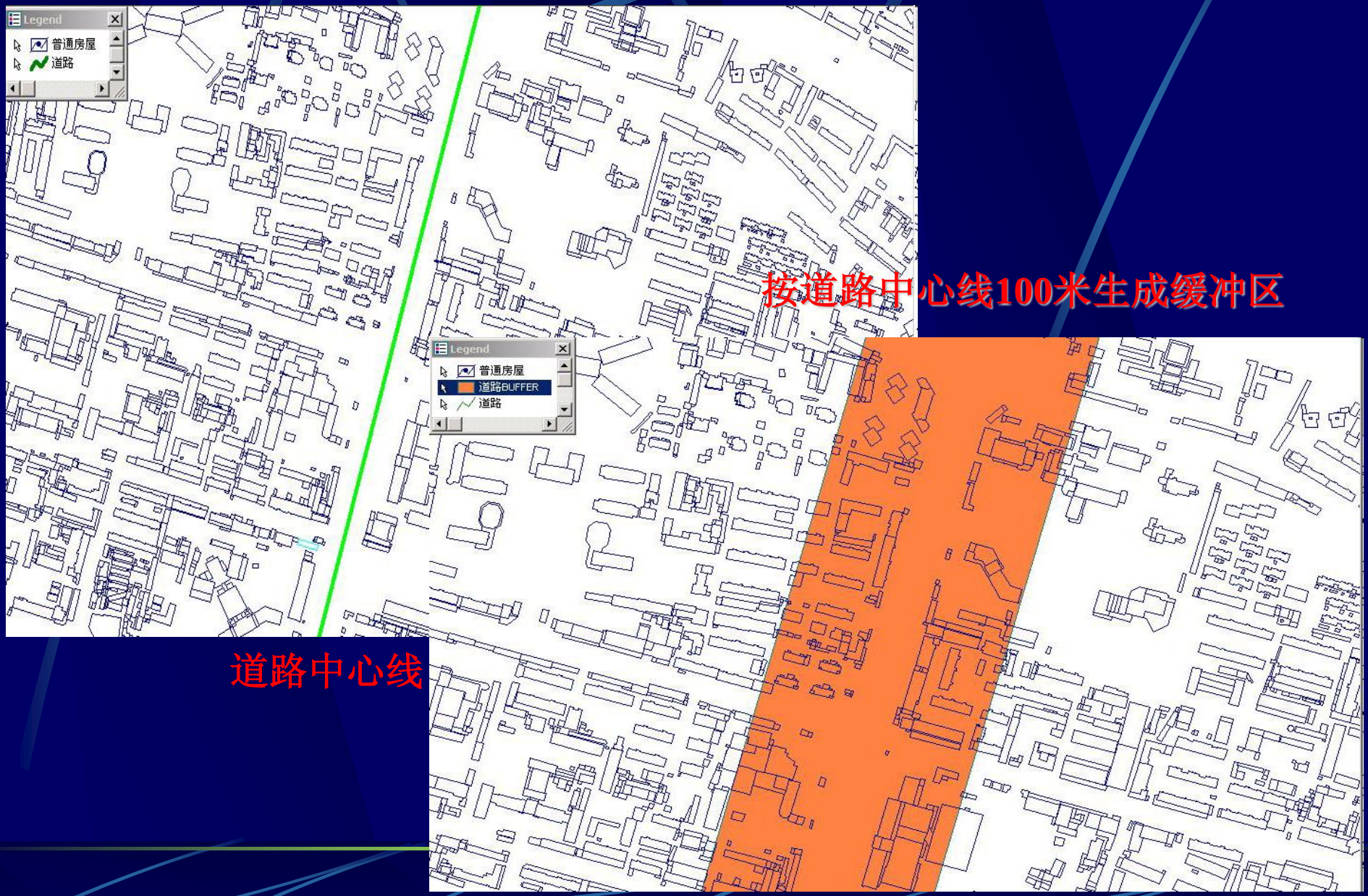
第10章　缓冲区分析算法


Legend
普通房屋
道路
Legend
普通房屋
道路BUFFER
道路
按道路中心线100米生成缓冲区
道路中心线

主要内容

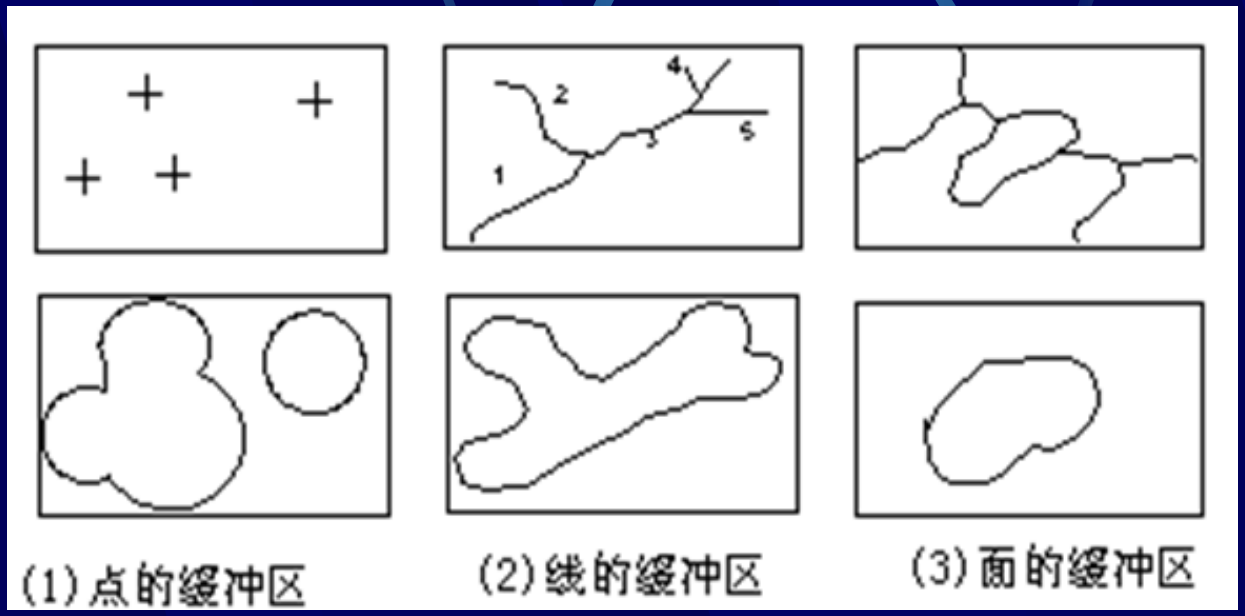
- 缓冲区分析概述
- 缓冲区边界生成算法基础
- 点缓冲区边界生成算法
- 线缓冲区边界生成算法
- 面缓冲区边界生成算法
- 多目标缓冲区合并算法

缓冲区分析概述

- 邻近度（Proximity）描述了地理空间中两个地物距离相近的程度度，其确定是空间分析的一个重要手段。
- 交通沿线或河流沿线的地物有其独特的重要性，公共设施的服务半径；大型水库建设引起的搬迁；铁路、公路以及航运河道对其所穿过区域经济的发展的重要性的影响范围；湖泊和河流周围的保护区的定界；汽车服务区的选择；民宅区远离街道网络的缓冲区的建立等，均是一个邻近度问题。
- 缓冲区分析是解决邻近度问题的空间分析工具之一。

缓冲区分析概述

- 缓冲区定义
  - 所谓缓冲区就是地理空间目标的一种影响范围或服务范围。
  - 从数学的角度看，缓冲区分析的基本思想是给定一个空间对象或集合，确定它们的邻域，邻域的大小有邻域半径R确定。



缓冲区分析概述

- 缓冲区定义
  - 对象 O_i 缓冲区可定义为：
  - $B_i = \{x:d(x, O_i) <= R\}$
  - 即对象的半径为R的缓冲区为距离对象距离d小于或等于R的全部点的集合。d一般是欧氏距离，也可以是其他定义的距离。对于对象集合
  - $O = \{O_i : i=1, 2, \cdots, n\}$
  - 其半径为R的缓冲区是各个对象缓冲区的并。

$$B = \bigcup_{i=1}^{n} B_i$$

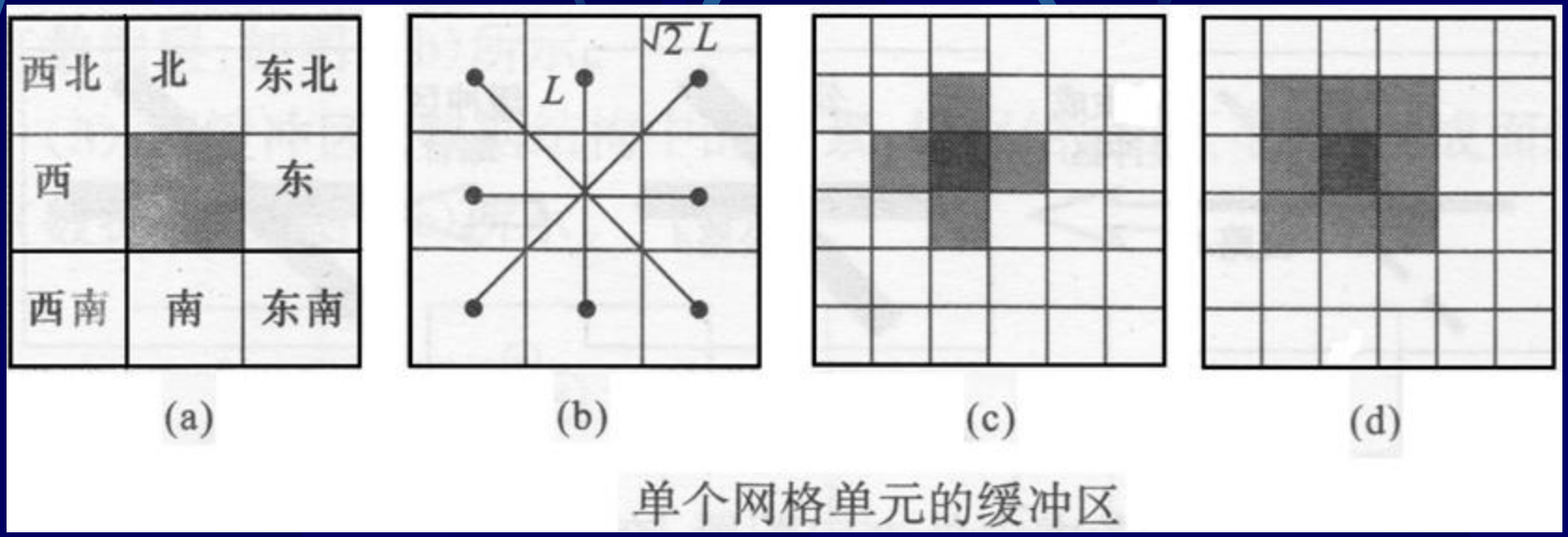
缓冲区分析概述

- 缓冲区实现算法有矢量方法和栅格方法两种。其中矢量方法数据量小，方法相对成熟，栅格图像需要进行栅格像元之间进行布尔运算，当缓冲区较大时会带来较重的运算负荷，实际运用中存在一定的局限性。

