

## ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ДЛЯ ЗАДАЧ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕРРИТОРИЙ

Б.У. Хаитов

xb75@mail.ru

Бухарский инженерно-технологический институт,  
Бухара, Республика Узбекистан

---

### Аннотация

Предложен метод определения среднего уклона и коэффициента сложности рельефа по участкам, называемым кварталами, для последующего цифрового моделирования рельефа в задачах инженерного проектирования. Приведена методика определения плоскости квартала, которая позволяет определить средний уклон. Установив положение плоскости квартала, можно найти положение вектора ската. Векторы ската кварталов свидетельствуют об образовании стока поверхностных вод рельефа. Предложен метод оценки коэффициента сложности участка на основе кварталов рельефа. Определение среднего уклона и степени сложности кварталов позволяет их визуализировать в виде картограммы. Цифровая модель рельефа, разделенная на участки в виде кварталов, позволяет выполнять предварительный визуальный анализ местности для различных задач инженерного проектирования, а также для принятия оптимальных решений из множества вариантов

### Ключевые слова

*Поверхность квартала, линия среднего уклона, плоскость квартала, плоскость рельефа, линия ската, вектор ската, сложность рельефа*

Поступила 12.11.2018

© Автор(ы), 2019

**Введение.** В большинстве задач инженерной подготовки территорий требуется анализ рельефа местности для принятия оптимальных решений: в задачах планирования авто- и железнодорожных путей сообщения с учетом требований, предъявляемых к проекту [1]; при проектировании гидротехнических (дренажных и мелиоративных каналов) сооружений [2]; в задачах вертикального планирования мелиоративных земель сельского хозяйства с учетом максимального сохранения плодородного слоя почвы [3]; при проектировании промышленных и гражданских сооружений с учетом естественного водоотведения [4]; в процессе принятия решений по быстрой перемещению сил и средств военного назначения по бездорожью [5];

при определении участков селевых и грязевых оползней в населенных пунктах предгорного массива [6] и т. д.

Разработана программа «Геоанализатор», которая позволяет:

- определять средний уклон поверхности рельефа по участкам;
- определять средний уклон поверхности рельефа в целом;
- визуально представлять образование стока поверхностных вод в виде стрелок линий ската по участкам рельефа и в целом;
- представлять рельеф в виде картограммы уклонов;
- представлять рельеф в виде картограммы расчлененности рельефа.

Нахождение линии среднего уклона [7, 8] дает возможность определить плоскости среднего уклона [9]. Разработка теоретических основ степени сложности рельефа [10, 11] стала предпосылкой определения участка рельефа как квартала [10].

Программа «Геоанализатор» разработана на основе программы «Сложность рельефа» [12]. Ядром программы построения изолиний является программа *Test Tri\_Dll*<sup>1</sup>. Результаты теоретических исследований представлены в работах [9, 13].

**Основные определения.** Программа «Геоанализатор» работает на основе первичных исходных данных измерений высоты рельефа местности, вычисленных в узлах прямоугольной регулярной сетки:

$$A \equiv \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{m1} & Z_{m2} & \dots & Z_{mn} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

**Определение 1.** Девять смежных узлов регулярной 3×3 сетки

$$[A] \equiv \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} \end{bmatrix}$$

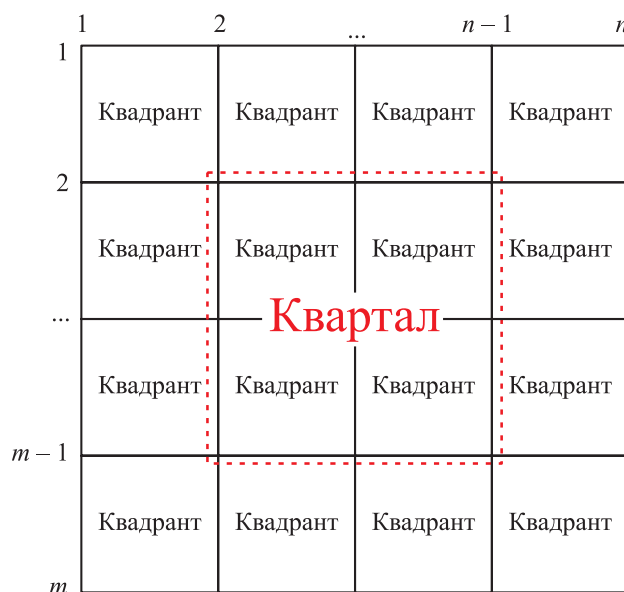
называются кварталом, который состоит из четырех ячеек — квадратов (рис. 1).

