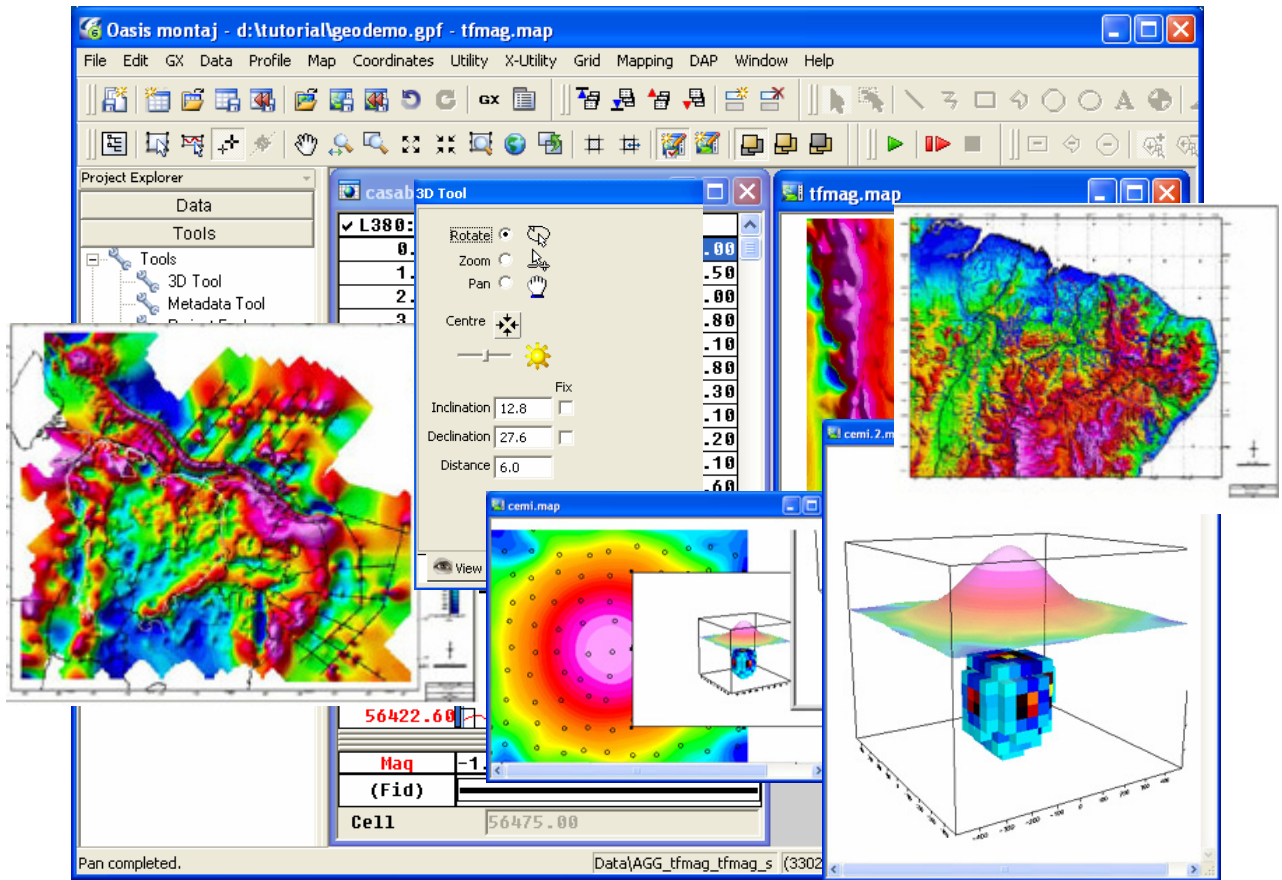


montaj Geophysics v6.2

Набор одномерных фильтров, одномерных фильтров БПФ и статистических инструментов для работы с большими объемами геофизических данных

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ



GEO SOFT
Knowledge from Data

www.geosoft.com

Программное обеспечение, описанное в этом руководстве, поставляется под лицензией и может использоваться или копироваться только в соответствии с условиями лицензионного соглашения.

Дата выпуска: 3/7/2007.

Написано Nancy Whitehead и Chris Musselman. Комментарии или вопросы, пожалуйста, присылайте на адрес электронной почты info@geosoft.com

Copyright © Geosoft Inc. 2007. Все права защищены. Никакая часть данной публикации не может быть репродуцирована, сохранена в системах для хранения данных или перенесена в любой форме или любыми средствами, электронными, механическими, фотокопирующими, записывающими или любыми другими, без предварительного разрешения корпорации Geosoft.

Program Copyright© Geosoft Inc. 2007. Все права защищены.

Geosoft и Oasis montaj являются зарегистрированными торговыми марками Корпорации Geosoft. GEOSOFT, Oasis являются торговыми марками Корпорации Geosoft.

Windows® и Windows NT™ являются зарегистрированными торговыми марками Корпорации Microsoft.

Geosoft Incorporated
8th Floor
85 Richmond St. W.
Toronto, Ontario
M5H 2C9
Canada
Tel: (416) 369-0111
Fax: (416) 369-9599

Web Site: www.geosoft.com

E-mail: info@geosoft.com

Содержание

Лицензионное Соглашение Geosoft	1
Получение Дополнительной Справочной Информации	4
Контакт со Службой Технической Поддержки	4
Глава 1: Основы и Возможности Программы	5
Понимание Одномерной Фильтрации на основе Быстрого Преобразования Фурье	5
Возможности Фурье-фильтрации	6
Введение в Основы Фильтрации	7
Понимание Математической Основы Трансформаций	7
Связь Потенциальных Полей со Спектром Трансформации	8
Понимание Процесса Фильтрации с помощью Одномерного Быстрого Преобразования Фурье	11
Глава 2: Быстрый Старт	13
Создание Проекта	13
Вывод на экран меню 1D - FFT	14
Открытие Базы Данных	15
Применение Фильтра к Каналу Данных	16
Глава 3: Подготовка Данных и Применение Фильтров	19
Подготовка Данных для Фильтрации	19
Применение Стандартных Фильтров	20
Фильтр Баттеруорта	20
Butterworth Filter (FFTBUTTW GX)	20
Фильтр Гаусса (Регионального/Остаточного поля)	21

Gaussian Regional/Residual Filter (FFTGAUSS GX)	21
Фильтр с косинусным сглаживанием	21
Cosine Roll-off Filter (FFTCOSN GX)	21
Фильтр Низких Частот	22
Lowpass Filter (FFTLOWP GX)	22
Фильтр Высоких Частот	23
Highpass Filter (FFTHIGHP GX)	23
Полосовой Фильтр	24
Bandpass Filter (FFT BANDP GX)	24
Вертикальная Производная	24
Vertical Derivative (FFTVDRV GX)	24
Вертикальное Интегрирование	25
Vertical Integration (FFTVINT)	25
Горизонтальная Производная	25
Горизонтальное Интегрирование	25
Horizontal Integration (FFTHZINT GX)	25
Аналитическое Продолжение Поля в Нижнее Полупространство	26
Downward Continuation (FFTCONT GX)	26
Аналитическое Продолжение Поля в Верхнее Полупространство	26
Upward Continuation (FFTCONT GX)	26
Редукция к Магнитному Полюсу	27
Magnetic Pole Reduction (FFTRPOLE GX)	27
Кажущаяся Магнитная Восприимчивость	28
Apparent Susceptibility (FFTSUSC GX)	28
Кажущаяся Плотность	29

Apparent Density (FFTDENS GX)	29
Составные Фильтры	29
Multiple Filters (FFT1MULT GX)	29
Аналитический Сигнал	30
Analytic Signal (FFTAS GX)	30
Преобразование Гилберта	31
Hilbert Transform (HILBERT GX)	31
Энергетический Спектр	32
Power Spectrum (FFTPSPEC GX)	32
Глава 4: Применение Специальных Фильтров	33
Литература	35
Глоссарий	36
Каналы массива	36
каналы	36
столбец	36
база данных	36
рабочий стол	36
Номера отсчетов	36
Графический Пользовательский Интерфейс	36
регулярная сетка	36
Регулярные сетки или файлы регулярной сети	36
группы	36
GX или Geosoft eXecutable	36
Изображения или файлы Изображений	36
Линия (профиль)	36

Главное окно	36
Карта (*.MAP)	37
файл описания карты	37
map description file (*.MDF)	37
меню (*.OMN)	37
база данных Oasis	37
Oasis montaj	37
Проект (*.GPF)	37
Случайно распределенные (random) данные хуз	37
random XYZ data	37
строка	37
Канал под-массивов	37
шаблон	37
Вид	37

Лицензионное Соглашение Geosoft

Компания GEOSOFT согласна поставить лицензированную (-ные) программу(ы), как оговорено в моем заказе покупки. Geosoft предоставит мне **непередаваемую неисключительную** лицензию на использование Лицензированной (-ных) Программы (Программ) в соответствии с Постановлениями и Условиями, оговоренными здесь.

Между Вами и Geosoft или Вашей компанией и Geosoft должно быть отдельно подписано соглашение, имеющее отношение к лицензированному использованию данного программного обеспечения, и это соглашение будет иметь приоритет по отношению ко всем положениям данного соглашения.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

В этом Лицензионном Соглашении:

Термин "Лицензированная Программа" обозначает фактическую копию всей собственнической технологии программного обеспечения компании Geosoft или любой ее части, системы кодирования программного обеспечения, компонентов, библиотек динамических связей (DLLs) лицензированных через сервер лицензий Geosoft, включая любые модификации, усовершенствования или обновления, предоставляемые компанией GEOSOFT.

Термин "Дата вступления в силу" обозначает дату установки лицензии Geosoft. Дата записывается сервером лицензий Geosoft во время установки Лицензированной Программы.

"Услуги" означает Услуги, описанные в разделе 4.

"Прекращение срока действия" означает случаи, рассмотренные в Разделах 6 и 7

2. ЛИЦЕНЗИЯ:

GEOSOFT предоставляет мне непередаваемую и неисключительную лицензию на использование Лицензированной Программы для моих собственных целей, в соответствии с которыми Лицензированная Программа используется только мной и только на одном компьютере.

Название и все права интеллектуальной собственности в Лицензированной Программе, включая без ограничения авторское право, коммерческую тайну и торговые марки остаются собственностью GEOSOFT. Я согласен (на) воздерживаться от предъявления каких-либо возражений или претензий к правам интеллектуальной собственности и от содействия и разрешения кому-то другому предъявить их, во время срока действия данного Соглашения и впоследствии

Я не могу менять данное Соглашение или любую его часть или права сублицензии, предоставленные здесь, продавать, предоставлять во временное или частичное пользование данное программное обеспечение без предварительного письменного разрешения GEOSOFT.

Я не предприму никаких попыток выполнять реконструкцию, декомпиляцию или дизассемблирование программного обеспечения.

Я не предприму никаких попыток обойти систему инициализации License Manager, которая управляет доступом к использованию программного обеспечения.

3. СРОК:

Срок действия настоящего Соглашения начинается с Даты вступления в силу и длится до момента истечения срока действия Лицензионного Соглашения, как описано в Разделе 6.

