

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ
Кафедра почвоведения и геоинформационных систем**

Д. А. Чиж, А. Н. Червань

**ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ
РЕЛЬЕФА В ПРОГРАММЕ SURFER**

**Методические указания
по выполнению лабораторно-практических работ
для студентов специальности
1-56 02 02 «Геоинформационные системы»**

**Минск
2022**

УДК 551.4.03:004(075.8)(076.5)

ББК 26.823с51я73-5

Ч-59

Утверждено
на заседании учебно-методической комиссии
факультета географии и геоинформатики БГУ
24 февраля 2022 г., протокол № 6

Р е ц е н з е н т
кандидат технических наук, доцент *П. В. Другаков*

Ч-59 **Чиж, Д. А.**
Построение цифровой модели рельефа в программе SURFER : метод. указания по выполнению лаб.-практ. работ / Д. А. Чиж, А. Н. Червань. – Минск : БГУ, 2022. – 39 с.

Даны методические рекомендации по выполнению лабораторно-практических работ по дисциплине «Источники данных для ГИС». Излагается порядок и последовательность построения цифровых моделей рельефа в программе SURFER.

Для студентов, обучающихся по специальности 1-56 02 02 «Геоинформационные системы».

УДК 551.4.03:004(075.8)(076.5)

ББК 26.823с51я73-5

ВВЕДЕНИЕ

Цифровое картографирование рельефа является важным инструментом для оценки и управления земельными ресурсами. Трехмерные (3D) модели рельефа необходимы для принятия проектных решений по организации и устройству территории земель, размещения объектов инженерной инфраструктуры, в ландшафтном дизайне и др. Трехмерная визуализация территории средствами компьютерной графики изменяет технологии и практику управления территориями.

Основным назначением программы Surfer (в методическом указании приводится описание версии 10.7.972(64-bit)) являются обработка и визуализация двухмерных наборов данных, описываемых функцией типа $z = f(x, y)$ и осуществляемых в следующей последовательности: а) построение цифровой модели поверхности; б) вспомогательные операции с цифровыми моделями поверхности; в) визуализация поверхности.

При формировании цифровых моделей и построении карт используется цифровая модель рельефа (ЦМР), основанная на логико-математической структуре, объединяющая множество опорных точек. Элементами модели являются плоские прямоугольные координаты точек X , Y и их высота Z , позволяющие получать высоту любой точки с требуемой точностью по определенному алгоритму.

Цель методических указаний – оказание помощи студентам при выполнении лабораторных и расчетно-графических работ по геоинформационным системам и технологиям.

В методических указаниях приведены методика построения двух- и трехмерных моделей рельефа, приемы дигитализации рельефа, а также экспорта-импорта картографических материалов. Студенты выполняют работу по индивидуальным вариантам.

Задание 1. ПОСТРОЕНИЕ 2D И 3D МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель задания: ознакомиться с методами построения цифровых моделей рельефа в программе Surfer.

Исходные данные.

1. Результаты нивелирования по квадратам (по вариантам).

В результате выполнения задания студент представляет:

- 1) пояснительную записку;
- 2) карту горизонталей (3 метода интерполяции);
- 3) векторную модель рельефа;
- 4) 3D модель с различными вариантами интерполяции данных.

1.1. Общие сведения о Surfer

Порядок выполнения. Для запуска программы **Surfer** (зарегистрированный программный продукт Golden Software, Inc) в операционной системе Windows последовательно выбирают **Пуск | Все программы | Golden Software Surfer 10 (64-bit) | Surfer 10 (64-bit)**.

Интерфейс системы реализован согласно стандартам программ, работающих в среде Windows. При запуске программы в режиме Plot-документ он имеет следующую структуру: верхний заголовок Surfer-полное имя файла (Plot1); главное меню; панель инструментов; рабочая область, занимающая основную часть окна (рис.1.1).

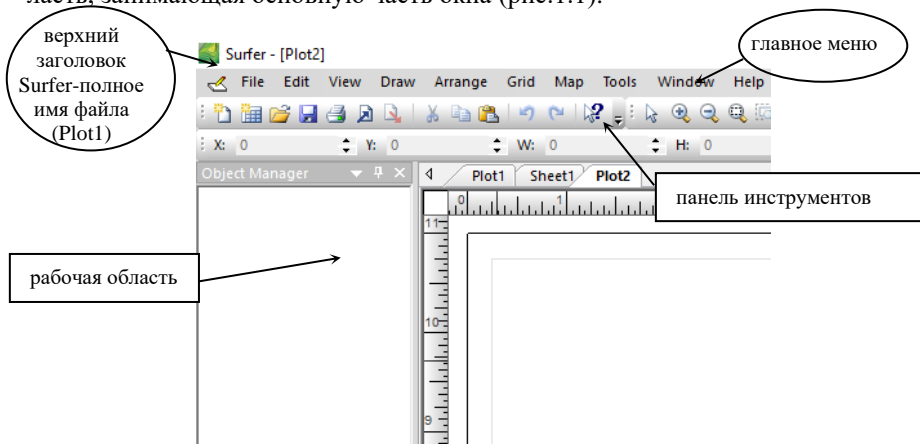


Рис. 1.1. Интерфейс программы Surfer

Главное меню этого окна содержит следующие пункты:

- **File** – команды для открытия и сохранения файлов, печати карт, изменения параметров печати и создания новых документов;
- **Edit** – команды для работы с буфером обмена и вспомогательные команды редактирования объектов;
- **View** – команды, контролирующие внешний вид текущего окна;
- **Draw** – команды для создания текстовых блоков, полигонов, полилиний символов и фигур;
- **Arrange** – команды для контроля порядка и ориентации объектов;
- **Grid** – команды для создания и модификации сеточных файлов;
- **Map** – команды для создания и модификации карт;
- **Tools** – команды для настройки панелей инструментов, меню и клавиатурных команд;
- **Window** – команды для управления дочерними окнами;
- **Help** – обеспечивает доступ к справочной службе.

Окно плот-документа является рабочим пространством, в котором создаются и подписываются сеточные файлы и карты. В активном окне плот-документа имеется шесть панелей инструментов: *Standart* (рис. 1.2), *View* (рис. 1.3), *Drawing* (рис. 1.4), *Grid* (рис. 1.5), *Position/Size* (рис. 1.6), *Map* (рис. 1.7).



Рис. 1.2. Панель инструментов Standart



Рис. 1.3. Панель инструментов View



Рис. 1.4. Панель инструментов Drawing



Рис. 1.5. Панель инструментов Grid

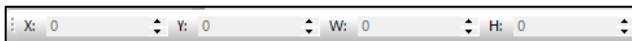


Рис. 1.6. Панель инструментов Position/Size



Рис. 1.7. Панель инструментов Map

Включение / выключение панелей инструментов выполняется командами **View | Toolbars**.

Прежде, чем приступить к построению и выводу карт на экран необходимо выполнить некоторые настройки проекта. Для этого выберите **Tools | Options...** В диалоге *Options* последовательно выбираем **Environment | Drawing | Page Units | Centimeters** (рис. 1.8).

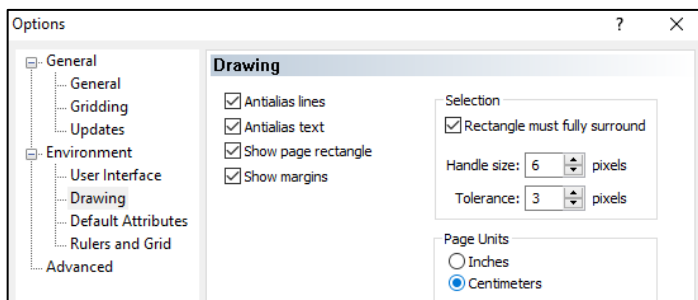


Рис. 1.8. Диалог Options

В разделе **Default Attributes** щелкните по кнопке **Font...** и установите шрифт **Times New Roman**. Далее нажмите ОК.

Построение 3-мерной (3D) модели рельефа осуществляется на примере результатов нивелирования по квадратам в соответствии с вариантами, приведенными в приложении 1, которые характеризуются координатами X, Y, Z. Для создания соответствующего файла выбирают команды **File|New|Worksheet**, в результате чего открывается электронная таблица. При работе в режиме **Worksheet** (📊) главное меню окна рабочего листа имеет пункты:

File – команды для открытия и сохранения файлов, печати;

Edit – работа с буфером обмена и другие вспомогательные команды;

View – команды, контролирующие внешний вид текущего окна документа;

Format – установка формата ячеек, ширины столбцов и высоты строк;

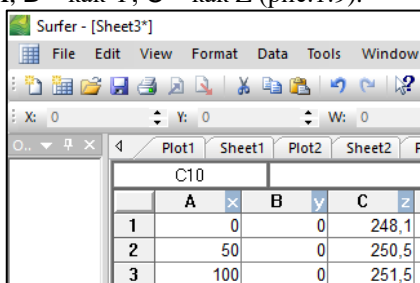
Data – команды для сортировки данных, вычисления статистических характеристик и выполнения математических трансформаций;

Tools – команды для настройки панелей инструментов, меню и клавиатурных команд;

Window – команды для управления дочерними окнами.

1.2. Построение grid-файла

Программа Surfer по умолчанию воспринимает первый столбец (A) как координату X, B – как Y, C – как Z (рис.1.9).



