

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Высшая школа инновационного бизнеса МГУ**

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

_____ **проф. Коцуг Д.Г.**

«___» _____ **20** г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Математическая обработка сейсмических данных**

Уровень высшего образования:
магистратура

Направление подготовки (специальность):
05.04.01. «Геология»

Направленность (профиль) ОПОП:
**Магистерская программа
Геолого-геофизические исследования нефтяных и газовых месторождений**

Форма обучения: *очная*

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на Административном Совете Высшей школы инновационного бизнеса МГУ
(протокол № ___ от «___» _____ 20__)

Москва - 2018

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.04.01. «Геология» в редакции, утвержденной приказом МГУ от 30 декабря 2016 года №1674.

Годы приема на обучение – 2018.

© Высшая школа инновационного бизнеса МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса. Знакомство с основной терминологией и принципами современных методов обработки данных (преимущественно геофизического характера) на примере использования пакета MATLAB.

Задача курса - ознакомить не специализировавшихся ранее в области математической геофизики с необходимыми понятиями и современными методами обработки данных. Базовые понятия спектральной теории, моделирования и статистики в должны быть освоены на примере решения реальных задач обработки геофизических данных. Учитывая имеющуюся у слушателей определенную неравномерность исходной математической подготовки, курс рассчитан на прояснение связей между изучавшимися ранее главами высшей математики и практическими задачами математического моделирования в естествознании.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО - дисциплина относится к вариативной части ОПОП ВО, курс 1, семестр 1.

3. ВХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ):

Как учебная дисциплина она является одной из основополагающих в освоении дисциплин вариативной части магистерской программы.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

КОМПЕТЕНЦИИ выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций (реализуемые частично):

Общепрофессиональные компетенции:

ОПК-4 Способность использовать современные вычислительные методы и компьютерные технологии для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-4).

Профессиональные компетенции:

ПК-5 способность использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю) (ОПК-4, ПК-5):

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать

- Определение слоя и его геометрические элементы. Устройство горного компаса.
- Признаки несогласного залегания.
- Основные типы разрывных деформаций, их определения.
- Механизмы возникновения и развития хрупкой деформации

Уметь

- Определять несогласное залегания в обнажении и по карте.
- Определять тип несогласия по геологической карте.
- Различать типы разрывных нарушений в обнажениях и по карте.
- Определять кинематику хрупких деформаций
- Получать полный объем информации в породах различных структурных положений.

Владеть

- Навыками определения поверхностей несогласия по карте
- Навыками определения типа разлома и амплитуды перемещений по разлому по карте.
- Навыками построения и чтения складчатых структур на карте и разрезов по ним.
- Навыками интерпретации структурной информации полученной по сдвиговым зонам.
- Комплексом структурных методов для реконструкции истории деформации

5. ФОРМАТ ОБУЧЕНИЯ – очный, лекционные и семинарские занятия.

6. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ составляет 3 з.е., в том числе 28 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (14 часов – лекций, 14 часов - семинары), 4 часа групповых консультаций, 4 часа промежуточная аттестация, 72 академических часа на самостоятельную работу обучающихся.

7. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы			Самостоятельная работа обучающегося, часы	
		Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*	Всего		
1	2	3	4	5	6	7
Раздел 1. Методы линейной алгебры и их реализация в пакете MATLAB	32	4	4	8	24	Выполнение индивидуальных заданий, тестирование
Раздел 2. Обработка и моделирование геофизических данных	34	5	5	10	24	Выполнение индивидуальных заданий, тестирование
Раздел 3. Геостатистика	34	5	5	10	24	Выполнение индивидуальных заданий, тестирование
Консультации	4				4	
Промежуточная аттестация	4				4	Экзамен
Итого	108	14	14	28	80	

Темы и содержание курса

РАЗДЕЛ I. Методы линейной алгебры и их реализация в пакете MATLAB

Необходимые сведения из математики. Векторы, матрицы и многомерные массивы. Геометрический смысл линейных преобразований. Комплексные числа и арифметические действия с ними. Экспонента комплексного числа, формула Муавра. Элементарные функции и их комплексные аналоги.

Вычисления и язык пакетов MATLAB/OCTAVE. Алгебраические действия с векторами и матрицами в пакете MATLAB/OCTAVE. Графические возможности пакета, визуализация многомерных векторных данных. Комплексные векторы и визуализация комплексных массивов.

