SCIENCE AND INNOVATION
INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL VOLUME 1 ISSUE 8
UIF-2022: 8.2 | ISSN: 2181-3337

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО УКЛОНА ЛОКАЛЬНОГО УЧАСТКА РЕЛЬЕФА

Джуманов Ж.Х.
д.т.н., проф., Ташкентский университет информационных технологий
Хаитов Б.У.
к.т.н., Бухарский инженерно-технологический институт

https://doi.org/10.5281/zenodo.7429246

Аннотация. *В статье предлагается методика определения плоскости среднего уклона определенного участка рельефа, называемой плоскостью квартала или локальным участком рельефа на основе которой определяются геометрические характеристики рельефа такие как направление ската, угол наклона.*

Ключевые слова: *линия среднего уклона, матрица исходных данных, квартал поверхности, плоскость квартала.*

DETERMINATION OF THE AVERAGE SLOPE OF A LOCAL RELIEF SECTION

Abstract. *The article proposes a method for determining the plane of the average slope of a certain section of the relief, called the plane of the quarter or a local section of the relief, on the basis of which the geometric characteristics of the relief are determined, such as the direction of the slope, the angle of inclination.*

Keywords: *line of average slope, input data matrix, surface of quarter, plane of quarter.*

ВВЕДЕНИЕ

Одним из актуальных вопросов является оптимальное проектирование инженерных задач на основе источников геоинформационных данных о поверхности рельефа – сведений о локальной и региональной сложности, средних и общих уклонах поверхности рельефа для эффективного использования земельных ресурсов. В практике инженерного проектирования большую значимость имеют цифровые модели рельефа способные геометрически анализировать рельеф земной поверхности как по выбранным участкам, так и всей территории в целом. Данный анализ востребован в задачах: водоотведение территорий; планировка с учетом естественного рельефа; определение лавиноопасных, селевых и оползневых зон; проведения инженерно-коммуникационных сетей – линий электропередач, авто- и железных дорог; оперативной дислокации сил и средств военной техники по неблагоустроенным территориям (бездорожье); ландшафтного дизайна объектов архитектурного благоустройства и т.д.

В развитых странах мира, в том числе в США, Канаде, Дании, Швеции, Германии, Франции, Китае и России для различных инженерно-проектных задач приобретает важность эффективного использования информационной емкости цифровых моделей рельефа, создание новых теоретических и программных обеспечений, а также улучшение существующих.

Обзор литературы показывает, что при геометрическом моделировании рельефа местности для инженерно-проектных задач, помимо адекватности модели к оригиналу, можно добиться возможностей интеллектуального и визуального анализа геоинформационных данных модели. Решение таких задач требует совершенствования теоретических знаний в области сбора, хранения и обработки геоинформационных данных, разработки новых алгоритмов на основе усовершенствования методов геометрического моделирования рельефа. С этой точки зрения актуальное значение приобретает определение и визуализация количественных данных о степени сложности, углов наклона поверхности рельефа, как на локальном, так и на региональном уровне. Таким образом, обеспечивается выбор оптимальных, научно обоснованных и конструктивных вариантов проектного решения.

В настоящее время в Республике Узбекистан ведутся комплексные строительные работы населенных и промышленных зон, ведется системная работа по улучшению мелиоративного состояния сельскохозяйственных земель. По всей республике реконструируются существующие и проектируются новые магистральные – автомобильные и железные дороги. Поиск оптимальных проектных решений этих процессов, учитывающие экономически эффективные и на долгосрочную перспективу требует системного и научного подхода к проблеме.

В трудах [1] были установлены, что для геометрического анализа нерегулярных – топографических поверхностей (ТП) целесообразно изучение участков рельефа в виде регулярных поверхностей. В частности, степень сложности всей территории ТП есть сумма коэффициентов сложности отдельно взятых ее участков называемыми «кварталами поверхности» [2], рельефа.

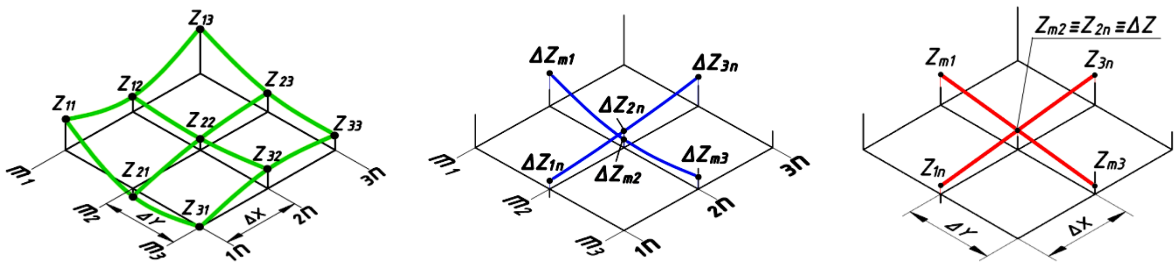
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Известны также несколько подходов к определению морфометрических характеристик локального участка рельефа на основе матриц исходных данных размерностью 2×2 [3], 3×3 [4], 5×5 [5].

