

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 23.12.2025 13:42:26  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Разработка программно-  
информационных систем»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ВВЕДЕНИЕ В БИОСТАТИСТИКУ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

09.03.04 «Программная инженерия»

по профилю

**«Разработка программно-информационных систем»**

Санкт-Петербург

2025

## **ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Разработчики:

доцент, к.т.н., доцент Малов С.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АМ  
17.01.2025, протокол № 6

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФКТИ, 28.01.2025, протокол № 1

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## **1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

Обеспечивающий факультет	ФКТИ
Обеспечивающая кафедра	АМ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	3
Семестр	5

## **Виды занятий**

Лекции (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	39
Всего (академ. часов)	138

#### **Вид промежуточной аттестации**

Лифф зачет (курс) 3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ВВЕДЕНИЕ В БИОСТАТИСТИКУ»**

В рамках дисциплины изучаются классические и современные методы анализа статистических данных, а также их применение к анализу данных различного типа. Методы математической статистики включают в себя задачи точечного и доверительного оценивания параметра, а также задачи проверки статистических гипотез. Помимо классических моделей статистического анализа рассматриваются современные обобщения классической модели линейной регрессии: обобщенные линейные, смешанные и обобщенные смешанные модели регрессионного анализа.

Определенное внимание в рамках данного курса уделяется задачам множественного тестирования и мета-анализа. Особое внимание уделяется правильной постановке задач статистического анализа и интерпретации полученных результатов. Рассматриваются основные принципы организации биомедицинских статистических исследований, нацеленных на анализ статистических связей изучаемых характеристик или на анализ динамики изменений изучаемой характеристики с течением времени.

#### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«STATISTICAL ANALYSIS WITH FUNDAMENTALS OF BIOSTATISTICS»**

Classical and modern statistical methods and their application to real data analysis are covered by this course. The classical approaches in mathematical statistics of point and confidence estimation as well statistical hypotheses testing are considered as a fundamentals of statistical analysis. The theoretical laws of mathematical statistics form the foundation of statistical analysis. Along with the classical regression models we discuss generalised, mixed and generalised mixed linear models and

their application for statistical analysis of various types of real data. Some problems of multiple testing and meta-analysis are examined too. Particular attention is paid to the correct statement of the problems and interpretation of the results of statistical analysis. The main approaches and experimental designs in biostatistics related at investigation of statistical dependence between observed characteristics of the individual or to investigation of changes of the observed characteristic with time are studied as well.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Цели дисциплины -ознакомить слушателей с основными принципами организации статистического эксперимента, развить навыки корректной постановки задач статистического исследования и интерпретации результатов, обучить классическим и современным методам статистического анализа данных, привить навыки обработки реальных данных программными средствами с использованием программного обеспечения R.
2. Задачи дисциплины -изучение теоретических основ математической статистики и современных методов статистического анализа данных, их реализация с использованием языка программирования R и применение к анализу реальных данных.
3. Дисциплина обеспечивает студентам систематические знания основных понятий математической статистики, концепций и методов современных статистических исследований.
4. Дисциплина дает умения корректно формулировать и проводить статистический анализ результатов статистических исследований.
5. Дисциплина прививает навыки постановки статистического эксперимента, проведения статистического анализа и интерпретации его результатов.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Алгебра и геометрия»
2. «Математический анализ»
3. «Теория вероятностей и математическая статистика»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика)»
2. «Производственная практика (научно-исследовательская работа)»
3. «Производственная практика (преддипломная практика)»

### **3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-0	Способен разрабатывать информационные модели и применять их для решения задач профессиональной деятельности
ПК-0.1	<i>Знает современные виды информационных моделей, применяемых при решении задач профессиональной деятельности</i>
ПК-0.2	<i>Создает и модифицирует информационные модели для решения задач профессиональной деятельности</i>
ПК-0.3	<i>Применяет информационные модели для решения задач профессиональной деятельности</i>

## **4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1 Содержание разделов дисциплины**

#### **4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Лек, ач</b>	<b>Пр, ач</b>	<b>ИКР, ач</b>	<b>СР, ач</b>
1	Введение в статистический анализ	2			1
2	Точечное оценивание	8	9	1	6
3	Доверительное оценивание	2	4		3
4	Проверка статистических гипотез	6	4		5
5	Интерпретация результатов множества статистических исследований	2			1
6	Модель линейной регрессии	2	2		4
7	Дисперсионный анализ	2	4		5
8	Обобщенные линейные модели и их применение к анализу категориальных данных	2	4		5
9	Смешанные и обобщенные смешанные модели	4	4		5
10	Анализ данных типа времени жизни	4	3		4
	Итого, ач	34	34	1	39
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе				108/3

#### **4.1.2 Содержание**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
1	Введение в статистический анализ	Статистический эксперимент: обзор основных подходов в математической статистике.
2	Точечное оценивание	Параметрический и непараметрический подходы, методы точечного оценивания вещественного параметра, регулярный эксперимент, неравенство Рао-Крамера и следствия из него, асимптотическое оценивание, асимптотические свойства оценок максимального правдоподобия.
3	Доверительное оценивание	Точные и асимптотические доверительные множества, построение доверительных интервалов и эллипсоидов.
4	Проверка статистических гипотез	Постановка задачи, статистический критерий и его свойства, асимптотический подход.
5	Интерпретация результатов множества статистических исследований	Задача интерпретации результатов множества статистических тестов и методы контроля ошибок; построение совместных доверительных интервалов.