Линейные операции, решение систем линейных уравнений, операторы и собственные векторы. Координаты в многомерном векторном пространстве. Базис, замена базиса. Практические вычисления в разных базисах, построение матриц перехода. Матрицы и линейные операторы. Обратная матрица. Решение матричных уравнений. Собственные векторы оператора сдвига в n -мерном пространстве. Базис Фурье как набор собственных векторов оператора сдвига. Преобразование Фурье (дискретное).

РАЗДЕЛ II. Обработка и моделирование геофизических данных

Преобразование Фурье и фильтрация. Свойства регистрируемых сигналов и задачи фильтрации. Преобразование Фурье и фильтрация в частотной области. Фильтрация во временной области. Свертки и их вычисление. Корреляционные функции и амплитудные спектры. Оконная фильтрация и краевые эффекты. Понятие о спектральном оценивании. Деконволюция. Сверточные модели в геофизике.

Элементы теории приближений и математического моделирования. Задача приближения массива данных в классе функций. Метод наименьших квадратов, нормальные уравнения. Практическое вычисление приближений полиномами заданной степени. Практические методы нахождения неизвестных коэффициентов для полиномиальных и нелинейных моделей данных.

Элементы теории вероятностей и статистики. Понятие о случайной величине и ее функции распределения. Плотности распределений. Гистограммы и оценки плотностей. Случайные величины и случайные векторы. Независимость и понятие статистической выборки. Независимость и зависимость на примере распределения двумерных случайных векторов. Преобразование плотностей при арифметических действиях со случайными величинами.

Числовые характеристики и корреляции. Числовые характеристики случайных величин и их прикладной смысл. Корреляция как признак зависимости. Вычисление корреляций и ковариаций. Ранговые корреляции и их вычисление. Стандартное отклонение, неравенство Чебышева, их связь с понятием точности измерений. Часто встречающиеся случайные величины и их характеристики. Пример идентификации модели распределения по выборке (статистическая гипотеза и ее проверка).

Описание данных на языке теории случайных процессов и случайных полей. Понятие о случайном процесс. Реализации процесса, стационарность. Корреляционная функция стационарного процесса и другие характеристики. Понятие об эргодичности. Аналог разложения Фурье для случайных процессов. Модели в геостатистике, понятие о кригинг-моделях.

Раздел 3. Геостатистика

Стохастический мир и математический формализм для описания неконтролируемых неточностей. Основные понятия теории вероятностей.

Что такое статистика вообще и на какие вопросы она может/не может отвечать. Базовые предположения для применения статистики --- всегда ли они выполнены в данных реальных геофизических измерений?

Компьютерное моделирование случайных величин и законов распределения, принципы визуализации. Когда реальные данные не следует рассматривать как выборку случайной величины?

Арифметические преобразования данных --- как меняется распределение? Конкретные примеры и их моделирование компьютерными скриптами на языке Python и/или MATLAB

Статистические формулы в теории и когда их бессмысленно применять на практике. Разбор основных примеров и контрпримеров.

Законы распределения случайных величин, часто встречающиеся в естествознании. Смысл предельных теорем теории вероятностей.

Трудности интерпретации и некоторые приемы визуализации логнормально распределенных данных, данных для которых не определены привычные статистические характеристики и т.п.

Зависимость функциональная и зависимость статистическая. Визуализация статистической зависимости и методы оценки зависимости. Трудности и артефакты обработки.

Понятие о случайном процессе и связанная с этим терминология. Случайные процессы в естествознании и основные принципы их моделирования.

Выделение детерминистических компонент в случайном процессе. Частные случаи и регрессии.

Винеровский процесс в дискретном и непрерывном времени, примеры моделирования природных процессов.

Понятие о случайном поле и связанная с этим терминология. Случайные поля и случайные процессы, идея геостатистики и ее специфичность. Оценки коррелограммов и вариограмм на примерах.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

8.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Перечень примерных заданий для текущей аттестации по курсу:

Контрольные вопросы по каждому разделу курса всегда формулировались как практическое написание скрипта на языке MATLAB для выполнения соответствующего раздела теории, например:

1. Дана цифровая запись сигнала, сгладить ее методом скользящего окна с указанными весами
2. Дана матрица линейного оператора, составленная из сигналов в цифровой записи, найти ее собственные числа и собственные векторы, визуализировать ответ.
3. Дано семейство цифровых сигналов, применить к каждому полосовой фильтр.
4. Написать скрипт, реализующий фильтрацию указанного вида. Визуализировать ответ и промежуточные результаты.

