

# 第一节 数字高程模型



# 知识点

数字高程模型的基本概念

高程矩阵的生成方法

不规则三角网的建立

# 数字高程模型

## 数字高程模型的基本概念

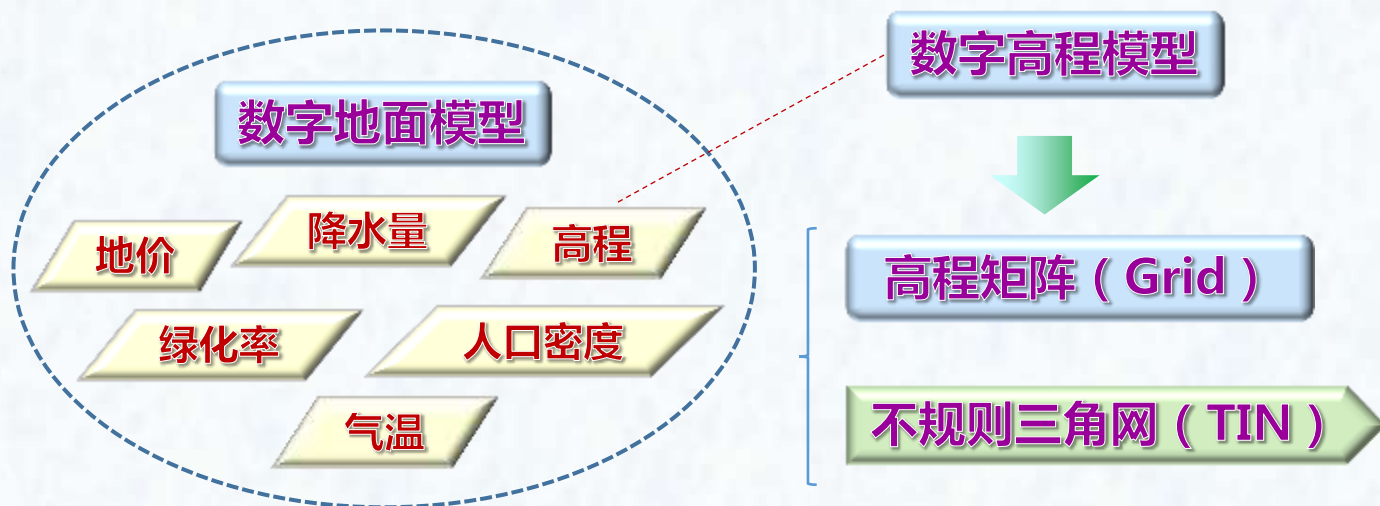
### 基本概念

#### 数字地面模型

- 数字地面模型(Digital Terrain Model, 简称DTM)是对地理空间起伏变化的连续表面的数字表示形式。

#### 数字高程模型

- 被描述的连续表面是地形面，即高程值在地理空间上的起伏变化，称为数字高程模型(Digital Elevation Model, 简称DEM)。



# 数字高程模型

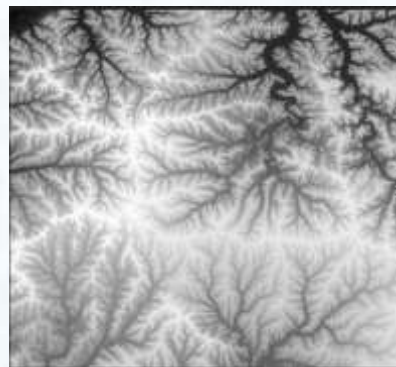
## 高程矩阵的基本概念

### 高程矩阵的生成方法

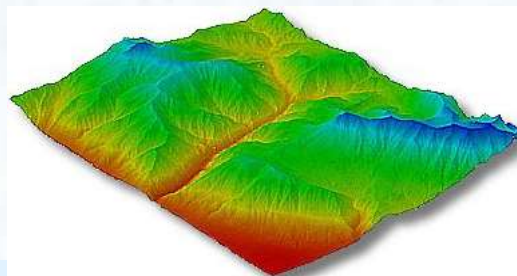
高程矩阵是DEM最普通的形式，将地形表面用一组规则分布的采样点的高程组成的矩阵来表示。

91	78	63	50	53	63	44	55	43	25
94	81	64	51	57	62	50	60	50	35
100	84	66	55	64	66	54	65	57	42
103	84	66	56	72	71	58	74	65	47
96	82	66	63	80	78	60	84	72	49
91	79	66	66	80	80	62	86	77	56
86	78	68	69	74	75	70	93	82	57
80	75	73	72	68	75	86	100	81	56
74	67	69	74	62	66	83	88	73	53
70	56	62	74	57	58	71	74	63	45