Если задана некоторая матрица размером m×n высотных значений рельефа на базе регулярной сети исходных данных:

$$\left(Z_{ik}\right) \equiv \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1n-1} & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2n-1} & Z_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{m-11} & Z_{m-12} & \dots & Z_{m-1n-1} & Z_{m-1n} \\ Z_{m1} & Z_{m2} & \dots & Z_{mn-1} & Z_{mn} \end{pmatrix}$$

где каждая строка – m или столбец – n матрицы есть одна плоская кривая – продольное или поперечное сечение рельефа, тогда матрицу с размером 3×3 назовем кварталом поверхности (рис. 1-а).



a) **b)** **c)**

Рис. 1. Определение плоскости среднего уклона квартала

Плоскость, проведенную по средним значениям строк и столбцов матрицы размером 3×3, назовем плоскостью квартала.

Известно, что линейная аппроксимация плоской кривой даёт первое приближение функции. В инженерной практике линейную аппроксимацию применяют для определения среднего уклона плоской кривой.

Аппроксимация плоской кривой в линейную функцию имеет вид:

$$z = f(k) = ak + b \tag{1}$$

В данной функции *k* – есть показатель итераций, *a* и *b* – переменные.

Для квартала поверхности *k = 1, 2, 3*.

Коэффициенты функции (1) *a* и *b* в общем виде определяются системой:

$$\begin{cases} a\sum_{i=1}^{n} k_i^2 + b\sum_{i=1}^{n} k_i = \sum_{i=1}^{n} k_i z_i \\ a\sum_{i=1}^{n} k_i + bn = \sum_{i=1}^{n} z_i \end{cases} \tag{2}$$

Определяя средние уклоны по строкам и столбцам квадратной матрицы можно вывести общий уклон квартала поверхности в целом.

Среднее значение элементов одной строки или столбца будет:

$$\Delta Z_{m1} = \frac{\sum_{i=1}^{3} z_{1i}}{3} \quad \text{или} \quad \Delta Z_{1n} = \frac{\sum_{i=1}^{3} z_{i1}}{3} \tag{3}$$

Среднее значение каждой строки и столбца квадратной матрицы образует пару новых плоских кривых (рис. 1-b):

$$\Delta Z_{mk} = \begin{pmatrix} \Delta Z_{m1} & \Delta Z_{m2} & \Delta Z_{m3} \end{pmatrix} \quad \text{или} \quad \Delta Z_{kn} = \begin{pmatrix} \Delta Z_{1n} \\ \Delta Z_{2n} \\ \Delta Z_{3n} \end{pmatrix}$$

(4)

Уравнение (2) для матрицы квартала принимает более строгий вид:

$$\begin{cases} 14a + 6b = \sum_{i=1}^{3} k_i z_i \\ 6a + 3b = \sum_{i=1}^{3} z_i \end{cases} \tag{5}$$

Применяя уравнения (5) для (4) определяем два новых уравнения:

$$z = ak + b \qquad z_2 = a_2 k_2 + b_2 \tag{6}$$

Итерационное исчисление (6) определят значения *z* для проведения прямых среднего уклона по средним значениям строк и столбцов.

Для определения уравнения плоскости квартала достаточно иметь координаты трех точек, не принадлежащих одной прямой. Уравнения (6) дают возможность определению координат пяти точек (см. рис. 1-c). Пусть координатами трех точек, не принадлежащих одной прямой, будут:

$Z_{m1}\ (\Delta X,\ 2\Delta Y,\ a+b)$; $Z_{1n}\ (0,\ \Delta Y,\ a_2+b_2)$; $Z_{m2}\ (\Delta X,\ \Delta Y,\ 2a+b)$

Используя метод определителей устанавливаем уравнение первой степени общего вида (уравнение плоскости):

$$Ax + By + Cz + D = 0 \qquad (7)$$

где: $A = \Delta Y(a_2 + b_2 - 2a - b)$; $B = \Delta X \cdot a$; $C = \Delta X \cdot \Delta Y$; $D = \Delta X \Delta Y(-a_2 - b_2 - a)$.

