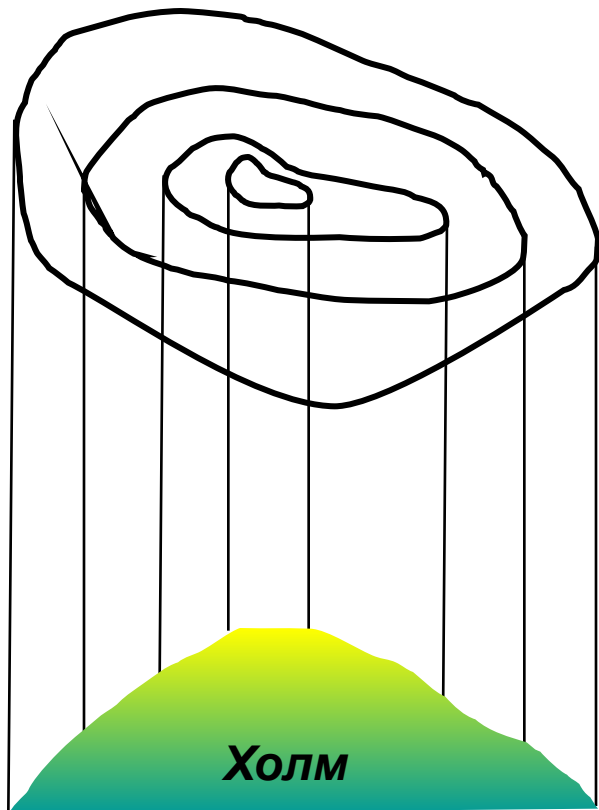


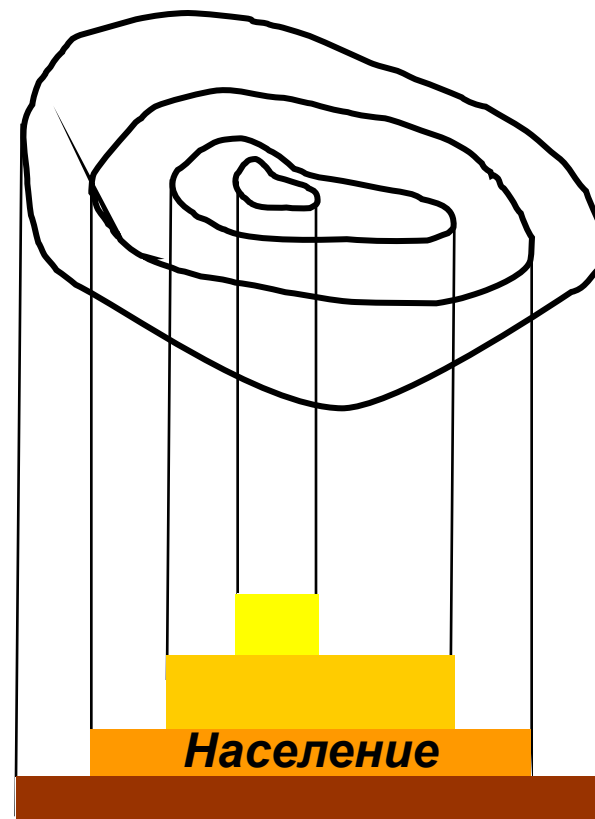
**Поверхности**

# Непрерывные и дискретные поверхности

*Непрерывные данные*



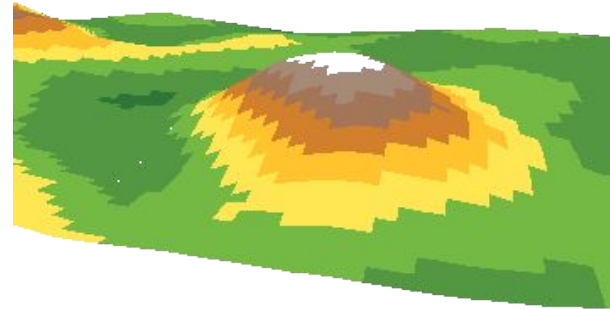
*Дискретные данные*



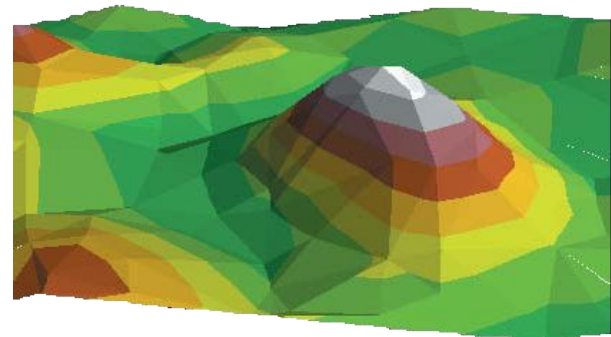
*Изображение с помощью изолиний не проявляет ее дискретный или непрерывный характер*

