第六章　空间度量算法

空间信息查询与量算

查询和定位空间对象，并对空间对象进行量算是GIS的基本功能之一，它是GIS进行高层次分析的基础。在GIS中，为进行高层次分析，往往需要查询定位空间对象，并用一些简单的量测值对地理分布或现象进行描述，如长度、面积、距离等。实际上，空间分析首先始于空间查询和量算，它是空间分析的定量基础。

空间查询

图形和属性的互查是最常用的查询，主要有两类：

1、按属性信息的要求来查询定位空间位置，称为“属性查图形”。如在中国行政区划图上查询人口大于4000万且城市人口大于1000万的省有哪些?称为SQL查询.

2、根据对象的空间位置查询有关的属性信息，称为“图形查属性”。如一般的GIS软件都提供一个“INFO”工具，让用户利用鼠标，用点选、画线、矩形、圆、不规则多边形等工具选中地物，并显示所查询对象的属性列表，可进行有关统计分析。

空间查询

1、基于空间关系查询

空间实体间存在多种空间关系，包括拓扑、距离、方位等。如查找满足下列条件的城市：

在京沪线的东部；距离京沪线不超过50公里;

城市人口大于100万; 城市区域面积5000平方公里.

空间查询

简单的点线面相互关系拓扑查询包括：

面面查询:如与某个多边形相邻的多边形有哪些；

面线查询:如某个多边形内包含哪些线；

面点查询:如某个多边形内有哪些点状地物；

线面查询:如某条线经过的多边形有哪些；

线线查询:如与某条河流相连的支流有哪些；

线点查询:如某条道路上有哪些桥梁，某条输电线上有哪些变电站；**点面查询:**如某个点落在那个多边形内；

点线查询:如某个结点由哪些线相交而成；

空间查询

2、基于空间关系和属性特征查询

传统的SQL并不能处理空间查询，对GIS而言，需要对SQL进行扩展,主要包括空间数据与属性数据的匹配等

如地址匹配查询 根据街道的地址来查询事物的空间位置和属性信息是GIS特有的一种查询功能，这种查询利用地理编码，输入街道的门牌号，就可以知道大致的位置和所在的街区。它对空间分布的社会、经济调查和统计很有帮助，只要在调查表中添加了地址，GIS就可以自动地从空间位置的角度来统计分析各种经济社会调查资料。另外，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。

空间信息量算

几何量算

1．长度

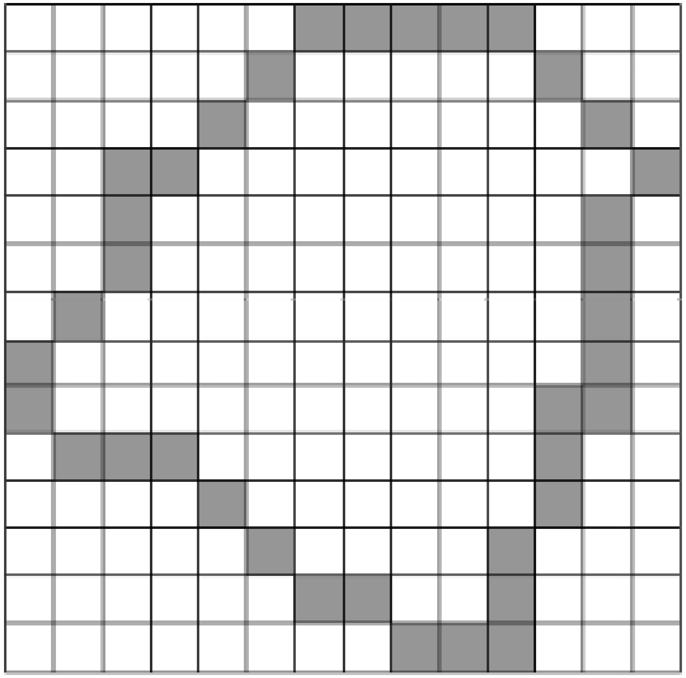
线状物体的长度是最基本的形态参数之一，在矢量数据格式下，线由点组成，线状物体表示为一个坐标串 (X_i, Y_i)，而线长度可由两点间直线距离相加得到。则线状物体长度的计算公式为：

$$L = \sum_{i=1}^{n} l_i = \sum_{i=0}^{n-1} \sqrt{[(X_{i+1} - X_i)^2 + (Y_{i+1} - Y_i)^2]}$$

