

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе"

(МГРИ)

Теоретические основы обработки геофизической информации

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Геофизики**

Учебный план **zb090303_19_ZPI19plx**
Направление подготовки 09.03.03 ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 0 Виды контроля в семестрах:
в том числе:
аудиторные занятия 0
самостоятельная работа 0

Распределение часов дисциплины по курсам

Курс	5		Итого	
	УП	РП		
Лекции	4	8	4	8
Практические	4	8	4	8
Иные виды контактной работы	2,85	2,85	2,85	2,85
Итого ауд.	10,85	18,85	10,85	18,85
Контактная работа	10,85	18,85	10,85	18,85
Сам. работа	124,15	116,15	124,15	116,15
Часы на контроль	9	9	9	9
Итого	144	144	144	144

Москва 2023

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.09
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Алгоритмизация вычислений при решении задач прикладной геофизики
2.1.2	Теория вероятностей и математическая статистика
2.1.3	Введение в специализацию
2.2 Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Геоинформатика
2.2.2	Математическое моделирование в геофизике
2.2.3	Математическое моделирование
2.2.4	Методы кластерного анализа и распознавания образов многопризнаковых геофизических данных

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;

Знать:

Уровень 1	методы математического анализа и моделирования
Уровень 2	общественные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;
Уровень 3	естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;

Уметь:

Уровень 1	применять методы математического анализа и моделирования
Уровень 2	применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования,
Уровень 3	применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Владеть:

Уровень 1	Способностью применять методы математического анализа и моделирования,
Уровень 2	Способностью применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
Уровень 3	Способностью применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;

ОПК-2: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решения задач профессиональной деятельности;

Знать:

Уровень 1	принципы работы современных информационных технологий
Уровень 2	принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства,
Уровень 3	принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решения задач профессиональной деятельности;

Уметь:

Уровень 1	понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств
Уровень 2	понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства
Уровень 3	понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решения задач профессиональной деятельности;

Владеть:

Уровень 1	Способностью понимать принципы работы современных информационных технологий
Уровень 2	Способностью понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства,
Уровень 3	Способностью понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решения задач профессиональной деятельности

деятельности;

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.2	Уметь:
3.3	Владеть:

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1. Введение. История создания и развития дисциплины.						
1.1	Применение вероятностно-статистического подхода при обработке геоданных обусловлено характерной особенностью геофизических наблюдений, заключающейся в том, что полученные в отдельных точках данные следует рассматривать как случайные величины и процессы. Распространенные приемы и методы обработки геофизической информации. Оценки статистических и градиентных атрибутов геофизических полей. /Лек/	5	0,5			0	
1.2	Методы корреляционно-регрессионного анализа геополей. Спектральный и вейвлет анализ геофизических наблюдений. Методы линейной оптимальной фильтрации геополей. Способы обнаружения слабых сигналов на основе теории статистических решений. /Лек/	5	0,5			0	
1.3	Работа с литературой и интернет информацией по тематике лекционного материала. /Cp/	5	30			0	
1.4	Работа с программным обеспечением по методам статистического анализа геофизической информации. /Пр/	5	2			0	
	Раздел 2. Статистические характеристики геофизических полей.						
2.1	Оценка статистических и градиентных характеристик геофизических полей. Графическое представление свойств случайных величин. Гистограмма. Кумулятивная кривая. Формула Стеджерса. Среднее, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, асимметрия, эксцесс, медиана, коэффициент вариации, энтропия. Градиентные характеристики геополей. Коэффициент анизотропии. /Лек/	5	0,5			0	
2.2	Работа с литературой и интернет информацией по тематике лекционного материала. /Cp/	5	23			0	

