



ТЕХНОЛОГИИ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

Руководство пользователя

Программа престоковой миграции сейсморазведочных данных

«Common Scattering Point (CSP) 2D»



Common Scattering Point |

Тюмень, 2022

АННОТАЦИЯ

В настоящем документе содержится руководство пользователя для инсталляции и работы с программой CSP-PSTM-2D (`csp2d`). Программа `csp2d` предназначена для преломленной временной миграции 2D сейсморазведочных данных и получения

- Временных разрезов рефлекторов и дифракторов
- Временных разрезов только дифракторов
- Временных разрезов только рефлекторов
- Расчета технических (паспортных) характеристик программы

`csp2d`

Оглавление

1	Введение.....	5
1.1	Назначение программы csp2d	5
1.2	Моды работы программы csp2d	5
1.3	Входные и выходные данные программы csp2d	6
1.4	Требования к входным данным	7
1.5	Состав программы csp2d.....	7
2	Инсталляция программы	10
2.1	Требования к аппаратному и программному обеспечению	10
2.2	Описание файла для компиляции и сборки программы.....	10
3	Исполнение программы.....	11
3.1	Запуск программы	11
3.2	Описание файла параметров	11
3.2.1	Секция описания данных - DATA SECTION:	11
3.2.2	Секция описания профиля - LINE SECTION:	12
3.2.3	Секция описания апертуры - APERTURE SECTION:	13
3.2.4	Секция временных и частотных параметров - TIME & FREQ SECTION: .	13
3.2.5	Секция задания скоростей миграции - VELOCITY SECTION: .	14
3.2.6	Секция задания весовых окон - WEIGHT WINDOW SECTION: .	14
3.2.7	Секция фильтра рефлекторов.....	15
3.2.8	Секция задания режима миграции.....	16
3.2.9	Секция задания режима престекинга	17
3.2.10	Секция трасс в мигрированных разрезах – TRACE OUTPUT: .	19
3.2.11	Секция для расчета амплитудных спектров – SPECTR:.....	20
3.2.12	Секция для расчета паспортных данных метода csp2d - MODEL: .	21
4	Журналирование запусков программы CSP2D	25
4.1	Подробное журналирования запусков программы	25

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Назначение программы csp2d

Программа `csp2d` (Common Scattering Point) реализует оригинальный алгоритм престоковой временной миграции 2D сейсморазведочных данных, позволяющий вычислять как временные разрезы, содержащие рефлекторы и дифракторы, так и временные разрезы, содержащие только дифракторы или только рефлекторы. Алгоритм CSP-миграции подробно описан в документе «Теоретическое и численное обоснование метода CSP»

Среди методов престоковой миграции метод ВОГТ выделяется тем, что этот метод основан на строгом математическом решении обратной задачи рассеяния акустических волн по данным многократных перекрытий, которое обеспечивает возможность фильтрации волн, дифрагированных или рассеянных на резких нерегулярных неоднородностях геологической среды. Благодаря этому программа `csp2d` позволяет рассчитывать наряду с привычными временными разрезами, содержащими как рефлекторы, так и дифракторы, отдельно временные разрезы, содержащие только дифракторы либо только рефлекторы. Последнее представляется чрезвычайно важным для выявления коллекторов углеводородов, которые не отражают, а рассеивают сейсмическую энергию. К ним относятся массивные карбонаты древних платформ, магматические и метаморфические породы консолидированного фундамента, в котором коллекторы связаны с зонами повышенной концентрации каверн и трещин.

Итак, программа `csp2d` позволяет по 2D сейсморазведочным данным рассчитывать

- Временной мигрированный разрез, содержащий как рефлекторы, так и дифракторы
- Временной мигрированный разрез рефлекторов
- Временной мигрированный разрез дифракторов
- Рассчитывать технические возможности метода `csp2d` для различных геометрических параметров системы регистрации, углов наклона отражателей и скорости волн во вмещающей среде (в настоящее время эта опция проходит альфа-тестирование).

1.2 Моды работы программы csp2d

Следует различать несколько режимов (мод) работы программа `csp2d`:

- Мода суммирования – *stack mode*. Эта мода позволяет вычислять полные временные разрезы, временные разрезы только дифракторов и временные разрезы только рефлекторов. Эти временные разрезы вычисляются для скоростей миграции, заданных в файле параметров. Для каждой из этих скоростей указанные выше типы временных разрезов формате SEG-Y записываются (дописываются) в соответствующий файл на жестком диске. По завершению работы программы *csp2d* с помощью отдельной программы *mixi2d* из этого файла и текстового файла, содержащего скоростную модель, формируются финальные временные разрезы.

Для работы в *stack* моде параметр *stack* в секции параметров *STACKING* (см. далее) должен равняться 1. Существуют два варианта работы *stack* моды. В первом исходные данные напрямую загружаются в память компьютера программой *csp2d* и затем мигрируются в выходные разрезы. Во втором варианте с целью уменьшения времени вычислений исходные данные подготавливаются для обработки по методу *csp2d* с помощью отдельной программы *csp2d-wfft* и записываются в отдельный файл. Для работы программы *csp2d* по первому варианту параметр *slice* в секции параметров *DATA SECTION* должен равняться 0 (default value), а по второму варианту – единице.

- Мода вычисления спектров и вывода в графический PDF файл спектров исходных данных. Для этой моды параметр *spectr* в секции параметров *SPECTR* должен равняться единице. По умолчанию этот параметр равен нулю.
- Мода вычисления технических характеристик программы *csp2d* – мода *model*. Для включения этой моды параметр *model* в секции параметров *MODEL* должен равняться единице. По умолчанию этот параметр равен нулю.