周长

对于矢量图形而言，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。

对于用栅格方式表示的面状地物，必须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地总数来确定。

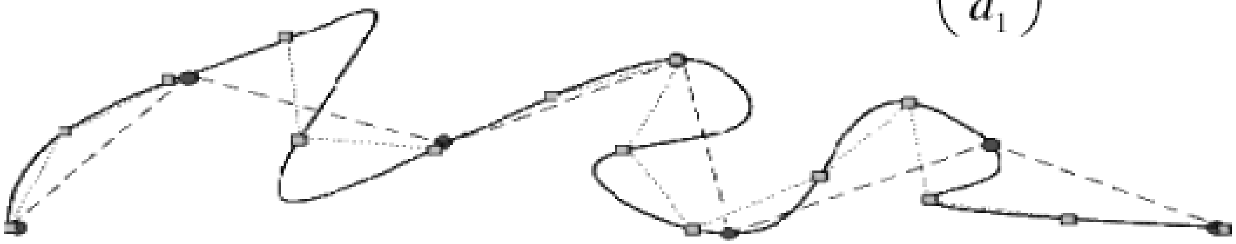


线状物体的量算

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

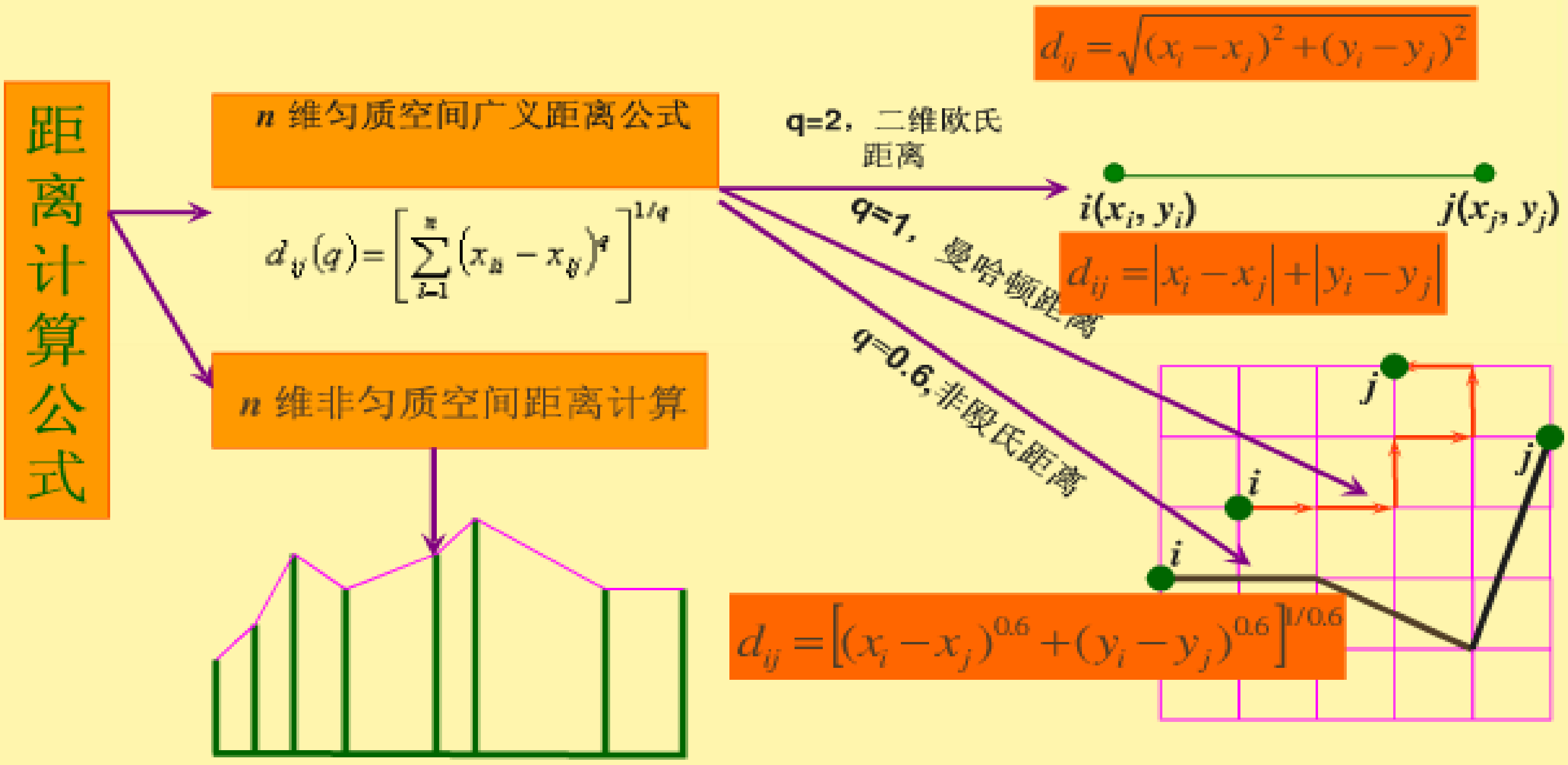
分数维数

$$D_f=\frac{\lg\left(\dfrac{L_2}{L_1}\right)}{\lg\left(\dfrac{d_2}{d_1}\right)}$$