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
6	Модель линейной регрессии	Постановка задач, оценивание параметров и проверка статистических гипотез.
7	Дисперсионный анализ	Постановка задач однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа и методы их решения, основные подходы многофакторного анализа.
8	Обобщенные линейные модели и их применение к анализу категориальных данных	Причины использования обобщенных линейных моделей, методы точечного, доверительного оценивания и проверки статистических гипотез, наиболее востребованные обобщенные линейные модели, классические и современные методы анализа категориальных данных.
9	Смешанные и обобщенные смешанные модели	Зависимые наблюдения, методы точечного, доверительного оценивания и проверки статистических гипотез для смешанных и обобщенных смешанных моделей, М-оценивание и метод фиктивного максимального правдоподобия, лонгитюдные данные и основные подходы к их анализу.
10	Анализ данных типа времени жизни	Модели анализа данных типа времени жизни с независимым правым цензурированием: непараметрическое оценивание, проверка однородности и регрессионные модели.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

## 4.3 Перечень практических занятий

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Многомерное нормальное распределение	2
2. Непараметрическое оценивание	1
3. Построение несмешанных оценок с равномерно-минимальной дисперсией	4
4. Построение оценок максимального правдоподобия	2
5. Построение доверительных интервалов для параметров нормального распределения	2
6. Построение асимптотических доверительных интервалов	2
7. Проверка статистических гипотез: критерии Колмогорова-Смирнова и Хи-Квадрат	3
8. Проверка статистических гипотез: построение наиболее мощного критерия	1
9. Модель линейной регрессии: линейная и полиномиальная модели	2
10. Однофакторный дисперсионный анализ	2
11. Двухфакторный дисперсионный анализ	2

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
12. Классические методы анализа категориальных данных	1
13. Использование обобщенных линейных моделей для анализа таблиц сопряженности двух и трех признаков	3
14. Анализ лонгитюдных данных	4
15. Анализ данных типа времени жизни	3
<b>Итого</b>	<b>34</b>

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

##### **ИДЗ 1. Многомерное нормальное распределение**

###### **Вар. 1 (38122)**

Плотность двумерного нормального распределения имеет вид:

$$p_{\xi, \eta}(x, y) = C \cdot \exp\left(-\frac{1}{2}(6x^2 + 4xy + 9y^2 + 8x - 14y + 11)\right);$$

1. Вычислить вектор мат. ожиданий и ковариационные характеристики данного случайного вектора.
2. Найти аффинное преобразование, переводящее исходный случайный вектор в стандартный нормальный.
3. Найти ортогональное преобразование, переводящее соответствующий центрированный случайный вектор в вектор с независимыми компонентами.
4. Вычислить характеристики совместного распределения случайного вектора  $(4\xi - 2\eta, -4\xi + \eta)$  и записать его плотность.
5. Найти условное распределение  $\xi$  при условии  $\eta$ .

Необходимое требование к ИДЗ 1: выполнение 100% заданий.

Требования к оформлению отчета по ИДЗ 1: для выполнения ИДЗ достаточно использовать только материалы лекций и практических занятий; разделы отчета должны соответствовать сформулированным заданиям; оформляется в произвольной форме; сдается преподавателю в печатном виде.

## ИДЗ 2. Классическая статистика

**Вар. 1** (38122)

1. В результате эксперимента получены данные, приведенные в таблице 1.
  - a) Построить вариационный ряд, эмпирическую функцию распределения и гистограмму частот.
  - b) Вычислить выборочные аналоги следующих числовых характеристик:
    - (i) математического ожидания, (ii) дисперсии, (iii) медианы, (iv) асимметрии, (v) эксцесса,
    - (vi) вероятности  $P(X \in [a, b])$ .
  - c) В предположении, что исходные наблюдения являются выборкой из распределения Пуассона, построить оценку максимального правдоподобия параметра  $\lambda$ , а также оценку  $\lambda$  по методу моментов. Найти смещение оценок.
  - d) Построить асимптотический доверительный интервал уровня значимости  $\alpha_1$  для параметра  $\lambda$  на базе оценки максимального правдоподобия.
  - e) Используя гистограмму частот, построить критерий значимости  $\chi^2$  проверки простой гипотезы согласия с распределением Пуассона с параметром  $\lambda_0$ . Проверить гипотезу на уровне значимости  $\alpha_1$ . Вычислить наибольшее значение уровня значимости, на котором еще нет оснований отвергнуть данную гипотезу.
  - f) Построить критерий значимости  $\chi^2$  проверки сложной гипотезы согласия с распределением Пуассона. Проверить гипотезу на уровне значимости  $\alpha_1$ . Вычислить наибольшее значение уровня значимости, на котором еще нет оснований отвергнуть данную гипотезу.
  - g) Построить наиболее мощный критерий проверки простой гипотезы пуассоновости с параметром  $\lambda = \lambda_0$  при альтернативе пуассоновости с параметром  $\lambda = \lambda_1$ . Проверить гипотезу на уровне значимости  $\alpha_1$ . Что получится, если поменять местами основную и альтернативную гипотезы?
  - h) В пунктах (c)–(f) заменить семейство распределений Пуассона на семейство геометрических распределений

$$P_\lambda(X = k) = \frac{\lambda^k}{(\lambda + 1)^{k+1}}, \quad k = 0, 1, \dots$$

**Таблица 1**  $\alpha_1 = 0.10$ ;  $a = 0.00$ ;  $b = 2.41$ ;  $\lambda_0 = 1.00$ ;  $\lambda_1 = 3.00$ .

0	3	0	0	1	3	1	2	1	1	0	0	1	3	0	0	1	4	0	0	0	0	1	1	1	0	2	0	1	0	1	2	1	2	3	0	1	1	0	1	0	2	0	2	0	2	1
4	0	0																																												