4. УСЛУГИ:

(1) В соответствии со сроками моей первоначальной покупки GEOSOFT будет безо всяких дополнительных взносов предоставлять мне корректировки и усовершенствования Лицензированной Программы, которые могут вообще быть проведены с Лицензированной Программой компанией GEOSOFT. (Обычно это действует на период двенадцати месяцев).

(2) GEOSOFT имеет серьезное обязательство перед обслуживанием клиента и поддержкой программного продукта. GEOSOFT предоставляет мне, согласно соответствующей Оплате Услуг продолжать осуществлять поддержку в виде консультаций по электронной почте или телефону или помогать в выявлении ошибок и неисправностей и исключения ошибок и сбоев Лицензированной Программы в течение всего срока действия данной Лицензии. При возникновении проблемы, связанной с ошибками или сбоями Лицензированной Программы Я могу связаться с компанией GEOSOFT, и GEOSOFT искренне приложит все свои усилия для решения возникшей проблемы. Однако, GEOSOFT не может гарантировать результаты или ручаться за то, что все ошибки или дефекты программы будут исправлены. Также, нужно принять во внимание то, что каждая Лицензированная Программа разработана для работы в операционной системе Windows NT (sp 6 или более поздней версии), Windows 2000 или Windows XP.

(3) Если я обращаюсь в дальнейшем с просьбой оказать мне услуги, связанные с модификацией Лицензированной Программы для удовлетворения индивидуальных потребностей или согласования с индивидуальной операционной средой, GEOSOFT может по своему усмотрению модифицировать Лицензированную Программу для удовлетворения моих индивидуальных потребностей, согласно соответствующей Плате за Услуги. Однако, интеллектуальная

собственность и другие права, которые могут появиться вследствие таких модификаций, будут принадлежать GEOSOFT.

5. ЗАЩИТА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЛИЦЕНЗИРОВАННОЙ ПРОГРАММЫ

Я согласен (-на), что все дополнения, модификации, исправления, обновления и приложения Лицензированной Программы будут соответствовать всем срокам и условиям, указанным в настоящем соглашении.

Я признаю, что все копии Лицензированной Программы, предоставленные компанией GEOSOFT или выполненные мной согласно настоящему Соглашению, включая без ограничения, переводы, компиляции, частичные копии, модификации, производные материалы и/или обновленные материалы являются собственностью, и эта собственность принадлежит компании GEOSOFT и не может распространяться на любые другие лица без предварительного письменного соглашения GEOSOFT.

Я не стану предоставлять или любым способом и в любой форме делать доступной кому-либо Лицензированную Программу без предварительного письменного соглашения компании GEOSOFT.

6. ПРЕКРАЩЕНИЕ СРОКА ДЕЙСТВИЯ:

Срок действия настоящего соглашения будет прекращен в момент истечения срока действия, если он оговорен в вашем соглашении о покупке с Geosoft.

Срок действия данного соглашения может быть прекращен только на тридцатый день после предварительного письменного уведомления GEOSOFT.

GEOSOFT может незамедлительно прекратить срок действия настоящего Соглашения после предварительного письменного уведомления, если я не смогу исполнить сроки и условия данного Соглашения.

Срок действия настоящего Соглашения прекратится автоматически после возбуждения дела или разрешения на возбуждение дела в несостоятельности или банкротстве.

7. ДЕЙСТВИЯ ПОСЛЕ ПРЕКРАЩЕНИЯ СРОКА ДЕЙСТВИЯ:

Я должен (-на) незамедлительно приостановить использование Лицензированной Программы в день Прекращения срока действия Лицензионного Соглашения и не возобновлять в дальнейшем использование программы без письменного разрешения GEOSOFT.

Я должен (-на) полностью удалить все программное обеспечение со своего компьютера. В течение тридцати дней после Прекращения срока действия я должен (-на) уничтожить все физические и цифровые копии Лицензированной Программы. Данное обязательство относится к любым, без ограничения видам копий, включая переводы, компиляции, производные и обновленные материалы, частично или полностью, измененные и не измененные, и соединенные с другими материалами по имеющемуся здесь разрешению.

8. ГАРАНТИЯ:

GEOSOFT не гарантирует, что функции, содержащиеся в Лицензированной Программе удовлетворят моим требованиям или будут действовать в выбранных мною комбинациях, или работа Лицензированной Программы будет происходить без сбоев или ошибок, или все программные дефекты будут исправлены.

Каждая Лицензированная Программа будет поставлена мне в соответствии со сроками данного Соглашения. Никаких гарантий, выраженных или подразумеваемых, относительно Лицензированной Программы не существует.

ВЫШЕПОМЯНУТЫЕ ГАРАНТИИ ПРЕДСТАВЛЯЮТ ВСЕ ДРУГИЕ ВИДЫ ГАРАНТИЙ, ВЫРАЖЕННЫЕ ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫЕ, НО НЕ ОТНОСЯТСЯ К ПОДРАЗУМЕВАЕМЫМ ГАРАНТИЯМ ТОВАРНОЙ ПРИГОДНОСТИ ИЛИ СООТВЕТСТВИЯ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.

9. ОГРАНИЧЕНИЯ СРЕДСТВ

Я согласен (-на) принять ответственность за использование программ с целью получения предполагаемых результатов и за результаты, полученные при использовании Программы. Поэтому я беру на себя полную ответственность за любое решение, полученное на основе использования вышеупомянутой Лицензированной Программы.

GEOSOFT ни в каком случае не несет ответственности за любые виды убытков или потерь, возникших в результате использования или неиспользования Лицензированной Программы, или за любую упущенную прибыль, потерянны накопления и другие косвенные убытки, даже если GEOSOFT уведомлял о возможности подобных убытков, или за любой иск, предъявленный мне со стороны любого другого лица.

10. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ:

Я согласен (-на) с тем, что данное Соглашение является полной и исчерпывающей формулировкой соглашения между мной и GEOSOFT.

Данное Соглашение заменяет собой все предыдущие Соглашения, имеющие отношение к Лицензированным Программам, не считая подписанного в настоящий момент Соглашения Технической Поддержки.

Компания GEOSOFT не несет ответственности за несостоятельность исполнения своих обязательств Соглашения из-за причин, независимых от нее.

Если какое-то положение данного Соглашения по какой-либо причине будет признано недействительным, это не должно оказывать никакого влияния на законность и силу остальных положений.

Взаимоотношение между сторонами являются такими же, как и между независимыми подрядными организациями. Ничто из содержащегося в настоящем Соглашении не должно быть рассмотрено как создание товарищества, общества, совместного предприятия или агентства.

Условия данного Соглашения связывают меня, GEOSOFT, и моих соответствующих правопреемников и цессионариев.

11. 2000 ГОД:

Лицензированные Программы тестируются для соответствия DISC PD2000 1:1998 Year 2000 Conformity Requirements (www.bsi.org.uk/disc/year2000/2000.html), за исключением пункта 3.3.2, параграфа b. В разделе 3.3.2 параграфе b, сказано, что, если даты года, которые записаны двумя цифрами, больше или равны 50, то этот год относится к 19xx году, а если меньше 50, то к 20xx. Лицензированные Программы будут распознавать все годы, записанные двумя цифрами, как 19xx годы. Это сделано для предотвращения ошибок импорта данных за прошлый период, датированных 1950. Все даты, следующие после 1999 года, должны записываться в Лицензированных Программах четырьмя цифрами.

Получение Дополнительной Справочной Информации

В справочную систему **Oasis montaj** включены различные функции, которые могут быть полезными для вашей работы. Полную документацию для программы можно получить через справочную систему “online”. Эта электронная информационная библиотека позволяет нам постоянно обновлять имеющуюся информацию и обеспечивать вас самой свежей информацией.

Самый лучший способ найти нужную информацию – использовать вкладку **Search (Поиск)** для выполнения полнотекстового поиска всех справочных разделов. Если вы все же не можете найти нужную информацию, вы можете обратиться к *Руководствам Пользователя (Manual)*, *Учебникам (Tutorial)*, *Техническим Заметкам (Technical Notes)* в формате PDF.

Контакт со Службой Технической Поддержки

Ниже представлена контактная информация Службы Технической Поддержки Geosoft по всему миру.

North America
Geosoft Inc.,
 85 Richmond St. W., 8th Floor
 Toronto, Ont.,
 Canada
 M5H 2C9

Tel +1 (416) 369-0111
 Fax +1 (416) 369-9599

Email: tech@geosoft.com

South America
Geosoft Latinoamerica Ltda.
 Praça Floriano 51 / 19º Andar
 CEP: 20031-050, Centro
 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Tel: (55-21) 2532-0140
 Fax: (55-21) 2532-7197

Email: tech.sa@geosoft.com

South and Central Africa
Geosoft Africa Ltd.
 Buren Building, Second Floor
 Kasteelpark Office Park
 c/o Nossob & Jochemus Streets
 Erasmuskloof X3, Pretoria

Tel: +27 12 347 4519
 Fax: +27 12 347 6936

Email: tech.za@geosoft.com

Europe and North Africa
Geosoft Europe Ltd.
 20/21 Market Place, First Floor
 Wallingford, Oxfordshire
 United Kingdom
 OX10 OAD

Tel: +44 1491 835 231
 Fax: +44 1491 835 281

Email: tech.eu@geosoft.com

Australia and Southeast Asia
Geosoft Australia Pty. Ltd
 350 Hay Street
 Subiaco, WA
 Australia, 6008

Tel +61 (8) 9382 1900
 Fax +61 (8) 9382 1911

Email: tech.au@geosoft.com

Представитель в России и СНГ
Компания АГТ Системс
 Россия
 125 445 Москва
 ул. Смольная 24 офис 1420
 Тел/Факс: +7 (495) 232-07-86

Email: sales@agtsys.ru

Глава 1: Основы и Возможности Программы

Программный модуль **montaj Geophysics** предоставляет набор фильтров и статистических инструментов для работы с большими объемами геофизических данных. Пространственные одномерные фильтры позволяют полевым геофизикам обрабатывать данные, с использованием разнообразных пространственных фильтров (линейных и нелинейных). <http://www.geosoft.com/pinfo/popups/geophysics.html> 1D FFT Filter позволяет вам использовать различные фильтры области Фурье для одномерных (линейных) потенциальных полей и других типов данных. Набор геостатистических инструментов позволяет получить краткую и подробную статистику, включая анализ гистограмм, графиков разброса и треугольных диаграмм, а также возможность разбивать данные на подмножества на основе кодовой или групповой картографической классификации.

Это руководство предназначено для профессиональных геофизиков, знакомых с методами обработки геофизических данных и желающих применять линейные фильтры в области Фурье для обработки и интерпретации данных одномерных (линейных) потенциальных магнитных и гравитационных полей.

Для эффективного использования этого программного пакета вам нужно ознакомиться с основами и методами фильтрации в частотной области, включая Быстрое Преобразование Фурье. Вы должны также иметь представление о том, как применять фильтры для численного анализа и интерпретации линейных данных.