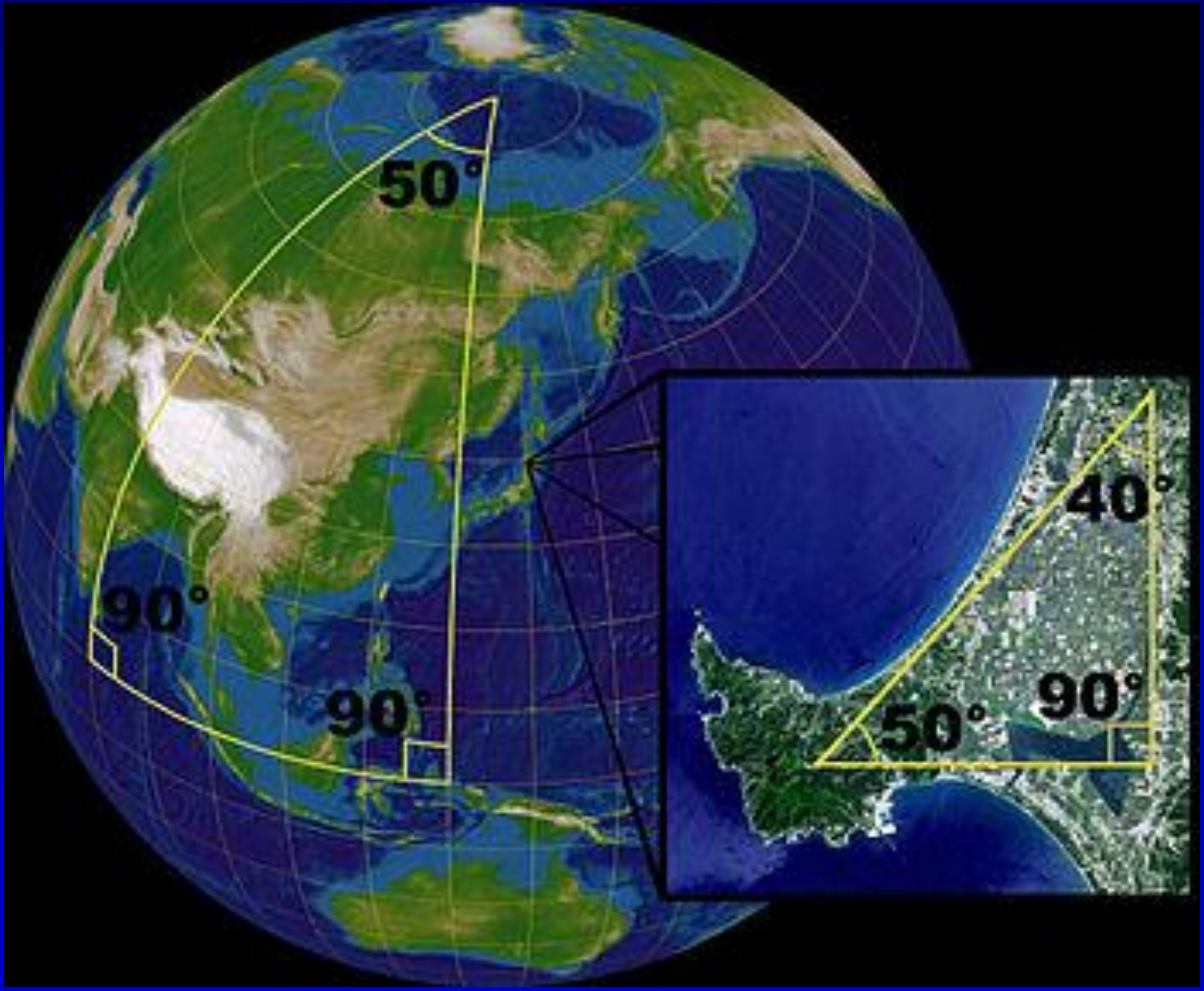


不同步长测量同一曲线

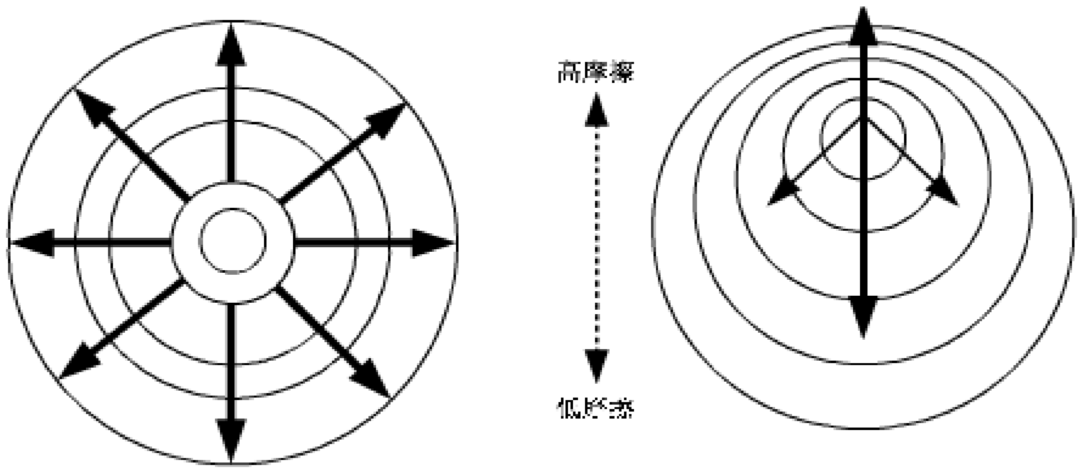
空间量算：距离量算



距离计算公式
n 维匀质空间广义距离公式
$d_{ij}(q)=\left[\sum_{i=1}^{n}\left(x_{ik}-x_{jk}\right)^{q}\right]^{1/q}$
n 维非匀质空间距离计算
q=2，二维欧氏距离
$d_{ij}=\sqrt{(x_i-x_j)^2+(y_i-y_j)^2}$
$i(x_i, y_i)$
$j(x_j, y_j)$
q=1，曼哈顿距离
$d_{ij}=\left|x_i-x_j\right|+\left|y_i-y_j\right|$
q=0.6,非欧氏距离
$d_{ij}=\left[(x_i-x_j)^{0.6}+(y_i-y_j)^{0.6}\right]^{1/0.6}$
i
j
i
j


