



Gemcom Surpac 5.1

Геостатистика



Основные Авторы

Rowdy Bristol
и отдел документации

Программный продукт

Gemcom Surpac 5.1 и 5.2
MineSched 4.0

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ВАЖНЫЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ МОМЕНТЫ	6
1. ЧТО ТАКОЕ УЧАСТОК?	6
2. ПРОВЕРЬТЕ ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ	6
3. ПОНИМАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА И ПАРАМЕТРОВ.....	7
4. ПРОВЕРЬТЕ ВЫХОДНУЮ МОДЕЛЬ	7
УСТАНОВКА ФАЙЛОВ.....	8
1. СОЗДАЙТЕ РАБОЧУЮ ДИРЕКТОРИЮ.....	8
2. СКОПИРУЙТЕ/СГРУЗИТЕ ZIP ФАЙЛ.....	8
3. РАЗАРХИВИРУЙТЕ ФАЙЛЫ.....	8
УЧАСТКИ (ЗОНЫ).....	9
1. ПРОСТОЙ ПРИМЕР	9
2. ОБЗОР УЧАСТКОВ С ПОМОЩЬЮ СЮРПЭКА.....	11
3. ИЗВЛЕЧЕНИЕ ДАННЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕННОГО УЧАСТКА.....	12
ЭЛЕМЕНТАРНАЯ СТАТИСТИКА.....	14
1. ГИСТОГРАММА.....	15
2. БИМОДАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ	16
3. ОТСКОКИ	16
4. ПОКАЗ ГИСТОГРАММ В СЮРПЭКЕ	17
5. УДАЛЕНИЕ ОТСКОКОВ ИЗ НАБОРА ДАННЫХ	19
АНИЗОТРОПИЯ	23
1. ИЗОТРОПИЯ И АНИЗОТРОПИЯ	23
2. ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗОТРОПИИ	25
3. ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНИЗОТРОПИИ	27
4. ВИЗУАЛИЗАТОР ЭЛЛИПСОИДА.....	31
ВАРИОГРАММЫ.....	38
1. ВВЕДЕНИЕ В ВАРИОГРАММЫ	38
2. РАСЧЕТ ВАРИОГРАММЫ.....	40
3. ИЗМЕНЕНИЕ ШАГА	43
4. РАЗНОНАПРАВЛЕННЫЕ (МНОГОПОВОРОТНЫЕ) ВАРИОГРАММЫ	45
5. НАПРАВЛЕННЫЕ ВАРИОГРАММЫ	46
6. РАСЧЕТ РАЗНОНАПРАВЛЕННОЙ (МНОГОПОВОРОТНОЙ) ВАРИОГРАММЫ В СЮРПЭКЕ.....	48
7. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВАРИОГРАММ В СЮРПЭКЕ	53
КАРТЫ ВАРИОГРАММ.....	62
1. КАРТА ПЕРВИЧНОЙ ВАРИОГРАММЫ	63
2. КАРТА ВТОРИЧНОЙ ВАРИОГРАММЫ	70
3. ПАРАМЕТРЫ ЭЛЛИПСОИДА АНИЗОТРОПИИ	72
4. СТАДИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРТ ВАРИОГРАММ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЛИПСОИДА АНИЗОТРОПИИ	77
ВЫЧИСЛЕНИЯ МЕТОДОМ ОБРАТНОГО РАССТОЯНИЯ (МОР).....	80
1. РАСЧЕТЫ МОП В ИЗОТРОПНЫХ И АНИЗОТРОПНЫХ УСЛОВИЯХ	80
2. СТАДИИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПОДСЧЕТА МОП.....	82
3. ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ОБРАТНОГО РАССТОЯНИЯ	85
ОРДИНАРНЫЙ КРИГИНГ	87
1. ВЛИЯНИЕ «НАГГЕТА»	87
2. ВЛИЯНИЕ ДИАПАЗОНА.....	88
АНАЛИЗ РАЗМЕРА БЛОКА	94
1. ОТЛАДКА ВЫХОДНЫХ ДАННЫХ ОК	94
2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРИГИНГА И НАКЛОНА ЛИНИИ УСЛОВНОЙ ПОГРЕШНОСТИ.....	95

3. ВЫБОР РАЗМЕРА БЛОКА	96
ЗАВЕРКА МОДЕЛИ	97
1. СРАВНЕНИЕ ДАННЫХ БУРЕНИЯ И БЛОК-МОДЕЛИРОВАНИЯ НА РАЗРЕЗАХ	97
2. КРИВАЯ СОДЕРЖАНИЕ-ТОННАЖ	99
3. ЭЛЕМЕНТАРНАЯ СТАТИСТИКА ВЫЧИСЛЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДЛЯ БЛОК-МОДЕЛИ	100
4. АНАЛИЗ ТРЕНДА	101

Введение

Геостатистика используется в горном деле, лесном хозяйстве, гидрологии и метеорологии для того, чтобы понять, как определенные показатели меняются в пространстве. Вероятно, наиболее распространенная сфера применения геостатистики – это расчеты, например, вычисление удельного веса пород для участка, где известно только несколько точек опробования. Часто это делается в трехмерном пространстве. Набор точек с вычисленными значениями известен под названием «модель». Как сказал профессор статистики Висконсинского Университета в США Джордж Бокс: «Все модели неверны. Некоторые полезны».

Требования:

Для использования этого руководства, необходимо установить версию Сюрпэка v5.1. В дополнение к этому, необходимо иметь ясное представление о следующих аспектах пакета:

1. Геологическая база данных
2. Каркасные модели
3. Блок-моделирование (как создать и ограничить модель)
4. Макрокоманды

Если Вы плохо знакомы с этими вопросами, то многие части руководства осваивать будет трудно.

Цели:

Главнейшей целью этого руководства является оказание Вам помощи в ознакомлении с методами геостатистических операций в Сюрпэке. Руководство также ознакомит Вас с общими геостатистическими концепциями и нацелит Вас на принятие геостатистических решений. В конечном итоге, ответственность, обусловленная создаваемыми Вами моделями – это Ваша ответственность. Зачастую в наличии существует большее число методов создания модели, чем описанно здесь.

Рабочий процесс:

Процесс, намеченный в этом руководстве, охарактеризован ниже:

1. Введение
2. Важнейшие концептуальные аспекты геостатистики
3. Установка учебных файлов
4. Участки
5. Базовая статистика
6. Анизотропия
7. Вариограммы
8. Карты вариограмм
9. Подсчеты методом обратной дистанции
10. Ординарный кригинг
11. Анализ размера блоков
12. Заверка модели

Важные концептуальные моменты

Обзор:

Хотя геостатистика не является точной наукой, существуют определенные концептуальные принципы, которые снижают ошибки в расчетах.

1. Участки
2. Заверка входных данных
3. Понимание методов расчета и параметров
4. Заверка выходной модели

Требования:

Эту главу читать необязательно, но возможно, будет легче понять некоторые принципы, если вы:

- имеете некоторое понятие об основах статистики
- знаете, что такое геостатистическая модель, или
- проводили геостатистические подсчеты прежде

1. Что такое участок?

Важно различать «зоны» или «участки» внутри модели. Как только Вы идентифицировали модели, важно сгруппировать все образцы, расположенные внутри каждого участка, в четкий набор данных. После этого Вы сможете проанализировать каждый набор в отдельности и использовать данные по каждому участку для подсчетов в его пределах.

2. Проверьте входные данные

Поговорка «Мусор на входе = Мусор на выходе» определенно относится к геостатистике. Хотя теория опробования и контроль за качеством работы в лаборатории являются важными моментами, оказывающими влияние на качество подсчетов с использованием набора данных, эти аспекты выходят за пределы настоящего руководства.

При допущении, что качество данных не может быть лучше, чем оно есть, появляется пара потенциально опасных характеристик выборки данных, к которым следует присмотреться: «бимодальность» и «отскоки (выбросы)». Про выборку данных говорят, что она «одномодальна», если гистограмма показывает только один пик. Если в ней два пика, выборку называют «бимодальной». Если Вы используете более обычные методы подсчета для создания модели, основанной на «бимодальном» распределении данных, то эта модель будет с большей вероятностью содержать ошибки в расчетах, чем модель, базирующаяся на «одномодальном» распределении данных. В дополнение к этому, «отскоки» или значения, которые сильно отличаются от большей части данных, могут вызвать ошибки в расчетах.

3. Понимание методов расчета и параметров

Имеется множество методов расчета и множество параметров внутри каждого метода. Прежде чем использовать какой-то метод, Вы должны иметь неплохое представление об элементарной статистике и об основных принципах геостатистики.

Использование геостатистики может быть уподоблено полету на реактивном самолете. Хотя существуют «автопилотные» режимы, когда вы просто нажимаете несколько кнопок и что-то происходит, важно, чтобы пилот понимал теорию аэродинамики, чтобы понять, какое влияние оказывает определенная рукоятка на конечный результат.

4. Проверьте выходную модель

В конечном итоге, вы должны будете отвести время на проверку качества подсчета путем просмотра и анализа его результатов. Гистограммы рассчитанных значений, планы с изолиниями, разрезы через блок-модели, раскрашенные и повернутые в трехмерном пространстве – все это методы, которые могут использоваться для проверки выходных значений.

Резюме:

Геостатистика – это исследование того, как данные варьируют в пространстве. Это приближенный метод, который используется для того, чтобы произвести подсчет для точек, где эти данные отсутствуют. Важно увидеть, что проверка входных и выходных данных столь же важна, как и понимание теории геостатистики и используемых подсчетных методов.

Установка файлов

Обзор:

В этой главе будет разъяснено, как устанавливать файлы, используемые в руководстве по геостатистике.

Требования:

До того, как начать работу с упражнениями из этого раздела, вы должны:

- знать, как использовать *Windows Explorer* для создания директории
- иметь доступ к архивирующему ПО, такому как *WinZip*

1. Создайте рабочую директорию

Используя *Windows Explorer*, создайте директорию, в которой вы будете разархивировать файлы.

Например, вы можете создать директорию:

C:\v51_geostats_demo

2. Скопируйте/сгрузите *zip* файл

Затем скопируйте файл **geostats_data.zip** в эту директорию. Если у Вас нет копии этого файла, сгрузите его, используя следующий линк, или вступите в контакт с местным офисом *Surpac Minex Group*:

ftp://ftp.surpac.com/incoming/geostats_data.zip

3. Разархивируйте файлы

Используя *WinZip* или другое (раз)архивирующее ПО, разархивируйте файл **geostats_data.zip** в созданной Вами директории.

Резюме:

Файлы, которые понадобятся Вам для всей последующей работы в рамках руководства, должны быть теперь в Вашей рабочей директории.

Участки (Зоны)

Обзор:

Одним из важнейших аспектов геостатистики является то, насколько верно какой-либо набор данных расклассифицирован в набор участков. Участок – это двухмерное или трехмерное пространство, внутри которого все данные соотносятся друг с другом. Смешивание данных из разных участков или неверная расклассификация данных в правильные участки-зоны могут привести ко многим ошибкам в расчетах.

Следующие концепции будут представлены в этом разделе:

1. Подсчеты внутри участков
2. Влияние участков на подсчитанные значения

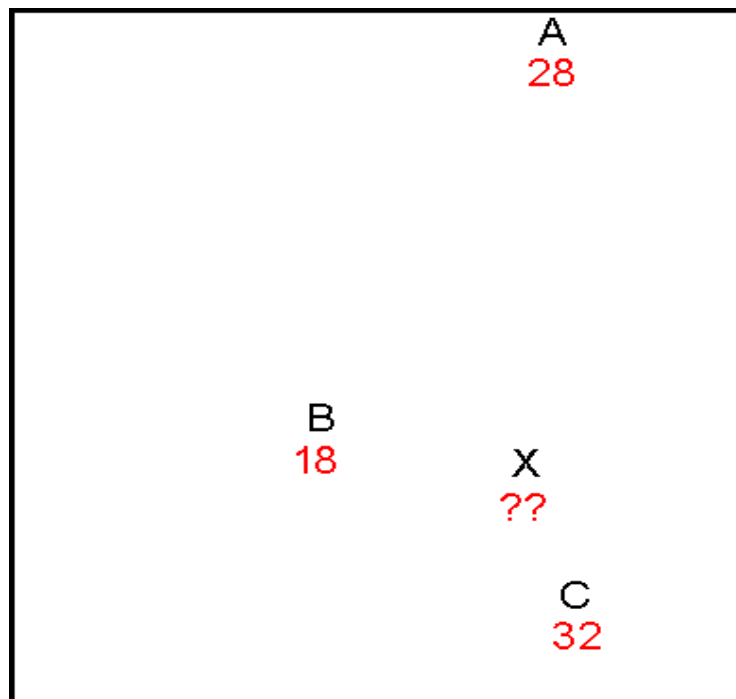
Требования:

Перед тем, как проследовать дальше в работе по этому разделу, Вы должны:

- понимать, что такое стринг и ЦТМ-файлы Сюрпэка
- знать, как показывать стринг и ЦТМ-файлы

1. Простой пример

Представьте себе, что Вы – метеоролог, и что Вам предоставили температурные показания по трем точкам А, В и С, как это показано ниже. Попробуйте на основе этих данных угадать, какая температура сейчас в точке X. Предположите ли Вы, что температура в точке X выше, чем 25 градусов?

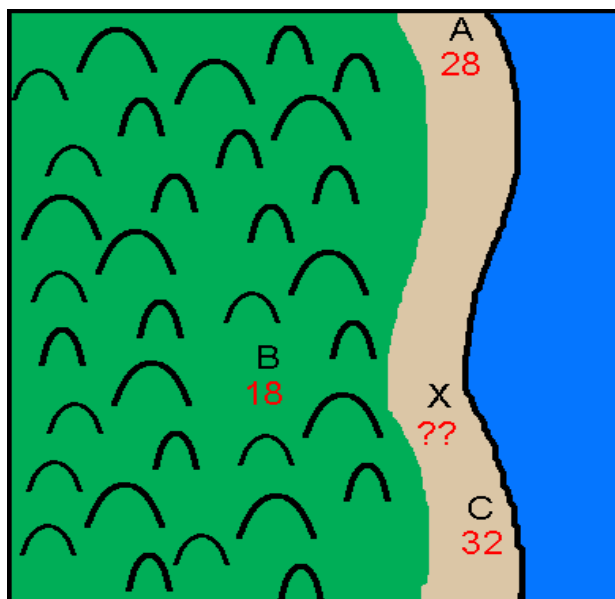


Какая температура в точке X?

Используя информацию, приведенную выше, Вы можете проанализировать ее следующим образом:

1. Поскольку точка А находится довольно далеко от Х, то температура в точке А может иметь очень небольшое влияние или вообще никакого на вычисление температуры в точке Х.
2. Поскольку точки В и С находятся примерно на одинаковом расстоянии от Х, то они, вероятно, будут иметь одинаковое влияние на расчет температуры.
3. С учетом вышесказанного, температура в точке Х будет, вероятно, средней между температурами в В и С: $(18 + 32) / 2 = 25$ градусов.
4. Поскольку влияние точки А вообще не было учтено, а вычисленное значение равно точно 25 градусам, трудно сказать с определенностью, что температура в точке Х выше 25 градусов.

Теперь примите во внимание следующее: Допустим, Вы хотите отправиться на свою любимый пляж, но только если температура там равна 25 градусам или выше. У Вас есть три друга, которые живут поблизости от пляжа, на который Вы хотите поехать, и Вы можете позвонить им и спросить каждого, какая температура сейчас возле их домов. Вы нарисуете карту с местоположениями каждого из друзей (А, В и С) и нанесете на нее температуры, которые они Вам сообщат. Ваш любимый пляж находится в точке Х. Заметьте, что друг, который живет в точке В, имеет дом высоко в горах, тогда как друзья в точках А и С живут близко к пляжу.



Поедете ли вы на пляж?

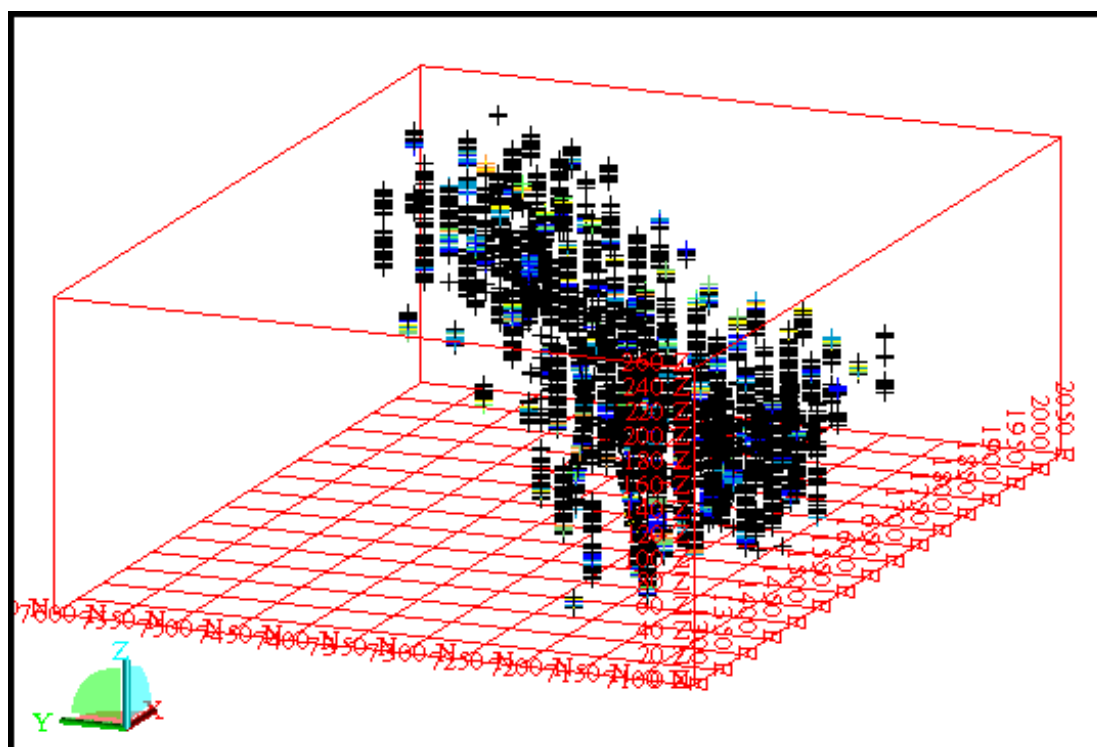
Принимая во внимание вышесказанное, Вы можете провести следующий анализ:

1. Данные по точке В могут быть проигнорированы, поскольку температура в горах обычно не вполне годится для вычисления температуры на пляже.
2. А и С находятся на пляже, поэтому они могут быть использованы для того, чтобы угадать по ним температуру в точке Х.
3. Поскольку Х находится между А и С на карте, то температура в Х, вероятно, будет где-то между температурами А и С.
4. Следовательно, температура в Х будет где-то между 28 и 32 градусами.
5. Поскольку температура, находящаяся между 28 и 32 градусами, заведомо выше 25 градусов, Вы, вероятно, решите вопрос положительно: «Да, я еду на пляж».

Сравните результат с примером 1. В обоих случаях все местоположения и температуры совпадают. Тем не менее, во втором случае, когда мы берем во внимание участки, на которых расположены точки, мы приходим к существенно иному результату. Суть в том, что разделение данных на участки является очень важной частью любого геостатистического расчета.

2. Обзор участков с помощью Сюрпэка

Откройте файл **all_composites2.str** и покажите его точки с помощью маркеров.



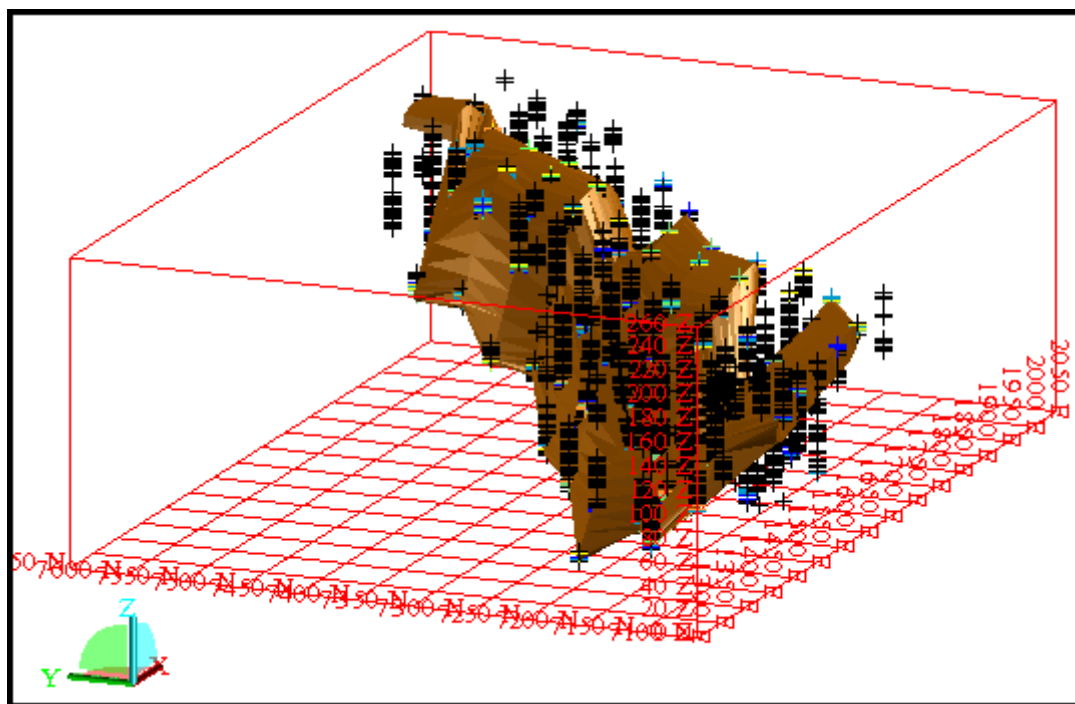
all_composites2.str

Точки этого стринг-файла представляют из себя композиты длиной 2м. Поле D1 содержит композитированное значение содержания золота. По содержаниям в поле D1 точки были расклассифицированы в различные стринги:

Стринг	D1
1	< 1.000
2	1 – 1.999
3	2 – 2.999
4	3 – 3.999
5	4 – 4.999
6	5 – 5.999
7	>= 6.000

Как и в первом примере, показанном выше, какие-либо расчеты, которые мы будем делать для этого файла, будут базироваться только на расстояниях между точками опробования и точкой, для которой производится расчет.

Пусть файл **all_composites2.str** останется на экране – откройте **файл ore_solid1.dtm**



ore_solid1.dtm

Эта КМ (отсюда и ниже - каркасная модель) представляет собой самостоятельный участок, интерпретированный геологом. Только композиты, которые попадают в пределы этого участка, будут использованы для подсчетов для точек внутри участка.

3. Извлечение данных для определенного участка

Участок **ore_solid1.dtm** представляет собой зону, известную как зона QV1 (*quartz vein – кварцево-жильная*). С этого момента мы будем работать только в зоне QV1.

Запустите макрокоманду **01_create_downhole_composites.tcl**

После прочтения текста в первой форме, нажмите **APPLY (Применить)**.

Геостатистический анализ данных бурения обычно начинается с композитирования содержаний внутри определенной геологической зоны.

В данном примере мы создадим 2-х метровые композиты в зоне с геологическим кодом QV1

Функция КОМПОЗИТ -> ВНИЗ ПО СКВАЖИНЕ (COMPOSITE DOWNHOLE) запускается из меню **База данных** выбором клавиш **Композит**, а затем **Вниз по скважине**. Выбор длины композита важен, но находится вне круга вопросов, рассматриваемых в руководстве. Вы можете прибегнуть к помощи консультанта для определения оптимальной длины композита.

После просмотра формы, расположенной внизу, нажмите **APPLY (Применить)**.

Заметьте, что на следующей форме поле **rock (порода)** выбрано из таблицы **geology (геология)**, являющейся интервальной таблицей. Текст **QV1** был указан в качестве спецификации для кода поля, отражающего интервалы внутри КМ **ore_solid1.dtm**.

После просмотра формы нажмите **APPLY (Применить)**.

После прочтения текста в следующей форме, нажмите на **APPLY (Применить)**.

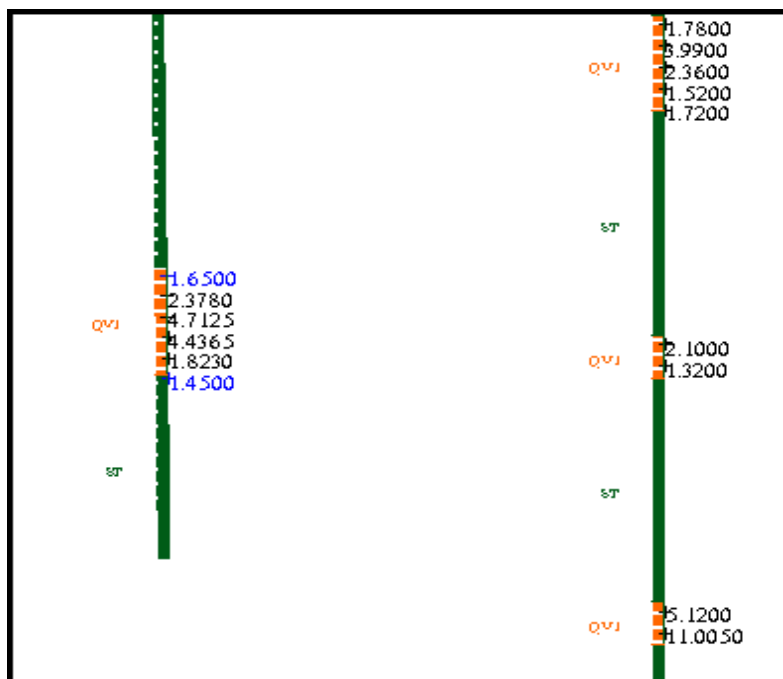
2-х метровые композиты вниз по скважине были созданы для пород типа QV1 и теперь хранятся в поле D1 файла gold_comp2.str.

Стринг 1 содержит композиты, в которых от 50% до 100% 2-х метровых длин имеют содержания.

Стринг 2 содержит композиты, в которых меньше, чем 50% 2-х метровых длин имеют содержания.

Каждый из этих стрингов или оба стринга могут быть использованы для последующих геостатистических подсчетов. В этом примере мы будем использовать оба стринга.

Вы увидите ориентированный с запада на восток разрез через зону и композиты, которые были созданы.



2-хметровые композиты внутри зоны **QV1**

Резюме:

Теперь Вы должны понимать влияние зон на геостатистические расчеты и то, как использовать Сюрпэк для извлечения данных в пределах зоны.

Элементарная Статистика

Обзор:

Один из важных предварительных шагов в геостатистической оценке – это ясное понимание того, что из себя представляют необработанные данные. Две характеристики, которые в потенциале могут снизить качество расчетов – это бимодальность и отскоки. Гистограмма является полезным инструментом идентификации обоих факторов.

Следующие концептуальные моменты будут рассмотрены в этой главе:

1. Использование гистограммы для идентификации бимодального распределения
2. Использование гистограммы для идентификации отскоков
3. Выбор уровня усечения ураганных проб

Требования:

Прежде чем проследовать дальше, вы должны:

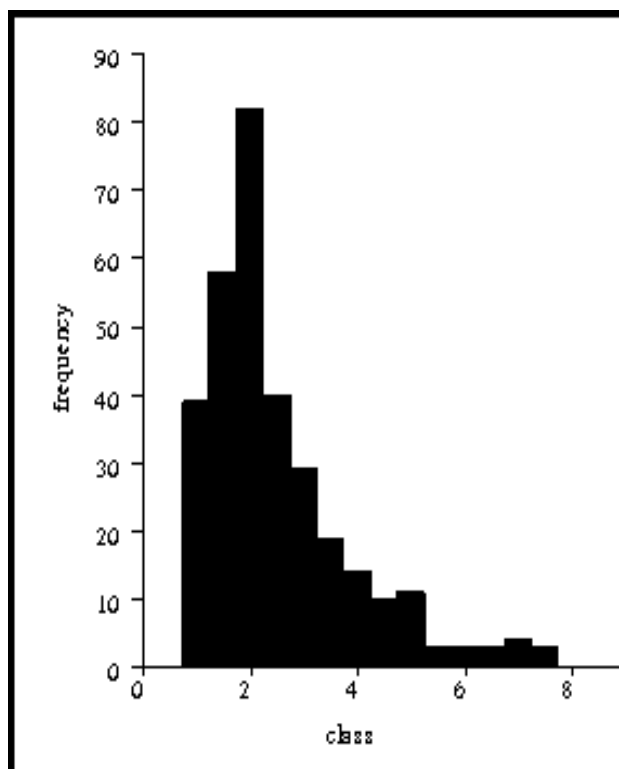
- Быть знакомыми со стринг-файлами Сюрпэка
- Знать, как запустить макрокоманду

1. Гистограмма

Гистограмма – это статистический термин, который обозначает график соотношения частот и значений. Гистограмма – это графическая версия таблицы, которая показывает, какая доля случаев попадает в каждый из неперекрывающихся интервалов для какой-то переменной. Например, распределение содержаний золота может быть представлено в следующей таблице:

Золото (г/т)	Число образцов (частота)
0.0 - 0.5	0
0.5 – 1.0	40
1.0 - 1.5	58
1.5 – 2.0	82
2.0 - 2.5	40
2.5 – 3.0	29
3.0 - 3.5	18
3.5 – 4.0	10
4.0 – 4.5	12
4.5 – 5.0	5
5.5 – 6.0	5
6.0 – 6.5	5
6.5 – 7.0	5
7.0 – 7.5	8
7.5 – 8.0	5

Те же данные могут быть показаны в гистограмме:



Гистограмма содержаний золота

2. Бимодальное распределение

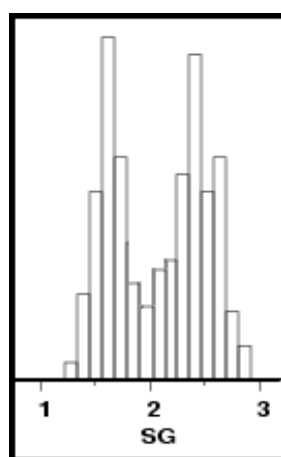
Мода – это наиболее часто встречающееся значение переменной в наборе данных. Например, в нижеприведенной выборке данных мода равна 8:

1 3 5 5 8 8 8 9

“Бимодальное” распределение означает, что в наборе встречаются два относительно «наиболее часто» встречающихся значения, которые не прилегают друг к другу непосредственно. В нижеприведенной выборке данных значения 2 и 8 являются в равной степени часто встречающимися, и распределение называется «бимодальным».

1 2 2 2 3 5 5 8 8 8 9

Представьте себе, что Вы вычисляете средний удельный вес (плотность) пород угольного месторождения. Гистограмма для всех типов пород может выглядеть следующим образом:



Удельный Вес

Любая гистограмма, в которой встречены два «горба», называется бимодальной. Бимодальное распределение в вышеприведенном примере может быть объяснено тем фактом, что набор данных представлен образцами как угля, так и перемежающихся с ним пластов песчаника и аргиллита. Удельные веса между 1 и 2 относятся к угольным пластам, тогда как удельные веса между 2 и 3 относятся к переслаивающимся с ними породами.

Часто источником бимодального распределения могут быть две зоны, совмещенные в один набор данных. Чтобы свести к минимуму ошибки в вычислениях, вам необходимо предпринять все возможное для того, чтобы разделить какие-либо наборы данных, имеющих бимодальное распределение. В вышерасположенном примере простое разделение данных на основе типа породы приведет к получению двух выборок данных с нормальным распределением.

3. Отскоки

Отскок – это статистический термин для значения переменной, которое значительно отстоит от большинства значений в выборке данных. Например, в ниже расположенной выборке данных, значение 236 будет считаться отскоком.

1 3 5 5 8 8 8 236

Отскоки могут стать причиной проблем при расчете вариограмм. В дополнение к этому, при вычислениях отскоки могут стать причиной получения нереалистичных результатов. Одним из методов, используемых для снижения влияния отскоков, является усечение ураганных проб. В вышерасположенном примере величина 236 может быть уменьшена или «урезана» до величины 9.

1 3 5 5 8 8 8 9

Другая альтернатива – удалить отскок(и).

4. Показ гистограмм в Сюрпэке

Запустите макрокоманду `02_basic_statistics.tcl`.

После прочтения текста на форме внизу нажмите **APPLY (применить)**.

Элементарная статистика должна быть применена до моделирования вариограммы по двум причинам:

1. Форма гистограммы может быть использована для того, чтобы определить, - является ли выборка данных бимодальной.

Если гистограмма показывает бимодальное распределение, данные нужно проанализировать графически, чтобы увидеть, - насколько физически возможно разделить их на две зоны для моделирования.

2. Качество экспериментальных вариограмм и последующих вычислений по блок-модели чувствительны к отскокам (относительно высоким значениям).

Отскоки должны быть усечены или удалены перед моделированием вариограмм или расчетами по блок-модели. Значение, до которого усекать, или, начиная с которого, удалять отскоки, может быть вычислено на основе информации, включенной в справку по элементарным статистическим показателям.

Окно ЭЛЕМЕНТАРНАЯ СТАТИСТИКА открывается выбором функции **Основные статистические показатели** из меню **Геостатистика**. Затем из меню **Файл** выберите **Загрузить данные из стринг-файлов** и Вы увидите форму, которая показана внизу:

№	D-поле	Название	Мин. значение	Макс. значение
1	D1	Gold		

Элементарная статистика для файла `gold_comp2.str`

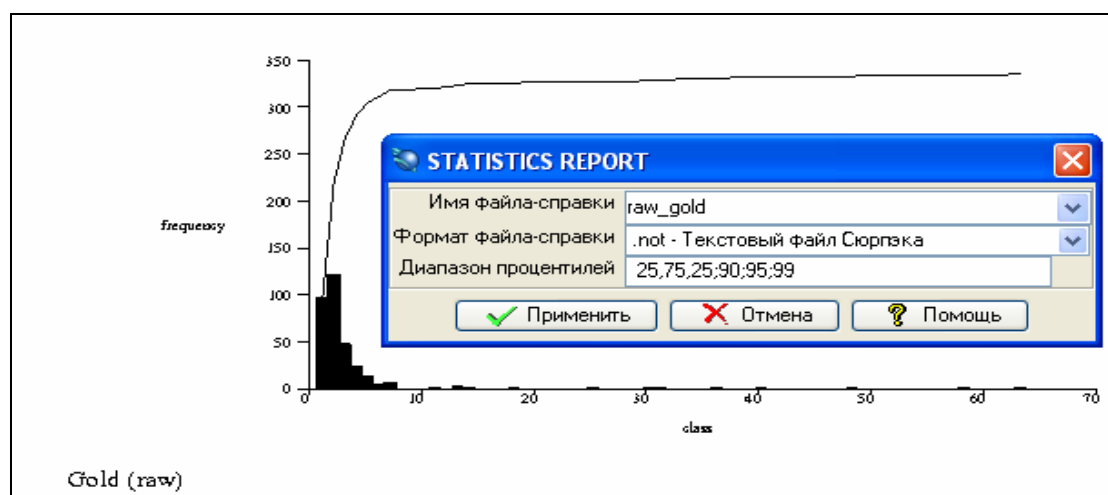
Мы будем использовать стринги 1 и 2 для файла **gold_comp2.str** в качестве основы для нашего исследования. Колонки, обозначенные как «Мин. Значение» и «Макс. Значение» позволяют Вам исключить данные, которые оказываются ниже данного минимального значения или выше данного максимального значения. На страничке «Опции» Вы можете исключить данные с помощью ограничений по координатам Y, X или Z.

