

Лекция 5. Использование Grid и TIN для анализа и моделирования пространственных объектов, процессов и явлений

Известно, что топографическая поверхность в общем случае может быть представлена как в аналоговой форме, так и в цифровой. В первом случае имеют в виду изображение поверхности горизонталями или отмысками, а во втором – в виде каталога координат определенным образом упорядоченных точек, описания связей между ними и алгоритма определения высот точек в зависимости от их местоположения. С учетом этого можно дать следующее определение цифровой модели рельефа (поверхности):

Цифровая модель рельефа (ЦМР) представляет собой математическое описание земной поверхности с помощью совокупности расположенных на ней точек, связей между ними, а также метода определения высот произвольных точек, принадлежащих области моделирования, по их плановым координатам.

Применяемые в настоящее время способы построения цифровой модели рельефа, в зависимости от принятой схемы размещения точек и типа математической модели, можно условно разделить на две группы.

Первая группа объединяет способы, основанные на нелинейной интерполяции высот с использованием полиномов, сплайнов, корреляционных функций и т. п., различающиеся видом используемой функции, способом отбора исходных пунктов и пр.

Параметры применяемой математической модели вычисляют по исходным точкам, а затем используют для интерполяции высот произвольных точек области моделирования по их плановым координатам.

Полиномиальные способы предполагают представление моделируемой поверхности в виде полинома второй или третьей степени вида

$$A_i = Z_i = a_0 + a_1 X_i + a_2 Y_i + a_3 X_i Y_i + a_4 X_i^2 + a_5 Y_i^2 + \dots \quad (5.1)$$

Для отыскания неизвестных коэффициентов полинома для каждой опорной точки составляют уравнение поправок, в котором в качестве неизвестных приняты коэффициенты полинома $a_0 \dots a_5$. Коэффициенты при неизвестных определяют как функции координат в соответствии с уравнением (5.1), а свободные члены находят как разности между отметками опорных точек и их вычисленными значениями при начальных значениях неизвестных. Полученную систему решают последовательными приближениями, в каждом из которых неизвестные находят методом наименьших квадратов, под условием $[pv^2] = \min$. Найденные таким образом коэффициенты $a_0 \dots a_5$ используют для интерполяции высот произвольных точек области моделирования в соответствии с уравнением (5.1).

Кусочно-полиномиальные способы предполагают деление области моделирования на участки, подбор для каждого участка своего локального полинома вида (5.1) и последующую связь локальных полиномов с помощью переходных уравнений. Во всех случаях возникают переопределенные системы, решение которых выполняют методом наименьших квадратов, под условием минимума суммы квадратов расхождений высот точек реальной и аппроксимирующей поверхностей.

