

Расчет атрибутов качества и кратности сейсмических данных в программе RadExPro

В этом руководстве мы покажем, как в программе RadExPro можно рассчитать атрибуты качества сейсмических данных (амплитудные и частотные характеристики, сигнал/шум), а также полную и эффективную кратность (под эффективной кратностью мы здесь понимаем *англ. offset sampling* – т.е. количество не пустых оффсет-бинов, попавших в тот или иной бин ОГТ).

Для того, чтобы самостоятельно повторить все, описанные здесь шаги, нужно скачать демонстрационный проект AttributesAndFoldDemo. Проект был специально подготовлен для демонстрации только нужных нам сейчас шагов:

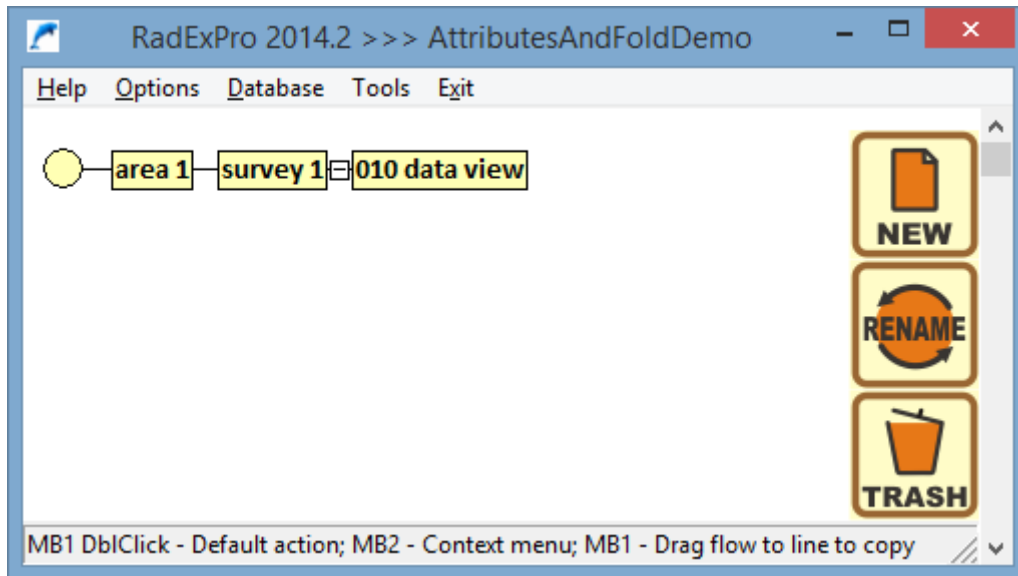
- При помощи команды меню Database/Edit header fields... в проект были добавлены несколько вспомогательных полей заголовков, которые по умолчанию отсутствуют: OFF_SMPL, AMP, AMP_N, FREQ, SNR и Q.
- В проект был загружен фрагмент данных наземной 3D съемки и им была присвоена геометрия;
- Данные были пробинированы по ОГТ при помощи инструмента 3D CDP Binning;

Для экономии места, фрагмент взят небольшой – всего 20 физнаблюдений. Однако здесь мы будем работать с ним так, как будто это реальная большая съемка: потоки обработки будем запускать в покадровом режиме, пересортировку будем делать не на входе в поток в модуле Trace Input, а специализированным модулем Resort, который оптимизирован для работы с большими объемами данных (для данных столь малого объема этого можно было бы и не делать).

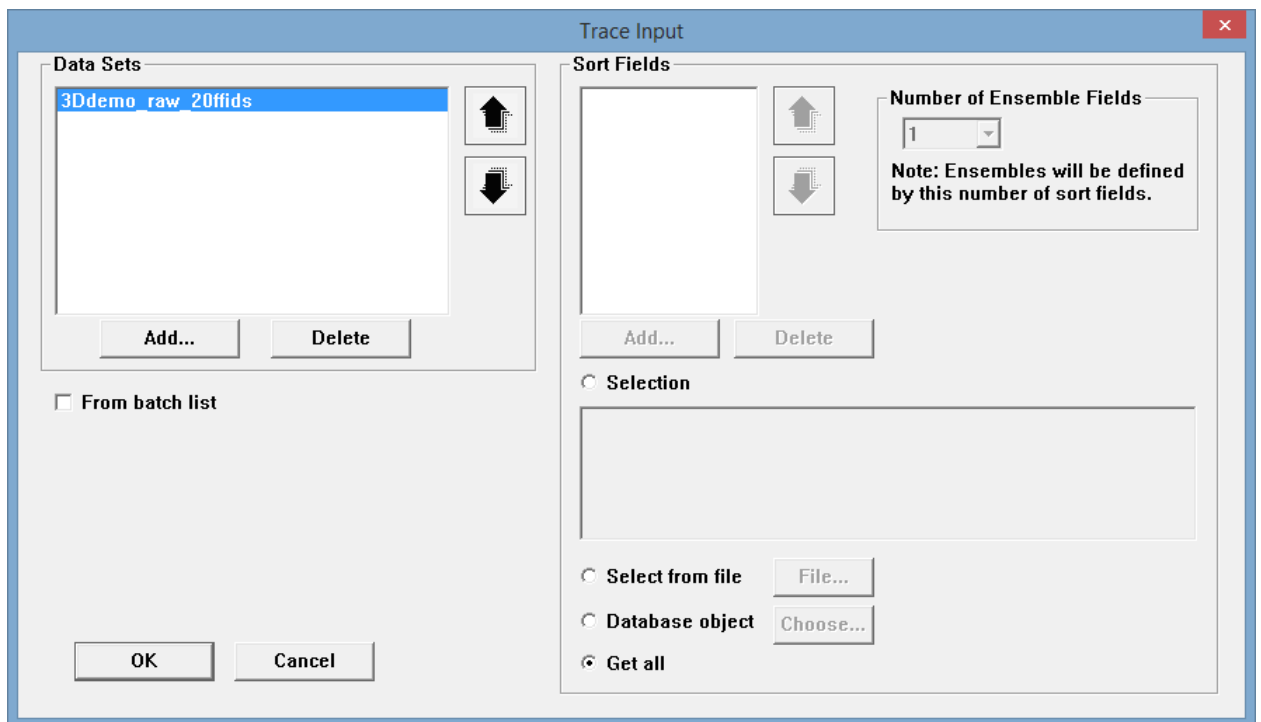
Рассчитанные атрибуты и значения кратности будут сохранены в заголовки трасс. Следующий шаг – построение карт, рассматривается в руководстве «[Работа с кросс-плотами для контроля качества данных в RadExPro - построение карты системы наблюдений, карт кратности, карты отношения сигнал-шум](#)».

Просмотр исходных данных

Откройте проект AttributesAndFoldDemo. Основное окно проекта выглядит так:



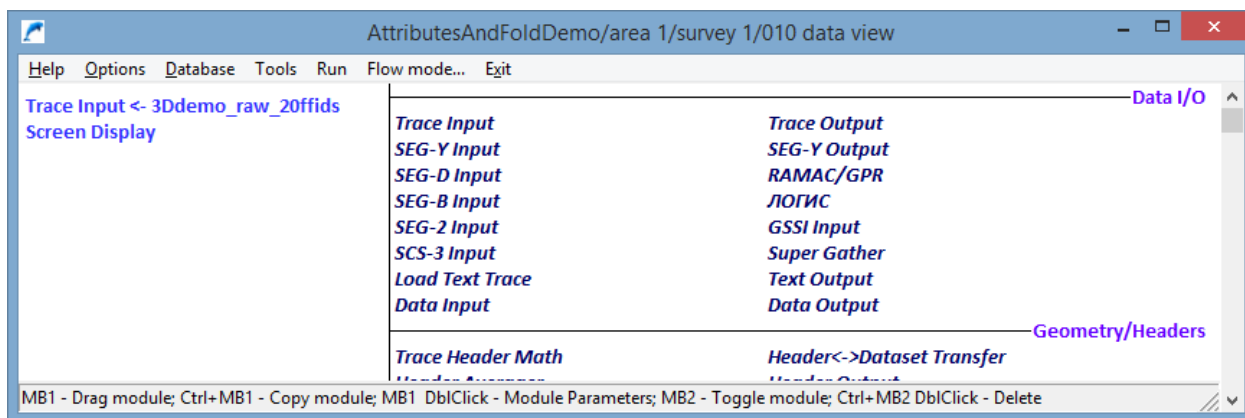
Зайдите в уже созданный поток для просмотра данных 010 data view. Добавьте в поток модуль ввода данных Trace Input, выберите входной набор данных 3Ddemo_raw_200ffids (он находится на уровне survey 1). Выберите опцию Get all – тогда данные будут загружаться в том порядке, в котором они записаны, без пересортировки:



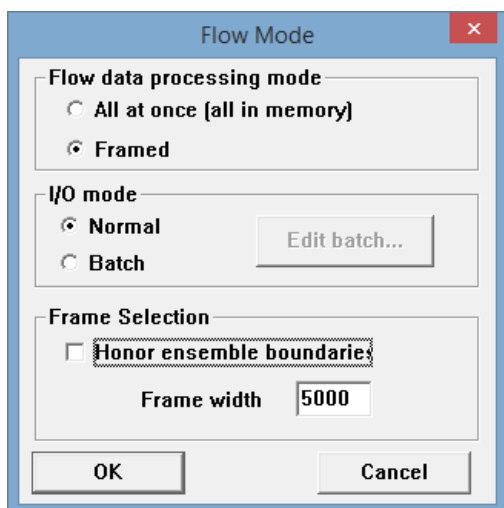
Нажмите OK и добавьте в поток модуль просмотра данных Screen Display. Установите отображение в оттенках серого (Grey), количество трасс на экран (Number of traces) – 1000:

Нажмите кнопку Axis... и настройте подписи вдоль горизонтальной оси. Мы будем подписывать номера физнаблюдений (FFID), каждый раз, когда их значение меняется, и номера каждого кратного 50 канала:

Поток должен выглядеть так:

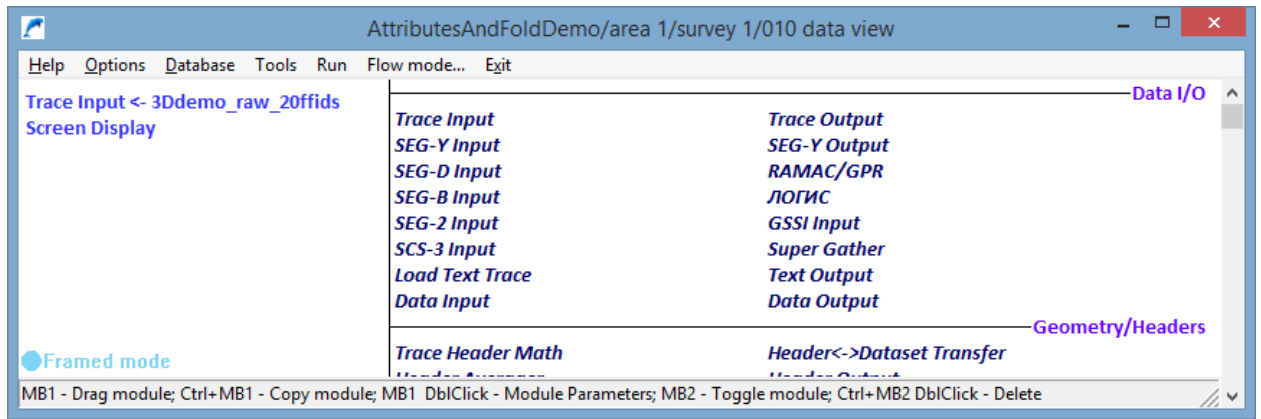


Его можно было бы уже запустить на выполнение, однако, мы должны поступить так, как будто мы работаем с большой 3D съемкой, которая не помещается в оперативную память компьютера – включить покадровый режим выполнения потока. Для этого выберите команду меню Flow mode... и в открывшемся диалоге установите режим выполнения потоков Framed (покадровый). Размер кадра (Frame width) укажите, например, 5000 трасс.