Понимание Одномерной Фильтрации на основе Быстрого Преобразования Фурье

Алгоритмы Фурье-фильтрации являются важным инструментом для геофизиков, работающих с данными потенциальных (гравитационных и магнитных) полей. Алгоритмы Фурье-фильтрации предоставляют эффективные средства обработки и интерпретации данных, которые по природе характеризуются широким спектром (т.е. каждое наблюдение содержит эффекты от всех магнитных и гравитационных источников, что дает в точке наблюдения поле, превышающее уровень помех.).

Преобразовывая данные в область Фурье (с использованием Быстрого Преобразования Фурье, или БПФ), мы можем работать с данными, как с функцией волнового числа или длины волны. Для такой формы представления существует целый ряд операций, которые могут использоваться для усиления полезной информации, удаления не интересующей информации или трансформации данных.

6 Глава 1: Основы и Возможности Программы

Например, мы можем применить к данным в области Фурье низкочастотный фильтр Баттеруорта (Butterworth low-pass filter), чтобы убрать высокочастотную составляющую спектра, не представляющую для нас интерес. Мы также можем пересчитать поле в верхнее или нижнее полупространства на новый уровень, который более чувствителен к интересующей нас информации, или мы можем пересчитать магнитные данные с наблюдаемой геомагнитной широты к северному магнитному полюсу. Все эти процедуры могут быть реализованы с помощью алгоритмов Фурье.

Модуль **montaj Geophysics 1D- FFT Processing System** - это набор исполняемых приложений **Geosoft (GX'ов)**, которые используются для применения фильтров области Фурье к одномерным (линейным) данным, хранящимся в базе данных **Oasis montaj**. Разработанный главным образом для данных потенциальных полей модуль **montaj Geophysics** предоставляет вам инструменты для:

- Обработки профильных данных для последующей интерпретации и моделирования
- Интерактивного выбора параметров фильтрации, отображения полного спектра и выбора оптимальных фильтров для обработки и интерпретации
- Быстрого применения фильтров к одному или нескольким профилям данных

Возможности Фурье-фильтрации

В общем можно считать, что фильтры Фурье можно отнести к одной из следующих групп:

1. Фильтры повышения резкости, усиливающие высокочастотную составляющую поля. Они включают фильтры высоких частот, пересчет поля в нижнее полупространство, вертикальные и горизонтальные производные. Обычно такие фильтры используются для усиления сигнала от геологических объектов, залегающих на небольшой глубине.
2. Сглаживающие фильтры, которые усиливают низкочастотную составляющую поля, обычно, путем удаления или ослабления высокочастотной составляющей поля. Они включают фильтры низких частот, пересчет поля в верхнее полупространство и интегральные преобразования. Сглаживающие фильтры обычно используются для удаления высокочастотного шума в данных или сигналов от неглубоких геологических источников.
3. Геофизические трансформации, которые преобразуют данные из одной физической формы в другую. Они включают редукцию к полюсу для магнитометрических данных и вычисление кажущейся магнитной восприимчивости или кажущейся плотности.

Сглаживающие и усиливающие высокочастотную составляющую поля фильтры часто комбинируются для решения какой-то конкретной задачи. Например, вертикальная производная (фильтр, усиливающий сигнал от близповерхностных геологических объектов) можно комбинировать с пересчетом поля в верхнее полупространство (сглаживающий фильтр, ослабляющий шумовую составляющую в данных).

К тому же фильтры могут быть описаны как геофизические фильтры – это фильтры, результаты которых имеют физическую основу, и как математические – фильтры, имеющие только математическое определение. Поскольку геофизические фильтры основаны на физике потенциальных полей, они идеально подходят для обработки гравиметрических и магнитометрических данных, тогда как, математические фильтры могут быть применены к любому типу данных.

Примеры геофизических фильтров – пересчет поля на высоту, вертикальная производная или интеграция, редукция к полюсу, кажущаяся магнитная восприимчивость или плотность. Математические фильтры включают горизонтальные производные, фильтры высоких и низких частот: фильтр Баттеруорта (Butterworth), Гаусса (Gaussian), косинусоидальный (cosine) и обычные высокочастотные и низкочастотные отсекающие фильтры.

Часто, помимо фильтров, требуется полный спектр. Модуль **montaj Geophysics** позволяет вам создавать энергетический спектр данных и записывать в каналах базы данных действительную и мнимую компоненты преобразования Фурье. Затем вы можете применить свои собственные математические алгоритмы, используя математические функции **Oasis montaj**.

Введение в Основы Фильтрации

Для математического удобства программа **montaj Geophysics** применяет фильтры в области Фурье или области волнового числа. Если вы еще не знакомы с фильтрацией одномерных данных с использованием методов Области Фурье (Fourier Domain), вы можете прочесть краткую информацию о процедуре фильтрации.

Понимание Математической Основы Трансформаций

Математически, преобразование Фурье пространственной функции $f(x)$ определяется так:

$$\bar{f}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \cdot e^{i\omega x} dx$$

Обратная зависимость:

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{f}(\omega) \cdot e^{-i\omega x} d\omega,$$

где ω - угловое волновое число в радианах на единицу расстояния (для x в единицах расстояния). Волновое число в периодах на единицу расстояния (r) – это просто $\omega/2\pi$.

График данных по профилю в пространственной области можно представить как последовательность значений магнитного или гравитационного поля в точках с одинаковым интервалом вдоль прямой линии. Такой график может быть преобразован в частотную область и обратно при помощи дискретного Быстрого Преобразования Фурье. Эквивалентный набор данных в области волновых чисел обычно называется Трансформацией. Трансформация графика данных состоит из сочетания действительных и мнимых амплитудных значений, как функции волнового числа в периодах на исходные единицы расстояния.

В дополнение к этим основным математическим концепциям существует ряд других обобщенных свойств процесса обработки данных в области Фурье, включая:

- Каждая функция потенциального поля в пространственной области имеет единственную и уникальную функцию в области волнового числа и наоборот.
- Сумма двух функций (аномалий) в пространственной области равна сумме их Трансформаций.
- Энергетический спектр представляет собой одномерную функцию энергии от волнового числа.

Связь Потенциальных Полей со Спектром Трансформации

Фурье-трансформация потенциального поля, создаваемого призматическим телом, имеет широкий спектр, положение максимума которого зависит от глубины до верхней и нижней кромок тела, а амплитуда определяется плотностью или намагниченностью тела. Максимальное значение волнового числа (ω') и геометрию тела источника можно связать следующим выражением:

$$\omega' = \frac{\ln(h_b/h_t)}{h_b - h_t}, \text{ где}$$

- ω' - максимальное значение волнового числа в радианах/ед.расстояния
- h_t - глубина до верхней кромки
- h_b - глубина до нижней кромки

Для бесконечной призмы максимумы спектра при нулевом волновом числе будут иметь следующий вид:

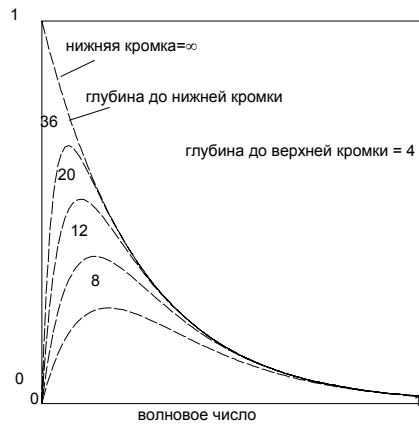
$$f(\omega) = e^{-h\omega}$$

где ω - угловое волновое число в радианах/ед. расстояния, а h – глубина до верхней кромки призмы. Для получения дополнительной информации обратитесь к Bhattacharia, 1966.

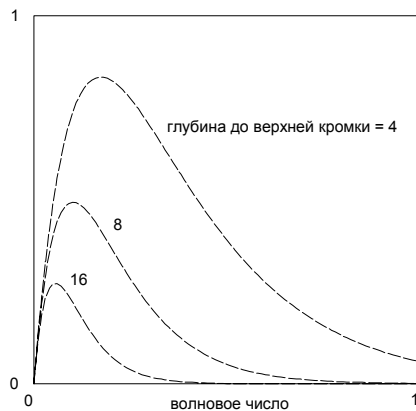
Для призмы, имеющей верхнюю и нижнюю кромки, спектр определяется как:

$$\bar{f}(\omega) = e^{-h_t\omega} - e^{-h_b\omega},$$

где h_t и h_b – глубина верхней и нижней поверхностей соответственно. Как видно на рисунке ниже, по мере приближения нижней границы призмы к точке наблюдений, находящейся на поверхности, максимум спектра смещается в сторону бóльших значений волнового числа:



Рассматривая спектр призмы фиксированного размера, можно заметить, что с увеличением глубины призмы максимум спектра смещается в сторону меньших значений волнового числа (пространственная аномалия становится более широкой), а амплитуда спектра уменьшается:



На рисунке выше важно заметить, что при любом значении волнового числа амплитуда спектра призмы на большой глубине не превышает амплитуду от той же самой призмы на меньших глубинах. С увеличением глубины максимум спектра смещается в сторону меньших значений волнового числа. Вследствие этого невозможно разделить поля глубоких и неглубоких источников одинакового типа с помощью волновых фильтров. Вы можете только различить источники, если глубокие источники имеют бóльшую амплитуду или если неглубокие источники имеют меньшее простираение на глубину.

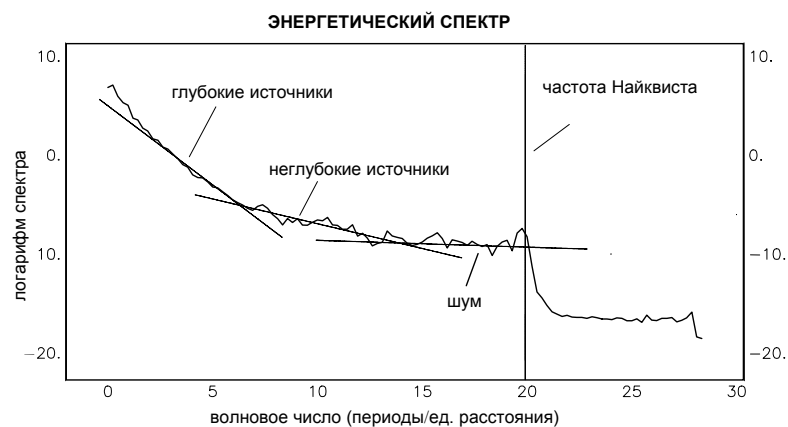
Рассматривая достаточно длинный профиль, включающий много источников поля, вы можете использовать логарифмический спектр поля, чтобы определить глубину до верхних поверхностей источников, используя формулу (см. Spector and Grant, 1970):

$$\log E(k) = 4\pi hk ,$$

где h – глубина в единицах расстояния, а k – волновое число в периодах на единицу расстояния.

Вы можете определить глубину 'группы' источников, измерив угол наклона энергетического спектра и разделив его на 4π . Типичный энергетический спектр для магнитной аномалии может состоять из трех частей – составляющая сигнала от глубокого источника, составляющая сигнала от неглубокого источника и шумовая составляющая спектра.