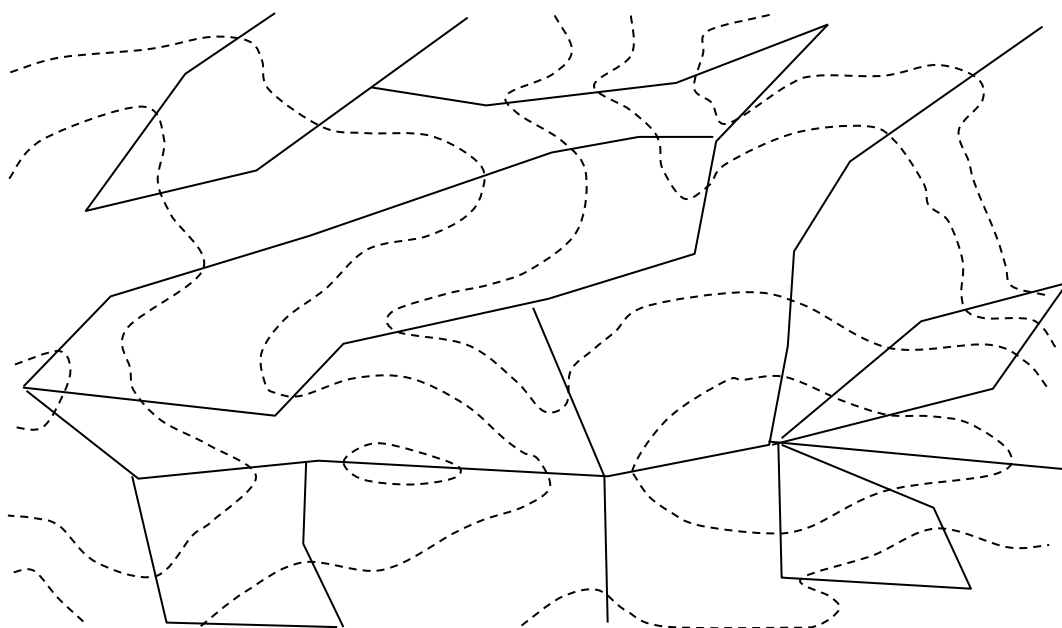


Рис. 5.1. Структурная модель рельефа

Сходные по характеру решения используют способы, основанные на применении *рядов Фурье* (разложения по сферическим гармоникам), различного рода *сплайнов* (кубические, бикубические, на многообразиях и др.) и т.п.

Вторая группа объединяет способы, основанные на построении геометрически упорядоченной (регулярной или нерегулярной) модели, элементами которой являются либо определенным образом упорядоченные линии, либо поверхности многогранников (треугольников, четырехугольников или иных фигур). Во втором случае поверхность задается точками в вершинах геометрически правильных фигур (треугольников, квадратов и др.) исходя из предположения, что ограничиваемая ими поверхность имеет одинаковый и однообразный уклон.

В зависимости от схемы расположения исходных точек и характером связей между ними выделяют следующие типы ЦМР:

1. Структурная модель местности представляется отметками точек, размещенных в характерных точках рельефа – на линиях водоразделов, тальвегов, в точках локального экстремума. Такая модель наиболее точно отражает поверхность минимальным числом точек, однако ее использование затруднено. Такая модель называется структурно-цифровой моделью или структурно-лингвистической моделью.

2. Нерегулярная ЦМР. Известна как *модель TIN* (Triangulated Irregular Network) или модель на нерегулярной сетке.

В своем пространственном выражении это сеть треугольников-элементов триангуляции Делоне. Сеть треугольников с высотными отметками в узлах позволяют представить моделируемую поверхность как многогранную.

Теоретические основы и алгоритмы решения задачи построения триангуляции Делоне связаны с задачей построения полигонов Тиссена (диаграмм Вороного).

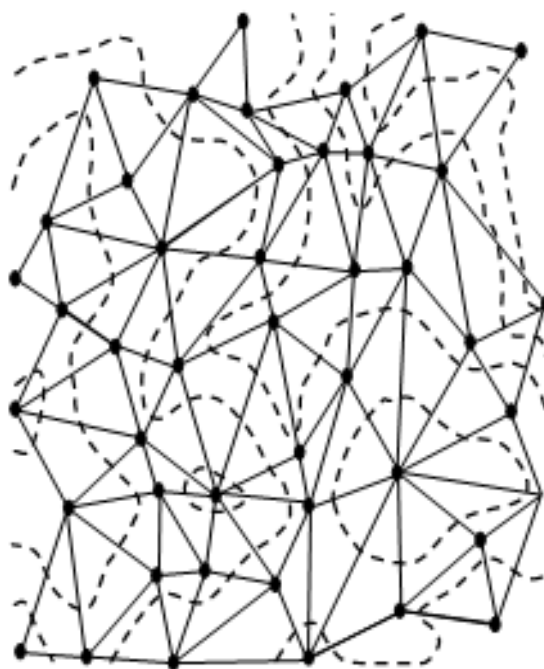


Рис. 5.2. Модель TIN

Использование модели TIN для получения высот новых точек не вполне удобно, поскольку для этого необходимо не только определить принадлежность точки конкретному треугольнику, но и, что особенно важно, выполнить линейную интерполяцию высот по отметкам его вершин. Недостатком данной модели также является «эффект террас» – появление плоских участков в заведомо невозможных местах (морфологических артефакт). Для устранения этого недостатка модель TIN расширяют путем ее структурирования, т.е. введение в нее сети тальвегов водоразделов и линий разрывов.

3. Модель на регулярной сетке. Более удобна для практического использования. Модель на регулярной сетке (обычно квадратной) представляет собой сеть высотных отметок в ее узлах, расстояние между которыми (шаг) определяет ее пространственное разрешение. Такая модель известна как модель **DEM** (Digital Elevation Model), или матрица высот **GRID**.

Регулярная модель к представлению рельефа называется «*гридом*».