В настоящее время моды *spectr* и *model* проходят альфа-тестирование.

1.3 Входные и выходные данные программы *csp2d*

Входными данными для программы *csp2d* являются

- Текстовый файл с параметрами, которые управляют работой программы *csp2d*. Обычно этот файл имеет расширение *.par*. Смысл параметров и способ их задания будут описаны ниже.
- Для моды *stack* и моды *spectr* – файл с многоканальными 2D сейсмическими данными в формате SEG-Y.

Выходными данными в результате работы программы `csp2d` являются

- Файл параметров, в конец которого распечатываются значения всех прочитанных параметров и ведется журналирование работы программы.
- В моде `stack` - файлы в формате SEG-Y с временными разрезами дифракторов и/или временными разрезами рефлекторов и/или стандартных мигрированных временных разрезов в зависимости от значений дополнительных ключей этой моды.
- В моде `spectr` - файлы в формате SEG-Y с пространственно-временными спектрами дифракторов, рефлекторов или исходных данных в зависимости от выбранных ключей работы этой моды. Кроме этого – графический файл в формате PDF с амплитудными спектрами.
- В моде `model` текстовые файлы с числовыми характеристиками программы `csp2d` и/или PDF файлы с временными разрезами или спектрами результатов реконструкции модельных дифракторов и/или рефлекторов.

1.4 Требования к входным данным

Входными данными для программы `csp2d` являются многоканальные 2D сейсмические трассы в формате SEG-Y. Предполагается, что все трассы имеют одинаковую длину. Предполагается, что каждая трасса в байтах 73-76 заголовка трассы содержит линейную координату источника, а в байтах 81-84 – координату приемника (в м или мм). Здесь под координатой подразумевается линейная координата вдоль профиля.

Имя файла данных задается в файле параметров, с которым производится запуск программы `csp2d`.

1.5 Состав программы `csp2d`

Программа `csp2d` реализована на алгоритмическом языке Си с распараллеливанием вычислений с помощью технологии многопоточкового (thread) программирования. Текст программы состоит из 51 файла 6 из которых являются заголовочными. Функции,

Перечислим основные файлы с кратким описанием содержащихся в них функций:

- `wcdp_main.c` - содержит функцию `main()`, а также функции `read_params()` и `print_params()` для чтения параметров, управляющей работой программы и их распечаткой при журналировании ее работы.
- `wcdp_stack.c` - содержит функцию `wcdp_stack()`, которая организует вычисление стандартного мигрированного временного разреза, временного разреза рефлекторов и временного разреза дифракторов.
- `wcdp_stackprec.c` - содержит функцию `wcdp_cprestack()`, которая организует вычисление куба престеков.
- `wcdp_stackpre.c` - содержит функции `wcdp_xprestack()` и `wcdp_yprestack()`, которые организует вычисление частей куба престеков, ориентированных вдоль оси x или y .
- `libtmap.c` - содержит функции для создания карты сеймотрасс (`trace map`), их записи в файл на жесткий диск и чтения из этого файла. Карта трасс используется программами `csp2d` и `csp2d-wfft` для чтения сейсмических трасс из входного файла данных.
- `tcdp_read.c` - содержит функции, реализующие чтение сейсмических трасс из входного набора данных, их Фурье-преобразование и заполнение обрабатываемой апертуры. Функция используется, если параметр `slice = 0`.
- `tcdp_read_slice.c` - содержит функции, реализующие чтение слайсов, подготовленных заранее программой `csp2d-wfft`. Функция используется, если параметр `slice = 1`.
- `tcdp_fft2.c` - функции, реализующие Фурье-преобразование по пространственным координатам.
- `tcdp_sum.c` - функции, реализующие `csp2d` суммирование.
- `tcdp_sumxy.c` - функции, реализующие престекинг-преобразование и получение куба престеков.
- `wcdp_sumx.c` - функции, реализующие престекинг-преобразование и получение престеков, параллельных оси x .
- `wcdp_sumy.c` - функции, реализующие престекинг-преобразование и получение престеков, параллельных оси y .
- `wcdp_filt.c` - функции, реализующие фильтрацию рефлекторов и дифракторов.

- `wcdp_write_st.c` – функции, реализующие запись в выходной файл мигрированного временного разреза в формате SEG-Y.
- `tcdp_write_psc.c` – функции, реализующие запись в выходной файл куба престеков в формате SEG-Y
- `wcdp_write_ps.c` – функции, реализующие запись в выходной файл престеков, параллельных осям x и y .
- `wcdp_stack_cpdf.c` – функция для вывода временного разреза в PDF файл в цветовой палитре (`color`).
- `wcdp_stack_wpdf.c` – функция для вывода временного разреза в pdf файл в виде линий (`wiggle`).
- `wcdp_spectr_calc.c` – функции для вычисления амплитудного спектра сейсмических данных. Функция рассчитывает и нормирует на единицу амплитудные спектры полных данных, спектры дифракторов и спектры рефлекторов.
- `wcdp_spectr_2hdd.c` – содержит функцию, которая создает для сейсмических данных карту трасс, рассчитывает амплитудные спектры (обращаясь к функции `wcdp_spectr_calc()`) и записывает эти спектры на HDD в формате SEG-Y.
- `wcdp_spectr_2pdf.c`, `wcdp_spectr_slice_hh_pdf.c`, `wcdp_spectr_slice_hv_pdf.c` – содержат функции для расчета и записи горизонтальных и вертикальных срезов куба амплитудных спектров в PDF файл.
- `wcdp_model_calc.c`, `wcdp_model_D.c`, `wcdp_model_R.c`, `wcdp_model_RD.c`, `wcdp_model_SU.c` – содержат функции для расчета модельных синтетических многоканальных данных рассеяния на точечном дифракторе, зеркальном рефлекторе; для их обработки и построения в виде PDF файлов результатов этой обработки; для расчета и отрисовки амплитудных спектров, а также распечатки текстовой информации для получения технических характеристик метода CSP.
- `wcdp_utils.c` – ряд сервисных функций для журналирования сообщений о возникающих при выполнении программы конфликтных или ошибочных ситуаций и др.
- `libseis.c` – библиотека функций для работы с сейсмическими трассами в формате SEG-Y, а также ряд сервисных функций.
- `libvect.c` – библиотека функций для работы с векторами и матрицами.
- `wcdp.h` – заголовочный файл, в котором описаны структуры данных и прототипы функций пакета `csp2d`.
- `libseis.h` – заголовочный файл для функций из библиотеки `libseis.c`