В поле D1 находятся содержания золота в граммах на тонну. «Колонка» название используется по желанию. Это название появится в выходной справке.

Заметьте также, что гистограмму можно построить на основе числа интервалов или ширины интервала. Метод «ширина интервала» используется чаще. После просмотра формы, нажмите **APPLY (применить)**.

После этого будут показаны гистограмма и кривая кумулятивной частоты. Кумулятивная частота – это накопленная величина всех предыдущих частот.

После этого **Справка** была выбрана из меню **Статистика**. Эта форма подсказывает Вам, что надо ввести название выходной справки, ее формат и значения процентилей, которые будут вписаны в справку. После просмотра формы нажмите **APPLY (Применить)**.



Элементарная Гистограмма и справка

После прочтения текста, показанного в нижерасположенной форме, нажмите **APPLY (Применить)**.

Как Вы видите из гистограммы, распределение данных в ней не является бимодальным. Справка по основным статистическим показателям будет показана ниже. Обратите внимание на значения для среднего, стандартного отклонения и процентилей.

Будет показана выходная справка **raw_gold.not**. Эта справка содержит ряд статистических данных, включая запрошенные ранее проценты. Мы обратимся к этой справке в следующем разделе.

Имя выходного файла: raw_gold	
Статистическая справка	
Файл	Gold Comp2.str

Диап. стринга	1,2
Переменная	Gold
Число проб	335
Мин. значение	0.730
Макс. значение	63.490
25.0 Процентиль	1.658
50.0 Процентиль (медианное зн.)	2.120
75.0 Процентиль	3.298
90.0 Процентиль	5.120
95.0 Процентиль	9.280
99.0 Процентиль	44.113
Среднее	3.828
Дисперсия	46.672
Стандартное отклонение	6.832
Коэффициент вариации	1.784
Асимметрия	5.867
Эксцесс	41.483
Trimean	2.299
Biweight	2.235
MAD	0.705
Alpha	-0.728
Sichel-t	5.94e+010

5. Удаление отскоков из набора данных

Вернувшись к гистограмме, полученной из файла **gold_comp2.str** и к выходной справке, Вы можете увидеть, что большинство данных сгруппировано между значениями 0 и 10 г/т. Вы также сможете увидеть, что здесь присутствуют несколько отскоков выше 10 г/т.

Запустите макро **03_cut_outliers.tcl**.

После прочтения текста в расположенной ниже первой форме нажмите **APPLY** (Применить)

Вариограммы и последующие вычисления по блок-моделям чувствительны к отскокам (относительно высоким значениям). Одним из методов решения этой проблемы является уменьшение этих значений или усечение до более низкой величины. Величина, до которой усекаются отскоки, может быть определена одним из следующих методов:

1. Верхний уровень определенного интервала вероятности
2. Определенный процентиль
3. Уровень, выбранный произвольно

Интервал вероятности – это вычисленный диапазон значений, который, по всей вероятности, включает в себя определенный процент значений данных. Поскольку интервал вероятности основан исключительно на имеющихся данных, этот метод полезен тогда, когда о месторождении мало что известно. Вычисление верхнего

уровня 95% интервала вероятности (CI) производится так:
95% CI = среднее + (1.96 * стандартное отклонение)

Для этого набора данных среднее = 3.828, а стандартное отклонение 6.831
95% CI – 3.828 + (1.96*стандартное отклонение) = 17.217

Для простоты мы будем использовать ближайшее целое число 17 для усечения ураганных проб.

Как указывалось выше, другие методы могут быть выбраны для определения уровня усечения ураганных проб, такие как процентиль или произвольный выбор.

Процентиль – это такое значение из набора данных, ниже которого находится определенный процент всех проб. Любой процентиль может быть выбран для усечения ураганных проб, например, 90-й, 95-й или 99-й. Вспомните следующие значения процентилей, полученные из статистической справки:

90-й – 5.120
95-й – 9.280
99-й – 44.112

Произвольно выбираемое значение, основанное на знании месторождения и методов опробования, также может быть использовано. Например, если часть рудной зоны была отработана, информация о пробах эксплоразведочной стадии и содержании на фабрике может предоставить неплохую информацию о максимально ожидаемом содержании в добычном блоке.

Какой бы метод вы ни выбрали, значения в описательном поле стринг-файла могут быть усечены с помощью функции **Математические операции со стрингами**

Найдите функцию **Математические операции со стрингами** в меню **Файловые функции**.

Эта форма подсказывает Вам, что необходимо ввести названия входного и выходного файлов и математическое выражение. До показа этой формы макрокоманда открыла файл **gold_comp2.str** и сохранила его под названием **gold_cut17.str**.

Результат осуществления выражения будет записан в поле **D1**: **iif(d1>17,17,d1)**

Это выражение можно пояснить так:

Если первоначальное значение в поле **d1** больше 17, установите **d1** равным 17, в остальных случаях оставьте значения в **d1** без изменений.

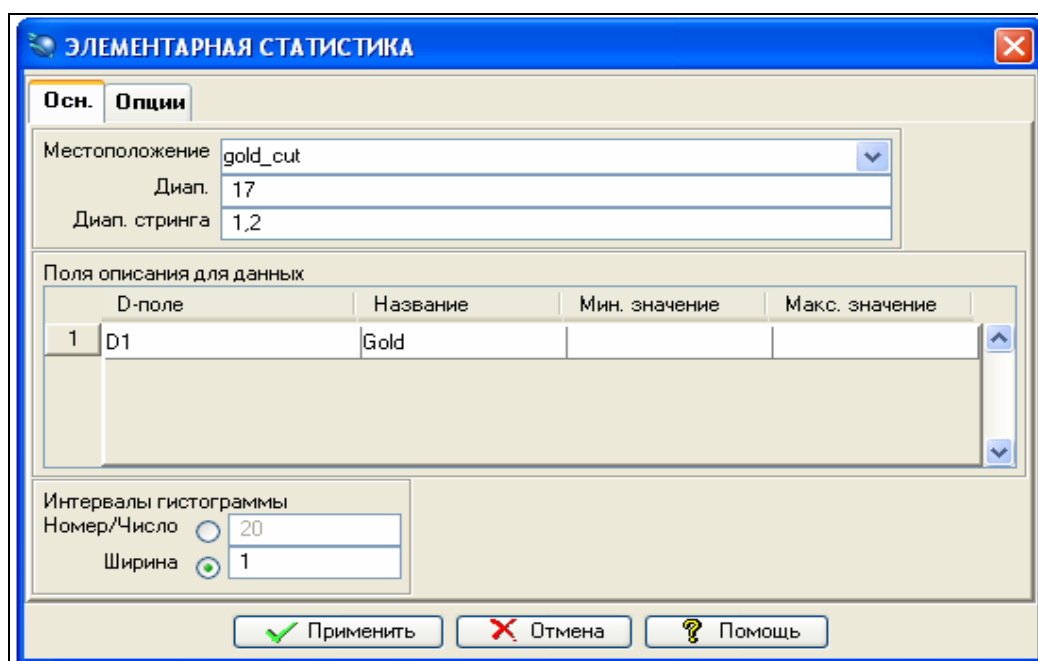
Закончив просмотр формы, нажмите **APPLY (Применить)**.

Diap. стринга	Ограничитель	Поле	=	Выражение
1		d1	=	iif(d1>17,17,d1)
2			=	

Использование функции **Математические операции со строками** для усечения ураганных проб

Для заверки выходных данных, полученных с помощью функции **Математические операции со строками**, мы проанализируем данные в окне **Элементарная статистика**.

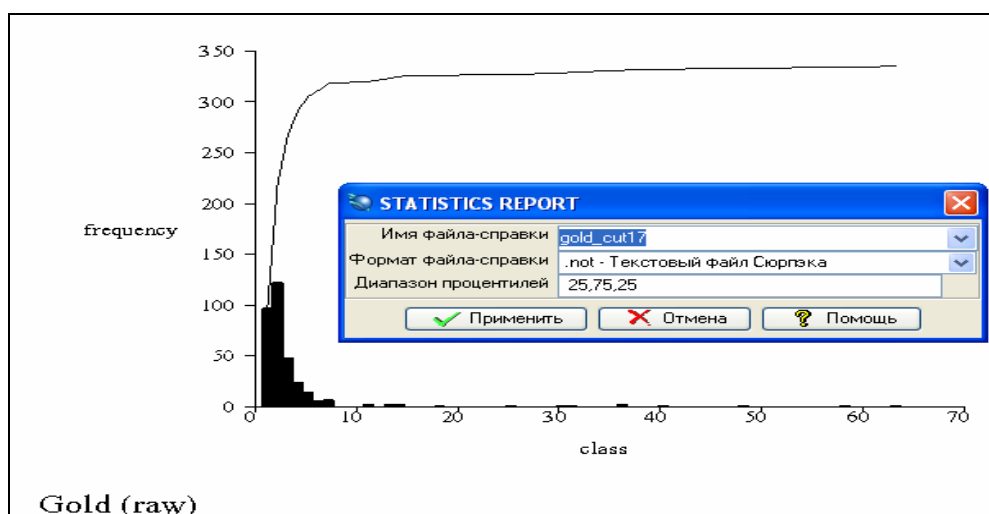
Открыв это окно (**Геостатистика -> Осн. Статистические показатели**), используйте **Файл -> Загрузить данные** из стринг-файлов. Теперь мы анализируем файл **gold_cut17.str**. Заполнив форму, нажмите **APPLY (Применить)**.



ЭЛЕМЕНТАРНАЯ СТАТИСТИКА ДЛЯ НАБОРА ДАННЫХ В ФАЙЛЕ GOLD_CUT17

Мы должны увидеть гистограмму и линию кумулятивной частоты. Заметьте, что максимальное значение сейчас равно 17.

После этого выберите **Справку** из меню **Статистика**. Введите в появившуюся форму название файла-справки и диапазон процентилей, который будет записан в справку. Заполнив форму, нажмите **APPLY (Применить)**.



Определение диапазона процентилей

После прочтения текста в форме внизу, нажмите **APPLY (Применить)**.

Поле D1 в файле `gold_cut17.str` содержит значения D1 из файла `gold_comp2.str`.

Как видно из гистограммы, максимальное значение равно 17.000.

Поле D1 в файле `gold_cut17.str` теперь будет использоваться для всех последующих вариографических операций и вычислений по блок-модели.

Выходная справка `gold_cut17.not` содержит статистику, включая ранее указанные процентиля. Этот файл создается в директории. Но его не показывает макрокоманда. Вы можете открыть его по желанию и проверить, что максимальное значение равно 17.

Имя выходного файла: <code>gold_cut17</code>	
Статистическая справка	
Файл	Gold Cut17.str
-----	-----
Диапазон строки	1,2
Переменная	Gold
Число проб	335
Мин. значение	0.730
Макс. значение	17.000
25.0 Перцентиль	1.658
50.0 Перцентиль (медианное зн.)	2.120
75.0 Перцентиль	3.298
Среднее	3.182
Дисперсия	9.814
Стандартное отклонение	3.133
Коэффициент вариации	0.985
Асимметрия	3.200
Эксцесс	13.487
Trimean	2.299
Biweight	2.235
MAD	0.705
Alpha	-0.728
Sichel-t	2996.728

Резюме:

Теперь вы должны понимать, как основные статистические показатели могут быть использованы для выявления бимодального распределения и отскоков, а также как выбрать уровень усечения ураганных проб и применить его.

Анизотропия

Обзор:

Важнейшим аспектом проведения каких-либо геостатистических вычислений является понимание того, как данные изменяются по разным направлениям. Термин «анизотропия» причастен к этой концепции и раскрыт в этом разделе следующим образом:

1. Изотропия и Анизотропия
2. Геостатистические расчеты с использованием изотропии
3. Геостатистические расчеты с использованием анизотропии
4. Визуализатор эллипсоида

Требования:

Прежде, чем проследовать дальше, вы должны:

- Понимать, что такое стринг-файл Сюрпэка и как его показать
- Быть знакомым с геометрическими формами и условиями образования месторождений полезных ископаемых
- Понимать концепцию центроида индивидуального блока блок-модели

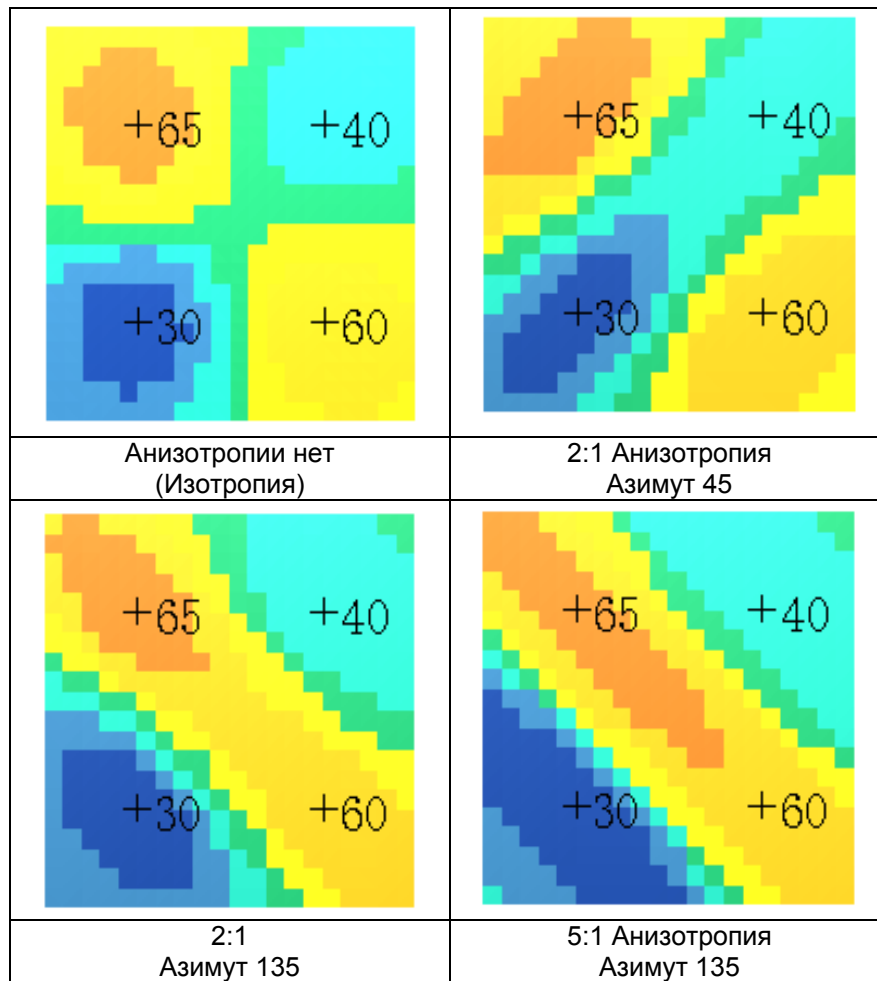
1. Изотропия и анизотропия

Чтобы понять, что такое анизотропия, сначала нужно понять, что такое изотропия. Перед вами – определение обеих понятий:

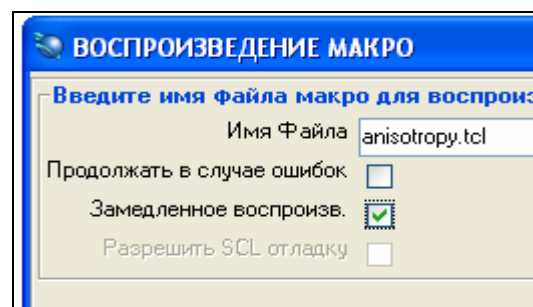
Изотропия: свойство быть изотропичным – свойство иметь выдержанные характеристики по разным направлениям.

Анизотропия: свойство быть анизотропичным – свойство иметь различные характеристики по различным направлениям.

При вычислении значений для блок-модели, величина и направление анизотропии могут иметь значительное воздействие на конечный результат. Например, три модели, показанные ниже, были созданы из одного и того же набора данных, но с различными величинами анизотропии:



Чтобы увидеть, как эти блоки показаны в Сюрпэке, запустите макрокоманду ***anisotropy.tcl***. Кликните мышью по графическому окну после того, как будет показана каждая из моделей. Если используете клавишу **Воспроизведение Макро**, то вы увидите все значения в формах, пометив квадратик «Замедленное воспроизведение».



По геостатистической терминологии изотропия существует, когда значения данных изменяются с одинаковой скоростью во всех направлениях. Для большинства типов данных такое состояние нетипично. Однако, изотропия по двум направлениям - более типична. Например, скорость изменения содержаний глинозема в больших пологозалегающих месторождениях бокситов на относительно плоских поверхностях может быть изотропичной в плоскости XY.

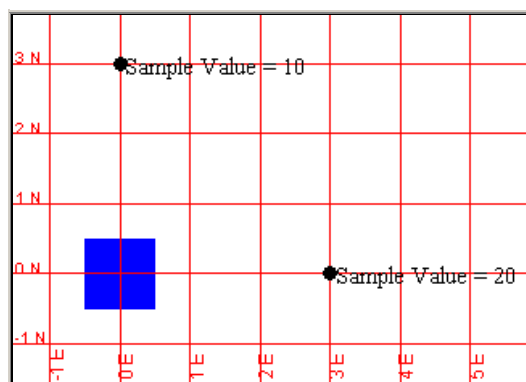
Напротив, анизотропия существует, когда скорость изменения значений данных различается по разным направлениям. Это, вероятно, наиболее типичная ситуация. Например, для эпитермальных золоторудных жил возможны различные скорости изменения содержаний во всех трех взаимно перпендикулярных направлениях: вдоль простирания, вниз по падению и перпендикулярно плоскости падения.

В оставшейся части этого раздела мы будем иметь дело с изотропией и анизотропией в процессе геостатистических вычислений. Чтобы понять, как мы определяем, является ли набор данных изотропичным или анизотропичным, и как вычислить направление и величину анизотропии, вам будет необходимо проработать разделы, посвященные вариограммам и картам вариограмм.

2. Геостатистические вычисления с использованием изотропии

В геостатистических вычислениях (взвешивание на величину, обратную расстоянию, ординарный кригинг, индикаторный кригинг и т.д.) одна или несколько точек, обычно представляющие из себя местоположения проб, используются для вычисления значения в точке, в которой нет проб. Например, на рисунке внизу местоположения проб представлены двумя точками в стринг-файле Сюрпэка. В этом стринг-файле поле D1 содержит данные опробования (D1=10 для одной точки и 20 для другой точки). Расчет производится для точки, расположенной в «центроиде» блока размером 1 x 1 x 1.

В этом примере мы предполагаем, что все данные находятся в плоскости XY (то есть, точки опробования и центроид блока имеют одинаковое значение координаты Z). Мы также предполагаем, что ведется расчет значения для центроида блока с координатами 0N, 0E, и что только два показанных образца будут использованы для расчетов. Заметьте, что оба образца находятся на одинаковом расстоянии (3 метра) от центроида блока. Если мы допустим, что материал, окружающий блок, является однородным, то мы сможем предположить, что в наборе данных нет «выдержанности по направлениям», и оба образца повлияют одинаково на вычисления. Это положение можно охарактеризовать так: «Вес» обоих образцов будет одинаковым.



В этом случае, когда только два образца используются для расчетов значения в блоке, «вес» каждого образца будет равен 0.5. Подсчет для блока будет таким:

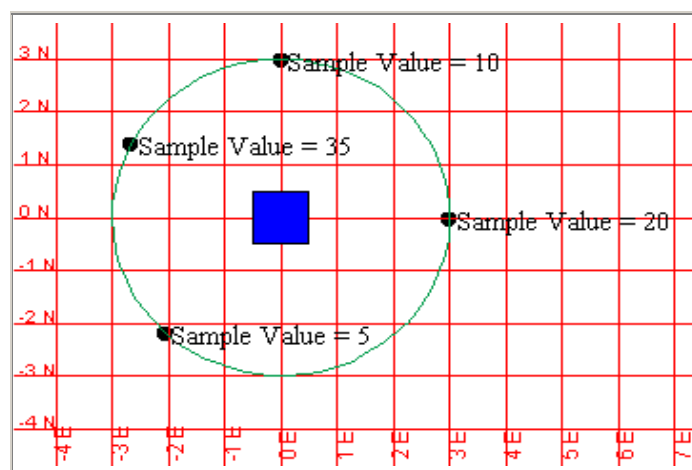
(величина для пробы 1 * вес1) + (величина для пробы 2 * вес2) = величина для блока

$$(10 * 0.5) + (20 * 0.5) = 15$$

В этом руководстве мы делаем допущение, что сумма всех весов равняется 1. Другими словами,

$$\text{вес1} + \text{вес2} = 0.5 + 0.5 = 1.0$$

Когда мы допускаем, что в наборе данных нет выдержанности по направлениям, мы утверждаем что здесь присутствуют «изотропные» условия. В примере внизу, где все данные вновь находятся в плоскости XY, любой образец, расположенный на окружности, получит один и тот же вес при расчетах для центроида блока. Это означает, что мы предполагаем, что направление от точки, для которой ведутся вычисления, не имеет значения, и что только расстояние от пробы до центроида блока имеет значение.



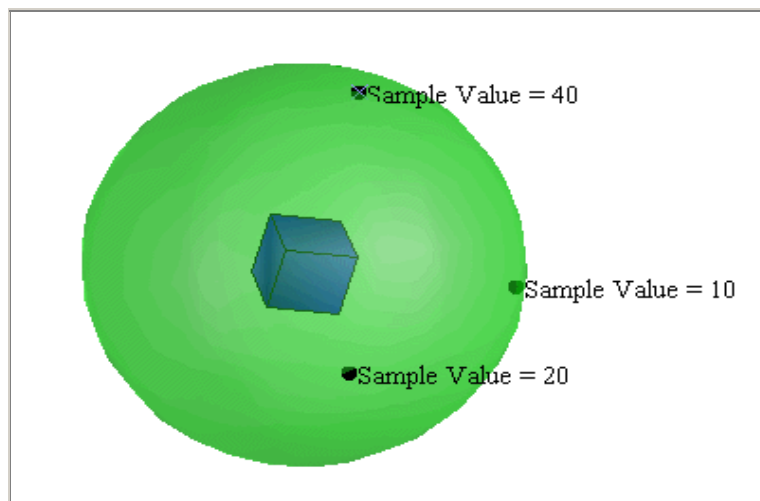
В примере выше все пробы находятся на одинаковом расстоянии от центроида и все пробы получают одинаковый вес. Подсчет для блока будет таким:

$$(5 * 0.25) + (10 * 0.25) + (20 * 0.25) + (35 * 0.25) = 17.5$$

Как говорилось выше, сумма всех весов должна равняться 1.

$$0.25 + 0.25 + 0.25 + 0.25 = 1.0$$

В трехмерном пространстве в ходе изотропных расчетов всем образцам, расположенным на поверхности одной и той же сферы, будет дан равный вес.



В вышеприведенном примере, местоположение всех образцов находится на поверхности одной и той же сферы и, таким образом, на одной дистанции от центроида блока. В этом примере трехмерного пространства для кондиций изотропности, всем образцам будет присвоен один и тот же вес. Расчет значения блока будет следующим:

$$(10 * 0.333) + (20 * 0.333) + (40 * 0.333) = 23.333$$

Опять, сумма всех весов равна 1.0 (предполагая, что $1/3 + 1/3 + 1/3 = 1$), т.е. в десятичных дробях: $0.333 + 0.333 + 0.333 = 0.999 = 1.0$

Когда вы производите вычисления в Сюрпэке, вам будет рекомендовано указать ориентацию «главной оси» и также «коэффициенты анизотропии». Мы обратимся к этим вопросам позднее. В данный момент, если вы хотите осуществить вычисления с допущением того, что данные являются изотропными, используйте следующие значения:

АЗИМУТ ГЛАВНОЙ ОСИ:	0 (или любое значение от 0 до 360)
ПОГРУЖЕНИЕ ГЛАВНОЙ ОСИ:	0 (или любое значение от -90 до 90)
ПАДЕНИЕ БОЛЬШОЙ ПОЛУОСИ:	0 (или любое значение от -90 до 90)
КОЭФФИЦИЕНТЫ АНИЗОТРОПИИ – ГЛАВНАЯ/БОЛЬШАЯ ОСИ:	1
ГЛАВНАЯ/МАЛАЯ ОСИ:	1

Чтобы увидеть пример изотропной сферы:

1. Откройте файл **isotropic_ellipsoid1.str** в графическом режиме
2. Покажите 3-хмерную сеть
3. Покажите значения поля D1 для стринга 1

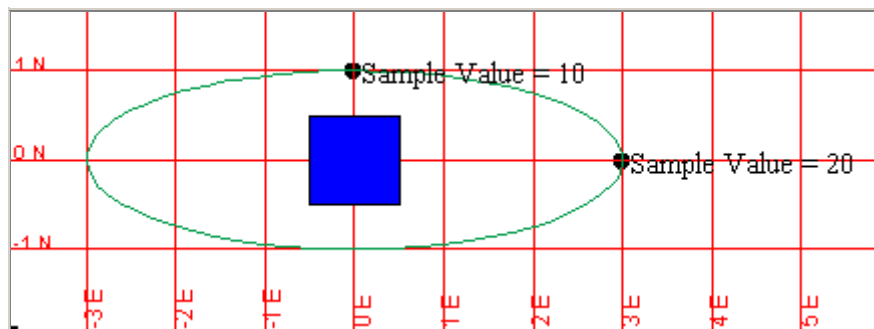
Концепция ГЛАВНОЙ ОСИ и БОЛЬШОЙ ПОЛУОСИ будет освещена позже. В данный момент необходимо понять, что длины этих осей одинаковы для изотропного эллипсоида.

3. Геостатистические вычисления с использованием анизотропии

Как говорилось выше, считается, что существуют анизотропные условия, когда скорость изменения значений в наборе данных различается по различным направлениям. Это характерно почти для всех наборов данных, полученных в природных условиях. Анизотропные условия могут быть результатом воздействия геологических условий, таких как - трещиноватость, условия осаждения и пр. Например, в плане корреляция или сходство образцов, отобранных вдоль простираения золотоносной кварцевой жилы, может быть выше, чем корреляция образцов, отобранных поперек ее простираения. В осадочных месторождениях, таких как пологозалегающие угольные пласты, образцы могут лучше коррелироваться в горизонтальной плоскости, чем в направлении пересечения пласта сверху вниз. Когда набор данных анизотропичен, направление от точки, для которой производится подсчет, до точки с пробой имеет значение.

Масштаб анизотропии также важен. Определение величины анизотропии для набора данных может быть осуществлено количественно или качественно (интуитивно или при помощи расчетов). Например, после изучения месторождения серебра, представленного вертикальной жилой, простирающейся с востока на запад (азимут простираения 90 градусов, угол падения 90 градусов) геолог может сказать, что «выдержанность вдоль простираения (по горизонтали) в 3 раза сильнее, чем вкрест простираения (по горизонтали)». Какой бы грубой и необоснованной прикидкой это

положение не могло показаться, этот тип качественной оценки многократно применялся в геостатистических расчетах. В этом случае мы могли бы сказать, что коэффициент анизотропии равен 3:1 в горизонтальной плоскости. Обычно пишут «коэффициент анизотропии 3:1». Направление максимальной выдержанности называют ГЛАВНАЯ ОСЬ. В примере с серебряной жилой главная ось может быть охарактеризована как имеющая простирание 90 или 270 градусов (в геостатистическом смысле здесь нет разницы). В двухмерном пространстве мы можем представить себе коэффициент анизотропии 3:1 с азимутом простирания главной оси 90 градусов в виде эллипса, показанного ниже:



Когда мы хотим использовать анизотропию при расчетах, направление от точки, для которой производится расчет, до образца имеет значение. В этом примере мы предположим, что расчет производится для центроида блока, и только два образца, которые показаны на рисунке, будут для этого использованы. Хотя образец, содержание в котором равно 10, находится всего в 1 метре от центроида блока, а образец, содержание в котором равно 20, находится в 3 метрах от центроида, два образца получат один и тот же вес в этом случае. Это произошло потому, что в вычислении весов были использованы «расстояния анизотропии». Вспомним, что мы указали коэффициент анизотропии равным 3:1 и азимут простирания главной оси равным 90 градусам. Образцы, расположенные на юг или на север от центроида, такие как образец с содержанием 10, будут иметь анизотропные расстояния равные реальному расстоянию (в данном случае – 1), умноженному на коэффициент анизотропии (в данном случае – 3). Таким образом, анизотропное расстояние, вычисленное для образца с содержанием 10, будет равно:

Реальное расстояние x Коэффициент анизотропии = Дистанция Анизотропии (Anisotropic Distance):

$$1 \times 3 = 3$$

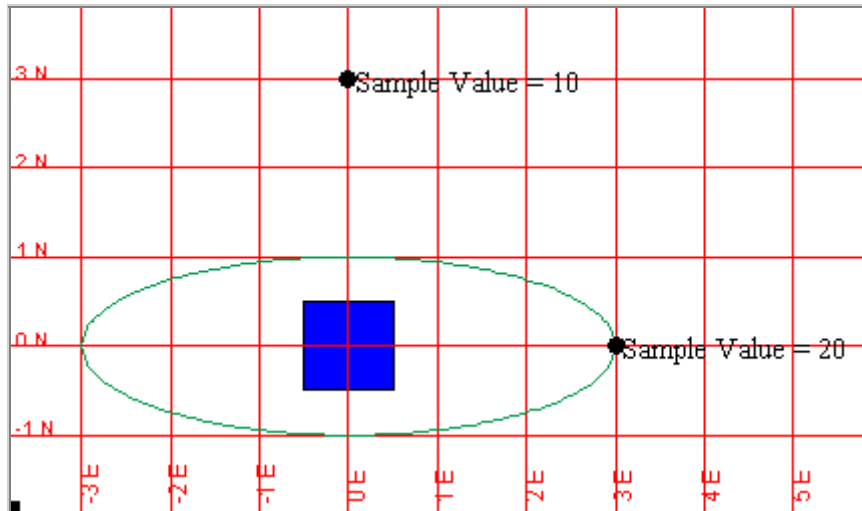
В таблице ниже этот расчет показан для обоих образцов:

Содержание	Азимут	Реальное расст-е	Коэф-т анизотропии	Анизотроп. Расст-е	Вес
10	0	1	3	3	0.5
20	90	3	1	3	0.5

Поскольку анизотропные расстояния одинаковы, веса точек с образцами будут одинаковыми. Вычисления для блока будут такими:

$$(10 * 0.5) + (20 * 0.5) = 15$$

Если образец с содержанием 10 передвинуть на позицию с координатами Y=3, X=0 и использовать коэффициент анизотропии 3:1 снова с азимутом главной оси, равным 90 градусам (или 270), как показано ниже, веса, присвоенные каждому из образцов, изменятся:



Анизотропное расстояние для образца с содержанием 10 теперь будет равным 9:

Реальное расстояние (3) x Коэффициент анизотропии (3) = Анизотропная дистанция (9).

Этот расчет показан в таблице ниже для обеих образцов.

Содержание	Азимут	Реальное расст-е	Козф-т анизотропии	Анизотроп. Расст-е	Вес
10	0	3	3	9	0.25
20	90	3	1	3	0.75

Веса образцов теперь изменятся, что отразит изменение анизотропных расстояний. Подсчет содержания для блока теперь будет выглядеть так:

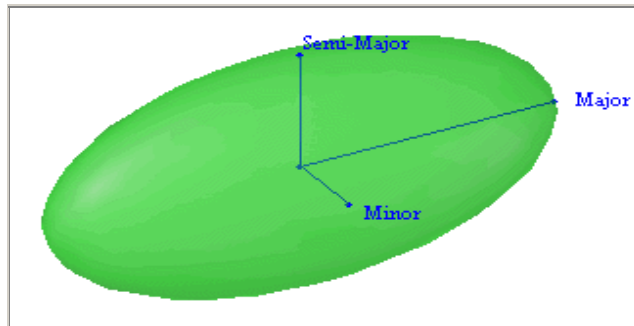
$$(10 * 0.25) + (20 * 0.75) = 17.5$$

Заметьте, что вычисление весов здесь является приблизительным, чтобы продемонстрировать эффект анизотропии. В реальной практике на величину весов окажет влияние геостатистический метод, который вы выберете.

Предположив, что наш геолог имеет другое мнение, а именно, что «горизонтальная выдержанность вдоль простирания примерно в 3 раза выше, чем по вертикали (вверх и вниз) в плоскости жилы, мы, таким образом, скажем, что коэффициент анизотропии равен 2:1 в вертикальной плоскости YZ. В двухмерном пространстве эллипс представляет из себя линию, вдоль которой веса всех точек равны. В трехмерном пространстве эта геометрическая форма называется «эллипсоид». Итак, теперь мы имеем коэффициент анизотропии 3:1 в горизонтальной плоскости XY и 2:1 в вертикальной плоскости YZ. Мы различаем эти коэффициенты в виде соотношений для трех разных осей эллипсоида:

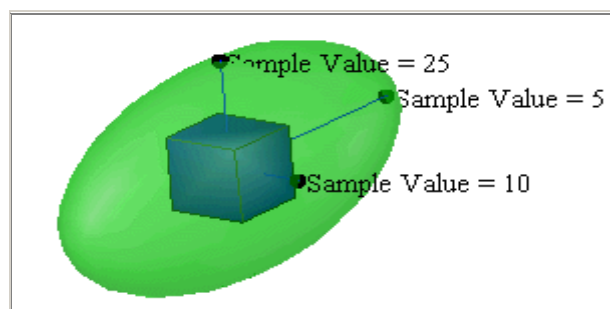
Главная ось
Большая полуось
Малая ось

По определению главная ось является самой длинной, большая полуось является второй по длине и малая ось является самой короткой. Эти три оси взаимно перпендикулярны.



Соотношение между длинами главной оси и большой полуоси является коэффициентом анизотропии между ГЛАВНОЙ ОСЬЮ и БОЛЬШОЙ ПОЛУОСЬЮ. Соотношение между длинами главной оси и большой полуоси определяется, как коэффициент анизотропии между ГЛАВНОЙ ОСЬЮ и БОЛЬШОЙ ПОЛУОСЬЮ.

Когда мы проводим вычисления и хотим использовать трехмерную анизотропию, то все образцы, попадающие на поверхность одного и того же эллипсоида, будут иметь равный вес. В примере ниже все точки с образцами расположены на поверхности одного и того же эллипсоида и, таким образом, имеют одинаковое анизотропное расстояние от центра блока.



