

关于 GIS 缓冲区的建立问题*

毋河海

(武汉测绘科技大学土地科学学院,武汉市珞喻路 39号,430070)

摘要 在对多种方法编程实践的基础上,本文对绘制平行曲线特别是形成缓冲区的两种主要方法(角分线法与圆弧法)进行了分析对比。角分线法带来很多异常情况,连同其补充校正措施,该方法就失去其相对简易性。相反,圆弧法是在强化判断(凸凹判断和弦弧可控逼近)的基础上,最大限度地确保双线的等宽性。文中提出二重数学模型:形成双线的几何算法模型和针对自相交问题的关系处理模型。除了重点对单一目标进行研讨外,文末对具有集合特征的树结构和网结构的缓冲区建立问题也进行了原则性讨论。

关键词 平行曲线;缓冲区;缓冲区分析;角分线法;圆弧法

分类号 p283.1; p283.7; p208

1 缓冲区信息处理的意义

在地图与 GIS 信息处理中邻近度(proximity)的确定是一个重要手段。交通沿线或河流沿岸的地物有其独特的重要性,公共设施(商场、邮局、影院、银行、医院、汽车站等)的服务半径,大型水库建设所引起的搬迁、铁路、公路以及航运河道对其所穿越区域经济发展的重要性等,均是一个邻近度问题。对此我们可作这样的归纳:缓冲区是地理目标或工程规划项目的一种影响范围或服务范围(邻近度问题),是地图信息检索与综合处理和 GIS 空间分析的重要功能。

1.1 缓冲区信息处理在环境与生态保护中的应用

在公路穿越地区,噪音与废气是重要的污染源,其中废气对森林生态的危害随着林块远离公路而减弱。飞机场跑道区域的噪音污染引起对附近居民的赔偿。在林业方面,木材的砍伐被限制在距河流一定的范围之内。在对野生动物栖息地的评价中,许多动物活动区域距它们生存所需要的水源或栖息地的距离都在一定的范围之内。在土地评价中,要根据离开交通线或繁华区的远近,进行地价估算等。在地震带,要按照断层线的危险等级,确定沿其两侧不同宽度的地带作为警戒区。

1.2 缓冲区信息处理在规划与决策中的应用

在道路规划中所涉及的地形条带,地下管线铺设时的施工地带,微波通讯山头站之间的断面

条形地带,这些条带地区中的有关地理与专题信息是规划与决策的重要依据。此外,综合考虑多种因素是景观规划时的重要手段,例如,公园和疗养地的选址是辗转实施诸如“靠近交通线”、“沿河流或濒临湖泊”、“包含林块和绿地”等有关缓冲区操作的综合决策。

1.3 缓冲区信息处理在地理数据结构化自动处理中的应用

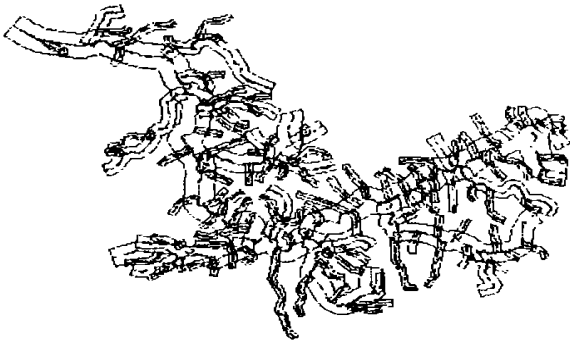
地图与地理信息处理的实质是综合性分析与评价,借此赋予地理实体相应的重要性,为管理与规划决策提供依据和为它们的多比例显示奠定基础。然而,地图和地理信息的综合评价必须在信息结构化的基础上进行,对于简单的数字化面条数据是难以进行有效的分析与处理的。例如,河网树结构、地性线(山脊线与谷底线)的结构化(树结构的自动建立),都要递归地执行缓冲区操作。边防城镇、沿海港口和地形等信息有其独特的不言而喻的重要性,这些都是借助缓冲区操作而实现的。下面用河系树结构的自动生成和制图综合中全局移位场的形成示意图为例,说明缓冲区方法在地图信息处理中的部分应用(图1,图2)。

1.4 缓冲区核心算法——平行双线算法的其它应用

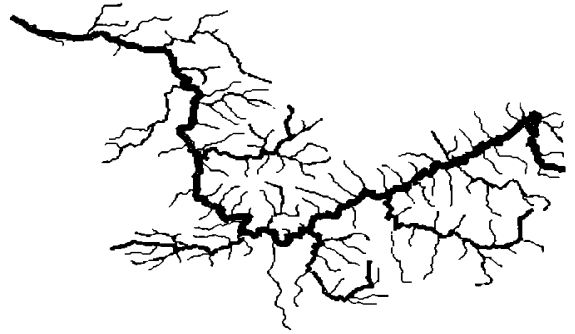
曲线在其加粗过程中会发生小弯曲的融合现象。因此,曲线在加粗后若再恢复其轴线,则原来的细小弯曲可在一定的程度上受到综合或简化,实施曲线的形状综合。此外,平行双线算法还有许多应用,如复杂图形骨架线的形成等。