- `libvect.h` – заголовочный файл для функций из библиотеки `libvect.c`
- `mk64` – файл для компиляции и сборки программы `csp2d` с помощью утилиты `make` и компилятора `gcc`.

Файлы, имеющие в названии префикс `tcdr`, содержат функции, использующие для

2 ИНСТАЛЛЯЦИЯ ПРОГРАММЫ

2.1 Требования к аппаратному и программному обеспечению

- 64 разрядные многоядерные процессор(ы) •
Оперативная память не менее 16 Гб
- Жесткий диск не менее 1 Тб
- ОС Linux
- Компилятор языка Си `gcc`
- Утилита `make`
- Стандартные библиотеки языка Си
- Библиотека графических функций `Dislin`

2.2 Описание файла для компиляции и сборки программы

Компиляция и сборка программы `csp2d` производится с помощью утилиты `make` и файла `mk64`, в котором находится вся необходимая информация. Запуск этой утилиты производится из командной строки командой `make -f mk64`. По завершению работы этой утилиты будет создан исполняемый файл `csp2d`.

3 ИСПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММЫ

3.1 Запуск программы

Запуск программы на исполнение осуществляется из командной строки командой `cdp2d <params_file.par>`, где `<params_file.par>` – файл, в котором прописаны все параметры, необходимые для работы программы `csp2d`. Этому файлу с параметрами принято давать расширение `.par`.

3.2 Описание файла параметров

Файл параметров представляет собой текстовый файл, редактируемый обычным текстовым редактором. Все параметры в этом файле задаются в следующем формате

```
имя_параметра = значение_параметра
```

При считывании параметров функцией `read_params()` поиск каждого параметра в файле параметров осуществляется по его имени, являющемуся ключевым словом. Параметры могут быть как числовыми, так и строковыми (для строковых параметров кавычки не используются). Строки, начинающиеся с символа `!` считаются комментариями и при поиске параметра пропускаются.

Все параметры, имеющие близкое смысловое значение, сгруппированы в секции. Каждая секция имеет заголовок из комментариев, в котором кратко расшифровывается смысл каждого из параметров. Далее будут перечислим все секции и ключевые слова, которые в них содержатся.

3.2.1 Секция описания данных - DATA SECTION:

- `comment` – ключевое слово для строки краткого комментария, который наряду с датой и временем запуска программы `csp2d` записывается в файл `WCDF_COMMENT` в рабочей директории.
- `nthread` – ключевое слово для задания количества потоков (`threads`), которые будут созданы программой при распараллеливании вычислений. Рекомендуется задавать количество потоков равным количеству используемых ядер.

- `data_file` - ключевое слово для задания имени файла с сейсмическими данными.
Если задано только имя, то этот файл должен находиться в рабочей директории. В противном случае это имя должно содержать путь на этот файл.
- `tmap_file` - ключевое слово для задания имени бинарного файла с картой сейсмических трасс, содержащихся в файле с данными. Если параметр `make_tm = 1` и `read_tm = 0`, то этот файл создается программой `csp2d`; если `make_tm = 0` и `read_tm = 1`, то предполагается, что файл уже существует и карта трасс считывается из этого файла.
- `data_wfft` - ключевое слово для задания имени бинарного файла с данными, подготовленными для обработке с помощью программы `csp2d-wfft`.
- `log_file` - ключевое слово для задания имени файла для вывода log-ов во время работы программы.
- `make_tm = 1/0` - параметр-флаг для включения/выключения режима создания карты трасс.
- `read_tm = 1/0` - параметр-флаг для включения/выключения режима чтения карты трасс из файла `tmap_file`.
- `slice = 1/0` - параметр-флаг для включения/выключения чтения предварительно подготовленных исходных данных из файла `data_wfft`.
- `debug = 0/1/2` - параметр-флаг для включения отладочного режима с увеличенным количеством выводимой информации.