С осями, ориентированными так, как показано выше, отношением между главной осью и большой полуосью, равным 2, и отношением между главной и малой осями, равным 3, подсчет весов для данных будет таковым:

Ось	Содержание	Азимут простиранья	Угол падения	Реальное расстояние	Коэффициент анизотропии	Анизотропное расстояние	Вес
Главная	5	90	0	3	1	3	0.333
Большая	10	180	0	1.5	2	3	0.333
Малая	20	0	90	1	3	3	0.333

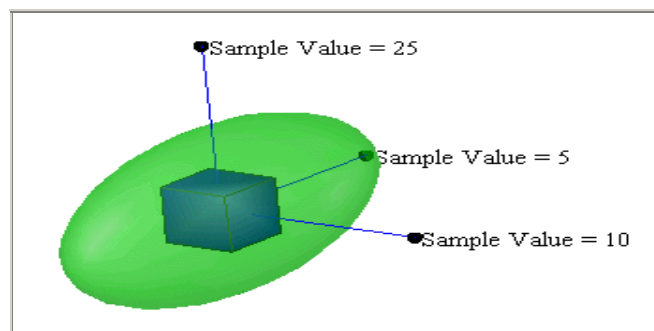
Поскольку анизотропные расстояния одинаковы, веса для точек тоже одинаковы. Подсчет для блока будет выглядеть так:

$$(5 * 0.333) + (10 * 0.333) + (20 * 0.333) = 11.666$$

И опять сумма весов равна 1 (1/3 + 1/3 + 1/3 равно 1):

$$0.333 + 0.333 + 0.333 = 0.999 = 1.0$$

Если расстояния для каждого образца от центра блока одинаковы, их веса изменятся. Например, на рисунке снизу расстояние от каждого образца до центра блока равно 3, но мы по-прежнему используем все тот же эллипсоид анизотропии:



Подсчет весов будет выглядеть так:

Ось	Содержание	Азимут простира-ния	Угол падения	Реальное расстояние	Коэффициент анизотропии	Анизотропное расстояние	Вес
Главная	5	90	0	3	1	3	0.5
Большая	10	180	0	3	2	6	0.333
Малая	20	0	90	3	3	9	0.1666

Вычисления для блока будут выглядеть так:

$$(5 * 0.5) + (10 * 0.333) + (20 * 0.1666) = 9.666$$

Сумма весов снова равна 1 ($1/2 + 1/3 + 1/6 = 1$):

$$0.5 + 0.333 + 0.1666 = 0.999 = 1.0$$

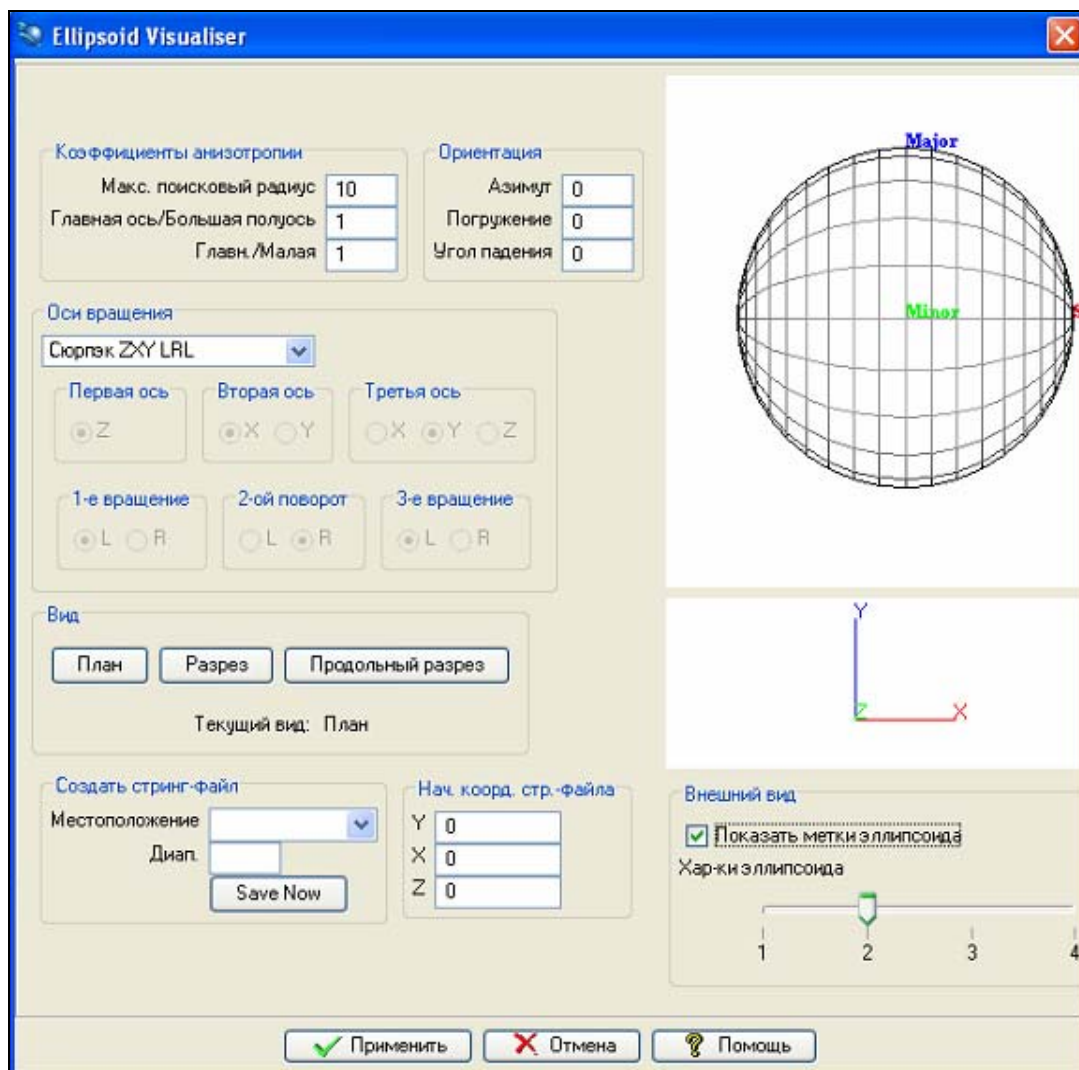
4. Визуализатор эллипсоида

Используя наш предыдущий пример, в котором коэффициент анизотропии главная ось/малая ось (в дальнейшем будем писать «главная/малая») равен 2, главная ось/большая полуось (в дальнейшем будем писать «главная/большая») равен 3, мы получим эллипсоид, но нам нужно будет установить его ориентировку. В Сюрпэке это можно будет сделать несколькими методами, включая собственно метод «Сюрпэк». Показанные ниже примеры используют метод «Сюрпэк», который охватывает три термина:

Термин	Мин	Макс	Описание
Азимут главной оси	0	360	Азимут простира-ния главной оси в плоскости XY
Погружение главной оси	-90	90	Ее угол выше или ниже горизонтальной плоскости
Угол падения большой полуоси	-90	90	Вращение большой полуоси вокруг главной оси

Визуализатор эллипсоида является инструментом, который помогает вам понять ориентировку эллипсоида анизотропии. Мы используем его для создания нескольких эллипсоидов анизотропии и сохраним их в виде стринг-файлов Сюрпэка.

Из меню **Геостатистика** выберите **Визуализатор эллипсоида**. Вы увидите форму, показанную ниже:

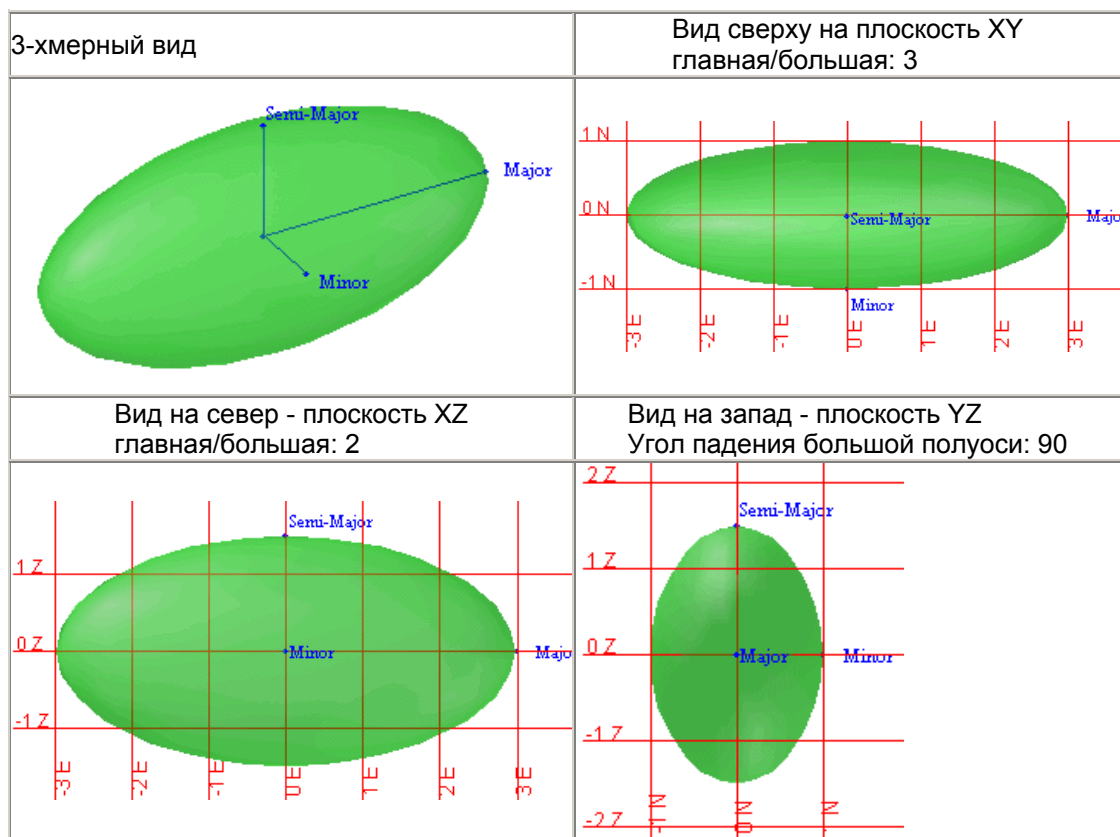


Вы можете использовать величины азимута, погружения и угла падения в следующих примерах для того, чтобы создать эллипсоиды для каждого из них.

Пример #1:

Этот эллипсоид может быть использован для вычисления содержаний золота в пределах вертикальной жилы, которая имеет азимут простираения 90 градусов и угол падения 90 градусов.

Азимут главной оси	90
Погружение главной оси	0
Угол падения большой полуоси	-90
Коэф-т главная/большая	2
Коэф-т главная/малая	3



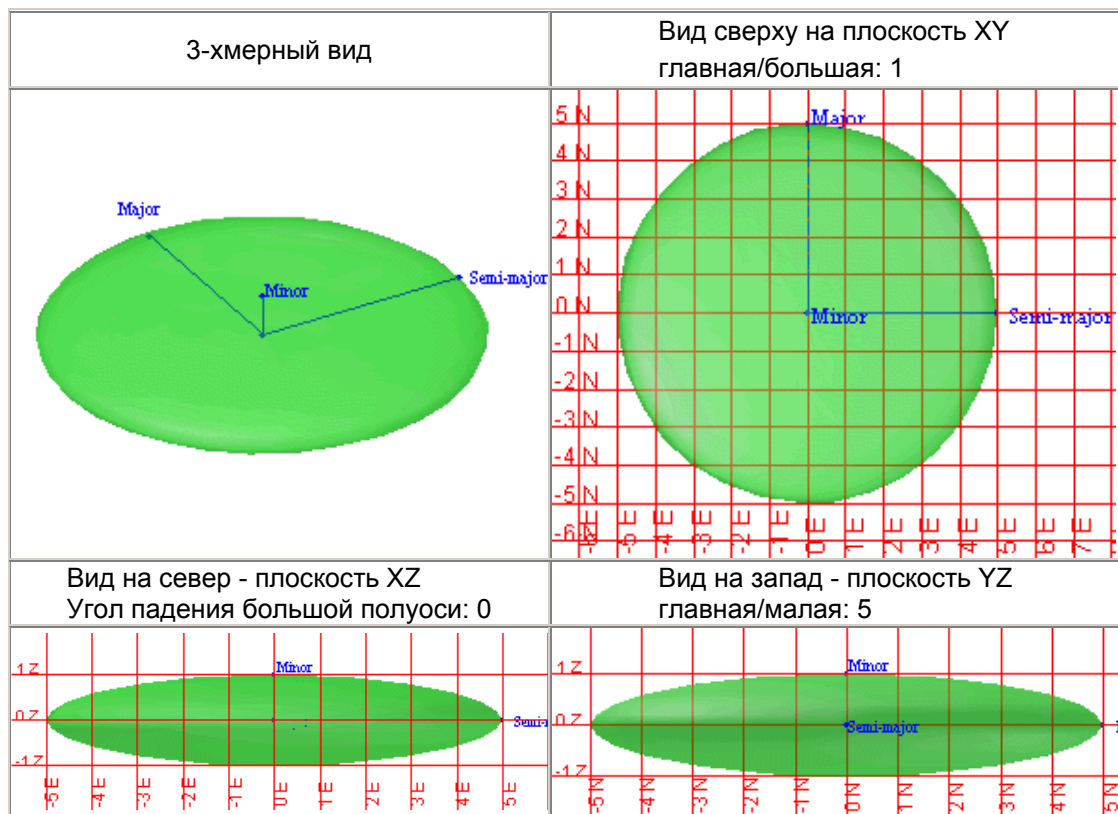
Чтобы увидеть пример такого эллипсоида анизотропии:

1. Откройте файл **anisotropic_ellipsoid1.str** в графическом режиме
2. Покажите трехмерную сеть координат
3. Покажите значения поля D1 для строки 1

Пример #2:

Этот эллипсоид может быть использован для вычисления значений в пределах горизонтально залегающего угольного пласта или пологозалегающей пачки осадочных пород, в которых данные по пласту выдержаны в плоскости XY (главная/большая: 1), но выдержанность значительно ниже по вертикали.

Азимут главной оси	0
Погружение главной оси	0
Угол падения большой полуоси	0
Коеф-т главная/большая	1
Коеф-т главная/малая	5



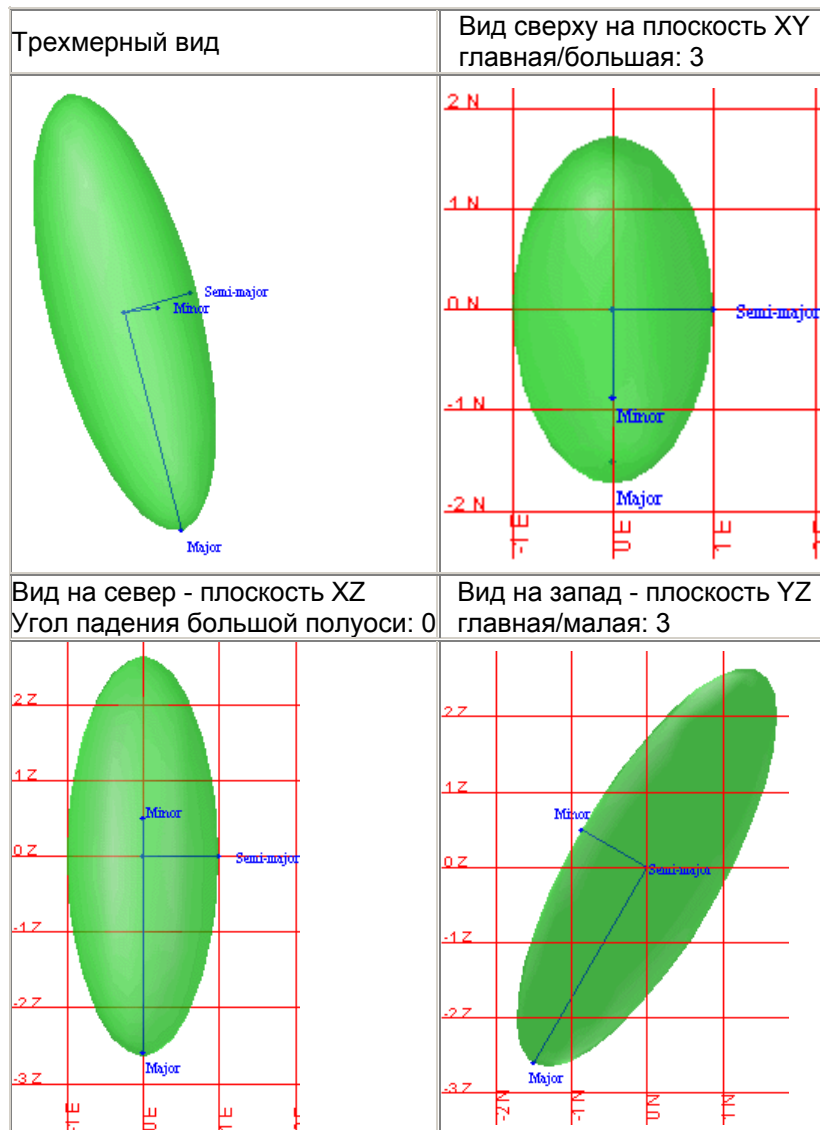
Чтобы увидеть пример такого эллипсоида анизотропии:

1. Откройте файл **anisotropic_ellipsoid2.str** в графическом режиме
2. Покажите трехмерную сеть координат
3. Покажите значения поля D1 для строки 1

Пример #3:

Этот эллипсоид может быть использован для расчета содержаний в кимберлитовой диатреме или алмазоносного «трубообразного» рудного тела, которое погружается на юг под углом 60 градусов к горизонту.

Азимут главной оси	180
Погружение главной оси	-60
Угол падения большой полуоси	0
Коэф-т главная/большая	3
Коэф-т главная/малая	3



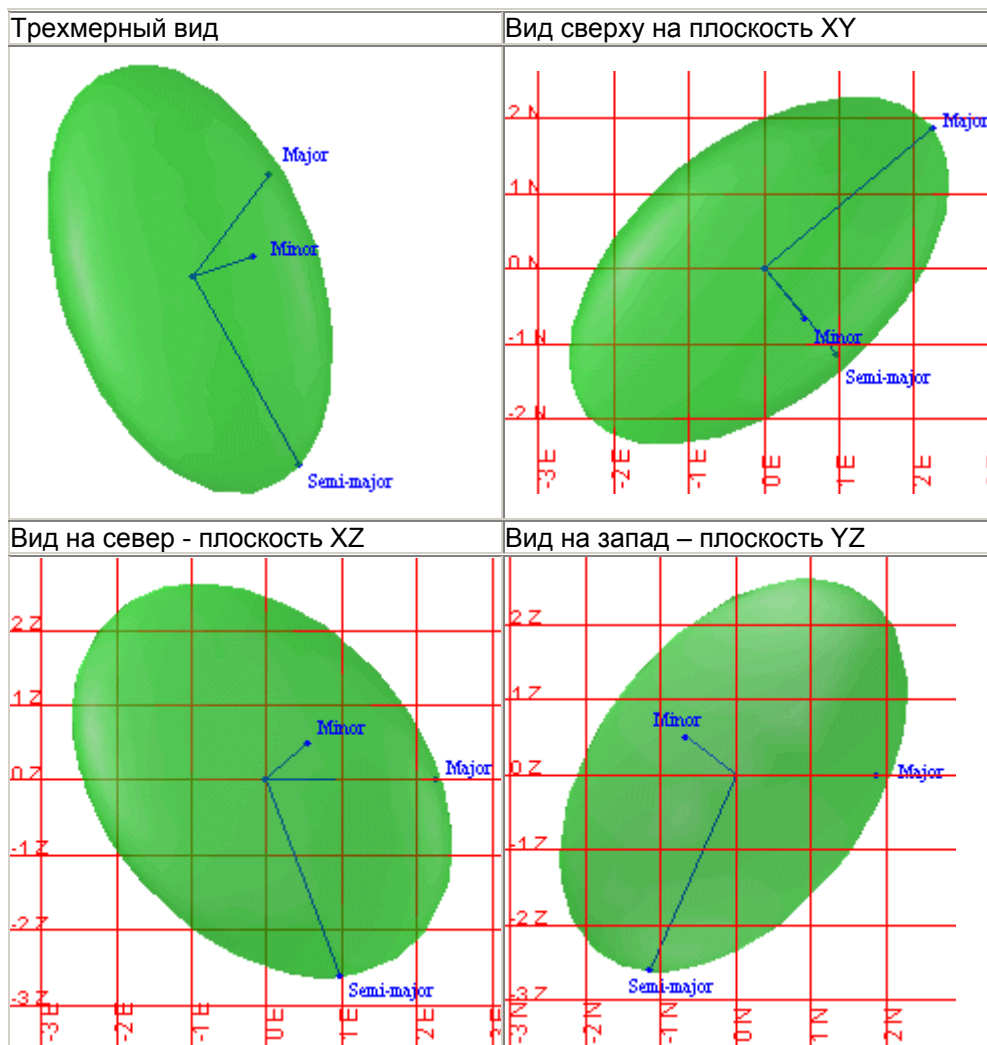
Чтобы увидеть пример такого эллипсоида анизотропии:

1. Откройте файл **anisotropic_ellipsoid3.str** в графическом режиме
2. Покажите трехмерную сеть координат
3. Покажите значения поля D1 для строки 1

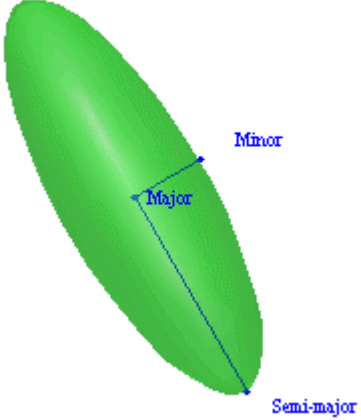

Пример #4:

Этот эллипсоид может быть использован для эпитермальной жилы с азимутом простирания 50 градусов и падением на юго-запад под углом 60 градусов к горизонту. Содержания выдержаны одинаково во всех направлениях (главная/большая: 1).

Азимут главной оси	50
Погружение главной оси	0
Угол падения большой полуоси	-60
Коеф-т главная/большая	1
Коеф-т главная/малая	3



Пример #4 (продолжение):

<p>Вид в гор. плоскости вдоль простираения Аз 50 градусов, Уг. Пад. 0 Заметьте, что угол падения большой полуоси – 60 градусов главная/большая: 1</p>	<p>Вид вниз по падению: Аз 140 градусов, Уг. пад. -60 Заметьте, что главная ось ориентирована по простираению, а большая – по падению главная/малая: 3</p>
	

Чтобы увидеть пример такого эллипсоида анизотропии:

1. Откройте файл **anisotropic_ellipsoid4.str** в графическом режиме
2. Покажите трехмерную сеть координат
3. Покажите значения поля D1 для стринга 1

Резюме:

Теперь вы должны понимать следующие термины:

- Изотропия
- Анизотропия
- Эллипсоид анизотропии
- Главная ось
- Большая полуось
- Малая ось
- Коэффициент анизотропии – Главная/Большая ось
- Коэффициент анизотропии – Главная/Малая ось
- Анизотропное расстояние
- Вес образца

Кроме того, вы должны понимать, как коэффициенты анизотропии и ориентировка эллипсоида влияют на вычисление анизотропных расстояний и, следовательно, вес образцов при расчете содержания в центре блока.

Понимание и визуализация эллипсоида анизотропии и того, как он влияет на вычисления, - непростая задача. Усвоение концепции, представленной здесь, может занять определенное время, потребовать исследований и/или приобретения опыта с несколькими выборками данных.

Вариограммы

Обзор:

Важным аспектом осуществления любых геостатистических расчетов является понимание того, как значения данных меняются с расстоянием и изменением направления. Вариограмма – это графический инструмент, который может быть использован для этого.

Концепция вариограммы будет представлена следующим образом:

1. Введение в вариограммы
2. Расчет вариограммы
3. Изменение величины шага
4. Разнонаправленные (многоповоротные) вариограммы
5. Направленные вариограммы
6. Расчет разнонаправленной (многоповоротной) вариограммы в Сюрпэке
7. Моделирование вариограмм в Сюрпэке

Требования:

Прежде, чем приступить к этому разделу, вы должны:

- Быть знакомыми со стринг-файлами Сюрпэка
- Знать, как запустить макрокоманду Сюрпэка
- Понимать основные статистические показатели, такие как среднее и дисперсия

1. Введение в вариограммы

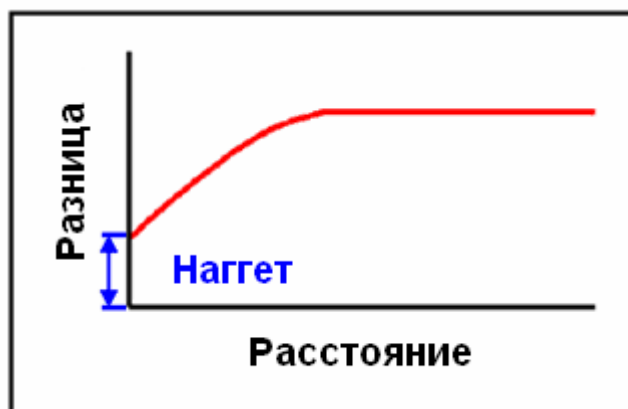
Вариограмма – это график, который сравнивает разницу значений в образцах на разных расстояниях друг от друга:



Пример вариограммы

«Наггет» – самородковый эффект

Если вы разделите единичный образец и пошлете его в две различные лаборатории, то часто в результате вы получите различные содержания. Таким образом, при разделяющем образцы расстоянии, равном 0, присутствует разница в содержаниях. Эта разница, именуемая НАГГЕТ (*англ. – самородок*) или САМОРОДКОВЫЙ ЭФФЕКТ, часто для краткости обозначается « $c(0)$ ». Величина самородка характеризуется, как разница в содержаниях при величине разделяющей дистанции 0.



Наггет – Самородковый Эффект

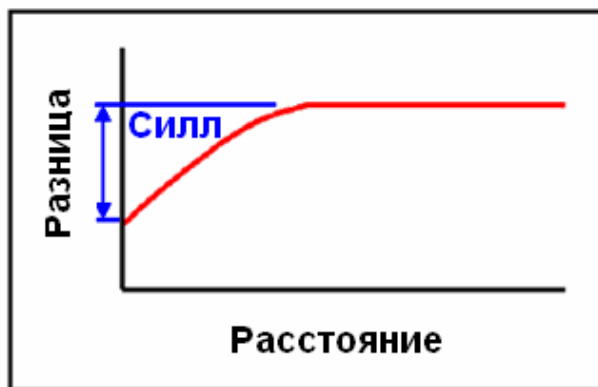
Термин «Наггет» пришел в геостатистику при оценке месторождений золота, в котором встречаются его самородные скопления. При разделении образца одна половина может содержать самородок золота, а другая не содержать золота вовсе. Хотя разница между частями, на которые разделен образец, часто объясняет это явление, человеческий фактор также может этому способствовать. Ошибки могут происходить при опробовании, в лаборатории, при вводе данных. Любая из них или все сразу могут способствовать формированию «Наггета». Эти аспекты часто обуславливают формирование «наггета». Они не рассматриваются в данном руководстве, но вы должны о них помнить так же, как и об их воздействии на последующие геостатистические вычисления.

«Силл»

Если мы сравниваем два образца, расположенных на некотором расстоянии друг от друга, мы можем ожидать, что разница между ними будет больше, чем разница между теми образцами, которые расположены ближе друг к другу. Часть графика вариограммы, которая поднимается вправо и вверх от точки Наггета, отражает такую ситуацию.

В некоторой точке разница между образцами уже не может быть больше достигнутой. Например, максимальное значение в пробах минус минимальное значение в пробах дает нам наибольшую разницу между образцами. На вариограмме максимальная разница показана горизонтальным фрагментом графика.

Две величины описывают точку, в которой вариограмма достигает своего максимального значения - силл (порог) и диапазон.



Силл

Силл (иногда коротко обозначаемый буквой “С”), как показано выше, является разностью между максимальной разницей и наггетом. Термин «отношение Наггета к Силлу» используется для того, чтобы охарактеризовать процентную долю «суммарного Силла», которую занимает Наггет, и вычисляется следующим образом:

$$\text{Отношение Наггета к Силлу} = \text{Наггет} / (\text{Наггет} + \text{Силл})$$

Диапазон

Расстояние, на котором график достигает Силла, называется диапазоном:



Диапазон

Диапазон (иногда коротко обозначаемый буквой “А”) представляет собой максимальное расстояние, на котором пары образцов еще могут быть соотнесены с разделяющей их дистанцией (или на котором полностью исчезает корреляция между парами образцов). За пределами диапазона корреляция полностью отсутствует.

2. Расчет вариограммы

Чтобы рассчитать вариограмму, набор данных группируется в пары, которые разделены определенным расстоянием, именуемым «шагом». Затем следующие вычисления производятся для всех образцов в каждом интервале:

$$\text{гамма (h)} = \frac{\text{сумма (разность между значениями в парах)}^2}{2 \times \text{число пар}}$$

Чтобы продемонстрировать процесс, мы используем расположенные ниже данные. Предположим, что значения представляют пробы, отобранные по интервалам в 1 метр вдоль линии юг – север:

3
3
4
6
7
5
5
3

Чтобы создать график вариограммы «Расстояние против Разности», мы должны сначала выбрать величину шага (или интервал шага). Затем мы сгруппируем данные в пары образцов, которые попадают в каждый интервал шага. Для первого интервала, равного 1, мы получим следующие пары: 3-3, 3-4, 4-6 и т.д.... Разница между двумя значениями возводится в квадрат и вычисляется сумма всех возведенных в квадрат разностей:

Шаг = 1			
Пара	Величины в паре	Разность	(Разность) ²
1	3 – 3	0	0
2	3 - 4	-1	1
3	4 - 6	-2	4
4	6 - 7	-1	1
5	7 - 5	2	4
6	5 - 5	0	0
7	5 – 3	2	4

Сумма разностей, возведенных в квадрат: 14

$$\text{Гамма}(h) = \frac{\text{Сумма разностей, возведенных в квадрат}}{2 \times \text{число пар}} = \frac{14}{2 \times 7} = 1.0$$

Затем сгруппируем пары все образцов, разделенных расстоянием 2, и вновь произведем расчет:

Шаг = 2			
Пара	Величины в паре	Разность	(Разность) ²
1	3 – 4	-1	1
2	3 - 6	-3	9
3	4 - 7	-3	9
4	6 - 5	1	1
5	7 - 5	2	4
6	5 – 3	2	4

Сумма разностей, возведенных в квадрат: 28

$$\text{Гамма}(h) = \frac{\text{Сумма разностей, возведенных в квадрат}}{2 \times \text{число пар}} = \frac{28}{2 \times 6} = 2.3$$

Результаты группировки образцов, разделенных расстояниями 3, 4 и 5, показаны ниже:

Шаг = 3			
Пара	Величины в паре	Разность	(Разность) ²
1	3 – 6	-3	9
2	3 - 7	-4	16
3	4 - 5	-1	1
4	6 - 5	1	1
5	7 – 3	4	16

Сумма разностей, возведенных в квадрат: 43

$$\text{Гамма}(h) = \frac{\text{Сумма разностей, возведенных в квадрат}}{2 \times \text{число пар}} = \frac{43}{2 \times 5} = 4.3$$

Шаг = 4			
Пара	Величины в паре	Разность	(Разность) ²
1	3 – 7	-4	16
2	3 - 5	-2	4
3	4 - 5	-1	1
4	6 – 3	3	9

Сумма разностей, возведенных в квадрат: 30

$$\text{Гамма (h)} = \frac{\text{Сумма разностей, возведенных в квадрат}}{2 \times \text{число пар}} = \frac{30}{2 \times 4} = 3.8$$

Lag = 5			
Pair	Pair Values	Difference	Squared difference
1	3 - 5	-2	4
2	3 - 5	-2	4
3	4 - 3	1	1

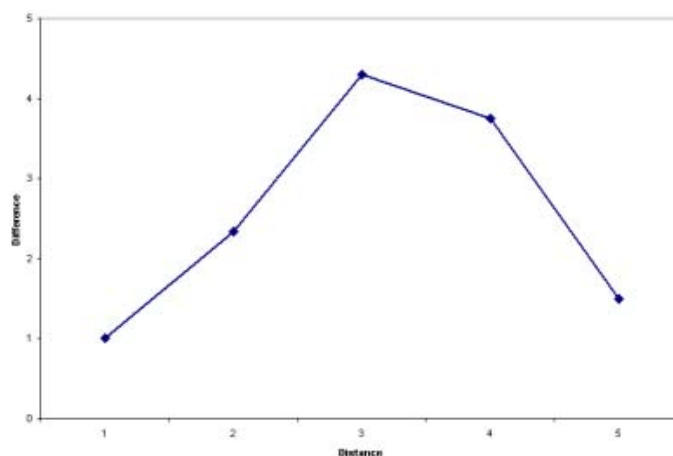
Сумма разностей, возведенных в квадрат: 9

$$\text{Гамма (h)} = \frac{\text{Сумма разностей, возведенных в квадрат}}{2 \times \text{число пар}} = \frac{9}{2 \times 3} = 1.5$$

Все результаты и интервалы шага затем группируются в таблицу:

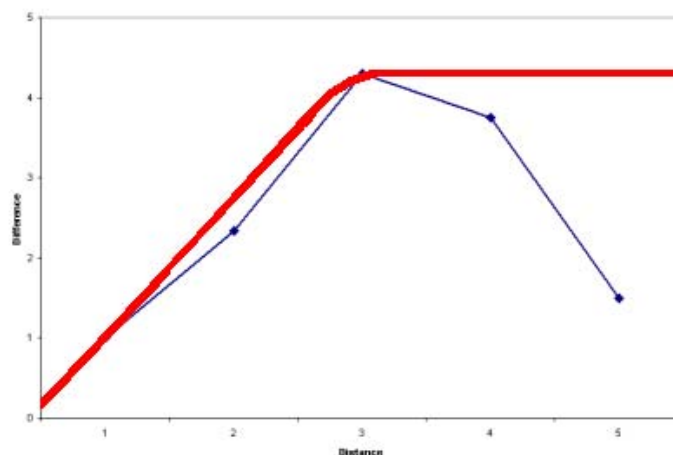
Шаг (расстояние)	Гамма (h) (разность)
1	1
2	2.3
3	4.3
4	3.8
5	1.5

График результатов выглядит так:



Экспериментальная вариограмма

Этот график значений для различных значений шага называется «экспериментальная вариограмма». Она используется для расчета вариограммы, показанной на рисунках выше – «модели вариограммы». Модель вариограммы может быть охарактеризована, как математическое уравнение, и подлежит интерпретации. Модель вариограммы, как показано в предыдущем разделе, начинается с «Наггета», увеличивается на величину «Силла» до точки, определяемой диапазоном, затем продолжается до бесконечности на уровне значения «Силла». На рисунке ниже модель вариограммы была «подогнана» под экспериментальную вариограмму:



Модель вариограммы, подогнанная под экспериментальную вариограмму

В этом примере, все важнейшие параметры модели будут зарегистрированы:

Наггет: 0.2

Силл: 4.0

Диапазон: 3.0

$$\text{Наггет/Силл} = 0.2 / (0.2+4.0) = 0.05$$

3. Изменение шага

Хотя предыдущий пример дал возможность создать экспериментальную вариограмму приемлемой формы, часто бывает необходимо внести изменения в размер шага для того, чтобы получить такую приемлемую вариограмму. В предыдущем примере был использован шаг размером 1. Термин ШАГ=1 в реальности обозначает «все пары образцов, которые разделены расстоянием между 0.001 и 1», ШАГ=2 – «все пары образцов, которые разделены расстоянием между 1.001 и 2», ШАГ=3 - «все пары образцов, которые разделены расстоянием между 2.001 и 3».

Чтобы продемонстрировать влияние величины выбранного шага, пересчитаем вариограмму из предыдущего примера, но используем шаг, равный 2. Мы пересчитаем ее, последовательно используя приращение шага, равное 2.

Шаг=2 – пары образцов, которые разделены расстоянием между 0 и 2

Шаг=4 - пары образцов, которые разделены расстоянием между 2.001 и 4.

Шаг=6 - пары образцов, которые разделены расстоянием между 4.001 и 6.

