

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Математические методы обработки экспериментальных данных М1.В.2

Направление подготовки: 011800.68 - Радиофизика

Профиль подготовки: Электромагнитные волны в средах

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Бочкарев В.В.

**Рецензент(ы):**

-

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Шерстюков О. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2013

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) электроник 1 категории Бочкарев В.В. Кафедра радиофизики Отделение радиофизики и информационных систем, Vladimir.Bochkarev@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины является освоение основных принципов анализа и статистической обработки данных и сигналов. Задачи курса - дать возможность ориентироваться в современных методах обработки данных и сигналов.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.В.2 Общенаучный" основной образовательной программы 011800.68 Радиофизика и относится к вариативной части. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

использует материалы модулей: математический анализ (Б2.Б.6), теория вероятностей и математическая статистика (Б2.Б.11), статистическая радиофизика (Б.10).

Студент должен знать математический анализ, теорию вероятностей, статистическую радиофизику в объёме читаемых курсов в Институте физики.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью оперировать углубленными знаниями в области математики и естественных наук
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение
ОК-9 (общекультурные компетенции)	способностью к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, управлению научным коллективом
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью к свободному владению профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, использованию современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей (в соответствии с профилем подготовки)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- ? принципы построения методов статистической обработки экспериментальных данных;
- ? ограничения и условия применимости различных групп методов обработки данных;
- ? терминологию математической статистики и теории обработки сигналов;

3. должен владеть:

- ? навыками реализации наиболее распространённых методов статистической обработки данных;
- ? навыками интерпретации полученных результатов;

выбора методов, наиболее адекватных условиям эксперимента;  
интерпретации полученных результатов.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 1 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные модельные распределения. 1.1 Введение. Случайные величины и их характеристики. Основные модельные распределения. Предельные теоремы теории вероятностей. Распределение $\chi^2$ и область его применения. Распределение Стюдента, ( $t$ ? распределение). Распределение Фишера, ( $F$ ? распределение)	1	1-2	2	4	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Проверка гипотез. 2.1 Источники информации. Пара-метрические и непараметрические задачи. Выборочное пространство, уровень значимости, мощность критерия. Простые и сложные гипотезы. Несмещённый критерий, несмещённая критическая область. Состоя-тельность критерия. Равномерно наиболее мощный критерий ( РНМ-критерий).	1	3-5	2	4	0	
3.	Тема 3. 2.2 Критерий отношения правдоподобия, пример для отношения правдоподобия. Односторонние и двусторонние гипотезы. Пример проверки сложных гипотез ? $H_0 : m = m_0, s_2$ - неизвестно, $H_1 : m \neq m_0, s_2$ - неизвестно. Отсев грубых измерений при малых выборках. Отсев грубых измерений при больших выборках	1	6-8	2	4	0	
4.	Тема 4. Непараметрические критерии. 3.1 Свободные от распределения методы. Проверка однородности двух выборок. Критерий Вилкоксона. Оценка статистической связи. Коэффициенты корреляции Спирмена, Кендалла.	1	9-10	2	4	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Регрессионный анализ.4.1 Задачи регрессионного анализа. Параметрическая и непараметрическая регрессия. Модели регрессии. Оценка параметров модели. Информация Фишера. Неравенство Рао-Крамера и предел эффективности оценок параметров.	1	11-12	2	4	0	
6.	Тема 6. 4.2 Задача линейной регрессии. Дисперсия оценок параметров регрессии. Влияние сильных выбросов на оценки параметров регрессии. Коэффициент детерминации. Проверка значимости коэффициента детерминации. Проблема выбора модели	1	13-14	2	4	0	
7.	Тема 7. 4.3 Одномерная линейная регрессия. Коэффициент корреляции Пирсона. Проверка значимости коэффициента корреляции. Непараметрическая регрессия. Медианный фильтр.	1	15-17	2	4	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	зачет
	Итого			14	28	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Основные модельные распределения. 1.1 Введение. Случайные величины и их характеристики. Основные модельные распределения. Предельные теоремы теории вероятностей. Распределение  $\chi^2$  и область его применения. Распределение Стьюдента, ( $t$  ? распределение). Распределение Фишера, ( $F$  ? распределение)**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Тема 2. Проверка гипотез. 2.1 Источники информации. Пара-метрические и непараметрические задачи. Выборочное пространство, уровень значимости, мощность критерия. Простые и сложные гипотезы. Несмещённый критерий, несмещённая критическая область. Состоя-тельность критерия. Равномерно наиболее мощный критерий ( РНМ-критерий).