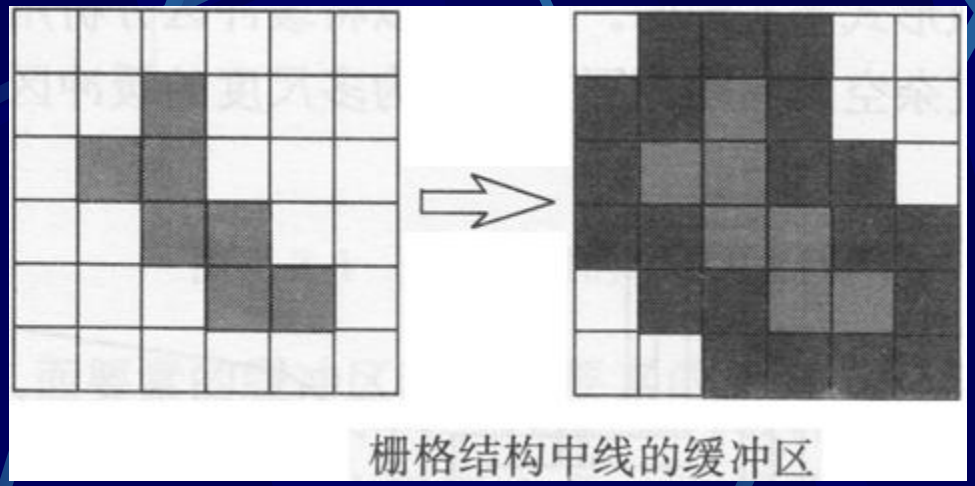
- 缓冲区计算的基本问题是双线问题。双线问题有很多另外的名称，如图形加粗，加宽线，中心线扩张等，它们指的都是相同的操作。

栅格数据缓冲区

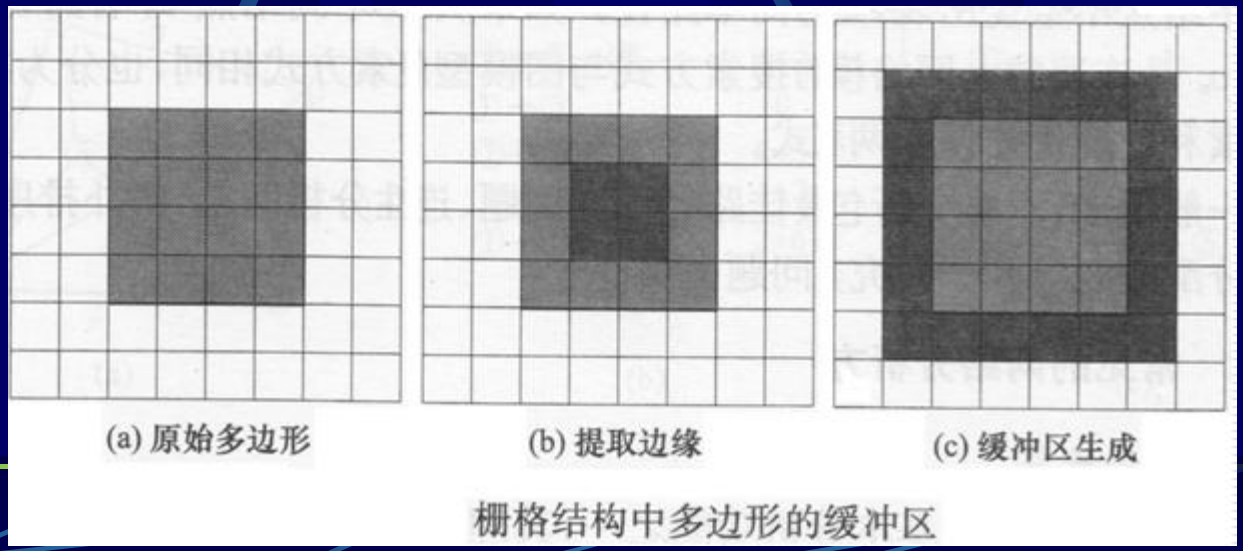
- 栅格数据的缓冲区分析通常称为推移或扩散（Spread），推移或扩散实际上是模拟主体对邻近对象的作用过程，物体在主体的作用下沿着一定的阻力表面移动或扩散，距离主体越远所受到的作用力越弱。



栅格数据缓冲区



栅格结构中线的缓冲区



(a) 原始多边形　(b) 提取边缘　(c) 缓冲区生成

栅格结构中多边形的缓冲区

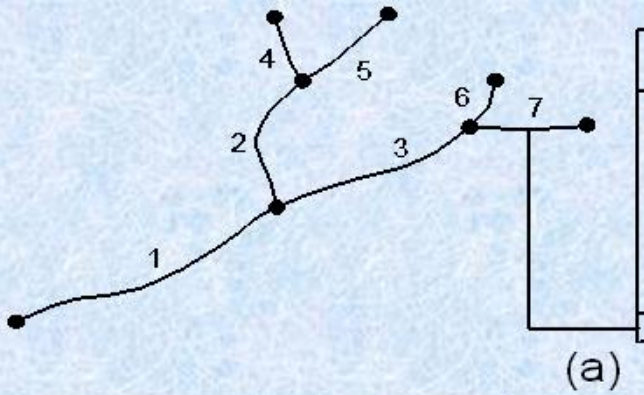
矢量数据缓冲区

实例

另外，还有特殊形态的缓冲区，如点对象有三角形、矩形、圆形；线对象有双侧对称，双侧不对称或是单侧缓冲区，对于面对象有内侧和外侧缓冲区。

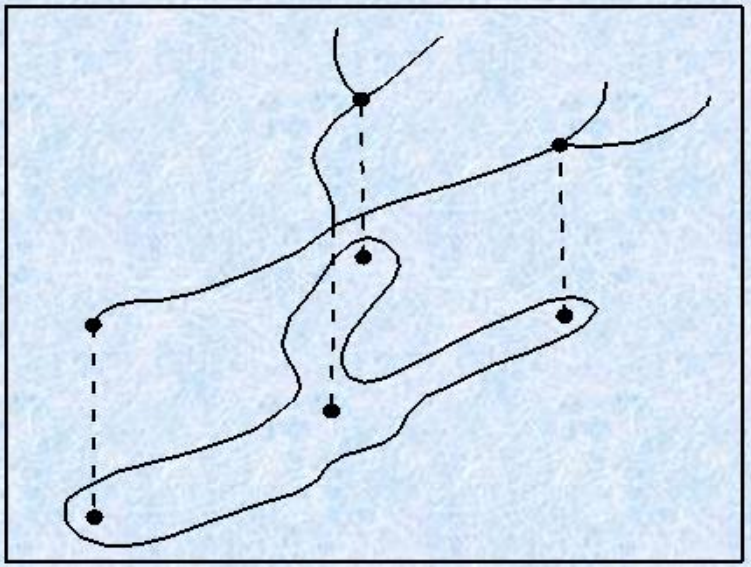
缓冲区分析概述

- 不同宽度时缓冲区的建立



河流识别码	属性类型	缓冲区宽度
1	3	1200
2	2	800
3	2	800
4	1	0
5	1	0
6	1	0
7	1	0

(a)



(b)

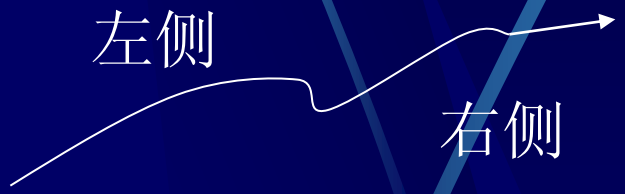
缓冲区边界生成算法基础

- 1、轴线的左右侧判定
- 2、多边形的方向判定
- 3、缓冲区的内外侧判定
- 4、轴线（边界）转折点的凸凹性

缓冲区边界生成算法基础

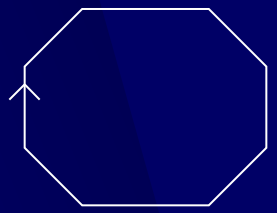
- 1.轴线的左侧和右侧

  以轴线的前进方向为准，前进方向的左侧称为轴线的左侧，前进方向的右侧称为轴线的右侧。

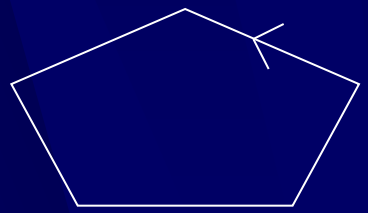


2.多边形的方向

多边形边界顺时针方向称为正方向，逆时针方向称为负方向。



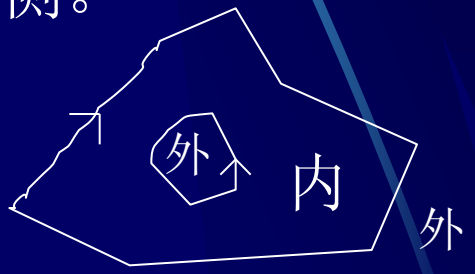
正多边形



负多边形

- 3. 缓冲区的外侧和内侧

缓冲区的外边界是正向多边形。以多边形前进方向为准，多边形边界的左侧称为缓冲区的外侧，多边形边界的右侧称为缓冲区的内侧。

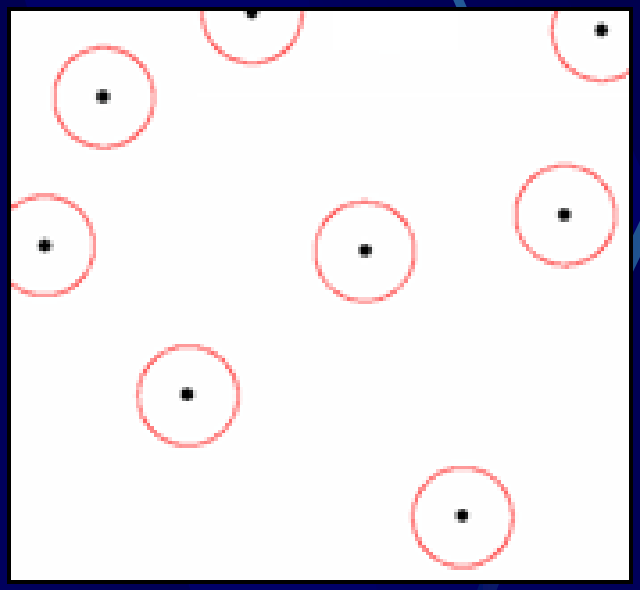


4. 轴线（边界）转折点的凸凹性

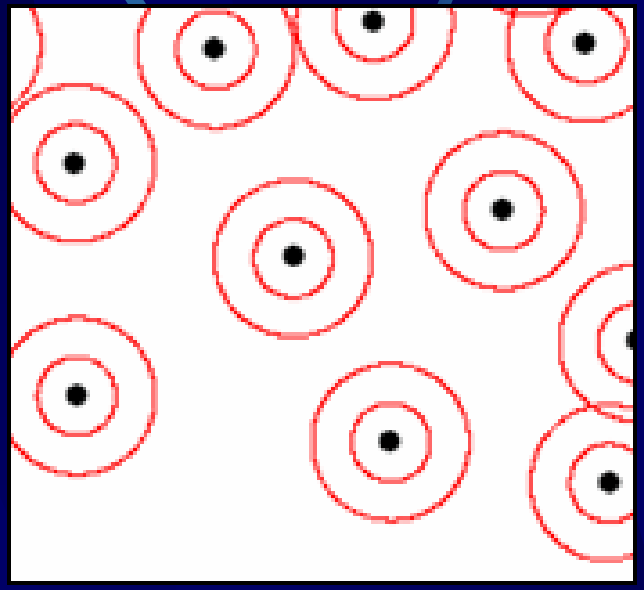
轴线或边界上的相邻三点P_{i-1}、P_i 、P_{i+1}，用右手螺旋法则，若拇指向下，则P_i点左侧为凸，右侧为凹；若拇指向上，则P_i点左侧为凹，右侧为凸。

