进方法进行了一定的改进,算法如下:① 先求出给定的多边形 N 个顶点的 X 值或 Y 值最大或最小的点,一般称其为多边形的极值点,使由这些 X 值和 Y 值最大或最小的点构成的矩形与多边形外接;② 计算原始

有序点集 $\{P\}$ 的相邻 3 个点构成的三角形的面积集合 $\{A_P\}$; ③ 计算 $\min\{A_P\}$, 若得到的最小值为 $\min\{A_{P_i}\}$, 则删除集合 $\{P\}$ 中的点 P_{i+1} , 形成一个新的点集 $\{P'\}$; ④ 计算 $\{P'\}$ 的 $\{A_P\}$, 求 $\min\{A_P\}$, 若它们大于预先设定的三角形面积阈值, 则结束运算; 反之, 则回到②, 此时的 $\{P\}$ 用 $\{P'\}$ 代替; ⑤ 结束循环。对于与外接矩形相接的多边形顶点(大于等于 4 个), 无论是否列为被删除的三角形顶点, 一律被保留, 以更好地保持多边形的原有形状。图 4(a)是利用 Bezier 曲线绘制的曲线多边形; 图 4(b)是图形的节点, 点数为 71 个。为了对多边形进行简化, 忽略图形的曲线控制参数, 并对图形进行外接矩形的处理和基于三角形面积判断的顶点删除, 结果化简为 15 条边的线段多边形, 如图 4(c), 其顶点坐标值如表 1 所示。

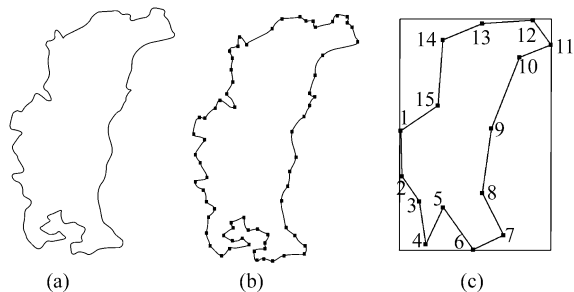


图 4 曲线多边形化简为线段多边形

Fig. 4 Curve Polygon Simplified to Beeline Polygon

表 1 化简后多边形的顶点坐标

Tab. 1 Vertex Coordinates of Simplified Polygon

点号	X 坐标值	Y 坐标值
1	10 344.3	1 150 681.3
2	19 013.1	803 303.4
3	152 781.5	610 067.5
4	201 339.6	279 872.2
5	356 725.6	555 034.9
6	567 144.2	241 025.7
7	800 223.2	351 090.8
8	635 125.5	674 811.6
9	706 344.1	1 170 104.5
10	923 237.1	1 713 955.5
11	1 162 790.5	1 811 071.8
12	1 026 827.8	1 998 829.9
13	635 125.5	1 972 932.2
14	334 065.2	1 846 681.1
15	295 218.7	1 344 913.8

2.2.3 复杂面状图形中长对角线的获取和注记的自动配置

复杂面状图形被化简为十五边形后,根据线段多边形对角线计算公式可得图 4(c)的多边形对角线数为 90 条。第一步算法实现只需考虑相邻顶点的连线从 15 个顶点的任意连线中去掉,即可得到图形的对角线集 $\{D_i\} (i = 1, 2, 3, \dots, 90)$, 如

图 5(a)。第二步算法要去除落在简化多边形区域内的对角线, 对角线集 $\{D_i\}$ 逐一与简化多边形 $\{P_0\}$ 求交, 线对象与面对象的交集可能是线段 $\{L_i\}$ 或点 $\{P_i\}$, 记录获取的线段的长度 $\{M-L_i\}$ (点对象的长度记为零)。与和多边形求交的对角线长度 $\{M-D_i\}$ 比较, 如果 $M-L_i$ 小于 $M-D_i$, 则删除本对角线元素 D_i , 反之保留。计算结果落在多边形内的对角线集 $\{D_j\}$ 的数量为 55 条, 如图 5(b), 每条对角线的顶点组成如表 2 所示。第三步算法只需对落在多边形内的对角线进行长度比较, 取一最大值 $\max\{D_j\}$, 则为所求的最长对角线作为汉字注记自动配置的走向, 亦为复杂面状图形的近似骨架线, D_j 为简化多边形顶点 4 与顶点 13 组成的对角线, $\max\{D_j\}=1\ 747\ 747.8$, 如图 5(c)。

