



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

地理信息系统教程

Dili Xinxi Xitong Jiaocheng

(第二版)

主编: 汤国安



编著: 汤国安 刘学军 闫国年
盛业华 王 春 张海平

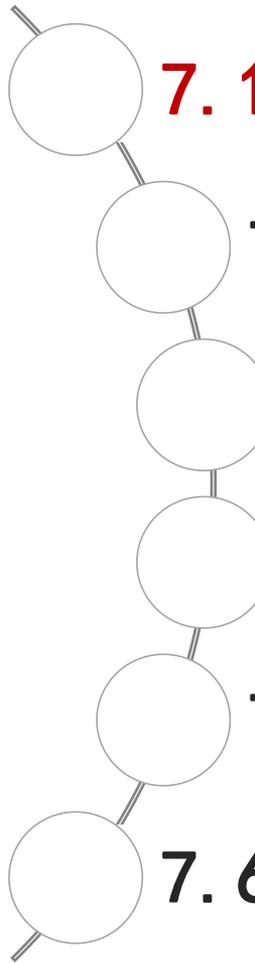
高等教育出版社



第七章：GIS空间分析

本讲大纲

- 
- 7.1 空间分析概述
 - 7.2 空间对象基本度量方法
 - 7.3 叠置分析
 - 7.4 缓冲区分析
 - 7.5 窗口分析
 - 7.6 网络分析

- 
- 7.1 空间分析概述**
 - 7.2 空间对象基本度量方法
 - 7.3 叠置分析
 - 7.4 缓冲区分析
 - 7.5 窗口分析
 - 7.6 网络分析

7.1 空间分析概述

当前大纲

1.1.1 空间分析的概念

1.1.2 空间分析的类型

7.1 空间分析概述

7.1.1 空间分析的概念

□ 空间分析的目的及过程

空间分析 (spatial analysis)的目的是探求空间对象之间的空间关系，并从中发现规律。但在不同的应用背景中，所提及的空间分析强调的侧重点有所不同。

空间分析更为普遍的过程是：首先对收集的数据进行可视化和描述性分析，然后基于基本的查询和统计展开初步的数据探索性分析，接着提出问题并为感兴趣的现象选择合理的空间分析和统计方法进行建模，最后通过一系列分析方法构建的分析模型挖掘现象中所隐含的规律。整个流程便是空间分析与建模过程

7.1 空间分析概述

7.1.1 空间分析的概念

□ 空间分析定义

空间分析是在一系列空间算法的支持下，以地学原理为依托，根据地理对象在空间中的分布特征，获取地理现象或地理实体的空间位置、空间形态、空间关系、时空演变和空间相互作用等信息并预测其未来发展趋势的分析技术。

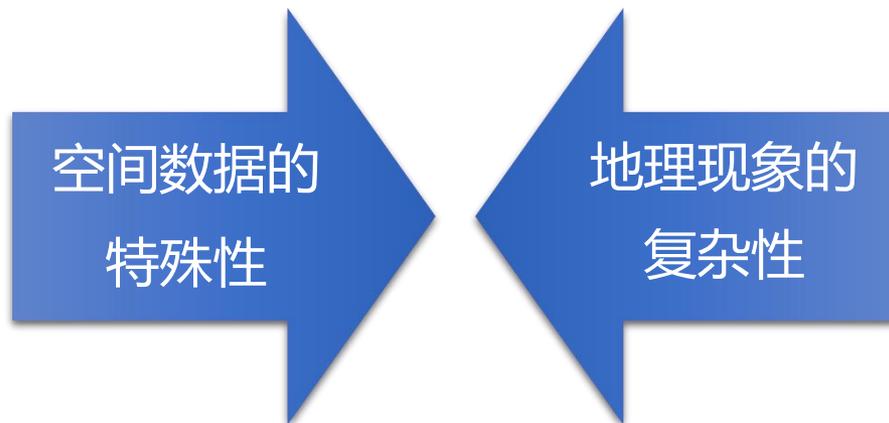
7.1 空间分析概述

7.1.1 空间分析的概念

□ 空间分析的特殊性

空间分析与传统的分析方法存在本质的差异，具体表现为：

- ❖ 空间数据具有更为复杂的关系
- ❖ 空间数据模型具有更多的类型
- ❖ 空间数据蕴藏着更为复杂的机理
- ❖ 空间现象的描述与建模具有多样性



7.1 空间分析概述

7.1.2 空间分析的类型

□ 依据空间数据模型划分

场模型、对象模型、网络数据模型、时空数据模型等是GIS中的重要数据模型，基于这些模型衍生出各类空间分析方法。

名称	特点
基于场模型的空间分析	由于场模型强调对连续地理现象的建模，因此，其分析方法也主要是对连续地理现象或事物相关问题的分析和建模。
基于对象模型的空间分析	许多基于对象模型的空间分析方法主要针对矢量数据实现。
基于网络模型的空间分析	网络模型更加强调地理对象或事物的空间交互特征，这些针对网络的空间分析方法更加注重网络的拓扑关系和交互规则。
基于时空模型的空间分析	随着时空大数据的兴起及数据的可获取性增强，时空分析已经成为空间分析的核心内容，因而也衍生出许多新的时空分析方法。

7.1 空间分析概述

7.1.2 空间分析的类型

□ 依据数据维度划分

空间分析所用数据维度的不同，使其在分析方法实现上也存在较大的差异性。

名称	特点
二维空间分析	无论是不具有Z值（高程）的二维矢量数据，还是用像元值代表一般属性信息的栅格数据，基于这些数据的空间分析均属于二维空间分析方法。
2.5维空间分析	由于特定问题的需要及某些空间数据结构的局限性，在对地理事物建模过程中，无法直接生成真正意义上的三维模型，这些数据结构仅能表达地形的表面特征，而无法直接表达地形内部的实体特征。
多维空间分析	基于三维及更多维度数据的空间分析，称之为多维空间分析。带有高程的点、线、面数据和体数据，带有时间维度的时空数据，均属于多维空间数据。

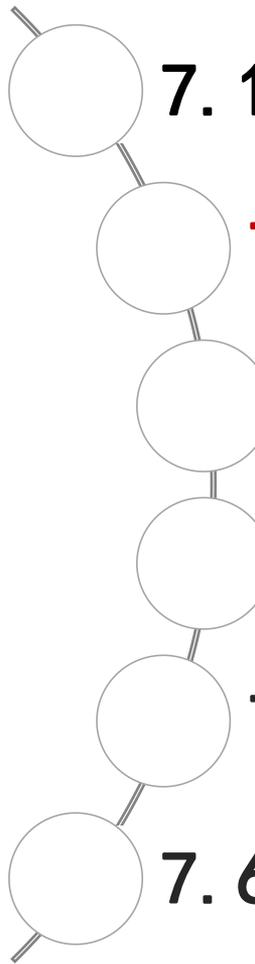
7.1 空间分析概述

7.1.2 空间分析的类型

□ 依据空间分析级别划分

在空间分析中，存在基本分析方法和高级分析方法的区别。回顾GIS空间分析的去并预测其发展趋势，可以将GIS空间分析方法划分为基本空间分析、空间统计分析和智能化空间分析。

名称	特点
基础空间分析	用于解决基本空间问题的分析算法称之为基本空间分析方法。空间分析方法中的“基本”、“高级”和“智能”也是相对的，并随着方法和技术的进步，一些昔日的高级空间分析也会逐步成为基本的空间分析方法。
空间统计分析	指将经典的统计学方法引入到空间问题的分析之中，主要包括基于对象模型的空间统计分析、基于场模型的地统计分析和时空统计分析方法
智能化空间分析	将机器学习方法引入到空间分析中，用于对时空大数据进行处理，成为实现智能化空间分析的必要手段。

- 
- 7.1 空间分析概述
 - 7.2 空间对象基本度量方法**
 - 7.3 叠置分析
 - 7.4 缓冲区分析
 - 7.5 窗口分析
 - 7.6 网络分析

7.2 空间对象基本度量方法

当前大纲

7.2.1 几何度量

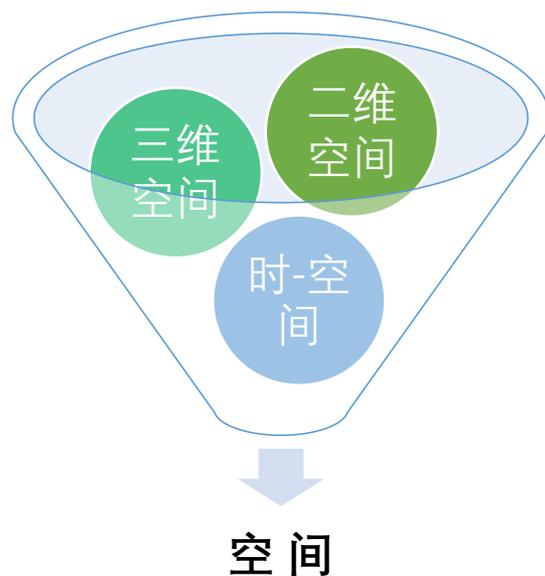
7.2.2 距离量算

7.2.3 方向量算

7.2 空间对象基本度量方法

空间对象量测方法简述

空间是地理信息科学的主要研究对象。空间可以是二维空间，也可以是三维空间，如果将时间作为一个维度，也可以是时-空间。空间对象作为空间的主要组成内容，如何对空间对象进行量测，是空间分析的基本内容之一。常见的空间对象量测包括几何量测、距离量测和角度量测等。



7.2 空间对象基本度量方法

7.2.1 几何度量

(1) 长度测算

线状地物对象最基本的形态参数之一就是长度。

在**矢量数据结构**下，线表示为坐标对 (x, y) 或 (x, y, z) 序列，在不考虑比例尺的情况下，线状物体长度的计算公式为

$$L = \sum_{l=0}^{n-1} [(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2 + (z_{i+1} - z_i)^2]^{1/2} = \sum_{l=0}^{n-1} l_i$$

对于**复合线状地物对象**，则需要要求各分支曲线的长度总和。

通过**离散坐标点**对串来表达线状对象，选择反映曲线形状的选点方案非常重要。往往由于选点方案不同，会带来长度计算的精度问题。

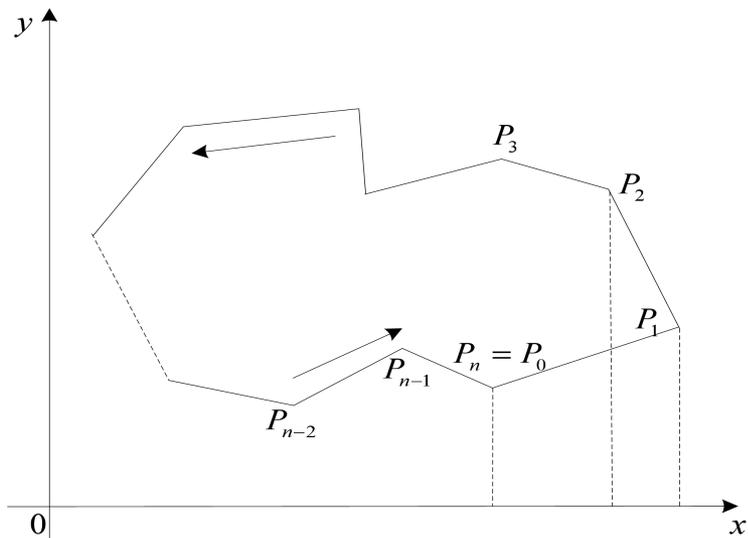
在**栅格数据结构**里，线状地物的长度就是累加地物骨架线通过的格网数目，骨架线通常采用 8 方向连接，当连接方向为对角线方向时，还要乘上 $\sqrt{2}$ 。

7.2 空间对象基本度量方法

7.2.1 几何度量

(2) 面积和周长量算

① **矢量结构面积量算**：梯形法。其基本思想是：在平面直角坐标系中，按多边形顶点顺序依次求出多边形所有边与 x 轴（或 y 轴）组成的梯形的面积，然后求其代数和。对于没有空洞的简单多边形，假设有 N 个顶点，其中 S 为多边形面积， (x, y) 为多边形顶点坐标。对于有孔或内岛的多边形，可分别计算外多边形与内岛面积，其差值为原多边形面积。此方法亦适合于体积的计算。



