

第15章

空间插值



王江浩

wangjh@lreis.ac.cn

中国科学院地理科学与资源研究所
资源与环境信息系统国家重点实验室

2017-11-27 @ UCAS

下载地址 : giser.me

主要内容



空间插值原理

- 基本概念 【样本点、插值方法分类】
- 全局插值法 【趋势面、回归模型】
- 局部插值法 【泰森多边形、密度估算、IDW、样条函数】
- 克里金法 【变异函数、普通克里金、泛克里金】
- 方法比较 【交叉验证法】

上机实践

- 练习1：用趋势面模型作插值
- 练习2：利用核密度估算法
- 练习3：用IDW作插值
- 练习4：用普通克里金作插值
- 练习5：用泛克里金作插值

基本概念



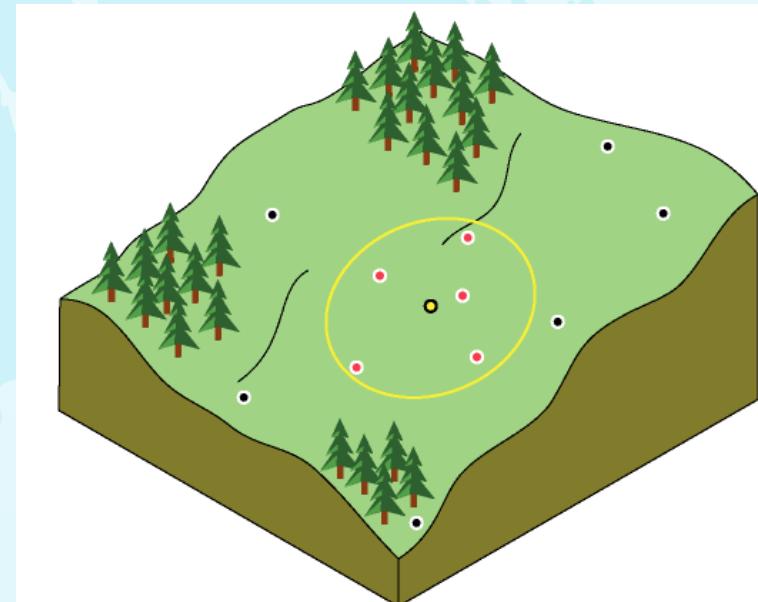
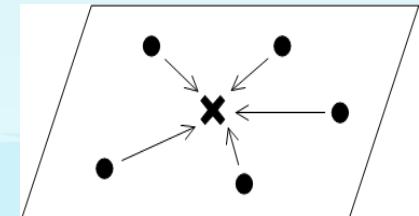
❖ 空间插值 Spatial Interpolation

★ 用已知点的数值来估算其他点的数值的过程。

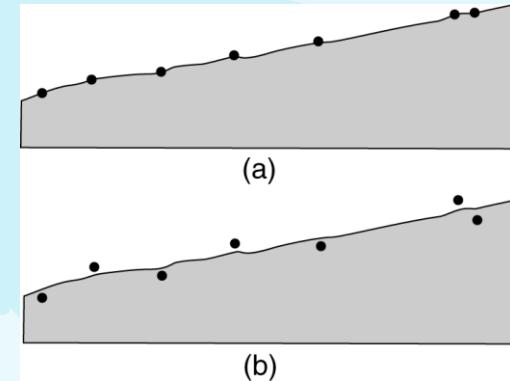
在GIS应用中，空间插值主要用于估算出栅格中每个像元的值。因此，空间插值是将点数据转换成面数据的一种方法。

■ 控制点（观测点、样本点、已知点）是已知数值的点，它提供了为空间插值建立插值方法（如数学方程）的必要数据。

■ 样本点的数目和分布对空间插值精度的影响极大。

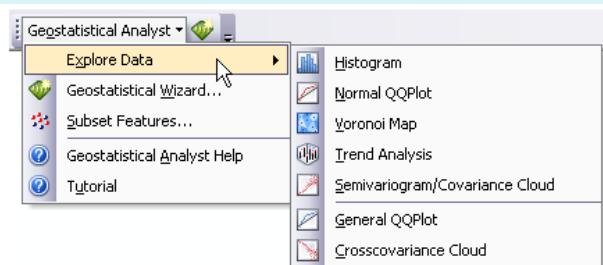


空间插值的类型



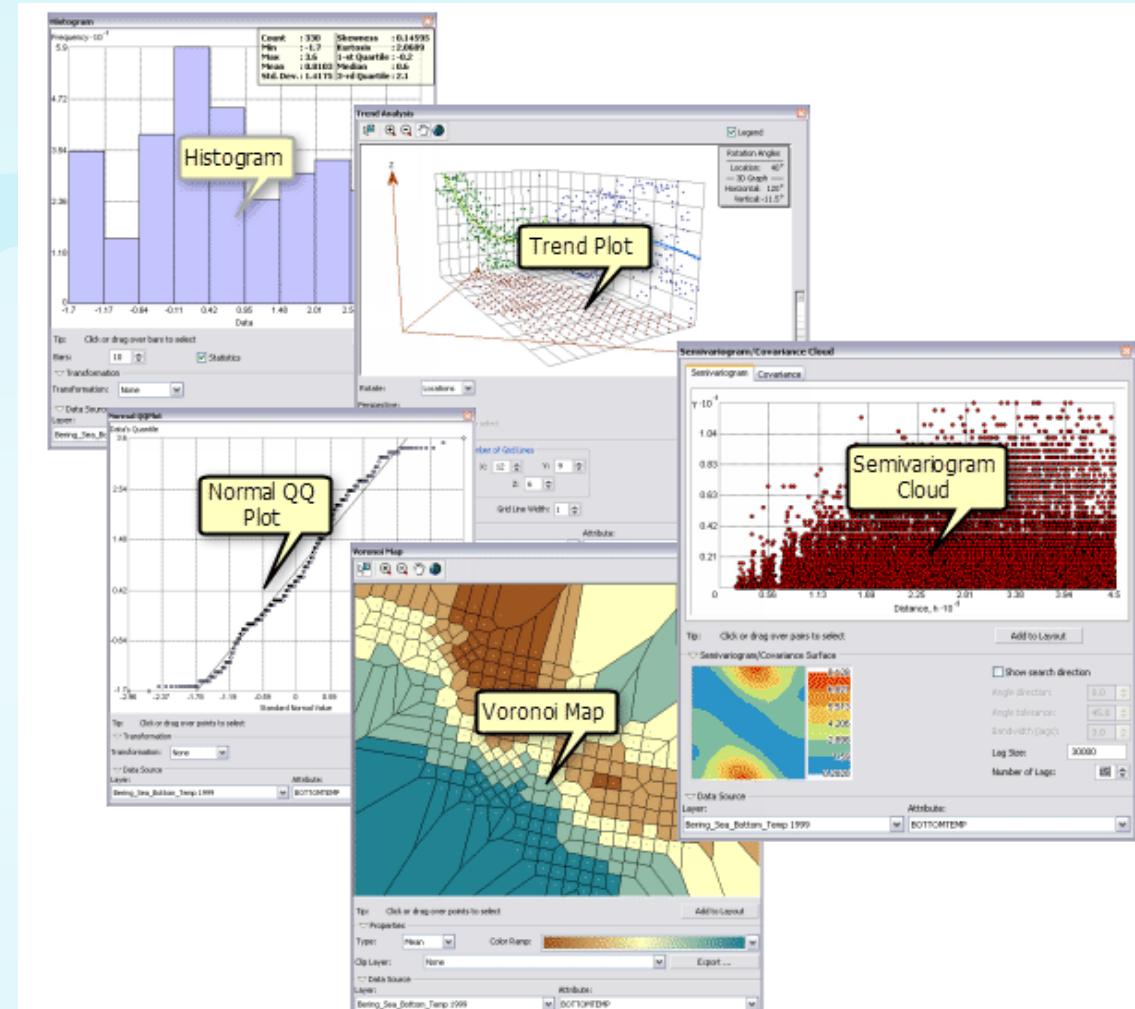
全局插值法		局部插值法	
确定性	随机性	确定性	随机性
趋势面（非精确）*	回归（非精确）	泰森（精确）、密度估算（非精确）、距离倒数权重（精确）、薄板样条（精确）	克里金（精确）

ESDA (Exploratory spatial data analysis)



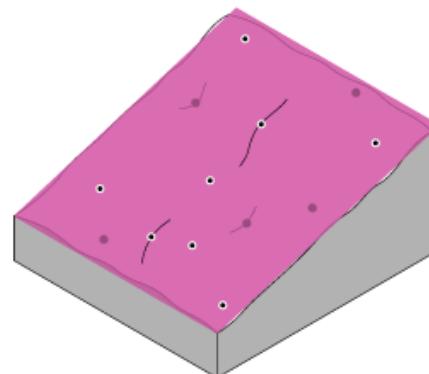
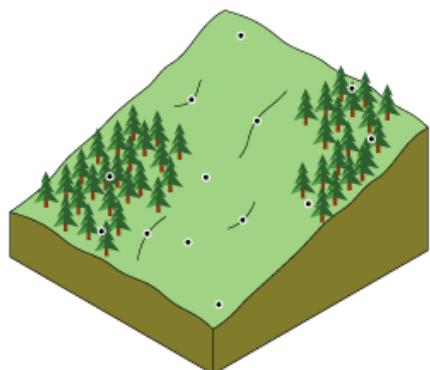
- **Geostatistical Analyst Tools**
- **Interpolation**
 - Diffusion Interpolation With Barriers
 - Empirical Bayesian Kriging
 - Global Polynomial Interpolation
 - IDW
 - Kernel Interpolation With Barriers
 - Local Polynomial Interpolation
 - Moving Window Kriging
 - Radial Basis Functions
- **Sampling Network Design**
 - Create Spatially Balanced Points
 - Densify Sampling Network
- **Simulation**
 - Extract Values To Table
 - Gaussian Geostatistical Simulations
- **Utilities**
 - Cross Validation
 - Neighborhood Selection
 - Semivariogram Sensitivity
 - Subset Features
- **Working with Geostatistical Layers**
 - Areal Interpolation Layer To Polygons
 - Calculate Z-value
 - Create Geostatistical Layer
 - GA Layer To Contour
 - GA Layer To Grid
 - GA Layer To Points
 - Get Model Parameter
 - Set Model Parameter
- **Linear Referencing Tools**