50°
90°
90°
40°
90°
50°

非匀质空间距离的量算

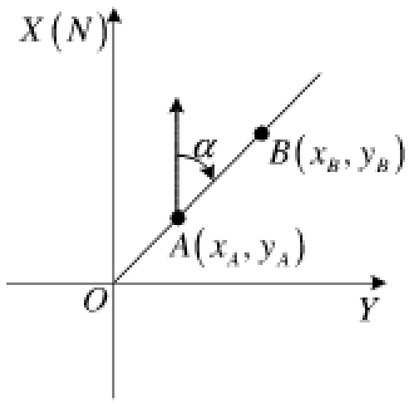


（a）各向同性表面（简单距离）　　（b）摩擦距离

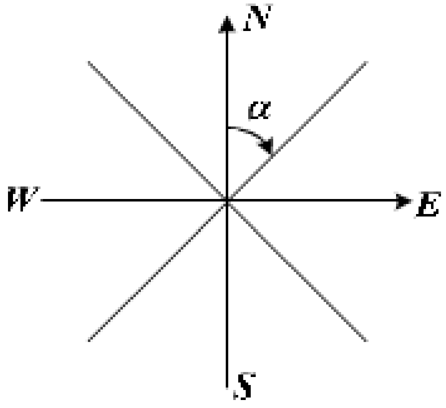
各向同性和各向异性的距离表面

方位量算

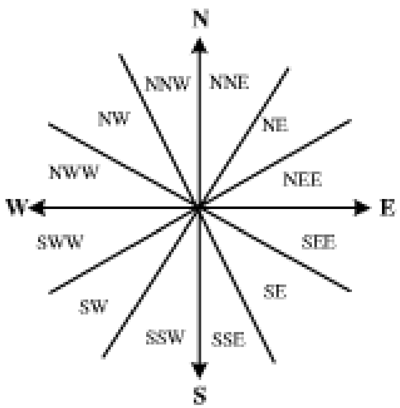
方位是描述两个物体之间位置关系的另一种度量。空间方位的描述可分为定量描述和定性描述。定量描述精确地给出空间目标之间的方向，用于方位角、象限角等比率量标。



方位角



象限角



十六方向描述法

空间信息量算

2. 面积

三角形的面积公式有：

$$s=\frac{1}{2}ab\sin\theta \qquad s=\frac{1}{2}bh \qquad s=\frac{b^2}{2(\cot\theta+\cot\vartheta)}$$

$$s=\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)} \qquad s=\frac{1}{2}(a+b+c)$$

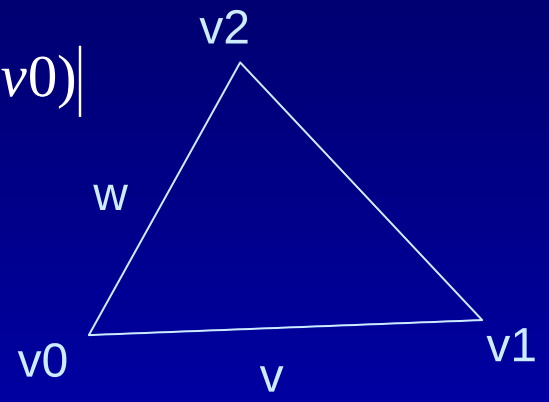
$$s=\frac{1}{4}\sqrt{4a^2b^2-(a^2+b^2+c^2)^2}$$

空间信息量算

2、面积

现代三角形： $s=\frac{1}{2}|v\times w|=\frac{1}{2}|(v1-v0)\times(v2-v0)|$

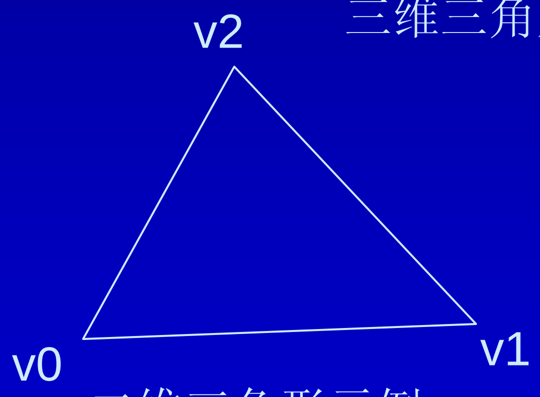
$$(v1-v0)\times(v2-v0)=\left[0,0,\begin{vmatrix}(x1-x0) & (x2-x0)\\(y1-y0) & (y2-y0)\end{vmatrix}\right]$$



三维三角形示例

$$2s=\begin{vmatrix}(x1-x0) & (x2-x0)\\(y1-y0) & (y2-y0)\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}x0 & y0 & 1\\x1 & y1 & 1\\x2 & y2 & 1\end{vmatrix}$$

