

Цифровая модель рельефа

Моделирование рельефа местности

При автоматизированном проектировании дорог основным источником информации о местности служит ее цифровая модель. Использование цифровых моделей значительно сокращает затраты времени и труда по сравнению с традиционной технологией получения отметок с топографических планов.

Выбор положения трассы автомобильной дороги зависит от рельефа, геологических и гидрологических условий местности. При вариантном проектировании сравниваются объемы работ, трудозатраты, факторы безопасности и комфортности движения. Для этого необходима полная информация о местности в широкой полосе варьирования возможного положения трассы, что может быть достигнуто применением цифровых моделей.

Классификация моделей рельефа и местности

Цифровая модель местности состоит из цифровой модели рельефа и цифровой модели ситуации.

Под термином цифровая модель рельефа (ЦМР) понимают математическое представление участка земной поверхности, полученное путем обработки материалов топографической съемки. ЦМР состоит из двух категорий данных: геометрической и семантической.

Геометрические данные содержат информацию о пространственном положении моделируемой поверхности и, как правило, могут быть представлены в виде функции двух переменных $z = F(x, y)$, где z - отметка точки; x и y - северная и восточная координаты.

Семантические данные характеризуют принадлежность точек поверхности к различным типам топографических объектов (поле, луг, дорога, река и т.д.). Эти данные имеют вид специальных семантических кодов, приписываемых дискретным элементам цифровой модели.

Исходными данными для построения ЦМР являются съемочные точки. Каждая точка должна быть задана, как минимум, пятью параметрами:

- номером точки;
- северной координатой x ;
- восточной координатой y ;
- отметкой z ;
- семантическим кодом.

Точки могут быть получены как непосредственно от изыскателей, так и при помощи оцифровки сканированных карт. Чем больше точек на единицу площади, тем лучше цифровая модель описывает реальную поверхность.

Известные цифровые модели рельефа, широко используемые на практике, подразделяются на три группы: регулярные, структурные и нерегулярные.

В регулярных моделях точки с известными пространственными координатами располагаются в вершинах сетки либо квадратов, либо прямоугольников, либо равносторонних треугольников. Существуют также цифровые модели в виде системы поперечных профилей, проведенных через определенные расстояния вдоль заданной линии (например, оси трассы). По регулярным моделям высотное положение в любой точке местности, как правило, определяется линейной интерполяцией высот внутри заданного квадрата, прямоугольника или треугольника. Основными недостатками таких моделей являются неэффективное расположение точек, так как не на всех участках требуется одинаковая плотность сетки, и повышенные трудозатраты при разбивке узловых точек на местности. Регулярные модели находят применение в тех случаях, когда требуется повышенная точность съемки, например, при проектировании аэродромов.

В структурных цифровых моделях точки с известными пространственными координатами располагаются на структурных линиях рельефа, местах изменения углов наклона склонов, на характерных линиях дороги, урезах рек. Изменение отметок вдоль структурной линии описывается полиномиальной зависимостью. По сравнению с регулярной структурная цифровая модель требует меньшую плотность исходных точек и при линейной интерполяции является весьма эффективной для описания поверхности городских дорог.

В нерегулярных цифровых моделях точки могут располагаться без какой-либо системы, но с заданной плотностью. Эти модели являются самыми универсальными и получили в настоящее время наиболее широкое распространение.

В современных программных продуктах цифровые модели рельефа создаются на основе съемочных точек и структурных линий, описывающих изломы естественного (овраги, урезы рек) или искусственного происхождения. При этом образуется сеть, состоящая из треугольников, вершинами которых являются съемочные точки. Это позволяет вычислять высотные отметки точек с известными координатами в плане, строить разрезы поверхности земли по заданной линии, отображать рельеф при помощи горизонталей.

Построение сети должно удовлетворять двум условиям:

- внутри окружности, описанной вокруг любого из треугольников не должно содержаться съемочных точек;
- ребра треугольников не должны пересекать структурных линий.

Процесс разбиения поверхности на треугольники называется триангуляцией. В современных программных продуктах для выполнения триангуляции используют алгоритм, предложенный российским ученым Б.Н. Делоне. Сущность алгоритма триангуляции заключается в следующем.

В произвольное место горизонтальной проекции поверхности помещают окружность малого радиуса таким образом, чтобы ни одна съемочная точка не попала внутрь окружности. Затем увеличивают радиус окружности, не передвигая ее центра до тех пор, пока она не наткнется на некоторые съемочные точки. Далее, сохраняя то условие, чтобы точки лежали на границе окружности, увеличивают ее радиус и одновременно отодвигают ее центр. Этот процесс продолжают до тех пор, пока окружность не коснется, как минимум, трех точек. Дальнейшее увеличение радиуса становится невозможным, а найденные три точки образуют первый треугольник. Взяв две точки полученного треугольника, строят новую окружность на образовавшемся ребре и увеличивают ее радиус одновременно с перемещением центра в сторону, противоположную третьей вершине треугольника, до тех пор, пока окружность не коснется следующей точки. Таким путем образуется еще один треугольник. Процесс повторяют до тех пор, пока все точки поверхности не будут охвачены треугольной сетью.

Поверхности внутри каждого треугольника, вершинами которого являются точки с известными координатами x , y , z представляет собой плоскость. Высотная отметка z любой точки с координатами x , y в плане, находящейся внутри треугольника определяется по формуле:

$$z = Ax + By + C,$$

где A , B , C - коэффициенты уравнения плоскости, построенной по трем точкам, образующих треугольник.

Что касается цифровой модели ситуации (ЦМС), то, как правило, она представляет собой векторный чертеж, состоящий из площадных, линейных и точечных объектов. Каждый объект имеет семантическую информацию, которая отображается в виде условных знаков и пояснительных надписей.

Источники данных для построения ЦМР

И хотя сегодня принцип нивелирования остался неизменным, геодезические работы больше не останавливаются просто на определении отметок точек. Сегодняшние требования к геодезическим инструментам определяют нивелир как комплексную эргономичную измерительную систему, которая не только является полностью автоматизированной системой для сбора и обработки данных в цифровом виде, но и обеспечивает исключительную эффективность выполнения работ при использовании самых современных технологий.

Общество с ограниченной ответственностью
«Научно-производственная фирма «Топоматик»
196066, Санкт-Петербург, Московский пр., 212
(Бизнес-центр «Московский»), оф. 5042
Тел.: +7 (812) 333-32-89
<http://www.topomatic.ru>
e-mail: info@topomatic.ru