2. В результате эксперимента получены данные, приведенные в таблице 2.
  - a) Построить вариационный ряд, эмпирическую функцию распределения, гистограмму и полигон частот с шагом  $h$ .
  - b) Вычислить выборочные аналоги следующих числовых характеристик:
    - (i) математического ожидания, (ii) дисперсии, (iii) медианы, (iv) асимметрии, (v) эксцесса,
    - (vi) вероятности  $P(X \in [c, d])$ .
  - c) В предположении, что исходные наблюдения являются выборкой из показательного распределения, построить оценку максимального правдоподобия параметра  $\lambda$  и соответствующую оценку по методу моментов. Найти смещение оценок.
  - d) Построить асимптотический доверительный интервал уровня значимости  $\alpha_2$  для параметра  $\lambda$  на базе оценки максимального правдоподобия.
  - e) С использованием теоремы Колмогорова построить критерий значимости проверки простой гипотезы согласия с показательным распределением с параметром  $\lambda_0$ . Проверить гипотезу на уровне значимости  $\alpha_2$ . Вычислить наибольшее значение уровня значимости, на котором нет оснований отвергнуть данную гипотезу.
  - f) Используя гистограмму частот, построить критерий значимости  $\chi^2$  проверки простой гипотезы согласия с показательным распределением с параметром  $\lambda_0$ . Проверить гипотезу на уровне  $\alpha_2$ . Вычислить наибольшее значение уровня значимости, на котором еще нет оснований отвергнуть данную гипотезу.
  - g) Построить критерий проверки значимости  $\chi^2$  сложной гипотезы согласия с показательным распределением. Проверить гипотезу на уровне  $\alpha_2$ . Вычислить наибольшее значение уровня значимости, на котором еще нет оснований отвергнуть данную гипотезу.
  - h) Построить наиболее мощный критерий проверки простой гипотезы о показательности с параметром  $\lambda = \lambda_0$  при альтернативе показательности с параметром  $\lambda = \lambda_1$ . Проверить гипотезу на уровне значимости  $\alpha_2$ . Что получится, если поменять местами основную и альтернативную гипотезы?
  - i) В пунктах (c)–(h) заменить семейство показательных распределений на семейство гамма-распределений с плотностями  $f(x) = \frac{\sqrt{\lambda} e^{-\lambda x/2}}{\sqrt{2\pi x}}$  (использовать таблицу распределений  $\chi^2_1$ ).

**Таблица 2**  $\alpha_2 = 0.02$ ;  $c = 2.00$ ;  $d = 8.00$ ;  $h = 2.00$ ;  $\lambda_0 = 0.13$ ;  $\lambda_1 = 0.20$ .

0.62	12.29	3.35	2.61	4.70	2.32	23.02	2.08	0.43	0.41	9.70	3.03	1.21	7.94	18.08	9.89	1.46	2.63	1.39	5.92	1.11	11.84	7.49	4.84	1.30											
4.09	0.61	3.71	10.45	10.90	2.35	7.52	1.35	6.76	15.06	2.02	1.14	4.21	0.94	4.13	3.69	6.03	0.27	4.27	0.77	1.36	0.13	2.86	0.98	9.75											

Необходимое требование к ИДЗ 2: выполнение не менее 80% заданий, защита.

Требования к оформлению отчета по ИДЗ 2: для выполнения ИДЗ достаточно использовать только материалы лекций и практических занятий; объем 2-50 стр.; разделы отчета должны соответствовать сформулированным заданиям; оформляется в произвольной форме; сдается преподавателю в печатном виде.

### ИДЗ 3. Линейная регрессия

**Вар. 1 (38122)**

Результаты статистического эксперимента приведены в таблице 1. Требуется оценить характер (случайной) зависимости переменной  $Y$  от переменной  $X$ .

1. Построить графически результаты эксперимента. Сформулировать линейную регрессионную модель переменной  $Y$  по переменной  $X$ . Построить МНК оценки параметров сдвига  $\beta_0$  и масштаба  $\beta_1$ . Построить полученную линию регрессии. Оценить визуально соответствие полученных данных и построенной оценки.
2. Построить и интерпретировать несмещенную оценку дисперсии. На базе ошибок построить гистограмму с шагом  $h$ . Проверить гипотезу нормальности ошибок на уровне  $\alpha$  по  $\chi^2$ . Оценить расстояние полученной оценки до класса нормальных распределений по Колмогорову. Визуально оценить данный факт.
3. В предположении нормальности ошибок построить доверительные интервалы для параметров  $\beta_0$  и  $\beta_1$  уровня доверия  $1 - \alpha$ . Построить доверительный эллипс уровня доверия  $1 - \alpha$  для  $(\beta_0, \beta_1)$  (вычислить его полуоси).
4. Сформулировать гипотезу независимости переменной  $Y$  от переменной  $X$ . Провести проверку значимости.
5. Сформулировать модель, включающую дополнительный член с  $X^2$ . Построить МНК оценки параметров  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  в данной модели. Изобразить графически полученную регрессионную зависимость.
6. Построить несмещенную оценку дисперсии. Провести исследование нормальности ошибок как в п.3.
7. В предположении нормальности ошибок построить доверительные интервалы для параметров  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  уровня  $1 - \alpha$ . Написать уравнение доверительного эллипсоида уровня доверия  $1 - \alpha$ .
8. Сформулировать гипотезу линейной регрессионной зависимости переменной  $Y$  от переменной  $X$  и проверить ее значимость на уровне  $\alpha$ .
9. Интерпретировать полученные результаты. Написать отчет.