# Модели поверхностей

- **GRID**

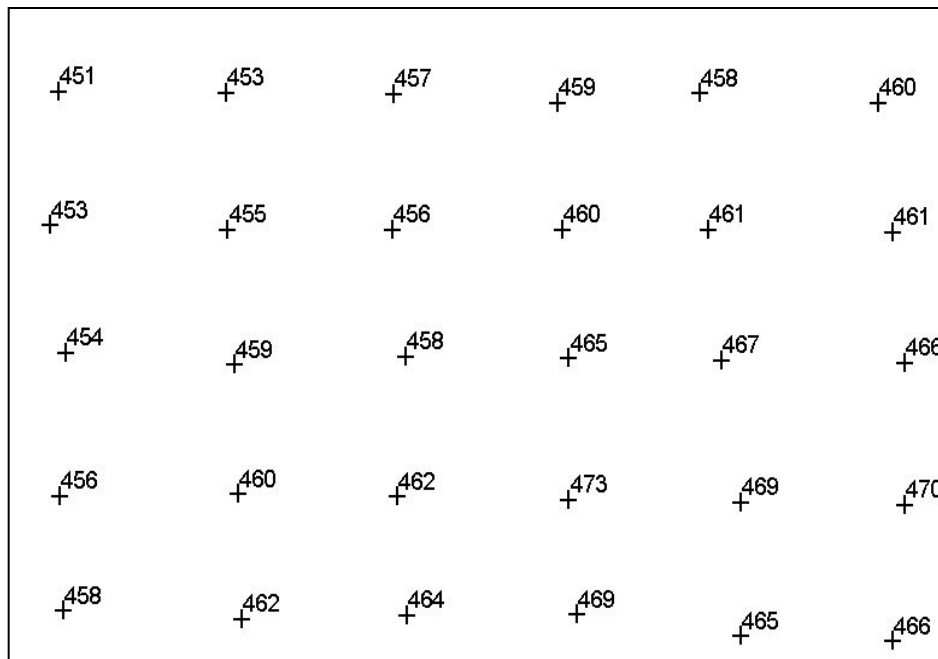


- **TIN**

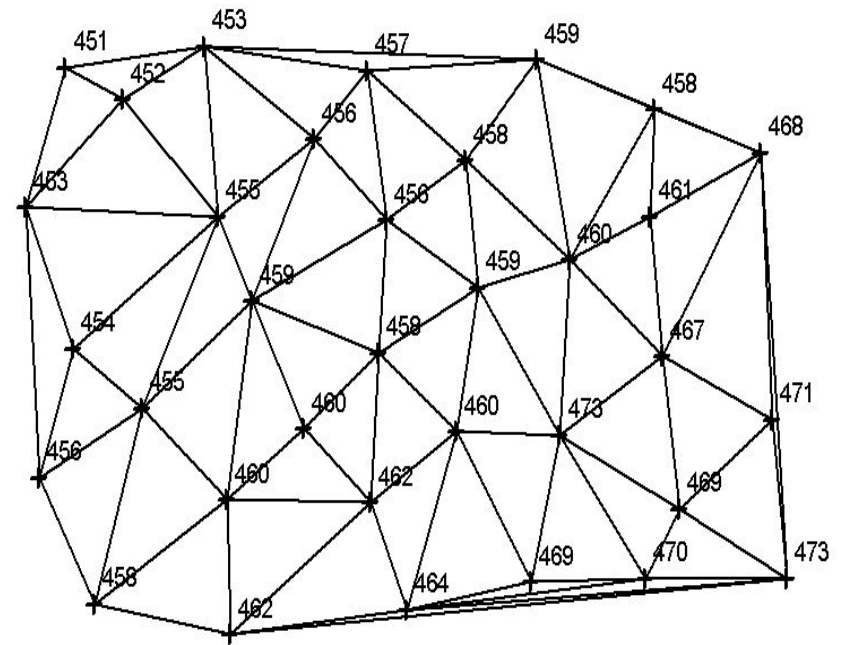


# Поверхности

## GRID



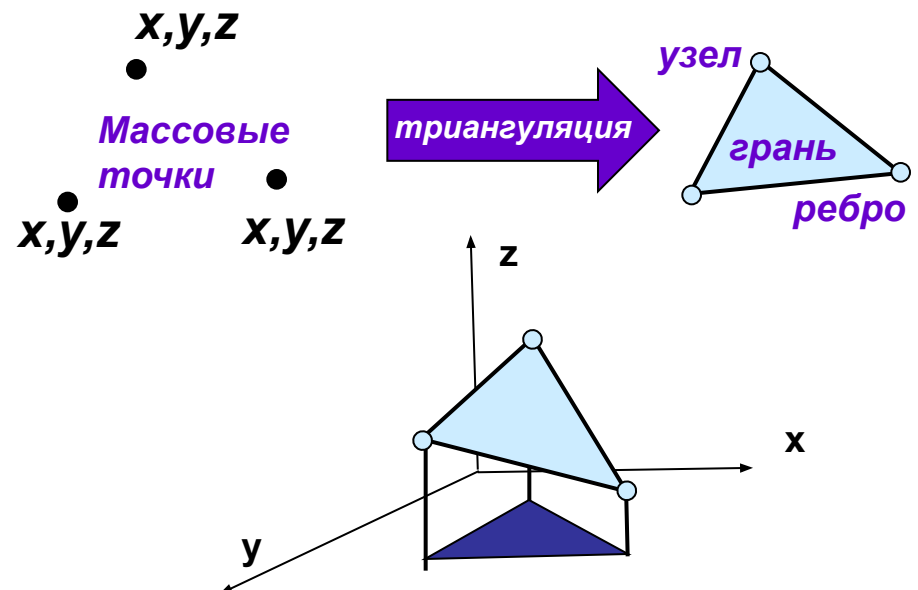
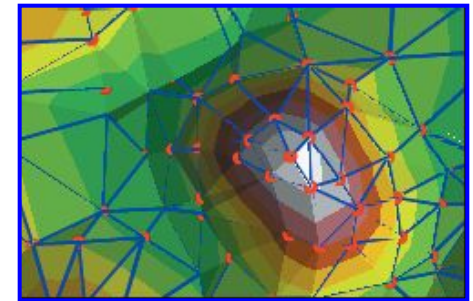
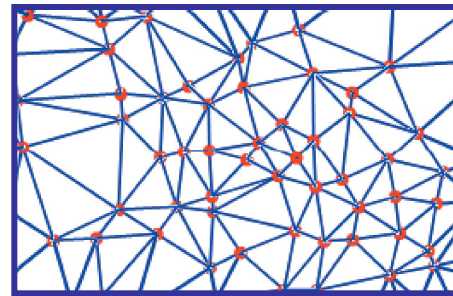
## TIN



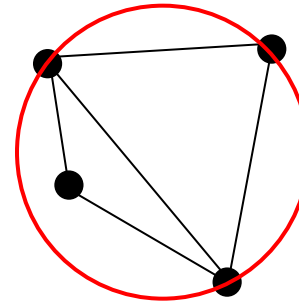
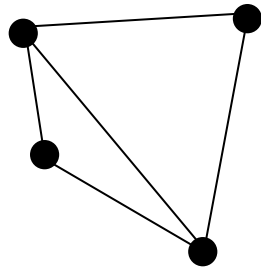
# TIN - нерегулярные сети треугольников

Термин *нерегулярная триангуляционная сеть* (*Triangulated Irregular Network*) точно описывает свойства TIN.

- "Нерегулярная" определяет ключевое преимущество TINs в моделировании поверхности - точки могут быть взяты с переменной плотностью для моделирования поверхности.
- "Триангуляционная" указывает на способ построения оптимизированного набора треугольников по набору точек. Треугольники дают хорошее представление о локальной части поверхности, так как три точки со значениями  $z$  однозначно определяют плоскость в трехмерном пространстве.
- "Сеть" отражает топологическую структуру, которая присуща TIN.



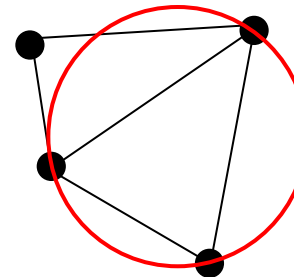
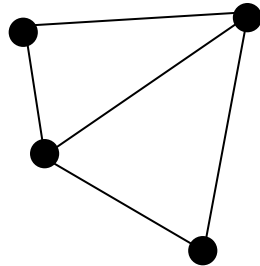
# TIN: триангуляция Делоне



*Эта триангуляция не проходит испытание Делоне*

*В простом случае с четырьмя массовыми точками возможны две триангуляции. Какая является справедливой?*

*Определение триангуляции Делоне указывает, что любая окружность проведенная через три узла в треугольнике, не будет включать никакого другого узла.*

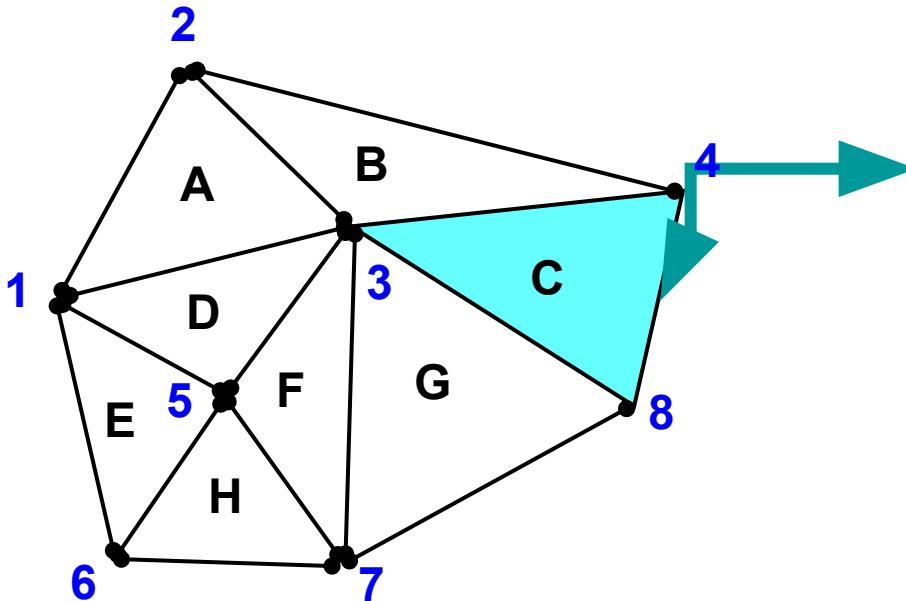


*Это - справедливая триангуляция*

*Алгоритм триангуляция Делоне оптимизирует представление поверхности*

# Топология в TIN

*TIN - топологическая структура данных, управляющая информацией об узлах, которые входят в каждый треугольник, и о соседях каждого треугольника.*

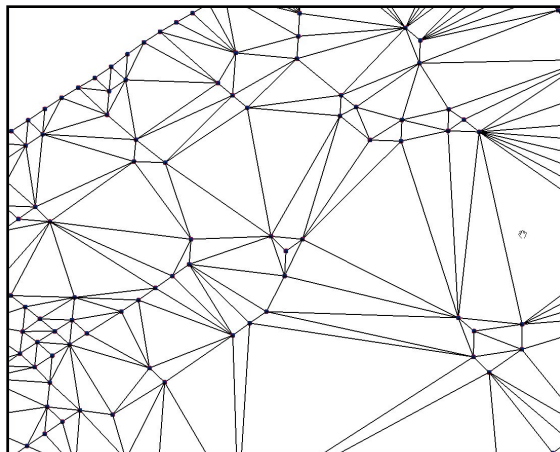
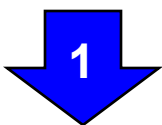
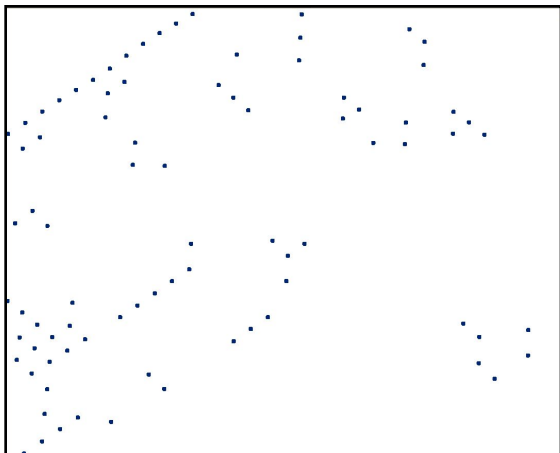


Треугольник	Список узлов	Соседи
A	1,2,3	-,B,D
B	2,4,3	-,C,A
C	4,8,3	-,G,B
D	1,3,5	A,F,E
E	1,5,6	D,H,-
F	3,7,5	G,H,D
G	3,8,7	C,-,F
H	5,7,6	F,-,E

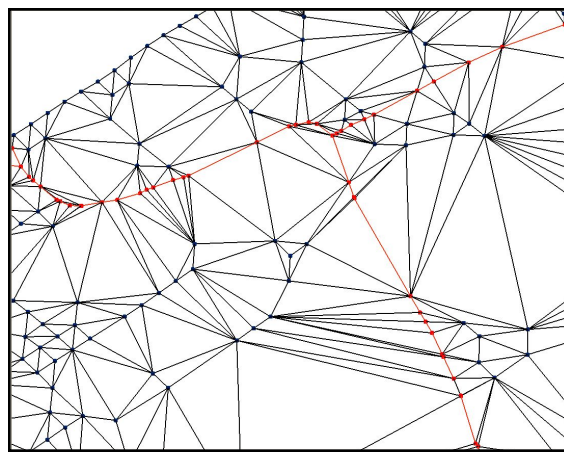
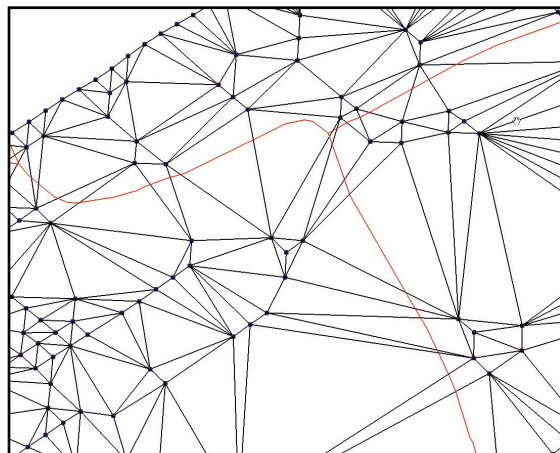
*Треугольники всегда имеют 3 узла и обычно имеют 3 соседних треугольника. Треугольники на внешней границе TIN могут иметь одного или двух соседей.*