$$=(x1-x0)(y2-y0)-(x2-x0)(y1-y0)$$

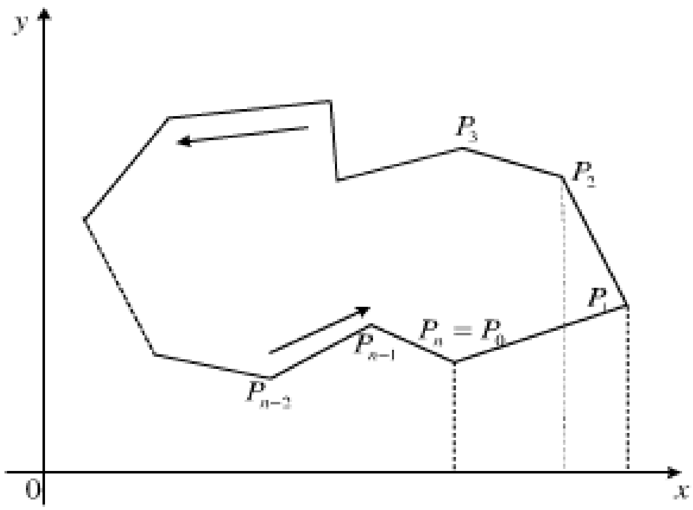


二维三角形示例

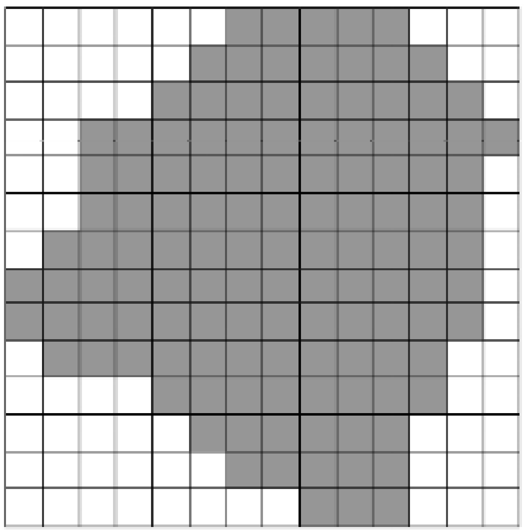
若v0、v1、v2是逆时针排列，面积是正数；反之为负。

面状物体的量算

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



矢量数据面积量算示意图



计算栅格多边形面积

空间信息量算

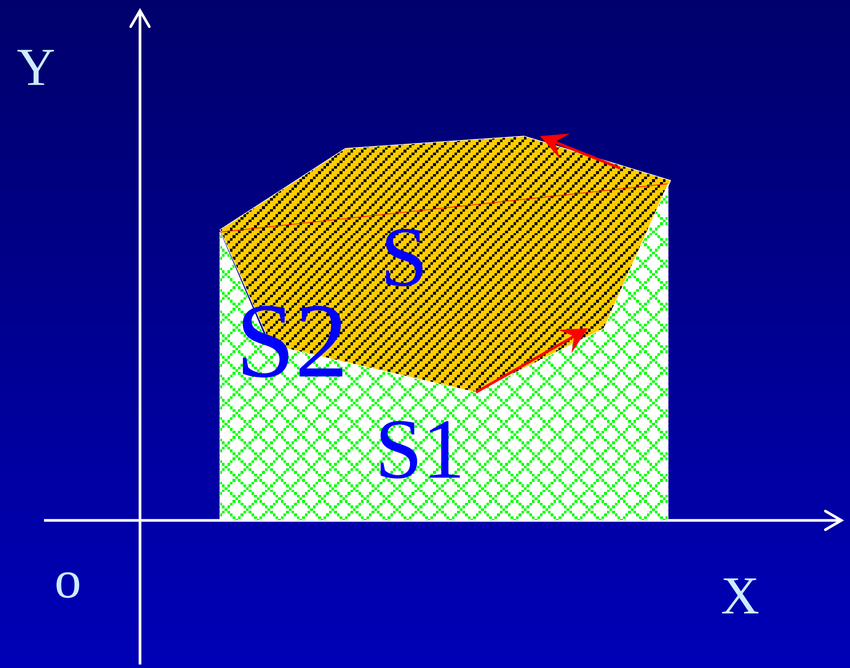
2．面积

多边形的面积是一个重要指标。多边形边界可以分解为上下两半，其面积就是上半边界下的积分值与下半边界下的积分值之差。设面状物体的轮廓边界由一个点的序列$P_1(x_1, y_1)$, $P_2(x_2, y_2)$, …, $P_n(x_n, y_n)$表示，其面积为：

$$S = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\begin{vmatrix} x_i & y_i \\ x_{i+1} & y_{i+1} \end{vmatrix}$$

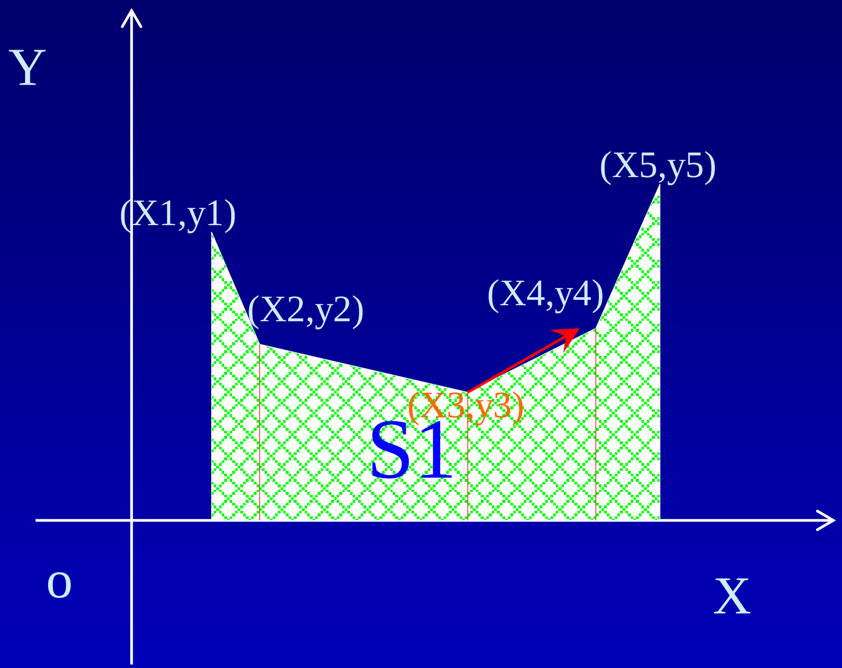
2. 面积

$$S = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\begin{vmatrix} x_i & y_i \\ x_{i+1} & y_{i+1} \end{vmatrix}$$