The Geostatistical Analyst toolbox

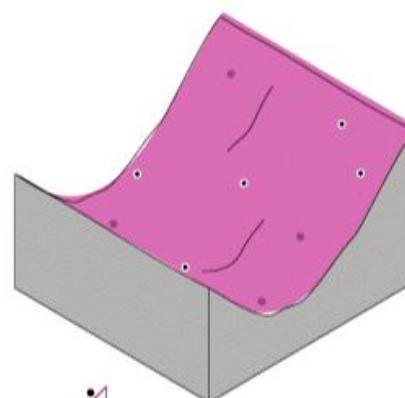
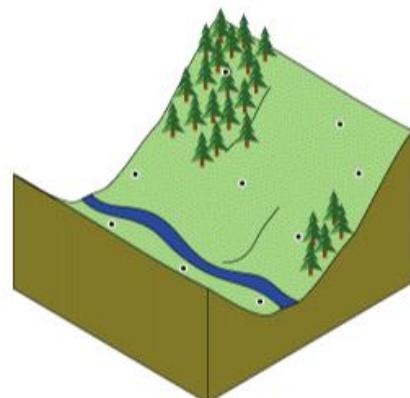


Examples of univariate ESDA tools

全局插值法：趋势面模型

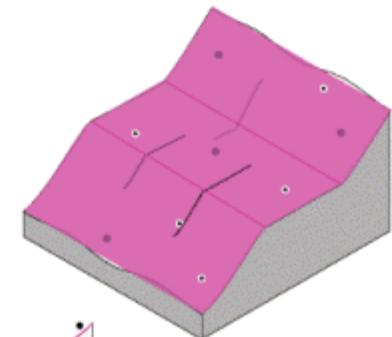
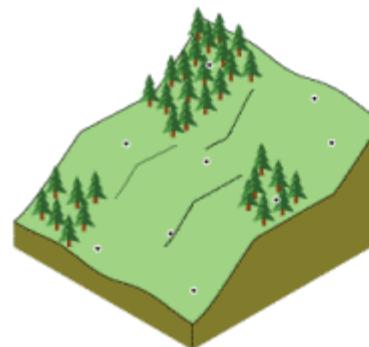


一次多项式



二次多项式

■ 趋势面分析用多项式方程拟合已知值的点并用于估算其他点的值。



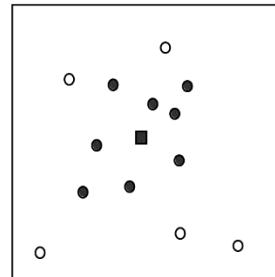
Local

局部插值法1：泰森多边形

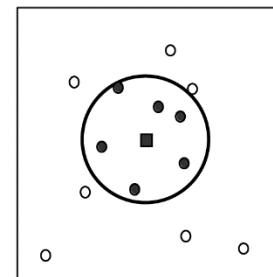


泰森多边形假设泰森多边形内的任意点与多边形内的已知点的距离最近。

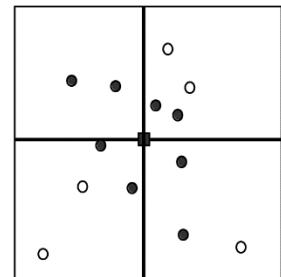
又称为Voronoi多边形



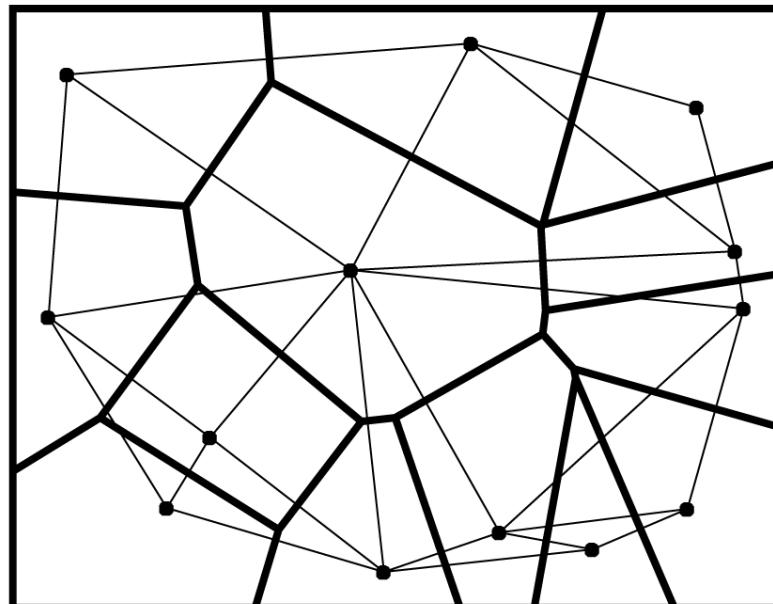
(a)



(b)



(c)



密度估算

密度估算用已知点的样本来量测栅格中的像元密度。【核密度估算】

核函数是一个概率密度函数

- Exponential:

$$e^{-3\left(\frac{r}{h}\right)}$$

- Gaussian:

$$e^{-3\left(\frac{r}{h}\right)^2}$$

- Quartic:

$$\left(1 - \left(\frac{r}{h}\right)^2\right)^2, \text{ for } \frac{r}{h} < 1$$

- Epanechnikov:

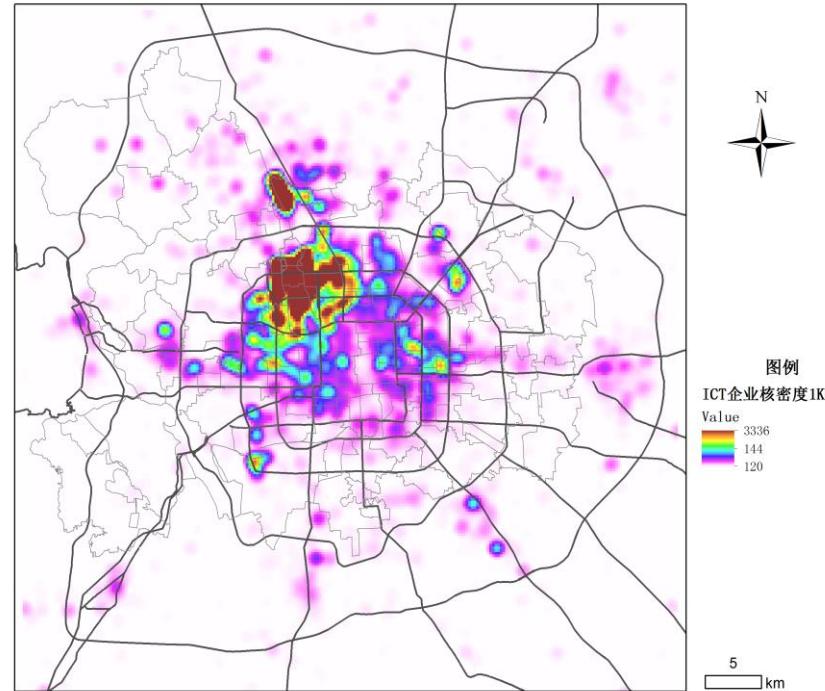
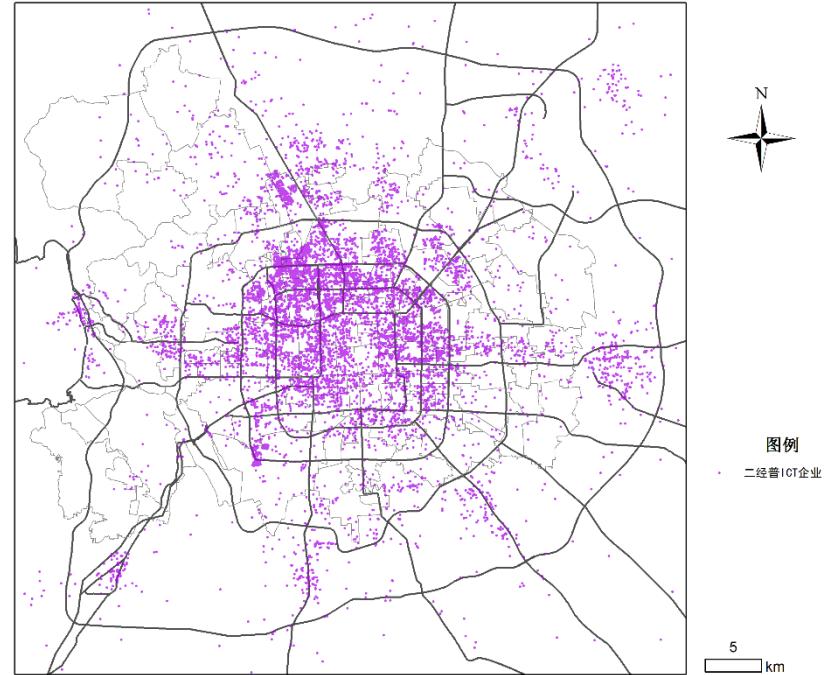
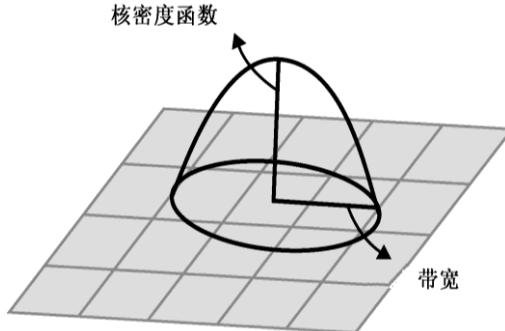
$$1 - \left(\frac{r}{h}\right)^2, \text{ for } \frac{r}{h} < 1$$

