


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра микроэлектроники и общей физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета



И.С.Огнев

« 23 » мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины
«Статистическая обработка экспериментальных данных»**

Направление подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль)
« Интегральная электроника и нанoeлектроника »

Форма обучения
очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от «17» апреля 2023 года, протокол № 5

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «**Статистическая обработка экспериментальных данных**» являются ознакомление студентов с основными принципами анализа случайных данных, формирование знаний об основных этапах обработки экспериментальных данных, освоение студентами основных статистических методов оценивания характеристик экспериментальных данных и получение навыков работы со статистическими пакетами.

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «**Статистическая обработка экспериментальных данных**» относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений и входит в модуль Б1.В.06. Изучение дисциплины основывается на знаниях, умениях и владениях, полученных студентами в результате освоения модуля **Математика** (базовая часть математического и естественнонаучного цикла), и дисциплин **Общего физического практикума**, а также дисциплины **Информационные технологии и программирование** (обязательная часть). Результаты освоения дисциплины **Статистическая обработка экспериментальных данных** в свою очередь используются при последующем изучении общефизических и профессиональных дисциплин, а также в научно-исследовательской работе студента на уровне бакалавриата и магистратуры.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		
ПК-2. Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.	ИД_ПК-2.1. Знает методы и методики проведения исследований параметров и характеристик электронных приборов и схем.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – характеристики случайной величины(СВ); – основные структуры данных и алгоритмы эффективного манипулирования ими; – методы дисперсионного анализа; – методы регрессионного и дискриминантного анализа. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выбирать методику статистического исследования экспериментальных данных; – рассчитывать интервалы с заданной вероятностью для характеристик СВ; – вычислять точности оценки параметров распределения по выборке; – по выборке находить эмпирические плотности распределения; – проводить дисперсионный анализ; – использовать для анализа данных и представления результатов такие пакеты, как Statistica. <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> – реализации математических методов обработки экспериментальных данных в виде прикладных программных продуктов; – составления отчетов по методикам исследования и их реализации в виде программного обеспечения (ПО); – анализа результатов обработки экспериментальных данных; – работы со статистическими пакетами.

	<p>ИД_ПК-2.2. Демонстрирует навыки экспериментального определения характеристик устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные направления развития микро и наноэлектроники; - простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок различного функционального назначения; - методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок различного функционального назначения. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; - строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения; - аргументировано выбирать эффективную методику вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности. <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования; - реализации на практике методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.
--	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 акад.часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение.	3	1	1				6	
2	Характеристики случайной величины.	3	1	1				5	Задания для самостоятельной работы
3	Функции распределения и её свойства.	3	2	2				8	Самостоятельная работа
	в том числе с ЭО и ДОТ		1	1					
4	Погрешности прямых и косвенных измерений.	3	1	2					
5	Метод наименьших квадратов.	3	1	2				10	Контрольная работа
	в том числе с ЭО и ДОТ		1	1					
6	Основы дисперсионного анализа.	3	3	2		1			
7	Корреляционный анализ.	3	2	2		1		6	Контрольная работа
8	Линейный и нелинейный регрессионный анализ.	3	2	2		1			
9	Множественный линейный корреляционно- регрессионный анализ.	3	2	2				4	Тест в LMS Электронный университет Moodle
	в том числе с ЭО и ДОТ		1	1					
10	Дискриминантный анализ.	3	2	1					
							0,3	1,7	Зачет
	Всего		17	17		3	0,3	34,7	

Содержание разделов дисциплины:

1. Введение.
2. Характеристики случайной величины. Ошибки измерений. Статистическая обработка результатов измерений. Генеральная совокупность и выборка. Кривая распределения результатов.
Плотность вероятности. Функция распределения, математическое ожидание и другие моменты.
3. Функции распределения и их свойства. Равномерное распределение. Распределение Пуассона. Распределение Гаусса. Функция ошибок.
4. Погрешности прямых и косвенных измерений. Случайная ошибка и её описание. Среднеквадратичная ошибка среднего и распределение Стьюдента. Правила обработки прямого многократного измерения. Оценка погрешности при косвенных измерениях.
5. Метод наименьших квадратов. Основные формулы метода наименьших квадратов. Учет всех видов погрешностей.
6. Основы дисперсионного анализа. Основные задачи дисперсионного анализа. Однофакторный дисперсионный анализ. Двухфакторный дисперсионный анализ.
7. Корреляционный анализ. Задачи корреляционного и регрессионного анализа. Линейный корреляционный анализ.
8. Линейный и нелинейный регрессионный анализ. Точность оценки уравнения регрессии. Анализ остатков и последовательностей. Нелинейная корреляция. Аппроксимация нелинейных зависимостей.
9. Множественный линейный корреляционно-регрессионный анализ. Основы анализа в матричном виде. Точность и значимость оценок в уравнении регрессии. Полный корреляционно-регрессионный анализ данных с двумя независимыми переменными.
10. Дискриминантный анализ. Понятие о дискриминантном анализе. Линейный дискриминантный анализ.

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов

рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Статистическая обработка экспериментальных данных»» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- Windows Pro 7 RUS
- Microsoft Office Std 2013

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniylar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Гмурман В.Е. Теория вероятности и математическая статистика: Учебное пособие для вузов/ В.Е. Гмурман; М-во образования РФ – М.:Вышш.шк.,2003.- 479с.
2. Московский С.Б. Основы статистической обработки результатов измерений [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / С.Б. Московский, А. Н. Сергеев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. - Ярославль: ЯрГУ, 2018. - 67 с.
<http://www.lib.uni Yar.ac.ru/edocs/iuni/20180706.pdf> (электронный ресурс)

б) дополнительная литература

1. Калинина В.Н. Математическая статистика: Учебник для вузов / В. Н. Калинина, В. Ф. Панкин; М-во образования РФ. - 3- изд.,испр. - М.: Академия : Высшая школа, 2001. - 336с.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор(ы) :

Старший преподаватель кафедры
микроэлектроники и общей физики

_____ А.Н. Сергеев

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
« Статистическая обработка экспериментальных данных »**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

Задания для самостоятельной работы
*(данные задания выполняются студентом самостоятельно
и преподавателем в обязательном порядке не проверяются)*

Задания для самостоятельной работы по теме 2

Вариант 1.