其面积计算公式为：

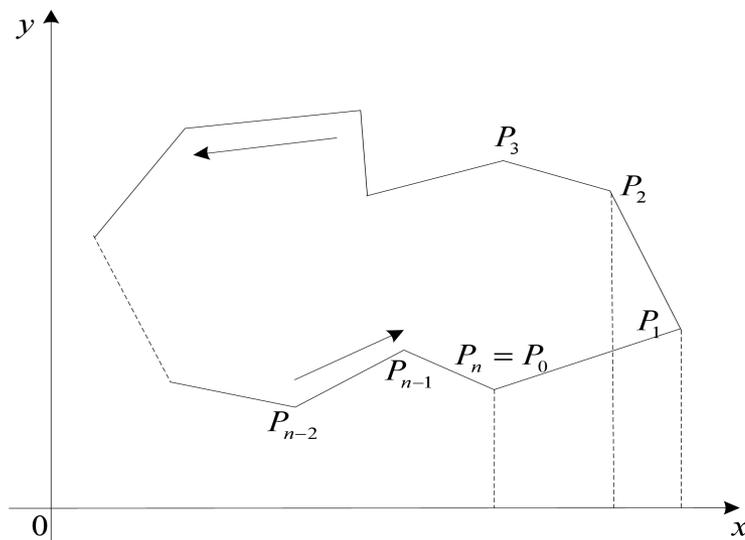
$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{n-1} (x_{i+1} - x_i) + (y_{i+1} + y_i)$$

7.2 空间对象基本度量方法

7.2.1 几何度量

(2) 面积和周长量算

② **矢量结构周长量算**：多边形的周长可以通过围绕多边形的相互连接的线段，即封闭绘图模型来进行计算。这里，第一条线段的起点坐标等于最后一条线段的终点坐标。因此，计算周长是使用距离公式计算每条线段长度，然后进行累加。

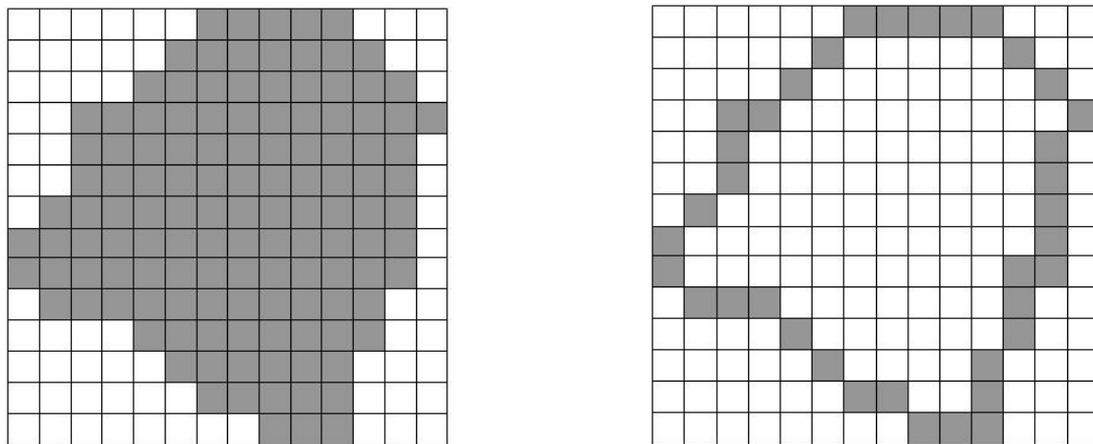


7.2 空间对象基本度量方法

7.2.1 几何度量

(2) 面积和周长量算

③ **栅格结构面积和周长量算**：对于栅格方式表示的面状物体，其面积可以直接通过栅格计数来获取，边界上的像元的面积，根据边界线的走向予以分配，如下方左图所示。对于栅格数据，计算周长时，必须先对格网单元集合外部的周长单独地识别，周长由格网单元分辨率乘以格网单元的总数来确定，如下方右图所示。



栅格数据面积和周长量算示意图

7.2 空间对象基本度量方法

7.2.1 几何度量

(3) 曲率和弯曲度

① **曲率**：曲率反映曲线的局部特征。在数学分析中，线状物体的曲率定义为曲线切线方向角相对于弧长的变化率。设曲线的形式为 $y=f(x)$ ，则曲线上的任意一点的曲率为

$$K = \frac{y''}{(1 + y'^2)^{3/2}}$$

对于以参数形式 $x=x(t)$, $y=y(t)$ ($\alpha \leq t \leq \beta$) 表示的曲线，其上任一点的曲率的计算公式为

$$K = \frac{x'y'' - x''y'}{(1 + y'^2)^{3/2}}$$

计算曲线曲率的前提是曲线是光滑的，对于用离散点表示的现状物体，要先进行光滑插值，然后按照上式计算。

7.2 空间对象基本度量方法

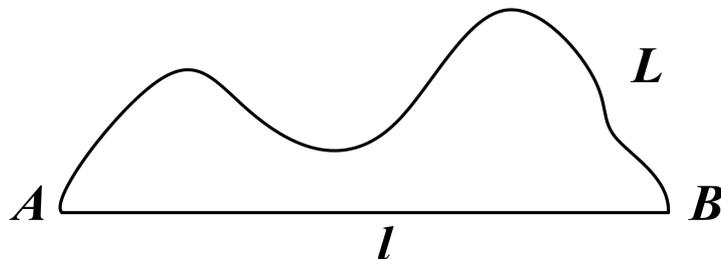
7.2.1 几何度量

(3) 曲率和弯曲度

② **弯曲度** :弯曲度是描述曲线弯曲程度的参数，定义为曲线长度与曲线两端点定义的线段长度之比

$$S = L/l$$

在实际应用中，弯曲度主要用来反映曲线的迂回特性，如下图所示。在交通网络中，弯曲度可以衡量交通的便利，曲线的弯曲度越小越好，交通越便利。



7.2 空间对象基本度量方法

7.2.1 几何度量

(4) 质心

质心是描述地理对象空间分布的一个重要指标，通常定义为一个多边形的几何中心，计算过程的复杂程度与多边形形状的复杂程度有关。

在某些情况下，质心描述的是分布中心，而不是绝对几何中心，这种中心称为平均中心或重心。如果考虑其他一些因素的话，可以赋予权重系数，称为加权平均中心。计算公式为

$$X_G = \frac{\sum_i W_i X_i}{\sum_i W_i}, \quad Y_G = \frac{\sum_i W_i Y_i}{\sum_i W_i}$$

式中： W_i 为第*i*个离散目标物权重； X_i 、 Y_i 为第*i*个离散目标物的坐标。

质心量测经常用于宏观经济分析和市场区位选择，还可以跟踪某些地理分布的变化，如人口变迁，土地类型变化等。

7.2 空间对象基本度量方法

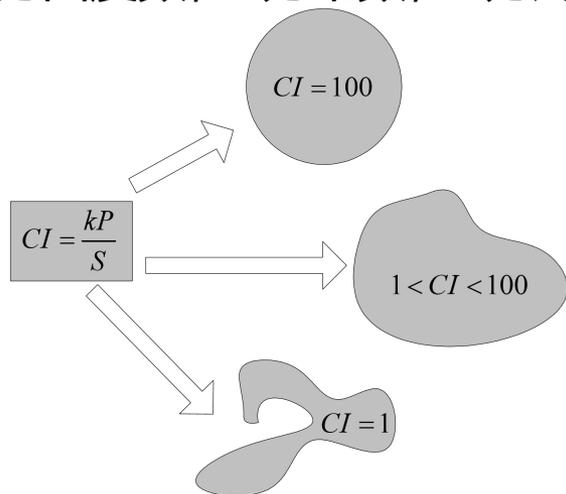
7.2.1 几何度量

(5) 形状

用圆来描述多边形形状特征是最常用的方法。把多边形的几何形状和圆的几何形状相比较，本质上等于考察多边形相对于圆的凸度数量。对于**矢量**表示的多边形，通常使用的**凸度**。公式为

$$CI = \frac{kP}{S}$$

式中：CI为凸度数；k为常数；P为周长；S为面积。



CI提供从1到99的一系列正值，数值越大，则多边形形状越接近圆形。

7.2 空间对象基本度量方法

7.2.1 几何度量

(5) 形状

在**栅格**中，公式是以准确统一的概念为基础的。但是，现在面积作为单元的数量被记录，它的平方根被用于提供相同的1到99范围内的近似值。因此，对于用栅格表示的多边形，**凸度**公式的一般形式是：

$$CI = \frac{P}{\sqrt{S}}$$

式中：为凸度数；为周长；为栅格格式表示的面积

测量的结果如果是1，表示最不成圆形，而99表示形状上最接近圆。用栅格表示的图形不能形成完美的圆形。

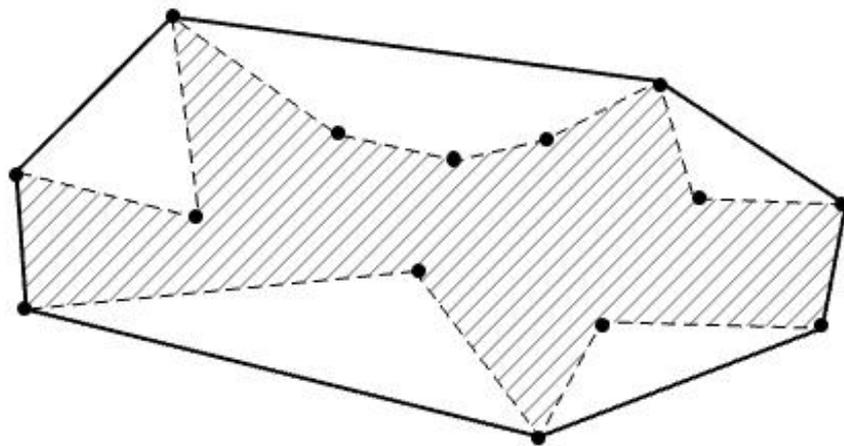
7.2 空间对象基本度量方法

7.2.1 几何度量

(6) 最小边界几何图形

在GIS中，应用较为广泛的最小边界几何是**凸包**和**包络线矩形**，其它的最小边界几何图形还包括外接圆、最小面积矩形和最小边长矩形等。

①所谓**凸包**是数据点的自然极限边界，为包含所有数据点的最小凸多边形，连接任意不相邻两点的线段必须完全位于该凸多边形中，同时区域的面积也达到最小值。



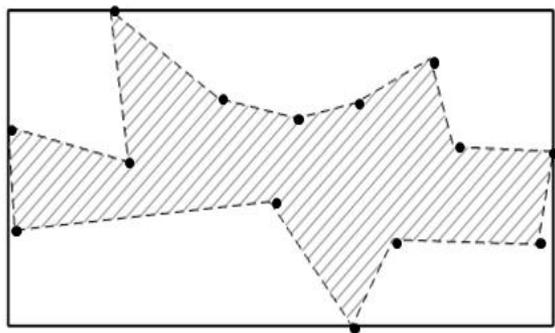
散点边界构成的最小凸包示意图

7.2 空间对象基本度量方法

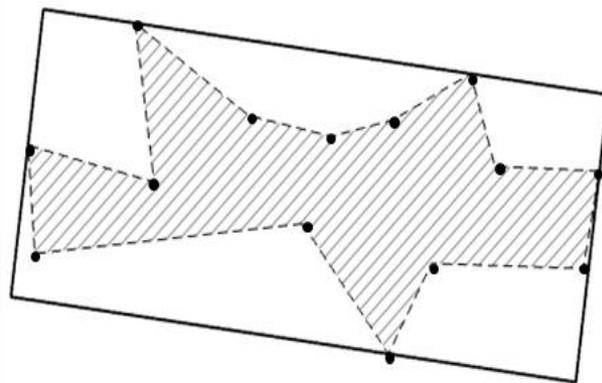
7.2.1 几何度量

(6) 最小边界几何图形

② **最小边界包络矩形**是一个矩形区域，它定义了一个要素的空间范围，是每个几何体的最小外接矩形。实际上，几何要素的包络线矩形只是众多最小外接矩形中的一种。其它的还包括基于面积最小原则和边长最小原则的外接矩形。包络矩形的特殊之处在于，它要求矩形的边长必须在水平或垂直方向上。如图7.6所示分别为基于多边形要素的包络线矩形（下方左图）和最小边长矩形（下方右图）。