Следующий рисунок иллюстрирует разделение энергетического спектра на эти три составляющие:



Понимание Процесса Фильтрации с помощью Одномерного Быстрого Преобразования Фурье

Обычно, для применения фильтров области Фурье к профильным данным, выполняются следующие шаги:

1. **Удаление Тренда** Вычисляется тренд первого порядка путем подбора наклонной прямой к графику данных методом наименьших квадратов. Этот тренд убирается, а коэффициенты тренда сохраняются, как часть компоненты нулевого волнового числа этой трансформации. Это значит, что любые изменения нулевого волнового числа в Трансформации будут также приводить к изменениям тренда первого порядка.
2. **Продление Линии**
Line Extension Линия экстраполируется минимум на 10%, что требуется для процесса БПФ, который используется в Oasis. 10% является минимально достаточным для этого.
3. **Прогнозирование**
Prediction Продленный отрезок линии и все пробелы по профилю заполняются прогнозируемыми данными с использованием метода максимальной энтропии (Burg, 1975). Прогнозирование с использованием метода Максимальной Энтропии обеспечивает, что прогнозируемые данные будут иметь тот же самый спектральный характер, что и действительные данные. Кроме того, прогнозирование обеспечивает, что функция имеет одно и тоже значение и наклон на каждом конце. Затем эта линия рассматривается как гладко периодическая, так как копии этой линии можно соединить друг с другом без разрыва.
4. **БПФ (FFT)** С помощью БПФ данные переводятся из пространственной области в частотную. Шаг волнового числа результирующей трансформации будет равен $1/(\text{длина линии профиля})$. Например, если продленная линия состоит из 4096 точек, а шаг отсчета равен 10 единицам расстояния, то величина шага волнового числа в области Фурье будет составлять $1/(4096 * 10)$ или 0.00002441 периодов за единицу расстояния. Волновое число будет максимальным при частоте Найквиста (Nyquist frequency), равной $1/(2 * \text{шаг отсчета})$. В нашем примере, это составляет 1/20 или 0.05 периодов за единицу расстояния. FFTOUT GX запишет действительную и мнимую компоненты трансформации в каналы базы данных. FFTPSPEC GX вычислит энергетический спектр и запишет результат в канал энергетического спектра. Остальные фильтры будут запущены на следующем этапе.
5. **Применение**
Фильтра Применение заданного фильтра к данным в области Фурье.
6. **Обратное БПФ** С помощью обратного БПФ отфильтрованные данные переводятся из частотной области назад в пространственную.
7. **Замена Тренда**
Trend Replacement Амплитуда нулевого волнового числа используется для определения тренда, для замены в данных. Многие фильтры

12 Глава 1: Основы и Возможности Программы

настраивают нулевое волновое число на 0.0, в результате чего никакой замены тренда в данных не происходит.

8. Masking

Маскировка

Канал с исходными данными используется в качестве маски для перевода отфильтрованных данных к первоначальной длине и заполнения пустых значений в отфильтрованных данных. Результат преобразования сохраняется в выходном канале, который задается GX-ом.

Описанный выше процесс фильтрации в области Фурье встроен в каждый одномерный фильтр Быстрого Преобразования Фурье.

Примечание: Вы можете использовать команду меню *FFTID|Advanced Usage*, чтобы пошагово пройти процесс фильтрации в области Фурье. Пошаговый способ позволяет вам применить любую свою формулу фильтра или математическое выражение.

Глава 2: Быстрый Старт

В этой главе объясняется, как применять **одномерные фильтры БПФ** в **Oasis montaj**. Разработанные процедуры покажут вам, как вы можете применять к каналу данных утилиты и одномерные фильтры БПФ.

- Создание проекта (стр. 13)
- Вывод на экран меню *1-D FFT* (стр. 14)
- Открытие базы данных (стр. 15)
- Применение фильтра к каналу данных (стр. 16)

Файлы с данными поставляются на компакт-диске и находятся в директории **Oasis montaj\data\1dffft**. Прежде, чем начать этот учебник, вам нужно скопировать файл базы данных (**fft_mag.gdb**) в свою рабочую директорию.

Создание Проекта

Чтобы вызвать на экран меню, вы должны открыть Проект. "Проект" **Oasis montaj** включает в себя все компоненты вашего рабочего проекта: файлы данных (базы данных, карты и регулярные сети) и использующиеся инструментальные средства (включая вспомогательные средства: гистограммы, графики разброса и т.д.), а также запоминает настройки, включая все меню, которые вы выводите на экран, информацию о том, где вы работаете (на карте или на графике) и состояние, в котором вы находились, последний раз работая с проектом.

Проект также управляет вашей рабочей директорией. Проекты сохраняются как файлы (*.gpf). Когда вы открываете существующий проект из какой-то директории, программа предполагает, что все ваши проектные файлы лежат в одной директории. Чтобы организовать и упростить свою работу, вы можете хранить проект и использующиеся в нем файлы в одной директории. Мы рекомендуем для каждого проекта, с которым вы работаете, создавать свой собственный (*.gpf) файл. Если вы используете в **Oasis montaj** несколько программных модулей, которые имеют разные меню, вы можете использовать проект, чтобы выводить на экран только те меню, которые вам нужны.

Project Explorer позволяет просматривать и открывать любой компонент проекта. Project Explorer имеет два окна: окно *Data (Данные)*, в котором содержатся все данные проекта и окно *Tools (Инструменты)*, в котором организованы инструменты проекта. Для перехода в окно *Tools* щелкните на панельке **Tools**, расположенной в нижней части окна Project Explorer. Чтобы вернуться в окно *Data*, щелкните на панельке **Data**, которая расположена в верхней части окна Project Explorer.

Важная Информация: Файл “Рабочее пространство” (Workspace) с расширением (*.gws), который используется в более ранних версиях **Oasis montaj** (до версии 6.0), вы можете легко конвертировать в файл “Проект” (Project) с расширением (*.gpf), открыв его в **Oasis montaj 6.0**. В диалоговом окне *Open Project* (команда *File|Project|Open*) в строке *File of Type* выберите “Workspaces (*.gws)”, и когда программа спросит, хотите ли вы конвертировать старый файл рабочего пространства в новый проектный файл, выберете “Yes” “Да”. Файл-рабочее пространство (*.gws) будет конвертирован в файл-проект (*.gpf), и вся информация, связанная с рабочим пространством будет перемещена в новый файл-проект. При этом файл-рабочее пространство останется неизменным, и его всегда можно открыть в предыдущих версиях.

СОЗДАТЬ ПРОЕКТ:

1. Запустите **Oasis montaj**.
2. В меню *File* выберите команду *Project*, а затем команду *New*. На экране появится диалоговое окно *New Project*.
3. Задайте имя и выберите директорию для проекта. Например, назовите проект **1D FFT** и укажите в качестве рабочей директории: **D:\Tutorial**. Автоматически **Oasis montaj** будет всегда искать ваши данные в директории, в которой находится проект. Сохраните файл базы данных (**fft_mag.gdb**) в свою проектной директории (**D:\Tutorial**).
4. Щелкните на кнопке [**Save**]. Программа сохранит ваш проект и откроет окно *Project Explorer*, отобразит главную панель инструментов и добавит меню в строку меню. Эти визуальные подсказки показывают, что вы готовы начать работу с программой.

Вывод на экран меню 1D - FFT

Как только вы активируете или обновите свою лицензию Geosoft, добавив в нее модуль **montaj Geophysics**, вам станут доступны меню одномерных фильтров *1-D FFT* из главного меню **Oasis montaj X-Utility**.

Одномерные фильтры БПФ (*1-D FFT*) позволяют вам применять разнообразные фильтры области Фурье к одномерным (линейным) потенциальным полям и другим данным.

МЕНЮ FFT1D:

Butterworth...	Фильтр Баттеруорта FFTBUTTW.GX (стр. 20)
Gaussian...	Фильтр Гаусса FFTGAUSS.GX (стр. 21)
Cosine...	Фильтр с косинусоидальным сглаживанием FFTCOSN.GX (стр. 21)
Low-pass...	Фильтр Низких Частот FFTLOWP.GX (стр. 22)
High-pass...	Фильтр Высоких Частот FFTHIGHP.GX (стр. 23)
Band-pass...	Полосовой Фильтр FFTBANDP.GX (стр. 24)
Vertical derivative...	Вертикальная Производная FFTVDRV.GX (стр. 24)
Vertical integration...	Вертикальное Интегрирование FFTVINT.GX (стр. 25)
Horizontal derivative...	Горизонтальная Производная FFTHZDRV.GX (стр. 25)
Horizontal integration...	Горизонтальное Интегрирование FFTHZINT.GX (стр. 25)
Continuation...	Продолжение Поля в Верхнее/Нижнее Полупространство FFTCONT.GX (стр. 26)
Reduce to pole...	Редукция к Магнитному Полюсу FFTRPOLE.GX (стр. 27)
Susceptibility...	Кажущаяся Магнитная Восприимчивость FFTSUSC.GX (стр. 28)
Density...	Плотность для Гривиметрических данных FFTDENS.GX (стр. 29)
Multiple filters...	Составные Фильтры FILT1MULT.GX (стр. 29)
Analytic Signal...	Аналитический Сигнал FFTAS.GX (стр. 30)
Hilbert Transform...	Преобразование Гилберта HILBERT.GX (стр. 31)
Power spectrum...	Энергетический Спектр FFTPSPEC.GX (стр. 32)
Advanced Usage ▶	

МЕНЮ ADVANCED USAGE:

Preprocess...	Предварительный просмотр перед обработкой FFTPREP.GX
Re-fid to distance...	Пересчет канала на базу расстояний DISTFID.GX
FFT Space -> Fourier...	Перевод из пространственной области в область волновых чисел. FFTIN.GX
FFT Fourier -> Space...	Перевод из области волновых чисел в пространственную. FFTOUT.GX
Re-fid back to fiducial...	Пересчет канала на базу отсчетов REFID.GX

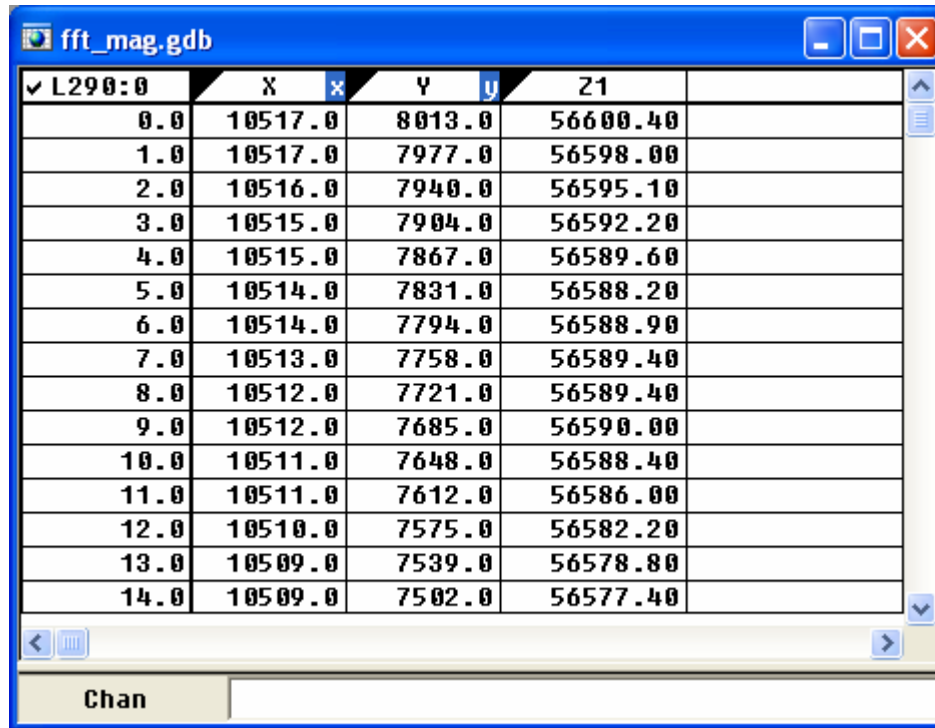
Открытие Базы Данных

Чтобы применить одномерные фильтры БПФ к каналу данных, вы должны открыть базу данных.