К основным геометрическим характеристикам квартала поверхности рельефа относятся:

- пространственное положение плоскости квартала;
- вертикальный угол наклона плоскости квартала относительно горизонтальной плоскости;
- линия ската и положение вектора ската.

<sup>1</sup> Лист загрузки ПО триангуляции: [achawk.narod.ru](http://achawk.narod.ru): веб-сайт.

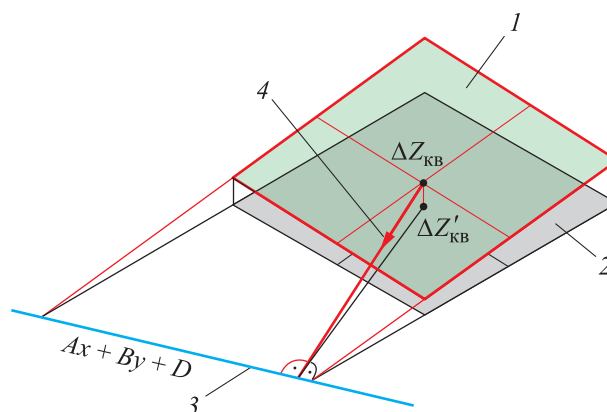
URL: [http://achawk.narod.ru/Download\\_Tri.html](http://achawk.narod.ru/Download_Tri.html) (дата обращения: 10.11.2018).



**Рис. 1.** Схема расположения квадрантов и определения квартала поверхности

**Определение 2.** Плоскость, проведенная по средним значениям исходных данных квартала, называется плоскостью квартала.

Отыскание положения вектора ската означает определение координат начала и конца этого вектора для его последующей визуализации в цифровых моделях. Начало вектора находится в центре тяжести плоскости, а его конец направлен перпендикулярно горизонтальному следу плоскости (горизонталям плоскости). Проекция вектора ската на горизонтальную плоскость также перпендикулярна горизонтальному следу плоскости (рис. 2).



**Рис. 2.** Схема определения плоскости квартала и вектора ската:

1 — плоскость квартала; 2 — горизонтальная плоскость; 3 — горизонтальный след плоскости квартала; 4 — вектор ската

**Алгоритмы количественной оценки геометрических характеристик рельефа местности.** По определению плоскость квартала проходит через точку  $\Delta Z_{\text{КВ}}$  (среднее значение исходных данных квартала):

$$\Delta Z_{\text{КВ}} = \frac{\sum_{i,j=1}^3 Z_{ij}}{9}.$$

Координаты точки  $\Delta Z_{\text{КВ}}$  — координаты центра квартала  $\Delta X, \Delta Y$ . Ортогональной проекцией точки  $\Delta Z_{\text{КВ}}$  на горизонтальную плоскость является точка  $\Delta Z'_{\text{КВ}}$ .

Кроме точки  $\Delta Z_{\text{КВ}}$ , для определения плоскости квартала необходимо установить положение еще двух точек этой плоскости.

Пусть заданы профильные сечения рельефа определяемой строкой  $S_i$  и столбцом  $C_j$  матрицы (1):

$$S_i \equiv (Z_{i1} \quad Z_{i2} \quad \dots \quad Z_{in}); \quad C_j \equiv \begin{pmatrix} Z_{1j} \\ Z_{2j} \\ \dots \\ Z_{mj} \end{pmatrix}.$$

Линейные аппроксимирующие функции данных, представленных строкой и столбцом, имеют вид

$$z_S(i) = a'i + b'; \quad z_C(j) = aj + b. \quad (2)$$

Коэффициенты  $a', b', a, b$  этих функций определяем с использованием метода наименьших квадратов путем решения систем линейных алгебраических уравнений:

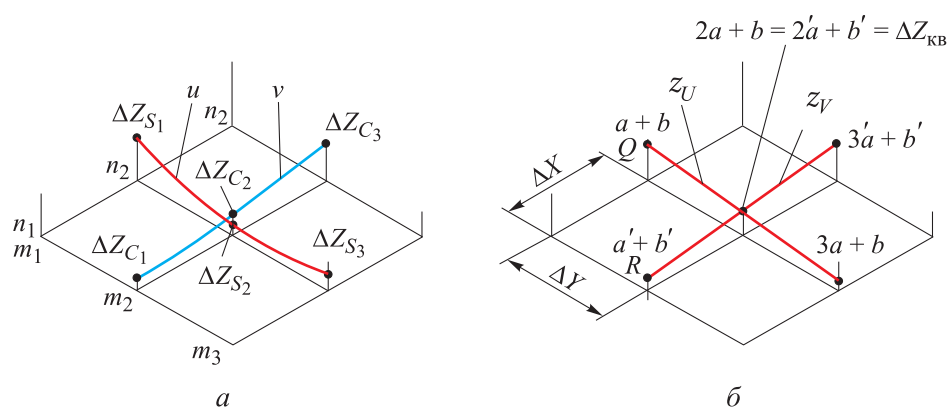
$$\begin{aligned} a' \sum_{k=1}^n k^2 + b' \sum_{k=1}^n k &= \sum_{k=1}^n k Z_{ik}, & a \sum_{k=1}^m k^2 + b \sum_{k=1}^m k &= \sum_{k=1}^m k Z_{kj}, \\ a' \sum_{k=1}^n k + b'n &= \sum_{k=1}^n Z_{ik}; & a \sum_{i=1}^m k + bm &= \sum_{k=1}^m Z_{kj}. \end{aligned} \quad (3)$$