3.2.2 Секция описания профиля - LINE SECTION:

- `bi = 1/0` - (`byte_inversion`) параметр-флаг для включения/выключения инверсии байт при чтении данных.
- `lnt` - количество отсчетов в сейсмической трассе.
- `ldt` - интервал между отсчетами в секундах.
- `dxsp` - расстояние в метрах между точками возбуждения (взрывами) (`shot_point`).
- `dxop` - расстояние в метрах между точками приема (`offset_point`).
- `movsp` - расстояние в метрах, принудительно прибавляемое к координатам точки взрыва.
- `movop` - расстояние в метрах, принудительно прибавляемое к координатам точки

- `tmxspb` – координата (м) первого источника в карте трасс (должна быть меньше или равна координате реального первого взрыва).
- `tmxspe` – координата (м) последнего источника в карте трасс (должна быть больше или равна координате реального последнего взрыва).
- `tmdxsp` – шаг (м) между источниками в карте трасс (должен быть равен или кратно меньше истинного шага между источниками).
- `tmdxop` – шаг (м) между приемниками в карте трасс (должен быть равен или кратно меньше истинного шага между приемниками).
- `tmoffb` – офсет (м) в карте трасс самого левого приемника в расстановке (должен быть равен или меньше истинного офсета самого левого приемника).
- `tmoffe` – офсет (м) в карте трасс самого правого приемника в расстановке (должен быть равен или больше истинного офсета самого правого приемника).

3.2.3 Секция описания апертуры - APERTURE SECTION:

- `xarp` – координата (м) начала апертуры обработки
- `nхар` – количество точек на апертуре обработки вдоль оси x
- `nyар` – количество точек на апертуре обработки вдоль оси y
- `dxар` – расстояние в метрах между точками на апертуре обработки вдоль оси x
- `dyар` – расстояние в метрах между точками на апертуре обработки вдоль оси y
- `ngrid = 1` – obsolete parameter, must be 1

Замечание:

Обычно $dxар = dyар = dxор/2$; $offb \leq 0$; $offe \geq 0$.

Размер апертуры равняется $Lар = (xspe+offe/2) - (xspb+offb/2)$. При этом $nхар = Lар/dxар$ и $nyар = \max(|offb|, |offe|)/dyар$. Параметры `nхар` и `nyар` могут иметь значения больше указанных выше.

3.2.4 Секция временных и частотных параметров - TIME & FREQ SECTION:

- `nt` – количество отсчетов в трассах `csp2d`.
- `kt` – количество отсчетов в трассах, записываемых в мигрированные разрезы ($kt \leq nt$).
- `dt` – временной интервал между отсчетами в трассах `csp2d`.
- `jwb` – индекс начальной частоты суммирования `csp2d` (рекомендуется 0).

- `jwe` – индекс конечной частоты суммирования `csp2d`.
- `kw` – количество частот, суммируемых за одну итерацию (определяется размерами оперативной RAM памяти; если памяти хватает, то рекомендуется $kw = jwe - jwb$).
- `kw_wfft` – количество частот, для которых выполняется предобработка программой `csp2d-wfft` за одну итерацию (определяется размерами оперативной RAM памяти ; если памяти хватает, то рекомендуется $kw = jwe - jwb$).
- `mq` – целый множитель, используемый для концентрации частот. Рекомендуемое значение `mq = 4`.

3.2.5 Секция задания скоростей миграции - VELOCITY SECTION:

Программа `csp2d` осуществляет миграцию сейсмических волн для среды с постоянной скоростью. Финальный временной разреза синтезируется с помощью отдельной программы `mixi2d` из набора временных разрезов, полученных в результате миграции с различными постоянными скоростями. Для расчета таких временных разрезов в программе `csp2d` предусмотрена возможность перебора скоростей миграции и вычисления для каждой из них своего мигрированного временного разреза. Перечисление скоростей миграции (заданных в м/сек) используется ключевое слово `velint`. Справа от него находится перечисленные через запятую скорости миграции. Предусмотрена возможность указания интервала скоростей (начальная_скорость – конечная_скорость) после которого в скобках указан шаг, с которым производится перебор скоростей из этого интервала. При этом конечная скорость служит только как ограничение этого перебора, но сама эта скорость в обработке не участвует. Иными словами, формат задания скоростей миграции имеет вид

- `velint = vmig1, vmig2, vmig3beg-vmig3end(dv3), vmig4, ...`

3.2.6 Секция задания параметров весовых окон - WEIGHT WINDOW SECTION:

В программе `csp2d` заложена возможность применения весовых окон с целью сглаживания результатов преобразований ДПФ. Все весовые окна строятся на базе весового окна Блэкмана-Хэрриса, возводимого в некоторую степень. Если показатель этой степени равняется нулю, то мы имеем единичное весовое окно. Если показатель степени равняется единице, то мы имеем в чистом виде окна Блэкмана-Хэрриса. Увеличение этого показателя будет

приводить к сжатию окна и усилению сглаживания. Двумерные весовые окна в программе `csp2d` строятся из одномерных с помощью прямого тензорного произведения соответствующих одномерных векторов.

Перечислим ключевые слова этой секции и разьясим смысл этих переменных:

- `wtp_t` – показатель степени для окна, на которое умножается сейсмическая трасса перед ее преобразованием Фурье по времени.
- `wtp_w` – показатель степени для окна, на которое умножается временной спектр сейсмической трассы перед вычислением ее обратного FFT.
- `wtp_x` – показатель степени для окна в x-направлении .
- `wtp_y` – показатель степени для окна в y-направлении. Из этих одномерных весовых

окон строятся с помощью прямого произведения двумерное окно, на которое умножается каждая матричная спектральная компонента перед ее двумерным Фурье-преобразованием .

- `wtp_kx` – показатель степени для окна в x-направлении пространства пространственных частот.
- `wtp_ky` – показатель степени для окна в y-направлении пространства пространственных частот. Из этих одномерных весовых окон строятся с помощью прямого произведения двумерное окно, на которое умножается каждая матричная спектральная компонента перед ее обратным двумерным Фурье-преобразованием.