**Таблица 1**  $\alpha_1 = 0.20; h = 1.70$ .

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Y	15.28	9.92	13.64	10.61	14.19	5.77	10.85	12.89	15.22	13.74	13.82	13.87	15.78	17.68	13.13	11.94	10.92
X	2	1	0	1	4	3	0	4	1	4	2	1	3	4	2	1	2
No	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Y	8.33	7.88	13.25	6.78	14.29	12.18	13.73	15.45	9.77	14.06	16.11	12.11	10.77	11.48	13.55	13.63	13.12
X	4	2	1	4	3	0	0	0	3	0	1	4	0	2	3	4	0
No	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
Y	12.86	13.66	17.89	15.45	10.58	10.50	8.90	11.92	9.31	15.82	12.52	10.82	16.71	14.78	11.36	15.94	
X	1	1	1	1	1	4	4	3	1	0	3	0	3	1	2	4	

Необходимое требование к ИДЗ 3: выполнение не менее 80% заданий, защита.

Требования к оформлению отчета по ИДЗ 3: для выполнения ИДЗ достаточно использовать только материалы лекций и практических занятий; объем 2-50 стр.; разделы отчета должны соответствовать сформулированным заданиям; оформляется в произвольной форме; сдается преподавателю в печатном виде.

### ИДЗ 4. Двухфакторный дисперсионный анализ

**Вар. 1 (38122)**

Результаты статистического эксперимента приведены в таблице 1. Требуется оценить характер (случайной) зависимости переменной  $Y$  от уровней факторов  $A$  и  $B$ .

1. Сформулировать модели двухфакторного дисперсионного анализа зависимости значений  $Y$  от уровней фактора  $A$  и  $B$  в центральной параметризации. Является ли дизайн данного эксперимента сбалансированным? Построить МНК оценки параметров и несмещенную оценку дисперсии. В предположении нормальности ошибок построить доверительные интервалы для параметров уровня доверия  $1 - \alpha$ .
2. Проверить визуально согласование исходных данных с предположением аддитивности влияния факторов. Построить графическую оценку зависимости уровней фактора  $A$  при каждом фиксированном значении фактора  $B$ . Наблюдается ли эффект пересечения факторов.
3. Сформулировать модель двухфакторного дисперсионного анализа когда пара наибольших уровней факторов  $A$  и  $B$  рассматривается как базовая. Построить МНК оценки параметров и несмещенную оценку дисперсии. В предположении нормальности ошибок построить доверительные интервалы для параметров уровня доверия  $1 - \alpha$ .
4. Провести анализ ошибок. На базе ошибок построить гистограмму с шагом  $h$ . Оценить расстояние полученной оценки до класса центрированных нормальных распределений по Колмогорову.
5. Составить таблицу дисперсионного анализа. Провести дисперсионный анализ, начиная с проверки значимости взаимодействий факторов на результаты эксперимента.
6. Интерпретировать полученные результаты. Написать отчет.

**Таблица 1**  $\alpha_1 = 0.02; h = 1.50$ .

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Y	14.94	16.72	16.32	16.55	14.47	29.16	31.78	29.28	25.55	28.97	17.07	21.19	19.00	19.80	18.05	18.16	15.56
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
B	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	1	1
No	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Y	16.16	18.21	18.23	28.29	31.12	30.86	29.59	27.78	21.26	17.83	21.59	18.76	18.28	31.87	28.66	30.15	29.58
A	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
B	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	1	1	1	1
No	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45						
Y	32.93	43.98	40.18	43.61	43.15	43.60	33.48	33.36	34.31	31.55	30.25						
A	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
B	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3						

Необходимое требование к ИДЗ 4: выполнение не менее 80% заданий, защита.

Требования к оформлению отчета по ИДЗ 4: для выполнения ИДЗ достаточно использовать только материалы лекций и практических занятий; объем 2-50 стр.; разделы отчета должны соответствовать сформулированным заданиям; оформляется в произвольной форме; сдается преподавателю в печатном виде.

## ИДЗ 5. Анализ категориальных данных

Условия задач заимствованы из учебника:

Agresti, A. (1996) An introduction to categorical data analysis. John Wiley & Sons Inc., NY

### Вариант 1.

Описание эксперимента:

- 3.10. Table 3.6 shows results of a three-center clinical trial designed to compare a drug to placebo for treating severe migraine headaches. At each center, subjects were randomly assigned to treatments.

Table 3.6

Center	Group	Response	
		Success	Failure
1	Drug	6	4
	Placebo	2	8
2	Drug	4	3
	Placebo	1	5
3	Drug	5	3
	Placebo	3	6

Данные вводятся вручную

Задания:

- 1) Изобразить графически число успешных и не успешных применений препарата и имитатора препарата в трех клиниках (barplots). Сравнить полученные результаты.
- 2) Проверить наличие статистической зависимости между использованием препарата и головной болью (точный критерий Фишера) и гипотезу условной независимости (CMH-test)
- 3) Перевести данные в формат, пригодный для анализа с использованием GLM.
- 4) С использованием модели логистической регрессии описать зависимость наличия головной боли от использования препарата и от клиники. С использованием AIC выбрать оптимальную модель логистической регрессии для описания этих данных.
- 5) С использованием логарифмической модели (Пуассона) проверить гипотезы однородности зависимости наличия головной боли от применения препарата и условной независимости наличия головной боли и факта использования препарата.
- 6) Интерпретировать результаты анализа.