The screenshot shows the Surfer software window titled "Surfer - [Sheet3*]". The menu bar includes File, Edit, View, Format, Data, Tools, and Window. Below the menu bar, there are icons for various functions. The main area displays a worksheet with a grid. The columns are labeled A, B, and C. The rows are numbered 1, 2, and 3. The data in the grid is as follows:

	A	B	C
1	0	0	248,1
2	50	0	250,5
3	100	0	251,5

Рис. 1.9. Фрагмент окна электронной таблицы Worksheet с координатами

Координаты после введения сохраняют (**File | Save**). В опции **Имя файла** задают название сохраняемых данных (к примеру, variant1), а в опции **Тип файла**, как правило, выбирают формат данных *BLN Golden Software Blanking (*.bln)*. Также можно выбирать следующие форматы данных: *DAT Data (*.dat)*, *TXT Text Data (*.txt)*, *XLS Excel Spreadsheet (*.xls)* и др.

Далее в меню **File** выбирают **New | Plot**, после чего **Grid | Data**. В открывающемся диалоге **Open Data** выбирают сохраненный файл (variant1.blm). В диалоге **Grid Data** необходимо убедиться, что в качестве столбца с координатами X выбран Column A, координате Y соответствует столбец Column B, а отметке Z – Column C (рис.1.10).

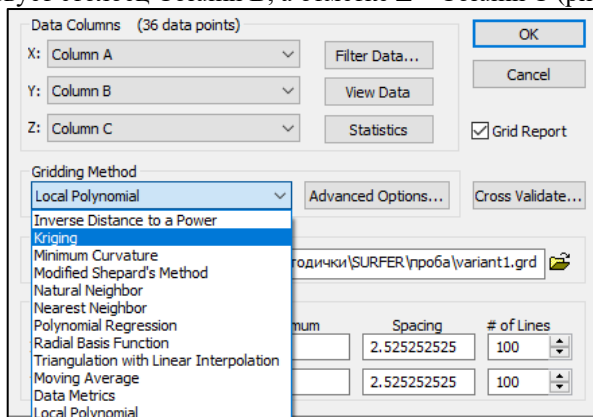


Рис. 1.10. Фрагмент диалога **Grid Data** подменю **Data**

Опцию *Grid Report* можно отключить.


В группе *Gridding Method* имеется 12 методов интерполяции (Inverse Distance to a Power, Kriging, Minimum Curvature, Modified Shepard Method, Natural Neighbor, Nearest Neighbor, Polynomial Regression, Radial Basis Function, Triangulation with Linear Interpolation, Moving Average, Data Metrics, Local Polynomial).

В данной лабораторной работе необходимо построить модели рельефа по вариантам в соответствии с методами интерполяции, которые приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Варианты методов интерполяции

Вариант	Методами интерполяции
1	Kriging, Minimum Curvature, Inverse Distance to a Power
2	Natural Neighbor, Local Polynomial, Kriging
3	Kriging, Modified Shepard Method, Radial Basis Function (Advanced Options... → Basis Function → Multilog)
4	Kriging, Local Polynomial, Radial Basis Function (Advanced Options... → Basis Function → Natural Cubic Spline)
5	Minimum Curvature, Modified Shepard Method, Natural Neighbor
6	Kriging, Minimum Curvature, Modified Shepard Method
7	Kriging, Radial Basis Function, Triangulation with Linear Interpolation
8	Kriging, Modified Shepard Method, Inverse Distance to a Power
9	Kriging, Natural Neighbor, Radial Basis Function (Advanced Options... → Basis Function → Thin Plate Spline)
10	Kriging, Local Polynomial, Triangulation with Linear Interpolation
11	Kriging, Minimum Curvature, Modified Shepard Method
12	Natural Neighbor, Kriging, Radial Basis Function (Advanced Options... → Basis Function → Multilog)
13	Local Polynomial, Kriging, Nearest Neighbor
14	Kriging, Natural Neighbor, Polynomial Regression (Advanced Options... → Surface Definition → Cubic surface)
15	Kriging, Natural Neighbor, Polynomial Regression (Advanced Options... → Surface Definition → Quadratic surface)

В выпадающем меню *Gridding Method* выбирают *Kriging*, в меню *Output Grid File* () присваивают имя файлу *Kriging.grd*. Далее нажимают **ОК** | **ОК**. В результате будет сформирован сеточный файл для построения сеточных карт: контурных (Contour Map...), векторных (1-Grid Vector Map...), каркасных карт (3D Wireframe) и карт-поверхностей (3D Surface).

Далее выбираем **Grid** | **Data**, открываем файл *variant1.blm*, устанавливаем следующий по варианту метод интерполяции, к примеру,

Minimum Curvature, присваиваем выходящему файлу имя *Minimum.grd*. Далее выбираем **OK | OK**. Эти действия необходимо повторить для оставшегося метода интерполяции.

1.3. Построение контурных карт

Для построения контурных карт в меню **Map** выбирают **Contour Map | New Contour Map**. В диалоге **Open Grid** выбираем файл *Kriging.grd*. В результате будет получен рисунок изолиний с использованием метода интерполяции Kriging (рис. 1.11).

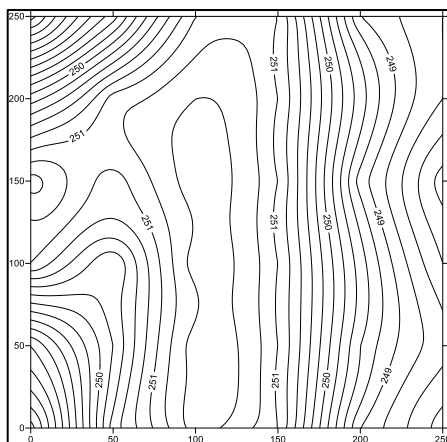


Рис. 1.11. Карта изолиний, построенная методом интерполяции Kriging

Для дальнейшей обработки файл необходимо сохранить (**File | Save**), присвоить имя *Plot_Kriging.srf*.

Далее действия повторяются по вышеизложенной методике, где вместо файла, полученного методом интерполяции Kriging, последовательно выбирают файлы *.*grid*, построенные по вариантам интерполяции (рис. 1.12)

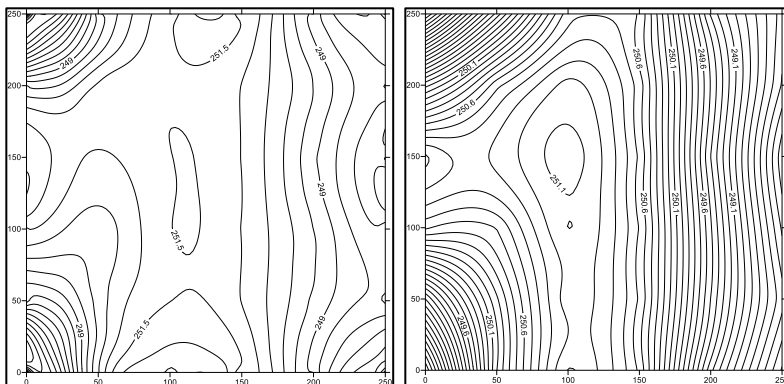


Рис. 1.12. Карты горизонталей, построенные по методу интерполяции:
 а) Minimum Curvature; б) Local Polynomial

Для корректировки (исправления ориентации подписей горизонталей, высоты сечений и т.д.) необходимо щелкнуть дважды по полученному изображению. В открывающемся диалоге **Property Manager – Map: Contours** имеется следующие закладки: **General, Levels, Layer, Coordinate System** (рис. 1.13)

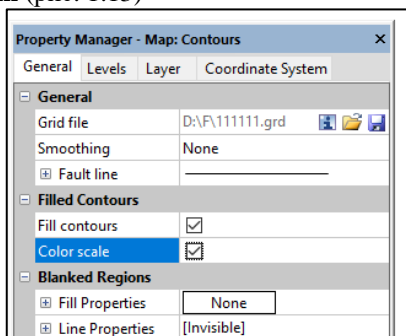


Рис. 1.13. Диалог **Property Manager**

В закладке **General** в опции *Filled Contours* активируют строки *Fill contours* и *Color scale*.

В закладке **Levels** в опции *General* выбирают в выпадающем меню *Fill colors* выбирают одну из палитр (Land, Land2, LandArid или Desert). После этого изображение будет залито цветом в соответствии с выбранной палитрой.

Высота сечения рельефа устанавливается в зависимости минимальной и максимальной высоты на участке, особенностей рельефа и др. В данном случае она может быть 0,25, 0,5 или 1,0 м. Поэтому в опциях *Contour interval* и *Major Contour every* делают численные установки так, чтобы их произведение было равно 1 (0,2 и 5; 0,25 и 4) (рис. 1.14).

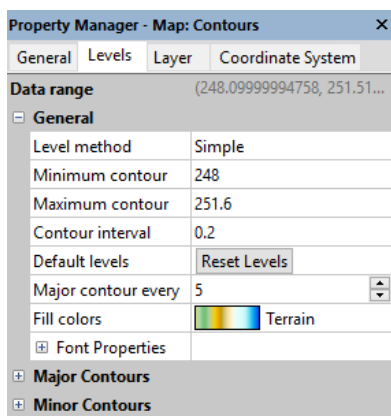


Рис. 1.14. Окно редактирования общих установок уровней изолиний

В опции *Level method* нажимают на *Simple* и выбирают *Advanced*. В открывшемся окне в опции *Contour levels* выбирают *Edit levels...* (рис.1.15).

