

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана Геологического факультета

чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Ерёмин/

« ___ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математические методы в геологии

Автор-составитель: Захаров В.С.

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки:

05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Геология и полезные ископаемые

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № _____, _____)

Москва

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 «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

Год (годы) приема на обучение: 2022

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Цель – формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области обработки статистических данных, включая случайные процессы

Задачи: формирование у студентов научного представления о вероятностной интерпретации обрабатываемых данных, о понятиях, приемах, математических методах и моделях, предназначенных для организации сбора, стандартной записи, систематизации и обработки статистических данных с целью их удобного представления, интерпретации, получения научных и практических выводов.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс направлен на знакомство с методами математической статистики и их применение в геологии. Определяется предмет статистики. Даны основные понятия теории вероятностей. Генеральная совокупность и выборка. Параметры и статистики. Функция распределения вероятностей дискретной случайной величины. Основные математические статистики, даются некоторые важные виды распределений и их свойства. Нормальное распределение, его свойства, методы проверки нормальности. Понятие и методы доверительного оценивания. Основы проверки гипотез. Линейная регрессия по методу наименьших квадратов. Основы статистики угловых измерений на окружности и сфере. Понятие о марковских процессах, марковское свойство.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП – относится к вариативной части ОПОП, является обязательной дисциплиной.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по дисциплинам «Высшая математика», «Физика», «Общая геология».

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-6.Б Способен использовать в профессиональной деятельности информационно-коммуникационные технологии (формируется частично).	Б.ОПК-6. И-1. Использует знания информационно-коммуникационных технологий для решения стандартных задач профессиональной деятельности.	знать: основные типы распределений вероятностей, используемые в статистическом анализе; основы методики применения статистических методов; методы оценивания параметров распределений и случайных процессов. уметь: проводить статистические исследования на основе имеющихся выборок данных; применять методы статистического анализа выборочных данных и случайных процессов; интерпретировать результаты статистического анализа и использовать их при построении математических моделей. владеть: практическими навыками оценивания параметров выборок данных и случайных процессов.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет **2** з.е., в том числе **26** академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции), **46** академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

6. 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) Виды контактной работы, часы				Самостоятельная работа обучающегося Виды самостоятельной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия практического типа	Всего	Расчетно-графические работы	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Раздел 1. Введение. Функция распределения	6	2			2	4				4
Раздел 2. Характеристики распределения случайных величин	6	2			2	4				4
Раздел 3. Некоторые важные виды распределений	6	2			2	4				4
Раздел 4. Получение случайных величин	6	2			2	4				4
Раздел 5. Доверительное оценивание	8	2			2	6				6
Раздел 6. Проверка гипотез	10	4			4	6				6
Раздел 7. Метод наименьших квадратов	9	3			3	6				6
Раздел 8. Статистика угловых измерений на сфере	9	3			3	6				6
Раздел 9. Марковские процессы	10	4			4	6				6
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	2	2								
Итого	72	26				46				

Содержание лекций

Введение. Функция распределения. Основные понятия теории вероятностей (событие, вероятность). Случайные и детерминированные процессы: определения, примеры. Предмет статистики. Генеральная совокупность и выборка, их характеристики – параметры и статистики. Непрерывные и дискретные данные. Функция распределения вероятностей непрерывной и дискретной случайной величины. Плотность вероятности. Абсолютные и относительные частоты. Вариационный ряд. Графическое представление функции распределения (гистограмма, полигон), примеры построения.

Характеристики распределения случайных величин. Основные математические статистики: выборочное среднее, медиана, мода, выборочная дисперсия, среднее квадратичное отклонение, их несмещенные оценки. Способы вычисления статистик для непрерывных и дискретных данных. Соотношение среднего, медианы, моды для распределений разного вида, сложности применения для выборок с несимметричным распределением. Закон больших чисел. Понятие эргодичности. Практический расчет статистик, использование стандартных инструментов и прикладных программных средств.

Некоторые важные виды распределений. Равномерное распределение, его свойства, статистики, применение. Нормальное и логнормальное распределение, его свойства, статистики, применение. Примеры нормальных распределений. Распределение Пуассона, его свойства, статистики, применение. Распределение хи-квадрат, его свойства, статистики, применение. Распределение Стьюдента, его свойства, статистики, применение. Построение функции распределений разного типа с использованием стандартных инструментов и прикладных программных средств. Графическое представление разных типов распределений, зависимость от параметров.