3.2.7 Секция фильтра рефлекторов

Фильтр рефлекторов позволяет удалить из временных разрезов или престеков все рефлекторы, углы которых по абсолютной величине не превышают некоторый заданный (в градусах) угол.

Перечислим ключевые слова этой секции и разьясим смысл этих переменных:

- `filtrNo = 0/1/2` – параметр-ключ, позволяющий выбирать режим фильтрации рефлекторов. При `filtrNo = 0` обнуляется спектр данных внутри конуса рефлекторов; при `filtrNo = 1` производится обнуление спектр данных внутри конуса рефлекторов с учетом эляйсинга; при `filtrNo = 2` производится суммирование только по частотам из элементарной ячейки частот и при этом обнуление спектра рефлекторов с учетом эляйсинга.

- `vcon` – скорость, входящая в уравнение конуса рефлекторов.
- `fadd` – частота (Гц), прибавляемая в формуле фильтрации рефлекторов с целью его расширения.
- `ksw` – параметр, определяющий крутизну среза характеристики фильтра. Параметр `ksw` есть доля от величины максимального волнового числа $k_{max} = \pi/d\lambda_p$. По умолчанию `ksw` = 0.01.
- `swap` = 0/1 – параметр-ключ, определяющий не использование (0) или использование (1) теоремы взаимности при считывании сейсмотрасс.

3.2.8 Секция задания режима миграции

В режиме миграции программа `csp2d` вычисляет мигрированные временные разрезы для полного волнового поля (совместный разрез рефлекторов и дифракторов), и/или временной разрез только рефлекторов и/или временной разрез только дифракторов.

Перечислим ключевые слова этой секции и разьясим смысл этих переменных:

- `stack` = 1/0 – переменная-флаг, которая включает (1) или выключает (0) режим миграции. Если эта переменная равняется нулю, то ни один временной разрез вычисляться не будет.
- `streactors` = 1/0 – переменная-флаг, которая включает (если равна 1) или выключает (если равна 0) вычисления мигрированного временного разреза, содержащего как рефлекторы, так и дифракторы.
- `streflectors` = 1/0 – переменная, которая включает (если равна 1) или выключает (если равна 0) вычисление мигрированного временного разреза, содержащего только рефлекторы, угол наклона которых не превышает угла, заданного в секции фильтра рефлекторов
- `stdiffractors` = 1/0 – переменная, которая включает (если равна 1) или выключает (если равна 0) вычисление мигрированного временного разреза, содержащего только дифракторы, которые остаются на временном разрезе после удаления всех рефлекторов с углами наклона не превышающими угол, заданный в секции фильтра рефлекторов.
- `stack_file` – имя файла, в который будет записан в формате SEG-Y мигрированный временной разрез с рефлекторами и дифракторами

- `srefl_file` – имя файла, в который будет записан в формате SEG-Y мигрированный временной разрез с рефлекторами, углы которых не превышают угол, заданный в секции фильтра рефлекторов
- `sdifr_file` – имя файла, в который будет записан в формате SEG-Y мигрированный временной разрез с дифракторами и остатками рефлекторов, углы которых превышают угол, заданный в секции фильтра рефлекторов

3.2.9 Секция задания режима престекинга

В режиме вычисления престеков программа `csp2d` может вычислять куб престеков полного волнового поля, а также кубы престеков содержащие отдельно престеки рефлекторов и/или дифракторов. Кроме того, в этом режиме могут быть вычислены срезы куба пренстеков, параллельные либо оси x , либо оси y . Эта возможность предусмотрена на тот случай если, по каким либо причинам, вычисление полного куба не требуется. Последнее может быть вызвано ограничениями оперативной памяти, либо процессорного времени.

При вычислении кубов, содержащих отдельно рефлекторы и дитфракторы, углы рефлекторов, которые будут отфильтрованы либо сохранены задаются в секции задания параметров фильтра рефлекторов.

Перечислим ключевые слова этой секции и разьясим смысл этих переменных:

- `cprestack` – переменная-флаг, которая включает или выключает режим вычисления престеков. Если эта переменная равняется нулю, то ни один престек вычисляться не будет
- `xprestack` – переменная-флаг, которая включает или выключает вычисление срезов куба престеков, параллельных оси x
- `xpsb` – y -координата начального среза престека, параллельного оси x
- `xpse` – y -координата конечного среза престека, параллельного оси x
- `dxps` – шаг по координате y между последовательно вычисляемыми срезами, параллельными оси x , куба престеков
- `yprestack` – переменная-флаг, которая включает или выключает вычисление срезов куба престеков, параллельных оси y
- `ypsb` – x -координата начального среза престека, параллельного оси y
- `ypse` – x -координата конечного среза престека, параллельного оси y

