

# 第三节 空间相关性分析



# 知识点



空间相关性分析的基本概念

空间相关性分析的方法

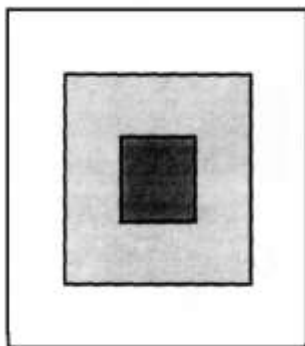
空间相关性分析的应用

# 空间相关性分析

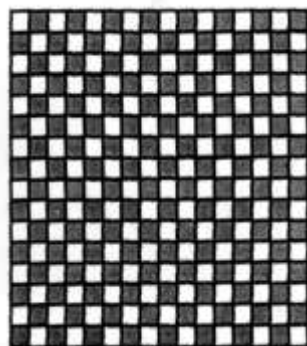
## 空间相似性

### 空间相关性分析的基本概念

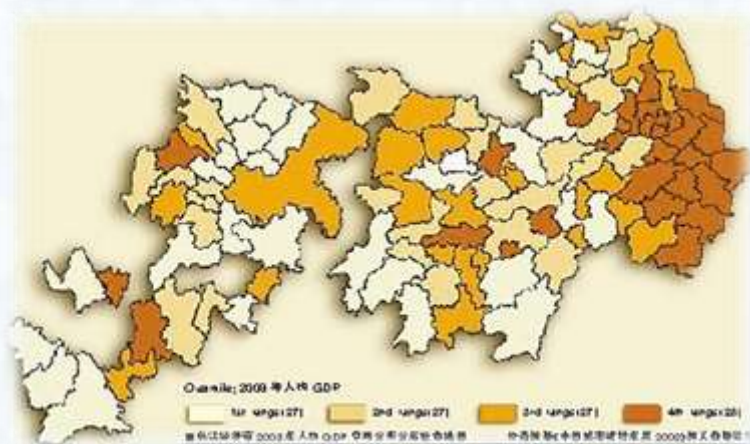
两个距离很近的数据点的值比距离很远的数据点间的值更接近。  
相似的值在空间上的分布有聚集的倾向，被称为空间相似性。度量这种空间相似性的方法就是空间相关性分析方法。



空间正相关



空间负相关



人口分布的空间相关分析

- 空间相关性的度量是认识空间分布特征，进行空间估值、空间预测的关键。

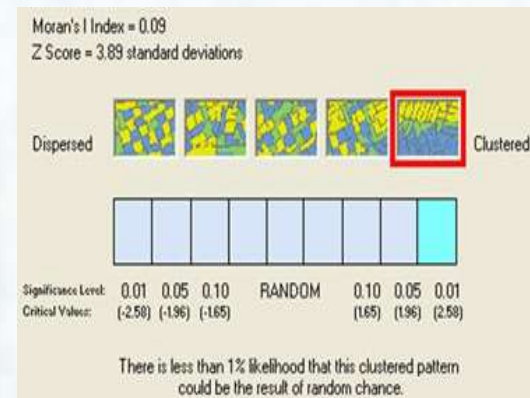
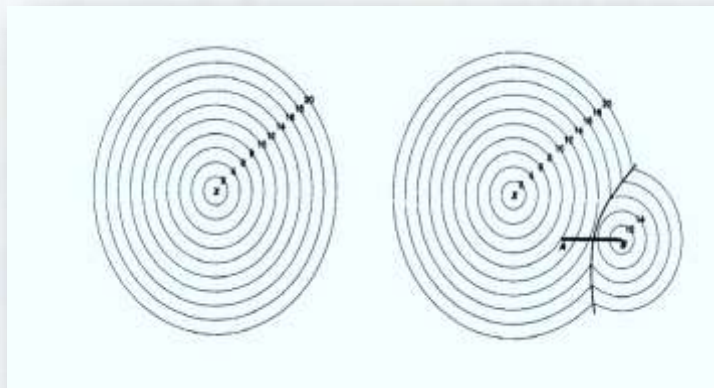
# 空间相关性分析