1. Производится бросание игральной кости до первого выпадения шести очков. Найти вероятность того, что первое выпадение шестерки произойдет при втором бросании игральной кости.
2. Дисперсия случайной величины 6.25. Найти среднее квадратичное отклонение.
3. Случайные ошибки измерения подчинены нормальному закону со средним квадратичным отклонением 1 мм и математическим ожиданием 0. Найти вероятность того, что из двух независимых ошибок хотя бы одного из них не превзойдет по абсолютной величине 1,28 мм.

Вариант 2.

1. В партии из 12 деталей имеется 8 стандартных. Найти вероятность того, что среди 5 взятых наудачу деталей окажется 3 стандартных.
2. Дисперсия каждой из 9 одинаково распределенных взаимно независимых случайных величин равна 36. Найти дисперсию среднего арифметического этих величин.
3. Случайная величина X распределена нормально. Математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение этой величины соответственно равны 6 и 2. Найти вероятность того, что в результате испытания X примет значение, заключенное в интервале (4,8).

Вариант 3.

1. Среднее число вызовов поступающих на АТС в 1 мин. равно 5. Найти вероятность того, что за две минуты поступит менее двух вызовов.
2. Среднее квадратичное отклонение каждой из 16 одинаково распределенных взаимно независимых случайных величин равно 10. Найти среднее квадратичное отклонение среднего арифметического этих величин.
3. Случайная величина распределена нормально. Среднее квадратичное отклонение этой величины равно 0,4. Найти вероятность того, что отклонение случайной величины от ее математического ожидания по абсолютной величине будет меньше 0,3.

Вариант 4.

1. Среднее число вызовов поступающих на АТС в 1 мин. равно 5. Найти вероятность того, что за две минуты поступит не менее двух вызовов.
2. Найти дисперсию случайной величины X -числа появления события в 100 независимых испытаний, в каждом из которых вероятность наступления события равна 0,7.
3. Валики, изготавливаемые автоматом, считаются стандартными, если отклонение диаметра валика от проектного размера не превышает 2 мм. Случайные отклонения диаметра валиков подчиняются нормальному закону со средним квадратичным отклонением 1,6 мм и математическим ожиданием 0. Сколько процентов стандартных валиков изготавливает автомат?

Самостоятельная работа по теме 3

Изучить законы распределения вероятностей, наиболее распространенные в практике статистических исследований, определить их математическое ожидание и дисперсию

1. *Биномиальное распределение.* Дискретная случайная величина X имеет биномиальный закон распределения с параметрами n и p , если она принимает значения $0, 1, 2, \dots, m, \dots, n$ с вероятностями

$$P(X = m) = C_n^m p^m q^{n-m},$$

где .

Биномиальный закон распределения представляет собой закон распределения числа $X = m$ наступлений событий A в n независимых испытаниях, в каждом из которых оно может произойти с одной и той же вероятностью p .

Математическое ожидание: $M(X) = np$.

Дисперсия: $D(X) = npq$.

Биномиальный закон распределения широко используется в теории и практике статистического контроля качества продукции, при описании функционирования систем массового обслуживания, при моделировании цен активов, в теории стрельбы и т.д.

2. *Распределение Пуассона.* Дискретная случайная величина X имеет закон распределения Пуассона с параметром $\lambda > 0$, если она принимает значения $0, 1, 2, \dots, m, \dots$ (бесконечное, но счетное множество значений) с вероятностями

$$P(X = m) = \frac{\lambda^m e^{-\lambda}}{m!},$$

Математическое ожидание: $M(X) = \lambda$.

Дисперсия: $D(X) = \lambda$.

При достаточно больших n ($n \rightarrow \infty$) и малых значениях p ($p \rightarrow 0$) при условии, что произведение np – постоянная величина ($np = \text{const}$), закон распределения Пуассона является предельным случаем биномиального закона (закон массовых и редких событий). Кроме этого, по закону Пуассона распределены число сбоев на автоматической линии, число отказов сложной системы в «нормальном режиме», число «требуемых на обслуживание», поступивших в единицу времени в системах массового обслуживания и др.

3. *Равномерный закон распределения.* Непрерывная случайная величина X имеет равномерный закон распределения на отрезке $[a, b]$, если ее плотность вероятности постоянна на этом отрезке и равна нулю вне его, т.е.

$$\varphi(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{при } a \leq x \leq b, \\ 0, & \text{при } x < a, x > b. \end{cases}$$

Обозначение: $X \sim R[a; b]$.

Математическое ожидание: $M(X) = \frac{a+b}{2}$.

Дисперсия: $D(X) = \frac{(b-a)^2}{12}$.

Случайная величина X , распределенная по равномерному закону на отрезке $[0, 1]$ называется *случайным числом* от 0 до 1. Она служит исходным материалом для получения случайных величин с любым законом распределения. Равномерный закон распределения используется при анализе ошибок округления при проведении числовых расчетов, в ряде задач массового обслуживания, при статистическом моделировании наблюдений, подчиненных заданному распределению.

4. *Показательный (экспоненциальный) закон распределения.* Непрерывная случайная величина X имеет показательный (экспоненциальный) закон распределения с параметром $\lambda > 0$, если ее плотность вероятности имеет вид:

$$\varphi(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & \text{при } x \geq 0, \\ 0, & \text{при } x < 0. \end{cases}$$

Математическое ожидание: $M(X) = \frac{1}{\lambda}$.

