

### Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова

Факультет Вычислительной Математики и Кибернетики

Кафедра Математической физики

### Курсовая работа

## Построение обратных фильтров винеровской фильтрацией при перекрывающихся съемках.

## Construction of inverse filters by Wiener filtering with overlapping surveys

*Автор:*

группа 302

### Хайдарпашич Руслан Сафетович

*Научный руководитель:*

### Профессор кафедры МФ,

### зав. лабораторией ВЭ, д-р физ.-мат. наук

### Ильинский Анатолий Серафимович

### 

**Содержание**

[Введение 3](#_Toc102395441)

[1 Постановка задачи 4](#_Toc102395442)

[2 Основы теории сейсморазведки и линейных фильтров 5](#_Toc102395443)

[3 Построение обратного фильтра при перекрывающихся съемках 7](#_Toc102395444)

[Заключение 9](#_Toc102395445)

[Приложение 10](#_Toc102395446)

# Введение

Обработка геофизических сигналов дает возможность производить оценки рентабельности месторождений полезных ископаемых, рисков проведения буровых работ, и геолого-физического строения изучаемой территории.

Тем самым ошибки обработки геофизических данных могут привести к катастрофическим последствиям. Причины их возникновения разнообразны: антропогенные факторы – линии электропередач, шум автотранспорта, невнимательность операторов, несовершенство аппаратуры; природные явления – дождь, ветер, солнечный ветер, миграция криолитозоны; специфика конкретных геофизических полей – кратные сейсмические волны, поляризуемость среды, динамичность магнитного поля Земли и т. п. Для минимизации последних были разработаны различные алгоритмы фильтрации и функционалы, заданные на пространстве сигналов.

Несмотря на обширный ассортимент математического инструментария, позволяющего решать данную проблему, на практике превалируют линейные оптимальные фильтры. Это обусловлено двумя причинами: во-первых, теория линейных систем и линейной обработки сигналов хорошо разработана и определены оптимальные решения многих задач в замкнутом аналитическом виде, а во-вторых, широкое распространение линейных методов обработки обусловлено высокой скоростью выполнения линейных операций на основе алгоритма быстрого преобразования Фурье.[5]

В данной работе рассмотрен фильтр Винера, применительно к данным, полученным при перекрывающихся сейсмических съемках.

# Постановка задачи

Целью данной работы является обоснование использования и реализация оптимального линейного многоканального фильтра Винера для обработки сейсмических данных, полученных на одной и той же территории, но с различными системами наблюдения или параметрами и типами источников энергии.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

* 1. Рассмотреть класс оптимальных фильтров;
  2. Найти в явном виде многоканальный фильтр Винера для сейсмических данных.

# Основы теории сейсморазведки и линейных фильтров

Теория сейсмической разведки основана на возбуждении механических колебаний упругой среды. В качестве источников энергии используются либо импульсный источники: вызрывы, - либо вибрационные: свип-сигналы. Оба источника имеют ограниченный информативный диапазон частот (ИДЧ), что влечет низкую эффективность применения оптимизации спектров зарегистрированных сигналов корректирующими фильтрами и применения деконвалюции.[4]

Применение различных фильтров позволяет преобразовать экспериментальные данные для разделения сигналов и помех. Сигнал – это форма проявления поля, в которую облечена полезная информация. Помеха – любое возмущение поля, препятствующее выделению полезной информации.

Основная модель сейсмического сигнала выглядит следующим образом: , где – записанный сигнал (сейсмотрасса), - – сгенерированный (элементарный) сигнал, - – отражательная способность среды, – стационарный гауссовский случайный шум.[3]

Под линейным фильтром понимается линейный оператор, заданный на пространстве сигналов. Его воздействие на сигнал задается сверткой , где – весовая функция фильтра. Тем самым задачи отыскания фильтра и весовой функции эквивалентны и решаются применением деконвалюции.

Преобразование Фурье позволяет перейти в частотную область: , - где есть спектр сигнала, есть амплитудно-частотная характеристика фильтра, называемая также коэффициентом передачи линейной системы, - частотно-фазовая характеристика фильтра. Оно также позволяет перейти от сверти сигналов во временной области к умножению спектров в частотной, что может заметно упрощать вычисления.

Обратимся теперь к вопросу, каким образом можно построить фильтр:

1. С целью оценки корреляционных характеристик наиболее энергоемких (как правило наиболее протяженных) аномалий на профиле рассчитывается автокорреляционная функция (АКФ) по всему профилю наблюдения.
2. По значению радиуса корреляции выбирается размер так называемого базового окна , который заведомо превышает ширину наиболее энергоемкой составляющей поля на профиле.
3. Базовое окно размещается в левой части профиля и в его окрестностях выполняется процедура обыкновенной энергетической фильтрации, которая сводится к оценке АКФ (по значениям поля в базовом окне), определению длинны текущего окна фильтрации n и весовых коэффициентов фильтра из уравнения [- I] =0 (здесь - оценка корреляционной матрицы аномалии размерности n, -максимальное собственное значение матрицы , I – единичная матрица).
4. Затем осуществляется свертка исходного поля с весовыми коэффициентами фильтра, результат которой относится к центральной точке базового окна.
5. Базовое окно сдвигается на пикет вдоль профиля наблюдений, и процедура повторяется, начиная с третьего пункта.