S=S2-S1

$$S = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\begin{vmatrix} x_i & y_i \\ x_{i+1} & y_{i+1} \end{vmatrix}$$



S1=(x2-x1)(y1+y2)/2+ (x3-x2)(y2+y3)/2 +

(x4-x3)(y3+y4)/2 + (x5-x4)(y4+y5)/2

空间信息量算

3. 弯曲度

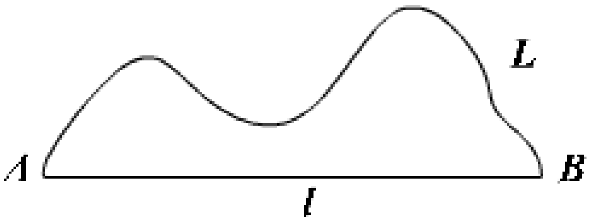
弯曲度是描述线状物体弯曲程度的一个重要参数，它定义为曲线长度与曲线的两个端点之间长度的比值，即：

$$w = \frac{\text{观测的路径长度}}{\text{起点到终点的直线距离}}$$

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。

$$S = L / l$$



曲线长度计算，参见补充材料：平面曲线的弧长

曲率

曲率反映曲线的局部特征。数学中，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。

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

对于以参数形式 $x=x(t)$ ，$y=y(t)$ $(\alpha\le t\le\beta)$

表示的曲线，其上任一点的曲率的计算公式为：

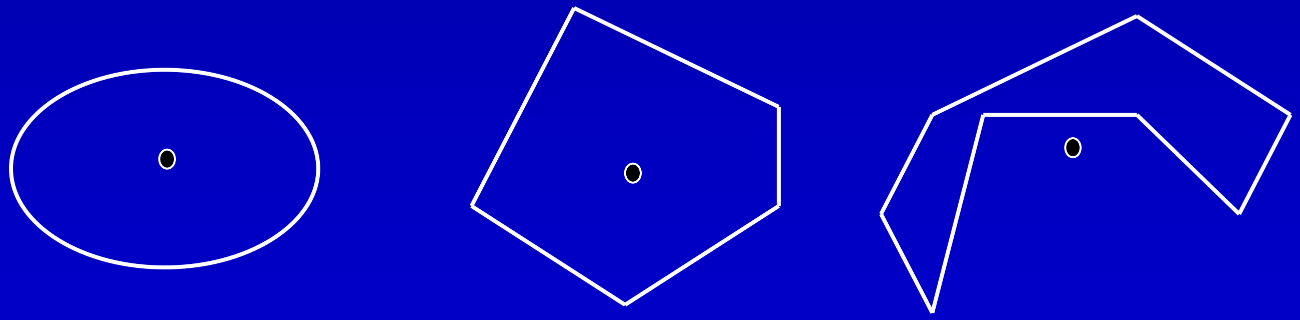
$$K=\frac{x'y''-x''y'}{\left(x'^2+y'^2\right)^{3/2}}$$

空间信息量算

4. 重心量算

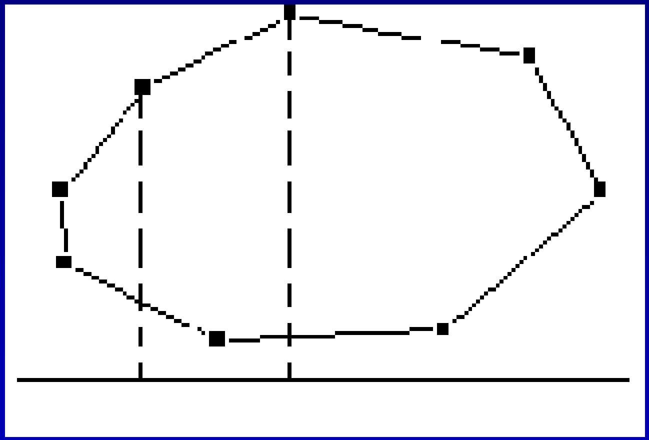
分两种情况：

1）**面状目标的重心。**可以理解为多边形内的平衡点，正如一块均质木块被悬挂起来的平衡点。



空间信息量算

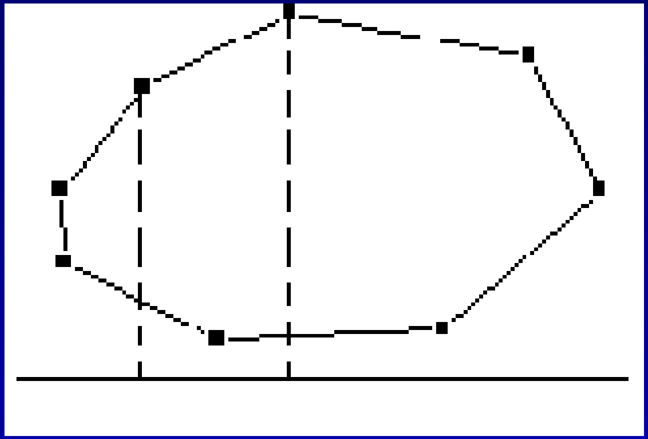
面状目标重心可以通过计算梯形重心的平均值而得到。将多边形的各个顶点投影到X轴上，就得到一系列梯形（如图），所有梯形重心的联合就确定了整个多边形的重心。