## 空间自相关

### 空间相关性分析的基本概念

同一个变量的空间相关也称为空间自相关，空间自相关是空间域中的值聚集程度的一种量度。

- 全域性自相关
- 区域性自相关
- 各向同性
- 各向异性



Moran's I 分析



# 空间相关性分析

## 理论基础---地统计学

### 空间相关性分析的方法

#### 地统计学

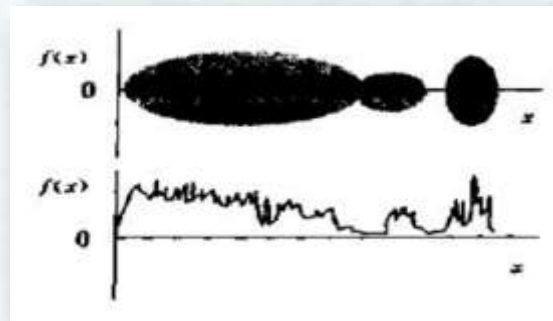
以具有空间分布特点的区域化变量理论为基础，研究自然现象的空间变异与空间结构的一门学科。

#### 区域化变量

当一个变量呈现为空间分布时，就称之为区域化变量（regionalized variable）。这种变量常常反映某种空间现象的特征。

#### 主要特点

- 随机性
- 结构性
- 空间的局限性
- 不同程度的连续性
- 不同类型的各向异性



# 空间相关性分析

## 空间相关性分析的方法

### 理论基础---协方差函数

协方差函数表示两随机变量之间的差异。

$$C(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - \bar{Z}(x_i)] [Z(x_i + h) - \bar{Z}(x_i + h)]$$

$Z(x)$ 为区域化随机变量，且  $Z(x)$ 的空间分布规律不随位移而改变。 $h$ 为两样本点空间分隔距离； $Z(x_i)$ 为在  $Z(x)$ 上的空间点 $x_i$ 处的样本值； $Z(x_i+h)$ 为在  $Z(x)$ 空间点 $x_i$ 处距离偏离 $h$ 的样本值； $N(h)$ 是分隔距离 $h$ 时的样本点总数；