(a) 包络线矩形

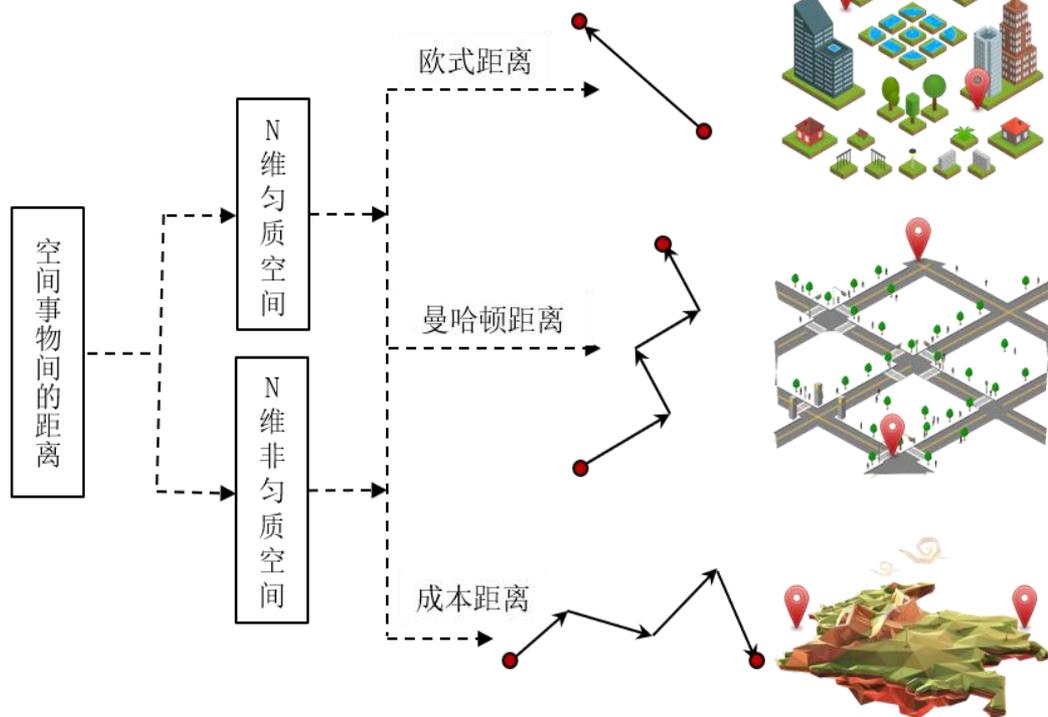


(b) 最小边长矩形

7.2 空间对象基本度量方法

7.2.2 距离量算

“**距离**”是人们日常生活中经常涉及的概念，它描述了两个实体或事物之间的远近或亲疏程度。距离的量算与度量空间的介质有关，要区分**匀质空间**和**非匀质空间**。



7.2 空间对象基本度量方法

7.2.2 距离量算

(1) 匀质空间距离的量算

在匀质空间，广义距离的一般形式为：

$$d_{ij}(q) = \left[\sum_{l=1}^n (x_{li} - x_{lj})^q \right]^{1/q}$$

式中： i, j 代表物体 i 和物体 j 。在空间数据查询和定位分析中，研究的对象通常发生在二维或三维的地理空间上，因此一般取 $n \leq 3$ 。

名称	条件	计算公式
曼哈顿距离	$q = 1$	$d_{ij}(1) = x_{li} - x_{lj} $
欧式距离	$q = 2$	$d_{ij} = \left[\sum_{l=1}^n (x_{li} - x_{lj})^2 \right]^{1/2}$
契比雪夫距离	q 趋向于无穷	$d_{ij}(\infty) = \max \{ x_{li} - x_{lj} \}, l = 1, 2, \dots,$

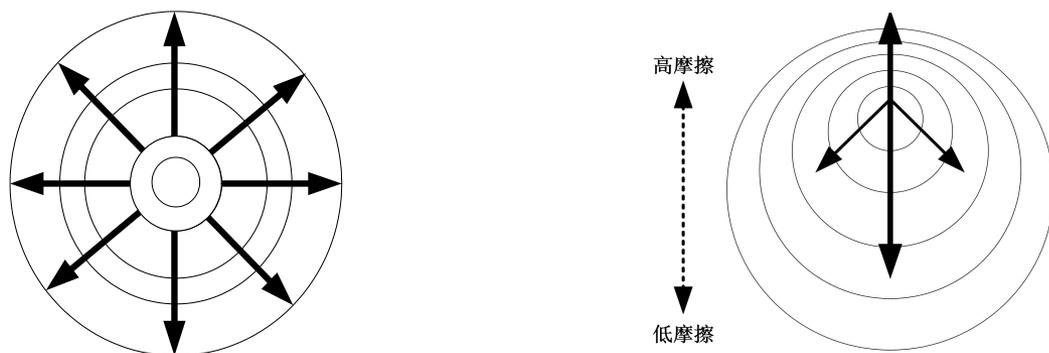
7.2 空间对象基本度量方法

7.2.2 距离量算

(2)非匀质空间距离的量算

当度量空间为非匀质时，此时的距离称为**函数距离**。函数距离不仅仅是表达式上的变化，而且还有研究区域上的变化。

地理空间的距离概念与上述广义距离概念不甚相同，地理空间的距离所描述的对象一定是发生在地理空间上的，也就是说它具有空间概念，是基于地理位置的，反映了空间物体间的几何接近程度。



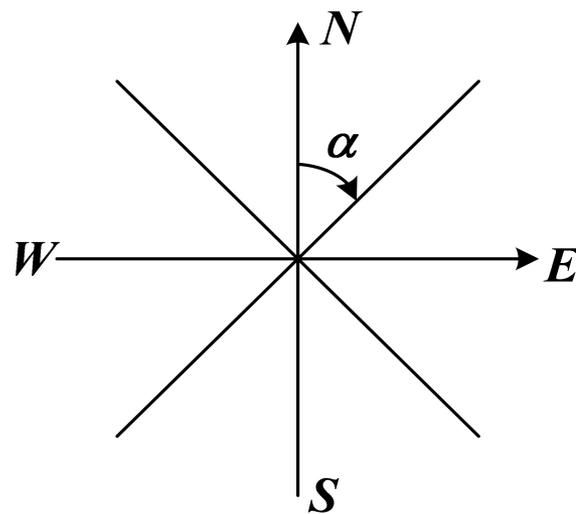
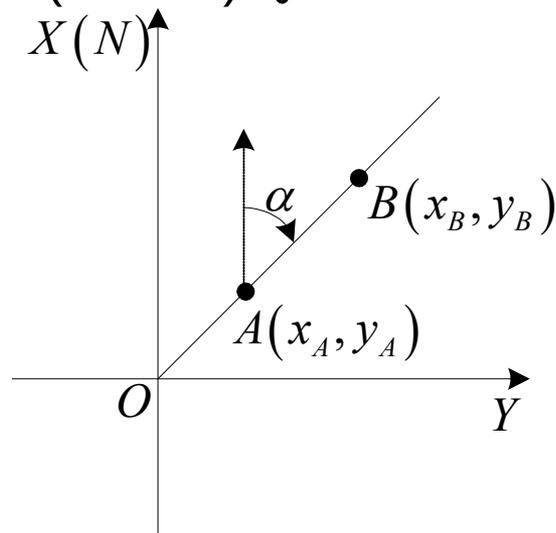
各向同性（图左）和各向异性（图右）的距离表面

7.2 空间对象基本度量方法

7.2.3 方向量算

方位是描述两个物体之间位置关系的另一种度量。空间方位的描述可分为**定量描述**和**定性描述**。

① **定量描述**精确地给出空间目标之间的方向，用于方位角、象限角等比率量标 (ration) 。

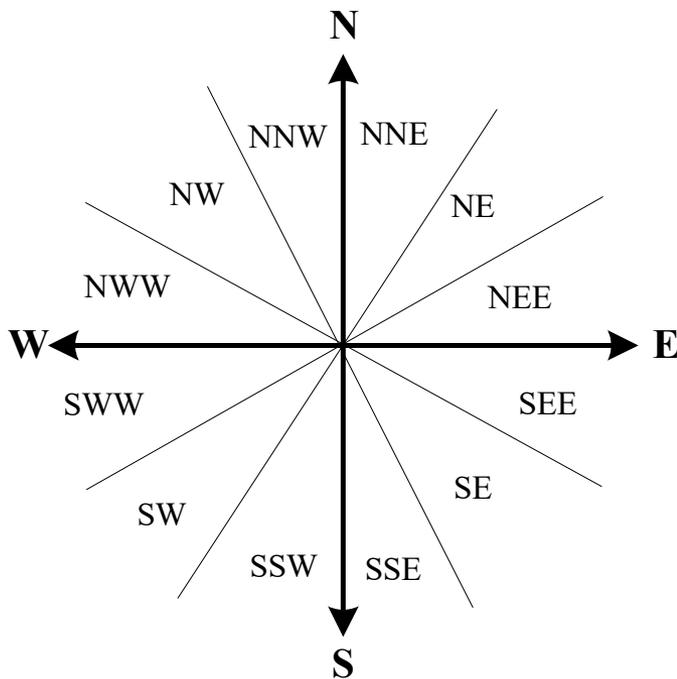


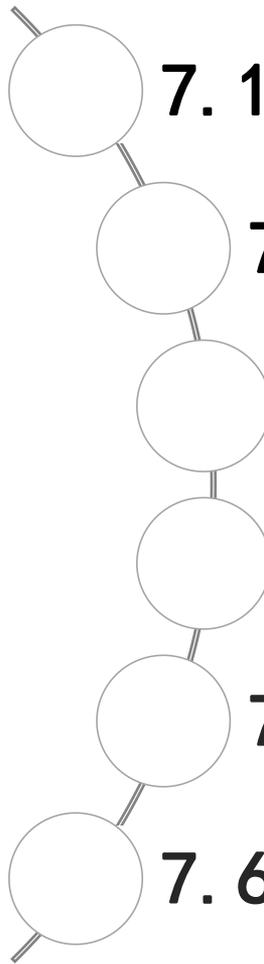
方向的定量描述

7.2 空间对象基本度量方法

7.2.3 方向量算

② **定性描述**用于有序尺度数据 (ordinal) 概略描述空间方向关系，常用的方法有4方向描述法、8方向描述法和16方向描述法。下图为16方向描述法。



- 
- 7.1 空间分析概述
 - 7.2 空间对象基本度量方法
 - 7.3 叠置分析**
 - 7.4 缓冲区分析
 - 7.5 窗口分析
 - 7.6 网络分析

7.3 叠置分析

当前大纲

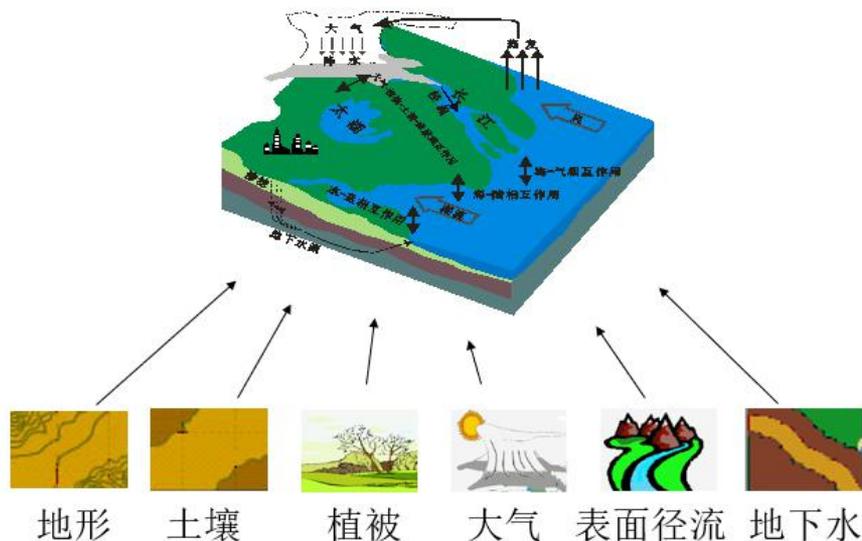
7.3.1 矢量数据的叠置分析

7.3.2 栅格数据的叠置分析

7.3 叠置分析

叠置分析简述

叠置分析(overlay analysis)是地理信息系统中常用的提取空间隐含信息的方法之一，它是将有关主题层组成的各个数据层面进行叠置产生一个新的数据层面，其结果不仅包含了新的空间关系，同时还将输入的多个数据层的属性联系起来产生新的属性关系。

