

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет  
(СибАДИ)»

Институт «Информационные системы, экономика и управление»  
Кафедра «Цифровые технологии»

**ЛЕКЦИЯ №7**  
**ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ**  
**ИНТЕРПОЛЯЦИЯ**

Старший преподаватель  
Отс Дарья Анатольевна

Омск, 2024

**Пространственный анализ** — это процесс манипулирования пространственной информацией для извлечения новой информации и смысла из исходных данных. Обычно пространственный анализ выполняется с помощью географической информационной системы (ГИС). ГИС обычно предоставляет инструменты пространственного анализа для расчета статистики объектов и выполнения геообработки в виде интерполяции данных. В гидрологии пользователи, скорее всего, подчеркнут важность анализа рельефа и гидрологического моделирования (моделирования движения воды по земле и в ней). В управлении дикой природой пользователи интересуются аналитическими функциями, связанными с местонахождением точек обитания диких животных и их связью с окружающей средой. У каждого пользователя будут разные интересы в зависимости от вида выполняемой им работы.

# Пространственная интерполяция в деталях

**Пространственная интерполяция** — это процесс использования точек с известными значениями для оценки значений в других неизвестных точках. Например, чтобы составить карту осадков (ливней) для вашей страны, вам не удастся найти достаточно равномерно распределенных метеостанций, чтобы охватить весь регион. Пространственная интерполяция позволяет оценить температуру в местах без зарегистрированных данных, используя известные показания температуры на близлежащих метеостанциях (см. рис. 1). Этот тип интерполированной поверхности часто называют статистической поверхностью. Данные о высоте, осадках, накоплении снега, уровне грунтовых вод и плотности населения — это другие типы данных, которые можно вычислить с помощью интерполяции

Из-за высокой стоимости и ограниченных ресурсов сбор данных обычно проводится только в ограниченном количестве выбранных точек. В ГИС пространственная интерполяция этих точек может применяться для создания растровой поверхности с оценками, сделанными для всех растровых ячеек.

Для создания непрерывной карты, например, цифровой карты высот из точек высот, измеренных с помощью устройства GPS, необходимо использовать подходящий метод интерполяции для оптимальной оценки значений в тех местах, где не производилось никаких проб или измерений. Результаты анализа интерполяции затем можно использовать для анализов, которые охватывают всю область, и для моделирования.

Познакомимся с двумя широко используемыми методами интерполяции, называемыми **Inverse Distance Weighting (IDW)** и **Triangulated Irregular Networks (TIN)**.

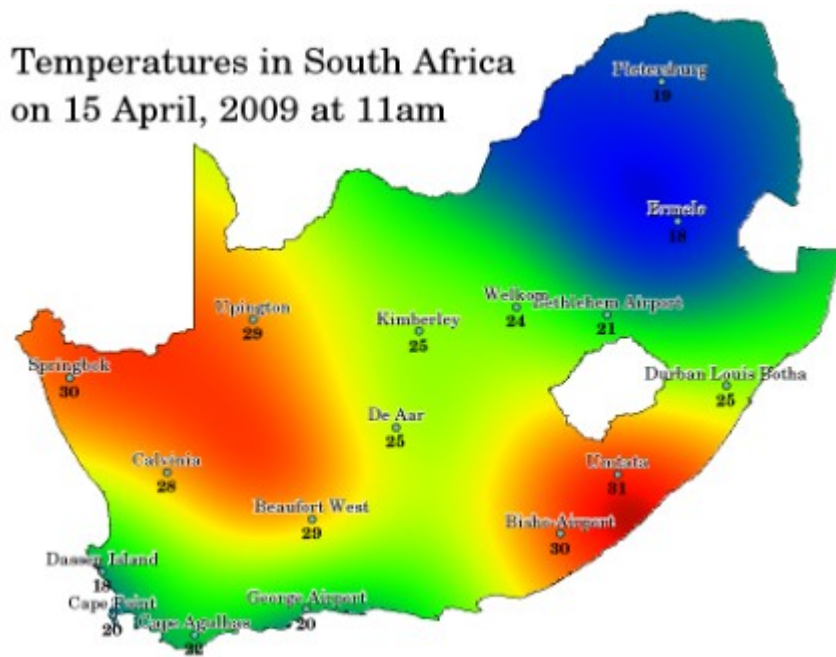
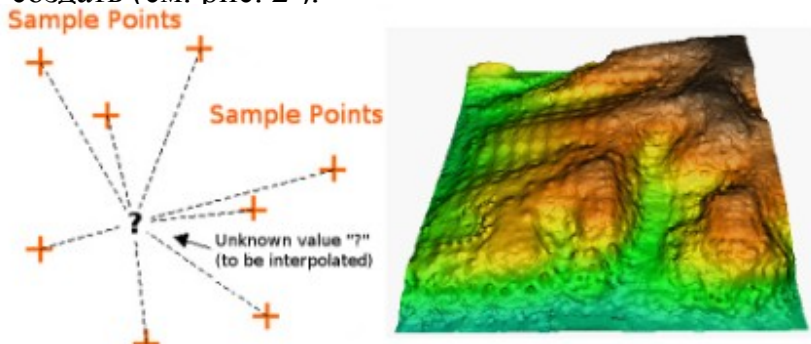