- PolynomialOrder5:

$$1 - \left(\frac{r}{h}\right)^3 \left(10 - \left(\frac{r}{h}\right) \left(15 - 6\left(\frac{r}{h}\right)\right)\right), \text{ for } \frac{r}{h} < 1$$

- Constant:

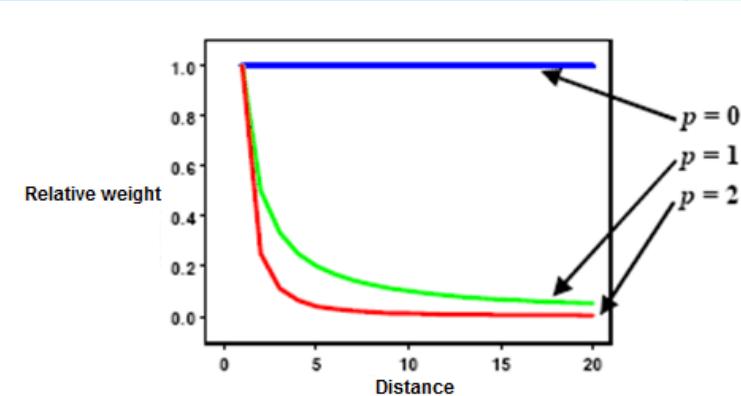
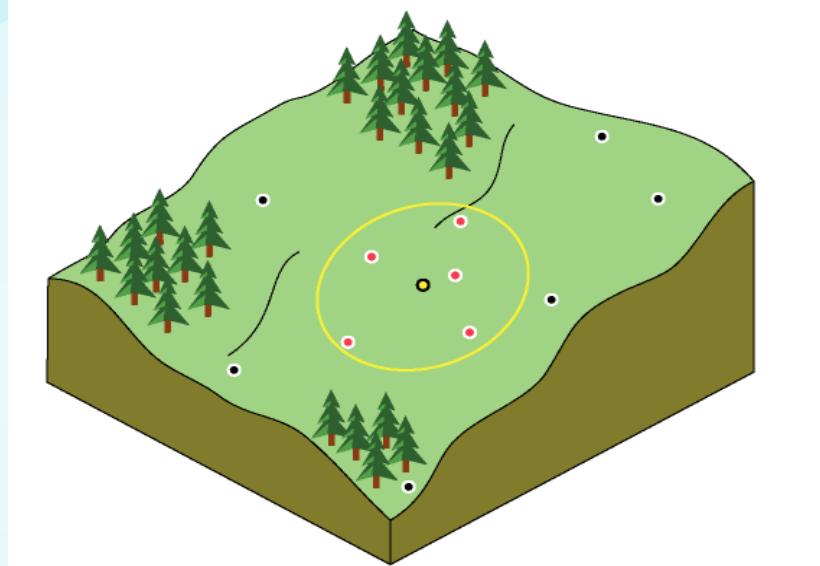
$$I(s - h < s_i < s + h)$$



距离倒数权重插值 IDW

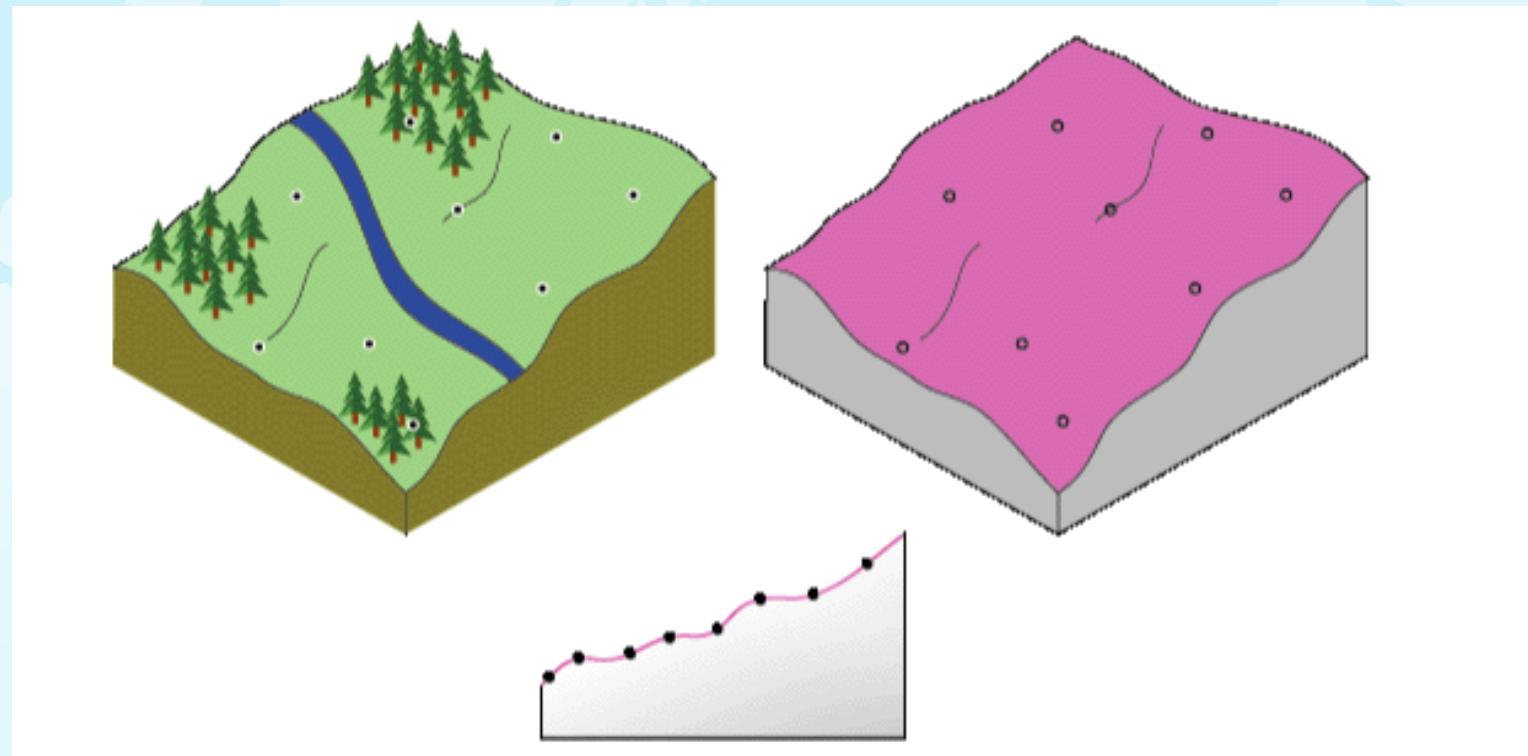


❖ **inverse distance weighted:** 距离倒数权重是一种确定插值方法，它假设未知值的点受近距离已知点的影响比远距离已知点的影响更大。



薄板样条函数 (Thin-plate Spline)

薄板样条函数生成一个通过控制点的表面，并使所有点连接形成的所有坡面的斜度变化最小 (Franke 1982)。也就是说，薄板样条函数基于生成最小曲率的面来拟合控制点。

