ИНСТИТУТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ

ОДОБРЕНО  
  
протокол № 18 / 03   
  
от « 31 » мая 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

|  |  |
| --- | --- |
| Направление подготовки (специальность) | 09.04.04 Программная инженерия |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Семестр** | **Интерактив** | **Трудоемкость, кред.** | **Общий объем курса, час.** | **Лекции, час.** | **Практич. занятия, час.** | **Лаборат. работы, час.** | **СРС, час.** | **КСР, час.** | **Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП** |
| 1 |  | 3 | 108 | 16 | 16 | 0 | 76 | 0 | З |
| ИТОГО | 0 | 3 | 108 | 16 | 16 | 0 | 76 | 0 |  |

Группа: М20-504

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Статистическая обработка временных рядов» обеспечивает теоретические знаниями по методам анализа и построению математических моделей случайных временных рядов.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины «Статистическая обработка временных рядов» является овладение будущими специалистами теоретическими знаниями по методам анализа и построению математических моделей случайных временных рядов для применения в будущей профессиональной деятельности по направлениям:

• математическое моделирование динамических объектов и систем в условиях статистически неточных данных;

• анализ и прогноз случайных процессов и явлений;

• оптимальное управление динамическими объектами в условиях неточных измерений;

• разработка алгоритмического, информационного и программного обеспечения систем обработки данных и в других прикладных областях.

Освоение основных понятий теории случайных временных рядов необходимо для проведения самостоятельных исследований, разработки теоретических моделей в новой предметной области, применения современных математических теорий для решения прикладных задач.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Статистическая обработка временных рядов» относится к общенаучному циклу М1 образовательной программы и является обязательной для магистранта.

Дисциплина требует от слушателя общематематической подготовки по математическому анализу, линейной алгебре, дифференциальным уравнениям, а также по теории вероятностей и математической статистике.

В свою очередь, дисциплина является предшествующей и необходимой для изучения следующих курсов профессионального цикла подготовки:

• Дискретные и математические модели (модели вычислений);

• Математические модели физических процессов.

Дисциплина формирует систему базовых понятий, необходимых для специалиста в области прикладной математики и информатики, способствует освоению классических методов теории случайных процессов для решения практических задач.

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ/ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-2 – Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач

ОПК-4 – Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований

ПК-1 – Владеет знаниями основ философии и методологии науки

ПК-12 – Способен проектировать вспомогательные и специализированные языки программирования и языки представления данных

ПК-16 – Владеет навыками создания трансляторов и интерпретаторов языков программирования

ПК-3 – Владеет знаниями методов оптимизации и умением применять их при решении задач профессиональной деятельности

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п.п** | **Наименование раздела учебной дисциплины** | **Недели** | **Лекции, час.** | **Практ. занятия / семинары, час.** | **Лабораторные работы, час.** | **Обязат. текущий контроль (форма\*, неделя)** | **Аттестация раздела (форма\*, неделя)** | **Максимальный балл за раздел\*\*** |
|  | *1 Семестр* |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Статистическое описание и примеры случайных временных рядов | 1-4 | 4 | 4 |  | ДЗ-3 | к.р-5 | 15 |
| 2 | Стационарные временные ряды | 5-9 | 5 | 5 |  | ДЗ-7 | к.р-9 | 15 |
| 3 | Чисто разрывные случайные процессы. Обработка временных рядов линейными фильтрами | 10-13 | 4 | 4 |  | ДЗ-11 | к.р-13 | 15 |
| 4 | Спектральный анализ стационарных временных рядов | 14-16 | 3 | 3 |  | ДЗ-15 | к.р-16 | 15 |
|  | *Итого за 1 Семестр* |  | 16 | 16 | 0 |  |  | 60 |
|  | **Контрольные мероприятия за 1 Семестр** |  |  |  |  |  | З | 40 |

