

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление: 27.06.01 Управление в технических системах

Направленность (специальность): 05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации (приборостроение, энергетика, информатика)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины по выбору

«Анализ стохастических процессов»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.1

Всего: 108 часов

|                        |                                                                                          |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Семестр 3, в том числе | 6 часов – контактная работа,<br>84 часа – самостоятельная работа,<br>18 часов – контроль |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 27.06.01 «Управление в технических системах», утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 892, и паспорта специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (приборостроение, энергетика, информатика)» номенклатуры специальностей научных работников утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** изучения дисциплины является получение теоретических знаний и освоение практических навыков в использовании методов и алгоритмов первичной и вторичной статистической обработки при анализе вероятностных свойств случайных процессов.

**Задачами** дисциплины являются:

- формирование знаний о базовых понятиях и основных вероятностных характеристиках случайных процессов;
- изучение наиболее распространенных непараметрических методы оценивания основных характеристик случайных процессов, свойств получаемых оценок в зависимости от особенностей исследуемого процесса;
- освоение методов построения параметрических моделей дискретных стохастических процессов;
- приобретение навыков практического применения различных методов анализа случайных процессов на компьютере при решении модельных и реальных прикладных задач.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

- способность профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций, информационно-аналитических материалов и презентаций (ОПК-4);
- владение научно-предметной областью знаний (ОПК-5);
- способность проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ и магистерских диссертаций (ПК-3);
- способность применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки (ПК-4);
- способность к организации и проведению экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с применением современных средств и методов (ПК-6).

### **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

**знать:**

- современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки (ПК-4);

**уметь:**

- проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций, информационно-аналитических материалов и презентаций (ОПК-4);

– проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ и магистерских диссертаций (ПК-3);

**владеть:**

– научно-предметной областью знаний (ОПК-5);

– навыками организации и проведения экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с применением современных средств и методов (ПК-6).

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

### *1. Основные понятия и определения.*

Элементы теории стохастических процессов, их основные характеристики и разновидности. Классификация стохастических процессов. Стационарные и эргодические случайные процессы. Классификация сигналов в зависимости от корреляционно-спектральных свойств. Особенности вероятностного описания. Основные этапы анализа стохастических процессов. Роль цифровых методов анализа. Представление сигналов в цифровой форме: процедуры дискретизации во времени и квантования по уровню.

*2. Предварительная обработка реализаций стохастического процесса*

Задачи предварительной обработки. Методы выделения аномальных измерений. Анализ стационарности процессов. Способы описания и выделения аддитивного тренда. Параметрический метод выделения тренда. Использование методов скользящего среднего и переменных разностей в задаче выделения и устранения локального тренда. Задача цифровой фильтрации сигналов. Цифровые фильтры: основные типы, способы описания и свойства КИХ и БИХ фильтров. Типовые фильтры и принципы синтез

### *3. Непараметрический анализ. Общие вопросы.*

Непараметрические методы анализа: общая схема анализа, методика оценивания, особенности оценивания статистических характеристик случайных процессов цифровыми методами. Понятие базовой оценки. Обобщенная структурная схема произвольного статистического анализатора (алгоритма оценива-

ния). Основные соотношения для определения смещения и дисперсии базовой оценки в случаях непрерывного и дискретного вариантов оценивания.

#### *4. Непараметрический анализ статистических характеристик первого порядка*

Непараметрические оценки математического ожидания, дисперсии, моментных характеристик 3-го и 4-го порядков, интегральной и дифференциальной функций распределения вероятностей (аналоговый и цифровой алгоритмы).

*5. Непараметрические методы корреляционно-спектрального анализа*  
Непараметрические методы оценивания автокорреляционной функции случайного процесса. Анализ точности базовый и цифровой оценок. Алгоритм оценивания по некоррелированной выборке. Методы непараметрического анализа спектральной плотности мощности. Влияние дискретизации во времени и ограниченности длины реализации в задачах, связанных с преобразованием Фурье. Проблема разрешающей способности и статистической устойчивости оценок. Базовые оценки взаимно-корреляционной функции, функции взаимной плотности мощности и функции когерентности, особенности их оценивания. Практическое использование взаимных спектрально-корреляционных характеристик. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье (БПФ). Алгоритм с прореживанием по времени и частоте. Использование БПФ в корреляционно-спектральном анализе.

#### *6. Параметрические методы статистического анализа*

Основные типы динамических моделей, используемые в анализе: регрессионные линейные и нелинейные по параметрам, лаговые модели, модели типа  $AR(p)$ ,  $CC(q)$ ,  $ARCC(p,q)$ ,  $ARПСС(p,d,q)$ , сезонные модели. Общие свойства динамических моделей, порождаемых белым шумом, их корреляционно-спектральные свойства. Алгоритм метода параметрического анализа СПМ, использование системы уравнений Юла-Уокера и частной автокорреляционной функции. Блочные и последовательные алгоритмы оценивания СПМ. Преимущества параметрического оценивания с точки зрения разрешающей способности и точности получаемых оценок.