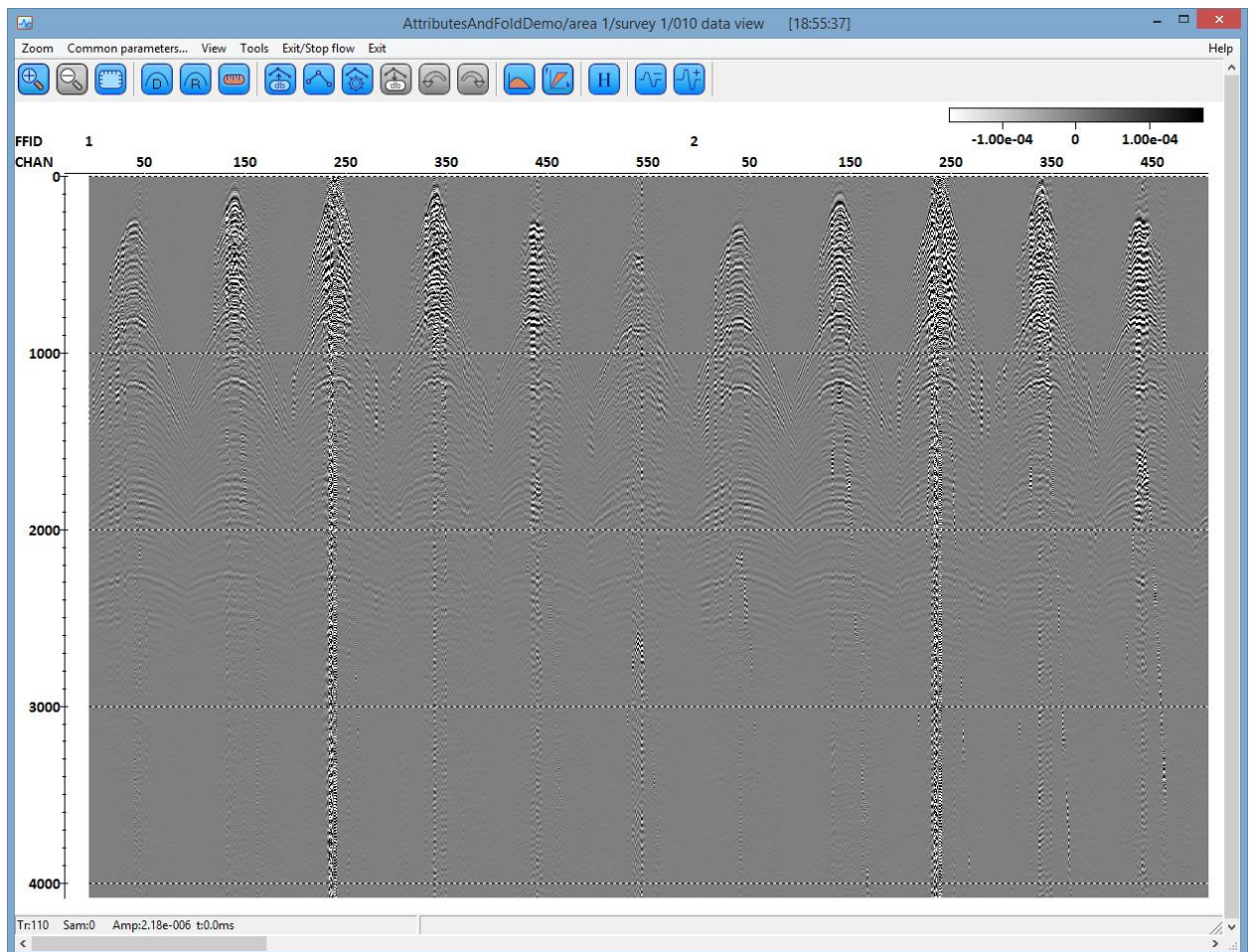


ВАЖНО: не забудьте снять галочку Honor ensemble boundaries (дополнять кадр до границы ансамбля). Дело в том, что в RadExPro за формирование ансамблей отвечает модуль Trace Input – ансамблем считаются все трассы, у которых совпадают значения заголовков, выбранных в качестве первых N ключей сортировки Sort Fields (N задается в поле Number of Ensemble Fields). Поскольку здесь мы сортировку задавать не стали (включили опцию Get all), то программа не знает где проходят границы ансамблей и попытка дополнить кадр до границы ансамблей приведет к тому, что программа постарается прочитать в оперативную память все данные целиком (и в случае реальной большой съемки после продолжительной работы выдаст ошибку, т.к. ей не хватит памяти).

После установки покадрового режима выполнения, в нижнем левом углу редактора потока загорится голубой индикатор покадрового режима:



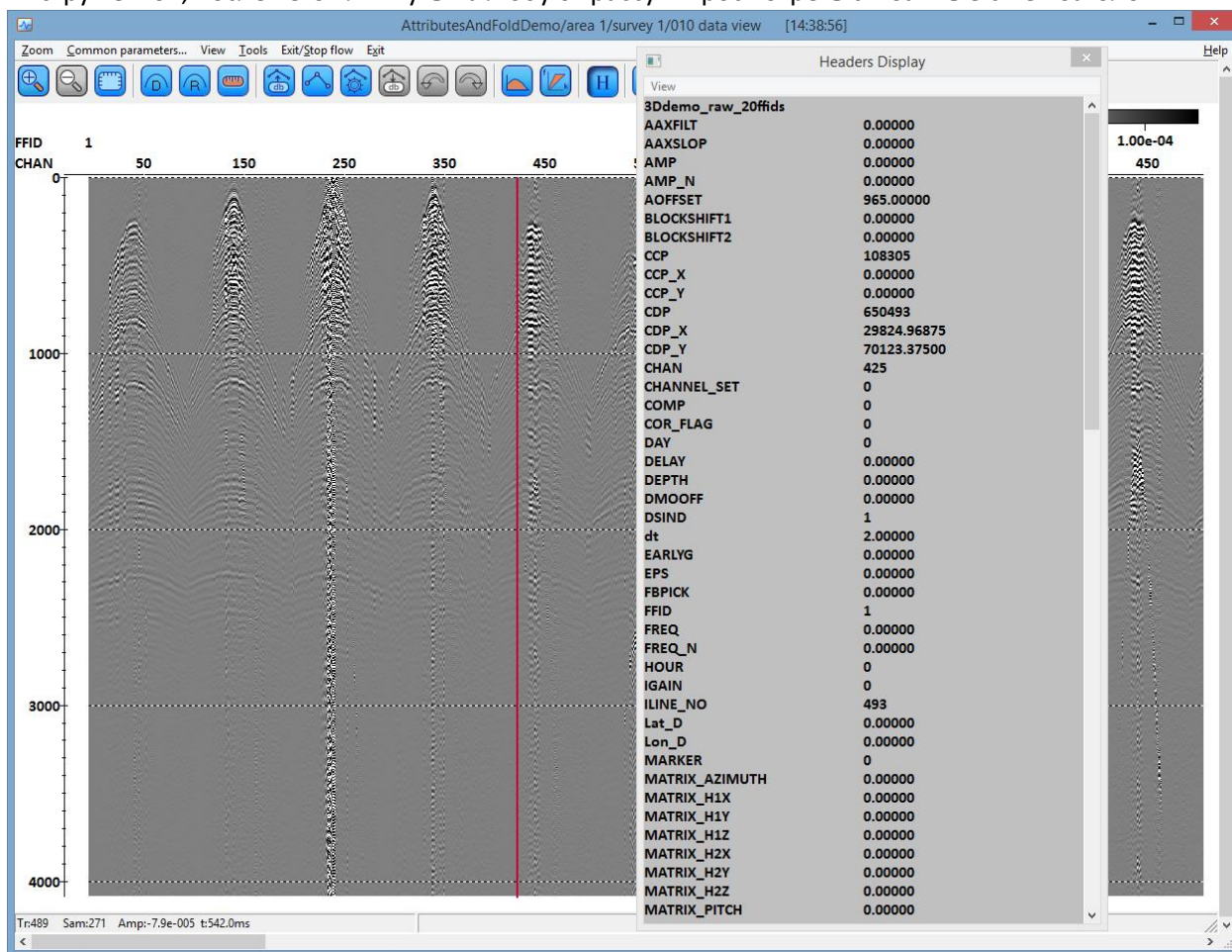
Теперь можно запускать поток – нажмите Run в меню редактора. Данные первого кадра (5000 трасс) отобразятся в окне Screen Display).



Мы видим, что данные, которые мы видим в том порядке, в котором они хранятся на диске,

пришли в сортировке FFID:CHAN (физнаблюдение:канал). Можно нажать кнопку  на панели

инструментов, после чего кликнуть на любую трассу и просмотреть связанные с ней заголовки:



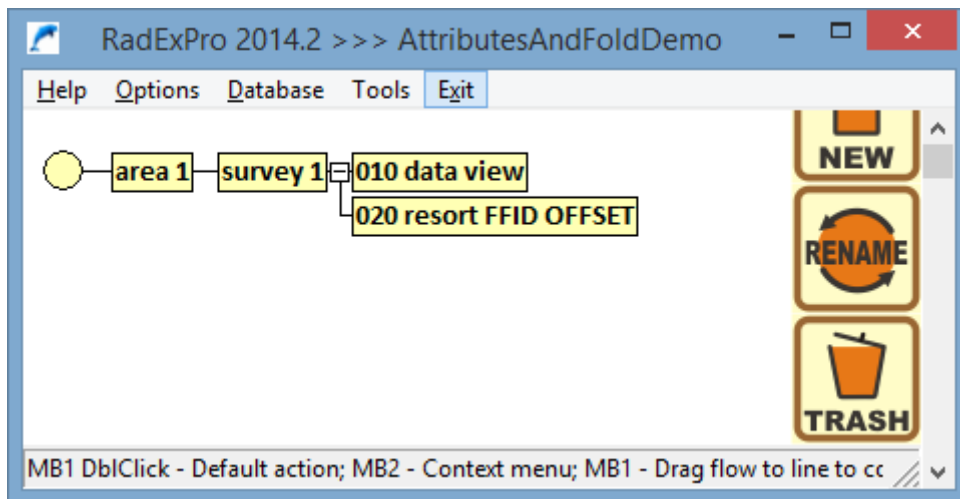
Можно убедиться в том, что в данные присвоена геометрия, рассчитаны номера точек ОГТ.

Так как поток запущен в показовом режиме, при выходе из модуля Screen Display по команде меню Exit запустится следующий кадр и его содержимое отобразится во вновь открывшемся окне модуля. Чтобы выйти из модуля и прервать выполнение потока, нужно нажать Exit/Stop flow (при этом отобразится системное сообщение о прерывании потока Stop Flow Break – это является штатным поведением программы).

Пересортировка данных

Для того, чтобы рассчитать атрибуты качества сейсмограмм ОПВ, нам нужно пересортировать данные в домен FFID:OFFSET – тогда мы сможем интерактивно задать пространственно-временные окна для разного типа волн.

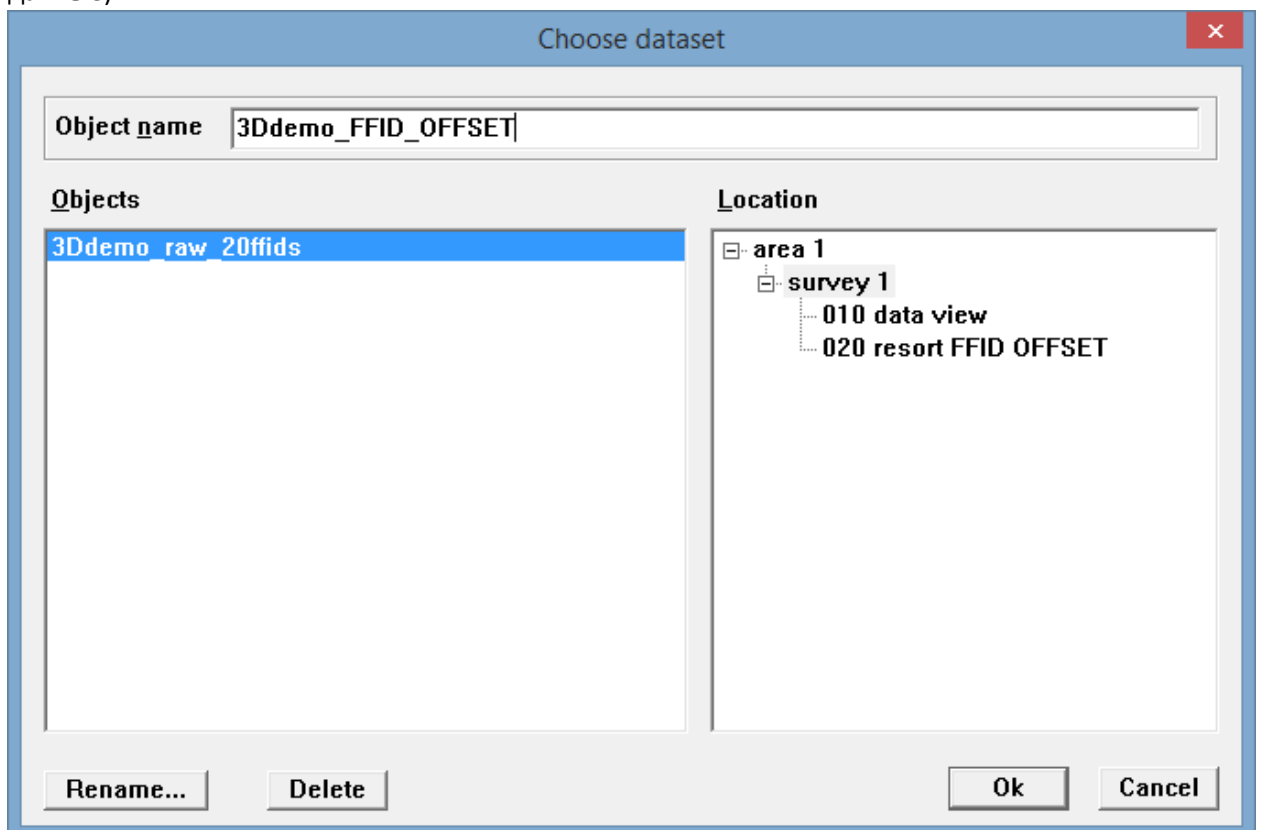
Создадим новый поток обработки, назовем его 020 resort FFID OFFSET.