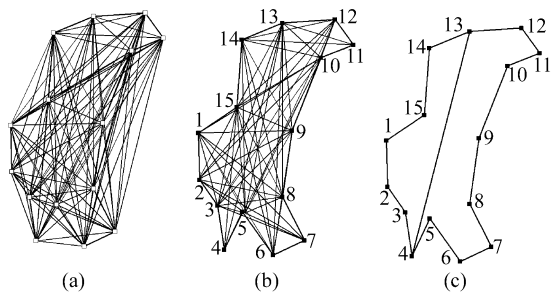


图 5 从简化多边形获取其最长对角线

Fig. 5 Getting Long-Diagonals from Simplified Polygon

获取长对角线作为汉字注记的骨架线后,根据在面状图形内的需配置的汉字字数(假设字数为 N)对 $\max D_j$ 进行 $N+1$ 等分,在等分点上放置汉字注记。汉字的放置走向与对角线的倾角(θ)有关,当 $\{\theta|0 \leq \theta \leq \pi/4\} \cup \{\theta|\pi/2 \leq \theta \leq \pi\}$ 时,汉字的排列走向为从左到右;当 $\{\theta|\pi/4 \leq \theta \leq \pi/2\}$ 时,汉字的排列走向为从右到左。

表 2 简化多边形图形区域内的对角线

Tab.2 Diagonals in the Area of Simplified Polygon

[illegible]

2.3 特殊面状图形的注记方法

由于面状要素的复杂性,多边形的类型众多,很难用一种算法实现所有面状要素的汉字注记自动配置。除了本文前面提到的三角形和四边形无法采用长对角线法配置注记,还有许多种面状图形也无法或不适合用本算法实现,如环状、半环状图形、狭小的面状水系支流构成的图形、十字形图形等特殊面状图形。为此,在配置特殊面状图形的汉字注记时,在利用长对角线法进行注记配置前,对简化的图形增加一步对图形的分割处理。具体算法如下。

- 1) 计算 $\Delta X = \max X - \min X$, $\Delta Y = \max Y - \min Y$, 其中 $\max X$ 、 $\min X$ 、 $\max Y$ 、 $\min Y$ 分别为简化后的多边形顶点 X 最大/最小坐标值、 Y 最大/最小坐标值;
- 2) $\Delta X > \Delta Y$, 图形为东西走向, 进行纵向分割; $\Delta Y > \Delta X$, 图形为南北走向, 进行横向分割;
- 3) 假设在图形内不进行重复注记, 根据汉字注记的字数决定把图形分割为几部分, 若 $N = 3$ (N 为汉字注记的个数), $\Delta X > \Delta Y$, 则取直线 L_1 ($X = \min X + \Delta X / 3$)、直线 L_2 ($X = \min X + 2\Delta X / 3$) 对图形进行纵向三等分;
- 4) 对每一子面状图形利用长对角线法获取各自的最长对角线得到最长对角线集 $\{\max D_j\}$, 其中 $j = N$;
- 5) 取对角线 $\{\max D_j\}$ 各元素的中点, 按顺序在中点配置注记;
- 6) 结束。

3 算法应用实例

根据面状要素注记的配置原则以及长对角线配置矢量地图面状要素汉字注记算法, 采用 ESRI 公司的 MapObjects 作为二次开发包, 以华东某地区 1 : 25 万地图为底图矢量化获得 shape 文件, 行政区名称以标注注记的形式存在 Microsoft SQL Server2000 数据库内。图 6 是运用长对角线法配置的行政区划图行政区域内 13 个地级市的名称试验结果; 表 3 是 13 个地级市的名称的注记骨架线的倾角以及注记走向。

杜瑞颖等利用水平/垂直切割线法实现面状地物名称注记的自动配置, 并以汕头市行政区划图各行政区域为试验区进行了注记配置。限于篇幅, 本文对其同一试验区的饶平市运用长对角线法进行注记配置, 并作以比较, 如图 7。带下划线的注记是本算法的配置结果。试验表明, 本算法

是快捷可行的, 视觉上更为和谐。

表 3 注记骨架线的倾角与走向
Tab. 3 Obliquities and Tendencies of Annotation Placement

城市名称	倾角	注记走向	城市名称	倾角	注记走向
徐 州	131°	从左到右	泰 州	95°	从左到右
连云港	108°	从左到右	南 通	136°	从左到右
宿 迁	63°	从右到左	镇 江	44°	从左到右
淮 安	62°	从右到左	无 锡	43°	从左到右
盐 城	106°	从左到右	苏 州	82°	从右到左
扬 州	88°	从右到左	常 州	39°	从左到右
南 京	99°	从左到右			