- 如果在模型中取不同的区域变量，则称 $C(h)$ 为交叉协方差函数。

# 空间相关性分析

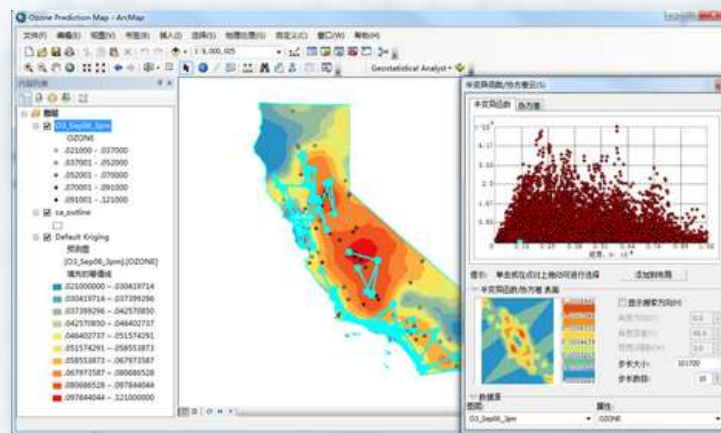
## 理论基础---半变异函数

### 空间相关性分析的方法

半变异函数（也称半方差函数）是一个关于数据点的半变异值与数据点间的距离的函数，对半变异函数的图形描述可得到一个数据点与其相邻数据点的空间相关关系图。

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

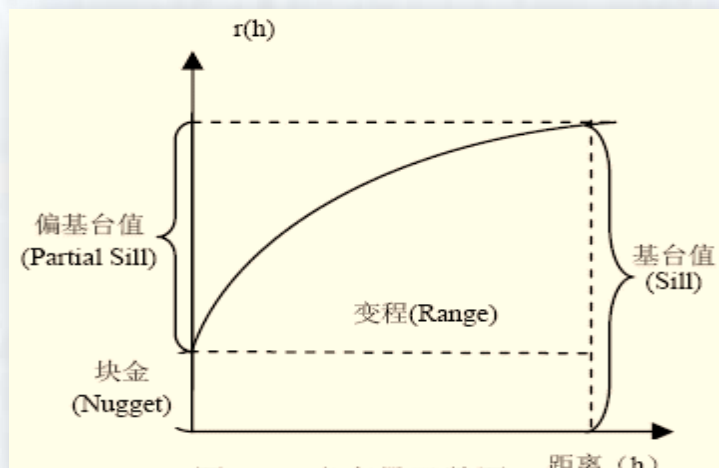
区域化变量 $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i + h)$ 分别是在空间位置 $x_i$ 和 $x_i + h$ 上的观测值。 $N(h)$ 是分隔距离 $h$ 的样本量。半变异函数大时，空间相关性弱。