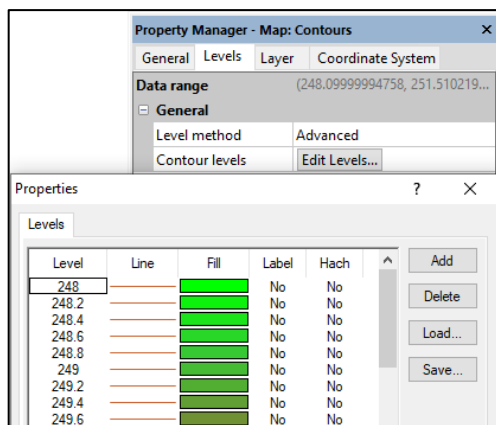


Рис. 1.15. Окно редактирования горизонталей

В открывшемся диалоге дважды щелкаем по верхушке таблицы (столбец *Level*), где корректируем строку *Interval* (рис. 1.16).

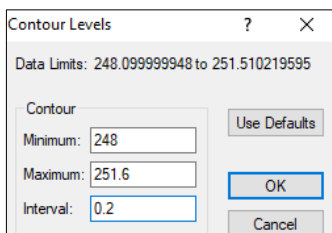


Рис. 1.16. Окно установок интервала изолиний

Двойной щелчок по верхушке таблицы (столбец *Line*) позволяет выбрать цвет горизонталей (*Color*) – *Red Brown* (рис. 1.17)

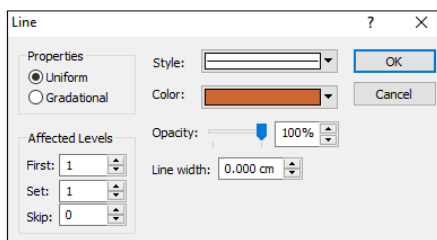


Рис. 1.17. Окно установок цвета изолиний

Для того, чтобы верх цифр был ориентирован в сторону повышения рельефа, необходимо щелкнуть на верхушку таблицы (столбец *Label*) и в открывшемся диалоге поставить галочку в строке *Orient Labels Uphill*. В самой таблице можно выбирать: подписывать или нет те или иные горизонталы (*Yes/No*).

Для нанесения берг-штрихов, показывающих направление ската, дважды щелкните на верхушку таблицы (столбец *Hach*), и появится диалог *Hachures* (рис. 1.18).

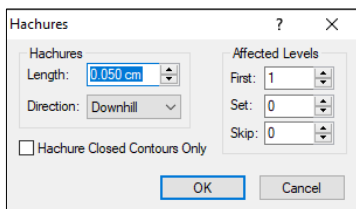


Рис. 1.18. Диалог установок берг-штрихов

Установите *Length* – 0.050 см и *Direction* – downhill (направление вниз по падению). В строке *Hachure Closed Contours Only* (ставить берг-штрихи только на замкнутые изолинии) галочку лучше убрать. В самой таблице также можно выбирать на каких горизонталях отрисовывать берг-штрихи (Yes/No).

В данной закладке справа имеется четыре кнопки: *Add* – позволяет задать дополнительную горизонталь с заданной отметкой; *Delete* – кнопка, удаляющая любую горизонталь; *Save* – позволяет сохранить пользовательский набор горизонталей в файл формата *.lvl; *Load* – позволяет загрузить файл формата *.lvl.

В результате будет построена карта изолиний (рис. 1.19).

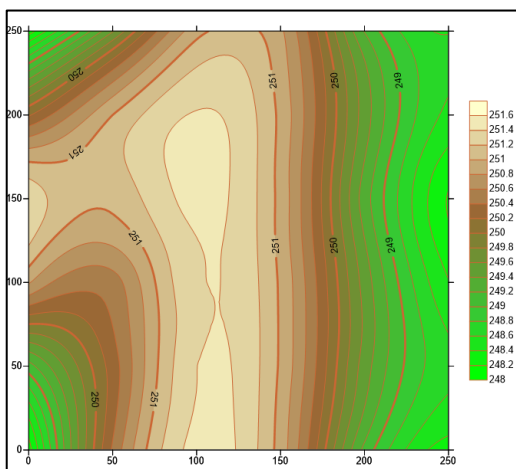


Рис. 1.19. Оформленная карта изолиний, построенная по методу интерполяции Kriging

Метки контуров (надписи на линиях контуров), обозначающие значение уровня, могут быть изменены по отдельности. Для добавления, удаления или перемещения меток контуров надо щёлкнуть правой кнопкой мыши по контурной карте и выбрать команду **Edit Contour Labels....** Можно также выполнить команду **Map | Edit Contour Labels....** Контурная карта при этом перейдёт в режим редактирования меток контуров (прямоугольные рамки вокруг меток синего цвета и изменение формы указателя мыши на треугольник ▼).

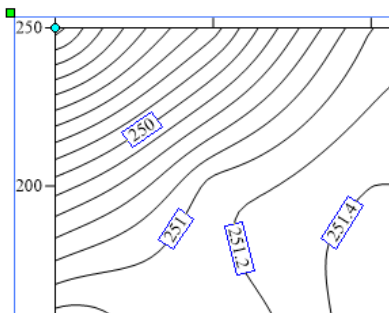



Рис. 1.20. Фрагмент контурной карты в режиме редактирования меток контуров

Для удаления метки надо выделить её однократным щелчком мыши. При этом появятся четыре круглых маркера по углам рамки выделенной метки . Затем нажать клавишу *Delete* на клавиатуре. Для добавления метки нажать и удерживать клавишу *Ctrl* на клавиатуре и щёлкнуть мышью в той точке горизонтали, где должна появиться новая метка. Для перемещения метки надо её выделить, нажать и, удерживая левую кнопку мыши, переместить метку вдоль одноименной горизонтали. Для выхода из режима редактирования меток контуров нажать клавишу *Esc*.

Если при первом запуске Surfer менеджер объектов отсутствует, то следует выполнить команду **View | Object Manager** (рис. 1.21).

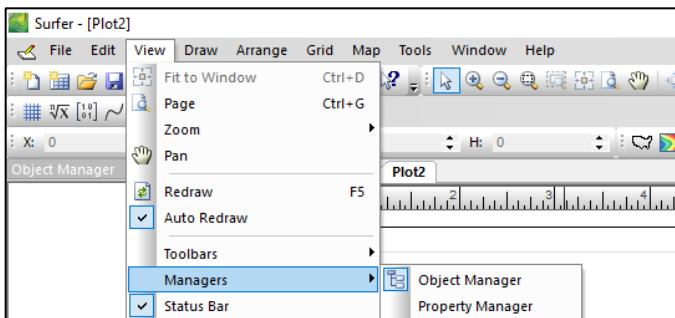


Рис. 1.21. Диалог подключения менеджера объектов

Менеджер объектов – это инструмент управления создаваемыми в окне Plot-документа изображениями, который также необходим при наложении одной карты на другую. Обычно он находится в левой части окна Plot-документа. На панели менеджера объектов всегда показывается список всех объектов, находящихся в пределах окна Plot-документа. После создания контурной карты в менеджере объектов появляется объект *Map* (Карта) с иерархической структурой (рис.1.22).

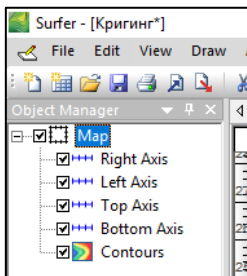


Рис. 1.22. Окно менеджера объектов

Объект *Map* представлен следующими компонентами: *Right Axis* (Правая Ось), *Left Axis* (Левая Ось), *Top Axis* (Верхняя Ось), *Bottom Axis* (Нижняя Ось) и *Contours* (Контуры). Менеджер объектов позволяет получить доступ к параметрам каждого компонента объекта с помощью двойного щелчка мыши по строке с названием этого компонента. При выделении объекта *Map* в менеджере объектов также происходит выделение самой карты в окне Plot-документа с помощью восьми ярко-зелёных маркеров. Видимость любого компонента или всего объекта можно

отменить, если убрать галочку слева от их названия. Для изменения названия объекта надо выделить название объекта с помощью однократного щелчка мышью по строке и вписать необходимое.

При двойном нажатии правой клавиши мыши по объекту *Map* появляется диалоговое окно **Property Manager – Map** (рис. 1.23).

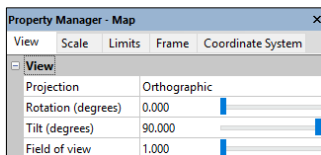


Рис. 1.23. Диалоговое окно свойств объекта *Map*

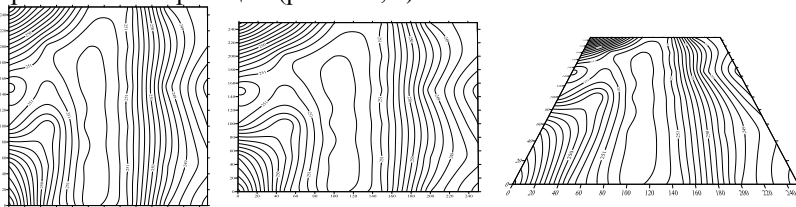
В закладке *View* можно редактировать следующие характеристики:

– *Projection*: можно выбрать один из двух вариантов – *Orthographic*, когда взгляд наблюдателя перпендикулярен плоскости изображения (рис. 1.24, а) или *Perspective*, когда взгляд наблюдателя под углом к плоскости карты (рис.1.24, б);

– *Rotation* – можно задавать угол поворота против часовой стрелки;

– *Tilt* – можно задавать угол наклона карты, когда используется перспективная проекция; при 90° проекция становится ортогональной, при 0° плоскость превращается в линию;

– *Field of View* – позволяет выбирать величину поля зрения при перспективной проекции (рис.1.24, в).