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

|  |  |
| --- | --- |
| **Обозначение** | **Полное наименование** |
| ДЗ | Домашнее задание |
| к.р | Контрольная работа |
| З | Зачет |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** | **Лек., час.** | **Пр./сем., час.** | **Лаб., час.** |
|  | *1 Семестр* | 16 | 16 | 0 |
| **1-4** | **Статистическое описание и примеры случайных временных рядов** | 4 | 4 |  |
| 1 - 2 | **Введение. Временной ряд** Случайный временной ряд. Закон распределения вероятностей. Свойства. Начальные и центральные моменты.  Автоковариационная матрица временного ряда. Свойства. Нормированная автоковариационная матрица (корреляционная матрица).  Условное распределение вероятностей временного ряда. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 2 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 3 - 4 | **Типы временных рядов.** Примеры в Абсолютно случайный временной ряд (дискретный "белый" шум); броуновское движение; коррелированный временной ряд; дискретный накопитель; параметрический временной ряд, RC-шум. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 2 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| **5-9** | **Стационарные временные ряды** | 5 | 5 |  |
| 5 - 6 | **Регрессионная модель случайного временного ряда.** Регрессионная модель случайного временного ряда.  Преобразование случайного временного ряда дискретным RC-фильтром. Анализ свободного движения, математического ожидания и случайного компонента выходного сигнала. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 2 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 7 | **Определение стационарного временного ряда** Определение стационарного временного ряда. Свойства моментов и автоковариационной матрицы. Стационарность в узком и широком смысле. Эргодическое свойство стационарного временного ряда. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 1 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 8 - 9 | **Оценки дисперсии, автоковариационного и автокорреляционного моментов по одной реализации стационарного временного ряда.** Оценки дисперсии, автоковариационного и автокорреляционного моментов по одной реализации стационарного временного ряда.  Методы проверки статистической гипотезы о независимости значений временного ряда: по числу пересечений уровня медианы, по числу поворотных точек, методом Бокса-Пирса. Ранговая корреляция. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 2 | 2 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| **10-13** | **Чисто разрывные случайные процессы. Обработка временных рядов линейными фильтрами** | 4 | 4 |  |
| 10 | **Прикладные задачи обработки временных рядов. Математическая модель линейного дискретного стационарного фильтра. Импульсная характеристика линейного дискретного фильтра. Физическая осуществимость.**  Прикладные задачи обработки временных рядов. Математическая модель линейного дискретного стационарного фильтра. Импульсная характеристика линейного дискретного фильтра. Физическая осуществимость.  Дискретный линейный фильтр с конечной импульсной характеристикой. Понятие динамической и случайной ошибок в задачах обработки случайных временных рядов. Коэффициент усиления линейной системы, коэффициент подавления помехи.  Устойчивость линейной дискретной стационарной системы. Необходимое и достаточное условие устойчивости, использующее известную импульсную реакцию линейной системы. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 1 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 11 | **Пуассоновский поток событий.** Пуассоновский поток событий. Определение. Свойства.  Распределение случайного числа событий пуассоновского потока на произвольном интервале времени (t1, t2). Обобщение на случай нестационарного потока событий.  Распределение случайного времени между двумя последовательными событиями пуассоновского потока. Среднее время ожидания события пуассоновского потока. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 1 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 12 | **Чисто разрывный случайный процесс**  Чисто разрывный случайный процесс с непрерывным временем и произвольными действительными значениями. Определение. Статистические характеристики. Марковское свойство. Обобщенное уравнение Маркова. Достаточность закона распределения вероятностей второго порядка для описания свойств чисто разрывного случайного процесса.  Чисто разрывный случайный процесс с непрерывным временем и счетным множеством возможных состояний. Обобщенное уравнение Маркова.  Прямое уравнение Колмогорова для вероятностей перехода и вероятностей текущих состояний чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и счетным множеством состояний. Вывод уравнения. Начальное условие. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 1 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 13 | **Примеры чисто разрывных случайных процессов** Примеры чисто разрывных случайных процессов: пуассоновский случайный процесс; процесс чистого рождения (Юла-Фарри); процесс чистой гибели; процесс рождения и гибели. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 1 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| **14-16** | **Спектральный анализ стационарных временных рядов** | 3 | 3 |  |
| 14 | **Дискретное преобразование Фурье**  Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Свойства. Периодичность, симметричность. Теорема о запаздывании. Свертка бесконечных временных рядов. Теорема Парсеваля.  Терема о наложении спектров. Частота Найквиста. О возможности восстановления непрерывного сигнала по его дискретным измерениям. Теорема Шеннона.  Понятия амплитудной и фазовой частотных характеристик. Спектрограмма. Частотные фильтры. Примеры | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 1 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 15 | **Спектральная плотность мощности стационарного временного ряда** Спектральная плотность мощности стационарного временного ряда. Определение и свойства. Связь спектральной плотности мощности стационарного временного ряда и его автоковариационной функции. Спектральная плотность мощности “белого” шума | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 1 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 16 | **Ряд Фурье** Ряд Фурье. Связь с дискретным преобразованием Фурье бесконечного временного ряда. Свойства (линейность, теорема о запаздывании, спектр круговой свертки конечных временных рядов, симметричность спектральных коэффициентов, теорема Парсеваля). Спектрограмма. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 1 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |

Сокращенные наименования онлайн опций:

|  |  |
| --- | --- |
| **Обозначение** | **Полное наименование** |
| ЭК | Электронный курс |
| ПМ | Полнотекстовый материал |
| ПЛ | Полнотекстовые лекции |
| ВМ | Видео-материалы |
| АМ | Аудио-материалы |
| Прз | Презентации |
| Т | Тесты |
| ЭСМ | Электронные справочные материалы |
| ИС | Интерактивный сайт |

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

|  |  |
| --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** |
|  | *1 Семестр* |
| 1 - 16 | **Практические занятия** 1, 2 недели  Расчет моментных функций случайного временного ряда.  Автоковариация и автокорреляция временного ряда.    3, 4 недели  Гауссов временной ряд.  Анализ статистической динамики временного ряда на выходе RC-фильтра.    5, 6 недели  Стационарные временные ряды. Эргодическое свойство временного ряда.  Оценка статистических характеристик стационарных временных рядов.    7, 8 недели  Проверка статистических гипотез о независимости значений временного ряда по одной реализации.  Импульсная характеристика линейной динамической системы.    9, 10 недели  Обработка временных рядов линейными фильтрами.  Пуассоновский поток событий.    11, 12 недели  Чисто разрывные случайные процессы. Статистические характеристики.  Уравнение Колмогорова для чисто разрывных случайных процессов со счетным множеством состояний.    13, 14 недели  Процессы рождения и гибели.  Дискретное преобразование Фурье. Спектрограмма.    15, 16 недели  Передаточная функция линейной стационарной системы.  Спектральная плотность мощности случайного временного ряда.    17, 18 недели  Ряд Фурье.  Алгоритм быстрого преобразования Фурье. |
| 6 - 9 | **Стационарные временные ряды** Стационарные временные ряды. Эргодическое свойство временного ряда.  Оценка статистических характеристик стационарных временных рядов.  Проверка статистических гипотез о независимости значений временного ряда по одной реализации.  Импульсная характеристика линейной динамической системы.  Обработка временных рядов линейными фильтрами.  Пуассоновский поток событий. |
| 10 - 13 | **Чисто разрывные случайные процессы. Обработка временных рядов линейными фильтрами** Чисто разрывные случайные процессы. Статистические характеристики.  Уравнение Колмогорова для чисто разрывных случайных процессов со счетным множеством состояний.  Процессы рождения и гибели.  Дискретное преобразование Фурье. Спектрограмма. |
| 14 - 18 | **Спектральный анализ стационарных временных рядов** Передаточная функция линейной стационарной системы.  Спектральная плотность мощности случайного временного ряда.  Ряд Фурье.  Алгоритм быстрого преобразования Фурье. |

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Занятия проводятся по классической системе чтения лекций и проведения практических занятий.

Несколько тем курса магистранты осваивают самостоятельно, используя предоставленные методические материалы. Контроль самостоятельной работы и освоения изученной темы проводится на семинарском занятии. В процессе контрольного опроса (КО) каждый слушатель должен ответить на вопросы преподавателя или провести краткие расчеты по предложенным задачам. Результаты контрольного опроса магистрантов оцениваются в баллах.

Для получения навыков аналитических расчетов магистрантам еженедельно выдаются задачи для самостоятельной домашней работы. Результаты решения задач контролируются в аудитории на практических занятиях.

В течение семестра проводятся 4 контрольные работы по всем разделам курса.