Опять рассмотрим набор образцов, расположенных по линии север-юг и отобранных по однометровым интервалам:

3
3
4
6
7
5
5
3

Для шага 0-2 мы получим пары, приведенные ниже:

Шаг = 2			
Пара	Значения в парах	Разница	(Разница) ²
1	3 - 3	0	0
2	3 - 4	-1	1
3	3 - 4	-1	1
4	3 - 6	-3	9
5	4 - 6	-2	4
6	4 - 7	-3	9
7	6 - 7	-1	1
8	6 - 5	1	1
9	7 - 5	2	4
10	7 - 5	2	4
11	5 - 5	0	0
12	5 - 3	2	4
13	5 - 3	2	4

Сумма квадратов разностей: 42

$$\text{гамма}(h) = \frac{\text{Сумма квадратов разностей}}{2 \times \text{число пар}} = \frac{42}{2 \times 13} = 1.6$$

Для шага 2-4 мы получим пары, приведенные ниже:

Шаг = 4			
Пара	Значения в парах	Разница	(Разница) ²
1	3 - 6	-3	9
2	3 - 7	-4	16
3	3 - 7	-4	16
4	3 - 5	-2	4
5	4 - 5	-1	1
6	4 - 5	-1	1
7	6 - 5	1	1
8	6 - 3	3	9
9	7 - 3	4	16

Сумма квадратов разностей: 73

$$\text{гамма}(h) = \frac{\text{Сумма квадратов разностей}}{2 \times \text{число пар}} = \frac{73}{2 \times 9} = 4.1$$

Для шага 4-6 мы получим пары, приведенные ниже:

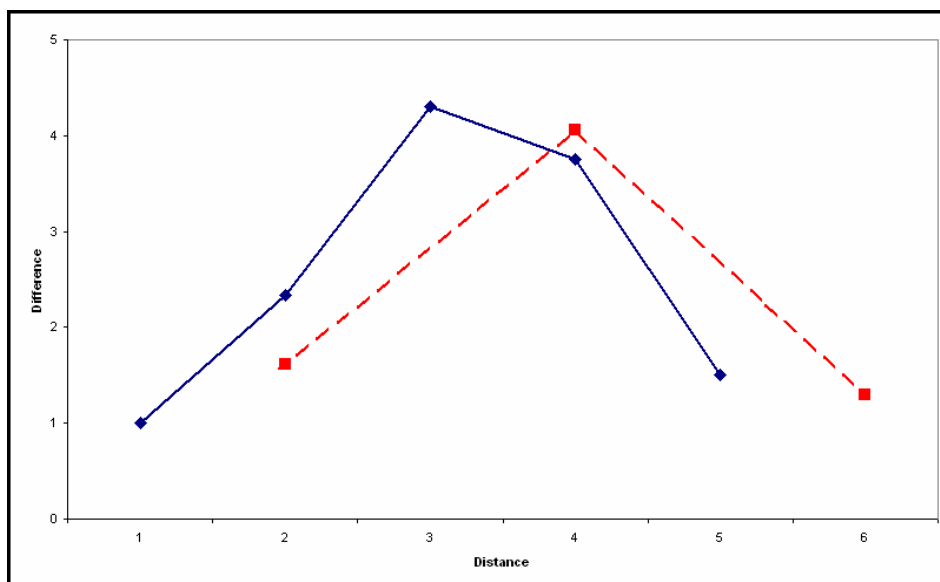
Шаг = 6			
Пара	Значения в парах	Разница	(Разница) ²
1	3 - 5	-2	4
2	3 - 5	-2	4
3	3 - 5	-2	4
4	4 - 3	1	1
5	3 - 3	0	0

Сумма квадратов разностей: 13

$$\text{гамма}(h) = \frac{\text{Сумма квадратов разностей}}{2 \times \text{число пар}} = \frac{13}{2 \times 5} = 1.3$$

Все результаты затем группируются и по ним отстраиваются графики:

Шаг	Гамма(h)
2	1.6
4	4.1
6	1.3



Экспериментальная вариограмм 1(сплошная линия) и 2(пунктир)

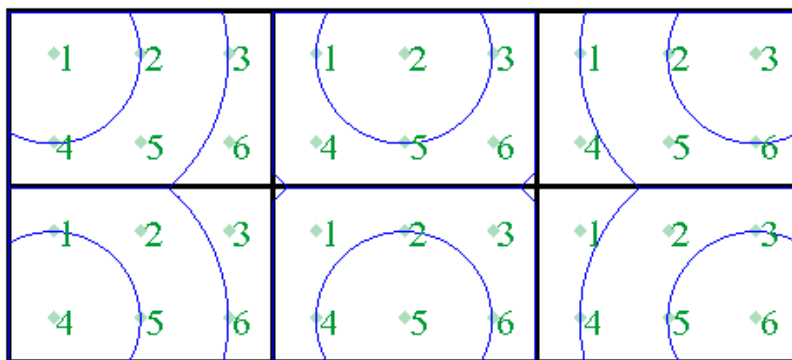
4. Разнонаправленные (многоповоротные) вариограммы

Вариограмма в предыдущем упражнении была примером «направленной» вариограммы. Все использованные образцы были расположены на линии север-юг. Другим известным типом вариограммы является разнонаправленная вариограмма. Для этого типа пары выбираются только на основе расстояния, а направление не учитывается.

Пример внизу показывает, как пары образцов будут выбираться для набора данных. Все образцы расположены по сети 1 x 1, и используются величины шага 1, 2 и 3. Пакет определяет пары следующим образом:

- Найдите первую точку
- Определите, какие еще точки в наборе данных находятся в интервале шага от этой точки, и добавьте эти пары к первому интервалу (Шаг=1)
- Определите, какие еще точки в наборе данных находятся в интервале шага от этой точки, и добавьте эти пары ко второму интервалу (Шаг=2)
- Повторите операцию, пока все точки не попадут в интервал шага.
- Перейдите к следующей точке
- Удалите предыдущую точку из рассмотрения
- Повторите стадии от В до F, пока не будут рассмотрены все точки

В разнонаправленной вариограмме ориентация пар образцов не имеет значения. Например, пара образцов 1-2 ориентирована с востока на запад, пара образцов 1-4 – север-юг, но обе пары попадают в интервал шага 1.



Круги выбора

Пары образцов, выбранные для каждого шага в разнонаправленной вариограмме

Шаг=1	Шаг =2	Шаг =3
1-2	1-3	1-6
1-4	1-5	3-4
2-3	2-4	
2-5	2-6	
3-6	3-5	
4-5	4-6	
5-6		

Заметьте, что этот пример в двухмерном пространстве. В трехмерном пространстве поиск производится по сферам.

5. Направленные вариограммы

Направленная вариограмма – это вариограмма, пары образцов в которой расположены вдоль одного направления. В первом примере все образцы были расположены вдоль линии север-юг. Никакой другой линии ориентировки для выбора пар образцов не было, поэтому единственно возможной была направленная вариограмма.

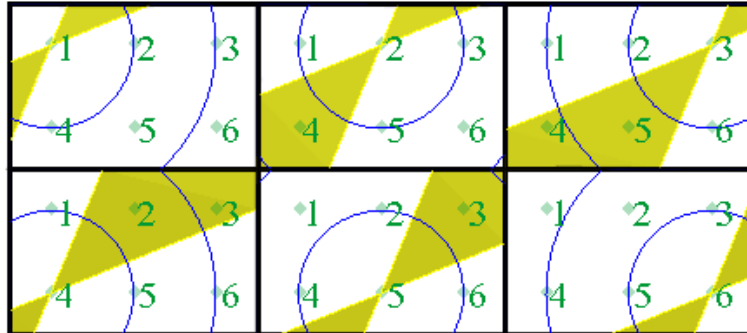
Тем не менее, в большинстве выборок данных присутствуют множественные варианты ориентировки пар образцов. В направленной вариограмме пакет выбирает только те пары образцов, которые имеют определенную ориентировку плюс-минус некоторый угловой допуск. В Сюрпэкеу гловый допуск называется РАСХОЖДЕНИЕМ.

Пример ниже показывает, как будут отбираться пары образцов с использованием ориентации СВ-ЮЗ (45 градусов) плюс-минус расхождение, равное 22.5 градусам в обе стороны. Таким образом, если ориентировка пар образцов попадает между 22.5 и 67.5 градусов (или 202.5 и 247.5), то она будет включена в расчет.

Все образцы расположены по сетке 1 x 1 и использованы значения шага 1, 2 и 3. Способ определения пар заключается в следующем:

- A. Встаньте на первую точку
- B. Определите, какие другие точки в наборе данных находятся в пределах первого шага от этой точки и В ПРЕДЕЛАХ угла расхождения. Запишите эти пары в соответствующее поле таблицы (Шаг=1).
- C. Определите, какие еще невыбранные точки находятся в пределах следующего шага и угла расхождения и впишите в соответствующее поле таблицы. (Шаг=2)
- D. Перейдите к следующей точке
- E. Уберите предыдущие точки из рассмотрения.
- F. Повторите стадии от B до F, пока все точки не будут обработаны

В направленной вариограмме ориентация пар образцов имеет значение. Например, пары образцов 1-2 и 1-4 находятся в пределах первого шага, но ни одна из них не находится в пределах углового расхождения 45 градусов плюс-минус 22.5 градуса. Фактически, здесь есть только три пары данных, которые имеют ориентацию и располагаются в указанных границах. Это пары: 2-4, 3-4 и 3-5.



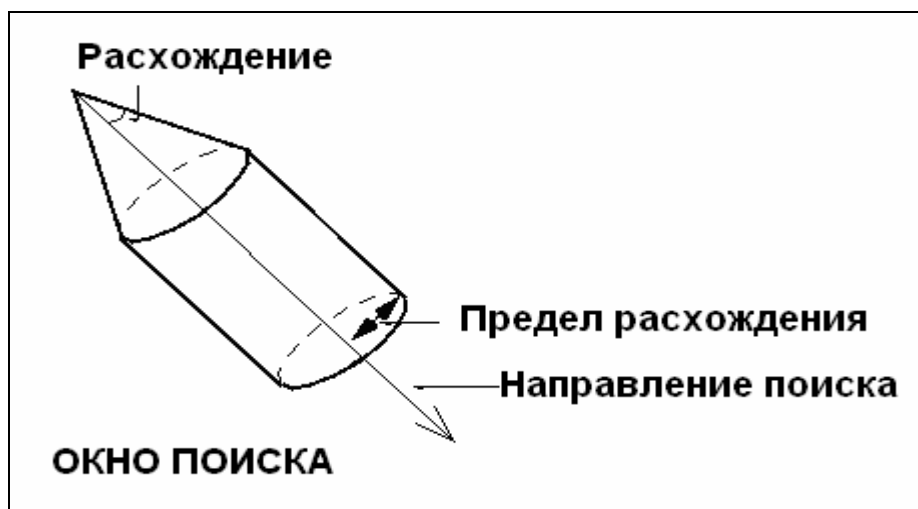
Шаговые круги выбора с угловым допуском по направлению

Пары образцов, выбранные для каждого шага в направленной вариограмме (ориентировка 45 +/- 22.5)

Шаг=1	Шаг =2	Шаг =3
	2-4	3-4
	3-5	

Как видно, использование направленных вариограмм уменьшает число пар образцов. По мере уменьшения угла расхождения уменьшается число пар. Если угол расхождения слишком мал, качество экспериментальной вариограммы может уменьшиться до такого состояния, что модель уже не может быть создана с какой-либо долей уверенности. Если угол расхождения слишком велик, концепция «направленной» вариограммы может оказаться под вопросом.

Заметьте, что пример относится к двумерному пространству. В трехмерном пространстве поиск от каждой точки осуществляется в конусе. В дополнение к этому, Сюрпэк имеет опцию ограничения радиуса конуса путем указания предела расхождения. Это, по сути, преобразование конуса в цилиндр с радиусом предела расхождения.



6. Расчет разнонаправленной (многоповоротной) вариограммы в Сюрпэке

Запустите макро **04_omnidirectional_variogram.tcl**.

После прочтения текста в форме внизу, нажмите **APPLY (Применить)**

Вариограммы могут быть направленными или разнонаправленными.

Направленные вариограммы включают в себя пары образцов, которые ориентированы вдоль определенного азимута.

Разнонаправленная вариограмма – это вариограмма, в которой направление пар не имеет значения. Она создается путем задания угла расхождения равным 90. Азимут и погружение не имеют значения.

В общем, разнонаправленные вариограммы будут «наилучшими» или «наименее рассеянными», поскольку они будут включать в себя больше точек, чем направленная вариограмма. Поскольку разнонаправленная вариограмма является «наилучшей», с нее всегда хорошо начинать.

Окно МОДЕЛИРОВАНИЯ ВАРИОГРАММ открывается с помощью команды **Моделирование вариограмм** из **Геостатистического модуля**. Затем из меню **Вариограмма** выбирается **Новая вариограмма стринг-файла** и открывается следующая форма:

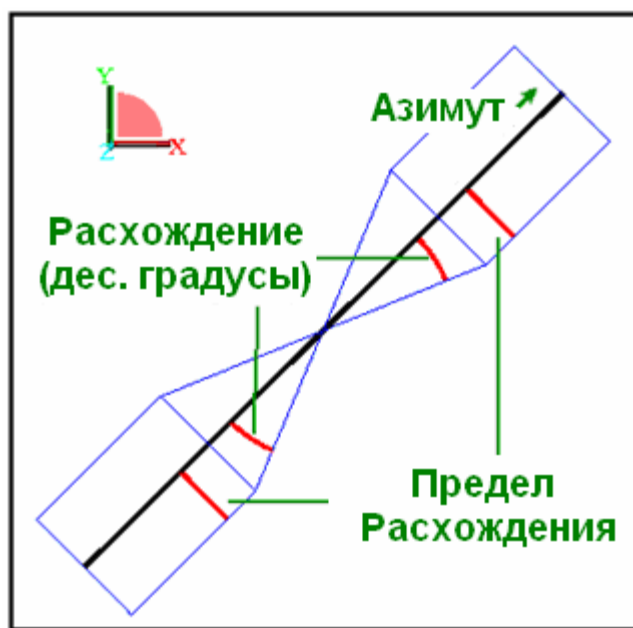
Окна выборки данных	Азимут	Погруж.	Расхождение	Предел расхожд.	Цвет графика
1	0	0	90		black

Расчет разнонаправленной вариограммы

Мы выбрали использование всех стрингов (оставив поле для диапазона стрингов пустым) из файла **gold_cut17.str** для расчета разнонаправленной вариограммы. Поле **D1** содержит содержания золота, усеченное до 17 г/т. Поля «*Минимальное значение*» и «*Максимальное значение*» позволяют исключить данные, находящиеся ниже определенного минимального значения или выше определенного максимального значения. Вы можете исключить данные, которые расположены за пределами или в пределах определенных координат Y, X или Z, используя страницу **Опции**.

Все вариограммы в Сурпэке определяются тремя полями: *Азимут*, *Погружение* и *Расхождение*. По желанию может быть указан *Предел Расхождения*. *Азимут* – это ориентация поисковой оси в плоскости XY. *Погружение* – это наклон линии ориентации выше (положительны) или ниже (отрицательный) горизонтали. *Расхождение* – это угловой допуск в десятичных градусах по обе стороны от оси поиска. *Предел*

Расхождения – это устанавливаемое по выбору расстояние от поисковой оси, до которого конус расхождения может расширяться. После достижения *Предела Расхождения* он превращается в цилиндр.



Поисковый Конус

Способ, которым мы задаем параметры разнонаправленной вариограммы в Сюрпэке, использует *Угол Расхождения* в 90 градусов. Значения для *Азимута* и *Погружения* установлены на 0 в данном случае, но могут быть любыми, поскольку угол расхождения в 90 градусов включает в себя все данные независимо от *Азимута* и *Погружения*.

Первоначальный шаг в 2 метра выбран для последующей иллюстрации одного момента в этом упражнении. На практике вы можете выбрать первоначальный шаг для вашей первой вариограммы близким шагом опробования.

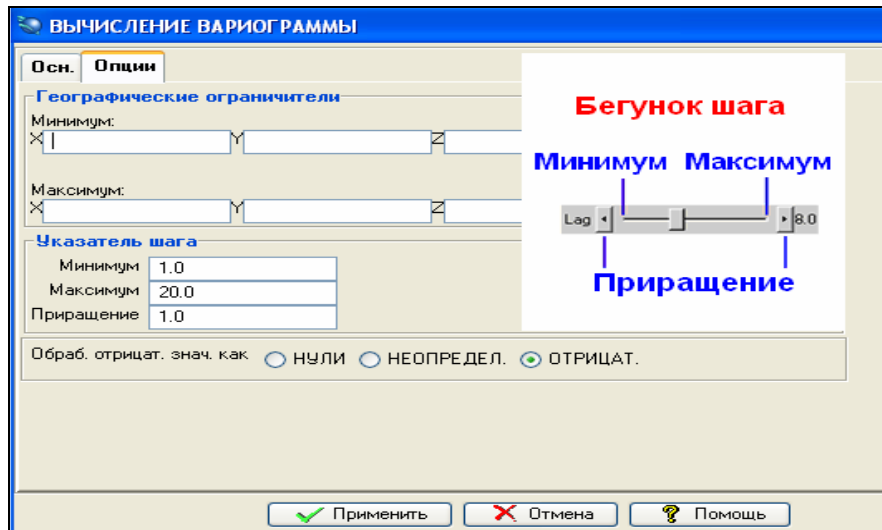
Максимальное расстояние в 100 метров указывает на то, что пары образцов, расположенные друг от друга на большем расстоянии, рассматриваться не будут. При создании Вашей первой разнонаправленной вариограммы вы можете захотеть установить его на большую величину – даже на что-то, близкое к величине распространения данных. Это гарантирует, что вы не упустите какого-либо эффект, связанный с большим расстоянием. Вы можете увеличить масштаб части вариограммы после этого или, если производится перерасчет, вы сможете использовать меньше максимальное расстояние для уменьшения времени обработки.

Название выходного файла в данном случае будет ***omnidirectional.not***.

Выберите страницу формы **Опции**.

Расстояние шага может быть изменено путем использование инструмента-бегунка под названием «Шаг». Вы можете увидеть бегунок справа от кнопки прокрутки макрокоманд в окне моделирования вариограмм. Бегунок позволяет Вам интерактивно изменять шаг и сразу же видеть воздействие этой операции на вариограмму.

На страничке формы **Опции** вы можете видеть минимальные и максимальные значения на бегунке шага и величину приращения. В дополнение к этому, вы можете скорректировать шаг на величину 0, используя правый и левый ключ на клавиатуре.



Бегунок шага

Примените форму.

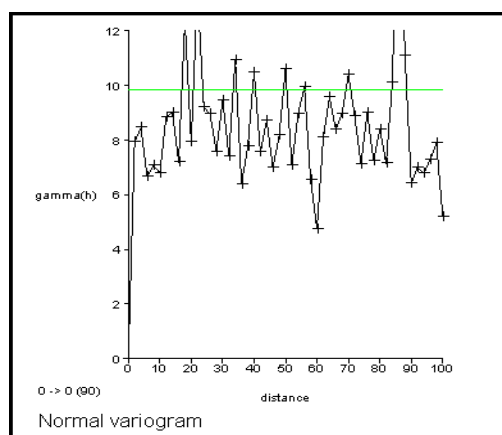
После прочтения текста внизу, нажмите **APPLY (Применить)**.

Заметьте, что первоначальная величина шага обусловила низкое качество «рассеянной» вариограммы. На следующей форме установите шаг равным 7.6 и вы получите «лучшую» вариограмму.

После выполнения макрокоманды вы можете менять шаг одним из следующих способов, чтобы увидеть, как размер шага влияет на качество вариограммы.

1. Выберите вариограмму.
2. Перетащите бегунок шага в верхний правый угол окна.
3. Используйте клавиши < и > по обе стороны бегунка.
Заметьте, что эти клавиши модифицируют шаг на величину приращения, указанную на страничке **Опции** первой формы моделирования вариограмм.
4. Используйте клавиши правой и левой стрелки на клавиатуре для модификации шага на 0.1

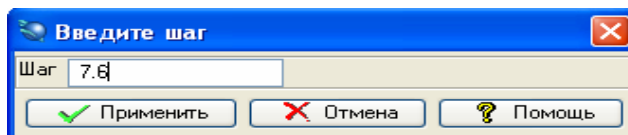
Вы увидите, что применение шага в 2 метра создаст следующую рассеянную вариограмму.



Экспериментальная вариограмма с шагом =2

Величина дисперсии набора данных представлена горизонтальной зеленой линией. Она была получена выбором команды **Показать/Скрыть Дисперсию** из меню **Показать**. Многие геостатистики моделируют вариограммы таким образом, чтобы суммарный «силл» равнялся дисперсии. Это необязательно.

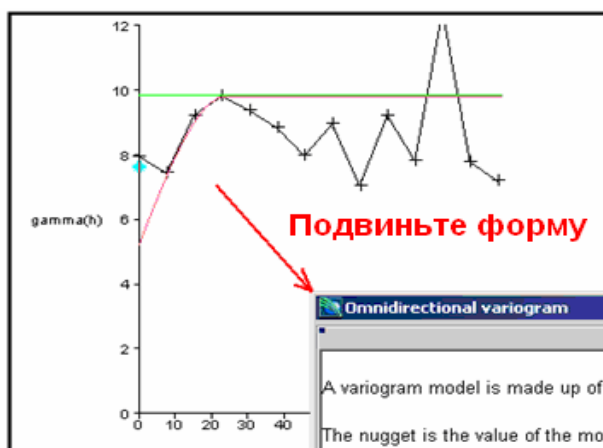
Затем выберите **Шаг экспериментальной вариограммы** из меню **Вариограмма**, и появится форма для указания шага вариограммы:



Установите шаг равным 7.6

Примените эту форму.

Получится новая экспериментальная вариограмма, отражающая новую интервальную дистанцию. На экране появится новая Форма – щелкните по ней и перетащите, чтобы показать Новую экспериментальную вариограмму:



Экспериментальная вариограмма с шагом равным 7.6

В дополнение, **Модель** была выбрана из меню **Вариограмма**, чтобы показать модель вариограммы, показанную тонкой красной линией. Когда **Вариограмма > Модель** выбраны в первый раз, Сюрпэк пытается автоматически подогнать вариограмму к экспериментальной модели. Вы можете кликнуть на голубые кружочки и, перетащив их мышью, модифицировать вариограмму.

После прочтения текста в форме внизу нажмите **APPLY (Применить)**.

Модель вариограммы создается из наггета и одной, или большего числа структур: силл-диапазон.

Наггет – значение модели на оси Y.

Силл – расстояние по оси Y выше наггета для структуры.

Диапазон – расстояние вдоль оси X для данного силла.

Может быть использовано до 5 структур: силл-диапазон, но часто бывает достаточно одной.

Наггет и структуры: силл-диапазон могут быть модифицированы графически или могут быть установлены на следующей форме.

Затем выбирается **Справка** из меню **Вариограмма** для показа параметров модели вариограммы:

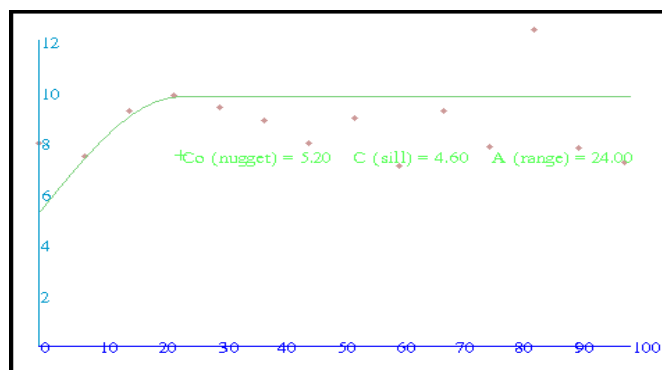
Структура	Силл (Порог)	Диапазон
1	4.600000	24.000
2		
3		
4		
5		

Параметры модели вариограммы

Вы также можете впечатать величины в эту форму в ходе моделирования вашей собственной вариограммы.

Будет создан выходной файл-справка **omnidirectional_variogram.not**, содержащий все эти данные. Рекомендуется сохранить параметры разнонаправленной вариограммы для будущих справок. Оставьте эту форму в таком виде и нажмите **APPLY (Применить)**.

Будет создан Стринг-файл **omnidirectional1.str**, содержащий экспериментальную вариограмму Модель Вариограммы путем выбора функций: **Файл > Сохранит как > Стринг-файл**. Этот файл изображен ниже в *Графическом пространстве*:



Выходной стринг-файл вариограммы


Этот файл может быть использован для печати. Заметьте, что были произведены некоторые модификации стринг-файла, чтобы получить этот вид:

- Ось Y была установлена с преувеличением масштаба на 5 посредством функций **Вид > Опции вида данных > Масштаб просмотра по осям**.
- Стринг экспериментальной вариограммы была перенумерован от 1 до 30003, используя **Редактировать > Стринг > Перенумеровать серию**. Стринг 30003 имеет презентационный стиль по умолчанию в виде небольших кружков.
- Реальное значение X показано на стринге 2, чтобы отобразить величины от 0 до 100 на оси X, используя команды **Показать > Точки > Значения X**.
- Реальное значение Y показано на стринге 3, чтобы показать значения от 0 до 12 на оси Y, используя **Показать > Точки > Значения Y**.
- Описательное поле на стринге 5 было модифицировано, чтобы включить слова в скобках, используя **Редактировать > Точка > Свойства**

Макрокоманда завершена и окно моделирования вариограмм закрыто.

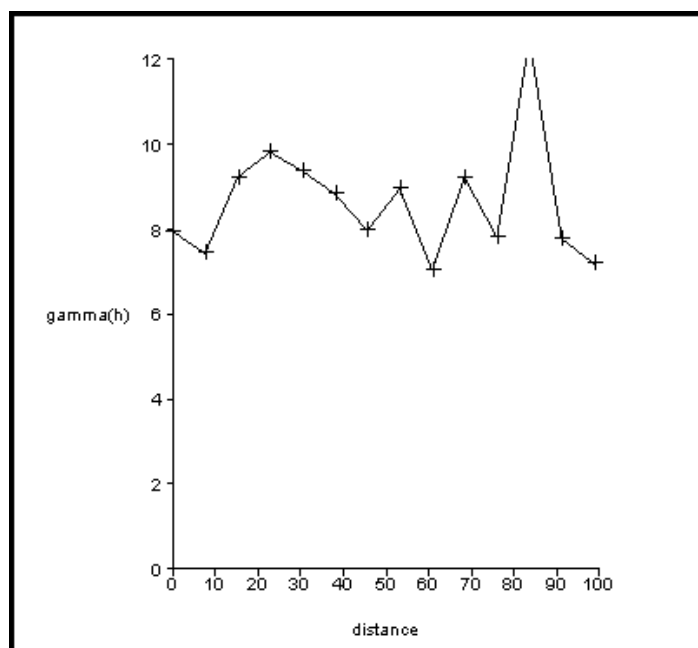
7. Моделирование вариограмм в Сюрпэке

Чтобы сделать возможным повторное рассмотрение и создание ранее рассчитанной экспериментальной вариограммы, Сюрпэк позволяет создать файл, содержащий данные по экспериментальной вариограмме и файл, включающий вариограмму. После обработки предыдущего примера были сохранены следующие файлы:

 <p>.EVG и.VGM файлы в дереве файлов</p>	<p><i>omnidirectional.evg</i> - экспериментальная вариограмма</p> <p><i>omnidirectional.vgm</i> - модель вариограммы</p>
---	--

Сначала мы откроем экспериментальную вариограмму, затем откроем и модифицируем предыдущий пример модели вариограммы. После этого мы создадим новую модель.

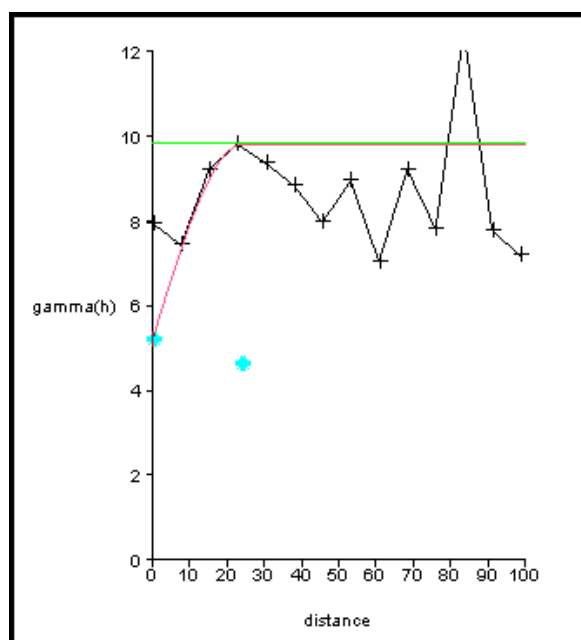
Затащите из навигатора в графическое окно файл ***omnidirectional.evg***



Экспериментальная вариограмма, открытая из файла ****.EVG***

Из меню **Показать** выберите **Показать/Скрыть дисперсию**. Дисперсия всех точек, использованных для расчета вариограммы, будет показана в виде горизонтальной зеленой линии. Дисперсия может использоваться в качестве «суммарного сигнала» вариограммы. Вы можете использовать ее по своему усмотрению.

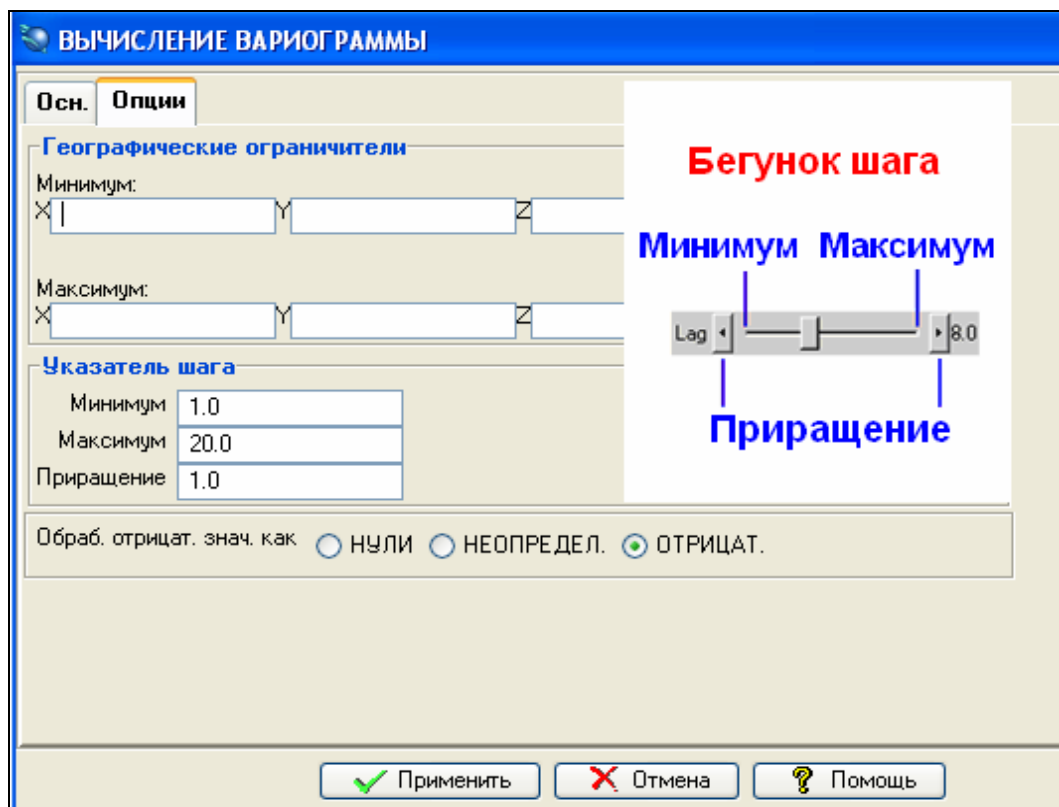
Для повторного рассмотрения ранее созданной модели вариограммы затащите в окно вариограмм файл ***omnidirectional.vgm***. Заметьте, что вы не можете открыть файл с расширением ****.vgm***, если уже не был открыт файл с расширением ****.evg***.



Экспериментальная вариограмма, модель вариограммы и дисперсия

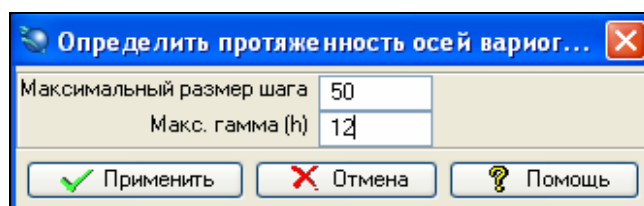
В моделировании вариограмм вам может помочь «бегунок шага»:

Попрактикуйтесь в использовании бегунка шага в правом верхнем углу окна вариограммы. Вспомните, что максимум, минимум и приращение устанавливается на страничке **Опции**, а левый и правый ключ на клавиатуре изменяют шаг на 0.1



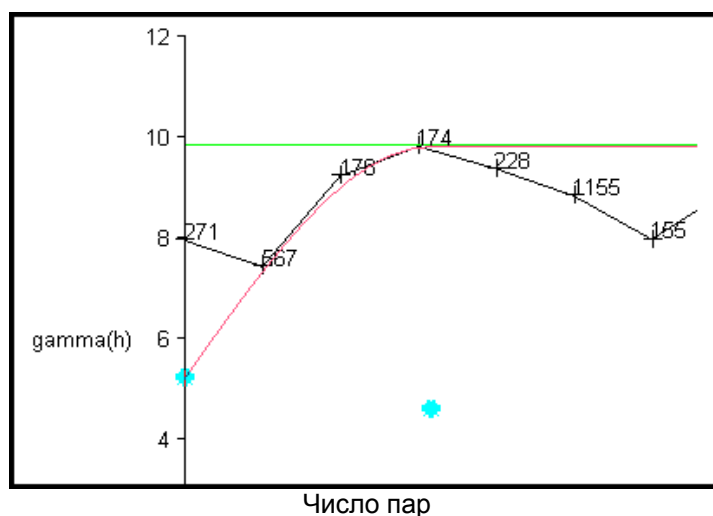
Бегунок шага

Из меню **Показать** выберите **Установите пределы оси**. Установите параметры, как показано ниже, затем нажмите **APPLY (Применить)**:



Установите пределы для осей вариограммы

Эта функция может быть полезной для увеличения масштаба части вариограммы. Из меню **Показать** выберите **Число пар**.



Чем больше число пар, тем больше уверенности в точке вариограммы. Некоторые геостатистики имеют тенденцию к игнорированию определенных точек экспериментальных вариограмм, если в них присутствует существенно меньшее количество пар, чем в окружающих данных. На этом примере вы можете видеть, что первая точка экспериментальной вариограммы проигнорирована.

Теперь мы модифицируем существующую модель вариограммы.

Из меню **Вариограмма** выберите **Модель**.

Кликните мышью и переместите голубые маркеры-кружочки. Вы можете модифицировать «нагет», двигая маркер слева. Когда Вы двигаете этот маркер, Вы видите, что он остается на оси Y, а вся вариограмма движется вверх-вниз. Вы можете модифицировать «силл» и диапазон правым маркером. По мере того, как движется маркер, изменяется форма вариограммы, но «нагет» остается таким же.

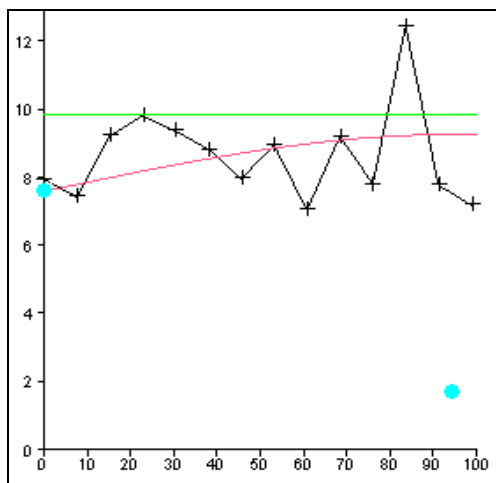
Теперь мы удалим нашу модель и создадим новую.