а) ортогональная

Рис. 1.24. Проекция карты

б) перспективная с углом наклона 45°

в) перспективная с углом наклона 45° и увеличенным значением поля зрения

В закладке *Scale* можно редактировать следующие характеристики:

– *Proportional XY scaling* – если строка активна, то при любых изменениях размеров осей, соотношения их исходных длин будут сохраняться, если не активна – размеры осей меняются независимо друг от друга;

– *X Scale* и *Y Scale* – для горизонтальной и вертикальной осей: *Map units per cm* – количество единиц, которые будут отражены на оси на 1 см оси и *Length* – длина оси.

В закладке *Limits* задаются значение начальных и конечных точек границ карты по горизонтали (*X*) или по вертикали (*Y*). Если поставить галочку на *Use data limits* (использовать границы данных), то границы карты будут проходить прямо по координатам самых дальних точек соответствующих сторон.

В закладке *Frame* задаются параметры рамки вокруг изображения и его внутренней заливки: *Style* – сплошная или прерывистая, с выбором длины отдельных фрагментов; *Color* – цвет рамки; *Opacity* – степень насыщенности цвета; *Width* – ширина рамки (от 0 до 1,27 см); *Pattern* – стиль фоновой заливки карты (без заливки, сплошная, штриховая, точечная и др.); *Foreground color* – цвет заливки; *Foreground opacity* – степень насыщенности цвета заливки.

При оформлении контурной карты необходимо руководствоваться установками в зависимости от варианта задания (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Варианты оформления контурной карты (объекта Map)

Вариант	Projection	Rotation, °	Tilt, °	Field of View	Pattern
1	Orthographic	0	90	1	none
2	Orthographic	15	60	1	solid → sand
3	Orthographic	30	90	1	solid → ice blue
4	Orthographic	45	45	1	solid → yellow
5	Orthographic	345	80	1	solid → sky blue
6	Orthographic	330	75	1	vertical → gold
7	Perspective	0	90	1	vertical → red
8	Perspective	0	80	10	vertical → cyan
9	Perspective	0	80	50	vertical → olive
10	Perspective	0	80	140	solid → chalk
11	Perspective	0	60	10	none
12	Perspective	0	60	50	5 percent → blue
13	Perspective	0	60	140	5 percent → red
14	Perspective	15	60	10	5 percent → blue
15	Perspective	20	70	50	10 percent → red

Каждая контурная карта создаётся с четырьмя осями: нижней, правой, верхней и левой. Для их изменения в менеджере объектов среди компонентов контурной карты необходимо выделить одну из осей (к примеру, строку *Left Axis*). Должны появиться ярко голубые маркеры у каждого конца оси и ярко-зелёные маркеры вокруг всей карты. Далее необходимо дважды щёлкнуть левой клавишей мыши. Появится диалоговое окно **Property Manager – Map: Left Axis** (рис. 1.25).

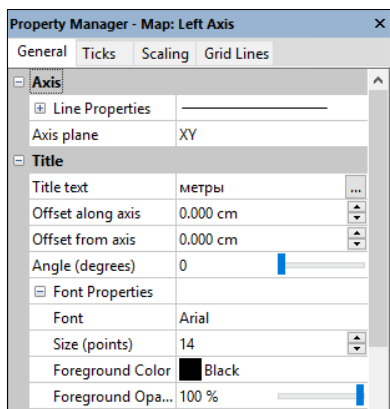


Рис. 1.25. Диалоговое окно свойств осей

Этот диалог предназначен для изменения параметров отображения выделенной оси. В закладке *General* группе *Title* в строке *Title text* необходимо вписать «метры». Это приведёт к появлению названия рядом с левой осью. Выбор свойств шрифта осуществляется в диалоге *Font Properties*. В списке *Font* необходимо выбрать шрифт и его размер (*Size*) согласно вариантам задания (табл.1.3).

Таблица 1.3

Варианты оформления осей контурной карты

Вариант	Формат названия		Формат подписей	
	шрифт	размер	шрифт	размер
1	Arial	14	Corbel	14
2	Arial Narrow	15	Bahnschrift	15
3	Comic Sans MS	16	Arial	14
4	Courier New	15	Arial Narrow	15
5	Georgia	14	Calibri	12
6	Century	13	Candara	13
7	Lucida Console	12	Garamond	12
8	Tahoma	13	Bookman Old Style	13
9	Times New Roman	14	T132	14
10	Verdana	15	Times New Roman	13
11	Bookman Old Style	16	Tahoma	14
12	Calibri	12	Georgia	14
13	Candara	13	Century	13
14	Corbel	14	Comic Sans MS	14
15	Bahnschrift	15	Courier New	15

В группе *Labels* устанавливаем опцию видимости подписей в *Show*, а также выбираем шрифт и размер подписей в *Font Properties* (табл. 1.3).

Также можно устанавливать угол вращения подписи *Angle (degrees)*, выбирать форму представления чисел *Fixed* или *Compact*. *Fixed* обеспечить одинаковое количество знаков после десятичного разделителя во всех подписях. В поле редактирования *Decimal digits* установить значение «1». Это означает, что в подписях делений оси после десятичного разделителя будет стоять только одна цифра. При установке представления чисел *Compact* в поле редактирования *Significant digits* установить значение «3».

В закладке *Scaling* в строке редактирования *Major Interval* ввести значение *100*. Это приведёт к двукратному уменьшению промежутков между основными делениями на оси.

Для выполнения данной лабораторной работы достаточно подписи левой и нижней оси карты.

Для нанесения текста используют меню **Draw | Text** (рис. 1.26).

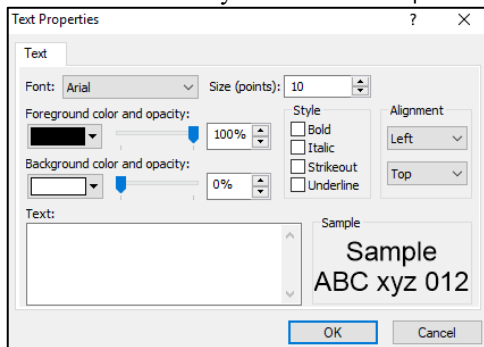


Рис. 1.26. Окно свойств текста

При необходимости можно нарисовать полигон (**Polygon**), ломаную линию (**Polyline**), символ (**Symbol**), прямоугольник (**Rectangle**), округлый прямоугольник (**Rounded Rectangle**), эллипс (**Ellipse**), сплайновую полилинию (**Spline Polyline**), а также изменить форму (**Reshape**).

Контурную карту окончательно оформляют по требованиям приложения 2 и сохраняют (**File | Save**) с именем *контурные.sif*.

Далее нажимают **File | New | Plot** и оформляют оставшиеся 2 контурные карты по другим методам интерполяции.

1.4. Построение векторных карт, 3D каркасов и поверхностей

Векторная карта (**Vector Image**) – состоит из направленных отрезков (векторов), которые показывают направление и интенсивность изменения координаты Z . Для создания такой карты необходимо выбрать команды **Map | New | 1-Grid Vector Map** и открыть файл *Kriging.grd*. В результате будет получена векторная карта, построенная по методу интерполяции Kriging (рис. 1.27).

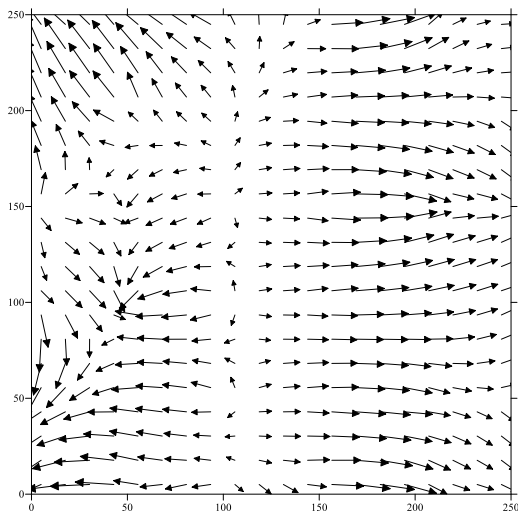


Рис. 1.27. Векторная модель рельефа по методу Kriging

Далее необходимо построить оставшиеся 2 контурных карты, полученные по методам интерполяции, согласно вариантам задания.

Для построения трёхмерного изображения рельефа в виде каркаса (**3D Wireframe**) необходимо выбрать меню **Map | New | 3D Wireframe**, далее указать grid-файл *Kriging*.grd*. В результате будет получена 3D каркасная карта, построенная по методу интерполяции Kriging (рис. 1.28).

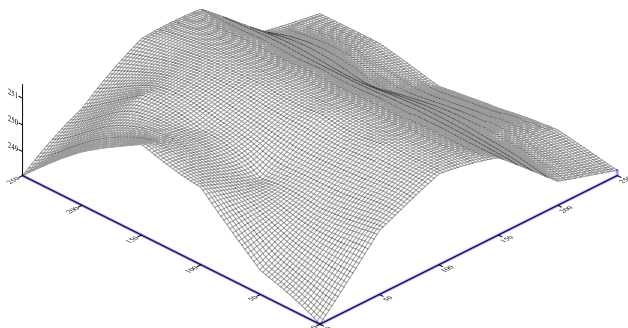


Рис. 1.28. 3D каркасная модель рельефа по методу интерполяции Kriging

Далее необходимо построить оставшиеся 2 трёхмерных изображения рельефа, полученные по методам интерполяции, согласно вариантам задания.