6. ТРЕБОВАНИЯ К ФОНДУ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ В РАМКАХ РЕАЛИЗУЕМОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В качестве оценочного средства используется 100 балльная семестровая система, учитывающая посещаемость занятий, активность (выполнение домашних заданий, ответы на вопросы), выполнение контрольных работ по разделам курса.

Самостоятельная работа студента включает:

1. Повторение теоретического материала и подготовка к контрольным работам.

2. Решение задач по темам курса.

3. Самостоятельное освоение отдельных теоретических вопросов.

Вопросы к контрольной работе 1

Тема: «Статистическое описание и примеры случайных временных рядов»

1. Что называется одномерной функцией распределения вероятностей случайного временного ряда? Какими свойствами она обладает?

2. Что называется одномерной плотностью распределения вероятностей случайного временного ряда непрерывного типа? Какими свойствами она обладает?

3. Какие статистические характеристики временного ряда рассчитываются на основании распределения вероятностей первого порядка?

4. Напишите расчетные выражения для математического ожидания и дисперсии, если множество возможных значений временного ряда является конечным.

5. Напишите выражение для плотности распределения 2-го порядка для гауссова временного ряда и дайте пояснения ко всем используемым в формуле обозначениям

6. Что называется нормированным временным рядом (по аналогии с нормированной случайной величиной)? В каких единицах измеряется нормированный временной ряд?

7. Какие статистические характеристики временного ряда рассчитываются на основании распределения вероятностей второго порядка?

8. Дайте определение автоковариационной матрицы случайного временного ряда. Какими свойствами она обладает?

9. Дайте определение и укажите основные свойства элементов автокорреляционной матрицы случайного временного ряда.

10. Для какого типа временного ряда одномерный закон распределения вероятностей содержит его полное статистическое описание?

11. Чему равны автоковариационная и автокорреляционная матрицы «белого шума»?

12. Дайте определение интервала корреляции случайного временного ряда.

13. Как практически рассчитать интервал корреляции временного ряда?

14. Дайте определение условной функции распределения вероятностей случайного временного ряда X.

15. Как определена условная плотность вероятности, если временной ряд X относится к непрерывному типу?

16. Каким выражением связаны плотность вероятности второго порядка и условная плотность вероятности ?

17. Дайте определение гауссова временного ряда. Объясните все обозначения, использованные в определении.

18. Какими особыми свойствами обладает гауссов временной ряд?

19. Почему для гауссова временного ряда некоррелированность его значений означает их независимость?

20. Напишите выражение для плотности распределения вероятностей нормально распределенного временного ряда.

21. Что называется случайным временным рядом с независимыми приращениями? Приведите математическую модель и поясните используемые обозначения. Докажите, что приращения рассматриваемого временного ряда на непересекающихся интервалах времени независимы.

22. Чему равны автоковариационная и автокорреляционная функции случайного временного ряда с независимыми приращениями?

23. Дайте математическое описание модели бинарного временного ряда случайных переключений. Чему равны его математическое ожидание и дисперсия?

24. Что называется авторегрессионной моделью временного ряда? Напишите выражение. Чем определяется порядок авторегрессии?

25. В каком случае авторегрессионная модель соответствует физически осуществимой обработке данных?

Вопросы к контрольной работе 2

Тема: «Стационарные временные ряды»

1. Дайте определение стационарного в узком смысле временного ряда.

2. Каким свойством обладает закон распределения вероятностей первого порядка для стационарного в узком смысле временного ряда?

3. Каким свойством обладают начальные и центральные моменты временного ряда, стационарного в узком смысле?

4. Может ли быть стационарным временной ряд, значения которого отличны от нуля только на конечном интервале времени?

5. Какими свойствами обладает автоковариационная матрица стационарного в узком смысле временного ряда?

6. Какими свойствами обладает автокорреляционная функция стационарного временного ряда?

7. Дайте определение стационарного в широком смысле временного ряда.

8. Для какого класса временных рядов понятия стационарности в узком и широком смыслах совпадают?

9. В чем состоит эргодическое свойство временного ряда по отношению к математическому ожиданию?

10. Дайте определение сходимости случайной последовательности к пределу в среднеквадратическом смысле.

11. Чему равна дисперсия ошибки оценки математического ожидания временного ряда его среднеквадратическим значением на реализации конечной длины?