Данная реализация позволяет построить адаптивный фильтр. Как видно, он выделяет энергоемкие аномалии на профиле и игнорирует локальные аномалии. Однако, применяя его необходимое число раз к остаточному полю – разнице исходного поля и отфильтрованного, - можно получать информацию о менее энергоемких аномалиях. [2]

Однако данный алгоритм не учитывает априорную информацию о помехах и их корреляционных свойствах с сигналами. В связи с этим возникли оптимальные фильтры.

В практике обработки геофизических данных нашли применение три критерия оптимальности: минимизация среднеквадратического отклонения профильтрованного сигнала от желаемого сигнала на выходе - фильтр Колмогорова-Винера; максимизация пикового отношения сигнал/помеха на выходе фильтра – согласованный фильтр; максимизация энергетического отношения сигнал/помеха на выходе фильтра – энергетический фильтр. Последние два называются также коррелирующими фильтрами.

Суть фильтра Колмогорова-Винера можно выразить следующей записью: , - где есть зарегистрированный сигнал, – обратный фильтр, – желаемый сигнал.[1]

Обратный фильтр (деконвалюция) разработан для максимального приближения сигнала к дельта-функции, что обеспечит наибольшую информативность записи. Однако на практике возникает ряд практических препятствий его реализации. К примеру, реальные сигналы на некоторых частотах принимают близкие к нулю значения, при этом на таких частотах фильтр становится неустойчивым. Также узость ИДЧ приводит результат применения деконвалюции не столько к улучшению разрешенности записи, сколько сопровождается повышением уровня помех за счет совместного искажающего влияния аддитивного шума и ошибок в оценке параметров элементарного сигнала. [4]

В связи с этим возникает необходимость ввода поправок, минимизирующих отклонение построенного фильтра от обратного.]

# Построение обратного фильтра при перекрывающихся съемках

Специфика поставленной задачи, как упоминалось ранее делает применение винеровской фильтрации оптимальным способом нахождения обратных фильтров.

Задача состоит в отыскании многоканального обратного фильтра, применяя который к набору из N сейсмических записей с различными спектральными характеристиками даст наилучший результат в смысле среднеквадратического отклонения отфильтрованного сигнала от отражательной способности геологической среды исследуемого района.

Эта задача сводится к случаю системы нормальных уравнений для многоканальных фильтров в спектральной области:

где — искомая спектральная характеристика весовой функции фильтра , — комплексный спектр элементарного сигнала , и — соответственно спектры мощности и , а и \* — соответственно символы Кронекера и комплексного сопряжения.[4]

Данная система имеет решение [6]:

где

Решение позволяет представить полученный многоканальный фильтр и связанный с ним процесс обработки сейсмических материалов в виде последовательности трех операций. Первая из них — это согласованная фильтрация каждого изображения с индивидуальной спектральной характеристикой

Комплексное сопряжение в числителе данного уравнения формально описывает устранение фазовых характеристик всех участвующих в преобразовании сейсмических изображений, что необходимо для их последующего синфазного суммирования.

Вторым шагом является прямое суммирование результатов согласованной фильтрации, которое совместно с первым шагом представляет собой оптимальное частотно-зависимое взвешенное суммирование изображений. Этот процесс обеспечивает максимальное отношение сигнал—шум на всех частотах и поэтому создает максимально благоприятные условия для последующего третьего шага. Им является одноканальная нуль-фазовая винеровская обратная фильтрация суммарных данных, имеющая спектральную характеристику

Такое представление предлагаемого многоканального фильтра, в дальнейшем называемого оптимальным методом, способствует его простой реализации на практике.

# Заключение

Актуальность решаемой задачи оправдана тенденцией повторно отрабатывать месторождения, что вызвано их большей рентабельностью по отношению к нахождению и использованию новых месторождений, и исследованиями в переходных зонах суша-море.

И в том и в другом случае необходимо работать с различными данными одной и той же геологической обстановки. В первом случае съемки проводятся новой аппаратурой, позволяющей работать в более широком информативном диапазоне частот по сравнению с диапазоном частот, полученных при первом изучении месторождения. Кроме того, возникают географические невязки и ошибки, связанные с различным периодом проведения работ, что сказывается на спектральных характеристиках сигнала. Во втором случае необходимо использовать источники энергии различных типов: на суше это могут быть вибро-источники, а на море – спаркеры. Физика возбуждения колебаний данными источниками совершенно разная: вибро-источники возбуждают гармонические сигналы на протяжении определенного промежутка времени, а спаркер создает взрыв, то есть сигнал близкий к дельта-функции.

Решение данной нетривиальной задачи позволит извлекать больше полезной информации при геофизических исследованиях, что позволит лучше оценить геологический разрез среды.

# Приложение

1. «Signal Theory» L.E.Franks,  1981.
2. «Теоретические основы обработки геофизической информации» А.А.Никитин, А.В.Петров, 2008
3. «Сейсмическая разведка» Гурвич И.И., Боганик Г.Н. 2006
4. «Оптимальное комбинирование сейсмических данных с различными спектральными характеристиками» Ю.К.Тяпкин, 2019
5. «Способ деконволюции спектрометрической информации и обнаружения спектральных пиков» Б.В.Бардин, 2017
6. «Increasing the resolving power of seismic method based on optimized use of records with different spectral characteristics» Tyapkin, Yu.K. (1998).