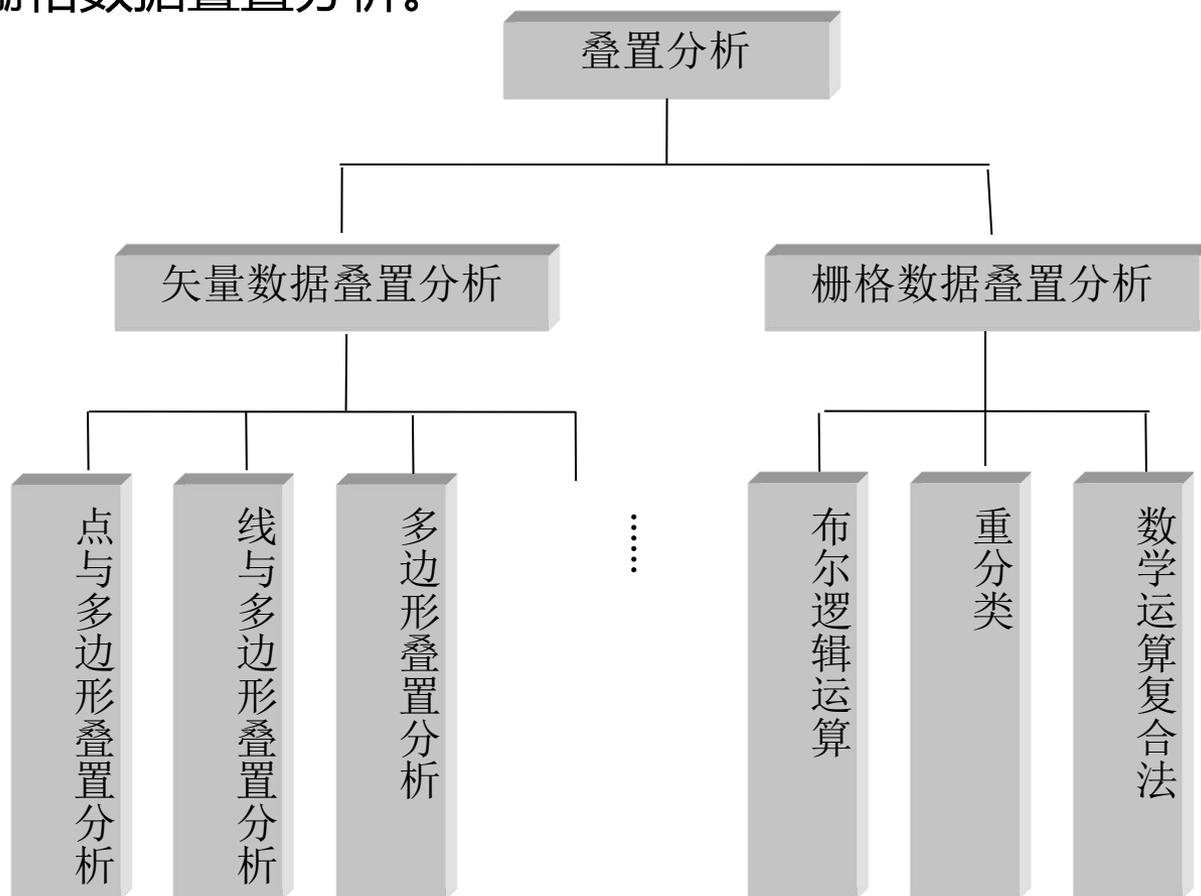


被叠加的要素层面必须是基于相同坐标系统的、基准面相同的、同一区域的数据。

7.3 叠置分析

叠置分析分类

按照GIS中最常用的两种数据结构将叠置分析分成矢量数据叠置分析和栅格数据叠置分析。

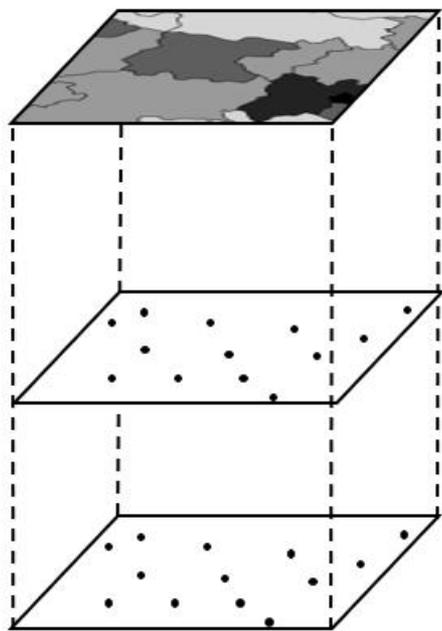


7.3 叠置分析

7.3.1 矢量数据的叠置分析

(1) 点与多边形叠置

点与多边形叠置，是指一个点图层与一个多边形图层相叠，叠置分析的结果往往是将其中一个图层的属性信息注入到另一个图层中，然后更新得到的数据图层；基于新数据图层，通过属性直接获得点与多边形叠加所需要的信息。



乡镇区划图层

ID	名称
1	大王镇
2	张家村
3	李家村
...	...

乡镇农作物图层

ID	农作物产量
1	600
2	2,000
3	1,000
...	...

叠置结果图层

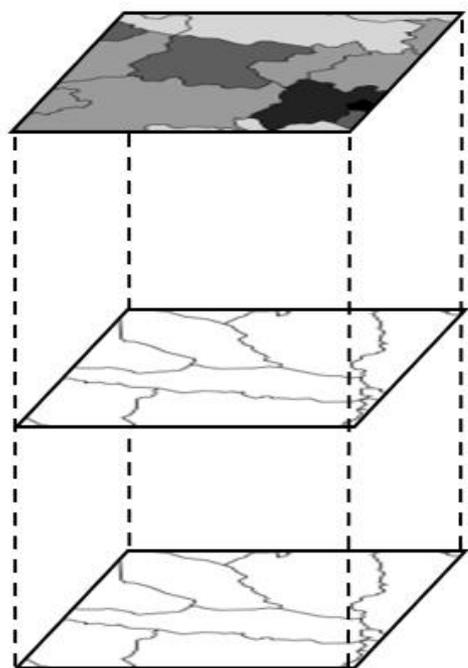
ID	名称	农作物产量
1	大王镇	600
2	大王镇	2,000
3	李家村	1,000
...

7.3 叠置分析

7.3.1 矢量数据的叠置分析

(2) 线与多边形叠置

线与多边形的叠置同点与多边形叠置类似，线与多边形的叠加，指一个线图层与一个多边形图层相叠，叠置结果通常是将多边形层的属性注入另一个图层中，然后更新得到的数据图层。



乡镇区划图层

河流图层

叠置结果图层

ID	名称
1	大王镇
2	张家村
3	李家村
...	...

ID	河流
1	裕河
2	昌河
3	十里沟
...	...

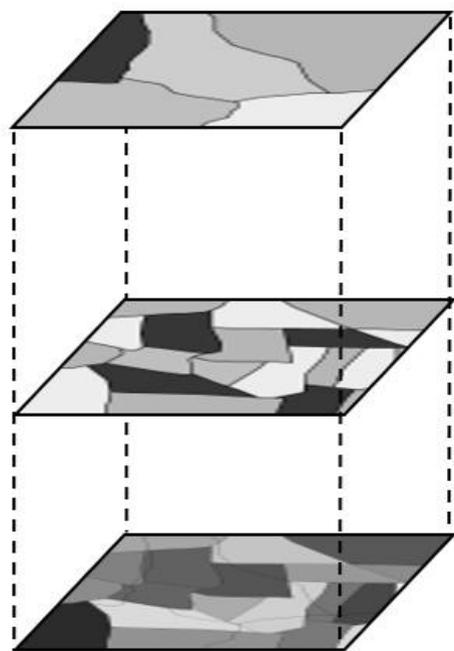
ID	名称	河流
1	大王镇	裕河
2	大王镇	昌河
3	李家村	昌河
...

7.3 叠置分析

7.3.1 矢量数据的叠置分析

(3) 多边形叠置

多边形叠置是将两个或多个多边形图层进行叠加，产生一个新的多边形图层。新图层的多边形是原来各图层多边形相交分割的结果，每个多边形的属性含有原图层各个多边形的所有属性数据。



乡镇区划图层

ID	名称
1	高家庄
2	贾家村
3	周家堡
...	...

土地利用图层

ID	土地利用编号
1	110
2	111
3	112
...	...

叠置结果图层

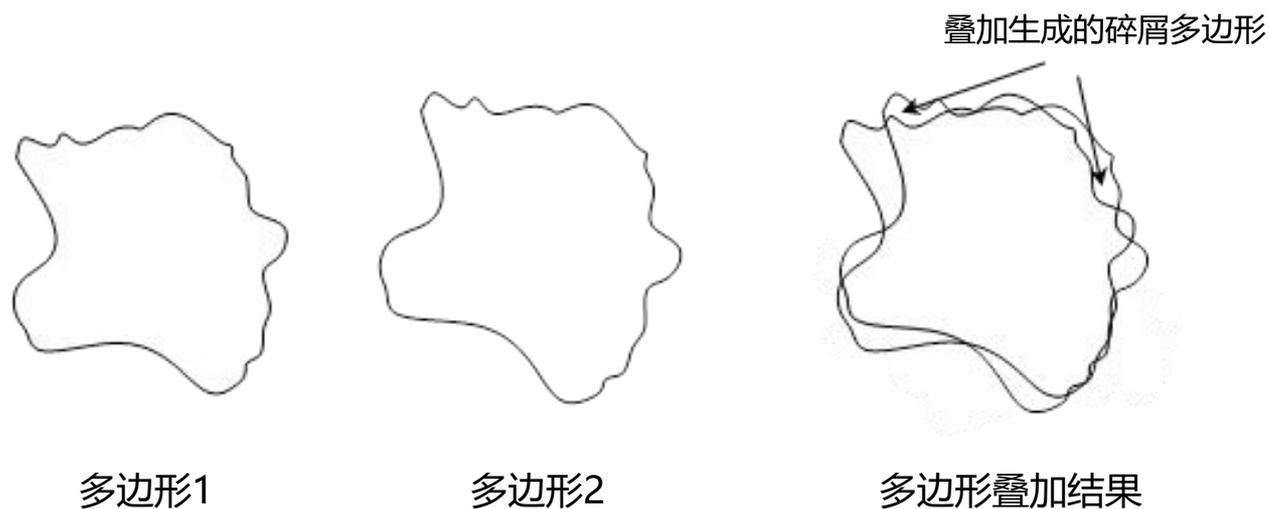
ID	名称	土地利用编号
1	高家庄	110
2	贾家村	110
3	周家堡	112
...