# Представление морфологии поверхности с помощью TIN

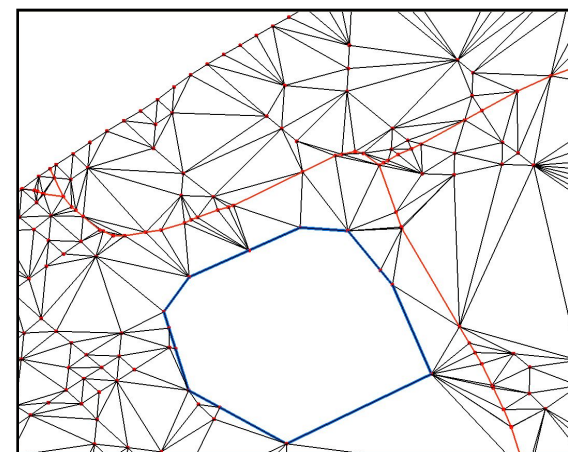
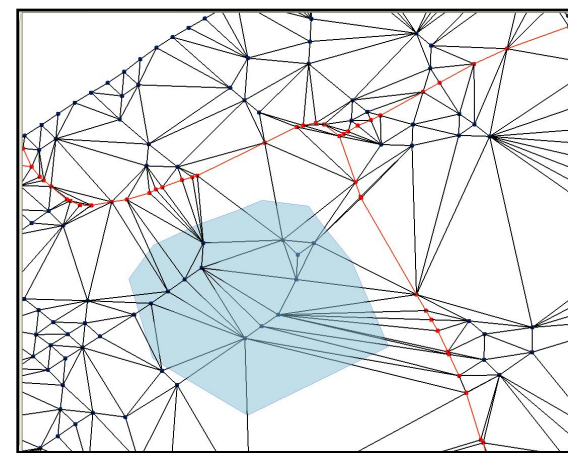
Расчет TIN по  
3D точкам



Добавление  
линейных объектов



Добавление  
площадных объектов

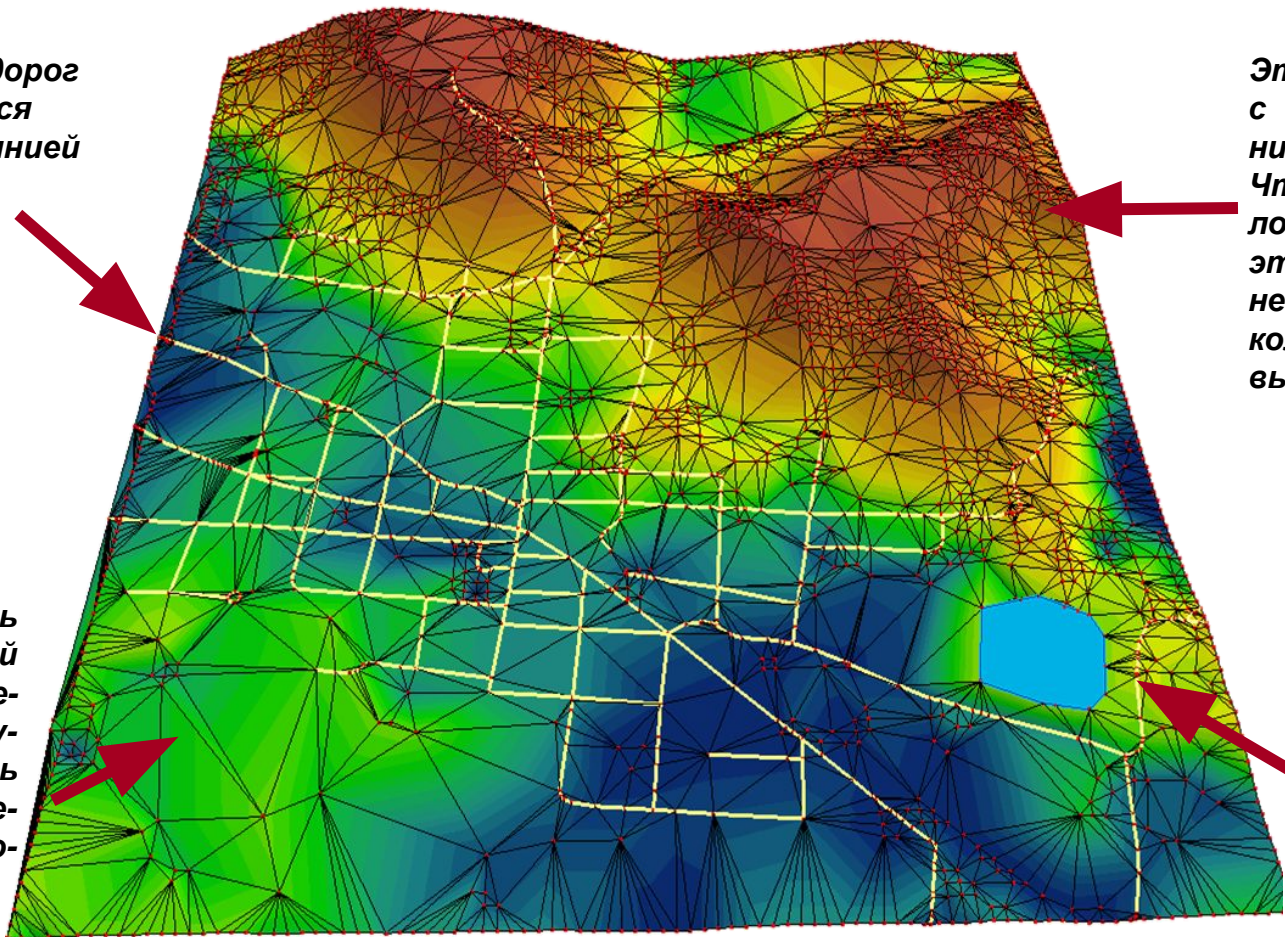




# Пространственные объекты поверхности в типовой TIN

Положение дорог моделируется мягкой линией перегиба

Эта область имеет пологий склон без перепадов крутизны. Здесь требуется немного массовых точек.

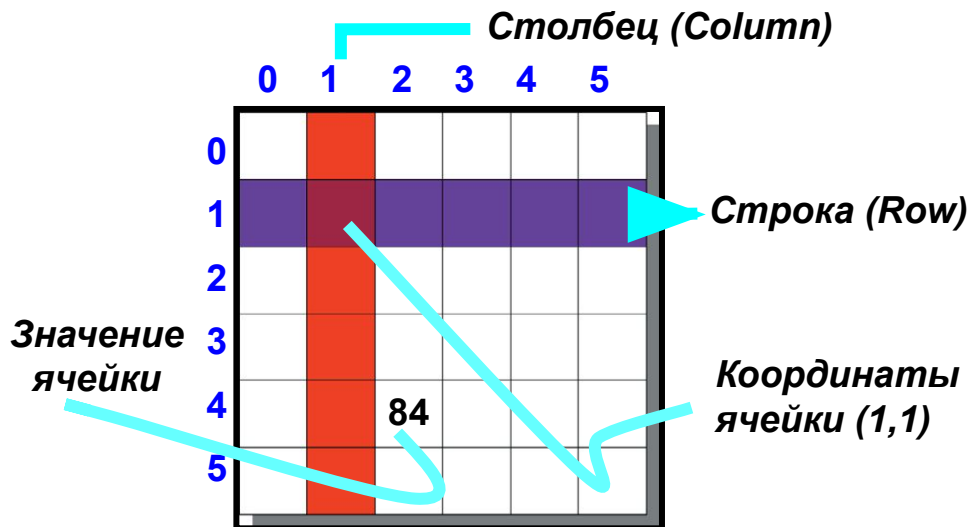
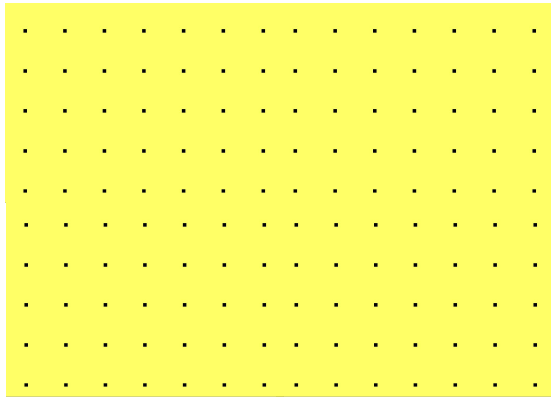


Это крутой участок с резкими изменениями топографии. Чтобы представить локальную форму этой поверхности, необходимо большее количество массовых точек.