Рис.1. Карта температур, интерполированная с южноафриканских

# Обратно взвешенное состояние (ОВР)

В методе интерполяции IDW точки выборки взвешиваются во время интерполяции таким образом, что влияние одной точки относительно другой уменьшается с расстоянием от неизвестной точки, которую вы хотите создать (см. рис. 2).



*Рис.2. Интерполяция с обратным взвешенным расстоянием на основе взвешенного расстояния точки выборки (слева). Интерполированная поверхность IDW из точек вектора высоты (справа). Источник изображения: Mitas, L., Mitsova, N. (1999).*

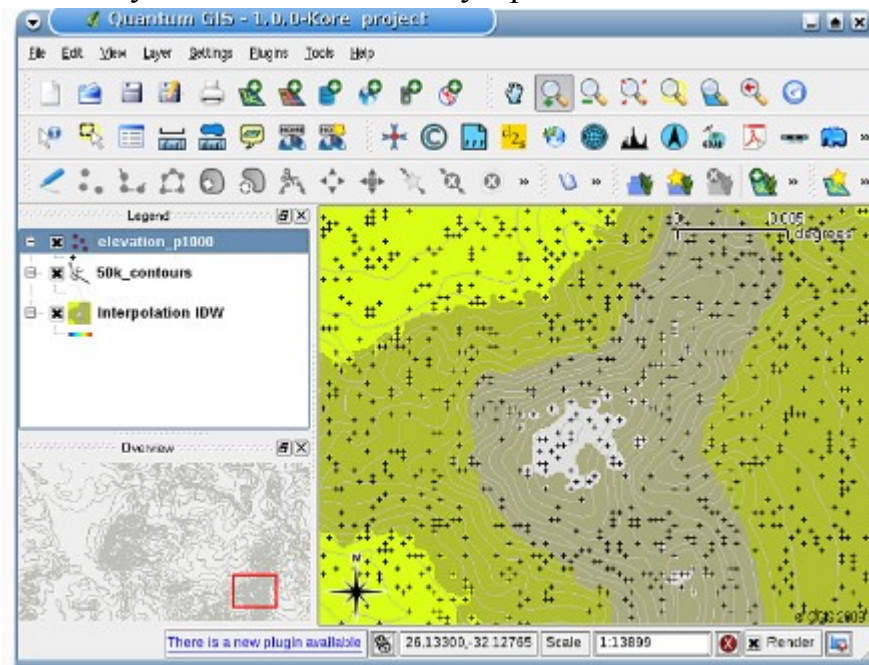
Вес, назначаемый точкам выборки с помощью весового коэффициента, который контролирует, как влияние веса будет уменьшаться по мере увеличения расстояния от новой точки. Чем больше весовой коэффициент, тем меньшее влияние будут иметь точки, если они находятся далеко от неизвестной точки в процессе интерполяции. По мере увеличения коэффициента значение неизвестной точки приближается к значению ближайшей точки наблюдения.

**Недостатки IDW:** качество результата интерполяции может снизиться, если распределение точек выборочных данных неравномерно.

Кроме того, максимальные и минимальные значения

на интерполированной поверхности могут возникать только в точках выборочных данных. Это часто приводит к небольшим пикам и ямам вокруг точек выборочных данных, как показано на рис. 2.

В ГИС результаты интерполяции обычно отображаются в виде 2-мерного растрового слоя. На рис. 3 вы можете увидеть типичный результат интерполяции IDW, основанный на точках выборки высот, собранных в полевых условиях с помощью устройства GPS.

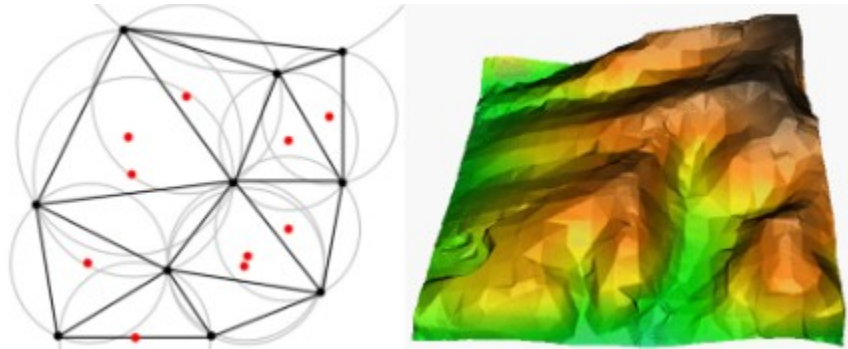


*Рис.3. Результат интерполяции IDW из нерегулярно собранных точек выборки высот (показаны черными крестиками)*



