

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан Геологического факультета
академик

_____/Д.Ю.Пушаровский/

«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы математической статистики в инженерной геологии

Авторы-составители: Артамонова Н.Б., Самарин Е.Н., Бершов А.В.

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:
Гидрогеология, инженерная геология, геокриология

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*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение – 2016.

© 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 курса «Методы математической статистики в инженерной геологии» – научить студентов использовать методы математической статистики для решения различных типов инженерно-геологических задач.

Задачи: ознакомление студентов с основными необходимыми понятиями и теоремами теории вероятностей и математической статистики; рассмотрение основных типов инженерно-геологических задач, решаемых вероятностно-статистическими методами; ознакомление студентов с вопросами теории накопления, математической обработки и статистического анализа инженерно-геологической информации; освоение основных практических приемов и методов обработки экспериментальных данных и результатов полевых наблюдений; освоение метрологического обеспечения результатов инженерно-геологических исследований.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, профессиональные дисциплины по выбору, курс – IV, семестр – 8.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Высшая математика», «Информатика», «Математическая статистика», «Инженерная геология, часть 1. Грунтоведение», «Инженерная геология, часть 2. Инженерная геодинамика», «Методы исследования грунтов в массиве», «Механика грунтов».

Приобретенные знания, умения и навыки при освоении данной дисциплины могут быть востребованы в дальнейшем при выполнении научно-исследовательской работы и выпускных квалификационных работ.

3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

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

ОПК-4.Б Способность применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично).

ПК-5.Б Способность применять на практике методы сбора, обработки, анализа и обобщения геологической информации (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать: фундаментальные основы теории накопления, математической обработки и статистического анализа инженерно-геологической информации.

Уметь: применять на практике основные методы статистической обработки инженерно-геологической информации.

Владеть: основными методами метрологического обеспечения результатов инженерно-геологических исследований.

4. Формат обучения – лекционные и практические занятия.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., 108 академических часов, в том числе 55 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (22 часа – занятия лекционного типа, 33 часа – занятия практического типа). 53 академических часа отведено на самостоятельную работу, из них 10 часов – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Основной целью курса является обучение слушателей основным методам статистической обработки и анализа экспериментальных данных и результатов полевых инженерно-геологических исследований с использованием персональной вычислительной техники. Курс состоит из двух частей. Первая часть является теоретической: в ней рассматриваются вопросы теории накопления, математической обработки и статистического анализа инженерно-геологической информации. Практическая часть курса предполагает освоение приемов обработки экспериментальных данных, а также знакомство студентов со способами и программами визуализации пространственно-распределенных инженерно-геологических данных.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия практического типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Теоретические основы теории вероятностей и математической статистики в приложении к инженерной геологии.		4			4	Подготовка к контрольной работе*, 5 часов.
Раздел 2. Теория и методы исследования распределения и числовых характеристик одной случайной величины.		6	12		18	Подготовка к контрольной работе и контрольному опросу, 10 часов.
Раздел 3. Теория и методы исследования распределения системы случайных величин. Связи между случайными величинами.		6	9		15	Подготовка к контрольной работе и контрольному опросу, 10 часов.
Раздел 4. Многомерные статистические методы (кластерный и факторный анализы).		4	6		10	Подготовка к контрольному опросу, 5 часов.
Раздел 5. Статистический анализ пространственных геологических закономерностей.		2	3		5	Написание реферата, 6 часов
Раздел 6. Метрологический контроль экспериментальных данных.			3		3	1 расчетная работа, 7 часов.
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>						10
Итого	108		55			53

*Текущий контроль успеваемости проводится в рамках практических занятий

Содержание разделов дисциплины:

1. Теоретические основы теории вероятностей и математической статистики в приложении к инженерной геологии.

История применения статистических методов в инженерной геологии. Работы Н.Н. Маслова, И.С. Комарова, Н.В. Коломенского, Г.К. Бондарика. Возможности математической статистики в комплексном естественнонаучном анализе. Задачи, решаемые в инженерной геологии (ИГ) с помощью методов математической статистики. Схема изучения физического явления.

Основные понятия теории вероятностей и математической статистики. Случайность. Массовость. Событие. Элементарное событие. Пространство событий. Вероятность события. Непосредственный подсчет вероятностей. Статистическая вероятность события. Случайная величина. Принцип практической уверенности. Способы введения вероятностей (статистический, геометрический, аксиоматический). Примеры.

Совместные и несовместные события. Зависимые и независимые события. Примеры. Условная вероятность.