Войдите в поток и добавьте в него модуль Resort* (звездочка в конце имени модуля указывает на то, что он должен быть в потоке один). Это специализированный модуль для быстрой сортировки больших объемов данных.

В окне параметров модуля укажите входной набор данных (Input dataset) - 3Ddemo_raw_20ffids.

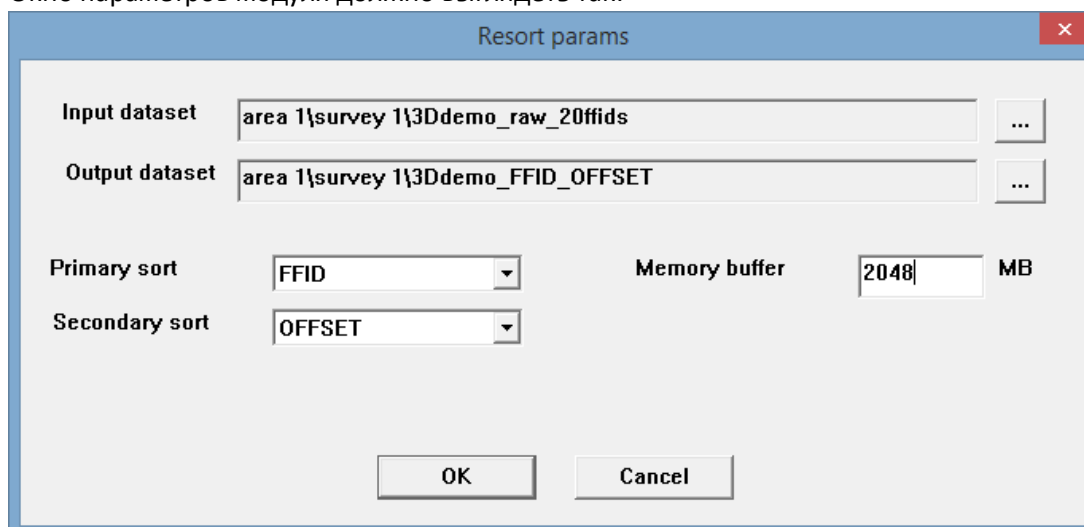
Задайте имя выходного, пересортированного набора данных (Output dataset), например 3Ddemo_FFID_OFFSET (мы поместим его на уровень базы survey 1 – туда же, где лежат входные данные):



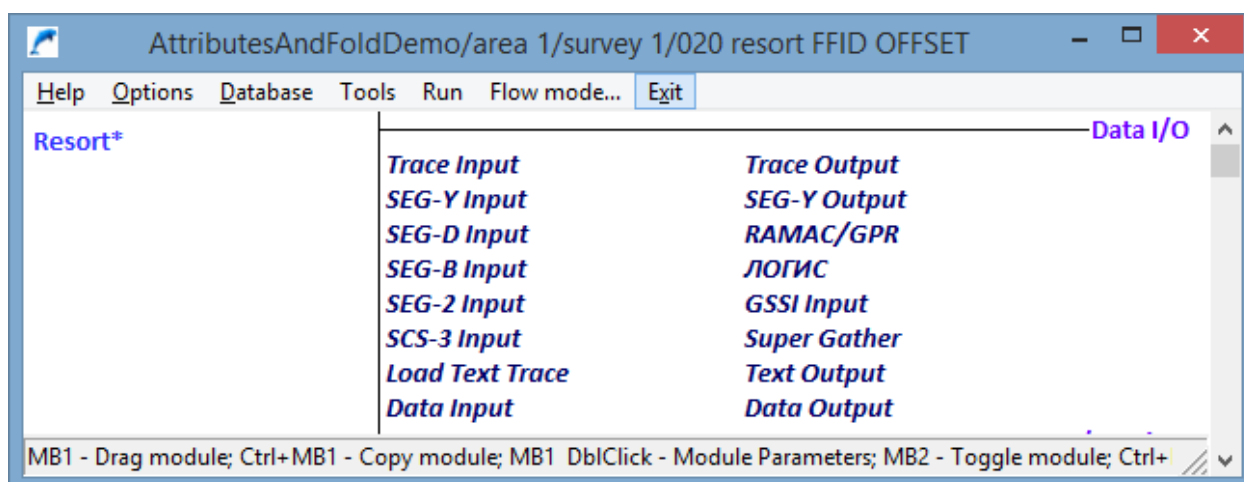
Задайте ключи сортировки: Primary sort – FFID, Secondary sort – OFFSET и максимальный размер буфера в оперативной памяти компьютера, которым может пользоваться модуль. Буфер должен

быть по крайней мере в два раза меньше, чем физический объем оперативной памяти. Здесь мы используем буфер размером 2048 Мб.

Окно параметров модуля должно выглядеть так:



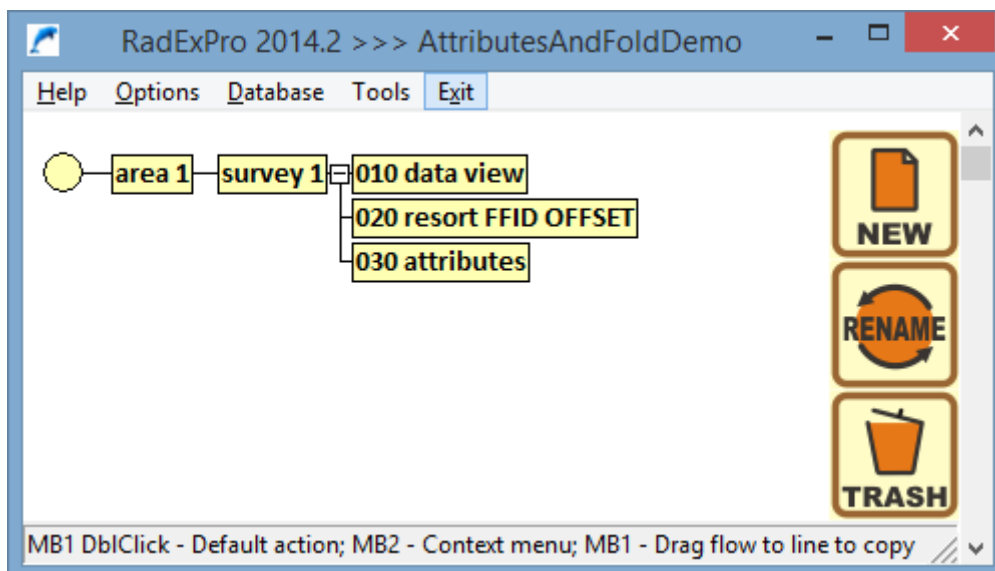
Нажмите OK. Так как модуль Resort сам работает с входным набором данных, покадровый режим выполнения потока здесь не нужен. Получившийся поток можно сразу запустить на выполнение:



Задание окон для расчета атрибутов

Для каждой сейсмограммы ОПВ мы хотим получить оценку среднеквадратичной амплитуды сигнала в области целевых отражений, видимой частоты в области целевых отражений и среднеквадратичной амплитуды микросейсма. Для этого, сначала нужно задать пространственно-временные окна, соответствующие целевым отражениям и микросейсму. Мы будем делать это интерактивно в модуле Screen Display.

Создайте новый поток – 030 attributes:



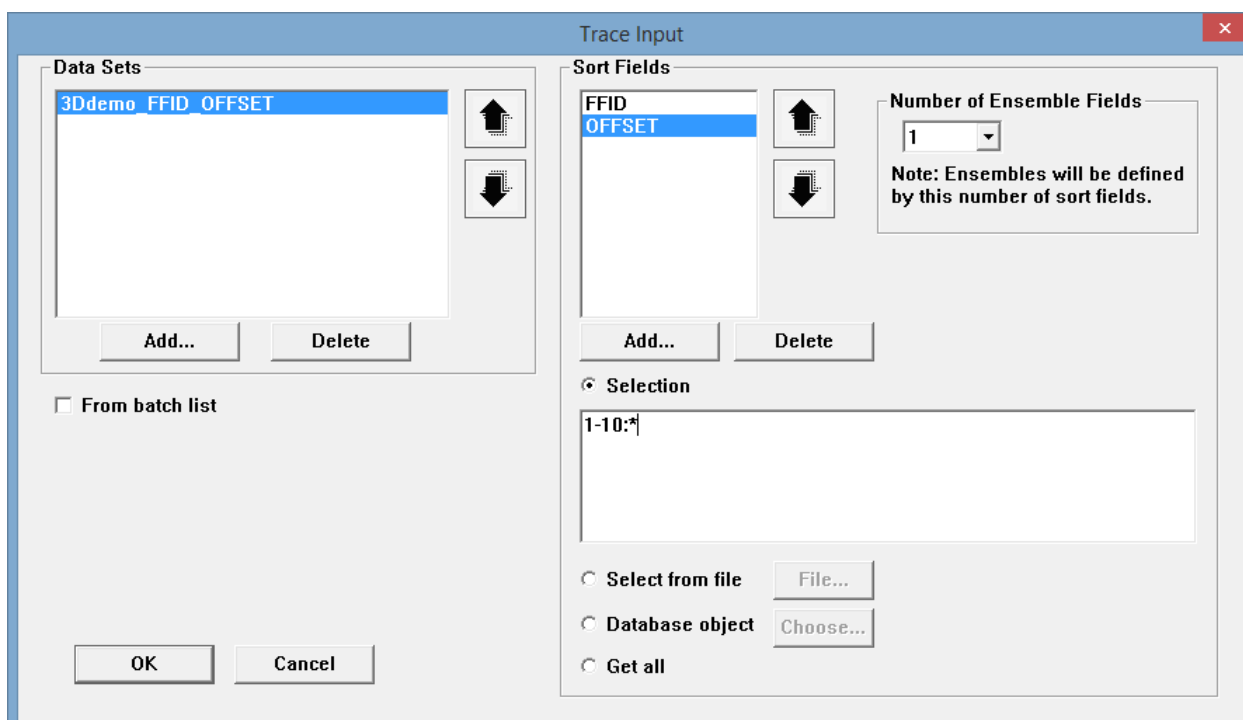
Войдите в него и добавьте модуль Trace Input. Выберите пересортированный набор данных, укажите ключи сортировки (Sort Fields) FFID и OFFSET. Так как входные данные хранятся именно в этой сортировке, никакой дополнительной сортировки при их чтении, и связанной с этим потери времени, происходить не будет.