Для построения 3D модели поверхности рельефа (**3D Surface**) необходимо выбрать меню **Map | New | 3D Surface**, далее указать grid-файл **Kriging*.grd**. В результате будет получена 3D поверхность рельефа, построенная по методу интерполяции Kriging (рис. 1.29)

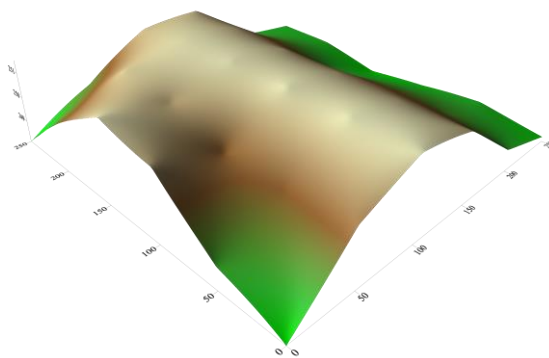


Рис. 1.29. 3D модель поверхности рельефа по методу интерполяции Kriging

Для дальнейшей обработки дважды щелкают по изображению. В открывающемся диалоге **Property Manager – Map: 3D Surface** имеется следующие закладки: **General, Mesh, Lighting, Overlays** (рис. 1.30)

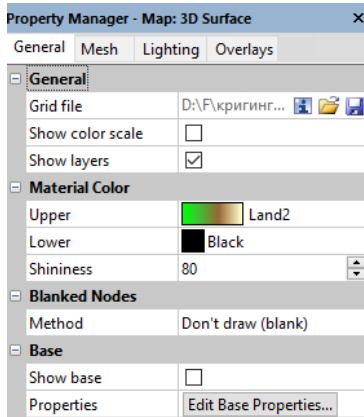


Рис. 1.30. Диалог **Property Manager - Map: 3D Surface**

В закладке **General** в опции *General* активируют строку *Show color scale*. В опции *Material Color* в строке *Upper* в выпадающем меню выбирают одну из палитр (Land, Land2, LandArid или Desert).

Далее необходимо построить оставшиеся 2 трёхмерных поверхности рельефа, полученные по методам интерполяции, согласно вариантам задания.

3D Wireframe и 3D Surface можно вращать и поворачивать под самыми различными углами. Для этого изображение нужно выделить и нажать кнопку **Trackball** (🖱️) на панели инструментов, затем зажать курсором изображение и двигать мышью до нужного направления и угла поворота модели.

В Surfer можно объединять несколько карт в единую карту (оверлей), например, карту изолиний с поверхностью. С включенными в оверлей картами выполняются операции как с единым объектом.

Для объединения контурной карты (рис.1.11) и 3D Wireframe (рис.1.27) изображений выполняют следующие действия:

1. **File | New | Plot;**
2. **Map | New | Contour Map | Kriging.grd;**
3. **Map | New | 3D Surface | Kriging.grd;**
4. **Edit | Select All;**
5. **Map → Overlay Maps.**

В результате будет получено следующее изображение (рис. 1.31).

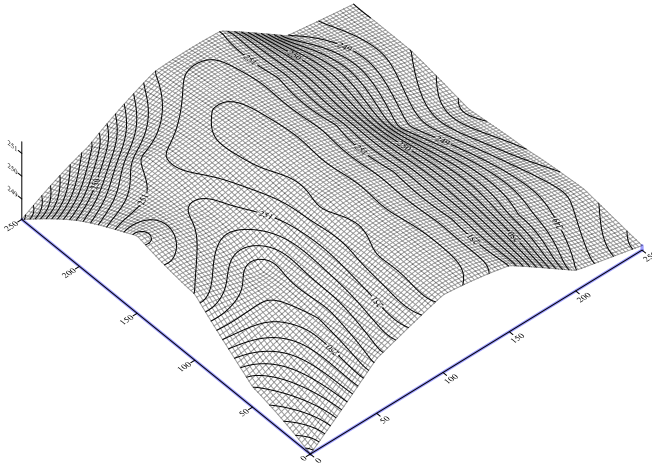
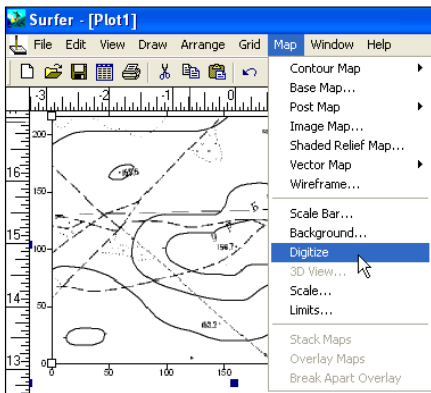


Рис. 1.31. Результат оверлейной операции

1.5. Дигитализация рельефа

Исходными данными для цифрования рельефа является топографическая карта с горизонталями. При построении ЦМР используется структурная модель, когда узловые точки необходимо располагать на горизонталях в точках излома, в результате чего каждая горизонталь будет разбита на прямые отрезки и представлять собой кусочно-ломаную.

Для проведения дигитализации в программе SURFER необходимо после запуска выбрать команды **Map | New | Base Map** выбрать необходимый формат растровых данных и файл по варианту (relief№.tif). После загрузки растрового изображения необходимо щелкнуть по ней курсором мыши, затем в меню **Map** выбрать **Digitize**, после чего маркер принимает форму «+» и можно приступать к дигитализации (рис.1.32).



Дигитализация производится путем наведения перекрестия курсора мыши на перегиб горизонтали и щелчком левой клавишей мыши. Одновременно открывается файл, который содержит координаты горизонталей X, Y, Z. Координаты X и Y проставляются автоматически, а координата Z вводится вручную, для чего маркер необходимо перевести в окно файла digitized.blm (рис. 1.33).

Рис. 1.32. Инициализация режима «Digitize»

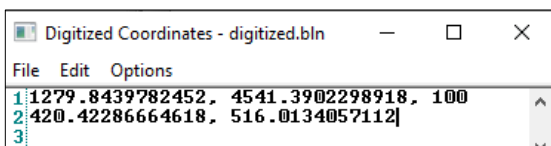


Рис. 1.32. Файл координат X, Y, Z

Курсор левой кнопкой мыши переводится в конец строки, далее ставится «,» и через пробел соответствующая высотная отметка.

После завершения оцифровки файл сохраняют (**File | Save | digitized.blm**). Далее в главном меню **Map | Digitize** отключают функцию **Digitize**.

Для построения трехмерно изображения рельефа необходимо выполнить:

1. **Grid | Data | digitized.blm | Gridding Method | Kriging | digitized.grd;**
2. **Map | New | 3D Surface | digitized.grd;**
4. **Edit | Select All;**
5. **Map → Overlay Maps.**

В результате будет получено следующее изображение (рис. 1.34).

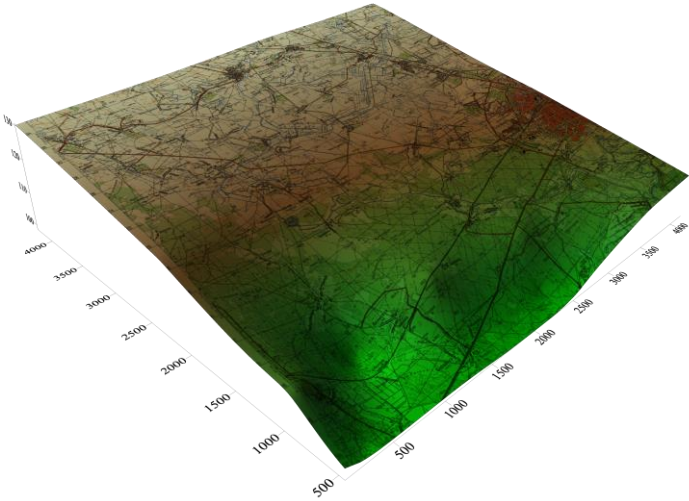


Рис. 1.34. Пример совмещения 3D-модели и фрагмента топоплана

Заливку 3D-поверхности необходимо убрать и оставить только изображение на топоплане. Во вкладке **Overlays** в Менеджере свойств поверхности **3D Surface**, в пункте **Color modulation** надо выбрать **Use overlay color only** (рис. 1.35).

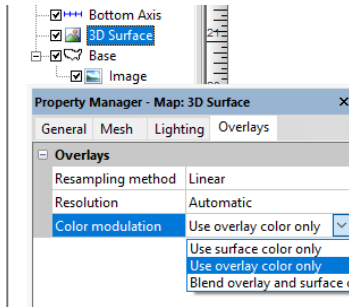


Рис. 1.35. Установление свойств изображения на топоплане

Вертикальный масштаб 3D-модели можно увеличивать или уменьшать в Менеджере свойств для объекта **Map** закладки **Scale** в опции **Z Scale** и строке **Length (page units)** (рис. 1.36).