Основные теоремы теории вероятностей. Назначение основных теорем. Теорема умножения вероятностей (формула условной вероятности). Теорема сложения вероятностей. Формула полной вероятности. Теорема гипотез (формула Байеса). Примеры. Использование теории вероятности при анализе рисков от природных геологических и антропогенных процессов.

2. Теория и методы исследования распределения и числовых характеристик одной случайной величины.

Случайные величины и способы их описания. Случайные величины в инженерной геологии. Статистическая совокупность и объем статистической совокупности. Репрезентативность выборки и рандомизация. Дискретные и непрерывные случайные величины. Функция распределения случайной величины. Вероятность попадания случайной величины на заданный интервал. Плотность распределения непрерывной случайной величины.

Числовые характеристики случайной величины. Моменты. Числовые характеристики положения. Математическое ожидание. Мода. Медиана. Числовые характеристики рассеяния. Дисперсия. Среднее квадратическое отклонение. Коэффициент асимметрии. Эксцесс.

Законы распределения случайной величины. Нормальный закон распределения (закон Гаусса). Моменты нормального распределения. Стандартная нормальная функция распределения. Правило «трех сигм».

Логарифмически нормальный (логнормальный) закон распределения. Биноминальный закон распределения. Распределение Пуассона. Равномерный закон распределения.

Статистические гипотезы и их проверка. Ошибки при проверке статистических гипотез. Распределение Стьюдента. Распределение Фишера. Распределение χ -квадрат. Статистические критерии для проверки статистических гипотез.

3. Теория и методы исследования распределения системы случайных величин. Связи между случайными величинами.

Корреляционный анализ. Системы случайных величин. Функция распределения системы двух случайных величин. Плотность распределения системы двух непрерывных случайных величин. Числовые характеристики системы двух случайных величин. Корреляционный момент. Коэффициент корреляции. Оценки и значимость коэффициента корреляции. Величина и смысл коэффициента корреляции. Техника вычисления коэффициента корреляции. Коэффициент детерминации. Корреляционное отношение. Корреляция трех случайных переменных. Частный коэффициент корреляции. Коэффициент корреляции Спирмена. Тетрахорический показатель связи. Несимметричные меры ассоциации. Моделирование свойств геологических объектов с помощью случайных функций.

Регрессионный анализ. Прямолинейная регрессия. Значимость параметров уравнения линейной регрессии. Доверительная зона регрессии. Анализ криволинейных связей. Множественная регрессия.

Дисперсионный анализ. Общие представления о принципах дисперсионного анализа. Разложение суммы квадратов и дисперсий. Оценка степени влияния изучаемого фактора и доверительных интервалов средних. Условия применимости дисперсионного анализа. Дисперсионный анализ неравномерного однофакторного комплекса. Дисперсионный анализ двухфакторного комплекса с повторностями. Дисперсионный анализ двухфакторного бесповторностного комплекса. Иерархическая схема дисперсионного анализа.

4. Многомерные статистические методы (кластерный и факторный анализы).

Кластерный анализ: основные принципы, иерархические методы кластеризации, меры расстояния, правила объединения или связи, метод К-средних, типы задач, решаемых с помощью кластерного анализа. Факторный анализ: основные принципы, модель в терминах наблюдаемых переменных, модель в терминах дисперсий, компонентный и собственно факторный анализ, определение оптимального числа факторов, вращение факторной структуры, выбор метода факторного анализа и схема его применения.

5. Статистический анализ пространственных геологических закономерностей.

Статистический анализ пространственных геологических закономерностей. Построение карт в изолиниях. Триангуляция как метод построения карт в изолиниях. Метод равномерных сетей. Выделение регионального фона и локальных аномалий показателей. Построение поверхностей тренда с помощью полиномиальных функций. Качество приближения поверхности тренда. Оценка значимости поверхности тренда. Особенности применения тренд-анализа.

6. Метрологический контроль экспериментальных данных.

Основные термины и определения. Оценка ошибок определения физических величин. Прямые и косвенные измерения. Правила обработки результатов прямых равнозначных измерений. Классификации погрешностей измерений. Абсолютная, относительная, приведенная погрешности. Случайные и систематические погрешности (погрешность прибора, погрешность округления, погрешность метода), суммарные погрешности. Правила обработки результатов косвенных измерений. Рекомендуемые правила по округлению результатов измерений.

Содержание практических занятий:

Практическое занятие 1. Статистический анализ одной выборки. Выбраковка по критерию Колмогорова и по критерию Шовена. Группировка данных по интервалам равной длины. Выбраковка и группировка случайных значений плотности и влажности массива дисперсного грунта.