# 空间相关性分析

## 半变异函数分析

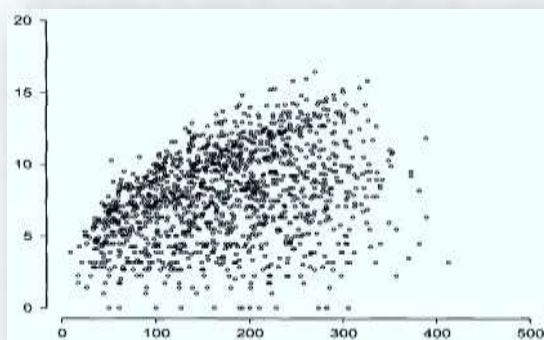
### 空间相关性分析的方法



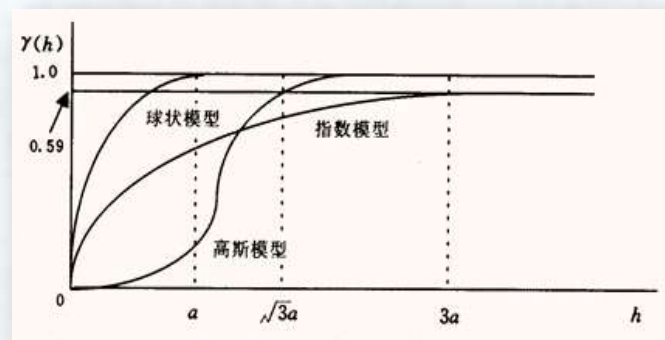
**块金值**：表示区域化变量在小于观测尺度时非连续变异；

**基台值**：表示随着间距递增到一定程度后出现的平稳值；

**变程**：空间相关的最大间距；



半变异点值分布



球状模型

指数模型

高斯模型

半变异函数模型有：球状模型、指数模型、高斯模型、幂函数模型和抛物线模型。



# 空间相关性分析

## 半变异函数的应用---克里格插值法

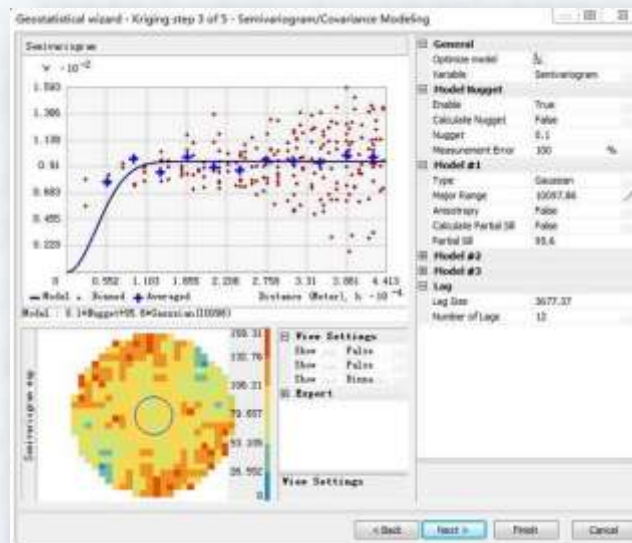
### 空间相关性分析的方法

克里格插值法是建立在半变异函数理论分析基础上的，是对有限区域内的区域化变量取值进行无偏最优估计的一种方法。

$$f(x) = \varphi(x) + \omega(x) + \varepsilon(x)$$

$\varphi(x)$  是空间变量 $x$ 分布的整体趋势函数； $\omega(x)$  是随机影响变量； $\varepsilon(x)$  是随机噪声。

- 考虑了待预测点与邻近样点数据的空间距离关系
- 考虑了各参与预测的样点之间的位置关系
- 充分利用各样点数据的空间分布结构特征，使其估计结果更精确。



# 空间相关性分析

## 空间自相关分析

### 空间相关性分析的方法

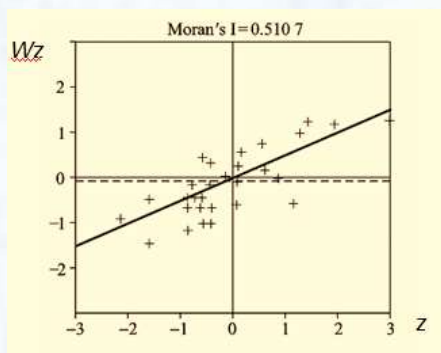
Moran指数反映的是空间邻接或空间邻近的区域单元属性值的相似程度和差异性。

全局  
Moran's I

$$I(d) = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}(d)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}(d)(X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

区域空间  
自相关

$$I_i = \sum_{j=1}^n W_{ij}(X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X}) \quad Z = \frac{I - E(I)}{\sqrt{VAR(I)}}$$