- `dyps` – шаг по координате x между последовательно вычисляемыми срезами, параллельными оси x , куба престеков
- `psreactors` – переменная-флаг, которая включает (если равна 1) или выключает (если равна 0) вычисления престеков, содержащих как рефлекторы, так и дифракторы
- `psreflectors` – переменная-флаг, которая включает (если равна 1) или выключает (если равна 0) вычисления престеков, содержащих рефлекторы, угол наклона которых не превышает угла, заданного в секции фильтра рефлекторов
- `psdifractors` – переменная-флаг, которая включает (если равна 1) или выключает (если равна 0) вычисления престеков, содержащих дифракторы, которые остаются на временном разрезе после удаления всех рефлекторов с углами наклона не превышающими угол, заданный в секции фильтра рефлекторов
- `cpstack_file` – имя файла, в который будет записан в формате SEG-Y куб престеков с рефлекторами и дифракторами
- `cpsrefl_file` – имя файла, в который будет записан в формате SEG-Y куб престеков с рефлекторами, углы которых не превышают угол, заданный в секции фильтра рефлекторов
- `cpsdifr_file` – имя файла, в который будет записан в формате SEG-Y куб престеков с дифракторами и остатками рефлекторов, углы которых превышают угол, заданный в секции фильтра рефлекторов
- `xpstack_file` – имя файла, в который будет записан в формате SEG-Y срезы куба престеков, параллельных оси x , с рефлекторами и дифракторами
- `xpsrefl_file` – имя файла, в который будет записан в формате SEG-Y срезы куба престеков, параллельных оси x , с рефлекторами, углы которых не превышают угол, заданный в секции фильтра рефлекторов
- `xpsdifr_file` – имя файла, в который будет записан в формате SEG-Y срезы куба престеков, параллельных оси x , с дифракторами и остатками рефлекторов, углы которых превышают угол, заданный в секции фильтра рефлекторов
- `ypstack_file` – имя файла, в который будет записан в формате SEG-Y срезы куба престеков, параллельных оси y , с рефлекторами и дифракторами
- `ypsrefl_file` – имя файла, в который будет записан в формате SEG-Y срезы куба престеков, параллельных оси y , с рефлекторами, углы которых не превышают угол, заданный в секции фильтра рефлекторов

- `ypsdifr_file` – имя файла, в который будет записан в формате SEG-Y срез куба престеков, параллельных оси *y*, с дифракторами и остатками рефлекторов, углы которых превышают угол, заданный в секции фильтра рефлекторов

3.2.10 Секция трасс в мигрированных разрезах – TRACE OUTPUT:

По умолчанию все сеймотрассы мигрированного временного разреза записываются в формате SEG-Y в виде сейсмограмм ОТВ в выходные файлы. При этом поля 73-76 (`shotEasting`) и 77-80 (`recvEasting`) в заголовках сеймотрасс содержат линейную координату (в м) точки на апертуре, в которой эта трасса вычислена. Поля 21-24 (`ensemble type number`) и 25-28 (`trace number within ensemble`) заголовков трасс содержат номер CDP. Номер CDP вычисляется по формуле

$$jcdp = (xop - xcdpb)/dxcdp$$

где `xop` – линейная координата трассы на апертуре, `xcdpb` – линейная координата 0-го CDP, `dxcdp` – интервал между точками CDP. В поле 181-184 в заголовках трасс содержатся скорости миграции в формате `float`.

Иногда возникает необходимость записывать в выходные файлы только часть этих трасс. Для управления этим служат параметры, расположенные в секции задания трасс.

Перечислим ключевые слова этой секции и разьясим смысл этих переменных:

- `xcdpb` – линейная координата (в метрах) 0-й точки CDP
- `dxcdp` – интервал (в метрах) между точками CDP
- `ntrace_stack` – количество выводимых трасс в разрезе, содержащем рефлекторы и дифракторы
- `jtrace_stackb` – индекс апертуры первой выводимой трассы
- `djtrace_stack` – интервал индекса апертуры для выводимых трасс
- `ntrace_refl` – количество выводимых трасс в разрезе, содержащем рефлекторы
- `jtrace_reflb` – индекс апертуры первой выводимой трассы
- `djtrace_refl` – интервал индекса апертуры для выводимых трасс

- `ntrace_difr` – количество выводимых трасс в разрезе, содержащем дифракторы
- `jtrace_difrb` – индекс апертуры первой выводимой трассы
- `djtrace_difr` – интервал индекса апертуры для выводимых трасс

3.2.11 Секция для расчета амплитудных спектров – SPECTR:

Этот режим работы программы `csp2d` предназначен для расчета, записи на жесткий диск и визуализации амплитудных спектров исходных многоканальных SEG-Y данных, находящихся в файле `data_file`. В настоящее время эта мода работает в режиме альфатестирования.

Перечислим ключевые слова этой секции и разьясим смысл этих переменных для записи амплитудных спектров на жесткий диск:

- `spectr` – переменная-флаг, которая включает (1) или выключает (0) режим вычисления и спектра. Если эта переменная равняется нулю, то эта мода работать не будет.
- `spectr_hdd` – переменная-флаг, которая включает (1) или выключает (0) режим записи куба амплитудного спектра на жесткий диск (HDD).
- `data_spectr_file` – имя файла для записи на HDD полного амплитудного спектра данных
- `difr_spectr_file` – имя файла для записи на HDD амплитудного спектра дифракторов
- `refl_spectr_file` – имя файла для записи на HDD амплитудного спектра рефлекторов
- `data_flip_spectr_file` – имя файла для записи на HDD полного амплитудного спектра данных, упорядоченного по частотным срезам
- `difr_flip_spectr_file` – имя файла для записи на HDD амплитудного спектра дифракторов, упорядоченного по частотным срезам
- `refl_flip_spectr_file` – имя файла для записи на HDD амплитудного спектра рефлекторов, упорядоченного по частотным срезам