Для определения направления вектора ската плоскости следует определить прямую проведенную через центр плоскости к ее горизонтальному следу. Горизонтальный след плоскости определяется решением задачи на пересечение двух плоскостей:

$$\begin{cases} Ax + By + Cz + D = 0 \\ z = 0 \end{cases} \Rightarrow Ax + By + D = 0 \qquad (8)$$

Определяем расстояние – d от $\Delta Z'$ до горизонтального следа (рис. 2):

$$d = \frac{Ax}{\pm\sqrt{A^2 + B^2}} + \frac{By}{\pm\sqrt{A^2 + B^2}} + \frac{D}{\pm\sqrt{A^2 + B^2}} \qquad (9)$$

где: $x=\Delta X$; $y=\Delta Y$. Знак (+) берется если в уравнении (9) D отрицательный.

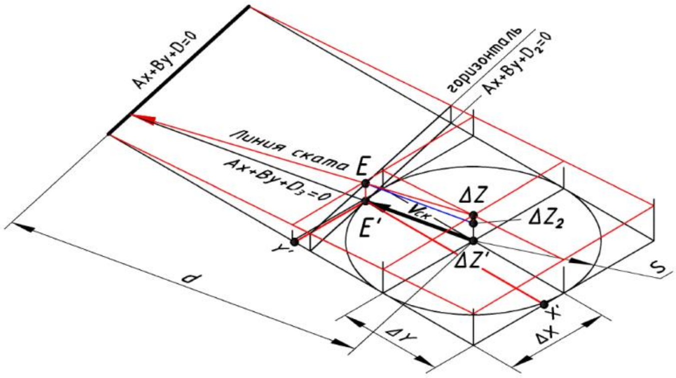


Рис. 2. Визуализация стрелки вектора ската

Если значение d не способствует визуализации проекции вектора ската в пределах границ плоскости квартала следует сместить горизонтальную плоскость на новый уровень ΔZ_2, для чего следует ее определить:

$$\Delta Z_2 = \Delta Z - \frac{S \cdot \Delta Z}{d} \qquad (10)$$

здесь: $S=\Delta X$ или $S=\Delta Y$, наименьшее значение из них. Часто $\Delta X= \Delta Y$.

Подставляя значение $z=\Delta Z_2$ в уравнение (8) определяем горизонталь плоскости квартала (рис. 2):

$$Ax + By + D_2 = 0 \qquad (11)$$

Уравнение перпендикуляра проведенной через $\Delta Z'$ к (11) будет:

$$\pm B(x - \Delta X) + A(y - \Delta Y) = 0 \ \Rightarrow \pm Bx + Ay + D_3 = 0 \qquad (12)$$

здесь: берется знак (–) если в уравнении (11) B положительный.

Взаимное пересечение (11) и (12) определит точку пересечения:

$$\begin{cases} Ax + By + D_2 = 0 \\ \pm Bx + Ay + D_3 = 0 \end{cases} \qquad (13)$$

Корни уравнения (14) $x=X'$, $y=Y'$ дают координаты точки E' – конец стрелки вектора ската которая всегда будет находится на окружности с центром $\Delta Z'$ и радиусом равным S указывая направление уклона плоскости.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Достоверность полученных результатов обосновывается применением теории множеств для обеспечения логической связи определений применяемое в теории топографических поверхностей, обеспечением численных методов математического анализа к методам преобразования начертательной и аналитической геометрии, сравнительным анализом результатов экспериментальных данных с компьютерным моделированием.

Было установлено, что геометрическая модель рельефа является первичным и базовым для других видов моделирований таких как, математическое, цифровое. Следовательно, в разработках других видов моделирование рельефа требуется первоначально иметь представления о геоданных и геометрических моделях рельефах.

Графоаналитические способы определения линий среднего уклона плоской кривой, плоскости квартала и плоскости рельефа способствуют их применению непосредственно в CAD системах. Следовательно, технология проектирования графоаналитическими способами является простым, оперативным и практичным в применении.

REFERENCES

1. Хаитов Б.У. Геометрическое моделирование рельефа поля для задач мелиорации. Дис. … канд. тех. наук. – Т.: ТИИМ, 2012. – 165 с.
2. Хаитов Б.У. Геометрическое и цифровое моделирование степени сложности рельефа. Прикладна геометрія та інженерна графіка: Межвузовский научно-технический сборник. – Киев: 2010. – вып.85. – С. 227-231.
3. Huaxing Lu. Modelling Terrain Complexity. ReseachGate. January 2008. – pp. 159-176.
4. Chou Y.H., Liu P.Sh., Dezzani R.J. Terrain complexity and reduction of topographic data. Journal of Geographical Systems. July 1999. – pp. 179-198.
5. Флоринский И.В. Теория и приложения математико-картографического моделирования рельефа: Автореф. дисс. … док. тех. наук.: 25.00.33. – М. 2010. – 42 с.