12. Сформулируйте необходимое и достаточное условие эргодичности временного ряда по отношению к математическому ожиданию.

13. В чем состоит достаточное условие эргодичности временного ряда по отношению к математическому ожиданию.

14. Какое логическое обоснование можно дать достаточному условию эргодичности стационарного временного ряда с использованием понятия интервала корреляции?

15. Обладает ли эргодическим свойством по отношению к постоянному математическому ожиданию «белый шум» с ограниченной интенсивностью своих значений?

16. Чему равна дисперсия ошибки оценки математического ожидания, полученной осреднением по времени конечного отрезка реализации стационарного «белого шума»?

17. Приведите пример временного ряда, не обладающего эргодическим свойством по отношению к математическому ожиданию.

18. Приведите формулу, позволяющую оценить дисперсию стационарного временного ряда по единственной реализации конечной длины.

19. Приведите формулу, позволяющую оценить значение автоковариационного момента по единственной реализации стационарного временного ряда конечной длины.

20. Как определяется статистический показатель в критерии проверки независимости значений временного ряда по числу пересечений уровня медианы?

21. Какова структура критической области для значений показателя, используемого в критерии числа пересечений уровня медианы?

22. Что значит показатель p –value, используемый для построения решающего правила в критерии числа пересечений уровня медианы?

23. Как используется значение p – value при принятии решения относительно справедливости основной гипотезы?

24. Какому закону распределения вероятностей подчиняется число пересечений абсолютно случайного временного ряда уровня медианы? Каковы параметры этого закона?

25. Что называется поворотной точкой в реализации случайного временного ряда?

26. Какова вероятность наличия поворотной точки на временном интервале [i – 1, i + 1]? Как рассчитывается эта вероятность для абсолютно случайного временного ряда?

27. Каковы математическое ожидание и дисперсия числа поворотных точек абсолютно случайного временного ряда ?

28. Какой статистический показатель используется для принятия решения о независимости выборки в критерии числа поворотных точек? Как распределен этот показатель при условии справедливости гипотезы H0?

29. Что характеризует показатель ранговой корреляции Кендалла? Как вычисляется этот показатель?

30. Каков диапазон возможных значений показателя ранговой корреляции Кендалла?

31. Какова структура области допустимых значений и критической области при использовании показателя ранговой корреляции Кендалла для проверки гипотезы о независимости выборки?

32. Какой статистический показатель используется в критерии Бокса – Пирса проверки независимости выборки? Какому закону подчиняется распределение этого показателя?

33. Какова структура критической области для значения показателя, используемого в критерии Бокса – Пирса проверки независимости выборки?

34. Дайте математическое описание функционирования -фильтра.

35. Какова реакция -фильтра на единичное ступенчатое воздействие на предварительно невозбужденный фильтр? Как зависит динамика реакции -фильтра от его параметров?

36. При выполнении какого условия -фильтр является устойчивым?

37. Что означает коэффициент передачи сигнала -фильтром? В каком случае этот коэффициент равен 1?

38. Дайте определение -шума.

39. Чему равна дисперсия -шума в переходном и установившемся режимах?

40. При выполнении каких условий -фильтр обладает сглаживающим свойством, т.е. понижает дисперсию временного ряда?

41. Как качественно влияет значение параметра -фильтра (при условии ) на значение дисперсии -шума и на длительность переходного процесса?

42. Какому уравнению удовлетворяет автоковариационный момент -шума?

43. Является ли стационарным -шум в переходном режиме?

44. Является ли стационарным -шум в установившемся режиме?

45. Удовлетворяет ли стационарный -шум достаточному условию эргодичности по отношению к математическому ожиданию? Приведите обоснование ответа.

46. В каком случае -шум является нормально распределенным?

47. Почему -фильтр называют иначе фильтром с экспоненциальными весовыми коэффициентами?

Вопросы к контрольной работе 3

Тема: «Чисто разрывные случайные процессы.

Обработка временных рядов линейными фильтрами»

1. Пуассоновский поток событий. Определение.

2. Дайте объяснение всех использованных в определении обозначений.

3. Распределение случайного числа событий пуассоновского потока на произвольном интервале времени (t1, t2). Обобщение на случай нестационарного потока событий.