Необходимое требование к ИДЗ 5: выполнение 100% заданий, защита.

Требования к оформлению отчета по ИДЗ 5: для выполнения ИДЗ достаточно использовать только материалы лекций и практических занятий; объем 2-

50 стр.; разделы отчета должны соответствовать сформулированным заданиям; оформляется в произвольной форме; сдается преподавателю в печатном виде.

**ИДЗ 6. Анализ динамики изменений количественной характеристики с течением времени: файл данных**

## Статистический анализ динамики изменений наблюдаемой характеристики с течением времени

Для когорты индивидов проведены измерения исследуемой характеристики  $Y$  в моменты времени  $t_1, \dots, t_d$  («Visit»), расстояние между которыми одинаково. Помимо исследуемой характеристики измерялись сопутствующие факторы  $A$  (не меняющаяся со временем характеристика, измеряемая в момент начала исследования) и  $B$  (меняющаяся со временем характеристика, измерение которой проводилось в каждой временной точке). Из таблицы данных следует выбрать значения описанных характеристик, с персональным значением переменной «Variant».

1. Загрузить данные и отфильтровать строки с персональным значением переменной «Variant».
2. Изобразить графически результаты наблюдений без учета времени измерений исследуемой характеристики. В предположении нормальности значений наблюдаемого признака провести двухфакторный дисперсионный анализ зависимости наблюдаемого признака от значений факторов  $A$  и  $B$ .
3. Представить визуально динамику изменений наблюдаемого признака в виде траекторий и оценить наличие влияния постоянного фактора  $A$  на значения измеряемого признака. Оценить корреляции значений наблюдаемого признака в различные моменты времени при каждом значении признака  $A$  без учета влияния признака  $B$ .
4. Построить оценки средних значений наблюдаемой характеристики при различных значениях факторов  $A$  и  $B$  и центрировать исходные наблюдения. С использованием сёмивариограммы оценить зависимость корреляции значений центрированного процесса от интервала времени между наблюдениями в предположении его стационарности (использовать аддитивный неслучайный эффект  $A*B$ ).
5. Построить смешанную линейную модель с простым эффектом индивида, а также смешанную линейную модель, допускающую линейную зависимость эффекта индивида от времени. Определить целесообразность введения коэффициента наклона случайного эффекта индивида с использованием условного информационного критерия Акайке (cAIC).
6. Построить смешанную модель зависимости наблюдаемого признака от значений признаков  $A$  и  $B$  с учетом времени наблюдения и с простым эффектом индивида. При каждом значении фактора  $A$  проверить гипотезы аддитивности влияния фактора  $B$  и времени наблюдения, а также гипотезы отсутствия влияния каждого из факторов  $B$  и времени наблюдения. Включить в модель фактор  $A$  и оценить влияние факторов  $A$  и  $B$  на значение наблюдаемой характеристики.
7. Провести дисперсионный анализ зависимости распределения наблюдаемого признака используя GEE-модель с неструктурированной корреляционной структурой наблюдений каждого индивида.
8. Построить смешанную модель ковариационного анализа в предположении полиномиальной зависимости второго порядка наблюдаемого признака от времени с простым эффектом индивида. Проверить гипотезу линейности зависимости среднего значения наблюдаемого признака от времени в присутствии факторов  $A$  и  $B$ .
9. С использованием информационных критериев AIC и BIC выбрать наилучшую модель для неслучайного эффекта в рамках смешанной модели с простым эффектом индивида. Провести исследование влияния факторов  $A$ ,  $B$  и времени обследования на значение исследуемой характеристики в рамках данной модели. Сравнить результаты, полученные с использованием AIC, и выбор наилучшей модели с учетом случайного эффекта при помощи cAIC.
10. В условиях наилучшей модели, выбранной в п. 9, провести количественный анализ динамики изменений наблюдаемого признака с течением времени. Построить частные и совместные доверительные интервалы для значений параметров модели, принимая во внимание влияние сопутствующих факторов, присутствующих в наилучшей модели.
11. Интерпретировать результаты анализа, написать отчет.

*Файл данных прилагается.*

Необходимое требование к ИДЗ 6: выполнение не менее 80% заданий, защита.

Требования к оформлению отчета по ИДЗ 6: для выполнения ИДЗ достаточ-

но использовать только материалы лекций и практических занятий; объем 2-50 стр.; разделы отчета должны соответствовать сформулированным заданиям; оформляется в произвольной форме; сдается преподавателю в печатном виде.

## **ИДЗ 7. Анализ данных типа времени жизни**

### **Вар. 1 (2140523)**

Результаты исследования продолжительности жизни (Т - дней) после хирургической операции приведены в таблице 1. Величина 'obs' -продолжительность эксперимента, результат которого – продолжительность жизни после операции (если indi=1) или время до прекращения обследования, не связанного с рецидивом болезни. Пациенты сгруппированы по двум признакам: пол ('М', 'Ж') и возрастная группа (1 – '15-25', 2 – '25-35', 3 – '35-45', 4 – '45-60', 5 – свыше '60', возраст указан на момент проведения операции). Считаем, что цензурирование независимо.