点缓冲区边界生成算法

- 通常是以点为圆心、以一定距离为半径的圆。



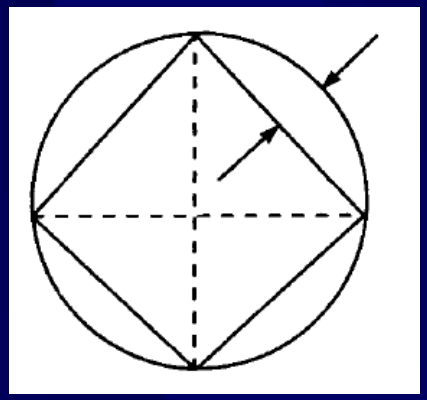
单级缓冲区

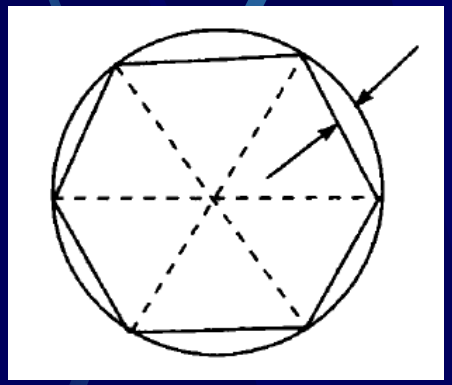


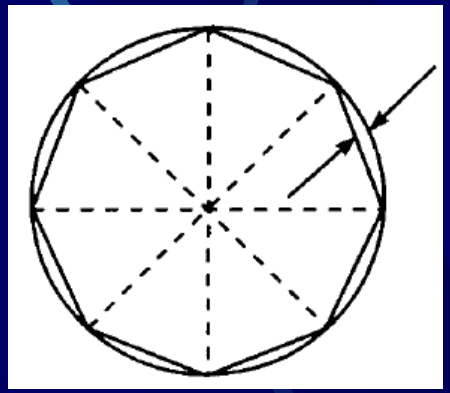
多级缓冲区

点缓冲区边界生成算法

- 点目标的缓冲区是围绕点目标，半径为缓冲距的圆周所包围的区域。为了进一步实现合并，可以采用步进拟合思想获得近似弦长坐标。





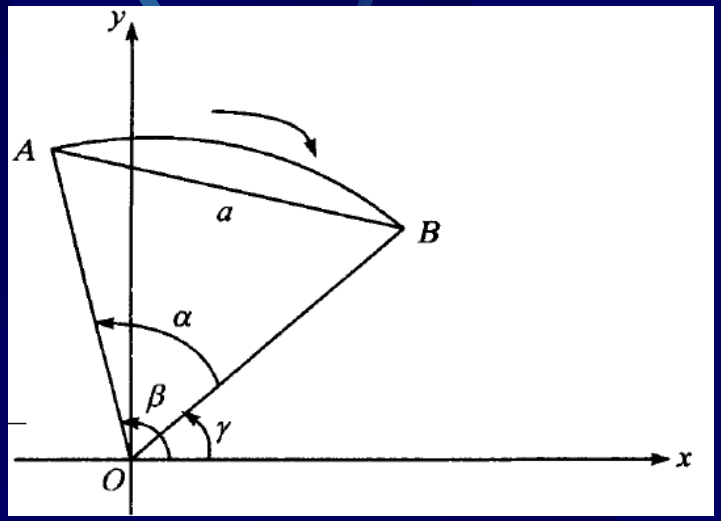


拟合的角度越小，对应的弦长越接近圆周长
给定最小弦长，可计算对应弧长夹角，得到步数

点缓冲区边界生成算法

- 已知顺时针拟合半径R，A点坐标(a_x,a_y)，步长为α，求B点坐标(b_x,b_y),即用弦长AB代替圆弧AB。

$$\begin{cases} b_x = R\cos\gamma = a_x\cos\alpha + a_y\sin\alpha \\ b_y = R\cos\gamma = a_y\cos\alpha + a_x\sin\alpha \end{cases}$$

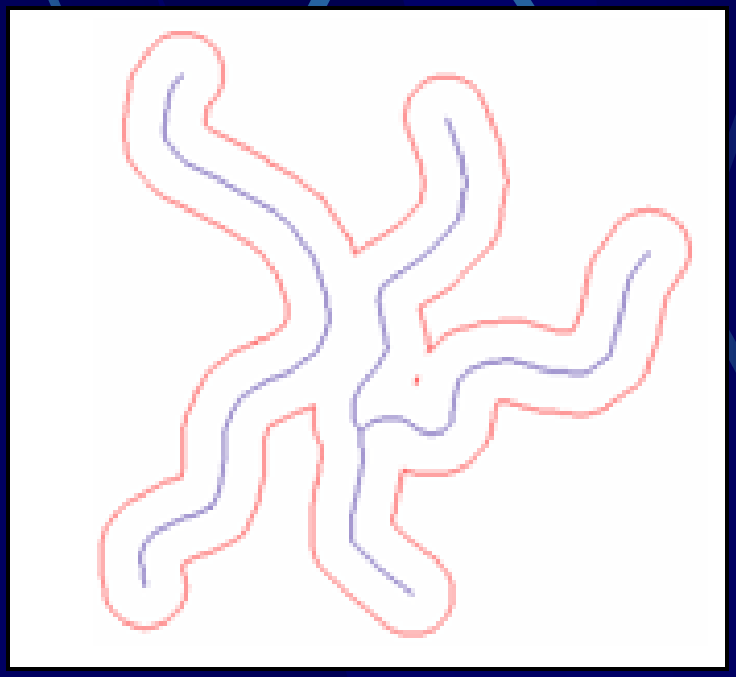


如果是逆时针，则公式为：

$$\begin{cases} b_x = a_x\cos\alpha - a_y\sin\alpha \\ b_y = a_x\cos\alpha + a_y\sin\alpha \end{cases}$$

线缓冲区边界生成算法

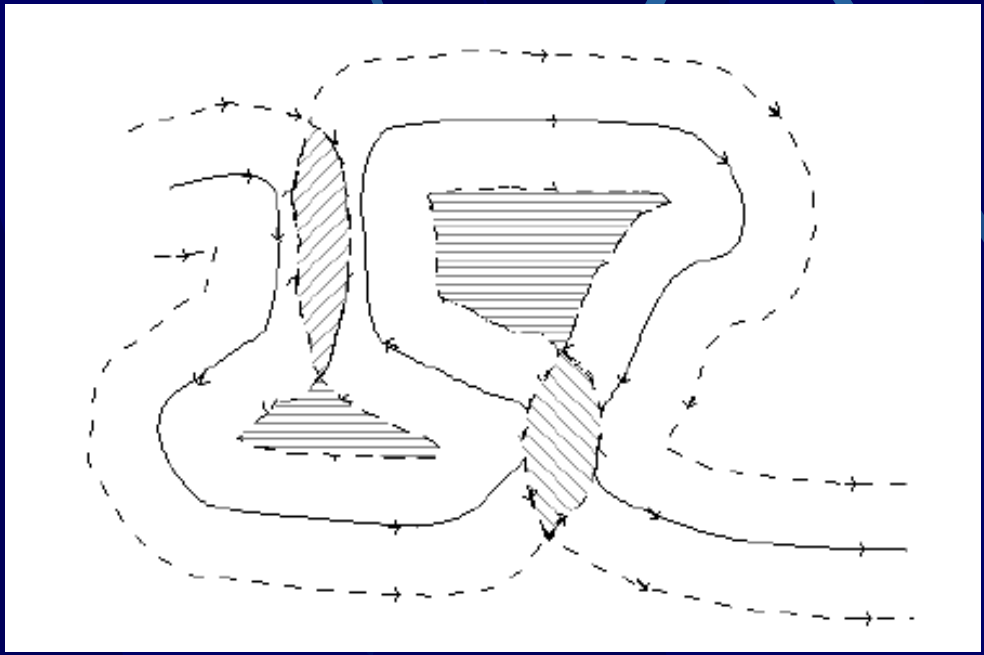
- 通常是以线为中心轴线，距中心轴线一定距离的平行条带多边形。



双侧对称缓冲区

线缓冲区边界生成算法

线目标缓冲区边界的生成比较复杂，分为以下几个步骤：先生成缓冲区边界，然后对可能出现的尖角和凹陷等特殊情况做进一步处理，最后进行自相交处理以区别缓冲区的外边界和岛边界。每个步骤的原理和具体算法如下。