7.3 叠置分析

7.3.1 矢量数据的叠置分析

(3) 多边形叠置

破碎多边形即沿着两个输入地图的相关或共同边界线的细小而无用多边形。它是由于数字化过程中的误差而造成的，输入地图上的共同边界线不会刚好相互重叠。引起破碎多边形的其他原因包括源地图的误差或解译误差。通常GIS软件在地图叠加操作中设置**模糊容差值**，以去除破碎多边形。



7.3 叠置分析

7.3.2 栅格数据的叠置分析

在栅格数据内部，叠置运算是通过像元之间的各种运算来实现的。

设 x_1, x_2, \dots, x_n 分别表示第1层至第n层上同一坐标属性值， f 函数表示各层上属性与用户需求之间的关系， E 为叠置后属性输出层的属性值，则

$$E = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

叠加操作的输出结果可能是：

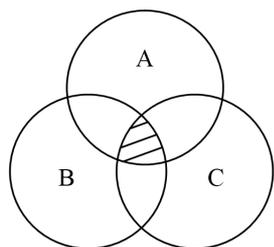
- ① 各层属性数据的算术运算结果；
- ② 各层属性数据的极值；
- ③ 逻辑条件组合；
- ④ 其他模型运算结果。

7.3 叠置分析

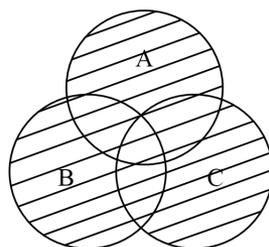
7.3.2 栅格数据的叠置分析

(1) 布尔逻辑运算

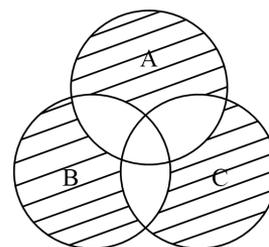
栅格数据一般可以按属性数据的**布尔逻辑运算**来检索，即这是一个逻辑选择的过程。设有A、B、C三个层面的栅格数据系统，一般可以用布尔逻辑算子以及运算结果的文氏图表示其一般的运算思路和关系。布尔逻辑为AND、OR、XOR、NOT，如下图所示。



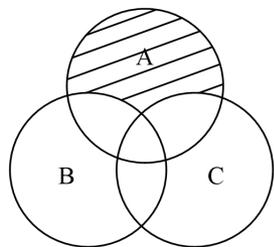
A. AND. B. AND. C



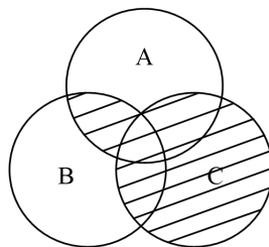
A. OR. B. OR. C



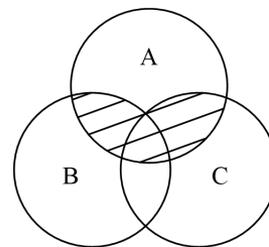
A. XOR. B. XOR. C



A. NOT. (B. AND. C)



A. AND. B. OR. C



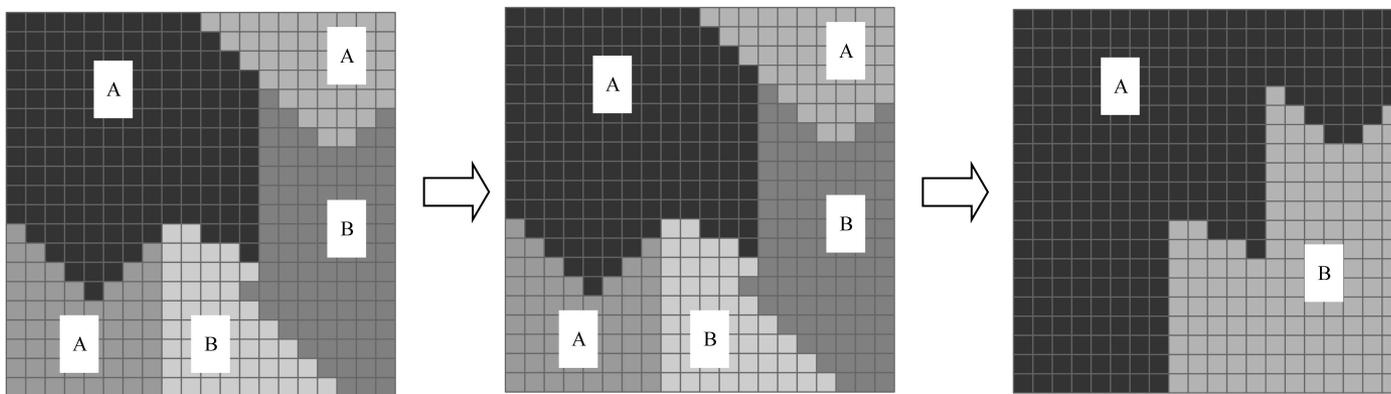
A. AND. (B. OR. C)

7.3 叠置分析

7.3.2 栅格数据的叠置分析

(2) 重分类

重分类是将属性数据的类别合并或转换成新类。即对原来数据中的多种属性类型，按照一定的原则进行重新分类，以利于分析。重分类时必须保证多个相邻接的同一类别的图形单元应获得相同的名称，并将图形单元合并，从而形成新的图形单元。



7.3 叠置分析

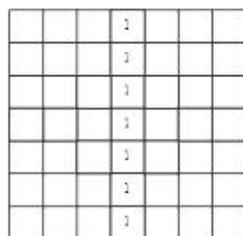
7.3.2 栅格数据的叠置分析

(3) 数学运算复合法

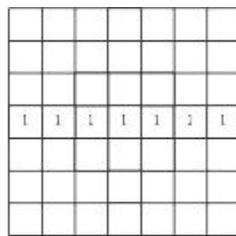
指不同层面的栅格数据逐网格按一定的数学法则进行运算，从而得到新的栅格数据系统的方法。

① 算术运算

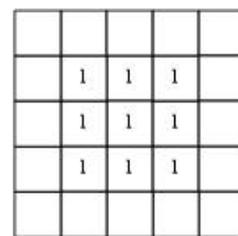
指两个以上图层的对应网格值经加、减运算，而得到新的栅格数据系统的方法。这种复合分析法具有很大的应用范围。



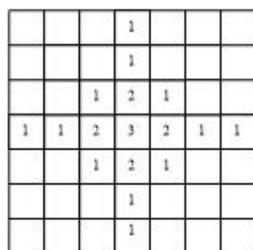
A



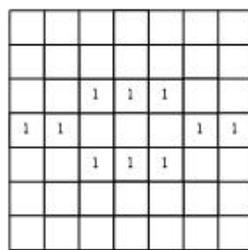
B



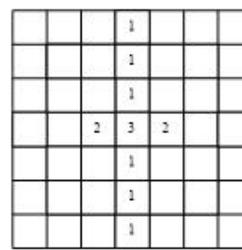
C



$D=A+B+C$



$E=|B-C|$



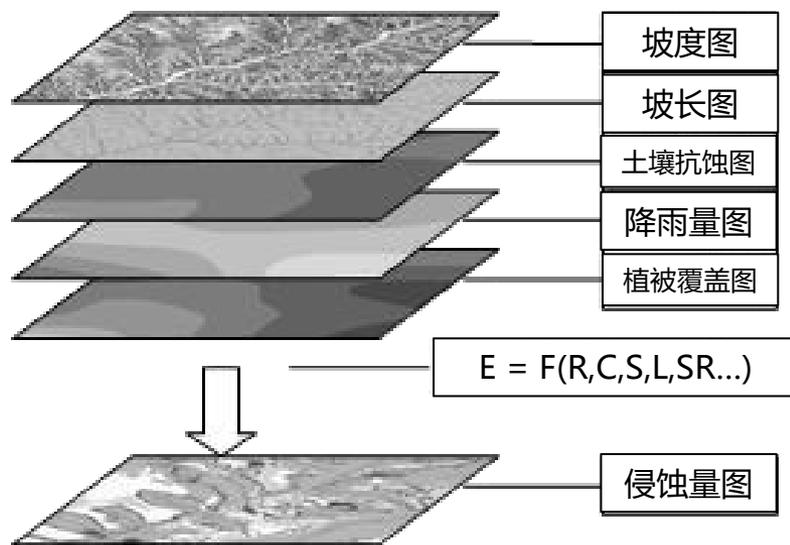
$F=D-E$

7.3 叠置分析

7.3.2 栅格数据的叠置分析

② 函数运算

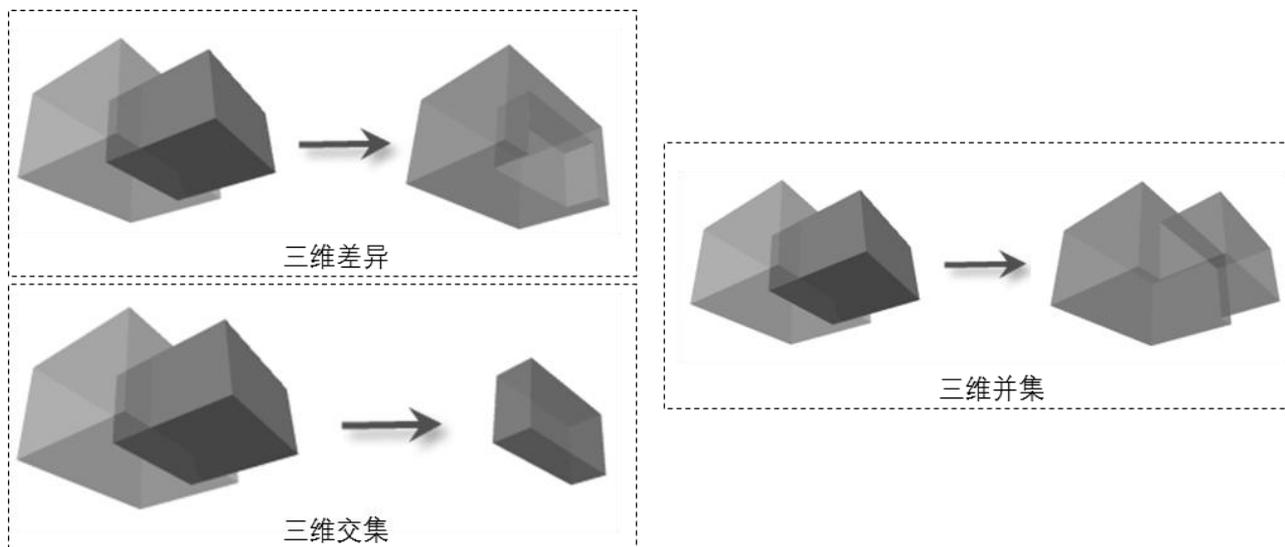
指两个以上层面的栅格数据系统以某种函数关系作为复合分析的依据进行**逐网格运算**，从而得到新的栅格数据系统的过程。例如利用通用土壤流失方程式计算土壤侵蚀量时，就可利用多层次栅格数据的函数运算复合分析法进行自动处理，如下图所示。

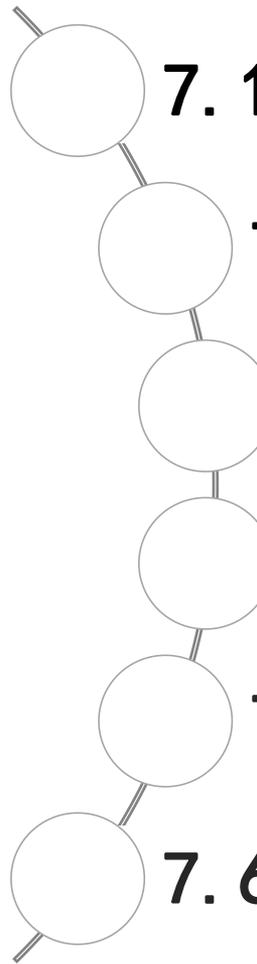


7.3 叠置分析

三维空间叠置分析

有些问题的建模与分析是在**三维空间**中展开，这就需要在构建数据对象的表示模型过程中，必须构建三维要素，其叠置分析也需要在三维空间中展开。在**基于矢量数据的三维叠置分析**中，类型上包括三维点、三维线和三维体之间的叠置运算，运算方法包括相交、联合和交集取反等。



- 
- 7.1 空间分析概述
 - 7.2 空间对象基本度量方法
 - 7.3 叠置分析
 - 7.4 缓冲区分析**
 - 7.5 窗口分析
 - 7.6 网络分析

7.4 缓冲区分析

当前大纲

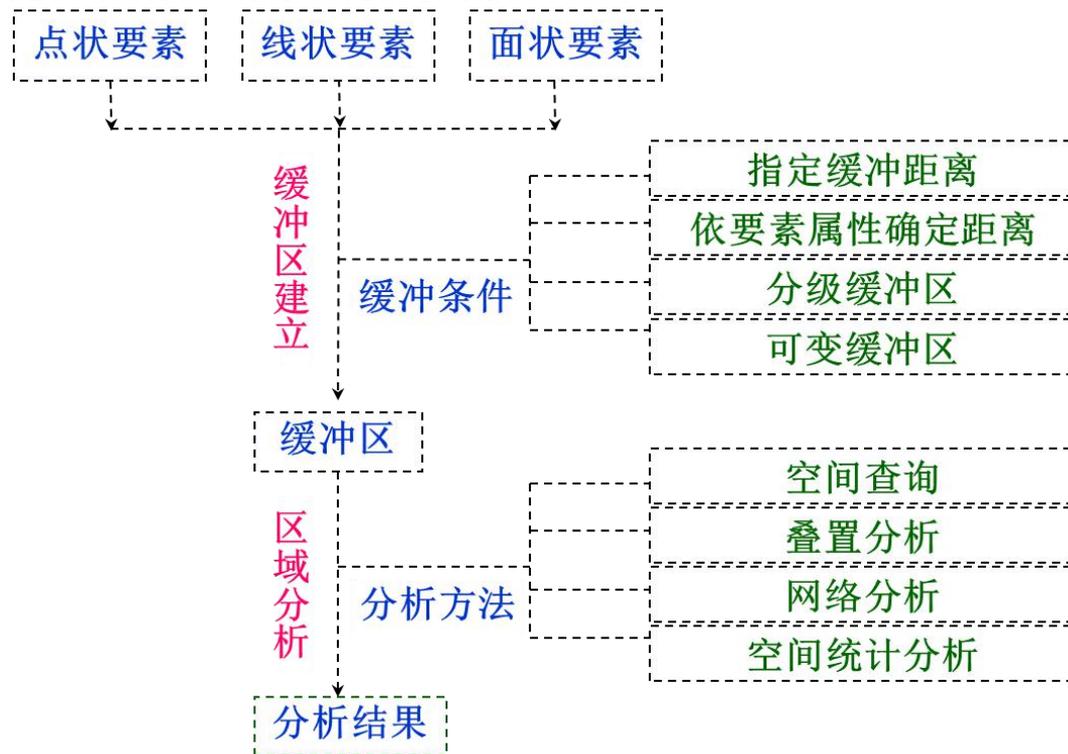
7.4.1 矢量缓冲区分析

7.4.2 栅格缓冲区分析

7.4 缓冲区分析

缓冲区分析简述

缓冲区分析(buffer analysis)是地理信息系统中常用的一种空间分析方法，是对空间特征进行度量的一种重要手段。缓冲区分析是研究根据数据库的点、线、面等实体，自动建立其周围一定宽度范围内的缓冲区域，从而实现空间数据在水平方向得以扩展的信息分析方法。