1. Построить оценку Каплана-Майера функции отказа продолжительности жизни, а также функций отказа продолжительности жизни мужчин и женщин по отдельности, а также для групп, соответствующих различным значениям фактора 'age'. Провести визуальное сравнение оценок, соответствующих различным группам.
2. Используя критерий Гехана-Вилкоксона сравнить продолжительность жизни мужчин и женщин после операции на уровне  $\alpha_1$ . Интерпретировать полученный ответ.
3. В предположении, что верна модель с пропорциональными интенсивностями отказа оценить параметры.
4. В предположении, что времена отказов имеют экспоненциальное распределение построить оценку максимального правдоподобия параметра по всей популяции и по группам, определяемым значениями фактора 'age'.

**Таблица 1**  $\alpha_1 = 0.10$ ;

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
obs	1376	381	413	261	69	180	216	105	772	1133	16	467	109	2	380	1608	250
indi	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
age	2	3	2	1	2	2	1	2	2	1	2	4	3	2	1	2	4
sex	Ж	М	М	М	Ж	М	Ж	М	Ж	Ж	Ж	М	Ж	Ж	Ж	Ж	М
No	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
obs	206	1132	578	21	672	1965	338	97	40	219	162	86	284	870	1379	658	3
indi	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
age	2	2	2	4	1	4	4	2	3	5	2	2	5	2	2	2	3
sex	Ж	М	Ж	М	М	Ж	М	М	М	Ж	Ж	М	Ж	М	М	М	М
No	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
obs	1060	390	102	559	118	299	95	926	381	810	548	1232	670	297	48	15	
indi	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
age	1	2	4	2	2	2	5	3	1	3	2	2	3	2	3	2	
sex	Ж	М	Ж	Ж	Ж	М	Ж	М	Ж	М	М	Ж	М	Ж	Ж	М	

Необходимое требование к ИДЗ 7: выполнение 100% заданий, защита.

Требования к оформлению отчета по ИДЗ 7: для выполнения ИДЗ достаточно использовать только материалы лекций и практических занятий; объем 2-50 стр.; разделы отчета должны соответствовать сформулированным заданиям; оформляется в произвольной форме; сдается преподавателю в печатном виде.

### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

По каждой теме содержания рабочей программы могут быть предусмотр-

рены индивидуальные домашние задания (расчетно-графические работы, рефераты, конспекты изученного материала, доклады и т.п.).

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	10
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	13
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	6
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференциированному зачету, экзамену	10
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>39</b>

## **5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Название, библиографическое описание</b>	<b>К-во экз. в библ.</b>
<b>Основная литература</b>		
1	Шеффе, Генри. Дисперсионный анализ [Текст] / Г. Шеффе ; пер. Б.А. Севостьянова, В.П. Чистякова, 1980. -512 с.	9
2	Ивченко, Григорий Иванович. Математическая статистика : Учеб. пособие для втузов / Г.И.Ивченко, Ю.И.Медведев, 1984. -248 с.	59
3	Себер, Джон. Линейный регрессионный анализ / Дж. Себер ; пер. с англ. В.П. Носко ; под ред. М.Б. Малютова, 1980. -456 с.	8
<b>Дополнительная литература</b>		
1	Малов, Сергей Васильевич. Базовые модели биостатистики. Анализ категориальных данных [Текст] : учеб. пособие / С. В. Малов, И. Ю. Малова, 2021. -62, [1] с.	90
2	Малов, Сергей Васильевич. Базовые модели биостатистики. Анализ результатов когортных исследований [Текст] : учеб. пособие / С. В. Малов, И. Ю. Малова, А. В. Процветкина, 2022. -70, [1] с.	50
3	Анализ однородных статистических данных [Текст] : учеб. пособие / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2005. -56 с.	200
4	Лившиц, Александр Нахимович. Математическая статистика [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Лившиц, С. В. Малков, 1999. -68 с	6
5	Основные алгоритмы численного анализа. Использование пакета R(S-PLUS) для анализа статистических данных [Текст] : метод. указания к практик. занятиям по дисциплине "Вычислительная математика" / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2011. -39, [1] с.	20

### **5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Электронный адрес</b>
1	Информационная страничка курса <a href="https://sites.google.com/site/malovsergvas">https://sites.google.com/site/malovsergvas</a> /объявления/студентам-лэти
2	Избранные лекции <a href="https://sites.google.com/site/malovsergvas">https://sites.google.com/site/malovsergvas</a> /методические-материалы/избранные-лекции
3	Методические материалы <a href="https://sites.google.com/site/malovsergvas">https://sites.google.com/site/malovsergvas</a> /методические-материалы/пособия

№ п/п	Электронный адрес
4	Программное обеспечение R <a href="https://www.r-project.org">https://www.r-project.org</a>

### **5.3 Адрес сайта курса**

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=21273>

## **6 Критерии оценивания и оценочные материалы**

### **6.1 Критерии оценивания**

Для дисциплины «Статистический анализ и введение в биостатистику» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

#### **Зачет с оценкой**

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

## **Особенности допуска**

Допуск к дифф. зачету:

1. Выполнение заданий контрольной работы (зачтено - выполнение не менее 2 заданий; незачтено – выполнение менее 2 заданий).
2. Выполнение индивидуальных домашних заданий (подразумевается защита; зачтено - выполнение не менее 80% заданий в каждом ИДЗ; незачтено – выполнение 79% и ниже заданий в каждом ИДЗ).

Зачетная оценка ставится по результатам письменных ответов на 4 вопроса из списка вопросов к дифф. зачету и дальнейшей дискуссии (в случае необходимости).

В процессе проверки письменных ответов за каждый вопрос выставляется от 0 (вопрос не отвечен) до 1 (вопрос полностью отвечен) балла.

Оценка "отлично" ставится при условии, что суммарное число баллов равно 4, или при условии, что суммарное число баллов больше 3, и правильных ответов на вопросы преподавателя в процессе дискуссии.