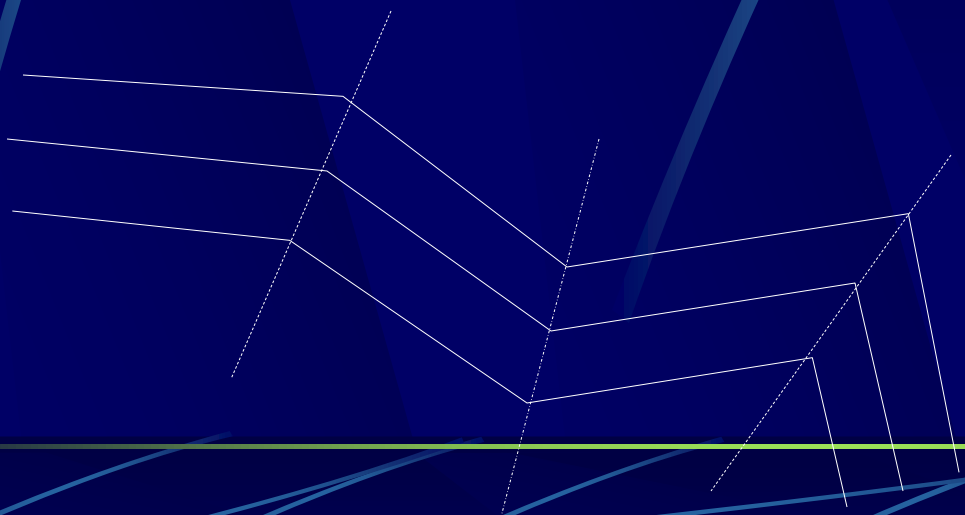


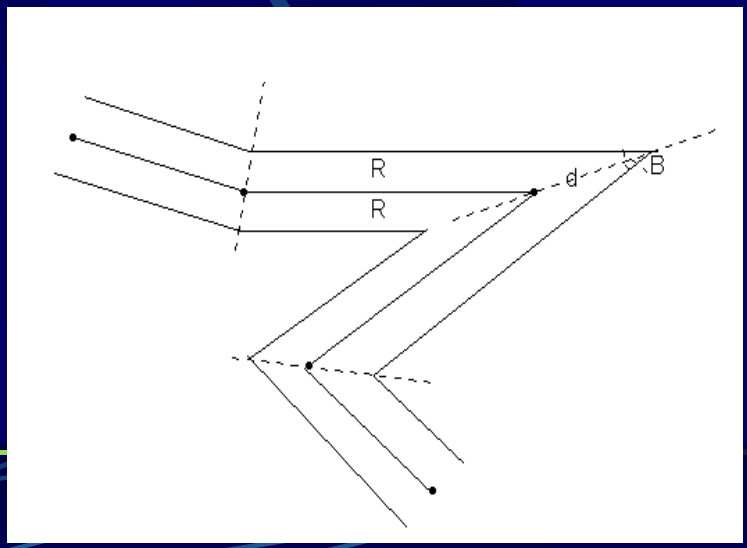
线缓冲区边界生成算法

- 1、缓冲区边界生成
  - 核心算法是双线问题：
    - 角平分线法
    - 凸角圆弧法

线缓冲区边界生成算法

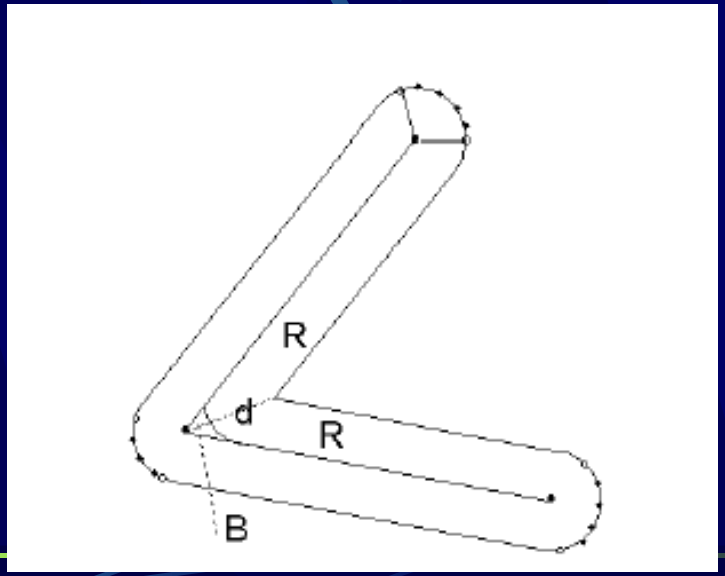
- 角平行线法
  - 双线问题最简单的方法是角分线法（简单平行线法）。算法是在轴线首尾点处，作轴线的垂线并按缓冲区半径R截出左右边线的起止点；在轴线的其它转折点上，用与该线所关联的前后两邻边距轴线的距离为R的两平行线的交点来生成缓冲区对应顶点。





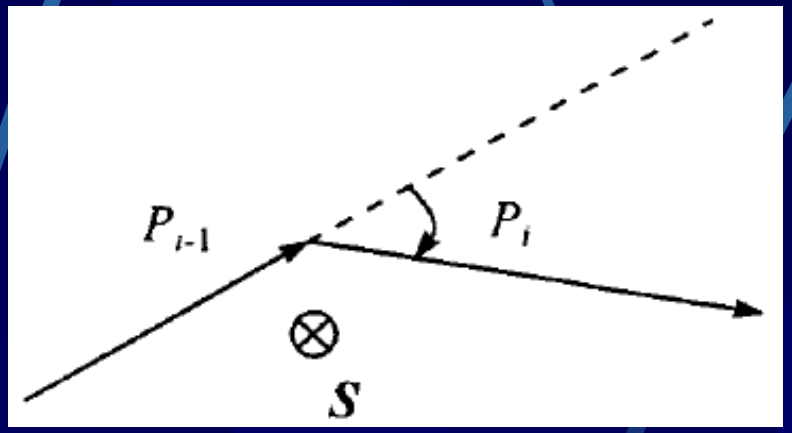
线缓冲区边界生成算法

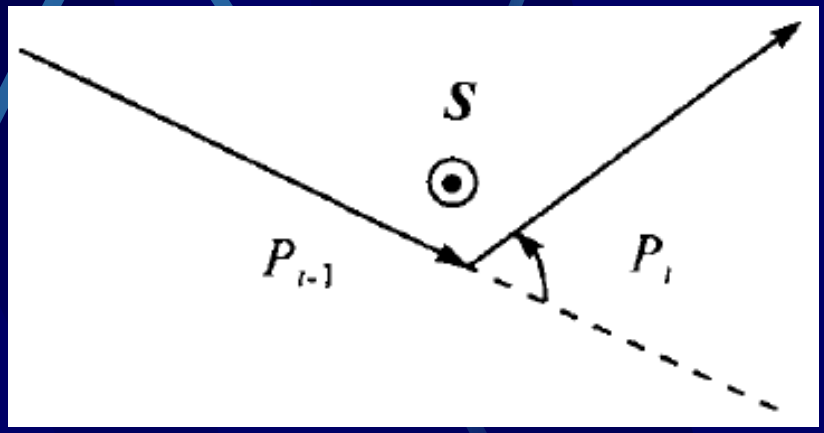
- 凸角圆弧法
  - 在轴线首尾点处，作轴线的垂线并按双线和缓冲区半径截出左右边线起止点；在轴线其它转折点处，首先判断该点的凸凹性，在凸侧用圆弧弥合，在凹侧则用前后两邻边平行线的交点生成对应顶点。这样外角以圆弧连接，内角直接连接，线段端点以半圆封闭。



线缓冲区边界生成算法

- 1）判断轴线转折点的凸凹性

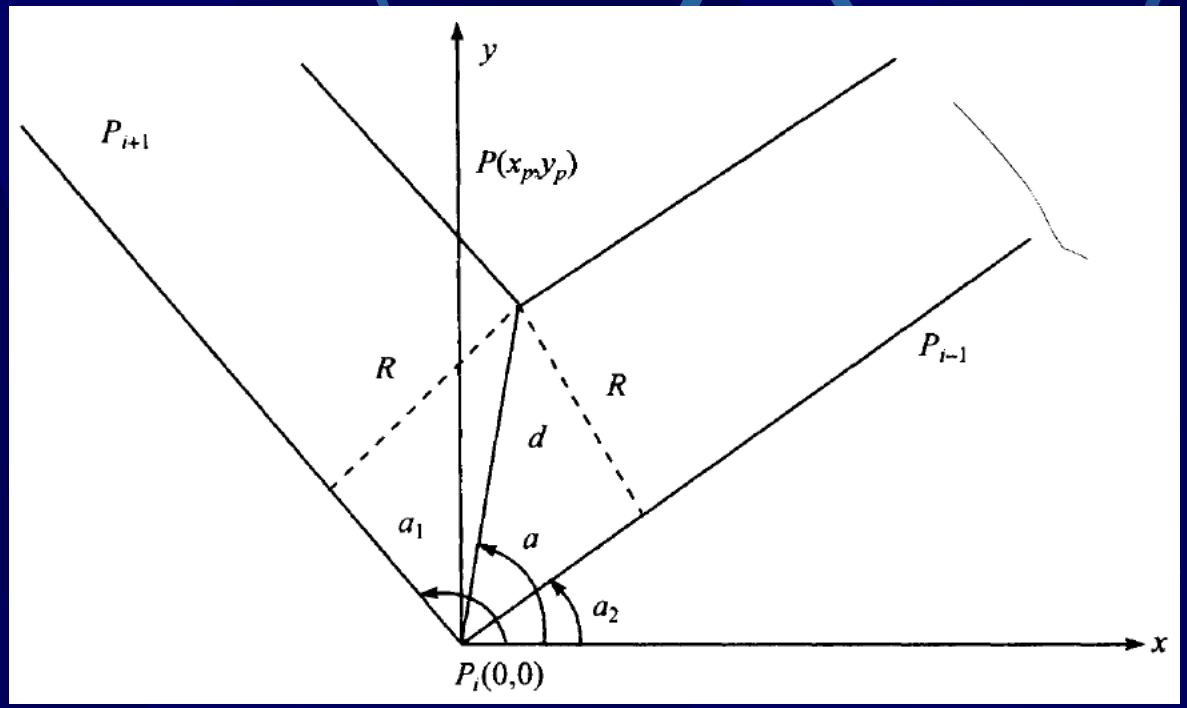




$$\begin{cases} \text{若 } S \text{ 为正,则 } P_{i-1}P_iP_{i+1} \text{呈逆时针方向} \\ \text{若 } S \text{ 为负,则 } P_{i-1}P_iP_{i+1} \text{呈顺时针方向} \\ \text{若 } S \text{ 为零,则 } P_{i-1}P_iP_{i+1} \text{三点共线} \end{cases}$$

线缓冲区边界生成算法

- 2）求与转折点相邻的两线段的方向角



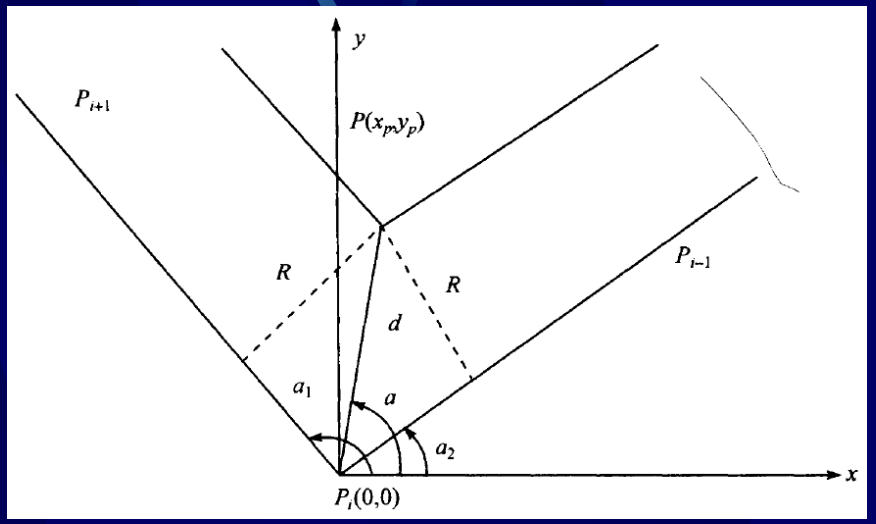
线缓冲区边界生成算法

- 3）求与Pi相邻的两线段的平行线交点

$$\begin{cases} R = d \times \sin(a - a_2) = y_p \cos a_2 - x_p \sin a_2 \\ R = d \times \sin(a_1 - a) = x_p \sin a_2 - y_p \cos a_1 \end{cases}$$