Дисперсия: $D(X) = \frac{1}{\lambda^2}$.

Показательный закон распределения играет большую роль в теории массового обслуживания и теории надежности.

5. *Нормальный закон распределения.* Непрерывная случайная величина X имеет нормальный закон распределения с параметрами a и σ^2 , если ее плотность вероятности имеет вид:

$$\varphi_N(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}.$$

Обозначение: $X \sim N(a; \sigma^2)$.

Математическое ожидание: $M(X) = a$.

Дисперсия: $D(X) = \sigma^2$.

Нормальный закон распределения с параметрами $a = 0, \sigma^2 = 1$, т.е. $N(0;1)$, называется *стандартным* или *нормированным*.

Функция распределения нормально распределенной случайной величины имеет вид:

$$F_N(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}} dt.$$

Вероятность попадания случайной величины X , распределенной по нормальному закону, в интервале $[x_1, x_2]$, равна

$$P(x_1 \leq X \leq x_2) = \frac{1}{2} \left[\Phi\left(\frac{x_2-a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{x_1-a}{\sigma}\right) \right],$$

где $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ – функция Лапласа.

Вероятность попадания случайной величины в интервал, симметричный относительно центра рассеяния a :

$$P(|X - a| \leq \Delta) = 2\Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right).$$

Если $\Delta = 3\sigma$, то $P(|X - a| \leq 3\sigma) = 2\Phi(3) = 0,9973$. Отсюда следует правило «трех сигм»: если $X \sim N(a; \sigma^2)$, то практически достоверно, что значения случайной величины X заключены в интервале $(a - 3\sigma; a + 3\sigma)$.

Нормальный закон распределения занимает центральное место в теории и практике вероятностно-статистических методов. Он является предельным законом, к которому приближаются многие другие законы распределения. Центральная предельная теорема теории вероятностей утверждает, что сумма очень большого числа случайных величин, влияние каждой из которых близко к 0, имеет распределение, близкое к нормальному.

6. *Распределение хи-квадрат* (χ^2). Распределением хи-квадрат χ^2 с k степенями свободы называется распределение суммы квадратов k независимых случайных величин, распределенных по стандартному нормальному закону.

Пусть X_1, \dots, X_k – совместно независимые стандартные нормальные случайные величины, т.е. $X_i \sim N(0; 1)$, тогда случайная величина

$$Y = X_1^2 + \dots + X_k^2$$

имеет распределение хи-квадрат с k степенями свободы.

Обозначение: χ^2_k .

Математическое ожидание: $M(Y) = k$.

Дисперсия: $D(Y) = 2k$.

В математической статистике распределение хи-квадрат используется для построения интервальных оценок и статистических критериев.

7. *Распределение Стьюдента (t-распределение)*. Пусть X_0, X_1, \dots, X_k – независимые стандартные нормальные случайные величины, такие что $X_i \sim N(0; 1), i = \overline{1, k}$. Тогда распределение случайной величины t :

$$t = \frac{X_0}{\sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k X_i^2}} = \frac{X_0}{\sqrt{\frac{1}{k} Y}}$$

называется распределением Стьюдента с k степенями свободы, $Y \sim \chi^2(k)$.

Обозначение: $t \sim t(k)$.

Математическое ожидание: $M(t) = 0, k \geq 1$.

Дисперсия: $D(t) = \frac{k}{k-2}, k \geq 2$.

Распределение Стьюдента сходится к стандартному нормальному при $k \rightarrow \infty$. Распределение Стьюдента применяется в статистике для построения доверительных интервалов и тестирования гипотез, касающихся неизвестного среднего статистической выборки из нормального распределения. В частности, если X_1, \dots, X_k – выборка из нормальной совокупности: $X_i \sim N(a; \sigma^2), i = \overline{1, k}$, а \bar{X} – выборочное среднее, S^2 – выборочная дисперсия этой выборки, то

$$\frac{\bar{X} - a}{\frac{S}{\sqrt{k}}} \sim t(k-1).$$

8. *Распределение Фишера*. Пусть Y_1, Y_2 – независимые случайные величины, имеющие распределение хи-квадрат со степенями свободы m и n соответственно: $Y_1 \sim \chi^2(m), Y_2 \sim \chi^2(n)$. Тогда распределение случайной величины

$$F = \frac{\frac{Y_1}{m}}{\frac{Y_2}{n}} = \frac{nY_1}{mY_2}$$

называется распределением Фишера (распределением Снедекора) со степенями свободы m и n .

Обозначение: $F \sim F(m; n)$.

Математическое ожидание: $M(F) = \frac{n}{n-2}, n > 2$.

Распределение Фишера используют при проверке гипотез об адекватности модели в регрессионном анализе, о равенстве дисперсий и др.

Контрольная работа по теме 5 (проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД_ПК-2.1.)

Вариант 1 Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t -критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	60	36	34	15	90	45	70	56	63	95
y	3	6	7	15	1,5	4,5	2	4	3,5	1,1

Вариант 2 Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента

корреляции, рассчитать t - критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)

5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	66	58	73	82	81	84	55	67	81	59
y	133	107	145	162	163	170	104	132	159	116

Вариант 3 Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).

2. Оценить модель, определив:

- компоненты дисперсии,
- коэффициент корреляции,
- коэффициент детерминации,
- среднюю ошибку аппроксимации,
- F -критерий Фишера.

3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.

4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t - критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)

5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	72	52	73	74	76	79	54	68	73	64
y	121	84	119	117	129	128	102	111	112	98

Вариант 4. Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).

2. Оценить модель, определив:

- компоненты дисперсии,
- коэффициент корреляции,
- коэффициент детерминации,
- среднюю ошибку аппроксимации,
- F -критерий Фишера.