高程矩阵的存储



灰度显示



三维显示

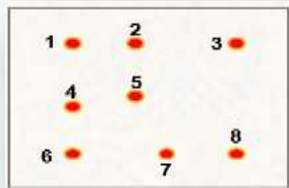


# 数字高程模型

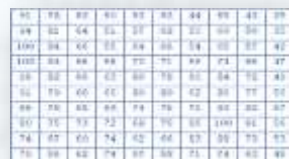
## 高程矩阵的生成

### 高程矩阵的生成方法

不规则的  
原始采样点

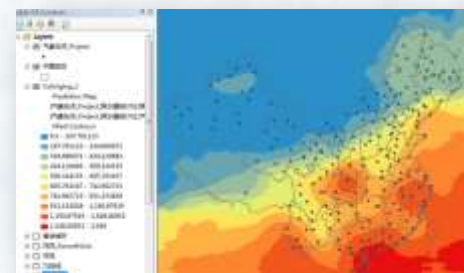
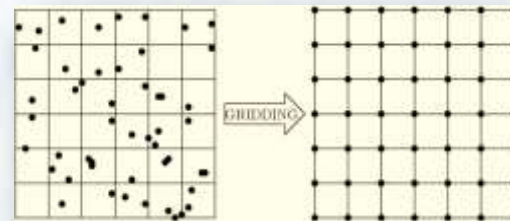


规则的  
高程格网



## 空间插值

通过使用现有数据点的  
变量值，估计一个非样  
点位置的变量值的方法。



## 空间插值方法

线性内插法

双线性插值

克里金插值

移动拟合法

样条插值

趋势面插值

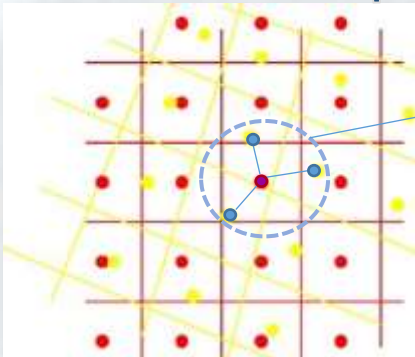
空间插值方法

# 数字高程模型

## 高程矩阵的生成方法

### 线性内插法

- 用线性曲面方程  $Z_p = a_0 + a_1x + a_2y$  拟合待定点附近的地形面。



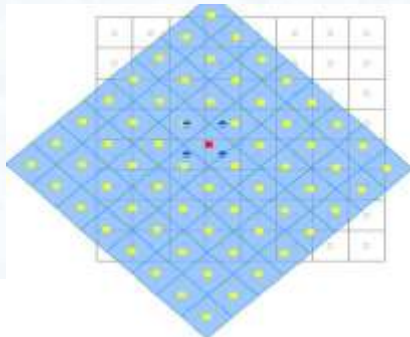
- 可用与待求点最邻近的3个数据点求解待定系数  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ 。



- 把待求点的  $x$ ,  $y$  坐标代入方程，即可计算待定点的高程值。

### 双线性内插法

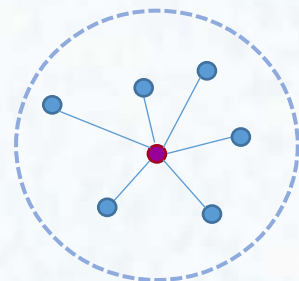
- 用曲面方程  $Z_p = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy$  拟合待定点附近的地形面，也可以表示为  $Z_p = (ax+b)(cy+d)$ 。
- 认为待定点附近的地形面的高程  $Z_p$  在  $x$  轴方向呈线性变化，同时在  $y$  轴方向上也呈线性变化。



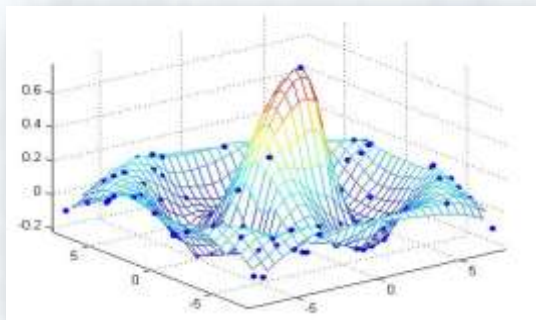
- 可用待定点附近的4个数据点来计算双线性曲面函数的待定系数  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ 。
- 再根据曲面函数计算待定点的高程值。

### 移动拟合法

- 移动拟合法是用二次多项式来拟合地面高程，即
$$Z_p = Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F$$
- 通常把坐标原点平移到待定点之后利用上式，采用待定点为圆心的圆周内6个数据点求解函数的待定系数，然后根据曲面方程计算 $Z_p$ 。