Перечислим ключевые слова этой секции и разьясим смысл этих переменных для

- `spectr_pdf` – переменная-флаг, которая включает (1) или выключает (0) режим записи срезов куба амплитудного спектра в pdf файл.
- `file_pdf` – имя файла для PDF рисунков
- `data_difr_hh_slice` – переменная-флаг, которая включает (1) или выключает (0) режим записи в PDF файл горизонтальные срезы на временных частотах амплитудного спектра данных и дифракторов
- `data_refl_hh_slice` – переменная-флаг, которая включает (1) или выключает (0) режим записи в PDF файл горизонтальные срезы на временных частотах амплитудного спектра данных и рефлекторов
- `data_xy_xf_hv_slice` – переменная-флаг, которая включает (1) или выключает (0) режим записи в PDF файл горизонтальных и вертикальных срезов амплитудного спектра данных
- `difr_xy_xf_hv_slice` – переменная-флаг, которая включает (1) или выключает (0) режим режим записи в PDF файл горизонтальных и вертикальных срезов амплитудного спектра дифракторов
- `freqb_pdf` – начальная частота (в Гц) на которой производится срез куба амплитудного спектра
- `frege_pdf` – конечная частота (в Гц) на которой производится срез куба амплитудного спектра
- `dfreq_pdf` – интервал (в Гц) между частотами на которых производится срез куба амплитудного спектра

3.2.12 Секция для расчета паспортных данных метода `csp2d` – MODEL :

Секция MODEL предназначена для моделирования синтетических волновых полей для точечных дифракторов и зеркальных рефлекторов, расположенных в однородном пространстве, а также для их миграции и определения по результатам этой миграции технических характеристик (коэффициента чувствительности метода и др.) метода `csp2d`. В настоящее время этот режим проходит α – тестирование.

Перечислим ключевые слова этой секции и разьясим смысл этих переменных:

- `model` – переменная-флаг, которая включает (1) или выключает (0) режим `model`.

- Dmod – переменная-флаг: 0 - режим моделирования дифракторов выключен; 1 - мода фокусировки; 2 – мода инверсии
- Rmod – переменная-флаг: 0 - режим моделирования дифракторов выключен; 1 - мода фокусировки; 2 – мода инверсии
- RDmod – переменная-флаг: 0 - режим моделирования дифракторов выключен; 1 - мода фокусировки; 2 – мода инверсии
- SUmод – переменная-флаг: 0 – мода выключена; 1 - включена для вычисления коэффициента чувствительности.

Общие переменные:

- Amod_dim = 2/3 – размерность пространства (используется для геометрического расхождения)
- Amod_nsp – количество источников
- Amod_dxsp – интервал (м) между источниками
- Amod_xspb – координата (м) первого источника
- Amod_nop – количество приемников
- Amod_dxop – интервал (м) между приемниками
- Amod_offb – офсет (м) самого левого приемника
- Amod_nt – количество отсчетов в трассах
- Amod_dt – интервал дискретизации по времени (с)
- Amod_v – скорость волн во вмещающей среде (м/с)
- Amod_impuls = 0/1 форма импульса: 0 – $\delta(t)$, 1-импульс Риккера
- Amod_freq – доминантная частота (Гц) импульса Риккера
- Amod_djtrace – количество пропускаемых трасс при их записи на HDD
- Amod_dnx_stack – количество отсчетов вдоль оси времени для усреднения на PDF рисунке временного разреза
- Amod_dnt_stack – количество отсчетов вдоль оси x для усреднения на PDF рисунке временного разреза
- Amod_dnx_spectr – количество отсчетов вдоль оси x для усреднения на PDF рисунке амплитудного спектра
- Amod_dny_spectr – количество отсчетов вдоль оси y для усреднения на PDF рисунке амплитудного спектра

Переменные для Dmod:

- $Dmod_vmig = V0:DV:V1$ – скорость миграции (м/с) – начальная : шаг : конечная
- $Dmod_ad$ – амплитуда дифрактора
- $Dmod_xd$ – x-координата (м) дифрактора
- $Dmod_td$ – время (с) расположения дифрактора
- $Dmod_st_wiple$ – переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) временного разреза в виде отдельных сейсмотрасс
- $Dmod_st_col_DA$ – переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) временного разреза (полного) в цветовом виде
- $Dmod_st_col_DD$ – переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) временного разреза после фильтрации дифракторов в цветовом виде
- $Dmod_spectr_A$ – переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) полного спектра в цветовом виде
- $Dmod_spectr_D$ – переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) спектра дифракторов в цветовом виде
- $Dmod_slice_hh$ – множитель при отрисовке горизонтального среза спектров
- $Dmod_slice_vv$ – множитель при отрисовке вертикального среза спектров
- $Dmod_freq = X0 : DX : X1$ – начальная частота : шаг по частоте : конечная частота (все в Гц) для рисунков PDF

Переменные для Rmod:

- $Rmod_vmig = V0:DV:V1$ – скорость миграции (м/с) – начальная : шаг : конечная
- $Rmod_ar$ – амплитуда рефлектора
- $Rmod_x0$ – x-координата (м) «центра» рефлектора
- $Rmod_t0$ – время (с) расположения «центра» рефлектора
- $Rmod_l0$ – размер (м) отражающей площадки; 0 соответствует отражающей плоскости
- $Rmod_amax_dx$ – отклонением (в м) от центра рефлектора при вычислении максимальной амплитуды: 0 – соответствует всей плоскости
- $Rmod_alfa$ – угол наклона (в градусах) рефлектора
- $Rmod_st_wiple$ – переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) временного разреза в виде отдельных сейсмотрасс