ОТКРЫТЬ БАЗУ ДАННЫХ:

1. В меню *Data* выберите команду *Open Database*. На экране появится диалоговое окно *Open Database*.
2. Выберите файл **fft_mag.gdb** и нажмите **[Открыть] [Open]**.

- База данных **fft_mag.gdb** будет показана в электронной таблице.



✓ L290:0	X	Y	Z1
0.0	10517.0	8013.0	56600.40
1.0	10517.0	7977.0	56598.00
2.0	10516.0	7940.0	56595.10
3.0	10515.0	7904.0	56592.20
4.0	10515.0	7867.0	56589.60
5.0	10514.0	7831.0	56588.20
6.0	10514.0	7794.0	56588.90
7.0	10513.0	7758.0	56589.40
8.0	10512.0	7721.0	56589.40
9.0	10512.0	7685.0	56590.00
10.0	10511.0	7648.0	56588.40
11.0	10511.0	7612.0	56586.00
12.0	10510.0	7575.0	56582.20
13.0	10509.0	7539.0	56578.80
14.0	10509.0	7502.0	56577.40

Применение Фильтра к Каналу Данных

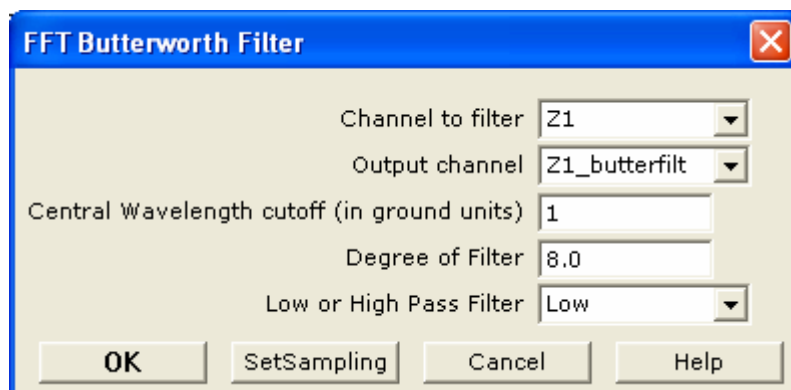
Чтобы применить одномерные фильтры БПФ к каналу данных, вы должны открыть базу данных. В этом примере мы будем применять к каналу **Z1** фильтр Баттеруорта (*Butterworth*).

Заметьте, что полный процесс Фурье-фильтрации (см. *Understanding the 1D-FFT Filtering Process* стр. 11) встроен в каждый одномерный фильтр БПФ.

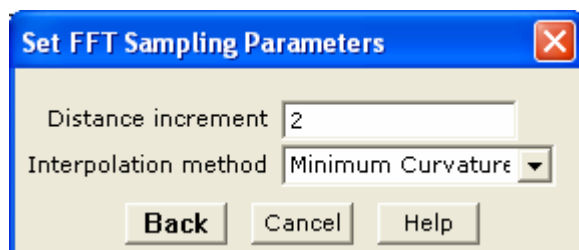
Примечание: Все **1D-FFT GX**ы (фильтры и утилиты) имеют собственные диалоговые окна с уникальными параметрами, характерными для каждого GXа. Для получения подробной информации по каждому GXу щелкните на кнопке **[Help]** в диалоговом окне.

ПРИМЕНИТЬ ФИЛЬТР К КАНАЛУ ДАННЫХ:

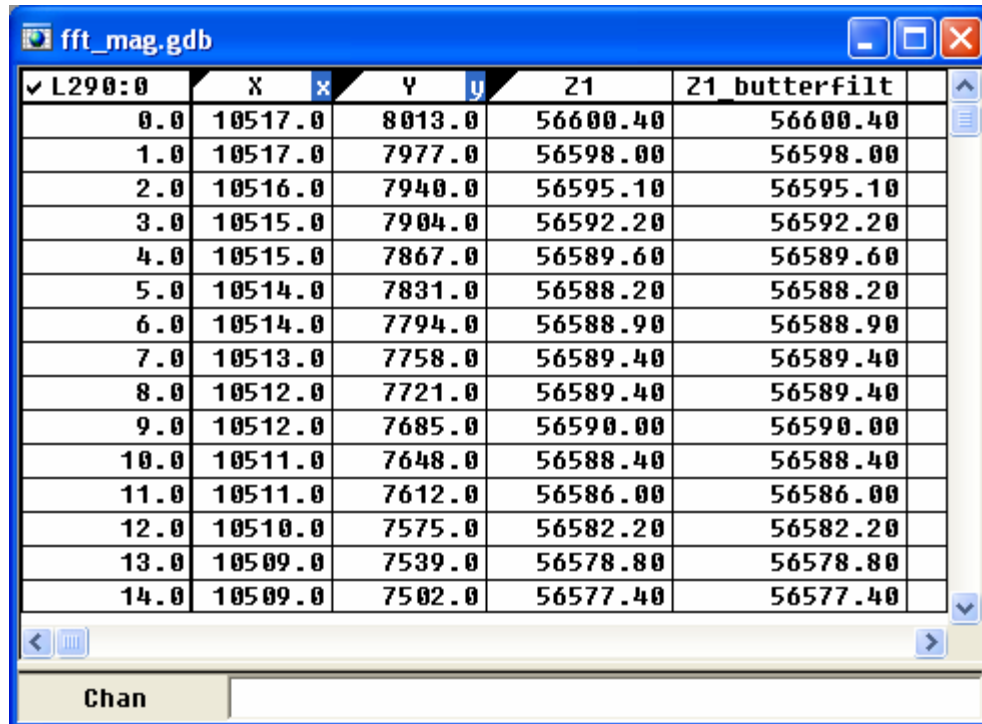
- В меню *X-Utility | 1-D FFT* выберите *Butterworth*. На экране появится диалоговое окно *FFT Butterworth Filter*.



2. Выберите из выпадающего списка *Channel to filter* канал (**Z1**). Задайте имя для выходного канала (**Z1_butterfilt**). Вы можете задать центральное волновое число отсечки (*Central Wavelength cutoff*), порядок фильтра (*Degree of Filter*), и в списке *Low or High Pass Filter* выбрать фильтр низких или высоких частот. Для получения дополнительной информации по этим параметрам нажмите [**Help**].
3. Щелкните на кнопке [**SetSampling**]. На экране появится диалоговое окно *Set FFT Sampling Parameters*.



4. Здесь вы можете задать нужный шаг по расстоянию и выбрать метод интерполяции. Для получения дополнительной информации по этим параметрам щелкните на кнопке [**Help**].
5. Щелкните на кнопке [**Back**], чтобы вернуться в диалоговое окно *FFT Butterworth Filter*. Щелкните на кнопке [**OK**], чтобы применить фильтр Баттеруорта и отобразить в базе данных выходной канал **butter_filt**.



✓ L290:0	X x	Y y	Z1	Z1 butterfilt
0.0	10517.0	8013.0	56600.40	56600.40
1.0	10517.0	7977.0	56598.00	56598.00
2.0	10516.0	7940.0	56595.10	56595.10
3.0	10515.0	7904.0	56592.20	56592.20
4.0	10515.0	7867.0	56589.60	56589.60
5.0	10514.0	7831.0	56588.20	56588.20
6.0	10514.0	7794.0	56588.90	56588.90
7.0	10513.0	7758.0	56589.40	56589.40
8.0	10512.0	7721.0	56589.40	56589.40
9.0	10512.0	7685.0	56590.00	56590.00
10.0	10511.0	7648.0	56588.40	56588.40
11.0	10511.0	7612.0	56586.00	56586.00
12.0	10510.0	7575.0	56582.20	56582.20
13.0	10509.0	7539.0	56578.80	56578.80
14.0	10509.0	7502.0	56577.40	56577.40

Chan

Глава 3: Подготовка Данных и Применение Фильтров

Эта глава объясняет, как программа **montaj Geophysics** готовит данные для фильтрации и подробно описывает применение и математику каждого одномерного фильтра БПФ.

Подготовка Данных для Фильтрации

Единицей расстояния, которую используют все фильтры, является отсчет (fiducial). Это означает, что, если вы, например, пересчитываете данные в верхнее полупространство, вы должны задать расстояние пересчета в отсчетах, или, если вычисляете вертикальную производную полного вектора магнитного поля, полученный результат будет выражен в нТеслах/отсчет (nT/fiducial).

Обычно удобнее работать с данными в реальных единицах расстояния, таких как метры (или ваших единицах расстояния). Для этого вы должны убедиться, что нумерация отсчетов для канала, к которому вы хотите применить фильтр, основана на расстоянии. Если нумерация ваших отсчетов основана не на реальных единицах расстояния, мы рекомендуем перед применением фильтров пересчитать свои данные к реальным единицам расстояния.

Чтобы пересчитать данные к единицам расстояния, выберите в меню *I-D FFT* команду *AdvancedUsage|Re-fid to distance*. Соответствующий GX (DISTFID) ищет канал с названием "_Distance", содержащий расстояние каждой точки в канале. Если канал "_Distance" не существует, программа создаст его, основываясь на каналы "X" и "Y" в базе данных. Затем этот GX пересчитывает входной канал данных (используя канал расстояния как новую базу отсчетов) и создает новый канал данных.

DISTFID GX также создает канал с таким же именем, как и у исходного канала, но с добавлением расширения "_fid". Этот канал содержит первоначальные значения отсчетов для нового канала данных. Если вы хотите вернуть отфильтрованные каналы назад к исходной базе отсчетов для другой обработки, вам понадобятся исходные значения отсчетов.

Чтобы вернуть каналы к исходным значениям, выберите в меню FFT команду *AdvancedUsage|Re-fid back to fiducial* и задайте отфильтрованный канал, который нужно вернуть назад к базе отсчетов. В качестве выходного канала вы можете задать тот же самый входной канал, и программа просто заменит этот канал новыми данными. За канал отсчетов вам нужно взять канал "_fid" (например, "mag_fid"), который вы создали, используя исходные данные. Наконец, оставьте поле *New start fiducial* пустым и задайте исходный шаг отсчета в поле *New fiducial increment*.