Из меню **Вариограмма** выберите **Удалить модель**.

Перетащите из дерева файлов файл **omnidirectional.evg** в графическое окно.

Из меню **Показать** выберите **Показать/Скрыть дисперсию**.

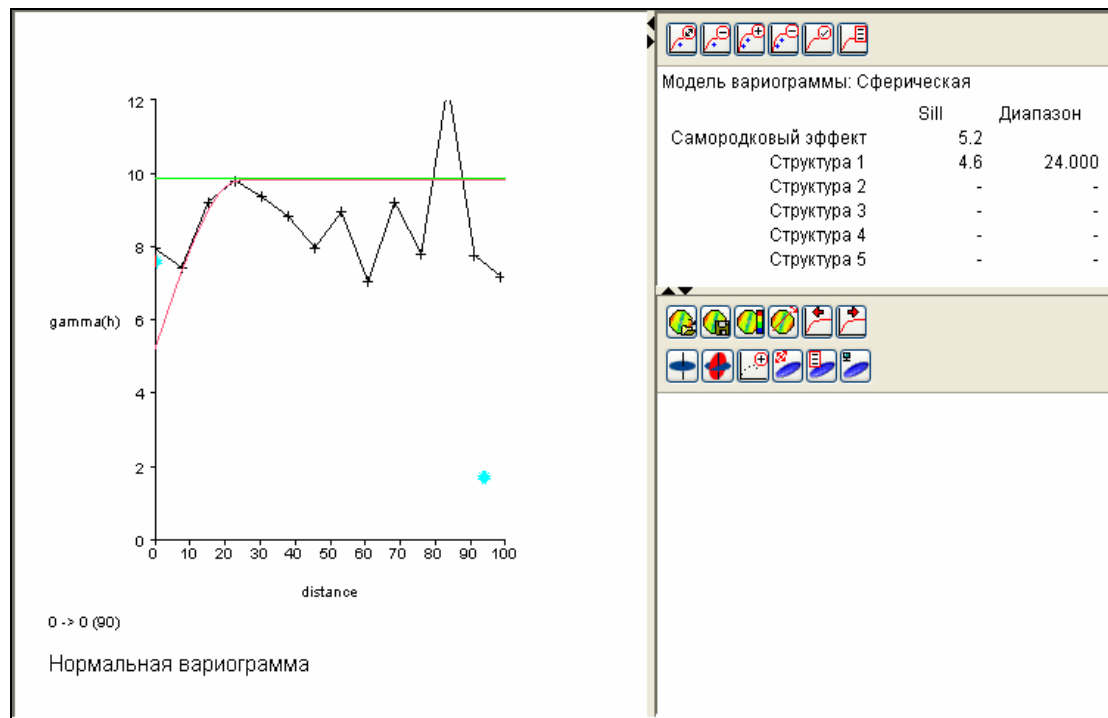
Из меню **Вариограмма** вы берите **Модель**.



Автоматически подогнанная вариограмма

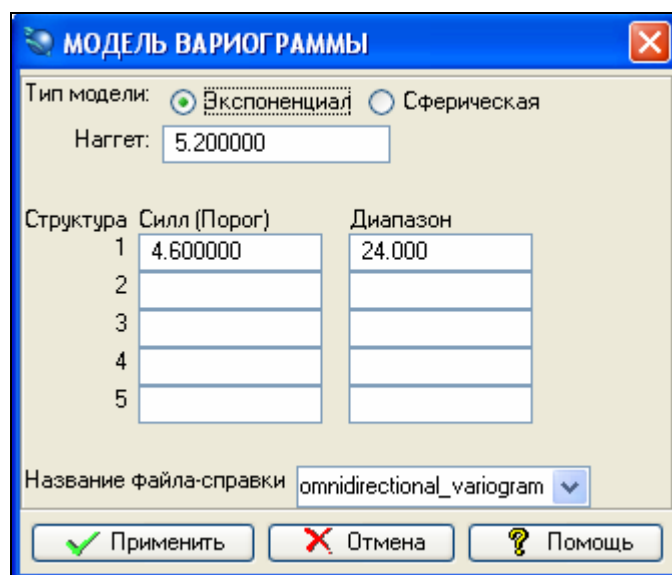
ПО использует алгоритм, который пытается подогнать модель вариограммы к существующим данным. Она может подходить или подходить для окончательного результата. Вы увидите подсказку «выберите и перетащите маркер». Перемещайте голубые маркеры до тех пор, пока не получите вариограмму, близкую к предыдущему примеру.

В процессе перемещения маркеров для модификации вариограммы заметьте, что параметры текущей вариограммы приводятся в правом верхнем углу окна:



Параметры вариограммы – в правом верхнем углу

Из меню **Вариограмма** выберите **Справка**. Введите данные, указанные ниже, и нажмите **APPLY (Применить)**:



Справка по вариограмме

Будет создан файл **omni_report.not** в существующей рабочей директории. Если Вы откроете файл в Текстовом редакторе, то увидите значения величин, сохраненных здесь:

```

VARIOGRAM MODELLING      11-Sep-2005

Current variogram model parameters
-----
Model Type   : Spherical
Nugget       : 5.800000

Structure Sill Range
  1  4.000000 25.000
  
```

Функция **Вариограмма – Справка** позволяет не только создать ***.NOT** файл-справку, который содержит параметры модели вариограммы, но также является способом введения определенных параметров вариограммы (например, силл=4.000, а не 4.00048).

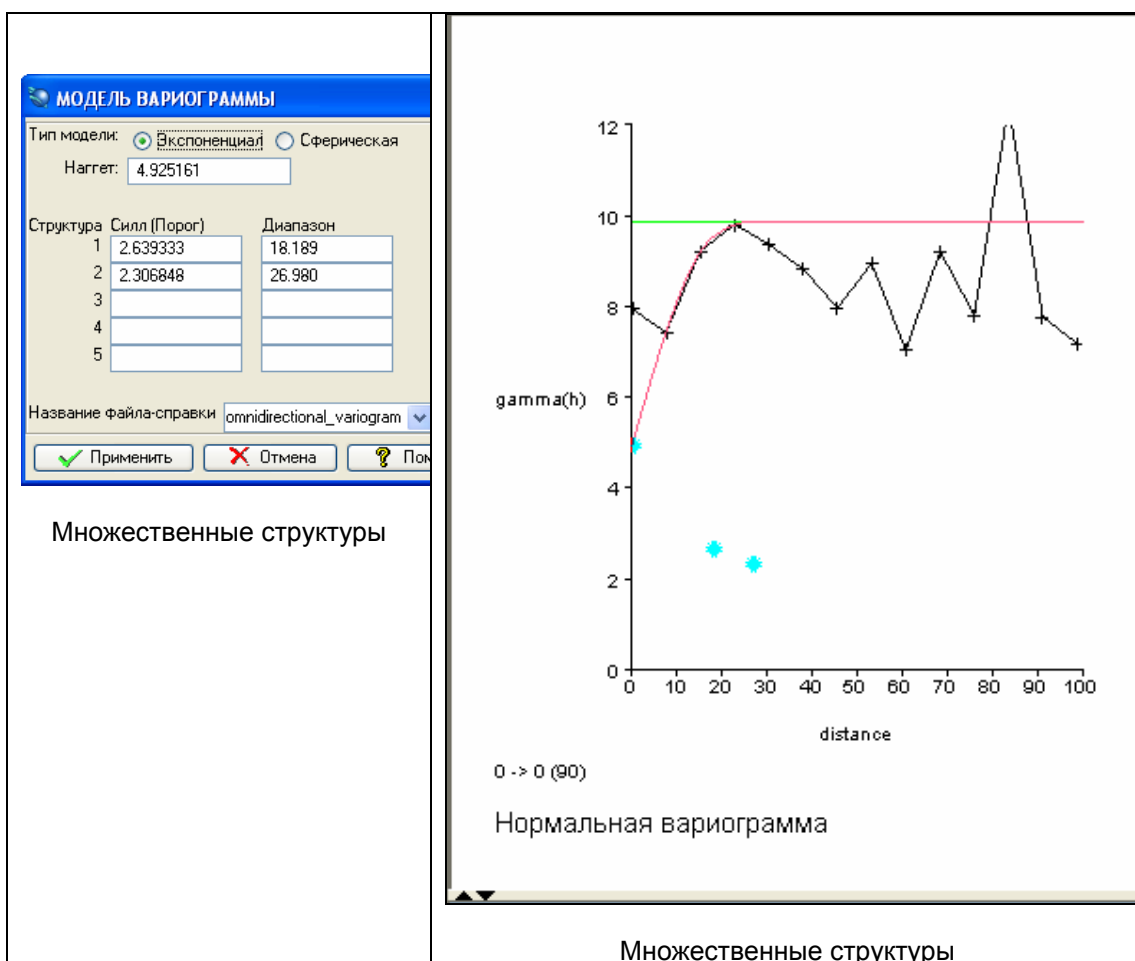
Если требуется несколько «склонов» для адекватного моделирования данных, могут быть введены дополнительные структуры.

Из меню **Вариограмма** выберите **Добавить Структуру**. Появится третий голубой кружок-маркер. Подвигайте каждый из маркеров, и вы увидите эффект от этого.

Из меню **Вариограмма** выберите **Удалить структуру**. Заметьте, что один из голубых маркеров будет удален, и модель изменится. Кликните и перетащите каждый из маркеров, и вы увидите эффект от этого.

Из меню **Вариограмма** снова выберите **Добавить структуру** – теперь у Вас будет три маркера – один для «наггета» и два - для «силла»/диапазона.

Из меню **Вариограмма** выберите **Справка**. Введите в форму значения, показанные ниже (слева) и нажмите **APPLY (Применить)**:



Сумма «наггета» и «силла» равняется «суммарному силлу».

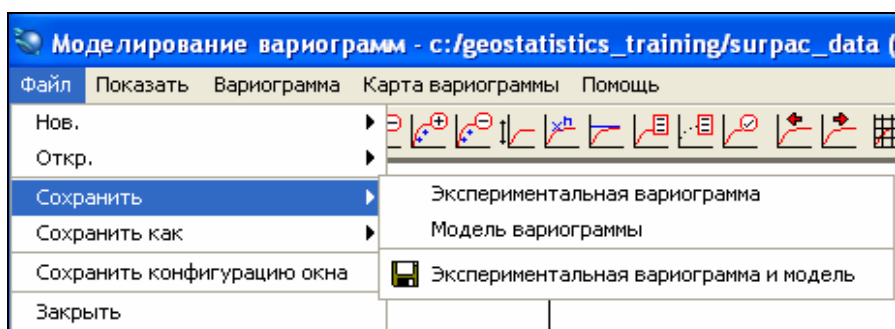
Как видно, в вариограмме Сюрпэка можно иметь до 5 структур. Одной или двух структур обычно достаточно для моделирования большинства экспериментальных вариограмм.

Моделирование вариограмм не является точной наукой. Тем не менее, примите к сведению несколько приемов:

- Постарайтесь смоделировать «тренд». Один из путей к тому, чтобы увидеть тренд – создать модель вариограммы, а затем подвигать бегунок шага вперед-назад. Модель должна подойти к данным для нескольких различных значений шага.
- Примите во внимание геологию зоны. Насколько рациональной для ваших данных является полученная модель? Насколько велик или мал «наггет»? Насколько близок диапазон к тому, что вы ожидали? Если это не так, пересмотрите границы зон в наборе данных.
- Проведите поиск в Интернете. В нем есть много онлайн-ресурсов по вариограммам, расчету вариограмм и результатам таковых по специфическим наборам данных.
- Обратитесь к консультанту. Это лучший источник рекомендаций по геостатистике.

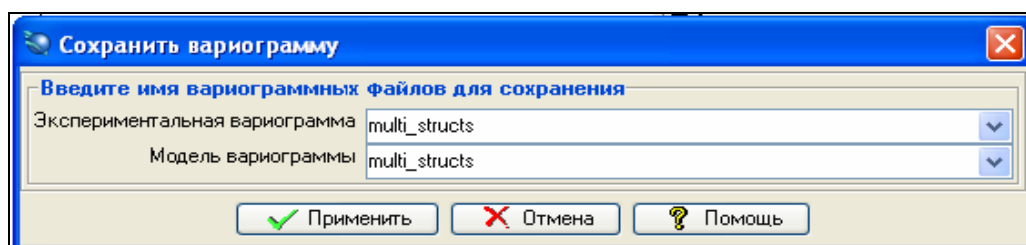
Предположив, что мы удовлетворены нашей многоструктурной вариограммой, сохраним их.

Из меню **Файл** выберите **Сохранить**, затем **Экспериментальная вариограмма и модель**.



Меню для сохранения экспериментальной вариограммы и модели

Вы можете сохранить экспериментальную вариограмму и модель по отдельности, или одновременно. Введите данные, как показано ниже, и нажмите **APPLY (Применить)**:



Сохранение экспериментальной вариограммы и модели

Будут созданы следующие файлы:

- multi_structs.evg** - экспериментальная вариограмма
- multi_structs.vgm** - модель вариограммы

Теперь продемонстрируем, как эти файлы могут быть использованы для повторного показа ранее созданных моделей.

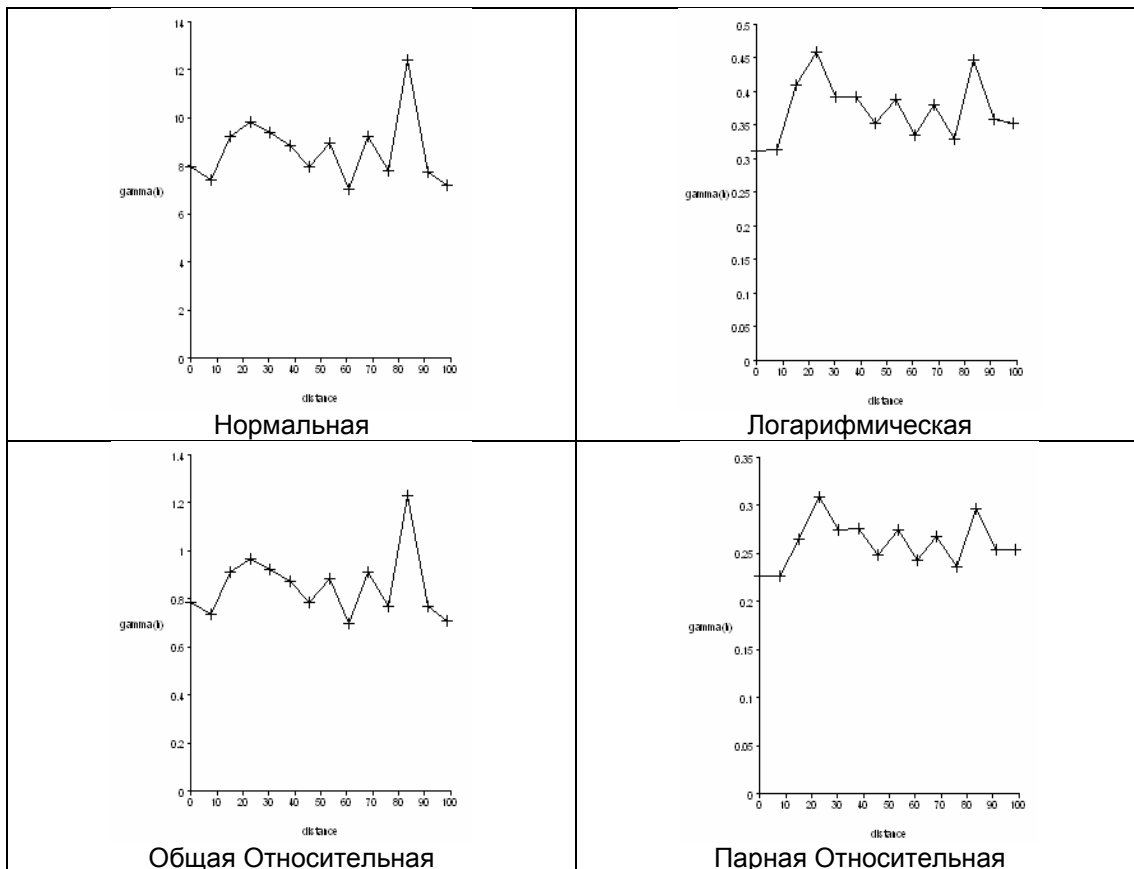
Из меню **Вариограмма** выберите **Удалить модель**. Так будет удалена текущая модель. Перетащите файл **multi_structs.vgm** в окно вариограмм. Многоструктурная модель будет показана снова. Заметьте, что **файлы omnidirectional. evg и multi_structs. evg** идентичны, то есть, перемен в экспериментальной вариограмме не происходит. Модель вариограммы, однако, будет удалена.

Теперь коротко обсудим разные типы вариограмм.

Если в окне вариограмм показана разнонаправленная вариограмма, выберите **Тип** из меню **Вариограмма**. Выберите **Логарифмическая** и нажмите **Применить**. Заметьте, что изменится не только форма вариограммы, но и значения гаммы (**h**). Если ранее была показана дисперсия, то она будет удалена.

Снова выберите **Тип** из меню **Вариограмма**. Выберите **Общая Относительная** и нажмите **Применить**. Заметьте, что форма в этом случае идентична нормальной вариограмме, но значения гаммы (**h**) изменились. Они были разделены на значение дисперсии для набора данных, который, в этом случае, близок к 10.

Снова выберите **Тип** из меню **Вариограмма**. Выберите **Парная Относительная** и нажмите **Применить**. Заметьте, что форма в этом случае отличается от формы *Нормальной* и *Общей Относительной* вариограмм, а значения гаммы (**h**) тоже изменились:



Логарифмическая вариограмма

В этом типе вариограммы логарфмы необработанных данных используются для расчета экспериментальной вариограммы. Любое отрицательное или нулевое значение сначала устанавливается равным небольшой положительной величине перед началом логарифмической трансформации. Если распределение данных является логнормальным или близким к нему, и приемлемый вариант модели может быть получен из нормальной вариограммы, то логарифмическая вариограмма потенциально дает неплохой результат, который может быть использован для оценки диапазона нормальной вариограммы.

Если локальные значения в наборе данных сильно варьируют, может возникнуть ситуация, называемая «пропорциональным эффектом». «Относительные» вариограммы могут быть более полезными, чем «нормальные» вариограммы, если существует пропорциональный эффект.

Общая относительная вариограмма

В этом типе вариограммы каждое значение гаммы (h) делится на квадрат среднего значения для всех проб, использованных для расчета гаммы (h).

Парная относительная вариограмма

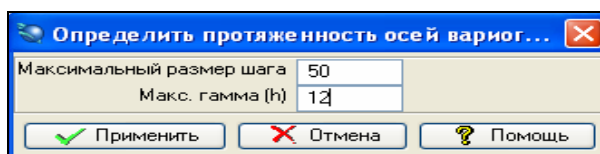
Для этого типа вариограммы возведенная в квадрат разность в каждой паре делится на квадрат среднего значения для каждой пары. Так же, как и для логарифмической вариограммы, величины по оси Y (гамма (h)) не имеют смыслового значения, но относительные вариограммы могут помочь в идентификации диапазонов и структур.

Применение этих типов вариограмм – тема для углубленного изучения вопроса. Если вы хотите получить больше информации об этом, вам необходима консультация квалифицированного специалиста по геостатистике.

Теперь сопоставим сферическую и экспоненциальную вариограмму.

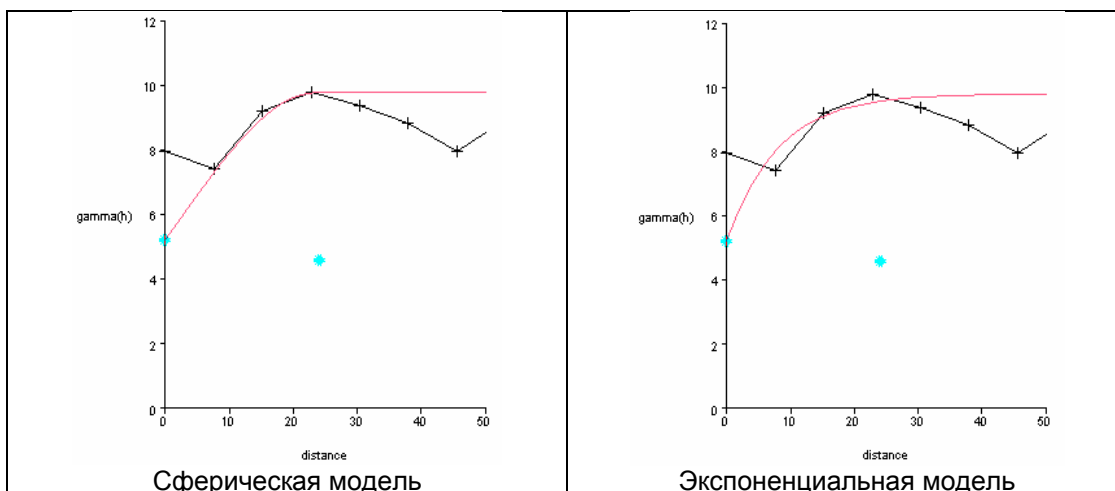
Покажите нормальную вариограмму, загрузив файл **omnidirectional. evg** в окно показа вариограмм. Затем покажите модель вариограммы, загрузив файл **omnidirectional. vgm** в окно вариограммы..

Из меню **Показать** выберите **Установить пределы оси**. Введите параметры, как показано ниже, и нажмите **Применить**:



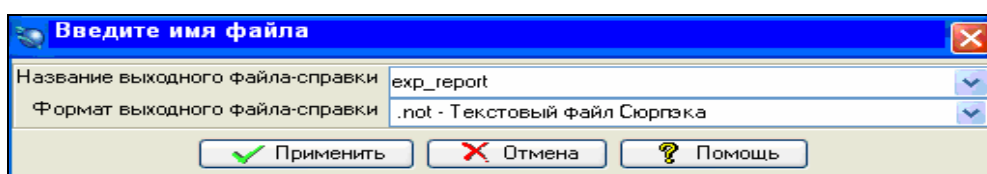
Установите пределы для осей вариограммы

Из меню **Вариограмма** выберите **Сферическая/Экспоненциальная модель**. Обратите внимание на разницу между двумя моделями (показаны ниже):



Сферическая модель имеет значительно более прямую «поднимающуюся» часть, а в точке диапазона «силл» модели становится постоянным. В экспоненциальной модели вся модель представляет из себя кривую, и «силл» является величиной, к которой модель приближается, но которую никогда не достигает. Если Ваша экспериментальная вариограмма постоянно растет, тогда экспоненциальная модель может быть более точным средством презентации данных, чем сферическая модель. Если экспериментальная вариограмма сначала увеличивается, а затем уменьшается, сферическая модель, вероятно, будет лучше представлять данные.

Рассмотрим справку по экспериментальной вариограмме. Из меню **Вариограмма** выберите **Справка по экспериментальной вариограмме**, введите параметры, как показано ниже, и нажмите **Применить**:



Справка для экспериментальной вариограммы

Следующие данные появятся в файле **exp_report.not**:

```

Surpac Minex Group
                               ВЫЧИСЛЕНИЕ ВАРИОГРАММЫ

Источник данных: gold_cut
Имя : 17
Строчки : 411
Выходной файл: exp_report.not

D поле : 1
Допустимый диапазон данных : Все значения
Шаг : 7.6
Мак Distance : 100

НАПРАВЛЕНИЕ ВАРИОГРАММЫ
Азимут : 0.000
Наклон : 0.000
Угол расхождения : 90
Предел расхождения : Нет

СТАТИСТИКА
Количество пар : 335
Среднее : 3.181744
Дисперсия : 9.842981
Стандартное отклонение : 3.137353

Lag Pairs  Drift  Gamma(h)  Wtd Gamma(h)  Log Gamma(h)  Gen Rel Gamma(h)  P/W Rel Gamma(h)  Average Distance)
-----
0.00      271  -0.383    7.941         7.941         0.311            0.784            0.226            2.000
7.60      567  -0.600    7.424         7.220         0.314            0.738            0.226            6.250
15.20     176  1.622    9.219         9.042         0.410            0.911            0.265            14.565
22.80     174  -0.369    9.885         9.652         0.458            0.969            0.309            23.057
30.40     228  -0.498    9.362         9.439         0.393            0.925            0.275            30.248
38.00    1155  0.554    8.824         8.861         0.392            0.872            0.276            39.307

```

Резюме:

Теперь вы в курсе того, как производится расчет вариограммы и как создавать, просматривать и сохранять экспериментальные вариограммы, и модели вариограмм в Сюрпэке.

Карты Вариограмм

Обзор:

Важнейшим аспектом осуществления какого-либо геостатистического расчета является понимание анизотропных свойств набора данных или выявление направления наибольшей выдержанности того, как величины данных меняются в этом направлении и в двух других взаимно перпендикулярных направлениях. Карта вариограммы – это инструмент Сюрпэка, который позволяет Вам визуализировать анизотропию в плоскости. В дополнение к этому, карты вариограмм могут быть использованы для задания формы эллипсоиду анизотропии. Эти концепции будут представлены посредством:

1. Карты первичной вариограммы
2. Карты вторичной вариограммы
3. Расчетом параметров эллипсоида анизотропии

Требования:

До того, как приступить к изучению этого раздела, вы должны:

- Быть знакомым со стринг-файлами Сюрпэка
- Знать как смоделировать и рассчитать модель вариограммы в Сюрпэке
- Понимать концепцию анизотропии эллипсоида
- Понимать параметры, которые определяют эллипсоид анизотропии

1. Карта первичной вариограммы

Запустите макрокоманду `05_data_geometry.tcl`.

После прочтения текста внизу нажмите **Применить**.

Перед тем, как осуществить геостатистический расчет блок-модели, необходимо определить, есть ли в наборе данных направление, вдоль которого данные наиболее выдержаны.

Если не наблюдается направления максимальной выдержанности, набор данных считается изотропным. Если, тем не менее, присутствует ориентация, которая имеет большую выдержанность, чем остальные, набор данных считается анизотропным.

Выявление изотропии или анизотропии осуществляется сравнением диапазонов вариограмм различной направленности.

Карта вариограммы – это инструмент, который может быть использован для выявления анизотропии в определенной плоскости. Выбор ориентации этой плоскости может быть обусловлен геометрией трехмерной зоны, содержащей точки данных. В этом примере данные содержатся в жильной зоне, которая может быть представлена в виде плоскости. Эта плоскость будет использована для первой или первичной карты вариограммы.

После прочтения текста внизу нажмите **Применить**:

Обычно геологи характеризуют ориентировку плоскости терминами «простираение» и «падение». Эти термины обычно включают в себя нецифровую информацию, такую как: «Простираение: 15 градусов на Север-Северо-Восток, Падение: Угол 40 градусов на Северо-Запад».

Следующие цифровые данные тербуются для характеристики карты вариограммы:

Угол падения (-90 до +90) и Азимут падения (0 до 359)

Например, плоскость, характеризующаяся «простираением С15В, падающая под углом 40 градусов на СЗ, может быть описана в Сюрпэке двумя способами:

Угол падения: -40 Азимут падения: 285

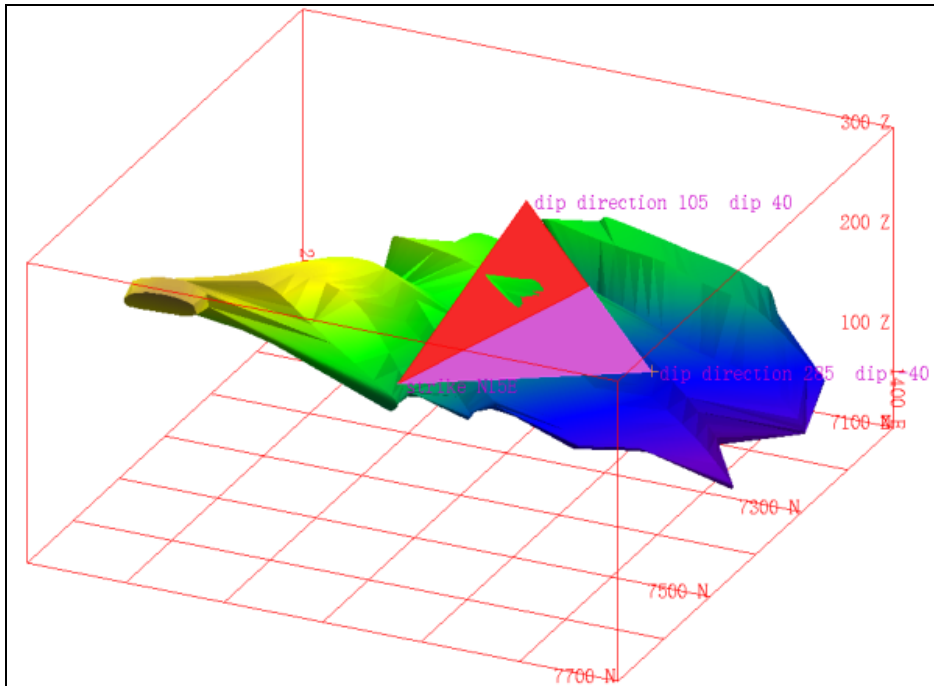
или

Угол падения: +40 Азимут падения: 105

Каркасная модель рудной зоны, раскрашенная по полю Z, и два треугольника, отражающие два метода описания плоскости, будут показаны.

Значения угла падения: +40 и азимута падения: 105 будут использованы в этом примере.

Данные будут показаны в графическом окне следующим образом:

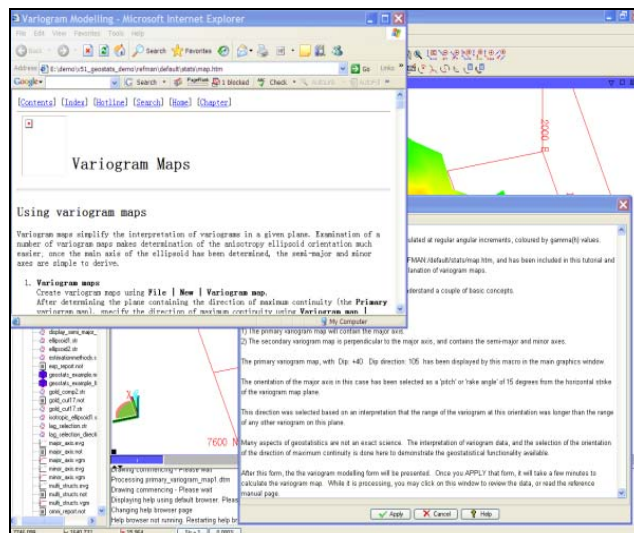


Показ плоскости, которая будет использоваться для карты вариограммы

Запустите макрокоманду **06_primary_variogram_map.tcl** и вы увидите:

- A. Карту вариограммы, показанную в трехмерном пространстве.
- B. Руководство по картам вариограмм
- C. Форму

Почитайте страничку со сносками. На этот момент - нет необходимости понимать все, что написано в этом документе, однако обратите внимание на название файла и структуру директории (содержатся в *Поле Адреса*) для ссылок в будущем. Этот файл включает набор данных для этого Обучающего руководства - на тот случай, если по каким-либо причинам Вы не установили Инструкцию для этого Программного продукта.



Руководство по картам вариограмм и показываемая форма

Когда вы закончите, минимизируйте или закройте окно с руководством. После прочтения текста в Форме, Отодвиньте форму в сторону, чтобы увидеть, графическое окно. Пока **не** нажимайте **Применить**.

Карта вариограммы – это набор экспериментальных вариограмм, рассчитанных через регулярные угловые приращения и раскрашенные по значению гаммы (h).

Вы можете ознакомиться с руководством по картам вариограмм на английском языке.

Вы должны понимать следующие концептуальные моменты:

Существуют две карты вариограмм.

- 1) Карта первичной вариограммы будет включать данные по главной оси.*
- 2) Карта вторичной вариограммы - перпендикулярна главной оси и содержит большую полуось и малую ось*

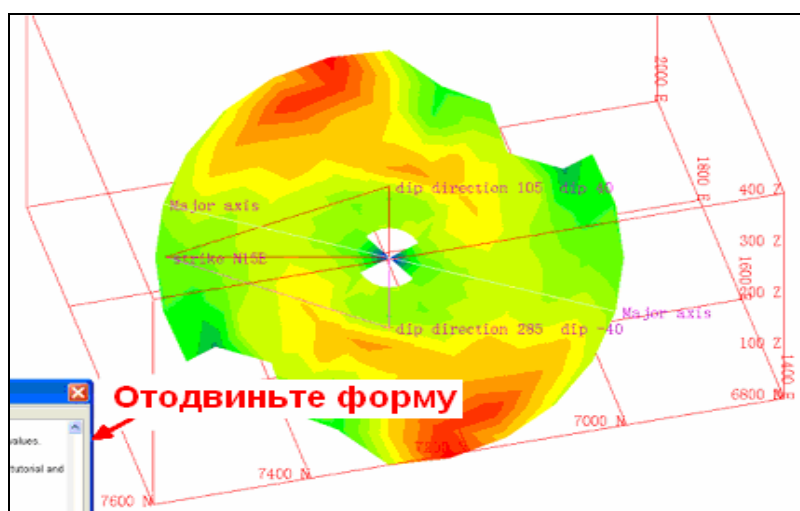
Карта первичной вариограммы с Углом падения +40 и Азимутом падения 105 показана с помощью этой макрокоманды в графическом окне.

В этом случае, ориентировка главной оси была выбрана вдоль направления, отстоящего на 15 градусов от горизонтального простирания плоскости карты вариограммы. Этот выбор был осуществлен на основе интерпретации того факта, что диапазон вариограммы в этом направлении длинее, чем у любой другой вариограммы в этой плоскости.

Многие аспекты геостатистики не являются точной наукой. Интерпретация данных вариограмм и выбор направления максимальной выдержанности осуществлен здесь для демонстрации имеющихся геостатистических функций.

После этой формы будет показана форма моделирования вариограмм. Когда вы примените ее, расчет карты вариограммы займет несколько минут. Пока идет обработка данных, вы можете кликнуть мышью на это окно, чтобы просмотреть данные, или прочитать руководство.

Вы увидите «окончательный продукт» нашей работы – карту первичной вариограммы в графическом режиме:



Карта первичной вариограммы в трехмерном виде

По определению, карта первичной вариограммы будет содержать главную ось эллипсоида анизотропии. Большая полуось может находиться в плоскости карты вариограммы или вне ее.

Когда вы ознакомитесь с картой первичной вариограммы, верните форум в графическое окно и нажмите **Применить**.

Окно **Моделирование вариограмм** открывается из меню **Геостатистика**. Затем из меню **Карта Вариограммы** выберите **Новая карта вариограммы**, и вы увидите форму, показанную ниже.

The image shows a software dialog box titled "ВЫЧИСЛЕНИЕ ВАРИОГРАММЫ" (Calculation of Variogram). It has two tabs: "Осн." (Main) and "Опции" (Options), with "Опции" selected. The dialog is organized into several sections:

- Location and Range:** "Местоположение" (Location) is set to "gold_cut" (dropdown), "Диап." (Range) is "17", and "Диап. строинга" (Range string) is empty.
- Field and Values:** "Поле D" (Field D) is "D1" (dropdown), "Мин. значение" (Min. value) and "Макс. значение" (Max. value) are empty.
- Data Selection:** "Выбор данных" (Data selection) is empty, "Угол падения плоскости" (Dip angle) is "40", "Азимут падения" (Azimuth) is "105", "Количество вариограмм" (Number of variograms) is "24" (dropdown), "Угловое приращение" (Angular increment) is "15", "Расхождение" (Lag) is "30", and "Предел расхожд." (Lag limit) is empty.
- Step and Distance:** "Шаг" (Step) is "100", "Макс. расстояние" (Max. distance) is "300".
- Output File:** "Название выходного файла-справки" (Output file name) is "primary_variogram_map" (dropdown), "Формат выходного файла-справки" (Output file format) is ".not - Текстовый файл Сюрпака" (dropdown), and "Показать справку" (Show help) is unchecked.

