

# 面状要素注记智能化配置方法研究

张晓通<sup>1</sup> 李霖<sup>1</sup> 舒亚东<sup>1</sup> 王红<sup>1</sup>

(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:**讨论了数字制图条件下面要素注记的模式分类及算法,并在 VC++ 环境下将上述算法予以实现。试验证明,应用此算法注记效果符合制图规则,具有较好效率。

**关键词:**地图注记;自动注记;面状要素

**中图法分类号:**P208; P283.1

地图注记是地图生产中一个重要的环节,也是在地图数据采集后最耗时的一项工作。据国外学者统计,一个制图员的平均工作效率是每小时 20~30 个注记,地图注记配置的工作约占整个地图生产过程的 50%甚至更多<sup>[1-3]</sup>。但目前地图注记仍以手工配置或计算机辅助人机交互配置为主,严重影响了地图生产和出版的发展<sup>[4]</sup>。

地图注记与地理要素之间的关系非常复杂,因为注记与其相应的地理要素之间只存在根据优先级、注记与注记之间的冲突、注记与其他地理目标之间的冲突关系进行注记配置。由于制图人员经验及水平不同,注记配置有一定的主观随意性。注记的配置应该符合美学观点,给人以视觉上的美感。当注记过多时,还需进行综合取舍。空间上的几何配置是 NP 难度问题<sup>[5]</sup>。注记自动配置涉及模式识别、图像处理、计算几何等学科,是一个复杂的过程<sup>[6]</sup>。

## 1 面状要素注记过程及模式

Lecordix 等学者<sup>[7-9]</sup> 分别对自动化地图注记配置过程划分进行了总结,整个过程包含候选注记位置的产生、候选注记位置的评价、注记位置的选择 3 个阶段<sup>[4]</sup>。面状要素注记自动配置也基本遵循这个过程。

水系及行政区划面状要素注记可在面的内部,也可在面的外部,而居民地要素只能注记在面的外部。本文所采取的元素自动注记配置流程图

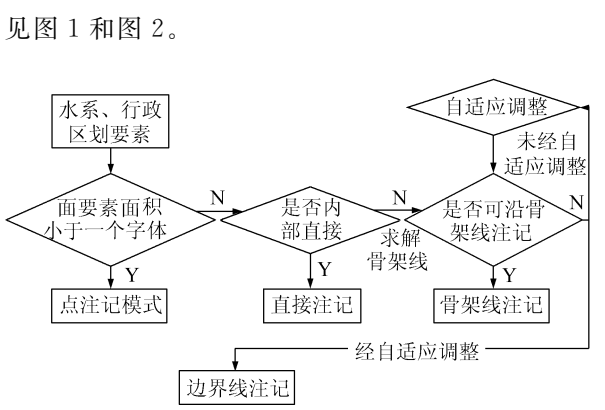


图 1 水系、行政区划要素注记配置流程图  
Fig. 1 Flowchart of Label Placement for Hydrographic and Administrative Area Feature

## 2 面要素注记智能化配置

### 2.1 点模式

点模式适应于居民地要素、水系要素及行政区划等,面要素的图幅面积很小的时候采用点模式的方法进行注记。面要素的面积小于一个注记字体面积,这一类型面要素的注记模式与一般的点要素注记的方法相同。图 3 中的小圆圈代表符号化后的点符号,有 8 个候选注记位置环绕着此点符号,其优先级与图中所示优先级相同,位置 1 优先级最高,随后依次为 2、3、4、5、6、7、8<sup>[1]</sup>。

### 2.2 直接水平或垂直注记模式

直接水平或垂直注记模式适用于面积较大的水系及行政区划要素,不适应于居民地要素,因为

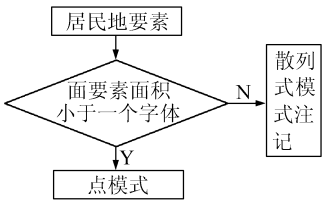


图 2 居民地要素注记自动配置流程图  
Fig. 2 Flowchart of Label Placement for Resident Area Feature

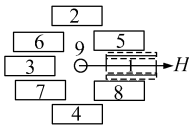


图 3 面要素点模式注记候选位置  
Fig. 3 Candidate Label Positions for Point Mode of Area Feature