Озеро или пруд могут быть смоделированы полигоном замещения, приводящим высоту водного зеркала к постоянной высоте.

# GRID - модель

*Гриды представляют поверхность по регулярно распределенным точкам*



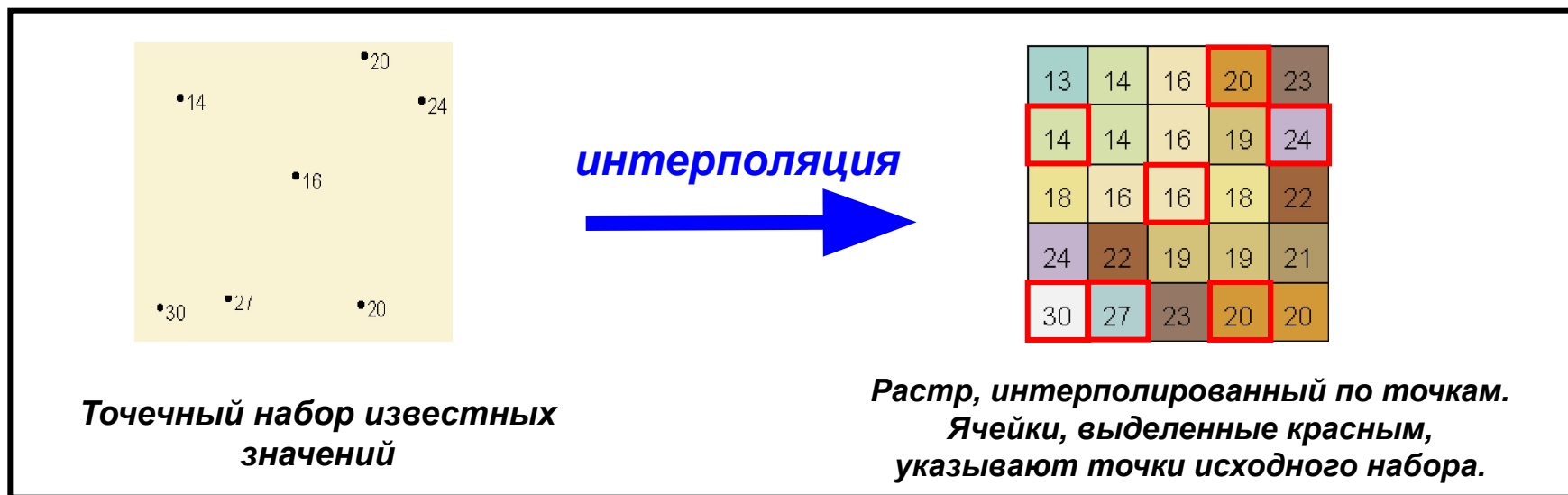
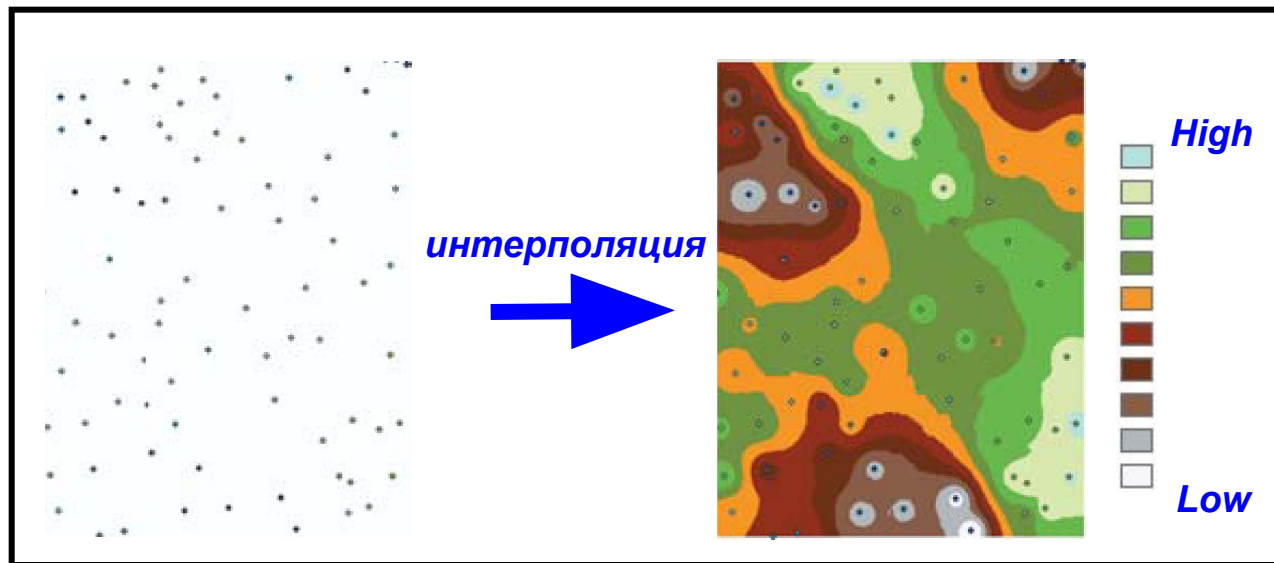
**Структура GRID –  
моделей полностью  
соответствует  
структуре растровых  
данных**

# Сравнение ГРИД и TIN для представления поверхностей

	ГРИД представление	TIN представление
Точность модели поверхности	Зависит от размеров ячейки.	TIN имеет переменную плотность точек, которая изменяется в зависимости от степени наклона.
Точность пространственных объектов	Значение Z растра - результат квантования (деления) пространственных объектов по регулярной сетке.	TIN предназначен для фиксирования и представления пространственных объектов типа рек, гребней и вершин.
Анализ поверхности	Пространственное совпадение. Близость. Дисперсия. Путь наименьших затрат.	Высота, крутизна, вычисление экспозиции склона. Получение изолиний поверхности. Расчёты объёмов. Вертикальные профили по трассе линии. Анализ видимости.
Типовые приложения	Мелкомасштабное моделирование и моделирование поверхности. Идентификация водосборных бассейнов. Гидрологический анализ зон затопления.	Вычисления объёмов дорожных выемок. Исследования системы стока для освоения земель. Создание точных изогипс.

# Интерполяция

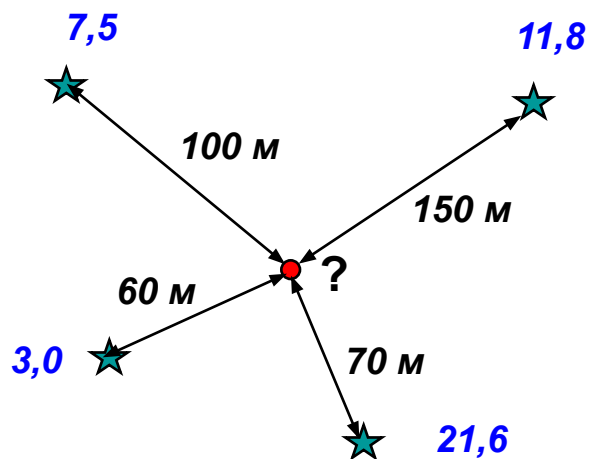
Интерполяция используется для создания поверхности по ограниченному числу замеров какого-либо параметра. Каждый объект слоя точек это - место, где проводилось измерение. С помощью интерполяции рассчитываются значения между точками измерений.





# Методы интерполяции

- *Метод обратно взвешенных расстояний*
- *Сплайн*
- *Тренд*
- *Кригинг*

# Интерполяция: метод обратно взвешенных расстояний (IDW)

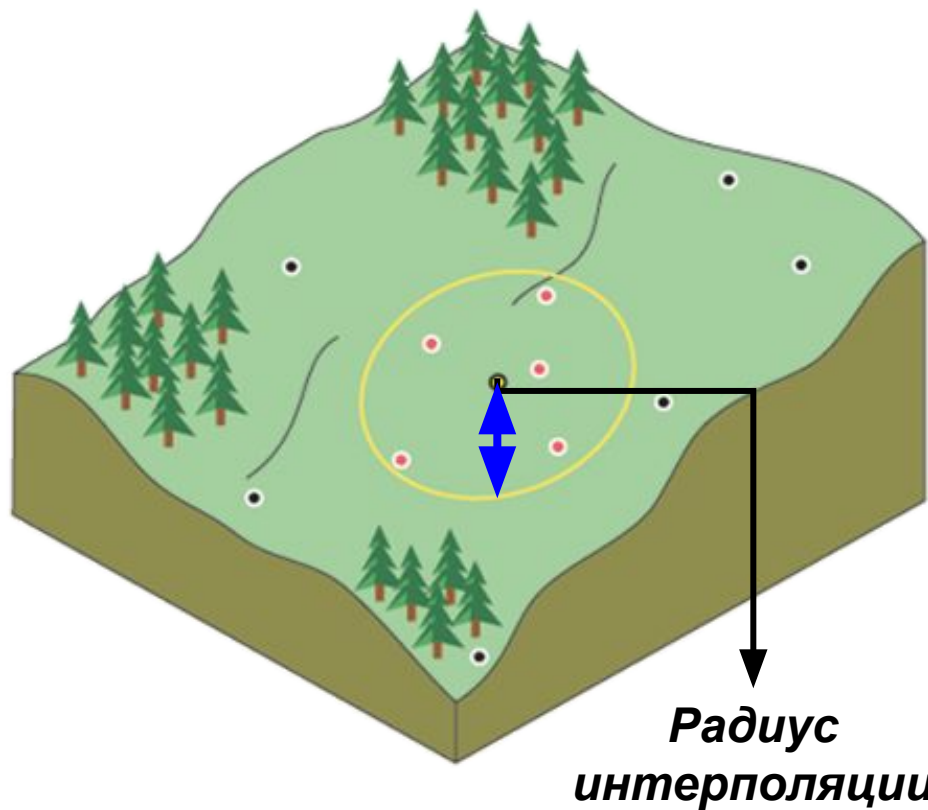


-   $11,8$  → точки с известными значениями
-  ? → точки с неизвестными значениями