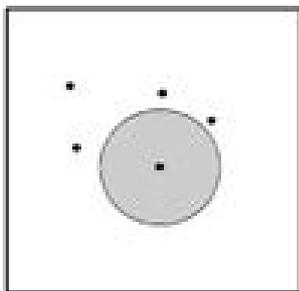
7.4 缓冲区分析

7.4.1 矢量缓冲区分析

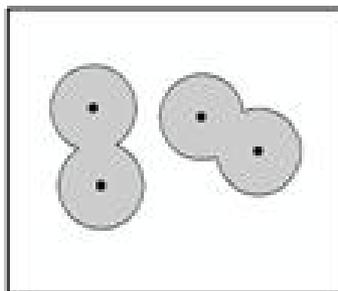
(1) 矢量缓冲区的类型

① 点缓冲区

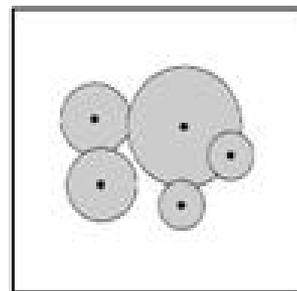
点缓冲区是选择单个点、一组点、一类点状要素或一层点状要素，按照给定的缓冲条件建立缓冲区结果。不同的缓冲条件下，单个或多个点状要素建立的缓冲区也不同。



a. 单个点缓冲区



b. 相同缓冲距离缓冲区



c. 属性值作距离参数缓冲区

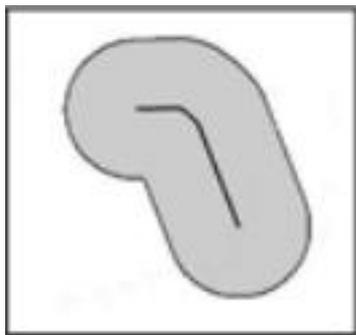
7.4 缓冲区分析

7.4.1 矢量缓冲区分析

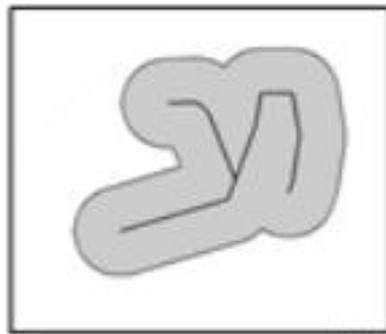
(1) 矢量缓冲区的类型

② 线缓冲区

线缓冲区是选择一类或一组线状要素，按照给定的缓冲条件建立缓冲区结果。



a. 单个线缓冲区



b. 多个线缓冲区



c. 属性值作距离参数缓冲区

7.4 缓冲区分析

7.4.1 矢量缓冲区分析

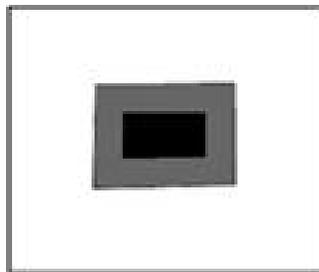
(1) 矢量缓冲区的类型

③ 面缓冲区

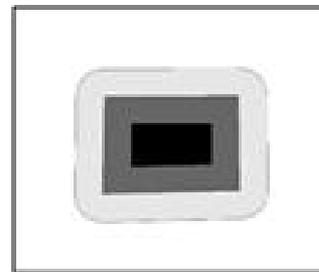
面缓冲区是选择一类或一组面状要素，按照给定的缓冲条件建立缓冲区结果。面缓冲区由于自身缓冲区建立的原因，存在**内缓冲区**和**外缓冲区**之分。外缓冲区是在面状地物的外围形成缓冲区，内缓冲区则在面状地物的内侧形成缓冲区，同时也可以面状地物的边界两侧形成缓冲区。



a. 外缓冲区



b. 内缓冲区



c. 内外缓冲区

7.4 缓冲区分析

7.4.1 矢量缓冲区分析

(2) 缓冲区分析实例-某城市医院的服务影响范围



图例:



医院



道路

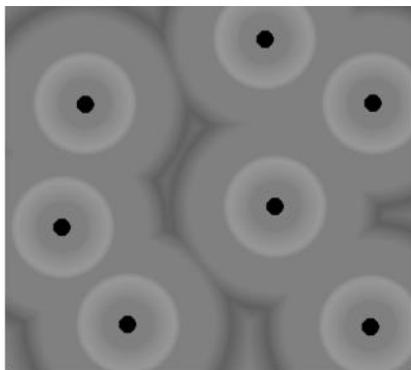


建立的缓冲区

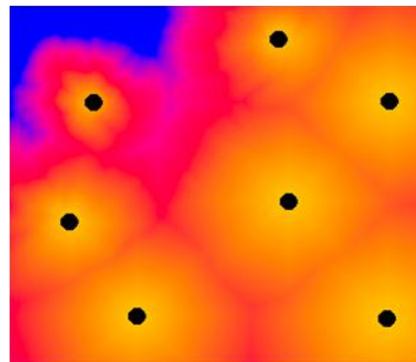
7.4 缓冲区分析

7.4.2 栅格缓冲区分析

- (1) 栅格数据更适合对**连续变化**的地理现象进行缓冲区分析，采用**欧式距离**的方式是构建栅格缓冲区的常用方法。
- (2) 栅格数据可用于构建带有成本的缓冲区。



欧式距离栅格

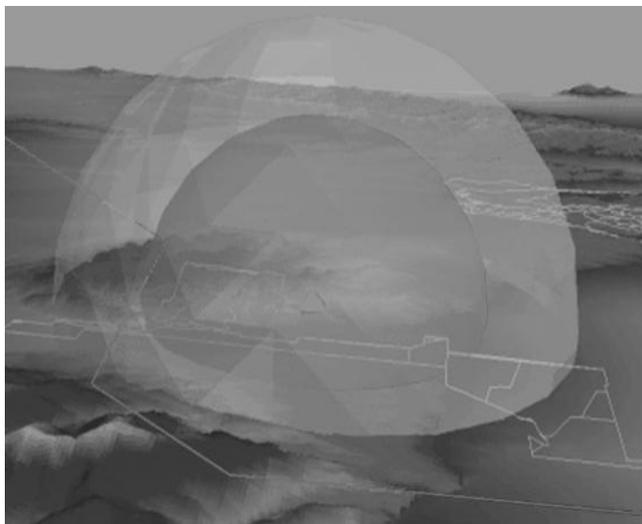


成本距离栅格

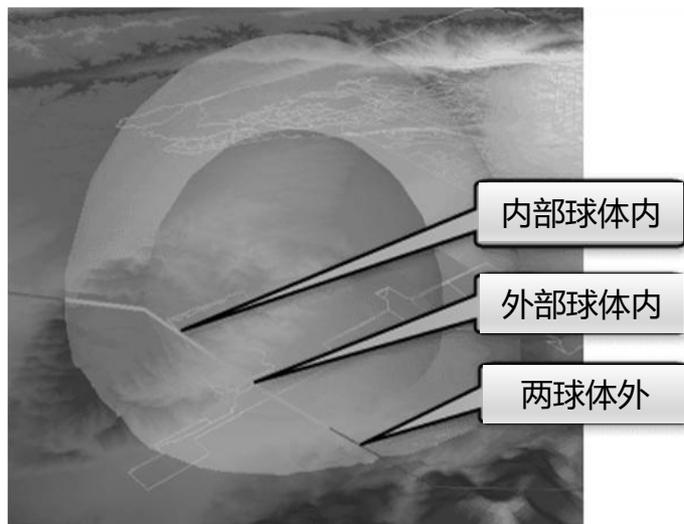
7.4 缓冲区分析

三维空间缓冲区

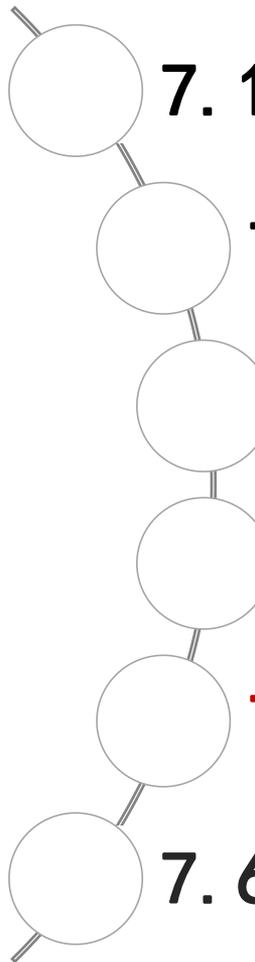
无论矢量缓冲区分析，还是栅格缓冲区分析，均是基于二维对象进行建模。
但是在现实世界中，对各种影响范围进行建模时，有时候需要考虑**三维空间**。



基于2中射程距离的3D缓冲区分析



飞行路径与射程范围的三维叠加分析结果

- 
- 7.1 空间分析概述
 - 7.2 空间对象基本度量方法
 - 7.3 叠置分析
 - 7.4 缓冲区分析
 - 7.5 窗口分析**
 - 7.6 网络分析

7.5 窗口分析

当前大纲

7.5.1 窗口分析概述

7.5.2 分析窗口的类型

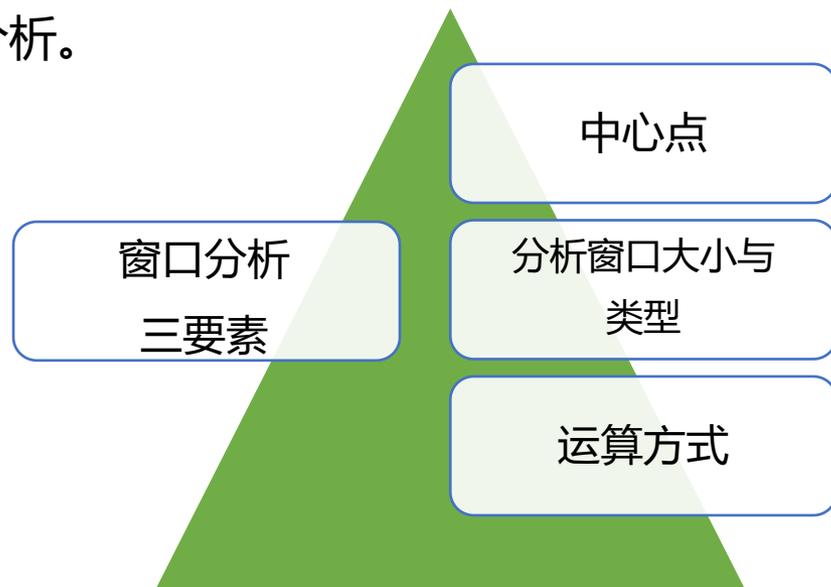
7.5.3 窗口分析的类型

7.5 窗口分析

7.5.1 窗口分析概述

地学信息在空间上存在着一定的**关联性**，对于栅格数据所描述的某项地学要素，其中的 (i, j) 栅格往往会影响到其周围栅格的属性特征。

窗口分析是指对于栅格数据系统中的一个、多个栅格点或全部数据，开辟一个有固定分析半径的分析窗口，并在该窗口内进行诸如极值、均值等一系列统计计算，或与其它层面的信息进行必要的复合分析，从而实现栅格数据有效的水平方向扩展分析。