Получение случайных величин. Получение случайных величин, подчиняющихся различным видам распределений. Получение случайных величин, подчиняющихся равномерному распределению. Системный генератор, его недостатки. Алгоритмы получения качественного равномерного распределения. Получение случайных величин, подчиняющихся нормальному распределению. Системный генератор, его недостатки. Использование центральной предельной теоремы для получения нормально распределенной случайной величины. Использование стандартных инструментов и прикладных программных средств для получения случайных величин, подчиняющихся различным видам распределений.

Доверительное оценивание. Понятие о доверительном оценивании. Доверительный интервал среднего. Способы его вычисления. Понятие о доверительном уровне (доверительной вероятности). Графическая интерпретация построения доверительного интервала для заданного уровня доверия. Наиболее часто используемые уровни доверия. Критическое значение распределения, отвечающее заданному доверительному уровню. Использование свойств нормального распределения и распределения Стьюдента для построения доверительного интервала среднего. Условия применимости и различия полученных оценок.

Проверка гипотез. Проверки нормальности распределения. Методы проверки нормальности. Графические методы. Сопоставление с теоретическим нормальным распределением. Проверка с помощью квантилей. Оценка нормальности с помощью асимметрии и эксцесса. Проверка гипотезы о равенстве среднего значения выборки из нормального распределения заданной величине. Проверка гипотезы о равенстве средних значений выборок из двух генеральных совокупностей. Использование свойств нормального распределения и распределения Стьюдента. Дисперсионный анализ, проверка гипотезы о значимости влияния некоторых факторов на выборки.

Метод наименьших квадратов. Задача аппроксимации зависимости. Понятие о методе наименьших квадратов. Основы метода, основные принципы, области применения и ограничения. Линейная регрессия по методу наименьших квадратов, получение

параметров регрессионных соотношений. Стандартные ошибки коэффициентов регрессионных соотношений. Понятие о коэффициенте корреляции Пирсона, диапазон значений, применение. Использование критерия Фишера для проверки значимости регрессионной модели. Использование критерия Стьюдента для проверки значимости параметров регрессионной модели. Примеры применения МНК для анализа геологических данных.

Статистика угловых измерений на сфере Угловые измерения на окружности и сфере, особенности представления и статистической обработки угловых измерений. Понятие о статистике Фишера для анализа выборки угловых измерений. Вид распределения Фишера на окружности и сфере. Среднее значение, кучность, овал доверия. Проверка гипотезы равенства средних направлений двух выборок угловых измерений. Примеры использования статистики Фишера для решения геологических задач.

Марковские процессы. Понятие о марковском процессе. Непрерывные и дискретные процессы, цепи Маркова. Матрица абсолютных частот переходов из одного состояния в другое за один шаг. Матрица переходных вероятностей. Свойства матрицы переходных вероятностей. Вид матрицы переходных вероятностей для случайных и марковских процессов. Марковское свойство, использование свойств распределения хи-квадрат для статистической проверки наличия марковского свойства, критерий Андерсона-Гудмена. Матрица переходных вероятностей для переходов за несколько шагов. Определение степени (глубины) Марковского процесса.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

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

Текущий контроль освоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетно-графических работ.

Примерный перечень расчетно-графических работ:

1. По выборке посчитать частоты, относительные частоты, накопленные частоты (функцию распределения) построить гистограммы и полигоны (графики).
2. По выборке посчитать среднее, дисперсию, несмещенную оценку дисперсии, стандартное отклонение, стандартную ошибку среднего, моду, медиану.
3. По выборке построить распределение (частотное и кумулятивное)
4. Сгенерировать распределения (равномерное, нормальное).
5. Проверить нормальность эмпирического распределения
6. Для выборки определить выборочное среднее и полуширину доверительного интервала среднего.
7. Проверить гипотезу о равенстве среднего выборки некоторой величине
8. Проверить гипотезу о равенстве средних двух выборок
9. По данным оценить параметры линейной регрессии, коэффициент корреляции, построить график.
10. По выборке угловых измерений определить среднее направление, кучность, доверительный интервал.
11. По последовательности данных определить наличие или отсутствие марковского свойства.
12. По последовательности данных определить глубину марковости процесса.