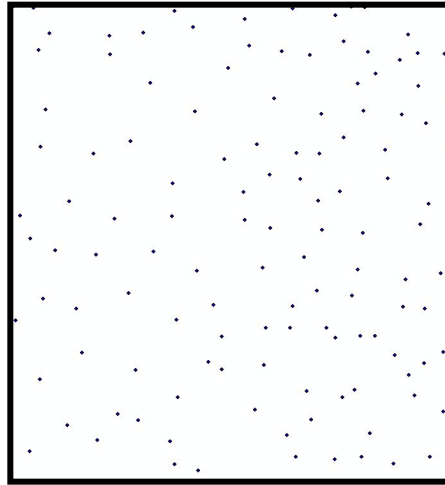
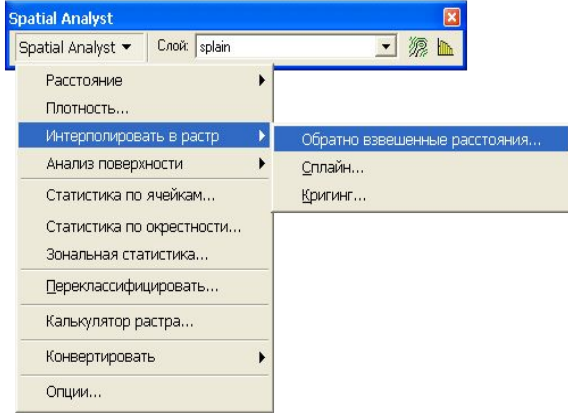
$$\check{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

$$\lambda_i \sim 1/r_i^k$$

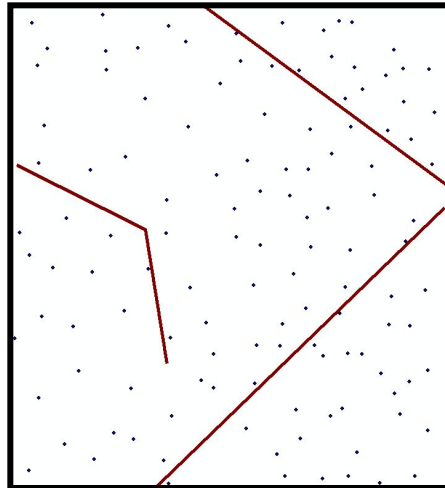
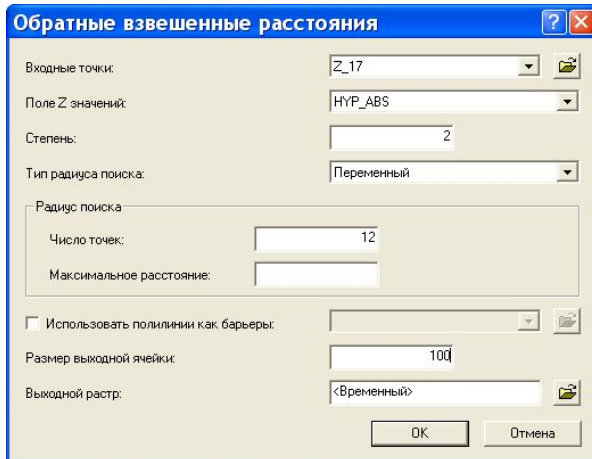
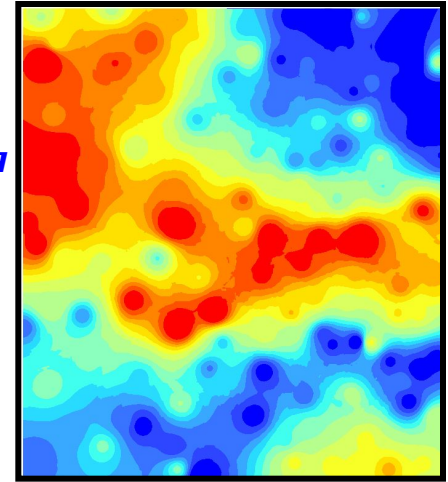
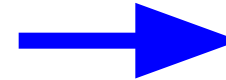
$\lambda_i$  – вес измеренного значения  
k - степень



# Метод обратно взвешенных расстояний (продолжение)



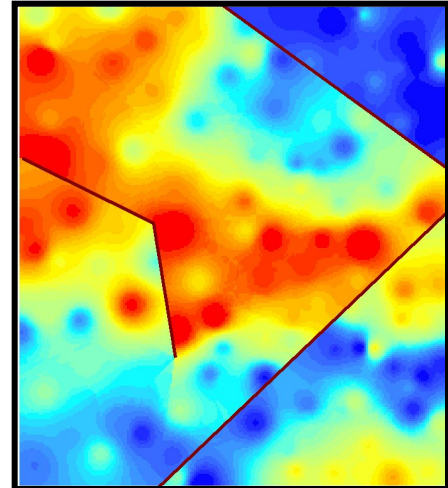
*интерполяция*



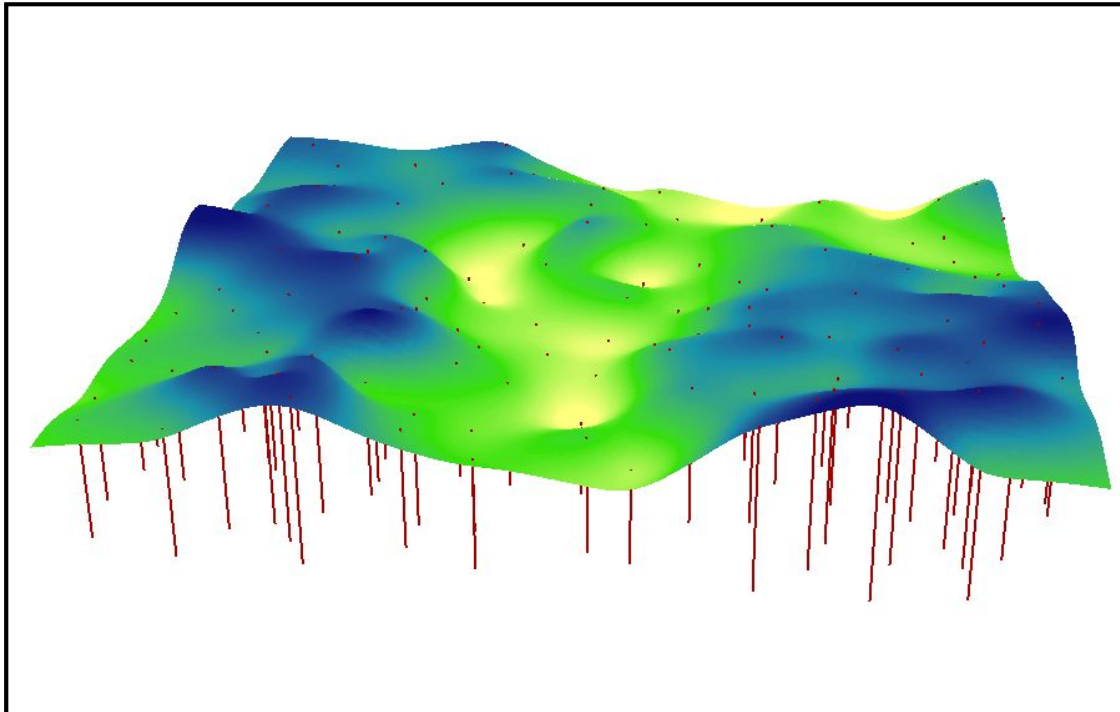
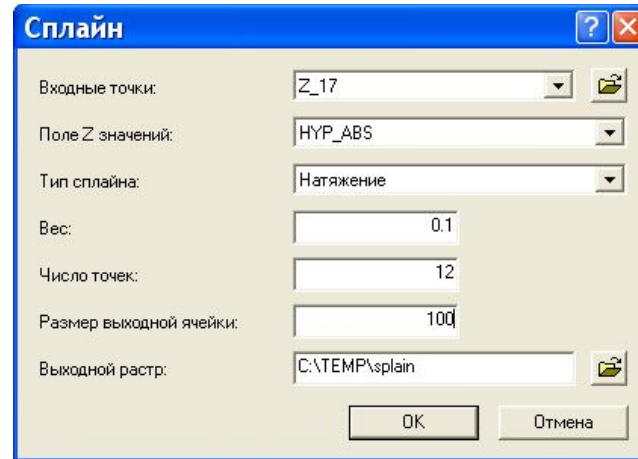
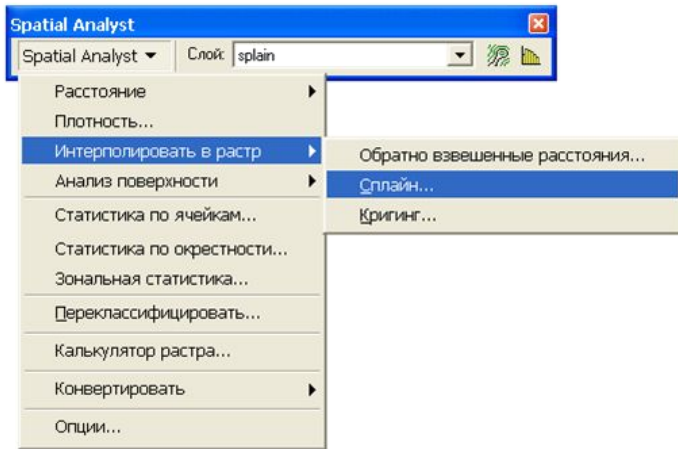
*интерполяция*