Применение Стандартных Фильтров

Эта глава описывает использование отдельных фильтров (Gx-ов), включенных в программу **montaj Geophysics**. Каждый из этих фильтров начинает с линии данных (профиля) в пространственной области и создает новую линию данных (профиль) в пространственной области после применения фильтра которая является результатом применения фильтра. Если вы хотите применить свои собственные фильтры, обратитесь к главе *Использование Собственных Фильтров*.

Эта глава описывает применение и математику каждого **одномерного фильтра БПФ**, включенного в **Oasis montaj**. Математические выражения используют следующие параметры:

- ω - Волновое число в радианах на единицу расстояния
- k - Волновое число в периодах на единицу расстояния ($\omega = 2\pi k$)
- N - Волновое число Найквиста [$N=1/2d$, где d – шаг исходных данных]

Фильтр Баттеруорта

Butterworth Filter (FFTBUTTW GX)

Фильтр Баттеруорта – отлично подходит для применения к данным прямых фильтров высоких и низких частот, поскольку вы легко можете управлять порядком крутизны спада фильтра при фиксированном значении центрального волнового числа. Если был измерен шум, вы можете уменьшать порядок фильтра, пока не получите желаемый результат. Распространенным, но более сложным альтернативным вариантом является косинусоидальный фильтр (FFTCOSN).



$$L(k) = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{k}{k_c}\right)^n\right]}$$

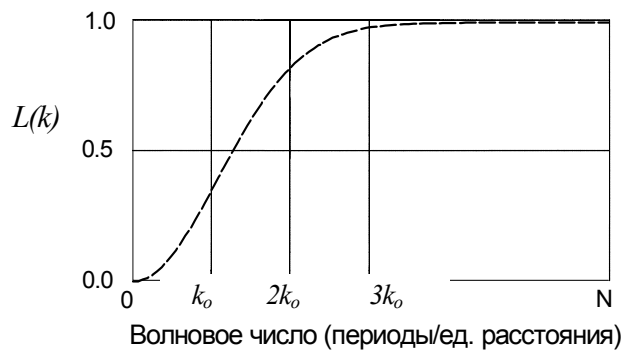
Параметры:

- k_0 Центральное волновое число фильтра.
- n Порядок функции фильтра Баттеруорта. По умолчанию используется 8-й порядок.
- 0/1 Фильтр остаточного/регионального поля (Residual/Regional) для пропускания высоких или низких частот. По умолчанию, программа применяет региональный (regional) фильтр.

Фильтр Гаусса (Регионального/Остаточного поля)

Gaussian Regional/Residual Filter (FFTGAUSS GX)

Фильтр Гаусса – еще один гладкий фильтр, часто использующийся для пропускания высоких или низких частот.



$$L(k) = 1 - e^{-\left(k^2/2k_0^2\right)}$$

Параметры:

- k_0 Стандартное отклонение функции Гаусса в периодах на ед. расстояния (аналогично частоте отсечки, за исключением того, что амплитуда функции в этой точке может быть равна только 0.39).
- 0/1 Фильтр остаточного (0) и регионального (1) поля.

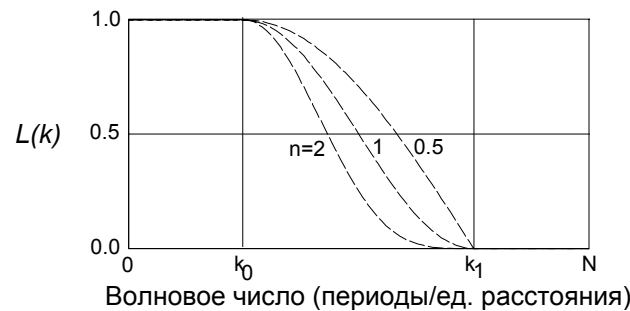
Фильтр с косинусным сглаживанием

Cosine Roll-off Filter (FFTCOSN GX)

Благодаря тому, что этот фильтр имеет гладкую форму и не изменяет энергетический спектр до начала спада (или после окончания спада в режиме

22 Глава 3: Подготовка Данных и Применение Фильтров

пропускания высоких частот), он обычно используется для простых операций пропускания высоких и низких частот. Чтобы уменьшить шум, вы можете увеличить расстояние между k_1 и k_0 .



$$L(k) = 1, \text{ при } k < k_0$$

$$L(k) = \cos^n \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{k - k_0}{k_1 - k_0} \right) \right], \text{ при } k_0 \leq k \leq k_1$$

$$L(k) = 0, \text{ при } k > k_1$$

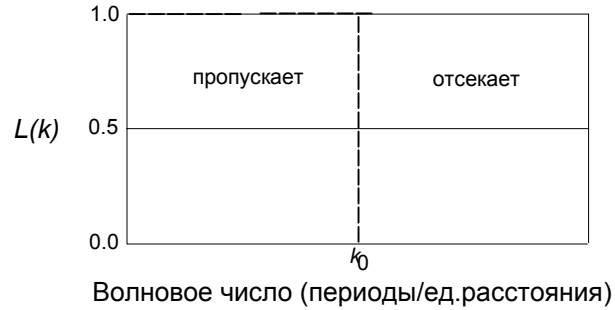
Параметры:

- k_0 Граничная точка фильтра в области низких значений волнового числа. (волновое число отсечки при пропускании высоких частот или начало спада при пропускании низких частот)
- k_1 Граничная точка фильтра в области высоких значений волнового числа. (начало спада при пропускании высоких частот или волновое число отсечки при пропускании низких частот)
- n Порядок косинус косинусной функции. По умолчанию используется 2-й порядок.
- 0/1 0 – фильтр остаточного поля (высоких частот); 1 – фильтр регионального поля (низких частот). По умолчанию применяется фильтр низких частот.

Фильтр Низких Частот

Lowpass Filter (FFTLWP GX)

Как в случае с полосовым фильтром, вы должны использовать этот фильтр выборочно, потому что он может подвергнуться явлению Гиббса («звон»).



$$L(k) = 1, \text{ при } k \leq k_0$$

$$L(k) = 0, \text{ при } k > k_0$$

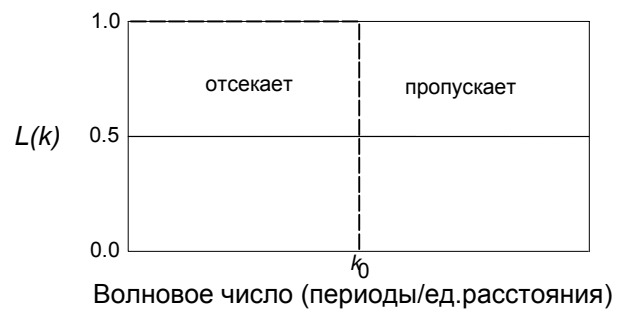
Параметр:

k_0 Волновое число отсечки в периодах/ед.расстояния. Все волновые числа выше этого значения будут удалены.

Фильтр Высоких Частот

Highpass Filter (FFTHIGHP GX)

Как в случае с полосовым фильтром, вы должны использовать этот фильтр выборочно, потому что он может подвергнуться явлению Гиббса («звон»).



$$L(k) = 0, \text{ при } k < k_0$$

$$L(k) = 1, \text{ при } k \geq k_0$$

Параметр:

k_0 Волновое число отсечки в периодах/ед. расстояния. Удаляет все волновые числа ниже этого значения.

Полосовой Фильтр

Bandpass Filter (FFTBANDP GX)

Вы можете использовать полосовой фильтр, чтобы пропустить или отсеять полосу волновых чисел. Однако, применение такого простого срезающего фильтра к энергетическому спектру почти всегда производит значительное количество шума (также известно как явление Гиббса). Мы рекомендуем вам использовать более гладкий фильтр, такой как фильтр Баттеруорта (FFTBUTTW).



$$L(k) = 0, \text{ при } k < k_0$$

$$L(k) = 1, \text{ при } k_0 \leq k \leq k_1$$

$$L(k) = 0, \text{ при } k > k_1$$

Параметры:

k_0 Нижнее значение волнового числа в периодах на ед.расстояния.

k_1 Верхнее значение волнового числа в периодах на ед. расстояния.

0/1 При 1 – пропускает заданную полосу волновых чисел. При 0 – отсекает заданную полосу. По умолчанию установлено пропускать заданную полосу.

Вертикальная Производная

Vertical Derivative (FFTVDRV GX)

Вертикальная производная обычно применяется к данным полного магнитного поля для выделения наиболее близко расположенных к поверхности геологических источников. Вместе со всеми фильтрами, усиливающими высокочастотную составляющую спектра, вы также обычно должны использовать фильтры низких частот для удаления высокочастотного шума.

$$L(\omega) = \omega^n$$

Параметр:

n Порядок дифференцирования.

Вертикальное Интегрирование

Vertical Integration (FFTVINT)

Этот фильтр вычисляет вертикальный интеграл входной трансформации. Эта операция, обратная вычислению вертикальной производной. Нулевое волновое число установлено на 0.

$$L(\omega) = \omega^{-1}$$

Горизонтальная Производная

Horizontal Derivative (FFTHZDRV GX)

Вы можете использовать горизонтальную производную, чтобы выделить геологические границы в профильных данных.

$$L(\omega) = (\omega i)^n$$

Параметр:

n Порядок дифференцирования.

Горизонтальное Интегрирование

Horizontal Integration (FFTHZINT GX)

Фильтр инверсии градиента (горизонтальное интегрирование) вычисляет горизонтальный интеграл входной трансформанты. Эта операция является обратной к вычислению горизонтальной производной. Нулевое волновое число установлено на 0.

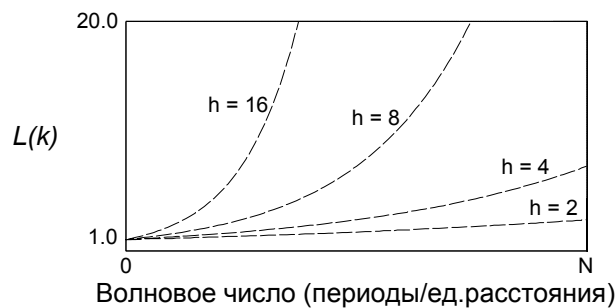
$$L(\omega) = (i \omega)^{-1}$$

Аналитическое Продолжение Поля в Нижнее Полупространство

Downward Continuation (FFTCONT GX)

Процедура пересчета поля в нижнее полупространство усиливает сигнал от источников, залегающих на небольшой глубине (с помощью эффективного перемещения плоскости измерений ближе к источникам). Однако, имейте в виду, что продолжение поля невозможно выполнить через источник потенциального поля. Если данные содержат высокочастотный шум, при пересчете вниз он может проявиться как сигналы от неглубоких источников. Такой шум необходимо удалить перед пересчетом поля в нижнее полупространство. Фильтр Баттеруорта в режиме пропускания низких частот, настроенный на полосу от 1 до 1.5 значения глубины пересчета может быть очень эффективным для удаления шума перед пересчетом поля вниз.