居民地要素不允许注记在要素内部。

非面注记点模式,再判断可否直接水平或垂直注于多边形内部算法采用栅格的基本思想。其基本的步骤是:

- 1) 对多边形进行单调化<sup>[10]</sup>,如图 4 所示。
- 2) 多边形外接矩形的栅格剖分,记录其行列号。
- 3) 在每一个栅格几何中心上,按照所要注记的最小外接矩形探测每个栅格中心点是否能将注记外接矩形(按水平或垂直方向)包含在单调化后多边形的内部。如果能,沿所选方向按固定步长增加注记外接矩形的长度,直到外接矩形与单调化后多边形相交前停止。记录栅格点的位置和注记矩形的长度。
- 4) 在被记录所有定位点中选择最优的注记位置。注记的最佳位置描述为:注记矩形几何中心为中心,优先级向四周降低,最后确定注记位置进行配置,如图 4(b)中,矩形框为注记外接矩形。

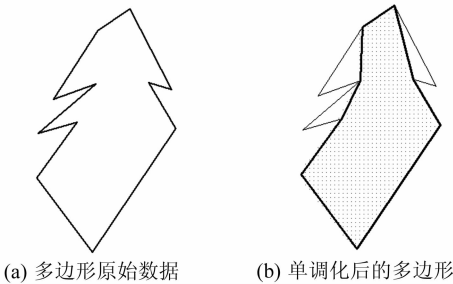


图 4 多边形单调化  
Fig. 4 Monotonizing of Polygon

2.3 骨架线模式

骨架线模式适应于不能直接水平或垂直注记于多边形内部的水系及行政区划要素,不适应于居民地要素。多边形骨架线提取,比较成熟的算法有数学形态学方法、Delaunay 三角网剖分、直线扫描法等。本文选择了 Delaunay 三角剖分的方法求出多边形的骨架线,首先对多边形进行三

角剖分,然后连接所有三角型的重心得到多边形骨架线,如图 5(a)。实际的骨架线往往不能直接连接成一条直线,如图 5(b)。沿骨架线配置注记还需提取骨架线中连通的最长的一条骨架线<sup>[11]</sup>。笔者采用二叉树遍历的基本思想提取骨架线,求取骨架线后按线注记自动配置的方法进行配置。

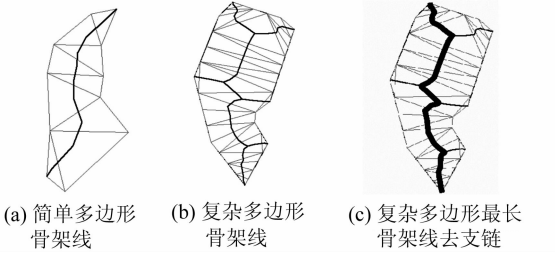


图 5 多边形三角剖分  
Fig. 5 Polygon Triangulation

2.4 边界线模式

水系要素中,如狭长的双线河流,直接注于内部或沿骨架线注记效果不好,此类特征的面域数据最好沿河流一条边界,顺着其流域进行注记,如果河流太长,还要按照 12~15 cm 间隔重复进行注记。

其自动注记的基本步骤是:

- 1) 拆分多边形,将多边形的边界分为左岸和右岸。首先进行多边形三角剖分得到其最长骨架线,然后按照骨架线和多边形数据的交点拆分,如图 6 左上放大图所示。
- 2) 配置注记边界的缓冲线。
- 3) 沿缓冲线按线要素注记自动配置的方法进行配置,如昌化江最终配置的效果如图 6 所示。

2.5 散列式模式

前几种面要素注记模式是针对单个多边形的。但是实际中,可能几个面状要素拥有相同的注记名称,如国家 1:5 万地形图数据中居民地要素。这种情况下不能对每个面状要素都进行注记,这样不仅增加注记的工作量,而且还影响地图的质量。

散列式面状要素注记自动配置的方法如下。

- 1) 面域的合并,即将多边形要素中注记相同,字体、字大、字色等都相同的面域划归为一个整体,对于这个整体只注记一次。地理数据中注记存在同名可能,可根据距离关系处理,如距离过大,则分为二注记,否则,合并为同一个注记体。
- 2) 求同一注记体内,包含的所有多边形面域的凸壳。
- 3) 在获取的凸壳外接矩形上均匀确定 16 个定位点,如图 7 所示,图中圆圈代表图形几何中心,C 表示凸壳面域,R 为凸壳外接矩形。

