

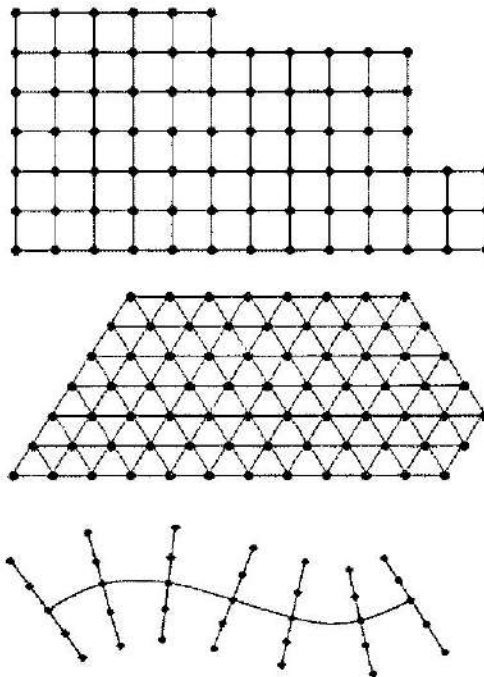
### 3 Создание цифровой модели местности и рельефа

ЦММ создаются с помощью таких современных программных комплексов как «AutoCad Land Development Desktop», «Autodesk Civil 3D», «Autodesk Map 3D» «MapInfo», «Pythagoras», «Credo», «GeoniCS» и др. Цифровая модель местности, записанная на машинном носителе в определенных структурах и кодах, представляет собой электронную карту. При решении инженерно-геодезических задач на ЭВМ применяют математическую интерпретацию цифровых моделей, ее называют математической моделью местности (МММ). Автоматизированное проектирование на основе ЦММ и МММ сокращает затраты труда и времени в десятки раз по сравнению с использованием для этих целей бумажных топографических карт и планов.

Цифровая модель местности должна быть построена так, чтобы из нее могли быть в принятых для топографических планов условных знаках выделены независимые модели:

- рельефа местности;
- коммуникаций;
- зданий и сооружений;
- гидрографии;
- почвенно-растительного покрова.

Исходными данными для создания цифровых моделей местности являются результаты топографической съемки, данные о геологии и гидрографии местности. По способу размещения исходной информации и правил ее обработки на ЭВМ цифровые модели местности делятся на регулярные, нерегулярные, структурные.



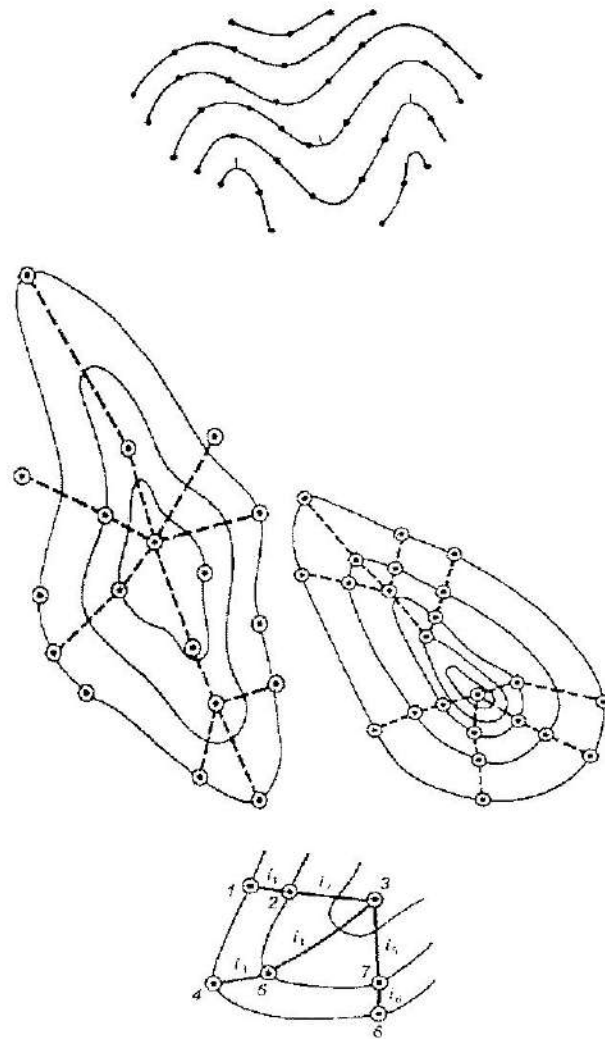


Рисунок 3. Схемы цифровых моделей местности

Цифровая модель местности, в которой опорные точки с известными координатами располагаются в узлах геометрических сеток различной формы, например, в виде сети квадратов или равносторонних треугольников (рис. 34, а), называется регулярной. Используют также регулярные ЦММ на поперечниках к магистральному ходу. Если на участок местности имеются крупномасштабные карты и планы, то создают ЦММ в виде массива точек, расположенных через определенные интервалы на горизонталях, путем перемещения визира дигитайзера по горизонтали. В регулярных ЦММ геоморфология местности не учитывается, поэтому их предпочтительно использовать для равнинной местности. Цифровая модель местности, в которой точки располагаются произвольно в пределах однородных по рельефу, геологии, гидрологии участков местности без какой-либо определенной системы, но с заданной плотностью и густотой называется нерегулярной.