3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.

4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t - критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)

5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	2,8	2,2	3,0	3,5	3,2	3,7	4,0	4,8	6,0	5,4
y	6,7	6,9	7,2	7,3	8,4	8,8	9,1	9,8	10,6	10,7

Вариант 5.
Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t - критерий студента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	3,2	3,7	4,0	4,8	6,0	5,4	5,2	5,4	6,0	9,0
y	8,4	8,8	9,1	9,8	10,6	10,7	11,1	11,8	12,1	12,4

Вариант 6.
Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t - критерий студента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	32	33	35	37	38	39	40	41	42	44
y	19,5	19,0	20,5	21,0	20,8	21,4	23,0	23,3	24,0	24,5

Вариант 7.
Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t - критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	45	46	47	49	50	52	54	55	58	60
y	24,2	25,0	27,0	26,8	27,2	28,0	30,0	30,2	32,0	33,0

Вариант 8.

Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t - критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	7	10	15	20	30	45	60	120
y	10,0	9,0	7,5	6,0	6,3	5,8	5,4	5,0

Вариант 9.

Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,

- среднюю ошибку аппроксимации,
- F -критерий Фишера.
- 3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
- 4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t -критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)
- 5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	2	5	3	7	2	6	4	9	8	4
y	3	6	4	6	4	8	6	9	9	5

Вариант 10. Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t -критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	1,4	3,3	5,5	7,6	9,8	12,0	14,7	18,9
y	1,1	1,4	2,0	2,4	2,8	3,1	3,5	4,0

Вариант 11. Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента

корреляции, рассчитать t - критерий студента и доверительные интервалы каждого из показателей)

5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	35	37	38	39	40	41	42	44
y	23,0	23,3	24,0	24,5	24,2	25,0	27,0	28,0

Вариант 12.

Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).

2. Оценить модель, определив:

- компоненты дисперсии,
- коэффициент корреляции,
- коэффициент детерминации,
- среднюю ошибку аппроксимации,
- F -критерий Фишера.

3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.

4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t - критерий студента и доверительные интервалы каждого из показателей)

5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
y	2,6	2,4	3,3	2,9	3,7	4,2	5,5	6,4

Вариант 13.

Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).

2. Оценить модель, определив:

- компоненты дисперсии,
- коэффициент корреляции,
- коэффициент детерминации,
- среднюю ошибку аппроксимации,
- F -критерий Фишера.

3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.

4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t - критерий студента и доверительные интервалы каждого из показателей)

5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	0,9	1,5	2,0	2,5	2,8	3,0	1,2	1,4
y	3,1	5,1	5,9	6,1	7,2	8,1	3,8	5,3

Вариант 14.
Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t - критерий студента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	127	133	149	156	162	182	197	201
y	2,01	2,12	2,77	3,62	3,80	4,01	4,33	4,5

Вариант 15.
Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t - критерий студента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	21	22	27	28	29	33	35	38
y	2,01	2,12	3,62	2,77	3,80	4,01	4,33	4,6

Вариант 16.
Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t - критерий студента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	67	70	73	74	77	83	84	85
y	4,33	4,01	3,80	3,62	2,77	2,01	2,12	2,0

Вариант 17.

Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t - критерий студента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	1,08	1,63	1,04	1,49	0,97	0,90	0,77	0,69	0,57	0,62
y	0,49	0,49	0,46	0,52	0,38	0,33	0,34	0,34	0,33	0,28

Вариант 18.

Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,

- F -критерий Фишера.
- 3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
- 4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t -критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)
- 5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	84,4	82,4	80,1	63,4	76,2	75,1	74,8	73,0
y	79,5	279	71,4	243	76,3	74,7	211	75

Вариант 19. Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t -критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	1	2	4	3	5	6	8	11	13	15
y	30	70	150	100	170	185	220	255	260	290

Вариант 20. Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t -критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	9	12	13	14	15	17	18	19	21	23
y	69	73	95	87	96	98	105	111	107	129

Вариант 21.

Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t -критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	9	11	12	14	16	16	18	19	20
y	68	72	93	98	87	92	99	111	100

Вариант 22.

Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t -критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	8	10	11	15	15	18	18	21	21	23
y	67	70	87	92	98	90	96	11	105	125

Вариант 23.
Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t -критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	8	10	12	14	14	15	16	19	21	23
y	65	70	87	98	90	96	99	106	100	120

Вариант 24.
Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t -критерий Стьюдента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	9	11	12	13	14	15	17	18	20	22
y	69	73	99	88	91	100	114	103	109	125

Вариант 25.
Парная регрессия

Задача. Изучается зависимость результативного признака y от фактора x .

Требуется (для всех вариантов):

1. Построить линейную модель парной регрессии (рассчитать параметры линейного уравнения парной регрессии).
2. Оценить модель, определив:
 - компоненты дисперсии,
 - коэффициент корреляции,
 - коэффициент детерминации,
 - среднюю ошибку аппроксимации,
 - F -критерий Фишера.
3. Дать интерпретацию рассчитанных характеристик.
4. Сделать оценку статистической значимости коэф. регрессии и корреляции (рассчитать случайные ошибки параметров линейной регрессии и коэффициента корреляции, рассчитать t -критерий студента и доверительные интервалы каждого из показателей)
5. На графике отобразить исходные данные и линию регрессии.

x	9	11	13	14	14	16	18	20	21	23
y	67	71	97	85	89	98	112	101	107	123

**Тест для самопроверки по результатам освоения дисциплины перед зачетом
(проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД_ПК-2.1.)**

1. Какие переменные называются предопределенными:

- а) экзогенные и лаговые.
- б) экзогенные;
- в) эндогенные;
- г) лаговые;

2. Для оценки значимости парного коэффициента корреляции используется

- а) t -статистика, рассчитываемая по формуле $t = r \cdot \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$ и $v = n - 2$.