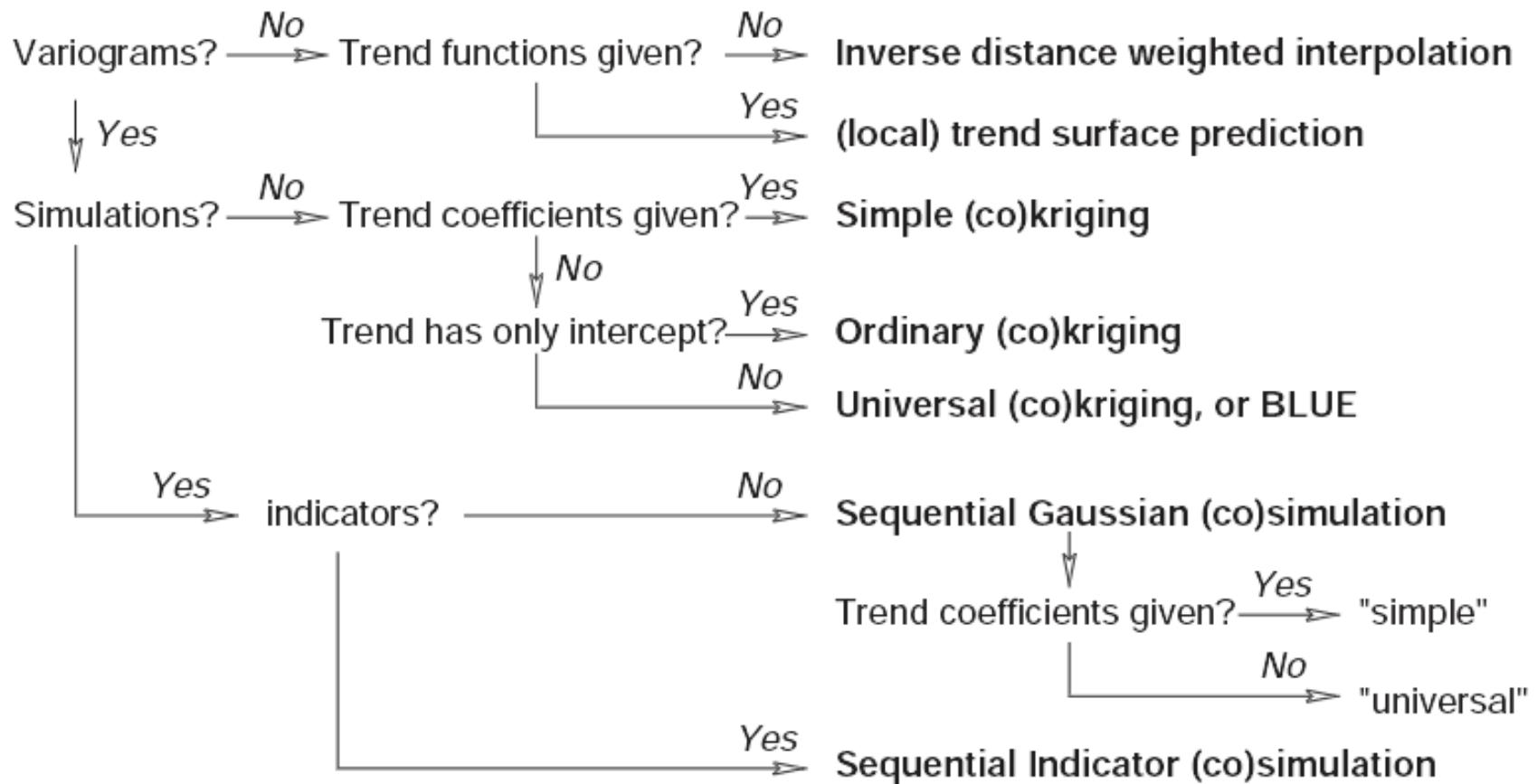


克里金法 Kriging



- 克里金法是一种用于空间插值的地统计学方法。与前面介绍的其他插值法相比，克里金法可用估计的预测误差来评估预测的质量。
- 克里金法假设某种属性的空间变异既不是完全随机性的也不是完全确定性的。相反，空间变异可能包括三种影响因素：表征区域变量变异的空间相关因素；表征趋势的“漂移”或结构；还有随机误差。
- 对几种影响的不同解释，形成用于空间插值的不同克里金法。

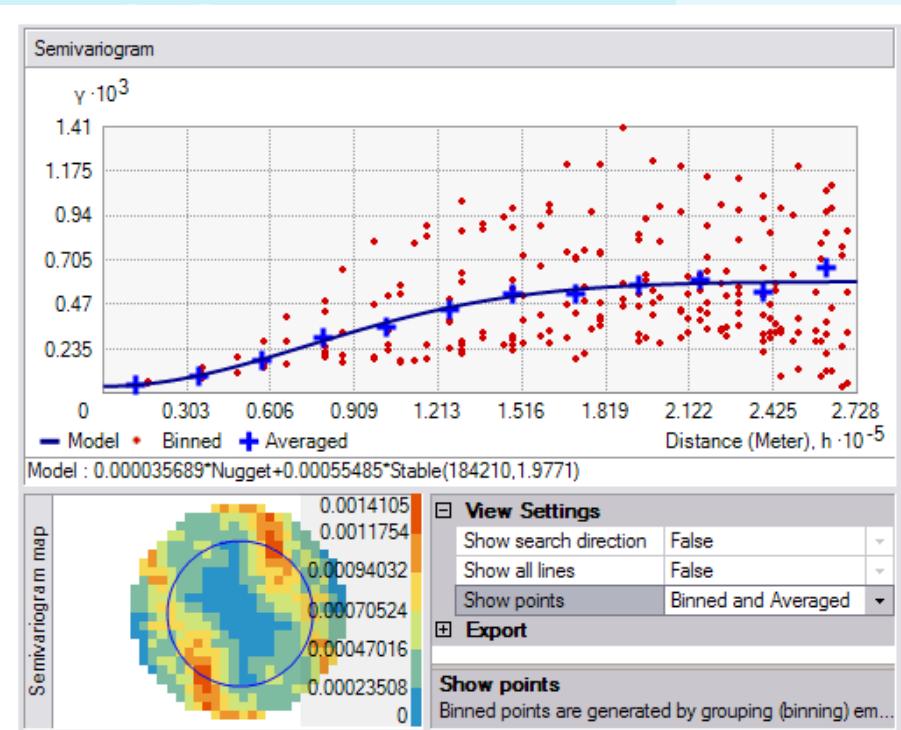
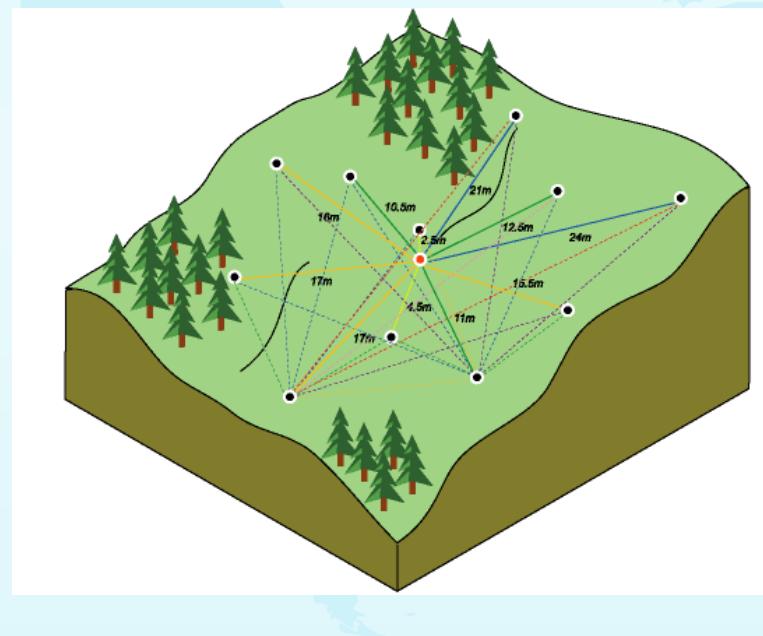
克里金法 Kriging



半变异图

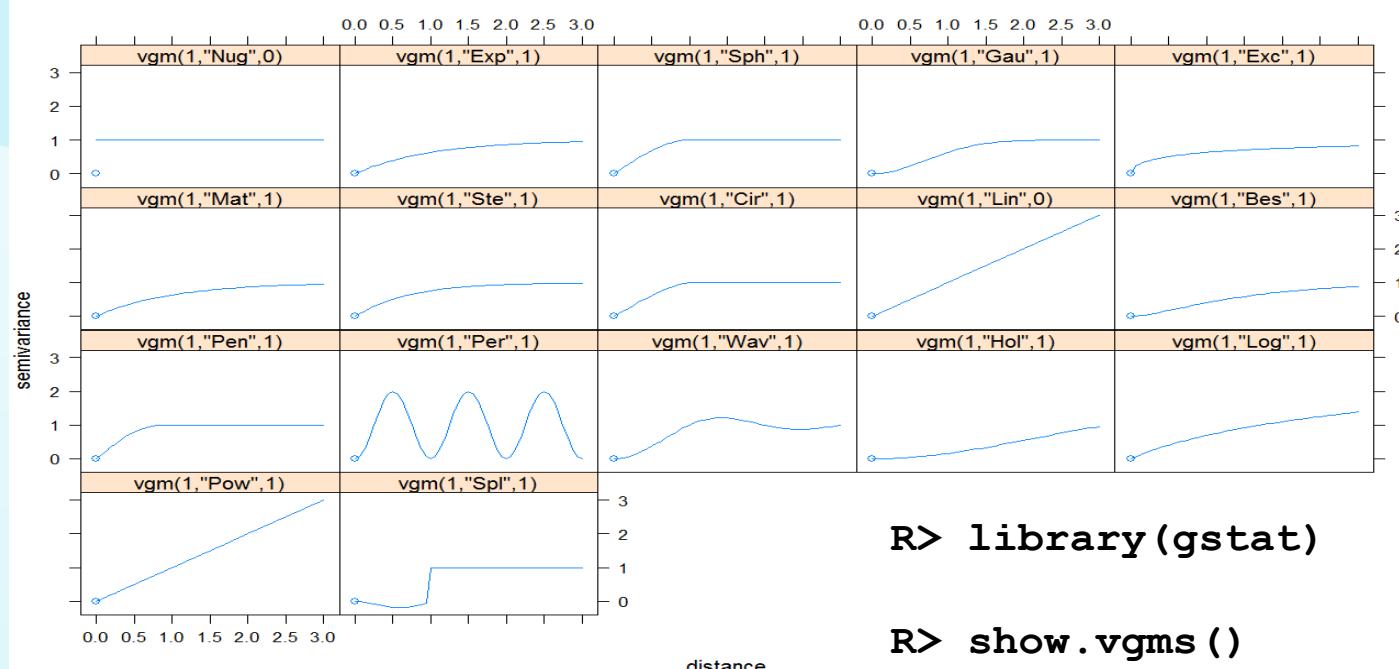
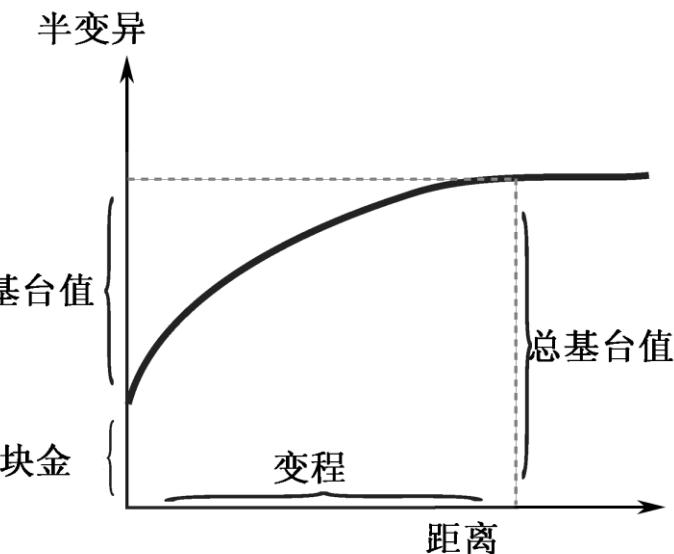