Вам нужно построить график энергетического спектра, чтобы определить значение волнового числа, при котором проявляющиеся источники (шум) будут выше глубины пересчета. Энергетический спектр полезен также для определения глубины, на которую вы можете пересчитать данные.



$$L(\omega) = e^{h\omega}$$

Параметр:

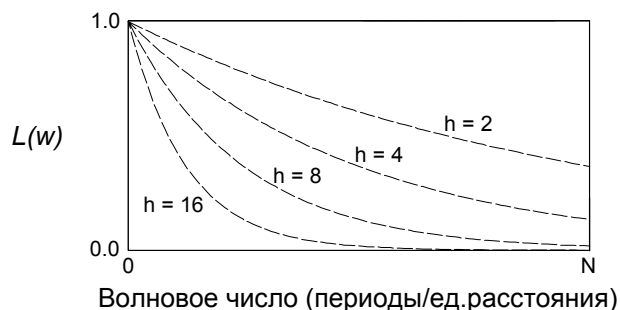
h расстояние в единицах расстояния, для продолжения поля вниз относительно плоскости наблюдений.

Аналитическое Продолжение Поля в Верхнее Полупространство

Upward Continuation (FFTCONT GX)

Пересчет поля в верхнее полупространство считается “чистым” фильтром, поскольку он почти не производит побочных эффектов, которые могут требовать применения других фильтров или процедур для коррекции. Благодаря этому, этот фильтр часто используют для удаления или минимизации в регулярных сетках полей неглубоких источников или шума.

Вы также можете использовать пересчитанные вверх данные в значениях, а также с программами моделирования.



$$L(\omega) = e^{-h\omega}$$

Параметр:

h — высота пересчета (в единицах расстояния) относительно плоскости наблюдений

Редукция к Магнитному Полюсу

Magnetic Pole Reduction (FFTRPOLE GX)

Редукция к полюсу используется в районах низких магнитных широт для приведения аномалии в ее эквиваленту, который был бы получен на северном магнитном полюсе. Эта трансформация упрощает интерпретацию и визуализацию аномалий в районах низких магнитных широт.

Редукция к полюсу:

$$L(\theta) = \frac{1}{(\sin I_a + i \cos I \cdot \cos(D - \theta))^2},$$

где

I — Геомагнитное наклонение

I_a — Наклонение для пересчета амплитуды (всегда больше I)

D — Геомагнитное склонение

Параметр:

I_a — Наклонение, используемое для коррекции амплитуды. По умолчанию равно ± 20 . ($I_a = 20$, при $I > 0$; $I_a = (-20)$, при $I < 0$). Если $|I_a|$ задать меньше, чем $|I|$, то оно устанавливается равным I .

Редукция к полюсу имеет амплитудную компоненту (член $\sin(I)$) и фазовую компоненту (член $i\cos(I)\cos(D-\theta)$). При выполнении редукции к полюсу с экваториальных широт, структуры северного и южного простирания могут раздуться из-за сильной амплитудной коррекции (член $\sin(I)$ term), которая применяется, когда $D-\theta$ равно $\pi/2$ (т.е. волновое число В-З). Задавая большее значение широты для собственно амплитудной коррекции, эту проблему можно уменьшить или устранить ценой недокоррекции амплитуд для С-Ю структур.

Наклонение вектора в 90 градусов обуславливает применение к данным только фазовой компоненты (без коррекции амплитуд), а значение 0 обуславливает применение фазовой и амплитудной коррекции по всему диапазону.

Кажущаяся Магнитная Восприимчивость

Apparent Susceptibility (FFTSUSC GX)

Этот фильтр вычисляет кажущуюся магнитную восприимчивость магнитных источников, используя следующие предположения:

- Глобальное (нормальное) геомагнитное поле Земли вычитается из данных.
- Остаточная намагниченность отсутствует.
- Все магнитное поле создается набором вертикальных призм бесконечных по простиранию и глубине.

Фильтр кажущейся восприимчивости, фактически, является составным фильтром, который выполняет редукцию к полюсу, пересчет поля вниз на глубину источника, коррекцию за геометрический эффект вертикальной призмы и разделение значение полного поля для получения восприимчивости.

$$L(k, \theta) = \frac{1}{2\pi F \cdot H(\omega) \cdot \Gamma(\theta) \cdot K(k)}$$

$$H(\omega) = e^{-h\omega}$$

$$\Gamma(\theta) = (\sin I_a + i \cos I \cdot \cos(D - \theta))^2$$

$$K(\omega) = \left(\frac{\sin(a\omega)}{a\omega} \right)$$

$H(\omega)$ - Пересчет поля вниз на глубину h

$\Gamma(\theta)$ - Редукция к полюсу

$K(\omega)$ - Геометрический коэффициент вертикальной призмы (в направлении $2a \cdot \infty \cdot \infty$)

Параметры:

- h* Глубина в ед. расстояния относительно уровня наблюдения, на котором вычисляется восприимчивость.
- I_a* Наклонение для редукции к полюсу. Наклонение, для которого используется только фазовая компонента при редукции к полюсу. По умолчанию равно ± 20 . Если $|I_a|$ задать меньше, чем $|I|$, то оно устанавливается равным *I*.
- I* - Геомагнитное наклонение
- D* - Геомагнитное склонение
- F* - Значение полного вектора магнитного поля

Кажущаяся Плотность

Apparent Density (FFTDENS GX)

Этот фильтр вычисляет кажущуюся плотность разреза, обуславливающую наблюдаемое поле по профилю. При этом принимается, что гравитационное поле создается набором прямоугольных призм, бесконечных по простиранию, верхняя кромка которых совпадает с плоскостью наблюдения, нижняя находится на глубине *t*.

Перед вычислением кажущейся плотности вы можете пересчитать поле на глубину вниз, чтобы приблизиться к верхней кромке рассматриваемой геологической модели.

Вы должны задать мощность модели слоя и плотность вмещающих пород.

$$L(\omega) = \frac{\omega}{2\pi G(1 - e^{-t\omega})}$$

Параметры:

- t* - Мощность модели в единицах расстояния.
- d* - Плотность вмещающих пород в г/см³
- G* - Гравитационная постоянная.

Составные Фильтры

Multiple Filters (FFT1MULT GX)

Опция *Multiple Filters* позволяет вам применять к каналу несколько одномерных фильтров Быстрого Преобразования Фурье.

Опция Multiple Filters позволяет за одну процедуру применить к каналу несколько фильтров, в которой, данные сначала подвергаются преобразованию Фурье (ПФ) для перевода в область волновых чисел, затем применяются несколько фильтров (простые процедуры умножения) и, наконец, полученный результат переводится назад в пространственную область с помощью Обратного Преобразования Фурье (ОПФ).

Заметьте, что в специфичных для 1-мерного БПФ фильтрах GX (fftvdrv GX, fftbuttw GX и т.д...) использование каждого фильтра требует выполнения своего собственного процесса ПФ-фильтр-ОПФ. Это может внести в данные шум, поскольку число фильтров увеличивается. Использование данного GX для нескольких фильтров позволит избежать этой проблемы.

В этом Gx-e, вместе с именами входного и выходного каналов пользователь может выбирать до шести фильтров. Для каждого заданного типа фильтра на экране появляется отдельное окно, в котором пользователю предлагается задать значения для параметров, подходящих для этого фильтра.

Для неинтерактивного процесса параметры скрипта для каждого выбранного фильтра могут относиться к соответствующему GX-у программы. Информацию для каждого типа фильтра можно получить, щелкнув на кнопке [Help] в каждом отдельном диалоговом окне.

Аналитический Сигнал

Analytic Signal (FFTAS GX)

Опция Analytic Signal вычисляет аналитический сигнал канала. Аналитический сигнал может использоваться для определения местоположений границ тел с остаточной намагниченностью, а также в областях низких магнитных широт (Macleod et al., 1994).

Аналитический сигнал (as) поля определяется как:

$$as = \sqrt{dz \cdot dz + dx \cdot dx} ,$$

где

dz - вертикальная производная

dx - горизонтальная производная

Вертикальная производная вычисляется с помощью процесса БПФ, который описан далее в этой главе. Горизонтальная производная вычисляется с применением фильтра свертки в пространственной области. Затем по этим двум наборам данных оценивается аналитический сигнал.

Преобразование Гилберта

Hilbert Transform (HILBERT GX)

Опция Hilbert Transform выполняет преобразование Гилберта с помощью БПФ на основе известного выражения:

$F[H[f(x)]] = -i \operatorname{sgn}(w) F[f(x)]$ (уравнение 7 из используемых литературных источников, приведенных ниже),

где:

$F[f(x)]$ – Преобразование Фурье $f(x)$,

$H[f(x)]$ - Преобразование Гилберта $f(x)$, и

$\operatorname{Sgn}(w) = w / |w| = +1$ при $w > 0$, $= 0$ при $w = 0$, $= -1$ при $w < 0$.

Сначала этот GX выполняет прямое БПФ входного канала. Программа создает три выходных канала (это только в том случае, если входной канал не является каналом массива). Эти каналы будут иметь те же самые имена, что и входной канал, только с окончанием "_r" и "_i" для действительной и мнимой компонент преобразования, и "_w" для волнового числа в радианах/отсчет. (Предполагается, что тренд удален перед выполнением БПФ)

Обратите внимание на то, что выходные значения представляют собой действительную и мнимую компоненты положительных частот преобразования. Поскольку мы имеем дело с пространственной областью действительных значений, отрицательная часть спектра является просто сопряженной с положительной, т.е. $h(-f) = [h(f)]^*$, и не включается в выходной результат.

.

Число отсчетов будет в периодах/отсчет. Канал волнового числа будет в радианах/отсчет (radians/fiducial).

Затем оператор одномерного преобразования Гилберта $-i \operatorname{sgn}(w)$ применяется к данным, преобразованным БПФ.

Наконец, этот GX выполняет обратное БПФ для получения результатов преобразования Гилберта и записи их в выходной канал.

Для практической обработки данных рекомендуется удалять трендовую линию, основанную на всех точках данных (по умолчанию) перед выполнением БПФ, чтобы избежать разрывов. Удаленный тренд будет восстановлен аналогичным способом, так же, как он удалялся, после БПФ.

Для практической обработки данных рекомендуется также перед процессом БПФ продлевать профиль точек с данными на 10%, чтобы избежать разрывов. Этот GX сначала продлевает профиль на количество процентов, которое задает пользователь, далее продлевает до ближайшего числа, кратному степени 2. Например, если исходные данные содержат 60 точек, эта линия будет увеличена на 10% или на 6 точек, и в результате получим 66 точек. Затем, для выполнения БПФ эта линия будет продлена до ближайшего числа, кратному степени 2, т.е. до 128 точек.

Продолженная линия будет проинтерполирована с помощью метода Максимальной Энтропии. Метод Максимальной Энтропии использует исходные точки данных для определения их спектрального содержания. Затем он прогнозирует функцию данных, которая будет иметь такой же спектральный характер, что и исходные данные. В результате прогнозируемые данные не будут существенно изменять энергетический спектр, который был бы получен только от исходных данных.

Однако, применительно для примера с модельными данными трендовая линия “с удалением среднего значения” и продлении на 0% может дать правильные результаты.

Литература: “Toward a three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transforms: Fundamental relations”, Misac N. Nabighian, Geophysics, Vol. 49, No. 6, pp. 780-786, 1984.