Оценка "хорошо" ставится в случае, если суммарное число баллов равно 3, если суммарное число баллов больше 3 при условии отказа студента от дискуссии, при получении более 2 баллов за письменный ответ при условии правильных ответов на вопросы преподавателя в процессе дискуссии.

Оценка "удовлетворительно" ставится в случае, если суммарное число баллов равно 2, если суммарное число баллов больше 2, но меньше 3, при условии отказа студента от дискуссии, при получении более 1 балла за письменный ответ и правильных ответов на вопросы преподавателя в процессе дискуссии.

В остальных случаях ставится оценка "неудовлетворительно".

## **6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **Вопросы к дифф.зачету**

<b>№ п/п</b>	<b>Описание</b>
1	Определение вариационного ряда (порядковых статистик) и рангов; что такое выборочная (эмпирическая) функция распределения; теоремы Гливенко-Кантелли и Колмогорова.
2	Что такое выборочные числовые характеристики; выборочные среднее и дисперсия; исправленная выборочная дисперсия.
3	Непараметрическая оценка плотности распределения Оценивание плотности распределения: что представляют собой гистограмма частот, полигон, ядерная оценка плотности.
4	Выборка из нормального распределения: распределения Хи-квадрат, Стьюдента и Фишера-Сnedекора; лемма Фишера.
5	Подчиненные и достаточные статистики: теорема факторизации Неймана-Фишера.
6	Методы построения статистических оценок: в чем состоят метод максимального правдоподобия и метод моментов.
7	Определение несмещенной оценки, алгоритм построения НРМД оценок (теоремы Рао-Блэкэлла-Колмогорова и Лемана-Шеффе).
8	Минимаксный и байесовский подходы: определения минимаксный и байесовской оценок.
9	Регулярный эксперимент и неравенство Рао-Крамера.
10	Регулярный эксперимент в случае многомерного параметра, матрица информации и информационное неравенство.
11	Асимптотическая нормальность оценок максимального правдоподобия.
12	Определение доверительного интервала; генератор доверительного интервала, метод построения доверительного интервала с использованием генератора.
13	Определение асимптотического доверительного интервала; Построение асимптотических доверительных интервалов на базе асимптотически нормальной оценки параметра.
14	Множественное оценивание: методы построения совместных доверительных интервалов Шеффе и Бонферрони.
15	Постановка задач проверки статистических гипотез: верные и ошибочные решения (таблица), определения ошибок I и II рода.
16	Определение статистического критерия; доверительной, критической области и области сомнений; уровня значимости и мощности критерия.
17	Проверка простой гипотезы при простой альтернативе: фундаментальная лемма Неймана-Пирсона.
18	Параметрический асимптотический критерий отношения правдоподобия: принцип построения и свойства.
19	Принципы построения критериев хи-квадрат для простой и для сложной гипотез: критерии хи-квадрат проверки согласия и однородности.
20	Критерии Колмогорова-Смирнова для проверки согласия и независимости.
21	Задача интерпретации множества статистических тестов: ошибки множественного тестирования и методы их контроля.
22	Классическая модель линейной регрессии: основные предположения, примеры регрессионных моделей, простая и полиномиальная регрессии, модель однофакторного дисперсионного анализа.

23	Классическая модель линейной регрессии: метод построения оценок параметров регрессии и несмещенная оценка дисперсии, допускающие несмещенное оценивание функции параметра и теорема Гаусса-Маркова.
24	Классическая модель линейной регрессии: доверительное оценивание параметров регрессии, построение доверительных эллипсоидов и доверительных интервалов.
25	Классическая модель линейной регрессии: постановка задач проверки статистических гипотез, F-критерий.
26	Однофакторный дисперсионный анализ: взвешенное среднее и главные эффекты; проверка гипотезы отсутствия влияния сопутствующего фактора на результат.
27	Двухфакторный дисперсионный анализ: главные эффекты и взаимодействия, эффект пересечения, "объективные" гипотезы и их проверка.
28	Анализ сопряженности двух признаков: классические критерии Хи-квадрат и отношения правдоподобия проверки независимости и использование обобщенных линейных моделей.
29	Анализ сопряженности двух признаков: классические критерии Хи-квадрат и отношения правдоподобия проверки независимости и использование обобщенных линейных моделей.
30	Основные характеристики зависимости двух бинарных признаков, их асимптотические свойства и методы их доверительного оценивания; точный критерий Фишера.
31	Анализ сопряженности трех признаков: парадокс Симпсона, классические методы и использование обобщенных линейных моделей для проверки гипотез однородности зависимости и условной независимости.
32	Модели линейной регрессии с зависимыми наблюдениями, случаи известной и неизвестной корреляции, оценивание ковариации наблюдений.
33	Смешанные модели: случайный и неслучайный эффект, оценивание параметров модели и предсказание случайного эффекта.
34	Смешанные модели: асимптотические свойства параметров регрессии, методы доверительного оценивания и проверки гипотез.
35	Анализ лонгитюдных данных: методы разведочного анализа, семивариограмма.
36	Анализ лонгитюдных данных в предположении нормальности: моделирование динамики изменений изучаемой характеристики и зависимости наблюдений.
37	Обобщенные смешанные модели: зависимость наблюдений и их условная независимость, методы статистического анализа.
38	М-оценивание и использование фиктивной функции правдоподобия для оценивания параметров в случае зависимых.
39	Анализ лонгитюдных данных в общих предположениях: использование обобщенных смешанных моделей и фиктивного правдоподобия.
40	Анализ данных типа времени жизни с правым независимым цензурированием: непараметрические оценки Нельсона-Аалена и Каплана-Мейера и их асимптотические свойства.
41	Анализ данных типа времени жизни: непараметрические критерии проверки однородности.
42	Анализ данных типа времени жизни: параметрические методы.
43	Семипараметрические регрессионные модели анализа данных типа времени жизни, модель Кокса.