4. Распределение случайного времени между двумя последовательными событиями пуассоновского потока. Среднее время ожидания события пуассоновского потока.

5. Дайте определение чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и произвольными действительными значениями.

6. Что называется интенсивностью скачкообразных изменений чисто разрывного случайного процесса с произвольными действительными значениями? От каких аргументов зависит в общем случае функция интенсивности скачков?

7. Как определяется распределение вероятностей чисто разрывного случайного процесса с произвольными действительными значениями после скачка?

8. Дайте определение чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и счетным множеством возможных состояний.

9. Что называется интенсивностью скачкообразных изменений чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и счетным множеством возможных состояний? От каких аргументов зависит в общем случае функция интенсивности скачков?

10. Какая характеристика определяет распределение вероятностей чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и счетным множеством возможных состояний после скачка?

11. Какие характеристики чисто разрывного случайного процесса со счетным множеством состояний используются для его описания не в локальной окрестности момента времени, а на произвольных временных интервалах?

12. Почему чисто разрывные случайные процессы являются процессами без последействия? Дайте пояснение.

13. Докажите, что для марковского случайного процесса закон распределения вероятностей второго порядка содержит его полное статистическое описание.

14. Обобщенное уравнение Маркова для чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и счетным множеством состояний (в скалярной и векторно-матричной формах).

15. Уравнение для вероятностей состояний , выраженных через и , для чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и счетным множеством состояний.

16. Прямое уравнение Колмогорова для вероятностей перехода чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и счетным множеством состояний. Вывод уравнения. Начальное условие.

17. Пуассоновский процесс. Определение. Множество возможных значений.

18. Дифференциальное уравнение для вероятностей состояний пуассоновского процесса. Начальное условие. Решение уравнения – распределение вероятностей состояний (закон распределения вероятностей первого порядка).

19. Процесс чистого рождения (Юла - Фарри). Определение (интенсивность скачкообразных изменений процесса, распределение вероятностей после скачка, начальное условие).

20. Процесс чистого рождения (Юла - Фарри). Дифференциальное уравнение для вероятностей состояний (уравнение Колмогорова). Начальное условие.

21. Процесс «чистой гибели». Определение (интенсивность скачкообразных изменений процесса, распределение вероятностей после скачка).

22. Процесс чистой гибели. Дифференциальное уравнение для вероятностей состояний (уравнение Колмогорова). Начальное условие.

23. Импульсная реакция (характеристика) линейной дискретной стационарной системы. Определение. Иллюстрация на примерах. Свойства импульсной характеристики для физически осуществимой линейной дискретной стационарной системы и системы с «конечной памятью».

24. Расчет реакции линейной дискретной стационарной системы (ЛСДС) на произвольный входной сигнал с помощью импульсной характеристики. Вывод основного выражения. Частные случаи: а) сигнал поступает с момента времени k=0, б) ЛСДС является физически осуществимой, в) ЛСДС имеет «конечную память».

25. Устойчивость линейной дискретной стационарной системы (ЛСДС). Необходимое и достаточное условие устойчивости, использующее известную импульсную реакцию линейной системы.

26. Понятия статической и динамической ошибок обработки временного ряда линейным фильтром.

27. Каким выражением определяется дисперсия временного ряда на выходе линейной стационарной системы в установившемся режиме при воздействии на ее входе стационарного «белого шума»?

28. В чем состоит задача сглаживания временного ряда линейным стационарным фильтром?

29. Что называется динамической ошибкой сглаживания временного ряда линейным стационарным фильтром?

30. Что называется случайной ошибкой сглаживания временного ряда линейным стационарным фильтром?

31. Что называется коэффициентом подавления помехи линейным стационарным фильтром в установившемся режиме?

Вопросы к контрольной работе 4

Тема: «Спектральный анализ стационарных временных рядов»

1. Дайте определение интегрального преобразования Фурье (ДПФ). Напишите формулы прямого и обратного преобразований. Амплитудно- и фазочастотная характеристики функции x(t).

2. Рассчитайте интегральное преобразование Фурье чисто гармонического сигнала x(t) = sin(ω0 t). С использованием полученного результата напишите формулу спектрального разложения функции x(t).