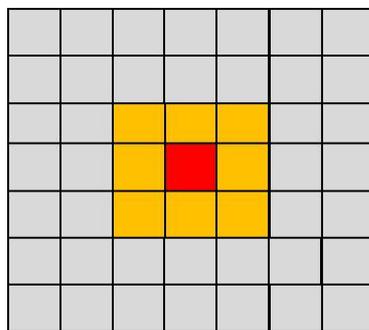


7.5 窗口分析

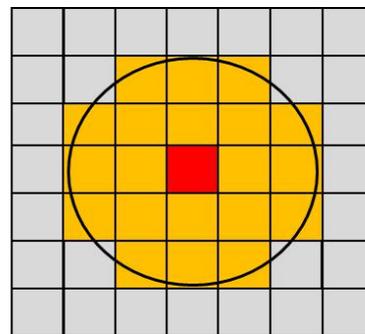
7.5.2 分析窗口的类型

按照分析窗口的形状，可以将分析窗口划分为以下类型：

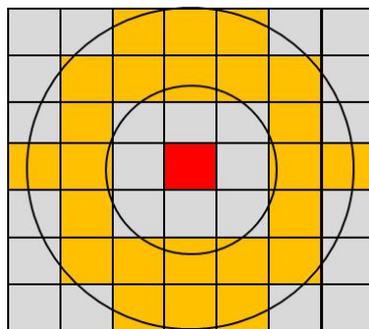
- (1) 矩形窗口
- (2) 圆形窗口
- (3) 环形窗口
- (4) 扇形窗口
- (5) 其他窗口



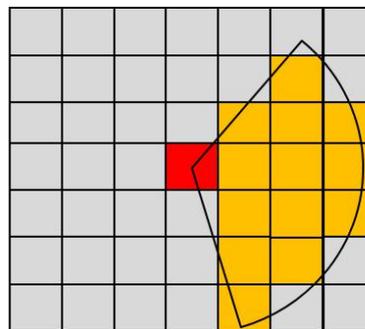
矩形



圆形



环形



扇形

7.5 窗口分析

7.5.3 窗口分析的类型

(1) 统计运算

名称	分析结果
平均值统计 (Mean)	新栅格值为分析窗口内原栅格值的均值
最大值统计 (Maximum)	新栅格值为分析窗口内原栅格值的最大值
最小值统计 (Minimum)	新栅格值为分析窗口内原栅格值的最小值
中值统计 (Median)	新栅格值为分析窗口内原栅格值的中值
求和统计 (Sum)	新栅格值为分析窗口内原栅格值的总和
标准差统计 (Standard deviation)	新栅格值为分析窗口内原栅格值的标准差值
其他	诸如值域、模等
.....

7.5 窗口分析

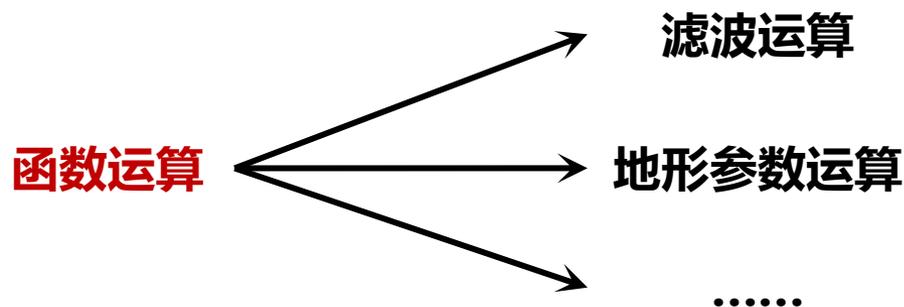
7.5.3 窗口分析的类型

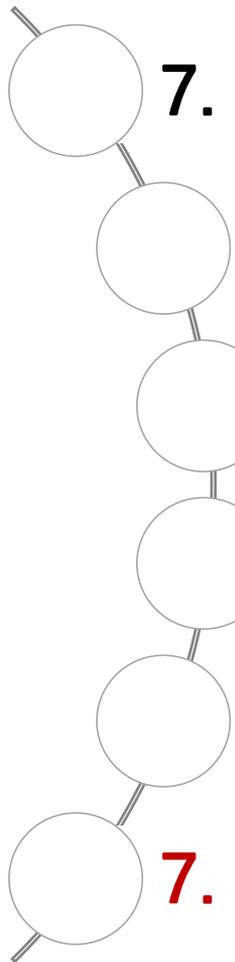
(2) 函数运算

窗口分析中的函数运算是选择分析窗口后，以某种特殊的函数或关系式，如滤波算子，坡度计算等，来进行从原始栅格值到新栅格值的运算，具体可以用下列公式来表达：

$$C_{ij} = f\left(\sum_{i-m}^{i+m} \sum_{j-n}^{j+n} c_{ij} \lambda_{ij}\right)$$

其中， i, j 为行列号， c_{ij} 为第 i 行，第 j 列原始栅格值， $m \times n$ 是分析窗口大小， λ_{ij} 为栅格系数， f 为运算函数， C_{ij} 为新栅格图层值。



- 
- 7.1 空间分析概述
 - 7.2 空间对象基本度量方法
 - 7.3 叠置分析
 - 7.4 缓冲区分析
 - 7.5 窗口分析
 - 7.6 网络分析**

7.6 网络分析

当前大纲

7.6.1 矢量网络分析

7.6.2 栅格网络分析

7.6 网络分析

网络分析简述

网络就是指现实世界中，由链和结点组成的、带有环路，并伴随着一系列支配网络中流动之约束条件的线网图形，它的基础数据是点与线组成的网络数据。

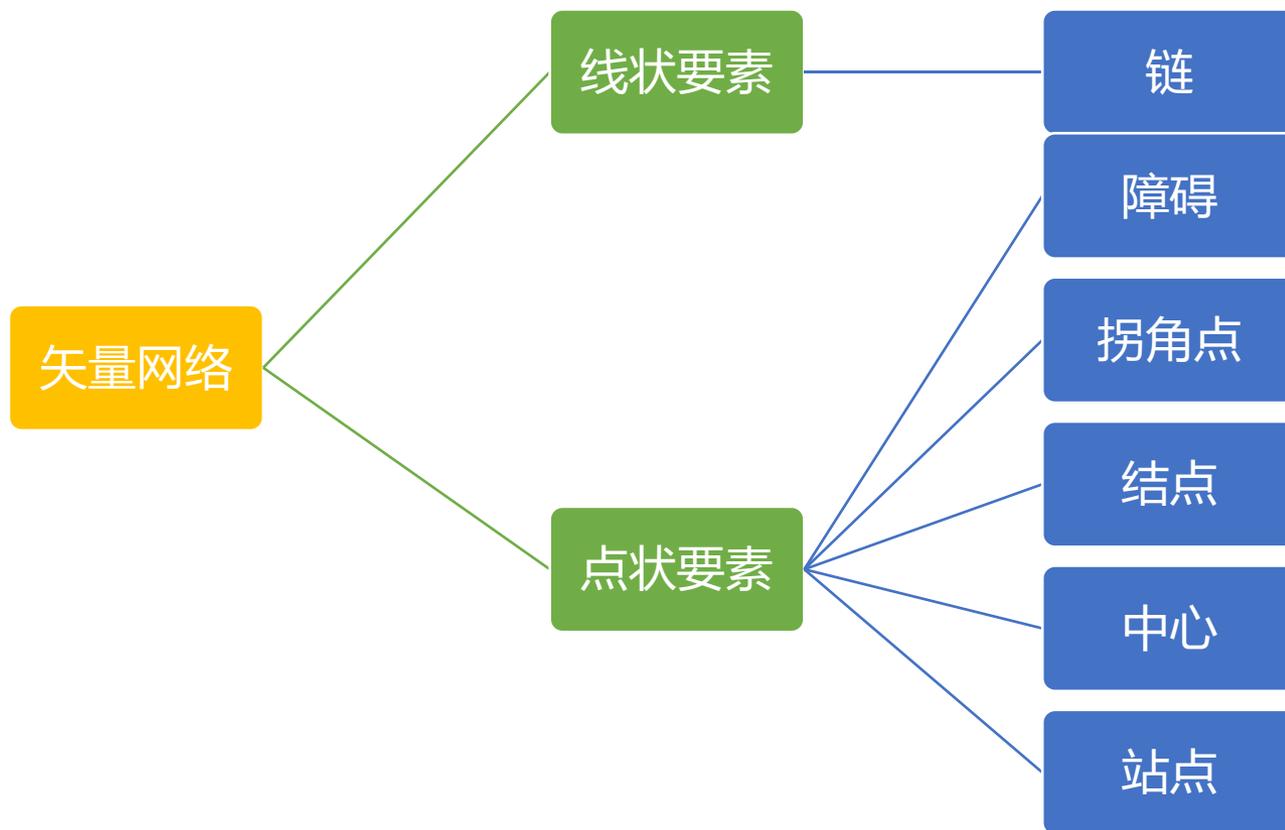
网络分析(network analysis)是通过模拟、分析网络的状态以及资源在网络上的流动和分配等，研究网络结构、流动效率及网络资源等的优化问题的领域。对地理网络、城市基础设施网络进行地理分析和模型化，是地理信息系统中网络分析功能的**主要目的**。