收稿日期:1997-07-29 毋河海,男,63岁,教授,博士生导师,现从事计算机地图制图与地理信息系统研究。

* 国家自然科学基金资助项目,编号 49571061



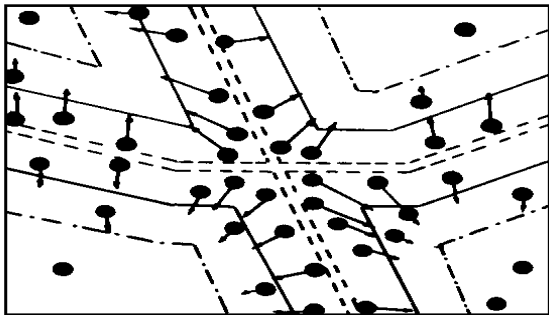
(a) 河 系 缓 冲 区 的 自 动 生 成



(b) 河 系 树 结 构 的 自 动 建 立

图 1 河 系 树 结 构 的 自 动 生 成

Fig. 1 Automatic Generation of River Tree Structure



— 原图比例尺公路符号 — 新图比例尺公路符号
 - - - 移动场范围线 ● → 点位 移位大小及方向
 图 2 制 图 综 合 中 全 局 移 位 场 的 形 成^[9]

Fig. 2 Generation of the Global Displacement Field in Cartographic Generalization

2 缓 冲 区 形 成 的 两 种 基 本 方 法

2.1 矢 量 方 法

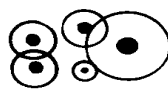
1) 点 目 标 P 的 缓 冲 区: 以 P 为 圆 心, 以 缓 冲 距 E 为 半 径 作 圆 (图 3).



(a) 孤 立 点 目 标 缓 冲 区



(b) 点 群 目 标 缓 冲 区



(c) 分 级 点 目 标 缓 冲 区

图 3 点 目 标 缓 冲 区

Fig. 3 Buffers of the Point Objects

2) 线 目 标 L 的 缓 冲 区: 以 L 为 轴 线, 以 缓 冲 距 E 为 平 移 量 向 两 侧 作 平 行 曲 (折) 线. 在 轴 线 两 端 构 造 两 个 半 圆 弧, 最 后 形 成 圆 头 (蚕 形) 缓 冲 区 (图 4). 在 某 些 应 用 中, 如 在 河 系 树 结 构 的 自 动 建 立 中 圆 头 缓 冲 区 在 查 找 某 河 流 的 左 右 两 侧 支 流 时, 会 带 来 多 余 的 信 息, 干 扰 正 常 的 查 找. 因 此, 为 了 更 方 便 地 适 应 多 方 面 的 需 要, 可 容 易 地 生

成 另 一 种 线 目 标 缓 冲 区—— 方 头 缓 冲 区, 即 在 轴 线 的 两 端 不 用 半 圆 弧, 而 是 用 直 线 把 平 行 于 轴 线 的 左 右 两 条 边 线 的 端 点 连 起 来, 形 成 方 头 缓 冲 区.



(a) 单 线 目 标 缓 冲 区 (b) 一 般 线 网 缓 冲 区 (c) 分 级 线 网 缓 冲 区

图 4 线 目 标 缓 冲 区

Fig. 4 Buffers of the Line Objects

3) 面 目 标 A 的 缓 冲 区: 以 A 的 边 界 线 L_A 为 轴 线, 以 缓 冲 距 E 为 平 移 量 向 边 界 线 的 外 侧 作 平 行 曲 (折) 线 (图 5).



(a) 单 面 目 标 缓 冲 区 (b) 面 群 目 标 缓 冲 区 (c) 分 级 面 目 标 缓 冲 区

图 5 面 目 标 缓 冲 区

Fig. 5 Buffers of the Area Objects

2.2 栅 格 方 法

1) 点 目 标 P 的 缓 冲 区: 以 P 为 点 生 成 元, 借 助 缓 冲 距 E 计 算 出 像 元 加 粗 次 数, 然 后 进 行 像 元 加 粗.

2) 线 目 标 L 的 缓 冲 区: 以 L 为 线 生 成 元, 借 助 缓 冲 距 E 计 算 出 像 元 加 粗 次 数, 然 后 进 行 像 元 加 粗.

3) 面 目 标 A 的 缓 冲 区: 以 A 的 边 界 线 L_A 为 轴 线, 借 助 缓 冲 距 E 计 算 出 加 粗 次 数 并 进 行 像 元 加 粗.