Энергетический Спектр

Power Spectrum (FFTPSPEC GX)

Опция Power Spectrum вычисляет логарифм полного спектра канала. Заметьте, что значение энергетического спектра – основание десятичного логарифма.

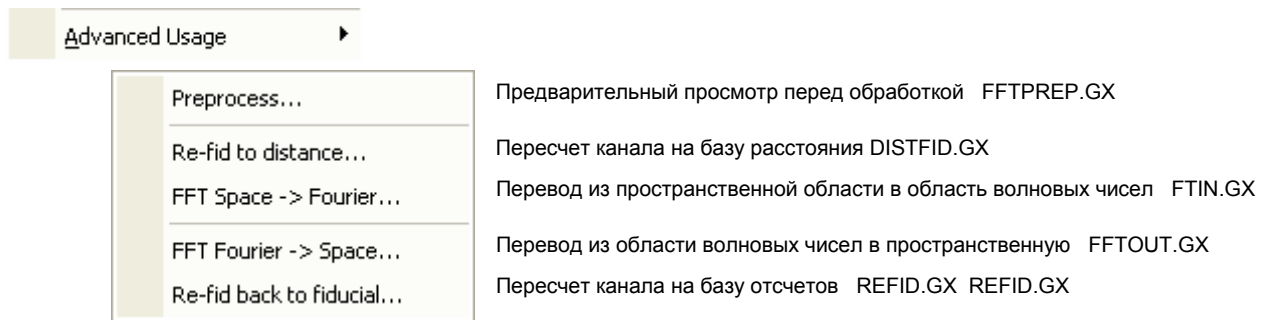
Шаг отсчета будет в периодах на исходный отсчет. Линия профиля продлевается к степени 2 от длины, а шаг волнового числа будет

$$1/(\text{длина профиля} * \text{шаг отсчета})$$

Глава 4: Применение Специальных Фильтров

Программный модуль **montaj Geophysics** позволяет вам также работать непосредственно с преобразованием и применять свои собственные фильтры.

Меню *Advanced Usage* предоставляет пользователям подменю пошагового применения к данным одномерных фильтров БПФ. Дополнительную информацию по одномерной фильтрации БПФ вы найдете в разделе **Понимание Процесса Фильтрации с помощью Одномерного Быстрого Преобразования Фурье (1D-FFT)** на стр. 11. Эти команды меню разработаны для опытных пользователей, которые хотят применить к своим данным специальные фильтры и математические выражения.



Для получения более подробной информации по этим и другим диалоговым окнам **1D-FFT** нажмите кнопку **[Help]**.

FFTIN GX (команда меню *FFT1D|Advanced Usage|FFT space --> Fourier*) преобразует канал в область Фурье и создает канал с действительной и мнимой компонентами, а также канал волнового числа. Затем вы можете использовать фильтры с каналами действительной, мнимой компонент и волнового числа, чтобы создать новые каналы действительной и мнимой компонент. FFTOUT GX (команда *FFT1D|Advanced Usage|FFT Fourier --> Space*) переводит каналы действительной и мнимой компонент обратно в пространственную область и маскирует результат по отношению к исходным значениям.

Каналы, созданные Gx-ом FFTIN имеют такое же имя, что и исходный входной канал, только с добавлением индексов “_r”, “_i” и “_w” и являются каналами действительной, мнимой компоненты и волнового числа соответственно. Канал волнового числа задан в единицах радианы/отсчет (2π периодов/отсчет). Нумерация отсчетов каналов области Фурье – в периодах/отсчет.

Обратите внимание на то, что процесс FFTIN не удаляет тренд из данных. Если ваши данные содержат нежелательный тренд, вы должны удалить его перед запуском FFTIN. Вы также должны заменить тренд в данных после обработки.

Процесс применения вашего собственного фильтра лучшего всего можно показать на каком-нибудь примере. Например, у нас есть канал с именем

34 Глава 4: Применение Специальных Фильтров

“Mag”, который уже переведен на базу расстояний (отсчеты в единицах расстояния). Мы хотим посчитать первую производную, используя выражение:

$$L(\omega) = \omega^n,$$

где n – порядок дифференцирования (в нашем случае $n=1$). Чтобы применить это выражение, мы должны умножить трансформацию Фурье на волновое число:

1. В меню *X-Utility | 1-D FFT* выполните команду *Advanced Usage|FT space -->Fourier* и выберите канал для преобразования “Mag”. Программа создаст каналы “Mag_r”, “Mag_i” и “Mag_w”.
2. Выделите в базе данных полностью весь канал “Mag_r” (щелкните три раза на заголовке “Mag_r”).
3. Нажмите клавишу знака равно “=”, чтобы ввести выражение и введите: “Mag_r*Mag_w”
Канал “Mag_r” будет заменен отфильтрованными действительными данными.
4. Выделите в базе данных весь канал “Mag_i”. Нажмите “=” для ввода выражения и введите: “Mag_i*Mag_w”. Канал “Mag_i” будет заменен отфильтрованными мнимыми данными.
5. Выберите **FFT Fourier --> space...** и в качестве входных каналов выберите “Mag_r” и “Mag_i”, в качестве исходного канала выберите “Mag” и в качестве выходного канала выберите “dz”. Канал “dz” будет содержать вертикальную производную в нТеслах на единицы расстояния.

Литература

Bhattacharya, B. K., 1966, *Continuous spectrum of the total magnetic field anomaly due to a rectangular prismatic body*. Geophysics, Vol. 31, p.97-121.

Burg, J. P., 1975, *Maximum Entropy Special Analysis*. Unpublished doctoral dissertation. Stanford University. 168p.

Claerbout, J.F., 1988. *Fundamentals of Geophysical Data Processing with Applications to Petroleum Prospecting*, Blackwell Scientific Publications, Palo Alto, California, U.S.A.

Gupta, V. K., and Grant, F. S., 1985, *Mineral exploration aspects of gravity and aeromagnetic survey in Sudbury-Cobalt area, Ontario*. SEG; The Utility of Regional Gravity and Magnetic Anomaly Maps, W. J. Hinze (Editor) p.392-411.

MacLeod, I. N., Vierra, S. and Chaves, A. C., 1993, *Analytic signal and reduction - to-the-pole in the interpretation of total magnetic field at low magnetic latitudes*. Proceedings of the Third International Congress of the Brazilian Geophysical Society, November, 1993.

McClellan, J. H. and Nawab H., *Complex General-N Winograd Fourier Transform Algorithm (WFTA)*, Programs for Digital Signal Processing, IEEE Press, pp. 1.7-1 - 1.7-10, 1979.

Spector, A. and Grant, F. S., 1970, *Statistical models for interpreting aeromagnetic data*. Geophysics, Vol. 35, No. 2, p.293-302.

Wiener, N., 1949, *Extrapolation, interpolation, and smoothing of stationary time series*. Cambridge, M.I.T. Press.

Winograd, S. *On Computing the Discrete Fourier Transform*, Mathematics of Computation, Vol. 32, N0.141, pp. 175-199, Jan. 1978.

Claerbout, J.F., 1988. *Fundamentals of Geophysical Data Processing with Applications to Petroleum Prospecting*, Blackwell Scientific Publications, Palo Alto, California, U.S.

Глоссарий

Каналы массива	Специальные каналы в столбцах электронной таблице, которые содержат множество каналов данных. Графически каналы массива представлены в электронной таблице в виде графика. См. также <i>каналы, каналы подмассива</i> .
каналы	В электронной таблице Oasis montaj канал представляет собой столбец, который содержит определенный тип данных.
столбец	В электронной таблице Oasis montaj вертикальный ряд ячеек, содержащих данные.
база данных	См. <i>База данных Oasis</i>
рабочий стол	Фоновая область проекта Oasis montaj . Вы можете открыть и отобразить в этой области практически неограниченное количество число окон электронных таблиц, графиков и карт.
Номера отсчетов	Точки, принятые как фиксированные пункты. Отметки, указывающие порядок, при котором был отсчет или отобраена проба.
Графический Пользовательский Интерфейс	Интерактивная программная среда, в которой выполнение функций происходит посредством выбора графических объектов.
регулярная сетка	Набор точек в строках и столбцах, которые определяют двумерный прямоугольный участок на каком-то плане, обычно участке поверхности земли.
Регулярные сетки или файлы регулярной сети	Файлы, содержащие координаты (X и Y) и значения данных (Z). Обычно значения интерполируются для создания регулярного и равномерного представления точек и данных.
группы	Набор графических элементов, которые составляют графическую часть карты. Например, линии измерений, изолинии и графики могут быть отдельными графическими группами внутри Вида Данные (Data View).
GX или Geosoft eXecutable	Запрограммированные процессы (с файловым расширением *.GX) используются для обработки данных в Oasis montaj .
Изображения или файлы Изображений	Файлы, содержащие координаты (X и Y) и значения Цветов. Эти значения не интерполированы. Стандартные типы файлов, полученные с использованием электронной фотоаппаратуры.
Линия (профиль)	Линейный массив точек наблюдения.
Главное окно	Главный инструмент, использующийся для создания и поддержки баз данных, отображения и обработки данных. Oasis montaj – программа с Графическим Пользовательским Интерфейсом, который обеспечивает все функциональные возможности, необходимые для обработки и отображения практически любого типа геоданных.

Карта (*.MAP)	Разработанный Geosoft файл, объединяющий все графические элементы (линии, многоугольники, тексты) и слои (основа карт, данные, регулярные сети, схемы и изображения), построенные в Oasis montaj .
файл описания карты map description file (*.MDF)	Файл, используемый при построении стандартной карты, которая имеет размер листа и рамку, внутри которой расположен участок карты с заданным началом координат и масштабом. Обычно, MDF файлы созданы с помощью MAPSET GX. MDF файлы можно также создать вручную путем редактирования ASCII файла с расширением .MDF.
меню (*.OMN)	Графический список, из которого пользователь может их выбрать команды и функции.
база данных Oasis	Объектно-ориентированная база данных, в которой хранятся геоданные в том виде, при котором обеспечивается быстрый доступ к данным и эффективное хранение для приложений, работающими с большими объемами данных.
Oasis montaj	Oasis montaj является базовой платформой программного обеспечения, которая предоставляет все функциональные возможности, необходимые для управления, манипуляции, визуализации и составления карт пространственных геоданных.
Проект (*.GPF)	Бинарный файл, определяющий внешний вид вашей рабочей среды. По сути это ваш “электронный портфель”, который помогает организовать данные и действия, относящиеся к проекту обработки данных.
Случайно распределенные (random) данные xyz random XYZ data	Распределенные данные XYZ, которые не могут быть естественно сгруппированы в отдельные линии. Например, региональные гравиметрические съемки или геохимические поиски, как правило, считаются случайно распределенными данными, поскольку при нанесении на карту местоположение точек выглядит случайными.
строка	Горизонтальная линия ячеек с данными в электронной таблице Oasis montaj .
Канал под-массивов	Отдельные каналы данных из канала массива.
шаблон	Файл, который используется для управления данными в отдельном формате.
Вид	Сохраненный вид настроек экрана, текущей линии (профиля), каналов и графиков, показанных в Oasis montaj .