- б) F -статистика $F = r \cdot \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$ с параметрами $v_1 = n$ и $v_2 = r$

- в) t -статистика, рассчитываемая по формуле $t = r$ и $v = n - 2$.

- г) F -статистика $F = r \cdot \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$ с параметрами $v_1 = n - 2$ и $v_2 = n$.

**3. По результатам обследования случайно выбранных семей построено уравнение регрессии зависимости накоплений S от дохода Y :
 $S_i = -33,5 + 1,05 \cdot Y_i + e_i$. Как изменятся накопления, если доходы увеличатся на 10 тыс. руб.?**

- а) возрастут на 10,5 тыс. руб.
- б) данных недостаточно

в) уменьшатся на 33,5 тыс. руб.

г) возрастут на 1,05 тыс. руб.

4. Нулевая гипотеза для коэффициента регрессии b в уравнении парной линейной регрессии $Y = a + b \cdot X + e$ проверяется с помощью

а) статистики Фишера;

б) стандартного нормального распределения;

в) статистики Стьюдента;

г) распределения Пуассона.

5. Для определения статистической значимости коэффициента детерминации R^2 проверяется нулевая гипотеза для F -статистики, рассчитываемая по формуле:

а) $F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - 1}{n - m}$.

б) $F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m - 1}$;

в) $F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - 2}{m}$;

г) $F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m}$;

6. На основании рядов данных для переменных x и y построено уравнение регрессии: $y = a + b \cdot x = 5 + 1,25 \cdot x$. Какое из следующих высказываний является верным:

а) Форма уравнения регрессии показывает, что переменные x и y линейно зависят друг от друга.

б) Оценка коэффициента $b = 1,25$ означает, что если значение переменной x увеличится в среднем на 1,25, то значение переменной y при прочих равных условиях увеличится на 1 единицу.

в) Оценка коэффициента $b = 1,25$ означает, что если значение переменной y увеличится на 1 единицу, то значение переменной x при прочих равных условиях увеличится в среднем на 1,25.

г) Если при прочих равных условиях значение переменной x удвоится, то значение переменной y возрастет в среднем на 25%.

д) Все высказывания в п.п. а-г неверны.

7. Критерий Стьюдента предназначен для:

а) Определения экономической значимости каждого из коэффициентов уравнения регрессии.

б) Определения статистической значимости каждого из коэффициентов уравнения регрессии.

в) Определения статистической значимости модели в целом на основе совокупной достоверности всех ее коэффициентов.

г) Определения экономической значимости регрессионной модели в целом.

д) Ни одно из высказываний а-г не верно.

8. Критерий Фишера показывает

а) Долю изменчивости зависимой переменной, объясненную влиянием факторов, включенных в модель.

б) Тесноту связи между фактическими и расчетными значениями результирующего показателя.

в) Статистическую значимость модели в целом на основе совокупной достоверности всех ее коэффициентов.

г) Экономическую значимость модели в целом.

д) Ни одно из утверждений а-г не верно.

9. Зависимость между коэффициентами множественной детерминации (D) и корреляции (R) описывается следующей формулой:

а) $R = \sqrt{D}$.

б) $R^2 = 1 - D^2$.

в) $D^2 = 1 - R^2$.

г) $D = \sqrt{R}$.

д) Ни одной из формул, приведенных в п.п. а-г.

10. Коэффициент эластичности показывает

а) На сколько ед. изменится фактор при изменении результата на 1 ед.

б) На сколько ед. изменится результат при изменении фактора на 1 ед.

в) Во сколько раз изменится результат при изменении фактора на 1 ед.

г) На сколько % изменится фактор при изменении результата на 1%.

д) На сколько % изменится результат при изменении фактора на 1%.

11. Анализ тесноты и направления связей двух признаков осуществляется на основе:

а) частного коэффициента корреляции

б) множественного коэффициента корреляции

в) парного коэффициента корреляции

12. В каких пределах изменяется множественный коэффициент корреляции:

а) от 0 до 1

б) от -1 до 0

в) от -1 до 1

г) от 0 до 10

13. Перепись населения является

а) выборочным исследованием;

б) сбором данных о генеральной совокупности;

в) выборкой.

14. Нулевая гипотеза для коэффициента регрессии b в уравнении парной линейной регрессии $Y = a + b \cdot X + e$ проверяется с помощью

а) распределения Пуассона.

б) статистики Стьюдента;

в) стандартного нормального распределения;

г) статистики Фишера;

15. Стоимость торта коррелирует с затратами в % муки, сливочного масла и сахара. При построении регрессионной модели следует ожидать эффекта мультиколлинеарности между тремя основными ингредиентами. Как можно выявить фактор, наименее значимый в модели?

а) с помощью коэффициентов парной корреляции;

б) с помощью коэффициентов частной корреляции;

в) с помощью коэффициентов множественной корреляции;

г) с помощью коэффициента детерминации.

16. Для описания влияния образования (высшее, среднее, среднее специальное, неполное среднее) на уровень заработной платы следует ввести фиктивные переменные в количестве:

а) 1;

б) 2;

в) 3;

г) 4.

17. Табличное значение критерия Стьюдента зависит

а) Только от уровня доверительной вероятности.

- б) Только от числа факторов, включенных в модель.
- в) Только от длины исходного ряда.
- г) Только от уровня доверительной вероятности и длины исходного ряда.
- д) И от уровня доверительной вероятности, и от числа факторов, включенных в модель и от длины исходного ряда.

18. Связь между оценкой коэффициента авторегрессии первого порядка ρ и значением критерия Дарбина-Уотсона отражается формулой:

а) $\hat{\rho} = 1 - \frac{d}{2}$

б) $\hat{\rho} = d$

в) $d = 1 - \frac{\hat{\rho}}{2}$

г) $\hat{\rho} + d = 1$

- д) Ни одной из формул, перечисленных в п.п. а-г.