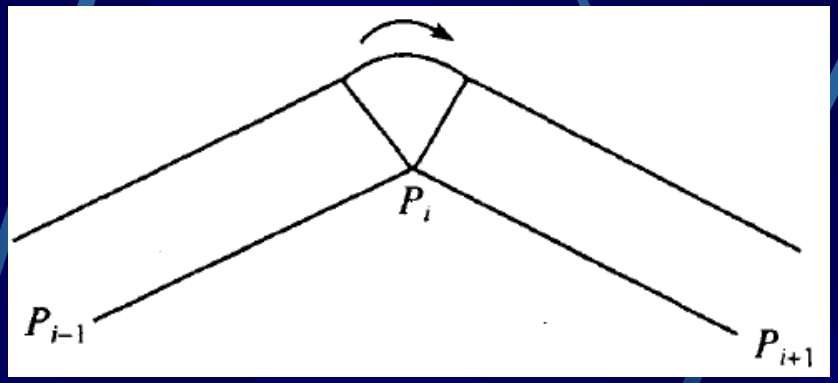
解得：

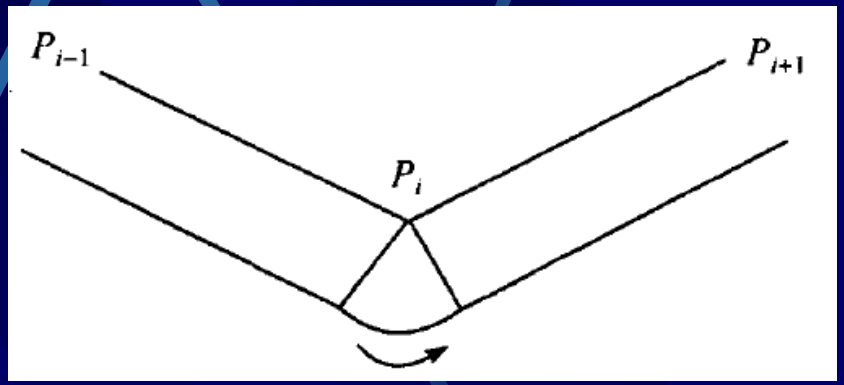
$$\begin{cases} x_p = R(\cos a_1 + \cos a_2)/\sin(a_2 - a_1) \\ y_p = R(\sin a_1 + \sin a_2)/\sin(a_2 - a_1) \end{cases}$$



线缓冲区边界生成算法

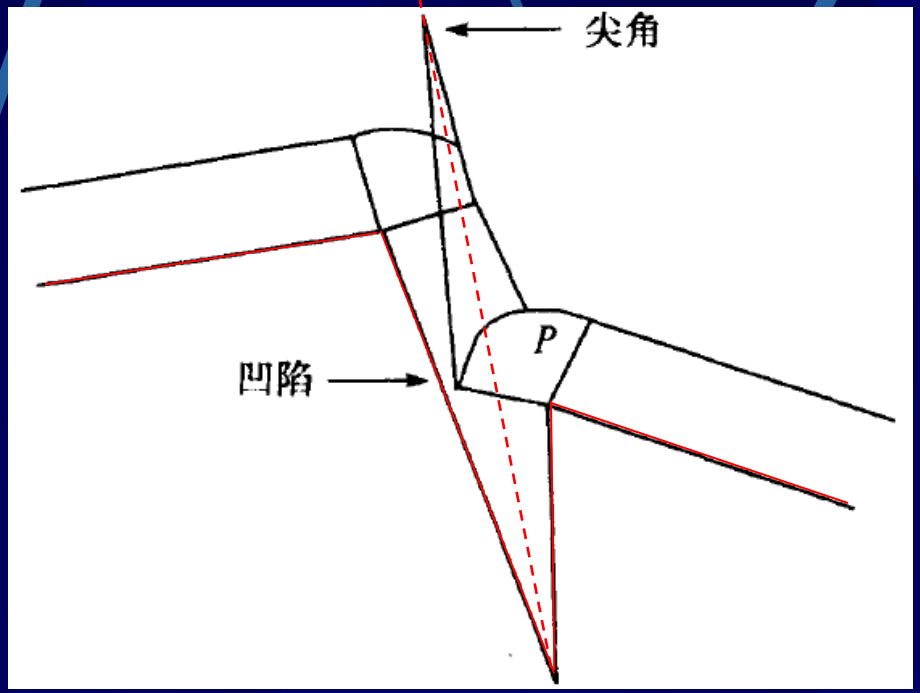
- 4）确定圆弧拟合的起终点和方向

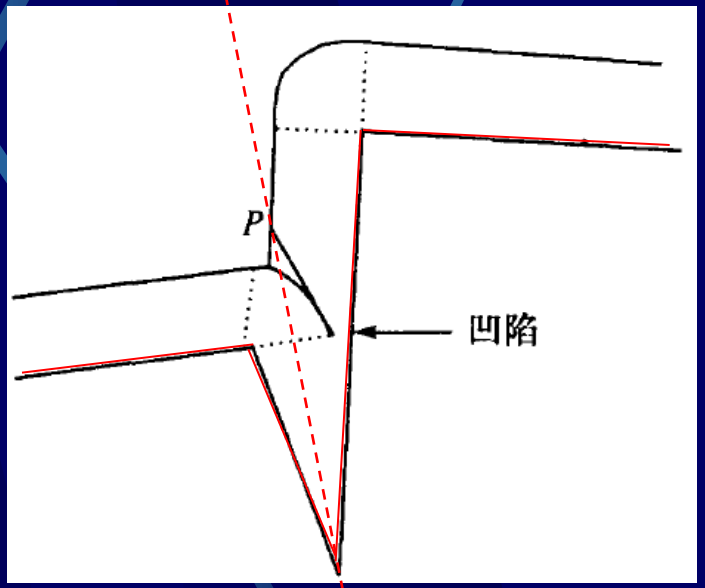




线缓冲区边界生成算法

- 2、失真现象处理





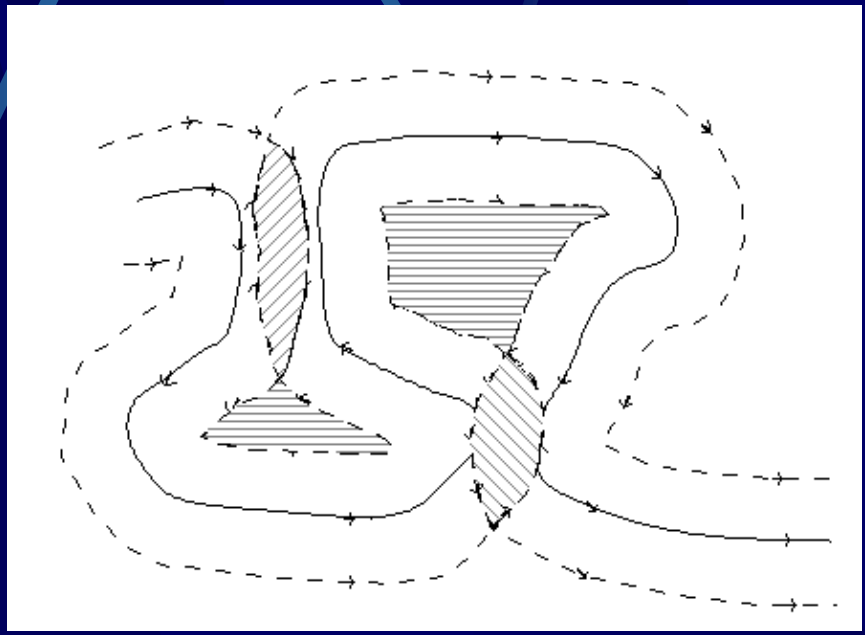
具体参照教材内容

线缓冲区边界生成算法

- 3、自相交的处理
  - 当轴线的弯曲空间不能容许缓冲区的边界自身无压盖地通过时，就会产生自相交。

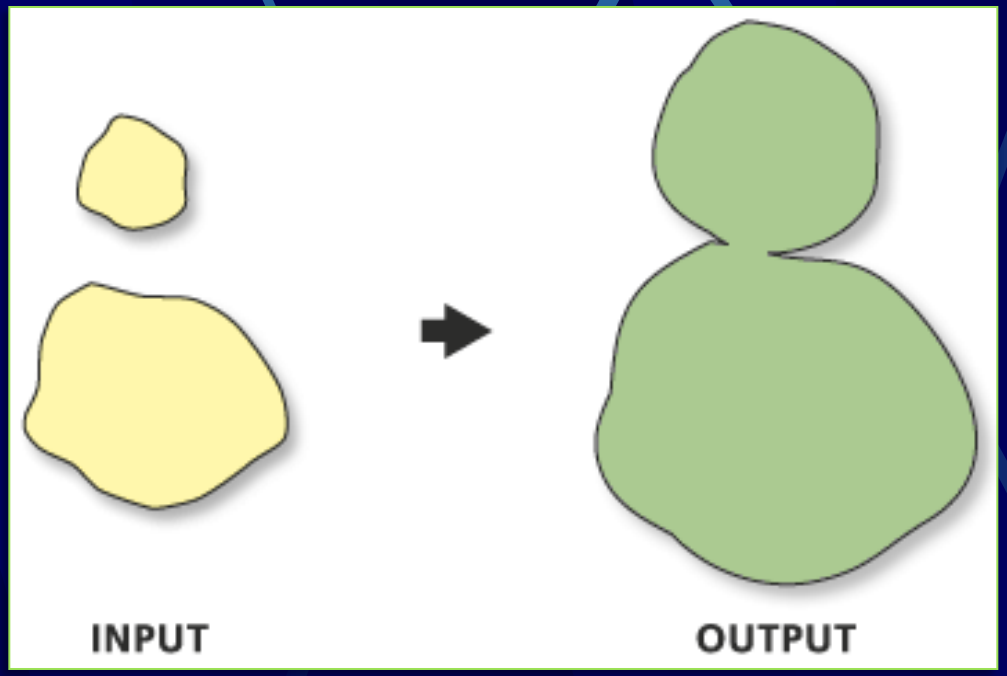
岛屿多边形

重叠多边形



面缓冲区边界生成算法

- 向外或向内扩展一定距离而生成新的多边形。



缓冲区综合

面缓冲区边界生成算法

- 面缓冲区边界生成算法
  - 主要涉及面域边线的单边缓冲区算法。
    - 判断边界上每个点的凸凹性；
    - 在左侧为凸的转折点用半径为缓冲距的圆弧拟合，左侧为凹的转折点用平行线求交；
    - 特殊处理与自相交处理等。