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Тема 3. 2.2 Критерий отношения правдоподобия, пример для отношения правдоподобия. Односторонние и двусторонние гипотезы. Пример проверки сложных гипотез ?  $H_0 : m = m_0, s_2 - \text{неизвестно}, H_1 : m \neq m_0, s_2 - \text{неизвестно}$ . Отсев грубых измерений при малых выборках. Отсев грубых измерений при больших выборках

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Тема 4. Непараметрические критерии. 3.1 Свободные от распределения методы. Проверка однородности двух выборок. Критерий Вилкоксона. Оценка статистической связи. Коэффициенты корреляции Спирмена, Кендалла.

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Тема 5. Регрессионный анализ.4.1 Задачи регрессионного анализа. Параметрическая и непараметрическая регрессия. Модели регрессии. Оценка параметров модели. Информация Фишера. Неравенство Рао-Крамера и предел эффективности оценок параметров.

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Тема 6. 4.2 Задача линейной регрессии. Дисперсия оценок параметров регрессии. Влияние сильных выбросов на оценки параметров регрессии. Коэффициент детерминации. Проверка значимости коэффициента детерминации. Проблема выбора модели

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Тема 7. 4.3 Одномерная линейная регрессия. Коэффициент корреляции Пирсона. Проверка значимости коэффициента корреляции. Непараметрическая регрессия. Медианный фильтр.

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Основные модельные распределения. 1.1 Введение. Случайные величины и их характеристики. Основные модельные распределения. Предельные теоремы теории вероятностей. Распределение $\chi^2$ и область его применения. Распределение Стюдента, ( $t$ ? распределение). Распределение Фишера, ( $F$ ? распределение)	1	1-2	подготовка у устному опросу	10	устный опрос
2.	Тема 2. Проверка гипотез. 2.1 Источники информации. Пара-метрические и непараметрические задачи. Выборочное пространство, уровень значимости, мощность критерия. Простые и сложные гипотезы. Несмещённый критерий, несмещённая критическая область. Состоятельность критерия. Равномерно наиболее мощный критерий (РНМ-критерий).	1	3-5	подготовка у устному опросу	10	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. 2.2 Критерий отношения правдоподобия, пример для отношения правдоподобия. Односторонние и двусторонние гипотезы. Пример проверки сложных гипотез ? $H_0 : m = m_0$ , $s^2$ - неизвестно, $H_1 : m < m_0$ , $s^2$ - неизвестно. Отсев грубых измерений при малых выборках. Отсев грубых измерений при больших выборках	1	6-8	домашнее задание	10	проверка домашнего задания
4.	Тема 4. Непараметрические критерии. 3.1 Свободные от распределения методы. Проверка однородности двух выборок. Критерий Вилкоксона. Оценка статистической связи. Коэффициенты корреляции Спирмена, Кендалла.	1	9-10	домашнее задание	10	проверка домашнего задания
5.	Тема 5. Регрессионный анализ. 4.1 Задачи регрессионного анализа. Параметрическая и непараметрическая регрессия. Модели регрессии. Оценка параметров модели. Информация Фишера. Неравенство Рао-Крамера и предел эффективности оценок параметров.	1	11-12	домашнее задание	10	проверка домашнего задания

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. 4.2 Задача линейной регрессии. Дисперсия оценок параметров регрессии. Влияние сильных выбросов на оценки параметров регрессии. Коэффициент детерминации. Проверка значимости коэффициента детерминации. Проблема выбора модели	1	13-14	домашнее задание	10	проверка домашнего задания
7.	Тема 7. 4.3 Одномерная линейная регрессия. Коэффициент корреляции Пирсона. Проверка значимости коэффициента корреляции. Непараметрическая регрессия. Медианный фильтр.	1	15-17	домашнее задание	6	проверка домашнего задания
	Итого				66	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются следующие формы учебной работы: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

Лекционные занятия сопровождаются выполнением самостоятельных заданий, что позволяет студентам лучше усвоить материал лекции.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

**Тема 1. Основные модельные распределения. 1.1 Введение. Случайные величины и их характеристики. Основные модельные распределения. Предельные теоремы теории вероятностей. Распределение  $\chi^2$  и область его применения. Распределение Стьюдента, ( $t$  ? распределение). Распределение Фишера, ( $F$  ? распределение)**

устный опрос , примерные вопросы:

Нормальное распределение, основные свойства и условия применимости. Центральная предельная теорема.