如 果 仅 把 缓 冲 区 作 为 信 息 检 索 手 段, 即 作 为

一种临时的栅格索引,则对生成元作必要的加粗后,任务便告成(图6)若要形成相应的缓冲区实体,则需在完成上述加粗后,还要作边缘提取

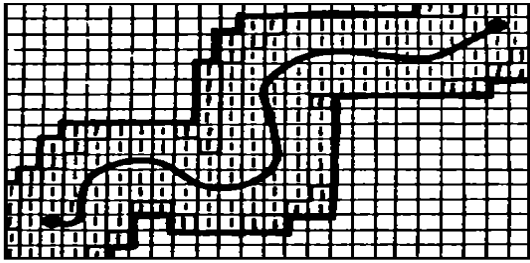


图6 线目标的栅格缓冲区

Fig. 6 Raster Buffer of the Line Object

与矢量方法比较,栅格方法的算法原理与操作实现要简易得多.本文仅对矢量方法中的线目标缓冲区作进一步的研究

3 缓冲区生成的两个主要问题

3.1 核心几何算法——双线算法

双线问题有多种叫法,如计算机图形加粗 (computer graphics thickening), 加宽线 (widening lines), 中心线扩张 (centerline expansion)等.它们指的都是相同的操作.在文献中常见的实现方法是角分线法

3.1.1 角分线法

1) 算法说明

在轴线首末点处,作轴线的垂线并按双线或缓冲区半宽 E 截出左右边线的起迄点;在轴线的其它各个转折点上,用与该点所关联的前后两邻边距轴线的偏移量为 E 的两平行线的交点来生成两平行边线的对应顶点.因此,这个方法也可以叫做“简单平行线法”。

2) 该方法的缺点

a. 难以最大限度地保证双线的等宽性

在尖锐转角处,凸侧角点随着角度的进一步变锐而沿角分线远离轴线顶点.根据图7,远离情况可用下式表示:

$$d = E / \sin(B/2)$$

此式表明,当偏移量 E 不变时, d 随着张角 B 的减小而增大,因而在尖角处平行线之间的宽度遭到破坏。

b. 校正过程复杂

为克服角分线法的缺点,文献 [7] 曾进行了深刻的分析研究,提出了多准则的判别方案,较好地解决了所出现的异常情况。

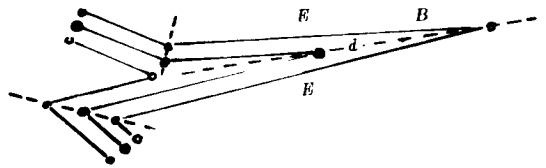


图7 用角分线法生成折线序列的平行线

Fig. 7 Generation of the Parallel Lines for Polygon Using the Angular Bisectrix

c. 算法模型欠结构化

算法模型应包括平行线的几何生成和异常情况处理.首先,几何生成算法欠合理,而大部分异常情况正是由于算法欠合理引起的(即若采用其它算法,那些异常情况可能全部消失).由于异常情况不胜枚举,因而校正措施必然繁杂,模型的逻辑构思不易做到条理清晰,从而难以实现结构化。

3.1.2 凸角圆弧法

1) 算法原理

在轴线首末点处,作轴线的垂线并按双线或缓冲区半宽 E 截出左右边线的起迄点;在轴线的其它各个转折点上,首先判断该点的凸凹特性,在凸侧用圆弧弥合,而在凹侧用与该点所关联的前后两邻边距轴线的偏移量为 E 的两平行线的交点来生成对应顶点(图8).由于在凸侧用圆弧弥合,使凸侧平行边线与轴线等宽.而在凹侧,平行

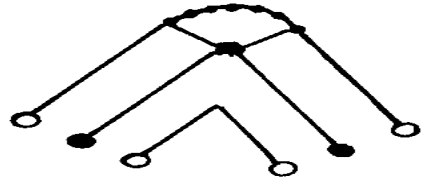
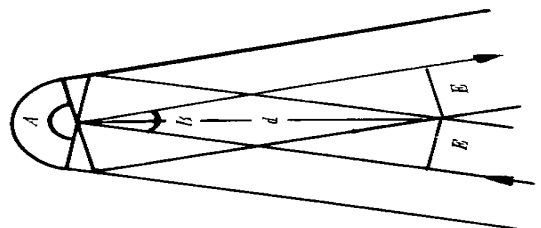


图8 凸角圆弧法原理

Fig. 8 Generation of the Circular Arc for Convex Vertex



$$d = E / \cos(A/2) \text{ 当 } A=0 \text{ 时, } d = E \text{ 或 } d = E / \sin(B/2)$$

图9 凹侧双线宽度与曲线弯曲程度的关系

Fig. 9 The Relationship between Double Line Width and Line Curvature

边线相交在角分线上.交点距轴对应顶点的距离如图9所示.由此可见,该方法能最大限度地保证平行曲线的等宽性,排除了角分线法所带来的众

多的异常情况 (图 10).