- 克里金法用半变异测定空间相关要素，这里的要素是指对空间依赖的要素或称之为空间自相关要素。
- 相对于数据集中各对已知点的距离点绘半变异云图。如果数据集不存在空间相关，那么近距离已知点之间的半变异很小，相反，较远距离的已知点之间的半变异较大。

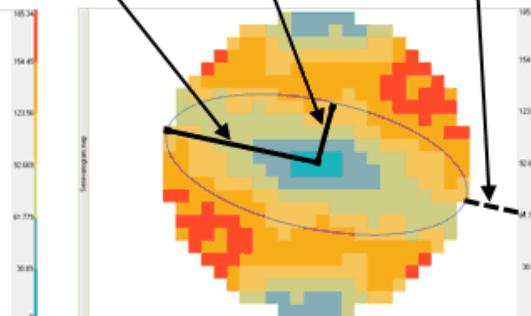
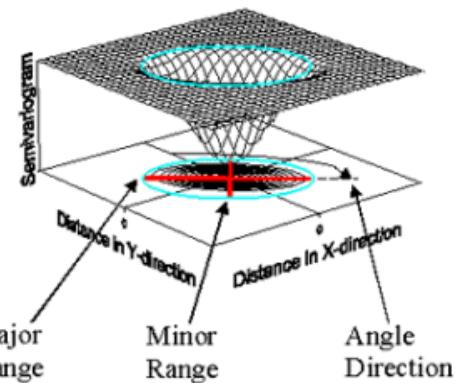
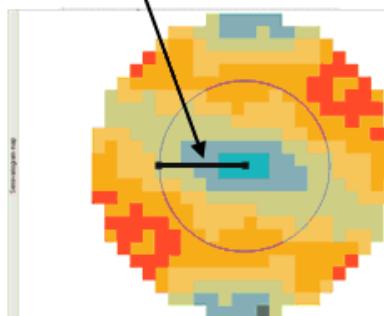
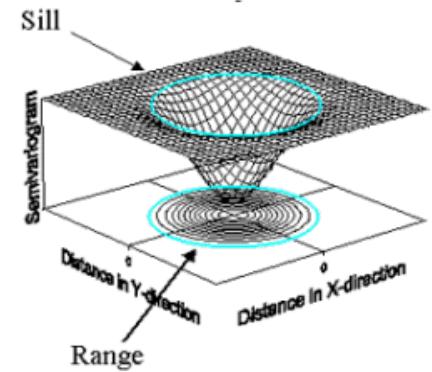
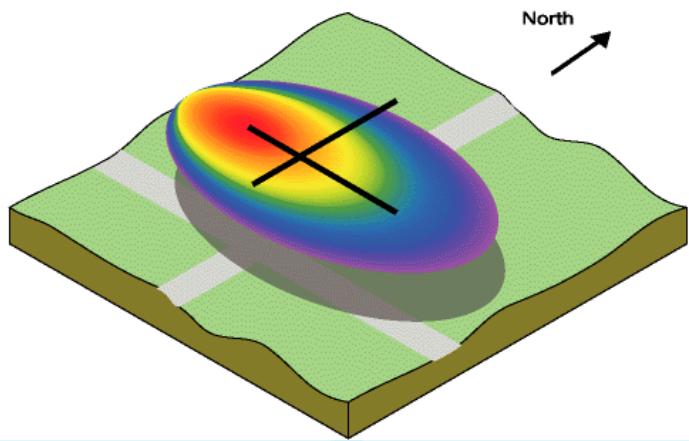
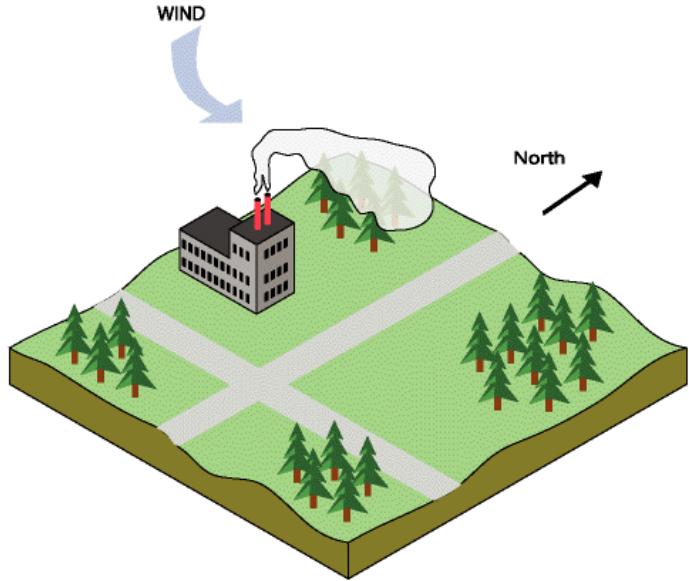


实验与理论变异函数

- 块金(nugget)是样对距离为0时的半变异，表示测量及分析误差或微小变异，或两者。
- 变程(range)是半变异开始稳定时的样对距离。
- 超过该变程，半变异趋于相对恒定值。此时的半变异称为总基台值 (sill)