Пространственно-временные окна расчета атрибутов привязываются только ко времени и выносам, поэтому для их интерактивного задания нам не нужно читать все данные. Мы прочитаем первые 10 сейсмограмм ОПВ и весь имеющийся в них диапазон выносов. Для этого в поле Selection мы укажем следующую маску выбора трасс:

1-10:*

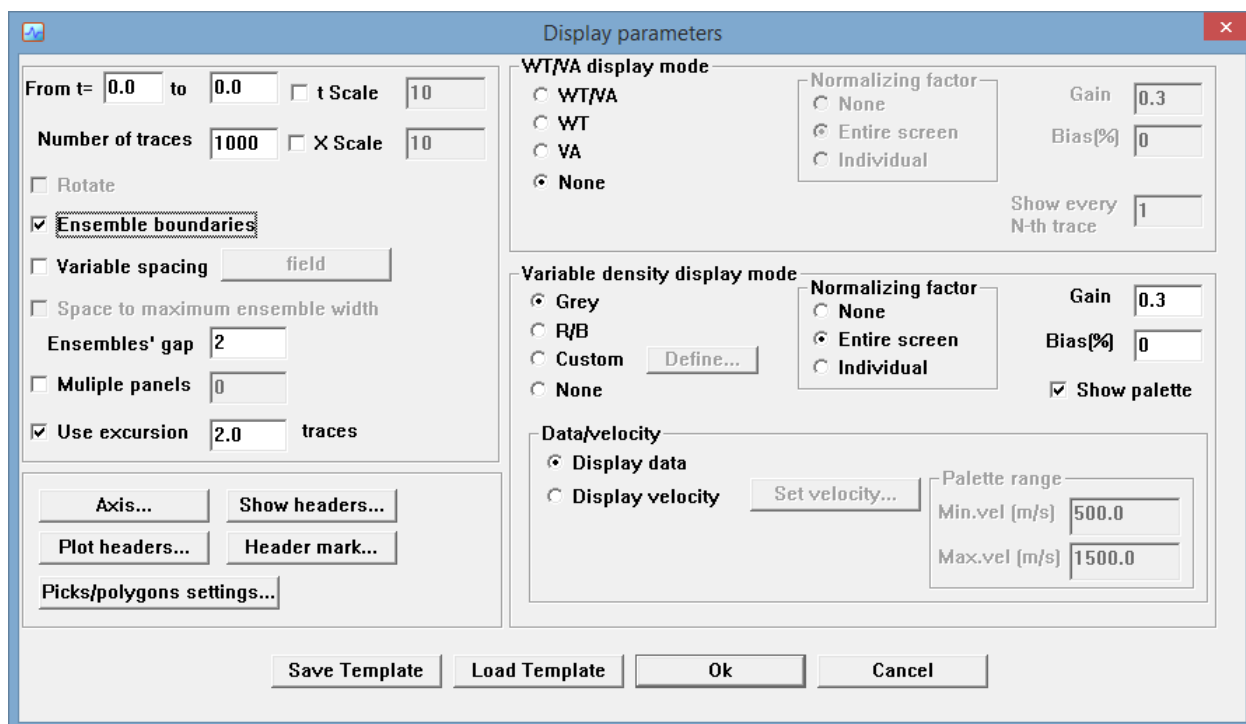
Такая маска выбора означает, что по первому заголовку из списка Sorting fields (FFID) будут выбраны только трассы со значениями от 1 до 10, а по второму заголовку (OFFSET) – все трассы.

Окно Trace Input должно выглядеть так:

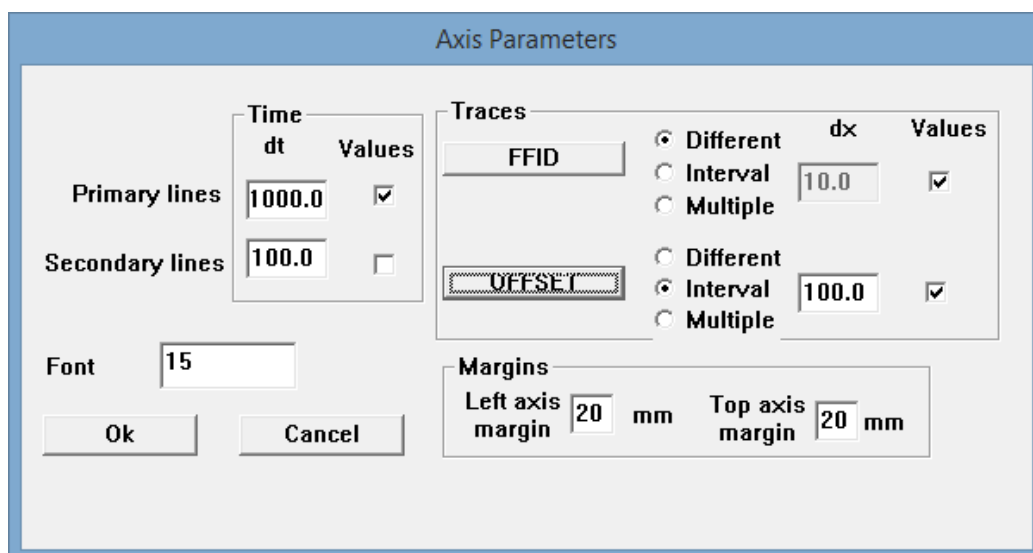


Добавьте в поток модуль Screen Display. Укажите горизонтальный масштаб – 1000 трасс на экран (Number of traces) и включите галочку Ensemble boundaries, чтобы модуль показывал пропуски между ансамблями. Так как в модуле Trace Input число ключей, определяющих ансамбль, (Number of Ensemble Fields) указано как 1, а первый ключ сортировки в списке Sort Fields – FFID, то программа будет считать каждый набор трасс с одинаковым значением заголовка FFID отдельным ансамблем (т.е. ансамбли в этом случае будут соответствовать сейсмограммам ОПВ).

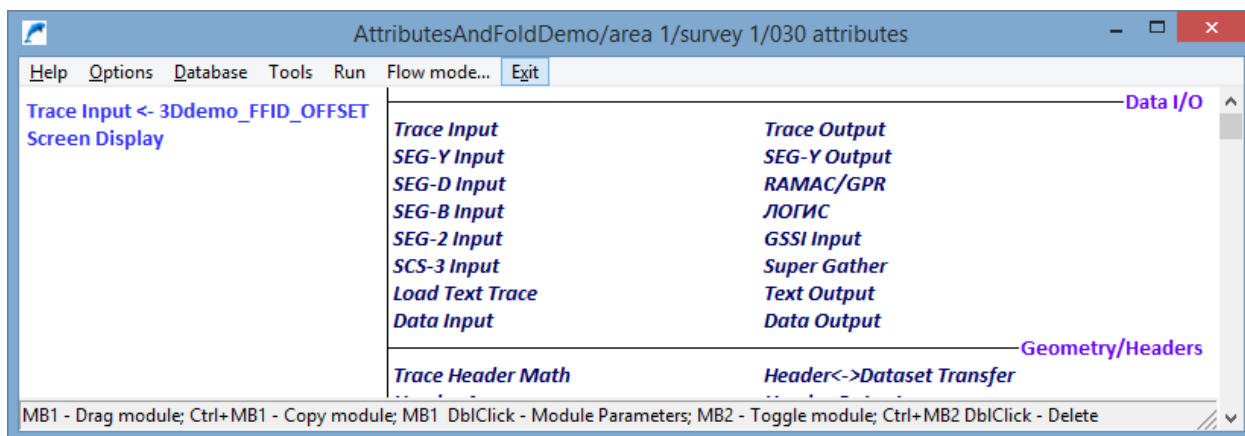
Окно параметров модуля должно выглядеть так:



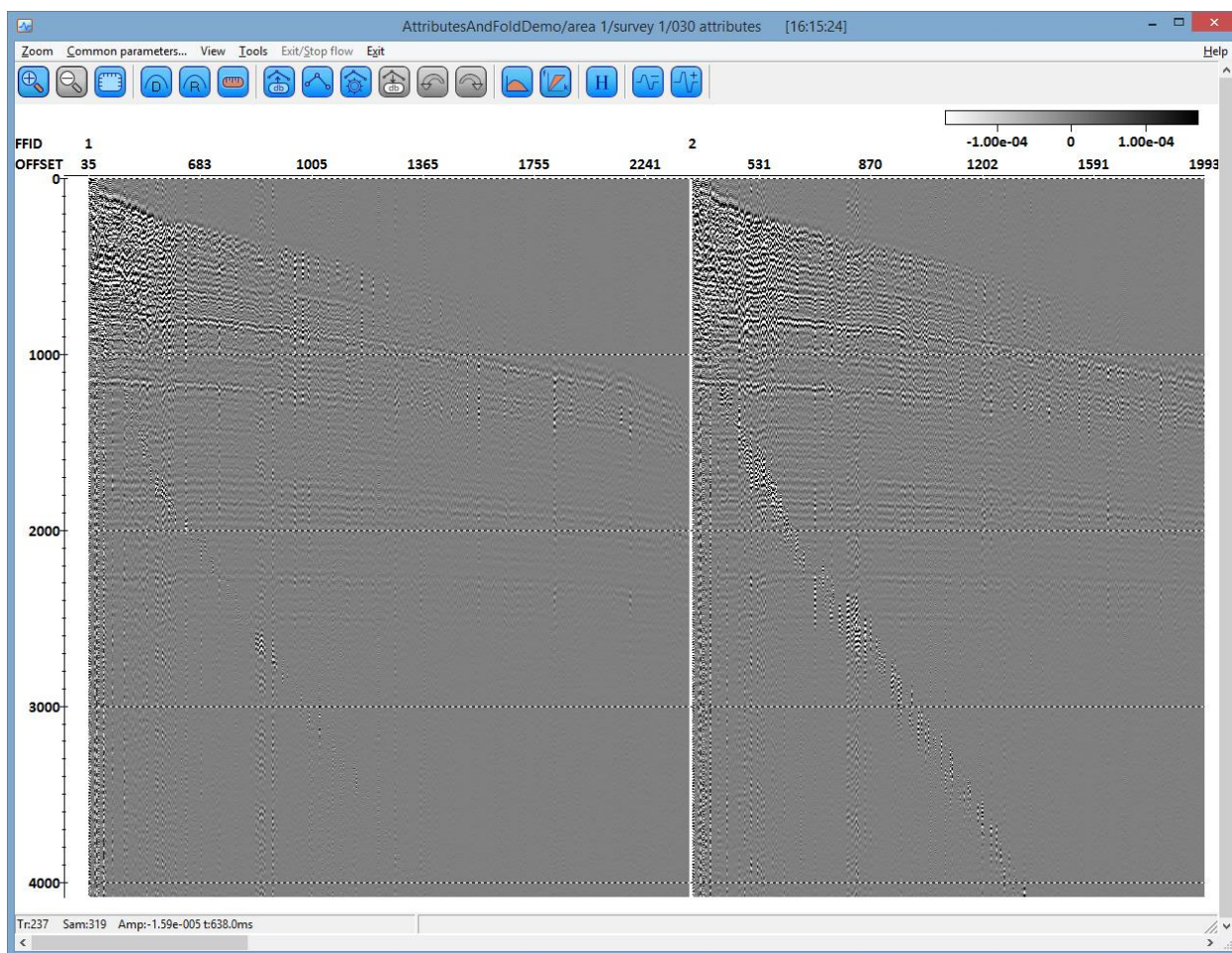
Нажмите кнопку Axis..., чтобы настроить подпись по горизонтальной оси. Мы будем подписывать значения FFID каждый раз, когда они меняются, и значения OFFSET у каждой 100-й трассы:



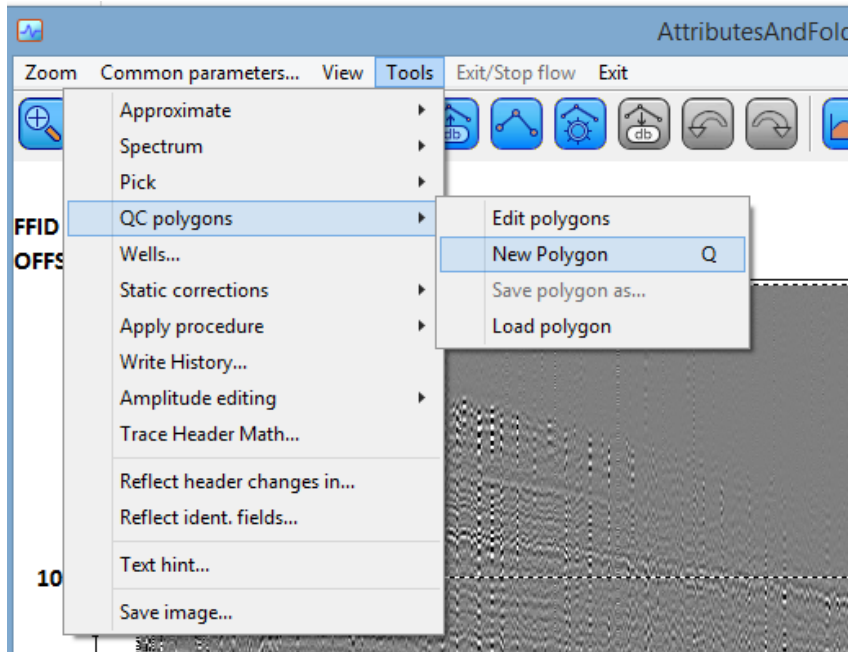
Так как в поток вводятся только несколько сейсмограмм, мы не будем включать покадровый режим и запустим его как есть:



Откроется окно модуля Screen Display. Обратите внимание, что сейсмограммы теперь разделены пробелами:



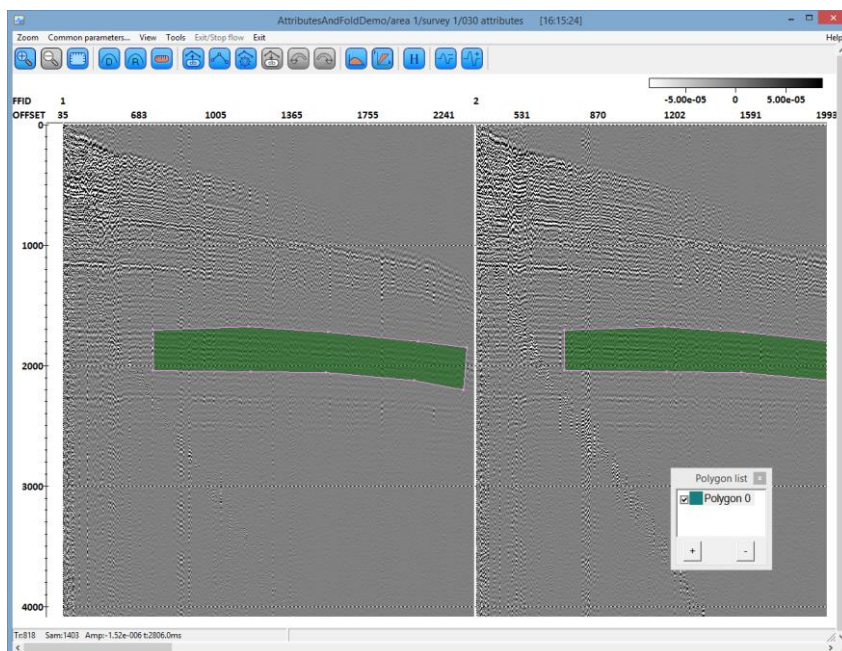
Зайдите в меню Tools/QC polygons и выберите команду New polygon для того, чтобы создать новое окно для расчета атрибутов (новый «полигон»):



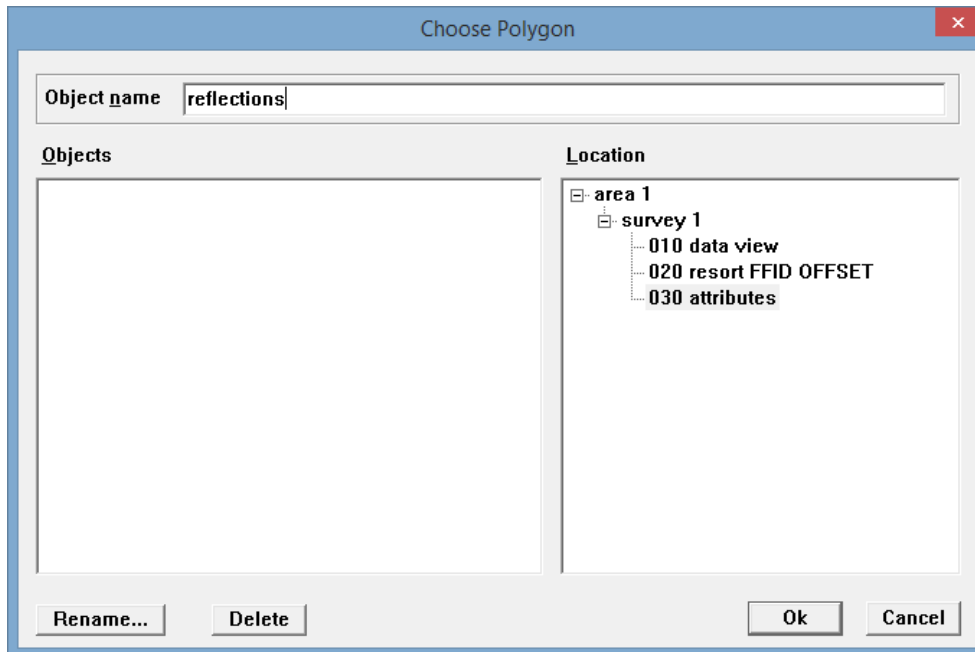
Откроется всплывающее окошко со списком полигонов. Выделенный в списке полигон (только-что созданный Polygon 0) можно интерактивно задавать на экране и редактировать:



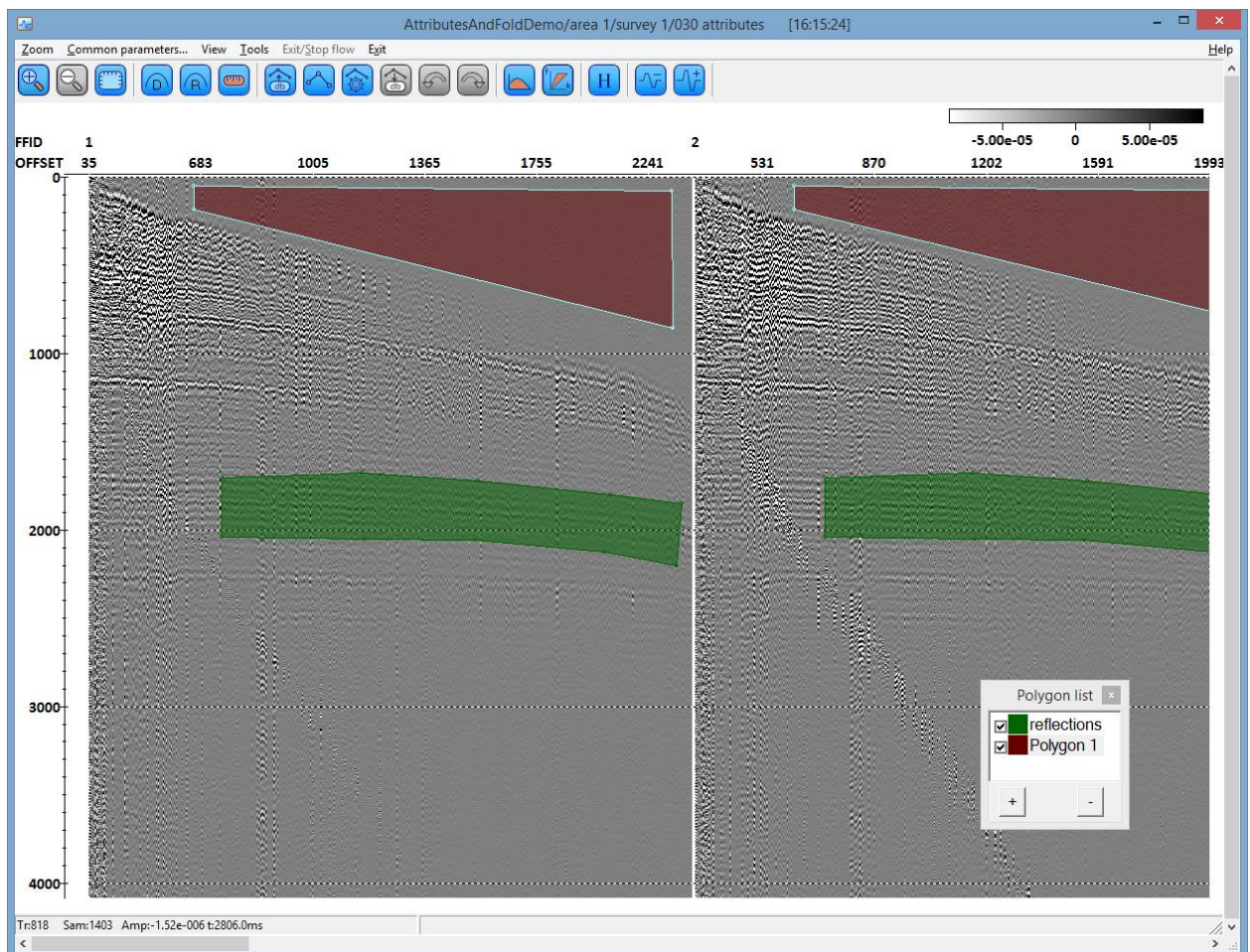
Последовательно кликая левой кнопкой мыши по экрану, очертим полигон вокруг области целевых отражений. Вы можете задавать полигон на любой сейсмограмме – он будет одинаково отображаться на них всех:



После того как полигон создан, кликните правой кнопкой мыши по его имени в списке полигонов и в открывшемся контекстном меню выберите Save as. Мы сохраним полигон в базе на уровне текущего потока:



Теперь, аналогичным образом создадим еще один полигон в области микросейсма:



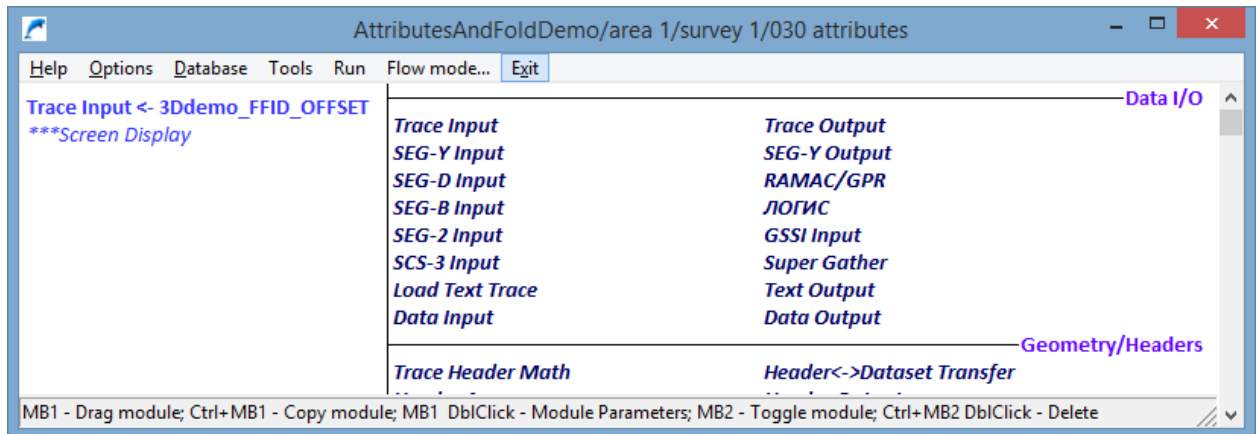
Сохраним его там же под названием noise.

Создание окон на этом завершено. При желании можно перед выходом проскроллироваться в окне Screen Display и посмотреть другие сейсмограммы, чтобы убедиться, что полигоны reflections и noise везде заданы одинаково и корректно.

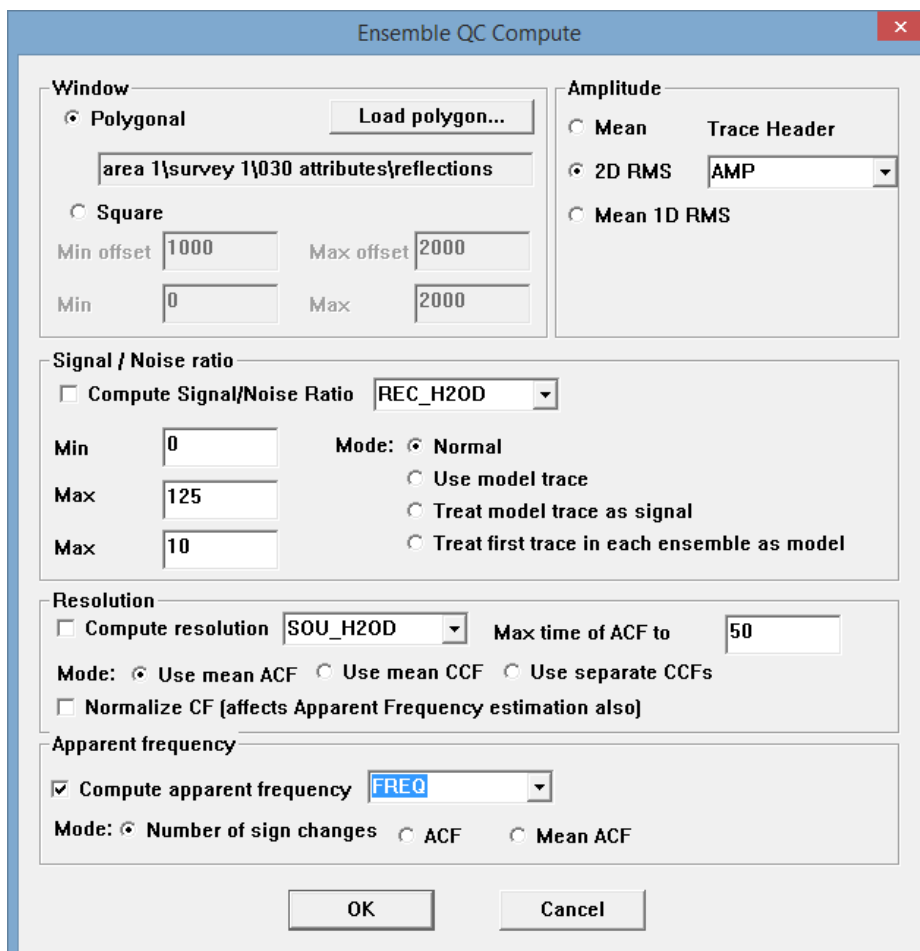
Расчет атрибутов в окнах

Теперь, когда у нас есть окна для расчета атрибутов, можно перейти непосредственно к их расчету. Мы продолжим работать в том же потоке.