Практическое занятие 2. Проверка гипотезы о законе распределения случайной величины. Проверка нормальности закона распределения выборки значений случайной величины с помощью критерия Уилка-Шapiro и χ -квадрат.

Практическое занятие 3. Расчет точечных оценок числовых характеристик распределения выборочной совокупности дискретных значений случайной величины. Оценка ошибок репрезентативности.

Практическое занятие 4. Корреляционный анализ выборочных значений двух случайных величин. Вычисление коэффициента корреляции. Оценка значимости коэффициента корреляции. Непараметрические методы анализа связей. Множественная и нелинейная корреляция двух и более случайных переменных.

Практическое занятие 5. Регрессионный анализ выборочных значений двух случайных величин. Нахождение параметров линейной регрессии. Оценка значимости параметров уравнения линейной регрессии. Определение доверительной зоны регрессии.

Практическое занятие 6. Дисперсионный анализ неравномерного однофакторного комплекса.

Практическое занятие 7. Параметрические и непараметрические методы анализа группы выборок значений случайной величины (сравнение дисперсий, сравнение средних).

Практическое занятие 8. Кластерный анализ.

Практическое занятие 9. Факторный анализ.

Практическое занятие 10. Построение карт в изолиниях.

Практическое занятие 11. Метрологический контроль экспериментальных данных. Оценка ошибок определения физических величин. Прямые и косвенные измерения. Обработки результатов прямых равноточных измерений. Классификации погрешностей измерений. Абсолютная, относительная, приведенная погрешности. Случайные и систематические погрешности (погрешность прибора, погрешность округления, погрешность метода), суммарные погрешности. Обработки результатов косвенных измерений. Расчет погрешностей измерений случайной величины на примере определения плотности грунта методом режущего кольца.

Рекомендуемые образовательные технологии:

Практические занятия проводятся в дисплейном классе с использованием программных средств: Microsoft Office Excel, Statistica.

При чтении лекций используются современные презентационные технологии.

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 усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетных и практических работ.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы/работы.

Примерные перечни вопросов для проведения текущего контроля/Темы контрольных работ:

1. Событие, элементарное событие, пространство событий (дать определение).
2. Действия над событиями: сумма событий, пересечение событий, разность событий, дополнение к событию (написать обозначение, нарисовать картинку).
3. Вероятность события, достоверное событие, невозможное событие (дать определение).
4. Несовместные и совместные события, независимые и зависимые события (дать определения, привести примеры).
5. Три способа введения вероятностей.
6. Теорема умножения вероятностей (для двух независимых и двух зависимых событий).
7. Теорема сложения вероятностей двух совместных событий, теорема сложения вероятностей N попарно несовместных событий.
8. Формула полной вероятности.
9. Формула Байеса.
10. Дискретные и непрерывные случайные величины (примеры).
11. Способы задания закона распределения дискретных случайных величин (кратко описать способы: табличный, графический, с помощью квантилей).
12. Интегральная функция распределения случайной величины (написать формулу, основные свойства, нарисовать графики для дискретной и непрерывной величин).
13. Вероятность попадания случайной величины на заданный интервал, выраженная через интегральную функцию распределения (написать формулу, нарисовать график).

14. Чему равна вероятность любого отдельного значения непрерывной случайной величины?
15. Плотность распределения (написать формулу, основные свойства, нарисовать график).
16. Вероятность попадания случайной величины на заданный интервал, выраженная через плотность распределения.
17. Числовые характеристики положения: математическое ожидание, мода, медиана (написать формулы для дискретных и непрерывных случайных величин, нарисовать графики).
18. Начальный момент порядка s (написать формулы для дискретных и непрерывных случайных величин; формулу, выраженную через математическое ожидание).
19. Центрированная случайная величина (написать формулу).
20. Чему равно математическое ожидание центрированной случайной величины?
21. Центральный момент порядка s (написать формулу, выраженную через математическое ожидание; формулы для дискретных и непрерывных случайных величин).
22. Центральный момент первого порядка.
23. Дисперсия (написать определение, формулу, выраженную через математическое ожидание; формулы для дискретных и непрерывных случайных величин).
24. Среднее квадратическое отклонение (написать формулу).
25. Коэффициент асимметрии (написать формулу, нарисовать графики).
26. Эксцесс (написать формулу, нарисовать графики).
27. Плотность нормального закона распределения (формула), смысл численных параметров m и σ в формуле нормального закона распределения.
28. Асимметрия и эксцесс для нормального закона распределения.
29. Правило «трех сигм».
30. Интегральная функция распределения системы двух случайных величин (написать формулу, показать графически, основные свойства).
31. Вероятность попадания случайной величины – случайной точки (x, y) в пределы области $R \in \mathbb{R}^2$, имеющей форму прямоугольника: $\alpha \leq X < \beta$, $\gamma \leq Y < \delta$ (формула, рисунок).
32. Плотность распределения системы двух случайных величин (формула, рисунок).
33. Начальный и центральный моменты порядка k, s системы (X, Y) (формулы, выраженные через математическое ожидание; формулы для дискретных и непрерывных случайных величин).
34. Корреляционный момент случайных величин X и Y (формула, выраженная через математическое ожидание; формулы для дискретных и непрерывных случайных величин).
35. Коэффициент корреляции величин X и Y (формула).
36. Что характеризует коэффициент корреляции каковы пределы его изменения?
37. Что называется корреляционным рядом и корреляционной таблицей?
38. Как оценивается статистическая значимость коэффициента корреляции?
39. Какой смысл имеет коэффициент множественной корреляции? Как он связан с парными коэффициентами корреляции?
40. Критерии проверки статистических гипотез и на чем они основываются?
41. Уровень значимости и доверительная вероятность.
42. Что собой представляет выбраковка как статистическая задача? Какие существуют критерии, позволяющие выполнять эту операцию?
43. Можно ли по отсутствию асимметрии и эксцесса судить о нормальности распределения и наоборот?
44. Какие оценки называются интервальными и что они показывают?
45. Что общего и в чем отличие интервальной оценки среднего и оценки интервала возможных значений случайной величины?

