

ПАКЕТ ПРОГРАММ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ МЕСТНОСТИ

М.М. Валюшко, И.Н. Осипов

*Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент В.А. Пумпур
(Могилевский машиностроительный институт)*

Конечным результатом топогеодезических и инженерно-геологических изысканий при проектировании автомобильных дорог на автоматизированном уровне является получение цифровой модели рельефа и геологического строения местности по ширине полосы варьирования трассы.

Математическая модель рельефа местности строится на основе цифровой модели местности. Под цифровой моделью местности (ЦММ) понимается упорядоченный список исходных данных (цифр), предназначенный для математического моделирования этой местности. В состав ЦММ входит информация обо всех элементах местности: рельефе, ситуации и топографических объектах [1].

Математическая модель местности (МММ) – это набор математических формул, адекватно описывающих топографическую поверхность по заданной цифровой модели.

Одним из этапов разработки систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог является создание математической модели топографической поверхности местности с целью ее дальнейшего использования при автоматизированном построении плана трассы и линии продольного профиля.

Цель проводимой научно-исследовательской работы – разработка пакета прикладных программ (ППП), позволяющего осуществить построение математической модели топографической поверхности местности на основе нерегулярной ЦММ.

В нерегулярных цифровых моделях на горизонталях узловые точки с известными пространственными координатами располагаются на горизонталях, то есть имеют равные отметки в границах одной горизонтали. Расстояние между точками произвольное в пределах 8 ... 30 м в зависимости от рельефа.

Массив исходных данных для ЦММ может быть записан в следующем виде:

$$\begin{aligned} & Z_1, X_{11}, Y_{11}, X_{12}, Y_{12}, \dots, X_{1j}, Y_{1j}; \\ & Z_2, X_{21}, Y_{21}, X_{22}, Y_{22}, \dots, X_{2k}, Y_{2k}; \\ & \dots \\ & Z_i, X_{i1}, Y_{i1}, X_{i2}, Y_{i2}, \dots, X_{il}, Y_{il}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $Z_1, Z_2, \dots, Z_i$ — отметки соответствующих горизонталей, м;
 $X_{1i}, Y_{1i}, \dots, X_{2i}, Y_{2i}, \dots, X_{ii}, Y_{ii}$ — плановые координаты точек горизонталей, м.

Наиболее важным свойством математических моделей, описывающих топографическую поверхность местности, является точность определения высотных положений точек, находящихся между узловыми, т.е. точность полиномиальной аппроксимации поверхности.

Одним из неитерационных методов сглаживания является кусочно-полиномиальная аппроксимация, при использовании которой соблюдается следующая последовательность моделирования [2]:

- 1) область моделирования делится на участки, для каждого из которых строится свой локальный полином;
- 2) отдельные полиномиальные поверхности «склеиваются», в результате чего получается искомая поверхность аппроксимации.

Одним из методов локальной аппроксимации является метод с осреднением вычисленного значения функции по нескольким кругам. В этом случае исследуемая область покрывается кругами, центры которых расположены в экспериментальных точках с координатами X_k, Y_k так, чтобы каждый круг содержал в качестве внутренних ровно m экспериментальных точек, то есть

$$R_i = \max(R_k) + e, \quad (2)$$

где R_k — радиус круга вокруг k -й экспериментальной точки, причем $1 \leq k \leq m$; e — малая величина, которая вводится для того, чтобы все k ближайших точек были внутренними для круга радиусом R_i .

Последовательность расчета состоит в следующем: сначала выполняется аппроксимация в пределах каждого круга, находятся коэффициенты многочлена, затем в каждом круге определяются значения функции Z_i в точке (X_i, Y_i) по формуле

$$Z(X_i, Y_i) = \sum_1^m Z_k [(s_k - s_{ik}) / R_k] / [(s_k - s_{ik}) R_k], \quad (3)$$

где $s_{ik} = [(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2]^{p,5}$.

Степень сглаживания экспериментальной функции может регулироваться как числом точек m , так и степенью многочлена n .

Разработанный пакет прикладных программ математического моделирования топографической поверхности местности позволяет решить следующие задачи:

– определение отметок произвольных точек, заданных пространственными координатами, на основе обработки цифровой модели местности;

– построение гладкой аппроксимации рельефа местности;

– вывод изображения рельефа местности по трассе запроектированной автомобильной дороги;

– расчет объемов земляных работ и их анализ для множества вариантов трассы автомобильной дороги.

Исходная информация для решения третьей задачи – это координаты контрольных точек, прохождение трассы через которые является обязательным. В результате получаем продольный разрез рельефа местности по любому из вариантов трассы автомобильной дороги с нанесенными отметками.

Для определения объемов земляных работ при возведении земляного полотна автомобильной дороги необходимо дополнительно ввести проектные отметки линии продольного профиля автомобильной дороги по пикетам, категорию дороги, виду грунта и т.д. Расчет объемов земляных работ на устройство земляного полотна осуществляется по методике [3]. Результаты расчета выводятся в табличном виде на экран и в файл. На основе их анализа можно сделать вывод о предпочтительности того или иного варианта трассы автомобильной дороги по критерию стоимости объемов земляных работ на устройство земляного полотна.

ППП адаптирован к условиям учебного процесса, т.е. разработан удобный и эффективный для обучения диалог пользователя с ПЭВМ. В настоящее время он используется в учебном процессе на кафедре «Автомобильные дороги» Могилевского машиностроительного института.

Список литературы

1. Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1986. – 317 с.

2. Кулижников А.М., Юфряков А.В. Моделирование рельефа, элементов геологии и гидрогеологии местности//Арх. гос. техн. ун-т. – Архангельск, 1997. – 125 с.

3. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Ч. 1: Учебник для вузов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 368с.