At the bottom, there are three buttons: "Применить" (Apply) with a green checkmark, "Отмена" (Cancel) with a red X, and "Помощь" (Help) with a question mark.

Карта вариограммы – Основная страница формы

В верхней части панели указывается информация по строинг-файлу (местоположение, диапазон и пр.) по тому же принципу, что и при расчете вариограммы

В средней части панели определяется плоскость, на которой лежит карта вариограммы.

Заметьте, что мы используем:

Угол падения: +40
Азимут падения: 105

Как мы указывали ранее, та же плоскость может быть определена углом падения -40 и азимутом падения 285.

Количество вариограмм будет определяться угловым приращением. В нашем примере 24 вариограммы обусловят 15-градусное угловое приращение ($360/24=15$). Если бы число вариограмм было установлено на 36, то мы бы получили 10-градусное приращение ($360/36=10$).

Расхождение и пределы расхождения такие же, как и при моделировании нормальной вариограммы.

Соотношение между угловым приращением и углом расхождения должно быть принято во внимание. Некоторым кажется неразумным определение допуска углового расхождения большим, чем половина углового приращения. Если для этого набора данных из-за небольшого количества пар будет использован 7.5-градусное расхождение (половина 15-градусного углового приращения между азимутами сопредельных вариограмм), число пар образцов окажется таким небольшим, что мы получим очень небольшое количество имеющих смысл вариограмм, если вообще таковые окажутся. Расхождение в 30 градусов используется для этих данных для того, чтобы обеспечить достаточное количество проб.

Если будет использовано расхождение в 30 градусов, то кто-то может возразить: количество вариограмм должно быть уменьшено, чтобы минимизировать перекрытие конусов поиска сопредельных вариограмм. Хотя это и убедительный аргумент в теории, практическое использование карт вариограмм отрицает необходимость уменьшения углового приращения.

Достижение обеих целей одновременно зависит от вас и от вашего набора данных. Это еще один пример, который показывает, что геостатистика не является точной наукой. Опыт, приобретенный в работе с наборами данных, обычно дает вам понять, какая комбинация параметров является приемлемой.

В нижней части панели указываются шаг, максимальное расстояние поиска и параметры справки по вариограмме – так же, как в ходе моделирования вариограммы. Одно важно иметь в виду – максимальное расстояние поиска будет радиусом карты. Вы можете столкнуться с необходимостью попробовать несколько вариантов этой величины прежде, чем будет получен адекватный вариант.

Кликните на панель **Опции**. Вы увидите здесь поля, идентичные полям на форме вычисления вариограммы:

ВЫЧИСЛЕНИЕ ВАРИОГРАММЫ

Осн. **Опции**

Географические ограничители

Минимум: [X] [M] [Z]

Максимум: [X] [M] [Z]

Указатель шага

Минимум 10.0

Максимум 60.0

Приращение 15

Обраб. отрицат. знач. как НУЛИ НЕОПРЕДЕЛ. ОТРИЦАТ.

Применить Отмена Помощь

Карта Вариограммы – панель **Опции**

После просмотра формы нажмите **Применить**.

НЕ МЕНЯЙТЕ НИЧЕГО В КАКОМ-ЛИБО ИЗ ОКОН ИЛИ ЧТО-ЛИБО В ПОКАЗЫВАЕМЫХ ДАННЫХ.

Следующая макрокоманда, `_07_secondary_variogram_map.tcl`, должна быть запущена после этого. Она зависит от показанного в окне моделирования вариограмм – не закрывайте окно моделирования вариограмм и не вносите никаких изменений в показываемые данные.

В настоящий момент вы видите карту вариограммы с углом падения +40 и азимутом падения 105. В дополнение к этому, карта вариограммы была сохранена в виде файла `major_variogram_map1.DTM` и показана в основном графическом окне. Она раскрашена в соответствии со значениями гаммы (h), которые хранятся в опсательном поле D1. Вы можете по желанию просмотреть и покрутить данными, прежде чем вы перейдете к следующему макро.

Демонстрируемая в настоящий момент карта вариограммы кажется «незаконченной» или содержит «пропущенные данные». На самом деле, ничего неправильного в этом нет – отсутствующие части вариограммы – это те части, для которых пары данных отсутствуют на таком расстоянии поиска и при такой ориентации.

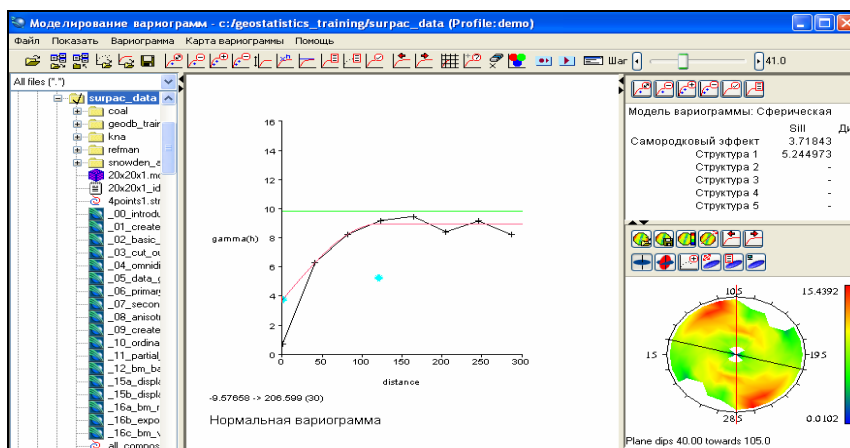
Ориентировка главной оси была выбрана вдоль направления, повернутого на 15 градусов от горизонтального простираения плоскости карты вариограммы.

Это направление было выбрано на основании интерпретации того факта, что диапазон вариограммы в этом направлении длинее, чем у любой другой вариограммы в этой плоскости. Как говорилось ранее, интерпретация геостатистических данных производится здесь для того, чтобы показать функциональность ПО. Альтернативные интерпретации могут быть расценены как более подходящие.

Функция Файл – Сохранить – Экспериментальная вариограмма (SAVE EXP VG) была использована для сохранения файла `major_axis.evg`. Повторное рассмотрение экспериментальной вариограммы возможно путем открытия этого файла.

В дополнение к этому, функция Файл – Сохранить – Модель Вариограммы (SAVE VG MODEL) была использована для сохранения файла `major_axis.vgm`. Когда будет показана экспериментальная вариограмма, можно будет просмотреть модель вариограммы путем открытия этого файла.

Вы видите карту вариограммы и вариограмму для направления показанного на карте вариограммы:



Карта вариограммы

Из меню **Показать** выберите **Следующее направление**. Повторите операцию несколько раз и вы увидите, как меняется вариограмма и положение черной линии на карте вариограммы.

Целью карты первичной вариограммы является выявление направления главной оси. Как говорилось ранее, по определению, главная ось лежит в плоскости карты первичной вариограммы. Приведенный здесь пример базируется на том, что геолог знает, что направление главной оси лежит где-то в этой наклонной плоскости для этого набора данных. Для горизонтально залегающего пластового месторождения ориентировка карты первичной вариограммы была бы горизонтальной.

Идея заключается в том, что надо выбрать ориентацию вариограммы, имеющей самый протяженный диапазон для данного значения «силла». Бегунок шага и функция **Следующее направление** могут вам помочь, как это описано ниже:

A. Используйте бегунок шага, чтобы сделать видимыми зоны высокой и низкой дисперсии на карте вариограммы. Другими словами, подвигайте бегунок шага вперед-назад и проследите, как меняются цвета на карте вариограммы. Вероятно, вы увидите, что для целого ряда значений шага на карте вариограмм будут участки с устойчиво высоким и низким значением гаммы. Используя приведенный выше пример, заметьте, что ориентировка 15 градусов выше горизонтальной линии (пересечение плоскости карты с горизонтальной плоскостью) устойчиво показывает цвета, характерные для нижнего уровня величин дисперсии, как показано на легенде справа.

B. Когда у вас появится представление о том, что может быть направлением с наиболее длинным диапазоном, используйте функцию **Следующее направление**, чтобы повернуть черную линию на карте вариограммы в этом направлении.

C. Теперь используйте бегунок шага для улучшения качества экспериментальной вариограммы для этого направления.

D. Когда у вас появится одна приемлемая вариограмма, создайте модель вариограммы для этого направления.

E. Используйте функцию **Следующее направление** (и/или **Предыдущее направление**) для вращения по всем направлениям. Главная ось будет там, где вариограмма имеет наименьшую дисперсию для самого большого диапазона.

F. Если другое направление окажется с большим диапазоном и с более низкой дисперсией, используйте модель для подгонки к экспериментальной вариограмме. Внесение изменений в величину шага для этого направления может помочь вам получить лучшую подгонку.

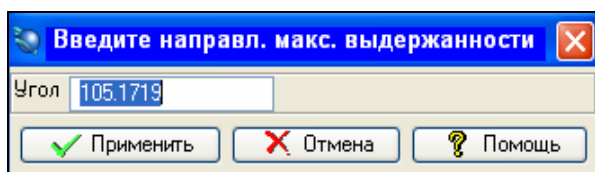
G. Повторите два предыдущих шага, пока у вас не будет приемлемой ориентации для главной оси.

H. После выявления главной оси, проконсультируйтесь с другими специалистами, насколько верным кажется полученное определение.

Теперь вы видите, что не только моделирование вариограммы не является научным процессом, но и выявление главной оси также открыто для разных вариантов интерпретации и дебатов.

После того, как вы определили ориентацию главной оси, вам нужно проинформировать **ПО** о вашем выборе. Из меню **Карта вариограммы** выберите: **Выберите направление максимальной выдержанности**.

В окошке карты вариограммы кликните и протащите мышью красную линию к выбранному вами направлению, затем отпустите кнопку мыши. Появится форма, указывающая на ОТНОСИТЕЛЬНУЮ ориентировку вашего выбора в виде величины между 0 и 180 градусами. Вам, вероятно, понадобится изменить это направление, чтобы осуществить подгонку к требуемому направлению. Заметьте, что это свободный поворот, и у вас нет необходимости выбирать точную ориентировку в каком-либо направлении вариограммы. Это может быть полезным, если вы найдете две равно достоверные сопредельные ориентировки - вы сможете установить направление максимальной выдержанности посередине между этими двумя направлениями.



Направление максимальной выдержанности

Нажмите **Применить** для подтверждения значения.

2. Карат вторичной вариограммы

Запустите макрокоманду **07_secondary_variogram_map.tcl**.

После прочтения текста в форме нажмите **Применить**:

Будет создана карта вторичной вариограммы.

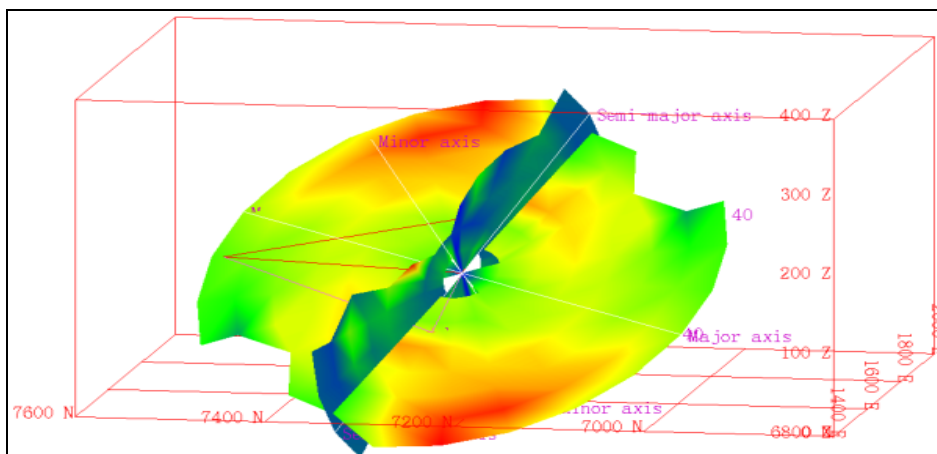
Выбранное направление максимальной выдержанности на карте вторичной вариограммы – большая полуось.

Малая ось будет находиться в плоскости карты вторичной вариограммы перепендикулярно большой полуоси. Ориентировка малой оси рассчитывается автоматически относительно большой полуоси – вводы пользователя для этого не нужны.

ЦТМ карты вторичной вариограммы показана в графическом окне. Кликните мышью на главное окно для просмотра данных. Заметьте, что большая полуось в этом случае не находится в плоскости карты первичной вариограммы, хотя она и могла там быть.

Когда вы примените эту форму, на расчет вторичной вариограммы уйдет несколько минут. Пока идет обработка, вы сможете просмотреть карту вторичной вариограммы в главном окне или прочитать страницу руководства по картам вариограмм.

Карта вторичной вариограммы и выбранные направления всех осей показаны в графическом окне:



Карты первичной и вторичной вариограмм

После прочтения текста в форме нажмите **Применить**.

НЕ МЕНЯЙТЕ НИЧЕГО В КАКОМ-ЛИБО ОКНЕ ИЛИ В ПОКАЗЫВАЕМЫХ ДАННЫХ

Следующая макрокоманда `08_anisotropy_ellipsoid.tcl` должна быть запущена после этого и зависит от показываемого в окне моделирования вариограмм – не закрывайте окно моделирования вариограмм и не вносите изменения в показываемые данные.

Была рассчитана карта вторичной вариограммы и направление максимальной выдержанности было выявлено. Это направление большой полуоси.

Малая ось также находится в плоскости карты вторичной вариограммы и ориентирована перпендикулярно большой полуоси. Ориентировка малой оси рассчитывается автоматически на основании ориентировки большой полуоси – вводы пользователя для этого не нужны.

Карта вторичной вариограммы была создана в плоскости, перпендикулярной плоскости карты первичной вариограммы (Угол падения +40, Азимут падения 105) и перпендикулярно главной оси. Карта вторичной вариограммы имеет ориентировку

Угол падения -80.42 Азимут падения 26.25

что адекватно

Углу падения 80.42 Азимуту падения 206.5

В дополнение к этому карты вариограммы была сохранена в виде файла `secondary_variogram_map1.DTM` и показана в основном графическом окне. Она была раскрашена по значениям гаммы(h), которые хранятся в поле `D1`. Вы можете просмотреть и повернуть данные, прежде чем перейти к следующей макрокоманде. И в этом случае «отсутствующие» данные на этой вариограмме являются результатом отсутствия пар данных по определенным направлениям и через определенные расстояния.

В этом случае, большая полуось была выбрана вдоль направления, немного отличающегося от падения плоскости карты вторичной вариограммы. Если бы ориентировка большой полуоси существенно отличалась от падения плоскости, то имело бы смысл перерасчитать карту вторичной вариограммы по направлению, которое охватывало бы и главную, и большую полуось, как определено здесь.

Обратите внимание, что одни и те же шаги были использованы для выбора направления максимальной выдержанности для карты первичной вариограммы и для карты вторичной вариограммы.

3. Параметры эллипсоида анизотропии

Запустите макрокоманду **08_anisotropy_ellipsoid.tcl**.

После прочтения текста в форме нажмите **Применить**.

Если выдержанность данных одинакова во всех направлениях, то присутствуют условия изотропии. Другими словами, главная, большая и малая оси будут иметь одинаковую длину. Тем не менее, в этой модели существуют анизотропные условия, поскольку выдержанность варьирует.

Как говорилось раньше, главная ось – направление максимальной выдержанности. По определению, большая полуось – второе направление максимальной выдержанности, а малая ось – направление наименьшей выдержанности. Для расчетов блок-модели необходимо знать параметр «силы» главной оси в сравнении с «силой» других осей. Ориентировка трех осей так же, как и мера выдержанности относительно других осей, характеризуется «эллипсоидом анизотропии».

«Сила» выдержанности вдоль главной оси сопоставляется с выдержанностью большой полуоси и малой оси при помощи следующих понятий:

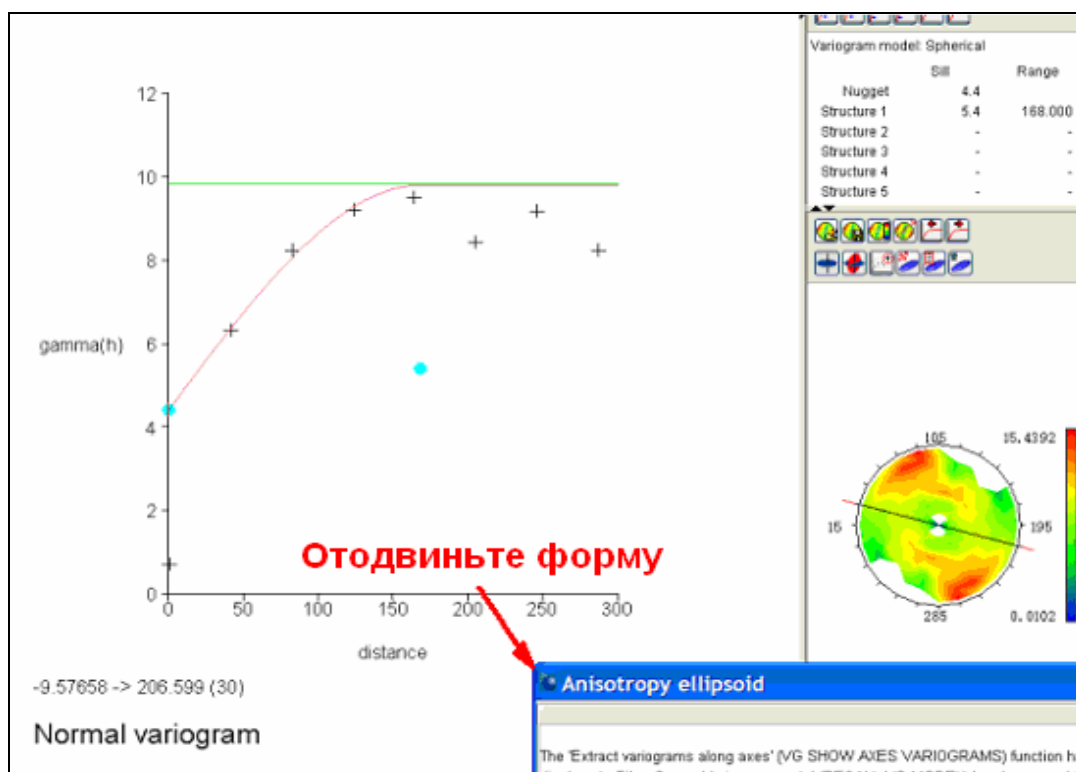
*Отношение главной оси к большой полуоси
Отношение главной оси к малой оси*

Эти отношения вычисляются путем сравнения длин диапазонов вариограмм вдоль каждой оси.

Чтобы определить эти отношения:

- 1) Применяется функция «Извлечь вариограммы вдоль осей» и показываются данные экспериментальной вариограммы и модели вариограммы для главной оси.*
- 2) Применяется функция «Следующая вариограмма» и показывается экспериментальная вариограмма для большой полуоси.*
- 3) Диапазон вариограммы графически модифицируется для большой полуоси (значения «наггета» и «силла» в модели вариограммы остаются постоянными). Величина шага может быть модифицирована для улучшения качества вариограммы.*
- 4) Коэффициент анизотропии **главная/большая** рассчитывается как:
Длина диапазона модели вариограммы главной оси / Длина диапазона модели вариограммы большой полуоси*
- 5) Снова применяется функция «Следующая вариограмма», и показывается экспериментальная вариограмма для малой оси.*
- 6) Как и на стадии 3, диапазон вариограммы графически модифицируется, чтобы соответствовать данным по малой оси. (значения «наггета» и «силла» в модели вариограммы остаются постоянными). Величина шага может быть модифицирована для улучшения качества вариограммы.*
- 7) Коэффициент анизотропии **главная/малая** рассчитывается как:
Длина диапазона модели вариограммы главной оси / Длина диапазона модели вариограммы малой оси.*

Два коэффициента анизотропии вычисляются и показываются в правом верхнем углу окна.



После прочтения текста в форме нажмите **Применить**:

*Была использована функция «Извлечь вариограммы вдоль осей» и показана экспериментальная вариограмма для главной оси. Команды **Файл – Открыть – Модель вариограммы** были использованы для показа модели вариограммы главной оси.*

Была использована функция «Следующая вариограмма» и показаны данные экспериментальной вариограммы для большой полуоси вместе с моделью вариограммы главной оси.

После этого макрокоманда модифицирует диапазон вариограммы (обычно это делается пользователем в графическом режиме) для того, чтобы он подходил к данным для большой полуоси (наггет и силл для главной оси остаются постоянными).

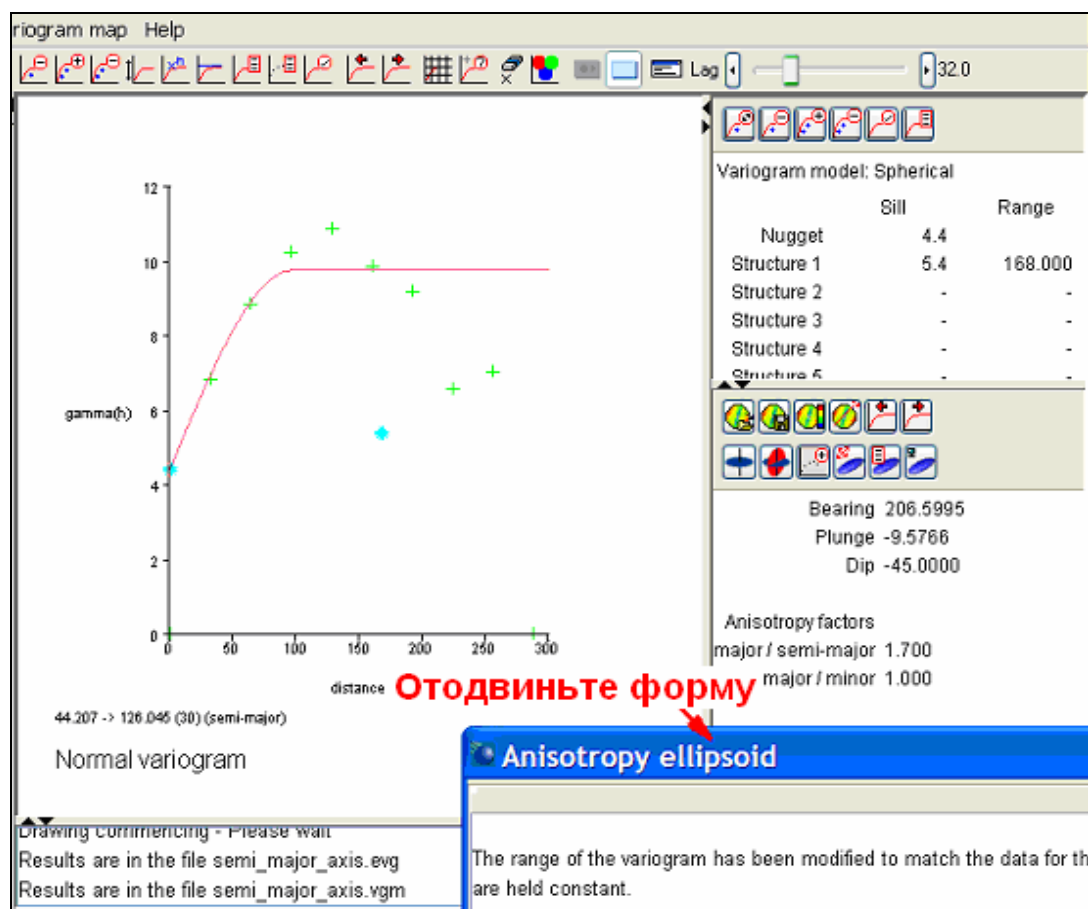
*Когда это будет сделано, коэффициент анизотропии **главная / большая** будет вычислен как*

Длина диапазона модели вариограммы для главной оси / Длина диапазона модели вариограммы для большой полуоси

Коэффициент анизотропии будет показан в правом верхнем углу окна.

Карта вторичной вариограммы и выбранные направления для всех осей будут показаны.

Когда будет показана следующая форма, отодвиньте ее в сторону, чтобы увидеть вариограммы, смоделированную для большой полуоси.



После того, как вы подвинете форму назад и прочтете текст в ней, нажмите **Применить**.

Диапазон вариограммы был модифицирован для того, чтобы подогнать его к данным по большой полуоси. Заметьте, что значения «наггета» и «силла» модели вариограммы остались постоянными.

*Диапазоны моделей вариограмм для главной и большой осей используются для вычисления коэффициента анизотропии **главная / большая**:*

Длина диапазона модели вариограммы для главной оси / Длина диапазона вариограммы для большой полуоси

В этом примере длины диапазонов вариограмм таковы:

Главная ось: 168

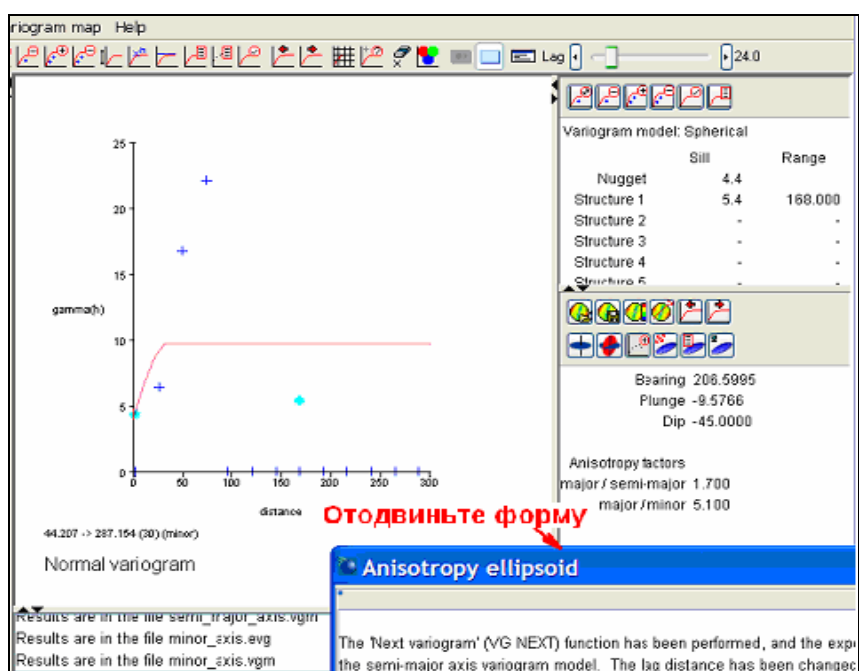
Большая полуось: 99

*Следовательно, коэффициент анизотропии **главная / большая** = $168 / 99 = 1.7$*

Коэффициент анизотропии показан в правом верхнем углу окна.

*Вслед за этим используется функция «Следующая вариограмма», и показываются данные экспериментальной вариограммы для малой оси вместе с моделью вариограммы. Коэффициент анизотропии **главная / малая** будет вычислен тем же способом:*

Когда появится следующая форма, отодвиньте ее в сторону, чтобы увидеть модель вариограммы для малой оси.



После того, как вы подвинете форму назад и прочтаете текст в ней, нажмите **Применить**:

Была использована функция «Следующая вариограмма» и показаны данные экспериментальной вариограммы для малой оси вместе с моделью вариограммы для большой полуоси. Величина шага была изменена для улучшения качества вариограммы.

Диапазон вариограммы был модифицирован для того, чтобы подогнать его к данным по малой оси. Заметьте, что требование удерживать стабильными величины наггета и силла не позволяет получить удовлетворительную подгонку модели. Этот набор данных сложен для интерпретации.

Диапазоны моделей вариограмм для главной и малой осей используются для вычисления коэффициента анизотропии **главная / малая**:

Длина диапазона модели вариограммы для главной оси / Длина диапазона вариограммы для малой оси

В данном примере длины диапазонов таковы:

Главная ось: 168

Малая ось: 33

Следовательно, коэффициент анизотропии равен: $168 / 33 = 5.1$

Коэффициент анизотропии показан в верхнем правом углу окна.

Следующим шагом будет определение ориентировки эллипсоида в терминологии Сюрпэка.

Функция «Создать справку по эллипсоиду анизотропии» будет использована для этого.

После прочтения текста в форме нажмите **Применить**.

НЕ МЕНЯЙТЕ НИЧЕГО В КАКОМ-ЛИБО ИЗ ОКОН ИЛИ ЧТО-ЛИБО В ПОКАЗЫВАЕМЫХ ДАННЫХ.

Следующая макрокоманда `_09_create_block_model.tcl` должна быть запущена после этого – она зависит от представленного в настоящий момент содержимого окна моделирования вариограмм, поэтому не закрывайте окно моделирования вариограмм и не вносите изменения в показываемые данные.

Заметьте, что мы получили всю информацию и готовы приступить к расчетам по блок-модели.

Ориентировка эллипсоида анизотропии (терминология Сюрпэка):

Азимут: 206.6

Погружение: -9.6

Угол падения: -45

Параметры главной оси:

Co (наггет): 4.4

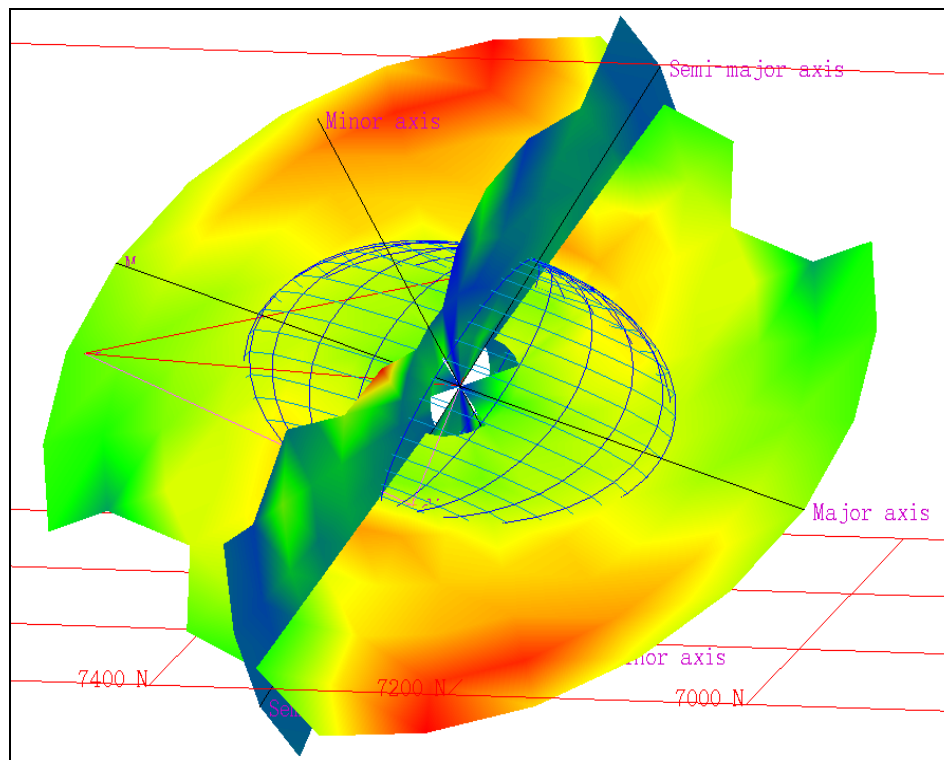
C (силл) : 5.4

A (диапазон) : 168.0

Коэффициент анизотропии главная / большая: 1.7

Коэффициент анизотропии главная / малая: 5.1

Кликните на главное окно Сюрпэка и вы увидите эллипсоид:



Карта первичной вариограммы и эллипсоид анизотропии

4. Стадии использования карт вариограмм для создания эллипсоида анизотропии

В этой сводке вы увидите полный набор шагов для получения эллипсоида анизотропии:

1. Из меню **Геостатистика** выберите **Моделирование вариограмм**
2. Из меню **Карта вариограммы** выберите **Новая карта вариограммы**
3. Введите параметры карты вариограммы и нажмите **Применить**
4. Используйте бегунок шага для высвечивания участков с низкой и высокой дисперсией на карте вариограммы. Другими словами, подвигайте бегунок вперед-назад и следите за изменением окраски карты вариограммы. Вероятно, вы увидите для целого набора разных величин шага участки устойчиво низкими и высокими значениями дисперсии. Используя приведенный выше пример, заметьте, что ориентировка 15 градусов выше горизонтали (слева) будет устойчиво соответствовать полосе с низкими значениями дисперсии. Вы заметите, что небольшие значения шага обычно не дают результата.
5. Как только у вас появится представление о направлении с максимальным диапазоном, используйте функцию **Следующее направление** (из меню **Показать**), чтобы повернуть черную линию на карте вариограммы в этом направлении.
6. Теперь используйте бегунок шага, чтобы улучшить качество экспериментальной вариограммы для этого направления. Вы также можете увидеть, что функция **Установите пределы оси** (меню **Показать**) может помочь лучше рассмотреть эту вариограмму.
7. Создайте модель вариограммы для этого направления. Из меню **Показать** вы можете выбрать **Показать/Скрыть дисперсию**, чтобы увидеть дисперсию, (часто используемую как суммарный «силл»).
8. Используйте функцию **Следующее направление** (и/или **Предыдущее направление**), чтобы перейти к другим направлениям. Главная ось будет там, где вариограмма показывает самую низкую дисперсию для самого большого расстояния.
9. Если другое направление окажется с более протяженным диапазоном и с более низкой дисперсией, чем у вашей текущей модели, модифицируйте модель для подгонки ее к экспериментальной вариограмме. Внесение изменений в величину шага для этого направления может помочь вам в получении лучшей модели.
10. Повторяйте два предыдущих шага до того момента, пока у вас не будет направления для главной оси. Из меню **Файл** выберите **Сохранить**, затем **Модель вариограммы**, чтобы сохранить файл *.VGM для этого направления, которое и есть главная ось. Этот шаг осуществляется по желанию, но может быть полезным в будущем.
11. Из меню **Карта вариограммы** выберите **Выберите направление максимальной выдержанности**.
12. Кликните на красную линию и перетащите ее мышью по карте вариограммы до позиции, в которой она совпадет с направлением главной оси.
13. Из меню **Карта вариограммы** выберите **Сохранить ЦТМ**. Этот шаг осуществляется по желанию, но может быть полезным для показа направления карты вариограммы в трехмерном пространстве в графическом режиме.