2) 主要实施步骤

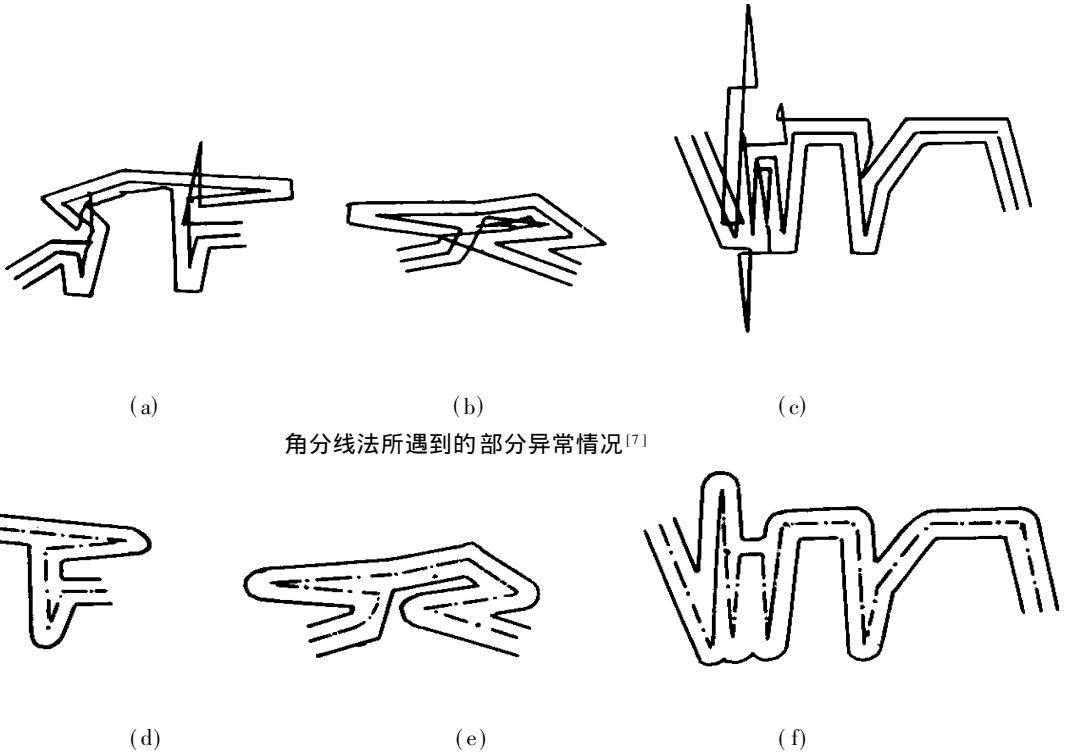
a. 直线性判断

对于相邻三点作直线性判断,用以简化计算过程,特别是当出现相邻三点处于近似共线状态

时,可用简化计算过程代替平行线求交与圆弧连接等

可用的判断方法有:

① 点到直线距离法 可直接利用解析几何中的现成公式:



角分线法所遇到的部分异常情况^[7]

凸角圆弧法自动克服上半图所示的异常情况

图 10 凸角圆弧法与角分线法的比较

Fig. 10 Comparison of Circular Arc Method and Method of Angular Bisectrix

$$h = (Ax + By + C) / [A^2 + B^2]^{1/2}$$

其中 A B C 为相对首末点的直线方程系数; x y 为相对中间点的坐标; h 为中间点到通过首末点直线的距离. 当 h 小于给定限差时,对相邻三点可作直线处理.

② 简化估算法 当求出顶点转角 B (以弧度计) 而偏移量 E 是已知时,可按下述关系式估算相邻三点的直线性:

$$e = E(1/\sin(B/2) - 1)$$

当 e 小于给定限差时,对相邻三点可作直线处理或作近似计算,以减少时空开销.

b. 折点凸凹性的自动判断

折线顶点处的凸凹特性的自动判断是非常重要的,因为它能确保何处需要用圆弧连接和何处需要用直线求交. 这个问题可转化为两个矢量的叉积: 把相邻两个线段看成两个矢量,其方向取为坐标点序方向. 若前一个矢量以最小的角度扫向第二个矢量时呈反时针,则为凸顶点. 反之,为凹顶点.

算法过程如下:

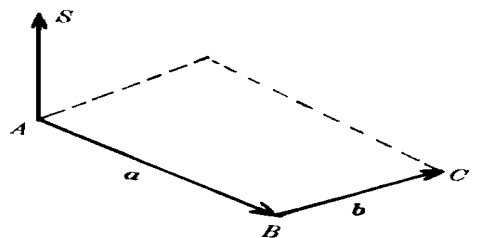


图 11 矢量的叉积

Fig. 11 Cross Product of Two Vectors

由矢量代数可知,矢量 \vec{AB} \vec{BC} 可用其端点的坐标差来表示:

$$\vec{AB} = (X_B - X_A, Y_B - Y_A) = (a_x, a_y)$$

$$\vec{BC} = (X_C - X_B, Y_C - Y_B) = (b_x, b_y)$$

在求矢量的叉积时,遵循右手法则,即当 \vec{ABC} 呈反时针方向时, S 为正,否则为负.