## **Форма билета**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### **БИЛЕТ № 1**

Дисциплина **Статистический анализ и введение в Биостатистику ФК-ТИ**

1. Выборка из нормального распределения: распределения Хи-квадрат, Стьюдента и Фишера-Сnedекора; лемма Фишера.
2. Задача интерпретации множества статистических тестов: ошибки множественного тестирования и методы их контроля.
3. Анализ сопряженности трех признаков: парадокс Симпсона, классические методы и использование обобщенных линейных моделей для проверки гипотез однородности зависимости и условной независимости.
4. Анализ лонгитюдных данных в общих предположениях: использование обобщенных смешанных моделей и фиктивного правдоподобия.

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

С.Н.Поздняков

**Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

**Вариант 1**

1. Построить оценку максимального правдоподобия параметра  $\theta = a^2$  по выборке  $X_1, \dots, X_n$  из распределения с плотностью  $p(x; \theta) = \frac{a}{2x} \exp(-a|\ln x|)1_{\{x>0\}}$
2. Построить НРМД-оценку параметра  $\theta = \lambda^2$  по выборке  $X_1, \dots, X_n$  из

распределения с дискретной плотностью  $p(x; \lambda) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$ ,  $k = 0, 1, \dots$ .

3. Даны две независимые выборки  $X_1, \dots, X_n$  из  $N(a, 2)$  и  $Y_1, \dots, Y_m$  из  $N(b, 4)$ .  
Построить доверительный интервал для  $a - 2b$ .

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### **6.3 График текущего контроля успеваемости**

<b>Неделя</b>	<b>Темы занятий</b>	<b>Вид контроля</b>
1	Точечное оценивание: параметрический и непараметрический подходы, методы точечного оценивания вещественного параметра, регулярный эксперимент, неравенство Рао-Крамера и следствия из него, асимптотическое оценивание, асимптотические свойства оценок максимального правдоподобия.	
2	Точечное оценивание: параметрический и непараметрический подходы, методы точечного оценивания вещественного параметра, регулярный эксперимент, неравенство Рао-Крамера и следствия из него, асимптотическое оценивание, асимптотические свойства оценок максимального правдоподобия.	ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
3	Точечное оценивание: параметрический и непараметрический подходы, методы точечного оценивания вещественного параметра, регулярный эксперимент, неравенство Рао-Крамера и следствия из него, асимптотическое оценивание, асимптотические свойства оценок максимального правдоподобия.	
4	Точечное оценивание: параметрический и непараметрический подходы, методы точечного оценивания вещественного параметра, регулярный эксперимент, неравенство Рао-Крамера и следствия из него, асимптотическое оценивание, асимптотические свойства оценок максимального правдоподобия.	
5	Точечное оценивание: параметрический и непараметрический подходы, методы точечного оценивания вещественного параметра, регулярный эксперимент, неравенство Рао-Крамера и следствия из него, асимптотическое оценивание, асимптотические свойства оценок максимального правдоподобия.	Контрольная работа
6	Проверка статистических гипотез: постановка задачи, статистический критерий, асимптотический подход.	
7		
8		ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
9	Модель линейной регрессии: постановка задач, оценивание параметров и проверка статистических гипотез.	
10	Модель линейной регрессии: постановка задач, оценивание параметров и проверка статистических гипотез.	ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
11	Дисперсионный анализ: постановка задач однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа и методы их решения, основные подходы многофакторного анализа.	
12		ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
13	Обобщенные линейные модели и их применение к анализу категориальных данных: классические и современные методы анализа категориальных данных.	
14		ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
15	Смешанные и обобщенные смешанные модели: основные подходы к анализу лонгитюдных данных.	
16		ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
17	Анализ данных типа времени жизни: непараметрическое оценивание, проверка однородности и регрессионные модели.	ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ

### **6.4 Методика текущего контроля**

#### **на лекционных занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифф. зачет.

#### **на практических (семинарских) занятиях**

Текущий контроль включает в себя проверку контрольной работы (критерий оценки: решение не менее 2 задач из 3) и индивидуальных домашних заданий (критерии оценки: выполнение не менее 80% заданий в каждом ИДЗ),

по результатам которого студент получает допуск на дифф. зачет. Определяется контроль посещаемости (не посещавшие занятия студенты к дифф. зачету не допускаются).

**Критерии оценивания контрольных работ:**

зачтено - выполнение не менее 2 заданий;

незачтено – выполнение менее 2 заданий).

**Критерии оценивания ИДЗ:**

зачтено - выполнение не менее 80% заданий в каждом ИДЗ;

незачтено – выполнение 79% и ниже заданий в каждом ИДЗ.

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор с возможностью подключения ПК преподавателя, экран, доска с маркерами	Операционная система Windows/MacOS/Linux с установленным программным обеспечением для создания, редактирования и демонстрации презентаций.
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор с возможностью подключения ПК, доска с маркерами, экран, ПК для студентов	Предустановленное свободное программное обеспечение R (R-project.org) с дополнительными пакетами nlme, lme4, lmerTest, pbkrtest, Hmisc, gee, geese, survival.
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## **ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>