

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



подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Математические методы обработки экспериментальных данных М1.В.2

Направление подготовки: 011800.68 - Радиофизика

Профиль подготовки: Радиофизические методы по областям применений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Бочкарев В.В.

**Рецензент(ы):**

Нугманов И.С.

### **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 6116114

Казань

2014

## 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 объеме 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)
ПК-11 (профессиональные компетенции)	способностью к ведению документации по научно-исследовательской работе (смет, заявок на материалы, оборудование) с учетом существующих требований и форм отчетности

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;

2. должен уметь:

Анализировать результаты эксперимента

3. должен владеть:

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

4. должен демонстрировать способность и готовность:

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

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 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	1-2	2	4	0	устный опрос
2.	Тема 2. Проверка гипотез.	1	3-5	2	4	0	устный опрос
3.	Тема 3. Критерий отношения правдоподобия	1	6-8	2	4	0	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Непараметрические критерии.	1	9-10	2	4	0	домашнее задание
5.	Тема 5. Регрессионный анализ.	1	11-12	2	4	0	домашнее задание
6.	Тема 6. Задача линейной регрессии.	1	13-14	2	4	0	домашнее задание
7.	Тема 7. Одномерная линейная регрессия.	1	15-17	2	4	0	домашнее задание
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	зачет
	Итого			14	28	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основные модельные распределения.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Введение. Случайные величины и их характеристики. Основные модельные распределения. Предельные теоремы теории вероятностей.

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

Распределение  $\chi^2$  и область его применения. Распределение Стьюдента, (t распределение). Распределение Фишера, (F распределение)

### Тема 2. Проверка гипотез.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Источники информации. Пара-метрические и непараметрические задачи. Выборочное пространство, уровень значимости, мощность критерия.

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

Простые и сложные гипотезы. Несмещённый критерий, несмещённая критическая область. Состоятельность критерия. Равномерно наиболее мощный критерий (РНМ-критерий).

### Тема 3. Критерий отношения правдоподобия

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Критерий отношения правдоподобия, пример для отношения правдоподобия. Односторонние и двусторонние гипотезы.

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

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

### Тема 4. Непараметрические критерии.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Свободные от распределения методы. Проверка однородности двух выборок.

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

Критерий Вилкоксона. Оценка статистической связи. Коэффициенты корреляции Спирмена, Кендалла.

### Тема 5. Регрессионный анализ.

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Задачи регрессионного анализа. Параметрическая и непараметрическая регрессия. Модели регрессии. Оценка параметров модели. Информация Фишера.

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

Неравенство Рао-Крамера и предел эффективности оценок параметров.

**Тема 6. Задача линейной регрессии.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Дисперсия оценок параметров регрессии. Влияние сильных выбросов на оценки параметров регрессии.

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

Коэффициент детерминации. Проверка значимости коэффициента детерминации. Проблема выбора модели

**Тема 7. Одномерная линейная регрессия.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Коэффициент корреляции Пирсона. Проверка значимости коэффициента корреляции.

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

Непараметрическая регрессия. Медианный фильтр.

**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	1-2	подготовка у устному опросу	10	устный опрос
2.	Тема 2. Проверка гипотез.	1	3-5	подготовка у устному опросу	10	устный опрос
3.	Тема 3. Критерий отношения правдоподобия	1	6-8	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
4.	Тема 4. Непараметрические критерии.	1	9-10	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
5.	Тема 5. Регрессионный анализ.	1	11-12	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
6.	Тема 6. Задача линейной регрессии.	1	13-14	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
7.	Тема 7. Одномерная линейная регрессия.	1	15-17	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
	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.**

устный опрос , примерные вопросы:

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

### **Тема 2. Проверка гипотез.**

устный опрос , примерные вопросы:

Постановка задачи проверки гипотез. Требования, предъявляемые к критериям.

### **Тема 3. Критерий отношения правдоподобия**

домашнее задание , примерные вопросы:

Распределение  $s^2$  и область его применения. Распределение Стюдента, ( $t$  ? распределение). Распределение Фишера, ( $F$  ? распределение).

### **Тема 4. Непараметрические критерии.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Несмещённый критерий, несмещённая критическая область. Состоятельность критерия. Равномерно наиболее мощный критерий ( РНМ-критерий). Отсев грубых измерений по критерию Стюдента.

### **Тема 5. Регрессионный анализ.**

домашнее задание , примерные вопросы:

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

### **Тема 6. Задача линейной регрессии.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Неравенство Рао-Крамера и предел эффективности оценок параметров. Оценка параметров для выбранного закона распределения.

### **Тема 7. Одномерная линейная регрессия.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Коэффициент детерминации. Проверка значимости коэффициента детерминации. 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 Стюдента, ( $t$  - распределение). Определить круг задач, в которых используется распределение Стюдента.
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. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник / Е.С. Кочетков, С.О. Смерчинская, В.В. Соколов. - 2-е изд., испр. и перераб. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 240 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=447828>
2. Основы статистического анализа. Практ. по стат. мет. и исслед. операций с исп. пакетов STATISTICA и EXCEL: Уч.пос./ Э.А.Вуколов - 2 изд., испр. и доп. - М.: Форум:НИЦ Инфра-М, 2013. - 464 с.: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=369689>
3. Вейвлет-анализ и его приложения: Учебное пособие / Т.В. Захарова, О.В. Шестаков. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 158 с.: <http://znanium.com/bookread.php?book=466585>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Боровков А.А. Математическая статистика.[3-е изд., испр.].Москва: Физматлит, 2007.703 с. (10)
2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Изд. 3-е, перераб. и доп..М.: Радио и связь, 1989.?653 с. (30)
3. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника.М.: Радио и связь, 1982.?624с. (54)

### 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)**

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

Лабораторные занятия проводятся в компьютерной лаборатории.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.68 "Радиофизика" и магистерской программе Радиофизические методы по областям применений .

Автор(ы):

Бочкарев В.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Нугманов И.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.