图 6 自动注记后的结果示意图
Fig. 6 Results After Automatic Annotation Placement



图 7 两种注记配置算法的结果示意图比较
Fig. 7 Comparison Between Results from Two Algorithm

本文注记的自动配置作为地图综合的一个研究分支, 实现完全自动化还需要大量的深层次的研究, 所谓的自动配置只能是利用算法实现原本大量需要手工完成的工作, 一定程度的人机交互注记配置方式还必不可少, 如本文实例中“徐州”的“州”和“苏州”的“苏”的位置就需要调整。

参 考 文 献

- 1 祝国瑞, 郭礼珍, 尹贡白, 等. 地图设计与编绘. 武汉: 武汉大学出版社, 2001
- 2 杜瑞颖, 刘镜年, 胡启平, 等. 面状注记的自动定位算法. 地图, 1996(4): 50~54
- 3 Du R Y, Liu J N. A Research on Automatic Placement of Geo-Name in Area Feature. Acta Geodaetica-

et Cartographica Sinica, 1999, 28(4): 365~368 (in Chinese)

4 Li Y. An Algorithm of Automatic Name Placement of Area Element. Journal of the PLA Institute of Surveying and Mapping, 1998, 15(1): 54~57

5 Du S H, Du D S, Fan H. A Study on Automated Placement in Area Feature. Journal of Geomatics, 2000(4): 6~8

6 Visvalingam M, Whyatt J D. Line Generalization by Repeated Elimination of the Smallest Area. The Car-

tographic Journal, 1993, 30(1)

7 Guo Q S. Study on Progressive Approach to Graphic Generalization of Linear Feature. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1998, 23(1): 52~56

第一作者简介:姜永发, 博士生, 工程师。现主要从事 GIS 开发与应用及虚拟现实技术研究。
E-mail: gis.nj@163.com

Automatic Placement of GIS Vector Map Annotation in Area Feature by Long-Diagonal

JIANG Yongfa¹ ZHANG Shuliang¹ LAN Xiaoji¹ LÜ Guonian¹

(1 Jiangsu of Geographic Information Science, Nanjing Normal University, 122 Ninghai Road, Nanjing 210097, China)

Abstract: This paper discusses the placement of Chinese annotation from point of view of graphics. Area Feature is classified as simple polygon, complex polygon and special polygon. For simple ones, annotations are placed along the longest edge. For complex ones, firstly the polygons are simplified according to close points, then the longest diagonal is gotten, lastly, annotations are placed along long-diagonal. For special ones, the polygon is partitioned off several parts by a certain rule for getting its sub-diagonals, then its annotation is placed by means of the second.

Key words: long-diagonal; area feature; annotation; automatic placement

About the first author: JIANG Yongfa, Ph.D candidate, engineer, majors in GIS and VR.
E-mail: gis-nj@163.com

(责任编辑: 晓平)

欢迎订阅 2005 年《武汉大学学报·信息科学版》

《武汉大学学报·信息科学版》即原《武汉测绘科技大学学报》,是以测绘为主的专业学术期刊。其办刊宗旨是:立足测绘科学前沿,面向国际测量界,通过发表具有创新性和重大研究价值的测绘理论成果,展示中国测绘研究的最高水平,引导测绘学术研究的方向。本刊为中国中文核心期刊, EI 刊源期刊。为国家优秀科技期刊,并获中国国家期刊奖,入选中国期刊方阵。

本刊主要栏目有院士论坛、学术论文、科技新闻等,内容涉及摄影测量与遥感、大地测量与物理大地测量、工程测量、地图学、图形图像学、地球动力学、地理信息系统、全球定位系统等。收录本刊论文的著名国际检索机构包括 EI、CAS、PAC 等,其中 EI 收录率达 82%,其影响因子长期名列中国高校学报前列。本刊读者对象为测绘及相关专业的科研人员、教师、研究生等。

本刊为月刊,国内外公开发行,邮发代号 38-317,国外代号 MO1555。A4 开本,96 面,定价 8 元/册,每月 5 日出版。漏订的读者可以与编辑部联系补订。