2.3	Оценка статистических характеристик в скользящих окнах. Окна фиксированного размера, динамические окна и скользящие окна "живой" формы. Проблема обработки нестационарных полей. Геолого-геофизическое истолкование и интерпретационная обработка полей статистических атрибутов геофизических полей. /Лек/	5	0,5			0	
2.4	Работа с программным обеспечением по методам статистического анализа геофизической информации. /Пр/	5	2			0	
	Раздел 3. Случайные функции и их характеристики.						
3.1	Случайные функции (процессы). Реализация случайной функции. Ансамбль. Простейшие примеры случайной функции. Функция математического ожидания случайной функции $X(t)$. Функция дисперсии случайной функции $X(t)$. Корреляционная функция случайной функции $X(t)$. Сечение случайной функции. /Лек/	5	0,5			0	
3.2	Понятие стационарности случайного процесса. Центрирование и нормирование случайной функции. Свойство эргодичности. Дискретная случайная функция. Сечение случайной функции. /Лек/	5	0,5			0	
3.3	Работа с литературой и интернет информацией по тематике лекционного материала. /Ср/	5	40			0	
3.4	/Пр/	5	2			0	
	Раздел 4. Корреляционные характеристики геофизических полей.						
4.1	Важнейшими характеристиками любой случайной функции являются ее корреляционные функции. Автокорреляционная функция и ее применение. Взаимно корреляционная функция и ее применение. /Лек/	5	1			0	
4.2	Двумерные корреляционные функции. Двумерная взаимно-корреляционная функция. Трехмерные автокорреляционные функции. Структурная функция. Ретрокорреляционная функция. /Лек/	5	1			0	
4.3	Работа с литературой и интернет информацией по тематике лекционного материала. /Ср/	5	12			0	
4.4	/Пр/	5	1			0	
	Раздел 5. Спектральные характеристики геофизических полей.						
5.1	Спектральный анализ геофизических полей. Спектры непрерывных сигналов. Линейчатый и сплошной спектры. Спектр дискретного сигнала. Основная частота и частота Нейквиста. /Лек/	5	0,5			0	

5.2	Амплитудный и фазовый дискретные спектры. Энергетический спектр. Средняя мощность сигнала. Фильтрация в спектральной области. Комплексный спектр. Комплексно-сопряженный спектр. Энергетический спектр. Прямое и обратное преобразование Фурье. Спектры непрерывных сигналов. Спектры стационарного случайного процесса. /Лек/	5	0,5			0	
5.3	/Пр/	5	1			0	
5.4	Работа с литературой и интернет информацией по тематике лекционного материала. /Ср/	5	6			0	
	Раздел 6. Линейная оптимальная фильтрации геофизических полей.						
6.1	Понятие о линейной оптимальной фильтрации геофизических полей. Понятие сигнала и помехи. Оператор свертки. Весовые коэффициенты фильтра. Одномерная фильтрация. Основные характеристики одномерного фильтра. Двумерные фильтры. Основные характеристики и двумерного фильтра. Критериальный подход к построению фильтра. Полиномиальная фильтрация. /Лек/	5	0,5			0	
6.2	Фильтр Колмогорова - Винера. Фильтр сглаживания и воспроизведения сигнала. Критерий оптимальности фильтра Колмогорова - Винера. Согласованный фильтр или фильтр обнаружения. Критерий оптимальности согласованного фильтра. Энергетический фильтр. Критерий оптимальности энергетического фильтра. Линейная адаптивная фильтрация. Фильтрация в окне "живой" формы. Адаптивная полиномиальная фильтрация. /Лек/	5	0,5			0	
6.3	Работа с литературой и интернет информацией по тематике лекционного материала. /Ср/	5	2			0	
	Раздел 7. Обнаружение слабых геофизических аномалий в прикладной геофизике.						
7.1	Понятие слабого сигнала (слабой аномалии). Обнаружение сигнала как факт установления его наличия. Выделение слабых сигналов на основе проверки статистических гипотез. Метод межпрофильной корреляции. Метод обратных вероятностей. Метод самонастраивающейся фильтрации. /Лек/	5	0,5			0	

7.2	Критерии принятия статистических решений. Понятие статистической гипотезы. Нулевая и ненулевая гипотеза. Функция правдоподобия. Порог принятия решения. Ошибки первого и второго рода. Ошибка обнаружения ложного сигнала. Ошибка пропуска сигнала. Надежность обнаружения аномалии. Многомерные аналоги метода самонастраивающейся фильтрации и обратных вероятностей. /Лек/	5	0,5			0	
7.3	Работа с литературой и интернет информацией по тематике лекционного материала. /Cp/	5	3,15			0	
7.4	/ИВКР/	5	2,85			0	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

5.1. Контрольные вопросы и задания

1. ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1
2. Типы отношений сигнал/помеха на входе и выходе фильтра
3. Энергетический фильтр.