7.6 网络分析

7.6.1 矢量网络分析

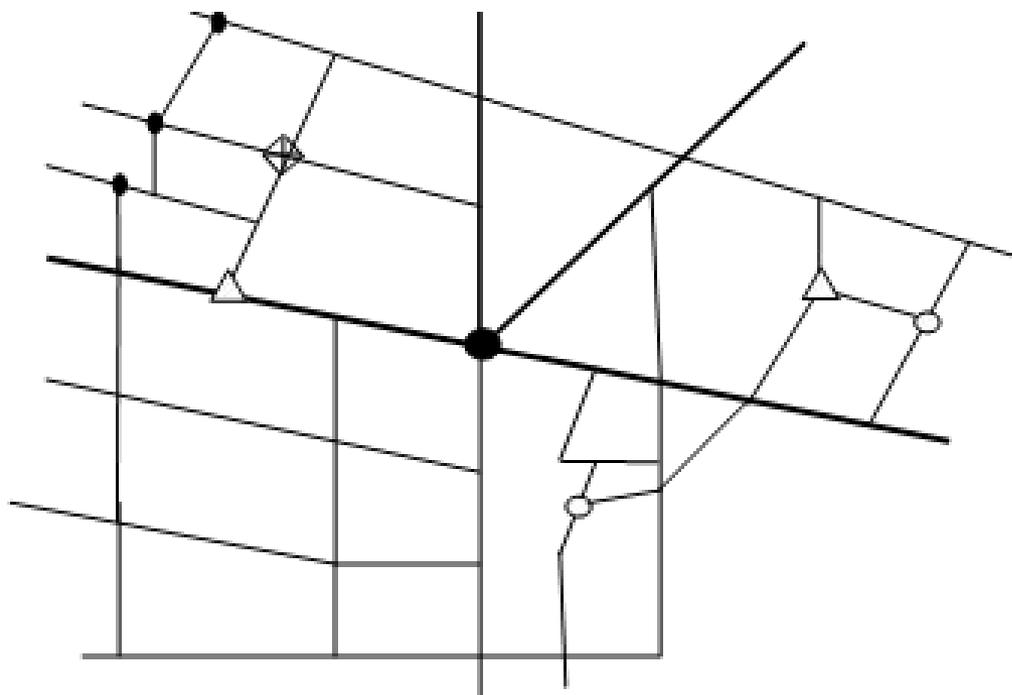
(1) 矢量网络的组成



7.6 网络分析

7.6.1 矢量网络分析

(1) 矢量网络的组成



7.6 网络分析

7.6.1 矢量网络分析

(2) 矢量网络中的属性

阻强

- 指资源在网络流动中的阻力大小，如所花的时间，费用等。它是描述链与拐角点所具有的属性。

资源容量

- 指网络中心为了满足各链的需求，能够容纳或提供的资源总数量，也指从其他中心流向该中心或从该中心流向其他中心的资源总量。

资源需求量

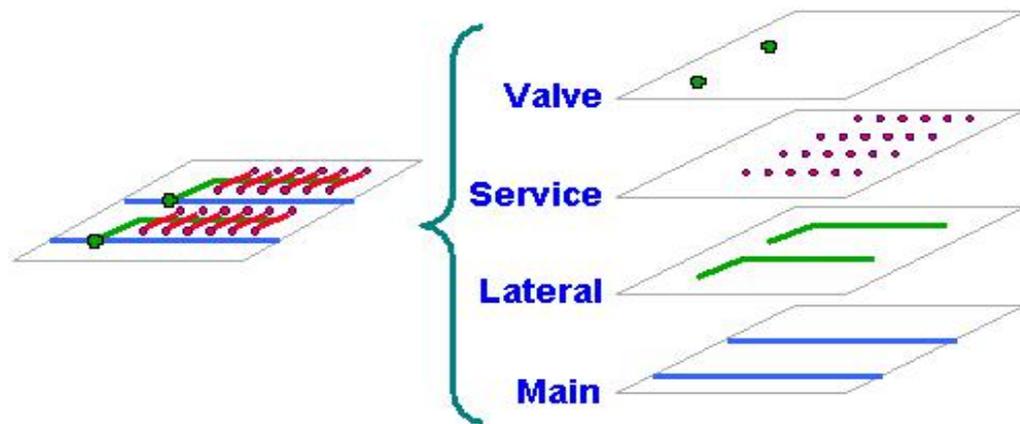
- 指网络系统中具体的线路、链、结点所能收集的或可以提供给某一中心的资源量。

7.6 网络分析

7.6.1 矢量网络分析

(3) 矢量网络的建立

- 网络分析的基础是网络的建立，一个完整的网络必须首先加入多层点文件和线文件，由这些文件建立一个空的空间图形网络；
- 对点和线文件建立起拓扑关系，加入其各个网络属性特征值，如根据网络实际的需要，设置不同阻强值，网络中链的连通性，中心点的资源容量，资源需求量等。

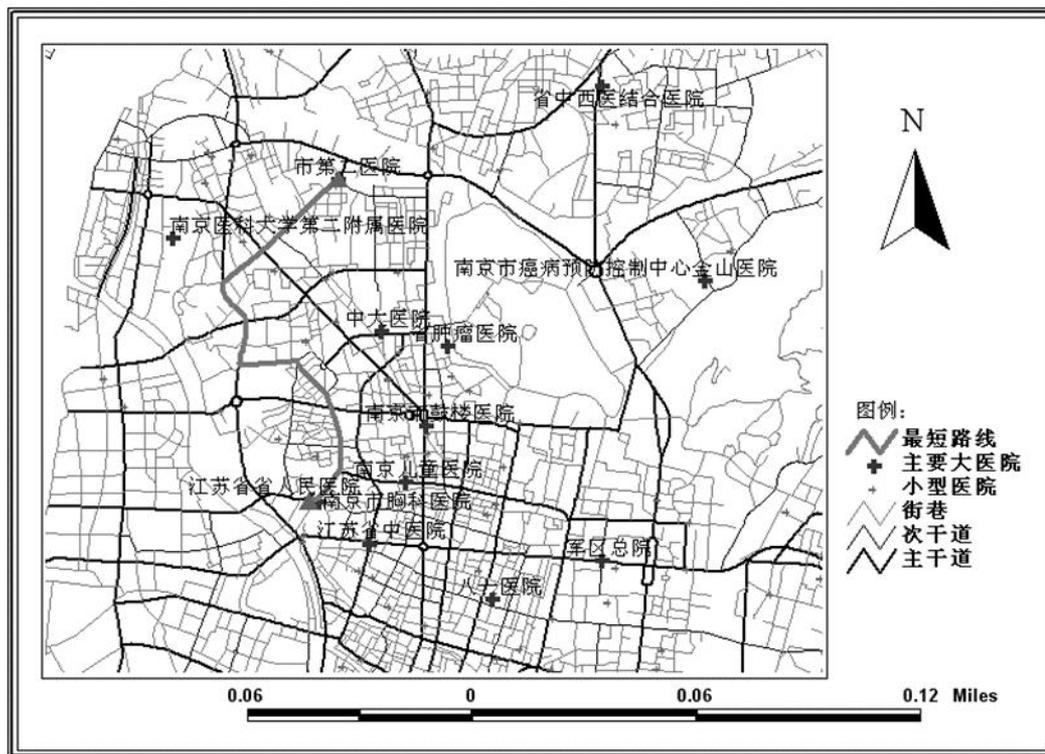


7.6 网络分析

7.6.1 矢量网络分析

(4) 矢量网络的应用

① 路径分析



网络要素的属性是固定不变时，在网络分析中属于**静态最优路径**。在实际应用中，各网络要素的属性如阻碍强度是动态变化的，还可能出现新的障碍，如城市交通路况的实时变化，此时需要动态地计算**动态最优路径**。有时仅求出单个最优路径仍不够，还需要求出**次优路径**。

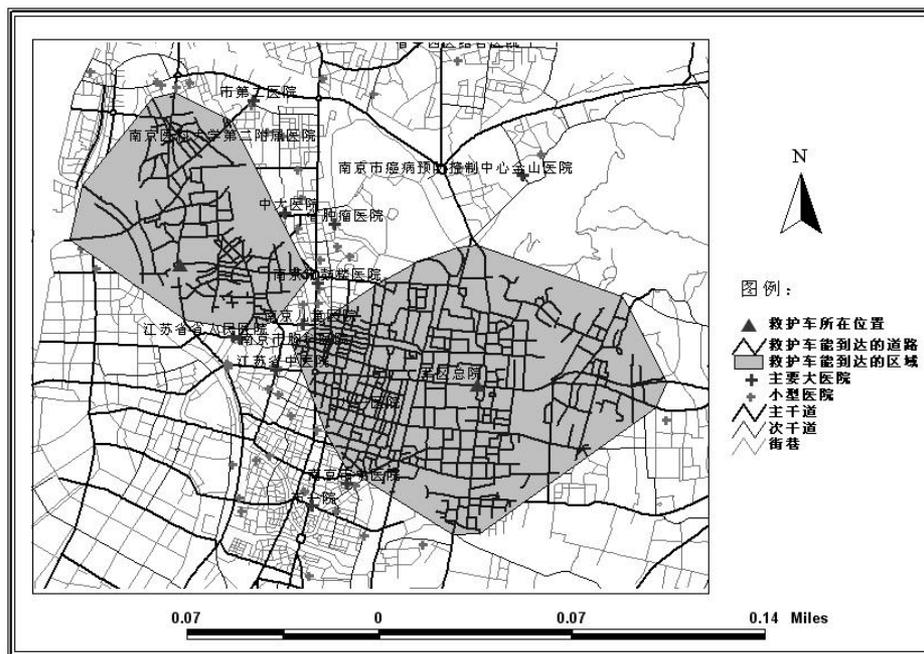
7.6 网络分析

7.6.1 矢量网络分析

(4) 矢量网络的应用

② 资源分配

目的是对若干服务中心，进行优化划定每个中心的服务范围，把所有连通链都分配到某一中心，并把中心的资源分配给这些链以满足其需求，也即要满足覆盖范围和服务对象数量，筛选出最佳布局和布局中心的位置。



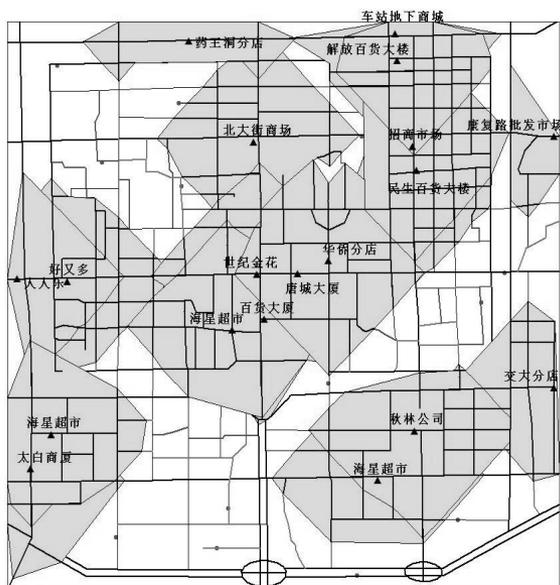
7.6 网络分析

7.6.1 矢量网络分析

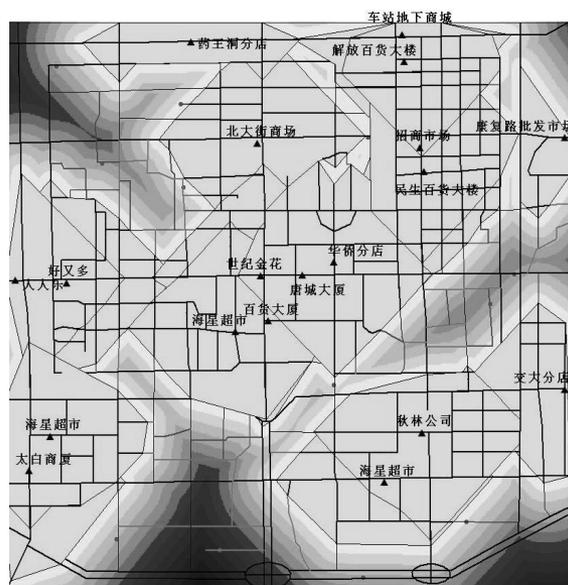
(4) 矢量网络的应用

③ 最佳选址

选址功能是指在一定约束条件下、在某一指定区域内选择设施的最佳位置，它本质上是资源分配分析的延伸。在网络分析中的选址问题一般限定设施必须位于某个节点或某条链上，或者限定在若干候选地点中选择位置。



a. 已有市场的各自服务影响范围



b. 将要新建市场的地址选择

7.6 网络分析

7.6.1 矢量网络分析

(4) 矢量网络的应用

④ 地址匹配

地址匹配实质是对地理位置的查询，它涉及到地址的编码。地址匹配与其它网络分析功能结合起来，可以满足实际工作中非常复杂的分析要求。所需输入的数据，包括地址表和含地址范围的街道网络及待查询地址的属性值。这种查询也经常用于公用事业管理，事故分析等方面，如邮政、通讯、供水、供电、治安、消防、医疗等领域。

7.6 网络分析

7.6.2 栅格网络分析

矢量数据的网络分析受其图论基础的影响，面临数据组织和输入难度大、结构复杂、计算效率低的问题。

栅格数据由于其“属性明显，位置隐含”的特点，并引入地图代数方法，充分发挥了其平面点位蕴含了全部拓扑数据和几何数据的特点，弥补了矢量数据在维护和更新等方面的缺陷，自动并自适应的组织 and 输入图论的各种方法所需要的数据。

栅格数据的网络分析具有独特优势，算法效率高、更科学、更适合动态变化。目前，基于栅格数据的网络分析在实际问题中的应用也越来越广泛。

专业术语与思考题

专业术语

空间分析、叠置分析、重分类、缓冲区分析、窗口分析、追踪分析、网络分析、阻强、资源需求量、动态分段、地址匹配

复习思考题

一、思考题（基础部分）

- 1、说明缓冲区分析的原理与用途，并对比本章中两种建立缓冲区方法的优缺点。
- 2、栅格数据与矢量数据在多层次叠置方法与结果上有什么差异？叠置分析的地学意义是什么？
- 3、网络分析对空间数据有哪些基本要求？
- 4、举例说明不同形状的空间分析窗口在地学分析中的作用。
- 5、试分析栅格数据在GIS空间分析中的优点与局限性。

复习思考题

二、思考题（拓展部分）

- 1、 设某一污染源的影响度 F_I 随距离 r_i 呈指数变化，已知该污染源的影响半径为 d_0 ，分级指标值为 f_0 ，试述对该污染源进行缓冲区分析的步骤和方法（ $i = 1, 2, \dots, 5$ ）。
- 2、 设某项应用为核电站选址，要求核电站临近海湾，交通便捷，地形坡度小于5度，地质条件安全，并避开居民区。请试以GIS方法，设计该位置选择的应用模型，用框图表示其运行过程，并说明其有关的操作和算子。
- 3、 试以格网DEM数据为数据源，利用栅格窗口分析方法，提取山丘地区的山顶点（GIS软件不限）。