14. Из меню **Карта вариограммы** выберите **Карта вторичной вариограммы**. Направление максимальной выдержанности (красная линия) будет показана в месте пересечения карт первичной и вторичной вариограмм. Ориентировка этой линии должна быть достаточно близка к тому, что станет большой полуосью.
15. Используйте **Следующее направление** (и/или **Предыдущее направление**) для вращения черной линии на карте вариограммы до этого направления.
16. Теперь используйте бегунок шага для улучшения качества экспериментальной вариограммы для этого направления. Вы также можете увидеть, что функция **Установите пределы оси** (меню **Показать**) может помочь лучше рассмотреть эту вариограмму.
17. Создайте модель вариограммы для этого направления, которое станет большой полуосью. Из меню **Показать** вы можете выбрать **Показать/Скрыть дисперсию** для показа дисперсии, часто используемой как суммарный «силл».
18. Используйте функцию **Следующее направление** (и/или **Предыдущее направление**), чтобы перейти к другим направлениям. Большая полуось будет там, где вариограмма показывает самую низкую дисперсию для самого большого расстояния.
19. Если другое направление окажется с более протяженным диапазоном и более низкой дисперсией, чем у вашей текущей модели, модифицируйте модель для подгонки ее к экспериментальной вариограмме. Внесение изменений в величину шага для этого направления может помочь вам в получении лучшей модели.
20. Повторяйте два предыдущих шага до того момента, пока вы не будете удовлетворены направлением большой полуоси.
21. Из меню **Карта вариограммы** выберите **Выберите направление максимальной выдержанности**.
22. Кликните на красную линию и перетащите ее мышью по карте вариограммы до позиции, в которой она совпадет с направлением большой полуоси.
23. Из меню **Карта вариограммы** выберите **Сохранить ЦТМ**. Этот шаг осуществляется по желанию, но может быть полезным для показа направления карты вторичной вариограммы в трехмерном пространстве в графическом режиме.
24. Из меню **Карта вариограмм** выберите **Извлечь вариограммы вдоль осей**. Экспериментальная вариограмма главных осей будет показана в красном цвете.
25. Используйте функцию **Следующее направление** (и/или **Предыдущее направление**), чтобы просмотреть все четыре вида экспериментальных вариограмм – по одной для главной, большой и малой осей и одной для всех сразу. Остановитесь, когда получите вид всех трех вариограмм вместе.
26. Если вы сохранили файл *.VGM (модель вариограммы) для главной оси, покажите ее (из меню **Файл** выберите **Открыть**, затем **Модель вариограммы**). Если вы не сохраняли модель вариограммы, создайте вариограмму для главной оси (**Вариограмма – Модель**).
27. Вариограмма для большой полуоси должна или совпадать с вариограммой для главной оси, или быть левее ее. Вам может понадобиться использование бегунка шага для улучшения качества вариограммы. По определению, диапазон вариограммы по главной оси должен быть или равен диапазону для большой полуоси, или быть больше его для данного значения «силла».

Если вариограмма, представляющая большую полуось, находится справа от модели для главной оси, вам придется начать сначала с шага 1, используя направление текущей большой полуоси в пределах карты первичной вариограммы. Текущая большая полуось теперь становится более вероятным кандидатом для позиции главной оси.

28. Убедитесь в том, что вариограмма для малой оси или совпадает с вариограммой для большой полуоси, или находится левее ее. Вам может понадобиться использование бегунка шага для улучшения качества вариограммы. По определению, диапазон большой полуоси должен быть или равен диапазону для малой оси, или быть больше его для данного значения «силла».

Если вариограмма, представляющая малую ось, находится справа от модели для большой полуоси, вам придется сначала начать с шага 14. Текущая малая ось теперь становится более вероятным кандидатом для позиции большой полуоси.

Примечание: часто бывает трудным или невозможным интерпретировать экспериментальную вариограмму для малой оси. Если вы не можете получить визуально приемлемую малую вариограмму, но у вас есть вариограммы хорошего качества для главной и большой полуосей, вы можете определить коэффициент для малой оси, основываясь на других факторах, например, на геометрии.

29. После того, как вы убедили себя в том, что ваши вариограммы являются приемлемыми, используйте функцию **Следующее направление** для того, чтобы переместиться к следующей вариограмме – главной оси. Убедитесь в том, что модель вариограммы подходит к экспериментальной вариограмме.

30. Еще раз используйте функцию **Следующее направление** для перемещения к следующей вариограмме – большой полуоси. Модифицируйте шаг, если это необходимо для улучшения качества экспериментальной вариограммы.

31. Из меню **Карта вариограммы** выберите **Изменить анизотропию**.

32. Кликните мышью и перетащите маркер «силл/наггет» влево, пока модель вариограммы не подойдет к экспериментальной вариограмме для большой полуоси.

Примечание: Вы не сможете модифицировать «наггет» или «силл» – меняется только диапазон для вычисления коэффициента анизотропии.

33. Используйте функцию **Следующее направление** для перемещения к следующей вариограмме – малой оси. Модифицируйте шаг, если это необходимо для улучшения качества экспериментальной вариограммы.

34. Из меню **Карта вариограммы** выберите **Изменить анизотропию**.

35. Кликните мышью и перетащите маркер «силл/наггет» влево, пока модель вариограммы не подойдет к экспериментальной вариограмме для малой оси.

Примечание: часто бывает трудным или невозможным интерпретировать экспериментальную вариограмму для малой оси. Если вы не можете получить визуально приемлемую малую вариограмму, но у вас есть вариограммы хорошего качества для главной и большой полуосей, вы можете определить коэффициент для малой оси, основываясь на других факторах, например, на геометрии.

36. Из меню **Карта вариограммы** выберите **Создать справку по эллипсоиду анизотропии**. Эта справка будет содержать величины для ориентировки эллипсоида анизотропии и коэффициенты **главная / большая** и **главная / малая**.

37. Из меню **Карта вариограммы** выберите **Визуализатор эллипсоида**. Вы можете рассмотреть или сохранить эллипсоид.

38. Из меню **Файл** выберите **Заккрыть**, чтобы выйти из окна моделирования вариограмм.

Резюме:

Теперь вы должны понимать следующие термины:

Карта вариограммы
Карта первичной вариограммы
Карта вторичной вариограммы

Вы должны также знать, как создаются карты вариограммы для определения параметров эллипсоида анизотропии в Сюрпэке.

Вычисления Методом Обратного Расстояния (МОР)

Обзор:

Важнейшим конечным продуктом геостатистических вычислений является «модель» или набор точек в пространстве с вычисленными для них значениями. Одним из методов вычисления для точек модели является метод обратного расстояния, описанный в этом разделе посредством следующего:

1. Подсчет МОР в изотропных и анизотропных условиях
2. Шаги в использовании МОР
3. Влияние степени расстояния при подсчете МОР

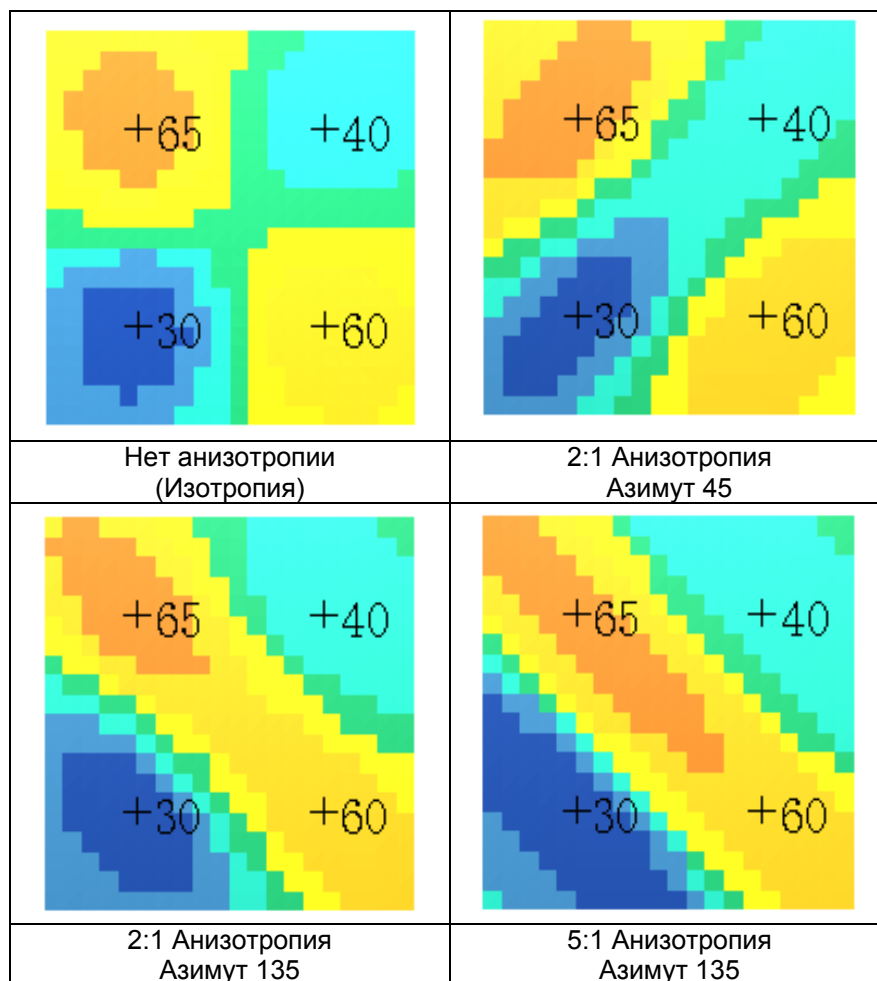
Требования:

Перед переходом к работе по разделу вы должны быть знакомыми со следующими концепциями:

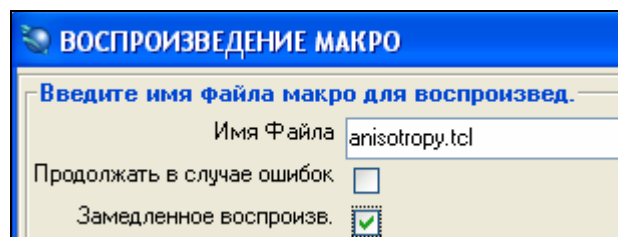
- Меню команд Сюрпэка
- Стринг-файлы Сюрпэка
- Блок-модели Сюрпэка
- Изотропия и анизотропия
- Эллипсоид анизотропии
- Параметры, которые определяют эллипсоид анизотропии

1. Расчеты МОР в изотропных и анизотропных условиях

При взвешивании на обратное расстояние для расчета значений по блок-модели сила и направления анизотропии могут иметь существенное влияние на конечный результат. Например, три модели, показанные ниже, были созданы из одного и того же набора данных, но с различными величинами и направлениями анизотропии:



Чтобы увидеть, как эти блоки показаны в Сюрпэке, запустите макрокоманду **anisotropy.tcl**. Кликните мышью на графическое окно после того, как будет показана каждая из моделей. Если вы используете клавишу **«Воспроизведение макро»**, вы сможете увидеть все значения в формах, если пометите квадратик **«Замедленное воспроизведение»**.

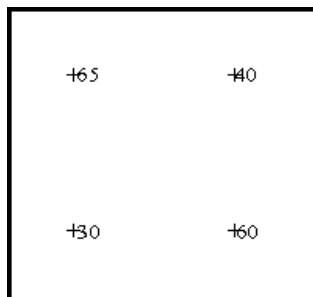


Хотя анизотропия – один из способов, с помощью которого взвешивание MOP может оказать влияние на конечный результат, анизотропия может быть использована в любом методе вычислений, и поэтому во всех деталях здесь раскрываться не будет. Обсуждение концепции анизотропии будет доступным в следующем разделе. Теперь мы пойдем шаг за шагом, используя MOP в изотропных условиях для модели **20x20x1.mdl**.

2. Стадии осуществления подсчета МОР

Откройте файл **4points1.str**.

Покажите данные в виде **маркеров** с показом поля **D1**.



Это набор данных, которые мы используем в вычислениях для блоков модели.

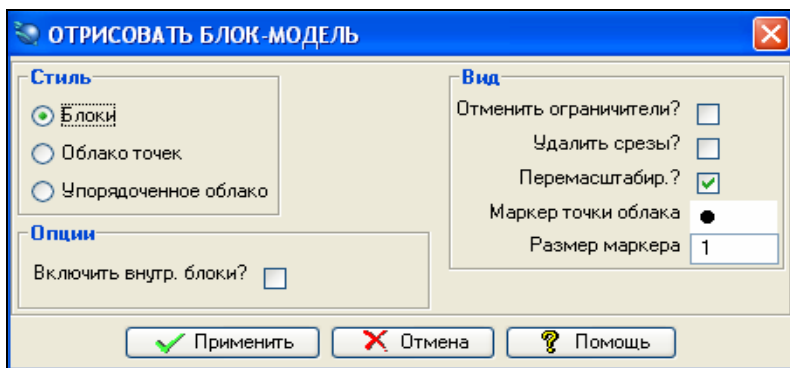
Откройте набор команд модуля **Блок-модель**.

Убедитесь, что вы открыли блок-модель **20x20x1.mdl**.

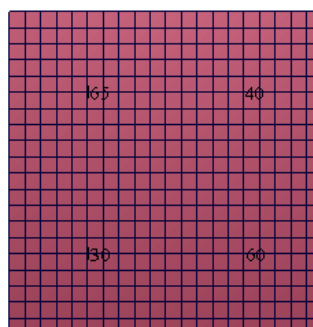
Из меню **Показать** выберите **Удалить цвета модели**.

Из меню **Показать** выберите **Покажите блок-модель**.

Введите параметры, как показано ниже, и нажмите **Применить**.



Перед вами должны быть модель и данные:



Из меню **Вычисления** выберите **Обратное расстояние**

Введите параметры, как показано ниже, и нажмите **Применить**:

СПЕЦИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКА ДАННЫХ

Тип источника данных БЛОК-МОДЕЛЬ СТРИНГ-ФАЙЛ

СТРИНГ-ФАЙЛ
 Местоположение: 4points
 Диап.: 1
 Диапазон стринга: 1

Ограничить данные:
 Сохранить огранич. точки опробования:
 Местопол. вых. файла:
 Диап. вых. файла: 1

Заполнить атрибут	Поле описания	Имя атрибута	Анизотр. дист. до ближ. образца	Average anisotropic dist to samp
1	isotropic	1	distance	avg_distance

Применить Отмена Помощь

ПАРАМЕТРЫ ПОИСКА

Тип поиска Эллипсоид Октант

Минимальное число проб для выборки: 1
 Максимальное число проб для выборки: 15

Максимальный радиус поиска: 999
 Макс. верт. расстояние поиска: 999

Ограничить скважиной:
 Поле опис.: D2
 Макс. к-во образцов на скважину: 15

Характеристики поискового эллипсоида

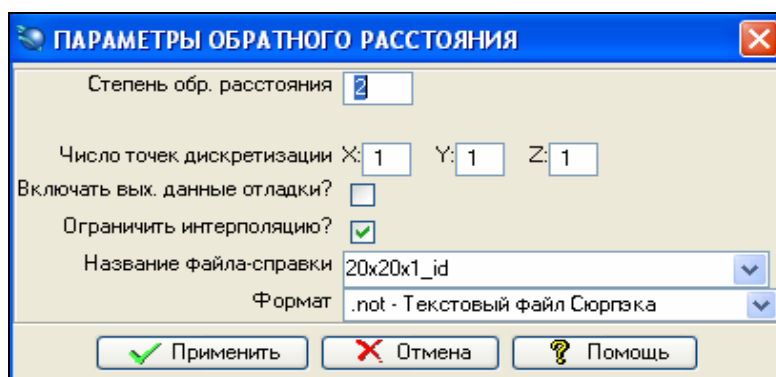
Ориентация эллипсоида			Коэффициенты анизотропии		
Азимут.	0		главная / большая	1	
Погруж.	0		главная / малая	i	
Уг. пад.	0				

Конвенция для вращения: Сюрлэк ZXY LRL

Z X Y X Y Z
 L R L R L R

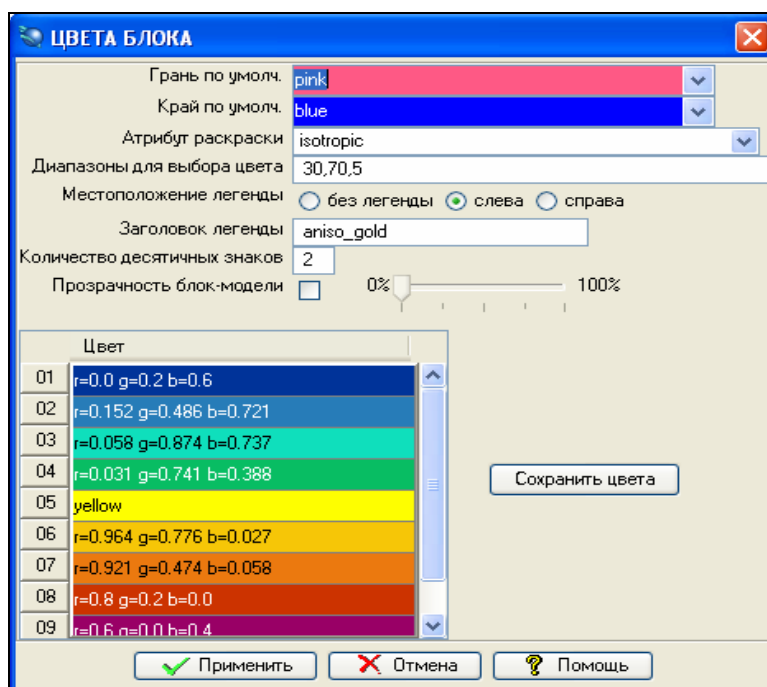
Визуализатор эллипсоида

Применить Отмена Помощь

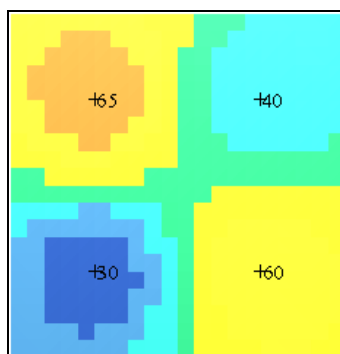


Из меню Показать выберите Раскрасить модель по атрибутам.

Выберите **isotropic** в качестве атрибута, по которому пойдет раскраска, введите диапазон **30,70,5** и нажмите **Применить**:

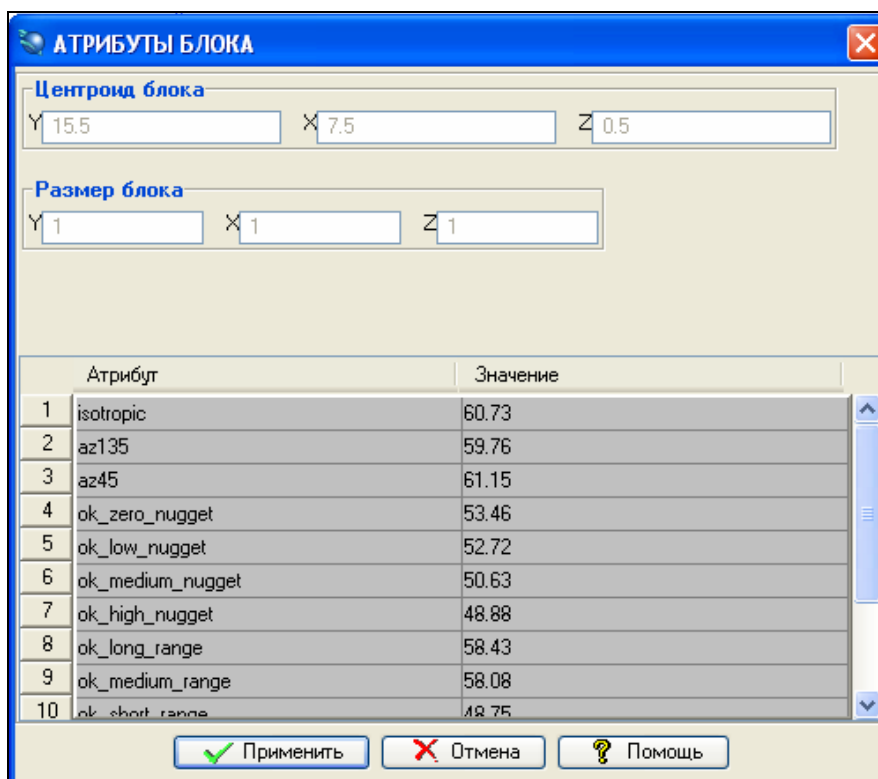


Будет показана модель в таком виде, в каком она была рассчитана МОР для изотропных условий:



Из меню Атрибуты выберите Просмотреть атрибуты одного блока.

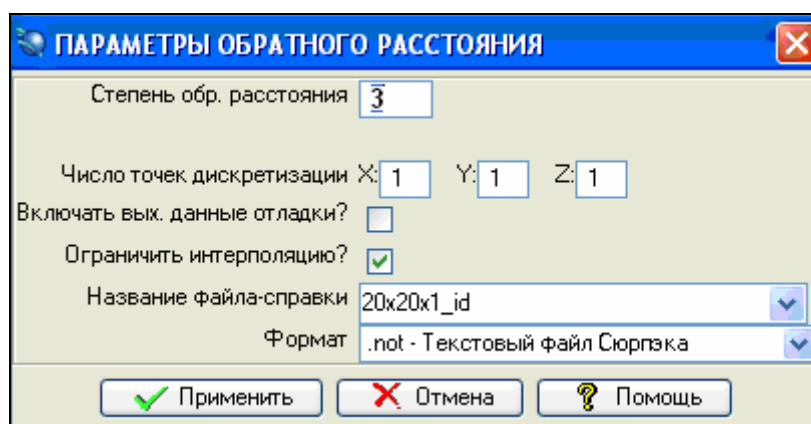
Заметьте, что к модели добавились атрибуты *distance*, *avg_distance* и *num_samp*:



3. Влияние степени обратного расстояния

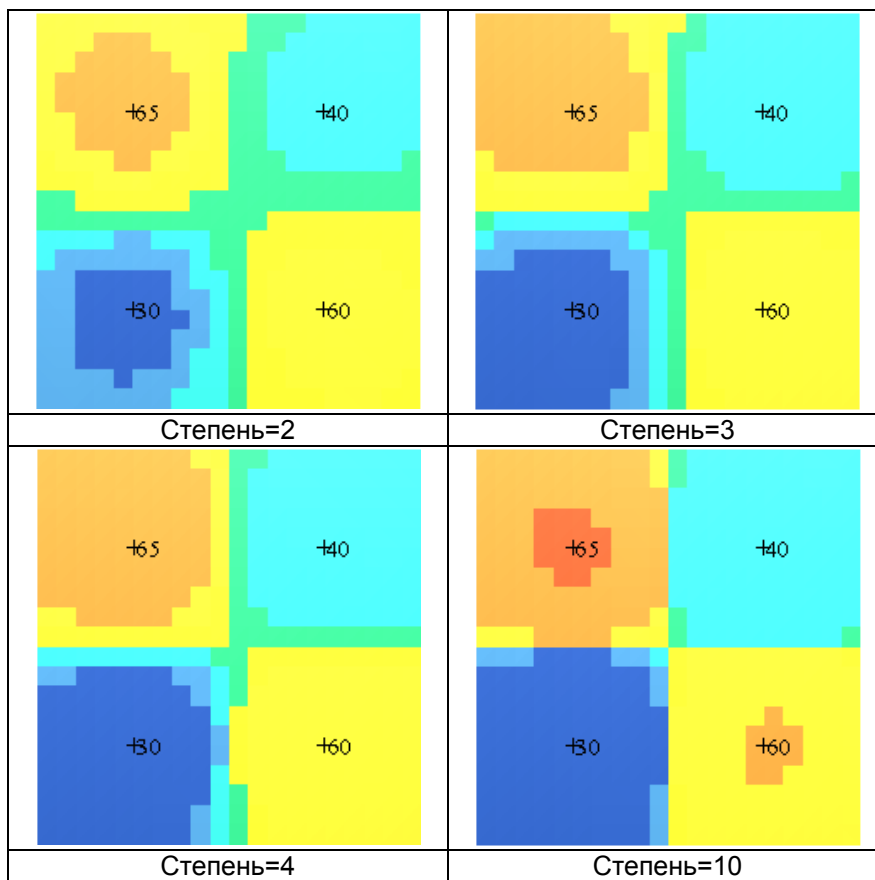
Из меню Вычисления выберите Обратное расстояние.

Введите данные, как в прошлый раз, но в последней форме используйте степень 3, потом нажмите **Применить**:



Покажите модель, как и в прошлый раз раскрасив ее по атрибуту *isotropic*.

Повторите процесс вычислений с показом атрибута **isotropic**, используя степени от 4 до 10.



Влияние степени обратного расстояния на вычисления MOR

Резюме:

Вы должны понимать теперь, как коэффициенты анизотропии и ориентировка эллипсоида анизотропии влияют на вес образцов при расчетах для центроидов блоков. Вы также должны теперь иметь представление о влиянии степени обратного расстояния.

Понимание того, как каждый из множества параметров ассоциируется с конкретным методом вычислений – непростая задача. Обычно овладение представленными здесь концепциями требует времени, более интенсивных исследований и/или опыта работы с несколькими наборами данных

Ординарный кригинг

Обзор:

Важнейшим конечным продуктом геостатистических вычислений является «модель» или набор точек с вычисленными значениями в пространстве. Одним из методов расчета значений в точках модели, является ординарный кригинг, описанный в этой главе следующим образом:

1. Влияние «наггета» (самородкового эффекта)
2. Влияние диапазона
3. Влияние дискретизации блоков

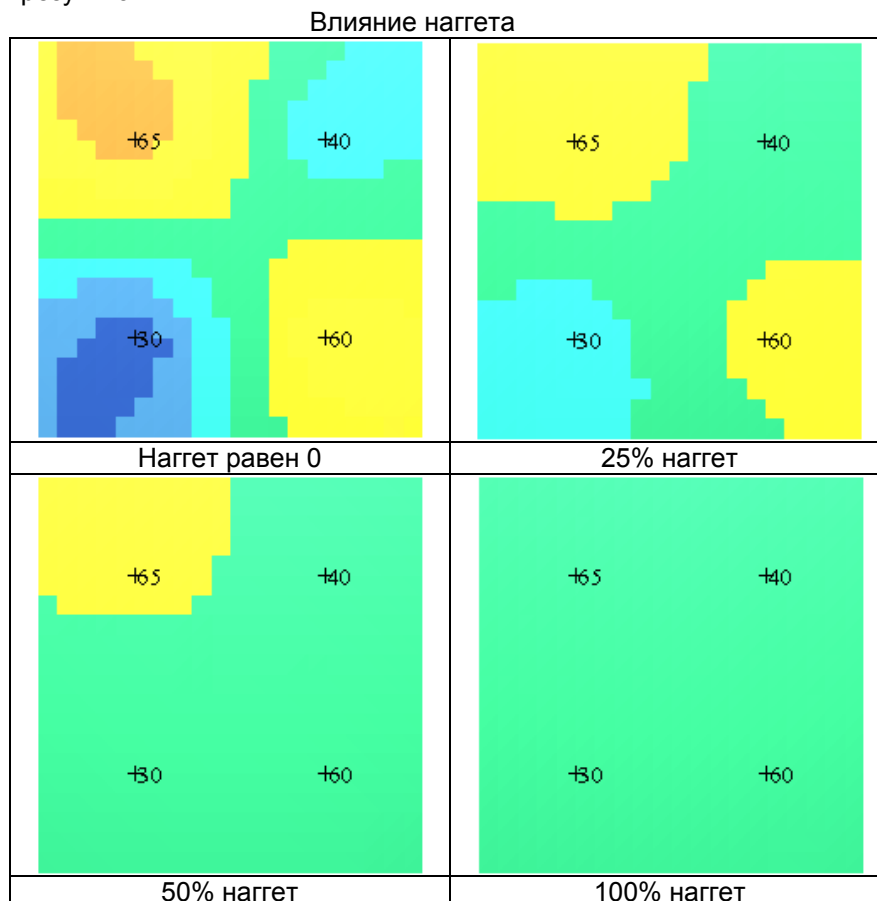
Требования:

Перед работой с этим разделом вы должны понимать следующие концепции:

- Меню Сюрпэка
- Стринг-файлы Сюрпэка
- Блок-модели Сюрпэка
- Изотропия и анизотропия
- Эллипсоид анизотропии
- Параметры, характеризующие эллипсоид анизотропии

1. Влияние «наггета»

При использовании ординарного кригинга для вычисления значений для блок-модели, относительная процентная доля «наггета» может иметь существенное влияние на конечный результат.

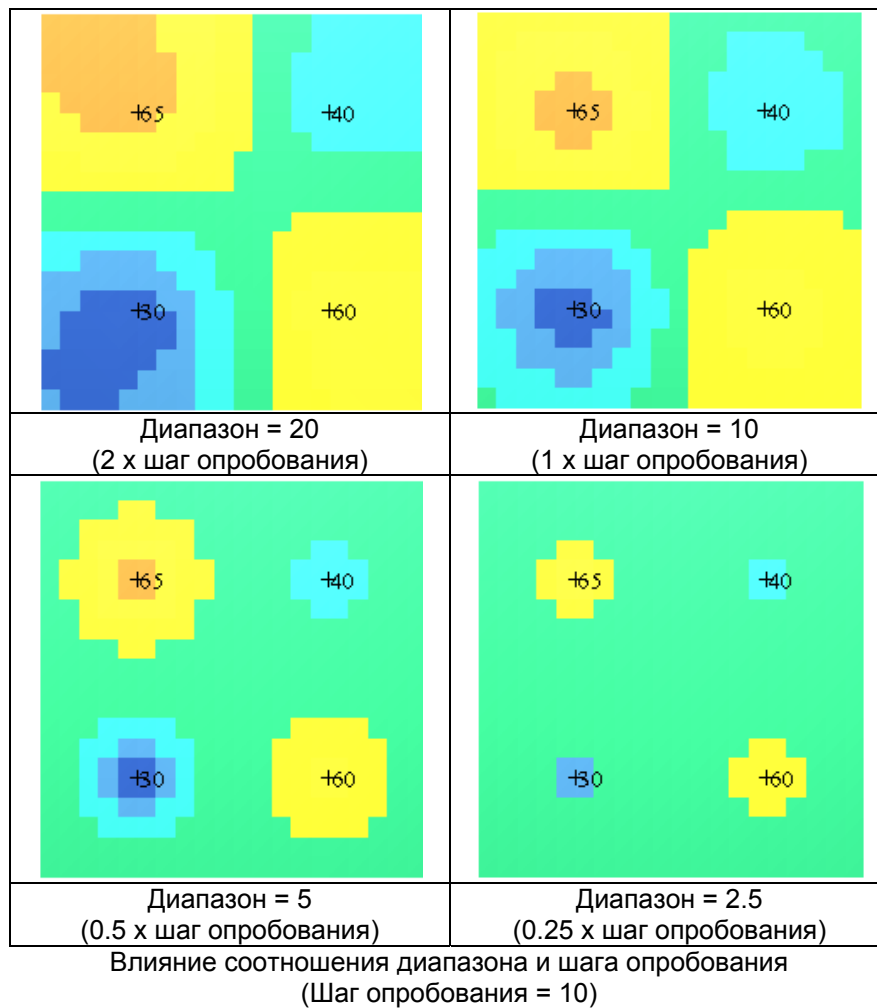


Чтобы увидеть эти блоки в Сюрпэке, запустите макрокоманду **ordinary_kriging_nugget.tcl**.

Кликните мышью на графическое окно, чтобы увидеть каждый из результатов.

2. Влияние диапазона

При использовании ординарного кригинга для расчетов по блок-модели соотношение диапазона и шага опробования может иметь значительный эффект на конечный результат:



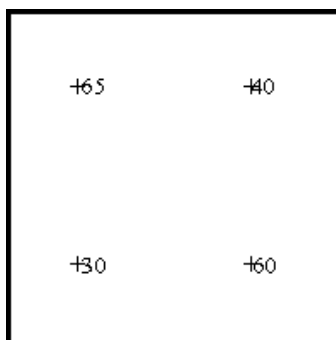
Чтобы увидеть эти блоки в Сюрпэке, запустите макрокоманду **ordinary_kriging_range.tcl**.

Кликните мышью на графическое окно, чтобы увидеть каждый из результатов.

Теперь пройдем шаг за шагом по процессу вычисления методом ординарного кригинга (OK), используя модель **20x20x1.mdl**.

Откройте файл **4points1.str**.

Покажите данные в виде **маркеров** с показом поля **D1**.



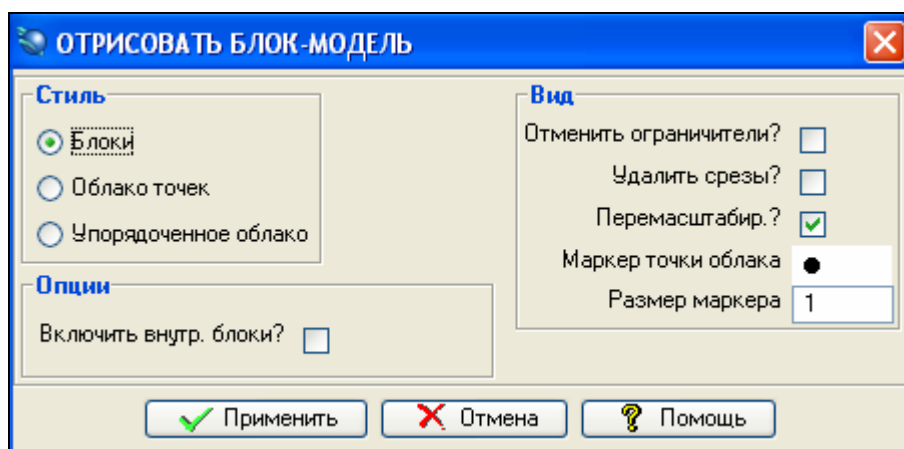
Это набор данных, который мы будем использовать для расчета блок-модели.

Покажите меню модуля **Блок-модель**.

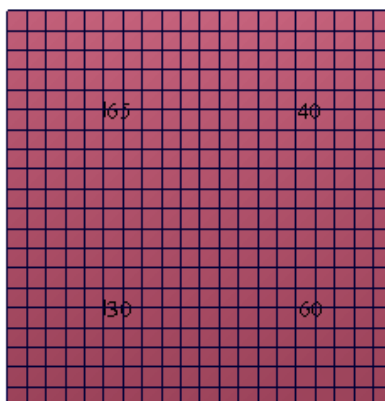
Откройте модель **20x20x1.mdl**.

Из меню Показать **выберите** Удалить цвета модели.

Введите параметры, как показано ниже, и нажмите **Применит:**.



Вы увидите блок-модель и данные стринг-файла:



Из меню Вычисления выберите **Ординарный кригинг**.

Введите данные, как показано ниже и нажмите **Применить**:

ВЫБРАТЬ АТТРИБУТ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Имя атрибута: ok_zero_nugget

Применить Отмена Помощь

АТТРИБУТЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Анизотр. дист. до ближ. образца	distance
Средн. анизотропн. дист. до образцов	avg_distance
Число проб	num_samp
Дисперсия Кригинга	krig_var

Применить Отмена Помощь

СПЕЦИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКА ДАННЫХ

Тип источника данных: СТРИНГ-ФАЙЛ БЛОК-МОДЕЛЬ

СТРИНГ-ФАЙЛ

Местоположение: 4points

Диап.: 1

Диапазон стринга: 1

Поле D: 1

БЛОК-МОДЕЛЬ

Имя модели:

Атрибут:

Ограничить данные:

Сохранить огранич. точки опробования:

Местопол. вых. файла:

Диап. вых. файла: 1

Применить Отмена Помощь

ПАРАМЕТРЫ ПОИСКА

Тип поиска Эллипсоид Октант

Минимальное число проб для выборки
 Максимальное число проб для выборки

Максимальный радиус поиска
 Макс. верт. расстояние поиска

Ограничить скважиной
 Поле опис.
 Макс. к-во образцов на скважину

Характеристики поискового эллипсоида

Ориентация эллипсоида

Азимут.
 Погруж.
 Уг. пад.

Кoeffициенты анизотропии

главная / большая
 главная / малая

Конвенция для вращения

Z X Y X Y Z
 L R L R L R

Визуализатор эллипсоида

ПАРАМЕТРЫ КРИГИНГА

Имя файла вариограммы

Модель вариограммы СФЕРИЧЕСКАЯ ВЛОЖЕН. СФЕРИЧЕСКАЯ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬН.