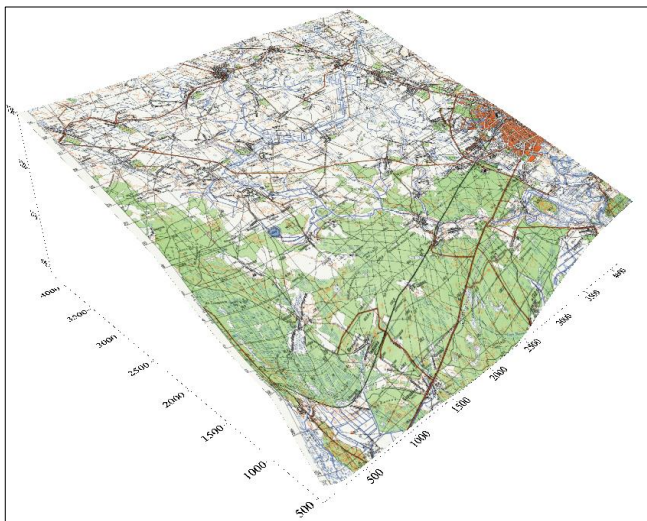


Рис. 1.36. Трёхмерная модель топоплана после отключения заливки

З а д а н и е 2. ОПЕРАЦИИ С СЕТОЧНЫМИ ФАЙЛАМИ

Цель задания: Выполнить операции обрезки и математических преобразований сеточных файлов.

Содержание задания:

2. Экспорт и импорт поверхностей в программе Surfer.

Исходные данные.

1. Отсканированная топографическая карта в формате tif, jpg, bmp.

В результате выполнения задания студент представляет:

2) бланкированное растровое изображение;

3) математически преобразованные 2D и 3D модели рельефа.

2.1. Обрезка изображений

Процедура «обрезки» карт в терминах Surfer называется бланкированием. В ходе этой процедуры не происходит физической обрезки файла, а точкам, лежащим вне выбранной области, присваивается определённое значение, при котором они или соответствующие им изображения не будут показаны на карте в окне чертежа.

Контурную карту, полученную в результате выполнения §1.3, необходимо бланкировать (обрезать) так, чтобы осталось изображение только выделенного фрагмента – прямоугольника (рис. 2.1).

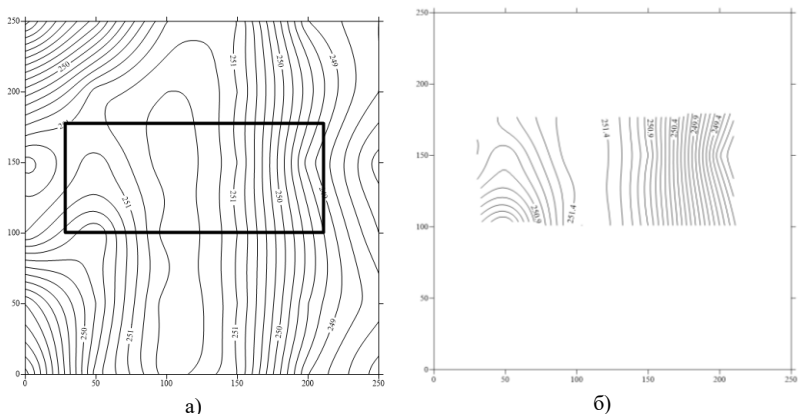


Рис. 2.1. Контурная карта, которую необходимо бланкировать (а), и результат бланкирования (б)

Для выполнения бланкирования необходимо выполнить:

1. **File | New | Plot;**
2. **Map | New | Contour Map | Kriging.grd.**

Бланкирование геометрическими фигурами контурных карт должно быть выполнено по вариантам задания (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Варианты бланкирования геометрическими фигурами

Вариант	Фигура	Вариант	Фигура	Вариант	Фигура
1	прямоугольник	6	шестиугольник	11	трапеция
2	ромб	7	семиугольник	12	треугольник
3	треугольник	8	овал	13	квадрат
4	квадрат	9	ромб	14	ромб
5	пятиугольник	10	треугольник	15	треугольник

В начале необходимо щёлкнуть на карту правой кнопкой мыши и в контекстном меню выбрать **Digitize**. При этом курсор приобретёт форму крестика. После отметки первой точки бланкируемого полигона появляется окно **Digitized Coordinates**, куда заносятся автоматически координаты каждой отмечаемой точки (рис. 2.2).

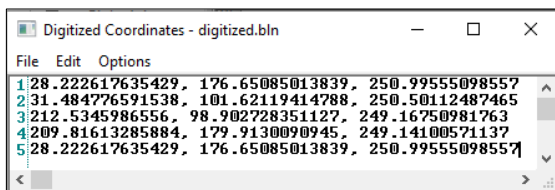


Рис. 2.2. Окно дигитализации координат

Далее курсором последовательно отмечаются все точки, которыми околнуривается бланкированный полигон (на карте эти точки будут отмечаться красными крестиками). Координаты последней точки должны полностью совпадать с координатами первой точки, поэтому лучше всего копировать первую строчку и вставить в последнюю (в данном случае, строки 1 и 5). Затем необходимо сохранить эти данные, выбрав команду **File | Save As** в окне **Digitized Coordinates**. Файл лучше назвать по названию отсекающей фигуры *rectangle.blm*.

Затем необходимо открыть окно *Worksheet (Таблица)*, в котором будет редактироваться сохранённый файл (**File | New | Worksheets | File | Open | rectangle.blm**) (рис. 2.3).

	A	B	C	D
1	5	1		
2	28,222618	176,65085	250,99555	
3	31,484777	101,62119	250,50112	
4	212,53460	98,902728	249,16751	
5	209,81613	179,91301	249,14101	
6	28,222618	176,65085	250,99555	

Рис. 2.3. Файл с координатами отсекающей фигуры

В первом столбце первой строки этого файла указано количество узлов, из которых состоит полигон (4 точки поворота прямоугольника + 1 замыкающая точка). Во втором столбце первой строки записывается значение 0 или 1. В случае, если использован 0, бланкируются (отсекаются) значения файла, расположенные за рамками полигона; в противном случае бланкируются значения точек, лежащих *внутри* околнуренного полигона. В последующих строчках указываются координаты узлов полигона. Количество строк должно соответствовать значению, указанному в первой ячейке таблицы. Полигон для бланкирования должен быть обязательно замкнут, то есть координата последнего узла должна совпадать с координатой первого. В примере на рис. 2.3 следует заменить в первой строке во второй колонке 1 на 0

(чтобы бланкировалась область вне полигона, а не внутри него). Затем надо сохранить изменённый файл.

Затем возвращаемся в открытое окно *Plot (Рисунок)* и выбираем команду **Grid | Blank**. В появившемся окне *Open Grid* выбираем файл, который будет обрезаться (*Kriging.grd*). Затем сразу же в окне *Открыть* выбираем обрезавший файл *rectangle.blm*. Сразу после этого появляется окно *Save Grid As*, в котором сохраняется вырезанный grid-файл (по умолчанию *out.grd*).

После сохранения этот файл открывается (**Map | New | Contour Map | out.grd**), как показано на рис. 2.1, б.

2.2. Построение сеточного файла по функции

Для генерирования сеточного файла для любой функции двух переменных вида $z = f(y, x)$ необходимо выполнить команду **Grid | Function**. Появится диалоговое окно *Grid Function* (рис. 2.4).

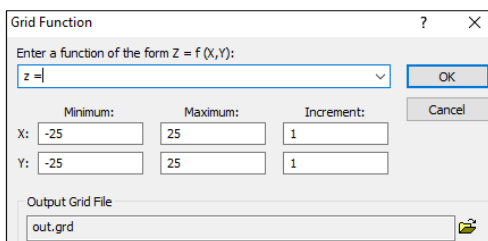


Рис. 2.4. Диалоговое окно сеточной функции

В окно *Enter a function of the form Z = f (X,Y)* нужно ввести функцию по варианту (табл.2.2).

Таблица 2.2

Варианты функций

Вариант	Функция	минимум	максимум	шаг
1	2	3	4	5
1	$z = \cos(x)\sin(y)$	0	90	10
2	$z = -2400 + x(\frac{1.6}{900}) + \cos x(\frac{y}{1000}) * 9.6 - \sin(\frac{x}{950}) * 11.4$	1000	10000	500
3	$z = 2x - y^2 + x^3$	1	25	1
4	$z = 1 + \frac{\sin x}{y}$	1	25	1
5	$z = (x^3 + y^3)(\sin(8 * \arctan(x * y)))$	1	25	1
6	$z = \sin(\sqrt{3x^2 + y^2})$	1	15	1

Окончание табл. 2.2

1	2	3	4	5
7	$z = 10 + \ln(x) + \log_{10}(y)$	10	160	10
8	$z = \cos\left(8 \arctan\left(\frac{2y}{x}\right)\right)$	10	80	10
9	$z = x^2 + y^2$	-25	25	1
10	$z = \cos(x)\sqrt{90+\sin(y)}$	1	90	10
11	$z = \frac{1}{1+x^2} + \frac{1}{1+y^2}$	-25	25	5
12	$z = \cos(\sqrt{4x^3 + y^3})$	10	85	5
13	$z = -\sin(x^2 + y^2) + 1$	-25	25	5
14	$z = \frac{x^2}{10} - \frac{y^2}{70}$	-10	10	1
15	$z = \left(\frac{x^2}{102} + \frac{y^2}{3}\right) / \sin(x)$	1	10	1

Также необходимо ввести минимальные (*Minimum*) и максимальные (*Maximum*) значения переменных X и Y , и значения шагов (*Increment*) по осям координат. Выходной файл *out.grd* нужно переименовать на *function.grd*.