Далее для простоты рассмотрим первый квартал рельефа (1). Средние значения элементов, например строки  $S_1$  и столбца  $C_1$ , этого квартала равны соответственно

$$\Delta Z_{S_1} = \frac{\sum_{k=1}^3 Z_{1k}}{3}; \quad \Delta Z_{C_1} = \frac{\sum_{k=1}^3 Z_{k1}}{3}.$$

Средние значения всех строк и столбцов рассматриваемого квартала образуют строку  $U$  и столбец  $V$ , которые определяют соответствующие плоские кривые  $u, v$  (рис. 3, а):

$$U = \begin{pmatrix} \Delta Z_{S_1} \\ \Delta Z_{S_2} \\ \Delta Z_{S_3} \end{pmatrix}; \quad V = (\Delta Z_{C_1} \quad \Delta Z_{C_2} \quad \Delta Z_{C_3}).$$



**Рис. 3.** Схема образования плоских кривых по средним значениям строк и столбцов квартала (а) и прямые  $z_U(i)$ ,  $z_V(j)$ , проведенные по средним значениям строк и столбцов квартала (б)

Аппроксимируем кривые  $u, v$  линейными функциями:

$$z_U(i) = ai + b; \quad z_V(j) = a'j + b'. \quad (4)$$

Система уравнений (3) для определения коэффициентов этих функций принимает более простой вид:

$$\begin{aligned} 14a + 6b &= \sum_{k=1}^3 k\Delta Z_{C_k}, & 14a' + 6b' &= \sum_{k=1}^3 k\Delta Z_{S_k}, \\ 6a + 3b &= \sum_{k=1}^3 \Delta Z_{C_k}, & 6a' + 3b' &= \sum_{k=1}^3 \Delta Z_{S_k}. \end{aligned}$$

Графики линейных функций (4) проходят через точки, соответствующие средним значениям строк и столбцов квартала (рис. 3, б).

При  $k = 2$  уравнения системы (4) имеют совпадающие решения. Это означает, что прямые, определяющие средние уклоны строк и столбцов, имеют общую точку пересечения и образуют плоскость. Координата  $Z$  точки пересечения этих прямых равна  $\Delta Z_{КВ}$  — среднему значению исходных данных квартала. Таким образом, указанная плоскость является

плоскостью квартала, проведенной по средним значениям его строк и столбцов, и определяет общий уклон поверхности квартала.

Для определения уравнения плоскости квартала достаточно иметь координаты трех точек, не принадлежащих одной прямой. В качестве этих точек могут быть выбраны любые из пяти точек (см. рис. 3). В приложении «Геоанализатор» в качестве этих точек используются точки  $Q, R, \Delta Z_{\text{КВ}}$  (см. рис. 4).

Следовательно, уравнение плоскости квартала имеет вид

$$Ax + By + Cz + D = 0, \tag{5}$$

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

Уравнение (5) позволяет определить линию ската, а также линию наибольшего уклона в виде стрелки вектора ската, указывающего направление уклона плоскости.

Алгоритм определения вектора ската состоит из трех шагов.

1. Определение горизонтального следа плоскости квартала как решения задачи о пересечении плоскости квартала и горизонтальной плоскости, проходящей по уровню  $z = 0$ :

$$\begin{aligned} Ax + By + Cz + D = 0, \\ z = 0; \end{aligned} \Rightarrow Ax + By + D = 0.$$

2. Определение горизонтали плоскости рельефа, проходящей по уровню  $Z = \Delta Z_{\text{КВ}2}$ , необходимой для визуализации стрелки в пределах границ квартала (рис. 5):

$$\begin{aligned} Ax + By + Cz + D = 0, \\ z = \Delta Z_{\text{КВ}2}; \end{aligned} \Rightarrow Ax + By + D_2 = 0. \tag{6}$$