Задача Найти амплитуду и фазу второй гармоники дискретно заданного сигнала $Sr = -1, -3, 0, 1, 2, 1$.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2

1. Построение корреляционной матрицы по АКФ
2. Методы выделения региональных аномалий.

Задача Найти амплитуду и фазу первой гармоники дискретно заданного сигнала $\bar{y} = 1, 3, 0, -1, -2, -1$

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №3

1. Вейвлет - преобразование
2. Фильтр Колмогорова-Винера и его применение

Задача 1. Найти энергетическое отношение сигнал/помеха на выходе фильтра при заданных автокорреляционных функциях: сигнала $Rs(0)=3$; $Rs(1)=2$; помехи $Rn(0)=1$; $Rn(1)=0.2$ и весовой функции $Rh(0)=1$; $Rh(1)=0$,

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №4

1. Способ межпрофильной корреляции.
2. Применение спектрального анализа.

Задача Найти энергетическое отношение сигнал/помеха на входе фильтра при заданных значениях экстремума ВКФ, равного 0,8 и интервале корреляции сигнала $R_{kor} = 3$ i

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Способ самонастраивающейся (адаптивной) фильтрации.
2. Понятие о корреляции и регрессии.

Задача Рассчитать значение сигнала в точке с номером $g = 1$, если его амплитудный и фазовый спектры равны соответственно:

Номер гармоники	m	Rm
0	0,5	
1	1,5	
2	0,5	

Задача Для нормированной функции взаимной корреляции найдены два экстремума величиной 0,6 и 0,8. Вычислить соответствующие этим экстремумам отношения сигнал/помеха. Установить какой сигнал будет обнаружен более достоверно, если протяженность S_i составляет 15 дискретов по профилю, а S_n - 5 дискретов.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

1. Вейвлет - преобразование
2. Согласованный фильтр.

Задача Найти среднюю мощность сигнала и его значение в точке $g = 0$, если его амплитудный Rm и фазовый ϕ спектры равны соответственно:

Номер гармоники	Rm
0	0,5
1	1,0
2	0,5

Задача. Составить систему уравнений для нахождения весовых коэффициентов фильтра Колмогорова-Винера при заданных автокорреляциях сигнала и помехи $Rs(0)=10$; $Rs(1)=5$; $Rs(2)=3$ $R_{s,0}(0)=5$; $R_{s,1}(1)=2$; $R_{s,2}(2)=0$

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7

1. Метод главных компонент и его применение
2. Z - преобразование и построение режекторного фильтра.

Задача Найти амплитуду и фазу первой гармоники непрерывного периодического сигнала прямоугольной формы с единичной амплитудой и длительностью T .

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8

1. Основные типы АКФ и их спектры
2. Фильтр Колмогорова-Винера.

Задача Найти энергетическое отношение сигнал/помеха на выходе фильтра при заданных автокорреляционных функциях сигнала, помехи и весовой функции $Rs(0)=3$; $Rs(1)=2$; $Rn(0)=1$; $R_{s,0}(0)=0,5$; $R_{s,1}(1)=1$; $Rh(1)=0,2$

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9

1. Двумерные корреляционные функции.
2. Частотные характеристики оптимальных фильтров.

Задача Для нормированной функции взаимной корреляции найдены два экстремума величиной 0,6 и 0,8. Вычислить соответствующие этим экстремумам отношения сигнал/помеха. Установить какой сигнал будет обнаружен более достоверно, если протяженность S_i составляет 15 дискретов по профилю, а S_n - 5 дискретов.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №10

1. Спектры непрерывного периодического сигнала
2. Дисперсионный анализ и его применение

Задача Составить систему линейных уравнений для нахождения весовой функции обратного оптимального фильтра при заданных значениях АКФ исходного поля $Rf(0)=1$; $Rf(1)=0,8$; $Rf(2)=0,6$; $Rf(3)=0,4$ и сигнала $S_0=1$; $S_1=0,8$; $S_2=0,6$; $S_3=0,4$

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11

1. АКФ. Определение. Применение.
2. Свойства преобразований Фурье.