$$S = \vec{AB} \times \vec{BC} = \vec{a} \times \vec{b} = (a_x b_y - b_x a_y) = (X_B - X_A)(Y_C - Y_B) - (X_C - X_B)(Y_B - Y_A)$$

若 $S > 0$, 则 ABC 呈反时针;

若 $S < 0$, 则 ABC 呈顺时针;

若 $S = 0$, 则 ABC 三点共线.

c. 圆弧的嵌入

设圆弧的始边与终边分别为 \vec{A} \vec{B} , 它们的坐标形式分别为:

$$\vec{A} = (a_x, a_y), \quad \vec{B} = (b_x, b_y)$$

由图 12 有 (ϵ 为弦弧逼近误差):

$$a_x = X(1) - X(2) \quad a_y = Y(1) - Y(2)$$

$$b_x = X(3) - X(2) \quad b_y = Y(3) - Y(2)$$

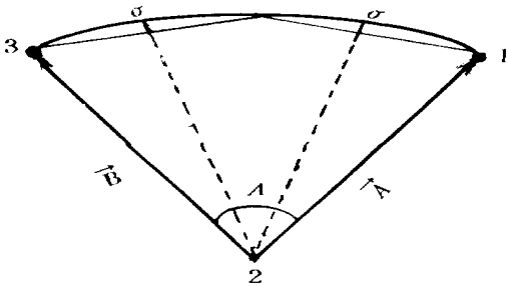


图 12 圆弧的嵌入

Fig. 12 Embedment of Circular Arc

两矢量的数量积为:

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos A$$

而两个矢量的数量积等于它们的坐标乘积之和, 即

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = a_x b_x + a_y b_y$$

由此得:

$$\cos A = (a_x b_x + a_y b_y) / [(a_x^2 + a_y^2)^{1/2} \cdot (b_x^2 + b_y^2)^{1/2}]$$

圆弧上布点的多少, 取决于计算步长 (以角度计) 若把弦线与圆弧的逼近差用半径 (偏移量 E) 来表示, 则可按表 1 所示参数表选取步长.

表 1 圆弧步长的确定

Tab. 1 Determination of Steps for Calculating Circular Arcs.

要求逼近精度 (以 E 或 R 来度量)	1/10	1/20	1/30	1/40	1/50	1/100	1/200
宜采用的步长 (以角度计)	51.7	36.4	29.7	25.7	23.0	16.2	11.4

计算公式: $T = 2 \arccos(1 - \epsilon/R)$

d. 左侧边线的几何形成与自相交关系处理

(详见“边线关系处理”).

e. 右侧边线的几何形成与自相交关系处理

(详见“边线关系处理”).

f. 双线或缓冲区边界的最终形成

3.2 边线关系处理

在绝大多数文献或绘图程序中, 可能是由于所处理的曲线点列相当稀疏且形状和缓, 通常仅涉及绘制双线边线的纯几何计算问题, 对所生成

的曲线信息不作进一步的处理也过得去. 但若适应更为普遍的情况, 就不得不处理边线的自相交问题. 为了阐明这种特殊关系的处理, 我们引进若干有关方向性的概念.

1) 曲线的方向性

以矢量数据格式表示的曲线是具有方向性的, 最自然的方式就是取曲线坐标串的方向为曲线前进方向 (图 13).

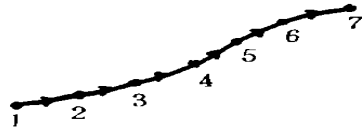


图 13 曲线方向的逻辑取定

Fig. 13 Logical Assignment of Curve Direction

2) 双线两侧边线左右属性的认定

当双线的生成基线 (轴线) 被取定方向后, 其两侧的平行曲线也就自然地获得其左右属性 (图 14).

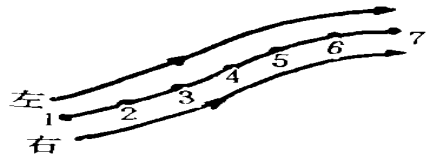


图 14 双线两侧边线左右属性的认定

Fig. 14 Assignment of Left/Right Aspect for Double Parallel Lines

3) 左右边线内外侧的认定

根据边线与轴线的关系, 可为各条边线的两侧赋以相应新属性: 内侧与外侧. 朝向轴线的一侧取为内侧, 背向轴线的一侧取为外侧 (图 15).



图 15 平行双线内内外侧的确定

Fig. 15 Determination of Inside/Outside of Parallel Lines

4) 边线自相交问题的处理

当轴线的弯曲空间不能容许双线的边线无压盖地通过时, 产生边线自相交问题, 形成若干个自相交多边形 (图 16).