按梯形计算重心位置

空间信息量算

设多边形的顶点序列(x_i, y_i)按顺时针编 码，则其重心的计算公式为：



按梯形计算重心位置

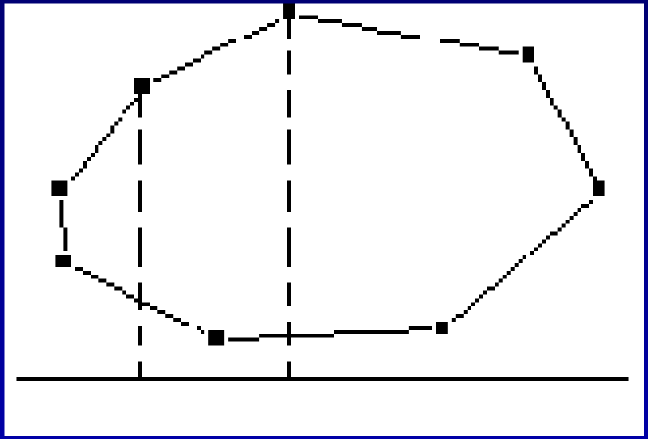
$$X_G = \sum \overline{X_i} A_i / \sum A_i$$

$$Y_G = \sum \overline{Y_i} A_i / \sum A_i$$

其中，$\overline{X_i}$ 和 $\overline{Y_i}$ 是第i个梯形的重心的x坐标和y坐标，A_i是梯形的面积。

它们由下式得到：

$$\begin{cases} A_i = (y_{i+1} + y_i)(x_i - x_{i+1})/2 \\ \overline{X_i} A_i = (x_{i+1}^2 + x_{i+1}x_i + x_i^2)(y_{i+1} - y_i)/6 \\ \overline{Y_i} A_i = (y_{i+1}^2 + y_{i+1}y_i + y_i^2)(x_i - x_{i+1})/6 \end{cases}$$



按梯形计算重心位置

空间信息量算

2）面状分布离散目标的重心

可理解为其分布中心。其重心计算方法是取离散目标的加权平均中心，它是离散目标保持均匀分布的平衡点。计算公式为：

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

其中，i为离散目标物，W_i为该目标物权重。X_i与Y_i为其坐标。

空间信息量算

5. 形状量算

当把城市作为单个面状目标看待时，可以直接使用面状目标的形状系数，如形状率、圆形率、紧凑度等，这些指标计算较简单，但只反映一个抽象的形状；

当把城市作为面状目标的集合看待时，可以使用放射状指数、标准面积指数等形状系数，这些指标计算较复杂，但反映了城市内部的具体联系。在多数指标中，都以圆形作为城市的标准形状。

空间量算：形状量算

- 地物外形是影像处理中模式识别的一个重要部分。例如海岸线的外形是岛屿的重要特征，森林中不同类型的土地外形对野生生物显得非常重要。目标物的外观是多变的，很难找到一个准确的量对其进行描述。
- 基本考虑：空间完整性、多边形形状特征

空间信息量算

1) 形状比(FORM RATIO)

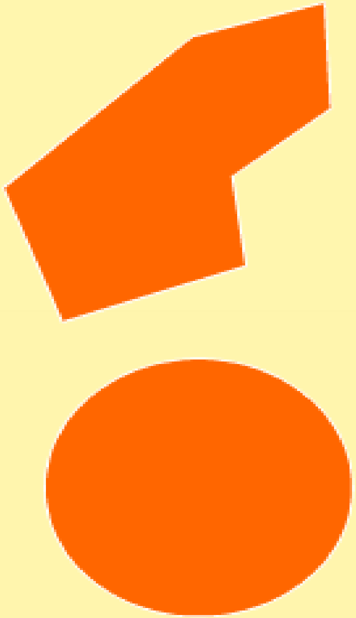
形状比=A/L^2

其中，A为区域面积，L为区域最长轴的长度。

该指标能反映城市的带状特征，城市的带状特征越明显则形状比越小。显然，如果城市为狭长带状分布，其长轴两端的联系是不便捷的。

形状量算

- 第一种量算方法：比较周长
- 首先统计线段的总长度得到多边形的周长，然后与同该多边形面积相同的圆的周长进行比较。
- 将多边形周长与圆周长相除得到一个参数，可以很快比较出多边形的不同来。