19. Для диагностики модели на гетероскедастичность ошибок применяется

- а) Критерий Стьюдента.
- б) Критерий Фишера.
- в) Критерий Дарбина-Уотсона.
- г) Критерий Пирсона.
- д) Ни один из критериев, перечисленных в п.п. а-г.

20. Доверительная вероятность

- а) Вероятность того, что фактическое и прогнозное значение результирующего показателя совпадут.
- б) Вероятность того, что фактическое значение результирующего показателя не будет превосходить его прогнозное значение.
- в) Вероятность получения недостоверного результата.
- г) Вероятность того, что фактическое значение результирующего показателя попадет в рассчитанный прогнозный интервал.
- д) Ни один из ответов в п.п. а-г не верен.

21. Тест Дарбина-Уотсона применяется для:

- а) обнаружения недостающих регрессоров
- б) выявления порядка автокорреляции
- в) выявления автокорреляции в модели

22. Какая ошибка в спецификации имеет менее серьезные последствия:

- а) включение в модель переменной, которой там быть не должно
- б) исключение из модели значимой переменной

23. Каким образом можно обнаружить отрицательную автокорреляцию?

- а) также как и положительную, только зона с критическим уровнем расположена симметрично справа от 2
- б) также как и положительную, только зона с критическим уровнем расположена симметрично справа от 4

24. Какой показатель характеризует долю объясненной с помощью регрессии дисперсии в общей дисперсии зависимой переменной?

- а) коэффициент детерминации.
- б) коэффициент корреляции;
- в) t -статистика;
- г) F -статистика.

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ответ	а	а	г	в	г	а	б	в	а	д	в	а
Вопрос	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Ответ	а	б	б	б	д	а	д	г	в	а	б	а
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Тест для самопроверки по результатам освоения дисциплины перед зачетом (проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД_ПК-2.2.)

- 1. Наиболее наглядным видом выбора уравнения парной регрессии является:**
 - а) аналитический;
 - б) графический;
 - в) экспериментальный (табличный).
- 2. Суть метода наименьших квадратов состоит в:**
 - а) минимизации суммы остаточных величин;
 - б) минимизации дисперсии результативного признака;
 - в) минимизации суммы квадратов остаточных величин.
- 3. На основании наблюдений за 50 семьями построено уравнение регрессии $\hat{y} = 284,56 + 0,672x$, где y – потребление, x – доход. Соответствуют ли знаки и значения коэффициентов регрессии теоретическим представлениям?**
 - а) да;
 - б) нет;
 - в) ничего определенного сказать нельзя.
- 4. Качество модели из относительных отклонений по каждому наблюдению оценивает:**
 - а) коэффициент детерминации r_{xy}^2 ;
 - б) F -критерий Фишера;
 - в) средняя ошибка аппроксимации \bar{A} .
- 5. Классический метод к оцениванию параметров регрессии основан на:**
 - а) методе наименьших квадратов;
 - б) методе максимального правдоподобия;
 - в) шаговом регрессионном анализе.
- 6. Какое уравнение регрессии нельзя свести к линейному виду:**
 - а) $\hat{y}_x = a + b \cdot \ln x$;
 - б) $\hat{y}_x = a \cdot x^b$;
 - в) $\hat{y}_x = a + b \cdot x^c$.
- 7. Параметр b в степенной модели является:**
 - а) коэффициентом детерминации;
 - б) коэффициентом эластичности;
 - в) коэффициентом корреляции.
- 8. Добавление в уравнение множественной регрессии новой объясняющей переменной:**
 - а) уменьшает значение коэффициента детерминации;
 - б) увеличивает значение коэффициента детерминации;
 - в) не оказывает никакого влияния на коэффициент детерминации.
- 9. Множественный коэффициент корреляции $R_{yx_1x_2} = 0,9$. Определите, какой процент дисперсии зависимой переменной y объясняется влиянием факторов x_1 и x_2 :**
 - а) 90%;
 - б) 81%;
 - в) 19%.

10. Стандартизованные коэффициенты регрессии β_i :

- а) позволяют ранжировать факторы по силе их влияния на результат;
- б) оценивают статистическую значимость факторов;
- в) являются коэффициентами эластичности.

11. Частный F -критерий:

- а) оценивает значимость уравнения регрессии в целом;
- б) служит мерой для оценки включения фактора в модель;
- в) ранжирует факторы по силе их влияния на результат.

12. Наибольшее распространение в эконометрических исследованиях получили:

- а) системы независимых уравнений;
- б) системы рекурсивных уравнений;
- в) системы взаимозависимых уравнений.

13. Экзогенные переменные – это:

- а) предопределенные переменные, влияющие на зависимые переменные, но не зависящие от них, обозначаются через x ;
- б) зависимые переменные, число которых равно числу уравнений в системе и которые обозначаются через y ;
- в) значения зависимых переменных за предшествующий период времени.

14. Для определения параметров структурную форму модели необходимо преобразовать в:

- а) приведенную форму модели;
- б) рекурсивную форму модели;
- в) независимую форму модели.

15. Модель неидентифицируема, если:

- а) число приведенных коэффициентов меньше числа структурных коэффициентов;
- б) если число приведенных коэффициентов больше числа структурных коэффициентов;
- в) если число параметров структурной модели равно числу параметров приведенной формы модели.

16. Уравнение идентифицируемо, если:

- а) $D + 1 < H$;
- б) $D + 1 = H$;
- в) $D + 1 > H$.

17. Уравнение сверхидентифицируемо, если:

- а) $D + 1 < H$;
- б) $D + 1 = H$;
- в) $D + 1 > H$.