Здесь  $D_2$  — свободный член;

$$\Delta Z_{\text{КВ}2} = \Delta Z_{\text{КВ}} - \frac{r \Delta Z_{\text{КВ}}}{d},$$

$r = \min(\Delta X, \Delta Y)$ ;  $d$  — расстояние от  $\Delta Z'_{\text{КВ}2}$  до горизонтального следа,

$$d = \left| \frac{A\Delta X + B\Delta Y + D}{\sqrt{A^2 + B^2}} \right|.$$

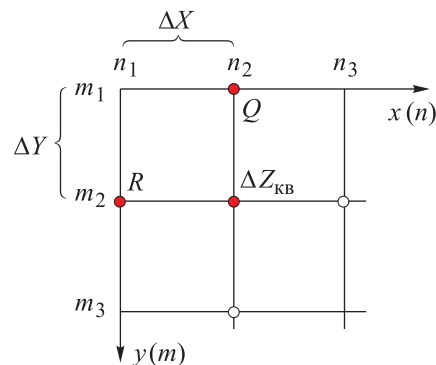
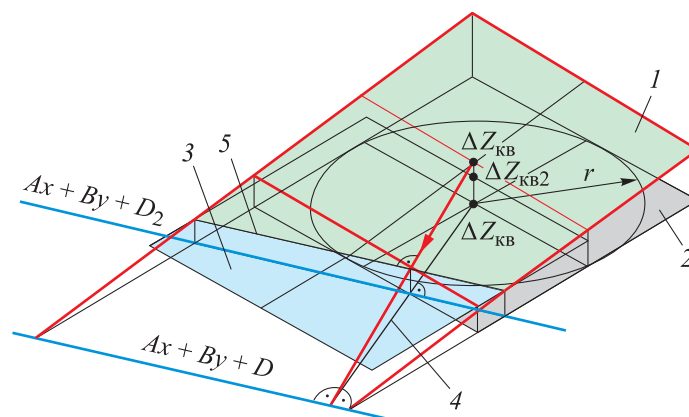


Рис. 4. Схема выбора трех точек  $Q, R, \Delta Z_{\text{КВ}}$  с учетом системы координат монитора компьютера



**Рис. 5.** Схема определения горизонтали плоскости квартала в пределах границ: 1 — плоскость квартала; 2 — горизонтальная плоскость уровня  $z = 0$ ; 3 — горизонтальная плоскость уровня  $z = \Delta Z_{KB2}$ ; 4 — проекция линии ската; 5 — горизонталь плоскости квартала

Отметим, что на практике инженерного проектирования обычно  $\Delta X = \Delta Y$ .

3. Определение точки пересечения горизонтали (6) и перпендикуляра, проведенного через точку  $\Delta Z'_{KB2}$ :

$$\begin{aligned} Ax + By + D_2 &= 0, \\ \pm Bx + Ay + D_3 &= 0; \Rightarrow E'(x, y). \end{aligned}$$

Таким образом, вектор ската

$$V_{ск} = \begin{cases} \Delta Z'_{KB}(\Delta X, \Delta Y) — \text{начало стрелки;} \\ E'(x, y) — \text{конец стрелки.} \end{cases}$$

Важная количественная характеристика рельефа — коэффициент сложности  $\xi$ , который позволяет оценить степень расчлененности (выпуклости или вогнутости) рельефа относительно плоскости (для которой степень сложности принимается равной нулю) [15]. Определение коэффициента сложности основано на численном дифференцировании методом конечных разностей исходных данных квартала.

Три величины определяют коэффициент сложности:

$$l = \frac{|(Z_{11} - 2Z_{12} + Z_{13})| + |(Z_{21} - 2Z_{22} + Z_{23})| + |(Z_{31} - 2Z_{32} + Z_{33})|}{\Delta X},$$

$$t = \frac{|(Z_{11} - 2Z_{21} + Z_{31})| + |(Z_{12} - 2Z_{22} + Z_{32})| + |(Z_{13} - 2Z_{23} + Z_{33})|}{\Delta Y},$$

$$p = \frac{|(Z_{11} - 2Z_{22} + Z_{33})| + |(Z_{13} - 2Z_{22} + Z_{31})|}{\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}}$$