Для описания функций используют арифметические операции и математические функции, встроенные в Surfer (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Арифметические операции и математические функции, встроенные в Surfer

Выражение	Синтаксис для ввода в строку Enter a function...
()	скобки
-	минус
+	плюс
*	умножить
/	разделить
cos(x)	косинус
sin(x)	синус
atan(x)	арктангенс
exp(x)	Экспоненциальная функция e^x
ln(x)	Натуральный логарифм. Значение x должно быть больше 0
log10(x)	Десятичный логарифм. Значение x должно быть больше 0
pow(x,y)	x^y . Ошибка возникнет, если $x = 0$ и $y \leq 0$ и, если $x < 0$ и y не целое
sqrt(x)	Корень квадратный. Значение x не должно быть меньше 0

На основе созданного сеточного файла необходимо построить карту поверхности (**Map | 3D Surface | function.grd** (рис. 2.5)).

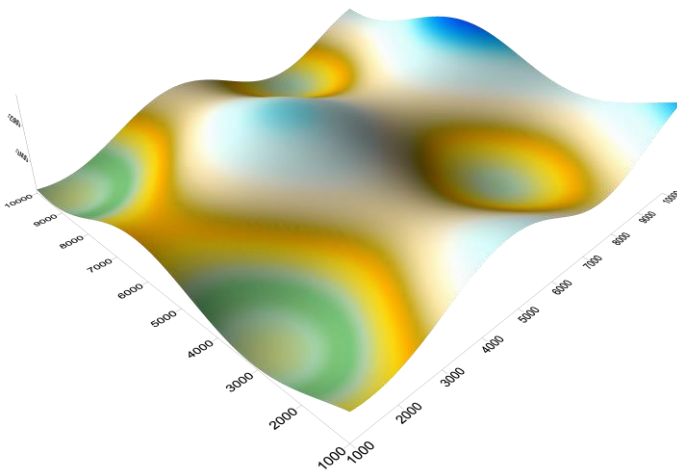


Рис. 2.5. Поверхность построенная по функции $z=f(x,y)$

2.3. Математические преобразования

В Surfer можно производить математические операции с grid-файлами – складывать и вычитать различные grid-файлы, осуществлять арифметические действия над всеми узлами сетки и т. д.

Команда **Grid | Math** позволяет сгенерировать сеточный файл, значения которого вычисляются по значениям Z-координат узлов двух других сеточных файлов с помощью математических операций. Файлы, участвующие в операциях, должны иметь одинаковое число точек с одинаковыми координатами.

Команда **Grid | Math** создаёт сеточный файл на основе определенной математической функции вида $C = f(A,B)$, где A и B – входные grid-файлы, а C – выходной grid-файл. Рассмотрим такую возможность на примере определения разницы Z-координат, полученных различными вариантами интерполяции (Kriging и Minimum Curvature, раздел 1.2 данных методических указаний, вариант 1).

Выберем команду **Grid | Math**. В открывающемся окне *Grid Math* с помощью кнопки **Add Grids...** выбираем сначала grid-файл верхней поверхности (*Kriging.grd*, он будет обозначен как файл A), затем добавляем файл нижней поверхности (*Minimum.grd*, файл B) (рис. 2.6).

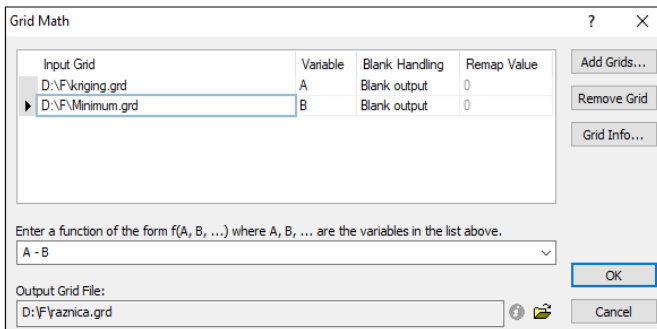


Рис. 2.6. Диалоговое окно Grid Math

В строке *Enter a function of the form...* вводим функцию, в соответствии с которой будет проведена математическая операция с выбранными grid-файлами (вводим $A-B$). Присваиваем имя результирующему файлу название (*raznica.grd*) и нажимаем *OK*.

В итоге получается карта, значения узлов которой являются разностью значений узлов первой и второй карт, полученных методом *Kriging* и *Minimum curvature*. Для ее визуализации необходимо выполнить команды **Map | New | 3D Surface | raznica.grd** (рис.2.7).

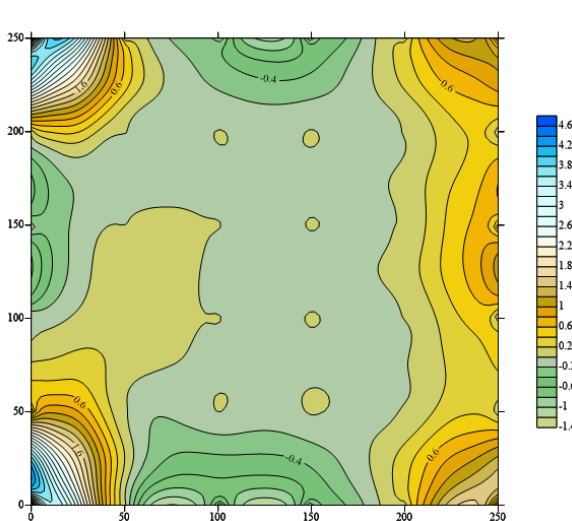


Рис. 2.7. Результирующая карта, полученная путём вычитания значений узлов второй карты из значений первой

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Геоинформационные системы и технологии. Построение цифровой модели рельефа в программе "Surfer" : метод. указания / Белорус. гос. с.-х. академ.; сост. Д. А. Чиж. – Горки, 2006. – 16 с.

ГИС-технологии: геоинформационная система Golden Software Surfer : практ. пособие / А. С. Соколов ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомель. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. – 46 с.

Построение моделей пространственных переменных (с применением пакета Surfer) : учеб. пособие / К. А. Мальцев, С. С. Мухарамова. – Казань : Казан. ун-т, 2014. – 103 с.

Решение геологических задач с применением программного пакета Surfer : практикум / сост.: И. А. Иванова, В. А. Чеканцев. – Томск : Изд-во Томск. политех. ун-та, 2008. – 92 с.

Силкин, К. Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8 : учеб.-метод. пособие для вузов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2008. – 66 с.

Приложение 1

Исходные данные нивелирования для построения 3-мерной модели рельефа, м

Вариант 1

X	Y	Z
0	0	248.1
50	0	250.5
100	0	251.5
150	0	251
200	0	249
250	0	248.3
0	50	249
50	50	250.2
100	50	251.5
150	50	251
200	50	249.4
250	50	248.7
0	100	251
50	100	250.2
100	100	251.5
150	100	251
200	100	249.5
250	100	248.4
0	150	251.5
50	150	250.9
100	150	251.5
150	150	251
200	150	249.1
250	150	248.1
0	200	250.1
50	200	251.1
100	200	251.4
150	200	251
200	200	249.5
250	200	248.6
0	250	248.1
50	250	249.5
100	250	251
150	250	251
200	250	249
250	250	248.6

Вариант 2

X	Y	Z
0	0	248.2
50	0	249
100	0	250
150	0	251
200	0	252
250	0	252.5
0	50	249
50	50	250
100	50	251
150	50	252
200	50	253
250	50	253.5
0	100	248.6
50	100	249
100	100	250
150	100	251
200	100	252.1
250	100	252.4
0	150	250
50	150	249.6
100	150	249.6
150	150	250.7
200	150	251.6
250	150	252
0	200	251.1
50	200	250.3
100	200	250
150	200	251
200	200	252
250	200	252.4
0	250	250.2
50	250	251
100	250	251
150	250	251.5
200	250	252.5
250	250	252.6

Вариант 3

X	Y	Z
0	0	248.5
50	0	249
100	0	249
150	0	248
200	0	247
250	0	246.5
0	50	249
50	50	249.8
100	50	250
150	50	248.5
200	50	248
250	50	247
0	100	250.2
50	100	250
100	100	250
150	100	248
200	100	247
250	100	246.2
0	150	250.2
50	150	250.3
100	150	250
150	150	249
200	150	248
250	150	247
0	200	248
50	200	250
100	200	250
150	200	249
200	200	248
250	200	247
0	250	247.6
50	250	248
100	250	248.1
150	250	248.2
200	250	247
250	250	247

Вариант 4

X	Y	Z
0	0	248.7
50	0	249
100	0	251
150	0	251
200	0	250
250	0	249.5
0	50	249
50	50	250
100	50	251
150	50	251.3
200	50	250.5
250	50	251
0	100	250
50	100	251
100	100	251.3
150	100	251.2
200	100	251
250	100	250.5
0	150	251
50	150	251.3
100	150	250
150	150	250
200	150	251.4
250	150	250.7
0	200	251.6
50	200	251
100	200	249.5
150	200	249.5
200	200	251.2
250	200	251
0	250	251.6
50	250	251
100	250	249.5
150	250	249.5
200	250	251
250	250	251.6