各向异性

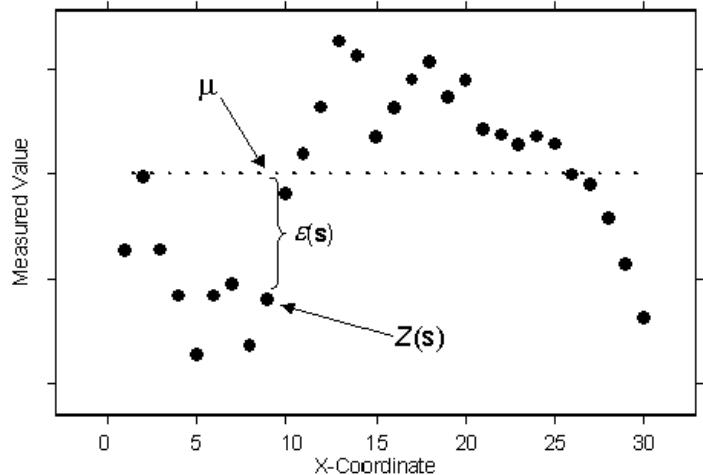


普通克里格与泛克里格

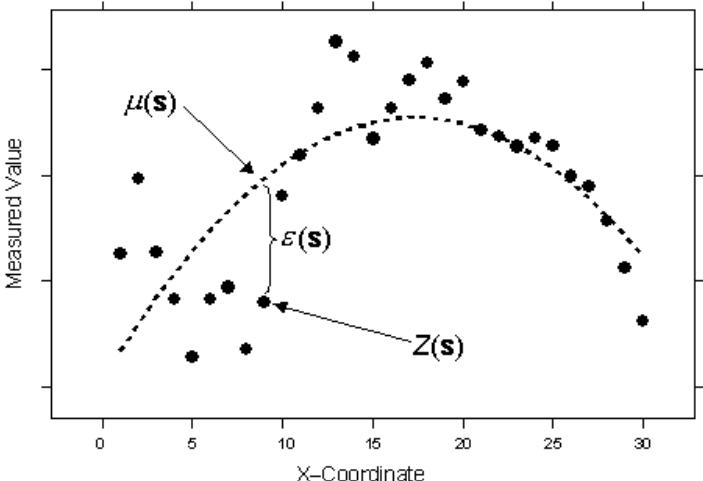


$$Z(\mathbf{s}) = \mu + \varepsilon(\mathbf{s}),$$

❖ 普通克里格：假设不存在漂移（空间趋势），普通克里格法重点考虑空间相关的因素，并用拟合的半变异直接进行插值。



❖ 泛克里格法：假设除了样本点之间的空间相关性外，空间变量的z值还受到漂移或倾向等影响。



空间插值方法的比较



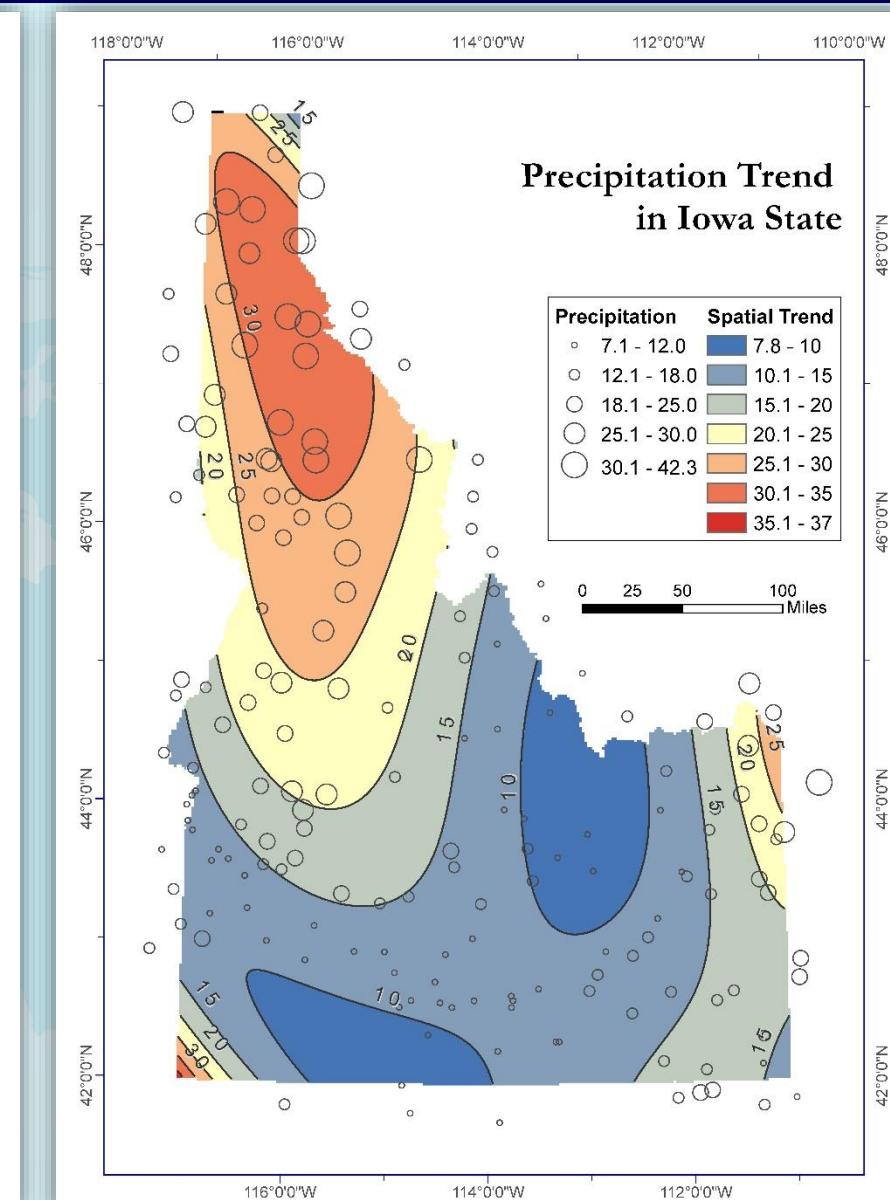
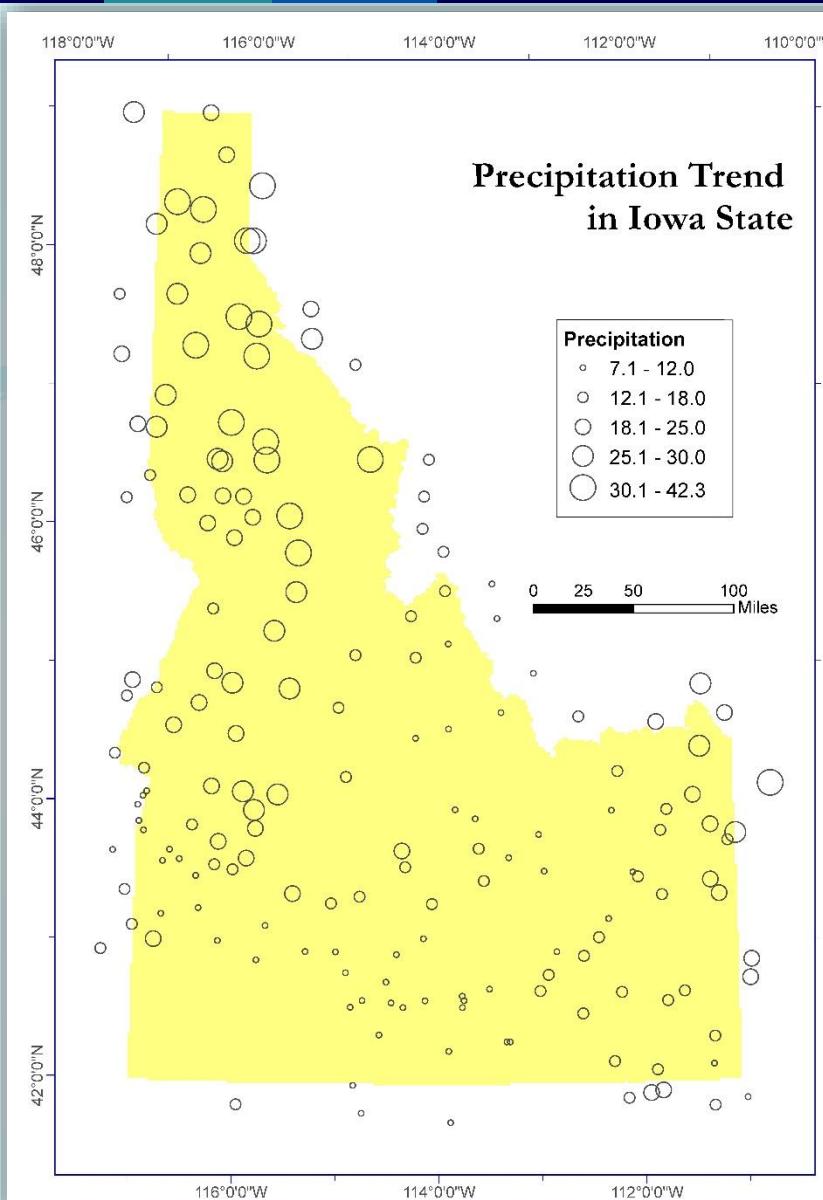
❖ 交叉验证技术

- ★ 从数据集中去掉一个已知点的测量值；
- ★ 用保留点的测量值估算去掉点的值；
- ★ 比较原始值和估算值，计算出估算值的估计误差

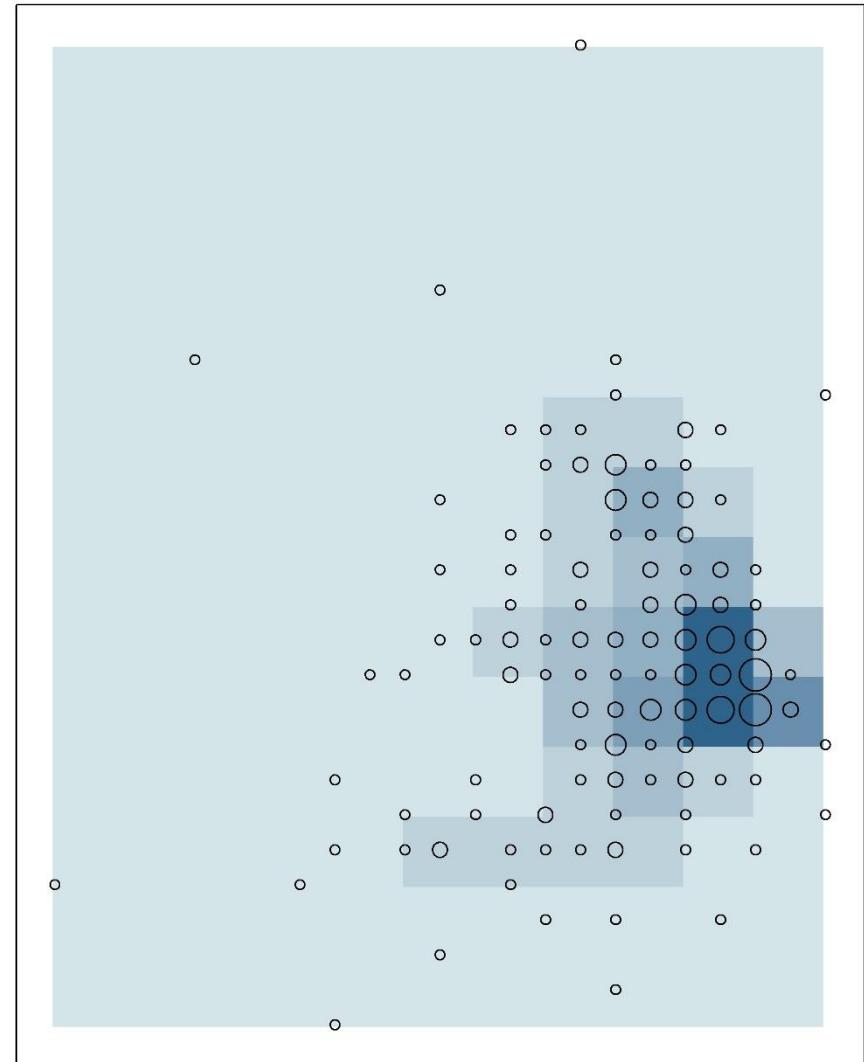
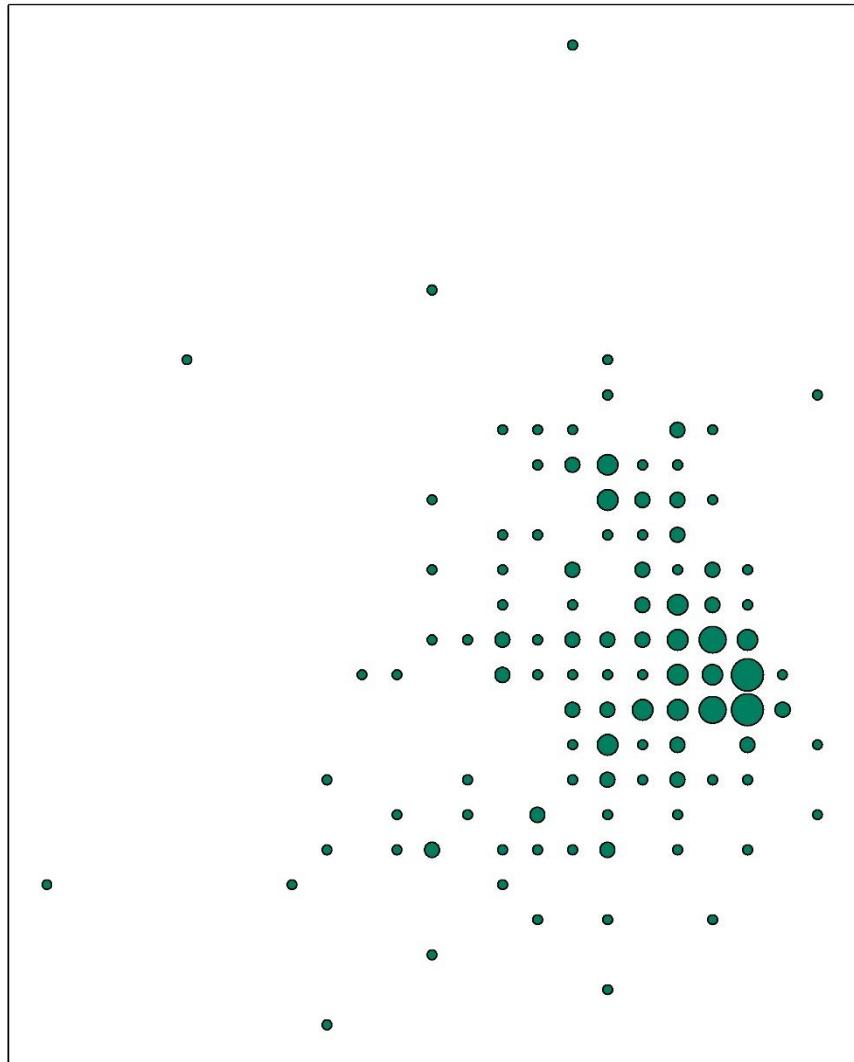
❖ 评估指标