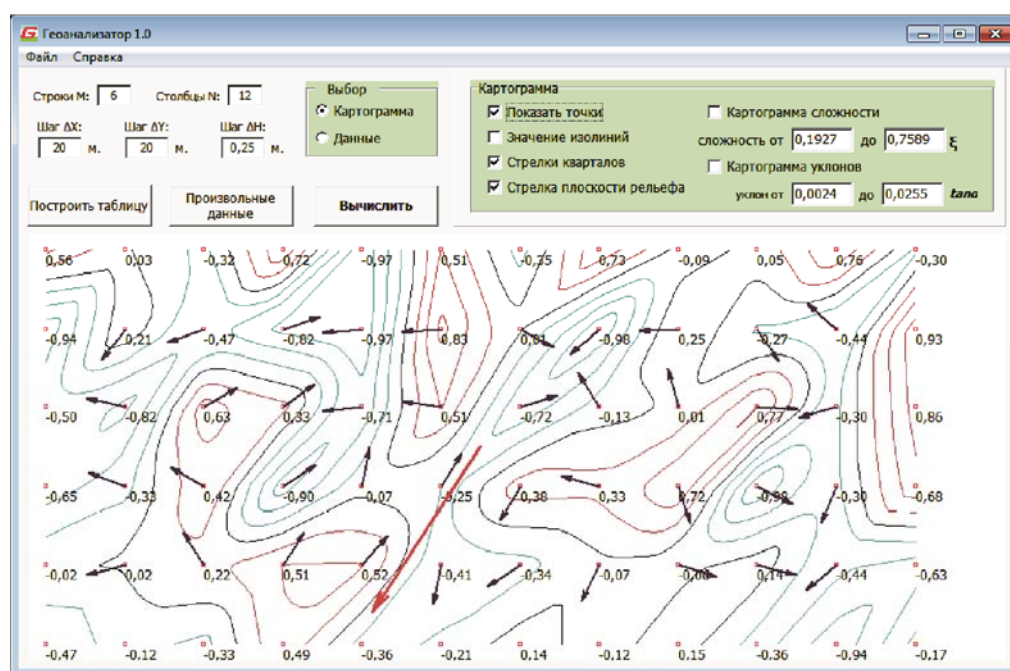
Коэффициент сложности поверхности рельефа квартала равен сумме указанных величин:

$$\xi = l + t + p. \quad (7)$$

Из выражения (7) следует, что коэффициент сложности плоского квартала равен нулю или отличен от нуля, если квартал не плоский.

**Вычислительный эксперимент.** Программа «Геоанализатор» осуществляет визуализацию образования стока поверхностных вод по кварталам в режиме «Стрелки кварталов» и всей территории в режиме «Стрелка плоскости рельефа» (рис. 6, а), определение участков уклона в режиме «Картограмма уклонов» (рис. 6, б), а также степень расчлененности рельефа в режиме «Картограмма сложности» (рис. 6, в).

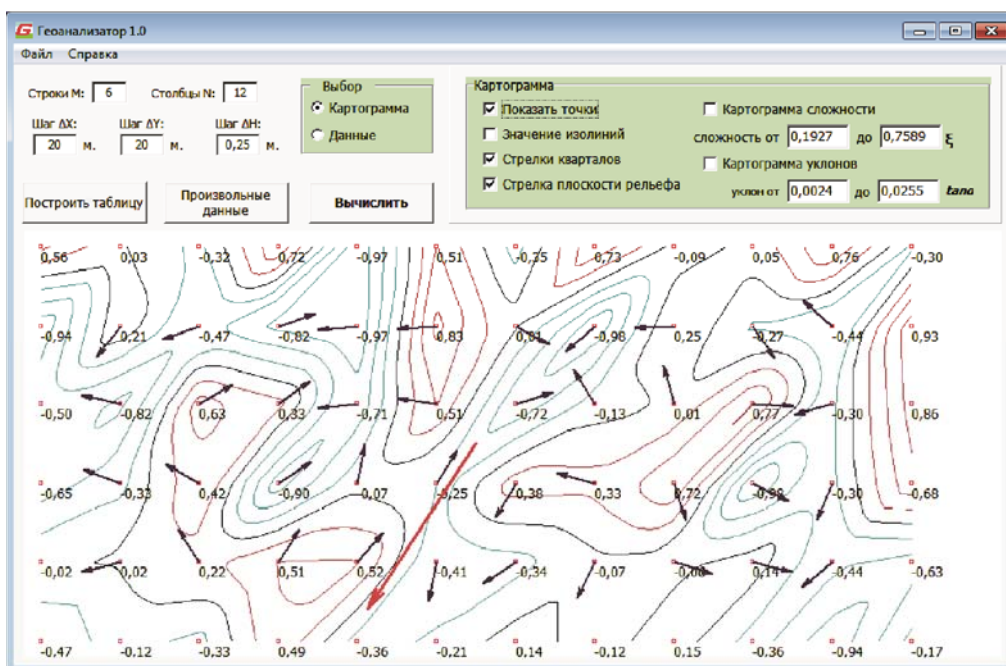
Режимы «Картограмма сложности» и «Картограмма уклонов» позволяют выбрать границы заливки квадрантов картограммы по критериям, устанавливаемым пользователем.