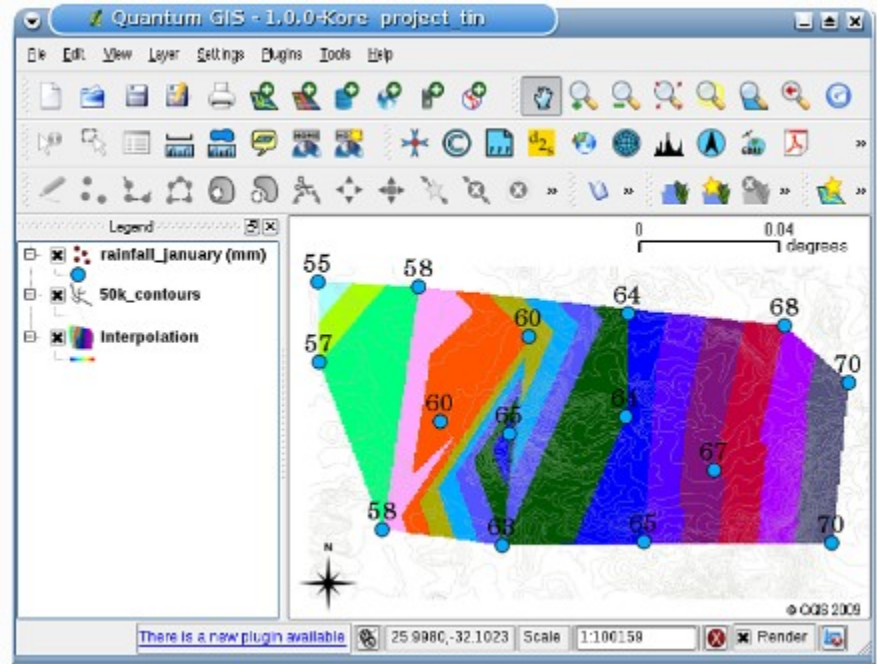
# Триангулированная нерегулярная сеть (TIN)

Интерполяция TIN — еще один популярный инструмент в ГИС. Распространенный алгоритм TIN называется **триангуляцией Делоне**. Он пытается создать поверхность, образованную треугольниками ближайших соседних точек. Для этого создаются описанные окружности вокруг выбранных точек выборки, а их пересечения соединяются в сеть неперекрывающихся и максимально компактных треугольников (см. рис. 4).



*Рис.4. Триангуляция Делоне с описанными окружностями вокруг данных красного образца. Результирующая интерполированная поверхность TIN, созданная из точек вектора высоты, показана справа. Источник изображения: Mitas, L., Mitasova, H. (1999)*

Основным недостатком интерполяции TIN является то, что поверхности не гладкие и могут иметь зубчатый вид. Это вызвано прерывистыми уклонами на краях треугольников и точках выборки данных. Кроме того, триангуляция, как правило, не подходит для экстраполяции за пределы области с собранными точками выборки данных (см. рис. 5):



*Рис.5. Результат интерполяции TIN Делоне по нерегулярно собранным точкам проб осадков (синие круги)*

# Распространенные проблемы и вещи, на которые следует обратить внимание

Важно помнить, что не существует единого метода интерполяции, который можно было бы применить ко всем ситуациям. Некоторые из них точнее и полезнее других, но требуют больше времени для расчета. Все они имеют свои преимущества и недостатки. На практике выбор конкретного метода интерполяции должен зависеть от данных выборки, типа создаваемых поверхностей и допустимых ошибок оценки. Обычно рекомендуется трехэтапная процедура:

1. Оцените данные выборки. Сделайте это, чтобы получить представление о том, как данные распределены в области, поскольку это может дать подсказки о том, какой метод интерполяции использовать.

2. Примените метод интерполяции, который наиболее подходит как для выборочных данных, так и для целей исследования. Если вы сомневаетесь, попробуйте несколько методов, если они доступны.

3. Сравните результаты и найдите лучший результат и наиболее подходящий метод. Поначалу это может показаться трудоемким процессом. Однако по мере накопления опыта и знаний о различных методах интерполяции время, необходимое для создания наиболее подходящей поверхности, значительно сократится.

Кроме рассмотренных методов интерполяции IDW и TIN, в ГИС предусмотрены еще и такие методы пространственной интерполяции, как регуляризованные сплайны с натяжением (RST), кригинг или интерполяция поверхности тренда.