自相交多边形分为两种情况: 岛屿多边形与重叠区多边形

a. 岛屿多边形及其自动识别

① 岛屿多边形的形式定义. 由图 16 看出, 岛屿多边形的边线矢量呈离心辐射状, 但这个特征

不便于作为判别标志,可作为判别标志的是其封闭多边形的点序方向。对于左边线,岛屿多边形呈反时针方向;对于右边线,岛屿多边形呈顺时针方向(图 17,图 18)。这个特点具有对称性

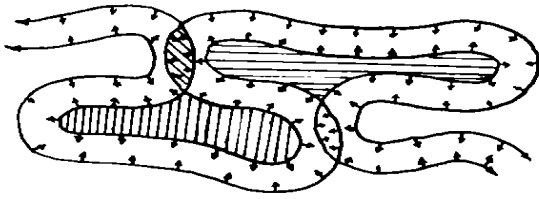


图 16 边线自相交多边形的形成

Fig. 16 Forming the Self-Intersection Polygons of Generated Parallel Line

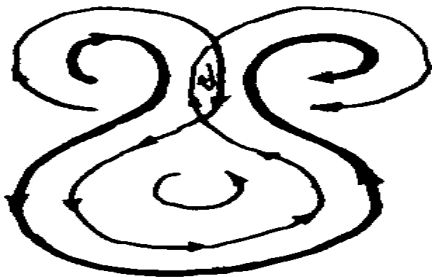


图 17 左边线的岛屿多边形与重叠区多边形

Fig. 17 The Island and Overlap Polygons of Left Parallel Line

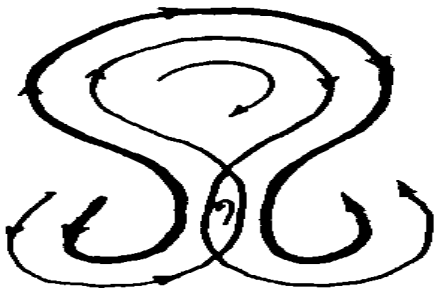


图 18 右边线的岛屿多边形与重叠区多边形

Fig. 18 The Island and Overlap Polygons of Right Parallel Line

② 岛屿多边形的自动判别。岛屿多边形自动判别的实质在于多边形顺/反时针方向的判别。为此,可选择多边形的任意一个外接极值点及其前后相邻点,利用矢量叉积原理来判断多边形的方向性。岛屿多边形是双线(或缓冲区)边线的有效组成部分。

b. 重叠区多边形及其自动识别

① 重叠区多边形的形式定义。由图 1 和图 18 可以看出,重叠区多边形的边线矢量呈向心汇集状。其判别标志是:对于左边线,重叠区多边形呈顺时针方向;对于右边线,重叠区多边形呈反时针

方向。这个特点也具有对称性

② 重叠区多边形的自动识别。显然,重叠区多边形的自动识别也在于多边形方向性的识别。重叠区多边形不是双线(缓冲区)边线的有效组成部分,不参于双线(或缓冲区)有效边线的最终重构。

3.3 边线的最终形成

在最简单的情况下,两条边线各由一条折(曲)线构成。在一般情况下,即当存在岛屿和重叠区时,最初所计算的边线在此被分割为几个部分:外部边线和若干个岛屿。这就要求用复合(复杂)目标的结构来组织与管理它。

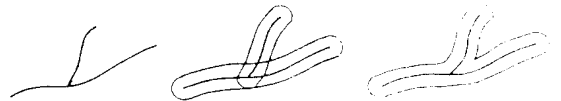
对于绘制双线来说,只要把最外围边线和岛屿轮廓绘出即成。对于缓冲区检索来说,在按最外围边线所形成的圆头或方头缓冲区检索之后,要扣除按所有岛屿所检索的结果。

4 树结构与网结构缓冲区的建立

可用下述方法来实现树结构与网结构缓冲区的建立。

4.1 逐个实体生成+ 逻辑并

树结构的有关线状要素是连通的或是相交的。因此,当采用逐个实体生成与逻辑并的实质是要进行每两个多边形的求交,并删除落入多边形内部的线段。



(a) 线状要素 图形 (b) 逐实体形成缓冲区 (c) 逻辑并后的缓冲区图形

图 19 逐个实体缓冲区的生成及其逻辑并

Fig. 19 Generating the Buffers Entity by Entity and Their Logical Union

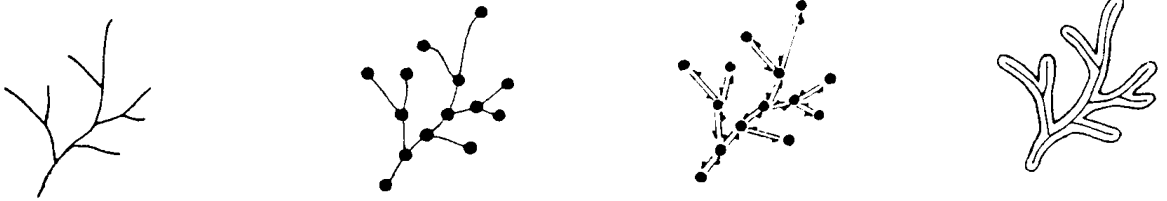
4.2 树结构与网结构的包络法

4.2.1 树结构包络法

在具有树结构的情况下,可模拟 Lucasiewicz 算法^[10]来形成树结构的包络:从树根链段出发,在右侧距轴线的偏移量为 E 作平行线逆流而上,遇到源头顺流而下,只要有可能便逆流而上,最后回到树根(图 20)。其基本实现步骤如下:

1) 树结构实体的线段化

以河系树为例(图 20(a)),从主到次将各个实体在交点处进行分割而实现线段化(图 20(b)),并形成各线段坐标。



(a) 自然界的树结构 (b) 树状图形的线段化 (c) 双向段坐标的形成 (d) 形成包络线的 Lucasiewicz 算法

图 20 建立树结构包络的 Lucasiewicz 算法

Fig. 20 Lucasiewicz Algorithm for Generating the Tree Envelope

2) 形成双向坐标串

根据各线段原有坐标生成基反向坐标串,形成双向坐标串.约定“顺流”为正向,“逆流”为反向(图 20(c)).

3) 包络线的形成

从任一结点出发,执行 Lucasiewicz 算法(图 20(d)).

4.2.2 复杂网结构缓冲区的生成

对于复杂的网结构数据,如果未对其建立拓扑结构,则需首先进行预处理使之结构化.拓扑结构提供全部独立的最小多边形.这时,其缓冲区的建立的主要步骤如下:

1) 把每一个独立多边形作为一个环路看待,作其等距内平行曲线

2) 对所有独立多边形作逻辑异或(XOR),得出它们的外围边界线(图 21 中的粗线)

3) 对外围边界线以及“生长”于其上的枝叉,从任一结点出发,反时针作其右平曲线

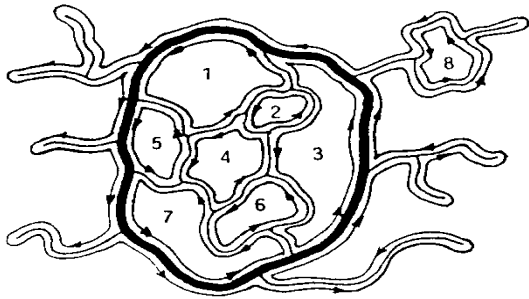


图 21 复杂网结构的缓冲区

Fig. 21 Buffer of the Complex Network

参 考 文 献

- 1 陈龙飞.机助绘图时画平行线的一种算法.测绘通报,1987(3): 36~37
- 2 王延亮,马俊海.机助制图中画平行线的又一方法.测绘通报,1988(4): 29~32
- 3 江宝祥.两已知直线平行线的交点计算法之改进.测绘技术,1995(3): 10~14
- 4 徐龙文,邵子法.机助绘图时画平行线的一种算法.地图,1989(4): 51~54
- 5 杜道生.沿境界线绘制晕线的方法.武汉测绘学院地图制图自动化研究室,1983
- 6 杜道生.专题地图上面状符号内晕线的自动绘制.武汉测绘学院学报,1980(1)
- 7 程鹏根,龚健雅.机助制图中平行线的绘制方法及其特殊问题的处理.武测科技,1994(1): 43~52
- 8 李沛川.全局移位场方法在地图要素移位中的应用: [学位论文].武汉:武汉测绘科技大学,1994
- 9 李沛川.制图自动综合中线状要素符号自身的扩大所产生的移位及相关要素的移位.武汉测绘科技大学地图制图系,1993
- 10 本德 E A.数学模型引论.北京:科学普及出版社,1982.
- 11 黄杏元,汤勤.地理信息系统概论.北京:高等教育出版社,1989.
- 12 李德仁,龚健雅,边馥苓.地理信息系统导论.北京:测绘出版社,1993.
- 13 王学军,贾冰媛.地理信息系统.北京:中国环境科学出版社,1993.
- 14 周成虎.地理信息系统技术.北京:中国科学技术出版社,1996.
- 15 美国环境系统研究所. ARC/INFO 地理信息系统(用户指南).中科院地理所资源与环境信息系统实验室,1988.
- 16 毋河海.地图数据库系统.北京:测绘出版社,1991.
- 17 毋河海.作为空间信息系统核心的地图数据库系统.武汉测绘科技大学学报,1986(1): 20~31
- 18 毋河海.地图信息的拓扑检索.武汉测绘科技大学学报,1986(3): 62~73
- 19 毋河海.地理信息的集成处理.黄土高原地区综合开发治理模型研究.北京:科学出版社,1990. 409~425
- 20 毋河海.用于 GIS 空间分析的智能检索.见:海峡两岸测绘学术交流论文集.武汉测绘科技大学,1992. 238~244
- 21 毋河海.微机地理信息系统 MCGIS 的研究.见:黄土高原(重点产沙区)信息系统研究(续篇).北京:测绘出版社,1993. 30~60
- 22 毋河海.地理信息的集成处理(修改稿).见:黄土高原(重点产沙区)信息系统研究(续集).北京:测绘