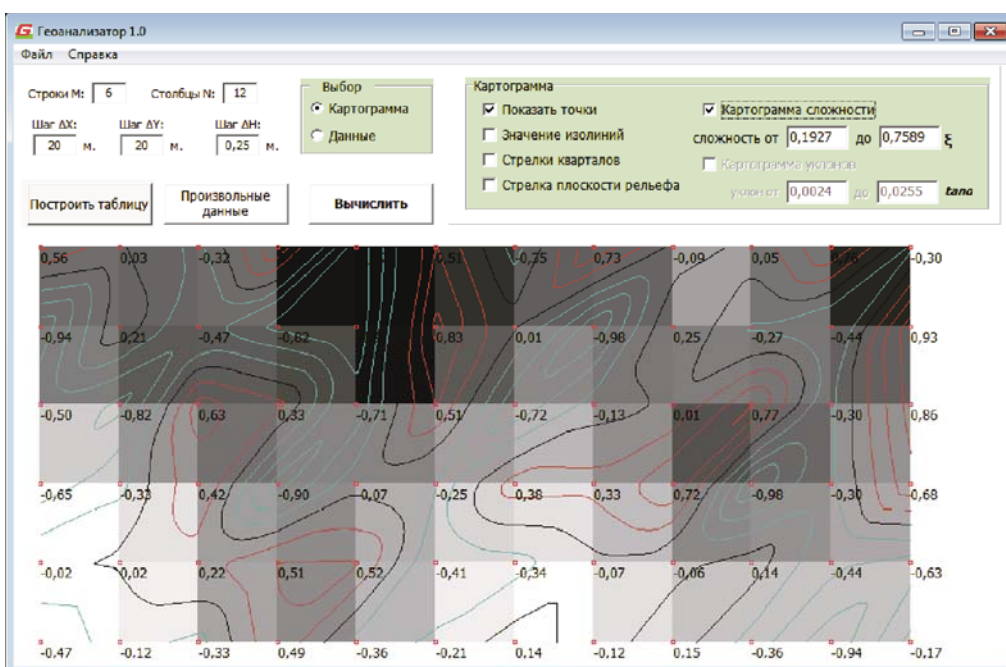
а

**Рис. 6 (начало).** Изображение стока поверхностных вод по кварталам и всей территории рельефа (а)





б



в

**Рис. 6 (окончание).** Картограммы уклонов (б) и сложности рельефа (в) (представлены условные данные рельефа для презентационных и учебных целей)

**Заключение.** Программа «Геоанализатор» дает пользователю возможность выполнить предварительный визуальный анализ различных участков рельефа и выбрать оптимальные решения среди множества вариантов проекта вертикальной планировки в задачах, связанных с водоотведением, а также в задачах выбора оптимального маршрута дислокации с учетом расчлененности рельефа.

Программа использована в Бухарском филиале государственного научно-проектного института по землеустройству Республики Узбекистан НПИ «Уздаверлойиха» («Узгосземпроект»), а также в частном фермерском хозяйстве «Наимобод» Бухарской области. Подана заявка на официальную регистрацию программы «Геоанализатор 1.0» в агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (заявка на регистрацию программы для ЭВМ № DGU 20180910 от 16.11.2018).

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мюллер Г. Основы трассирования и разбивка автомобильных и железных дорог. М., Транспорт, 1990.
- [2] Ляпичев Ю.П. Гидротехнические сооружения. М., РУДН, 2008.
- [3] Тимофеев А.Ф. Мелиорация сельскохозяйственных земель. М., Колос, 1982.
- [4] Владимиров В.В., Давидянц Г.Н., Расторгуев О.С. и др. Инженерная подготовка и благоустройство городских территорий. М., Архитектура-С, 2004.
- [5] Баранов А.Р., Маслак Ю.Г., Ягодинцев В.И. Военная топография в служебно-боевой деятельности оперативных подразделений. М., Академический Проект, 2005.
- [6] Евтушенко М.Г., Гуревич Л.В., Шафран В.Л. Инженерная подготовка территорий населенных мест. М., Стройиздат, 1982.
- [7] Хаитов Б.У. Об одном геометрическом методе определения линии общего уклона плоской кривой. *Молодой ученый*, 2015, № 10 (90), с. 340–342.
- [8] Хаитов Б.У. Графоаналитический метод определения линии общего уклона плоской кривой. *Технические науки: теория и практика. Мат. III междунар. науч. конф.* Казань, Молодой ученый, 2016, с. 137–139.
- [9] Khaitov B. Graphic-analytical method of relief plane definition. *Landsc. Urban Plan.*, 2016, vol. 1, no. 1, pp. 13–17. DOI: 10.11648/j.larp.20160101.12
- [10] Хаитов Б.У. Определение коэффициента сложности рельефа для задач инженерного проектирования. *Интернаука*, 2018, № 7-1 (41), с. 62–64.
- [11] Хейфец Б.С., Хромченко А.В. Применение теории информации для оценки степени расчлененности рельефа местности. *Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*, 1978, № 4, с. 13–23.