Прежде всего, нажмите правой кнопкой мыши по модулю Screen Display, чтобы деактивировать («закомментировать») его. В таком виде, при запуске потока модуль будет пропущен:



Теперь добавим в поток модуль Ensemble QC. Этот модуль позволяет получать оценки нескольких атрибутов качества по сейсмограммам:

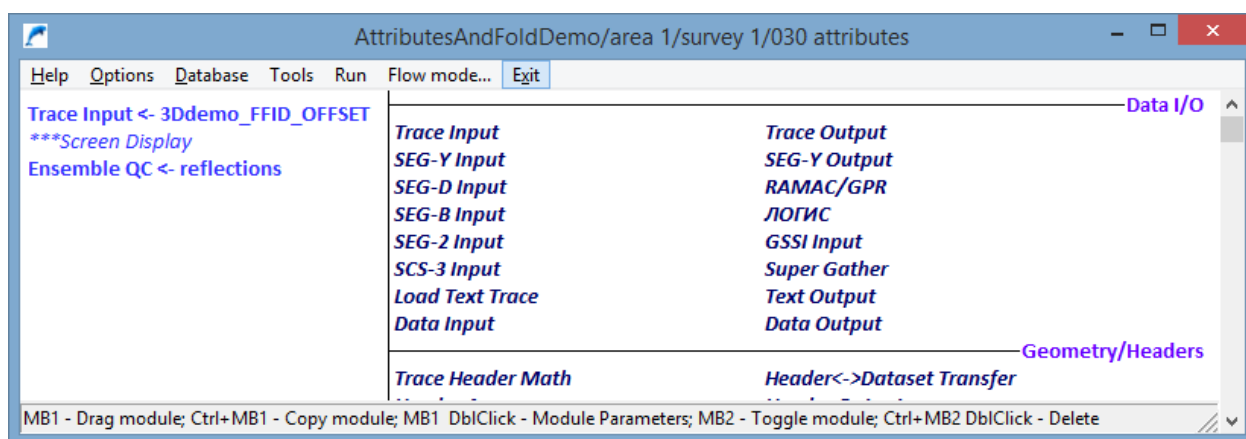


Установим параметры как показано на рисунке выше: в качестве окна расчета (Window) выберем полигон с целевыми отражениями – reflections (в качестве альтернативы, можно задать прямоугольное окно диапазоном выносов и времен). Будем рассчитывать значения среднеквадратичной амплитуды в окне (2D RMS) и сохранять их в заголовок AMP каждой трассы.

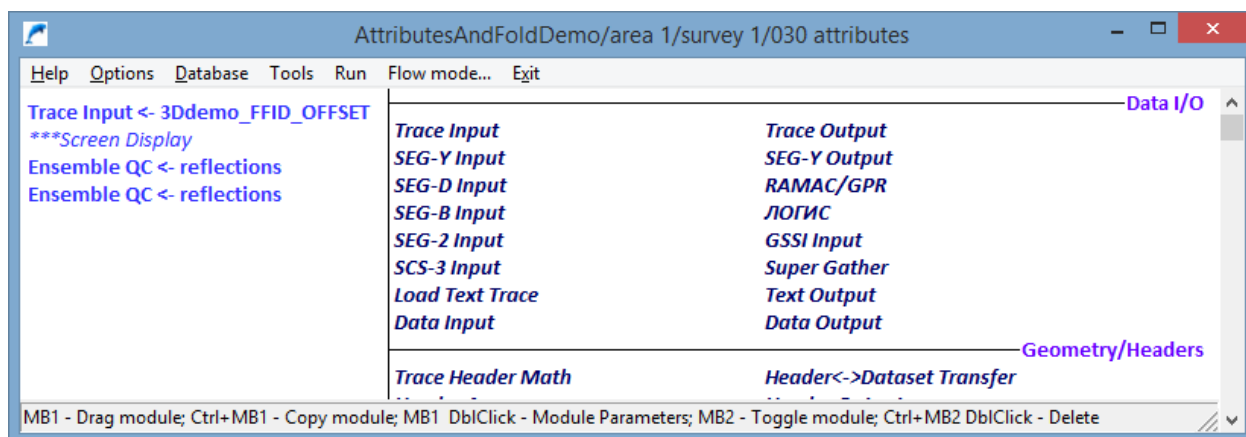
Расчёт корреляционного соотношения сигнал шум и разрешающей способности мы сейчас производить не будем, поэтому снимем соответствующие галочки Compute Signal/Noise Ratio и Compute resolution.

Видимую частоту сигнала мы будем оценивать по количеству переходов через ноль и сохранять значения в поле заголовка FREQ.

Сейчас наш поток выглядит так:



Добавим еще один экземпляр модуля Ensemble QC, чтобы рассчитать амплитуду в окне микросейсма. Для этого проще всего скопировать уже существующий в потоке модуль (Ctrl+клик).



Теперь войдем во второй экземпляр модуля и поменяем параметры: заменим полигон, определяющий окно расчета атрибутов, на полигон микросейсма – noise. Установим заголовок в который будут сохраняться значения среднеквадратичных амплитуд – AMP_N. Выключим галочку расчета видимой частоты:

Ensemble QC Compute

Window

☒ Polygonal Load polygon...

area 1\survey 1\030 attributes\noise

☐ Square

Min offset Max offset

Min Max

Amplitude

☐ Mean Trace Header

☒ 2D RMS AMP_N

☐ Mean 1D RMS

Signal / Noise ratio

☐ Compute Signal/Noise Ratio REC_H2OD

Min Max Max

Mode: ☒ Normal

☐ Use model trace

☐ Treat model trace as signal

☐ Treat first trace in each ensemble as model

Resolution

☐ Compute resolution SOU_H2OD Max time of ACF to

Mode: ☒ Use mean ACF ☐ Use mean CCF ☐ Use separate CCFs

☐ Normalize CF (affects Apparent Frequency estimation also)

Apparent frequency

☐ Compute apparent frequency FREQ

Mode: ☒ Number of sign changes ☐ ACF ☐ Mean ACF

Сейчас наш поток выглядит так:

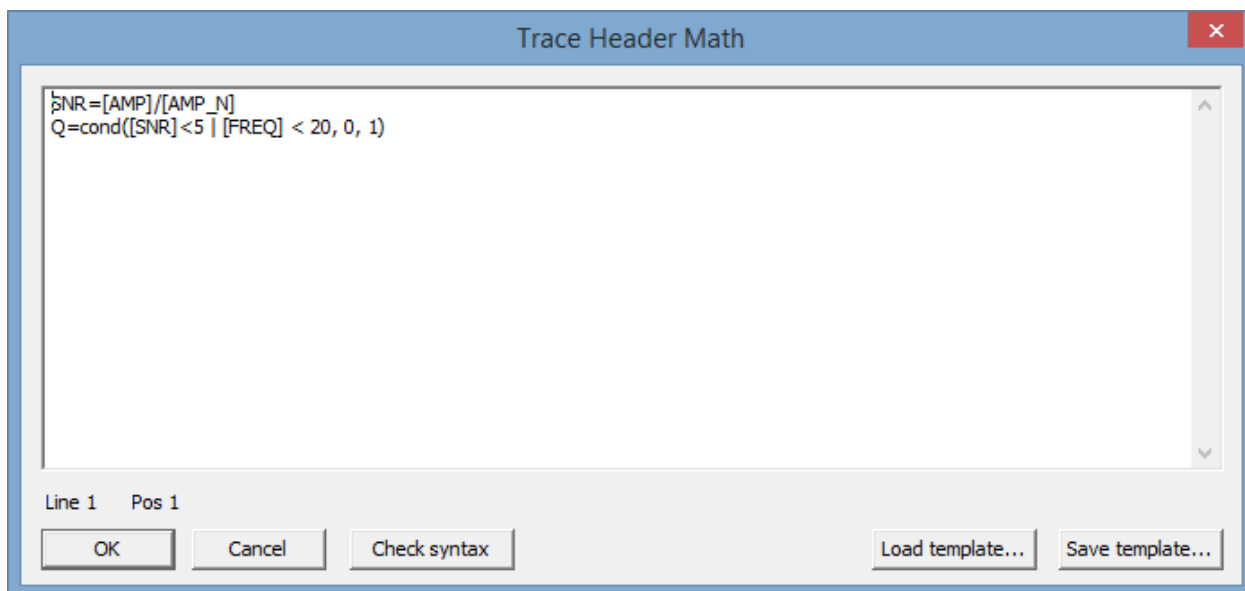
AttributesAndFoldDemo/area 1/survey 1/030 attributes

Help Options Database Tools Run Flow mode... Exit

Data I/O	
Trace Input <- 3Ddemo_FFID_OFFSET	Trace Output
***Screen Display	SEG-Y Output
Ensemble QC <- reflections	RAMAC/GPR
Ensemble QC <- noise	ЛОГИС
	GSSI Input
	Super Gather
	Text Output
	Data Output
Geometry/Headers	
Trace Header Math	Header<->Dataset Transfer

MB1 - Drag module; Ctrl+MB1 - Copy module; MB1 DbIClick - Module Parameters; MB2 - Toggle module; Ctrl+MB2 DbIClick - Delete

Добавьте модуль Trace Header Math, в котором мы рассчитаем производные атрибуты: отношение сигнал шум и некий сводный признак качества Q, который поможет нам быстро отличать бракованные сейсмограммы:



Запишем в окне редактирования модуля следующие выражения:

$$SNR = [AMP]/[AMP_N]$$

$$Q = \text{cond}([SNR] < 5 \mid [FREQ] < 20, 0, 1)$$

В первой строке сигнал-шум (SNR) рассчитывается как отношение амплитуды на целевых отражениях к амплитуде микросейсма.

Во второй строчке, если значение сигнал/шум получилось меньше 5 или видимая частота оказалась меньше 20 Гц, то заголовку Q присваивается значение 0 (т.е. брак), в противном случае – 1. Это только простейший пример того, как в программе можно задавать произвольные сводные коэффициенты качества. Их, естественно, можно сделать более сложными, например определить какую-то бальную систему оценки качества, наиболее адекватно соответствующую изучаемой площади и требованием заказчика.

Далее, полученные значения атрибутов нужно как-то сохранить (пока они существуют только в заголовках данных в потоке). Можно было бы выписать их при помощи Trace Output в новый набор данных, однако создавать еще одну копию исходных данных только из-за изменившихся заголовков кажется избыточным.

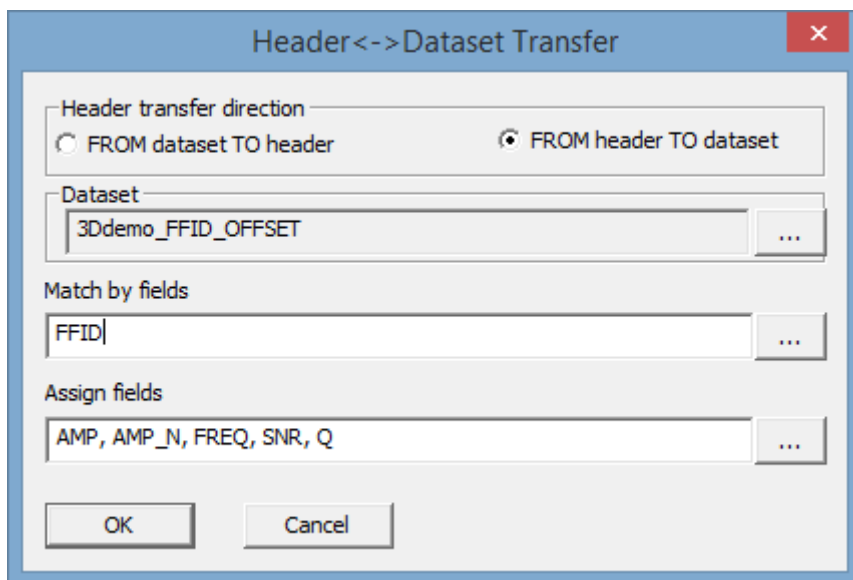
Еще один способ, который иногда бывает полезен, состоит в том, что перед сохранением данных можно поставить модуль Trace Length и указать новую длину трассы:0. Тогда, трассы обрежутся, и, фактически, сохраненный таким образом набор данных будет состоять из одних только заголовков. Этим приемом бывает полезно пользоваться, если дальше планируется какая-то интенсивная работа только с заголовками – сглаживание их, расчет производных атрибутов и т.д.