- ★ 均方根误差RMS：越小插值精度越高
- ★ 标准均方根误差=RMS/ s (标准差)：接近于1越好

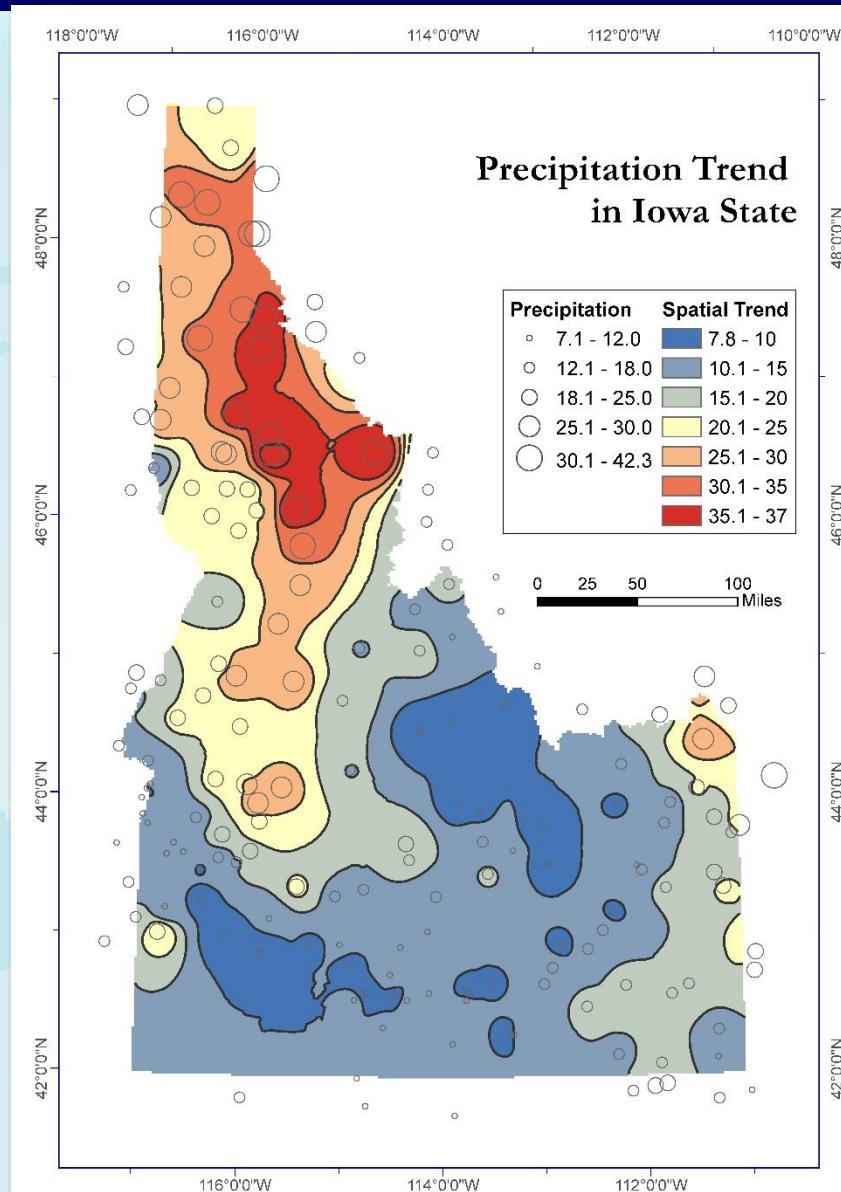
练习1：用趋势面模型作插值



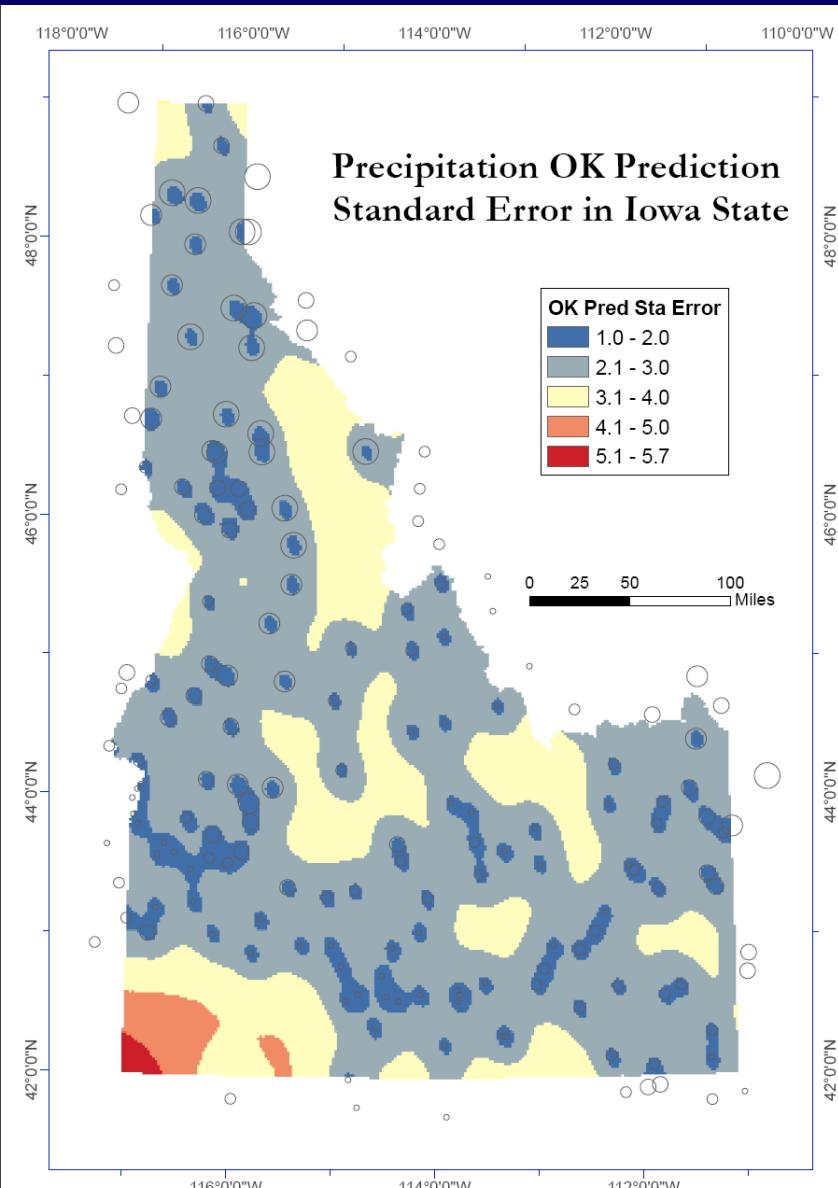
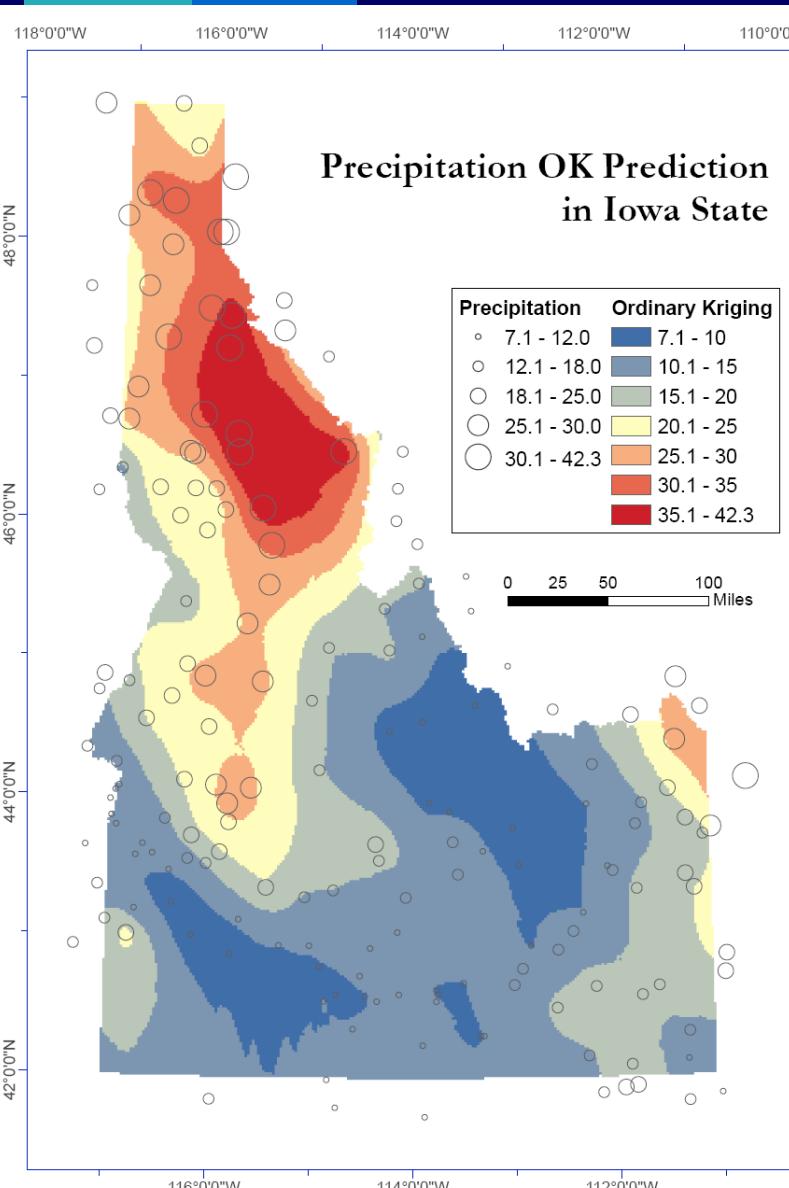
练习2：利用核密度估算法