46. К чему относится утверждение об однородности дисперсий – к дисперсиям или к их оценкам?
47. С помощью какого критерия можно сравнить между собой два стандартных отклонения?
48. В чем принципиальное отличие I и II модели дисперсионных комплексов?
49. Что является непременным условием проведения дисперсионного анализа?
50. На чем основаны принципы дисперсионного анализа?
51. С чем связаны трудности дисперсионного анализа неравномерных комплексов?
52. Для чего используются уравнения регрессии и что регламентируют условия их применения?
53. Есть ли ограничения на величину и знак произведения коэффициентов линейной регрессии $b_{xy} \cdot b_{yx}$? Что такое произведение показывает?
54. Как и для решения какого рода задач можно использовать уравнения регрессии?
55. Для проверки каких гипотез используются серийный критерий и критерий Колмогорова-Смирнова?
56. Для проверки какой гипотезы используется критерий Вилкоксона?
57. В чем специфика коэффициента корреляции Спирмена?
58. Сходства и различия методов триангуляции и равномерных сетей.
59. Понятия регионального фона и локальной аномалии.
60. Способы разделения регионального фона и локальных аномалий.
61. Процедура построения поверхностей тренда с помощью полиномиальных функций.
62. Оценка качества приближения поверхности тренда.
63. Оценка значимости поверхности тренда.
64. Иерархические методы кластеризации.
65. Основные меры расстояний в кластерном анализе.
66. Правила объединения в кластеры.
67. Типы инженерно-геологических задач, решаемых при помощи кластерного анализа.
68. Процедура проведения факторного анализа.
69. Понятия факторных осей и факторных нагрузок.
70. Типы инженерно-геологических задач, решаемых при помощи факторного анализа.
71. В чем отличие случайной и систематической погрешностей?
72. Общий вид случайной погрешности при косвенных равноточных измерениях.
73. Общий вид систематической погрешности при косвенных равноточных измерениях.
74. Принципиальная разница в оценке погрешности при прямых и косвенных измерениях.

Расчетные домашние задания:

Расчет погрешностей измерений случайной величины на примере определения плотности грунта методом режущего кольца.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Предмет теории вероятностей и задачи, решаемые статистическими методами в инженерной геологии.
2. Ошибки лабораторного анализа. Закон сложения ошибок. Прямые и косвенные измерения.
3. Зависимые и независимые события. Теорема умножения вероятностей (формула условной вероятности). Формула полной вероятности. Теорема гипотез (формула Байеса).