3. Рассчитайте интегральное преобразование Фурье чисто гармонического сигнала x(t) = cos(ω0 t). С использованием полученного результата напишите формулу спектрального разложения функции x(t).

4. Рассчитайте интегральное преобразование Фурье сигнала x(t) = δ(t), где δ(t) – δ-функция Дирака. С использованием полученного результата напишите формулу спектрального разложения функции δ(t).

5. Что называется частотой Найквиста сигнала x(t)? Чему равна частота Найквиста для чисто гармонического сигнала x(t) = sin(ω0 t)?

6. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье (ДПФ) бесконечного временного ряда. Определение. Свойство периодичности спектра бесконечного временного ряда. Основной период.

7. Амплитудно- и фазочастотная характеристики бесконечного временного ряда. Свойство симметрии (с обоснованием). Иллюстрация на примере.

8. Максимальная частота в спектре бесконечного временного ряда. Связь с интервалом дискретности (с подробными пояснениями).

9. ДПФ ∆-функции Кронекера. С использованием полученного результата напишите формулу спектрального разложения функции ∆(nT). Каковы амплитудно- и фазочастотная характеристики сигнала ∆(nT)?

10. Известно, что бесконечный временной ряд x(nT), n = … -2, -1, 0, 1, 2, …, имеет спектр X(iω). Чему равен спектр сигнала y(nT) = x((n–n0) T)? Приведите выражение с выводом.

11. Почему при расчете спектра бесконечного временного ряда рекомендуется предварительно провести его центрирование? Дайте подробное пояснение.

12. Теорема о свертке бесконечных временных рядов.

13. Передаточная функция ЛСДС. Определение. Расчет спектра сигнала на выходе линейной дискретной стационарной системы при известной передаточной функции и заданном спектре входного сигнала.

14. Теорема Парсеваля. Формулировка и доказательство.

15. Иллюстрация справедливости равенства Парсеваля на примере ∆-функции Кронекера

16. Связь спектральных характеристик процессов с непрерывным и дискретным временем (теорема о наложении спектров). Графическая интерпретация теоремы. Выбор интервала дискретизации процесса с непрерывным временем для обеспечения отсутствия информационных потерь при переходе от непрерывного процесса к дискретному.

17. Теорема отсчетов. Интерполяция сигнала по его дискретным измерениям и обсуждение интерполяционной формулы.

18. Спектральная плотность мощности стационарного временного ряда

19. Связь ковариационной функции и спектральной плотности мощности стационарного временного ряда. Рассчитайте спектральную плотность мощности центрированного стационарного «белого шума» с заданной интенсивностью d.

20. Дайте определение ряда Фурье конечного временного ряда.

21. Как могут быть вычислены спектральные коэффициенты ряда Фурье по известному дискретному преобразованию Фурье конечного временного ряда?

22. Чему равен ряд Фурье для импульсной функции ?

23. Чему равны частоты базисных функций при разложении конечного временного ряда , в ряд Фурье?

24. Чему равны частота и период максимальной гармоники при разложении конечного временного ряда в ряд Фурье?

25. Как влияет изменение периода продолжения конечного временного ряда на его спектральные характеристики?

26. Как изменится спектр Фурье конечного временного ряда, если его сместить по временной оси на n0 тактов?

27. Какими свойствами симметрии обладают спектральные коэффициенты Фурье конечного временного ряда?

28. Что называется спектральной характеристикой ℋk линейной дискретной стационарной системы с конечной «памятью»?

29. Как связаны спектры входного и выходного временных рядов линейной дискретной стационарной системы с конечной «памятью»?

30. Дайте формулировку теоремы Парсеваля для конечного временного ряда.

31. Что называется спектрограммой конечного временного ряда?

32. В чем состоит теорема о начальном значении ряда спектральных коэффициентов Фурье?