Конвенция для вращения

Структура	Нуггет	Силл	Диапазон	Азимут.	Погруж.	Уг. пад.	Главн./Бол.	Major/Minor
1	0	1	5	0	0	0	1	1

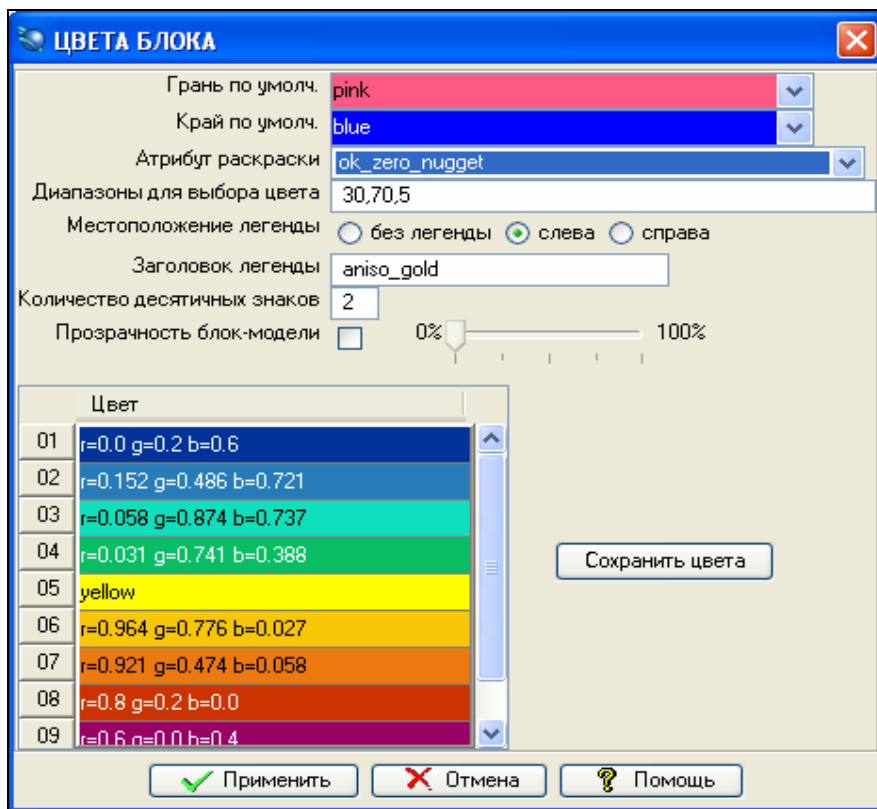
Число точек дискретизации X Y Z

Включить результаты отладки Название файла-справки
 Ограничить интерполяцию Формат

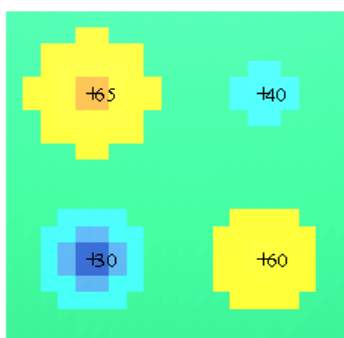
Применить две следующие формы, чтобы переписать файлы ***.NOT** и ***.MDL** .

Из меню Показать выберите Раскрыть модель по атрибутам

Выберите **ok_zero_nugget** в качестве атрибута для раскраски, введите диапазон **30,70,5** и нажмите **Применить**:



Модель, рассчитанная методом **OK** с «наггетом»=0, показана ниже:



Из меню Атрибуты выберите Просмотреть атрибуты 1 блока.

Заметьте, что атрибуты **distance**, **avg_distance**, **num_samp** и **krig_var** были добавлены к модели:

avg_distance	7.106
distance	6.384
krig_var	1.250
num_samp	4

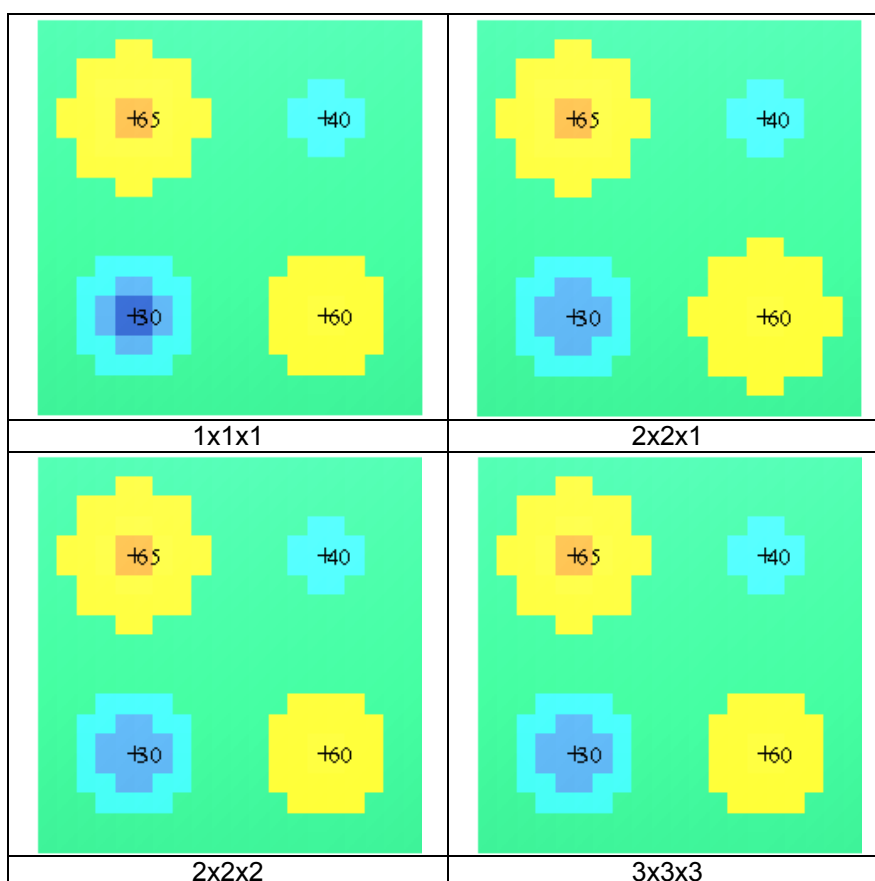
Из меню Вычисления выберите Ординарный кригинг.

Введите параметры, как в прошлый раз, но в последнюю форму введите дискретизационные параметры 2x2x1, затем нажмите **Применить**

Число точек дискретизации X Y Z

Покажите модель, раскрашенную по атрибуту *ok_zero_nugget*, как в прошлый раз.

Повторите процесс вычислений и показа модели с раскраской по атрибуту *ok_zero_nugget*, но с использованием дискретизации 2x2x2 и 3x3x3.



Эффект дискретизации на вычисления методом ОК

Резюме:

Теперь вы должны понимать, как «наггет», диапазон и дискретизационные точки влияют на результат вычислений с помощью ОК. Понимание того, как каждый из множества параметров влияет на конкретный подсчет, - задача непростая. Обычно понимание представленной здесь концепции требует времени, исследований и опыта с несколькими выборками данных.

Анализ размера блока

Обзор:

Важнейшим конечным результатом геостатистических вычислений является модель – набор точек, содержащих подсчетные значения. Точки представляют собой центры блоков. Определение расстояния между точками или размера блоков часто является критическим моментом в геостатистических расчетах. Путем оценки двух параметров, заимствованных из ординарного кригинга, вы можете определить оптимальный размер блока. Окончательное решение по вопросу о размере блока, тем не менее, может быть связано с другими факторами, такими как минимальная мощность интервала отработки.

Анализ размера блока описан в этом разделе путем рассмотрения следующих вопросов:

1. Выходные данные отладки ОК
2. Использование эффективности кригинга и наклона линии условной погрешности
3. Выбор места для блока

Требования:

Перед началом работы с этим разделом вы должны понимать следующие моменты:

- Командное меню Сюрпэка
- Стринг-файлы Сюрпэка
- Блок-модели Сюрпэка
- Изотропия и анизотропия
- Эллипсоид анизотропии
- Ординарный кригинг

1. Отладка выходных данных ОК

При использовании ОК для расчетов по блок-модели выходные данные отладки будут содержать два параметра, которые будут использованы при анализе размера блока.

Запустите макрокоманду *kriging_debug.tcl*.

Эта макрокоманда:

1. создает блок-модель
2. проводит ординарный кригинг с ограничителем для расчета значения для одного блока
3. использует отладку выходных данных в файле-справке

Этот выходной файл *block_size.not* будет показан. В нижней части файла вы увидите следующие параметры:

Estimated grade:	4.452	Вычисленное содержание:	4.452
Kriging variance:	0.250	Дисперсия кригинга:	0.250
Twice std. dev.:	1.000	Удвоенное ст. откл.:	1.000
Block variance:	0.907	Дисперсия по блокам:	0.907
Kriging efficiency:	0.724	Эффективность кригинга:	0.724
Slope of regression:	0.112	Наклон регрессии:	0.112
Lagrange multiplier:	0.053	Множитель Лагранжа:	0.053
Conditional bias slope:	0.930	Наклон линии усл. погрешности:	0.930

Значения эффективности кригинга и (Наклона) кривой условной погрешности используются при анализе размера блоков.

$$\text{Эффективность кригинга} = \frac{\text{дисперсия по блокам} - \text{дисперсия кригинга}}{\text{дисперсия по блокам}}$$

$$\text{Наклон линии усл. погр.} = \frac{\text{дисп. по блокам} - \text{дисп. кригинга} + |\text{множитель Лагранжа}|}{\text{дисп. по блокам} - \text{дисп. кригинга} + 2 \times |\text{множитель Лагранжа}|}$$

2. Использование эффективности кригинга и наклона линии условной погрешности

В идеале, и эффективность кригинга, и кривая условной погрешности должны иметь значение, равное 1.00. На практике это невозможно, но возможно сравнение значений этих двух параметров для различных размеров блоков.

Чтобы сделать это в Сюрпэке, вам необходимо осуществить следующие действия для диапазона размеров блока.

1. выберите координаты XYZ для места, в котором вы хотите провести анализ.
2. выберите размеры блока по осям XYZ.
3. создайте блок-модель, используя такую точку отсчета, в которой координаты центра блока модели будут равны координатам, обозначенным в пункте 1.
4. проведите ординарный кригинг в пределах ограничителя, чтобы вычислить значение для первого блока.
5. удостоверьтесь в том, что «отладка выходных данных» будет произведена для файла-справки.
6. отметьте для себя значения для эффективности кригинга и наклона линии условной погрешности в файле отладки.

Перед вами данные из примера, полученного с помощью макрокоманды ***kriging_debug.tcl*** :

1. координаты для анализа: Y=7340 X=1660 Z=110
2. размеры блока: Y=10 X=10 Z=10
3. точка отсчета блок-модели: Y=7335 X=1655 Z=105
4. ординарный кригинг внутри ограничителя: Y < 7345, X < 1665, Z < 115
5. квадратик «отладки» помечен
6. выходной файл ***block_size.not*** содержит:

Estimated grade: 4.452	Вычисленное содержание: 4.452
Kriging variance: 0.250	Дисперсия кригинга: 0.250
Twice std. dev.: 1.000	Удвоенное ст. откл.: 1.000
Block variance: 0.907	Дисперсия по блокам: 0.907
Kriging efficiency: 0.724	Эффективность кригинга: 0.724
Slope of regression: 0.112	Наклон регрессии: 0.112
Lagrange multiplier: 0.053	Множитель Лагранжа: 0.053
Conditional bias slope: 0.930	Наклон линии условной погрешности: 0.930

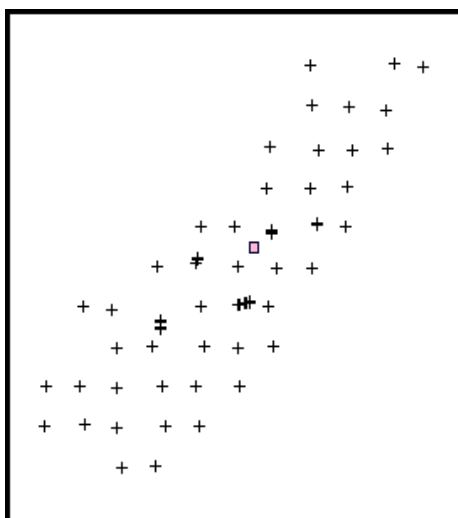
Для тех же данных, что и в шаге 1 мы получили некоторые результаты для различных размеров блока:

1. координаты для проведения анализа: Y=7340 X=1660 Z=110
2. размеры блока: Y=10 X=5 Z=5
3. точка отсчета модели: Y=7335 X=1657.5 Z=107.5
4. ординарный кригинг внутри ограничителя: Y < 7345., X < 1662.5, Z < 112.5
-
2. размеры блока: Y=5 X=5 Z=2
3. точка отсчета модели: Y=7337.5 X=1657.5 Z=109
4. ординарный кригинг внутри ограничителя: Y < 7342., X < 1662.5, Z < 111
-
2. размеры блока: Y=2 X=2 Z=2
3. точка отсчета модели: Y=7339 X=1659 Z=109
4. ординарный кригинг внутри ограничителя: Y < 7341., X < 1661, Z < 111

3. Выбор размера блока

Если ваши данные рассеяны довольно регулярно, как в случае со стринг-файлом **gold_cut17.str**, то вы можете пожелать выбрать место, расположенное в срединной части набора данных.

Перед вами положение блока и данные стринг-файла, использованного в примере с **kriging_debug.tcl**:



Однако, если бы в наборе данных было одно или большее число скоплений, вам бы пришлось исследовать каждый из этих фрагментов, представляющих различные типы кластеризации данных, поскольку эффективность кригинга и кривая условной погрешности определяются размером блока и точками опробования вблизи блока.

1. участок, представительный для среднего шага между образцами.
2. внутри или вблизи кластера 1
3. внутри или вблизи кластера 2
4. внутри или вблизи кластера 3
5. внутри или вблизи кластера ...

Эффективность кригинга и кривая условной погрешности не зависят от значений содержаний в образцах, но имеют отношение к размеру блоков, положению блоков и параметрам вариограммы.

Когда вы определите оптимальный размер блока, вы можете использовать намеченный путь для сравнения других факторов, таких как максимальное количество образцов, радиус поиска и дискретизационные точки.

Резюме:

Теперь вы должны понимать, как получить значения для эффективности кригинга и кривой условной погрешности, и всю процедуру оптимизации набора размеров блока.

Заверка модели

Обзор:

Важнейшим шагом в геостатистических вычислениях является заверка модели после ее создания. Есть несколько способов сделать это:

1. Сравнение данных бурения и блок-моделирования на разрезах
2. Построение кривой содержание-тоннаж на основе справки по блок-модели
3. Элементарная статистика по данным блок-моделирования
4. Анализ тренда

Требования:

Перед тем, как приступить к работе над разделом, вы должны понимать следующие моменты:

- Меню команд Сюрпэка
- Стринг-файлы Сюрпэка
- Блок-модели Сюрпэка
- Изотропия и анизотропия
- Эллипсоид анизотропии
- Ординарный кригинг

1. Сравнение данных бурения и блок-моделирования на разрезах

Это один из методов заврки блок-модели.

Запустите макрокоманду ***_15a_display_partial_percent.tcl***.

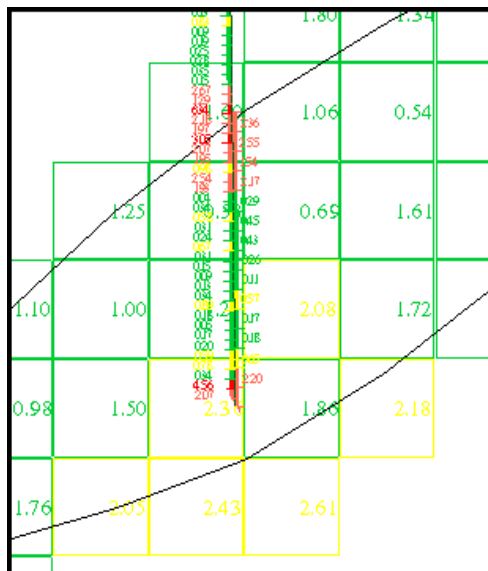
Эта макрокоманда покажет разрез каркасной модели и вычисленный частичный процент блока внутри каркасной модели:

4	0.033	0.119	0.266	0.555	0.826
6	0.689	0.838	0.951	1.000	1.000
6	1.000	1.000	1.000	0.963	0.797
4	0.914	0.799	0.658	0.354	0.123
3	0.215	0.098	0.033	0.000	

По существу, вы хотите удостовериться в том, что величины в модели правильны. Кажется, что здесь все нормально: блоки, полностью находящиеся внутри каркасной модели, имеют частичный процент, равный 1.00, а блоки, частично находящиеся внутри каркасной модели, имеют значение частичного процента между 0 и 1.00.

Запустите макрокоманду `_15b_display_blocks&composites.tcl`.

Эта макрокоманда покажет разрез каркасной модели, первичные и композитированные данные бурения и рассчитанные с помощью **OK** значения содержаний для блоков внутри каркасной модели:



И здесь вам необходимо сверить значения содержаний по блокам и первичные данные.

2. Кривая Содержание-Тоннаж

Другим способом заверки модели является получение справки по тоннажу и содержаниям и построение кривой Содержание-Тоннаж.

Запустите макрокоманду `_16a_bm_report.tcl`.

Эта макрокоманда составит справку по блок-модели, чтобы создать *.CSV (разделенный запятыми) файл. Заранее скомпонованный *.XLS файл показан внизу с графиком Содержание-Тоннаж.

Примените каждую из показываемых форм:

ФАЙЛ ФОРМАТА СПРАВКИ ПО БЛОК-МОДЕЛИ

Имя Файла Формата: [dropdown]

Имя файла-справки: grade_tonnage [dropdown]

Формат файла-справки: .csv - C разделителем в виде запятой (Та... [dropdown]

Модель, рассчитанная методом ИК:

Изменить формат:

Ограничить?:

Применить Отмена Помощь

СПРАВКА ПО БЛОК-МОДЕЛИ

Описание справки: [text area]

Форматировать заголовки?:

Удалять линии с нулевым объемом?:

Справка по Объему | округление до: 0 decimal places [dropdown]

Справка по атрибутам	Показать?	Нижн. предел	Ураг. проба	Взвеш. на	Справка	Выражение
a anisotropic_kinged_gold	<input checked="" type="checkbox"/>			Объем	Среднее	

Корректировка объема: Исп. корректировку объема? Атрибут: qv1_partial_percent

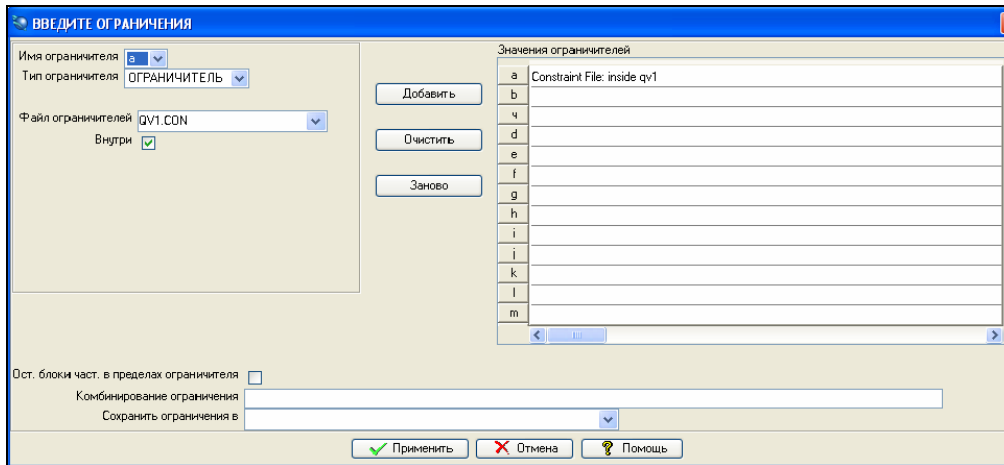
Корректировка плотности: Нет Атрибут Значение Значение: 2

Геометрическая группировка: Сгруппировать геометрически [dropdown]

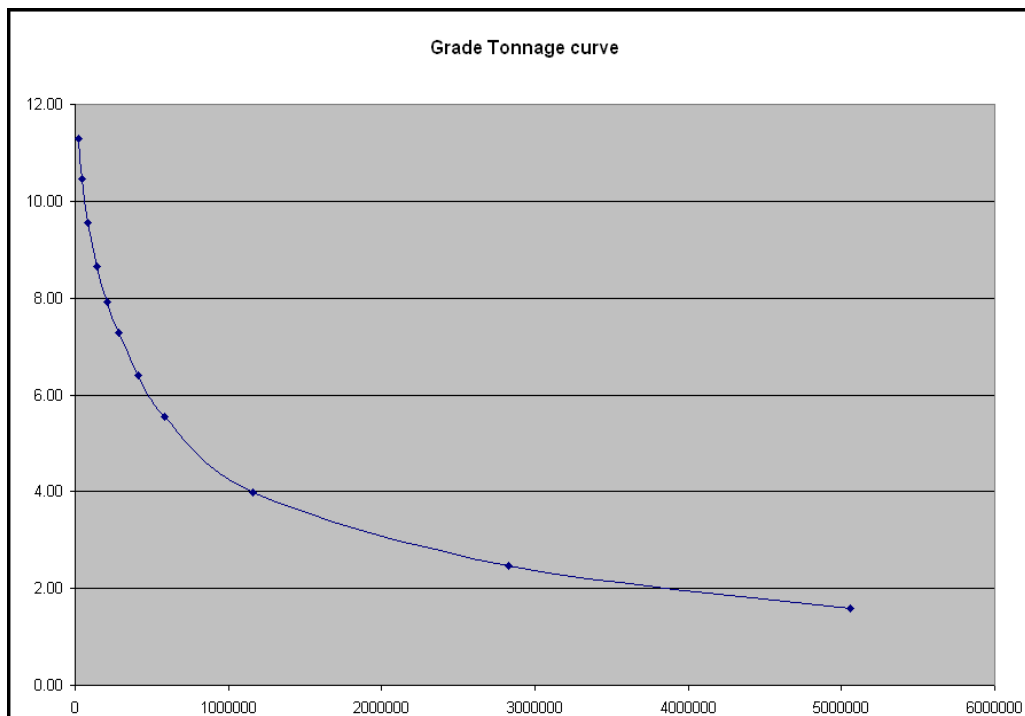
Группирующие атрибуты	Числен. диапазон
1 anisotropic_kinged_gold	0,10-999

Использовать частичные проценты?: Точность: 3 [dropdown]

Применить Отмена Помощь



Файл **grade_tonnage.xls** был получен вместе с графиком выходных данных:



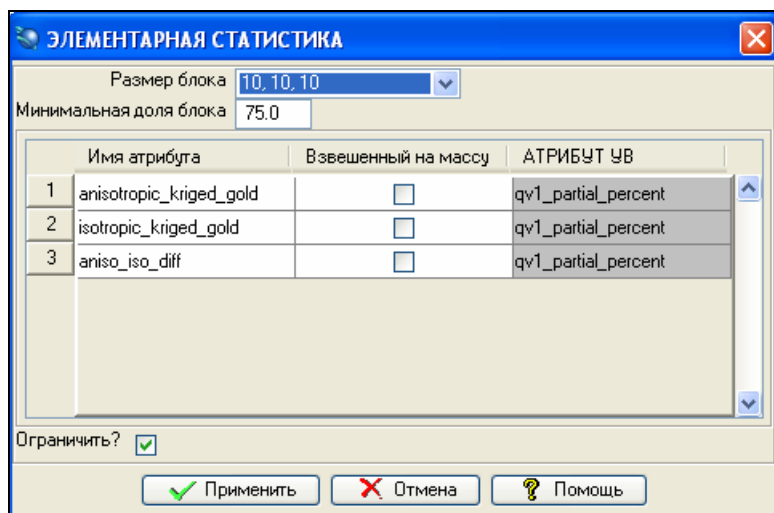
3. Элементарная статистика вычисленных значений для блок-модели

Элементарная статистика вычисленных значений для блок-модели – еще один способ заверки выходных данных блок-модели.

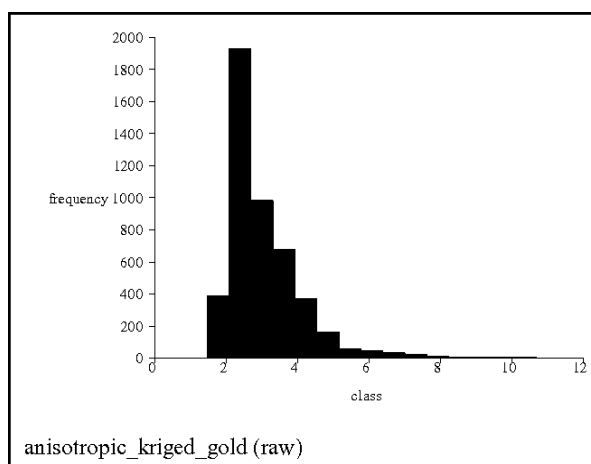
Запустите макрокоманду ***_12_bm_basic_stats.tcl***.

Эта макрокоманда покажет элементарную статистику по трем параметрам блок-модели.

Убедитесь в том, что форма заполнена как показано ниже, и нажмите ***Применить***.



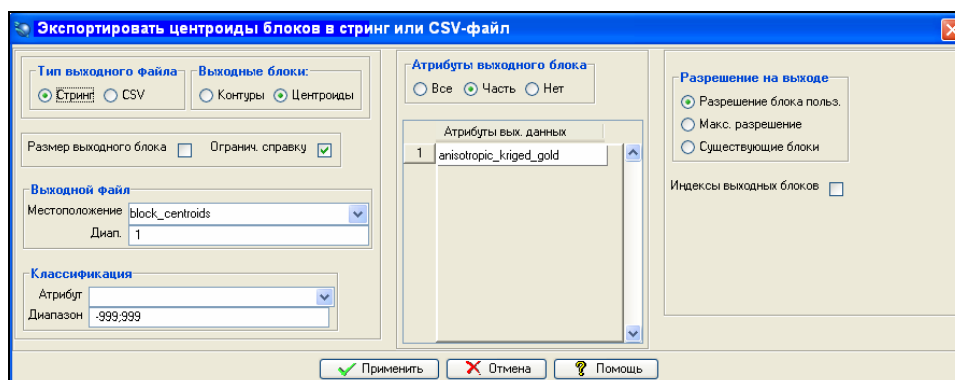
Вы увидите следующую гистограмму:

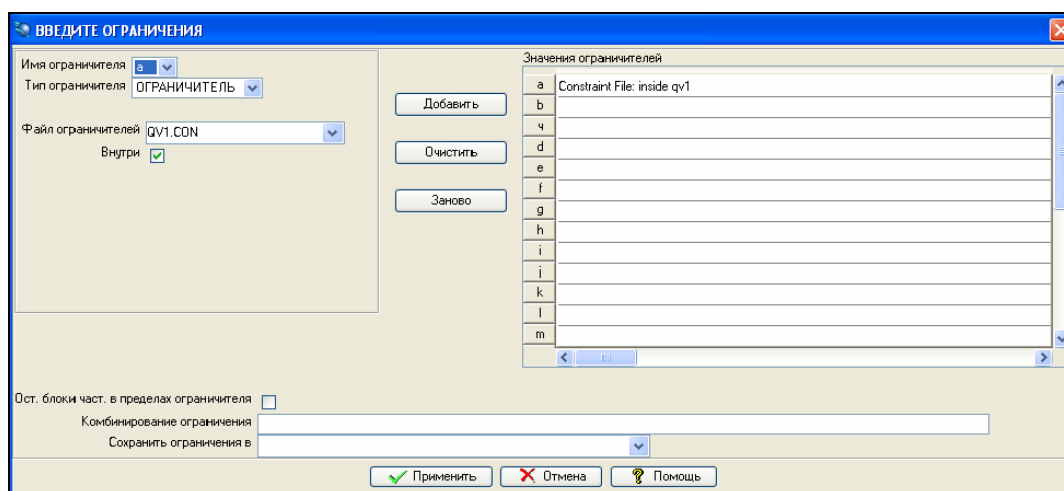


4. Анализ тренда

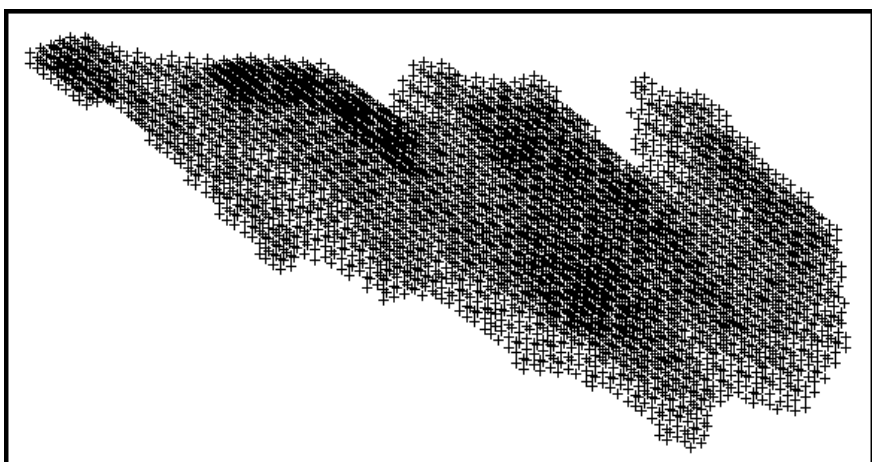
Анализ тренда вычисленных значений для блок-модели – еще один способ заверки выходных данных блок-модели.

Запустите макрокоманду `_16b_export_centroids.tcl` и Примените формы:



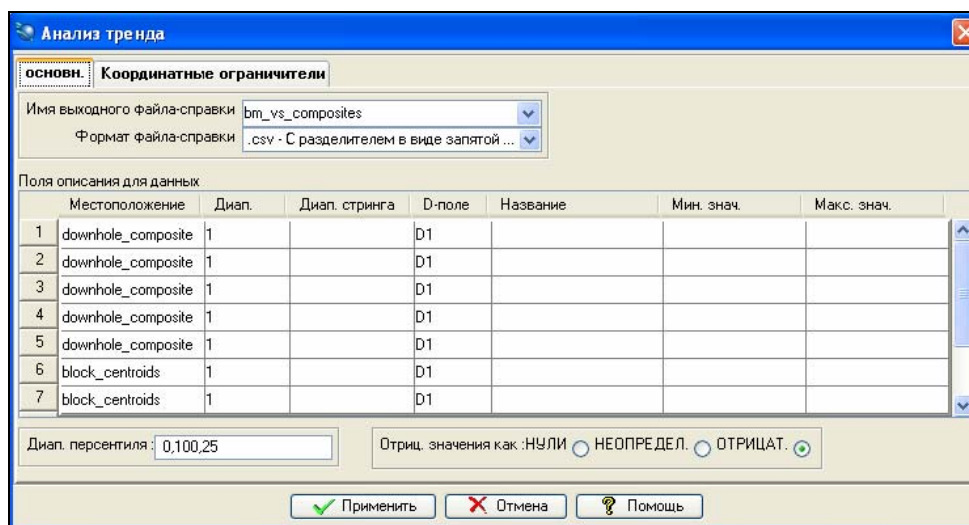


Когда данные будут экспортированы, вы увидите их в графическом окне:

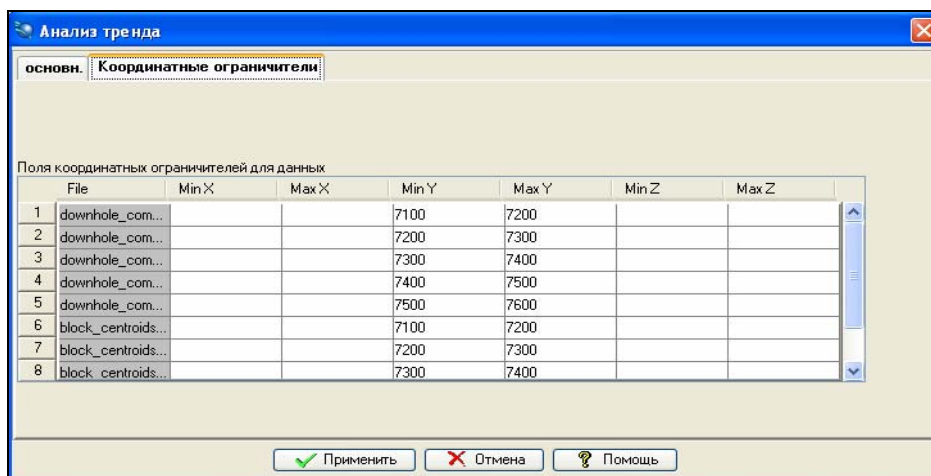


Запустите макрокоманду `_16c_bm_vs_composites.tcl`.

Эта макрокоманда применяет функцию **Анализ тренда**, которая может быть найдена в меню **Геостатистика**. Заметьте, что в форме есть две панели. Главная панель содержит названия файла(ов), которые будут проанализированы:



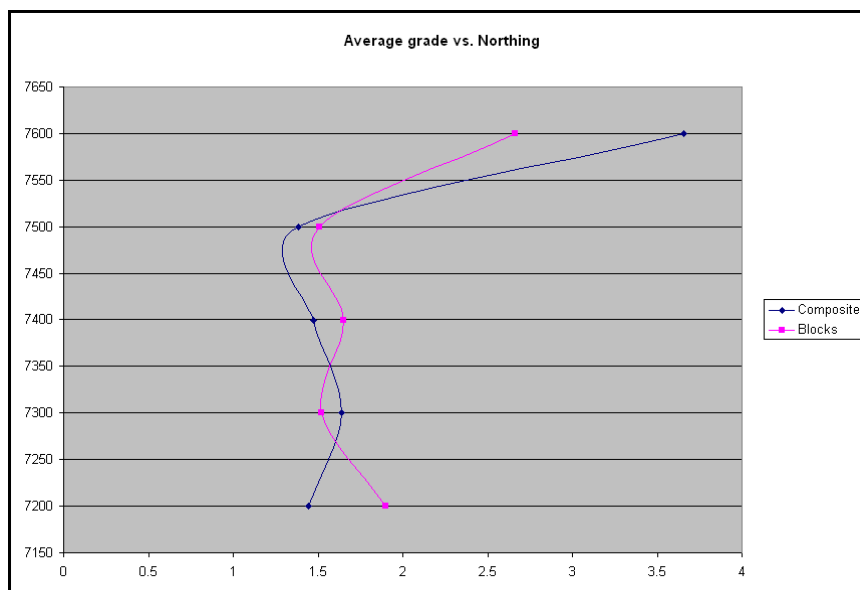
Панель «Координатные ограничители» позволяет указать пространственные границы выборки:



В этом случае мы хотим сравнить композиты по скважинам с расчетными содержаниями в центроидах блоков для определенного диапазона широтных отметок.

Нажмите **Применить** после просмотра данных.

Ранее созданный файл **bm_vs_composites.xls** включает в себя данные и график:



Анализ тренда может быть использован для выявления участков, в которых расчетные данные по блок-модели могут отличаться от данных композитирования.

Резюме:

Теперь вы должны быть в курсе того, как заверяется модель после создания – путем использования следующих методов:

1. Сопоставление данных бурения и опробования со значениями в блоках модели.
2. Построение кривых Содержание-Тоннаж по данным справок из блок-модели
3. Элементарная статистика значений по модели
4. Анализ тренда