# **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 3 семестр – дифференцированный зачет.

## **Вопросы для самоконтроля и проведения зачета**

1. Элементы теории стохастических процессов, их основные характеристики и разновидности.
2. Классификация стохастических процессов. Стационарные и эргодические случайные процессы.
3. Классификация сигналов в зависимости от корреляционно-спектральных свойств.
4. Особенности вероятностного описания.
5. Основные этапы анализа стохастических процессов.
6. Роль цифровых методов анализа.
7. Представление сигналов в цифровой форме: процедуры дискретизации во времени и квантования по уровню.
8. Задачи предварительной обработки сигналов.
9. Методы выделения аномальных измерений.
10. Анализ стационарности процессов.
11. Способы описания и выделения аддитивного тренда.
12. Параметрический метод выделения тренда.
13. Использование методов скользящего среднего и переменных разностей в задаче выделения и устранения локального тренда.
14. Задача цифровой фильтрации сигналов.
15. Цифровые фильтры: основные типы, способы описания и свойства КИХ и БИХ фильтров.
16. Непараметрические методы анализа: общая схема анализа, методика оценивания, особенности оценивания статистических характеристик случайных процессов цифровыми методами.
17. Обобщенная структурная схема произвольного статистического анализатора (алгоритма оценивания).

18. Основные соотношения для определения смещения и дисперсии базовой оценки в случаях непрерывного и дискретного вариантов оценивания.

19. Непараметрические оценки математического ожидания, дисперсии, моментных характеристик 3-го и 4-го порядков, интегральной и дифференциальной функций распределения вероятностей (аналоговый и цифровой алгоритмы).

20. Непараметрические методы оценивания автокорреляционной функции случайного процесса.

21. Анализ точности базовой и цифровой оценок.

22. Алгоритм оценивания по некоррелированной выборке.

23. Методы непараметрического анализа спектральной плотности мощности.

24. Влияние дискретизации во времени и ограниченности длины реализации в задачах, связанных с преобразованием Фурье.

25. Проблема разрешающей способности и статистической устойчивости оценок.

26. Базовые оценки взаимно-корреляционной функции, функции взаимной плотности мощности и функции когерентности, особенности их оценивания.

27. Практическое использование взаимных спектрально-корреляционных характеристик.

28. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье (БПФ).

29. Алгоритм с прореживанием по времени и частоте.

30. Использование БПФ в корреляционно-спектральном анализе.

31. Основные типы динамических моделей, используемые в анализе: регрессионные линейные и нелинейные по параметрам, лаговые модели, модели типа  $AR(p)$ ,  $CC(q)$ ,  $ARCC(p,q)$ ,  $ARPCSS(p,d,q)$ , сезонные модели.

32. Общие свойства динамических моделей, порождаемых белым шумом, их корреляционно-спектральные свойства.

33. Алгоритм метода параметрического анализа СПМ, использование системы уравнений Юла-Уокера и частной автокорреляционной функции.

34. Блочные и последовательные алгоритмы оценивания СПМ.

35. Преимущества параметрического оценивания с точки зрения разрешающей способности и точности получаемых оценок.

#### **4. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

##### **Основная литература:**

1. Виноградова Н.А., Филаретов Г.Ф. Анализ стохастических процессов: Учебное пособие под ред. Филаретова Г.Ф. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
2. Ахметшин А. А. Введение в случайные процессы: учебное пособие. – М.: Изд-во МЭИ, 2005.
3. Крупин В. Г., Павлов А.Л., Поп Л.Г. Высшая математика. Теория вероятностей, математическая статистика, случайные процессы. Сборник задач с решениями: учебное пособие. – М. : Изд. дом МЭИ, 2013.
4. Афанасьев В. Н., Юзбашев М. М. Анализ временных рядов и прогнозирование: учебник для вузов.– М.: Финансы и статистика, : ИНФРА-М, 2010.
5. Булинский А. В., Ширяев А.Н.Теория случайных процессов. – М.: Физматлит, 2005.
6. Вентцель Е. С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учебное пособие для втузов. – М.: Высшая школа, 2011.

##### **Дополнительная литература:**

7. Чжун К.А., АитСахлиа Ф. Элементарный курс теории вероятностей. Стохастические процессы и финансовая математика.– М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014.
8. Хрущева, И. В., Щебаков В.И., Леванова Д.С. Основы математической статистики и теории случайных процессов: учебное пособие.– СПб.: Лань, 2009.
9. Шахтарин Б. И., Ковригин В.А. Методы спектрального оценивания случайных процессов: учебное пособие для вузов.– М.: Гелиос АРВ, 2005.
10. Пригарин С. М., Михайлов Г.А. Методы численного моделирования случайных процессов и полей.– Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН, 2005.
11. Свешников А. А. Прикладные методы теории вероятностей: учебник для вузов.– СПб.: Лань, 2012.



**Лицензионное программное обеспечение:**

1. Пакет для статистического анализа «Statistica».
2. Программная система для анализа временных рядов «ЭВРИСТА».