Цифровая модель местности, в которой опорные точки с известными координатами располагаются в узлах геометрических сеток различной формы, например, в виде сети квадратов или равносторонних треугольников

называется регулярной. Используют также регулярные ЦММ на поперечниках к магистральному ходу. Если на участок местности имеются крупномасштабные карты и планы, то создают ЦММ в виде массива точек, расположенных через определенные интервалы на горизонталях, путем перемещения визира дигитайзера по горизонтали. В регулярных ЦММ геоморфология местности не учитывается, поэтому их предпочтительно использовать для равнинной местности. Цифровая модель местности, в которой точки располагаются произвольно в пределах однородных по рельефу, геологии, гидрологии участков местности без какой-либо определенной системы, но с заданной плотностью и называется нерегулярной.

Цифровая модель местности, которая состоит из точек с известными координатами, расставленных в вершинах переломов структурных (орографических) линий рельефа называется структурной.

Структурные ЦММ используют в основном для пересеченной местности.

Точки структурных цифровых моделей рельефа могут располагаться:

- на основных перегибах всех структурных линий;
- в местах изменения кривизны склонов;
- вдоль скатов по линиям наибольшей крутизны в местах характерных переломов с указанием крутизны и направлений линий.

Необходимым условием получения модели местности является проведение полного комплекса топографических работ, а также камеральных работ по классификации и разряжению точек.

Использование материалов космо- и аэросъемки на сегодняшний день, является наиболее целесообразным и экономически выгодным решением для создания цифровых моделей местности и рельефа, а также для обновления существующих топографических карт.

Использование новейших типов съемочных систем, переход к компьютерным технологиям и информационным системам позволяют получать и хранить полученную информацию о местности в виде цифровых моделей. При необходимости цифровые модели могут быть представлены в визуализированном виде (на экране монитора или в графическом виде на бумаге). Графические планы и карты стали вторичны по отношению к цифровым моделям местности. Цифровая модель местности (ЦММ) состоит из массива чисел, каждые из которых являются координаты (X, Y, Z) точки местности и зашифрованная цифровым кодом какая-либо семантическая информация об этой точке местности.

Цифровая модель местности содержит информацию о рельефе и о ситуации. При разделении этой информации получают цифровую модель рельефа (ЦМР) и цифровую модель ситуации (ЦМС). Под цифровой моделью рельефа понимают совокупность пространственных координат (X, Y, Z) точек земной поверхности, цифровая модель ситуации содержит информацию о плановых координатах (X, Y) точек, лежащих на границах различных

объектов. Границы, каких объектов описывает ЦМС, определяет тематика модели ситуации. Это могут быть границы топографических элементов, сельскохозяйственных угодий, почвенных разностей, лесотаксационных единиц и т. п.

Цифровые модели местности являются базой для создания широкого спектра картографической продукции, используемой землеустроительными и кадастровыми службами. Это цифровые (электронные) карты, фотопланы, контурные фотопланы, топографические фотопланы, ортофотопланы, фотокарты и топографические планы. Цифровая (электронная) карта (ЦК) является объединением цифровой модели рельефа и нескольких цифровых моделей ситуации. Каждая цифровая модель ситуации представляет собой так называемый слой ЦК. Все слои ЦК накладываются на ЦМР. Как правило, в цифровых картах используют географические координаты, поэтому цифровые карты не имеют масштаба. При визуализации цифровая карта может представляться в любом масштабе, но не крупнее того, точность которого соответствует точности исходных данных для создания ЦК. Цифровые карты содержат значительно больший объем информации, нежели традиционные графические карты, благодаря послойному ее хранению. Кроме того, они физически не устаревают, не ветшают.

Информацию о местности на современном уровне поддерживают ведением непрерывного мониторинга и картографического дежурства. Цифровая модель рельефа представляет собой плавную поверхность, проходящую через точки с известными высотами, описываемую некоторой функцией  $F$ , определяющей зависимость отметки точки местности от ее плановых координат:  $Z = F(X, Y)$ . Вид функции в каждом конкретном случае определяют эмпирически. Отметки пикетов, используемых для построения ЦМР, могут быть получены в результате полевых геодезических измерений, по топографическим картам, путем стереофотограмметрической обработки снимков.