Контрольные вопросы по каждому разделу курса формулировались как

практическое написание скрипта на языках PYTHON или MATLAB для иллюстрации соответствующего раздела теории, например:

1. Дана выборка значений равномерной в $[0,2]$ случайной величины. Построить гистограмму распределения квадрата этой случайной величины, аналитически найти формулу соответствующей плотности.
2. Дана выборка значений равномерной в $[0,2]$ случайной величины X . Построить гистограмму распределения случайной величины $Y=1/X$, указать смысл ответов при вычислении на компьютере среднего и дисперсии Y . аналитически найти формулу соответствующей плотности.
3. По файлу данных выборки случайной величины разобраться, какие моменты имеются у этой случайной величины.
4. По файлу двумерной выборки (например, равномерно распределенной в ромбе $|x|+|y|< 1$) разобраться с наличием, отсутствием статистической зависимости между компонентами.
5. С помощью ранговой корреляции оценить зависимость в многомерных данных,
6. предполагается, что данные содержат ошибки при цифровой записи обычно маркируемые как 99999.
7. Для выборки данных случайного поля построить вариограмму. Визуализировать данные и разобраться в достоверности полученного ответа.
8. Найти нелинейную регрессию в предложенных данных.

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)				
Оценка	2	3	4	5
РО и соответствующие виды оценочных средств				
Знания (виды оценочных средств: устные и письменные опросы и контрольные работы, тесты, и т.п.)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические контрольные задания, написание и защита рефератов на заданную тему и т.п.)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности)	Отсутствие навыков (владений,	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения),	Сформированные навыки (владения),

<i>(виды оценочных средств: выполнение и защита курсовой работы, отчет по практике, отчет по НИР и т.п.)</i>	опыта)	(наличие фрагментарного опыта)	но используемые не в активной форме	применяемые при решении задач
--	--------	--------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------

Примерный перечень вопросов к итоговой аттестации по курсу

1. Цифровая запись сигналов и методы обработки. Простые вычислительные задачи с использованием стандартных математических пакетов.
2. Оператор сдвига цифровых рядов и его запись в матричном виде. Собственные числа и собственные векторы.
3. Частоты дискретизованного сигнала и вычислительные формулы.
4. Частоты дискретизованного сигнала и дискретное преобразование Фурье. Визуализация и написание простых компьютерных программ.
5. Фильтрация дискретизованных сигналов во временной и частотной областях. Обратное преобразование Фурье.
6. Алгоритмы и их запись в непрерывном времени. Альясинг.
7. Математические методы, использующиеся при обработке сейсмограмм.

9. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

9.1 Перечень основной литературы

1. Основы программирования в системе MATLAB: Учебное пособие / Кошкидько В.Г., Паньчев А.И. - Таганрог: Южный федеральный университет, 2016. - 84 с.: ISBN 978-5-9275-2048-0 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/991834>
2. Геостатистика в нефтяной геологии / Оливье Дюбрюль ; пер. с англ. И. Ю. Облачко под ред. С. В. Охотиной. - Ижевск : НИЦ "Регуляр. и хаот. динамика" : Ин-т компьютер. исслед., 2009. - 255,

9.2 Перечень дополнительной литературы

1. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. с англ. под ред. С. Ф. Боева. - М. : Техносфера, 2012. - 1046 с.;
2. Мейкин Дж, Уэрдингтон М., Хаттон Л. Обработка сейсмических данных. Теория и практика. М.: МИР, 1989. – 216 с. Режим доступа <http://www.geokniga.org/books/4903>
3. Основы программирования в MatLab : учеб. пособие для студентов вузов. / О. Г. Ревинская. - СПб.: БХВ-Петербург, 2016. - 206, [1] с

9.3 Перечень лицензионного программного обеспечения (при необходимости)

Пакет MATLAB/OCTAVE

9.4 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

9.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

9.6 Описание материально-технического обеспечения.

Компьютерный класс, компьютер с доступом в Интернет, проекционное оборудование для презентаций, средства звуковоспроизведения, экран.

10. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ. - русский

11. ПРЕПОДАВАТЕЛЬ (ПРЕПОДАВАТЕЛИ). – Хохлов Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, геологического факультета МГУ.

12. АВТОР (АВТОРЫ) ПРОГРАММЫ. – Хохлов Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, геологического факультета МГУ.