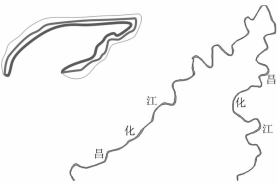


图 6 沿边界线注记  
模式注记效果示意图  
Fig. 6 Diagram  
Label Along the Bor-  
der Line of Area

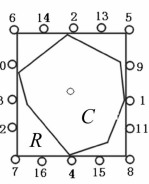


图 7 凸壳外接矩形  
16 方向定位示意图  
Fig. 7 16 Candidate Posi-  
tions on the Enclos-  
ing Rectangle of Convex Hull

4) 求取 16 个定位点距离凸壳上最近的点  
位,在凸壳上确定面注记的 16 个候选位置。此时  
不能直接在定位点进行注记配置,因为可能使注  
记压盖注记凸壳中的面要素,如图 8 中非阴影注  
记矩形。

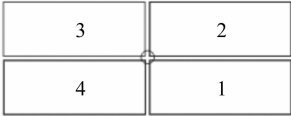


图 8 注记方式  
Fig. 8 Label Mode on Candidate Position

对于任意一注记定位点,注记方式有 4 种可  
能,如图 9,其中小圆圈代表定位点,1~4 代表  
4 种可能的注记摆放位置。据凸壳的性质,在任  
何情况下,至少都可以找到一种注记方式。

图 10 中散列式面域注记效果,基本满足了制  
图要求,读图者可以清楚判读它指代的面域。如  
果可以将注记配置在凸壳内部空白区域,注记效  
果更佳。但是凸壳可能存在这样的配置位置,也  
可能不存在,因此不能将它列入固定的注记候选  
位置中。

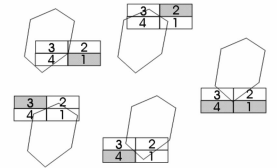


图 9 注记方式选择示意图  
Fig. 9 Selection Strat-  
egies of Labeling Mode  
in Different Cases

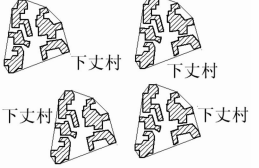


图 10 注记效果示意图  
Fig. 10 Labeling on  
4 Different Candidate  
Positions

凸壳内部注记位置可能是多个,如图 11 所  
示,1~4 代表 4 个内部位置,根据 Gestalt 的接近  
性原则,位置 4 的注记效果更佳。接近性程度的  
定量表达,笔者认为,某种程度上注记外接矩形占

凸壳的内部面积最大,就认为它与注记体的接近  
性程度越高。但这不是判断最优的惟一标准,因  
为当注记进入凸壳的内部时,优先级就相同。因  
此,需要判断注记全部进入凸壳内部优先级确定  
方法:注记的最佳位置为注记外接矩形几何中心  
与凸壳几何中心最近的点。

获得最佳初始注记位置的方法:

1) 对多边形凸壳栅格剖分。

2) 按照每个栅格中心 4 种可能注记位置分  
别判断,注记与注记体内各多边形是否相交。如  
不相交,则对注记的效果评分并记录评分结果。

评分方法是:将注记的外接矩形分为  $N \times N$   
( $N=40$ ) 栅格区域。栅格几何中心代表所属的  
栅格区域  $N_{ij}$ 。用函数  $F(x)$  表示  $N^2$  个栅格点是否  
位于凸壳内。

$$F_{ij}(x) = \begin{cases} 1, & \text{点 } N_{ij} \text{ 在凸壳内} \\ 0, & N_{ij} \text{ 不在凸壳内} \end{cases}$$

评分 (Score) 公式为:

$$\text{Score} = \sum_{i=0, j=0}^N F_{ij}(x) + w * d$$

若  $\sum_{i=0, j=0}^N F_{ij}(x) = N^2$ , 则  $w=1$ ; 否则  $w=0$ ,

其中  $d > 0$ 。  $d$  为注记外接矩形几何中心与凸壳  
几何中心的距离。如果注记评分为 0, 表示注记  
体不能在凸壳内部注记,其最佳初始位置为图 11  
中位置 1 距离凸壳的最近点。