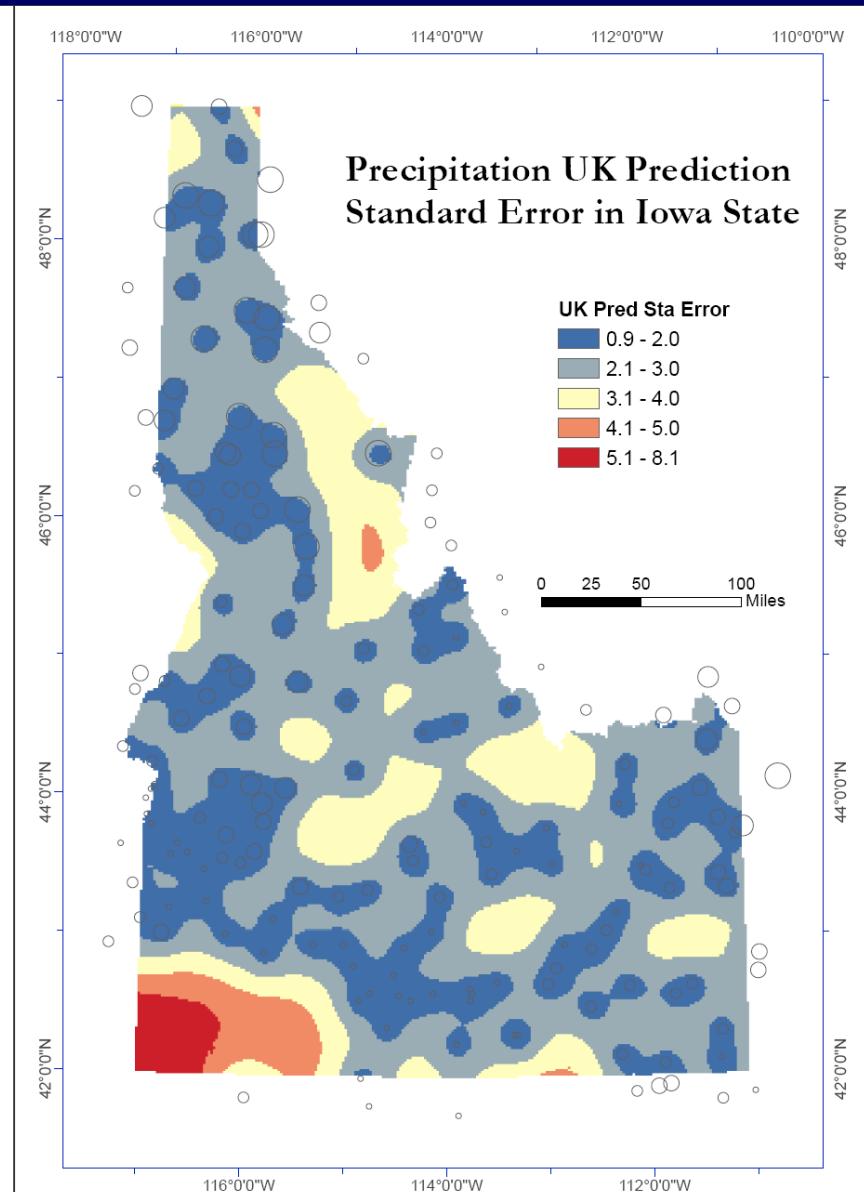
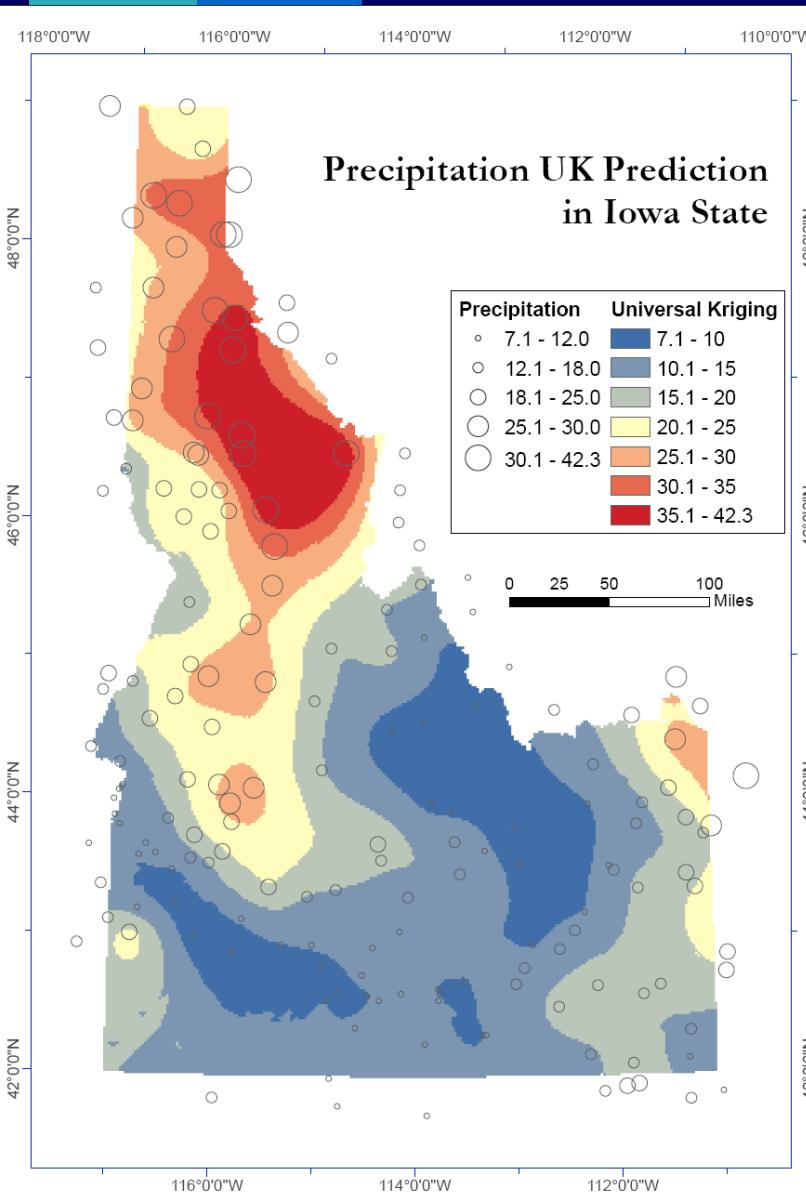
练习3：用IDW作插值



练习4：用普通克里金作插值



练习5：用泛克里金作插值



Thanks !

Q & A



王江浩CAS

<http://jianghao.wang>