Задача. Составить систему уравнений для нахождения весовых коэффициентов фильтра Колмогорова-Винера при заданных автокорреляциях сигнала и помехи $Rs(0)=10$; $Rs(1)=5$; $Rs(2)=3$ $R_{s,0}(0)=5$; $R_{s,1}(1)=2$; $R_{s,2}(2)=0$

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12

1. ВКФ. Определение. Применение.
2. Частотные характеристики оптимальных фильтров.

Задача. Найти значение сигнала в точке $\gamma = -2$ по его заданным амплитудному R_m и фазовому Φ спектрам

Номер гармоники m R_m Φ

0	0,5.	0°
2	1,5	-30°
5	0,5	0°

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №13

1. Синтез сигналов по их спектрам.
2. Способ обратных вероятностей

Задача Найти амплитуду и фазу третьей гармоники непрерывного периодического сигнала прямоугольной формы с единичной амплитудой, длительностью T и периодом $T = 8t$

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №14

1. Построение фильтров для заданного диапазона частот.
2. Надежность обнаружения сигнала и ее применение.

Задача Найти амплитуду и фазу первой гармоники прямоугольного импульса длительностью $T = 2t$ и единичной амплитудой.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №15

1. Энергетический фильтр.
2. Понятие о среднем риске. Критерий минимального риска.

Задача Установить, до какой частоты происходит подавление частотных составляющих сигнала при его осреднении по десяти дискретным значениям наблюденного поля (ограничить спектр первым экстремумом частотной характеристики осреднения).

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №16

1. Критерии принятия статистических решений.
2. Спектр стационарной случайной функции.

Задача Составить систему уравнений для нахождения весовых коэффициентов энергетического фильтра при

заданных автокорреляциях сигнала Rs и помехи Rn $Rs(0) = 10$; $Rs(1) = 5$; $Rs(2)$

5.2. Темы письменных работ

5.3. Оценочные средства

5.4. Перечень видов оценочных средств

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	Petrel	Программное обеспечение «от сейсмики до разработки» предлагает пользователям интегрированные рабочие процессы для коллективной работы, объединяющие в единую технологическую цепочку геофизику, геологию и разработку месторождений, и открывающие путь к описанию резервуаров в режиме реального времени.
6.3.1.2	Office Professional Plus 2010	
6.3.1.3	Office Professional Plus 2013	
6.3.1.4	Office Professional Plus 2016	
6.3.1.5	Office Professional Plus 2019	
6.3.1.6	Visual Studio Enterprise 2017/2019	
6.3.1.7	Windows 10	
6.3.1.8	Windows 7	
6.3.1.9	Windows 8	
6.3.1.10	Компас-3D версии v18 и v19	Проектирование изделий, конструкций или зданий любой сложности. Реализация от идеи — к 3D-модели, от 3D-модели — к документации, к изготовлению или строительству. Возможность использовать самые современные методики проектирования при коллективной работе.
6.3.1.11	Webinar. Версия 3.0	Экосистема сервисов для онлайн-обучения и коммуникаций.
6.3.1.12	Геоинформационная система "ПАРК" v6	Геоинформационная система ПАРК – векторно-растровая система, сочетающая функции картографической, информационно-справочной, аналитической и прогнозирующей программных систем. Система разработана для использования на компьютерах под управлением MS. Основное назначение системы ПАРК – создание баз координатно- и объектно-привязанных данных; преобразование, тематическая обработка и интерпретация геоданных; информационное и аналитическое обеспечение; компоновка, оформление и вывод картографических и сопутствующих им документов.
6.3.2 Перечень информационных справочных систем		
6.3.2.1	Электронно-библиотечная система «Книжный Дом Университета» ("БиблиоТех")	
6.3.2.2	Электронно-библиотечная система "Лань" Доступ к коллекциям электронных изданий ЭБС "Издательство "Лань"	
6.3.2.3	База данных научных электронных журналов "eLibrary"	

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудитория	Назначение	Оснащение	Вид
-----------	------------	-----------	-----

6-16	Компьютерный класс; Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	12 посадочных мест, стул преподавательский - 2 шт., доска меловая - 1 шт., 7 моноблоков Lenovo, в аудитории развернута локальная сеть.	
6-38	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	60 посадочных мест; стул преподавательский - 2 шт.; доска меловая - 1 шт.; Экран настенный -1 шт.	

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)