- [12] Хаитов Б.У. Цифровое моделирование рельефа для проектирования. *Современные проблемы сельского и водного хозяйства. Сб. тр. IX науч.-практ. конф.* Ташкент, ТИИМ, 2010, с. 17–19.
- [13] Khaitov B.U. Digital modeling of relief for tasks of preliminary analysis. *IJARSET*, 2018, vol. 5, iss. 10, pp. 7027–7036.  
URL: <http://www.ijarset.com/upload/2018/october/10-IJARSET-Khaitov-xb75.pdf>
- [14] Кучкарова Д.Ф. Теория топографических поверхностей и ее приложения. *Дис. ... д-ра техн. наук.* Бухара, БухГУ, 2001.

**Хаитов Бафо Усманович** — канд. техн. наук, докторант, старший преподаватель кафедры «Начертательная геометрия и инженерная графика» Бухарского инженерно-технологического института (Республика Узбекистан, 200117, Бухара, ул. Муртазаева, д. 28).

**Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:**

Хаитов Б.У. Цифровое моделирование рельефа местности для задач предварительного анализа территорий. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*, 2019, № 3, с. 64–76. DOI: 10.18698/0236-3933-2019-3-64-76

**DIGITAL TERRAIN SIMULATION FOR PRELIMINARY TERRITORY ANALYSIS**

**B.U. Khaitov**

[xb75@mail.ru](mailto:xb75@mail.ru)

**Bukhara Engineering Technological Institute, Bukhara, Republic of Uzbekistan**

**Abstract**

The paper presents a technique for determining average slope and terrain complexity index per regions we named “blocks”; the data will subsequently be used for digital terrain simulation in engineering design problems. We also describe a method for finding the block plane, which allows average slope to be determined quantitatively and qualitatively. It is possible to locate the steepest-descent vector by computing the attitude of the block plane. These steepest-descent vectors of terrain blocks indicate that surface runoff occurs on the terrain. We propose a technique using terrain blocks for estimating the terrain complexity index of a region. Determining average slope and terrain complexity per block facilitates visualising these parameters in the form of a choropleth map. A digital terrain model partitioned into

**Keywords**

*Block surface, average slope line, block plane, terrain plane, line of steepest descent, steepest-descent vector, terrain complexity*

block-shaped regions makes it possible to perform preliminary visual analysis of the territory represented, which is useful for various engineering design problems and optimal decision making in the case of multiple options

Received 12.11.2018

© Author(s), 2019

---

## REFERENCES

- [1] Müller G. *Ingenieurgeodäsie — Verkehrsbau (Grundlagen)*. VEB Verlag für Bauwesen, 1984.
- [2] Lyapichev Yu.P. *Gidrotekhnicheskie sooruzheniya [Hydraulic structures]*. Moscow, RUDN Univ. Publ., 2008.
- [3] Timofeev A.F. *Melioratsiya sel'skokhozyaystvennykh zemel' [Farming lands melioration]*. Moscow, Kolos Publ., 1982.
- [4] Vladimirov V.V., Davidyants G.N., Rastorguev O.S., et al. *Inzhenernaya podgotovka i blagoustroystvo gorodskikh territoriy [Engineer preparation and improvement of urban territories]*. Moscow, Arkhitektura-S Publ., 2004.
- [5] Baranov A.R., Maslak Yu.G., Yagodintsev V.I. *Voennaya topografiya v sluzhebno-boevoy deyatelnosti operativnykh podrazdeleniy [Military topography in service and fighting activity of executive subdivisions]*. Moscow, Akademicheskii Proekt Publ., 2005.
- [6] Evtushenko M.G., Gurevich L.V., Shafran V.L. *Inzhenernaya podgotovka territoriy naseleennykh mest [Engineer preparation of populated area territories]*. Moscow, Stroyizdat Publ., 1982.
- [7] Khaitov B.U. On geometric method for determination of main slope of the plane curve. *Molodoy uchenyy [Young Scientist]*, 2015, no. 10 (90), pp. 340–342 (in Russ.).
- [8] Khaitov B.U. [Graphic analytic method for determination main slope of the plane curve]. *Tekhnicheskie nauki: teoriya i praktika. Mat. III mezhdunar. nauch. konf. [Technical sciences: theory and practice. Proc. III. sci. conf.]*. Kazan, Molodoy uchenyy Publ., 2016, pp. 137–139 (in Russ.).
- [9] Khaitov B. Graphic-analytical method of relief plane definition. *Landsc. Urban Plan.*, 2016, vol. 1, no. 1, pp. 13–17. DOI: 10.11648/j.larp.20160101.12
- [10] Khaitov B.U. Relief complexity coefficient determination in problems of constructional engineering. *Internauka*, 2018, no. 7-1 (41), pp. 62–64 (in Russ.).
- [11] Kheyfets B.S., Khromchenko A.V. Using information theory for assessment of dissection degree of terrain relief. *Izvestiya vuzov. Geodezy and aerophotosurveying*, 1978, no. 4, pp. 13–23 (in Russ.).
- [12] Khaitov B.U. [Digital relief modeling for engineering]. *Sovremennye problemy sel'skogo i vodnogo khozyaystva. Sb. tr. IX nauch.-prakt. konf. [Current problems of agriculture and water industry. Proc. IX sci.-pract. conf.]*. Tashkent, TIIM Publ., 2010, pp. 17–19 (in Russ.).