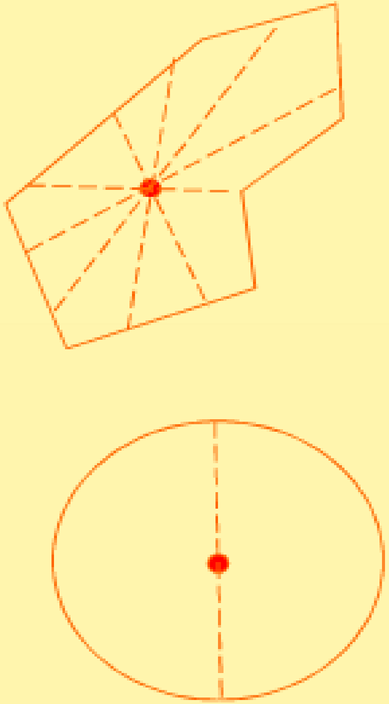


形状量算

- 第二种量算方法：比较半径
- 从多边形中心画出一组规则半径，设其半径长为 L_{RO} ，圆的半径长为 L_{RC} ，然后计算参量

$$C=\sum\left|\frac{L_{RO}}{\sum L_{RO}}\cdot 100-L_{RC}\right|$$

- 从而比较出多边形的差别来。



形状量算

- 第三种量算方法：

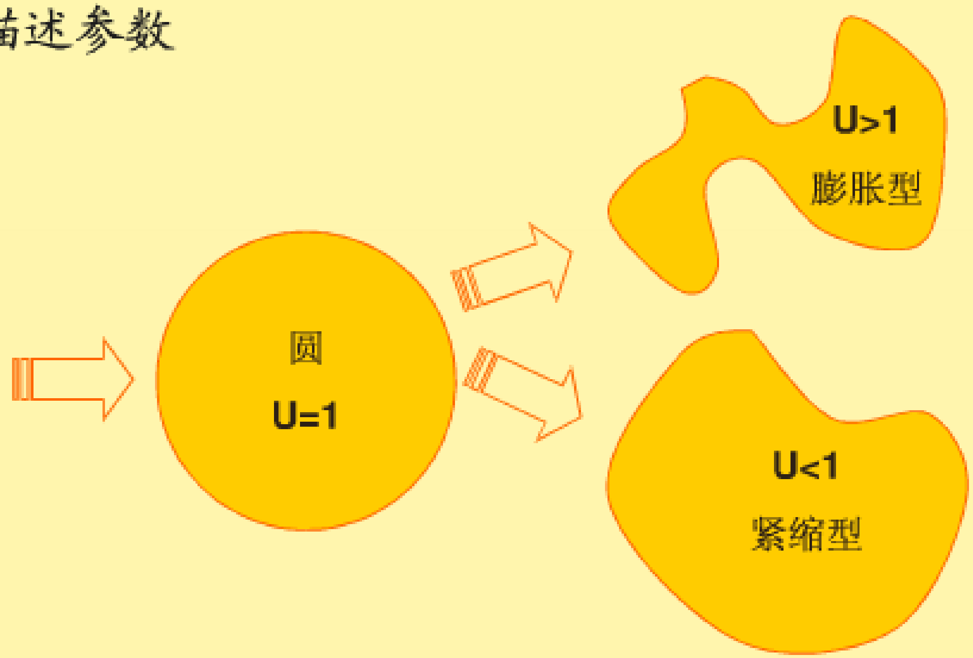
  定义形状系数： $U=\dfrac{P}{2\sqrt{\pi}\cdot\sqrt{A}}$

  其中，***P***为目标物周长，**A**为目标物面积。
- 如果 ***U***＜1，目标物为紧凑型；
- ***U***＝1，目标物为一标准圆；
- ***U***＞1，目标物为膨胀型。

形状量算

形状特征描述参数

$$U = \frac{P}{2\sqrt{\pi}\sqrt{A}}$$



空间信息量算

2) 伸延率(ELONGATION RATIO)

伸延率=L/ L'

式中，L为区域最长轴长度，L'为区域最短轴长度。

该指标反映城市的带状延伸程度，带状延伸越明显则延伸率越大，反映城市的离散程度越大。

空间信息量算

3）紧凑度(COMPACTNESS RATIO)

紧凑度有三个不同的计算公式。

公式1： 紧凑度= $2\sqrt{\pi A}/P$

其中，A为面积，P为周长。

该指标反映城市的紧凑程度，其中圆形区域被认为最紧凑，紧凑度为1。其它形状的区域，其离散程度越大则紧凑度越低。

空间信息量算

3）紧凑度指数(COMPACTNESS INDEX)

公式2： 紧凑度指数=A/A'

其中，A为区域面积，A'为该区域最小外接圆面积。该指标同样认为圆形区域最紧凑，其紧凑度为1。在计算中采用最小外接圆面积作为衡量城市形状的标准。

空间信息量算

3) 紧凑度(COMPACTNESS RATIO)

公式3： 紧凑度=$1.273A/L^2$

其中，L为最长轴长度，A为区域面积。该指标也认为圆形为标准形状，但它只考虑最长轴长度，只能概略地反映城市形状。

空间信息量算

4）放射状指数(RADIAL SHAPE INDEX)

放射状指数有两个不同的计算公式，较常使用的计算公式为：

$$放射状指数= \sum_{i=1}^{n} |(100d_i / \sum_{i=1}^{n} d_i) - (100/n)|$$

式中，d_i是城市中心到第i地段或小区中心的距离，n为地段或小区数量。

这一指标不单纯是从抽象的形状入手，而是综合了城市内部各小区的位置特征。通过距离（可以结合时间、阻力等线路因素）反映城市中心与区内各部分之间的具体联系。

空间信息量算

5）标准面积指数

$$S = \frac{A \cap A_s}{A \cup A_s}$$

式中：S为标准面积指数；A为区域面积；A_s为与区域面积相等的等边三角形面积。

该指标把等边三角形作为标准形状。计算时，先换算出等边三角形，把等边三角形叠置在区域范围上，求出区域范围与等边三角形的交与并的面积，计算交与并的面积的比值S，0<S<1。

标准面积指数能反映城市形状的破碎程度。城市形状越破碎，则其与等边三角形的交集越小而并集越大，所以其比值越小。不过，通常认为圆才是真正的紧凑形状，而并不是等边三角形。

图斑圆形指数：图斑周长与相同面积圆的周长之比。

$$CI = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

或者，图斑面积与相同周长圆的面积之比。

$$CI = \frac{4\pi A}{P^2}$$

图斑方形指数：图斑周长与同面积正方形周长之比。

$$CI = \frac{P}{4\sqrt{A}}$$

或者，图斑面积与同周长正方形面积之比。

$$CI = \frac{8A}{P^2}$$