多目标缓冲区合并算法

- 多目标缓冲区合并
  - 主要解决多边形之间的求交问题

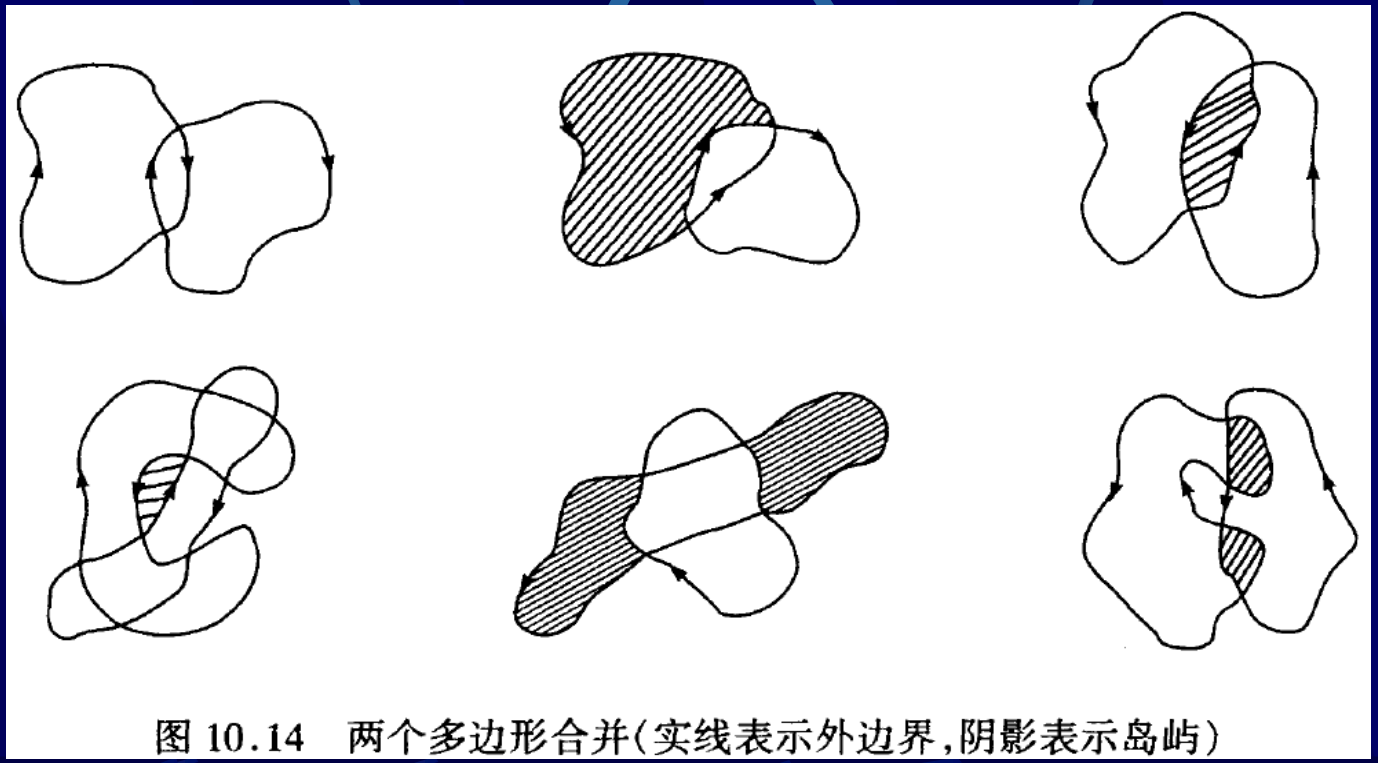
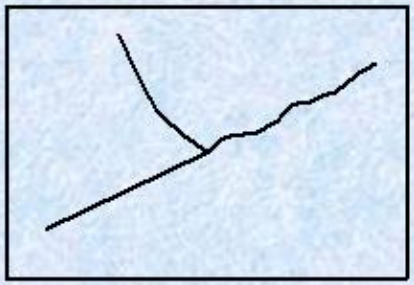


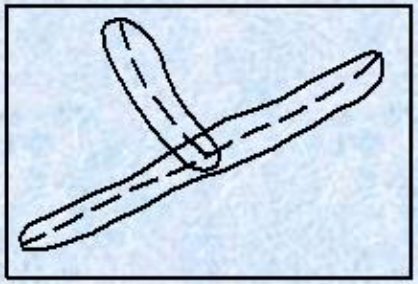
图 10.14　两个多边形合并(实线表示外边界,阴影表示岛屿)

多目标缓冲区合并算法

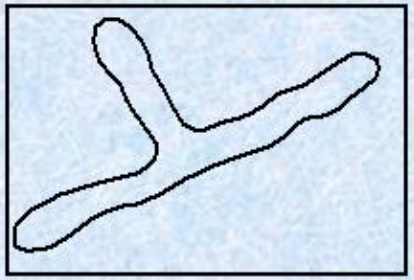
重叠缓冲区的处理图示



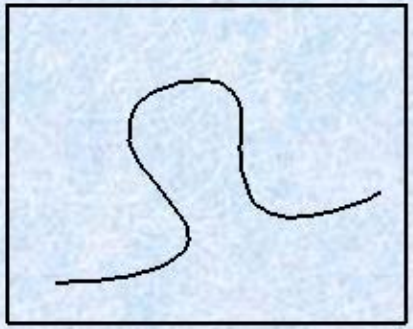
(a) 输入数据



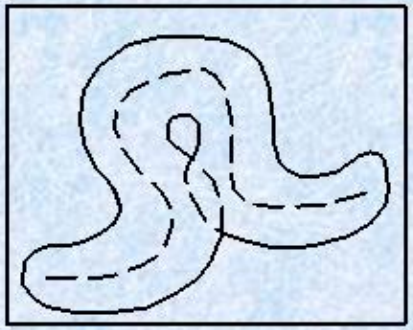
(b) 缓冲区操作



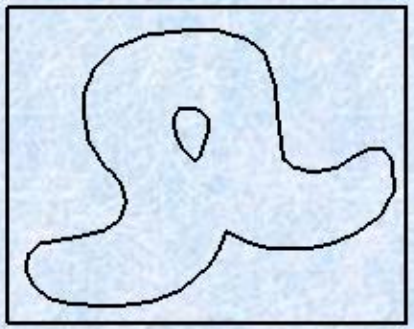
(c) 重叠处理后的缓冲区



(a) 输入数据



(b) 缓冲区操作



(c) 重叠处理后的缓冲区

主要内容

- 缓冲区分析概述
- 缓冲区边界生成算法基础
- 点缓冲区边界生成算法
- 线缓冲区边界生成算法
- 面缓冲区边界生成算法
- 多目标缓冲区合并算法

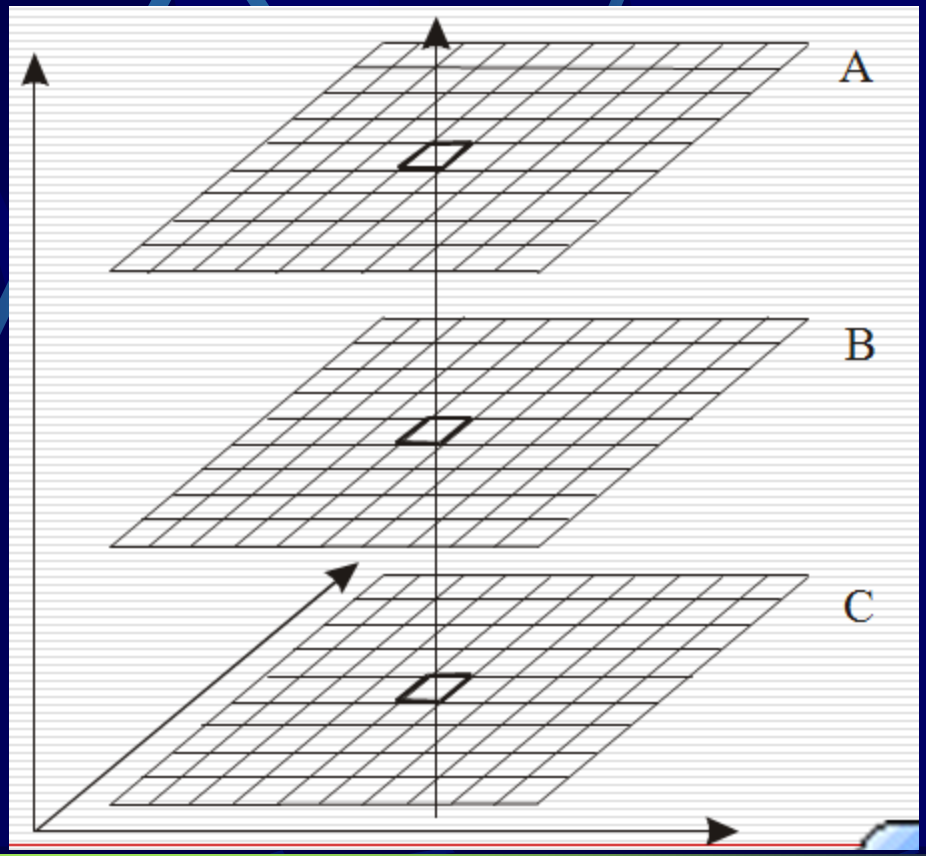
叠置分析

- 叠置分析的概念
- 叠置分析的分类
- 叠置分析的应用

概念

叠置分析(overlay analysis)（又称叠加分析），是指将同一地区、同一比例尺、同一坐标系统、不同信息表达的两组或多组专题要素的图层进行叠加，从而产生一个新图层的过程。