*с учетом барьеров*

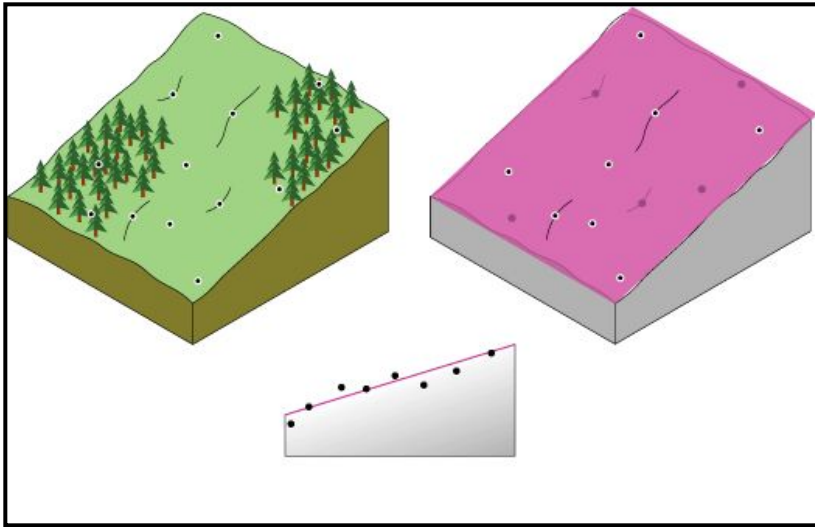


# Интерполяция: метод Сплайн (Spline)

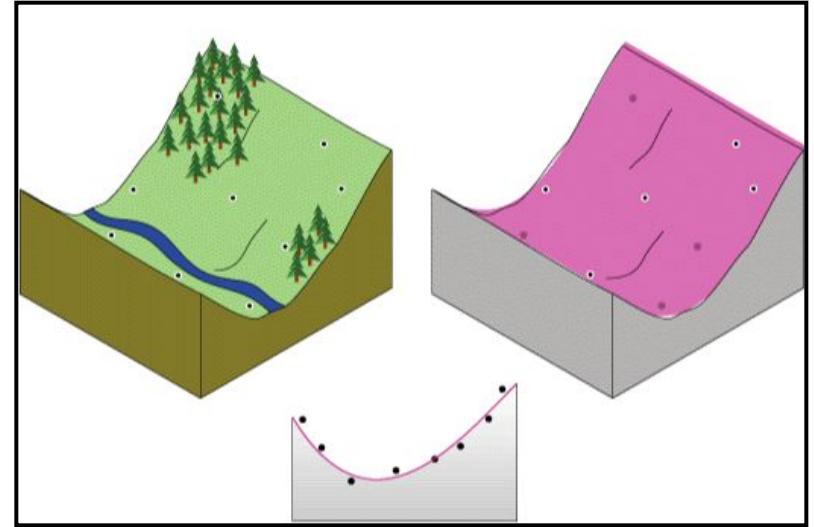




# Интерполяция: метод Тренд (Trend)



*Аппроксимация поверхности тренда полиномом первого порядка*



*Аппроксимация поверхности тренда полиномом второго порядка*

$z(x) = a_0 + a_1x^1 + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$  - полином  $n$ -го порядка

*Метод наименьших квадратов минимизирует сумму*

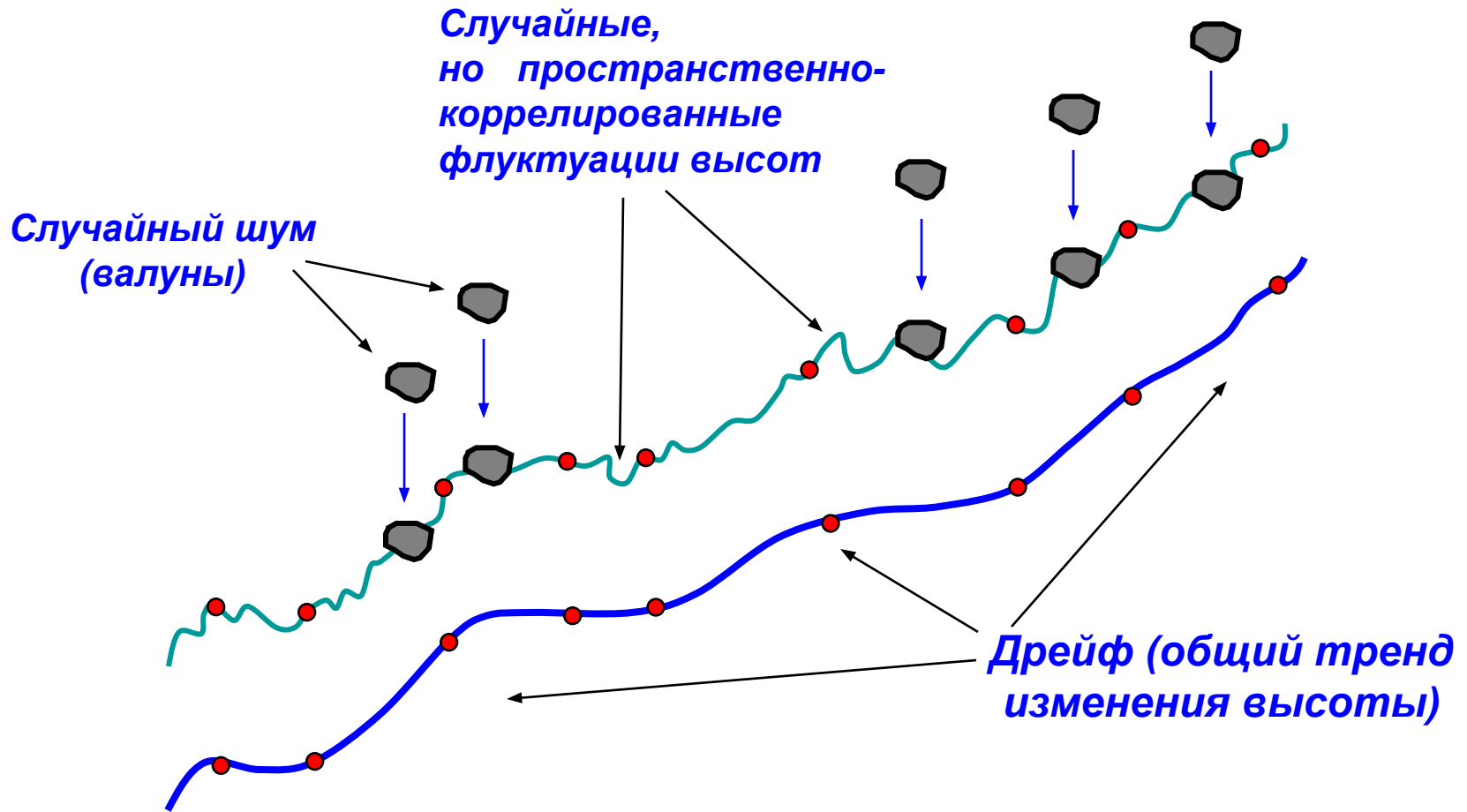
$$\sum_{i=1}^N (\check{z}_i - z_i)^2 \rightarrow \min,$$