**Тема 2. Проверка гипотез. 2.1 Источники информации. Пара-метрические и непараметрические задачи. Выборочное пространство, уровень значимости, мощность критерия. Простые и сложные гипотезы. Несмещённый критерий, несмещённая критическая область. Состоя-тельность критерия. Равномерно наиболее мощный критерий ( РНМ-критерий).**

устный опрос , примерные вопросы:

Постановка задачи проверки гипотез. Требования, предъявляемые к критериям.

**Тема 3. 2.2 Критерий отношения правдоподобия, пример для отношения правдоподобия. Односторонние и двусторонние гипотезы. Пример проверки сложных гипотез ?  $H_0 : m = m_0, s^2 - \text{неизвестно}, H_1 : m \neq m_0, s^2 - \text{неизвестно}$ . Отсев грубых измерений при малых выборках. Отсев грубых измерений при больших выборках**

проверка домашнего задания , примерные вопросы:

Отсев грубых измерений по критерию Стьюдента.

**Тема 4. Непараметрические критерии. 3.1 Свободные от распределения методы.**

**Проверка однородности двух выборок. Критерий Вилкоксона. Оценка статистической связи. Коэффициенты корреляции Спирмена, Кендалла.**

проверка домашнего задания , примерные вопросы:

Проверка однородности двух выборок по критерию Вилкоксона. Сравнение коэффициентов корреляции Спирмена и Пирсона для рядов с различным распределением.

**Тема 5. Регрессионный анализ. 4.1 Задачи регрессионного анализа. Параметрическая и непараметрическая регрессия. Модели регрессии. Оценка параметров модели. Информация Фишера. Неравенство Рао-Крамера и предел эффективности оценок параметров.**

проверка домашнего задания , примерные вопросы:

Оценка параметров для выбранного закона распределения.

**Тема 6. 4.2 Задача линейной регрессии. Дисперсия оценок параметров регрессии.**

**Влияние сильных выбросов на оценки параметров регрессии. Коэффициент детерминации. Проверка значимости коэффициента детерминации. Проблема выбора модели**

проверка домашнего задания , примерные вопросы:

Линейная регрессия полиномиальной зависимостью. Оценка коэффициента детерминации и проверка его значимости.

**Тема 7. 4.3 Одномерная линейная регрессия. Коэффициент корреляции Пирсона. Проверка значимости коэффициента корреляции. Непараметрическая регрессия. Медианный фильтр.**

проверка домашнего задания , примерные вопросы:

Применение медианной фильтрации для устранения импульсных помех.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

1. Распределение Хи-квадрат. Определить круг задач, в которых используется распределение Хи-квадрат.
2. Распределение Стьюдента, (t - распределение). Определить круг задач, в которых используется распределение Стьюдента.
3. Распределение Фишера, (F - распределение). Определить круг задач, в которых используется распределение Фишера.
4. Отсев грубых измерений
5. Гипотезы простые, сложные , односторонние, двусторонние.
6. .Проверка простой гипотезы  $H_0$  о величине математического ожидания нормального распределения против сложной гипотезы  $H_1$  при неизвестной дисперсии.
7. Применение критерия отношения правдоподобия для проверки простой гипотезы  $H_0$  о виде распределения.
8. Непараметрический критерий об однородности двух выборок
9. Непараметрический критерий для проверки гипотезы о некоррелированности двух распределений
10. Регрессионный анализ. Модель регрессии. Оценка параметров регрессии.