其目的是为了有效地综合多种地理要素，从其中提取出隐含的数据信息。



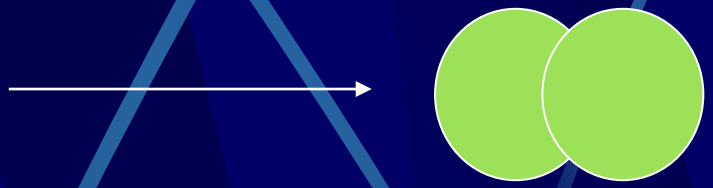
分类

- 基于矢量数据的叠置分析；
- 基于栅格数据的叠置分析。

矢量叠置分析的数学基础（空间逻辑运算）

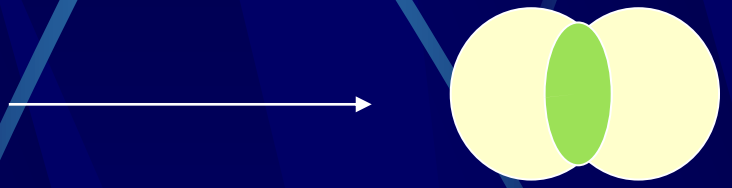
1、空间逻辑并（或）运算；

$A \cup B = X \quad X \in A$ 或 $X \in B$



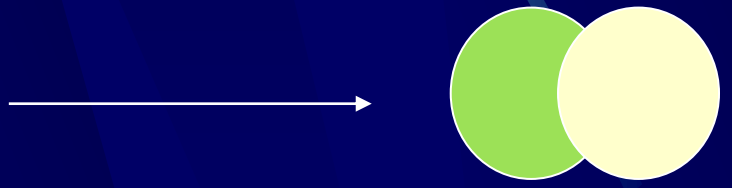
2、空间逻辑交（与）运算；

$A \cap B = X \; X \in A$ 且 $X \in B$



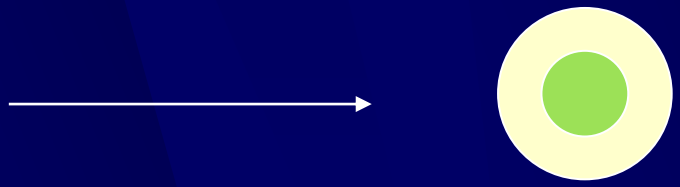
3、空间逻辑差运算；

$A - B = X \quad X \in A$ 且 $X \notin B$



4、空间包含；

$A \subseteq B$



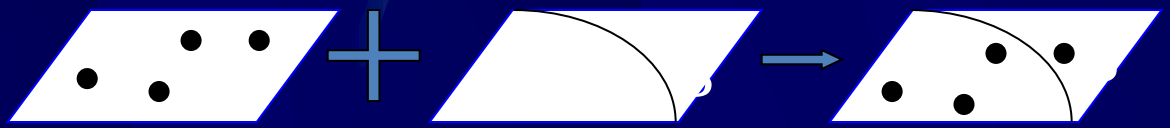
点与多边形的叠置

线与多边形的叠置

面与多边形的叠置

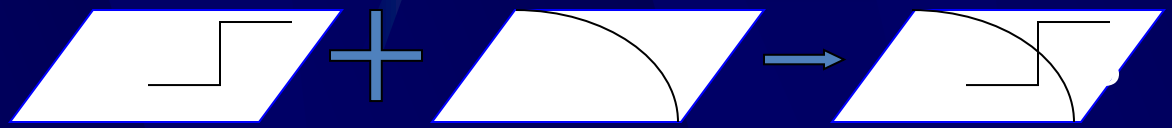
基于矢量数据的叠置分析

- 点与多边形的叠置：是计算多边形对点的包含关系，将一个含有点的图层叠加在另一个含有多边形的图层上，以确定每个点落在哪个多边形内，以便为图层上的点建立新的属性。



基于矢量数据的叠置分析

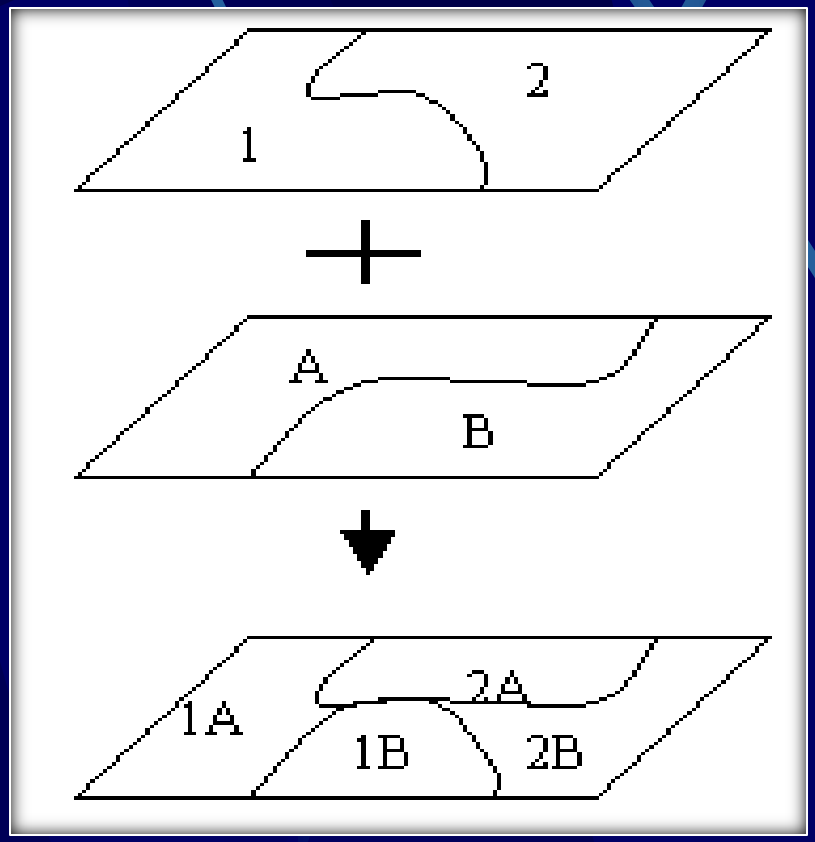
- 线与多边形的叠置：它也是计算一种包含关系，但与点不同的是，往往一条线跨越多个多边形，这时需要线与多边形边界求交，并将线目标进行切割、叠置，形成一个新的空间目标的结果集，同时产生一个相应的属性数据表记录原线和多边形的属性信息。



基于矢量数据的叠置分析

- 多边形与多边形的叠置：是最复杂的一种叠置，它需要将两层多边形的边界全部进行边界求交的运算和切割，然后根据切割的弧段重建拓扑关系，最后判断叠置的多边形分别落在原始多边形层的哪个多边形内，并建立起叠置多边形与原多边形的关系。其目的是通过区域多重属性的模拟，寻找和确定同时具有几种地理属性的分布区域。

基于矢量数据的叠置分析



基于栅格数据的叠置分析

栅格数据的叠置分析较矢量数据的叠置分析要简单得多，它主要是通过栅格间的各种运算来实现。可以对单层数据进行各种数学运算如加、减、乘、除、指数、对数等等，也可以通过数学关系式建立多个数据层之间的关系模型。这种基于数学运算的数据层间的叠加运算，在地理信息系统中称为地图代数（代数运算和逻辑运算）。

基于栅格数据的叠置分析

- 设a、b、c等表示不同专题要素图层上同一个栅格单元的属性值，f表示各层上属性与用户需求之间的关系，A表示叠加后输出层的属性值，则可有这样的关系式：

$$A=f(a,b,c\ldots)$$

基于**栅格**数据的叠置分析

2	2	5	4
2	3	6	4
3	3	6	6

-

2	4	4	6
3	3	4	6
3	3	7	7

=

0	-2	1	-2
-1	0	2	-2
0	0	-1	-1

结果特征：运算后得到的新属性值可能与原图层的属性意义完全不同。

应用

- 点与多边形的叠置：

  如何得到某省区内雨量站点的个数？

  如何知道某个水文站点属于哪个行政区划？

  如何获取某城市的邮局分布密度？

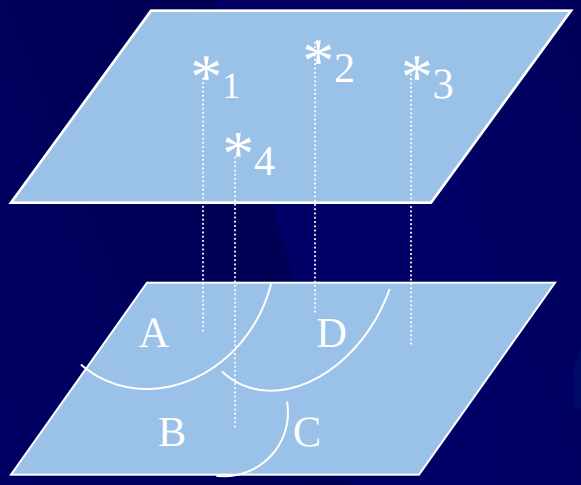
  如何了解某个水质监测井属于哪个等级的水资源分区？

  ……

实例

- 点与多边形的叠置：

例如：将水井与规划区图层相叠置，可确定每口井所属的规划区范围。



点	属性
1	
2	
3	
4	

多边形	属性1	属性
2		
A		
B		
C		
D		

点	多边形	点属性	面属性1	面属性2
1	A			
2	D			
3	C			
4	B			

应用

- 线与多边形的叠置：

  如何得到某省区内高速公路的长度？

  如何知道某段公路属于哪个行政区划？

  如何求取某城市的河网密度？

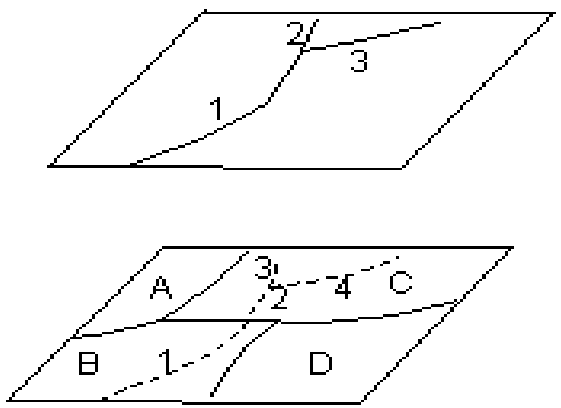
  如何了解某条河流流经哪几个行政区？

  如何确定哪种地层岩性中发育了断层？

  ……

实例

例如：当确定某一行政区内各种等级道路的里程数时，就需要将道路图与境界图相叠置，计算弧段与多边形边界的交点，在交点处截断弧段，并对弧段重新编号，建立弧段与多边形的归属关系。



线号	原线号	多边形号
1	1	B
2	1	C
3	2	C
4	3	C

线与多边形叠置分析

应用

- 多边形与多边形的叠置：

如何得到某省区内有哪几种土地利用类型？

如何知道不同级别的灾害分区中的植被覆盖情况？

如何获取某行政区划内的地层岩性分布情况？ ……

实例

有某地区的行政界线图层和通过遥感技术提取的该区沙漠化类型分布图层，求该地区各县沙漠化类型统计数据。

行政区界线图

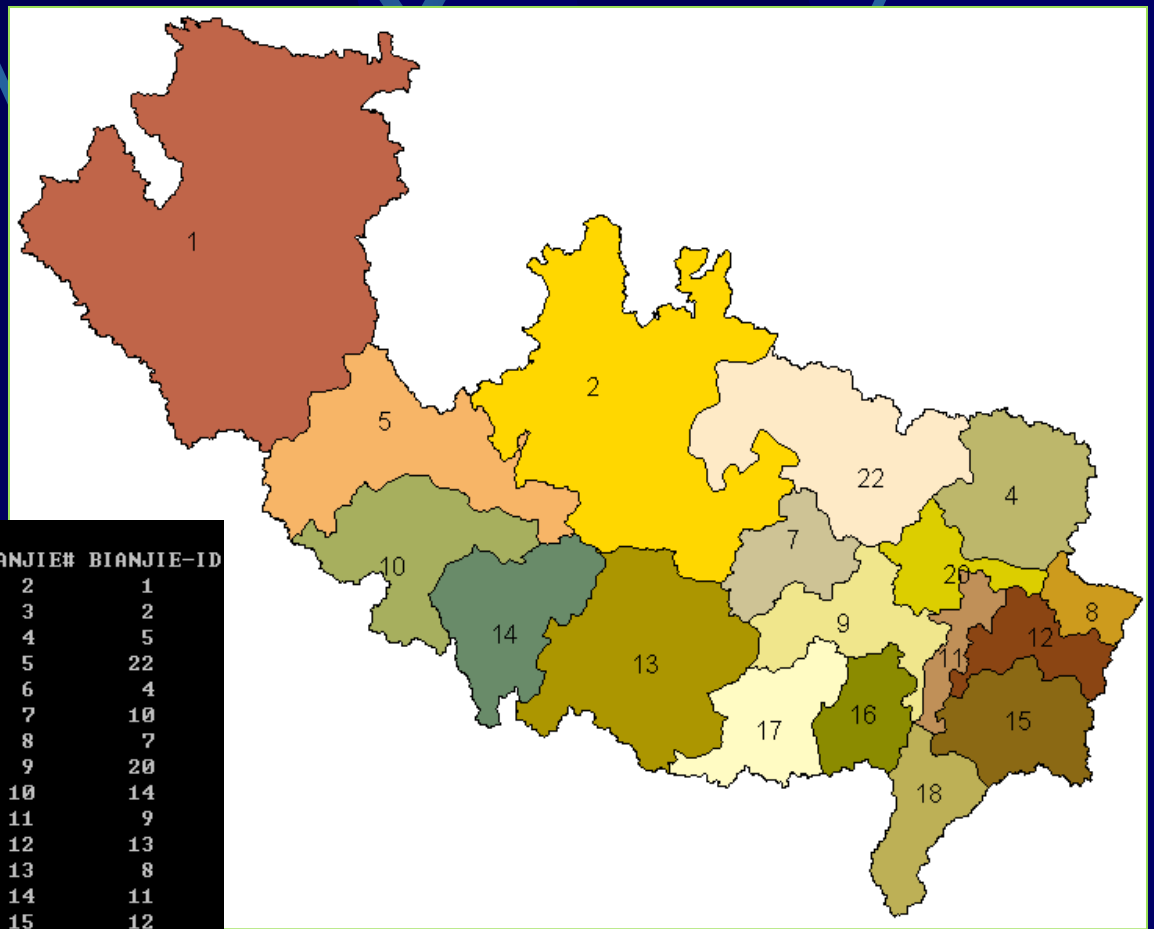
沙漠化类型分布图

图层1：图形，属性表

行政区界图属性表

18 element(s) now selected

Record	AREA	PERIMETER	BIANJIE#	BIANJIE-ID
2	45622439343.30548	1490749.37325	2	1
3	27482930764.40350	1437817.05645	3	2
4	12547319603.21417	843282.05251	4	5
5	13438890555.01630	743400.46268	5	22
6	7833384625.64883	440844.36447	6	4
7	8788384644.54614	614346.53027	7	10
8	4435862504.37500	368324.18008	8	7
9	3546518100.22038	397701.04789	9	20
10	7986598992.81097	497690.19012	10	14
11	6009636603.29823	603193.61213	11	9
12	14400240591.28107	660369.62977	12	13
13	2154546681.64859	247366.75101	13	8
14	2292518697.94444	375117.37504	14	11
15	3847984222.22571	422894.47118	15	12
16	6066819382.08221	481862.57654	16	17
17	3986743286.20541	322864.80343	17	16
18	6335172477.21600	417167.20501	18	15
19	4690537493.14929	381492.35997	19	18