18. Для определения параметров сверхидентифицируемой модели:

- а) применяется двухшаговый МНК;
- б) применяется косвенный МНК;
- б) ни один из существующих методов применить нельзя.

19. Аддитивная модель временного ряда имеет вид:

- а) $Y = T \cdot S \cdot E$;
- б) $Y = T + S + E$;
- в) $Y = T \cdot S + E$.

20. Коэффициент автокорреляции:

- а) характеризует тесноту линейной связи текущего и предыдущего уровней ряда;
- б) характеризует тесноту нелинейной связи текущего и предыдущего уровней ряда;
- в) характеризует наличие или отсутствие тенденции.

21. Мультипликативная модель временного ряда строится, если:

- а) значения сезонной компоненты предполагаются постоянными для различных циклов;
- б) амплитуда сезонных колебаний возрастает или уменьшается;

в) отсутствует тенденция.

22. На основе поквартальных данных построена мультипликативная модель временного ряда. Скорректированные значения сезонной компоненты за первые три квартала равны: 0,8 – I квартал, 1,2 – II квартал и 1,3 – III квартал. Значение сезонной компоненты за IV квартал есть:

а) 0,7;

б) 1,7;

в) 0,9.

23. Рассчитывать параметры парной линейной регрессии можно, если у нас есть:

а) не менее 5 наблюдений;

б) не менее 7 наблюдений;

в) не менее 10 наблюдений.

24. Для оценки значимости коэффициентов регрессии рассчитывают:

а) F -критерий Фишера;

б) t -критерий Стьюдента;

в) коэффициент детерминации r_{xy}^2 .

25. Коэффициент корреляции r_{xy} может принимать значения:

а) от -1 до 1 ;

б) от 0 до 1 ;

в) любые.

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ответ	б	в	а	в	а	в	б	б	б	а, б	б, в	в	а
Вопрос	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Ответ	а	а	б	в	а	б	а	б	а	б	б	а	

Тест для самопроверки по результатам освоения дисциплины перед зачетом (проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД_ПК-2.2.)

1. Рассчитывать параметры парной линейной регрессии можно, если у нас есть:

а) не менее 5 наблюдений;

б) не менее 7 наблюдений;

в) не менее 10 наблюдений.

2. Коэффициент линейного парного уравнения регрессии:

а) показывает среднее изменение результата с изменением фактора на одну единицу;

б) оценивает статистическую значимость уравнения регрессии;

в) показывает, на сколько процентов изменится в среднем результат, если фактор изменится на 1%.

3. Суть коэффициента детерминации r_{xy}^2 состоит в следующем:

а) оценивает качество модели из относительных отклонений по каждому наблюдению;

б) характеризует долю дисперсии результативного признака y , объясняемую регрессией, в общей дисперсии результативного признака;

в) характеризует долю дисперсии y , вызванную влиянием не учтенных в модели факторов.

4. Значимость уравнения регрессии в целом оценивает:

а) F -критерий Фишера;

б) t -критерий Стьюдента;

в) коэффициент детерминации r_{xy}^2 .

5. Остаточная сумма квадратов равна нулю:

- а) когда правильно подобрана регрессионная модель;
- б) когда между признаками существует точная функциональная связь;
- в) никогда.

6. Для оценки значимости коэффициентов регрессии рассчитывают:

- а) F -критерий Фишера;
- б) t -критерий Стьюдента;
- в) коэффициент детерминации r_{xy}^2 .

7. Какое из уравнений является степенным:

- а) $\hat{y}_x = a + b \cdot \ln x$;
- б) $\hat{y}_x = a \cdot x^b$;
- в) $\hat{y}_x = a + b \cdot x^c$.

8. Коэффициент корреляции r_{xy} может принимать значения:

- а) от -1 до 1 ;
- б) от 0 до 1 ;
- в) любые.

9. Какое из следующих уравнений нелинейно по оцениваемым параметрам:

- а) $y = a + b \cdot x + \varepsilon$;
- б) $y = a + b \cdot \ln x + \varepsilon$;
- в) $y = a \cdot x^b \cdot \varepsilon$.

10. Для построения модели линейной множественной регрессии вида $\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2$ необходимое количество наблюдений должно быть не менее:

- а) 2;
- б) 7;
- в) 14.

11. Частные коэффициенты корреляции:

- а) характеризуют тесноту связи рассматриваемого набора факторов с исследуемым признаком;
- б) содержат поправку на число степеней свободы и не допускают преувеличения тесноты связи;
- в) характеризуют тесноту связи между результатом и соответствующим фактором при устранении влияния других факторов, включенных в уравнение регрессии.

12. При наличии гетероскедастичности следует применять:

- а) обычный МНК;
- б) обобщенный МНК;
- в) метод максимального правдоподобия.

13. Если качественный фактор имеет три градации, то необходимое число фиктивных переменных:

- а) 4;
- б) 3;
- в) 2.

14. Эндогенные переменные – это:

- а) предопределенные переменные, влияющие на зависимые переменные, но не зависящие от них, обозначаются через x ;
- б) зависимые переменные, число которых равно числу уравнений в системе и которые обозначаются через y ;
- в) значения зависимых переменных за предшествующий период времени.

15. Лаговые переменные – это:

- а) predetermined переменные, влияющие на зависимые переменные, но не зависящие от них, обозначаются через x ;
- б) зависимые переменные, число которых равно числу уравнений в системе и которые обозначаются через y ;
- в) значения зависимых переменных за предшествующий период времени.

16. Модель идентифицируема, если:

- а) число приведенных коэффициентов меньше числа структурных коэффициентов;
- б) если число приведенных коэффициентов больше числа структурных коэффициентов;
- в) если число параметров структурной модели равно числу параметров приведенной формы модели.