4. Основные понятия статистики. Математические операции над событиями. Вероятность события и способы ее введения.
5. Случайные величины и способы их описания.
6. Интегральная и дифференциальная функции распределения случайных величин.
7. Числовые характеристики распределения случайных величин.
8. Нормальный закон распределения случайных величин. Моменты нормального распределения.
9. Эффекты, влияющие на вид функции распределения случайных величин. Правило «трех сигм».
10. Интегральная и дифференциальная функции распределения системы двух случайных величин.
11. Оценки для неизвестных параметров распределения случайной величины. Интервальные оценки.
12. Оценки для неизвестных параметров распределения случайной величины. Точечные оценки и ошибки репрезентативности.
13. Системы двух случайных величин.
14. Числовые характеристики системы двух случайных величин.
15. Проверка статистических гипотез.
16. Корреляционный анализ. Коэффициент корреляции. Множественная корреляция.
17. Регрессионный анализ. Прямолинейная регрессия.
18. Значимость параметров уравнения прямолинейной регрессии. Доверительная зона регрессии.
19. Техника проведения дисперсионного анализа (на примере однофакторного комплекса).
20. Факторный анализ.
21. Задачи классифицирования в инженерной геологии. Кластерный анализ.
22. Анализ и способы построения карт непрерывных значений показателей состава и свойств грунтов.
23. Выделение регионального фона и локальных аномалий показателей состава и свойств грунтов.
24. Ошибки лабораторного анализа. Закон сложения ошибок. Прямые и косвенные измерения.
25. Выбраковка сомнительных данных. Критерий Колмогорова.
26. Выбраковка сомнительных данных. Критерий Шовена.
27. Способы разбиения выборок на интервалы.
28. Проверка нормальности распределения по критерию Уилка-Шапиро.
29. Проверка нормальности распределения по критерию хи-квадрат.
30. Техника вычисления точечных оценок моды и медианы распределения случайной величины.
31. Техника вычисления коэффициента корреляции.
32. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена.
33. Техника проведения регрессионного анализа.
34. Проверка гипотезы об однородности двух выборок. Критерий Колмогорова-Смирнова.
35. Проверка гипотезы об однородности двух выборок. Критерий Вилкоксона.
36. Сравнение средних (математических ожиданий). Параметрический критерий Стьюдента.
37. Сравнение дисперсий. Критерий Бартлета.
38. Анализ пространственного тренда. Дихотомический метод.
39. Анализ пространственного тренда. Метод скачков.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: фундаментальных основ теории накопления, математической обработки и статистического анализа инженерно-геологической информации	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: применять на практике основные методы статистической обработки инженерно-геологической (ИГ) информации	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение	Успешное умение использовать методы статистической обработки инженерно-геологической информации для решения конкретных ИГ задач
Владения: основными методами метрологического обеспечения результатов инженерно-геологических (ИГ) исследований	Навыки владения основными методами метрологического обеспечения результатов ИГ исследований отсутствуют	Фрагментарное владение основными методами метрологического обеспечения результатов ИГ исследований, наличие отдельных навыков	В целом сформированы навыки владения основными методами метрологического обеспечения результатов ИГ исследований	Владение основными методами метрологического обеспечения результатов ИГ исследований, использование их для решения конкретных ИГ задач

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

Самарин Е.Н., Бершов А.В., Фоменко И.К. Курс лекций по методам статистической обработки инженерно-геологической информации. М.: МГУ, 2004. 196 с.

Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: МГУ, 1995. 291 с.

Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Высшая школа, 2003. 571 с.

ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. М: ИПК Издательство стандартов, 1997. 16 с.

Иереског К.Г., Клован Д.И., Реймент Р.А. Геологический факторный анализ. Л.: Недра, 1980. 223 с.

Петрунин Ю.Ю. Информационные технологии анализа данных. Data analysis: учебное пособие. М.: КДУ, 2018. 292 с.

- дополнительная литература:

- Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 2003. 479 с.
- ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартинформ, 2016. 19 с.
- ГОСТ Р 50.1.033-2001. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. М.: Госстандарт России, 2006. 87 с.
- Зайдель А.Н. Ошибки измерений физических величин. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1974. 108 с.
- Комаров И.С. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. М.: Недра, 1972. 295 с.
- Минько А.А. Функции в Excel. Справочник пользователя. М.: Эксмо, 2007. 512 с.
- Факторный, дискриминантный и кластерный анализ/ Пер. с англ. Дж.-О. Ким, Ч.У. Мюллер, У.Р. Клекка и др.; Под ред. И.С. Енюкова. М.: Финансы и статистика, 1989. 215 с.
- Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. Учебник. М.: ООО Бином-Пресс», 2008. 512 с.
- Халафян А.А., Боровиков В.П., Калайдина Г.В. Теория вероятностей, математическая статистика и анализ данных: основы теории и практика на компьютере, Statistica, Excel: более 150 примеров решения задач. М.: Ленанд, 2017. 320 с.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения, пакеты программ: Microsoft Office Excel, Microsoft Office Word, Microsoft Office PowerPoint, Statistica.

В) Материально-техническое обеспечение: персональные компьютеры.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель – Артамонова Н.Б.

11. Авторы программы – Артамонова Н.Б., Самарин Е.Н., Бершов А.В.