- 出版社, 1993. 241~ 270
- 23 毋河海. 机助地图制图 地理信息系统 (CC/GIS) 研究. 测绘遥感信息工程国家重点实验室 1993~ 1994 年报, 1994. 135~ 147
- 24 毋河海. 河系树结构的自动建立. 武汉测绘科技大学学报, 1995, 20 (地图水系与地貌自动综合研究专辑): 7~ 14
- 25 毋河海. 自动综合的结构化实现. 武汉测绘科技大学学报, 1996, 21 (3): 277~ 285
- 26 杨立, 吴健康. 以物体为中心的行程编码及其在智能地理信息系统 (KGIS) 中的应用. 见: 黄土高原 (重点产沙区) 信息系统研究. 北京: 测绘出版社, 1988. 58~ 69
- 27 吕刚, 吴健康. 智能地理信息系统中物体的空间位置及推理. 见: 黄土高原 (重点产沙区) 信息系统研究. 北京: 测绘出版社, 1988. 70~ 79
- 28 Bader M, Weibel R. Detecting and Resolving Size and Proximity Conflicts in the Generalization of Polygonal Maps. In: Proceedings of the 18th ICA/ACI International Cartographic Conference. Stockholm, 1997 (3): 1525~ 1532
- 29 Cheng P, Xue G. A New Method of Calculating Parallel Lines and Application Issue. Geoinformatics' 96 Wuhan, 1996. 29~ 34
- 30 Christensen Albert H J. Parallel Pairs in Automated Cartography. Cartographica, 1986, 23 (4): 62~ 78
- 31 ERSI (Environmental Systems Research Institute). Arc/Info Users Guide. Release Notes Version 4.0. 1988.
- 32 Lee I-K, Kim M-S, Elber G. Planar Curve Offset Based on Circle Approximation. Computer Aided Design, 1996, 28 (8): 617~ 630
- 33 Wu H. Integrated Processing of Geographic Information. In: Proceedings of the Symposium "PROGRESS IN DATA ANALYSIS". Vol. 28, Part 3/2. COMMISSION III OF ISPRS. Wuhan 1990. 1008~ 1015
- 34 Wu H. Intelligent Selections for Spatial Analyses. In: Proceedings of the International Colloquium on Photogrammetry, Remote Sensing and Geographic Information System. LIESMARS, 1992. 134~ 137
- 35 Wu H. Topological Selections in Broad Sense. In: Proceedings of the 16th ICA/ACI International Cartographic Conference. Germany: Cologne/Koeln, 1993. 349~ 356
- 36 Wu H. Complex Object Handling in GIS. In: Proceedings of the 3rd International Workshop on GIS. Beijing, 1993. 107~ 116
- 37 Wu H. Structured Approach to Implementing Automatic Cartographic Generalization. In: Proceedings of the 18th ICA/ACI International Cartographic Conference. Sweden: Stockholm, 1997 (1): 349~ 356
- 38 Xiang W, Stratton W L. The B-Function and Variable Stream Buffer Mapping: A Note on "A GIS Method for Riparian Water Quality Buffer Generation". IJGIS, 1996, 10 (4): 499~ 510
- 39 Yoeli P. Cartographic Drawing with Computer. Computer Applications, 1982, (8): 74~ 92

Problem of Buffer Zone Construction in GIS

Wu Hehai

(School of Land Science, W T U S M, 39 Luoyu Road, Wuhan, China, 430070)

Abstract On the basis of program practice concerning several approaches to construct buffer zone for cartographic and GIS data handling. Analysis and comparison between method of angular bisectrix and method of circular arc are analyzed. The former often brings out graphic anomalies which can require further multi-criteria judgement and corresponding correction processing. That would make this method difficult to be used. As the opposite with the method of angular bisectrix a circular arc method for construction of double parallel lines of buffer boundary has been developed. The latter method is based on the enhanced judgements (convex/concave judgement, controllable chord to arc approximation) guaranteeing the width equality to the utmost extent. The core issue is the treatment of circular arc method which is based on the double mathematical models: the geometric model for constructing the double parallel lines and the relation handling model for detecting the islands and overlapping

areas. Both islands and overlapping areas have symmetric structure properties. Islands of left bound line appears in anticlockwise, but overlapping areas clockwise. For right boundary line the situation is completely opposite. The island polygons should serve as components of final parallel lines or buffer boundaries. At last, scheme of construction buffer zones for tree structure of line objects and complex network configuration is proposed.

Key words parallel curved lines; buffer zone; buffer zone analysis; angular bisectrix; circular arc