17. Модель сверхидентифицируема, если:

- а) число приведенных коэффициентов меньше числа структурных коэффициентов;
- б) если число приведенных коэффициентов больше числа структурных коэффициентов;
- в) если число параметров структурной модели равно числу параметров приведенной формы модели.

18. Уравнение неидентифицируемо, если:

- а) $D + 1 < H$;
- б) $D + 1 = H$;
- в) $D + 1 > H$.

19. Уравнение неидентифицируемо, если:

- а) $D + 1 < H$;
- б) $D + 1 = H$;
- в) $D + 1 > H$.

20. Для определения параметров неидентифицируемой модели:

- а) применяется двухшаговый МНК;
- б) применяется косвенный МНК;
- в) ни один из существующих методов применить нельзя.

21. Мультипликативная модель временного ряда имеет вид:

- а) $Y = T \cdot S \cdot E$;
- б) $Y = T + S + E$;
- в) $Y = T \cdot S + E$.

22. Аддитивная модель временного ряда строится, если:

- а) значения сезонной компоненты предполагаются постоянными для различных циклов;
- б) амплитуда сезонных колебаний возрастает или уменьшается;
- в) отсутствует тенденция.

23. На основе поквартальных данных построена аддитивная модель временного ряда. Скорректированные значения сезонной компоненты за первые три квартала равны: 7 – I квартал, 9 – II квартал и –11 – III квартал. Значение сезонной компоненты за IV квартал есть:

- а) 5;
- б) –4;
- в) –5.

24. Критерий Дарбина-Уотсона применяется для:

- а) определения автокорреляции в остатках;
- б) определения наличия сезонных колебаний;
- в) для оценки существенности построенной модели.

25. Качество модели из относительных отклонений по каждому наблюдению оценивает:

- а) коэффициент детерминации r_{xy}^2 ;
- б) F -критерий Фишера;
- в) средняя ошибка аппроксимации \bar{A} .

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ответ	б	а	б	а	б	б	б	а	в	в	в	б	в
Вопрос	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Ответ	б	в	б	б	а	а	в	а	а	в	а	в	

Правила выставления оценки по результатам самостоятельной работы:

Оценка по результатам самостоятельной работы считается в баллах.

Каждое из заданий может быть оценено половиной заявленных по нему баллов.

Полностью неправильно выполненное задание – 0 баллов.

Максимальное количество баллов по итогам самостоятельной работы – 10 баллов,

Набранное количество баллов от 9-10 соответствует оценке «отлично», 7-8 баллов – оценке «хорошо», 5-6 баллов – оценке «удовлетворительно», менее 5 баллов – оценке «неудовлетворительно» (умения на данном этапе освоения дисциплины не сформированы).

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации **На зачете проверяется сформированность компетенции ПК-2 (индикатор** **ИД_ПК-2.1и ИД_ПК-2.2)**

Список вопросов к зачету

(зачет выставляется по результатам теста , самостоятельных работ
и краткого собеседования со студентом):

1. Характеристики случайной величины.
2. Ошибки измерений.
3. Статистическая обработка результатов измерений.
4. Генеральная совокупность и выборка.
5. Кривая распределения результатов.
6. Плотность вероятности.
7. Функция распределения, математическое ожидание и другие моменты.
8. Функции распределения и их свойства.
9. Равномерное распределение.
10. Распределение Пуассона.
11. Распределение Гаусса.
12. Функция ошибок.
13. Погрешности прямых и косвенных измерений.
14. Случайная ошибка и её описание.
15. Среднеквадратичная ошибка среднего и распределение Стьюдента.
16. Правила обработки прямого многократного измерения.
17. Оценка погрешности при косвенных измерениях.
18. Основные формулы метода наименьших квадратов.
19. Учет всех видов погрешностей.
20. Основные задачи дисперсионного анализа.
21. Однофакторный дисперсионный анализ.
22. Двухфакторный дисперсионный анализ.
23. Корреляционный анализ.
24. Задачи корреляционного и регрессионного анализа.

25. Линейный корреляционный анализ.
26. Точность оценки уравнения регрессии.
27. Анализ остатков и последовательностей.
28. Нелинейная корреляция.
29. Аппроксимация нелинейных зависимостей.
30. Множественный линейный корреляционно-регрессионный анализ.
31. Основы анализа в матричном виде.
32. Точность и значимость оценок в уравнении регрессии.
33. Полный корреляционно-регрессионный анализ данных с двумя независимыми переменными.
34. Дискриминантный анализ.
35. Понятие о дискриминантном анализе.
36. Линейный дискриминантный анализ.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины « Статистическая обработка экспериментальных данных »

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Статистическая обработка экспериментальных данных» являются лекции, причем в достаточно большом объеме. Это связано с тем, что в основе статистического анализа лежит особый математический аппарат, с помощью которого математическая статистика решает довольно сложные и громоздкие задачи. По большинству тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным физическим задачам и отработка работы с математическим аппаратом статистической обработки экспериментальных данных.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы статистической обработки экспериментальных данных. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы с аппаратом математической статистики и проведения анализа экспериментальных данных, в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде контрольной работы в семестре и самостоятельных работ (в аудитории). Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения.

Для самостоятельной работы рекомендуется использовать учебно-методическое пособие Основы статистической обработки результатов измерений: учебно-методическое пособие / С. Б. Московский, А. Н. Сергеев; Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова.- Ярославль: ЯрГУ, 2018.

В данном учебно-методическом пособии рассматриваются числовые характеристики дискретных случайных величин (математическое ожидание, дисперсия); функции распределения и их свойства; оценка погрешности прямых и косвенных измерений; парная регрессия и корреляция. Приведен список заданий для самостоятельного решения.

Зачет по итогам семестра выставляется по итогам самостоятельных работ, тестирования и краткого собеседования по его результатам.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Статистическая обработка экспериментальных данных» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать зачет по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.