

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ВЫСШАЯ ШКОЛА ИННОВАЦИОННОГО БИЗНЕСА МГУ

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
проф. Кошут Д.Г.
«18» февраля 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины (модуля):

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
(протокол № 3, дата 18.01.2022)

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины (модуля) 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».

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от _____ 20 ____ года (протокол №__).

Год (годы) приема на обучение _____

© 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. Неразрывно связана с базовыми дисциплинами по математической и информационной обработке данных.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-1	М.ОПК-1. И-1. Использует на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки, при решении исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.	<i>Знать</i> <ul style="list-style-type: none">теоретические основы математической обработки данных <i>Уметь</i> <ul style="list-style-type: none">Обрабатывать полученные результаты исследованияФормулировать выводы исследованияСоставлять аналитические отчеты и рекомендации по внедрению результатов исследования
МПК-1	МПК-1.3. Знает теоретические основы математической обработки данных	<i>Знать</i> <ul style="list-style-type: none">теоретические основы построения геолого-геофизических моделей месторождений и математические методы, лежащие в основе

		моделирования
МПК-2	МПК-2.3 Умеет использовать специализированные математические знания для сейсмической обработки данных	<p><i>Уметь</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • выполнять вычисления в программе MATLAB <p><i>Владеть</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • владеть методами нелинейной алгебры и их реализации в программном пакете MATLAB
МПК-3	МПК – 3.3 Умеет интерпретировать результаты полученные в ходе математической обработки данных	<p><i>Уметь</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • интерпретировать данные результаты исследований, • Выполнять преобразования данных.

5. **ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** 2 з.е., в том числе 28 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, (28 часов - семинары), 4 часа групповых консультаций, 4 часа промежуточная аттестация, 36 академических часа на самостоятельную работу обучающихся

6. **ФОРМАТ ОБУЧЕНИЯ** очный, семинарские занятия.

7. **СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических 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) <i>Виды контактной работы, часы*</i>					Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего			Всего
Раздел 1. Методы линейной алгебры и их реализация в пакете MATLAB	20		8			8		Выполнение индивидуальных заданий, тестирование	12
Раздел 2. Обработка и моделирование геофизических данных	22		10			10		Выполнение индивидуальных заданий, тестирование	12
Раздел 3. Геостатистика	22		10			10		Выполнение индивидуальных заданий, тестирование	12
Консультации	4			4					
Промежуточная аттестация	4								4
Итого	72	28						44	

Содержание разделов дисциплины:

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 понятием 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 понятием терминология. Случайные поля и случайные процессы, идея геостатистики и ее специфичность. Оценки коррелограммов и вариограмм на примерах.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ 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.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации

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.

8.3. ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4	5
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 непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: выполнение и защита курсовой работы, отчет по практике, отчет по НИР и т.п.)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

9.. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

9.1.Перечень основной литературы

1. Основы программирования в системе MATLAB: Учебное пособие / Кошкидько В.Г., Панычев 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

отсутствует

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

отсутствует

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.