Здесь мы воспользуемся наиболее удобным и универсальным способом сохранить изменившиеся заголовки – мы перезапишем их в заголовок входного набора данных при помощи модуля обмена заголовками между потоком и данными на диске Header<->Dataset Transfer.

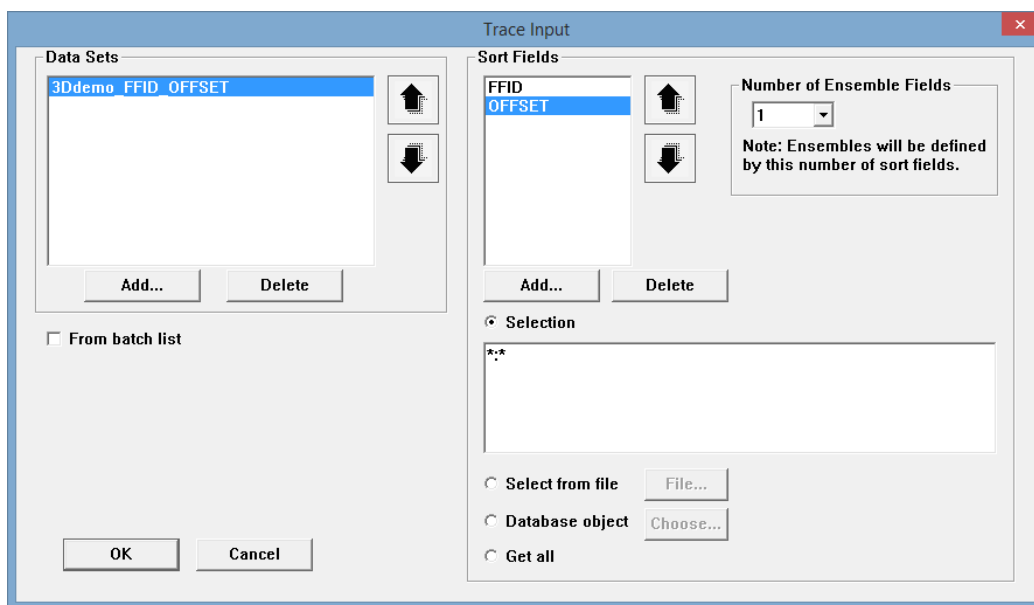
Добавьте в поток модуль Header<->Dataset Transfer. Укажите направление работы модуля (из заголовка потока в набор данных – FROM header TO dataset), выберите набор данных, в который нужно записать заголовки из потока (3Ddemo_FFID_OFFSET).

Укажите заголовки, по которым модуль будет определять нужную трассу (Match by fields). В данном случае, т.к. оценка атрибутов производилась для каждой сейсмограммы ОПВ целиком, достаточно будет одного заголовка – FFID.

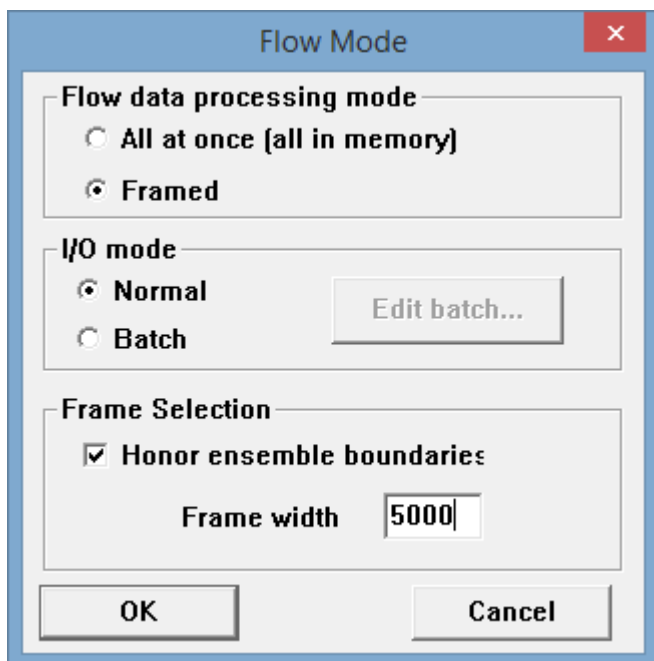
Перечислите заголовки, которые нужно будет перезаписать (Assign fields). Это все атрибуты, которые мы только что рассчитали: AMP, AMP_N, FREQ, SNR, Q:



Наш поток готов. Перед тем, как запустить его на выполнение, войдите в модуль Trace Input и снимите ограничение на ввод сейсмограмм – сейчас нам будут нужны все данные. Замените маску выбора на *.* (как показано ниже):

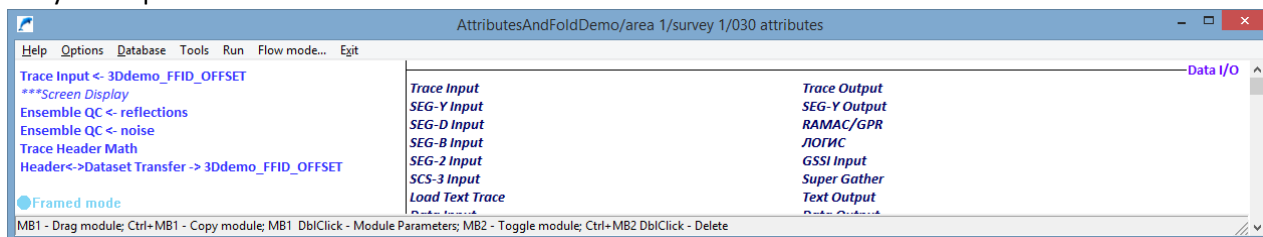


Перед запуском потока не забудьте в меню Flow mode... включить покадровый режим его выполнения (мы ведь делаем вид, что у нас целая большая 3D съемка):



ВАЖНО!: На этот раз убедитесь, что галочка Honor ensemble boundaries включена. Мы ведь не хотим, чтобы во время расчета атрибутов сейсмограмма разрывалась посередине на границе кадра!

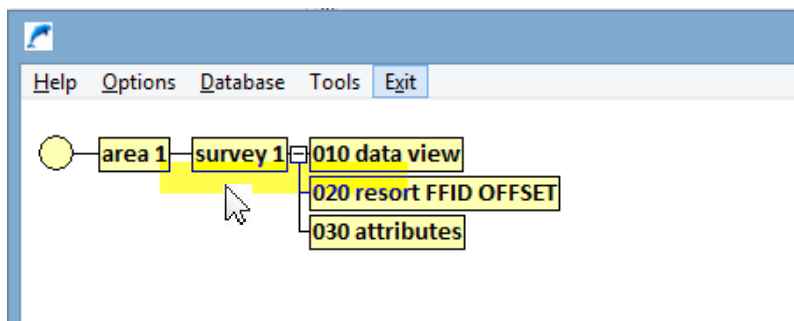
Запустите финальный поток на выполнение:



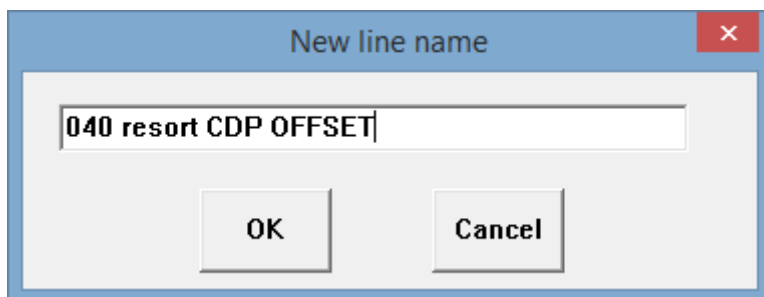
После того как работа потока завершится, Вы при желании, можете просмотреть заполненные поля заголовков при помощи инструмента Geometry Spreadsheet.

Расчет кратности

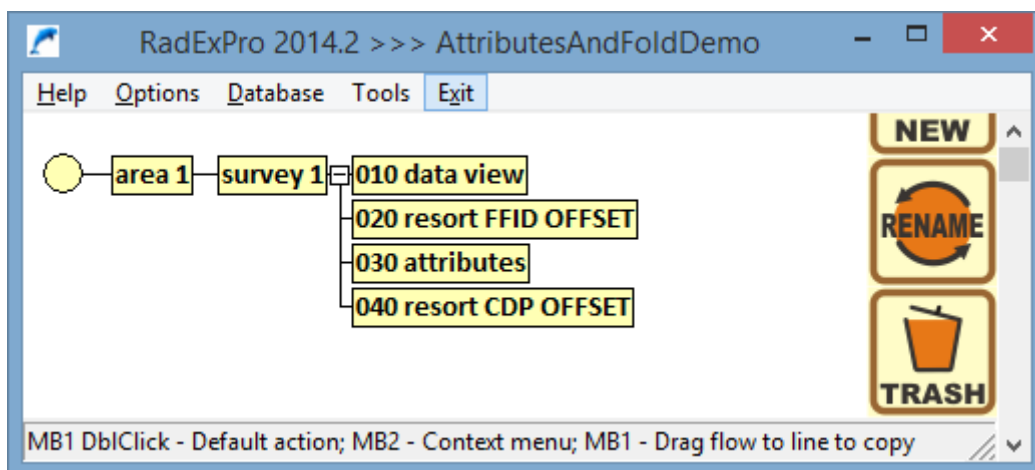
Перед расчетом кратности, необходимо пересортировать данные, чтобы сформировать сейсмограммы ОГТ. Создадим новый поток – проще всего скопировать уже существующий поток сортировки и поменять параметры. Для этого, схватите его мышкой и перетащите на прямоугольник съемки survey 1:



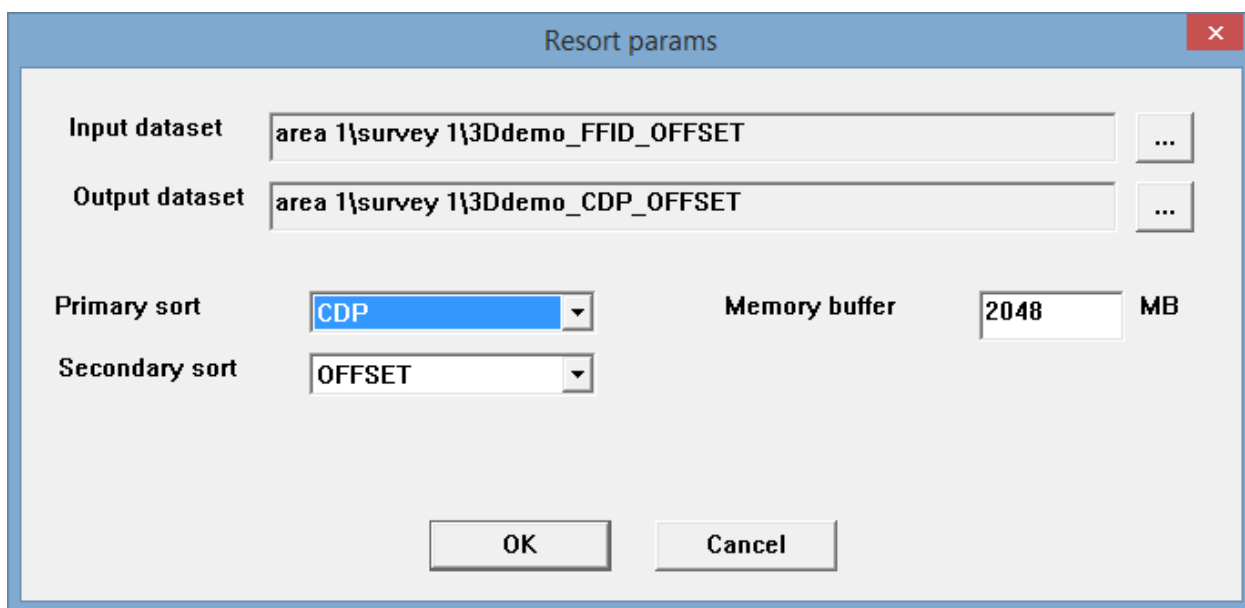
Откроется диалоговое окно в котором нужно задать имя нового потока. Мы назовем его 040 resort CDP OFFSET:



В дереве проекта отобразится новый поток:

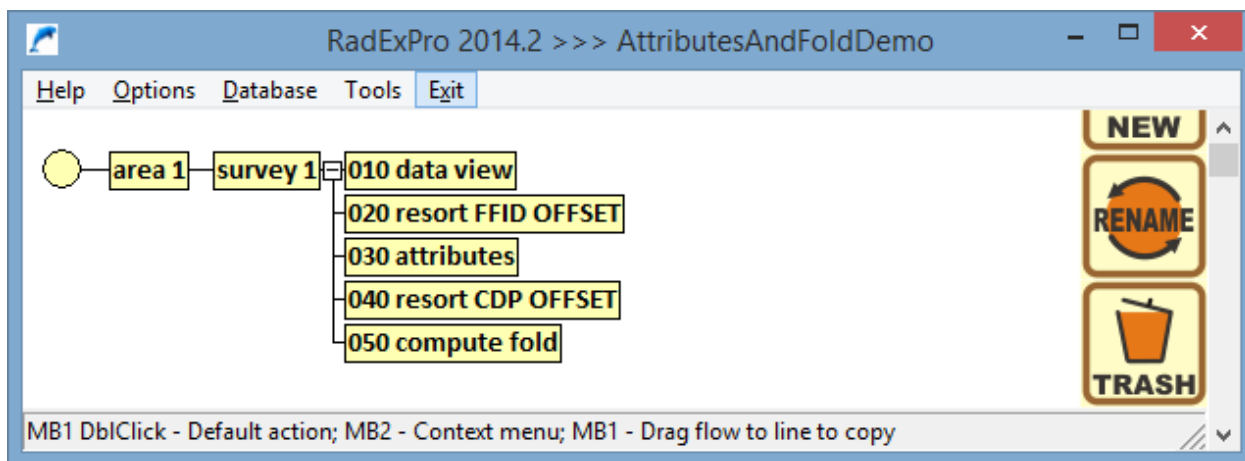


Зайдем в него и изменим параметры модуль Resort: имена входного и выходного наборов данных и первичный ключ сортировки:

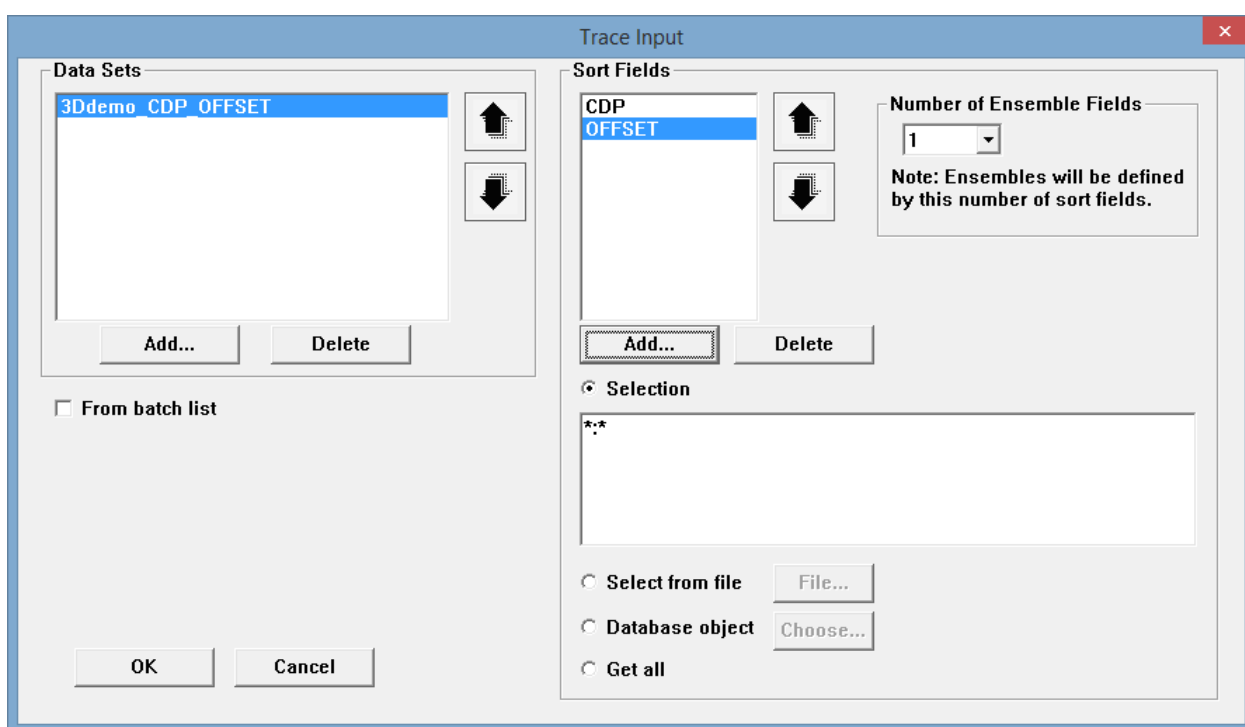


Запустите поток на выполнение, чтобы получить новый набор данных в сортировке CDP:OFFSET.

Теперь перейдем непосредственно к расчету кратности. Создадим для этого новый поток: 050 compute fold:

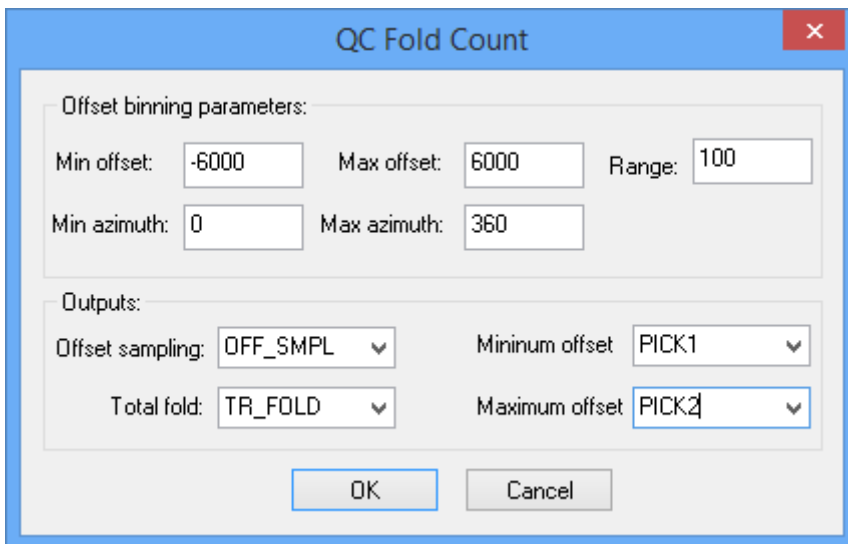


Добавьте в него Trace Input (будем читать набор данных 3Ddemo_CDP_OFFSET, в поле Sort Fields укажем его текущую сортировку CDP:OFFSET, чтобы получить сейсмограммы ОГТ):



Далее, добавьте модуль расчета кратности – Compute Fold. Модуль позволяет рассчитать как полную кратность (Total fold) – количество трасс в каждом пришедшем ему на вход ансамбле ОГТ, так и эффективную кратность (Offset sampling) – количество непустых оффсет-бинов в каждом из ансамблей ОГТ.

Установим следующие параметры модуля:



QC Fold Count

Offset binning parameters:

Min offset: -6000 Max offset: 6000 Range: 100

Min azimuth: 0 Max azimuth: 360

Outputs:

Offset sampling: OFF_SMPL Minimum offset: PICK1

Total fold: TR_FOLD Maximum offset: PICK2

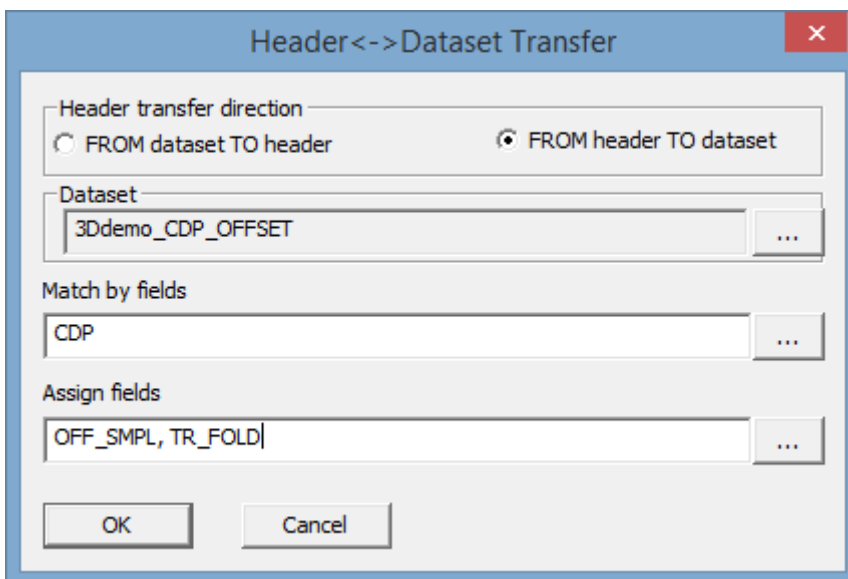
OK Cancel

Диапазон выносов при бинировании оффсетов для расчета эффективной кратности здесь заведомо больше, чем есть в данных, размер оффсет-бина – 100 м, учитывается полный диапазон азимутов – от 0 до 360°.

Значения эффективной кратности сохраним в заголовок OFF_SMPL, значения полной кратности – в TR_FOLD.

Кроме того, для каждого ансамбля модуль сохраняет значения максимального и минимального встречающегося в ансамбле выноса. Укажем для них любые не используемые для других целей 2 заголовка, например PICK1 и PICK2.

Наконец, сохраним результаты расчета полной и эффективной кратности в заголовок входного набора данных. Для этого воспользуемся уже знакомым модулем Header<->Dataset Transfer:



Header<->Dataset Transfer

Header transfer direction

☐ FROM dataset TO header ☒ FROM header TO dataset

Dataset

3Ddemo_CDP_OFFSET

Match by fields

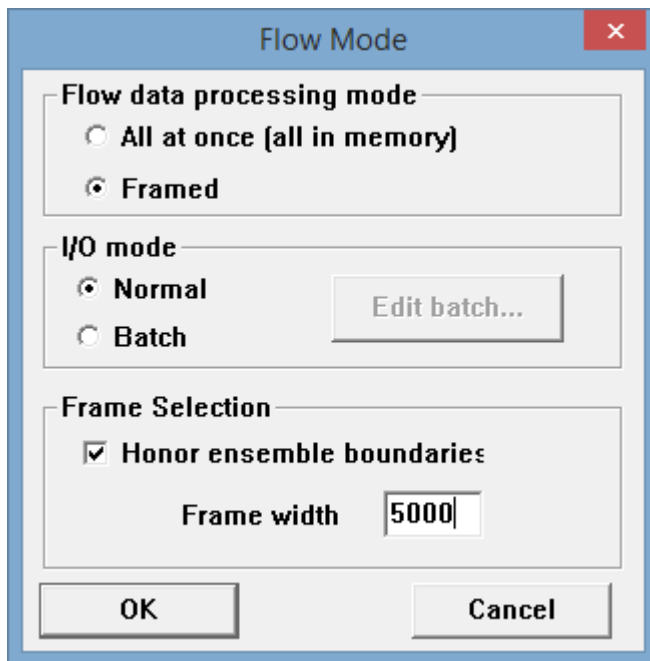
CDP

Assign fields

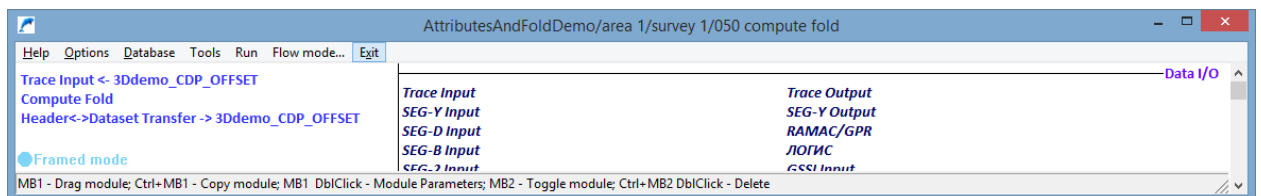
OFF_SMPL, TR_FOLD

OK Cancel

Поток готов. Перед запуском его на выполнение не забудьте включить покадровый режим (Framed mode). При этом галочка Honor ensemble boundaries должна быть включена – каждая сейсмограмма ОГТ должна обрабатываться целиком:



Финальный поток выглядит так:



После того как работа потока завершится, Вы при желании, можете просмотреть заполненные поля заголовков при помощи инструмента Geometry Spreadsheet.

Следующий шаг – построение карт, рассматривается в руководстве «[Работа с кросс-плотами для контроля качества данных в RadExPro - построение карты системы наблюдений, карт кратности, карты отношения сигнал-шум](#)».