行政区界线图

图层2：图形，属性表

沙漠化类型分布图属性表

```
          2
AREA                    =      14428132.35780
PERIMETER               =         22436.63995
DESERT#                 =      2
DESERT-ID               =    107
ID                      =          0
TYPE                    =                132
          3
AREA                    =     190788227.61765
PERIMETER               =        107174.46047
DESERT#                 =      3
DESERT-ID               =    458
ID                      =          0
TYPE                    =                331
          4
AREA                    =     476382527.74368
PERIMETER               =        260831.29021
DESERT#                 =      4
DESERT-ID               =    190
ID                      =          0
TYPE                    =                341
          5
AREA                    =      13304874.89307
Continue?
```

沙漠化类型分布图

使用IDENTITY命令，进行两图层空间叠置，得到叠置图

叠置图属性表

```
1525 element(s) now selected
          2
AREA                    =     14428132.35780
PERIMETER               =        22436.63995
OVERMAP#                =      2
OVERMAP-ID              =      1
DESERT#                 =      2
DESERT-ID               =    107
ID                      =          0
TYPE                    =                132
BIANJIE#                =      2
BIANJIE-ID              =      1
          3
AREA                    =    190788227.61765
PERIMETER               =       107174.46047
OVERMAP#                =      3
OVERMAP-ID              =      2
DESERT#                 =      3
DESERT-ID               =    458
ID                      =          0
TYPE                    =                331
BIANJIE#                =      2
BIANJIE-ID              =      1
          4
Continue? _
```

空间叠置图

图层1属性表

18 element(s) now selected

Record	AREA	PERIMETER	BIANJIE#	BIANJIE-ID
2	45622439343.30548	1490749.37325	2	1
3	27482930764.40350	1437817.05645	3	2
4	12547319603.21417	843282.05251	4	5
5	13438890555.01630	743400.46268	5	22
6	7833384625.64883	440844.36447	6	4
7	8788384644.54614	614346.53027	7	10
8	4435862504.37500	368324.18008	8	7
9	3546518100.22038	397701.04789	9	20
10	7986598992.81097	497690.19012	10	14
11	6009636603.29823	603193.61213	11	9
12	14400240591.28107	660369.62977	12	13
13	2154546681.64859	247366.75101	13	8
14	2292518697.94444	375117.37504	14	11
15	3847984222.22571	422894.47118	15	12
16	6066819382.08221	481862.57654	16	17
17	3986743286.20541	322864.80343	17	16
18	6335172477.21600	417167.20501	18	15
19	4690537493.14929	381492.35997	19	18

叠置图层属性表

1525 element(s) now selected

2

AREA = 14428132.35780
PERIMETER = 22436.63995
OVERMAP# = 2
OVERMAP-ID = 1
DESERT# = 2
DESERT-ID = 107
ID = 0
TYPE = 132
BIANJIE# = 2
BIANJIE-ID = 1

3

AREA = 190788227.61765
PERIMETER = 107174.46047
OVERMAP# = 3
OVERMAP-ID = 2
DESERT# = 3
DESERT-ID = 458
ID = 0
TYPE = 331
BIANJIE# = 2
BIANJIE-ID = 1

4

Continue?

2

AREA = 14428132.35780
PERIMETER = 22436.63995
DESERT# = 2
DESERT-ID = 107
ID = 0
TYPE = 132

3

AREA = 190788227.61765
PERIMETER = 107174.46047
DESERT# = 3
DESERT-ID = 458
ID = 0
TYPE = 331

4

AREA = 476382527.74368
PERIMETER = 260831.29021
DESERT# = 4
DESERT-ID = 190
ID = 0
TYPE = 341

5

AREA = 13304874.89307
Continue?

图层2属性表

应用

- 栅格数据的叠置分析：

  遥感数字图像的拼接；

  环境评价及分区；

  灾害危险度分区；

  土地利用与土地覆被变化（LUCC）；

  ……

实例1

土地利用变化区域探测

80年遥感影像

10	10	60	60
10	10	30	60
30	30	30	60

-

90年遥感影像

10	10	60	60
10	10	20	60
30	30	30	60

=

点变换后影像

0	0	0	0
0	0	10	0
0	0	0	0

Legend

10	耕地
20	居民点
30	水域
40	草地
50	未利用地
60	林地

通过80和90年两期影像的相减运算后得到变换影像，如果：

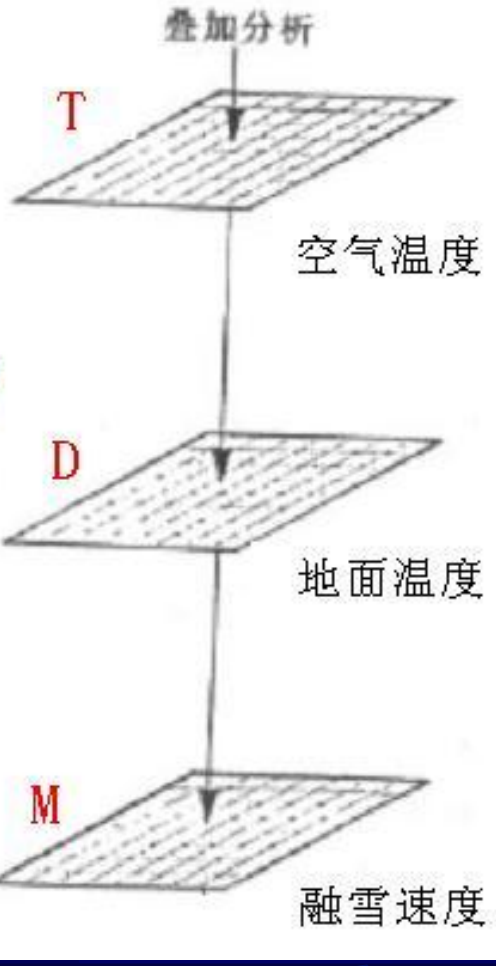
变换影像值 ＝ 0；说明该区未发生变化

变换影像值 ≠ 0；说明该区已发生变化

注意：此处的遥感影像可以是分类结果，也可以是原始的遥感影像。在一般应用中，多使用原始的遥感影像，可提高变化探测速度。

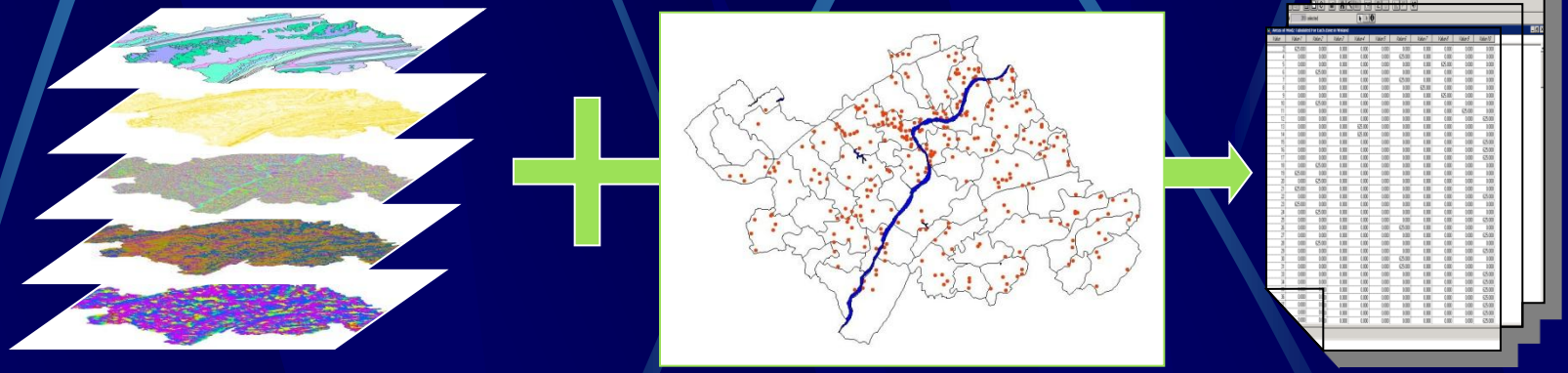
实例2

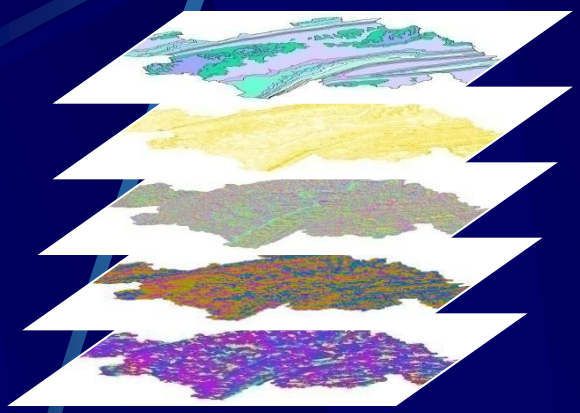
$$M = (0.19T + 0.17D)$$



综合实例

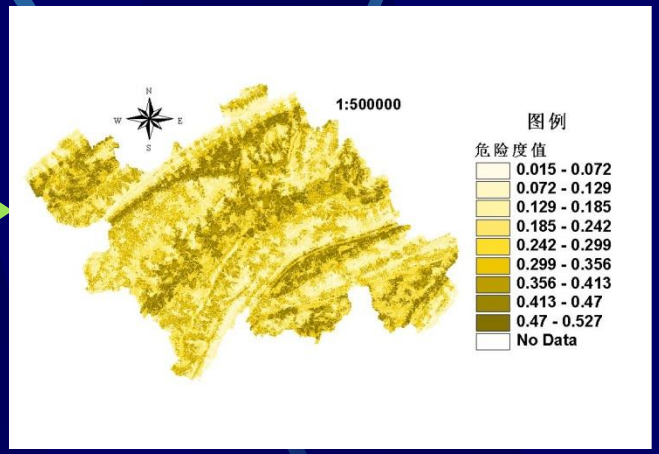
- 某研究区的地质灾害危险度分区





评价模型

栅格叠加



$$S = \sum_{i=1}^{n} \omega_i \omega_{ij} X_i$$

小结

- 叠置分析
  - 矢量形式
  - 栅格形式
  - 点与多边形叠置
  - 线与多边形叠置
  - 面与多边形叠置
  - 实例