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

Примерный перечень вопросов при промез ут очной ат т ест ации (зачет е):

1. Основные понятия теории вероятностей (событие, вероятность).

2. Случайные и детерминированные процессы: определения, примеры.
3. Предмет статистики. Генеральная совокупность и выборка. Параметры и статистики.
4. Непрерывные и дискретные данные. Вариационный ряд.
5. Функция распределения вероятностей дискретной случайной величины. Примеры.
6. Основные математические статистики (среднее, медиана, мода, дисперсия, среднее квадратичное отклонение). Соотношение среднего, медианы, моды.
7. Некоторые важные виды распределений (равномерное, Пуассона, нормальное, хи-квадрат, Стьюдента).
8. Свойства нормального распределения. Примеры нормальных распределений. Получение нормально распределенных случайных чисел.
9. Равномерное распределение. Получение равномерно распределенных случайных чисел.
10. Методы проверки нормальности распределения.
11. Доверительное оценивание. Доверительный интервал среднего. Способы его вычисления.
12. Понятие о метод наименьших квадратов (МНК).
13. Линейная регрессия по МНК. Коэффициент корреляции. Критерий Стьюдента.
14. Использование критерия Фишера для проверки значимости регрессии.
15. Использование критерия Стьюдента для проверки значимости параметров регрессионной модели.
16. Проверка гипотез. Гипотеза о равенстве среднего значения выборки из нормального распределения заданной величине.
17. Проверка гипотез. Гипотеза о равенстве средних значений выборок из двух генеральных совокупностей.
18. Проверка гипотез. Гипотеза о значимости влияния на выборки одного фактора (однофакторный дисперсионный анализ).
19. Статистика угловых измерений на сфере (статистика Фишера). Среднее значение, кучность, α_{95} .
20. Статистика угловых измерений на сфере. Гипотеза о равенстве средних значений выборок двух угловых измерений на сфере.
21. Марковские процессы. Примеры. Матрица переходных вероятностей.
22. Марковское свойство, критерий Андерсона-Гудмена.
23. Степень (глубина) марковости процесса.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (экзамен).

Результаты обучения, соответствующие виды оценочных средств	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания (устный опрос) основные типы распределений вероятностей, используемые в статистическом анализе; основы методики применения статистических методов; методы оценивания параметров	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания

распределений и случайных процессов				
Умения (<i>устный опрос</i>) проводить статистические исследования на основе имеющихся выборок данных; применять методы статистического анализа выборочных данных и случайных процессов; интерпретировать результаты статистического анализа и использовать их при построении математических моделей	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы.	Успешное умение.
Владения (<i>устный опрос</i>) практическими навыками численных расчетов оценок параметров распределений и случайных процессов	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки.	Свободное владение и использование.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Дэвис Дж. Статистика и анализ данных в геологии. В 2-х т. М.: Мир. 1995. (кафедральный фонд).
2. Харбух Д., Бонэм-Картер Г. Моделирование на ЭВМ в геологии. М.: "Мир", 1974. 319 с. (печатная в Библиотеке МГУ, электронная в кафедральном фонде).
3. Мардиа К. Статистический анализ угловых наблюдений. М.: Наука, 1978. 239 с. (кафедральный фонд).
4. Теннант-Смит Дж. Бейсик для статистиков. М.: Мир, 1988. 208 с. (кафедральный фонд).

- дополнительная литература:

1. Бендат Л., Пирсол Л. Прикладной анализ случайных данных. М.: Мир, 1989.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие, 11 и 12 издания. М.: Высшее образование, 2008, М.: Юрайт, 2010.
3. Кендалл М., Стьюарт А. Статистические выводы и связи. М.: Наука, 1973.
4. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. М.: Физматлит, 2006.
5. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов. – М.: Юрайт, 2007.
6. Справочник по прикладной статистике. В 2-х т. М.: Финансы и статистика, 1989.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2005.

8. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. М.: Физматгиз, 1960.

Б) Перечень программного обеспечения:

- лицензионное

Нет

- нелицензионное и свободного доступа

пакет программ Open Office

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com

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

- поисковая система научной информации www.scopus.com

- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

Д) Материально-техническое обеспечение:

Компьютерный класс, мультимедийный проектор, экран.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Захаров В.С. (профессор кафедры динамической геологии)

11. Разработчики программы: профессор Захаров В.С.