5) 找出记录中得分最高的注记点,此点是其  
最佳初始注记位置,如图 12 所示。

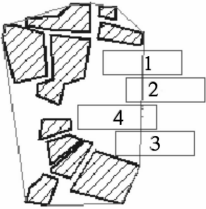


图 11 凸壳内部  
注记示意图  
Fig. 11 Possible Label  
Positions in Convex Hull

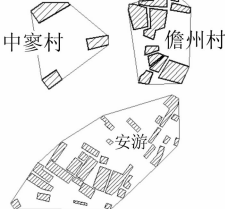


图 12 最佳初始注记位置  
Fig. 12 The Optimal  
Initial Label Position  
in the Convex Hull

### 3 试 验

基于 VC++ 6.0 和 Oracle 数据库研制的  
Mapper 制图软件系统,是基于标准 E00 数据格  
式 1:25 万、1:5 万比例尺的地形图自动化数据  
库制图系统,此系统注记模块采用文中介绍的基  
本算法和思想进行设计,图 13 即为采用此算法进

行注记配置的实际效果。

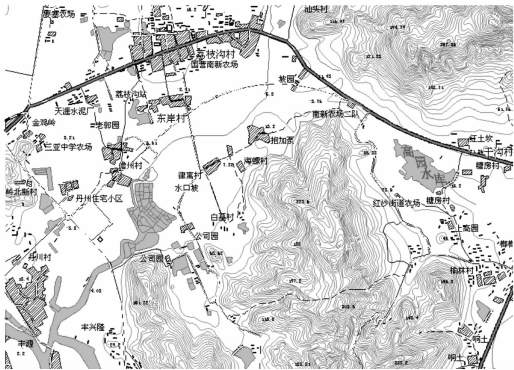


图 13 全要素注记效果示意图  
Fig.13 Topographic Map with Map Labels

参 考 文 献

[1] Freeman H. Automated Cartographic Text Placement[J]. Pattern Recognition Letters, 2005,26 (3) 287-297

[2] Yoeli P. The Logic of Automated Map Lettering [J]. The Cartographical Journal, 1972,9(2): 99-108

[3] Anthony C C, Christopher B.J. A Prolog rule-based System for Cartographic Name Placement[J]. Computer Graphics Forum, 1990, 9(2): 109-126

[4] 樊红. 地图注记自动配置的研究[D]. 武汉:武汉大学,2001

[5] Marks J, Shieber S. The Computational Complexity of Cartographic Label Placement[R]. Technical Report TR-05-91, Harvard C S, 1991

[6] Freeman H. Map Data Processing and the Annotation Problem[C]. The 3rd Scandinavian Conf. on Image Analysis, Copenhagen, 1983

[7] Chirié F. Automated Name Placement with High Cartographic Quality: City Street Maps[J]. Cartography and Geographic Information Science, 2000,27 (2):101-110

[8] Edmondson S, Christensen J, Marks J, et al. A General Cartographic Labeling Algorithm[J]. Cartographica, 1997, 33(4):13-23

[9] Lecordix F, Plazanet C, Lagrange J P, et al. Placement Automatique Des Critures D’une Carte Avec Une Qualit Cartographique. EGIS’ 94, Marrot, 1994

[10] 罗广祥, 马智民, 陈晓明, 等. 基于单调性图形综合的面状要素名称注记定位线确定[D]. 地球科学与环境学报,2004,26(2):75-80

[11] 陈涛, 艾廷华. 多边形骨架线与形心自动搜寻算法研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2004,29(5): 443-446

[12] 杜瑞颖, 刘镜年. 面状地物名称注记自动配置研究[J]. 测绘学报,1999,28(4) : 365-368

第一作者简介:张晓通,博士。从事计算机制图及地理信息系统应用及开发研究。  
E-mail:zxt062@sohu.com

Intelligent Automated Cartographic Text  
Placement of Area Features

ZHANG Xiaotong<sup>1</sup> LI Lin<sup>1</sup> SHU Yadong<sup>1</sup> WANG Hong<sup>1</sup>

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

**Abstract:** Cartographic text becomes the most important facility for transmission of map-information and makes map to be more readable and interpretable. As is known to all, it’s the most time-consuming task to produce a map. The labeling mode and methodology of area features are mainly studied. Then these algorithms are implemented in text placement module of an auto-map system in VC++ environment. A case study shows the sound cartographic results of the labeling is acceptable and computational efficiency.

**Key words:** map labeling; automatic text placement; area feature