33. Алгоритм быстрого преобразования Фурье с прореживанием по времени.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Б 91 Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2013

2. ЭИ П 39 Элементарная теория анализа и статистическое моделирование временных рядов : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2016

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

-

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. ##Definition not found: 'static\_section\_edu\_stud'##

Текущий контроль освоения магистрантами теоретического материала и практическими приемами решения задач анализа временных рядов проводится в соответствии со следующим графиком:

Н Е Д Е Л И

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Раздел 1

Макс. балл = 15 Раздел 2

Макс. балл = 15 Раздел 3

Макс. балл = 15 Раздел 4

Макс. балл = 15

1 1 1 2 10 1 1 3 10 1 1 3 10 1 1 10 3 40

ДЗ1 ДЗ2 ДЗ3 КО

4 КР

5 ДЗ6 ДЗ7 КО

8 КР

9 ДЗ10 ДЗ11 КО

12 КР

13 ДЗ14 ДЗ15 КР

16 КО

17 З

Раздел 1. «Статистическое описание и примеры случайных временных рядов»

На практических занятиях на 1 – 3 неделях по результатам самостоятельного выполнения домашних заданий и активности во время занятий каждый магистрант получает оценку по двухбалльной шкале (0 или 1). Таким образом, максимальный балл по контролю ДЗ1, ДЗ2 и ДЗ3, который может получить магистрант, равен 3.

По самостоятельно изучаемой теме «Авторегрессионная модель временного ряда» на 4 неделе проводится контрольный опрос. Максимальный балл по этой форме контроля успеваемости магистранта (КО4) равен 2.

Контрольная работа на неделе 5 (КР5) включает 10 теоретических или расчетных вопросов. Полный ответ на каждый вопрос (с подробными пояснениями) оценивается одним баллом. Максимальный суммарный балл за контрольную работу составляет 10.

Таким образом, итоговая оценка за раздел 1 может составить максимально 15 баллов.

Раздел 2. «Стационарные временные ряды»

На практических занятиях на 6 и 7 неделях по результатам самостоятельного выполнения домашних заданий и активности во время занятий каждый магистрант получает оценку по двухбалльной шкале (0 или 1). Таким образом, максимальный балл по контролю ДЗ6 и ДЗ7, который может получить магистрант, равен 2.

По самостоятельно изучаемым темам «Анализ независимости значений стационарного временного ряда по одной реализации» и «Оценка статистических характеристик временных рядов по экспериментальным данным» на 8 неделе проводится контрольный опрос. Максимальный балл по этой форме контроля успеваемости магистранта (КО8) равен 3.

Контрольная работа на неделе 9 (КР9) включает 10 теоретических или расчетных вопросов. Полный ответ на каждый вопрос (с подробными пояснениями) оценивается одним баллом. Максимальный суммарный балл за контрольную работу составляет 10.

Таким образом, итоговая оценка за раздел 2 может составить максимально 15 баллов.

Раздел 3. «Чисто разрывные случайные процессы. Обработка временных рядов линейными фильтрами»

Контроль успеваемости магистрантов при изучении раздела 3 проводится по тем же принципам, что и по разделам 1 и 2.

Магистранты самостоятельно изучают несколько фрагментов темы «Обработка временных рядов линейными фильтрами».

Итоговая оценка за раздел 3 может составить максимально 15 баллов.

Раздел 4. «Спектральный анализ стационарных временных рядов»

Контроль успеваемости магистрантов при изучении раздела 4 проводится по тем же принципам, что и по разделам 1 – 3.

Магистранты самостоятельно изучают темы «Ряд Фурье» и «Быстрое преобразование Фурье».

Итоговая оценка за раздел 4 может составить максимально 15 баллов.

Зачет

Зачет по курсу проводится в форме письменной работы. Максимальный балл за зачетную контрольную работу равен 40.

Магистрантам в течение семестра предоставляется возможность переписать контрольную работу (дается одна попытка по каждой контрольной работе), если за соответствующий раздел получено менее 60% от максимального балла.

Соответствие набранных баллов общей оценке успеваемости по курсу (или по отдельным разделам) устанавливается по следующей таблице:

% от максимального балла Оценка

90 - 100 отлично

85 - 89 очень хорошо

75 - 84 хорошо

65 - 74 удовлетворительно

60 - 64 посредственно

Ниже 60 неудовлетворительно

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ (ФГОС) и учебным планом основной образовательной программы (программ).

Автор(ы):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Трофимов Александр Геннадьевич, к.т.н. |  |
|  | Мишулина Ольга Александровна, к.т.н., доцент |  |