- Rmod_st_col_RA - переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) временного разреза (полного) в цветовом виде
- Rmod_st_col_RD - переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) временного разреза после фильтрации рефлекторов в цветовом виде
- Rmod_spectr_A - переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) полного спектра в цветовом виде
- Rmod_spectr_D - переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) спектра рефлекторов в цветовом виде
- Rmod_slice_hh - мультипликатор при отрисовке горизонтального среза спектров
- Rmod_slice_vv - мультипликатор при отрисовке вертикального среза спектров
- Rmod_freq = X0 : DX : X1 - начальная частота : шаг по частоте : конечная частота (все в Гц) для рисунков PDF

Переменные для RDmod:

- RDmod_vmig = V0:DV:V1 - скорость миграции (м/с) – начальная : шаг : конечная
- RDmod_x0 - x-координата (м) «центра» рефлектора
- RDmod_t0 - время (с) расположения «центра» рефлектора
- RDmod_l0 - размер (м) отражающей площадки; 0 соответствует отражающей плоскости
- RDmod_amax_dx - отклонением (в м) от центра рефлектора при вычислении максимальной амплитуды: 0 – соответствует всей плоскости
- RDmod_alfa - угол наклона (в градусах) рефлектора
- RDmod_ar - амплитуда рефлектора
- RDmod_ad - амплитуда дифрактора
- RDmod_ad_div_ar - амплитуда рефлектора
-
- RDmod_st_wigle - переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) временного разреза в виде отдельных сейсмотрасс
- RDmod_st_col_AA - переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) временного разреза (полного) в цветовом виде
- RDmod_st_col_AD - переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) временного разреза после фильтрации на дифракторы в цветовом виде

- RDmod_st_col_AR - переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) временного разреза после фильтрации на рефлекторы в цветовом виде
- RDmod_spectr_A - переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) полного спектра в цветовом виде
- RDmod_spectr_D - переменная-флаг для отрисовки (1) или не отрисовки (0) спектра рефлекторов в цветовом виде
- RDmod_slice_hh - мультипликатор при отрисовке горизонтального среза спектров
- RDmod_slice_vv - мультипликатор при отрисовке вертикального среза спектров
- RDmod_freq = X0 : DX : X1 - начальная частота : шаг по частоте : конечная частота (все в Гц) для рисунков PDF

Переменные для SUmод:

- SU_Rmod_vmig = V0:DV:V1 - скорость миграции (м/с) – начальная : шаг : конечная
- SU_Rmod_x0 - x-координата (м) «центра» рефлектора
- SU_Rmod_t0 - время (с) расположения «центра» рефлектора
- SU_Rmod_l0 - размер (м) отражающей площадки; 0 соответствует отражающей плоскости
- SU_Rmod_amax_dx - отклонением (в м) от центра рефлектора при вычислении максимальной амплитуды: 0 – соответствует всей плоскости
- SU_Rmod_alfa - угол наклона (в градусах)

4 ЖУРНАЛИРОВАНИЕ ЗАПУСКОВ ПРОГРАММЫ CSP2D

4.1 Подробное журналирования запусков программы

Запуск программы csp2d, как уже было описано в пункте 3.1, производится из командной строки. При работе программы на консоль выводится информация, позволяющая следить за ходом выполнения программы. Вид этой информации зависит от режима работы программы. Приведем пример такого вывода при выполнении режима вычисления временного мигрированного разреза:


```
$ csp2d CSP.par
```

```
Stack:
```

```
Aperture   : xap =    0   Lx x Ly = [0 : 6400] x [-3200 : 3200]
Velocity    : vel = 2000
Frequencies: jwb =    0   jwe = 1024   tread::12   tfft2::9   tsum(A)::11   tsum(D)::18
                                           tread::7   tfft2::10   tsum(A)::11   tsum(D)::19
                                           write(A)::7   write(D)::7

Tot traces : 32768
Act traces : 28672
Total time : 112
Start time : Fri May 19 09:37:25 2006
End   time : Fri May 19 09:39:18 2006
```

Прокомментируем эти строки. Первая строка – команда запуска программы `csp2d` с файлом параметров `CSP.par`. После строки, которая отделяет команду от остальных строк, в третьей строке печатается название режима (в данном случае `stack` – режим вычисления временных разрезов). Следующая строка, начинающаяся словом `Aperture`, содержит координату начала обрабатываемой апертуры и ее размеры (все в метрах).

Строка, начинающаяся словом `Velocity`, содержит значение скорости, при которой производится миграция. Далее идут номера обрабатываемых временных частот и сообщения отработавших процедур, включая время (в сек) их работы. Затем идет полное количество сейсмотрасс на обрабатываемой апертуре, количество актуальных трасс, астрономическое время начала и конца выполнения программы.

Перечислим и поясним сообщения функций:

- `tread` – сообщение функции, осуществляющей чтение сейсмотрасс, их Фурье-преобразование и загрузку в массив апертуры. После двойного двоеточия здесь и далее идет время в секундах выполнения этой процедуры.
- `tfft2` – сообщение функции, осуществляющей для каждой временной частоты 2D преобразование Фурье
- `tsum(A)` – сообщение процедуры, реализующую вычисление временного разреза, содержащего как рефлекторы, так и дифракторы (A – начальная буква слова ALL)
- `tsum(D)` – сообщение процедуры, реализующую вычисление временного разреза, содержащего дифракторы (D – начальная буква слова Diffractors)
- `write(A)` – запись в выходной файл мигрированного временного разреза
- `write(D)` – запись в выходной файл мигрированного временного разреза дифракторов

Аналогичные сообщения выдаются на консоль и при выполнении программой ВОГТ других режимов работы.

Основное, наиболее подробное журналирование работы программы осуществляется в файл параметров, причем все сообщения дописываются в его конец.