11. Регрессионный анализ. Анализ ошибок. Остаточная дисперсия. Дисперсия, обусловленная регрессией.
12. Регрессионный анализ. Коэффициент детерминации и мера неопределённости при построении модели регрессии.
13. Дисперсия оценок параметров регрессии
14. Проверка значимости коэффициента корреляции.
15. Значимость коэффициента детерминации. Проверка гипотезы  $H_0$  о том, что все коэффициенты регрессии равны нулю
16. Значимость оценок параметров регрессии. Проверка простой гипотезы  $H_0$  о том, что оценка параметра регрессии равна истинному значению этого параметра регрессии.
17. Значимость оценок параметров регрессии. Проверка простой гипотезы  $H_0$  о том, что оценки совокупности параметров регрессии не влияют на линию регрессии
18. Значимость оценок параметров регрессии. Проверка простой гипотезы  $H_0$  о том, что оценки двух параметров регрессии равны
19. Значимость оценок параметров регрессии. Проверка простой гипотезы  $H_0$  о том, что оценки параметров регрессии двух исследуемых процессов равны.
20. Цифровой спектральный анализ. Преобразование Фурье
21. Коррелограммный метод оценки спектральной плотности мощности случайного процесса
22. Периодограммный метод оценки спектральной плотности мощности случайного процесса
23. Метод Уелча оценки спектральной плотности мощности случайного процесса
24. Авторегрессионная (АР) модель последовательности наблюдений. Соотношение между параметрами АР-модели и корреляционной последовательностью
25. Оценивание коэффициентов АР-модели по методу наименьших квадратов (Уравнения Юла-Уолкера)

### **7.1. Основная литература:**

1. Боровков А.А. Математическая статистика. [3-е изд., испр.]. Москва: Физматлит, 2007. 703 с.
2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Изд. 3-е, перераб. и доп.. М.: Радио и связь, 1989. 653 с.
3. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982. 624 с.
4. Дрейпер Н.Р., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. 3-е изд. М.: Диалектика, 2007. 911 с.
5. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул / Е. Н. Львовский. Изд. 2-е. М.: Высш. шк., 1988. 239 с.
6. С. Л. Марпл-мл. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1990. 584 с.
7. Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов Таблицы математической статистики. Изд. 3-е. Москва: Наука, 1983. 416 с.
8. Нугманов И.С. Обработка экспериментальных данных. - Казань: КГУ, 2006. -80 с.

### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Ширяев А.Н. Вероятность: Учеб. для студентов вузов по физ.-мат. направлениям и специальностям: Кн.1. Элементарная теория вероятностей. Математические основания. Предельные теоремы. 3-е изд., перераб. и доп. М.: МЦНМО, 2004, 519 с.
2. Ширяев А.Н. Вероятность: Кн.2. Суммы и последовательности случайных величин - стационарные, мартингалы, марковские цепи. 3-е изд., перераб. и доп. М.: МЦНМО, 2004, 404 с.
3. Математическая статистика. Ч.1, Основные статистические структуры. Теория оценивания / ; Казан. гос. ун-т, Каф. мат. статистики; Сост. И.Н.Володин. Казань: КГУ, 2000. 55 с.

4. Математическая статистика. Ч.2, Доверительные интервалы. Статистическая проверка гипотез / ; Казан. гос. ун-т, Каф. мат. статистики; Сост. И.Н.Володин. ?Казань: КГУ, 2000. ?47с.
5. Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики. ?М.: Издат. об-ние "ЮНИТИ", 1998. ?1022с.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

MachineLearning.ru - <http://www.machinelearning.ru/>

MATLAB.exponenta - <http://matlab.exponenta.ru/>

журнал Цифровая обработка сигналов - <http://www.dsps.ru/>

Общероссийский математический портал - <http://www.mathnet.ru/>

школа анализа данных - <http://shad.yandex.ru/>

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану**

Освоение дисциплины "Математические методы обработки экспериментальных данных" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.68 "Радиофизика" и магистерской программе Электромагнитные волны в средах .

Автор(ы):

Бочкарев В.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Лист согласования

<b>N</b>	<b>ФИО</b>	<b>Согласование</b>
1	Шерстюков О. Н.	
2	Акчурин А. Д.	
3	Таюрский Д. А.	
4	Чижанова Е. А.	
5	Соколова Е. А.	
6	Тимофеева О. А.	