Moran's I 散点图

其他空间自相关分析方法：

Geary's C 法

Getis统计法

# 空间相关性分析

## 多元统计分析方法

### 空间相关性计算方法

多元统计分析主要用于数据分类和综合评价。

#### 主成分分析

从统计意义上将各影响要素的信息压缩到若干合成因子上，简化模型。

#### 层次分析

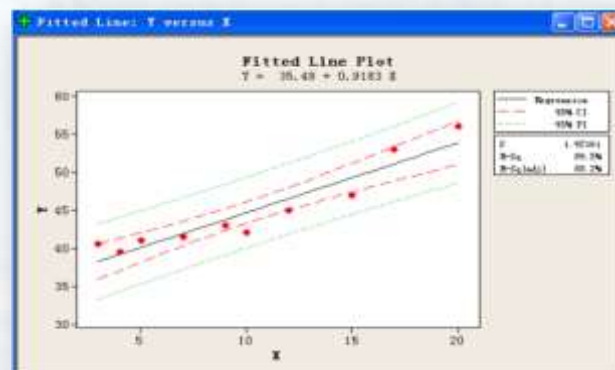
确定因素对目标的重要性。

#### 系统聚类分析

根据各类实体的相似程度，逐步合并若干类别。

#### 判别分析

确定等级序列的因子标准，再将待分析的地理实体安排到序列的合理位置上。

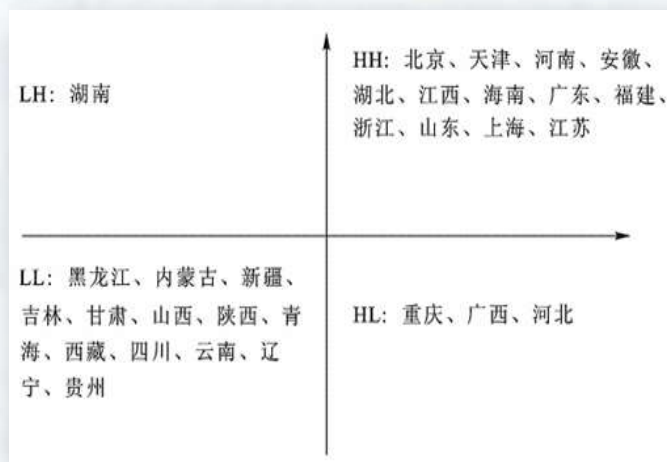


# 空间相关性分析

## GDP空间关联性分析

### 空间相关性分析的应用

中国各省级行政区人均GDP的空间关联分析。根据各省（直辖市、自治区）之间的邻接关系，采用二进制邻接权重矩阵，进行Moran指数计算。



Moran散点图分析结果

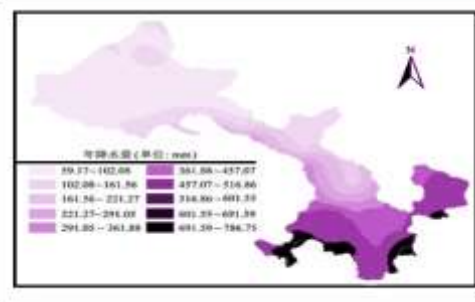
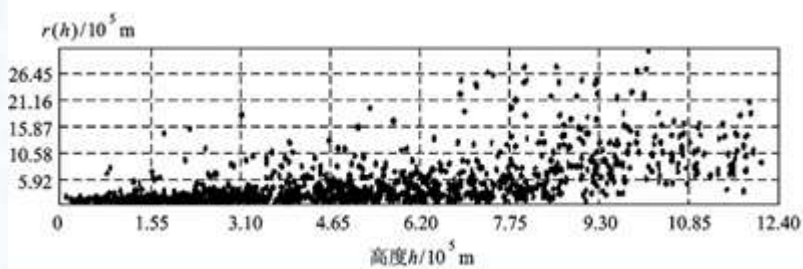
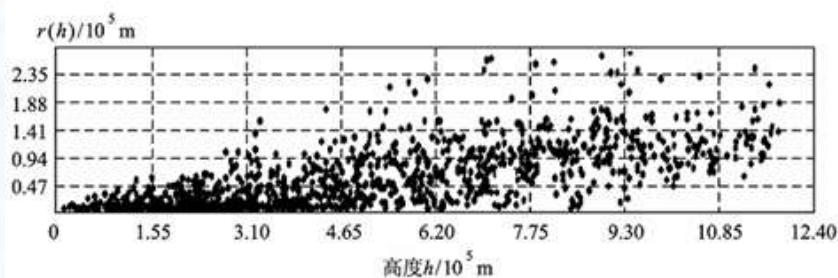


# 空间相关性分析

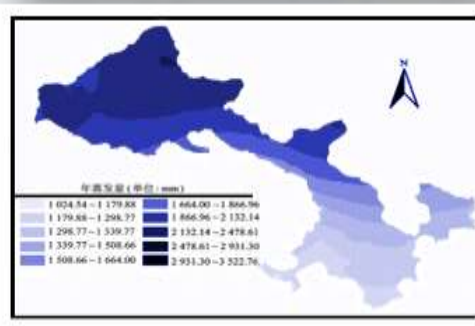
## 空间相关性分析的应用

### 平均降水量和蒸发量的空间插值

年降水量和蒸发量，既服从地带性规律，同时又受随机性因素的影响，因此它们是典型的区域化变量。以甘肃省53个气象台站多年平均降水量和蒸发量数据为实测值，拟合了年降水量和蒸发量的半变异函数理论模型，采用克里格插值法进行空间插值计算。



降水量  
插值结果



蒸发量  
插值结果



# 谢谢大家！