Вариант 5

X	Y	Z
0	0	250.5
50	0	250
100	0	250
150	0	250.9
200	0	251
250	0	251.5
0	50	250
50	50	249
100	50	248.7
150	50	248.9
200	50	249.9
250	50	251.3
0	100	249
50	100	248
100	100	247.7
150	100	249.2
200	100	250
250	100	251
0	150	248
50	150	249
100	150	249.5
150	150	250
200	150	251
250	150	252
0	200	249
50	200	250
100	200	250.5
150	200	251
200	200	252
250	200	252.9
0	250	248.5
50	250	249
100	250	249.5
150	250	250
200	250	251
250	250	252

Вариант 6

X	Y	Z
0	0	248.4
50	0	249
100	0	250
150	0	251.1
200	0	249.1
250	0	248.4
0	50	249
50	50	250
100	50	251
150	50	250.9
200	50	250.1
250	50	249
0	100	249
50	100	250
100	100	251
150	100	251
200	100	250
250	100	249.2
0	150	248
50	150	249
100	150	250
150	150	250
200	150	249.8
250	150	249.5
0	200	247.5
50	200	248
100	200	249
150	200	249.5
200	200	249.4
250	200	249.2
0	250	247.3
50	250	247.5
100	250	248
150	250	248.7
200	250	249
250	250	249.7

Вариант 7

X	Y	Z
0	0	247.1
50	0	248.1
100	0	249
150	0	250.2
200	0	250.9
250	0	252.0
0	50	248
50	50	248.2
100	50	249
150	50	250.1
200	50	250.9
250	50	252
0	100	248.9
50	100	249
100	100	249.3
150	100	250.2
200	100	251
250	100	251.9
0	150	250.2
50	150	250
100	150	250
150	150	250.2
200	150	250.9
250	150	252.3
0	200	251
50	200	251.1
100	200	250.9
150	200	250.9
200	200	251.2
250	200	252.2
0	250	252.2
50	250	252.3
100	250	252.4
150	250	252.3
200	250	252.3
250	250	252.4

Вариант 8

X	Y	Z
0	0	249
50	0	249.5
100	0	250
150	0	250
200	0	249.5
250	0	249
0	50	248
50	50	249
100	50	249.7
150	50	250
200	50	249
250	50	248
0	100	247.5
50	100	248
100	100	249.2
150	100	249.3
200	100	248
250	100	247.5
0	150	248
50	150	249
100	150	250
150	150	249.9
200	150	249
250	150	247.7
0	200	248.1
50	200	249
100	200	250
150	200	249.9
200	200	249
250	200	248
0	250	247.5
50	250	248
100	250	249.1
150	250	249
200	250	248
250	250	247.7

Вариант 9

X	Y	Z
0	0	247.7
50	0	248
100	0	248.2
150	0	248.3
200	0	247.7
250	0	247.3
0	50	248
50	50	248.5
100	50	249
150	50	249
200	50	248.3
250	50	247.7
0	100	248.5
50	100	249
100	100	249.5
150	100	249.9
200	100	250
250	100	248
0	150	249
50	150	249.5
100	150	250
150	150	251
200	150	251
250	150	250
0	200	249.3
50	200	249.5
100	200	249.7
150	200	251
200	200	251
250	200	250
0	250	249.1
50	250	249.3
100	250	249.8
150	250	250
200	250	250
250	250	249.5

Вариант 10

X	Y	Z
0	0	247.1
50	0	248.1
100	0	249
150	0	250.2
200	0	250.9
250	0	252.0
0	50	248
50	50	248.2
100	50	249
150	50	250.1
200	50	250.9
250	50	252
0	100	248.9
50	100	249
100	100	249.3
150	100	250.2
200	100	251
250	100	251.9
0	150	250.2
50	150	250
100	150	250
150	150	250.2
200	150	250.9
250	150	252.3
0	200	251
50	200	251.1
100	200	250.9
150	200	250.9
200	200	251.2
250	200	252.2
0	250	252.2
50	250	252.3
100	250	252.4
150	250	252.3
200	250	252.3
250	250	252.4

Вариант 11

X	Y	Z
0	0	249.5
50	0	249
100	0	248
150	0	247
200	0	246.1
250	0	246.3
0	50	250
50	50	249.9
100	50	249
150	50	248
200	50	246.3
250	50	246
0	100	250.2
50	100	250.3
100	100	250
150	100	249
200	100	248
250	100	247.2
0	150	247
50	150	250.7
100	150	250.9
150	150	250.9
200	150	249.5
250	150	248.6
0	200	247.8
50	200	250.7
100	200	251
150	200	251.2
200	200	250
250	200	249
0	250	248.2
50	250	250.5
100	250	250.4
150	250	250
200	250	249
250	250	248

Вариант 12

X	Y	Z
0	0	249
50	0	250
100	0	250.5
150	0	250.5
200	0	250
250	0	249.5
0	50	248.5
50	50	249.1
100	50	250.2
150	50	250.4
200	50	249.5
250	50	249
0	100	249
50	100	250
100	100	250.9
150	100	250
200	100	249
250	100	248.2
0	150	250
50	150	250.7
100	150	250.2
150	150	250.9
200	150	249.8
250	150	249
0	200	250.2
50	200	250.2
100	200	249
150	200	250.3
200	200	250.9
250	200	250
0	250	250.9
50	250	250
100	250	248.5
150	250	250
200	250	250.9
250	250	250.5

Вариант 13

X	Y	Z
0	0	249
50	0	248.8
100	0	248.7
150	0	248
200	0	247
250	0	246.5
0	50	249.8
50	50	250
100	50	249.3
150	50	248.7
200	50	248
250	50	246.9
0	100	250
50	100	251.1
100	100	250.5
150	100	249.4
200	100	248.7
250	100	248.1
0	150	249.7
50	150	251
100	150	251.8
150	150	250.4
200	150	249.4
250	150	248.5
0	200	249
50	200	250
100	200	251
150	200	251.1
200	200	250.1
250	200	249
0	250	248.7
50	250	249
100	250	250
150	250	250.1
200	250	249.9
250	250	249.5

Вариант 14

X	Y	Z
0	0	247.5
50	0	248
100	0	247.9
150	0	247.4
200	0	247.3
250	0	247.1
0	50	247.8
50	50	248.7
100	50	249
150	50	248
200	50	248
250	50	248
0	100	247.7
50	100	249
100	100	250
150	100	249.7
200	100	249.2
250	100	248.7
0	150	248.5
50	150	248.2
100	150	249.2
150	150	251
200	150	250.9
250	150	249.7
0	200	247
50	200	247.5
100	200	248.5
150	200	250
200	200	251.5
250	200	252
0	250	246.5
50	250	247
100	250	248
150	250	249
200	250	252
250	250	252.5

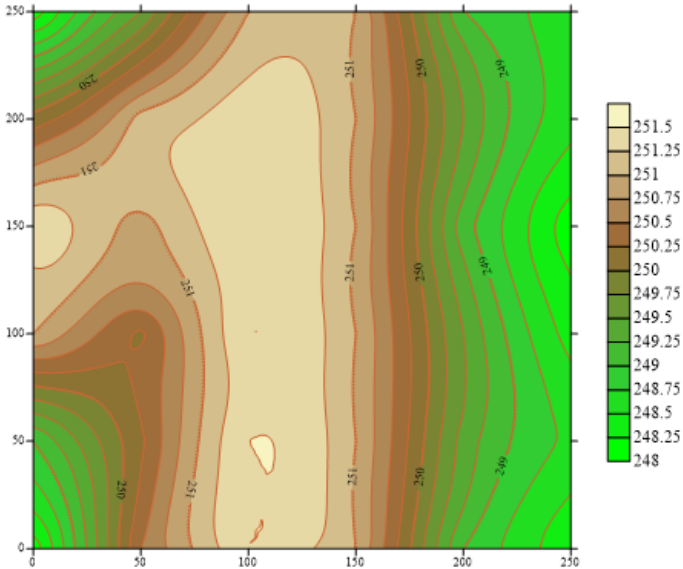
Вариант 15

X	Y	Z
0	0	246
50	0	248.2
100	0	248
150	0	247.6
200	0	247.6
250	0	250
0	50	247.8
50	50	248.7
100	50	249
150	50	248
200	50	248.5
250	50	248
0	100	247.7
50	100	249.1
100	100	250.2
150	100	249.6
200	100	249
250	100	249
0	150	248
50	150	248
100	150	249
150	150	251.3
200	150	251.5
250	150	249.5
0	200	247
50	200	247.5
100	200	248.5
150	200	250
200	200	251.5
250	200	252
0	250	250
50	250	247
100	250	248
150	250	249
200	250	252.1
250	250	255

Пример оформления контурной карты

**Контурная карта изолиний
по методу интерполяции Kriging**

Вариант1



СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Задание 1. Построение 2D и 3D моделей рельефа по результатам геодезических измерений	4
Задание 2. Операции с сеточными файлами	26
Список литературы	33
Приложение 1	34
Приложение 2	39

Учебное издание

Чиж Дмитрий Анатольевич
Червань Александр Николаевич

ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА В ПРОГРАММЕ SURFER

**Методические указания
по выполнению лабораторно-практических работ
для студентов специальности
1-56 02 02 «Геоинформационные системы»**

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *Д. А. Чиж*

Подписано в печать 24.03.2022. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Усл.-печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,71. Тираж 50 экз.

Белорусский государственный университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/270 от 03.04.2014.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика
на копировально-множительной технике
факультета географии и геоинформатики
Белорусского государственного университета.
Ул. Ленинградская, 14, 220030, Минск.