$\check{z}_i$   
 $z_i$

- рассчитанное (оценочное) значение параметра  $z$

- наблюдаемое значение параметра  $z$

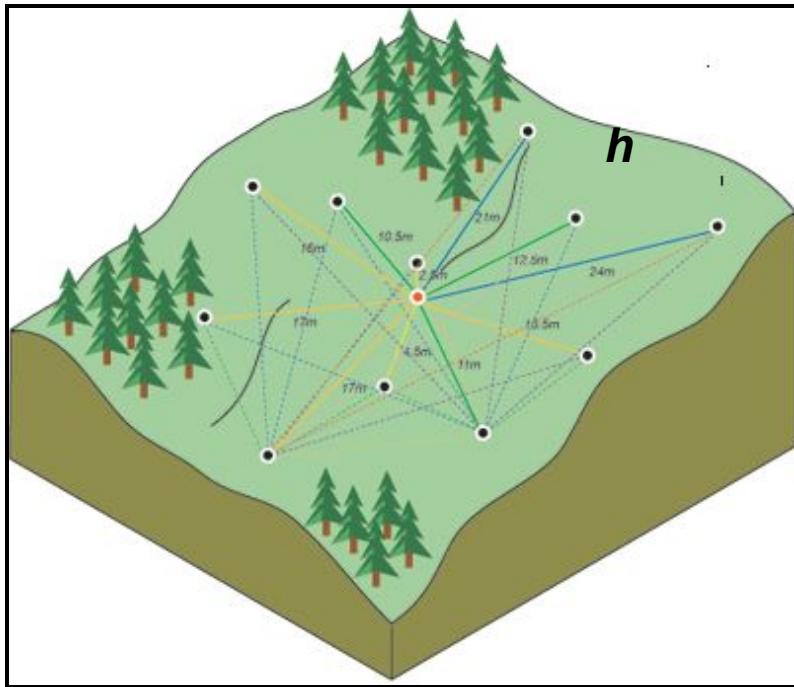
# Интерполяция: метод Кригинг



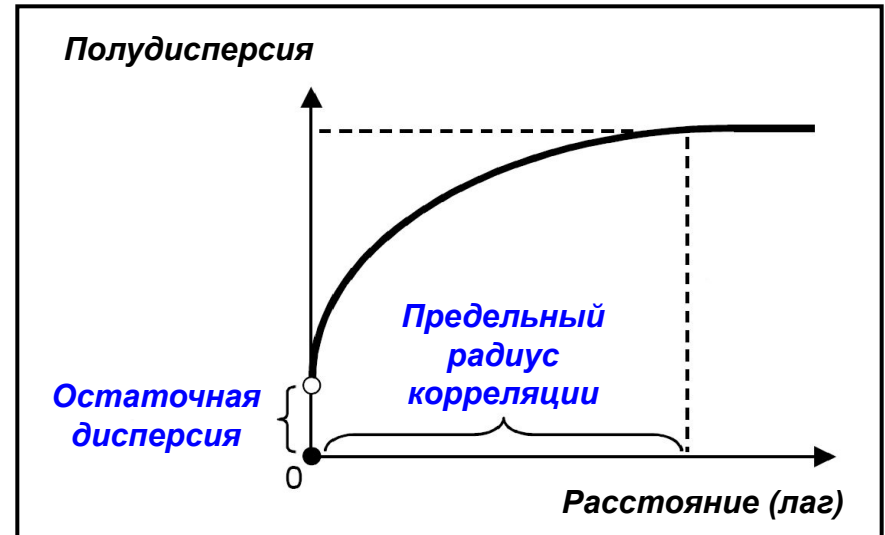
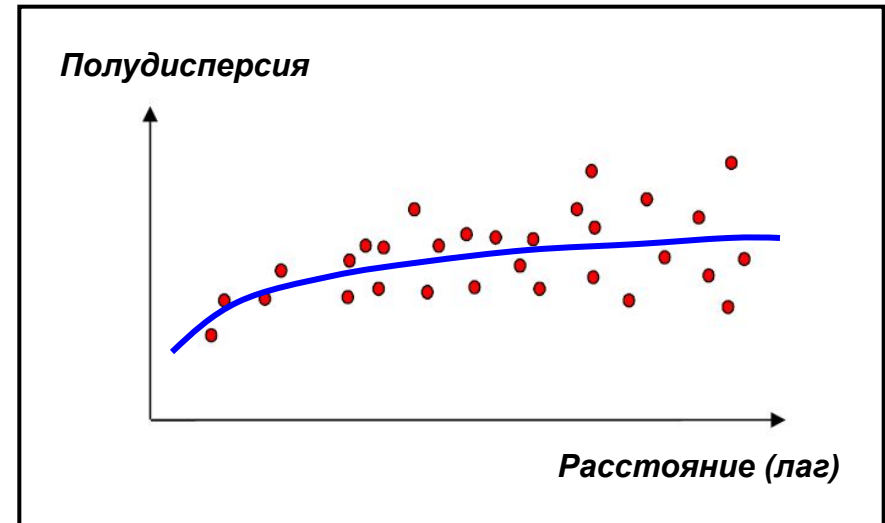
**Иллюстрация элементов кригинга. Дрейф (общая тенденция), случайные, но пространственно коррелированные колебания высоты (небольшие отклонения от общей тенденции), и случайный шум.**

# Метод Кригинг: вариограмма

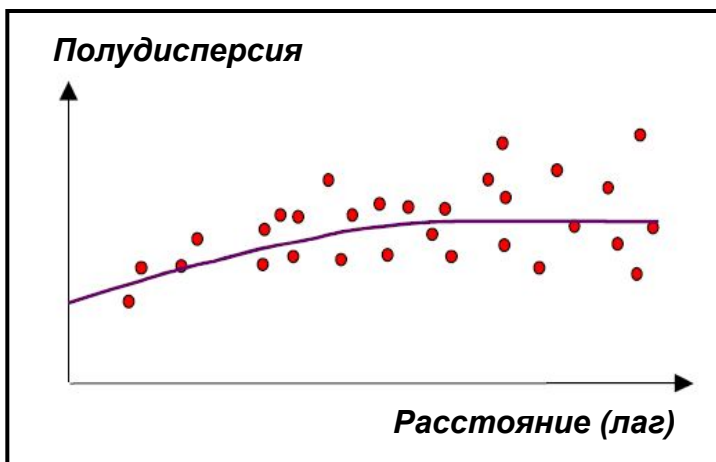
Полудисперсия(расстояние  $h$ ) =  $0.5 * \text{среднее}[(\text{значение в точке } i - \text{значение в точке } j)^2]$   
для всех пар точек, разделенных расстоянием  $h$



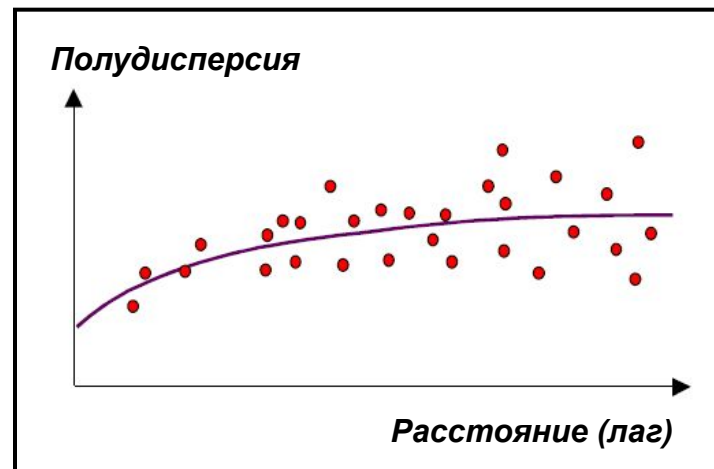
Образование пар точек:  
**красная** точка образует пары со всеми другими точками измерений