Цифровая модель рельефа позволяет получить отметку любой точки местности с определенной точностью, что необходимо при цифровой фотограмметрической обработке одиночных снимков. В зависимости от инженерного назначения математической модели одной и той же ЦММ может быть использовано несколько различных ЦДММ. ЦДММ можно разбить на три большие группы: регулярные, нерегулярные и статистические. Регулярные ЦДММ создают путем размещения точек в узлах геометрических сеток различной формы (треугольных, прямоугольных, шестиугольных), накладываемых на аппроксимируемую поверхность с заданным шагом. Массив исходных данных для регулярных ЦДММ может быть представлен в следующем виде:

$$F, t, n, x_0, y_0, H_{11}, \dots, H_{im}, \dots, H_{mn}; \quad (1)$$

где  $F$  – шаг сетки;  $t$  – число точек по горизонтали;  $n$  – число строк по вертикали;  $H_{11}, \dots, H_{1m}, \dots, H_{np}$  — высоты точек в узлах сетки.

Точность и плотность узлов ЦМР должна обеспечивать определение высот элементарных участков цифрового трансформированного снимка с погрешностями (в м) не более:

$$\Delta h_{\text{пред}} = 0,3 \cdot f \cdot M_k / r \quad (2)$$

где 0,3 мм - графическая точность топографической карты (плана);  $f$  - фокусное расстояние съёмочной камеры (в мм);  $M_k$  - знаменатель масштаба создаваемого фотоплана;  $r$  - максимальное удаление точки снимка от точки надира (в мм).

Статистические ЦММ предполагают в своей основе нелинейную интерполяцию высот поверхностями второго, третьего и т. д. порядков. При создании массива исходных данных статистической ЦММ точки для ее формирования выбирают в зависимости от случайного распределения. Статистические модели являются во многом универсальными. Сфера их применения весьма широка и не ограничивается какими-либо категориями рельефа местности, наличием того или иного исходного материала здания ЦММ и наличием тех или иных приборов. На основе отредактированной ЦМР и пикетов выполняется автоматическое построение горизонталей и контроль правильности их положения. В автоматизированном режиме сначала автоматически строится цифровая модель рельефа (ЦМР) для узлов регулярной сетки и пикетов (характерных точек местности). Затем высоты узлов ЦМР, которые не «лежат» на поверхности фотограмметрической модели (крыши зданий, кроны деревьев и т. п.). На основе отредактированной ЦМР и пикетов выполняется автоматическое построение горизонталей и контроль правильности их положения.

Общая ЦММ - это многослойная модель, которая в зависимости от назначения может быть представлена сочетанием частных цифровых моделей (слоев): рельефа, ситуационных особенностей, почвенно-грунтовых, гидрогеологических, инженерно- геологических, гидрометеорологических условий, технико-экономических показателей и других характеристик местности (рисунок 1). В основе программ фотограмметрической обработки представлена иерархически- древовидная структура слоев, предназначенная для структуризации создаваемых объектов по каким-либо признакам.

Для эффективной работы в системе необходимо четко представлять, в каких именно слоях будут сохранены те или иные элементы объекта. Структура и насыщенность слоев элементами настраивается самим пользователем. Система позволяет создавать несколько независимых друг от друга или взаимосвязанных элементов ЦММ и геометрии, например, варианты горизонтальной и вертикальной планировки, топографическую поверхность, планы коммуникаций разных видов, план земельного кадастра и т.п. При этом элементы геометрии и ЦММ могут располагаться в одном и в разных слоях.

Отображение ЦМР - сеть, профили, точки, контуры. Редактирование отдельных точек, водоемов, сглаживание, геоморфное редактирование, исправление высоты за счет внесения высоты деревьев, исключение строений и обрывов и множество других функций может выполняться в различных режимах: стерео-, моно- или на разделенном экране.

Создание ЦМР - это есть создание сети треугольников любого размера. При автоматической генерации рельефа полностью автоматизируется процесс создания ЦМР по стереоизображению. Определяются области и размеры регулярной сетки, расстояния между узлами регулярной сетки, стратегии, основанные на крутизне строения рельефа. Линии разрыва могут быть введены перед или после автоматического генерирования рельефа. Слияние кодированных данных и ЦМР объединяет ранее собранные данные с любыми кодами в данные сетей ЦМР, расширяет данные ЦМР и эффективное сжатие сильно насыщенных ЦМР, наложение кодированных данных: точек, векторов и полигонов на сетки ЦМР. Для генерирования нерегулярных сетей треугольников ЦМР выводится массив точек или случайных данных.