### 趋势面插值



属于整体内插法，假设地形表面的一般趋势与高程值的局部变化无关，利用曲面方程模拟待定点附近地面的一般趋势。

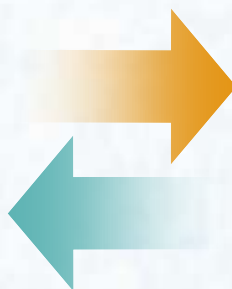
### 高程矩阵的评价

#### 优点

- 计算机处理矩阵比较方便，以栅格数据为基础的GIS中，采用高程矩阵比较普遍。
- 高程矩阵有利于计算等高线、坡度、坡向等。

#### 缺点

- 在内插过程中将损失高程精度。
- 采样工作量较大。
- 存在数据冗余与精度不足的矛盾。

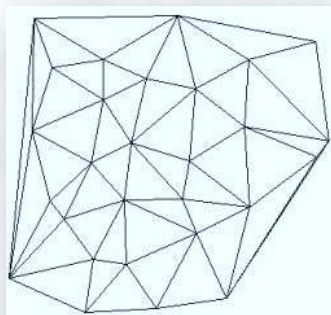




## 不规则三角网模型的基本概念

### 不规则三角网的建立

不规则三角网 ( TIN ) 是用相互连接的三角平面来表示地形表面，每个三角平面表示地形面的一部分。



- 三角形的形状和大小取决于不规则分布的高程数据点的位置和密度。
- 能根据地形变化和地形复杂性决定采样点的位置和采样点的密度，因而能够有效地反映各种地性线并减少数据冗余。

# 数字高程模型

## TIN模型的建立

### 不规则三角网的建立

1

#### 样点选择

决定 TIN 模型包括哪些样点而删除哪些样点？

2

#### 生成方法选择

用哪一种方法建立 TIN？

3

#### 存储方法选择

建立 TIN 之后，如何存储这个 TIN？

#### 样点的选择

Fowler  
算法

- 特殊点在地表起着特定作用而应该被采用。

VIP  
算法

- 鉴别样点相对于地形的重要性程度选择样点。

启发式  
下降算法

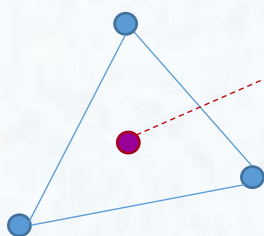
- 结合优化算法，进行样点的选择。

# 数字高程模型

## 将点连成三角形

### 不规则三角网的建立

- 在三角网表示的地面模型中，顶点处的高程值与实际地面高程一致，而三角形内部点的高程则与实际地面高程存在偏差。



与实际地面存在偏差

- 构造三角网时，力求使三角形的最小内角最大化。
- 所有内角接近60度的“胖”三角形效果最好的。

按点对的最短距离连接三角形

按点与边的最近距离连接三角形

按照Delaunay三角剖分产生三角形

# 数字高程模型

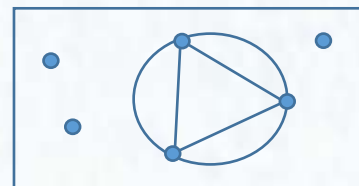
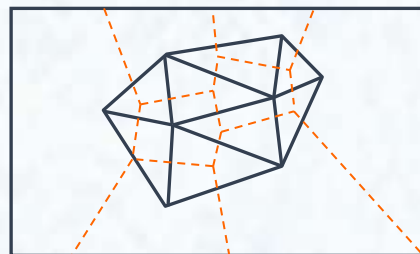
## 不规则三角网的建立

按照Delaunay三角剖分产生三角形

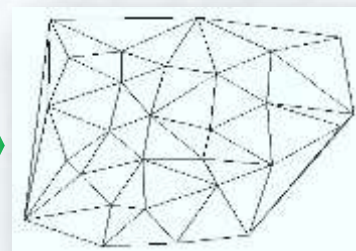
Delaunay三角剖分的原则是其产生的任何三角形的外接圆内部不包含该三角形顶点之外的其它点。

使用地性线

- 在寻找地性线，并调整三角网，使其成为三角形的边。
- 由于地性线处高程发生跳跃式变化，它们构成地形面的边界，断裂线理应构成三角网的边，而不是位于三角形内部。



Delaunay三角网与泰森多边形



Delaunay三角网

约束三角网



### 不规则三角网的存储

#### 三角形的顺序存储

一个记录通常包含：

- 三角形的ID号等相关参数；
- 三个顶点的X、Y、Z坐标值；
- 三个相邻三角形的ID号等参数。

通过创建一个独立的顶点文件，并将它与三角形文件联结起来，以避免坐标的重复。

#### 用顶点和它们的邻点存储

顶点的存放方式：

- ID码；
- X、Y、Z坐标值；
- 指向相邻顶点（可以按顺时针或逆时针方向计算）的ID参数。

- 坡度分析采用前者比较好，
- 等高线或其它横断面分析工作则以后者为宜。

## 不规则三角网模型的特点

不规则三角网模型的吸引力在于其简单性和实用性。

不规则三角网的建立

1

对于地形的表达具有一定的局限性。

2

通常需要具备有足够的离散数据点才能保证模型的精度；

3

数据存储量一般较大；

4

在进行大规模大区域的规范化管理以及与GIS的图形数据或遥感影像数据进行联合分析时存在一些困难。



# 谢谢大家！