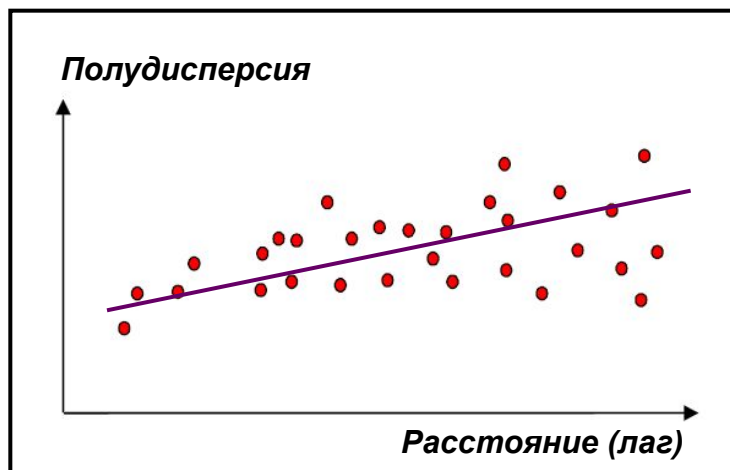
# Моделирование вариограммы



**Сферическая модель**

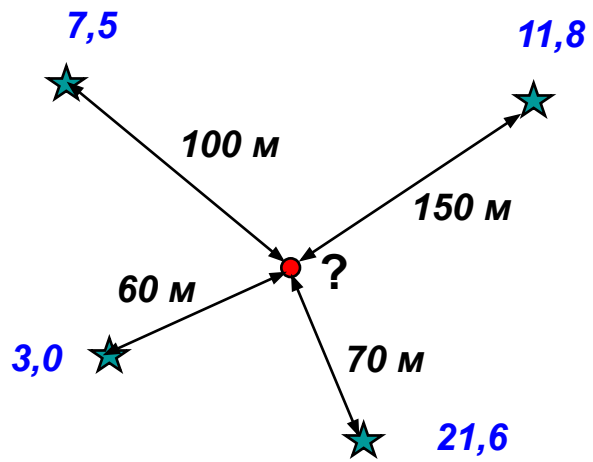


**Экспоненциальная модель**



**Линейная модель**

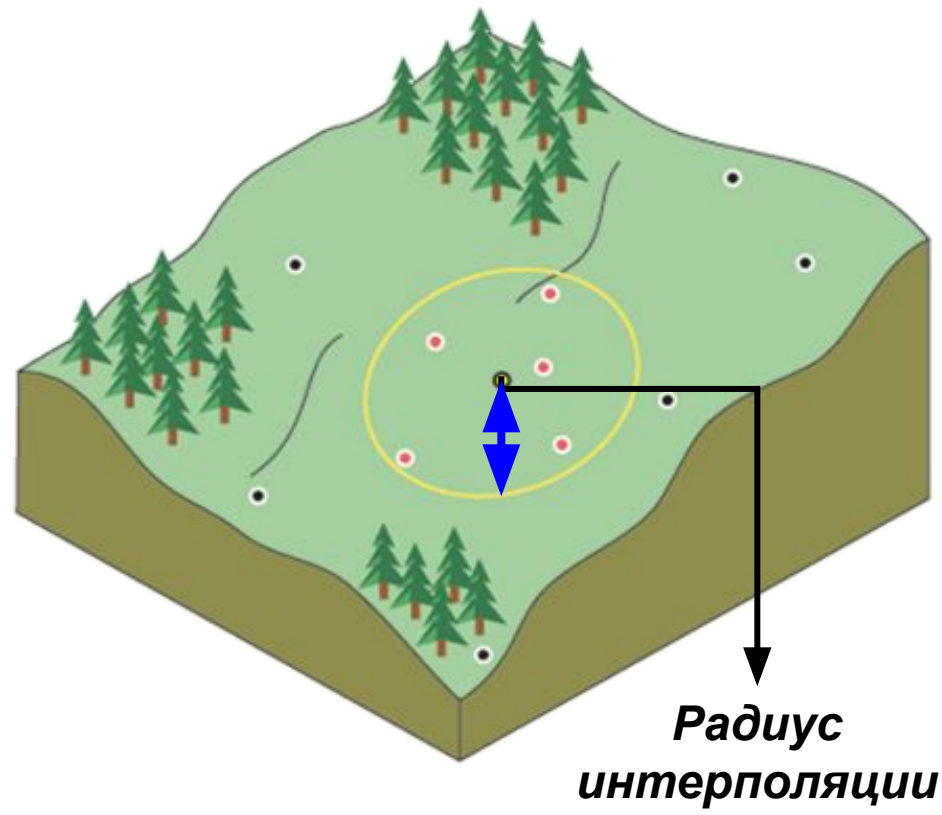
# Метод Кригинг: вычисление предполагаемых значений



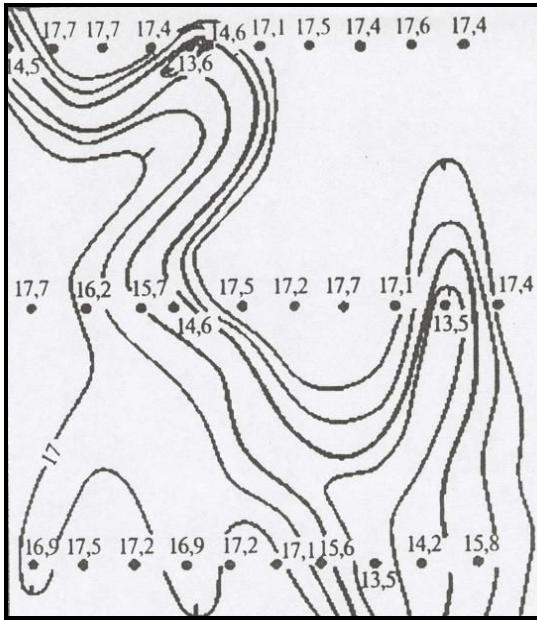
- ★ → точки с известными значениями
- ? → точки с неизвестными значениями

$$\check{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

$\lambda_i$  – вес измеренного значения, вычисляется на основе модели вариограммы и пространственного распределения точек замеров вокруг оцениваемой точки



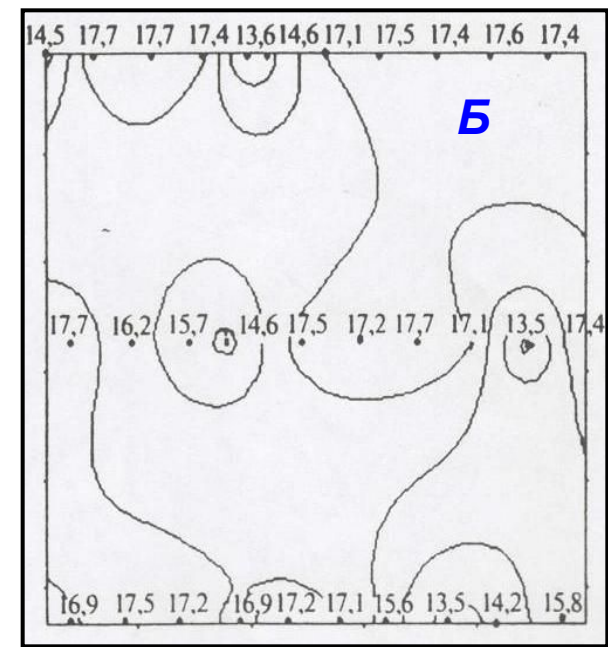
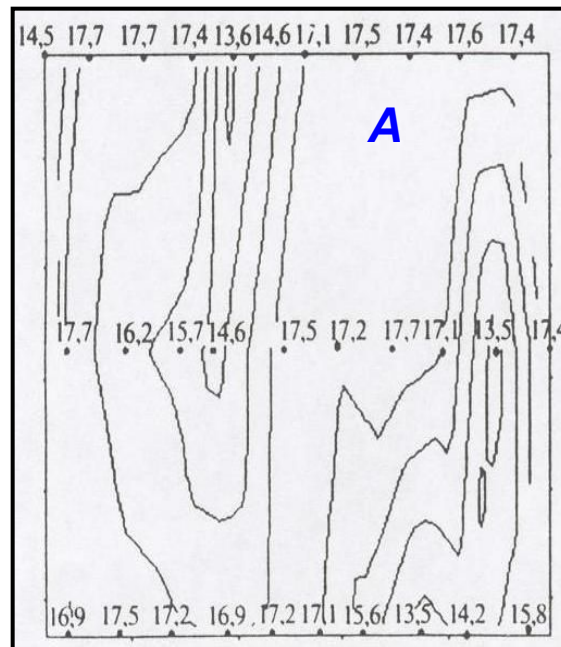
# Условия применения Кригинга



*Рельеф дна водохранилища, построенный по результатам эхолотной съемки с привлечением рабочей гипотезы о строении рельефа: рельеф дна унаследовал черты рельефа до его затопления. Здесь для уточнения рисовки изолиний привлекались топографические карты участка суши до его затопления.*

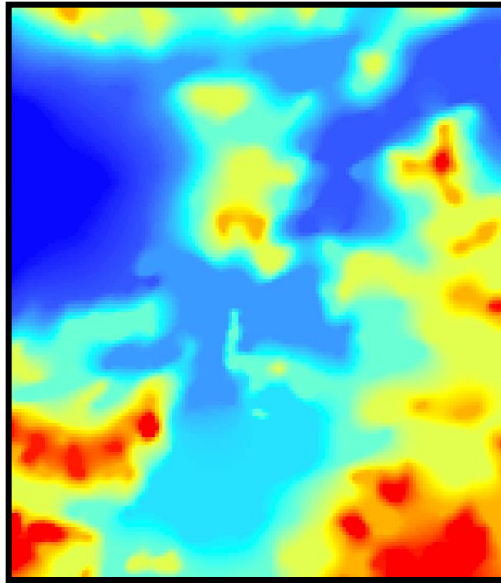
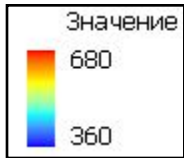
*Рельеф дна,  
построенный  
автоматически:*

*А- методом  
триангуляции,  
Б- Кригингом*

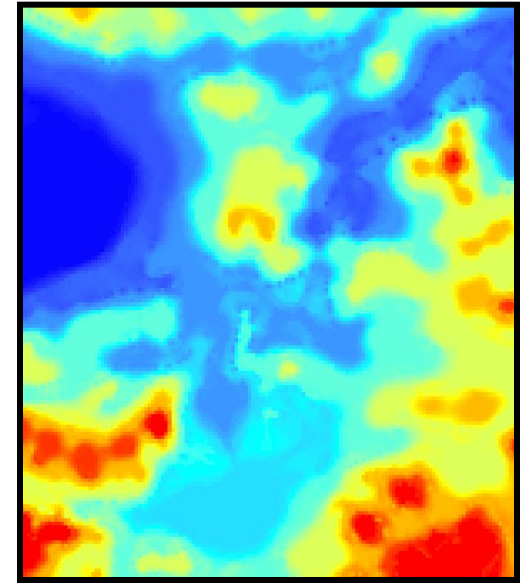


# Сравнение методов интерполяции

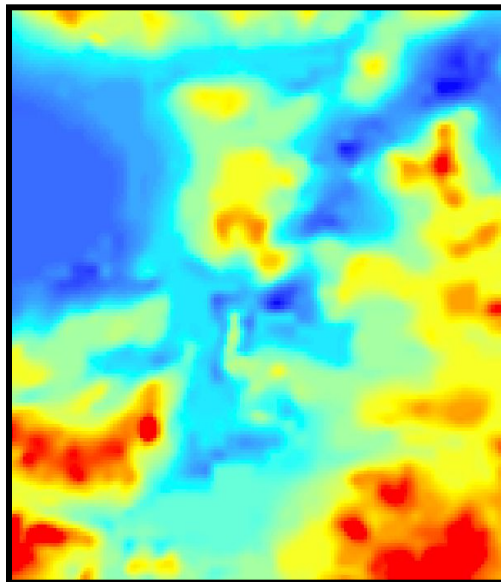
**Линейная  
интерполяция**



**ОВР**



**Сплайн  
(Натяжение)**



**Кригинг**