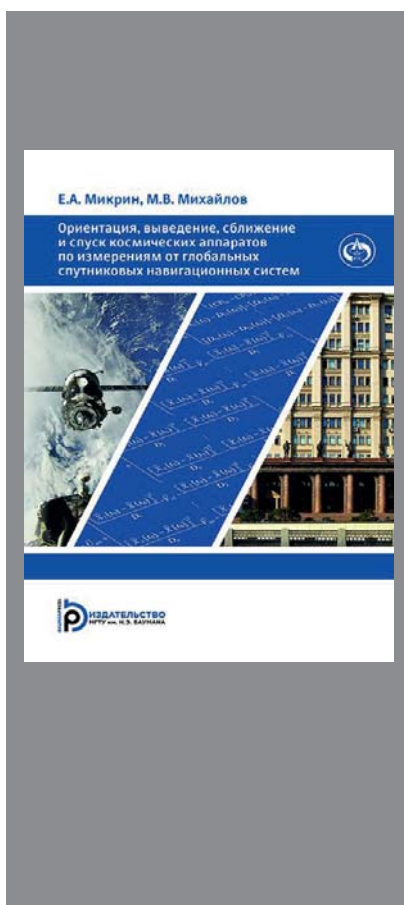
[13] Khaitov B.U. Digital modeling of relief for tasks of preliminary analysis. *IJARSET*, 2018, vol. 5, iss. 10, pp. 7027–7036. Available at: <http://www.ijarset.com/upload/2018/october/10-IJARSET-Khaitov-xb75.pdf>

[14] Kuchkarova D.F. Teoriya topograficheskikh poverkhnostey i ee prilozheniya. Dis. d-ra tekhn. nauk [Topographic surface theory and its application. Dr. Eng. Sc. Dis.]. Bukhara, BukhSU Publ., 2001 (in Russ.).

**Khaitov B.U.** — Cand. Sc. (Eng.), postdoctoral fellow, Assist. Professor, Department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics, Bukhara Engineering Technological Institute (Kayum Murtazaev ul. 28, Bukhara, 200117 Republic of Uzbekistan).

**Please cite this article in English as:**

Khaitov B.U. Digital terrain simulation for preliminary territory analysis. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Instrument Engineering*, 2019, no. 3, pp. 64–76 (in Russ.). DOI: 10.18698/0236-3933-2019-3-64-76



В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана  
вышло в свет учебное пособие авторов

**Е.А. Микрина, М.В. Михайлова**

**«Ориентация, выведение, сближение  
и спуск космических аппаратов  
по измерениям от глобальных  
спутниковых навигационных систем»**

Рассмотрены задачи координатно-временного обеспечения космического аппарата, решаемые аппаратурой спутниковой навигации, а именно: формирование бортовой шкалы времени; определение ориентации; навигация при сближении и спуске космического аппарата в атмосфере, а также навигация средств выведения.

Для студентов и аспирантов авиа- и ракетостроительных специальностей высших технических учебных заведений, научных работников и инженеров, занимающихся разработкой, проектированием и испытаниями навигационных систем космических аппаратов.

**По вопросам приобретения обращайтесь:**

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

+7 (499) 263-60-45

[press@bmstu.ru](mailto:press@bmstu.ru)

<http://baumanpress.ru>